

**ESCOLA SUPERIOR ABERTA DO BRASIL - ESAB
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM
SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

JOSÉ HENRIQUE FERREIRA DA SILVA

**TRANSFORMAÇÃO DE UMA CENTRAL TELEFÔNICA CPA-T EM
UMA CENTRAL HÍBRIDA COM PROTOCOLO SIP**

**BRASÍLIA – DF
2010**

JOSÉ HENRIQUE FERREIRA DA SILVA

**TRANSFORMAÇÃO DE UMA CENTRAL TELEFÔNICA CPA-T EM
UMA CENTRAL HÍBRIDA COM PROTOCOLO SIP**

Monografia apresentada ao Curso Pós-Graduação Lato Sensu em Sistemas de Telecomunicações da Escola Superior Aberta do Brasil como requisito para obtenção do título de Especialista em Sistemas de Telecomunicações, sob orientação do Prof. Marcos Alexandre do Amaral Ramos.

**BRASÍLIA – DF
2010**

JOSÉ HENRIQUE FERREIRA DA SILVA

**TRANSFORMAÇÃO DE UMA CENTRAL TELEFÔNICA CPA-T EM
UMA CENTRAL HÍBRIDA COM PROTOCOLO SIP**

Monografia aprovada em de de 2010.

Banca Examinadora

**BRASÍLIA – DF
2010**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa, aos meus pais, a minha irmã, aos meus amigos e a todos aqueles que se interessarem pelo assunto aqui tratado e possam contribuir para o progresso das telecomunicações.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me concedido o dom da vida e por sempre ter guiado os meus passos.

Aos meus pais, por sempre terem me incentivado e orientado a atingir todos os meus objetivos.

À minha irmã, meu exemplo de perseverança.

À minha bela e amada esposa, que sempre está ao meu lado me apoiando, incentivando e me fazendo ver o quanto a vida pode ser boa, apesar das dificuldades e por suportar os momentos que estive ausente confeccionando este trabalho.

À minha filhota, por me mostrar o que é amor sincero e por agüentar os dias sem passeio.

Aos meus sogros, por cuidarem da netinha e a estragarem, e por terem me passado o seu cheque sem-fundo.

Aos meus mestres, por terem me passado seus conhecimentos adquiridos ao longo da vida.

Aos meus amigos, que me ajudaram a concluir este trabalho.

A todos, o meu muito obrigado!!!

EPIGRAFE

“Quando se tem uma meta,
o que era um obstáculo
passa a ser uma das
etapas do plano.”

Gerhard Erich Boehme

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Applications programming interface
ALC	Circuit Line Analogue
BSC	Binary Synchronous Control
CCITT	Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique
CM	Control Module
CODEC	Codificador/Decodificador
CPA	Central por Programa Armazenado
CPCT	Central Privada de Comutação Telefônica
DNS	Domain Name System
DPCM	Differential Pulse Code Modulation
G.711	Padrão de codificação de voz do ITU-T
G.723	Padrão de codificação de voz do ITU-T
G.729	Padrão de codificação de voz do ITU-T
GPL	Generic Public License
H.323	Protocolo de sistemas de comunicação multimídia
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
ISG	In System Gateway
ITU-T	União Internacional de Telecomunicações - Telecomunicações
MBONE	Backbone on the Internet
MGCP	Media Gateway Control Protocol

MML	Linguagem Homem Maquina
Next-hop	Próximo salto
OM	Operação e Manutenção
PABX	Private automatic Branch Exchange
PCM	Pulse Code Modulation
PM	Peripheral Module
PSTN	Public Switched Telephone Network
PVP	Packet Video Protocol
Q.931	Protocolo de Controle de Conexão ISDN
QOS	Quality of Service
RAS	Registration Admission Status
RDSI	Integrated Services Digital Network
RFC	Request for Comments
RSVP	Resource Reservation Protocol
RTCP	Real Time Transport Control Protocol
RTP	Real-Time Transport Protocol
SDP	Session Description Protocol
SIP	Session Iniciation Protocol
SS7	Sistema de Sinalização 7
TCP	Transmission Control Protocol
TDM	Time Division Multiplexing
Tie-line	Linha Privativa
UAC	User Agent Client

UAS	User Agent Server
UDP	User Datagram Protocol
UG's	Grupos de Unidades
VoIP	Voice over IP

RESUMO

Palavras-chave: PABX híbrido, convergência, SIP

Telefonia IP, tecnologia que já é uma realidade no mercado mundial, integra os serviços de comunicação de voz e dados. A evolução foi possível a partir da implantação de novas tecnologias de meio de transporte de informações, fibras óticas, e equipamentos digitais na rede comutada de voz. Possibilitou o desenvolvimento de novas interfaces adaptadoras, protocolos e plataformas para transporte de comunicação de voz comutada para comunicação por endereçamento evoluindo para a integração de transporte de pacotes de dados e voz simultaneamente. Este trabalho retrata a integração de uma central telefônica CPA-T em um PABX Híbrido, por meio do protocolo SIP. O objetivo do trabalho era ampliar a quantidade de usuários de uma central telefônica com limitação de portas. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, passando-se pelos fatos históricos que mais marcaram a evolução das telecomunicações e pelos assuntos teóricos básicos para um bom entendimento do assunto tratado. Por fim, foi realizado um estudo de caso com duas implementações, uma por meio da utilização do *software* Asterisk e outra, pela utilização da placa ISG. Dessa forma, foi possível ampliar a quantidade de usuários atendidos pela central telefônica e, também, demonstrar a convergência de redes e a disponibilização de novos serviços aos usuários, por meio da transformação do equipamento em um PABX Híbrido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Topologia da PSTN.....	24
Figura 2 - Interconexões entre centrais telefônicas.....	25
Figura 3 - Modelo de Referência TCP/IP.....	27
Figura 4 - Cabeçalho do pacote IP.....	28
Figura 5 - Cabeçalho do segmento TCP.....	30
Figura 6 - Cabeçalho do datagrama UDP.....	32
Figura 7 - Quadro RTP.....	33
Figura 8 - Estrutura em Camadas de Protocolos para o VoIP.....	37
Figura 9 - Componentes do Padrão H.323.....	39
Figura 10 - Estrutura Protocolar do Padrão H.323.....	41
Figura 11 - Mensagem SIP.....	44
Figura 12 - Chamada peer-to-peer.....	46
Figura 13 - Fluxo de Sinalização via Proxy.....	47
Figura 14 - Ligação entre usuários doméstico e corporativo.....	48
Figura 15 - Comutação de Circuitos Temporal.....	50
Figura 16 - Arquitetura do Asterisk.....	52
Figura 17 - Softphone X-Lite.....	57
Figura 18 - Telefone IP Polycom.....	57
Figura 19 - Placa TE110P T1/E1.....	59
Figura 20 - Placa TDM400P.....	60
Figura 21 - Arquivo zaptel.conf.....	61
Figura 22 - Carregamento do zaptel.conf.....	62
Figura 23 - Configuração do arquivo zapata.conf.....	63
Figura 24 - Configuração do sip.conf.....	64
Figura 25 - Configuração do extensions.conf.....	65
Figura 26 – Balun.....	66

Figura 27 - Integração PABX com Asterisk	67
Figura 28 - Lista de usuários conectados.....	68
Figura 29 - Configuração da ISG.....	70
Figura 30 - Usuários conectados.....	71
Figura 31 - Chamada capturada pelo Wireshark.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre CODECs.....	35
Tabela 2 – Mensagens de Requisição e Funcionalidades do SIP.....	45
Tabela 3 - Mensagens de Resposta e Funcionalidades.....	45

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	16
1.1 O PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.2 MOTIVAÇÃO	17
1.3 OBJETIVOS	17
1.4 METODOLOGIA.....	18
CAPÍTULO 2 - HISTÓRICO DAS TELECOMUNICAÇÕES.....	19
2.1 LINHA DO TEMPO.....	19
2.1.1 Linha do tempo para o Brasil.....	21
2.2 HISTÓRIA DAS REDES VoIP	22
CAPÍTULO 3 - REDES DE COMUNICAÇÃO.....	24
3.1 A REDE DE TELEFONIA PÚBLICA COMUTADA.....	24
3.2 REDES DE COMPUTADORES.....	26
3.2.1 O Modelo de Referência TCP/IP.....	27
3.2.1.1 O protocolo IP.....	27
3.2.1.2 O protocolo TCP.....	29
3.2.1.3 O protocolo UDP	31
3.2.1.4 Os protocolos RTP e RTCP	32
CAPÍTULO 4 - VOZ SOBRE IP	34
4.1 VOZ.....	34
4.2 CODECs.....	35
4.3 VoIP.....	36
CAPÍTULO 5 - PROTOCOLOS DE SINALIZAÇÃO.....	38
5.1 O PROTOCOLO H.323	38
5.1.1 Componentes do H.323.....	40
5.1.1.1 O Gatekeeper.....	40
5.1.1.2 A MCU.....	40

5.1.1.3 O Terminal H.323	40
5.1.1.4 Gateway	41
5.1.2 Estrutura protocolar do H.323	41
5.2 O PROTOCOLO SIP	42
5.2.1 Componentes do SIP	42
5.2.1.1 <i>User Agent</i> SIP (UA SIP).....	42
5.2.1.2 Servidor Proxy SIP	43
5.2.2 As Mensagens SIP	44
5.2.3 Estabelecendo Uma Chamada SIP	45
CAPÍTULO 6 - CENTRAIS TELEFÔNICAS	48
6.1 PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE	48
6.1.1 PABX CPA-T	48
6.1.1.1 A Técnica de Comutação Temporal	49
6.1.2 PABX Híbrido	50
6.1.2.1 Asterisk.....	51
CAPÍTULO 7 - ESTUDO DE CASO	55
7.1 PLANEJANDO O ESTUDO DE CASO.....	56
7.1.1 O Asterisk como <i>gateway</i>	58
7.1.1.1 O arquivo <i>zaptel.conf</i>	60
7.1.1.2 O Arquivo <i>Zapata.conf</i>	62
7.1.1.3 O Arquivo <i>sip.conf</i>	63
7.1.1.4 O Arquivo <i>extensions.conf</i>	64
7.1.2 Integrando o Asterisk com o PABX	65
7.1.3 A ISG como <i>gateway</i>	68
CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS.....	74

1 INTRODUÇÃO

Segundo Galan (2000), a definição da palavra telefonia provém de “tele” que significa longe ou distante e de “fonia”, cujo significado é som ou timbre da voz. Assim, a telefonia pode ser definida como a área do conhecimento que tem por objetivo a transmissão e comutação da voz, através de uma rede de telecomunicações, estando, dessa forma, incluso todos os meios e procedimentos empregados para a transmissão, transporte e recepção da voz. Entretanto, a telefonia é apenas um dos diversos tipos de serviço de telecomunicações.

Desde a criação do telégrafo, cada novo tipo de serviço de telecomunicações necessitava do desenvolvimento uma rede distinta para torná-la disponível aos seus usuários. Como exemplos pode-se citar o telex, as redes de dados, a TV a cabo, cada um possuidor de uma rede de serviços dedicada. Todavia, como resultado do rápido progresso tecnológico, as áreas das telecomunicações estão convergindo rapidamente, ou seja, estão sendo reduzidas a uma única rede integrada.

A idéia de se transmitir voz e dados em uma única rede não é recente, datando de meados dos anos 80, quando as redes telefônicas incorporaram a transmissão de dados digitais, através da tecnologia Rede Digital de Serviços Integrados (RDSI) ou *Integrated Service Digital Network* (ISDN), e com a crescente importância dada à comunicação entre computadores.

Assim, com o surgimento das redes de computadores interligadas pelo *Internet Protocol* (IP) e da *Internet*, tornou-se bastante clara a idéia de que tais redes seriam as responsáveis pela convergência das demais, com o objetivo de tratar prioritariamente aplicações como voz, dados e vídeo.

Foi com essa intenção que surgiu a Voz sobre IP ou *Voice over IP* (VoIP), a transmissão de voz através de redes que utilizam o protocolo IP, disponibilizando um espaço muito importante dentro das redes dedicadas ou corporativas, pois obteve-se a possibilidade de se comunicar a custos mais baixos dentro e fora das organizações.

1.1 O PROBLEMA DE PESQUISA

Como ampliar o número de usuários em uma CPCT CPA-T com limitação do número de portas disponíveis?

1.2 MOTIVAÇÃO

O tema foi escolhido devido a dificuldades encontradas para o fornecimento de uma quantidade muito grande de novos ramais telefônicos solicitados, pelo fato do aumento de mais de 2000 usuários nas dependências do Órgão onde fica localizada a CPCT utilizada para o estudo de caso. Aliado a isso, há uma grande limitação de espaço físico e de disponibilidade de recursos financeiros.

Além disso, as organizações de hoje estão muito interessadas nas estratégias que surgem para integrar as tecnologias de rede em uma infraestrutura comum baseada em IP.

Dessa forma, para atender a todas as solicitações dos usuários e, ainda, agregar benefícios e custos de investimentos, foi proposto este trabalho, que comprova a possibilidade de todo e qualquer sistema de telecomunicações em operação implementar a convergência de telefonia convencional em IP.

1.3 OBJETIVOS

Com o intuito de sanar o problema exposto e com a crescente evolução dos serviços de telecomunicações, o trabalho terá como objetivo geral a integração da

multiplexação por divisão de tempo (TDM) com o protocolo de iniciação de sessão (SIP), sendo subdividido nos seguintes objetivos específicos:

- Mostrar as funcionalidades e explicar a arquitetura de funcionamento da telefonia tradicional integrada com o protocolo SIP, dentro de uma rede única e integrada;
- Realizar a ampliação do número de usuários em uma rede telefônica com limitação de portas e da quantidade de pares metálicos disponíveis;
- Mostrar a convergência dos sistemas tradicionais para VoIP, o que faz surgir novas tecnologias;
- Transformar uma CPCT CPA-T em um PABX híbrido (TDM/IP).

1.4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do tema e atendimento dos objetivos traçados, será realizado um levantamento bibliográfico por meio de livros, artigos técnicos e científicos, informativos e sites na *Internet*, para embasar as principais definições. Além disso, será realizado um estudo de caso com uma CPCT CPA-T da marca Philips, da família Is 3000, utilizada com duas implementações: uma com a utilização do *software* Asterisk e outra, por meio do uso da placa ISG. Tal central telefônica pertence a um Órgão do Ministério da Defesa, que possui unidades distribuídas em todos os Estados do Brasil e também em diversos países. Dessa forma, por motivo de segurança, o nome do referido Órgão será omitido.

2 HISTÓRICO DAS TELECOMUNICAÇÕES

2.1 LINHA DO TEMPO

Segundo Oliveira (2007) e Galan (2000), os principais fatos que marcaram a história das telecomunicações foram os seguintes:

1840 – Samuel Morse patenteia uma forma prática de telégrafo, considerado como primeiro sistema de telecomunicação comercial.

1847 – 3 de março – Nasce Graham Bell, que viria a ser o inventor do telefone. Ele se interessava pela atividade profissional do pai, o qual criou um método para correção da fala e treinamento de surdos-mudos.

1865 – Fundada a União Internacional de Telecomunicações (ITU – International Telecommunication Union), a mais antiga instituição da Organização das Nações Unidas (ONU), sediada em Genebra, Suíça.

1866 – Foi inaugurado, entre Valentia (Irlanda) e Heart's Content (Terra Nova), o primeiro cabo telegráfico transatlântico.

1876 - 14 de fevereiro – Alexandre Graham Bell solicita o registro da patente do telefone, apenas duas horas antes de Elisha Gray, que pesquisava sobre o mesmo assunto ao mesmo tempo que Bell.

1876 – 4 de julho – É aberta a Exposição do Centenário, na Feira Internacional da Filadélfia, onde foi realizada a demonstração do telefone. Diversas personalidades participaram, dentre elas, o imperador do Brasil, D. Pedro II, que encomendou um “sistema” para ligar o Palácio de Verão em Petrópolis ao seu Palácio no Rio de Janeiro.

1878 – É construída a primeira central telefônica (manual) nos Estados Unidos, com a instalação do primeiro telefone público.

1885 – Lars M. Ericsson coloca em prática a utilização do monofone, dando origem ao telefone como hoje é conhecido.

1892 – É patenteado o primeiro comutador automático, por Almon B. Strowger, e, assim, inauguradas as centrais telefônicas automáticas, em Indiana.

1896 – O primeiro sistema telegráfico sem fio é desenvolvido por Marconi, dando origem às comunicações *wireless*.

1927 – Inaugurado o primeiro sistema telefônico via rádio entre a Inglaterra e os EUA, iniciando as comunicações sem fio de longo alcance.

1939 – Invenção do PCM, base dos atuais sistemas digitais.

1946 – Lançado, nos EUA, o primeiro computador eletrônico, o *Eniac*.

1948 – Invenção do transistor e desenvolvimento dos princípios da Teoria da Informação por Shannon, possibilitando a redução do tamanho e a evolução dos equipamentos eletrônicos.

1950 – Inaugurado o primeiro sistema de microondas terrestre, sistema que possuía uma banda bem mais larga do que os dos sistemas até então existentes.

1956 – Dá-se início ao funcionamento do primeiro cabo transatlântico entre EUA e Grã-Bretanha.

1962 – Colocado em operação o primeiro satélite mundial de telecomunicações, o *Telstar*.

1962 – É inventado o laser semiconductor, que possibilitará a ampliação da capacidade de transmissão quando utilizado em conjunto com as fibras ópticas.

1965 – Colocado em operação o primeiro satélite do *Intelsat* em órbita geostacionária (*Early Bird*).

1968 – Inicia-se o desenvolvimento da *Arpanet*, primórdios da atual *Internet*.

1966 – Início da aplicação das fibras ópticas em telecomunicações, possibilitando a ampliação da capacidade de transmissão a longas distâncias.

1970 – Criada a primeira fibra óptica com características técnicas para telecomunicações.

1971 – Invenção do microprocessador, pela Intel, base dos atuais microcomputadores.

1976 – É inventada a *Ethernet*.

1977 – Publicação do conceito do AMPS com a introdução do conceito celular, iniciando a telefonia celular.

1978 – Inaugurada a telefonia móvel celular no Japão.

1980 – Introdução das centrais telefônicas do tipo CPA-T.

1983 – TCP/IP é selecionado como o protocolo da *Arpanet*.

1984 – Introdução das Redes Digitais de Serviços Integrados (ISDN) para voz e não voz, início do conceito de convergência para as comunicações.

1992 – Atingido o primeiro milhão de “hosts” ligados na *Internet*, mostrando sua constante expansão.

1993 – Lançamento do *IPv4*, base do endereçamento atualmente utilizado.

2001 – Desenvolvimento do conceito de convergência de redes e de serviços.

2.1.1 Linha do tempo para o Brasil

Para o Brasil, os fatos históricos que mais marcaram, segundo Oliveira (2007), foram os seguintes:

1877 – Criação da *Western and Brazilian Telegraph* e instalação do primeiro telefone no Rio de Janeiro, introduzindo as telecomunicações no país.

1879 – Autorizado o funcionamento da primeira empresa de telefonia no Brasil.

1881 – Concessão à empresa *Telephone Company do Brasil* para explorar os serviços de telefonia com fins comerciais, possibilitando a expansão da rede telefônica.

1884 – Os primeiros telefones, na cidade de São Paulo, começam a funcionar.

1893 – Realizadas com êxito as primeiras transmissões de sinais telegráficas e da voz humana em telefonia sem fio, pelo Padre Landell de Moura.

1923 – A primeira central telefônica automática do país é inaugurada em São Paulo.

1957 – Inaugurada a primeira instalação telefônica interurbana através de enlaces por microondas entre o Rio de Janeiro e São Paulo.

1958 – Implantação do sistema de Discagem Direta à Distância (DDD) entre São Paulo e Santos, por meio de cabo coaxial.

1963 - Definida a Embratel como executora do sistema básico de telecomunicações.

1969 – Inaugurada a primeira estação de comunicação com satélites, no Rio de Janeiro, e realizada a interconexão entre Rio de Janeiro e Porto Alegre, via São Paulo e Curitiba, por meio do Tronco Sul.

1972 – Instalados os primeiros telefones públicos no Rio de Janeiro e em São Paulo.

1982 – Instalação da primeira central CPA da América Latina, em São Paulo.

1990 – Implantação da telefonia móvel celular no Rio de Janeiro.

1995 – Implantação da *Internet* comercial, favorecendo um aumento exponencial de usuários e ampliação dos serviços fornecidos pelas empresas e pelo Governo Brasileiro.

2.2 HISTÓRIA DAS REDES VoIP

Nos anos 70, universitários pesquisadores que já trabalhavam com a transmissão de dados na Arpanet, rede de computadores de algumas universidades entre elas a Universidade da Califórnia em Los Angeles, decidiram tentar trafegar voz em uma rede de dados existente. Alguns destes experimentos mostravam que conferências de voz eram possíveis utilizando a tecnologia de comutação de pacotes, entretanto,

nenhuma ferramenta foi desenvolvida para que pudessem ser amplamente utilizados estes recursos (MARTINS, 2007).

No fim dos anos 80 e início dos anos 90, o crescimento do poder computacional fez com que máquinas convencionais realizassem conferências de voz entre usuários conectados à Internet. Diversos experimentos realizados utilizando *multicast* geraram ferramentas que permitiam a conferência de voz. Entretanto, à época, a banda disponível era limitada nas conexões que formavam o backbone da Internet, por isso a obtenção de qualidade de som era praticamente impossível. Apesar de não ser necessário ter muita banda de comunicação, diversos fatores são importantes para a qualidade do som sendo susceptíveis a perda de pacotes e atrasos, demora no recebimento (MARTINS, 2007).

A partir de 1995, o avanço na infra-estrutura das redes, na codificação da voz e no poder computacional dos elementos de hardware permitiu a proliferação dos sistemas Voz sobre IP. Nestes anos, diversos produtos comerciais foram lançados para aplicações Voz sobre IP (MARTINS, 2007).

As primeiras soluções Voz sobre IP conectadas a centrais telefônicas se basearam em conexão através de ATM por meio da recomendação (ITU-T I.363.1) que especifica a camada de adaptação (AAL-1), onde são definidos serviços que disponibilizam o desenvolvimento de aplicações que tenham como requisitos a transferência de dados a uma taxa constante de bits e o suporte ao sincronismo entre destino e origem. A definição desta camada possibilitou o desenvolvimento de aplicações para emulação de circuitos multiplexados de divisão do tempo (TDM), que permitiram instalar o serviço de voz sobre ATM (Voice over ATM). Diversos projetos foram realizados na época utilizando estes recursos. Nestes projetos os PBX (Private Branch Exchange) ou centrais telefônicas, foram interligados utilizando PVC's (Permanent Virtual Circuit), circuitos virtuais permanentes, que emulavam circuitos TDM E1 ($N \times 64$ Kbps). O que restringia a utilização do serviço era que todas as localidades deveriam estar interligadas a Internet através de redes ATM (MARTINS, 2007).

Em 1996, a Microsoft lança o primeiro sistema de conferência sobre redes de pacotes e, 1999, o IETF aceita o protocolo SIP como norma (MARTINS, 2007).

3 REDES DE COMUNICAÇÃO

3.1 A REDE DE TELEFONIA PÚBLICA COMUTADA

A Rede de Telefonia Pública Comutada (RTPC) ou, do inglês, *Public Switched Telephone Network* (PSTN) foi desenvolvida, principalmente, para transmitir a voz humana de forma reconhecível (CALLADO *et al.*, 2007; TANENBAUM, 2003). As redes nacionais apresentam uma topologia hierarquizada formada por centrais telefônicas (CALLADO *et al.*, 2007; ROCHA, 2005), conforme Figura 1.

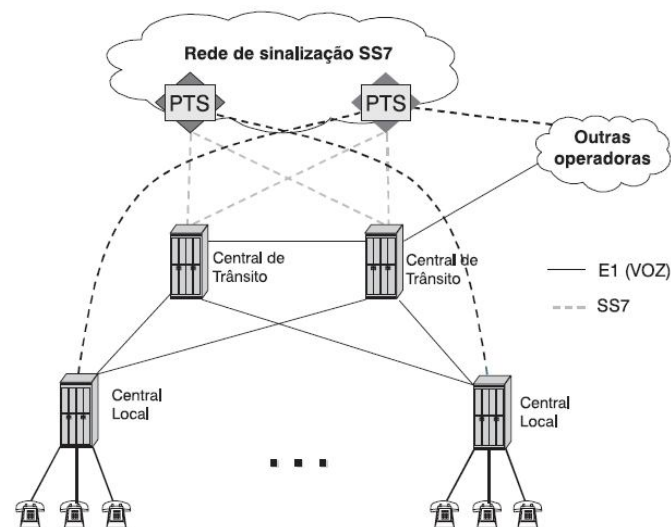


Figura 1 - Topologia da PSTN
Fonte: ROCHA (2005)

Devido a essa hierarquização, cada telefone do usuário está ligado a uma central telefônica denominada central local, também conhecida como central de comutação classe 5, que fornecem o acesso do usuário por meio de interfaces analógicas a dois fios. Esse tipo de central recebe o sinal analógico do aparelho telefônico, o digitaliza e o encaminha para uma central com função de trânsito, denominada central *tandem* ou central de comutação classe 4, no núcleo da PSTN, por meio de interfaces de

acesso digital E1. As centrais tandem interconectam-se às centrais de hierarquia maior, como, por exemplo, centrais internacionais, como pode ser visto na Figura 2. Assim, a conversa, que foi digitalizada, segue através de todas essas centrais até a central local do usuário de destino, onde o sinal é entregue. Entretanto, antes de haver a entrega, o sinal é convertido, novamente, em analógico (CALLADO *et al.*, 2007; ROCHA, 2005).

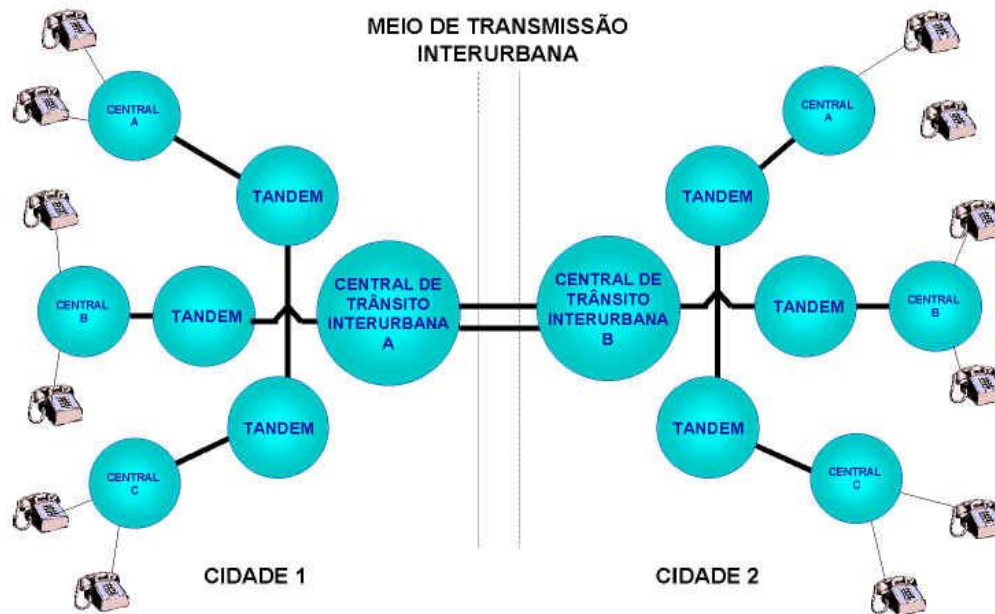


Figura 2 - Interconexões entre centrais telefônicas
Fonte: RIMENEZ (2009)

Essa técnica utilizada pelo sistema telefônico para realização das ligações é a comutação de circuitos, por meio da qual um circuito é reservado do telefone do usuário chamador ao telefone do usuário chamado, criando-se um caminho dedicado entre as partes, antes que consigam se comunicar. Dessa forma, não há possibilidade de congestionamento (CALLADO *et al.*, 2007). As centrais telefônicas atuais realizam a comutação de circuitos de forma automática, pois, anteriormente, essa comutação era realizada de forma manual pelas telefonistas (PÁDUA, 2008).

Além disso, para que haja comunicação entre as várias centrais telefônicas, são utilizadas sinalizações apropriadas. Entre as principais estão a sinalização associada ao canal comum, o R2 Digital e o *Signaling System Number 7* (SS7), sendo que as mensagens de sinalização podem possuir um trajeto próprio, diferente

do tráfego de voz, por meio de uma rede possuidora de vários pontos de transferência de sinalização (PTS) (ROCHA, 2005).

3.2 REDES DE COMPUTADORES

O tema redes de computadores é bastante abrangente e engloba diversos tipos de redes que têm diferentes objetivos, escalas e tecnologias, como exemplo, a *Internet* (TANENBAUM, 2003).

A *Internet* provavelmente é a rede mais conhecida de todas. Entretanto, ela não é uma rede, mas um amplo conjunto de redes diferentes que fazem uso de alguns protocolos comuns e fornecem determinados serviços também comuns. É um sistema pouco usual no sentido de não ter sido planejado nem controlado por ninguém (TANENBAUM, 2003).

Entretanto, a *Internet* possui uma antecessora, que também contribuiu para o surgimento do modelo TCP/IP, que foi a ARPANET. Seu surgimento foi devido a uma necessidade do Departamento de Defesa dos EUA de possuir uma rede que seria utilizada para manter a comunicação, mesmo que apenas em uma parte de órgãos do governo e universidades, numa ocorrência de guerras ou catástrofes que afetassem os meios de comunicação do país (PINHEIRO, 2005; TANENBAUM, 2003).

Assim, era imprescindível que um modelo de protocolos que assegurasse as mencionadas funcionalidades fosse desenvolvido, mostrando-se confiável, flexível e de fácil implementação. Com isso, foi desenvolvida a arquitetura TCP/IP, que se tornou um padrão de fato (PINHEIRO, 2005; TANENBAUM, 2003).

3.2.1 O Modelo de Referência TCP/IP

Essa arquitetura ficou conhecida como Modelo de Referência TCP/IP graças aos seus dois principais protocolos: o TCP e o IP (PINHEIRO, 2005; TANENBAUM, 2003).

A estrutura de protocolos do modelo pode ser vista na Figura 3.

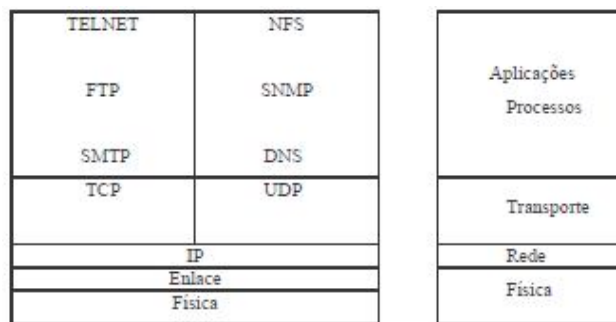


Figura 3 - Modelo de Referência TCP/IP
Fonte: PINHEIRO (2005)

Dessa forma, pode-se dizer que o modelo TCP/IP é um grupo de protocolos que trabalham em conjunto, a fim de estabelecer a comunicação e a transferência de dados entre os diversos usuários conectados na rede (TANENBAUM, 2003).

3.2.1.1 O protocolo IP

O *Internet Protocol* (IP) é um dos principais do modelo de referência TCP/IP, pois tem a responsabilidade de manipular o endereçamento e o roteamento de pacotes, devendo, pois, providenciar a melhor forma de entrega do dados no destino. Entretanto, foge da sua responsabilidade a garantia de entrega desses dados, sendo conhecido como um serviço de entrega não garantida ou não confiável (TANENBAUM, 2003).

Assim como outros protocolos, os pacotes IP são divididos em partes responsáveis pelo envio de dados úteis e outras responsáveis pelo cabeçalho, que pode ser visto na Figura 4 (TANENBAUM, 2003).

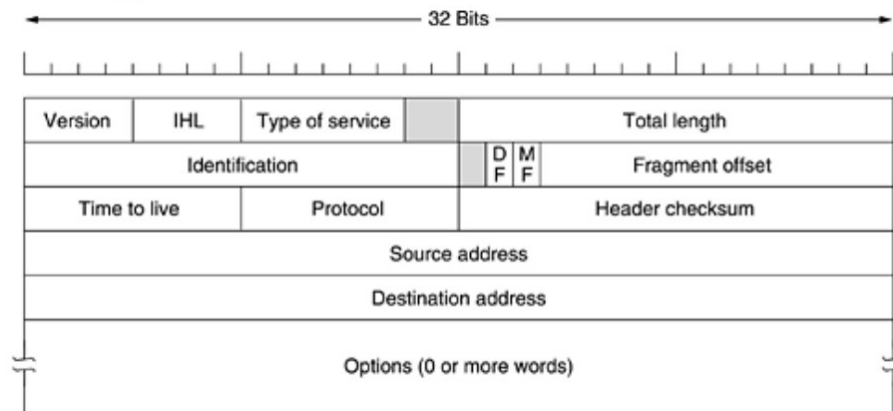


Figura 4 - Cabeçalho do pacote IP
Fonte: TANENBAUM (2003)

Cada linha do cabeçalho é a representação de uma palavra de 32 bits, sendo que cada campo possui uma função específica:

- *Version* – informa a versão utilizada do protocolo, disponível em duas versões, IPv4 e IPv6;
- *IHL* – informa o tamanho do cabeçalho pela quantidade de palavras de 32 bits;
- *Type of Service* – informa como será efetuado o serviço oferecido pelo IP;
- *Total Length* – informa o tamanho total do pacote;
- *Identification* – informa o número de identificação do pacote, quando ocorre a fragmentação;
- *DF (Don't Fragment)* – informa aos roteadores para não fragmentar o pacote;
- *MF (More Fragments)* – informa, quando ausente, que o fragmento é o último;

- *Fragment offset* – auxilia na remontagem dos pacotes fragmentados, informando o local onde o mesmo deve ser inserido;
- *Time to Live* – informa o tempo de vida do pacote;
- *Protocol* – informa o protocolo da camada superior utilizado para criar os dados úteis;
- *Header Checksum* – verifica a checagem de soma do cabeçalho;
- *Source/Destination Address* – informa os endereços IP de origem e de destino;
- *Options* – possui tamanho variável, pois cada opção de controle possui diferentes tamanhos.

3.2.1.2 O protocolo TCP

O *Transmission Control Protocol* (TCP) tem por finalidade controlar a transmissão dos dados, cuidando para que cheguem corretamente ao seu destino. Ele é uma biblioteca de rotinas instaladas nos terminais de origem e destino, utilizado pelas aplicações quando necessitam executar o transporte de dados entre equipamentos (TANENBAUM, 2003).

O TCP é orientado a conexão, ou seja, fornece uma comunicação confiável entre os equipamentos, além de disponibilizar o controle de fluxo e a recuperação de erros, por meio dos seguintes mecanismos: detecção de erros, retransmissões, temporizadores e campos de cabeçalho para números de seqüência e de reconhecimento. Assim, é possível realizar o envio confiável de dados através de um meio não-confiável (PINHEIRO, 2005; TANENBAUM, 2003).

O protocolo TCP apresenta uma forma de endereçamento na camada de transporte assim como o IP. O endereço IP é utilizado para identificar a estação e a rede a que pertencem a origem e o destino dos dados. No TCP, esse endereço serve para

identificar o aplicativo que está sendo utilizado na camada superior para fazer a comunicação, sendo essa forma de endereçamento conhecida como porta. Assim, qualquer requisição solicitada a determinada estação é repassada para a aplicação responsável por meio do número da porta. Dessa forma, todo processo deve possuir um número de porta que deve único para cada aplicação (TANENBAUM, 2003).

Segundo Comer (1998), é denominada segmento cada uma das unidades de transferência utilizadas pelo TCP entre duas máquinas. Sendo assim, cada segmento TCP é composto por uma parte de dados e pelo cabeçalho, que pode ser visto na Figura 5.

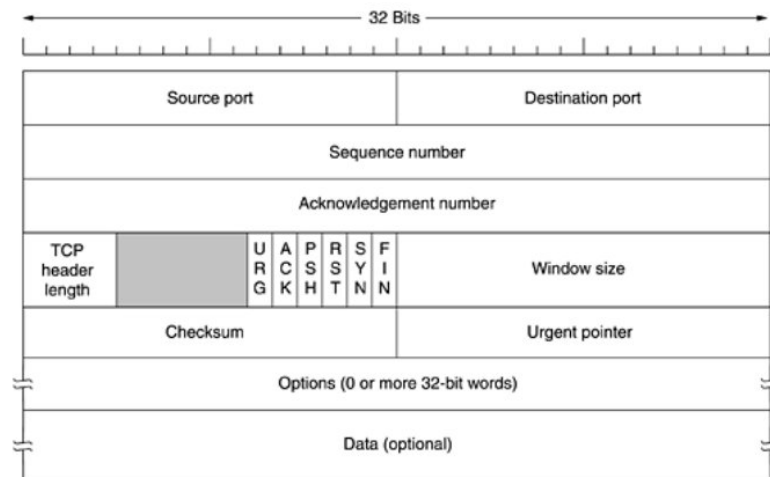


Figura 5 - Cabeçalho do segmento TCP.
Fonte: TANENBAUM (2003)

Do mesmo modo que ocorre no IP, cada campo apresenta uma função específica, conforme define Tanenbaum (2003):

- *Source/Destination Port* – identificam os terminais locais da conexão;
- *Sequence Number* – informa o número de seqüência do segmento;
- *Acknowledgement Number* – informa o número de reconhecimento do segmento;
- *TCP Header Length* – informa a quantidade de palavras de 32 bits existentes no cabeçalho;

- *URG* – informa que existem dados a serem tratados pela camada superior do destinatário de forma urgente;
- *ACK* – informa se o número de reconhecimento é válido;
- *PSH* – avisa a camada superior de transporte do receptor que determinado segmento terá que ser enviado imediatamente para a aplicação;
- *RST* – responsável por reinicializar a conexão;
- *SYN* – utilizada na abertura de conexões;
- *FIN* – utilizado para o encerramento de conexões;
- *Window Size* – utilizado para administração do controle de fluxo;
- *Checksum* – utilizado para conferir o total de verificação para proporcionar integridade e confiabilidade do segmento recebido;
- *Urgent Pointer* – utilizado para indicar a localização do último byte de dados urgentes;
- *Options* – utilizado para recursos extras que não foram especificados nos campos comuns do cabeçalho.

3.2.1.3 O protocolo UDP

O *User Datagram Protocol* (UDP) é bastante semelhante ao IP, mas está localizado na mesma camada do TCP. Entretanto, fornece um serviço não orientado a conexão, pois envia datagramas encapsulados sem que haja a necessidade da abertura e do encerramento das conexões (TANENBAUM, 2003).

O UDP é dependente dos serviços prestados pela camada inferior, tornando o IP muito necessário para seu correto funcionamento. Além disso, também realiza seu

serviço com a utilização de portas, com o intuito de identificar a qual aplicação cada datagrama deverá ser entregue (TANENBAUM, 2003).

Cada uma de suas unidades de transferência é denominada datagrama, que é composto por campos do cabeçalho e dados úteis, conforme Figura 6 (TANENBAUM, 2003).

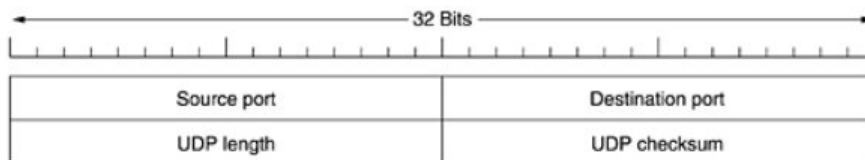


Figura 6 - Cabeçalho do datagrama UDP.
Fonte: TANENBAUM (2003)

Cada campo possui uma função específica:

- *Source/Destination Port* – utilizados para identificar os terminais locais da conexão;
- *UDP Length* – informa a extensão do datagrama UDP;
- *UDP Checksum* – utilizado para conferir a soma de verificação do datagrama UDP.

3.2.1.4 Os protocolos RTP e RTCP

O *Real-Time Transport Protocol* (RTP) é um protocolo de tempo real que objetiva fornecer um serviço de entrega fim-a-fim para aplicações que transmitem dados em tempo real, que suporta transmissões de dados *unicast* e *multicast* (RFC 1889, 1996).

Ele é executado como uma parte da camada de aplicação, apesar de ser um protocolo de transporte, e se utiliza dos serviços de multiplexação e *checksum*

fornecidos pelo UDP. É constituído por uma parte de dados (RTP) e por uma parte de controle (RTCP), cuja principal função é fornecer a realimentação da qualidade da distribuição dos dados, além de prover suporte para conferências em tempo real com grupos de qualquer tamanho pela *Internet* e suporte para a sincronização de fluxos de diferentes mídias (RFC 1889, 1996).

O RTCP baseia-se na transmissão periódica de pacotes de controle para todos os participantes de uma sessão. Os pacotes RTCP contêm informações importantes para a monitoração da entrega dos pacotes de áudio, tais como: *jitter* entre chegadas de pacotes, número de pacotes perdidos, número total de pacotes transmitidos, além de outros dados úteis para a diagnose, monitoração e correção de alguns tipos de condições de erro na rede.

A Figura 7 mostra o quadro do protocolo RTP, cujas principais funções são:

- *Identificação de Payload* – identifica a informação que está sendo transportada, associando um identificador de tipo de *payload* (campo PT) a cada pacote;
- *Timestamping* – utilizado para refletir o instante de amostragem do primeiro octeto contido no pacote RTP, que é usado para amenizar o *jitter* na rede;
- *Numeração Sequencial* – utilizado para permitir a reordenação dos pacotes no destino.

0	1	2	3	4-7	8	9	10-14	15	16	16-30	31
V=2	P	E		CC	M		PT			Sequence Number	1
Timestamp											
Synchronization source (SSRC) Identifier											
Contributing source (CSRC) Identifiers (Variable)											
Data (Variable)											

Figura 7 - Quadro RTP.
Fonte: TANENBAUM (2003)

4 VOZ SOBRE IP

4.1 VOZ

A voz humana é uma forma de onda mecânica que apresenta suas freqüências na faixa de 300 a 3400 Hz, com alguns padrões de repetição definidos em função do timbre de voz e dos fonemas emitidos durante a fala. Assim, um dos grandes problemas da telefonia é a reprodução da voz humana com qualidade (XAVIER, 2000).

Em um ambiente de telefonia analógico, a transmissão da voz é possível de ser realizada por meio da utilização de um meio metálico, um cabo composto por pares metálicos. Entretanto, esse tipo de conexão representa um elevado custo, pois cada par metálico fica dedicado a um usuário, além de não ser possível utilizar o mesmo meio físico para a transmissão de mais de um canal (XAVIER, 2000).

Com o surgimento da telefonia digital, passou-se a ter a necessidade de se trabalhar com a voz na forma digital, ou seja, era preciso codificar a voz sobre um formato digital que pudesse ser multiplexado, com o intuito de se compartilhar os meios de transmissão (XAVIER, 2000).

Para que o áudio possa ser enviado através de uma rede de dados, que utiliza a comutação por pacotes, é necessário que seja feita a conversão do sinal analógico para digital, com o intuito de que esse sinal possa fazer parte do campo de dados de um pacote IP. Essa conversão pode ser realizada por meio da operação chamada *encoding* (digitalização). Quando chegar ao destino, é preciso que o sinal seja novamente convertido para a forma analógica, a fim de que se torne inteligível ao ouvido humano (XAVIER, 2000).

4.2 CODECs

Um CODEC (Coder/Decoder) é um programa ou dispositivo que possui algoritmos com capacidade para realizar a compactação e descompactação de formatos específicos de arquivos. Ele transforma voz analógica em pacotes de dados, digitais, na origem, e, em seguida, o comprime, com o intuito de diminuir o tamanho do arquivo, ou não. No destino, a operação que ocorre é a inversa (PINHEIRO, 2005).

Alguns desses são utilizados para conversão e compressão dos sinais de voz, provendo certa qualidade de voz, ocupando uma quantidade de largura de banda e apresentando um *delay*¹ durante o seu processamento. Assim, eles diferem quanto à qualidade do áudio, largura de banda necessária para o tráfego dos pacotes e poder de processamento necessário para a conversão, sendo alguns deles proprietários. Dessa forma, a escolha correta do CODEC a ser utilizado na rede é muito importante, devendo-se levar em consideração a relação custo/benefício, pois a comunicação pode se tornar inviável dependendo da escolha (MORAES, 2006; PINHEIRO, 2005).

Uma comparação entre os diferentes tipos de CODECs pode ser visualizada na Tabela 1.

CODEC	Largura de Banda (kbit/s)	Delay (ms)
G.711	64	0.75
G.726	32	1
G.728	16	3 a 5
G.729	8	10
G.729a	8	10
G.723.1	6.3	30
G.723.1	5.3	30

Tabela 1 - Comparação entre CODECs.
Fonte: PINHEIRO (2006)

¹ Retardo provocado no sinal devido a seu processamento.

4.3 VoIP

A *Voice over Internet Protocol* (VoIP) é uma tecnologia que permite a transmissão de voz, em tempo real, sobre uma rede de dados que utiliza o protocolo IP (MORAES, 2006).

A tecnologia VoIP surgiu com o grande objetivo de reduzir os custos telefônicos, pela utilização da infraestrutura de rede existente, pois a maior parte das organizações possui uma rede de dados interligada à *Internet*, por meio de enlaces dedicados das concessionárias de telecomunicações, que já utilizam o protocolo IP, além de manterem uma onerosa rede de telefonia privada, interligada à PSTN (CALLADO,2007).

Uma ligação VoIP não utiliza uma rede específica para a transmissão da voz, em contraste com a telefonia tradicional, pois diversos tipos de mídias podem ser transmitidos. Para que essa ligação ocorra, a voz é digitalizada e dividida em pacotes, por meio da utilização dos CODECs, cada um possuindo o endereço de destino, que são enviados pela rede. Entretanto, o caminho que havia sido determinado para o pacote pode não estar disponível, o que fará com que o mesmo aguarde em uma fila, gerando atraso no seu recebimento, podendo causar prejuízos para a qualidade da ligação (MORAES, 2006).

As aplicações VoIP são baseadas em um modelo hierárquico de camadas de protocolos, pois vários deles são utilizados nas diversas fases da comunicação. Assim, cada protocolo adiciona um cabeçalho que fornece as informações necessárias para a realização do controle do pacote. Alguns desses protocolos podem ser visualizados na Figura 8 (MORAES, 2006).

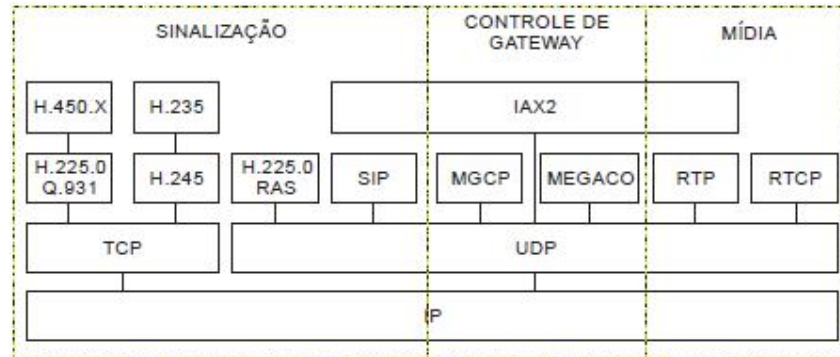


Figura 8 - Estrutura em Camadas de Protocolos para o VoIP.
Fonte: MORAES (2006)

5 PROTOCOLOS DE SINALIZAÇÃO

Protocolo é um conjunto de regras que tem por finalidade controlar o formato e o significado dos pacotes ou mensagens trocadas entre entidades de uma mesma camada, definindo as opções de serviço, como solicitação do início da comunicação, desconexão, além de definir subprotocolos responsáveis por controles específicos (FERREIRA e BRANDÃO, 2007).

Eles surgiram com o objetivo de tornar possível a comunicação dos diversos sistemas de telefonia com o VoIP, o que pode ser realizado por meio de um *gateway* ou envolvendo agentes de chamadas em conjunto com *gateways*, sendo três os principais protocolos para *gateway* de VoIP: o H.323, o SIP e o MGCP, sendo utilizados, principalmente, para gerenciamento e estabelecimento de chamadas, negociação de mídias e encerramento da chamada, possuindo, em comum, o protocolo de transporte utilizado: o RTP/RTCP (FERREIRA e BRANDÃO, 2007).

Entende-se por sinalização o estabelecimento, supervisão e terminação de uma conexão entre dois pontos finais, sendo a sinalização fornecida, no sistema tradicional de telefonia, pelo Sistema de Sinalização número 7 (SS7) (FERREIRA e BRANDÃO, 2007).

Assim, numa ligação VoIP, antes que os pacotes de voz possam trafegar pela rede IP, é preciso que seja estabelecida uma conexão entre os pontos de origem e destino de comunicação, sendo, para isso, utilizados os protocolos. Após o estabelecimento da conexão, eles continuam sendo utilizados para controle da chamada e, quando do seu encerramento, informam que os recursos da rede podem ser liberados (FERREIRA e BRANDÃO, 2007).

5.1 O PROTOCOLO H.323

A recomendação H.323 foi definida pela *International Telecommunications Union – Telecom Standardization Sector* (ITU-T) e especifica sistemas de comunicação multimídia em redes comutadas por pacotes que não provêem uma QoS² garantida (MORAES, 2006). Ela define os componentes presentes em um sistema H.323, os fluxos de informação previstos entre os componentes, os protocolos utilizados no transporte desses fluxos, os padrões para a codificação e decodificação das informações de vídeo e áudio, entre outros (DAVIDSON *et al.*, 2006; MORAES, 2006; JÚNIOR, 2005; AMARAL, 2005).

O H.323 especifica o uso de áudio, vídeo e dados em uma comunicação multimídia. Entretanto, apenas o suporte à mídia de áudio é obrigatório, sendo esta arquitetura bastante utilizada em redes LAN, WAN e nas que tenham problemas de atrasos de pacotes (DAVIDSON *et al.*, 2006; JÚNIOR, 2005; AMARAL, 2005).

Este padrão é compatível com diversas aplicações e produtos multimídia, podendo ser utilizado em diversas topologias de redes que utilizem o protocolo IP. Ele possui diversos componentes. Entre os principais estão: *Gatekeeper*, Terminal H.323, *Multipoint Controller* (MC) e *Gateway*, que podem vistos na Figura 9 (MORAES, 2006; JÚNIOR, 2005; AMARAL, 2005).

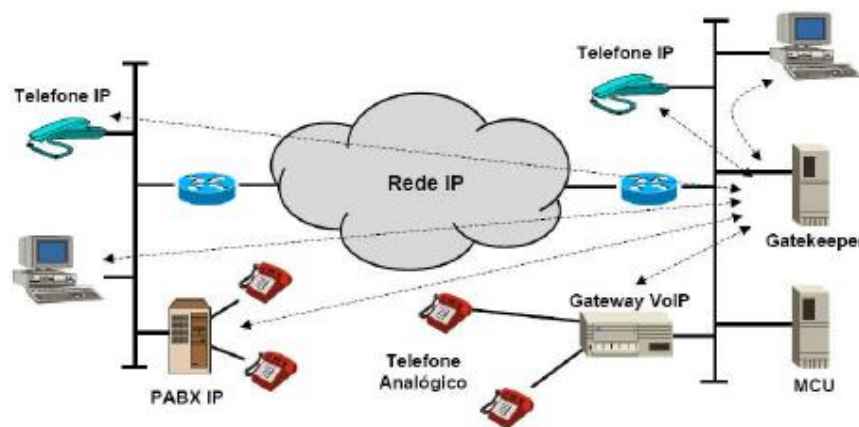


Figura 9 - Componentes do Padrão H.323.
Fonte: JÚNIOR (2005)

² *Quality of Service* tem o objetivo de priorizar o tráfego interativo sensível a retardo, em detrimento ao tráfego não sensível a retardo, como é o caso da transferência de arquivos.

5.1.1 Componentes do H.323

5.1.1.1 O Gatekeeper

Sua principal função é fazer a tradução dos endereços e o controle de acesso à LAN por terminais e roteadores, agindo como um ponto central para todas as chamadas dentro de sua área de abrangência. É considerado o componente mais importante da rede, fornecendo serviços multimídia para as entidades nele cadastradas, como o controle da sinalização da chamada (MORAES, 2006; JÚNIOR, 2005; AMARAL, 2005).

5.1.1.2 A MCU

Tem como principal função permitir que vários terminais e/ou gateways participem de uma conferência Multiponto. É composta de duas unidades:

- MC (*Multipoint Control*) – que tem por finalidade controlar o uso de recursos nas conferências, controlando o processo de negociação de parâmetros;
- MP (*Multipoint Processor*) – que tem por finalidade processar o áudio, vídeo e/ou dados em conferências, podendo prover o processamento, mistura ou comutação de fluxos de mídia sob o controle do MC.

5.1.1.3 O Terminal H.323

É a fonte ou o destino dos fluxos de um sistema H.323, ou seja, é o *endpoint* de uma rede, permitindo ao usuário realizar a comunicação bidirecional em tempo real com outro componente da rede. Sua função é codificar e decodificar os pacotes de áudio para que a comunicação aconteça (DAVIDSON *et al.*, 2006; MORAES, 2006; JÚNIOR, 2005; AMARAL, 2005).

5.1.1.4 Gateway

Sua função é realizar a conversão, ou seja, a tradução de protocolo entre equipamentos distintos, permitindo, assim, a interoperabilidade entre sistemas distintos, além de realizar compressão e empacotamento de dados. Dessa forma, está localizado entre essas duas redes distintas (MORAES, 2006; JÚNIOR, 2005; AMARAL, 2005).

5.1.2 Estrutura protocolar do H.323

O ITU-T define que o padrão H.323 necessita de um conjunto de protocolos para que ocorra a sinalização e o controle das comunicações entre os usuários. Os principais protocolos que compõem o padrão podem ser visualizados na Figura 10 (DAVIDSON *et al.*, 2006; MORAES, 2006; JÚNIOR, 2005; AMARAL, 2005).

Aplicações Multimídia								
Transporte de dados			Transporte de áudio e vídeo			Controle e sinalização		
V.150.1	T.120	T.38	Codecs Áudio	Codecs Vídeo	RTCP	H.225.0 (sinalização)	H.245	H.225.0 mensagens RAS
			RTP					
UDP	TCP	TCP/UDP	UDP			TCP/UDP	TCP	UDP
IP								

Figura 10 - Estrutura Protocolar do Padrão H.323.
Fonte: MORAES (2006)

5.2 O PROTOCOLO SIP

O *Internet Engineering Task Force* (IETF) é o responsável pela especificação do *Session Initiation Protocol* (SIP). Ele é um protocolo de controle pertencente à camada de aplicação, que permite a criação, modificação e finalização de sessões multimídia, podendo utilizar outros protocolos para fornecer serviços extras, apesar de possuir independência de funcionamento e de operação (RFC 3261, 2002).

É um protocolo baseado em texto, permitindo sua implementação em diversas linguagens de programação, tendo sido criado com a finalidade de ser um protocolo mais fácil do que os existentes no mercado, apresentando uma estrutura de cliente-servidor (FERREIRA e BRANDÃO, 2007; MORAES, 2006; JÚNIOR, 2005; AMARAL, 2005), tendo como principais características a escalabilidade, a flexibilidade e a facilidade de criação de serviços, tornando-se, assim, um protocolo de fácil integração junto às aplicações já existentes, devido às semelhanças, principalmente, com os protocolos HTTP e SMTP (DAVIDSON *et al.*, 2006; JÚNIOR, 2005).

5.2.1 Componentes do SIP

5.2.1.1 *User Agent* SIP (UA SIP)

Os Agentes do Usuário SIP são os terminais finais de comunicação, que podem ser um terminal IP, um *softphone*³ ou ATA, atuando como um cliente/servidor e sendo dividido em duas partes:

- UAC (*User Agent Client*) – que é a parte cliente e efetua requisições SIP para o servidor;
- UAS (*User Agent Server*) – que é a parte servidor, recebendo e respondendo às requisições.

5.2.1.2 Servidor Proxy SIP

Este servidor é dividido em três partes:

- *Proxy Server* – é um servidor intermediário, que tem a capacidade de atuar tanto como cliente quanto como servidor, sendo o responsável por estabelecer chamadas entre os integrantes da chamada, encaminhar os pedidos recebidos até o seu destino, podendo passar, ou não, por outros servidores Proxy, possuindo informações com o intuito de bilhetagem;
- *Redirect Server* – é também um servidor intermediário, cuja função é fornecer informações sobre o usuário de destino, utilizando, para isso, um DNS, cuja função é resolver nomes;
- *Registrar Server* – é um servidor que trabalha em conjunto com o servidor de redirecionamento e o servidor Proxy para armazenar informações sobre a localização de um terminal.

³ *Software* que realiza chamadas telefônicas através de um computador, por meio de uma rede de dados.

Devido à existência de cliente e servidor no mesmo UA SIP, é possível a comunicação *peer-to-peer* (P2P) entre os agentes sem a necessidade de se utilizar servidores (MORAES, 2006; JÚNIOR, 2005; AMARAL, 2005).

5.2.2 As Mensagens SIP

As mensagens SIP são divididas, basicamente, em dois tipos: mensagens de requisição e de resposta, onde os pedidos são realizados pelos clientes e as respostas são fornecidas pelos servidores (MORAES, 2006; JÚNIOR, 2005; AMARAL, 2005). As mensagens SIP são constituídas por uma linha de início ou de requisição, cabeçalhos, linha em branco e pela mensagem propriamente dita, conforme Figura 11 (DAVIDSON *et al.*, 2006; MORAES, 2006; JÚNIOR, 2005).

```

linha-de-requisição ou linha-de-status
cabeçalho
<linha em branco>
corpo-da-mensagem

```

Figura 11 - Mensagem SIP.
Fonte: MORAES (2006)

A linha de requisição é constituída por um método, um endereço e pela identificação da versão SIP utilizada. A Tabela 2 apresenta as mensagens de requisição acompanhados de suas funcionalidades (MORAES, 2006).

Mensagem	Funcionalidade
ACK	Confirma o recebimento da mensagem final do INVITE.
BYE	Requisição de término de sessão.
CANCEL	Solicita o cancelamento de um INVITE.
INVITE	Requisição de estabelecimento de uma sessão.
OPTIONS	Consulta sobre as capacidades de um servidor ou cliente SIP.

REGISTER	Associa uma SIP URI ⁴ com um determinado agente SIP
----------	--

Tabela 2 – Mensagens de Requisição e Funcionalidades do SIP
Fonte: MORAES (2006)

Já as mensagens de resposta com as suas funcionalidades podem visualizadas na Tabela 3 (JÚNIOR, 2006).

Classe	Função	Exemplo
1xx	Informativas	100 Trying / 180 Ringing
2xx	Sucesso	200 OK / 202 Accepted
3xx	Redirecionamento	300 Multiple Choices 302 Moved Temporarily
4xx	Falha na requisição do cliente	403 Forbidden / 404 Not Found
5xx	Falha no servidor	500 Server Internal Error 503 Service Unavailable
6xx	Falha global	600 Busy Everywhere 606 Not Acceptable

Tabela 3 - Mensagens de Resposta e Funcionalidades
Fonte: JÚNIOR (2006)

5.2.3 Estabelecendo Uma Chamada SIP

Existem duas partes de uma chamada baseada em SIP. A primeira é a sinalização, que é um protocolo de mensagens para estabelecer uma chamada. A segunda é realmente o fluxo de mídia, quando os pacotes de RTP viajam diretamente entre os dispositivos finais. (GONÇALVES, 2006).

Para que haja o estabelecimento de uma sessão multimídia, deve haver uma negociação sobre qual mídia deverá ser utilizada e sobre as informações necessárias para a transmissão da mídia escolhida, como o protocolo para transmissão e o CODEC escolhido. Além disso, o iniciador da chamada (cliente SIP)

⁴ *Universal Resource Identifier*

deverá conhecer o endereço SIP da pessoa a ser chamada (servidor SIP), sendo ambos identificados pelo URI, que apresenta as seguintes formas:

- sip:utilizador@domínio;
- sip:utilizador@host;
- sip:utilizador@IP-address;
- sip:número-telefone@gateway.

Dessa forma, podem existir dois tipos de comunicação baseada em SIP:

- *peer-to-peer* – na qual dois agentes SIP se comunicam diretamente um com o outro, cujo fluxo de sinalização pode ser visualizado pela Figura 12, obtida por meio da utilização do software Wireshark.

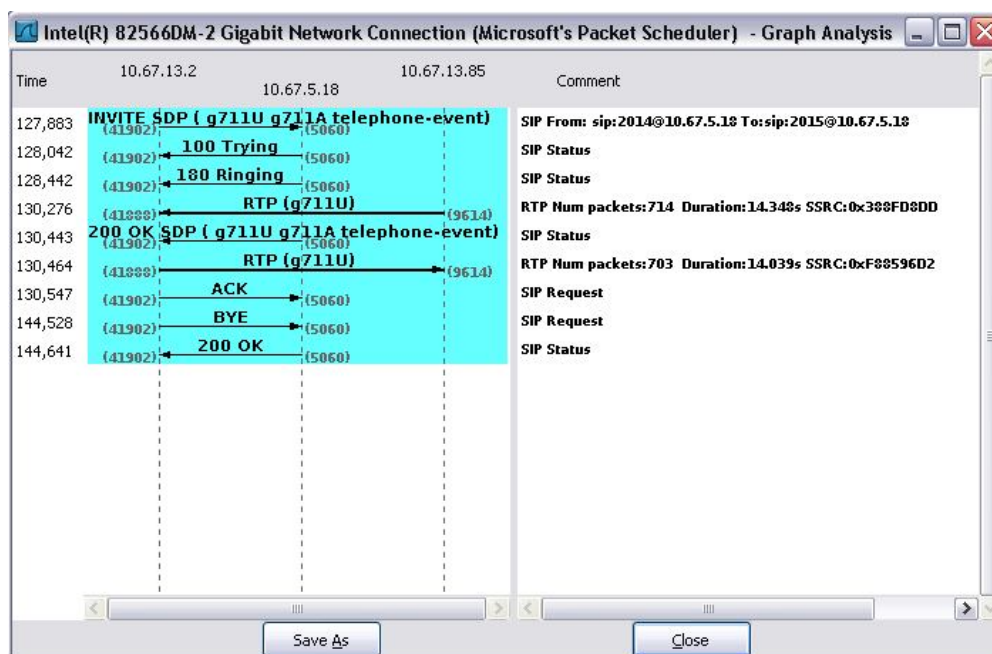


Figura 12 - Chamada peer-to-peer.
Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

- via *Proxy* – sendo um modo indireto de comunicação que passa por um proxy ou por outros servidores de apoio. O fluxo de sinalização pode ser visualizado na Figura 13.

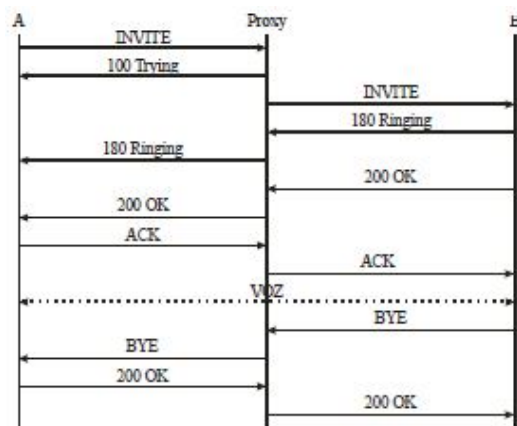


Figura 13 - Fluxo de Sinalização via Proxy.
Fonte: MORAES (2006)

6 CENTRAIS TELEFÔNICAS

6.1 PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

Para ambientes de organizações, ou seja, corporativos, a estrutura do sistema telefônico é um pouco diferente daquela apresentada para a PSTN, pois são disponibilizados serviços adicionais como os ramais, chamada em espera, conferência. Além disso, essas organizações devem possuir sua própria rede telefônica, a fim de se ter uma comunicação interna. Dessa forma, os telefones se ligam a um *Private Automatic Branch Exchange* (PABX), ou seja, a uma central privada. Esse PABX promove a redução dos custos e disponibiliza todas as funções adicionais para os usuários, fazendo com que os mesmos compartilhem um número limitado de linhas telefônicas externas, como pode ser visto por meio da Figura 14.

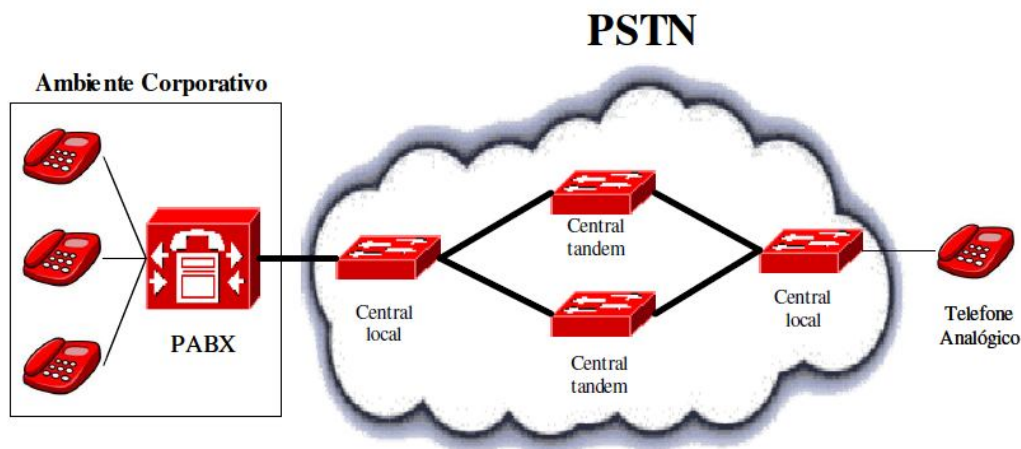


Figura 14 - Ligação entre usuários doméstico e corporativo.
Fonte: CALLADO (2007)

6.1.1 PABX CPA-T

Inicialmente, as centrais telefônicas eram eletromecânicas. Entretanto, com a introdução da técnica PCM e com a evolução da computação e dos sistemas digitais, elas deixaram de ser analógicas e passaram a ser digitais. Assim, passou-se a introduzir o processamento de dados no controle das centrais telefônicas, criando-se as chamadas centrais CPA (Controle por Programa Armazenado).

Segundo a NBR 13083/1994, um PABX CPA-T é uma central comutadora automática para uso privado, conectada, através de linhas-tronco, à PSTN, cujas funções são por Central de Programa⁵ Armazenado que utiliza a técnica de comutação temporal.

Programa armazenado é o *software* constituído por programa e dados que executam o processo de comutação e controle de um PABX CPA-T (NBR 13083/1994).

Dessa forma, surgiram equipamentos mais compactos, com processador central e programação por meio de *software* que agregaram a telefonia à informática. Todo o controle e acesso passaram a ser realizados por de um computador central com *software* proprietário, permitindo, assim, realizar toda a programação do equipamento e introduzindo novas facilidades para os usuários. Apesar de sua configuração ter se tornado mais flexível, os protocolos de sinalização entre os equipamentos e a forma de estabelecimento das chamadas continuaram os mesmos (CALLADO, 2007).

6.1.1.1 A Técnica de Comutação Temporal

A comutação é o procedimento de estabelecimento temporário de circuitos ou canais com a finalidade de assegurar a comunicação entre dois pontos da rede. Este modo de transferência consiste no estabelecimento de um circuito durante a chamada,

⁵ Programa é a expressão de um conjunto organizado de instruções destinadas à execução de procedimento predeterminado.

usando a técnica *Time Division Multiplex* (TDM), onde a unidade básica individual de informação é denominada *time-slot*. Dessa forma, várias ligações são multiplexadas temporalmente numa única ligação física através da associação de vários *time-slots* num enlace que se repetirá igualmente a uma dada frequência. Cada ligação usará sempre o mesmo *time-slot* enquanto durar a chamada. Um exemplo pode ser visto na Figura 15 (CABRAL, 2005; AMARAL, 2005).

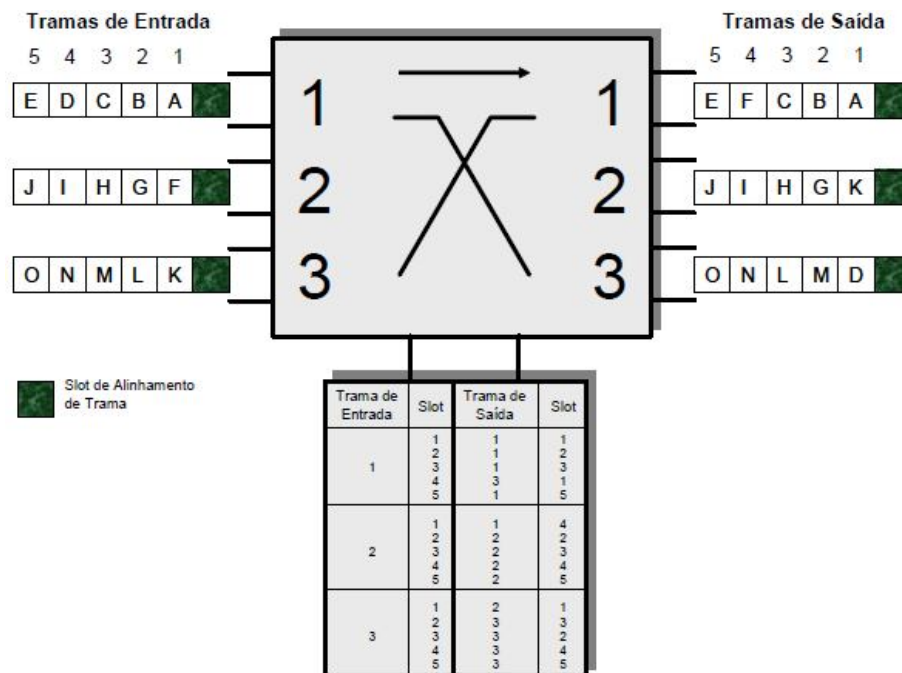


Figura 15 - Comutação de Circuitos Temporal
Fonte: CABRAL (2005)

6.1.2 PABX Híbrido

Um PABX híbrido é aquele que possibilita a integração de dois tipos de tecnologias: a TDM e a IP. Dessa forma, é possível se tanto ligações analógicas e digitais, como se fosse um PABX CPA-T, quanto ligações VoIP.

6.1.2.1 Asterisk⁶

O Asterisk é um software de PABX que utiliza o conceito de software livre (GPL⁷). Ele é promovido pela empresa Digium que desenvolve tanto o código fonte como o *hardware* telefônico de baixo custo que funciona com o Asterisk. Ele roda em plataforma Linux e em outras plataformas Unix, permitindo conectividade em tempo real entre a PSTN e as redes VoIP, quando utiliza *hardware* para conectar a rede pública de telefonia. Pode também ser utilizado apenas dentro da LAN, não necessitando, neste caso, de *hardware* que o conecte à PSTN (MEGGELE, 2007; GONÇALVES, 2006).

O Asterisk PBX é bastante revolucionário, tanto nas áreas de telefonia IP quanto nas áreas de PABX baseado em *software*, pelo fato de ser gratuito e de contar com uma comunidade internacional que trabalha para o seu desenvolvimento e de *softwares* compatíveis com ele, o que faz com que o mercado de telefonia deixe de ser dependente de equipamentos proprietários pertencentes a companhias multinacionais (GONÇALVES, 2006; PINHEIRO, 2005)

Seu nome surgiu a partir do símbolo *, que tanto em Linux quanto em Unix representa um curinga, ou seja, pode representar qualquer caractere ou qualquer arquivo. Dessa forma, o Asterisk é desenvolvido para integrar qualquer peça de telefonia, *hardware* ou *software*, a aplicações (GONÇALVES, 2006; PINHEIRO, 2005).

Ele é um PABX híbrido. Assim, possibilita o convívio de diferentes tecnologias, como TDM e a telefonia IP. Pode ser conectado tanto a uma operadora de telecomunicações quanto a um PABX, usando interfaces analógicas e/ou digitais. Além disso, pode atuar como um softswitch, media gateway, correio de voz, áudio conferência e, ainda, possui um mecanismo de música em espera interno (GONÇALVES, 2006).

⁶ <http://www.asterisk.org>

⁷ *Generic Public License*

O Asterisk foi desenvolvido para ter o máximo possível de flexibilidade e sua arquitetura pode ser vista pela Figura 16.

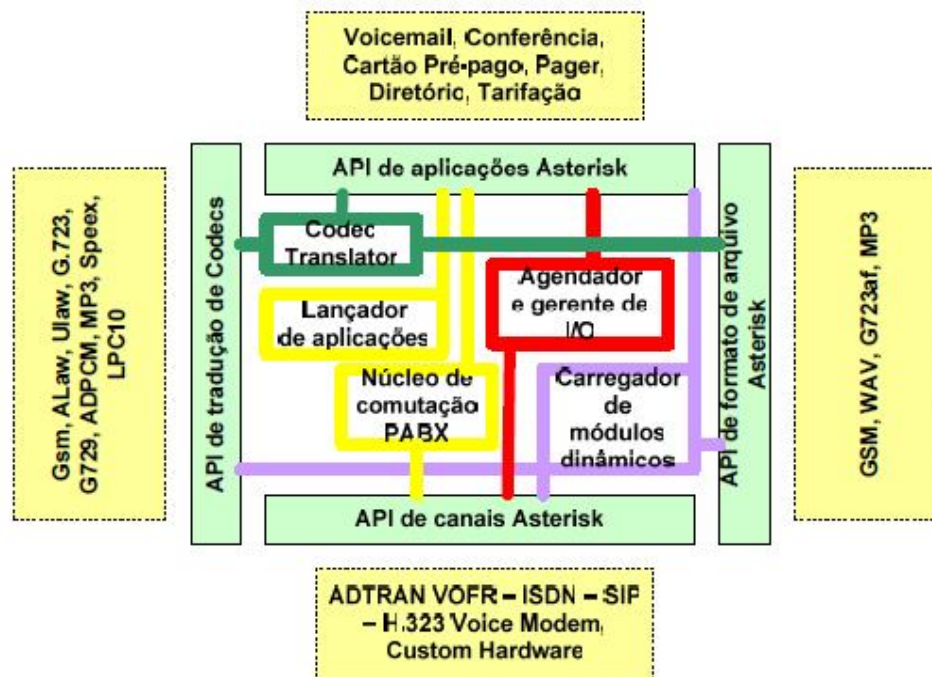


Figura 16 - Arquitetura do Asterisk
Fonte: GONÇALVES (2006)

Pode-se verificar que algumas APIs (*Applications Programming Interface*) especiais foram definidas ao redor do núcleo, o que torna o Asterisk transparente a protocolos, CODECs e *hardware*, podendo, ainda, ser compatível com diversas tecnologias existentes ou que venham a ser lançadas, sem haver necessidade de mudanças no núcleo do programa. Uma maior flexibilidade para o administrador pode ser conseguida com o carregamento dos módulos separadamente, pois permite que o mesmo escolha a melhor e mais enxuta configuração que o atenda (MEGGELEN *et al*, 2007; GONÇALVES, 2006; PINHEIRO, 2005).

O núcleo do programa é dividido em quatro módulos principais:

- Módulo PBX, que é o módulo principal e o responsável pela conexão das chamadas dos diversos usuários e tarefas automáticas;

- Lançado de Aplicativos, responsável pela execução dos serviços para os usuários, como exemplo, o *voicemail*;
- Tradutor de CODECs, responsável pela tradução dos CODECs suportados pelo Asterisk;
- Módulo de Agendamento e Gerenciamento de I/O, responsável pelo agendamento de tarefas de baixo nível do programa e pela gerência do sistema para uma melhor performance.

Assim como o núcleo, as APIs também podem ser divididas em quatro espécies principais:

- APIs de Canal, que fazem a compatibilidade do núcleo com os diversos tipos de conexões de chamadas, pois os módulos são carregados para cada tipo de conexão (ISDN, VoIP, entre outros), a fim de gerar compatibilidade com as camadas mais baixas;
- APIs Aplicativos, permitem a execução das diversas funcionalidades, como o *voicemail*;
- APIs de Tradutor de CODECs, utilizados para suportar os vários CODECs de áudio;
- APIs de Formato de Arquivo, utilizados para a leitura e escrita em diversos formatos de arquivos para armazenamento no sistema de arquivos.

Assim, o Asterisk pode ser utilizado para aperfeiçoar um PABX “convencional”, como também adicionar novas funcionalidades a essa central, tais como:

- Conectar usuários distantes de seu local de trabalho, com a utilização de conexões de banda larga, sobre VPN;
- Conectar unidades geograficamente afastadas, por meio da Internet ou por uma rede IP privada;
- Fornecer aos usuários, correio de voz, integrado com a “web” e com seu e-mail;

- Interfacear linhas telefônicas normais, ISDN em acesso básico (2B+D) e primário (30B+D).

7 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso será realizado em um PABX de marca Philips, modelo Sopho da família iS3000 que está instalado em um órgão do Ministério da Defesa que, atualmente, possui 3500 portas de ramais, ou seja, é capaz de atender a 3500 usuários e já apresenta 3405 portas ocupadas.

Com a ampliação da estrutura física do referido Órgão, o número de usuários deverá aumentar consideravelmente, acima de 300 usuários, não sendo possível atendê-los com o atual PABX. Dessa forma, para que todos possam desfrutar das facilidades que a telefonia proporciona, faz-se necessário que a atual capacidade da central telefônica aumente. Entretanto, diversos problemas surgiram para a ampliação da estrutura:

- Limitação de recursos financeiros, pois seria necessário adquirir todo um conjunto de *racks*, placas, licenças, pois o PABX é proprietário da Philips, e mudança da arquitetura atual. Todos esses itens despenderiam recursos consideráveis;
- Limitação da infraestrutura, pois para a conexão dos usuários é necessário que, pelo menos, um par de fios de cobre seja entregue no ponto telefônico onde o aparelho ficará instalado. Entretanto, a atual tubulação encontra-se totalmente saturada/obstruída, sendo impossível aproveitá-la e devendo-se criar uma nova tubulação, o que impacta, também, em recursos vultosos.

Dessa forma, com as limitações existentes e com a obrigação de atender os novos usuários, a solução que se apresentou mais viável e menos dispendiosa foi a de transformar o atual PABX TDM em um PABX Híbrido, por meio da integração da tecnologia TDM com o mundo IP (VoIP), uma vez que a organização já conta com uma rede de dados que abrange toda a sua infraestrutura.

Sendo assim, foram implementadas duas soluções:

1ª. Utilizando o *software* Asterisk, como *gateway*;

2ª. Utilizando a placa ISG, da Philips, como *gateway*.

7.1 PLANEJANDO O ESTUDO DE CASO

O PABX SOPHO Is 3090 é digital e controlado por programa armazenado (CPA), estando habilitado para ser utilizado em ambientes analógico, digital e em uma Rede Digital de Serviços Integrados (RDSI). O sistema é baseado em técnicas de processamento distribuído, sendo a transmissão e comunicação internas baseadas em tecnologia digital (PCM/TDM). O *software* do sistema é chamado CHILL (linguagem de programação de alto nível da CCITT), que apresenta uma linguagem de programação procedural empregada em centrais telefônicas, possuindo uma rede de comutação do tipo sem bloqueio, para atender o alto requisito de tráfego necessário para comunicação de dados e voz.

A central telefônica possui uma rede de comutação, correspondente ao módulo onde são executados os enlaces digitais no sistema, do tipo TDM/digital. A comutação consiste na transferência das informações dos canais de entrada para os canais de saída, sendo que a relação entre os canais de entrada e saída é definida por meio de comandos recebidos do controle central (CPU).

O protocolo de sinalização utilizado foi o SIP, pois é o protocolo mais difundido atualmente e, também, por ter sido padronizado pelo Governo Brasileiro, através da norma e-Ping – Versão 2010, como o protocolo de controle na camada de aplicação para criar, modificar e terminar sessões com um ou mais participantes.

Para os testes, foram utilizados aparelhos telefônicos IP de dois tipos:

- *Softphone*;
- Telefone IP da marca Polycom.

O *softphone* utilizado foi o X-Lite, que é um aplicativo multimídia gratuito, que trabalha associado com a tecnologia VoIP/telefone IP, possibilitando ao usuário realizar chamadas a partir de um PC ou laptop, fornecendo grande mobilidade. Ele transforma o computador em um telefone multimídia, com capacidade de voz, dados e imagem. O *softphone* utilizado pode ser visualizado na Figura 17.



Figura 17 - Softphone X-Lite
Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

O telefone IP da Polycom realiza, praticamente, as mesmas funções do *softphone* X-Lite, mas apresenta-se como um aparelho telefônico comum. Sua imagem pode ser vista na Figura 18.



Figura 18 - Telefone IP Polycom.
Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

7.1.1 O Asterisk como *gateway*

A primeira solução encontrada, de acordo com os recursos financeiros disponíveis, foi instalar o Asterisk, que é um PABX Híbrido, como *gateway* para a telefonia IP que atenderá aos novos usuários, ou seja, todos eles utilizarão telefonia VoIP para receber e efetuar suas ligações.

Dessa forma, foi utilizado um PC que possui um processador Pentium IV de 2.6GHz, com 1GB de RAM e um disco rígido de 60GB. Entretanto, o Asterisk faz um uso intenso da CPU, pois a utiliza para o processamento dos sinais digitais. Mas, para um projeto piloto, é suficiente.

O sistema operacional escolhido foi o Debian 4.0, pelo fato de ser o sistema operacional gratuito mais difundido na organização e por apresentar um maior suporte técnico dentro da mesma, além de que o Asterisk foi desenvolvido para operar em Linux. Dessa forma, foi realizado o *download* do Debian 4.0 da *Internet*, por meio do site <http://www.debian.org/>, e realizada a sua instalação.

Com o sistema operacional pronto, foi realizada a instalação do Asterisk, cujo código fonte foi baixado do site oficial, <http://www.asterisk.org>. Para se instalar o *software*, foram executados os seguintes comandos:

```
# cd /usr/src/asterisk  
  
# make clean  
  
# make  
  
# make install  
  
# make samples
```

Após a instalação, é necessário realizar a configuração dos arquivos do Asterisk, que estão localizados no diretório */etc/asterisk*, possuem o formato ASCII, sendo, basicamente, quatro os arquivos que serão configurados:

- o *zaptel.conf* – arquivo de definição dos canais, mas não é lido pelo Asterisk;

- o *zapata.conf* – arquivo de configuração dos canais;
- o *sip.conf* – arquivo de configuração do protocolo SIP;
- o *extensions.conf* – arquivo de configuração do plano de numeração.

O Asterisk possui outros arquivos de configuração, mas não serão abordados.

Para que o Asterisk pudesse ser integrado ao PABX, foram adquiridas duas placas da empresa Digium:

- O *Wildcard TE110P T1/E1* – que possui uma porta Ethernet e possibilita o entroncamento E1 e que pode ser visualizada pela Figura 19;



Figura 19 - Placa TE110P T1/E1
Fonte: DIGIUM (2005)

- O *Wildcard TDM400P* – que possui duas portas FXS, que permite a conexão de um assinante, e duas portas FXO, que permite a conexão à PSTN ou a um PABX, e que pode ser visualizada pela Figura 20.

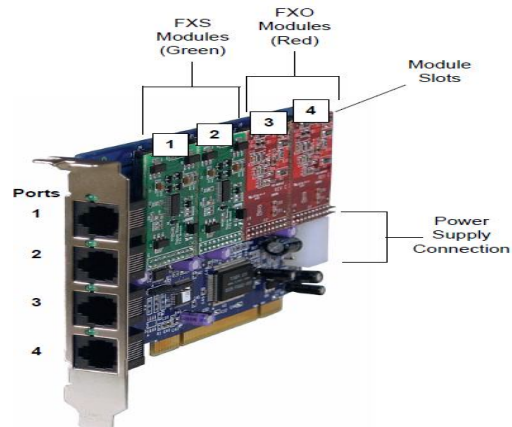


Figura 20 - Placa TDM400P
Fonte: DIGIUM (2005)

7.1.1.1 O arquivo *zaptel.conf*

Para que as placas sejam instaladas, é necessário que os seus drivers correspondentes sejam baixados e instalados, o que pode ser conseguido por meio dos comandos:

```
# cd zaptel
# make clean; make install
```

Após a instalação dos *drivers*, é preciso carregar os módulos correspondentes das placas, que é feito por meio do comando:

```
# modprobe zaptel
```

Para que os parâmetros de configuração regional sejam modificados e que os canais possam ser definidos, é necessário que o arquivo seja editado, como mostra a Figura 21.

```
# Autogenerated by /usr/sbin/genzaptelconf -- do not hand edit
# Zaptel Configuration File
#
# This file is parsed by the Zaptel Configurator, ztcfg
#
# It must be in the module loading order

# Span 1: WCT1/0 "Digium Wildcard TE110P T1/E1 Card 0"
span=1,1,0,ccs,hdb3,crc4
# termtype: te
bchan=1-15,17-31
dchan=16

# Span 2: WCTDM/0 "Wildcard TDM400P REV I Board 1"
fxsks=32
fxsks=33
fxols=34
fxols=35

# Global data

loadzone    = br
defaultzone = br
```

Figura 21 - Arquivo *zaptel.conf*
Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

Depois de editado, o arquivo *zaptel.conf* deve ser carregado por meio do comando a seguir, e, por meio do seu carregamento, pode-se visualizar se houve algum erro nos canais, como apresentado na Figura 22.

```
# ztcfg -vvv
```

```

# ztcfg -vv

Zaptel Version: 1.4.3
Echo Cancellor: MG2
Configuration
=====

SPAN 1: CCS/HDB3 Build-out: 0 db (CSU)/0-133 feet (DSX-1)

Channel map:

Channel 01: Clear channel (Default) (Slaves: 01)
Channel 02: Clear channel (Default) (Slaves: 02)
Channel 03: Clear channel (Default) (Slaves: 03)
...
Channel 14: Clear channel (Default) (Slaves: 14)
Channel 15: Clear channel (Default) (Slaves: 15)
Channel 16: D-channel (Default) (Slaves: 16)
Channel 17: Clear channel (Default) (Slaves: 17)
Channel 18: Clear channel (Default) (Slaves: 18)
...
Channel 30: Clear channel (Default) (Slaves: 30)
Channel 31: Clear channel (Default) (Slaves: 31)
Channel 32: FXS Kewlstart (Default) (Slaves: 32)
Channel 33: FXS Kewlstart (Default) (Slaves: 33)
Channel 34: FXO Loopstart (Default) (Slaves: 34)
Channel 35: FXO Loopstart (Default) (Slaves: 35)

35 channels configured.

```

Figura 22 - Carregamento do zaptel.conf
Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

7.1.1.2 O Arquivo *Zapata.conf*

O arquivo *zapata.conf* contém parâmetros relacionados aos canais TDM fornecidos pela interface *zaptel* que o Asterisk utilizará, como pode ser visto na Figura 23.

```

[channels]

context=default
switchtype=euroisdn
signalling=pri_net
rxwink=300
usecallerid=yes
hidecallerid=no
callwaiting=yes
usecallingpres=yes
callwaitingcallerid=yes
threewaycalling=yes
transfer=yes
canpark=yes
cancallforward=yes
callreturn=yes
echocancel=yes
echocancelwhenbridged=yes
echotraining=yes
rxgain=0.0
txgain=0.0
immediate=no
prilocaldial=unknown
pridialplan=unknown
overlapdial=no
context=default
group=1
channel=>1-15,17-31

signalling=fxs_ks
group=2
context=entrada
channel=>32-33

signalling=fxo_ls
group=3
context=default
channel=>34-35

;callgroup=1
;pickupgroup=1

```

Figura 23 - Configuração do arquivo zapata.conf
 Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

7.1.1.3 O Arquivo *sip.conf*

O arquivo *sip.conf* configura o modo global do funcionamento do Asterisk com o protocolo SIP e os clientes que irão se conectar no servidor, possuindo duas seções, que podem ser vistas na Figura 24:

- A seção [general], onde são configuradas todas as opções do uso do SIP;
- A segunda seção configura os clientes.

```
[general]
bindport=5060
allow=all

[8511000]
username=8511000
secret=0005
type=friend
context=default
host=dynamic
defaultip=10.67.5.71
callerid=Henrique<8511000>
dtmfmode=rfc2833
;nat=yes
;canreinvite=no
callgroup=1
pickupgroup=1
```

Figura 24 - Configuração do sip.conf
Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

7.1.1.4 O Arquivo *extensions.conf*

O arquivo *extensions.conf* permite a configuração do plano de discagem do Asterisk, definindo o privilégio de cada ramal ou grupo de ramais, sendo a sua parte mais importante, pois controla como as chamadas de entrada e de saída serão encaminhadas e manuseadas. Sua configuração pode ser visualizada na Figura 25.

```

[default]

; ORIGEM: ramais IP
; DESTINO: ramais na FXS do Asterisk
Exten=>_1500, 1, Dial (ZAP/34, 20, r)
Exten=>_1501, 1, Dial (ZAP/35, 20, r)

; Origem: ramais IP
; Destino: ramais IP
exten=>_8511XXX, 1, Dial (SIP/${EXTEN})

; Origem: ramais IP
; Destino: ramais RITEx pelos canais FXO
;           (para ramal do PABX, o PABX Philips
;           deve receber apenas o ramal via FXO)
exten=>_860XXXX, 1, Dial (ZAP / g2 / ${EXTEN:3}) ; PABX
exten=>_8XXXXXX, 1, Dial (ZAP /g2 / ${EXTEN})   ; Outros

; Origem: ramais IP
; Destino: ramais do PABX pelo canal E1
exten=>_860XXXX, 1, Dial (ZAP / g1 / ${EXTEN:3}) ; PABX
exten=>_8XXXXXX, 1, Dial (ZAP / g1 / ${EXTEN})   ; Outros

```

Figura 25 - Configuração do extensions.conf
Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

7.1.2 Integrando o Asterisk com o PABX

Para a integração do Asterisk com o PABX foram realizados dois tipos de conexão:

- A primeira conexão foi realizada por meio das placas FXO;
- A segunda por meio da placa E1.

Para a conexão por meio das placas FXO, foram disponibilizados dois ramais do PABX e os mesmos foram colocados dentro de um grupo de ramal, o de prefixo 851. Esses dois ramais servem de tronco para o Asterisk, com o inconveniente de se ter a possibilidade de duas chamadas telefônicas ocorrendo ao mesmo tempo entre um ramal IP do Asterisk e um ramal pertencente ao PABX. Além disso, para que fosse possível um ramal analógico/digital ligar para um ramal IP, foi implementada uma URA (Unidade de Resposta Audível) que realizava o atendimento das ligações e possibilitava ao usuário discar para o ramal IP desejado.

Com o intuito de se eliminar o atendimento pela URA e aumentar a quantidade de ligações simultâneas, foi realizada a conexão do PABX com o Asterisk, por meio da placa E1, da Digium, que possui uma porta com conector RJ45. Entretanto, era necessário realizar a conexão com uma placa E1 do PABX, chamada DTU-G, que utiliza cabo coaxial. Dessa forma, foi necessário utilizar um *balun*, que é um conversor impedâncias, para que não haja perda de sinal, que realiza a conversão do cabo coaxial em UTP e vice-versa. Uma imagem do *balun* pode ser visualizada na Figura 26.



Figura 26 – Balun
Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

Com a conexão entre as duas placas E1, foi necessário criar uma rota de comunicação no PABX, a fim de que ele conseguisse encaminhar todas as chamadas de/para o Asterisk. A configuração foi realizada por meio do *software TOLLManager*, que realiza toda a gerência do PABX. Após configurada a rota, os dois PABXs puderam se “comunicar” diretamente e todas as ligações puderam ser encaminhadas sem congestionamento, pois há 30 canais disponíveis para comunicação entre usuários, sem a necessidade de utilização da URA. O diagrama da integração pode ser visto na Figura 27.

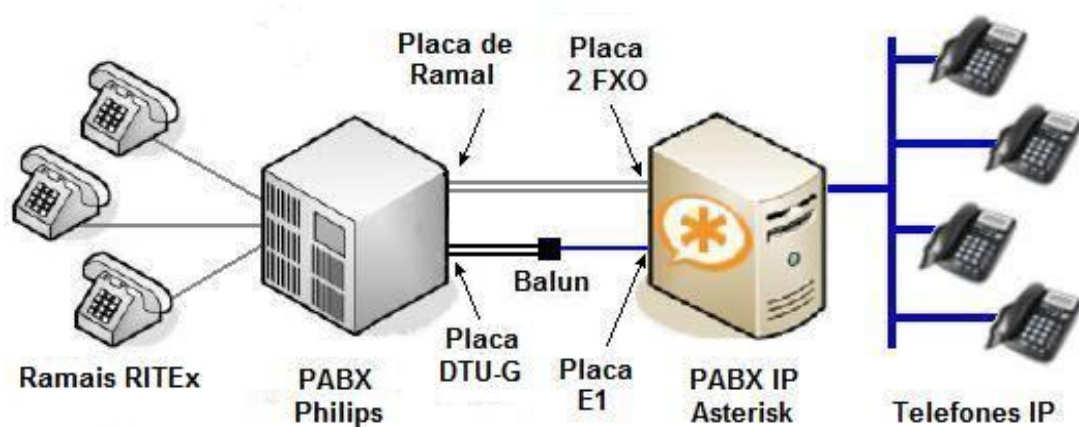


Figura 27 - Integração PABX com Asterisk
 Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

Dessa forma, é possível um grande aumento do número de usuários, pois o Asterisk permite ter tantos usuários quanto seja possível do processador da CPU suportar processar, permitindo todos os usuários da organização que possuam um ponto de rede possam desfrutar de um ramal telefônico com tecnologia IP. Sendo assim, a limitação passa a ser de *hardware*, além do fato de que não é necessário comprar licenças de usuários para que os mesmos possam ser conectados.

Além disso, o Asterisk gerenciar todo o sistema telefônico, permitindo saber quais usuários estão conectados, seus respectivos IPs, quais estão realizando chamadas, qual a utilização por parte de cada usuário, a bilhetagem e tarifação por ramal, entre diversas outras funcionalidades. Um exemplo por visto na Figura 28.

```

4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3013ms
rtt min/avg/max/mdev = 360.883/532.769/1044.193/295.273 ms, pipe 2
voip2:~#
voip2:~#
voip2:~# asterisk -rvvvvvvvvv
Asterisk 1.4.18, Copyright (C) 1999 - 2008 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
== Parsing '/etc/asterisk/asterisk.conf': Found
== Parsing '/etc/asterisk/extconfig.conf': Found
Connected to Asterisk 1.4.18 currently running on voip2 (pid = 2585)
Verbosity is at least 19
voip2*CLI>
voip2*CLI>
voip2*CLI> sip show peers
Name/username      Host                Dyn Nat ACL Port      Status
8511016/8511016    192.168.103.102    D          5060    Unmonitored
8511000/8511000    10.67.123.71       D          5060    Unmonitored
1017/1017          (Unspecified)     D          0       Unmonitored
1016/1016          (Unspecified)     D          0       Unmonitored
8511015/8511015    192.168.105.100    D          5060    Unmonitored
8511014/8511014    (Unspecified)     D          0       Unmonitored
8511013/8511013    192.168.103.100    D          5060    Unmonitored
8511012/8511012    192.168.102.245    D          5060    Unmonitored
8511011/8511011    192.168.10.252     D          5060    Unmonitored
8511010/8511010    10.67.84.140       D          5060    Unmonitored
8511009/8511009    (Unspecified)     D    N     0       Unmonitored
8511008/8511008    (Unspecified)     D          0       Unmonitored
8511007/8511007    (Unspecified)     D          0       Unmonitored
8511006/8511006    (Unspecified)     D          0       Unmonitored
8511005/8511005    (Unspecified)     D          0       Unmonitored
8511004/8511004    10.67.123.72       D          5060    Unmonitored
1003/1003          10.67.127.80       D          5060    Unmonitored
1002/1002          (Unspecified)     D    N     0       UNKNOWN
8511001/8511001    (Unspecified)     D          0       Unmonitored
9004/9004          (Unspecified)     D          0       Unmonitored
9003/9003          (Unspecified)     D          0       Unmonitored
1902/1902          (Unspecified)     D          0       Unmonitored
1901/1901          (Unspecified)     D          0       Unmonitored
voip1-out/voip2    10.67.121.201      5060    Unmonitored
24 sip peers [Monitored: 0 online, 1 offline Unmonitored: 10 online, 13 offline]
voip2*CLI>

```

Figura 28 - Lista de usuários conectados.
Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

7.1.3 A ISG como *gateway*

A placa ISG (*In-System Gateway*) é uma placa padrão para o iS3000 que suporta troncos e ramais IP, operando com até 30 canais simultaneamente. Ela é totalmente integrada ao PABX sem a necessidade de espaço adicional ou de uma fonte de energia separada.

Como cada placa possui, no máximo, 30 canais, só é possível realizar 30 chamadas simultâneas entre ramais IP e o “mundo” TDM. Além disso, há o inconveniente de

que, para que cada usuário consiga se registrar, deve haver uma licença de ramal disponível para o mesmo. Assim, é possível ter tantos usuários registrados quantas forem as licenças disponíveis. Dessa forma, foram adquiridas duas placas, com 30 licenças de canal cada, e 170 licenças de usuário.

Quando uma ligação ocorre entre ramais IP, a ISG apenas recebe a sinalização, funcionando como um *gatekeeper*. Dessa forma, a ligação passa a ser *peer-to-peer*, não ocupando canais da placa. Com isso, consegue-se aumentar bastante o número de ligações que podem ocorrer simultaneamente.

Para que as placas fossem instaladas, foi necessário alterar vários parâmetros do projeto do PABX. Tais parâmetros estão contidos nas documentações da Philips. Além disso, foi preciso conectar o PABX à LAN, o que foi conseguido por meio da conexão da CPU, da placa CIE, que é a placa controladora do PABX, e das placas ISG ao *switch* que fornece a rede interna do local onde a central telefônica se encontra. Toda a configuração de IPs é realizada por meio do *software TollManager*.

As duas placas ISG foram utilizadas como *cluster*. Sendo assim, todos os usuários deverão saber apenas o IP da placa ISG principal, que ficou definido como 10.67.5.18. A visualização das configurações da referida placa podem ser conseguidas por meio do seguinte comando:

```
<ditcpc:1015,2;
```

Por meio da utilização do comando acima, tem-se a certeza de qual é o *gateway* a ser utilizado. Essas configurações podem ser vistas na Figura 29.

iS3000 In-System Gateway

Channel Status
Configuration Data
IP Trunking Data

Configuration Data Overview

General settings

Item	Value
Firmware 12HC / SB nr	9600 021 44002 / 04326
Boot package	f39a20v1.102
ISG application package	fa2010v1.609
MAC address	00.18.27.00.67.2B
IP-address	10.67.5.18
Default gateway	10.67.7.250
Network mask	255.255.252.0
TFTP server IP-address	10.67.5.16
Fallback IP-address	10.67.5.18
Fallback default gateway	10.67.7.250
Fallback network mask	255.255.252.0
Fallback TFTP server IP-address	10.67.5.16

SIP driver settings

Item	Value
PABX SIP IP-address	10.67.5.17:2610

H.323 / QoS settings

Item	Value
Global DSCP	46
Global User Priority	255
Global VLAN Id.	0
Voice/Data DSCP	46
Voice/Data User Priority	255
Codec preference	G729A-20, G729AB-20, G711a-30, G711u-30

Codec settings

Item	G711	G729
Voice playout delay (min-nom-max)	0-2-4	0-2-4
Voice activity detection (VAD)	Off	Off
Voice activity detection threshold	0	0
Adaptive playout	Disabled	Disabled
Echo canceling tail delay (ms)	32	32
Echo canceller setting	1	1
Echo canceller fixed HLP comfort noise level (dBm)	0	0
HLP aggressive	32768	32768

Figura 29 - Configuração da ISG
Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

Uma vez configurados os IPs, foi necessário criar os ramais para serem utilizados. Com o intuito de serem utilizados como teste, foram criados 32 ramais fora do plano de numeração disponível, mas com o mesmo prefixo dos demais ramais do PABX. Os ramais criados variaram do 2000 ao 2031.

Da mesma forma que ocorre com o Asterisk, é possível gerenciar os ramais registrados como SIP na placa ISG, por meio do comando:

```
<disied:1015,2,0&&14;
```

Com a utilização do comando acima, é possível verificar todos os usuários registrados, nos ramais de 2000 a 2014, conforme Figura 30.

SHELF	BRD	CRT	DNR	IP-ADDRESS	PORT	PROT	LEASE.REQ	LEASE.LEFT
1015	2	0	2000	-	-	-	-	-
1015	2	1	2001	-	-	-	-	-
1015	2	2	2002	10.67.14.84	5060	UDP	3600	3096
1015	2	3	2003	-	-	-	-	-
1015	2	4	2004	10.67.14.86	5060	UDP	3600	2790
1015	2	5	2005	10.67.14.88	5060	UDP	3600	932
1015	2	6	2006	10.67.14.89	5060	UDP	3600	671
1015	2	7	2007	10.67.14.90	5060	UDP	3600	872
1015	2	8	2008	-	-	-	-	-
1015	2	9	2009	10.67.14.92	5060	UDP	3600	3423
1015	2	10	2010	-	-	-	-	-
1015	2	11	2011	-	-	-	-	-
1015	2	12	2012	-	-	-	-	-
1015	2	13	2013	-	-	-	-	-
1015	2	14	2014	10.67.13.2	29392	UDP	3600	601

Figura 30 - Usuários conectados

Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

CONCLUSÕES

Com as duas implementações acima, foi possível realizar a integração de dois “mundos”: o TDM e o IP, por meio do protocolo SIP. Além disso, o grande desejo da organização de aumentar a quantidade de ramais disponíveis foi conseguido, principalmente, com a utilização de recursos financeiros bem menores do que seriam caso fosse necessário ampliar o *hardware* do PABX e a rede telefônica cabeada.

O trabalho demonstrou que a integração entre as redes já é uma realidade e que o mesmo pode ser continuado por meio de diversas sugestões: possibilitar a mobilidade dos usuários por meio da utilização de VPN, permitir o uso da tecnologia VoIP em redes *wireless*, possibilitando, assim, que os usuários, dentro de uma organização, possam ter seus ramais em celulares ou em notebooks.

Não obstante, o trabalho demonstrou também que a utilização de *softwares* livres pode ser de grande valia para se eliminar os altos custos com os *softwares* proprietários, além de que podem ser moldados para atender as necessidades de cada usuário.

Entretanto, deve-se dar uma grande atenção para o desenvolvimento de ferramentas de segurança para a comunicação VoIP, como a utilização dos protocolos SRTP e TLS, pois as chamadas são facilmente capturadas. Como exemplo, foi utilizado o *software* WireShark para monitorar as chamadas e, por meio dele, elas puderam ser capturadas e remontadas, como pode ser visto na Figura 31.

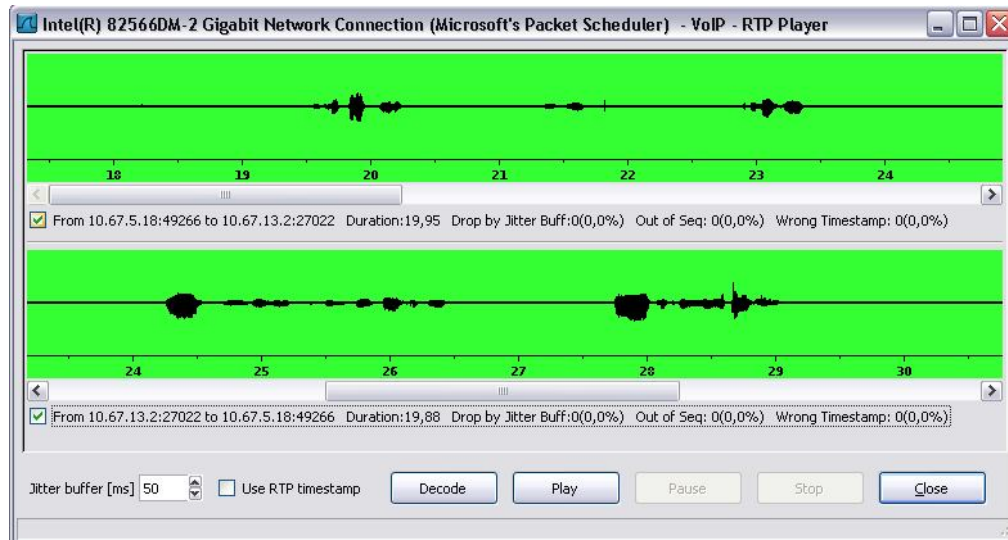


Figura 31 - Chamada capturada pelo Wireshark.
Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR

Outra grande preocupação que deve ser levada em consideração é que para a tecnologia VoIP funcionar bem, deve-se ter um investimento com o serviço de QOS, ou seja, qualidade de serviço que irá priorizar a voz dentro da rede, pois as chamadas podem ser perdidas se, por exemplo, o *jitter* for muito alto. Dessa forma, uma priorização dos pacotes de voz, principalmente em redes muito congestionadas, é imprescindível.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Rodrigo Campos do; **Voz sobre IP (VoIP)**, Faculdades Integradas do Instituto Paulista de Ensino e Pesquisa, 2005.

BATES, Regis J. "Bud"; **Broadband Telecommunications Handbook**, 2a. Ed., McGraw-Hill TELECOM

BOSSE, John G. van; **Signaling in Telecommunication Networks**, 2a. Ed, John Wiley & Sons, Inc.

BRASILEIRO, Governo; **e-PING Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico**, disponível em www.planalto.gov.br, acessado em 15 de junho de 2010.

CABRAL, José Manuel; **Modos de Transferência de Informação**, Universidade do Minho, 2005.

CALLADO, Arthur; FERNANDES, Gabriel; SILVIA, Auristela; BARBOSA, Rodrigo Sadok Djamel; KELNER, Judith; **Construção de Redes de Voz sobre IP: Minicursos: 25º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, 2007.

COMER, D. E. Internetworking with TCP/IP, 3. ed. - Rio de Janeiro: Campus, 1998

DAVIDSON, Jonathan; PETERS, James; BHATIA, Manoj; KALIDINDI, Satish; MUKHERJEE, Sudipto; **Voice over IP Fundamentals**, 2a.Ed., Cisco Press, 2006.

FERREIRA, Aida A.; BRANDÃO, Glória A. V. C.; **Estudo das Tecnologias de Transmissão de Voz Sobre IP (VoIP) e Desenvolvimento de uma aplicação VoIP**, II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, João Pessoa – PB, 2007.

GALAN, Antonio Cabeza; **Fundamentos Básicos de las Telecomunicaciones**, Servicios de Formación de Telefónica de España S.A.U., 2000.

GONÇALVES, Flávio Eduardo de Andrade; **Asterisk PBX – Guia de Configuração**, 2ª Geração, VOffice, 2006.

JÚNIOR, Guilherme Voltan; **Voz sobre IP – Segurança de Transmissões**, Universidade Católica de Goiás, 2005.

Manual de Arquitetura e Hardware ; Philips do Brasil. SOPHO iS3030/3050

Manual de Sistemas e Aplicações ; Philips do Brasil. SOPHO iS3030/3050

MARTINS, Rodrigo Morim; **Segurança em Sistemas Voz sobre IP**; Centro Universitário SENAC, SP 2007.

MEGGELEN, Jim Van; MADSEN, Leif; SMITH, Jared; **ASTERISK - The Future of Telephony**, 2a. Ed, O'Reilly

MEGGELEN, Jim Van; MADSEN, Leif; SMITH, Jared; **ASTERISK – The Future of Telephony**, 2ª Ed., O'Reilly, 2007.

MORAES, Laura Macedo Arahata; **Estudo sobre Segurança em VoIP em um PC-PBX Configurado para um Ambiente Corporativo**, Escola Politécnica de Pernambuco, 2006.

NBR 13083; **Centrais Privadas de Comutação Telefônica (CPCT) Tipo PABX CPA**, 1994.

OLIVEIRA, Evaristo Gonçalves de; **Apostila de telefonia - rede externa**, Vol. 01, ETEC 2007.

PÁDUA, Fabiano de; **Curso Técnico de Telecomunicações**, Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso, 2008.

PINHEIRO, Bruno de Oliveira; **Voz sobre IP Utilizando Asterisk**, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2005.

PINHEIRO, José. M.S; **Centrais Privadas de PABX**, disponível em: www.projetosderedes.com.br, acessado em 24 de maio de 2010.

RFC 1889 – **RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications**, 1996.

RFC 3261; **SIP: Session Initiation Protocol**, 2002.

RIMENEZ, J.; **Gerenciamento de Central PABX**, Banco de Dados da Divisão Técnica e Setor Técnico de Telefonia do Ditel, 2009.

ROCHA, André Fagundes da; **Evolução das redes telefônicas a partir de processos gradativos de modificação de topologia de rede e conversão de centrais**, Cad. CPqD Tecnologia, Campinas, v. 1, n. 1, p. 61-70, jan./dez. 2005.

TANENBAUM, Andrew. S de; **Redes de Computadores**, 4.ed.,Campus 2003

XAVIER, Sidiney; **Voz sobre IP na PBH**, PRODABEL/PUC, Minas Gerais, 2000.