

RAMON BORGES LOPES

ESTUDO SOBRE A SOLUÇÃO DE TELEFONIA IP PARA
INSTITUIÇÕES DA RNP – REDE NACIONAL DE ENSINO E
PESQUISA

Monografia apresentada ao Programa de
Educação Continuada da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para conclusão do
curso de *MBA* em Tecnologia da Informação.

Orientador: Prof. Dr. Stephan Kovach

São Paulo
2008

MBA/TI
2008
L 8812

DEDALUS - Acervo - EPEL



31500020865

FICHA CATALOGRÁFICA

Lopes, Ramon Borges

Estudo sobre a solução de telefonia IP para instituições da RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa / R.B. Lopes. -- São Paulo, 2008.

54 p.

Monografia (MBA em Tecnologia da Informação) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Telefonia 2.Redes de computadores I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso de implementação de telefonia IP, realizado pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), juntamente com universidades e instituições de ensino de todo o Brasil. O foco deste projeto é a redução de custos em ligações telefônicas entre as instituições participantes do projeto, e também em ligações para as cidades onde há instituições do projeto.

Abstract

This work presents a case study implemented by the National Network of Teaching and Research, together with universities and teaching institutions all over Brazil. The main objective is the reduction of costs in telephone calls among its participant institutions, and also in telephone calls to the cities where there are institutions that belong to the project.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: ARQUITETURA BÁSICA DE UM SISTEMA DE TELEFONIA TRADICIONAL [1].....	12
FIGURA 2: INTERLIGAÇÃO ENTRE CENTRAIS TELEFÔNICAS [2].....	14
FIGURA 3: SERVIÇO LOCAL [1].....	14
FIGURA 4: SERVIÇO DE LONGA DISTÂNCIA [1].....	15
FIGURA 5: ARQUITETURA TÍPICA DE REDE DE TELEFONIA IP [3].....	16
FIGURA 6: AMBIENTE H323 [6].....	19
FIGURA 7: SERVIDOR <i>PROXY</i> SIP [6].....	20
FIGURA 8: SERVIDOR DE REDIRECIONAMENTO SIP [6].....	21
FIGURA 9: ESTABELECIMENTO DE UMA CHAMADA DIRETA ENTRE TERMINAIS H323 [6].....	23
FIGURA 10: CLIENTE H323 – OPENPHONE [6].....	25
FIGURA 11: CONFIGURAÇÃO CODEC [6].....	25
FIGURA 12: TOPOLOGIA DE UM AMBIENTE H323 [6].....	25
FIGURA 13: MODO DIRETO DE SINALIZAÇÃO [6].....	26
FIGURA 14: MODO <i>ROUTED GATEKEEPER</i> [6].....	27
FIGURA 15: AMBIENTE COM CLIENTES REGISTRADOS NO GK [6].....	27
FIGURA 16: INTERLIGAÇÃO ENTRE ZONAS ADMINISTRATIVAS H323 [6].....	28
FIGURA 17: TOPOLOGIA COMPLETA COM H323 [6].....	29
FIGURA 18: TOPOLOGIA DE UM AMBIENTE SIP.....	30
FIGURA 19: ESTABELECIMENTO DE CHAMADA ENTRE CLIENTES SIP [6].....	31
FIGURA 20: CLIENTE SIP UTILIZADO [9].....	32
FIGURA 21: CHAMADA ENTRE CLIENTE H323 E CLIENTE SIP.....	33
FIGURA 22: TOPOLOGIA COMPLETA COM AMBIENTE H323 E SIP.....	33
FIGURA 23: <i>GATEWAY</i> INTERLIGANDO TELEFONIA TRADICIONAL E IP [6].....	34
FIGURA 24: PLACA E1 PARA <i>ASTERISK</i> [10].....	35
FIGURA 25: PLACA COM 4 INTERFACES FXO PARA <i>ASTERISK</i> [10].....	36
FIGURA 26: LIGAÇÃO RAMAL VOIP PARA TELEFONIA TRADICIONAL.....	37
FIGURA 27: LIGAÇÃO DA TELEFONIA TRADICIONAL PARA UM TELEFONE IP.....	38
FIGURA 28: TOPOLOGIA COM SERVIDOR VPN [6].....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RNP	Rede Nacional de Ensino e Pesquisa
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
IP	Internet Protocol
VoIP	Voice over IP
SIP	Session Initiation Protocol
PABX	Private Automatic Branch Exchange
STFC	Sistema Telefônico Fixo Comutado
TCP	Transmission Control Protocol
Tel	Terminal Telefônico Convencional
Tel IP	Terminal Telefônico IP
TM	Terminal Multimídia
GW	Gateway
GC	Gateway Controller
MCU	Multipoint Control Unit
GK	Gatekeeper
ITU	International Telecommunications Union
IETF	Internet Engineering Task Force
IMTC	International Multimedia Telecommunications Consortium
RAS	Remote Access Service
AAA	Authentication, Authorization, Accounting
URI	Uniform Resource Identifier
UA	User Agent
GT	Grupo de Trabalho
CODEC	Codificador/Decodificador
RTP	Real Time Protocol
RTCP	Real Time Transport Control Protocol
Kbps	Kilobits Per Second
DGK	Directory Gatekeeper
TDM	Time Division Multiplexing
FXO	Foreign eXchange Office

FXS	Foreign eXchange Station
ISDN	Integrated Service Digital Network
QoS	Quality of Service
CoS	Class of Service
UDP	User Datagram Protocol
NAT	Network Address Translation
PAT	Port Address Translation
VPN	Virtual Private Network

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	MOTIVAÇÃO	10
1.2	DESAFIOS	10
1.3	OBJETIVO	11
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	11
2	CONCEITOS DE TELEFONIA TRADICIONAL / IP, PADRÃO H323 E PROTOCOLO SIP	12
2.1	TELEFONIA TRADICIONAL	12
2.2	TELEFONIA IP	15
2.3	PADRÃO H323	18
2.4	PROTOCOLO SIP	19
3	ESTUDO DE CASO FONE@RNP	22
3.1	O QUE É E COMO SURTIU	22
3.2	ESTRUTURA	23
3.2.1	Ambiente H323	23
3.2.2	Ambiente SIP	29
3.2.3	Interligação da Telefonia IP com a Telefonia Tradicional	34
3.2.4	Plano de numeração	39
3.2.5	QoS	41
3.2.6	Segurança	43
4	CONCLUSÕES	45
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
	ANEXO A – INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Grande parte das empresas privadas e instituições de ensino gastam muito em ligações telefônicas, sendo uma de suas principais despesas. Como hoje elas também gastam com contratação de *links* de dados para conexão com a Internet, essas instituições começaram a implantar sistemas de telefonia IP procurando diminuir os custos em ligações telefônicas e maximizar a utilização dos *links* de dados.

Com a implantação de sistemas de telefonia IP, as empresas e instituições de ensino conseguem aumentar o número de ramais, podendo ser um telefone IP físico ou um software instalado em um computador, ganhando assim mobilidade, pois poderá utilizar em qualquer lugar onde há conexão com a Internet.

1.2 Desafios

Alguns desafios encontrados ao se implantar um sistema de telefonia IP consistem em assegurar que os pacotes de dados sejam entregues no instante certo, onde é acentuado quando uma conexão por satélite é usada, devido ao grande atraso de propagação. Outro desafio para o roteamento de tráfego de voz sobre IP (VoIP) são os bloqueios de muitas portas de protocolo utilizadas e, também, o uso de IPs privados. Outro desafio muito importante é manter a mesma confiabilidade que existe hoje nos sistemas convencionais de telefonia.

1.3 Objetivo

O objetivo deste trabalho é mostrar o estudo sobre telefonia IP abordando todo processo de implantação do ambiente, as principais dificuldades na implantação, o que foi feito para vencer os desafios citados acima, também os softwares utilizados e como as instituições de ensino estão economizando com esta solução.

1.4 Estrutura do Trabalho

Capítulo 2 – Conceitos de telefonia tradicional / telefonia IP, protocolos H323 e SIP

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos de telefonia tradicional, da telefonia IP e também o padrão H323 e o protocolo SIP.

Capítulo 3 – Estudo de Caso fone@RNP

Neste capítulo é apresentado o estudo de caso fone@RNP, serviço de telefonia IP destinado às instituições usuárias da rede acadêmica nacional implantado pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa – RNP.

Capítulo 4 – Conclusões

Neste capítulo são apresentadas as contribuições do trabalho e as conclusões obtidas pela elaboração do mesmo.

2 CONCEITOS DE TELEFONIA TRADICIONAL / IP, PADRÃO H323 E PROTOCOLO SIP

Os conceitos apresentados a seguir serão utilizados para melhor entendimento do estudo de caso.

2.1 Telefonia Tradicional

Telefonia é a área do conhecimento que trata da transmissão de voz e outros sons através de uma rede de telecomunicações. Na telefonia tradicional, a rede é hierárquica, ou seja, é baseada em grandes centrais telefônicas interligadas de forma hierárquica e que detém a inteligência da rede. Além disso, os terminais são desprovidos de inteligência e o seu endereçamento depende da geografia da área de abrangência da rede. [1]

A figura 1 mostra a arquitetura básica de um sistema de telefonia tradicional.

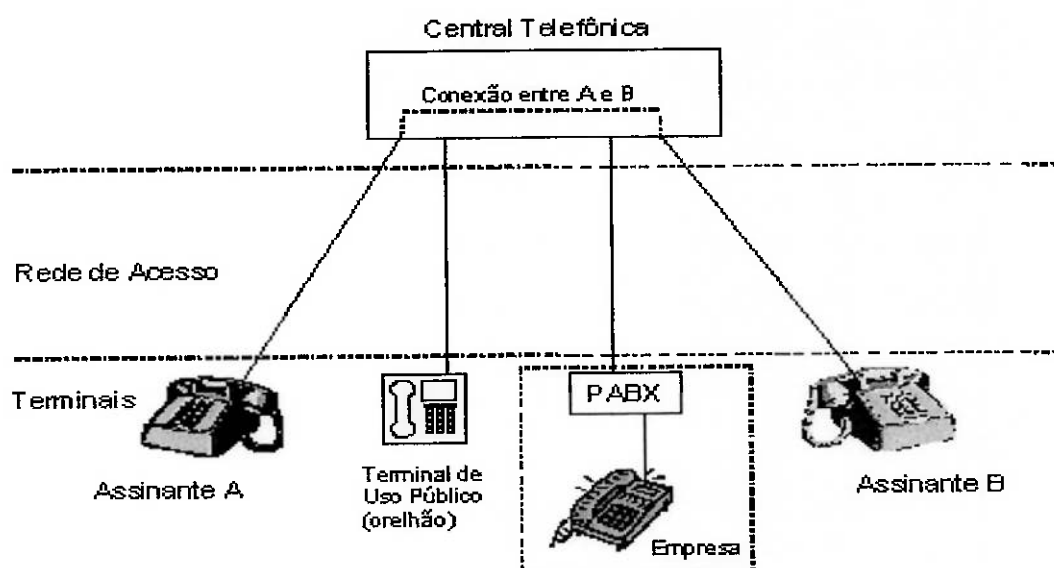


Figura 1: Arquitetura básica de um sistema de telefonia tradicional [1]

Os componentes de um sistema de telefonia tradicional conforme a arquitetura acima são [1]:

- **Terminal telefônico**

Aparelho utilizado pelo cliente. No lado do cliente pode existir desde um único terminal até um sistema telefônico privado, como um PABX, para atender a uma empresa com seus ramais ou um *call center*.

- **Rede de acesso**

Responsável pela conexão entre os assinantes e as centrais telefônicas. As Redes de Acesso são normalmente construídas utilizando cabos de fios metálicos em que um par é dedicado a cada assinante. Esse par, juntamente com os recursos da central dedicados ao assinante, é conhecido como linha telefônica.

- **Central telefônica**

As linhas telefônicas dos vários assinantes chegam às centrais telefônicas e são conectadas entre si quando um assinante (A) deseja falar com outro assinante (B). Comutação é o termo usado para indicar a conexão entre assinantes. Daí o termo Central de Comutação ("*switch*"). A central telefônica tem a função de automatizar o que faziam as antigas telefonistas que comutavam, manualmente, os caminhos para a formação dos circuitos telefônicos. A central de comutação estabelece circuitos temporários entre assinantes, permitindo o compartilhamento de meios e promovendo uma otimização dos recursos disponíveis.

Para permitir que assinantes ligados a uma central local falem com os assinantes ligados a outra central local são estabelecidas conexões entre as duas centrais, conhecidas como circuitos troncos. A figura abaixo mostra como é a interligação entre as centrais telefônicas, o que permite que clientes em diferentes operadoras de telefonia se conversem, e também a ligação até o cliente.

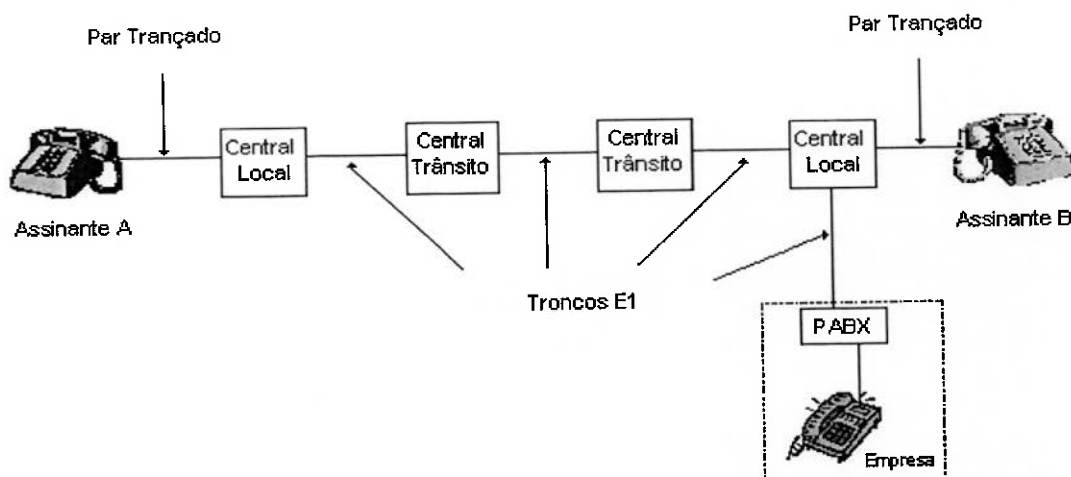


Figura 2: Interligação entre centrais telefônicas [2]

No Brasil, o serviço de telefonia fixa é caracterizado pela denominação Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC), possuindo três modalidades de serviço: serviço local, serviço de longa distância nacional e serviço de longa distância internacional.

- **Serviço Local**

Possui a central local e a rede de acesso à qual o terminal do assinante está conectado. É destinado à comunicação entre dois terminais fixos em uma área de prestação de serviços, definido segundo critérios técnicos e econômicos, como uma área local. Se em uma área local existirem duas operadoras prestando serviço local deverá haver interconexão entre essas redes, tornando possível uma ligação local entre assinantes dessas duas operadoras [1].

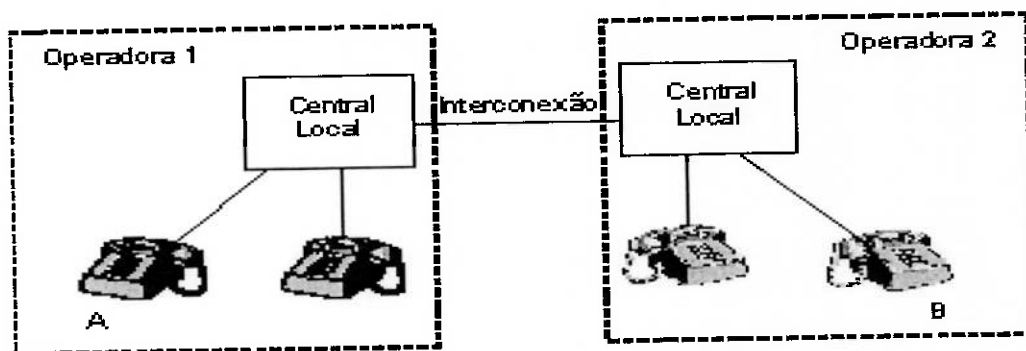


Figura 3: Serviço Local [1]

- **Serviço de Longa Distância**

Destinado à comunicação entre dois terminais fixos situados em áreas locais distintas no território nacional, ou um terminal fixo no território nacional e o outro em território internacional. Uma ligação de longa distância envolve, normalmente, três operadoras. A operadora local (A) que presta o serviço local ao assinante que origina a chamada, a operadora local (B) que presta o serviço local ao assinante que recebe a chamada, e a operadora de longa distância [1].

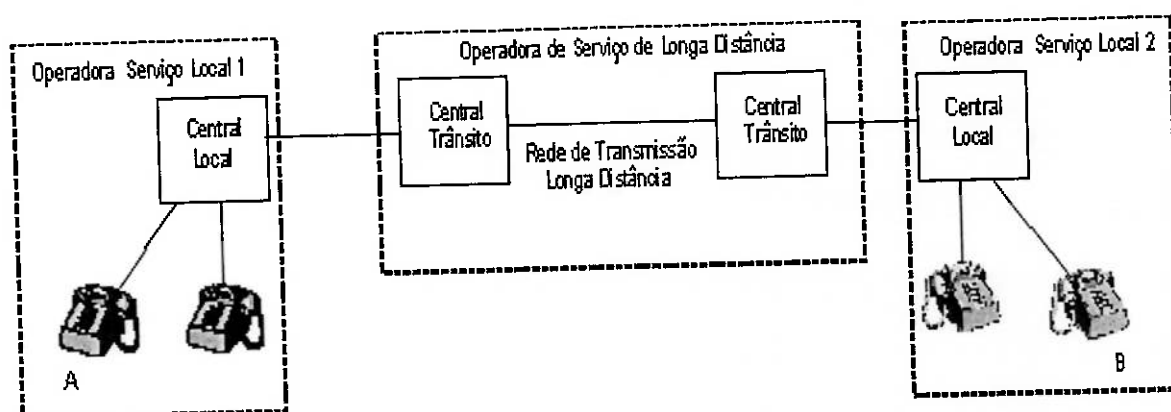


Figura 4: Serviço de Longa Distância [1]

2.2 Telefonia IP

A telefonia IP, diferentemente da telefonia tradicional, não é hierárquica, ou seja, não possui grandes centrais telefônicas interligadas de forma hierárquica onde está toda a inteligência da rede. Na telefonia IP a rede é especializada em roteamento de pacotes de dados e pode trafegar vários tipos de serviços. Os terminais possuem endereçamento independente da localização geográfica e o processamento, e a realização das chamadas ocorre em vários equipamentos que podem estar localizados em qualquer parte da rede.

A figura abaixo mostra a arquitetura de rede para telefonia IP.

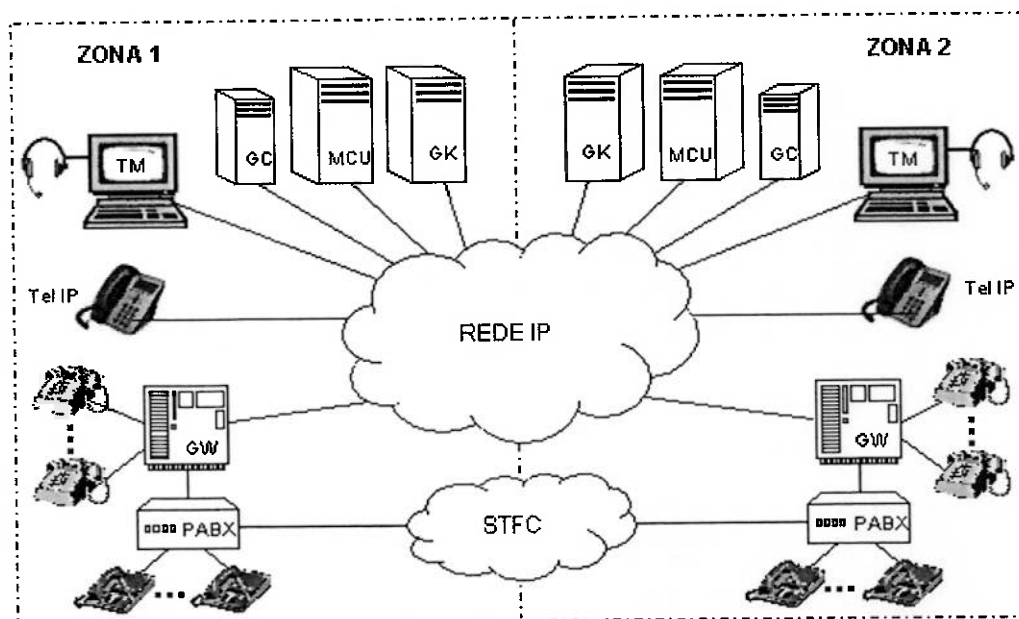


Figura 5: Arquitetura típica de rede de telefonia IP [3]

Os componentes de um sistema de telefonia IP conforme a arquitetura acima são [3]:

- **Rede IP**

É a rede de dados que utiliza os protocolos TCP/IP. Sua função básica é transportar e rotear os pacotes de dados entre os diversos elementos conectados à rede.

- **Sistema de Telefonia Fixa Comutada (STFC)**

É o sistema público convencional de comunicação de voz, que interliga empresas e residências em âmbito nacional e internacional.

- **PABX**

É o equipamento de uso para executar os serviços privados de voz nas empresas. Geralmente, são sistemas digitais e se interligam ao STFC (ou aos sistemas de telefonia móvel) para realizar as comunicações externas.

- **Terminal Telefônico Convencional (Tel)**

É o telefone convencional usado em residências e empresas. Em alguns sistemas digitais mais modernos (públicos ou privados), os telefones também são digitais, para permitir um maior número de funcionalidades adicionais à comunicação de voz convencional.

- **Terminal Telefônico IP (Tel IP)**

É o telefone preparado para a comunicação de voz em redes IP. Tem todas as funcionalidades e protocolos necessários instalados para suportar comunicação bidirecional de voz em tempo real e a sinalização de chamadas.

- **Terminal Multimídia (TM)**

São computadores preparados para a comunicação de voz em redes IP. Assim como o Tel IP, eles têm todas as funcionalidades e protocolos necessários instalados para suportar comunicação de voz em tempo real e a sinalização de chamadas.

- **Gateway (GW)**

É o equipamento responsável pela interoperabilidade entre a rede IP e o STFC (e/ou sistemas de telefonia móvel). Ele executa a conversão de mídia em tempo real (Voz analógica x Voz digital comprimida) e a conversão de sinalização para as chamadas telefônicas.

- **Gateway Controller (GC)**

É o equipamento responsável pelo controle das chamadas em andamento realizadas pelos GW. Também chamado de *Call Agent*, o GC utiliza e gera as informações de sinalização e comanda os GW para iniciar, acompanhar e terminar uma chamada entre dois terminais distintos.

- **Multipoint Control Unit (MCU)**

É o equipamento responsável pelos serviços de conferência entre três ou mais terminais.

- **Gatekeeper (GK)**

É o equipamento responsável pelo gerenciamento de um conjunto de equipamentos dedicados à telefonia IP, quais sejam: Tel IP, TM, GW, GC e MCU. Suas principais funções são: executar a tradução de endereçamento dos diversos equipamentos, controlar o acesso dos equipamentos à rede dentro de sua Zona e controlar a banda utilizada. Outras funcionalidades opcionais podem ser adicionadas, entre elas: autorização de chamadas, localização de GW, gerenciamento de banda, serviços de agenda telefônica (lista) e serviços de gerenciamento de chamadas.

- **Zona**

Zona é um conjunto de terminais, GWs e MCUs gerenciados por um único GK. Uma Zona deve ter pelo menos um terminal, e pode ou não conter GWs ou MCUs. Entretanto, uma zona tem apenas um GK. Fisicamente, a Zona pode ser composta por um ou mais segmentos de rede interligados através de roteadores ou outros equipamentos semelhantes. Comparada com os sistemas telefônicos convencionais, uma Zona corresponde a uma área com um determinado código de localidade, ou seja, uma cidade ou um conjunto de cidades conforme o tamanho e número de terminais.

Os protocolos em uma rede VoIP iniciam e finalizam conexões, sinalização ou abertura de canais para múltiplos ramais como em teleconferências. A *Internacional Telecommunications Union* (ITU), apresentou o primeiro conjunto de protocolos para VoIP em 1995, o H323. Em seguida a *Internet Engineering Task Force* (IETF), apresentou o *Session Initiation Protocol* (SIP) [4].

2.3 Padrão H323

Desenvolvido com o propósito de ser utilizado para comunicações multimídia sobre rede de dados, o padrão H323 ou conjunto de protocolos H323 que segue recomendações da ITU – T foi recomendado pelo *Voice-over-IP Activity Group* do *Internacional Multimedia Telecommunications Consortium* (IMTC) para ser o padrão

utilizado em Voz sobre IP [5]. As versões 2 e 4 do H323 sofreram algumas mudanças para se adequar às necessidades de VoIP.

Para voz sobre IP as entidades H323 mais importantes são *gateways*, terminais e *gatekeeper*. Mas, é possível fazer uma ilha H323 somente com terminais e *gatekeeper*, permitindo que os terminais se comuniquem entre si, mas não com um ambiente externo, como uma Zona com outro protocolo ou mesmo com a rede pública de telefonia.

A figura abaixo mostra a arquitetura de um ambiente H323, destacando a funcionalidade de cada entidade presente.

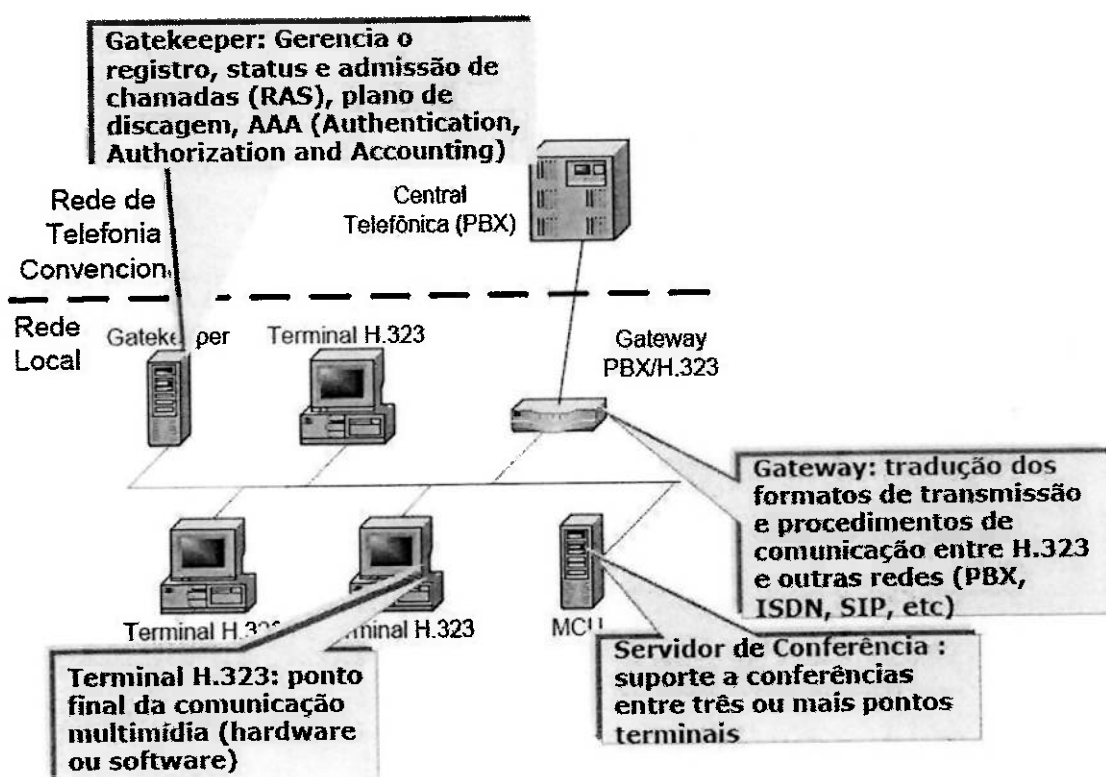


Figura 6: Ambiente H323 [6]

2.4 Protocolo SIP

O *Session Initiation Protocol* (SIP), utilizado para iniciar e terminar sessões, é um protocolo de aplicação, que utiliza o modelo “requisição-resposta”, similar ao HTTP, para iniciar sessões de comunicação interativa entre usuários. O SIP utiliza

Uniform Resource Identifier (URI), que são *strings* (cadeias de caracteres) utilizadas para identificar recursos na web, como páginas, serviços, documentos, imagens, músicas, arquivos, caixas de e-mail, notícias, entre muitos outros para identificar um nome ou um recurso.

A estrutura do SIP simplifica a estrutura de protocolos e permite larga aplicação, não somente para telefonia IP, mas também para outras aplicações, como por exemplo, videoconferências e mensagens instantâneas. A arquitetura SIP é composta por servidores e equipamentos finais. Os servidores contêm funções para sinalização e localização dos usuários. Os elementos típicos de uma arquitetura SIP são:

- **User Agent SIP (UA):**

São equipamentos finais como telefones IP com capacidade SIP, computadores, um *client* de *instant messaging* ou aplicações que iniciam uma solicitação SIP [7].

- **Servidor Proxy SIP:**

Verifica se o domínio da solicitação é o seu próprio, caso contrário repassa a solicitação para o servidor do domínio correspondente [7].

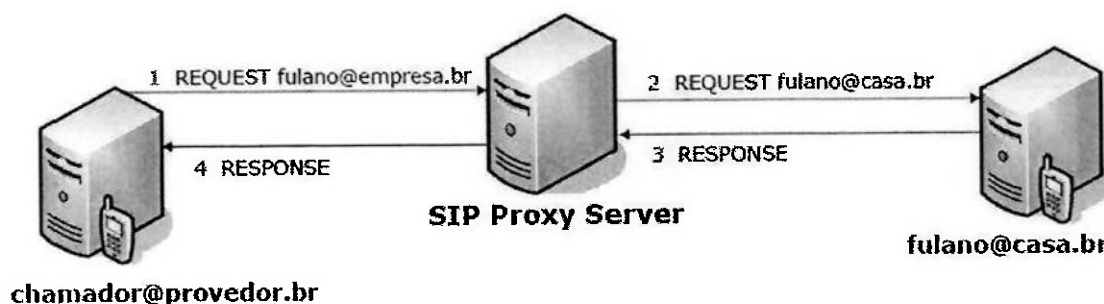


Figura 7: Servidor Proxy SIP [6]

- **Servidor de redirecionamento SIP:**

Utilizado durante a inicialização de uma sessão. Ele determina onde se encontram usuários e servidores *proxy* de domínio externo. Utilizado para encaminhamento de chamadas e “siga-me” [6].

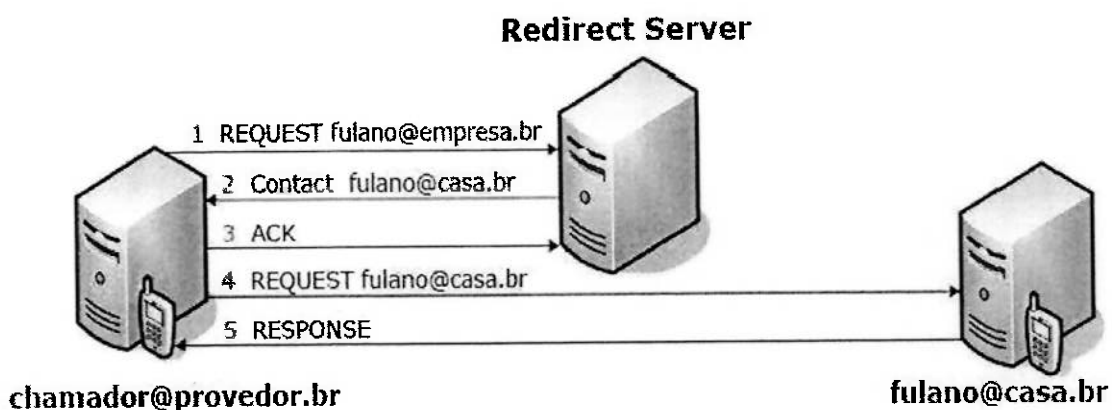


Figura 8: Servidor de redirecionamento SIP [6]

- **Servidor de registro / localização:**

Recebe dos *User Agents*, as solicitações do tipo *register* e armazena o endereço IP e o endereço SIP dos mesmos. São acessados pelos servidores de redirecionamento ou servidores *proxy* para localização de um usuário na rede SIP [6].

Os servidores de um ambiente SIP podem estar presentes todos em um único servidor (fisicamente) fazendo todos os papéis ou podem ficar separados um em cada servidor (fisicamente).

3 Estudo de Caso fone@RNP

3.1 O que é e como surgiu

Implantado pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, o fone@RNP é um serviço de telefonia IP destinado às instituições usuárias da rede acadêmica nacional. O serviço permite às pessoas em diversas instituições de ensino e pesquisa brasileiras a comunicação por voz via Internet, usando computadores, telefones IP ou até mesmo seus próprios aparelhos telefônicos em seus departamentos. O serviço fone@RNP é fruto do empenho do Grupo de Trabalho Voz sobre IP (GT VoiP) que iniciou – se em 2002 [8]. Com o serviço fone@RNP, praticamente qualquer computador pode se transformar em um terminal de telefonia IP, desde que esteja conectado à rede. Assim, as instituições poderão ampliar o número de ramais telefônicos existentes. Outro grande benefício do fone@RNP é a redução significativa dos custos com ligações, especialmente as de longa distância. Com o serviço implantado na instituição, é possível fazer ligações interurbanas sem custos de telefonia (no caso de um telefonema para outro aparelho na rede do serviço) ou ao custo de uma ligação local (no caso de um telefonema para outro aparelho na rede pública, em cidade onde haja uma instituição na rede do serviço).

Com o investimento no *gateway* (com interface digital ou analógica), o PABX institucional poderá ser integrado à Internet, permitindo o acesso ao serviço fone@RNP a partir de qualquer ramal interno. Ligações oriundas de telefones IP ou de ramais internos do PABX são tratadas como chamadas originadas internamente no serviço fone@RNP. Uma instituição que opera esse equipamento de voz poderá, a seu critério, permitir que chamadas originadas dentro da rede VoIP do serviço sejam completadas para a rede pública de telefonia. As instituições podem também permitir que chamadas externas, oriundas da rede pública de telefonia, acessem o serviço fone@RNP discando para o ramal do serviço. Nesse caso, estas chamadas originadas externamente ao serviço só poderão completar para a rede VoIP, isto é, para telefones IP ou ramais de PABX das instituições participantes [8].

3.2 Estrutura

3.2.1 Ambiente H323

A primeira iniciativa do Grupo de Trabalho VoIP (GT VoIP) em 2002 [8], era desenvolver um ambiente para permitir a comunicação entre terminais IP. Naquele ano o protocolo SIP ainda estava em desenvolvimento e, desta forma, foi adotado o padrão H323 para os primeiros testes. Para fazer uma chamada de um terminal H323 para outro, seria necessário instalar somente o software cliente H323 e a chamada poderia ser efetuada pelo número IP do destino. Esta seria a forma mais simples para efetuar a chamada. A figura abaixo mostra os passos para o estabelecimento de uma chamada direta entre terminais H323 [6]:

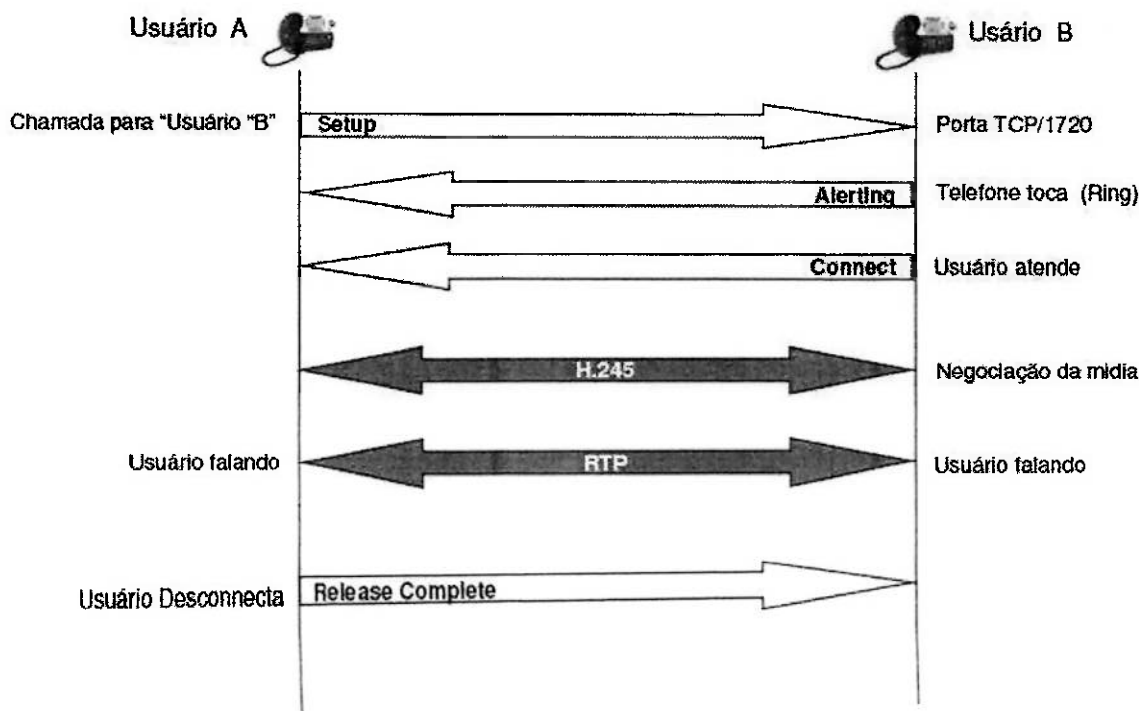


Figura 9: Estabelecimento de uma chamada direta entre terminais H323 [6]

setup: contém informações como endereço de destino e endereço de origem juntamente com número do ramal IP.

- *alerting*: indica que o destino está *online* e telefone está tocando.
- *connect*: quando o destino atende à solicitação de chamada.
- H.245: negociação de mídia, troca de capacidades entre os terminais H323, como por exemplo, tipo de CODEC a ser utilizado.
- *RTP - Real Time Protocol*: utilizado para compensar o problema das variações do atraso (*jitter*) presente nas aplicações em tempo real.
- *Release Complete*: usuário finaliza a chamada.

Uma das funções no H.245 trata da escolha do CODEC a ser utilizado, que converte os sinais analógicos em sinais digitais para transmissão de dados na rede. Através do CODEC consegue – se reduzir a taxa de transmissão de bits, ao mesmo tempo em que mantém o máximo possível de qualidade original do sinal. Alguns exemplos são: G711 com taxa de 64 Kbps, sem compressão de dados e possui uma melhor qualidade; G723 com taxas de 5.3 e 6.3 Kbps, possui alta taxa de compressão para se adequar a *links* com baixas velocidades; e G726 com taxas de 16, 24, 32 e 40 Kbps, possui média taxa de compressão e pode ser utilizado tanto para *links* de baixa quanto de alta velocidades. No próprio software cliente H323 consegue-se configurar o CODEC manualmente ou deixar que os clientes façam a negociação.

Para não utilizar chamada direta de terminal para terminal, o que para um ambiente médio ou grande não seria a mais adequada, a solução então foi utilizar um *gatekeeper*, onde os usuários seriam cadastrados, e os terminais H323, que seriam softwares clientes H323, instalados em computadores. Foi adotado o GNUGK como *gatekeeper* H323 que foi instalado em Linux Debian e o *OpenPhone* como cliente H323, ambos softwares livres.

A figura abaixo mostra a interface do *OpenPhone*, cliente H323 utilizado e onde se pode configurar manualmente o CODEC:



Figura 10: Cliente H323 – OpenPhone [6]

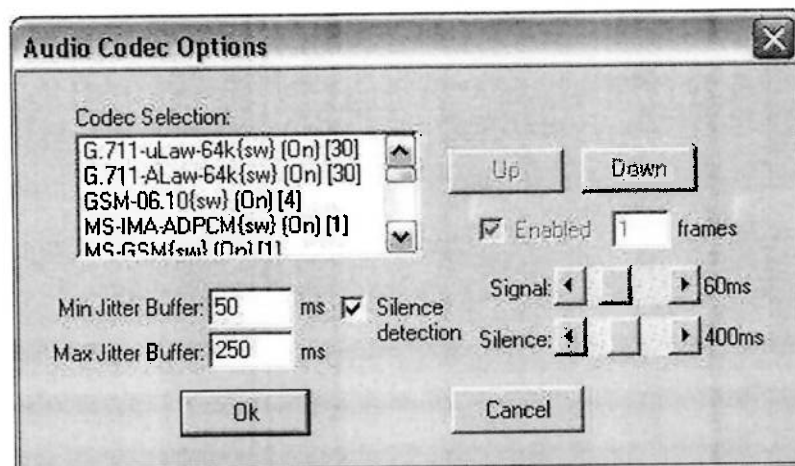


Figura 11: Configuração CODEC [6]

A figura abaixo ilustra a topologia de um ambiente H323:

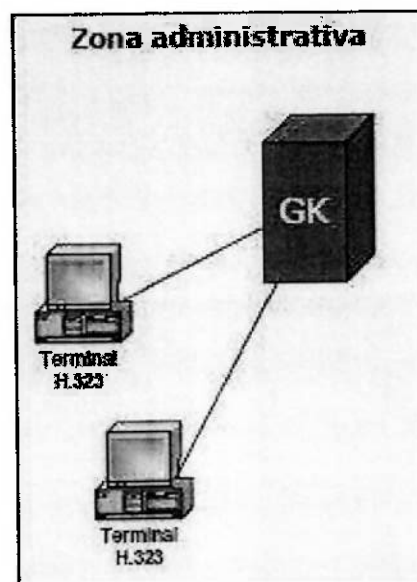


Figura 12: Topologia de um ambiente H323 [6]

No ambiente acima o nome do usuário e o número do ramal IP (Alias H323) foram criados no próprio arquivo de configuração do *gatekeeper*, não necessitando de nenhum banco de dados.

O *gatekeeper* pode ser configurado de duas maneiras, modo direto de sinalização e modo *routed*. No modo direto de sinalização, o *gatekeeper* atua redirecionando a comunicação, de modo que os clientes possam realizar a ligação diretamente (ponto – a – ponto). Toda parte de registro, admissão e status dos clientes passam pelo *gatekeeper*, e a parte de sinalização H.225, como as mensagens para o estabelecimento da conexão entre os clientes H323 e também a parte H.245 que trata toda parte de controle de mídia como CODEC a ser utilizado são passados diretamente entre os clientes [6].



Figura 13: Modo direto de sinalização [6]

No modo *gatekeeper routed* toda a sinalização H.225 e H245 passa pelo *gatekeeper*, atuando como o *proxy* da sinalização.

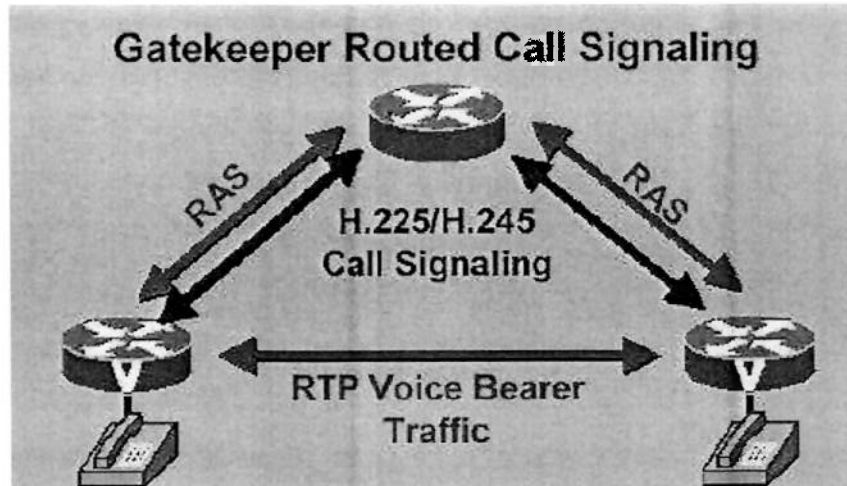


Figura 14: Modo *routed gatekeeper* [6]

A figura 15 ilustra um ambiente com quatro clientes registrados no GK (*gatekeeper*). Os clientes são registrados com número do telefone IP, nome (alias H323) e o número IP do computador onde está instalado o cliente H323 ou do próprio telefone IP.

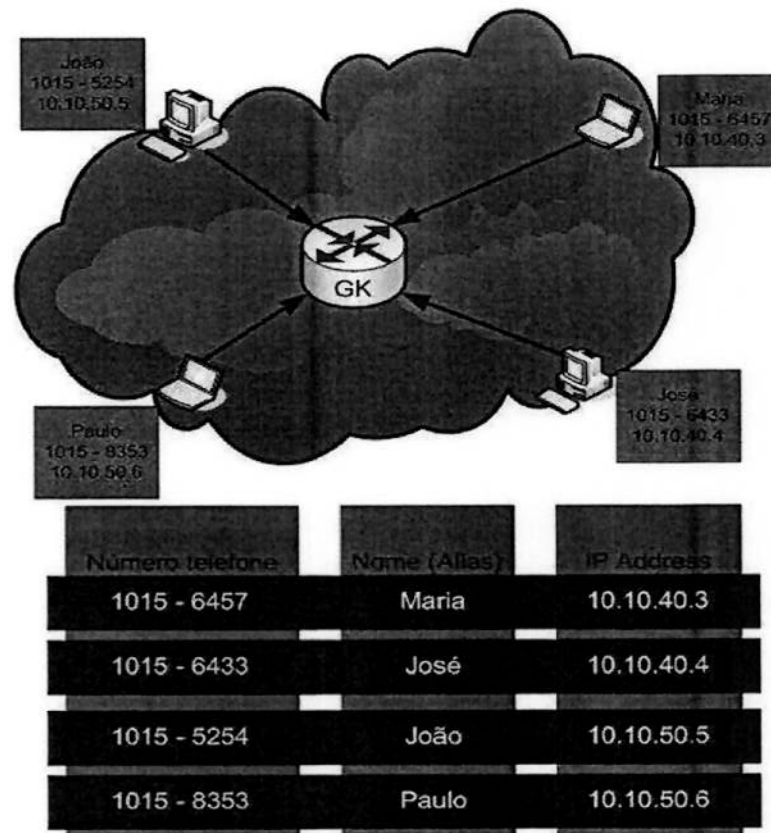


Figura 15: Ambiente com clientes registrados no GK [6]

Nesses primeiros testes conseguia-se fazer apenas chamadas entre clientes H323, fazendo assim uma zona administrativa H323, ou melhor, uma ilha H323. Várias instituições participantes fizeram este primeiro passo, isoladamente.

A segunda iniciativa no GT VoIP tendo algumas instituições com sua ilha H323 em funcionamento, foi interligar a ilha H323 de uma instituição a outras ilhas H323 de outras instituições, permitindo assim a comunicação via clientes H323 entre instituições diferentes. Para isso, a RNP definiu um plano de numeração, onde cada instituição recebeu um prefixo contendo quatro números. Além disso, foi necessário adicionar um novo elemento ao ambiente, para fazer o redirecionamento das chamadas entre as instituições. Foi adicionado então pela RNP um *directory gatekeeper* (DGK), que é um *gatekeeper* com os prefixos de todas as instituições participantes. Ao se fazer uma chamada de uma instituição A para uma instituição B, o *gatekeeper* local verifica o prefixo, não sendo o prefixo local, a chamada é passada para o DGK que verifica para qual instituição é a chamada e, então, repassa a chamada para o *gatekeeper* local da instituição B onde está o número de destino.

A figura 16 ilustra a topologia da interligação entre zonas administrativas H323:

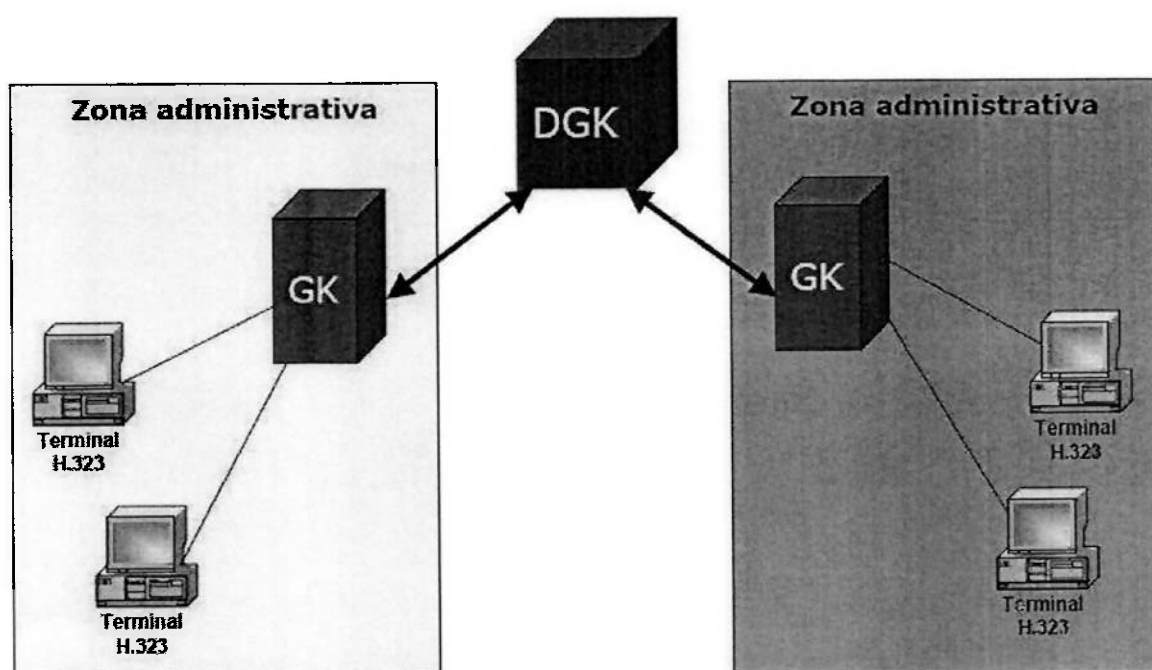


Figura 16: Interligação entre zonas administrativas H323 [6]

Para um ambiente com vários usuários, o cadastro dos mesmos diretamente no *gatekeeper* se torna inviável. Sendo assim, foi necessário adicionar um servidor de banco de dados para cadastro dos usuários e para registro das chamadas, e também um servidor de autenticação / contabilização. Foi adotado o PostgreSQL e *FreeRadius*; respectivamente. Após implementar esse ambiente, com auxílio do Grupo de Trabalho de Diretórios (GT Diretórios), foi implementado um servidor *Lightweight Directory Access Protocol* (LDAP) para cadastro dos usuários, ficando o PostgreSQL somente para registro das chamadas, podendo ser acessadas via web. A topologia de uma instituição participante do fone@RNP com ambiente H323 em produção está apresentada na figura 17.

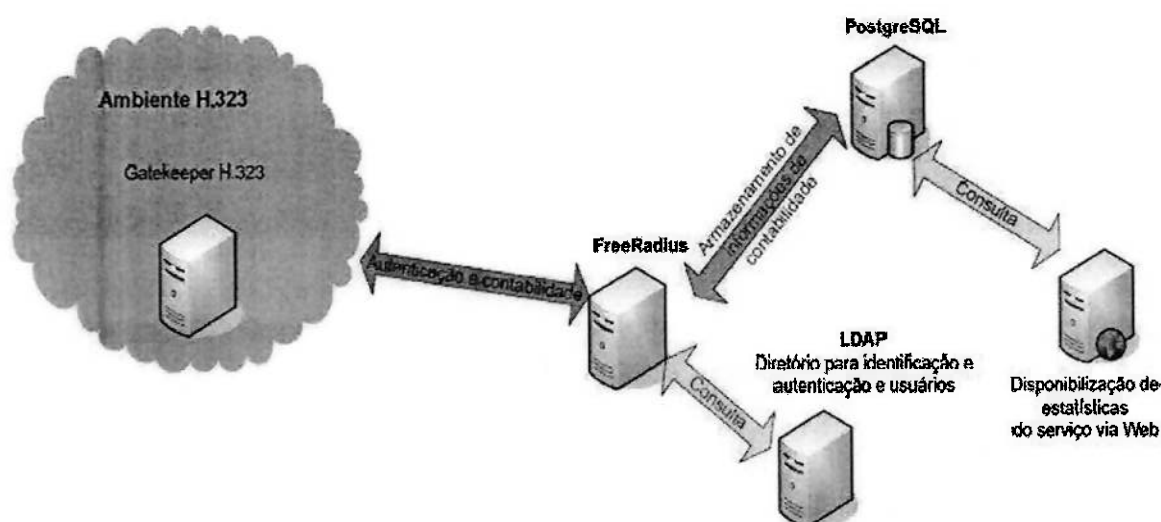


Figura 17: Topologia completa com H323 [6]

3.2.2 Ambiente SIP

Com o ambiente H323 em funcionamento e o protocolo SIP já em um estado de desenvolvimento bem avançado, o próximo desafio foi montar um ambiente onde pudesse utilizar clientes SIP ao invés de H323. Para isso, seria necessário “*gatekeeper*” SIP, para permitir a comunicação entre clientes SIP. Foi instalado na mesma máquina onde já estava o *gatekeeper* H323, o software *openser* com as funções de servidor *proxy*, servidor de localização e registro e servidor de redirecionamento. A princípio, os clientes foram cadastrados no próprio servidor de

registro SIP, onde se registrariam permitindo fazer chamadas entre eles. Abaixo a figura do ambiente SIP:

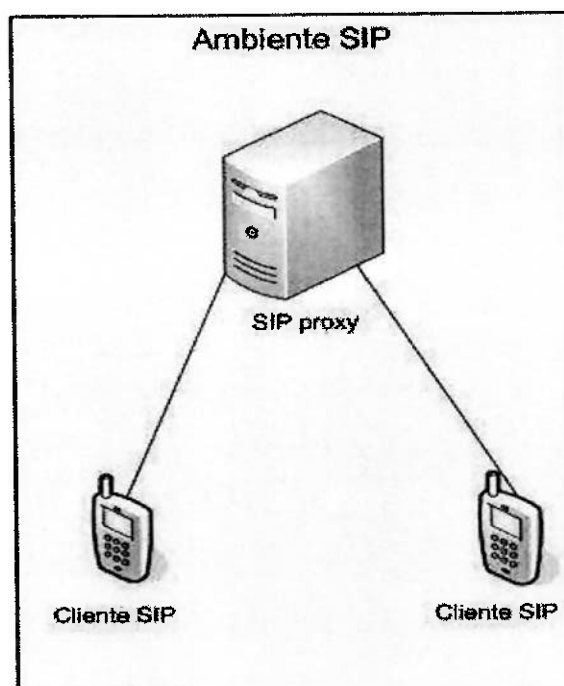


Figura 18: Topologia de um ambiente SIP

Os testes iniciais com o ambiente SIP foram feitos com os usuários se registrando no próprio servidor e clientes SIP instalados em computadores e laptops. Para se fazer uma chamada entre clientes SIP era necessário passar o número do telefone IP do destinatário. Após esses testes, foi feita a integração do *openser* com todo ambiente de autenticação, contabilização e com serviço de diretório LDAP. Novos testes foram feitos após a integração com o ambiente de autenticação, para verificar se era possível fazer a chamada pelo número do telefone IP do destinatário e também pelo nome do usuário SIP (Alias).

A figura abaixo ilustra os passos para estabelecimento de uma chamada entre clientes SIP[6]:

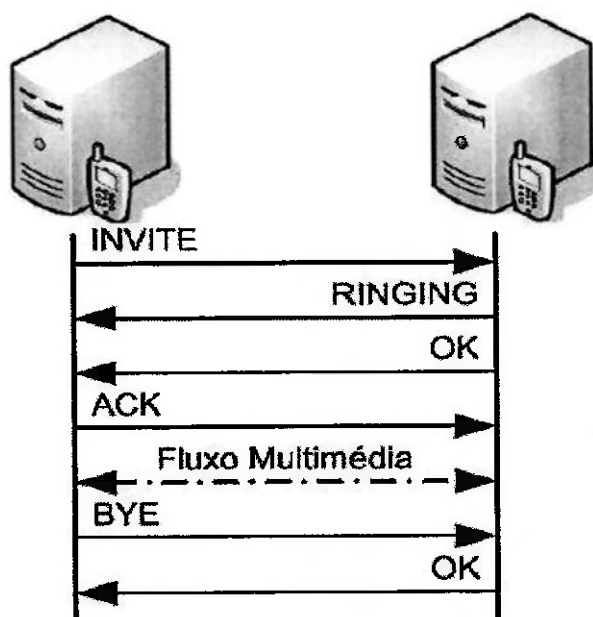


Figura 19: Estabelecimento de chamada entre clientes SIP [6]

- *Invite*: o cliente que origina a chamada envia uma mensagem de *invite* para o cliente de destino, iniciando uma sessão, onde contém informações como dados do cliente de origem, o destino da chamada, e também informações como, por exemplo, tipo de CODEC e o software cliente que está utilizando.
- *Ringing*: indica que o destino está *online* e telefone está tocando.
- *OK*: quando o destino atende a ligação é enviado um OK.
- *ACK*: a origem envia então um *ACK*, informando que a conversa e o fluxo de multimídia irão começar.
- *Bye*: quando um dos participantes encerra a conversa, ele envia uma mensagem *Bye*.
- *OK*: o que recebeu a mensagem *Bye*, envia uma mensagem *OK* de finalização da conversa.

O software cliente SIP utilizado foi a versão gratuita do X – Lite, que possui uma interface mais amigável se comparando com o cliente H323. A figura abaixo ilustra a interface do cliente SIP utilizado:



Figura 20: Cliente SIP utilizado [9]

Até este momento só era possível a comunicação de clientes SIP com outro cliente SIP e de um cliente H323 com outro cliente H323. O próximo passo seria fazer a comunicação entre os dois ambientes, o SIP com H323. Para isso seria necessário um outro componente, um *gateway* para fazer a comunicação entre as duas ilhas. Foi testado o *Asterisk*, que é um software que faz o papel de um PABX, mas que também integra o H323 com o SIP. Ele possui um canal com o ambiente H323 e um canal com ambiente SIP e conhece o *gatekeeper* e o SIP *proxy*.

Quando um cliente H323 faz uma chamada para um número que não está registrado no ambiente H323, o *gatekeeper* verifica se o número de origem está registrado nele. Não estando, ele envia para o *Asterisk*; o *Asterisk* verifica que a origem é o ambiente H323 e então redireciona para o ambiente SIP; o SIP *proxy* verifica se o número de destino está registrado e completa a chamada até o destino. A figura 21 ilustra a chamada entre um cliente H323 e um cliente SIP:

3.2.3 Interligação da Telefonia IP com a Telefonia Tradicional

Com todo ambiente de telefonia IP funcionando (SIP + H323), o próximo passo foi interligar com sistema de telefonia tradicional da instituição. Como a telefonia tradicional utiliza canais *Time-division Multiplexing* (TDM) para o transporte da voz e na telefonia IP a voz é transformada em dados que são transferidos nos pacotes IP, é necessário um *gateway* para integrar esses dois ambientes.

O *gateway* deve possuir alguma interface que siga os padrões da telefonia tradicional, como por exemplo, interface E1, FXO, FXS, E&M, ISDN, e, uma interface no ambiente IP, como por exemplo, uma interface *ethernet*. A figura abaixo ilustra o *gateway* interligando os dois ambientes:

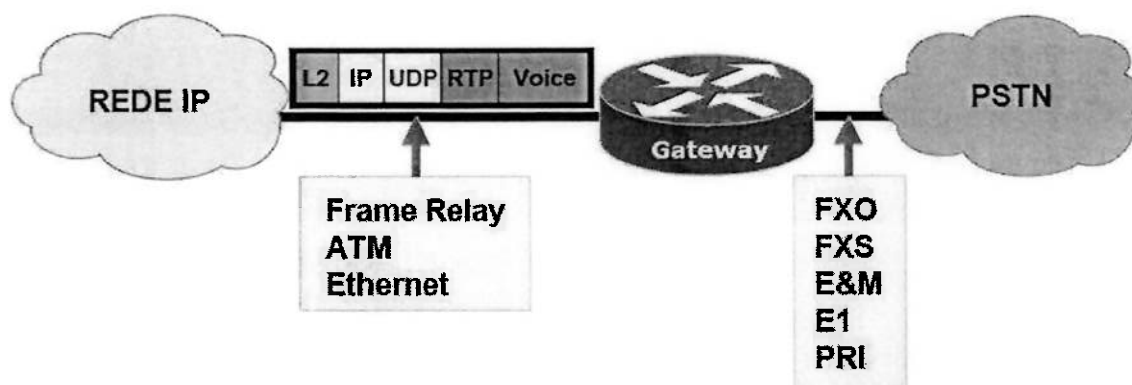


Figura 23: *Gateway* interligando telefonia tradicional e IP [6]

No fone@RNP os primeiros *gateways* utilizados, já que eram poucas instituições participantes, foram equipamentos proprietários da marca Cisco, adquiridos pela RNP e repassados para algumas instituições. Esses *gateways* possuem uma interface E1 ou uma interface FXO e uma interface *ethernet*. As instituições maiores e com PABX com interface E1 disponível receberam *gateway* com interface E1 e as instituições menores receberam *gateway* com interface FXO. Com o tempo foram aumentando o número de instituições no fone@RNP e para continuar com *gateways* Cisco o custo ficaria muito alto. A solução foi pesquisar softwares livres que trabalhassem como *gateways*, como por exemplo, o *Asterisk*. Após testes com o *Asterisk*, foi utilizado o mesmo como *gateway* para as novas

instituições que aderiram ao projeto. Ele foi também utilizado para interligar o ambiente SIP com o ambiente H323.

Para utilizar o *Asterisk* como *gateway* interligando a telefonia IP com a tradicional, foi necessário instalar o software *Asterisk* em um computador com sistema operacional Linux Debian e adicionar uma interface para se conectar com PABX tradicional, como por exemplo, uma interface E1 ou FXO. Foram adquiridas interfaces da marca Digium disponíveis no mercado e já testadas com *Asterisk*. As figuras abaixo mostram algumas interfaces para *Asterisk*:

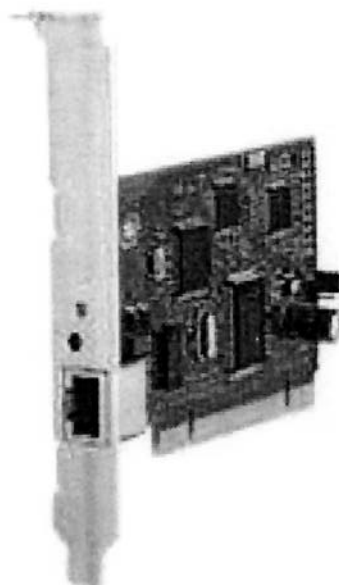


Figura 24: Placa E1 para *Asterisk* [10]

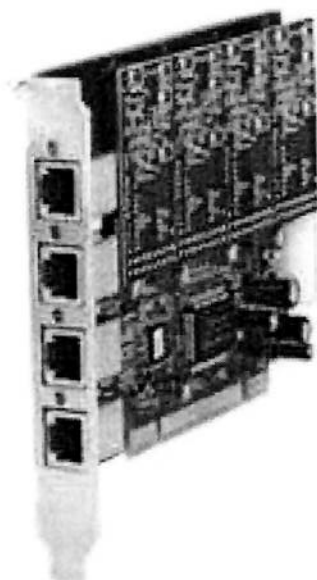


Figura 25: Placa com 4 interfaces FXO para Asterisk [10]

A placa com interface E1 interliga o computador onde está instalado o *Asterisk* com uma interface E1 no PABX tradicional e permite até 30 chamadas simultâneas. Já a placa com 4 interfaces FXO, interliga o computador onde está instalado o *Asterisk* utilizando 1 ou até 4 portas FXO. Nessas interfaces são conectados ramais analógicos e o número de chamadas simultâneas dependerá do número de portas que estão sendo utilizadas, permitindo no máximo 4 se todas estiverem sendo utilizadas.

Para fazer ligações do ambiente SIP ou H323 para ramais do PABX ou para algum número da telefonia tradicional, o *Asterisk* é quem redireciona a chamada para o PABX. A figura abaixo ilustra uma ligação do ambiente SIP ou H323 para um número na telefonia tradicional:

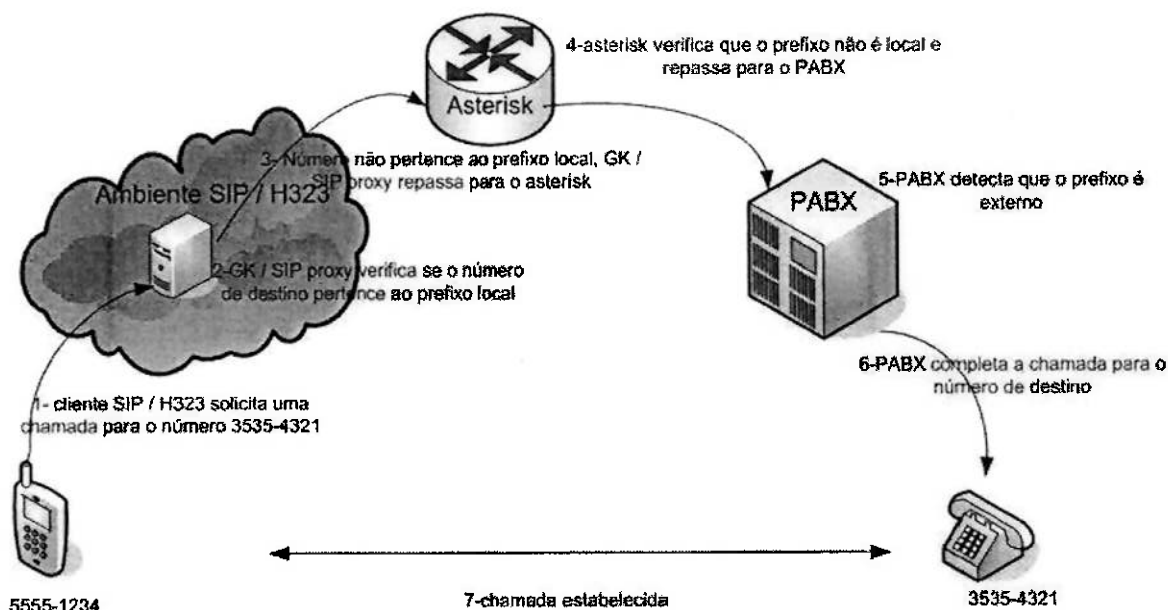


Figura 26: Ligação ramal VoIP para telefonia tradicional

Para fazer ligações da telefonia tradicional para um número VoIP, o processo é um pouco diferente. É necessário uma Unidade de Resposta Audível (URA), que é um software que trata de atendimento automático e permite digitar o número da opção desejada ou mesmo o número que deseja falar. É muito utilizado por empresas de *call center*. O próprio *Asterisk* possui um sistema de URA sendo necessário somente a configuração de como será o atendimento.

Para receber a ligação da telefonia tradicional é necessário que algum número do PABX esteja configurado no entroncamento E1 do PABX com *Asterisk* ou, para as placas analógicas, o número do ramal que está fazendo a interligação do *Asterisk* com o PABX. Caso estejam sendo utilizados 4 ramais para fazer a interligação com o *Asterisk*, é possível configurar apenas 1 número atendendo pelos 4 que estão conectados. Quando alguém chamar pelo número que está configurado para a URA, é apresentada uma mensagem de saudação e uma explicação sobre o serviço *fone@RNP*, em seguida permite digitar o número do telefone IP para completar a chamada. A figura abaixo ilustra uma ligação da telefonia tradicional para um número VoIP:

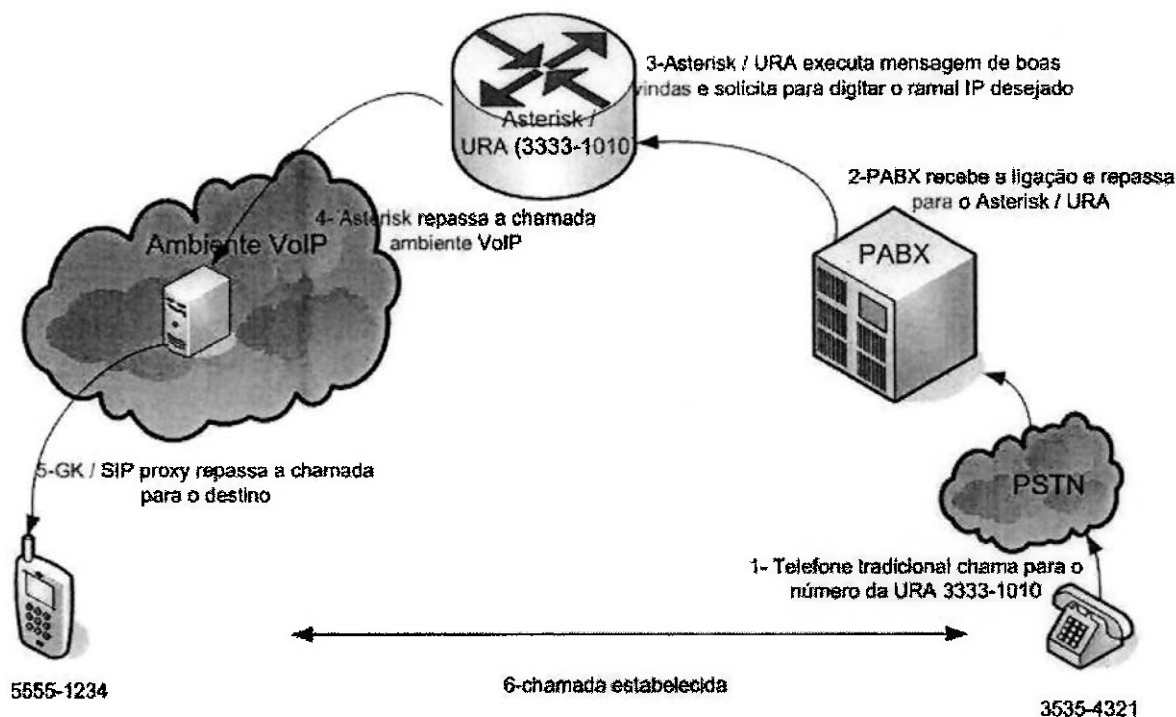


Figura 27: Ligação da telefonia tradicional para um telefone IP

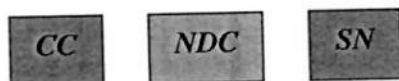
Existe uma restrição quando uma chamada se origina na telefonia tradicional em uma cidade, para terminar na telefonia tradicional em outra cidade, utilizando o fone@RNP como interligação. Por exemplo, o usuário chama para a URA do serviço fone@RNP de uma instituição no Rio de Janeiro. Após atendimento da URA digita – se um número da telefonia pública da cidade de São Paulo. Como algumas instituições completam chamadas para a telefonia pública e o DGK conhece todos os prefixos divulgados pelas instituições, a chamada é repassada para alguma instituição em São Paulo que permite ligação para a telefonia tradicional.

Para atender a legislação, o serviço fone@RNP não pode ser usado para realizar chamadas de longa distância, começando e terminando na telefonia pública, por isso, se a chamada for de origem externa e o destino desejado não for de terminal VoIP, o número é alterado com inclusão de 1. Com isso, a instituição que recebe a chamada deve rejeitar a chamada que contiver o 1 extra se o destino for a rede pública de telefonia, isto é, se não for algum ramal do PABX ou linha privada da instituição.

3.2.4 Plano de numeração

Um plano de numeração ou plano de discagem descreve os aspectos de endereçamento e roteamento na rede de telefonia [6]. O plano identifica números telefônicos que estão associados a regiões e a maneira como é feito o roteamento, através de prefixos, por exemplo.

O serviço fone@RNP utiliza o formato E.164 que é uma recomendação ITU-T que define o plano de numeração internacional utilizado na telefonia tradicional. A estrutura do E.164 para áreas geográficas é a seguinte:



Onde:

CC: código do país (1-3 dígitos)

NDC: código de destino nacional

SN: número do assinante (NDC+SN 15 dígitos)

As regras para formação dos identificadores no serviço fone@RNP ficou da seguinte forma [6]:

Terminais VoIP

Os identificadores são da forma:

<CA>1<ORG><TERM>

CA: Código de Área (2 dígitos) - o mesmo código DDD usado na telefonia convencional da cidade onde se localiza a instituição;

1: Identifica explicitamente a natureza do número. A presença do "1" marca bem o fato de ser esse um telefone IP, e evita possíveis confusões com telefones válidos da rede pública;

ORG: Prefixo VoIP da instituição (3 dígitos) - a ser adotado independentemente da localização geográfica da instituição. O prefixo é único dentro da mesma área de DDD, portanto, podendo vir a se repetir em regiões onde o Código de Área não for o mesmo. Cabe a RNP a decisão final pela escolha desse número;

TERM: identificador do terminal VoIP, sempre na forma de quatro dígitos numéricos.

Terminais de PABX

Os identificadores são herdados da telefonia convencional.

<CA><Prefixo><Ramal>

CA: Código de Área (2 dígitos) - o mesmo código DDD usado na telefonia convencional da cidade onde se localiza a instituição;

PREFIXO: Deve ser utilizado o mesmo prefixo já associado ao PABX da instituição. Caso a instituição utilize mais de um prefixo no seu plano de numeração da telefonia, será possível a associação de mais de um prefixo à instituição, quando autorizado pela gerência do serviço;

RAMAL: Utilizado para identificar o ramal PABX do usuário dentro da instituição.

Exemplos de números utilizados:

Telefone IP: 21 1 100 4201, onde:

- 21: identifica uma instituição que funciona na cidade do Rio de Janeiro;
- 1: identifica um telefone IP, ou seja, é um identificador associado a um terminal da rede VoIP;
- 100 :prefixo VoIP da instituição;
- 4201: número de ramal IP, identifica o usuário do telefone IP.

Telefone PABX: 21 2598 3354, onde:

- 21: identifica uma instituição localizada na cidade do Rio de Janeiro;
- 2598: prefixo da telefonia convencional;
- 3354: número de ramal PABX, identifica o usuário.

As regras de discagem para manter uma similaridade com a rede pública e tornar intuitivo o uso do sistema e para que todos os terminais sejam atingidos a partir do fone@RNP são:

Chamadas nacionais

0 + <código de área> + <número telefônico>

Exemplo: 0 19 3787 3300 (chamada para um telefone convencional na cidade de Campinas-SP)

Chamadas locais

<número telefônico>

Exemplo: 1005 3300 (chamada para um telefone IP da mesma cidade)

O serviço também permite chamadas internacionais (para instituições parceiras). A regra de discagem é semelhante à encontrada na telefonia convencional.

3.2.5 QoS

A qualidade de uma conexão VoIP depende diretamente do desempenho e da disponibilidade de recursos da rede de dados que está sendo utilizada. Perda de pacotes, atrasos (*delay*) e variações de atraso (*jitter*) contribuem para a degradação da qualidade de voz. Além disso, congestionamentos na rede (mais precisamente, saturação de *buffers* em algum ponto da rede) podem ocorrer a qualquer momento durante a conexão VoIP.

Para se obter a qualidade do serviço VoIP desejada, é necessário implementar mecanismos que reduzam o número de pacotes descartados em momentos de congestionamento na rede e minimizem o atraso e o *jitter* existentes durante a conexão.

A qualidade de voz é diretamente afetada pelos seguintes fatores de QoS: perda, atraso e *jitter*. A perda de pacotes torna a conexão “picotada” e com falhas. Alguns algoritmos de codificação podem corrigir até 30 milissegundos de pacotes de voz perdidos. Atrasos começam a causar degradação na qualidade de voz somente quando superiores a 200 milissegundos. Quando o atraso atinge 250 milissegundos, por exemplo, obtém-se aquela sensação desconfortável de demora na recepção da voz, como ocorre em ligações feitas utilizando-se satélites de comunicação. O padrão ITU para VoIP (G.114) especifica que o atraso máximo em um sentido deve ser de 150 milissegundos para conexões de alta qualidade. No entanto, a utilização de 200 milissegundos como atraso máximo tem se mostrado ainda satisfatória. Dependendo dos *buffers* adaptativos de compensação de *jitter*, utilizados em

aplicações VoIP, variações de 20 a 50 milissegundos podem ser compensadas. O máximo e o mínimo recomendados para o tamanho do buffer de compensação de *jitter* são 25 e 100 milissegundos, respectivamente.

A largura de banda necessária para uma conexão VoIP não é muito significativa, quando comparada com outros tipos de aplicação. Depende diretamente do CODEC utilizado, do tamanho da taxa de amostragem e do tipo de enlace, podendo variar entre 21 Kbps e 106 Kbps.

Resumindo, os seguintes valores, numa comunicação fim a fim, devem ser considerados para atender os requisitos de VoIP [8]:

- A perda de pacotes deve ser no máximo de 1%;
- O atraso entre origem e destino não deve ultrapassar 150-200 milissegundos;
- O *jitter* médio não deve ser superior a 30 milissegundos;
- 21-106 kbps devem ser garantidos por chamada estabelecida, dependendo da taxa da amostragem, o CODEC utilizado e o *overhead* do encapsulamento do nível 2 utilizado no meio físico.

Para se obter uma boa qualidade em VoIP, a rede local da instituição também deve ser levada em consideração. Com esse objetivo, devem ser observados os seguintes itens [8]:

- A rede local não deve estar saturada e os elementos que farão parte do serviço VoIP (*gateways*, *gatekeepers* e terminais VoIP) devem ser atendidos através de uma rede totalmente comutada;
- Cuidado especial deve ser tomado em relação aos *buffers* das interfaces para que não haja descarte de pacotes. Quando possível, utilizar a especificação IEEE 802.1Q e 802.1p, que permite priorização de tráfego ao nível da camada de enlace. O valor normalmente associado ao serviço de voz é *Class of Service 5* (CoS 5).

Como as instituições estão conectadas de alguma forma à rede da RNP, o *backbone* também está com QoS configurado para permitir a melhor qualidade das ligações entre as instituições participantes.

3.2.6 Segurança

As informações sobre as portas TCP ou UDP utilizadas pelos fluxos do padrão H323 e do protocolo SIP são definidas na sinalização, ao nível de aplicação. Isso causa problemas quando usamos *Network Address Translation* (NAT) na rede, pois as traduções de IP e de portas (no caso de *Port Address Translation* (PAT)) só são realizadas ao nível da camada de rede, não sendo feito nenhum ajuste ao nível de aplicação, dificultando o uso com NAT.

Hoje, o H323 e o SIP necessitam que os *firewalls* liberem algumas portas para permitir o bom funcionamento do VoIP. Além de liberar portas utilizadas pelo padrão H323 e pelo protocolo SIP é necessário abrir as portas utilizadas pelo RTP, para o transporte da voz que são alocadas dinamicamente. Abaixo algumas portas que necessitam ser liberadas:

- 1718 a 1720: utilizadas pelo H323;
- 5060: utilizada pelo SIP;
- 1024 a 65535: utilizadas pelo RTP/RTCP.

Uma solução encontrada para sanar o problema com *firewalls* e NAT, foi a adição de um servidor VPN – *Virtual Private Network*. Abaixo a topologia completa com servidor de VPN:

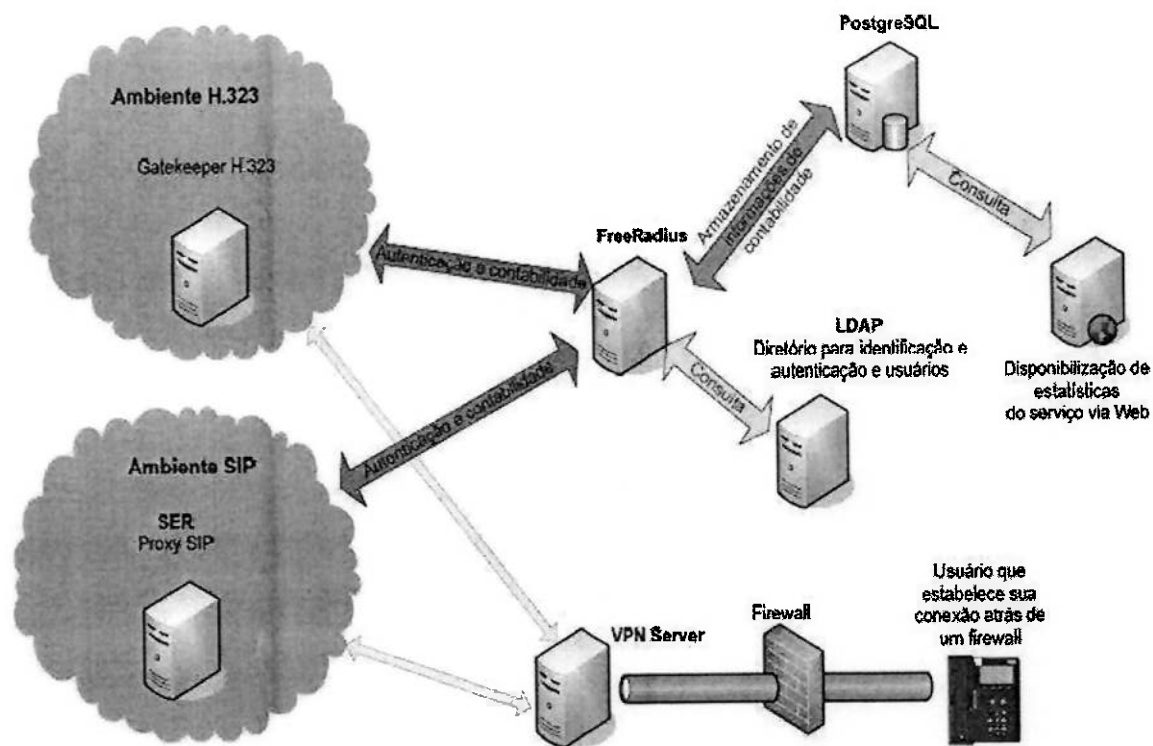


Figura 28: Topologia com servidor VPN [6]

Todo cliente que estiver sob o *firewall* ou NAT, se conecta a um servidor VPN. Ao se conectar ele receberá um endereço IP válido e todas as portas utilizadas pelo serviço `fone@RNP` liberadas.

4 Conclusões

O serviço fone@RNP trouxe os benefícios esperados pelo o objetivo do projeto, que são: diminuir os custos em telefonia, maximizar o investimento na rede de dados e aumentar o número de ramais, gastando o mínimo possível para a implantação do ambiente.

Uma das contribuições do trabalho é a descrição do funcionamento da tecnologia Voz sobre IP e de todo procedimento efetuado para a elaboração do ambiente fone@RNP, permitindo aos interessados a reprodução dessa solução.

Um grande aliado da tecnologia Voz sobre IP é a telefonia celular, onde não se tem uma qualidade da telefonia tradicional, mas há uma compensação pela mobilidade. Em Voz sobre IP pode ser que em algum momento haja *delay*, algum “picote” na voz, mas isso pode ser compensado pelo custo da ligação ser nulo ou muito baixo se comparado às ligações da telefonia tradicional.

Um desafio ainda a se vencer é a cultura do usuário que está acostumado com a telefonia tradicional, onde possui o conceito que para se ter telefonia necessita ter um aparelho telefônico. “Quebrar” esse conceito e fazer o usuário se acostumar com uma telefonia onde se tem um software instalado no computador e se utiliza um fone de ouvido e um microfone é algo bem difícil.

Um próximo passo para continuidade do projeto, seria a criação de um único servidor LDAP com cadastro dos usuários de todas as instituições, permitindo assim, que clientes SIP de instituições diferentes, se comuniquem sem a necessidade do DGK.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] TUDE, E.; DE SOUZA, J. L. Telefonia Fixa no Brasil. Jan. 2003. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialstfc/>>. Acesso em: Jun. 2007.
- [2] DOTTA JUNIOR, F. M. Guia de Sinalização em tronco E1. Set. 2003. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialgsin/>>. Acesso em: Jun. 2007.
- [3] BERNAL FILHO, H. Telefonia IP. Maio 2003. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtelip/>>. Acesso em: Jun. 2007.
- [4] REITTER, J. Uma nova abordagem sobre telefonia. Revista Linux Magazine. Edição Número 3. Out. 2004.
- [5] GOODE, B. Voice over internet protocol (VoIP) – Proceedings of the IEEE, Vol 90, Número 9. Set. 2002
- [6] Rede Nacional de Ensino e Pesquisa. Projeto VoIP4All. Disponível em: <<http://voip4all.rnp.br/>>. Acesso em: out. 2006.
- [7] Ruoff, M. Protocolo SIP. Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações. Aranda Editora. Set. 2006.
- [8] Rede Nacional de Ensino e Pesquisa. Serviço fone@RNP. Disponível em: <www.rnp.br/voip>. Acesso em: Mar. 2007.
- [9] Cliente SIP. Disponível em: <<http://www.counterpath.com/xlite-overview.html>>. Acesso em: Ago. 2007.
- [10] Placas Digium para *Asterisk*. Disponível em: <www.digium.com>. Acesso em: Mar. 2007.

ANEXO A – INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES

O projeto fone@RNP possui hoje cerca de 49 instituições conectadas abrangendo 27 cidades. Abaixo as instituições que fazem parte do projeto [9]:

↗: Completa ligações para telefones da instituição (ramais)

↗☎: Completa ligações para telefones fixos na cidade da instituição

- Amazonas

UFAM – Universidade Federal do Amazonas ↗↗☎

DDD: 92

Telefonista: 3647.0009

prefixos atendidos: 1043.xxxx, 3647.xxxx

INPA – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA ↗

DDD: 92

Telefonista: 3643.3377

Prefixos atendidos: 1040.xxxx

- Amapá

UNIFAP – Fundação Universidade Federal do Amapá ↗↗☎

DDD: 96

Telefonista: 3312.1700

Prefixos atendidos: 1046.xxxx, 3312.17xx, 3312.18[01]x, 3312.1820

- Bahia

UFBA – Universidade Federal da Bahia ↗

DDD: 71

Telefonista: 3283.6001

Prefixos atendidos: 1177.xxxx, 3283.[5-9]xxx

- Ceará

UFC – Universidade Federal do Ceará ↗ ↘ ↙ ↚

DDD: 85

Telefonista: 3366.9500

Prefixos atendidos: 1173.xxxx, 3366.9[3-9]xx, 3366.7[3-9]xx, 3366.8[0-5]xx

- Distrito Federal

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico ↗ ↘

DDD: 61

Telefonista: 2108.9000

Prefixos atendidos: 1035.xxxx, 2108.9xxx, 2108.4xxx

RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa / Brasília ↗ ↘

DDD: 61

Telefonista: 3243.4300

Prefixos atendidos: 1030.xxxx, 3243.43xx

MEC – Ministério da Educação ↗ ↘ ↙ ↚

DDD: 61

Telefonista: 2104.8484

Prefixos atendidos: 1032.xxxx, 2104.xxxx

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia ↗ ↘ ↙ ↚

DDD: 61

Telefonista: 3317.7500

Prefixos atendidos: 1036.xxxx, 3317.7[4-9]xx, 3317.81xx, 3317.8[4-7]xx, 3411.5[0-3]xx, 3411.5[5-6]xx

- Goiás

UFG – Universidade Federal de Goiás ↗ ↘ ↙ ↚

DDD: 62

Telefonista: 3521.1000

Prefixos atendidos: 113[1-3].xxxx, 3521.1xxx, 3209.6xxx

- Maranhão

UFMA – UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO ↗ ↘ ↙ ↚

DDD: 98

Telefonista: 2109.8000

Prefixos atendidos: 1172.xxxx, 2109.8xxx

- Minas Gerais

UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto ↗ ↘ ↙ ↚

DDD: 31

Telefonista: 3559.1418; 3559.1423

Prefixos atendidos: 1085.xxxx, 3559.1xxx

LNA – Laboratório Nacional de Astrofísica ↗ ↘ ↙ ↚

DDD: 35

Telefonista: 3629.8100

Prefixos atendidos: 1182.xxxx, 3629.81[0-4]x

UNIFEI – UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ ↗ ↘ ↙ ↚

DDD: 35

Telefonista: 3629.1101

Prefixos atendidos: 1187.xxxx, 3629.1[1-4]xx

UFLA – Universidade Federal de Lavras ↗ ↘ ↙ ↚

DDD: 35

Telefonista: 3829.1122

Prefixos atendidos: 1183.xxxx, 3829.[01]xxx

UFU – Universidade Federal de Uberlândia ↗ ↘ ↙ ↚

DDD: 34

Telefonista: 3239.4411

Prefixos atendidos: 1181.xxxx, 3239.4xxx, 3218.2xxx

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais ↗ ↘ ↙ ↚

DDD: 31

Telefonista: 3499.5000

Prefixos atendidos: 1080.xxxx, 3499.xxxx, 3238.xxxx

UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora → → ●

DDD: 32

Telefonista: 2102.3999

Prefixos atendidos: 1180.xxxx, 2102.3xxx

UNIFAL – Universidade Federal de Alfenas → → ●

DDD: 35

Telefonista: 3299.1217

Prefixos atendidos: 1185.xxxx, 3299.1[0-4]xx

UFV – Universidade Federal de Viçosa → → ●

DDD: 31

Telefonista: 3899.2921;3899.2298

Prefixos atendidos: 1087.xxxx, 3899.[1-4]xxx

- Mato Grosso do Sul

FUFMS – Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul → → ●

DDD: 67

Telefonista: 3345.7000;3345.7001

Prefixos atendidos: 1135.xxxx, 3345.7xxx, 3345.3xxx

- Mato Grosso

UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso → → ●

DDD: 65

Telefonista: 3615.8000

Prefixos atendidos: 1136.xxxx, 3615.8xxx

- Pará

UFPA – Universidade Federal do Pará →

DDD: 91

prefixos atendidos: 1072.xxxx

UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia → → ●

DDD: 91

Telefonista: 3210.5166

Prefixos atendidos: 1141.xxxx, 3210.5[12]xx

- Paraíba

UFPB – Universidade Federal da Paraíba → → ●

DDD: 83

Telefonista: 3216.7000

Prefixos atendidos: 1170.xxxx, 3216.7xxx

- Rio de Janeiro

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz →

DDD: 21

Telefonista: 3836.1133

Prefixos atendidos: 1112.xxxx

RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa / Rio de Janeiro →

DDD: 21

Telefonista: 2102.9680

Prefixos atendidos: 1020.xxxx, 2102.96[5-9]x, 2102.41xx

LNCC – Laboratório Nacional de Computação Científica → → ●

DDD: 24

Telefonista: 2233.6000

Prefixos atendidos: 1125.xxxx, 2233.6[0-2]xx

MCT-MAST – Museu de Astronomia e Ciências Afins →

DDD: 21

Telefonista: 2580.7010

Prefixos atendidos: 1025.xxxx, 2580.7010

ON – Observatorio Nacional →

DDD: 21

Telefonista: 3878.9100

Prefixos atendidos: 1027.xxxx, 3878.91xx, 3878.92xx

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro ↗ ↘

DDD: 21

Telefonista: 2598.3212

Prefixos atendidos: 1100.xxxx, 2598.[0-4]xxx, 2598.9xxx, 2562.2xxx, 2562.[6-9]xxx, 3873.5xxx

UFF – Universidade Federal Fluminense ↗ ↘

DDD: 21

Telefonista: 2629.5000

Prefixos atendidos: 1028.xxxx, 2629.2xxx, 2629.5xxx, 2629.9xxx

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos/Rio de Janeiro ↗

DDD: 21

Telefonista: 2555.0330

Prefixos atendidos: 1127.xxxx, 2555.0[2-7]xx, 2555.08[0-4]x

INT – Instituto Nacional de Tecnologia ↗

DDD: 21

Telefonista: 2123.1100; 2123.1278

Prefixos atendidos: 1126.xxxx, 2123.1[0-2]xx, 2123.1300, 2123.27[01]x

UNIRIO – Universidade do Rio de Janeiro ↗

DDD: 21

Telefonista: 2542.4708

Prefixos atendidos: 1120.xxxx

IMPA – Associação Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada ↗

DDD: 21

Telefonista: 2529.5000

Prefixos atendidos: 1023.xxxx, 2529.5[0-2]xx, 2529.5300, 2529.56xx, 2529.5700

UFRRJ – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO ↗

DDD: 21

Telefonista: 2682.1210;2682.1220

Prefixos atendidos: 1128.xxxx, 2682.1210, 2682.1220

CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas ↗

DDD: 21

Telefonista: 2141.7100

Prefixos atendidos: 1021.xxxx, 2141.7[1-5]xx, 2141.7600

- Rondônia

UNIR – Fundação Universidade Federal de Rondônia ↗ ➡

DDD: 69

Telefonista: 2182.2033; 2182.2176

Prefixos atendidos: 1048.xxxx, 2182.20[0-6]x, 2182.21xx, 2182.22[0-6]x

- Rio Grande do Sul

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul ↗ ➡

DDD: 51

Telefonista: 3308.7000

Prefixos atendidos: 115[0-1].xxxx, 3308.xxxx

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria ↗ ➡

DDD: 55

Telefonista: 3220.8000

Prefixos atendidos: 1155.xxxx, 3220.2xxx, 3220.8xxx, 3220.9xxx

- Santa Catarina

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina ↗ ➡

DDD: 48

Telefonista: 3721.9000

Prefixos atendidos: 1050.xxxx, 3721.xxxx

- São Paulo

RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa / Campinas ↗ ➡

DDD: 19

Telefonista: 3787.3300

Prefixos atendidos: 1010.xxxx, 3787.33xx

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos ↗ ↘

DDD: 16

Telefonista: 3351.8111

Prefixos atendidos: 1013.xxxx, 3351.8xxx, 3351.9[1-2]xx,

USP – Universidade de São Paulo ↗

DDD: 11

Telefonista: 3091.4313

Prefixos atendidos: 1015.xxxx, 3091.xxxx

RNP – RNP PoP-SP ↗ ↘

DDD: 11

UFABC – Universidade Federal do ABC ↗

DDD: 11

Telefonista: 4996.3166

Prefixos atendidos: 1114.xxxx

LNLS – LABORATORIO NACIONAL DE LUZ SINCROTRON ↗

DDD: 19

Telefonista: 3512.1010

Prefixos atendidos: 1019.xxxx, 3512.1[0-2]xx

CenPRA – Centro de Pesquisas Renato Archer ↗ ↘

DDD: 19

Telefonista: 3746.6000

Prefixos atendidos: 1018.xxxx, 3746.6[0-2]xx