

ALEX GALHANO ROBERTSON

**IMPLANTANDO UM SERVIÇO DE TELEFONIA IP
EM EMPRESAS DE GRANDE E MÉDIO PORTE**

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

NITERÓI, RJ

MARÇO DE 2010

ALEX GALHANO ROBERTSON

**IMPLANTANDO UM SERVIÇO DE TELEFONIA IP
EM EMPRESAS DE GRANDE E MÉDIO PORTE**

*Dissertação de Mestrado apresentada
ao Departamento de Engenharia de
Telecomunicações da Escola de Engenharia da
Universidade Federal Fluminense como
requisito para obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Telecomunicações. Área de
concentração: Sistemas de Telecomunicações:
Engenharia de Redes de Telecomunicações.*

***Orientador: Professor Doutor Carlos Alberto
Malcher Bastos***

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

NITERÓI, RJ

MARÇO DE 2010

FICHA CATALOGRÁFICA:

[Digite uma citação do documento ou o resumo de uma questão interessante. Você pode posicionar a caixa de texto em qualquer lugar do documento. Use a guia Ferramentas de Caixa de Texto para alterar a formatação da caixa de texto da citação.]

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família.

À minha esposa, Tatiane, que compreendeu a importância dos momentos em que a submetia à solidão, mesmo estando sempre ao meu lado.

À minha filha, Ana Luísa, que, apesar de sempre desviar minha atenção durante o trabalho, renovava minhas energias.

Ao meu filho, Ian, que, desde que estava no ventre da mãe, fez aumentar o estímulo para terminar e defender a dissertação o quanto antes.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus e seus anjos.

Agradeço à minha família. Minha esposa Tatiane, minha filha Ana Luísa e meu filho Ian. Eles são meu alicerce, minha força, minha energia. Sem o apoio, a participação e a compreensão da família nada seria possível.

Agradeço à minha mãe, Dulcimara, que, além da ótima educação que deu, cumpriu bem o papel da mãe-coruja. Contava orgulhosa para as pessoas que o filho estava no Mestrado. Não poderia decepcioná-la.

Agradeço à minha sogra Roseli e a minha tia Maira, que sempre ajudaram muito, em todos os aspectos, proporcionando-me a tranquilidade para escrever.

Agradeço à minha irmã, Aline, que mesmo participando com certa distância, me inspirava a ser um exemplo positivo.

Agradeço ao meu orientador, Carlos Alberto Malcher Bastos, que se propôs a direcionar minha caminhada neste trecho da jornada.

Agradeço à FIRJAN e à RNP por permitirem utilizar o trabalho realizado em suas dependências como estudo de caso nesta dissertação.

Por último, mas não menos importante, agradeço a todos os professores, amigos e colegas de trabalho e de estudo que sempre me apoiaram na hora certa.

SUMÁRIO

IMPLANTANDO UM SERVIÇO DE TELEFONIA IP EM EMPRESAS DE GRANDE E MÉDIO PORTE	i
FICHA CATALOGRÁFICA:	ii
DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTO	iv
SUMÁRIO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABELAS	xii
ABREVIACÕES	xiii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xv
Capítulo 1 – Introdução	16
Por que implantar Telefonia sobre IP?	18
Por que nas grandes e médias empresas e não nas pequenas?	20
Por que este trabalho é importante?	20
Objetivo	21
Estruturação do trabalho	21
Capítulo 2 – Evolução e tecnologia de suporte	23
Mundo tradicional	23
Telefonia Analógica	23
Telefonia Digital	30
Mais sobre telefonia e padronização	31
Circuitos Vs. Pacotes	32
Comunicação com comutação de circuitos	32
Comunicação com comutação de pacotes	33
Redes IP (Internet Protocol)	33

Capítulo 3 – Entendendo VoIP	37
VoIP vs. ToIP	37
Protocolos para VoIP	37
H.323	38
SIP	43
Comparação SIP x H.323	47
Transporte da mídia	48
O que é RTP?	48
Digitalização e codificação da voz	49
CODECs	49
Outras Considerações	58
Fornecimento de energia elétrica	58
IAX2: Um novo protocolo	60
Capítulo 4 – QoS para Telefonia sobre IP	64
O que é QoS?	64
Parâmetros importantes	65
Sobre enlaces congestionados	66
Modelos de QoS	69
IntServ – Integrated Services	69
DiffServ – Differentiated Services	70
Medindo o QoS	74
<i>Mean Opinion Score</i>	75
O modelo-E	76
Qualidade dos CODECs	77
Ensaio sobre a relação entre CODECs e perda de pacotes	78
Capítulo 5 – Medições, Monitoramento e Gerência de Redes	82

Introdução.....	82
Medições.....	82
Medições Ativas.....	83
Medições Passivas.....	84
Monitoramento.....	85
O que monitorar.....	86
O que monitorar – VoIP.....	87
Sistemas de monitoramento.....	87
SNMP.....	88
Gerência.....	90
Modelos de Gerência.....	91
Sistemas de Gerência de Redes.....	93
Algumas características dos NMS.....	93
Que ferramenta utilizar.....	98
Capítulo 6 – Adotando a Telefonia sobre IP.....	102
Introdução.....	102
Antes de começar.....	103
VoIP é realmente necessário?.....	103
Considerações iniciais.....	103
Planejamento.....	104
Definição do escopo.....	104
Dimensionamento.....	105
Fornecedores de conectividade.....	106
Parceiros.....	107
Plano de numeração e discagem.....	107
Recursos humanos.....	108

Preparação da infra-estrutura.....	108
Tecnologia e fornecedores.....	109
Novas aquisições.....	110
Gerência da rede.....	111
Problemas em ToIP	112
Evite problemas desde o planejamento	112
Problemas da fase de operação.....	114
Capítulo 7 – Casos práticos	121
Projeto Piloto FIRJAN – GTECCOM / UFF	121
Apresentação	121
O ambiente.....	122
O Projeto Piloto.....	125
Descrição das soluções dos fornecedores	126
Testes do Projeto Piloto	127
Estudo sobre a homogeneidade da rede	130
O plano de Migração.....	135
Problemas encontrados e lições aprendidas	138
O contra-ataque da operadora de telefonia	138
Conclusão	139
Serviços Digitais para Saúde – RNP	140
Apresentação	140
O serviço fone@MS.....	140
O ambiente.....	141
Proposta de solução.....	144
Treinamento.....	151
Últimas considerações	151

Capítulo 8 – Conclusão.....	153
Próximos trabalhos	154
Referências.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representação do circuito telefônico.....	24
Figura 2: Ilustração bem humorada do antes e depois da rede telefônica.....	24
Figura 3: Cabeamento telefônico em St. Louis, Missouri, em 1900.....	25
Figura 4: Centrais de comutação operadas manualmente.....	26
Figura 5: Telefonista em central de pegas.....	26
Figura 6: Topologia da rede telefônica atual.....	27
Figura 7: Central de comutação automática dos anos 50.....	28
Figura 8: Detalhe de um comutador eletro-mecânico de barras cruzadas.....	28
Figura 9: Rede mundial de cabos submarinos e satélites.....	29
Figura 10: Primeiro telefone móvel russo.....	29
Figura 11: Evolução dos aparelhos móveis.....	29
Figura 12: Telefone digital.....	30
Figura 13: Arquitetura OSI x Arquitetura TCP/IP.....	35
Figura 14: Zona H.323 e seus elementos.....	39
Figura 15: Exemplo de chamada H.323.....	41
Figura 16: Exemplo de arquitetura SIP.....	44
Figura 17: Exemplo de chamada SIP.....	46
Figura 18: Encapsulamento da voz codificada.....	49
Figura 19: Codificação PCM.....	52
Figura 20: Compressão de cabeçalho.....	67
Figura 21: Fragmentação e interposição.....	68
Figura 22: Bloco de Condicionamento de Tráfego (TBC –Traffic Conditioner Block).....	71
Figura 23: Cabeçalho IP antes e depois do DiffServ.....	72
Figura 24: Relação entre DSCP e IP Precedence, em ordem crescente de prioridade.....	73
Figura 25: Esquema do laboratório de tolerância a perda de pacotes.....	80

Figura 26: MIB: Árvore de objetos.....	90
Figura 27: Associação entre ITIL e NMS	92
Figura 28: Visão do todo (overview), histórico e alguns detalhes	94
Figura 29: Alarmes correlacionados.....	95
Figura 30: Rede de dados separada da rede de voz antes da convergência.	123
Figura 31: Redes de dados e voz durante o processo de convergência.....	124
Figura 32: Rede de voz e dados após a convergência.	125
Figura 33: Fluxo financeiro do plano de migração: arquitetura homogênea.....	136
Figura 34: Fluxo Financeiro do Plano de Migração: Arquitetura Heterogênea.....	137
Figura 35 Rede Infosus, do Datasus.	142
Figura 36 Firewall entre sede e LAN nas unidades.....	143
Figura 37 Solução de arquitetura do serviço fone@MS	145
Figura 38 Ligação com PABX digital.....	146
Figura 39 Ligação com PABX analógico.	146
Figura 40 Ligação com PABX virtual.	147
Figura 41 Ligação sem PABX.....	147
Figura 42 Ligação para as secretarias.....	148
Figura 43 Detalhamento do ambiente local redundante	149
Figura 44 Exemplo da interface de gerência do sistema. Visão geral.	150

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Comparação entre CODECs.	57
Tabela 2: Tamanho do fragmento de acordo com a velocidade do acesso	69
<i>Tabela 3: Escala de qualidade/degradação</i>	<i>75</i>
Tabela 4: Relação entre Fator-R, MOS e a satisfação do usuário.....	77
<i>Tabela 5: Atraso (em milissegundos) para tradução entre CODECs.</i>	<i>78</i>
<i>Tabela 6: Taxa de perda de pacotes em que a voz torna-se incompreensível</i>	<i>81</i>
<i>Tabela 7: Comparação entre NMS'es de código aberto</i>	<i>100</i>
<i>Tabela 8: Problemas, causas e soluções em VoIP</i>	<i>115</i>
<i>Tabela 9: Tabela comparativa de ambientes quanto a heterogeneidade.</i>	<i>133</i>

ABREVIACÕES

AF	Assured Forward
BE	Best Effort
ATA	Analog Telephone Adapter
ATM	Asynchronous Transfer Mode
CDMA	Code Division Multiple Access
COBIT	Control Objectives for Information an related Technology
CODEC	COder-DECoder
CPA	Central de Programa Armazenado
CRM	Customer Relationship Management
DCR	Degradation Category Rating
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DNS	Domain Name System
DMZ	DeMilitarized Zone
DTMF	Dual-Tone Multi Frequency
EF	Expedit Forward
EMS	Enterprise Management Systems
ERP	Enterprise Relationship
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCAPS	Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security
GK	Gatekeeper
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GW	Gateway
HMM	Hora de Maior Movimento
IAX	InterAsterisk Exchange
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISF	Information Security Forum
ITIL	Information Technology Infrastructure Library
ITSP	Internet Telephony Service Provider
ITU	International Telecommunications Union
LAN	Local Area Network
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
LLQ	Low Latency Queue
MCU	Multipoint Control Unit
MFC	Multifrequencial Compelida
MIB	Management Information Base
MOS	Mean Option Score
NMS	Network Management System
NTP	Network Time Protocol

PABX	Public Automatic Branch Exchange
PoE	Power over Ethernet
POTS	Public Old Telephony System
PPP	Point-to-Point Protocol
PSTN	Public Switched Telephony Network
QoS	Quality of Service
RAM	Random Access Memory
RDSI	Rede Digital de Serviços Integrados
RFC	Request for Comments
RR	Round Robin
RTP	Real-time Transport Protocol
SDP	Session Description Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SLA	Service Level Agreement
SMS	Short Message Service
SNMP	Simple Network Management Protocol
SoGP	Standards of good Practices
SP	Strict Priority
STFC	Sistema de Telefonia Fixa Comutada
TDM	Time Division Multiplexing
TEF	Transferência Eletrônica de Fundos
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TMN	Telecommunications Management Network
ToIP	Telephony over IP
UPS	Uninterruptible Power System
URI	Uniform Resource Identifier
VAD	Voice Activity Detection
VoIP	Voice over IP
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wide Area Network
WFQ	Weighted Fair Queuing
WRR	Weighted Round Robin
WWW	World Wide Web

RESUMO

Esta dissertação trata da implantação do serviço de telefonia IP em empresas de médio e grande porte.

Traz informações sobre a evolução do serviço de telefonia, contextualizando o serviço de telefonia IP com a evolução da tecnologia. Trata de assuntos fundamentais ao entendimento do serviço, tais como VoIP e seus protocolos, QoS, medição, monitoramento e gerência de redes e serviços IP. Também apresenta dois estudos de caso de projetos de implantação de telefonia IP em grandes redes.

Apresenta também uma metodologia de planejamento que pretende auxiliar profissionais a implantar e manter um serviço de telefonia IP de qualidade.

ABSTRACT

This dissertation is about IP telephony service deployment in medium and large companies.

It brings information about the telephony service evolution in the context of IP telephony service and technological evolution. It deals with fundamentals issues for the service comprehension, as VoIP and its protocols, QoS, measurement, monitoring and managing IP services networks. It also shows two cases of IP telephony deployment projects in huge IP networks.

It also presents a planning methodology that intends to help professionals to deploy and maintain IP telephony services with good acceptable quality.

Capítulo 1 – Introdução

Não é mais novidade que os serviços de telecomunicações estão convergindo e, em grande parte, já estão funcionando sobre a rede IP. Voz, vídeo e mensagens instantâneas já trafegam sobre a rede de pacotes há algum tempo na Internet. Entretanto, o público alvo era o usuário residencial e o enfoque era simples: bastava que o serviço funcionasse, não importando muito a qualidade das chamadas.

Aos poucos, esses mesmos usuários residenciais começaram a levar para as empresas o hábito de falar com outras pessoas utilizando o computador, uma ferramenta comum em qualquer ambiente hoje em dia. Empresas de todos os tamanhos começaram a entender que a rede IP não serve apenas para navegar na Internet, trocar emails e acessar o servidor de arquivos. Elas descobriram que é possível reduzir custos de tecnologia da informação e telecomunicações (TIC), agregando novos serviços em uma infra-estrutura comum, especialmente serviços de voz. Prova disso, são as várias reportagens publicadas freqüentemente em revistas especializadas.

Com forte apelo na redução de custos, a tecnologia de Voz sobre IP vem ganhando espaço nas empresas de forma vertiginosa. No entanto, as promessas de ligações a “custo zero”, normalmente sem muito compromisso com a qualidade e continuidade do serviço, acabaram causando um efeito colateral que faz crescer a idéia que a tecnologia VoIP é ruim, trazendo alguma resistência a sua adoção. Ainda assim, a economia gerada com a implantação de um sistema de telefonia IP é muito atraente e o interesse pela tecnologia não cessou.

Outro fator que provocou um aumento da popularidade da tecnologia IP foi a cultura de Código Aberto, cuja premissa é conseguir melhor qualidade, melhor confiabilidade, mais flexibilidade, menor custo e fim da dependência de fabricantes (1). Existe hoje disponível para qualquer pessoa uma infinidade de programas e sistemas computacionais para os mais diversos propósitos. De acordo com a GPL (General Public License), a Licença do Código Aberto (2) e com a definição de Código Aberto (3), é possível adaptar os programas para utilizá-los de acordo com as necessidades individuais de cada pessoa ou empresa, desde que acompanhado de seu código-fonte. A gama de programas é enorme e passa por editores de texto, planilhas eletrônicas,

servidores http, *web browsers*, servidores e clientes de email, Sistemas de Gerência de Projetos, Sistemas de Documentação, CRMs, ERPs e muitos outros¹. Mais especificamente como alvos desta dissertação, notáveis *softwares* livres são os PABX IP e os programas de telefones IP, os *softphones*. Eles estão alavancando o mercado de Telefonia IP.

O crescimento de interesse na área de Voz sobre IP gera oportunidades para muitas empresas. Por exemplo, os fabricantes de PABX tradicionais agora vêm no IP uma forma de conquistar (e reconquistar) mais clientes. Todos oferecem modelos de PABX híbridos ou totalmente IP. Neste contexto, surgem também pequenos fabricantes de *hardware*. Dispositivos como ATAs (*Analog Telephony Adapter*), gateways e telefones IP estão sendo produzidos por diversos fabricantes em todo o mundo. A boa quantidade de fabricantes gera concorrência, que pressiona os preços para baixo.

E como numa bola de neve, a popularidade da tecnologia faz aumentar o interesse nela. Os fabricantes, por sua vez, enxergam o interesse como oportunidade de negócio e produzem mais dispositivos. A quantidade de dispositivos no mercado faz diminuir os preços e o custo de implantação de um sistema de voz sobre IP. O baixo custo faz aumentar ainda mais o interesse e a popularidade do VoIP.

Neste processo, o grande interesse pela tecnologia faz aumentar também a necessidade de serviços de implantação e migração para VoIP. Para suprir essa demanda, surgem profissionais e pequenas empresas de consultoria, mas, infelizmente, muitos estão despreparados tanto tecnicamente quanto administrativamente. Visto de outra forma, existe hoje uma grande demanda por mão-de-obra qualificada e realmente especializada em Voz sobre IP, o que pode ser entendido como mais uma oportunidade.

O fraco preparo técnico de profissionais e empresas é um componente negativo e faz força em sentido contrário ao movimento de adoção da telefonia IP. O despreparo de alguns profissionais faz com que as empresas que demandam seus serviços descreditem a tecnologia. A promessa de fazer tudo por um preço relativamente irrisório e com retorno muito rápido deixa de ser um atrativo e começa a passar a idéia

¹ Um exemplo de repositório de softwares de código aberto é SourceForge.net, em <http://sourceforge.net/>

de amadorismo e falta de qualidade.

De fato, é possível fazer quase tudo com sistemas abertos de telefonia e *hardware* adequado. Entretanto, esses profissionais despreparados negligenciam características de extrema importância para um Sistema de Telefonia IP: qualidade, segurança, gerência, interoperabilidade e continuidade do serviço.

Felizmente o mercado está amadurecendo. As empresas estão mais atentas e aprendendo a diferenciar os profissionais atuantes nesta área. A ilusão do “custo zero” começa a dar lugar a implementações mais estruturadas e concisas, que contemplam as condições necessárias para um serviço de qualidade e que permitem a modernização e o crescimento sustentável do serviço de telecomunicações nas empresas.

Por que implantar Telefonia sobre IP?

A implantação da telefonia sobre IP, ou simplesmente telefonia IP, pode trazer grandes vantagens para uma empresa, mas seu custo de implantação pode ser relativamente alto. Telefones IP são bem mais caros que telefones convencionais. Algumas vezes, pode ser necessário adquirir novos equipamentos de rede. Não basta mais que a rede IP funcione; ela precisa funcionar bem. A gerência da rede IP pode se tornar mais complexa. É necessário contratar profissionais que conheçam a tecnologia ou treinar os funcionários atuais. É preciso investir na alimentação dos telefones, seja com switches com *Power over Ethernet*, injetores centralizados ou simplesmente instalando mais uma tomada em cada estação de trabalho.

Por outro lado, a telefonia IP pode reduzir drasticamente o custo com telecomunicações. As opções variam desde contratar um tronco com um Provedor de Serviços de Telefonia (ITSP – *Internet Telephony Service Provider*), até migrar completamente o parque de equipamentos de telefonia. A alternativa mais comum é modernizar o núcleo da rede de telefonia adotando a tecnologia VoIP para as ligações de longa distância entre filiais distantes e manter os PABX locais e os ramais já existentes com telefones analógicos. Esta abordagem garante economia nas ligações de longa distância e desonera a empresa dos altos custos dos telefones IP e outros itens da infraestrutura de redes, aproveitando ainda o último investimento realizado no parque

de telefonia de cada localidade.

No entanto, as vantagens da adoção da telefonia IP vão além da questão econômica. Após a adoção desta tecnologia, mesmo que parcialmente como descrito anteriormente, é possível realizar ligações entre as localidades da empresa como se todos estivessem no mesmo prédio, não importa se a localidade remota está em outra cidade, estado ou país. Basta digitar o ramal de 4 ou 6 dígitos do colega de trabalho.

Somado a redução de custos, a telefonia IP facilita muito a criação de novas funcionalidades e serviços como correio de voz, secretária eletrônica, integração com banco de dados, etc. Se for utilizado um PABX proprietário, há de se incluir nas despesas os altos preços das licenças de cada funcionalidade. Se a opção for por um PABX de código aberto, é possível utilizar toda a tecnologia disponível sem os altos custos das licenças, implantação e manutenção.

A utilização de telefonia IP facilita o tele-trabalho, trabalho remoto a partir de casa ou de qualquer outro ambiente conectado a Internet. O tele-trabalho é uma tendência hoje em dia. Não importa onde o profissional esteja, ele sempre está virtualmente na empresa. Além das facilidades das aplicações, como acessar serviços de dados da empresa como se estive lá, ele recebe e faz ligações normalmente, também como se estivesse em sua mesa de trabalho. Não importa se está em seu escritório, em casa ou numa viagem para outro país, o tele-trabalhador estará sempre “na” empresa.

No caso da utilização de telefones IP, quando não se aproveita a infra-estrutura de telefonia já instalada, é possível mover seu ramal simplesmente tirando seu telefone da tomada e religando-o em outra. Não é mais necessário reconfigurar a central telefônica ou trocar fios no bastidor. Mais que isso, o profissional pode até se tornar um tele-trabalhador sem a necessidade de reconfiguração da central.

Cada empresa possui suas particularidades. Assim, funcionalidades que são imprescindíveis para um tipo de negócio podem ser totalmente dispensáveis para outro. É preciso conhecer as necessidades de cada empresa e, principalmente, conhecer a tecnologia de Telefonia sobre IP para poder avaliar e adequar as necessidades de cada um às capacidades da tecnologia.

Nesta dissertação são apresentadas as características da tecnologia VoIP. Cabe ao interessado na adoção da tecnologia associar as características ao seu negócio e avaliar a possibilidade de implantação.

Por que nas grandes e médias empresas e não nas pequenas?

Implementações mais simples conseguem atender às necessidades das micro e pequenas empresas que utilizam a tecnologia de voz sobre IP. Além disso, por serem pequenas, muitas dessas empresas não são totalmente beneficiadas pela tecnologia por não possuírem filiais ou por não investirem adequadamente na saúde de suas redes, causando problemas nas ligações. Infelizmente, as pequenas empresas que procuram soluções de Voz sobre IP também apresentam pouca preocupação com qualidade nas chamadas, seja pela incapacidade de financiar um projeto mais robusto, ou por simples negligência.

Por outro lado, as médias e grandes empresas, normalmente possuem escritórios geograficamente distribuídos, às vezes em mais de um país. Além disso, a despesa com comunicação interna delas justifica o investimento em uma solução robusta de comunicação, quase sempre utilizando a rede IP que elas já possuem para integração das soluções de voz, vídeo, texto e dados.

As grandes empresas normalmente apresentam preocupações com qualidade e disponibilidade do serviço e tendem a procurar soluções proprietárias e, para sua segurança, contratam SLAs (Service Level Agreement) rígidos. As médias empresas procuram o máximo de economia com o mínimo de investimento, mas também se preocupam com um serviço estável. Essas estão mais receptivas a soluções de código aberto e procuram contratar profissionais capacitados.

Por que este trabalho é importante?

Este trabalho documenta a experiência prática, técnica e gerencial em execução de diagnósticos e projetos de implantação de serviço de telefonia IP de casos reais, normalmente guardados a sete chaves como informação estratégica das empresas.

Ele também trata de forma acessível o embasamento teórico que justifica as

escolhas feitas para a construção do roteiro. Aponta equívocos freqüentemente cometidos nos projetos de implantação de Telefonia IP e indica ações corretivas e preventivas.

Portanto, o trabalho é importante porque unifica os conhecimentos conceituais com a experiência prática. Além disso, organiza as lições aprendidas e as melhores práticas conhecidas em indicações que podem ser utilizadas por profissionais interessados em implantar e gerenciar um sistema de Telefonia IP.

Objetivo

O objetivo específico e principal deste trabalho é construir uma metodologia acerca da implantação e operação de serviços de Telefonia IP em empresas de grande e médio porte. Este roteiro visa auxiliar gestores e administradores de rede a instalar e manter um serviço competitivo, sustentável e de qualidade, mantendo uma infraestrutura de redes adequada, de forma a garantir a continuidade do serviço. A construção desta metodologia é baseada em conhecimentos teóricos e práticos e em experiências realizadas no decorrer do curso de Mestrado. A metodologia será confrontada e validada com o auxílio de 2 casos práticos apresentados aqui.

Esta dissertação ainda possui um objetivo geral, que é sensibilizar profissionais e empresas sobre a necessidade da prestação de um serviço de qualidade, mesmo sem os altos custos de soluções proprietárias. No decorrer do texto são apresentados fatos e experiências que mostram que é possível prestar um serviço de qualidade e com baixo custo utilizando programas de código aberto.

Estruturação do trabalho

Este documento está disposto conforme a descrição a seguir.

O capítulo 1, “Introdução”, contextualiza a problemática dos serviços de Telefonia IP e apresenta a motivação e o objetivo deste trabalho, bem como sua estrutura.

O capítulo 2, “Evolução e tecnologia de suporte”, contextualiza tecnicamente a proposta de trabalho. Apresenta de forma sucinta a evolução do serviço de telefonia.

Explica a diferença entre as redes tradicionais orientadas a circuitos e as redes IP orientadas a pacotes.

O capítulo 3, “Entendendo VoIP” trata dos protocolos de Voz sobre IP e toda teoria necessária para seu funcionamento, apresentando CODECs, protocolos e serviços complementares para a viabilização da Telefonia IP.

O capítulo 4, “QoS para Telefonia IP”, trata a questão da qualidade nas redes IP e especificamente a qualidade em VoIP, informando sobre maneiras de se qualificar objetiva e subjetivamente as chamadas. Apresenta também um ensaio prático sobre CODECs realizado no decorrer do curso.

O capítulo 5, “Medições, Monitoramento e Gerência”, aborda questões relativas a manutenção e operação do serviço de telefonia IP e indica o que deve ser feito para se garantir a continuidade na prestação de um serviço de qualidade.

O capítulo 6, “Adotando a Telefonia IP”, é a materialização do objetivo desta dissertação, tratando da metodologia para planejamento da implantação e manutenção do Sistema de Telefonia IP. Aborda alguns equívocos comuns e como evitá-los.

O capítulo 7, “Casos Práticos”, apresenta dois estudos de caso sobre a adoção do serviço de telefonia IP em grandes ambientes: um com cerca de 50 unidades remotas no estado do Rio de Janeiro, outro com alcance nacional. Traz informações desde o estudo de viabilidade até a estratégia de migração e implantação. O objetivo dos estudos de caso é validar a metodologia apresentada no capítulo anterior.

Finalmente, o capítulo 8 faz a conclusão do trabalho, indicando os resultados e enumerando possíveis próximos trabalhos nesta linha.

Capítulo 2 – Evolução e tecnologia de suporte

Este capítulo apresenta alguns fatos históricos para contextualização e conceitos básicos do ambiente de telefonia tradicional. Apresenta algumas diferenças notáveis entre redes de circuitos e de pacotes e apresenta os desafios a serem enfrentados por sistemas de Telefonia IP.

Mundo tradicional

Telefonia Analógica

Alexander Graham Bell solicitou a patente do telefone² em 20 de janeiro de 1876 (4). No entanto, existem controvérsias a respeito do real inventor do aparelho. Já em 26 de agosto de 1854, portanto mais de 20 anos antes, foi publicado o primeiro artigo sobre telefonia intitulado “A transmissão elétrica da fala”, escrito por Charles Bourseul.

Deixando de lado as discussões sobre a paternidade da telefonia, desde sua invenção até a era digital, não houve muitas mudanças na forma de transportar a voz de um ponto ao outro. O esquema básico para que um aparelho telefônico pudesse se comunicar com outro aparelho sempre foi modelado com um circuito elétrico. De fato, o conjunto de telefones e fios realmente forma um circuito elétrico fechado, conforme ilustrado na figura 1.

² Uma cópia da patente, pode ser encontrada no site About.com, no endereço <http://inventors.about.com/od/tstartinventions/ss/TelephonePatent.htm>

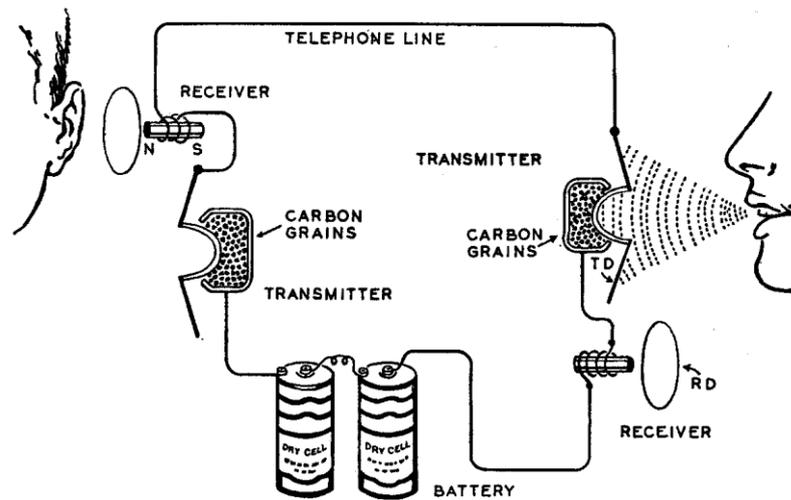


Figura 1: Representação do circuito telefônico.

<http://www.privateline.com/archive/howteleworks.gif>

Inicialmente, um par de fios ligava dois telefones. Se um destes quisesse falar com outro ponto, outro par de fios era lançado entre ele e o novo participante. Logo se percebeu que esta “arquitetura de rede” não era adequada, pois era de difícil expansão. A figura 2 mostra de forma bem humorada uma rua hipotética de Nova York em 1910 e vinte anos depois. Vale ressaltar que nesta época o cabeamento telefônico já estava no subsolo.

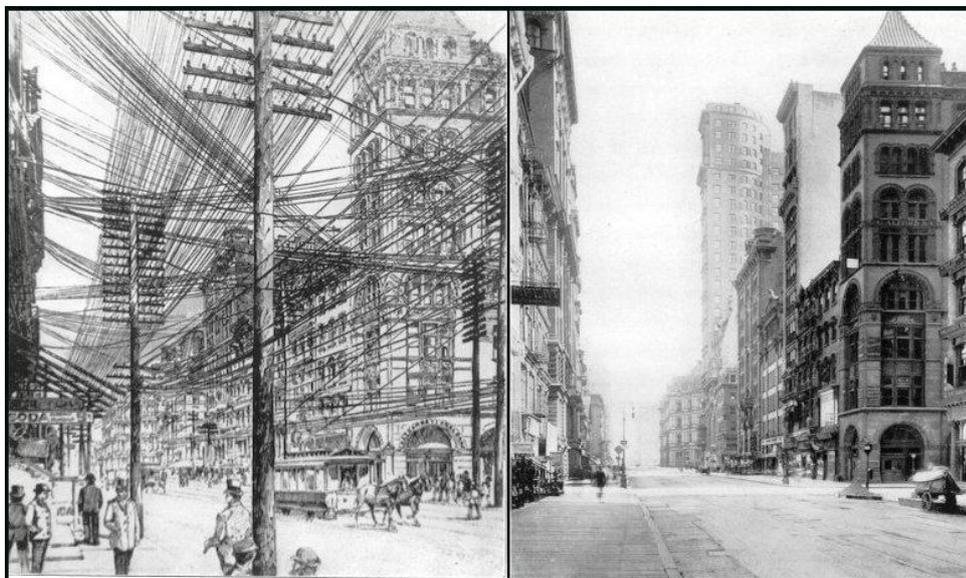


Figura 2: Ilustração bem humorada do antes e depois da rede telefônica.

<http://www.uh.edu/engines/nycandwires.jpg>

A figura 3 é uma fotografia real, tirada em 1900, e mostra como era a estrutura de cabeamento telefônico em St. Luis, Missouri, nos Estados Unidos.



Figura 3: Cabeamento telefônico em St. Louis, Missouri, em 1900.
<http://www.corbisimages.com/Enlargement/Enlargement.aspx?id=IH158454&tab=details&caller=search>

A topologia da rede integralmente em malha mostrou-se não escalável. Então, foram desenvolvidas as primeiras centrais de comutação (ou mesas telefônicas), operadas pelo homem, conforme ilustrado nas figuras 4 e 5. Os terminais telefônicos se ligavam a esta central, que se ligava com outros telefones e a outras centrais.



Figura 4: Centrais de comutação operadas manualmente.

http://www.siongboon.com/projects/2006-06-19_switch/1910telephoneexchange.jpg



Figura 5: Telefonista em central de pegas.

<http://www.jackson.army.mil/Museum/History/pix/image305.jpg>

A nova topologia era um misto de malha no núcleo e estrela nas bordas, próximo aos terminais telefônicos. A arquitetura na Figura 6 ilustra esta arquitetura mista, onde é possível identificar um núcleo em malha formando uma estrela de novas malhas

intermediárias que, no acesso, volta a formar estrelas para alcançar o usuário final.

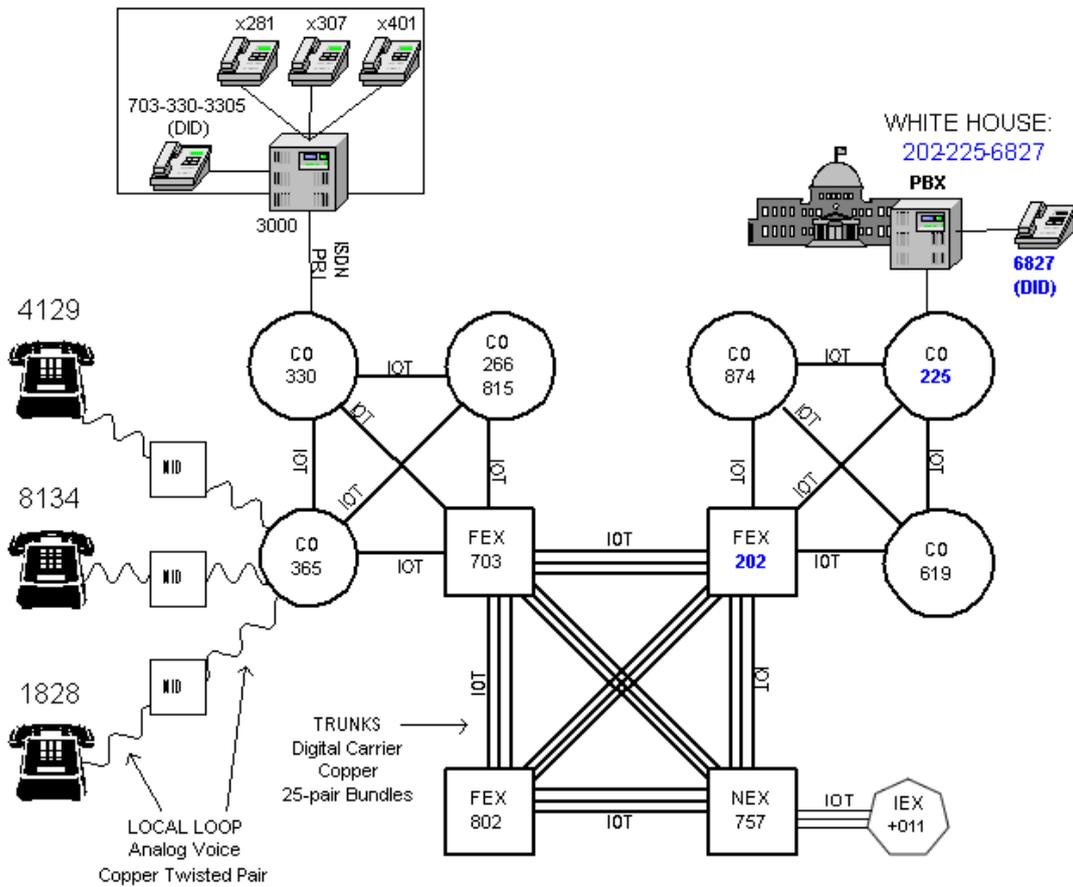


Figura 6: Topologia da rede telefônica atual.

http://www.inetdaemon.com/tutorials/telecom/pstn/visual_guide.shtml

Depois de algum tempo e algumas idéias intermediárias, os telefones ganharam teclas que podiam ser usadas para alcançar endereços específicos na rede de telefonia e as centrais foram se tornando automáticas, com comutação dos circuitos sendo executadas por relés. Ao mesmo tempo em que as telefonistas iam perdendo seus empregos, maior quantidade de telefones podia usar o sistema.

A seguir a Figura 7 ilustra a comparação de tamanho entre uma central dos anos 50 em relação à altura de um homem. A Figura 8 mostra o detalhe de um comutador de barras cruzadas.



Figura 7: Central de comutação automática dos anos 50.
http://www.international-phone-card.info/images/telephone_history/lewis-xy.jpg

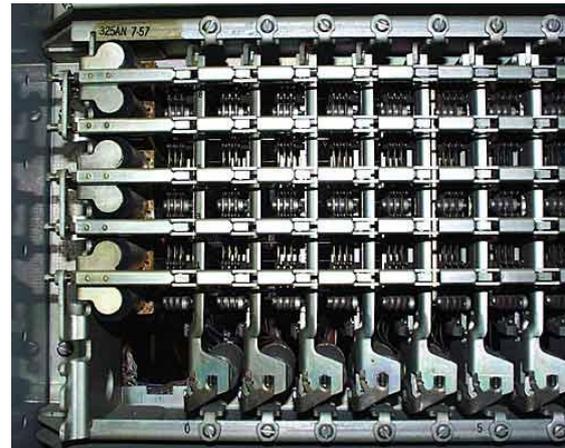


Figura 8: Detalhe de um comutador eletromecânico de barras cruzadas.
http://people.seas.harvard.edu/~jones/csci_e129/nu_lectures/lecture11/switching/xbar/xbar_7a.jpg

Para tornar a automação de ligações telefônicas possível, era necessário criar um código que todos os telefones e centrais entendessem. Algumas tentativas de construir um protocolo de sinalização foram experimentadas. Algumas usavam 8 ou 7 fios que foram deixadas de lado para dar lugar a protocolos que utilizam 2 fios por assinante.

Normalmente, a sinalização analógica utiliza a janela de frequências que o ouvido humano é capaz de perceber e pode ser realizada utilizando os mesmos fios que a voz utiliza. Por isso é possível ouvir os tons de controle como ocupado e chamando, os pulsos produzidos ao se discar um número em telefones mais antigos e, mais atualmente, o DTMF (Dual Tone Multi-Frequency), utilizado para enviar para a central os dígitos de 0 a 9 mais ‘*’ e ‘#’.

Em 1927, a primeira chamada de voz transatlântica foi feita utilizando ondas de rádio. Inovações durante as duas Grandes Guerras fizeram surgir os primeiros telefones móveis.



Figura 9: Rede mundial de cabos submarinos e satélites.
http://meiobit.com/wp-content/uploads/teleglobe_large_2.gif

Nos anos 60, os telefones passavam a ser endereçados apenas por caracteres numéricos e os primeiros cabos transatlânticos eram lançados para possibilitar as ligações intercontinentais. Também em 1962, foi lançado o primeiro satélite para telefonia. A Figura 9 detalha um mapa com cabos submarinos e o posicionamento de satélites em órbita na Terra.

Ainda na era analógica, surgiu também a telefonia celular. Assim como no início do surgimento dos telefones fixos, os telefones celulares eram caros e pouco eficientes. A seguir, as Figuras 10 e 11 ilustram exemplos de telefones móveis.



Figura 10: Primeiro telefone móvel russo.
<http://englishrussia.com/images/cellular1.jpg>



Figura 11: Evolução dos aparelhos móveis.
http://jurmo.us/log/wp-content/uploads/2007/02/ancient_mobile_phones.jpg

Hoje em dia, na maior parte do Brasil, apenas as ligações entre o assinante residencial e a central da rede fixa é analógica. Nas empresas, semelhante à situação do assinante residencial, a ligação dos ramais ao PABX também é feita de forma analógica na grande maioria das vezes.

Telefonia Digital

Após alguns anos, a tecnologia digital evoluiu e se mostrou mais confiável, mais econômica e mais eficiente que a analógica. A transmissão digital de dados começou a substituir a tecnologia analógica.

Hoje, para ligação entre centrais telefônicas, normalmente se utiliza tecnologia digital. Os tons de controle, mensagens de linha, os dígitos e até a voz são agora enviados entre as centrais utilizando bits. Não é comum no Brasil, mas também é possível utilizar comunicação digital entre um telefone residencial e a sua central. Nas empresas, a situação é semelhante: telefones digitais são usados para um número reduzido de funcionários, pois eles são mais caros e poucas pessoas realmente precisam das funcionalidades adicionais suportadas por esses telefones.



Figura 12: Telefone digital.

http://mz.abeltronica.com/shop_image_pt/product/c1373c31b534bb31ca581321180f4d5d.jpg

A rede de telefonia cresceu e a tecnologia avançou. As centrais deixaram de ser

eletro-mecânicas e surgiram as CPAs, ou Centrais de Programa Armazenado, que são como computadores especializados em realizar a comutação das ligações. Conseqüentemente, protocolos de sinalização mais adequados foram desenvolvidos. Dentre eles pode-se destacar o Sistema de Sinalização nº 7, SS7 (da família ITU Q.7xx) muito utilizado entre as centrais das operadoras de telefonia e a Rede Digital de Serviços Integrados, RDSI (ITU Q.931), ou ISDN em inglês, mais utilizado nas comunicações entre centrais e PABX digitais dos assinantes.

No Brasil, a sinalização definida como padrão para a comunicação entre a operadora e o assinante de tronco digital é a R2-D/MFC-5C (Multi-frequencial Compelida) – Prática Telebrás SDT 210.110.703. Entretanto, várias operadoras de telefonia oferecem para seus assinantes de troncos digitais o protocolo ISDN, que é mais moderno e mais rápido.

Também a rede de telefonia celular evoluiu para uma rede digital. No Brasil, a ANATEL, Agência Nacional de Telecomunicações, chegou a marcar data, 30/06/2008, para o fim das operações com celulares analógicos. Entretanto, a Agência resolveu suspender a decisão. Em junho de 2008, aproximadamente 11 mil assinantes dos 130 milhões possuíam celulares analógicos (5).

Mais sobre telefonia e padronização

Independente da tecnologia (se analógico ou digital, se fixo ou móvel) algumas características devem ser observadas para garantir o mínimo de conforto para o usuário do sistema de telefonia.

A ITU, International Telecommunications Union ou União Internacional de Telecomunicações, especifica modelos e parâmetros rígidos para o bom funcionamento da rede. Particularmente, a série E trata da operação geral da rede, serviço de telefonia, operação de serviço e fatores humanos. A lista completa de recomendações desta série pode ser encontrada no endereço <http://www.itu.int/rec/T-REC-E/e>.

Por exemplo, a conexão internacional de referência se encontra na recomendação E.830 (6). O pior caso do modelo apresentado neste documento admite a participação de até 15 centrais entre os participantes, sendo 5 centrais internacionais, 4

centrais nacionais e 2 centrais locais, uma de cada assinante. Idealmente, uma ligação internacional deveria ser composta de 1 central local, 1 central nacional e 1 central internacional para cada participante da ligação, totalizando 6 centrais entre os assinantes.

O melhor caso prevê apenas 6 equipamentos, sendo 1 central local, 1 nacional e 1 internacional para cada assinante.

Circuitos Vs. Pacotes

Comunicação com comutação de circuitos

Em uma comunicação entre dois pontos orientada a circuitos é estabelecido um caminho único e virtualmente contínuo entre os participantes. Em outras palavras, todos os recursos necessários para a chamada são alocados antes do atendimento. Isso garante que uma chamada estabelecida em uma rede determinística orientada a circuitos não corre o risco de sofrer degradação na qualidade da conversão uma vez que esta tenha sido estabelecida.

Na época das redes analógicas e centrais de comutação operadas a relés, a ligação entre os dois pontos era, de fato, um circuito elétrico fechado entre os participantes. Hoje em dia, na era digital, pode-se dizer que, nessas redes determinísticas, para cada ligação é estabelecido um circuito lógico entre os interlocutores.

Ainda sobre redes digitais, uma vez que essas transportam bits, é possível fazer a primeira associação entre ligação telefônica e consumo de banda de transmissão como se fosse uma rede de dados. Na verdade, uma ligação telefônica não consome banda; ela ocupa um circuito de determinada velocidade. Por hora, basta saber que cada circuito alocado para uma ligação telefônica ocupa o equivalente a 64kbps de taxa de transmissão na rede TDM^{3,4}. No próximo capítulo, essa afirmação é tecnicamente

³ Redes TDM também designam as redes de Telefonia Digital.

⁴ TDM (Time Division Multiplexing) - Multiplexação por Divisão de Tempo é uma técnica para transportar 30 ligações digitais utilizando um único meio de transmissão.

esclarecida.

Comunicação com comutação de pacotes

A maioria dos serviços de dados da rede celular e a rede IP são orientados a pacotes. Isto significa que elas são redes estatísticas e se beneficiam dos longos períodos de silêncio na comunicação.

Redes orientadas a pacotes maximizam sua eficiência possibilitando que vários usuários compartilhem os mesmos recursos de rede ao mesmo tempo. Ao contrário, como já vimos anteriormente, uma rede orientada a circuitos aloca recursos de comunicação para apenas uma conversação.

Por exemplo, quando alguém está visitando uma página na Internet, só há dados trafegando na rede no momento em que a pessoa faz a requisição ao servidor web – com tráfego no sentido cliente para servidor – e quando a página está sendo carregada – com tráfego no sentido servidor para cliente. Durante todo o tempo de leitura da página não existe tráfego IP, permanecendo a rede desocupada, podendo ser utilizada por outros usuários. Da mesma forma, em uma conversação, enquanto um interlocutor fala, normalmente o outro permanece em silêncio, escutando o primeiro. Este tempo de silêncio pode ser utilizado para o tráfego de outra ligação. Uma ligação telefônica tradicional manteria o circuito ocupado durante todo o tempo da chamada, mesmo que seus usuários estivessem em silêncio.

Redes IP (Internet Protocol)

Também no mundo tecnológico, a seleção natural exerce sua influência. A criação do Computador Pessoal (PC) impulsionou a indústria de telecomunicações e com isso a tecnologia de redes sofreu uma rápida evolução. Novos materiais e novos protocolos surgiram – e alguns desapareceram – rapidamente.

Por conta da combinação de alguns desses fatores externos e obviamente por suas características técnicas, as redes IP se tornaram o padrão para comunicação de dados, retirando do mercado outras tecnologias menos eficazes. Hoje em dia, a rede de pacotes mais utilizada é sem dúvida a rede IP.

O protocolo IP foi descrito pela RFC-791 (7) – Internet Protocol – em setembro de 1981. Foi atualizado pela RFC-1349 (8) – Type of Service in the Internet Protocol suite – que trata do Tipo de Serviço de um pacote IP, utilizado para fins de QoS⁵.

A principal função do protocolo IP é o roteamento inter-redes, isto é, interligar várias redes diferentes. Sua arquitetura foi desenvolvida para ser independente da infraestrutura física ou lógica de outras redes e funcionar sobre elas, por exemplo, Ethernet, Frame Relay, ATM (Asynchronous Transfer Mode), PPP (Point-to-Point Protocol), etc.

O protocolo IP é completado por uma série de outros protocolos que definem vários serviços suportados pela rede (web, email, troca de arquivos, telefonia IP, etc) e outras funções especiais como roteamento e controle da rede. Ele provê a capacidade de comunicação fim-a-fim entre cada elemento da rede IP através de um serviço sem conexão e não confiável. A confiabilidade da comunicação e o estabelecimento de conexões fim-a-fim deve ser executado por protocolos de níveis superiores, como o TCP, protocolo da camada de transporte.

Algumas vezes, o protocolo IP é confundido com a arquitetura TCP/IP, que define o modelo de funcionamento da Internet, a rede pública mundial de computadores.

A Figura 13, a seguir, compara as arquiteturas OSI e TCP/IP. Note que o Protocolo IP se encontra na camada de Inter-rede e o TCP na camada de Transporte.

⁵ QoS significa *Quality of Service* e será estudado no capítulo 4.

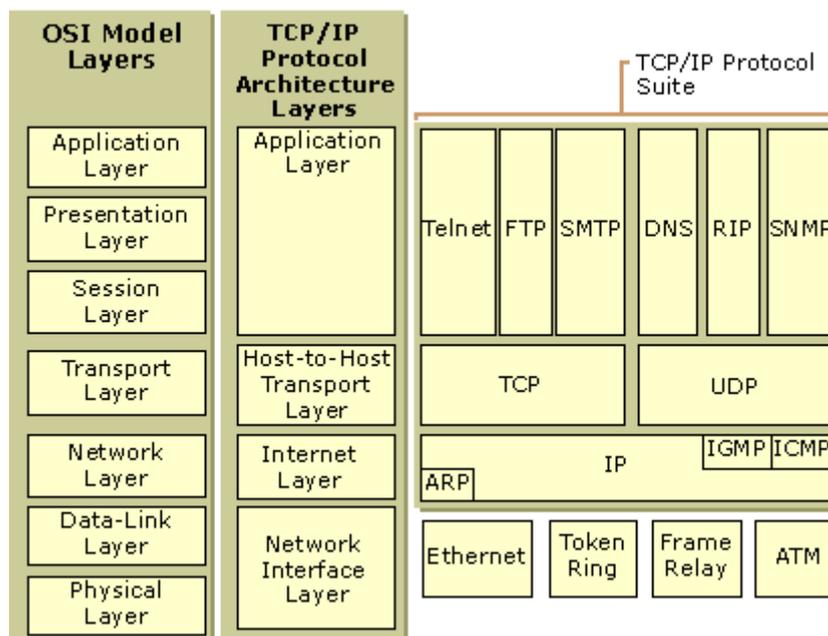


Figura 13: Arquitetura OSI x Arquitetura TCP/IP

http://www.softpanorama.org/Net/Images/tcp_ip_layers.gif

Hoje, o alcance das redes IP é muito amplo chegando até aos aparelhos de celular. É possível baixar jogos, música, vídeos, enviar emails, navegar na web e tudo mais a partir do telefone.

O sucesso do protocolo IP é tão grandioso que já existem iniciativas como o *Cloud Computing* ou, se for possível uma tradução direta, Computação em Nuvem. A computação em nuvem transfere para a rede IP (ou nuvem IP) a carga de processamento de diversas aplicações que originalmente consumiriam recursos dos PCs. Na realidade não é a rede em si, mas os servidores que compõem a rede que executam o processamento das informações. Um exemplo é a suíte de aplicativos da Google, totalmente acessível pela Internet.

Entretanto, a tecnologia que talvez tenha mais crescido junto com a “explosão” das redes IP foi o VoIP, Voz sobre IP, que utiliza a rede IP para transportar a voz, antes encaminhada por uma rede comutada a circuitos.

Aliado a este crescimento, a utilização de computadores na rede telefônica para criação de novos serviços ganhou força. As CPAs, Centrais de Programa Armazenado,

evoluíram e as aplicações que elas rodavam começaram a ser desenvolvidas principalmente em *software*, sendo necessário apenas um *hardware* genérico, um servidor. Isto propiciou a utilização de PCs comuns e sistemas embarcados com aplicações de telefonia, que faz com que computadores executem ações de centrais telefônicas e possibilite a criação de diversas aplicações que integram as redes telefônicas com a rede de dados.

Naturalmente, surgiu a Telefonia sobre IP (ToIP), ou seja, funções da rede de telefonia passam a ser executadas por computadores e os dados passam a serem transportados pela rede IP. Este é o assunto do próximo capítulo.

Capítulo 3 – Entendendo VoIP

Com o sucesso das redes de pacotes, mais especificamente de redes IP, era inevitável a idéia de aproveitar a rede de dados para transporte de voz e vídeo. A técnica de digitalizar sons, incluindo a voz humana, já era conhecida. Era preciso uma forma eficiente de transportar a voz sobre a rede de pacotes. É exatamente isso que os protocolos de Voz sobre IP fazem.

Este capítulo trata do alicerce técnico indispensável para a compreensão do serviço de Voz sobre IP, apresentando os principais protocolos de suporte a tecnologia VoIP.

VoIP vs. ToIP

Primeiramente, é necessário esclarecer a diferença entre VoIP (voz sobre IP) e ToIP (telefonia sobre IP). De forma muito simplificada, VoIP é a tecnologia que permite a transmissão da voz digitalizada sobre a rede de pacotes IP e ToIP é o serviço de telefonia, incluindo tudo o que se espera do serviço convencional, mas que se utiliza da tecnologia de VoIP.

Um dispositivo qualquer (PDA, computador, smartphone, etc) que consegue realizar chamadas pela rede IP simplesmente utiliza a tecnologia VoIP. Já o serviço de telefonia sobre IP, ou simplesmente telefonia IP, traz embutido em sua definição a possibilidade de dispor de serviços como secretária eletrônica, integração computador-telefone (CTI), mensagens unificadas, transferência, conferência, etc. Agora, o PABX IP passa a se chamar “servidor de voz” ou “servidor de telefonia”, pois ele não é mais um mero PABX. Ele acumula funções mais nobres e mais complexas.

De forma direta e conclusiva, Voz sobre IP (VoIP) é a tecnologia que dá suporte aos serviços oferecidos pela Telefonia sobre IP (ToIP).

Protocolos para VoIP

A comunicação de voz sobre redes de pacotes teve início na ARPANET, em 1973, com a implementação do NVP – Network Voice Protocol (9). Mais tarde, em

1979, o protocolo experimental ST – Internet Stream Protocol – foi definido pelo Internet Engineering Note IEN-119 e revisado pelas RFCs 1190 (10) e 1819 (11).

Atualmente, dois protocolos de voz sobre IP se destacam. O H.323, desenvolvido pela ITU, possui características rígidas e bem definidas. O SIP – Session Initiation Protocol – desenvolvido pelo IETF é mais simples e flexível e está em franca utilização, podendo ser considerado o padrão atual para VoIP.

H.323

O primeiro protocolo de Voz sobre IP a se estabelecer no mercado foi o H.323 (12). Sua primeira versão é datada de Novembro de 1996. A versão mais atual, aprovada em dezembro de 2009, é conhecida como H323v7 pois ele se encontra na sétima versão. Uma das mudanças mais importantes ocorreu no H.460.23 e H.460.24, que garantem maior facilidade para atravessar Firewalls e implementações de NAT.

O H.323 define não apenas o estabelecimento das conexões de voz e vídeo, mas também vários serviços suplementares requeridos pelas empresas. Na verdade, o H.323 é um conjunto de outros protocolos que estabelecem procedimentos para autenticação, contabilidade, abertura e encerramento de seção, estabelecimento e fechamento de canal de mídia e controle da chamada.

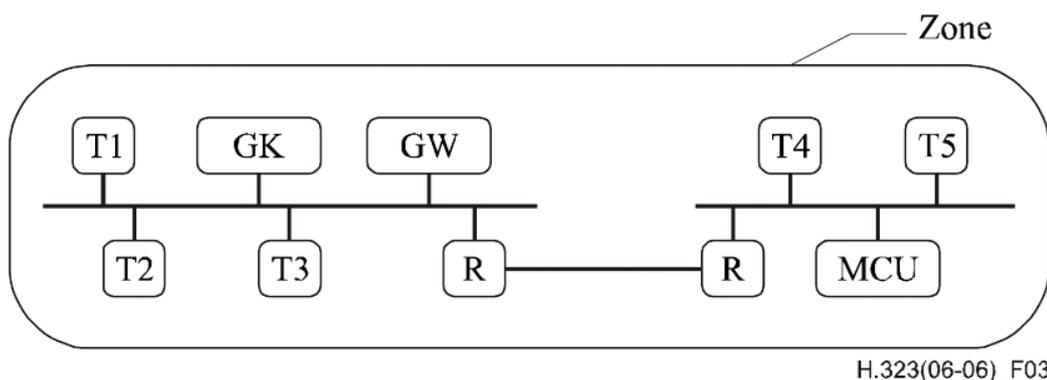
Dentre as recomendações utilizadas em conjunto com o H.323 destacam-se

- H.225 – RAS (Registro, Admissão e Status) e estabelecimento da chamada (13)
- Q.931 – Sinalização da chamada (14)
- H.245 – Protocolo de controle para comunicação multimídia (15)
- H.235 – Trata de questões de segurança. Foi desmembrada em H.235.1 até .7 na revisão de 1995. (16)
- H.450 – Descreve os serviços suplementares. Desmembrado de H.450.1 até .12. (17)
- T.120 – Padrão para conferência de dados e controle de conferências para comunicação interativa. (18)

- RTP/RTCP – Realtime Transport Protocol e Realtime Transport Control Protocol, Protocolo de transporte em tempo-real, utilizado para transporte da mídia, definido na RFC-1889. (19)

Arquitetura e componentes

O conjunto dos elementos que se encontram sob a mesma administração, ilustrados na figura 14, é conhecido como **Zona H.323**.



*Figura 14: Zona H.323 e seus elementos.
ITU-T Recomendação H.323(v6)*

Uma rede H.323 é formada por 4 componentes:

- **Terminal (Tn)**– É o componente básico da arquitetura. Pode ser um telefone IP, com ou sem suporte a vídeo, um ponto de vídeo conferência, ou um programa de computador.
- **Gatekeeper (GK)** – É o responsável pela admissão de chamadas na rede. Ele controla quem pode realizar ligações, é responsável pela autenticação dos usuários, faz traduções de nomes e números para endereços IP (possibilitando que não seja necessário conhecer o endereço IP dos participantes), controla requisitos de QoS para cada chamada, etc.
- **Gateway (GW)** – É o responsável pela interconexão de diferentes redes. É o ponto de encontro entre sua rede H.323, redes de telefonia e outros protocolos VoIP.

- **Multipoint Control Unit (MCU)** – É o responsável pelas conferências com mais de 3 terminais ou gateways H.323. Ele gerencia e controla as seções de conferência de voz ou vídeo e ainda mistura participantes com capacidades distintas como a participação a partir de um telefone da STFC em uma vídeo-conferência de alta definição.

Exemplo de chamada H.323

A figura 15, a seguir, ilustra um exemplo de ligação entre dois terminais H.323 utilizando um *gatekeeper* para controle e admissão das chamadas.

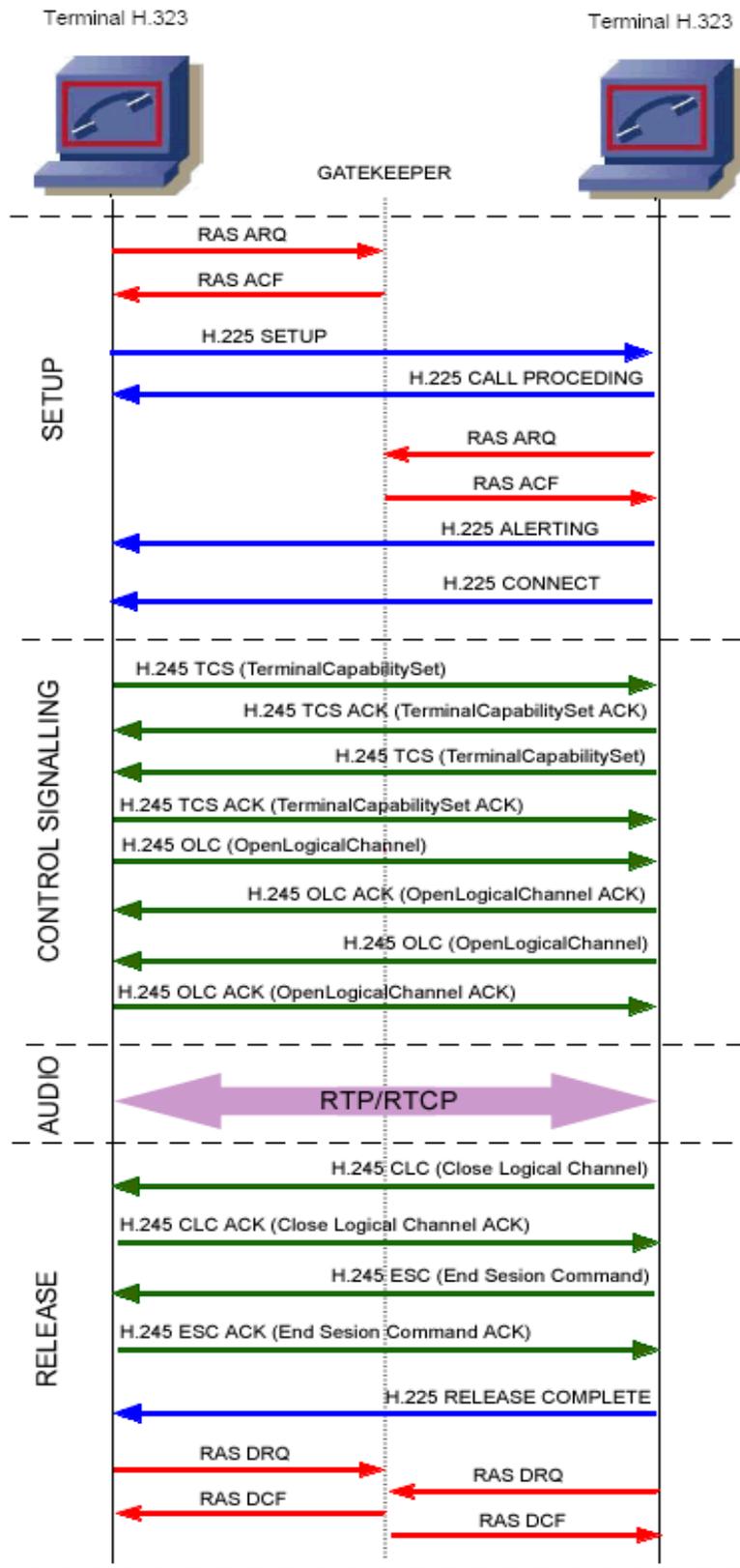


Figura 15: Exemplo de chamada H.323
<http://www.en.voipforo.com/images/H323-communication.gif>.

Inicialmente, o usuário A (situado a esquerda) solicita permissão para fazer uma chamada ao GK enviando-o uma mensagem RAS-ARQ (Admission Request). O GK por sua vez, permite a ligação com uma mensagem RAS-ACF (Admission Confirm), com o endereço IP do usuário B.

É possível configurar o GK para forçar a ligação de A para B através dele, ou seja, toda a troca de mensagens entre A e B deverá ser encaminhada através do GK.

Depois o usuário A envia para B uma mensagem H.225 SETUP, para estabelecimento da chamada, que é respondida por B, indicando que este recebeu a requisição e está processando o que é necessário.

Logo após, B envia a requisição para falar com A ao GK, que o responde afirmativamente, permitindo que B responda a requisição de A com o sinal ALERTING, indicando que o telefone está chamando. Assim que o usuário B atende, seu terminal envia a mensagem CONNECT.

Agora, os dois terminais trocam mensagens informando suas capacidades, negociando seus papéis na chamada e iniciam a abertura dos canais lógicos, um em cada direção, por onde irá trafegar a mídia.

Assim que o canal lógico é aberto, a mídia é encaminhada entre os terminais encapsulada no protocolo RTP.

Ao final da conversação, quando o usuário B coloca o telefone no gancho, inicia-se o processo de desconexão com o fechamento dos canais lógicos, a liberação da chamada e o aviso para o GK que a chamada foi finalizada.

Note que foram necessárias 3 sessões distintas para que a mídia pudesse ser transmitida entre os participantes da conversação.

É importante ressaltar que, normalmente, as conexões de RAS e de estabelecimento da chamada, representadas respectivamente pelas cores vermelha e azul, são conexões TCP e, o estabelecimento do canal lógico e o transporte da mídia são fluxos UDP.

A utilização do protocolo TCP para troca de mensagens sugere que o H.323 é um protocolo relativamente lento para estabelecimento de conexões, pois obviamente

realizam o “*three-way handshake*” e retornam um “*syn*” para todos os pacotes trocados. Além disso, em comparação com o protocolo SIP, há um relativo excesso de mensagens no estabelecimento do canal lógico que poderiam ser evitadas.

Apesar do H.323 ser largamente utilizado pelas empresas, essas características contribuíram para a gradual redução do uso do H.323 como protocolo de telefonia IP.

SIP

SIP significa Session Initiation Protocol, em português, Protocolo de Iniciação de Sessão. Como seu nome indica, é utilizado para iniciar uma sessão de comunicação. Também é usado para modificar as sessões em andamento, incluindo ou retirando participantes e modificando as mídias utilizadas na conexão.

O SIP foi desenvolvido pelo IETF e está descrito na RFC-3261 (20). Utiliza o SDP, Session Description Protocol – Protocolo de Descrição de Sessão, especificado na RFC-2327 (21) para descrever as sessões e o RTP/RTCP para transporte da mídia. É um protocolo baseado em texto e foi desenvolvido em conformidade com serviços oferecidos para Internet.

É o protocolo de Voz sobre IP mais utilizado atualmente. Ele é mais simples e moderno. Está presente em quase todos os softwares de comunicação instantânea na Internet. Além disso, muitos (se não todos) os fabricantes de PABX IP já produzem aparelhos com o protocolo SIP.

Arquitetura e componentes

Uma rede SIP é formada por 2 componentes básicos: o User Agent e o SIP Server.

- **User Agent (UA)** – User Agent Client (UAC) e User Agent Server (UAS)

O UA é a parte lógica de um dispositivo SIP. O UAC envia pacotes contendo mensagens e requisições SIP que são atendidas por um UAS, a parte lógica de um dispositivo SIP que “ouve” por requisições. Um telefone SIP, por exemplo, possui os dois tipos de UA.

- **SIP Server** – Podem ser de três tipos diferentes

- **Proxy Server** – Atuam como procuradores intermediando transações, traduzem nomes ou números em endereços IP e encaminham a chamada para os verdadeiros destinos. Um servidor Proxy pode ser de dois tipos:
 - **Proxy Stateful** – que mantém o estado das conexões que ele trata, permitindo a utilização de bilhetadores.
 - **Proxy Stateless** – não mantém o estado das conexões, sendo mais rápidos e suportando mais ligações simultâneas.
- **Registrar Server** – Autentica os participantes da rede SIP e mantém uma tabela de correspondência entre nomes ou números e endereços IP dos telefones.
- **Redirect Server** – Apenas redireciona as requisições para outro servidor Proxy.

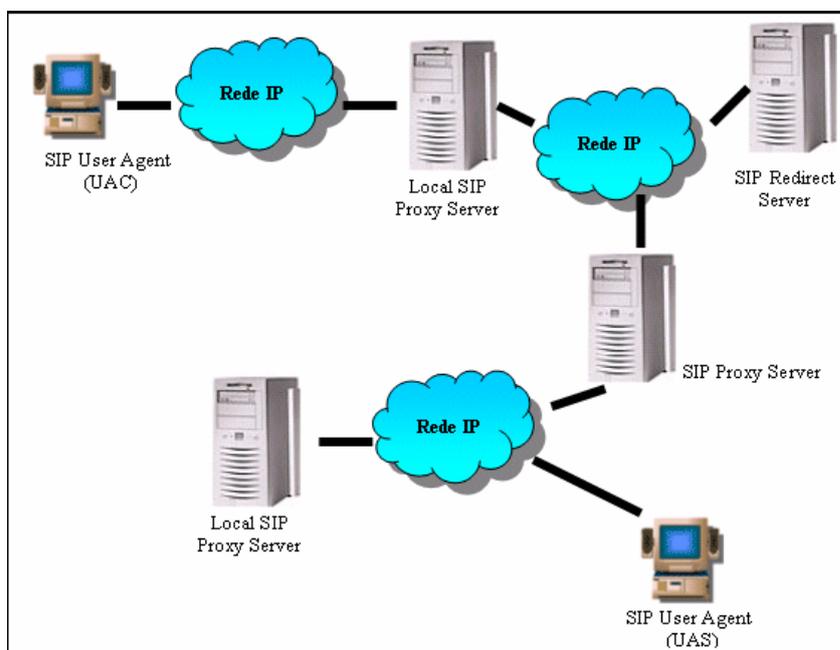


Figura 16: Exemplo de arquitetura SIP.

http://www.ucb.br/prg/professores/maurot/RA/RA_arqs/conteudo_web/SIP/SIP_arquivos/image001.gif

As mensagens SIP são divididas entre Métodos e Respostas. O UAC de um dispositivo SIP, por exemplo, um telefone IP, precisa implementar 6 métodos básicos:

- REGISTER – Usado para registro em um SIP Registrar Server.
- INVITE – Usado para estabelecer uma chamada.
- ACK – Para confirmar uma transação.
- BYE – Para desligar uma chamada em curso.
- CANCEL – Para cancelar o processamento de uma requisição em curso.
- OPTION – Solicita informações sobre as capacidades do servidor.

As mensagens de Resposta são enviadas pelos UAS após a recepção dos métodos. Elas possuem códigos que seguem a mesma idéia usada por outras aplicações da Internet, como HTTP ou SMTP.

Exemplo de chamada SIP

No exemplo de chamada SIP ilustrado na figura 17 considere a linha vertical a esquerda como sendo o usuário A (chamador), a linha central sendo o *proxy stateful* e a linha a direita sendo o usuário B (chamado).

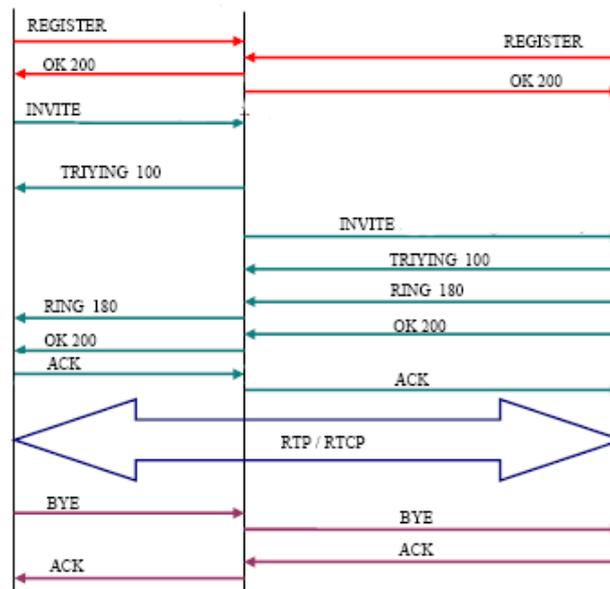


Figura 17: Exemplo de chamada SIP.
http://www.en.voipforo.com/SIP/SIP_example.php

Inicialmente ambos os usuários se registram no Proxy, que acumula a função de Registrar Server, ou servidor de registro.

A chamada começa com o INVITE, enviado do UAC do usuário A para o UAS do Proxy, que responde imediatamente com um TRYING – 100, indicando que a mensagem anterior foi recebida. Este encaminha a mensagem para o usuário B, que responde também responde com um TRYING – 100, para o Proxy.

O telefone de B começa a tocar e este envia a mensagem RINGING – 180 para o Proxy, que a encaminha para o telefone A, fazendo com que este gere o tom de chamando para o chamador.

Quando o usuário B atende a chamada, o telefone envia um OK – 200 para o Proxy, que o encaminha para o usuário A e responde com um ACK.

Neste momento, os telefones enviam pacotes RTP contendo a mídia em questão, por exemplo, a voz.

Quando o usuário A coloca o telefone no gancho, o telefone envia a mensagem BYE para o proxy, que a encaminha para B.

Algumas implementações não esperam o ACK em resposta ao BYE. Algumas nem o enviam.

Pode-se notar pela troca de mensagens que o protocolo SIP é bem mais simples que o H.323, não sendo necessárias as diversas sessões diferentes para o estabelecimento de chamadas.

Normalmente, o SIP utiliza a porta UDP 5060 para “ouvir” as requisições. É possível, mas não é comum utilizar o protocolo TCP para troca das mensagens de controle.

Assim como no H.323, o RTP/RTCP utiliza o protocolo UDP para transporte da mídia.

Comparação SIP x H.323

Ao se comparar o SIP e o H.323, nota-se claramente as tendências dos grupos que os definiram.

O H.323, definido pela ITU, foi desenhado tendo em mente os requisitos para comunicações multimídia sobre redes IP, incluindo conferência de áudio, vídeo e de dados. Foi concebido como uma evolução do RDSI/ISDN. Ele define um sistema unificado completo. É ideal para quem espera o mesmo nível de robustez e interoperabilidade encontrados na STFC hoje. Ele foi desenhado para possibilitar a inclusão de novas funcionalidades. É usado principalmente para voz sobre IP e conferências. É um protocolo rígido e possui diversos controles que garantem um serviço estável.

O SIP, desenvolvido pelo IETF, foi desenhado para estabelecer uma “sessão” entre dois pontos e para ser um componente modular e flexível da arquitetura da Internet. Ele especifica apenas o necessário como um protocolo de sinalização. O SIP é independente da rede sobre a qual ele roda.

Com o grande crescimento da Internet e devido a sua flexibilidade e liberdade, o SIP vem se tornando cada vez mais popular e, dessa forma, vem sendo aprimorado constantemente. A popularização é tal que todos os grandes fabricantes de PABX IP já produzem soluções baseadas em SIP.

O endereço <http://www.en.voipforo.com/H323vsSIP.php> apresenta uma extensa tabela comparativa entre os dois protocolos.

Como o site acima sugere, não há um vencedor entre SIP e H.323. O H.323 é mais maduro e confiável, mas pouco flexível. O SIP não prevê todas as situações possíveis, definindo menos coisas que o H.323, mas por isso mesmo é altamente flexível permitindo novas aplicações e é de fácil escalabilidade, exatamente como devem ser as aplicações da Internet.

Transporte da mídia

Tanto SIP quanto H.323 utilizam o mesmo protocolo para transportar a mídia, voz ou vídeo, de um participante para o outro. Ambos fazem uso do RTP, que funciona sobre o UDP.

A primeira observação que deve ser feita é sobre a escolha do UDP como protocolo de transporte da mídia.

O UDP é um protocolo de transporte que funciona sobre o IP. Ele não aumenta a confiabilidade dos datagramas IP. Também não faz nenhum controle de fluxo, seqüência ou perda de pacotes. A principal característica do UDP é que ele oferece ao IP a capacidade de multiplexar aplicações que são executadas em um mesmo computador.

O que é RTP?

RTP é o acrônimo de Real-time Transport Protocol ou Protocolo de Transporte em tempo-real. A RFC-1889 (19), documento que o descreve, afirma que ele provê funções de transporte fim-a-fim, ideais para aplicações que transmitem dados em tempo-real, tais como áudio, vídeo ou dados de simulação. O RTP é acrescido pelo RTCP (Real-time Transport Control Protocol), o protocolo de controle do RTP, que permite o monitoramento e o controle da entrega dos dados.

As aplicações de vídeo e voz sobre IP utilizam o RTP para acrescentar controle ao transporte da voz codificada. O cabeçalho RTP provê informações como um *timestamp* para cada pacote, número de seqüência, fontes de sincronismo, etc. Essas informações são utilizadas pelos dispositivos para, por exemplo, calcular o tamanho do

buffer de *jitter*. Elas também podem ser utilizadas pelo administrador de redes para obter informações acerca da qualidade das ligações que estão em curso na rede IP.

A Figura 18, a seguir, ilustra como a voz codificada é transportada na rede.

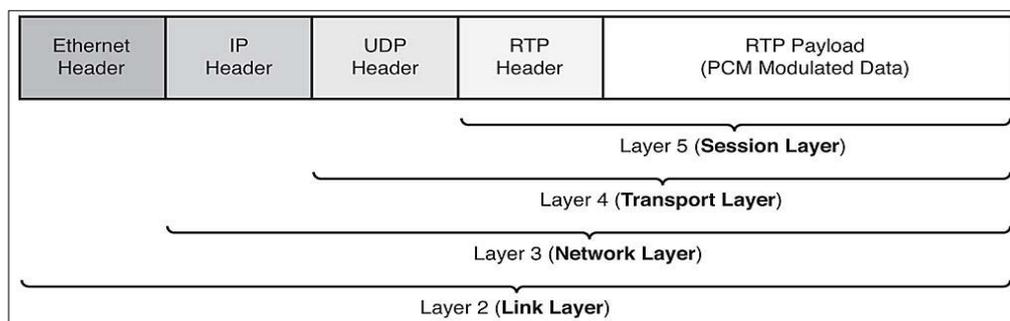


Figura 18: Encapsulamento da voz codificada.

<http://www.networkworld.com/subnets/cisco/chapters/1587052695/graphics/04fig03.jpg>

Digitalização e codificação da voz

CODECs

Um CODEC é um dispositivo ou um programa capaz de executar a codificação e a decodificação de um fluxo de dados ou sinal digital. A palavra CODEC pode ser a combinação de *COder-DECoder* ou *COmpress-DECompress*.

CODECs codificam um fluxo ou um sinal para transmissão, armazenamento ou criptografia e o decodifica para edição ou leitura. CODECs são frequentemente utilizados em vídeo-conferências e aplicações de fluxo de mídia.

Perda de informação

A principal função dos CODECs é comprimir os dados de um arquivo de áudio ou vídeo para armazenamento ou transmissão. Como os métodos mais utilizados de compressão são baseados em encontrar padrões e repetições, sons e vídeos não possuem uma boa taxa de compressão, pois os dados são na sua grande maioria muito caóticos. Isto se deve a natureza complexa das formas de onda de áudio, que normalmente são muito difíceis de simplificar sem uma conversão (necessariamente com perdas) para informações de frequência.

Muitos CODECs causam alguma perda de informação (**lossy CODECS**) para conseguir uma maior taxa de compressão e, conseqüentemente, um tamanho de arquivo ou uma largura de banda de transmissão adequada para uma aplicação específica. Essa perda é calculada para ser imperceptível, ou pelo menos para que não prejudique o entendimento da informação a ser transmitida ou armazenada. Esses CODECs são vastamente utilizados hoje em dia nas mais diversas aplicações e vão desde telefonia IP a tocadores de música e aparelhos de DVD.

Existem CODECs que não causam perda de dados (**lossless CODECs**). Eles são utilizados principalmente por engenheiros de som, apaixonados por música, ou pessoas que queiram preservar uma cópia idêntica do arquivo (som ou vídeo) original. Entretanto, para a maioria dos casos é mais vantajoso economizar no tamanho do arquivo ou no consumo de banda acarretando uma quase imperceptível perda na qualidade, do que manter ou transmitir uma cópia fiel do arquivo ou fluxo.

Como funcionam os CODECs

Os CODECs são desenhados levando em consideração alguns aspectos da mídia a ser comprimida ou codificada. Por exemplo, um vídeo digital de algum jogo de futebol, voley, baseball, etc. precisa codificar muito bem o movimento dos quadros, mas não precisam ter cores perfeitas. Por outro lado, um vídeo de uma exposição de quadros precisa codificar muito bem as cores e texturas das telas, mas não precisa lidar com movimento de forma exata. A mesma analogia pode ser feita para CODECs de áudio quando se compara um som codificado de uma ópera, onde este deve ser muito mais fiel ao original, ou a fala humana em conversações telefônicas, que precisam apenas ter qualidade suficiente para que seja possível reconhecer o interlocutor do outro lado da linha.

Em áudio, CODECs sem perda como o FLAC, Shorten e TTA utilizam predição linear para estimar o espectro do sinal. No codificador, o inverso do estimador é usado para “clarear” o sinal eliminando picos espectrais. O estimador é utilizado para reconstruir o sinal original no decodificador.

CODECs com perda se utilizam de uma inovação chamada psico-acústica⁶ (psychoacoustics) que consegue distinguir os dados em um fluxo de áudio que não são captados ou percebidos pela audição humana (22). Mas a verdadeira compressão vem de um fenômeno

⁶ Psico-acústica é o estudo da percepção humana subjetiva dos sons. Também pode ser descrita como os correlatos psicológicos dos parâmetros físicos da acústica.

complementar chamado *noise shapping* – supressão do ruído. Reduzir o número de bits para codificar um sinal faz aumentar o ruído neste sinal. Na compressão com perdas baseada em psico-acústica, o segredo está em “esconder” o ruído gerado pela economia de bits das áreas que não podem ser percebidas. Isto é feito, por exemplo, utilizando pouquíssimos bits para codificar as altas frequências dos sinais. Como o ouvido humano só percebe sinais muito altos nesta região, este ruído “escondido” simplesmente não é escutado.

A codificação e compressão da voz humana podem sofrer mais perdas do que as utilizadas para a compressão de música, por exemplo. Sabendo que, comparado a outros sons na natureza, as frequências alcançadas pela voz humana estão compreendidas num intervalo bem menor e, que a complexidade dos sinais produzidos pela voz normalmente é menor, os parâmetros de perda são reajustados sendo possível comprimir a voz com qualidade utilizando taxas de bits relativamente baixas.

Métodos de codificação

PCM – Pulse-Code Modulation

Pulse-Code Modulation é a representação digital de um sinal analógico, onde a magnitude do sinal é amostrada em intervalos regulares de tempo que então é quantizada e representada por uma série de símbolos digitais, normalmente um código binário. Este formato é utilizado pelas redes telefônicas digitais tradicionais.

O padrão G.711 (23) utiliza o PCM para digitalização da voz e as leis de compressão lei-A, utilizada na Europa e no Brasil, e Lei- μ , mais utilizada nos Estados Unidos.

Na amostragem, como o próprio nome diz são retiradas amostras do sinal de voz em intervalos regulares de tempo, o intervalo de amostragem. A quantidade de amostras no tempo é a frequência de amostragem, que para a voz é definida em 8kHz.

A quantização é o processo de conversão da altura da amostra obtida na etapa anterior em valores discretos pré-definidos. Aqui entram em cena os procedimentos de compressão. São utilizados 256 intervalos de quantização no G.711.

A codificação é a maneira como os níveis quantizados são representados de forma binária. Para representar os 256 níveis de quantização, são necessários 8 bits.

As 8000 amostras por segundo vezes 8 bits por amostra significam uma taxa de bits de 64000 bits por segundo (64kbps) para o CODEC G.711.

A figura 19 ilustra as fases do processo de digitalização do PCM.

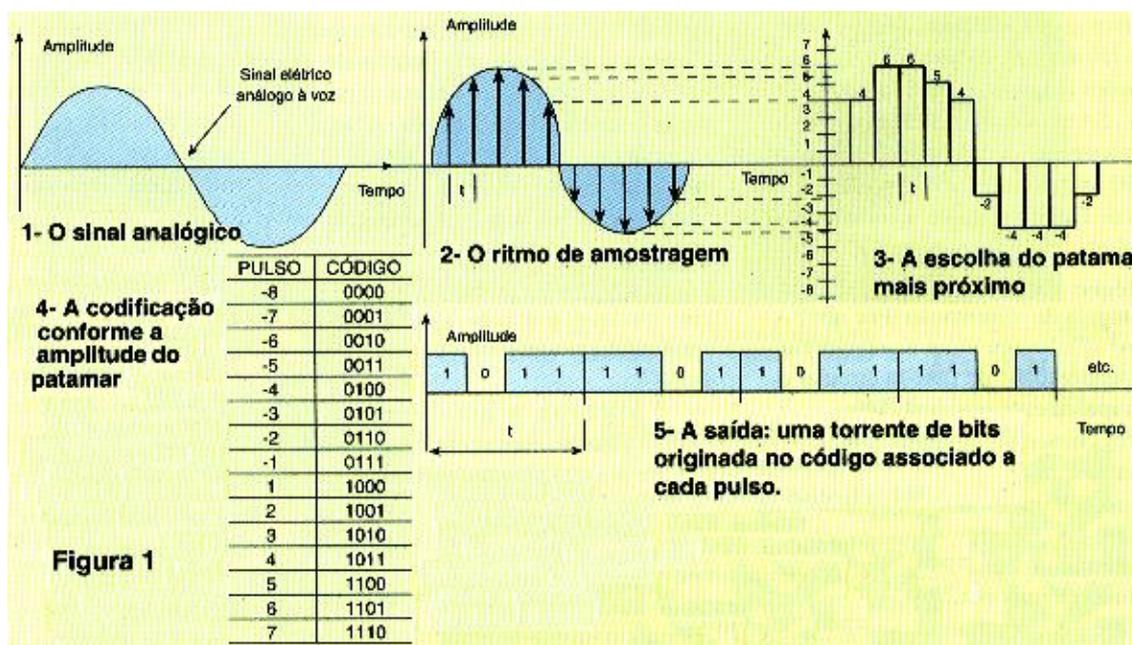


Figura 19: Codificação PCM

<http://fartura.fortunecity.com/sdh1.gif>

O PCM possui duas variações, o DPCM e o ADPCM.

DPCM (Diferencial PCM) codifica os valores como as diferenças entre o valor atual e o anterior. Para o áudio, este tipo de codificação reduz o número de bits necessários por amostra em cerca de 25% em comparação com o PCM.

ADPCM (Adaptive DPCM) é uma variante do DPCM que varia o tamanho do passo de quantização para permitir maiores reduções na banda para uma dada relação sinal-ruído. Este método é utilizado pelo CODEC G.726, padronizado pela ITU-T.

A utilização do ADPCM reduz a utilização da rede em 50%, em relação ao G.711, o PCM padrão, e é utilizado nos sistemas DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) de telefonia sem fio.

FLAC – Free Lossless Audio CODEC

FLAC é um formato popular de arquivo para compressão de áudio. Como outros

métodos de compressão, a principal vantagem do FLAC é a redução dos requerimentos de espaço e banda, mas sem sacrificar a integridade dos dados. Ele foi desenhado para ser eficiente na compressão de áudio. Assim, uma música com qualidade de CD que, comprimida com o algoritmo ZIP consegue taxas de 10% a 20%, utilizando o FLAC pode atingir taxas de 30% a 50%.

FLAC utiliza Predição Linear para converter as amostras de áudio em uma série de pequenos números não correlatos (conhecida como resíduo), que são armazenadas eficientemente utilizando a codificação Golomb-Rice⁷. Ela também utiliza a codificação *run-length* para blocos de amostras idênticas, tais como passagens de silêncio.

A grande vantagem do FLAC sobre outras técnicas de compressão sem perda está na habilidade de poder ser transmitido e no rápido tempo de decodificação, que é independente do nível de compressão.

Mais informações sobre o FLAC pode ser encontradas na página <http://flac.sourceforge.net/>.

CELP – Code Excited Linear Prediction

Junto com suas variantes ACELP (Algebraic CELP), RCELP (Relaxed CELP), LD-CELP (Low Delay CELP; utilizado pelo CODEC G.728) e VSELP (Vector Sum ELP; foi utilizado com o padrão IS-54, nas primeiras redes TDM de celular), ele é atualmente o algoritmo de codificação de voz mais utilizado. O acrônimo CELP agora é utilizado com um termo genérico para designar uma classe de algoritmos e não um CODEC em particular. É utilizado, por exemplo, nas redes GSM.

Predição linear é uma operação matemática onde valores futuros de um sinal tempo-discreto são estimados como uma função linear dos valores anteriores.

O algoritmo CELP é baseado em quatro idéias principais:

- Modelo fonte-filtro para produção de voz utilizando a predição linear;

⁷ A codificação de Golomb ótima para alfabetos que seguem uma distribuição geométrica, quando valores pequenos são muito mais comuns que valores altos. A codificação de Rice é um caso especial da anterior, quando o parâmetro é uma potência de 2.

- utilizar um código adaptativo e fixo como entrada do modelo de predição linear
- executar uma procura em um loop finito em um domínio de percepção com pesos
- aplicar a quantização vetorial

O modelo filtro-fonte para produção de voz modela a fala como uma combinação de fontes de sinal (como as cordas vocais) e um filtro (como o trato vocal).

Quantização vetorial é uma técnica de quantização onde a idéia básica é codificar ou substituir com uma chave, valores de um espaço vetorial multidimensional por valores de um subespaço discreto de menor dimensão.

Exemplos de CODECs baseados em CELP são G.729 (24) e G.723.1 (25) e o Speex (26), de código aberto. Dentre estes, o G.729 é o CODEC mais utilizado em implementações de Voz sobre IP por apresentar o menor consumo de banda com uma boa qualidade da voz.

Vale ressaltar que há diferentes versões do G.729.

G.729: é a versão original

G.729A ou anexo A: é uma simplificação da versão original e é compatível com esta.

G.729B ou anexo B: é a versão original com supressão de silêncio e não é compatível com versões anteriores.

G.729AB: é o G.729A com supressão de silêncio e só é compatível com G.729B.

Todas essas versões têm bitrate de 8kbps, mas existem versões de 6.4 kbps (**anexo D**) e de 11.4 kbps (**anexo E**).

Lista de CODECs

Uma variedade de CODECs podem ser implementados com relativa facilidade em PCs e equipamentos eletrônicos. Também é possível e freqüente que vários CODECs estejam disponíveis no mesmo dispositivo.

A lista de CODECs mais completa encontrada durante a pesquisa pode ser acessada na página <http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_codecs>. A seguir é

apresentada uma breve lista de CODECs comuns utilizados em áudio.

CODECs de Áudio.

Formatos sem compressão

AIFF Audio InterchangeFile Formatos

RIFF Resource Interchange File Format

WAV Formato WAVE da Microsoft. Suporta compressão, mas raramente é utilizado.

Formatos com compressão sem perda

ALS (Audio lossless coding (MPEG-4 ALS))

FLAC (Free LosslessAudio Codec)

RealAudio Lossless

WMA Lossless (Windows Media Audio 9 Lossless)

Formato de compressão com perda

Utilização Geral (taxa de bit média a alta)

ADPCM

AAC e AAC+ – Advanced Audio Coding (MPEG-2 e MPEG-4)

MP1, MP2 e MP3 – MPEG audio layer-'X'

HILN – MPEG-4 Parametric audio coding

TwinVQ

Ogg Vorbis

WMA (Windows Media Audio)

Utilizado para Voz (Baixa taxa de bits, otimizado para fala)

AMR, AMR-WB, AMR-WB+

G.711 (PCM Lei-a e Lei- μ)

G.726 (ADPCM)

G.728 (LD-CELP)

G.729 (CS-ACELP)

G.729a, G.729.1

GSM Enhanced Full Rate, GSM Full Rate, GSM Half Rate

CELP (Code Excited Linear Prediction)

iLBC (internet Low Bitrate Codec)

Speex Código livre

CODECs em VoIP

Em Voz sobre IP, os CODECs exercem uma importância ímpar porque eles definem a qualidade das chamadas telefônicas e a quantidade de banda necessária.

As características de cada CODEC definem sua taxa de bits, sua qualidade, sua complexidade e o atraso associado ao seu processamento. Por exemplo, o CODEC G.711 possui alta qualidade, funciona a uma taxa de bits de 64kbps, é de baixa complexidade e gera um atraso próximo a zero. Entretanto, quando utilizado na rede IP, uma conversação utilizando este CODEC consome mais banda do que sua taxa de bits. Isto se deve ao fato de que a voz codificada é transportada utilizando o protocolo RTP, que por sua vez, utiliza o protocolo de transporte UDP, que funciona sobre o protocolo IP. E o IP também funciona sobre uma camada de enlace, por exemplo, Ethernet ou Frame Relay.

Portanto, para calcular a banda necessária para Voz sobre IP é preciso levar em consideração os cabeçalhos de todos os protocolos envolvidos na comunicação.

Cálculo de banda necessária

Para fins de exemplificar o cálculo de banda, é utilizado o CODEC G.711.

Já se sabe que o CODEC G.711 possui taxa de bit de 64kbps. Entretanto, ainda é

preciso acrescentar os cabeçalhos das diversas camadas (enlace, rede, transporte e rtp) e levar em consideração a quantidade de pacotes por segundo para se conseguir um número mais realista. Quando somados, as taxas passam de 85 kbps.

As contas são feitas da seguinte forma:

Tamanho do Pacote = (Cabeçalhos Ethernet(+trailer)/IP/UDP/RTP) + (tamanho do payload de voz) x 8 bits

Banda total = Tamanho do pacote (em bits) x Pkt/Seg

$(16+4+20+8+12 + 160) \times 8 \times 50 = 88000 = 88 \text{ kbps}$

A Tabela 1 a seguir mostra valores medidos na prática.

Informações sobre o CODEC				Cálculos de consumo de banda					
Codec & Bit Rate (Kbps)	Tamanho da amostra (Bytes)	Intervalo de amostragem (ms)	Mean Opinion Score (MOS)	Tamanho do payload de voz (Bytes)	Tamanho do payload de voz (ms)	Pacotes por segundo (PPS)	Banda para FRF.12 (Kbps)	Banda para FRF.12 com compressão de cabeçalho (Kbps)	Banda Ethernet (Kbps)
G.711 64Kbps	80 Bytes	10 ms	4.1	160 Bytes	20 ms	50	82.8 Kbps	67.6 Kbps	87.2 Kbps
G.729 8Kbps	10 Bytes	10 ms	3.92	20 Bytes	20 ms	50	26.8 Kbps	11.6 Kbps	31.2 Kbps
G.723.1 5.3Kbps	20 Bytes	30 ms	3.8	20 Bytes	30 ms	34	17.9 Kbps	7.7 Kbps	20.8 Kbps
G.726 32Kbps	20 Bytes	5 ms	3.85	80 Bytes	20 ms	50	50.8 Kbps	35.6 Kbps	55.2 Kbps
G.726 24Kbps	15 Bytes	5 ms		60 Bytes	20 ms	50	42.8 Kbps	27.6 Kbps	47.2 Kbps

Tabela 1: Comparação entre CODECs.

Baseada em tabela da cisco disponível em

http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094a_e2.shtml

Existem programas e sites que calculam o consumo de banda. Dois exemplos são:

http://site.asteriskguide.com/bandcalc/handle_calc.php

http://www.asteriskguru.com/tools/bandwidth_calculator.php

VAD – Voice Activity Detection

Para tentar economizar banda e aumentar o aproveitamento do link, utiliza-se a tecnologia de detecção de voz ou VAD (Voice Activity Detection), o supressor de silêncio. Resumidamente, este procedimento faz com que não se transmita pacotes enquanto o usuário estiver em silêncio em pequenas pausas durante seu discurso ou aguardando seu interlocutor falar. Este tempo de silêncio pode chegar a 60% da conversação em cada direção, entretanto, como ruídos do ambiente não são diferenciados da voz, em média, o tempo sem transmissão de som é de 40% da conversação.

Para economia de banda, a utilização do VAD só faz sentido em redes com várias ligações simultâneas, pois a probabilidade de alguém estar em silêncio em alguma ligação num universo de uma ligação é menor que em várias ligações. Quanto mais ligações simultâneas, mais é percebida as vantagens da utilização do VAD. Assim, pode-se dimensionar a velocidade do enlace para um número maior de ligações simultâneas do que ele suportaria se não estivesse utilizando a detecção de voz. Para este cálculo devem ser utilizadas as técnicas utilizadas na telefonia tradicional para cálculo do Grau de Serviço⁸, sendo levado em consideração o perfil do ambiente onde o sistema está sendo instalado.

Outras Considerações

Fornecimento de energia elétrica

Uma característica marcante do sistema de telefonia tradicional é que todos os

⁸ Grau de Serviço é a probabilidade de um usuário não encontrar recursos disponíveis no sistema de telefonia durante a HMM (Hora de Maior Movimento) para que sua chamada seja completada.

recursos necessários para um telefone funcionar são providos pela central de telefonia. Para se utilizar um terminal telefônico só é necessário o par de fios de cobre que vem da central telefônica e do aparelho de telefone. Assim, quando falta luz, o telefone não pára, já que a central garante o fornecimento de energia necessário para seu funcionamento. Mesmo aparelhos digitais, normalmente ligados por quatro fios de cobre, funcionam neste regime.

Na Telefonia IP isso é bem diferente. O terminal não é mais um mero transdutor que transforma som em sinais elétricos. Na Telefonia IP, o terminal é um mini-computador especializado e precisa de energia para funcionar. A princípio, a única opção seria instalar um ponto de energia próximo ao telefone e ligá-lo ali. Esta forma de alimentar os telefones não era prática, pois se houvesse falha no fornecimento de energia, os telefones também parariam. Para resolver esse problema, poderia ser utilizado um *no-break*, mas esta solução também não era prática, pois exigiria um *no-break* para cada telefone ou um gerador central, que é praticamente impossível de se obter para pequenas e médias instalações.

O padrão 802.3af (27) trata este problema, garantindo a alimentação dos telefones e outros dispositivos de baixo consumo utilizando o mesmo cabo por onde os dados trafegam. Esse padrão é popularmente conhecido como Power over Ethernet, ou PoE. Apesar de o nome sugerir a utilização da rede Ethernet para alimentação dos dispositivos, a energia é transmitida utilizando os pares do cabo ethernet que não são utilizados para comunicação.

Hoje existe uma série de equipamentos capazes de prover a energia necessária para telefones e outros dispositivos. Vão de simples injetores de energia a *switches* com diversas densidades de equipamentos. A utilização desses dispositivos garante maior confiabilidade e robustez à rede de Telefonia IP das empresas no mesmo passo que encarece sua implementação.

Pequenas e médias empresas devem verificar o custo-benefício de possuir uma rede alimentada por esses dispositivos. Elas raramente possuem infra-estrutura adequada ou simplesmente não é economicamente viável, o que os faz aceitar um nível mais baixo de qualidade em relação à continuidade e qualidade do serviço.

IAX2: Um novo protocolo

IAX é o acrônimo de InterAsterisk eXchange. É o protocolo desenvolvido pela Digium⁹ para o PABX IP Asterisk, também desenvolvido por essa empresa.

O IAX se encontra na versão 2, por isso o nome IAX2 (28). Ele está descrito na RFC-5456 e sua última atualização data de fevereiro de 2009.

IAX é capaz de multiplexar a sinalização e a mídia de vários fluxos de chamadas telefônicas sobre a mesma comunicação UDP entre dois computadores. Ele utiliza a porta UDP 4569 para todos os tipos de tráfego (controle das chamadas e transporte de mídia). Assim, ele reduz drasticamente o *overhead* do transporte da mídia e é transparente a implementações de NAT, diferentemente do SIP e H.323.

Como foi abordado nos itens anteriores, SIP e H.323 utilizam um canal para sinalização e, durante o estabelecimento da chamada, negociam outros canais para o transporte de mídia, um em cada direção. Isto faz aumentar consideravelmente a complexidade de *firewalls* e implementações de NAT, podendo até inviabilizar a comunicação em alguns casos. Além disso, para transportar a mídia esses protocolos utilizam um cabeçalho IP/UDP/RTP para cada chamada, resultando em um grande *overhead* no tráfego. O IAX não transporta a mídia sobre o protocolo RTP e ele pode utilizar apenas um cabeçalho IP/UDP/IAX para todas as chamadas em curso.

IAX2 utiliza uma codificação binária que confere ao protocolo melhor utilização de banda. Ele acrescenta 4 bytes de *overhead* para um fluxo de voz. Apenas o cabeçalho RTP possui 12 bytes.

Sua forma de multiplexar as chamadas simultâneas é notadamente a principal vantagem deste protocolo.

Para cada chamada SIP ou H.323 é necessário um cabeçalho RTP (12 bytes), UDP (8 bytes) e IP (20 bytes). A soma destes cabeçalhos é igual a 40 bytes. O CODEC G.729 tem um *payload* de 20 bytes. Para aumentar a eficiência da comunicação, normalmente transporta-se 2 *payloads* por pacote. Tem-se então um pacote de 40 bytes

⁹ A Digium é a empresa que lançou o Asterisk, um PABX de código aberto. Ela também fabrica placas PCI para telefonia com interfaces analógicas e digitais. Na realidade, o Asterisk funciona como uma grande vitrine das placas Digium.

de cabeçalho mais 40 bytes de dados, para cada chamada simultânea, sem contar o cabeçalho de nível 2.

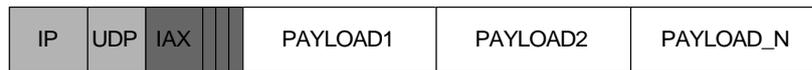


Para N chamadas, tem-se N vezes 40 bytes de cabeçalho mais N vezes 40 bytes de carga, tudo isso vezes 50 pacotes por segundo. Aproximadamente, essa conta chega ao consumo de banda igual a N vezes a ocupação de uma chamada.

$$\begin{aligned} & \{ (N \times 40 \text{ Bytes}) + (N \times 40 \text{ Bytes}) \} \times 8 \text{ bits} \times 50 \text{ pps} \\ & = N \times 80 \times 8 \times 50 = \boxed{N \times 32 \text{ kbps}} \end{aligned}$$

Note que o cabeçalho aumenta na mesma velocidade que o *payload*.

Já o protocolo IAX acrescenta 4 bytes a cada chamada, mas em apenas um pacote, ou seja, apenas um cabeçalho IP e um UDP.



Para N chamadas tem-se 1 cabeçalho de 28 bytes (IP+UDP), mais N vezes 4 bytes, mais N vezes 40 bytes do CODEC vezes 50 pacotes por segundo.

$$\begin{aligned} & \{ (28\text{bytes} + N \times 4\text{bytes}) + (N \times 40\text{bytes}) \} \times 8 \text{ bits} \times 50 \text{ pps} \\ & = (28 + N \times 44) \times 8 \times 50 = (11,2 + N \times 17,6) \text{ kbps} \\ & \sim= \boxed{N \times 32 \times 0,55 \text{ kbps}}, \text{ quando } N \rightarrow \infty \end{aligned}$$

Note que o cabeçalho aumenta 10 vezes mais devagar que o *payload* conforme o número de chamadas aumenta. Assim, quanto maior o número de chamadas simultâneas, maior a eficiência do protocolo, fazendo com que o consumo de banda se aproxime da metade do que seria consumido se fosse utilizado o SIP ou H.323.

Para exemplificar o cálculo anterior, um tronco SIP ou H.323 utilizando o CODEC G.729 com 30 chamadas simultâneas consumiria 960 kbps. Um tronco IAX utilizando o CODEC G.729 com 30 chamadas consumiria 539,2 kbps, apenas 12,33% além da metade do consumo do SIP. Em relação ao consumo total, o IAX2 consome

56,16% da banda que o SIP consome.

Para 60 ligações simultâneas a diferença do consumo cai para 55,58%, sendo o consumo do SIP igual a 1.920 kbps e do IAX2 igual a 1.067,2 kbps. E a relação entre IAX2 e a metade do consumo do SIP cai para 11,17%.

As contas anteriores são feitas desconsiderando o cabeçalho de nível 2, Ethernet ou Frame Relay.

Essa característica permite que sejam estabelecidas mais chamadas por mbps quando se utiliza o protocolo IAX. Enquanto o SIP ou H.323 consegue transportar aproximadamente 30 canais G.729 por Mbps, o IAX consegue transportar quase 60 canais por Mbps.

Porque considerar o IAX2 em uma rede VoIP?

O IAX traz grandes vantagens para implementações de redes de telefonia onde há a necessidade de interligar dois ou mais PABX através de enlaces de velocidade limitada.

Ele otimiza o consumo de banda utilizado nas ligações, podendo oferecer economia da ordem de 55% em relação ao SIP ou H.323. Quando configurado para operar em modo tronco, o protocolo utiliza apenas um cabeçalho para transportar dados de todas as ligações que estão ocorrendo naquele instante. Todos os outros protocolos de Voz sobre IP utilizam um cabeçalho RTP (mais UDP e IP) para cada uma das ligações em curso.

Outra vantagem que pode ser aproveitada por tele-trabalhadores é a facilidade de operação do IAX2 com implementações de NAT. O IAX2 é transparente a NAT e não sofre nenhum problema, diferentemente do SIP e do H.323.

Porque não considerar o IAX2 em uma rede VoIP?

Apenas o PABX da Digium, o Asterisk, implementa este protocolo. Até o momento da escrita desta dissertação, não há conhecimento de nenhum grande fabricante que utilize o IAX em suas redes. Além disso, apenas poucas empresas fabricam dispositivos como ATAs (Analog Telephone Adapter) de pequena densidade

com este protocolo.

Portanto, a real desvantagem do protocolo é a falta de produtos e equipamentos que o utilizam.

Capítulo 4 – QoS para Telefonia sobre IP

A rede IP é, desde sua origem, uma rede de “melhor esforço”. Isto significa que a rede faz o possível para que os pacotes que por ela trafegam alcancem seu destino, mas ela não garante o tempo de entrega, a ordem de entrega, a integridade o pacote ou mesmo se a entrega desses pacotes irá ocorrer. A rede IP simplesmente faz o melhor possível.

Para melhorar o serviço da rede IP, existem protocolos de camadas superiores, por exemplo, o TCP que resolve boa parte dos problemas do IP. Entretanto, para manter a qualidade das chamadas em uma rede de pacotes semelhante às da rede determinística, técnicas de QoS (Qualidade de Serviço) são aplicadas na rede. Dessa forma, serviços com requisitos rígidos de atraso, banda e outros parâmetros possam utilizar a rede IP sem perder qualidade.

Este capítulo apresenta considerações sobre Qualidade de Serviço em redes IP com foco no serviço de Voz sobre IP.

O que é QoS?

QoS é o acrônimo para *Quality of Service*, ou Qualidade de Serviço. De forma geral, diz-se que uma rede “possui QoS”, quando o tráfego que passa por ela é tratado de forma a priorizar os fluxos críticos, mantendo uma boa experiência de uso das aplicações que exigem intensa interatividade, como telefonia.

A implementação de QoS em uma rede abrange ações que vão desde a simples atenção para que um enlace não fique congestionado até a aplicação de regras de descarte. Normalmente aplicadas em enlaces de baixa velocidade, as técnicas mais comuns consistem de **classificação** de pacotes, **enfileiramento** e encaminhamento de acordo com **prioridades** pré-estabelecidas e **descarte** de pacotes que não estão em conformidade com as políticas estabelecidas.

Em telefonia, QoS é definido no padrão ITU X.902 como “um conjunto de requisitos de qualidade no comportamento coletivo de um ou mais objetos”.

Na prática, o termo QoS causa alguma confusão. Uma interpretação mais

simples diz que a rede sem QoS presta um serviço de melhor esforço, isto é, sem garantias de tempo ou de entrega. Por outro lado, uma rede com QoS prioriza os serviços de quem contrata “QoS”, ou seja, de quem contrata um certo nível de serviço, que lhe assegura que alguns parâmetros são mantidos dentro de valores acordados. QoS, neste caso, é tratado como um produto ou serviço prestado pela operadora que garante uma boa experiência de uso da rede.

Um aspecto importante que muitos leigos desconhecem é que para ser possível adotar políticas de QoS é necessário ter controle sobre a rede e seus dispositivos. Portanto, como consequência da afirmação anterior, pode-se inferir que a Internet é uma rede sem QoS, ou seja, não há priorização de pacotes, classificação de serviços ou nada que garanta que fluxos de voz terão maior prioridade que fluxos de dados. A Internet é uma rede de melhor esforço.

De forma geral, para *links* de Internet, operadoras e clientes minimizam problemas relacionados à qualidade simplesmente mantendo a banda disponível em seus enlaces sempre acima da demanda de utilização do mesmo. Contudo, contratar mais banda invariavelmente significa aumentar custos com telecomunicações. Por outro lado, em comparação com adoção de regras de QoS, essa abordagem reduz a necessidade de recursos computacionais nos nós da rede e reduz consideravelmente a complexidade na configuração e manutenção dos equipamentos.

Parâmetros importantes

Em Voz sobre IP, os parâmetros que mais degradam a qualidade da conversação são o atraso, a perda de pacotes, o *jitter* (variação do atraso) e a banda disponível para as chamadas. Esses quatro parâmetros devem ser medidos e monitorados constantemente.

Todos concordam sobre os parâmetros que causam problemas em VoIP, mas muitos discordam sobre os valores limites que a rede deve apresentar. Cada fabricante ou pesquisador sugere números que diferem levemente, mas há um consenso em torno dos valores a seguir:

- Perda de pacotes < 5%
- Atraso fim-a-fim < 150 ms (em um sentido apenas)
- Jitter (variação de atraso) < 30 ms
- Banda (margem de segurança) 10% do tráfego real

Manter estes parâmetros dentro dos intervalos indicados é condição necessária para manter a qualidade das ligações realizadas pela rede IP.

Sobre enlaces congestionados

Todos os parâmetros mencionados sofrem degradação principalmente devido a congestionamento em algum ponto da rede. Na verdade, se há congestionamento, não há mais margem de segurança de banda disponível. O congestionamento se apresenta para o usuário como ligações de baixa qualidade e picotes na voz, pois faz extrapolar os níveis aceitáveis de perda, *jitter* e latência.

Quando o congestionamento ocorre por insuficiência de banda, nas situações de sub-dimensionamento do circuito ou crescimento da taxa de chamadas simultâneas, pode-se facilmente contornar o problema contratando mais banda da operadora. Essa é a única forma de resolver o problema.

Quando o congestionamento ocorre por conta de rajadas de tráfego de dados, sendo este um tráfego legítimo e indispensável, é possível definir regras de QoS que priorizam o tráfego de voz. Neste caso, dependendo da quantidade e intensidade das rajadas, o tráfego de dados pode experimentar atrasos e taxas de perda maiores para que a qualidade da voz se mantenha aceitável. Provavelmente, isto irá aumentar a sensação de congestionamento para os usuários dos serviços de dados.

Caso o enlace em questão seja um acesso com a Internet, só faz sentido priorizar o tráfego de voz na saída da rede para Internet. Não há como controlar o tráfego de entrada na rede interna, pois não se tem administração sobre os roteadores da Internet. Uma análise inicial poderia afirmar que regras de policiamento aplicadas na entrada da Internet não surtem efeito. Entretanto, como boa parte das conexões de dados é realizada utilizando o protocolo de transporte TCP, o controle ou policiamento de tráfego de entrada pode sim surtir efeito positivo, já que o TCP possui controle de fluxo

embutido em seu mecanismo de transporte de dados. Infelizmente, este raciocínio não se aplica ao tráfego UDP, que não possui controle de fluxo. De qualquer forma, se este for o caso, a indicação para resolver o problema é também contratar mais banda da operadora.

Para enlaces Frame Relay, ainda muito comuns no Brasil, que estejam com ocupação próxima à saturação existem duas recomendações principais: 1) compressão de cabeçalho (29; 30) (31) e; 2) fragmentação e interposição de pacotes (32).

Compressão de cabeçalho

A compressão de cabeçalho consiste em uma técnica que associa cabeçalhos IP+UDP+RTP a códigos que variam de 2 a 5 bytes. Assim, dependendo do CODEC utilizado, a economia de banda facilmente chega muito próximo dos 50%, conforme mostrado na Figura 20.

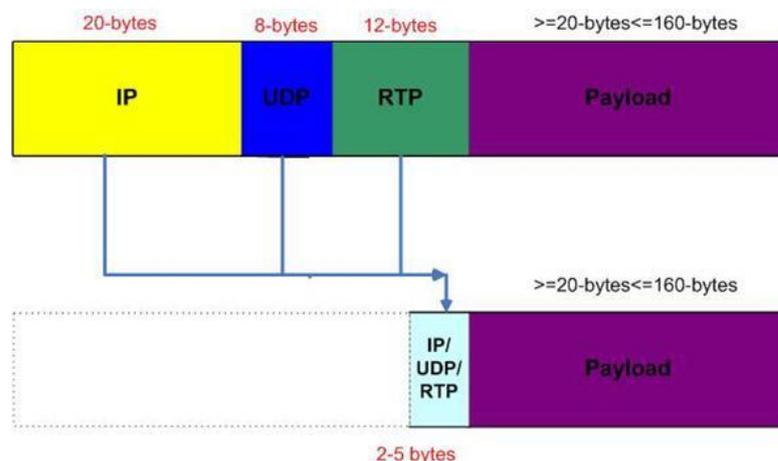


Figura 20: Compressão de cabeçalho
http://www.trainingsignaltraining.com/wpnew/wp-content/uploads/2008/03/Stelios_VoIP/2.jpg.

A técnica parte do princípio que em um determinado fluxo de dados, as informações nesses cabeçalhos praticamente não se modificam, repetindo-se várias vezes. Assim, é possível montar uma tabela com informações de cada fluxo que atravessa o roteador.

A compressão de cabeçalho precisa ser estabelecida a cada salto (*hop*), o que faz aumentar o tempo de processamento total na transmissão fim-a-fim do pacote. Seu uso é

indicado para enlaces próximos da saturação ou onde o aumento da banda não é possível.

Fragmentação e interposição de quadros

A fragmentação e interposição de pacotes (LFI) é utilizada em enlaces de baixa velocidade para diminuir o atraso na serialização dos dados.

Por exemplo, um pacote de 1500 bytes, leva 214 ms para ser inserido em um enlace de 56 kbps, ou seja, se cada pacote de voz precisasse aguardar um pacote de dados de 1500 bytes, a conversação seria impossível, pois o intervalo entre os pacotes ultrapassa o valor de 150 ms, estabelecido como limite para uso em telefonia.

$$1500 \times 8 \text{ bits} / 56000 \text{ bps} = 214 \text{ ms}$$

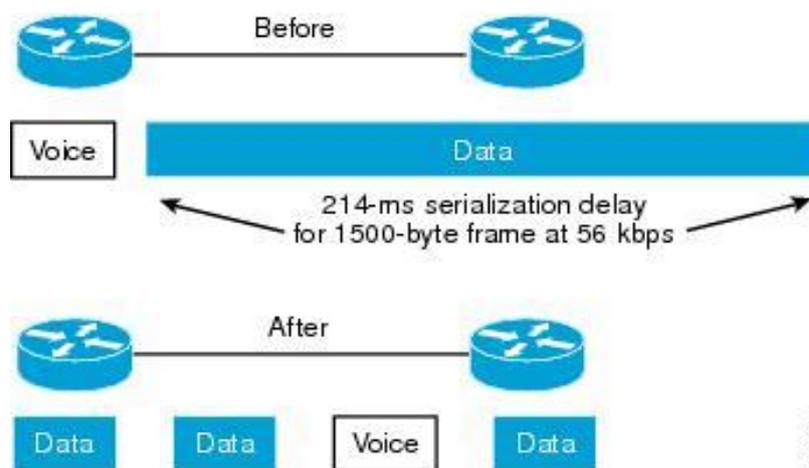


Figura 21: Fragmentação e interposição

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps2033/images/0900aecd8056d3cb_null_null_null_11_09_06-05.jpg.

A interposição dos pacotes de voz entre os fragmentos do pacote de dados, mostrada na Figura 21, diminui o tempo de espera de cada pacote, contribuindo para diminuição do atraso fim-a-fim e do *jitter*.

Uma vez fragmentado, o fragmento precisa de um novo cabeçalho, fazendo aumentar a quantidade de dados a ser transportado pelo *link*, ou seja, a fragmentação

acarreta o aumento do *overhead*. Por esse motivo, existem valores ótimos para o tamanho do fragmento em relação à banda do enlace. Esses valores dependem do atraso de serialização desejado e são calculados teoricamente, mas também podem ser medidos empiricamente.

A Tabela 2 a seguir mostra uma relação de valores ótimos para tamanho do fragmento de acordo com a velocidade do enlace, para atraso de serialização de 10 ms.

Taxa da porta	Tamanho recomendado do fragmento (10 ms)
64 kbps	80 bytes
128 kbps	160 bytes
256 kbps	320 bytes
512 kbps	640 bytes
1536 kbps (full T1)	1600 bytes
2048 kbps (full E1)	1600 bytes

Tabela 2: Tamanho do fragmento de acordo com a velocidade do acesso

Baseado na tabela encontrada em

http://cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_configuration_example09186a0080094af9.shtml.

Modelos de QoS

Os recursos da rede para encaminhamento dos pacotes são limitados. Para minimizar os efeitos dessa limitação ou para garantir que determinado fluxo atravessasse uma rede e chegue do outro lado com a qualidade desejada existem alguns modelos de QoS.

IntServ – Integrated Services

O modelo de Serviços Integrados, descrito na RFC-1633 (30), garante que o fluxo terá plenas condições de atravessar a rede com qualidade por requisitar e alocar recursos em todos os roteadores no domínio IntServ antes mesmo de começar a transmitir os dados. Dessa forma, a comunicação só acontece se todos os nós responderem positivamente à requisição de recurso. Se não houver recurso disponível,

não haverá comunicação.

O protocolo RSVP (Resource Reservation Protocol) descrito na RFC-2205 (33) é o responsável pela sinalização no domínio IntServ, estabelecendo e desfazendo caminhos confiáveis na rede.

Uma rede que implemente IntServ precisa garantir que seus roteadores sejam capazes de executar as seguintes tarefas:

- **Controle de Admissão:** Determina que um fluxo pode ser encaminhado com o grau de qualidade requerido sem interferir em fluxos já em curso;
- **Classificação:** Reconhece pacotes que necessitam de níveis específicos de QoS;
- **Policimento:** Age, inclusive descartando pacotes, quando o tráfego não está em conformidade com o especificado;
- **Enfileiramento e escalonamento:** encaminha os pacotes de acordo com os requisitos de QoS.

O modelo IntServ possui uma séria desvantagem. O RSVP requer muita memória nos roteadores. É necessário manter o estado de diversas conexões simultaneamente. A consequência desse problema é a dificuldade em escalar para redes muito grandes tornando-se impraticável na Internet.

DiffServ – Differentiated Services

O modelo de Serviços Diferenciados, descrito na RFC-2475 (34) e atualizado pela RFC-3260 (35), foi criado pela necessidade de um método relativamente simples de prover tratamentos adequados para os fluxos das diferentes aplicações de redes. Era preciso diferenciar os fluxos em classes de serviços distintas e tratar os pacotes de acordo com suas necessidades.

Os roteadores que implementam DiffServ precisam possuir 4 blocos lógicos, ilustrados da figura 23:

- **Classificador:** Seleciona um pacote do fluxo baseado no conteúdo de alguma porção do cabeçalho;
- **Medidor:** checa se os parâmetros do tráfego estão de acordo e passa os

resultados para o marcador e modelador;

- **Marcador:** Escreve (ou rescreve) o campo DSCP;
- **Modelador:** Atrasa ou descarta alguns pacotes para que o tráfego fique em conformidade com o projeto.

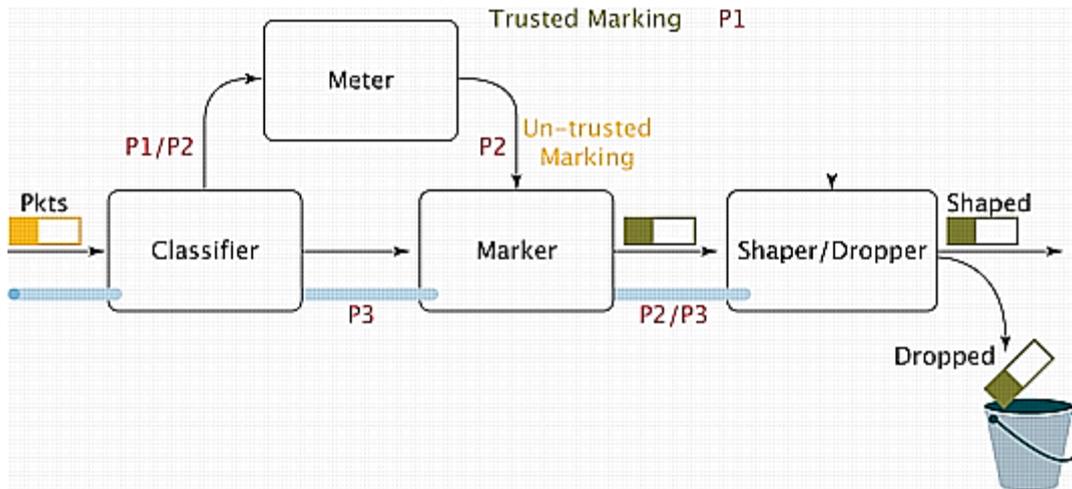


Figura 22: Bloco de Condicionamento de Tráfego (TBC –Traffic Conditioner Block)
http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk543/tk766/images/09186a008050b26c_ee-us-Cisco_IOS_Software_Releases-Product_White_Paper-guest_4_2_2_2_2_2_2_2-5.jpg

Mecanismos de condicionamento de tráfego

- Policiamento (Policing): O policiamento consiste em descartar todo o tráfego que excede determinada taxa.
- Modelagem (Shaping): A modelagem tenta não descartar o tráfego excedente, enfileirando e distribuindo as rajadas de dados que excedem determinado limite, amortecendo o efeito da rajada no enlace.

Para alcançar o objetivo de encaminhar pacotes de diferentes classes e, portanto, com diferentes prioridades, são necessárias duas ações principais: 1) marcação dos pacotes, usando o campo ToS do cabeçalho IP e; 2) PHB (*Per Hop Behavior*), que define um comportamento diferente a cada salto do pacote, ou seja, a cada roteador.

Marcação de pacotes

O campo ToS (*Type of Service*) do cabeçalho IP foi redefinido na RFC-2474 e agora é chamado de DS (*Differentiated Services*). Consiste de 6 bits utilizados para classificação do fluxo e mais 2 bits reservados e não utilizados. Os 6 bits substituem os 3 bits que antes era chamado de IP Precedence e passa a ter o nome de DSCP (DiffServ Code Point). Este campo é utilizado para marcar um pacote de acordo com sua classificação, que pode assumir até 64 (2^6) valores distintos. A Figura 23 mostra o exposto.

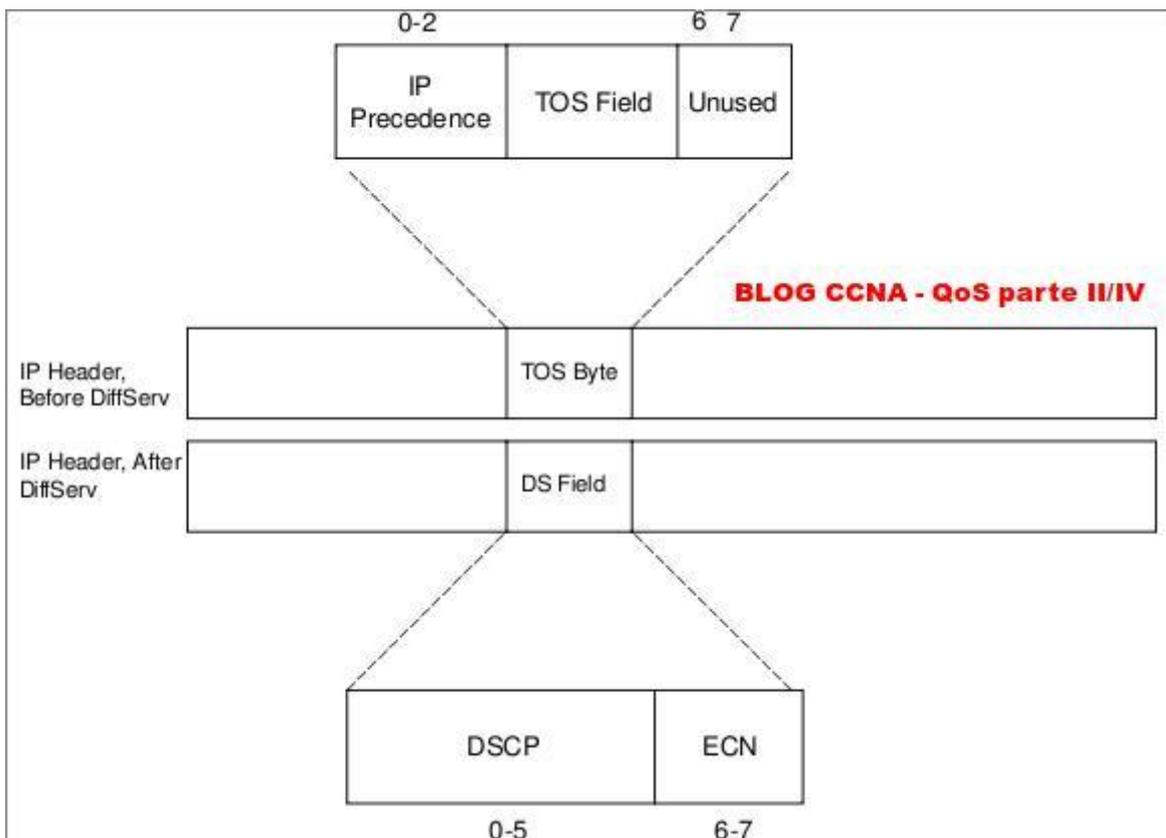


Figura 23: Cabeçalho IP antes e depois do DiffServ.

http://blog.ccna.com.br/wp-content/uploads/2008/08/blog_ccna_qos_ii_tos.jpeg

Per Hop Behavior

Uma vez que os pacotes são marcados, os roteadores devem encaminhá-los de acordo com regras pré-estabelecidas. Dependendo de suas classes, um pacote terá maior ou menor prioridade na fila de saída de cada interface de rede.

Pacotes com prioridade EF (Expedite Forwarding) são imediatamente enviados para rede. A classe EF está descrita na RFC-2598 (36).

Pacotes com prioridade AF (Assured Forwarding) possuem 4 classes distintas, são enfileirados e encaminhados de acordo com a política de enfileiramento. Pacotes da classe AF4 têm maior prioridade que pacotes da classe AF1. Dentro de cada classe, ainda existe uma marcação conhecida como “*three colour marking*” ou marcação de três cores, que definem a probabilidade de descartar pacotes dentro de cada fila. Assim, existem 12 classes AF distintas, que vão desde a AF41 até AF13. As classes AF estão descritas na RFC-2597 (37).

Pacotes com prioridade padrão, também chamado de BE (*Best Effort*), possuem a menor prioridade e serão encaminhados depois de todas as outras classes, se houver recursos para isto. A classe BE está descrita na RFC-2474 (38).

A Figura 24 a seguir ilustra a relação entre as diferentes classes de serviço, o campo DSCP e a correspondência com o antigo campo IP Precedence e com o campo equivalente em redes MPLS. A figura ainda mostra três possibilidades de se obter uma classe de serviço menor que o *Best Effort*.

Traffic	DSCP PHB	DSCP Binary	DSCP Decimal	IP Precedence Decimal (Name)	IP Precedence Binary	MPLS EV
Less-than-best-effort Data (app 1)	-	000010	2	0 (routine)	000	0
Less-than-best-effort Data (app 2)	-	000100	4	0 (routine)	000	0
Less-than-best-effort Data (app 3)	-	000110	6	0 (routine)	000	0
Bronze-Data (best effort)	BE	000000	0	0 (routine)	000	0
Silver-Data (app 1)	AF11	001010	10	1 (priority)	001	1
Silver-Data (app 2)	AF12	001100	12	1 (priority)	001	1
Silver-Data (app 3)	AF13	001110	14	1 (priority)	001	1
Gold-Data (app 1)	AF21	010010	18	2 (immediate)	010	2
Gold-Data (app 2)	AF22	010100	20	2 (immediate)	010	2
Gold-Data (app 3)	AF23	010110	22	2 (immediate)	010	2
Voice-Control	AF31	011010	26	3 (flash)	011	3
	AF32	011100	28	3 (flash)	011	3
	AF33	011110	30	3 (flash)	011	3
Video	AF41	100010	34	4 (flash-override)	100	4
	AF42	100100	36	4 (flash-override)	100	4
	AF43	100110	38	4 (flash-override)	100	4
Voice	EF	101110	46	5 (critical)	101	5
				6 (internet - resv'd)	110	
				7 (network - resv'd)	111	

Figura 24: Relação entre DSCP e IP Precedence, em ordem crescente de prioridade.
<http://www.cantore.com/images/DSCP-Equivalents.jpg>

Enfileiramento

As técnicas de enfileiramento são utilizadas para encaminhar os pacotes na interface de saída do roteador de acordo com as marcações do pacote.

FIFO – First In, First Out: Este é o mais simples dos algoritmos de enfileiramento. Como o próprio nome sugere, o primeiro pacote que entra na fila é o primeiro a sair dela.

SP – Strict Priority: Prioridade Estrita – Este algoritmo foi desenhado para aplicações de tempo-real. A fila com maior prioridade é checada e se houver algum pacote ele é enviado. Quando a fila SP estiver vazia, o algoritmo procura por pacotes na próxima fila. Assim que chega um pacote na fila SP, o algoritmo volta a esvaziar esta fila e repete o processo. Também é conhecido como LLQ, *Low Latency Queue* ou fila de baixa latência.

A desvantagem deste método é a possibilidade das outras filas sofrerem um fenômeno chamado de *starvation*, quando elas podem nunca ser atendidas por sempre haver pacotes na fila SP.

WRR – Weighted Round-Robin: Este algoritmo escalona todas as filas e quando chega ao final volta para a primeira, mas como as filas têm pesos, o algoritmo envia uma quantidade de dados maior ou menor de acordo com o peso de cada fila. Também é conhecido como WFQ, *Weighted Fair Queuing* ou enfileiramento justo com pesos.

De forma geral, uma maneira comum de se modelar as classes de serviço em uma rede é utilizar a fila LLQ ou prioridade estrita para tráfegos marcados com DSCP EF, normalmente tráfego de voz, mais algumas filas WFQ ou WRR para pacotes com marcação DSCP AFxy para vídeo, sinalização e outros serviços importantes e BE para o tráfego comum de internet.

Medindo o QoS

Não é intenção do trabalho se estender sobre métodos de medição de QoS,

entretanto se faz necessário uma apresentação mínima dos padrões de medição mais comuns.

Mean Opinion Score

O MOS, *Mean Opinion Score*, ou tentando uma tradução direta “pontuação da opinião média”, é um modelo subjetivo para medição da qualidade, ou seja, baseado na experiência das pessoas que qualificam os fluxos. Assim, são necessários muitos avaliadores para que a medida seja validada. A preparação do ambiente de teste deve seguir rigorosas diretrizes. Dessa forma, é muito difícil, trabalhoso e dispendioso conseguir a medida da qualidade utilizando o MOS.

O MOS é comumente conhecido pela escala de qualificação padronizada pela ITU-T, que pode ser baseada na qualidade ou na degradação do fluxo a ser qualificado. A escala de qualidade, a metodologia e a preparação do ambiente para determinação do MOS está descrita na recomendação ITU-T P.800 (39), que também descreve os testes recomendados.

A Tabela 3 a seguir mostra a pontuação sugerida de dois métodos de avaliação utilizados em testes de “*listening-opinion*” para os níveis de qualidade (método ACR – *Absolute Category Rating*) ou de degradação (método DCR – *Degradation Category Rating*).

MOS	Qualidade	Degradação
5	Excelente	Imperceptível
4	Bom	Perceptível, mas não incomoda
3	Aceitável	Incomoda um pouco
2	Pobre	Incomoda
1	Ruim	Incomoda muito

Tabela 3: Escala de qualidade/degradação

O modelo-E

Obviamente, a qualidade (ou a falta dela) na comunicação digital é causada por parâmetros mensuráveis. Dentre os fatores que definem a qualidade de um fluxo multimídia pode-se destacar o CODEC utilizado, a perda de pacotes, a latência, o *jitter*, a vazão e ocupação do enlace e o poder de processamento do servidor e do receptor.

O **Modelo-E**, apresentado pelo ETSI na proposição ETR250 e padronizado pela ITU-T G.107 (40), é um método de medida de qualidade que leva em consideração parâmetros da rede e do ambiente para inferir a qualidade das ligações, expressas pelo valor do **Fator R**, que varia de 0 (péssimo) a 100 (ótimo).

De acordo com a recomendação G.113 (41), “profissionais que planejam redes e serviços preocupados com desempenho fim-a-fim da transmissão da voz podem usar os fatores de degradação com o Modelo-E para definir os efeitos da introdução das tecnologias de processamento da voz”.

A seguir é apresentada a relação entre fator R e MOS, da recomendação G.107.

For $R < 0$: $MOS = 1$

For $0 < R < 100$: $MOS = 1 + 0.035R + R(R - 60)(100 - R) \times 7 \times 10^{-6}$

For $R > 100$: $MOS = 4.5$

A Tabela 4 a seguir relaciona o Fator-R, MOS e a satisfação do usuário

Fator-R	MOS	Satisfação do usuário
90	4,35	Muito satisfeito
80	4,03	Satisfeito
70	3,6	Alguns usuários satisfeitos
60	3,1	Muitos usuários insatisfeitos
50	2,58	Quase todos insatisfeitos

Tabela 4: Relação entre Fator-R, MOS e a satisfação do usuário

Qualidade dos CODECs

QoS não é conseguido simplesmente com um arranjo de configurações na rede. A escolha do CODEC adequado também é importante e faz parte das boas práticas para uma ótima Qualidade de Serviço.

A qualidade de um CODEC pode ser medida subjetivamente, através de métodos que utilizam a sensibilidade humana para julgar sobre a clareza e fidelidade de sons e vídeos.

Outro parâmetro relevante que contribui para o atraso fim-a-fim é o tempo que um CODEC leva para codificar e decodificar fluxos de vídeo ou áudio. Os tempos de (de)codificação estão fortemente ligados à capacidade de processamento das máquinas em que eles estão sendo executados.

A Tabela 5 apresenta uma análise comparativa dos tempos (em milissegundos) que se leva para traduzir CODECs de voz em um servidor Asterisk, Pentium IV 2,26 GHz e 512 MB de memória RAM.

	g723	gsm	ulaw	alaw	g726	adpcm	slin	lpc10	g729	ilbc
g723	-	14	12	12	14	12	11	17	20	28
gsm	12	-	2	2	4	2	1	7	10	18
ulaw	12	4	-	1	4	2	1	7	10	18
alaw	12	4	1	-	4	2	1	7	10	18
g726	12	4	2	2	-	2	1	7	10	18
adpcm	12	4	2	2	4	-	1	7	10	18
slin	11	3	1	1	3	1	-	6	9	17
lpc10	13	5	3	3	5	3	2	-	11	19
g729	13	5	3	3	5	3	2	8	-	19
ilbc	24	16	14	14	16	14	13	19	22	-

Tabela 5: Atraso (em milissegundos) para tradução entre CODECs.

Formato Fonte (Linhas) – Formato Destino (Colunas)

Esta tabela, além de ilustrar os tempos que cada CODEC precisa, também mostra que determinado CODEC 'A' precisa de mais tempo para traduzir para 'B' que para outro 'C', e que o tempo de tradução de um CODEC 'A' para um CODEC 'B' não é necessariamente o mesmo tempo da tradução de 'B' para 'A'.

Por exemplo, para traduzir de ulaw (G.711, Lei- μ) para G.729, são necessários 10 ms; para traduzir de G.729 para ulaw o tempo necessário é de 3 ms.

Ensaio sobre a relação entre CODECs e perda de pacotes

Após o estudo da recomendação P.800, verificou-se grande dificuldade em segui-la devido a limitações como quantidade de classificadores e ambiente adequado para realização dos ensaios. Decidiu-se então, realizar um teste alternativo, adaptado do Anexo D dessa recomendação.

Objetivo

O objetivo deste ensaio é medir a tolerância a perda de pacotes de CODECs com

perda (lossy) em relação a CODECs sem perda (lossless). Os testes foram realizados utilizando os CODECs G.711, G.729, G.723 e G.723.

Metodologia

Inicialmente, foi gravada a leitura de um texto em formato mp3. O arquivo foi armazenado em um servidor de voz. Quando os analisadores ligavam para um número de telefone neste servidor, uma aplicação atendia a ligação e executava a gravação. Eles ouviam a leitura do texto, que funcionou como fluxo de áudio de referência.

O teste consiste em ligar para o servidor e ouvir a leitura do texto com uma perda aleatória distribuída uniformemente (não em rajadas), mas que aumentava gradativamente em passos de 0.5%, a cada 3 segundos. Quando a qualidade do áudio alcança um nível inaceitável para uma conversação, o analisador para o teste. O valor de perda anotado significa que desse ponto em diante não é mais possível realizar uma conversa.

Note que o ponto de parada não é um nível de perda onde a conversação se mantém confortável, como na recomendação de níveis bons para uso de voz sobre IP. O ponto em questão é aquele em que não é mais possível compreender o interlocutor, neste caso, simulado pela leitura do texto.

Implementação

Os testes foram implementados utilizando um servidor de voz, responsável por armazenar e executar o fluxo de áudio de referência; um roteador Linux, que cumpriu papel de emulador de WAN, inserindo a perda controlada de pacotes e um PABX de onde as chamadas eram originadas.

O emulador de WAN utilizado foi o 'netem' <<http://linux-net.osdl.org/index.php/Netem>>, que já compõe o kernel do Linux e é ativado utilizando a aplicação 'tc', para controle de banda e QoS.

No teste, faz-se uma ligação para o servidor de voz. Este atende e coloca a chamada em espera. A música de espera configurada é a leitura do texto de referência. O fluxo de áudio é transportado utilizando o CODEC especificado na configuração daquela instância do teste.

Participaram dos testes apenas 6 pessoas para qualificar os fluxos. Cada uma delas ouviu o texto de referência com cada um dos CODECs testados e em cada um dos PABX utilizados.

A Figura 25 mostra um esquema deste ensaio.

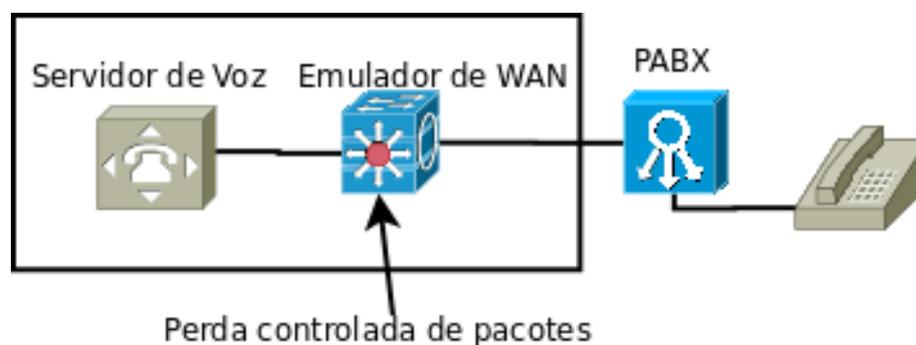


Figura 25: Esquema do laboratório de tolerância a perda de pacotes.

Resultados

Foram obtidos resultados inesperados com a utilização do roteador Cisco 1751 – IOS 12.4, funcionando como PABX. Este modelo/versão possui uma funcionalidade que preenche os intervalos de pacotes perdidos, calculando uma amostra estimada de acordo com a interpolação das amostras vizinhas. Este processo aumenta consideravelmente a tolerância à perda de pacotes de todos os CODECs testados.

Foram realizados os mesmos testes com ligações originadas em telefones analógicos ligados ao Cisco 1751 (IOS 12.4), ao PABX IP MX-One, da Ericsson, ao PABX IP HiPath 3800, da Siemens, e ao PABX de código aberto, Asterisk.

A Tabela 6 a seguir apresenta os resultados obtidos.

CODEC	Cisco	MX-One	HP 3800	Asterisk
G711 (u-Law)	41,5	25,0	43,5	28,0
G729	32,0	21,5	39,5	27,0
G723 (6.3kbps)	27,0	18,5	25,5	23,0
G729 (3.2kbps)	42,0	Indisponível	Indisponível	29,0

Tabela 6: Taxa de perda de pacotes em que a voz torna-se incompreensível

Conclusão do ensaio

Os CODECs G.711 e G.726 são mais tolerantes a perda de pacotes. O CODEC G729 vem em seguida com boa tolerância a perda. Por último, o G.723 é o menos tolerante a perda de pacotes.

Observa-se que o roteador Cisco e o PABX Siemens apresentam maiores valores para tolerância a perda de pacotes para todos os CODECs. Isto se deve ao fato destes equipamentos possuírem um mecanismo que tenta amenizar os efeitos da perda de pacotes, estimando um valor para as amostras perdidas.

Capítulo 5 – Medições, Monitoramento e Gerência de Redes

Este capítulo apresenta conceitos, ferramentas e sugestões para medir, monitorar e gerenciar uma rede IP. Também faz uma comparação entre softwares para gerência de redes. Outro importante objetivo é demonstrar a necessidade um sistema de gerência com as características adequadas para garantir a continuidade do serviço.

Introdução

Mesmo entre administradores com boa experiência técnica, é comum utilizar as expressões “Monitorar uma rede” e “Gerenciar uma rede” indiscriminadamente, como se elas fossem sinônimas. Entretanto, isto é um equívoco. Monitorar e gerenciar têm significado bastante distinto. O primeiro passa idéia de passividade; é como se o gerente estivesse assistindo os parâmetros da rede. Já o segundo denota ação; uma situação onde o gerente encaminha as soluções para a direção desejada. Infelizmente, muitos gerentes dizem que gerenciam suas redes, mas na verdade, eles apenas a monitoram e “apagam incêndios”, resolvendo os problemas que os alarmes avisam.

Neste capítulo, pretende-se ressaltar a importância da utilização de boas práticas para gerência de rede, bem com incentivar a adequação e aplicação das mesmas, considerando sempre as particularidades de cada caso.

Medições

Medir significa comparar grandezas de mesma natureza de acordo com alguma referência ou padrão. Por exemplo, para medir a distância entre dois pontos, pode-se comparar a distância com o metro, a polegada ou o pé, padrões conhecidos mundialmente.

As pessoas fazem medições o tempo todo, sem mesmo se dar conta disso. Os resultados das medições servem de entrada para tomada de decisão de se executar ou não determinada ação. Ao atravessar a rua, as pessoas “medem” a velocidade dos carros e a distância entre as calçadas; ao se levar o garfo à boca é calculado a posição da boca

em relação ao prato; até ao fazer uma brincadeira, as pessoas “medem” (ou deveriam medir) se será conveniente ou inoportuno. Deve-se fazer o mesmo com as redes. Medir parâmetros importantes a prestação de serviço deve se tornar algo corriqueiro e natural.

O objetivo de se medir alguma grandeza ou parâmetro é conhecer o seu estado atual; seu estado instantâneo. Ao comparar a medida com limites máximos e mínimos tem-se a informação de que determinado pré-requisito está ou não de acordo com níveis aceitáveis. Assim, pode-se decidir que ação tomar.

Em redes, é preciso medir principalmente tempos e taxas. Por exemplo, tempo de propagação entre dois pontos, tempo de processamento de determinado dado, taxa de erro de uma interface, vazão de um enlace, etc. Também é preciso medir quantidades: quantidade de memória, de espaço em disco, de registros em tabelas, etc. Levando-se em consideração um escopo mais gerencial, deve-se medir, direta ou indiretamente, disponibilidade de enlaces e serviços, qualidade percebida, tempo para correção de um problema, tempo entre falhas, tempo de recuperação de falhas, tempo de atendimento, grau de satisfação de clientes, custos associados às atividades de manutenção, operação, pesquisa e desenvolvimento e tudo mais que for relevante a prestação do serviço.

É possível classificar medições em redes em dois grandes grupos: Medições Ativas e Medições Passivas.

Medições Ativas

Medições Ativas são aquelas que precisam gerar algum tipo de tráfego na rede para que seja possível obter os resultados.

Ferramentas de Medições Ativas geram fluxos de diversos tipos para que eles atravessem a rede e, ao recebê-los de volta (ou não), realizam cálculos e apresentam resultados. Ferramentas mais agressivas, ou seja, aquelas que foram desenhadas para gerar a maior quantidade de tráfego possível, podem congestionar enlaces e alterar o perfil de utilização da rede.

Medições Ativas têm uma ampla utilidade e podem ser empregadas em simples medições de ‘tempo de ida e volta’ ou até em simulações de tráfego multimídia.

Ping (ICMP Echo Request / Response) e traceroute (ou tracert, no Windows),

apesar de simples e praticamente não invasivas, são ferramentas de medições ativas. Mgen, Iperf e pktgen também são ferramentas de medições ativas, mas essas são muito mais complexas e podem ocupar toda a banda disponível em uma rede. Inclusive, a banda disponível é um parâmetro que essas ferramentas medem. O SIPp é uma ferramenta de medição ativa que gera ligações SIP e pode medir, por exemplo, tempo de estabelecimento de chamadas, quantidade de chamadas simultâneas e qualidade das chamadas. Utilizando uma chamada gerada pelo SIPp é possível dizer se a rede está preparada para entregar o serviço de voz sobre IP.

Soluções de ferramentas para medições ativas que geram tráfego sintético simulam fluxos reais e normalmente requerem um módulo gerador, um módulo receptor e um módulo de análise, que nem sempre se encontra na mesma máquina. Nesses casos, que não são raros, é necessário que os relógios das máquinas do gerador e do receptor estejam rigorosamente sincronizados.

O sincronismo pode ser conseguido utilizando aparelhos ligados as redes GPS (Global Positioning System) ou CDMA (Code Division Multiple Access), ou ainda utilizando a própria rede IP, através do NTP (Network Time Protocol), mais simples e mais barato, mas com precisão suficiente para a maioria das situações. O NTP está descrito da RFC-1305 (42).

Medições Passivas

Entende-se por Medições Passivas aquelas que não necessitam gerar qualquer tipo de tráfego para conseguir a informação desejada.

Ferramentas de medições passivas extraem a informação necessária diretamente dos equipamentos que estão sendo medidos. O tráfego gerado por este tipo de medição, quando ele existe, é utilizado para transportar a informação do ponto de medição até uma base de dados que armazena, processa e apresenta os dados capturados.

O ntop, uma ferramenta para medição passiva, captura todo o tráfego que passa por suas interfaces de rede, armazena as informações localmente, processa e apresenta os resultados com diversos gráficos através de uma aplicação web.

O tcpdump, iptraf e wireshark também capturam tráfego das interfaces de rede,

mas eles se destinam a finalidades diferentes. Normalmente, são destinados a análises pontuais, mais relacionadas a aplicações e protocolos.

Também foram desenvolvidos alguns protocolos para medições passivas como o NetFlow da Cisco, última versão descrita na RFC-3954, o SFlow da InMon, descrito na RFC-3176, e o SNMP, comentado adiante.

O sincronismo em medições passivas não é um requisito tão rígido quanto para medições ativas. Entretanto, não deixa de ser importante ter todos os equipamentos da rede funcionando com seus relógios sincronizados. Se não estiverem, os resultados apresentados poderão conter desde pequenos erros de horário até valores completamente inconsistentes.

Monitoramento

Monitorar significa acompanhar, avaliar. Aproveitando o contexto do item anterior, monitorar significa medir e comparar continuamente, de forma a criar um histórico do parâmetro monitorado. Por exemplo, um médico monitora seus pacientes realizando medições de batimentos cardíacos e temperatura corporal em intervalos regulares. Após algumas medições o médico verifica que a temperatura está subindo, administra um antitérmico e continua a monitorá-lo. Após algumas medições ele consegue inferir se o medicamento está ou não fazendo o efeito desejado e, de posse desse histórico, pode tomar uma decisão mais acertada quanto a nova administração e dosagem ou se ele deve trocar ou suspender o medicamento.

Em redes, o monitoramento também pode ser definido como o conjunto de mecanismos que permitem ao administrador conhecer o estado instantâneo e tendências de curto prazo da rede de comunicação e de seus componentes. Monitorar amplia o conceito de Medição no instante em que se acrescenta o armazenamento dos dados medidos anteriormente, possibilitando a criação das séries históricas.

O monitoramento facilita o diagnóstico de problemas, permite o cálculo de tendências e ajuda o administrador e sua equipe a tomar decisões mais rápidas e acertadas.

A maioria das ferramentas de monitoramento de redes possui uma representação

gráfica dos parâmetros que estão sendo medidos. Boa parte delas também pode ser configurada para monitorar serviços, como WWW, email, VPNs, e outros. Analisando seus arquivos de log, pode-se facilmente obter o perfil de utilização de qualquer serviço monitorado, como por exemplo, identificar a HMM (Hora de Maior Movimento) e o nível de ocupação dos circuitos de voz; ou ainda verificar o tráfego de spam durante o dia, semana, mês ou ano.

O que monitorar

De forma geral, devem-se monitorar os mesmos parâmetros que um administrador de redes deve medir: tempos, taxas e quantidades, e os parâmetros mais complexos e subjetivos como grau de satisfação, experiência do usuário, tempos de atendimento e resolução de problema e outros parâmetros relevantes a prestação do serviço.

A seguir é apresentada uma lista de parâmetros importantes para se monitorar em uma rede de telecomunicações. Os itens enumerados não esgotam as possibilidades. Também não significa que todos os itens são obrigatórios. Os parâmetros a serem medidos devem ser ajustados às necessidades de cada caso.

Serviço

Tempo entre falhas, tempo até resolução de uma falha, tempo de atendimento a chamados, disponibilidade, reclamações e satisfação do usuário.

Elementos de Rede

Roteadores, firewalls, bridges, switches, etc

Ocupação de enlaces, tipos de fluxos, classificação de serviços, compressão, fragmentação, filas, utilização de regras de FW e ACLs, etc.

Servidores

Processos e serviços oferecidos, aplicações, vulnerabilidades, memória, espaço em disco, processos, arquivos abertos, conexões ativas e parâmetros particulares dos diversos serviços como impressões, acessos a sites, SMS enviados/recebidos, etc.

A Rede

Atraso, jitter e perdas entre pontos estratégicos e ocupação de enlaces.

Estações de usuários

Status, utilização de CPU e memória, espaço em disco, processos, arquivos e programas utilizados, arquivos copiados de/para unidades de discos móveis, etc.

Ambiente

Temperatura, umidade, quantidade e horário de acessos a salas especiais, partículas em suspensão no ar, etc.

O que monitorar – VoIP

Também devem ser considerados os itens a seguir.

Servidor de bilhetagem

Sincronismo, tamanho de tabelas, quantidade de registros, etc, status do sistema, utilização de CPU e memória,

Proxies

Desempenho, tempo de ocupação de canais, motivos de desconexão, quantidade de ligações simultâneas, etc.

A experiência do usuário

Cálculo de MOS e Fator-R.

Sistemas de monitoramento

Qualquer sistema que busque informações na rede, que armazene os dados e que os apresente de forma inteligível é um sistema de monitoramento. Basta que a informação medida fique disponível ao longo do tempo, formando uma série histórica.

Existem diversos sistemas de monitoramento disponíveis com várias ênfases diferentes. Por exemplo, na área de segurança, pode-se citar o SNORT, que se utiliza de medições passivas para capturar e analisar fluxos de comunicação, e o NESSUS, que utiliza medições ativas para verificar vulnerabilidades conhecidas nos servidores da rede.

A Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), em parceria com diversas universidades, está desenvolvendo um serviço de monitoração de sua rede, a rede Ipê. Ainda como um serviço experimental, o MonIPÊ (43) utiliza o perfSONAR (44), uma infra-estrutura de monitoramento de redes, que combina idéias de outros sistemas de monitoração e os integra para fornecer informações detalhadas para pesquisadores sobre a utilização dos recursos da rede de pesquisa.

SNMP

SNMP significa Simple Network Management Protocol ou Protocolo simples para gerência de redes. Como o nome diz, SNMP é um protocolo utilizado na gerência de redes, resgatando dados de diversos dispositivos na rede IP. Ele não é um sistema de monitoramento, pois sua função não é apresentar dados. Entretanto, o SNMP é o principal suporte dos sistemas de gerência de redes.

Atualmente o protocolo está na versão 3, definidas nos documentos RFC-3411 (45) e RFC-3418 (46), que define as MIBs. Outro documento importante é a RFC-3584 (47), que trata da interoperabilidade entre as diferentes versões do SNMP.

Sua arquitetura básica é formada por 3 componentes:

Master Agent: (Agente mestre) é um software executado em um dispositivo monitorado com suporte a SNMP que interage com uma estação de monitoramento. É o equivalente a um servidor e faz a integração entre os subagentes e as estações de gerência.

Subagent: (Subagente) é um software que trata de monitorar recursos específicos do dispositivo, por exemplo, erros na interface de rede ou quantidade de memória utilizada, e repassa a informação para o agente mestre. Os subagentes também modificam parâmetros específicos e são responsáveis por gerar alarmes (TRAPs).

Management Station: (Estação de gerência) é essa entidade que envia requisições em intervalos regulares de tempo e armazena as informações para formação das séries históricas e para posterior análise. Ele também recebe alarmes (TRAPs) gerados nos dispositivos monitorados.

O SNMP possui 3 comandos ou métodos básicos: GET, SET e TRAP.

GET: enviado pela estação de gerência para os agentes para solicitar alguma informação sobre o dispositivo monitorado.

SET: enviado pela estação de gerência aos agentes para estabelecer algum parâmetro no dispositivo monitorado.

TRAP: enviado pelo agente no dispositivo monitorado para informar a estação de gerência sobre alguma condição adversa, previamente configurada.

O SNMP provê uma forma para resgatar informações nos dispositivos, mas não define que informações devem ser resgatadas. As informações a serem medidas são chamadas de objetos e são definidas pelas MIBs, Management Information Bases.

Existem MIBs padrões, por exemplo, para medir parâmetros comuns de redes, mas cada fabricante deve desenvolver sua base de objetos e especificar que itens são passíveis de monitoramento em seu dispositivo ou serviço.

As MIBs representam os objetos em uma estrutura de árvore. Cada objeto é único em toda árvore, conforme ilustrado na Figura 26.

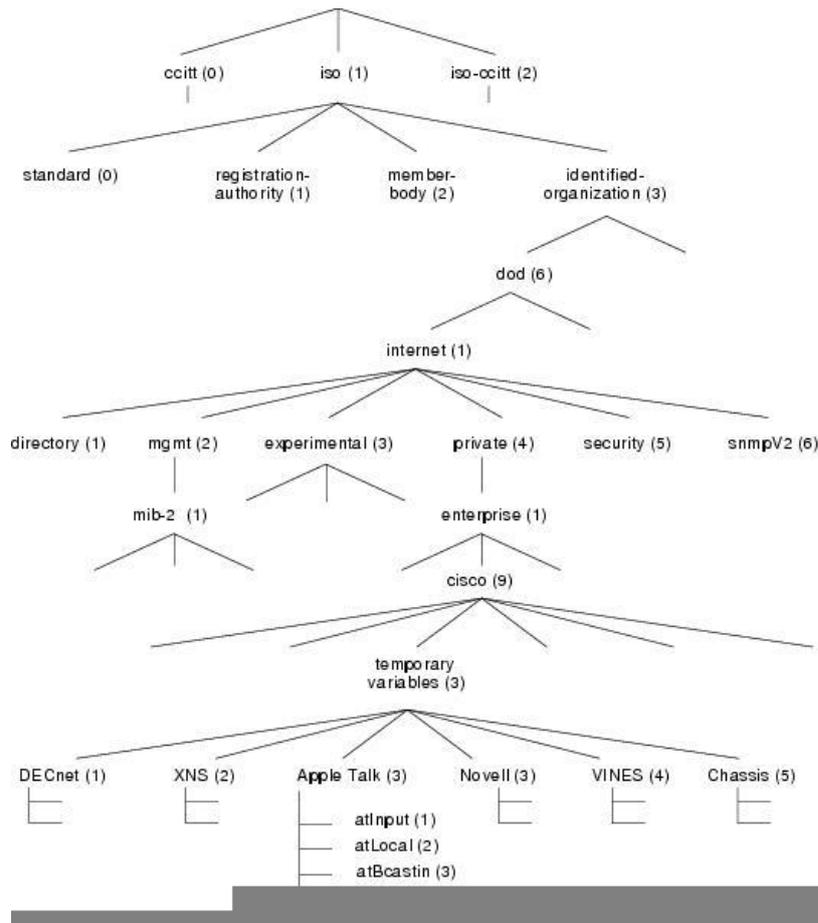


Figura 26: MIB: Árvore de objetos

http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/internetwrk_solutions_guides/splob/guides/dial/dial_nms/snmpover.html

Entretanto, o SNMP sozinho não é útil. É preciso apresentar os dados e tomar decisões. Os programas que executam tais tarefas são chamados de NMS, Network Management Systems. Eles são mais bem descritos adiante.

Gerência

Gerenciar significa aplicar conhecimentos, habilidades e técnicas na elaboração de atividades relacionadas para atingir um conjunto de objetivos pré-definidos. Resumidamente, e de forma mais direta, gerenciar significa controlar ações. Antes de qualquer coisa, é preciso conhecer o ambiente a ser gerenciado e saber como evolui as diversas atividades inerentes aos processos do que se precisa gerenciar. Daí a

necessidade de se manter séries históricas dos eventos e estados dos objetos a serem gerenciados.

Em redes, é preciso tomar decisões sobre atividades relacionadas ao bom funcionamento da mesma. Pode-se definir gerência de redes como sendo as ações de monitoramento e controle dos equipamentos e serviços de uma rede de comunicação, incluindo ações de caráter mais administrativo como controle de inventário e monitoramento de mudanças.

Dessa forma, além de realizar medições e monitorar enlaces e equipamentos, procedimentos de gerência de redes incluem executar ações de controle e correção para manter a rede funcionando de acordo com parâmetros pré-estabelecidos.

Esses parâmetros pré-estabelecidos podem assumir valores acordados internamente, como metas a serem alcançadas, ou também podem ser os requisitos mínimos de prestação de serviço contratados de uma operadora ou mesmo ofertado a um cliente. Nesse último caso, os tais parâmetros também são conhecidos como SLA, ou Service Level Agreement.

Modelos de Gerência

A gerência de redes de telecomunicações tem sido alvo de estudos desde que as primeiras redes começaram a existir. Ao longo do tempo foram desenvolvidas metodologias que auxiliam nessa tarefa. Embora a formalização desses modelos tenha acontecido há relativamente pouco tempo, a gerência de redes sempre foi um grande problema a ser resolvido.

Os três principais modelos de gerência são:

TMN – Telecommunications Management Network: desenvolvido pela ITU em maio de 1996 na recomendação M.3010 (48). O foco principal deste modelo está na prestação do serviço e nos negócios.

FCAPS – Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security: desenvolvido também pelo ITU em 1997 na recomendação M.3400 (49). O foco principal do FCAPS está na tecnologia que suporta o serviço.

ITIL – Information Technology Infrastructure Library¹⁰: é um conjunto de conceitos e técnicas para gerência de infra-estrutura, operações e desenvolvimento em tecnologia da informação. Foi desenvolvido pelo UK Central Computer and Telecommunication Center. Teve sua adoção em massa em meados dos anos 90. O ITIL está focado em processos e na eficiência das atividades.

A Figura 27 a seguir mostra como o modelo de gerência ITIL se relaciona a um sistema de gerência de redes.

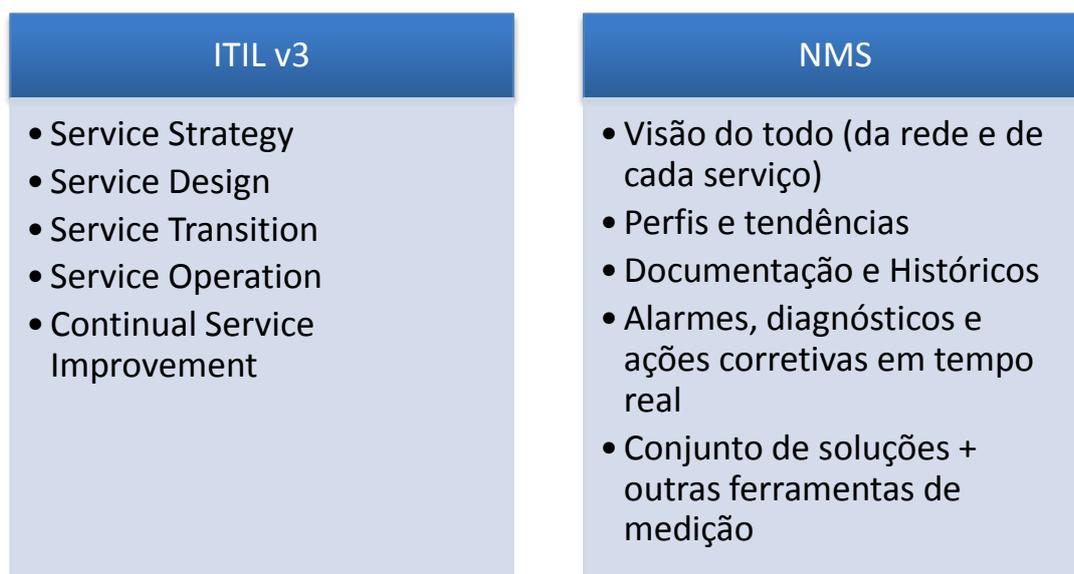


Figura 27: Associação entre ITIL e NMS

Além dos modelos de gerência, ainda existem as recomendações de boas práticas para gerência de redes, serviços e recursos de TI. Normalmente desenvolvidos por entidades e organizações especializadas, elas não pretendem ser um padrão rígido e imutável. Pelo contrário, estão em constante evolução e possuem a capacidade de se adaptar ao modelo de negócio de quem as adota e a tendências da época.

Dois bons exemplos são:

COBIT – Control Objectives for Information and related Technology: é um conjunto de melhores práticas formulado como um framework para gerência de tecnologia da informação. Foi desenvolvido pelo ISACA, Information Systems Audit

¹⁰ Mais informações sobre ITIL em <http://www.itil-officialsite.com/home/home.asp> .

and Control Association.

SoGP – Standard of Good Practices: é uma documentação detalhada de boas práticas com foco em segurança da informação. A primeira publicação foi em 1996 e a cada dois anos o padrão é revisado e publicado pelo ISF, Information Security Forum.

Sistemas de Gerência podem e devem seguir essas recomendações. E quanto mais esses sistemas implementam essas recomendações, mais eles se aproximam da administração do negócio. Assim, esses sistemas são capazes de integrar os objetivos do administrador de redes e da equipe de TI com os objetivos da própria empresa, levando em consideração o negócio em questão.

Esses sistemas mais evoluídos são chamados de EMS – Enterprise Management Systems ou Sistemas de Gerência de Empresas.

Sistemas de Gerência de Redes

Sistemas de gerência de redes, do inglês Network Management Systems (NMS), são sistemas capazes de monitorar, armazenar, apresentar e processar informações. Sistemas mais elaborados são capazes de executar algumas ações corretivas na rede. A maioria deles é capaz de enviar alarmes por email ou SMS.

Os sistemas de gerência devem integrar todas as informações necessárias para a gerência do serviço prestado, tanto a nível operacional quanto a nível administrativo. Eles devem apresentar uma visão geral da rede e ao mesmo tempo ser capazes de exibir detalhes de cada um dos serviços e dispositivos da rede.

Algumas características dos NMS

Algumas das principais características dos sistemas de gerência de redes são relacionadas a seguir.

Visão geral da rede e dos serviços (overview)

É importante que o administrador da rede seja capaz de rapidamente determinar se existe ou não um problema na rede. Um gráfico geral do estado da rede é imprescindível em um NMS.

Ele ajuda o gerente a ter uma visão instantânea completa de como a rede está respondendo naquele momento. Um exemplo dessa funcionalidade pode ser observada na Figura 28.

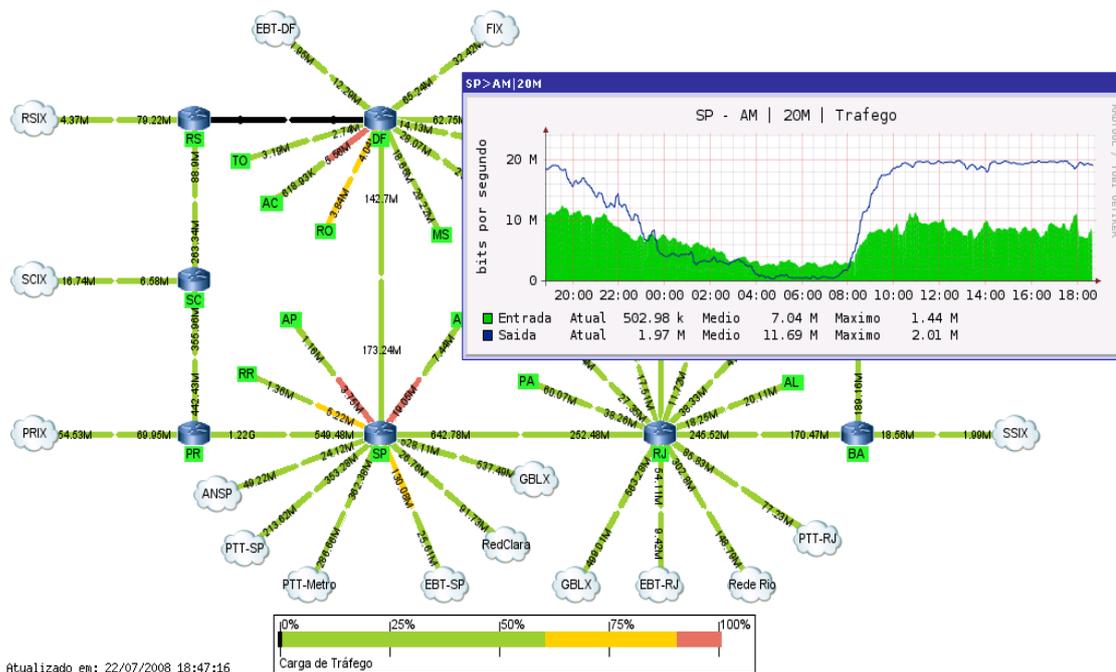


Figura 28: Visão do todo (overview), histórico e alguns detalhes
<http://www.rnp.br/ceo/trafego/panorama.php> (As informações são atualizadas constantemente)

Históricos

Manter um histórico do que acontece com a rede e nos dispositivos, mais do que possibilitar a investigação de acontecimentos passados, permite calcular tendências futuras e assim prevenir falhas simples e evitar a escassez de recursos.

Não menos importante que o histórico é o estabelecimento de “Linhas de Base” para todos os serviços e parâmetros que serão monitorados. Com a associação do histórico com as linhas de base, torna-se possível o cálculo da disponibilidade dos recursos. Assim, pode-se verificar, por exemplo, se os acordos de SLA estão sendo cumpridos.

Acompanhamento de ações (Trouble-Ticket)

Deve-se também manter histórico de todas as decisões e ações tomadas sobre a rede. Se algum parâmetro for modificado, é necessário registrar quem requisitou a mudança, quando, porque, quem executou e em que circunstâncias ele foi modificado. Essas ações são executadas por sistemas conhecidos como Trouble-Tickets.

Assim é possível saber, por exemplo, quanto tempo levou entre o pedido de mudança ser feito até a execução completa da tarefa. Este acompanhamento, entre outros parâmetros, pode ser uma medida de qualidade interna.

Alarmes

Basicamente, todas as ferramentas recebem alarmes baseados no protocolo SNMP. Os alarmes podem ser reconhecidos e associados a um responsável pela resolução do problema. É possível disparar determinadas ações de acordo com a ocorrência, seja o envio de mensagens via email ou SMS, ou mesmo um comando para algum servidor.

O recebimento de alarmes ajuda muito na identificação de problemas, mas ainda é possível melhorar o diagnóstico utilizando o correlacionamento de alarmes.

Correlacionamento de alarmes é, na prática, o estabelecimento de uma interdependência entre eventos e outros parâmetros. O correlacionamento de alarmes faz com que um aviso não dependa apenas de um evento, mas de uma seqüência lógica de eventos e outras condições da rede, diminuindo assim a quantidade de alarmes inexpressivos para o administrador.

Por exemplo, Figura 29, um problema em A não deve disparar alarmes de R2, S1 e S2. Também, os serviços S1 e S2 podem ser relacionados de tal forma que, se apenas um deles para de responder, um alarme “amarelo”, de média severidade, deve ser acionado. O alarme

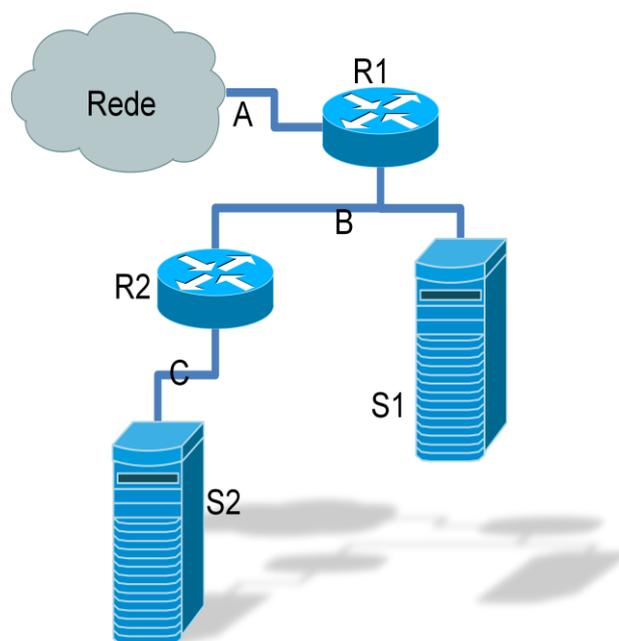


Figura 29: Alarmes correlacionados

serviços S1 e S2 podem ser relacionados de tal forma que, se apenas um deles para de responder, um alarme “amarelo”, de média severidade, deve ser acionado. O alarme

amarelo indica que há um problema, mas o serviço continua operando. Mas se os dois atingirem determinado nível em algum parâmetro específico deve ser acionado o alarme “vermelho”, de alta severidade, que significa que o serviço está inoperante.

Um sistema de gerência de alarmes pode ser inteligente ao ponto de perceber que determinado elemento ou serviço da rede está falhando com frequência e, ao invés de permanecer enviando mensagens para informar que o elemento/serviço está com problemas e logo depois avisando que está resolvido repetidamente, é possível correlacionar estes acontecimentos e acionar novo alarme atentando para este fato, indicando a intermitência do elemento ou serviço.

Além disso, os alarmes precisam ser tratados, ou seja, algum profissional deve assumir a responsabilidade de resolver o problema apresentado. Quando ele resolver ou se precisar de outros recursos, isto deve ser relatado e documentado. Daí a necessidade de um módulo de gerência de alarmes.

Relatórios

Os relatórios são imprescindíveis para que o corpo gerencial da instituição saiba, em termos gerais, o que está acontecendo com sua infra-estrutura de rede. Devem ser emitidos regularmente e sob demanda.

Eles são uma ferramenta importantíssima que deve facilitar a compressão, principalmente por funcionários não técnicos, da situação da rede.

Alguns relatórios importantes para um gerente (administração) são:

disponibilidade de serviços prestados por terceiros para a empresa;

disponibilidade de serviços prestados pela empresa para terceiros;

as 'N' maiores causas de indisponibilidade.

Relatórios importantes para o responsável pela operação da rede são os relatórios anteriores mais:

circuitos com ocupação de banda acima de um nível seguro;

servidores com ocupação de disco e memória acima de um nível seguro;

os 'N' problemas mais comuns.

Comunicação e apresentação

Os dados capturados na rede ou alimentados por profissionais por si só não dizem nada. É preciso que eles sejam organizados e apresentados com objetividade e clareza.

Os relatórios precisam trazer informações relevantes e os gráficos precisam traduzir com clareza o que eles pretendem expor. Mesmo para os casos de se delegar alguma tarefa a um profissional, a instrução e documentação devem ser objetivas, de forma a evitar erros e retrabalho.

Operador virtual

Sistemas de gerência podem ser tão sofisticados ao ponto de tomarem decisões sozinhos. Não apenas enviar emails quando algum parâmetro extrapola seus limites. É possível desenvolver rotinas que, baseado em séries históricas e o perfil do tráfego naquele momento, seja possível prever uma situação de risco iminente à rede e, antes mesmo do problema ocorrer, o sistema (operador virtual) tome alguma ação.

As ações tomadas sem a intervenção humana podem ser tão simples como bloquear o tráfego de algum usuário infectado ou até mudanças de rotas e caminhos virtuais em redes MPLS.

Por segurança e para manter um histórico das ações tomadas, cada decisão do sistema deve ser documentada.

Recursos Humanos

Tão fundamental quanto o software de gerência é o administrador/operador do sistema. Mais que isso, pode-se afirmar que este profissional é parte integrante da solução. De nada adianta um super sistema de gerência se não houver alguém capacitado a operá-lo.

Independente da solução adotada é necessário que exista um profissional capacitado a operar e administrar as ferramentas que compõe a solução de gerência de rede. Ele poderá ser o responsável desde a instalação e configuração de elementos do

sistema até a emissão de relatórios personalizados. Os sistemas de gerência são tão complexos que existem cursos específicos para habilitar profissionais na sua operação.

Administrar e operar o conjunto de ferramentas que irão formar o Sistema de Gerência podem ser tarefas executadas por um ou mais funcionários. Por exemplo, é possível alocar uma pessoa para cada software componente da solução de gerência.

Que ferramenta utilizar

A ferramenta completa para gerência de redes não existe. Principalmente se a intenção é extrapolar os limites da operação de redes e perseguir o controle também do setor administrativo do serviço prestado. A solução ideal deve ser composta por um conjunto de ferramentas e procedimentos próprios para cada caso específico.

Foi realizada uma pesquisa dos principais sistemas de gerência de redes de código aberto disponíveis na Internet. Os sistemas de código fechado não foram estudados, pois, por terem objetivos comerciais, normalmente seus representantes aceitam encomendas para personalização e desenvolvimento de módulos específicos para várias tarefas.

Os sistemas de código aberto normalmente são gratuitos. Algumas empresas cobram por serviços especializados relacionados a esses softwares. Engana-se quem acredita que estes softwares, por serem gratuitos, não são confiáveis. Eles são utilizados por uma grande variedade de empresas e possuem relatos de casos de sucesso publicados em suas páginas na Internet.

Os seguintes sistemas foram contemplados na pesquisa:

Nagios – <http://www.nagios.org>

OpenNMS – <http://www.opennms.org>

Zabbix – <http://www.zabbix.com>

Zenoss – <http://www.zenoss.com>

GroundWork – <http://www.groundworkopensource.com/>

Resultados

A escolha de um ou outro sistema depende das necessidades e capacidade financeira de cada empresa. Portanto, não é indicado nenhum desses como solução ideal. Todos devem ser encarados como soluções possíveis. Ao invés disso, a sugestão é estudar, testar e confrontar com as necessidades e possibilidades de cada caso.

O Nagios é, sem dúvida, o NMS de código aberto mais utilizado. Todos em congressos e reuniões usam ou conhecem alguém que usa o Nagios. É o mais antigo e bem sucedido NMS de código aberto. Existem empresas de consultoria em redes e integradores de solução que oferecem suporte e treinamento no Brasil.

O OpenNMS mostra preocupações mais gerenciais e procura seguir o FCAPS. Seu manuseio não parece ser muito fácil, mas é um ótimo sistema. Não há versão paga, mas também não há suporte no Brasil. Entre os sistemas analisados é o que mais se aproxima de um EMS.

Zabbix está sendo bastante comentado e começa a aparecer com alguma força. Parece ser mais simples e tem uma apresentação agradável. Não há parceiros no Brasil, portanto não há suporte oficial.

Zenoss e GroundWork são os sistemas de código aberto com maior apelo comercial. Talvez isso faça deles os mais completos já que, assim como os grandes players, quando algum cliente precisa de uma nova funcionalidade eles cobram para implementá-la. É preciso ter atenção com as versões livres, pois elas são limitadas. Existem empresas que prestam suporte na solução Zenoss no Brasil.

O Groundwork é baseado em outros aplicativos de código aberto, inclusive o Nagios e não esconde este fato. Ao contrário, usa essa situação como propaganda favorável, tentando se promover como um integrador de soluções consagradas. Também possui um forte apelo comercial, mas não há suporte no Brasil. Entretanto, a Unisys é parceira do Groundwork.

Todos os sistemas permitem a criação de módulos que ainda não tenham sido implementados para monitoração de novos serviços.

A seguir, a Tabela 7 sintetiza resultado da pesquisa.

	Nagios	OpenNMS	Zabbix	Zenoss	Groundwork
Versão Gratuita e/ou Comercial	Gratuita	Gratuita	Gratuita	Gratuita e Comercial (3 versões)	Gratuita
Comercializa dispositivo específico para gerência de redes?	Sim	Não	Não	Sim	Não
Comercializa serviço de monitoramento remoto?	Não	Não	Não	Não	Não
Documentação e suporte on-line (aberto)	Muito boa	Muito boa	Boa	Muito boa	Pobre
Possui suporte on site?	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Possui serviço de consultoria?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Possui treinamento?	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Possui parceiros/representação no Brasil?	2 parceiros	Não	Não	1 parceiro	Não, mas a Unisys é parceira
Sistema Operacional	Linux e *nix	Linux, Windows, PPC, BSD e Solaris	Linux, AIX, *BSD, HP-UX, MacOS, Solaris	Linux, VMWare	Linux, VMWare
Interface	Web	Web	Web	Web	Web
Calcula disponibilidade	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Calcula tendências	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Gerência de inventário	Não	Não	Não	Sim	Sim
Auto-discovery	Sim, por software de terceiros	Sim	Sim	Sim	Sim
Monitora dispositivos novos ou de terceiros	Sim, utilizando plugins	Sim, configurações específicas.	Sim, utilizando complementos	Sim, utilizando Zempacks.	Sim
Reconhece TRAPs SNMP nativamente	Sim, com aplicação de Patches.	Sim	Sim	Sim	Sim
Desenha mapa lógico da rede (automático ou manual)	Automático	Não. Trabalho em progresso.	Não informado	Automático	Automático
Localiza dispositivos geograficamente	Não	Não	Sim	Sim	Não
Correlacionamento de eventos	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Suporte a NetFlow	Não	Sim. Integração com outro software.	Não	Não	Não

Tabela 7: Comparação entre NMS'es de código aberto

Conclusão – NMS e VoIP

Apesar de alguns sistemas como o Zabbix já oferecerem módulos para

monitoramento de alguns telefones IP e do Asterisk, um PABX IP de código aberto muito utilizado atualmente, nenhum desses softwares possuíam soluções completas específicas para VoIP na época da análise.

Ainda não é possível, por exemplo, medir ou calcular o MOS de ligações. Se essa função for necessária em algum projeto, será preciso implementá-la. Felizmente, essa tarefa é possível para profissionais capacitados já que os sistemas apresentados são de código aberto.

Capítulo 6 – Adotando a Telefonia sobre IP

Todos os requisitos para implementação e gerência de um serviço de telefonia IP foram apresentados nos capítulos anteriores. A próxima tarefa é organizar o conteúdo apresentado de forma a planejar a implantação ou migração do serviço de telefonia IP.

Este capítulo apresenta uma metodologia para implantação, operação e gerência do serviço de telefonia IP em médias e grandes empresas, aplicando práticas que podem ajudar a garantir o sucesso e a continuidade do serviço.

Introdução

Não é novidade que VoIP (Voz sobre IP) é a palavra do momento. As promessas de grandes economias e rápidas implantações seduzem a todos, mas pode provocar algumas situações indesejáveis. A convergência entre voz e dados (utilização da rede de dados pré-existente para tráfego de voz e imagens) e seu forte apelo à redução de custos esconde algumas armadilhas e as empresas que decidem migrar seus sistemas legados de voz precisam estar atentas a elas.

Quando se planeja uma nova rede baseada na tecnologia de voz sobre IP, as dificuldades são mais amenas, pois não haverá impactos em serviços pré-existent, nem necessidade de adaptação de funcionários. Simplesmente, as operações iniciam da forma como foram planejadas. Já no caso de uma migração de tecnologia, é necessário avaliar todos os impactos dessa modernização, principalmente se o ambiente for heterogêneo, quanto a protocolos e fornecedores.

Para se conseguir qualidade e confiabilidade do novo sistema de voz, é necessário avaliar todas as alternativas, seus pré-requisitos e implicações nas áreas afetadas por elas. Dentre essas áreas, pode-se citar: 1) os investimentos, a economia gerada e o tempo de retorno; 2) os serviços de rede agregados ou perdidos; 3) adaptação e aceitação dos usuários do sistema e; 4) reavaliar os procedimentos e as equipes de gerência e manutenção da nova rede.

A relevância técnica e as dificuldades encontradas no trabalho de modernização de sistemas de voz se mostram interessantes do ponto de vista acadêmico devido a

diversidade de softwares, protocolos e fornecedores envolvidos e ao compromisso com a eficiência na implantação, gerência e manutenção. Tudo isso culmina em um roteiro de análise e implantação que garantirá o sucesso de projetos futuros.

Antes de começar

VoIP é realmente necessário?

O projeto para adoção de VoIP nem sempre começa com a aplicação da tecnologia. Principalmente, se o objetivo do projeto for redução de custo. Antes de qualquer outra coisa, a pergunta a ser respondida é se **realmente é necessário instalar um ambiente de telefonia IP**.

Existem casos que mostram que nem sempre é vantajoso implantar VoIP. É importante verificar que benefícios ela pode trazer e considerar os riscos da adoção da nova tecnologia.

Além disso, existem **ações que podem reduzir significativamente o custo com telefonia** em uma empresa. Renegociação de contratos, contratação de troncos celulares, criação de uma política interna de uso, capacitação e simplesmente uma campanha para mudança (re-educação) de hábitos podem trazer resultados excelentes.

Contudo, supõe-se que a resposta ao título da seção seja afirmativa. Então, inicia-se efetivamente a fase do planejamento do projeto.

Considerações iniciais

A implantação do serviço de telefonia IP é uma tarefa complexa, merecedora de toda atenção. **Deve ser tratada como um projeto**, como de fato ela é; e não como uma tarefa.

Tudo começa com um bom planejamento. Deve-se utilizar técnicas e conceitos de gerência de projetos para começar a trabalhar na implantação. Há de se considerar tempo para execução, recursos humanos e financeiros, riscos, mudanças ao longo da implantação e tudo mais que existe em um projeto qualquer. **Procurar ajuda de profissionais especializados** quando estiver definindo as características do projeto é muito útil, independente da formação de quem está implantando o serviço. Se for um

gerente, deve procurar auxílio de um especialista em VoIP; se for um profissional de formação essencialmente técnica, deve procurar um gerente de projetos.

Após a implantação, é recomendável **mapear os processos inerentes a prestação do serviço**, gerência de redes, gerência de TI, tratamento de incidentes e tudo mais que diz respeito a operação do sistema. Aqui cabem as sugestões de boas práticas vistas anteriormente.

É importante que se conduza todo o processo, do planejamento do projeto de implantação até a operação e gestão da rede, **orientando-se pelos padrões técnicos e recomendações de boa prática** de gestão e de segurança. É preciso ter sempre preocupações com segurança e continuidade dos processos. No final, é isso que importa.

Planejamento

Definição do escopo

Público alvo

É preciso definir **quem será o público alvo** atingido pelo serviço de telefonia: todos os funcionários, uma parte deles, apenas tele-funcionários, parceiros, o público em geral.

Alcance das ligações

Deve-se definir **o alcance das ligações**. Serão somente internas, locais, interurbanas, internacionais, e se recebe ligações a cobrar. Deve-se definir também se haverá grupos de ramais com **permissões distintas** dos outros.

Serviços complementares

É importante conhecer os **serviços complementares** suportados pelo sistema: transferência, conferência, captura de ligações, caixas postal de voz, envio de recados por email, envio de fax, *gateway* de fax para *email* e de *email* para fax, gravação de ligações, grupos de chamadas, reconhecimento de voz, integração com banco de dados, etc. É necessário defini-los na fase de planejamento.

Dimensionamento

Perfil de tráfego

É muito importante saber **qual será a demanda do serviço**, tanto interna quanto externa, ou seja, as ligações dentro da empresa, as ligações para fora da empresa e quais seus destinos e, as ligações de fora para dentro da empresa. Também é importante conhecer o tempo de cada chamada.

Uma das análises mais importantes no planejamento de uma rede de telefonia IP consiste em **conhecer o interesse de tráfego de dados e de voz de seus usuários**. A combinação dos dois permite dizer se é possível utilizar a rede de dados para transportar todos os fluxos de voz demandados pelos usuários sem realizar *upgrades* nos enlaces, se existirem.

A análise dos resultados irá dizer se é necessário aumentar a velocidade dos enlaces ou se é necessário a implantação de regras de QoS como priorização de pacotes de voz.

Para as ligações realizadas de dentro para fora da empresa, a análise de tráfego irá apontar quantos canais de voz são necessários para atender a demanda. O estudo também deve indicar onde esses canais devem ser instalados, no caso de haver unidades distribuídas geograficamente.

Não se deve deixar de considerar a **demanda reprimida**. A tecnologia de Voz sobre IP está associada a ligações com custo muito baixo. Isto pode motivar os usuários do sistema a realizar mais ligações e ligações de duração maiores do que as que vêm ocorrendo no momento da medição, antes da implantação.

Estimar a demanda reprimida não é uma tarefa fácil. Cada caso deve ser analisado cuidadosamente.

Se os canais de saída já estão ocupados e existem ligações sendo descartadas por falta de recursos, é necessário verificar nos relatórios dos PABX e/ou das operadoras quantas ligações estão sendo perdidas por falta de recursos. Se ainda não existem chamadas sendo descartadas por falta de recursos, a demanda reprimida será função exclusivamente de características comportamentais dos usuários. Neste caso, deve ser

levada em consideração a cultura dos usuários do sistema em questão, se haverá divulgação da mudança, o que será divulgado e como será divulgado.

CODEC

A banda total a ser utilizada deve ser **função da demanda de chamadas e do CODEC utilizado** nas conversações, mais a banda utilizada pelas aplicações de dados. Cada chamada VoIP consome normalmente entre 30kbps e 90kbps da rede IP, dependendo do CODEC utilizado nas ligações. O CODEC livre (sem custo) que consome menos banda e ainda mantém boa qualidade é o GSM, consumindo cerca de 35 kbps na rede IP para cada ligação. Infelizmente, nem todos os fabricantes incluem o GSM em seus equipamentos. O CODEC de melhor custo-benefício e o padrão de fato adotado pelo mercado é o G.729, com qualidade muito boa e consumo de banda de cerca de 30 kbps. O CODEC padrão G.711 possui o melhor MOS, mas consome cerca de 90 kbps e seu uso só é recomendado quando a banda é abundante, como em uma LAN.

Fornecedores de conectividade

De acordo com a demanda projetada na fase de dimensionamento, define-se agora a quantidade de fornecedores, quais serão contratados e a tecnologia utilizada nos **troncos de voz**. É recomendável definir os parâmetros desejados de SLA neste momento.

A estratégia de escolha de fornecedores é muito pessoal e pode variar consideravelmente. A opção de apenas um fornecedor pode ser útil para conseguir descontos por conta do volume de negócios concentrados e a título de fidelização. Por outro lado, possuir vários fornecedores pode favorecer uma competição entre eles, forçando a queda nos preços. É preciso lembrar que quanto mais fornecedores, mais contratos deverão ser gerenciados. Além disso, possuir muitos fornecedores também implicará em várias regras para confrontação de medições no caso de descumprimento dos SLAs acordados.

Se for o caso, também deve se definir os fornecedores de **acesso a Internet** e os fornecedores de *links* WAN, que ligarão os pontos remotos. Se estes enlaces já

existirem e for preciso algum *upgrade*, é recomendável rever as condições do contrato e redefinir os parâmetros de SLA desejados.

Parceiros

Algumas empresas que possuem um relacionamento num grau que configure um grande interesse de tráfego de voz entre elas, podem querer interligar seus serviços de telefonia. Dessa forma, as ligações entre elas não passariam pela rede pública e não seriam tarifadas. Se houver parceiros para troca ou encaminhamento de tráfego de voz, faz-se necessário definir as **condições do acordo** de parceria e **como** o encaminhamento das ligações e a interligação das redes serão executados.

Plano de numeração e discagem

O plano de numeração é uma parte importante do planejamento porque pode definir a **como o novo sistema se integrará com o sistema legado**, se ele existir.

O plano de numeração deve ser planejado de tal forma que não ofereça resistência ao crescimento do serviço de telefonia. Deve ser levada em consideração a localidade dos ramais, a quantidade de ramais, os serviços oferecidos pela rede, o bloco de numeração DDR se ele existir, etc. Nem sempre é trivial conseguir organizar ramais em coincidência com a numeração pré-existente, principalmente se a empresa está distribuída geograficamente.

Se há intenção de contratar blocos DDR, é bom conhecê-los antes de planejar a numeração dos ramais, se for possível.

O plano de numeração também define como serão acessados os serviços oferecidos pela rede e o acesso às redes parceiras, se for o caso.

Uma estratégia comum é utilizar números de 4 a 6 dígitos e dar significado a estes dígitos. Por exemplo, num número de 6 dígitos, PQ MCDU, os dois primeiros dígitos PQ poderiam designar o código de área da cidade onde a filial de uma empresa hipotética se encontra, o dígito M poderia significar o setor da empresa onde o ramal se encontra ou o acesso a serviços e os três últimos dígitos, CDU, poderiam designar o ramal propriamente dito.

Recursos humanos

Para por em prática o projeto, pode ser necessário contratar profissionais, capacitar os que são da casa ou ainda contratar serviços especializados. A participação de pessoas realmente capacitadas é **imprescindível** para o sucesso do projeto.

Possuir ferramentas que atendam a todas as necessidades da empresa, mas não ter um profissional que saiba utilizá-las é desperdício e produz o mesmo efeito de não possuir as tais ferramentas.

Preparação da infra-estrutura

Redes locais

É necessário homologar a rede IP que dará suporte ao serviço de telefonia. Se a rede já existe, deve-se verificar se ela suporta a nova demanda de tráfego. Podem ser utilizados geradores e medidores de tráfego de código aberto. É necessário verificar também as instalações físicas, cabos, conectores, dutos de passagens, etc. É necessário que se certifique que a rede IP irá suportar o serviço de telefonia.

É recomendável a utilização de *switches* gerenciáveis que suportem PoE, VLAN e priorização de frames ethernet, principalmente nos casos onde é intenso o tráfego de dados.

Enlaces WAN

Independente da análise das demandas de voz e dados, é recomendável considerar a adoção de regras de QoS como **priorização dos pacotes de voz** para os enlaces de longa distância de menor velocidade. Mesmo que haja banda suficiente, nunca se sabe quando um ataque irá acontecer, um vírus irá se manifestar ou um funcionário fará o *download* daquele lançamento.

Caso o enlace WAN esteja próximo da saturação, deve-se considerar a utilização de compressão de cabeçalho e fragmentação e interposição.

Caso o interesse de tráfego entre as localidades ligadas seja maior do que duas ligações simultâneas, pode ser útil considerar a utilização do protocolo IAX2, desde que a solução se utilize do PABX Asterisk.

Fornecimento de energia

É necessário verificar se há condições de **fornecer energia para todos os novos equipamentos**. Se forem utilizados telefones IP, é necessário certificar-se que haverão tomadas extras nas mesas. Se utilizar PoE, o sistema deve suportar a nova demanda de energia dos *switches* ou injetores nos *racks*.

O sistema ininterrupto de fornecimento de energia deve ser **revisto e redimensionado**. A demanda por energia irá aumentar, logo o tempo que o UPS irá suportar pode diminuir consideravelmente.

Recomenda-se verificar a qualidade do aterramento e do sistema de proteção de surto. Com mais equipamentos ligados na rede, maior será o prejuízo caso haja algum sinistro.

Tecnologia e fornecedores

Três tecnologias utilizadas em serviços de telefonia IP são discutidas nesta dissertação. O H.323 e o SIP são apresentados por serem os protocolos mais utilizados e por possuírem amplo suporte dos mais variados fornecedores. O IAX é apresentado por suas vantagens quanto à economia de banda e transparência a implementações de NAT e por ser o protocolo nativo do PABX IP de código aberto mais utilizado atualmente, o Asterisk.

Para a aquisição do PABX e dos telefones, levando em consideração os itens abordados nos tópicos anteriores e ponderando a respeito de fornecedores, suporte oferecido, custos envolvidos em contratação, manutenção e treinamento e da orientação adotada e a cultura da empresa onde a implantação do sistema de telefonia IP está ocorrendo, definem-se agora a tecnologia, os equipamentos e os fornecedores que serão utilizados.

Para os enlaces de dados e de voz, é necessário **considerar a contratação de redundâncias e o planejamento de alternativas contra falhas dos links**. Para os enlaces de voz, ainda é possível considerar as tecnologias tradicionais e contratar um link TDM ou já é possível contratar um link SIP, H.323 ou até IAX2. Já existem empresas que oferecem este serviço.

É recomendável evitar o uso de diferentes protocolos, a não ser em casos especiais como troncos VoIP. Além das vantagens e desvantagens a serem consideradas em uma rede heterogênea, as traduções de protocolos nos *gateways* contribuem para aumentar o tempo de estabelecimento das chamadas e podem aumentar o consumo de recursos nos *gateways*.

Também **é recomendável evitar as conversões de CODECs**. As traduções aumentam o atraso fim-a-fim, degradam a qualidade do som e ainda aumentam consideravelmente a consumo da capacidade de processamento dos *gateways*.

Novas aquisições

Aquisições de atualizações

Se a implantação estiver sendo realizada em uma rede pré-existente, é possível aproveitar os equipamentos legados, evitando o desperdício do último investimento feito neles. Se este for o caso, será necessário **verificar quais são as partes adicionais e atualizações necessárias ao sistema legado**. Deve-se atentar para os custos da atualização e de novas licenças. Em algumas situações pode ser mais vantajoso substituir a infra-estrutura de telefonia existente. Em outras, pode ser melhor manter os equipamentos e interligar as redes como sugerido.

Aquisições de equipamentos novos

É necessário homologar os novos equipamentos que serão adquiridos. Se for possível, deve ser feito um teste antes de efetivar a compra, optando pela modalidade *trial-buy*, já mencionada anteriormente. Recomenda-se adquirir equipamentos que sejam robustos e tenham uma vida útil longa, mas que também sejam flexíveis o bastante para se adaptarem as novas tecnologias vindouras.

Não se devem esquecer as peças menores, principalmente se não for contratada uma empresa para executar a implantação. Conectores, cabos, baluns¹¹, adaptadores, ferramentas, instrumentos de medição e outros insumos que normalmente não entram

¹¹ BALUN vem do acronimo BALanced/UNbalance. É um equipamento que tem a função de adaptar meios de transmissão balanceados para meios não balanceados, resolvendo problemas de casamento de impedância e reflexão de sinal.

no detalhamento do projeto.

É preciso considerar a compra de **peças, placas e servidores sobressalentes**. Telefonia é um serviço crítico e não pode parar. Ter peças reservas pode diminuir consideravelmente o tempo de falhas.

Gerência da rede

A gerência da rede deve estar em sintonia com os objetivos da empresa. Para facilitar este trabalho, recomenda-se a adoção de algum modelo de gerência consagrado como o ITIL para gerência do serviço ou COBIT para governança de TI, com visão mais ampla do negócio. Além disso, cada dispositivo na rede IP, incluindo o PABX e os telefones, são alvos em potencial de ataques externos e internos. Garantir a segurança e a sanidade da rede é atribuição do gerente da rede. Então, recomenda-se também a adoção de boas práticas de segurança como o SoGP.

Um **Sistema de Gerência de Rede adequado à necessidade e capacidade da empresa** deve ser escolhido. Deve-se considerar sistemas complementares para auxiliar a gerência ou devem ser consideradas adições e modificações em sistemas fechados.

A gerência da rede pode ser executada por empresas terceirizadas, entretanto não é recomendável delegar a terceiros algo tão importante para manter a qualidade do sistema. Se ainda assim for um desejo do gestor manter a terceirização dessa tarefa, há de se calcular os custos de aquisição de software e treinamento e compará-los ao custo da terceirização em longo prazo.

Assumindo que a terceirização não é uma opção e a gerência será feita internamente, é necessário **capacitar os funcionários** na plataforma escolhida. Não adianta ter um sistema que não se pode controlar. Além disso, para tirar vantagem de todo o potencial do sistema será preciso conhecê-lo profundamente.

A implantação da rede de telefonia não reduz a necessidade de se conhecer o perfil de tráfego de voz. Pelo contrário, agora o histórico de ligações pode apontar tendências e revelará onde é necessário contratar mais recursos de rede e onde estes recursos estão superdimensionados. Portanto, recomenda-se manter uma base de dados com o detalhamento de todas as chamadas da rede, mesmo não havendo a necessidade

de cobrança. Por analogia, o mesmo princípio pode ser dito a respeito do tráfego de dados.

É importante **analisar os relatórios** que o sistema de gerência é capaz de emitir. Eles existem por algum motivo. E o motivo é que eles oferecem uma forma rápida e prática de conhecer o que está acontecendo com o serviço e com a rede. Eles ajudam a corrigir falhas e a prever tendências, possibilitando a adaptação às novas demandas antes mesmo delas se concretizarem.

Problemas em ToIP

Deve sempre haver uma alternativa ao plano principal. Mesmo se tudo o que foi planejado falhar, o serviço de telefonia é crítico e não pode parar. O plano alternativo deve ser de conhecimento de todos os responsáveis para que ele seja rapidamente implementado e o serviço possa ser reestabelecido.

Evite problemas desde o planejamento

Tão importante quanto conhecer as forças de uma tecnologia, é conhecer as fraquezas. As próximas recomendações tratam de problemas ligados a alguma fraqueza do VoIP.

Atenção com firewall e NAT

Dependendo da tecnologia adotada, implementações de NAT e firewall podem representar a inoperância do serviço de telefonia. Como foi verificado nos capítulos anteriores, SIP e H.323 utilizam um canal de controle, com portas conhecidas, para negociar os canais de transporte da voz, com portas aleatórias.

É recomendável evitar que o tráfego de voz passe por esses equipamentos. Se não for possível, é necessário estudar as alternativas e, antes de colocar o serviço em produção, deve-se testá-lo e homologá-lo.

VoIP está longe de ser um meio adequado de enviar e receber fax.

Grande parte dos problemas reportados por usuários da tecnologia de voz sobre IP é a respeito da troca de fax. É possível conseguir resultados razoáveis para pessoas e

empresas que usam pouco o fax. Mas para quem faz uso intensivo deste recurso é recomendável utilizar uma linha telefônica tradicional.

Uma alternativa é utilizar soluções como gateway fax-email e email-fax.

O mesmo pode-se dizer de máquinas de cartão de crédito.

Os CODECs utilizados em VoIP foram desenhados para comprimir a voz e não para transmitir sinais analógicos. Neste caso, também é possível obter algum sucesso em implementações menos exigentes. Mas também é bom evitar o uso das máquinas de TEF (Transferência eletrônica de Fundos), as máquinas de cartão de crédito, com VoIP.

Existem duas alternativas óbvias para este problema: utilizar uma máquina com interface Ethernet ou uma com interface GPRS, muito comum hoje em dia.

Alguns sistemas de alarmes também utilizam a linha telefônica para dados

Alguns sistemas de alarmes utilizam a linha telefônica para enviar dados para a central de alarmes. Novamente encontra-se a tentativa de enviar dados por um meio que foi desenhado para transportar voz digitalizada.

É preciso verificar as alternativas com a operadora do sistema de alarmes ou utilizar uma linha exclusiva para o sistema.

VoIP precisa de energia!

Quando falta energia, o telefone tradicional não para. VoIP precisa de energia para manter ligado os equipamentos de rede e para o próprio telefone. Além disso, o acesso com a Internet ou enlace com as áreas remotas da empresa precisam estar funcionando corretamente. A utilização de *no-breaks* e geradores manterá o sistema ligado por muito mais tempo. Um bom UPS é essencial para essas situações.

As operadoras não são perfeitas

Sobre a estabilidade das conexões de rede, é recomendável manter um acordo de SLA com o fornecedor. Na verdade, isto não garante que o enlace não fique indisponível, mas a multa pode estimular a operadora a manter os enlaces disponíveis.

No caso de acionamento do contrato de SLA, o pagamento da multa por parte da operadora pode ajudar a cobrir eventuais prejuízos. Portanto, tenha um “plano B” para o caso de falha nos enlaces de dados.

Não espere que a rede tenha um bom desempenho 100% do tempo

Problemas acontecem! E normalmente não há nenhum aviso. Um ataque ou vírus que congestionue seu *link* de dados pode prejudicar bastante a qualidade da voz. Um conector mal encaixado pode causar problemas para as ligações, mesmo que ainda se consiga navegar na Internet.

É recomendável considerar a utilização de regras de QoS (priorização de pacotes), tanto para LAN quanto para WAN, mesmo quando existir banda disponível. Além disso, é preciso seguir os padrões e as melhores práticas na execução de qualquer tarefa. Também é recomendável a realização de revisões periódicas na rede física.

Problemas da fase de operação

A Tabela 8 apresenta uma lista de problemas comuns encontrados em redes de Voz sobre IP.

Usuário percebe	Possível causa	Possível ação corretiva
Dificuldade para entender a voz. Voz falhando ou “picotando”.	Congestionamento na rede, gerando perda de pacotes ou alto <i>jitter</i> .	Priorização de tráfego e contratação de mais banda.
Ouve a própria voz.	Alta latência e má isolamento acústica do fone do interlocutor. Uso de “viva-voz”.	Utilização de canceladores de eco; Não utilizar “viva-voz”.
Chamada SIP ou H.323 completa, mas ninguém ouve nada.	Possível bloqueio para canais de mídia.	O administrador deve remover o bloqueio ou instalar módulo adequado no <i>firewall</i> .

Chamada SIP ou H.323 completa, mas apenas um ouve a voz do outro.	Quem não ouve seu interlocutor pode estar atrás de NAT.	Instalar módulo no <i>firewall</i> que reconheça chamadas SIP e H.323.
Chamada não se estabelece.	Problema de conectividade ou <i>firewall</i> .	Caso não seja encontrado problema de conectividade, o administrador deve verificar bloqueios no <i>firewall</i> .
Palavras truncadas, mas quando o som chega, tem boa qualidade.	Má regulagem do VAD, normalmente em <i>softphones</i> .	Regule os níveis de corte ou rode aplicativo que orienta as configurações de áudio.

Tabela 8: Problemas, causas e soluções em VoIP

O roteiro

Após uma exposição mais extensa dos itens relevantes a instalação de sistemas de telefonia IP, com comentários e sugestões, conclui-se esta seção com o roteiro para implantação do serviço de telefonia, apresentado de forma mais direta e objetiva. Este roteiro pode ser utilizado como um *checklist* a ser seguido. Obviamente, procurou-se abranger situações diversas que vão desde novas instalação a upgrade de sistemas pré-existentes. As características particulares de cada caso devem ser observadas.

1. Antes de qualquer coisa, VoIP é mesmo necessário?

Se objetivo é apenas reduzir custos, então verifique se há alternativas.

1.1. É possível renegociar os contratos de fornecedores?

1.1.1. Revise os contratos com operadora de telefonia fixa

1.1.2. Revise os contratos com operadora de telefonia móvel

- Se não existirem, considere ouvir suas propostas para grupos

1.1.3. Revise os contrato com operadora de dados

1.2. Existem abusos no uso dos recursos de comunicação?

1.2.1. Faça uma Campanha de conscientização e reeducação

1.2.2.A política de uso dos recursos de comunicação está sendo descumprida?

- Faça conhecer a política de uso
- Se ainda não existe, providencie

2. Implantação ou upgrade da estrutura de telefonia

2.1. Crie um projeto para a implantação

2.2. Forme uma equipe com as competências necessárias ao desenho e execução do projeto

2.3. Desenhe os processos inerentes a prestação do serviço

2.4. Procure orientar-se por padrões e boas práticas conhecidas

2.5. Defina o escopo de atuação

2.5.1.Quem serão os usuários?

2.5.2.Quais os destinos possíveis das ligações?

2.5.3.Existirão grupos com permissões distintas?

2.5.4.Além das chamadas, que outros serviços de voz serão oferecidos aos usuários?

Caixa postal, aviso por email, fax, integração com banco de dados, bilhetagem, etc

2.6. Dimensione o sistema

2.6.1.Analise relatórios dos PABX próprios e da operadora. Determine a demanda esperada para as chamadas:

- De dentro para fora da empresa
- De fora para dentro da empresa
- Dentro da empresa, entre as unidades remotas, se houver

2.6.2.Se houver gravação das chamadas, é importante estimar o tempo médio de retenção para dimensionamento do sistema de armazenamento.

2.6.3.Analise a ocupação dos enlaces de dados, se for utilizá-los para transporte da voz.

- Decida sobre priorização de pacotes e/ou contratação de mais banda para os enlaces.

2.6.4.Considere a demanda reprimida e decida onde os canais de voz de entrada e saída devem ser instalados.

- 2.6.5. Procure utilizar apenas um CODEC no sistema. Se não for possível, procure minimizar a quantidade de traduções necessárias nos proxies.
 - 2.7. Defina o plano de numeração do sistema considerando:
 - 2.7.1. O plano de numeração do sistema legado, se houver
 - 2.7.2. Os serviços adicionais que serão disponibilizados na rede e
 - 2.7.3. A faixa DDR que será disponibilizada pela operadora, se for o caso
 - 2.8. Contratação dos serviços de telefonia fixo, móvel e de dados
 - 2.8.1. Defina os SLAs dos contratos
 - 2.8.2. Defina como será feita a medição dos parâmetros contemplados
 - 2.8.3. Contrate os fornecedores
 - 2.8.4. Casos já existam fornecedores, reveja e renegocie os contratos e SLAs.
 - 2.9. Identifique parceiros que possuam interesse em troca de tráfego de voz
 - 2.9.1. Defina as condições dos acordos, se for o caso.
 - 2.10. Verifique se sua equipe está capacitada para operar e gerenciar o serviço de telefonia. Dependendo da necessidade e estratégia da empresa:
 - 2.10.1. Capacite os recursos atuais
 - 2.10.2. Contrate recursos capacitados a operar os sistemas existentes
 - 2.10.3. Contrate empresas especializadas
 - Atenção especial para o SLA, neste caso.
 - 2.11. Prepare a infraestrutura para suportar adequadamente o novo serviço
3. Homologue a rede.
 - 3.1.1. Antes de iniciar o novo serviço, verifique se a rede atual o suporta.
 - 3.1.2. Verifique cabos, conectores, switches, fornecimento de energia, políticas de QoS e tudo mais que interfere no transporte dos dados.
 - 3.1.3. Reavalie os enlaces de longa distância, que unem seus pontos remotos
 - Considere a utilização de técnicas que otimizam o uso de banda
 - Considere a utilização do protocolo IAX2 para uso otimizado de banda para mais de 2 ligações simultâneas
 - Se houver problemas com NAT e Firewalls, considere o uso do protocolo IAX2
 - 3.1.4. Caso se opte por utilizar telefones IP, revise o fornecimento de energia para os mesmos. Dê preferência para telefones e switches PoE.

- 3.2. Dependendo da necessidade, considere a contratação de enlaces de voz e dados redundantes .
 - 3.2.1. Para enlaces de voz baseado em IP, pode ser interessante contratar redundância com tecnologia tradicional TDM.
 - 3.2.2. Tanto para rede interna, quanto para fornecedores, evite utilizar vários protocolos diferentes, assim como evite utilizar CODECs diferentes.
 - 3.3. Para o caso de reaproveitamento dos equipamentos existentes
 - 3.3.1. Verifique a necessidade de upgrade dos mesmos
 - 3.3.2. Verifique os custos com novas peças e com novas licenças, se for o caso
 - 3.4. Para o caso de novas aquisições de equipamentos
 - 3.4.1. Homologue-os. Faça testes antes de efetivar a compra.
 - 3.5. Caso não se contrate uma empresa especializada para executar a nova instalação, lembre-se das pequenas peças como cabos, conectores e baluns.
4. Sobre a gerência da rede
 - 4.1. Caso não se contrate uma empresa especializada para operar e gerenciar o novo serviço, assegure-se de adquirir também equipamentos e peças sobressalentes.
 - 4.2. Assegure-se de instalar um sistema de gerência adequado à necessidade e capacidade da empresa
 - 4.3. Assegure-se também de ter recursos humanos adequados para operar e gerenciar o sistema
5. Faça a divulgação do novo serviço de acordo com o que se espera dos usuários
 - 5.1. Caso seja o sistema interno de uma empresa, lembre da limitação do recurso
 - 5.2. Caso seja um serviço comercial, reforce todas as vantagens.
6. Evite problemas conhecidos
 - 6.1. Firewall e NAT:
 - 6.1.1. Verifique o equipamento suporta SIP e H.323
 - 6.2. Fax:

6.2.1. Não utilize FAX com implementações de VoIP. Procure utilizar um gateway email-fax-email

6.3. TEF:

6.3.1. Não utilize VoIP com máquinas de pagamento eletrônico

6.4. Alarmes:

6.4.1. Procure não utilizar alarmes com em sua estrutura VoIP. Verifique alternativas.

6.5. Fornecimento de energia:

6.5.1. Procure utilizar um bom UPS

6.5.2. Procure utilizar PoE

6.6. Operadoras:

6.6.1. Tenha um SLA e o utilize, quando necessário

6.6.2. Tenha redundâncias

6.7. Rede IP:

6.7.1. Prepare-se para eventuais problemas de rede

- Ataques, vírus, falha em rotas, perda de pacotes, etc

Capítulo 7 – Casos práticos

Este capítulo traz dois estudos de caso relevantes para esta dissertação. Foi possível aprimorar a metodologia apresentada a partir destes estudos. Além disso, essas experiências possibilitaram a criação de sugestões a serem aplicadas em projetos de instalação e/ou migração para VoIP e Telefonia IP. Os dois casos apresentados aqui validam a metodologia descrita no capítulo anterior.

É importante ressaltar que a exposição de ambos os casos foi autorizada pelos então diretores dessas empresas responsáveis pelos projetos.

É igualmente importante informar que nomes de marcas e modelos de equipamentos aqui citados estão presentes nesse documento para esclarecer e descrever os fatos, experiências e teses realizados. Além disso, é preciso enfatizar que não há nenhum envolvimento comercial do autor ou seu orientador com quaisquer marcas citadas nessa dissertação.

Projeto Piloto FIRJAN – GTECCOM / UFF

Apresentação

Este projeto teve por objetivo diagnosticar e planejar a implantação de telefonia IP na instituição. Ele foi dividido em 2 fases: diagnóstico e planejamento.

O trabalho contemplou um estudo teórico dos protocolos e tecnologias envolvidas, considerando características genéricas das soluções propostas pelos fornecedores; executaram-se ensaios práticos que objetivaram encontrar a melhor solução técnica e econômica para as questões de transparência de serviços e reação a falhas da rede e; propôs-se um modelo de gerência de redes e um plano de migração inteligente, que visava, entre outras coisas, o menor desembolso possível para a modernização do parque de equipamentos.

A fase de diagnóstico cuidou da verificação da rede IP. O tráfego de todos os enlaces foi analisado ao nível de aplicação. Após os estudos foi possível afirmar que enlaces precisavam ser aumentados e, principalmente, que estratégia de QoS deveria ser aplicada à rede. Os estudos apontaram para a utilização de DiffServ, definindo-se

classes para serviços que já existiam e os que iriam ser acrescentados na rede.

A fase de planejamento da implantação da rede de telefonia sobre IP, contou com estudos de interoperabilidade entre diversos equipamentos e protocolos, considerando soluções proprietárias e de código aberto. Na segunda fase também foi realizado a análise dos contratos das prestadoras de serviço de telecomunicações, incluindo o operador de telefonia móvel. Também foi realizado um estudo que considerava a implantação da solução de acordo com a economia que esta proporcionava para que ocorresse o menor desembolso possível durante o processo de migração.

De forma geral, o projeto proporcionou economia da ordem de 60% dos custos com telecomunicações dessa empresa.

O ambiente

Os equipamentos utilizados no projeto foram:

- Ericsson MX-One – Opção da Ericsson para substituição do PABX atual (50);
- Ericsson MD-110 versão BC-09 – PABX existente na Sede (51);
- Siemens – HiPath 3800 com interface IP HG-1500 funcionando como *gateway* na Sede e como PABX nas Unidades remotas (52);
- Asterisk – representando o *software* livre, funcionando ora como ora como *gateway*, ora como cliente, simulando unidade remota com ramais analógicos e *softphones* (53);
- Cisco 1751 com IOS 12.1(5)T10 – Portas FXS ligadas a posições de tronco de PABX analógico em Unidades remotas (54);
- PABX legados, como Monytel, Alcatel, Digtro e Intelbrás. Estes deverão ser substituídos no decorrer do tempo.

A FIRJAN tem sua Sede localizada na cidade do Rio de Janeiro e cerca de 50 Unidades Remotas espalhadas pelo estado do Rio de Janeiro. Sua rede de dados é baseada no protocolo Frame Relay, onde o nó central fica na Sede. Possui roteadores Cisco em todas as unidades. Nas Unidades Remotas, o modelo do roteador é 1751 – IOS 12.1(5)T10 – que possui duas interfaces FXS. A gerência da rede de dados está

centralizada na Sede.

A exceção de uma unidade que possui um Tie-Line E1 (R2D) interligando seu MD-110 ao PABX MD-110 da Sede e de um um prédio próximo (chamado de PRÉDIO1) que possui algumas LPs para ramais fisicamente distantes da Sede, não existe uma rede de voz corporativa. Cerca de 10 Unidades Remotas possuem PABX Siemens HiPath 3800 com placa HG, que possibilita a implementação de VoIP, entretanto, na versão atual, apenas com protocolo proprietário. Outras 20 Unidades possuem PABX grandes, com uma interface E1, algumas linhas analógicas e diversos ramais, mas sem interface IP. Ainda existem unidades com PABX pequenos, sem interface E1, e outras sem PABX, contando apenas com linhas analógicas da operadora local.

A Figura 30 ilustra as redes de dados e voz antes da convergência, como foi descrito nos dois parágrafos anteriores.

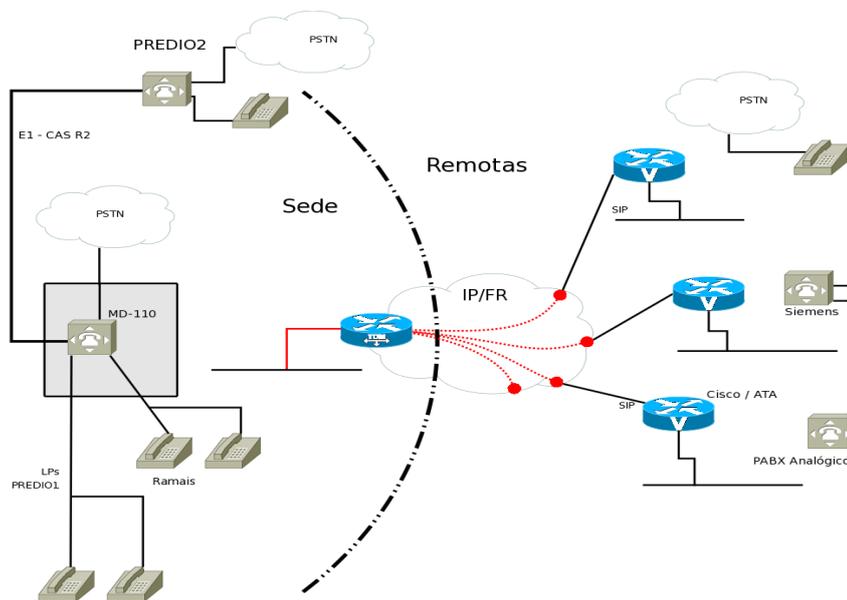


Figura 30: Rede de dados separada da rede de voz antes da convergência.

Fonte: Relatório interno

Na época do estudo, não havia gerência da rede de voz. Cada unidade era responsável pela política de utilização de seus recursos de voz. Entretanto, a Sede era responsável pela manutenção das redes locais e dos equipamentos. Com este projeto,

pretende-se aumentar o controle da sede sobre os equipamentos das unidades, possibilitando sugestões de melhores práticas para utilização da rede.

A Figura 31, a seguir, mostra uma etapa intermediária do processo de modernização. Pode se observar que os diferentes ambientes (PABX Siemens com interface IP, PABX legados sem interface IP e telefones comuns) estão integrados, utilizando a rede IP para o tráfego de voz. Esta figura evidencia os roteadores funcionando como ATAs (Analog Telephone Adapter) em todas as localidades onde não há PABX com interface IP.

É importante atentar para a presença do “Dispositivo Inteligente”, um novo equipamento inserido no sistema que auxilia o usuário no caso de falhas na rede de dados. Este dispositivo é melhor apresentado no decorrer do texto.

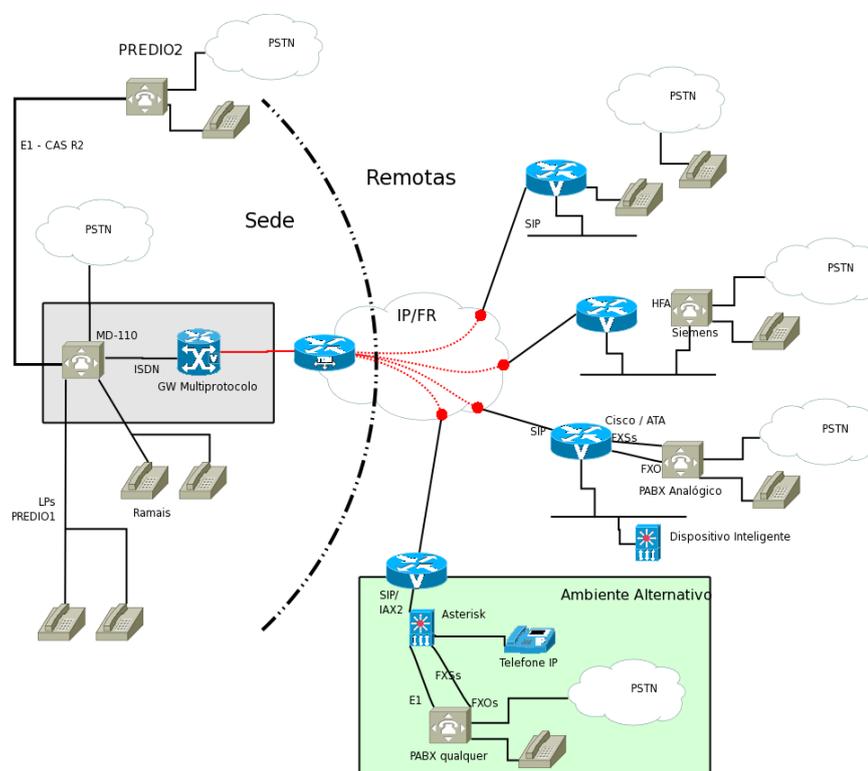


Figura 31: Redes de dados e voz durante o processo de convergência.

Fonte: Relatório interno

Ainda na Figura 31, é apresentado um ambiente alternativo formado por um

servidor Asterisk, portanto de código aberto, que pode funcionar como um ATA, um *gateway* ou ainda como o próprio PABX de alguma localidade.

A Figura 32 ilustra como as unidades deverão se integrar após a implantação completa da modernização da rede de voz.

Note que todas as unidades remotas estarão equipadas com PABX Siemens. O *gateway* também deverá ser do mesmo fabricante, garantindo que todos os serviços suplementares previstos funcionem.

Opcionalmente, é possível ter no sistema, um ou mais ambientes baseados em código aberto. Vantagens e desvantagens são discutidas ao longo do capítulo.

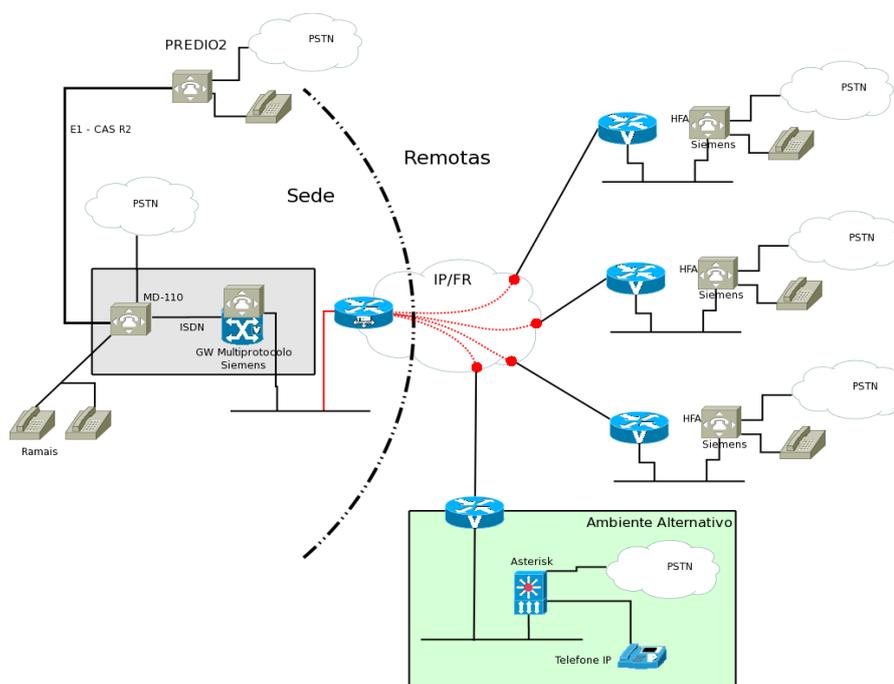


Figura 32: Rede de voz e dados após a convergência.

Fonte: Relatório interno

O Projeto Piloto

O objetivo do Projeto Piloto foi demonstrar a viabilidade e a melhor forma de uso da tecnologia de Voz sobre IP para a integração da rede de voz das unidades remotas com a Sede. São propostos a topologia da rede, plano de numeração, métodos e equipe de gerência e recomendações de uso da rede, conseqüentemente, conduzindo a uma

redução de custos de telefonia para todas as Unidades.

Deve-se saber que um dos fatores que nortearam a pesquisa foi a manutenção de qualidade das redes, garantindo que uma interrupção na rede de dados não pudesse afetar as comunicações de voz, bem como manter a clareza nas conversações.

A análise técnica contemplou a verificação de compatibilidade dos equipamentos dos diferentes fabricantes operando com protocolos abertos SIP e H323. Consideraram-se chamadas básicas e alguns Serviços Suplementares, sendo avaliada a transparência de facilidades e a capacidade de expansão da rede.

Por fim, como produto desta pesquisa, foi definido o Plano de Migração da nova rede. Esse Plano de Migração foi uma solução em que, com um investimento inicial relativamente baixo, programou-se a renovação do parque de PABX reaproveitando ao máximo o investimento há pouco realizado para adquiri-lo.

Descrição das soluções dos fornecedores

Os fornecedores e equipamentos escolhidos para as alternativas de solução dos testes pilotos são os que na época formavam a plataforma da rede de voz da associação, além de uma solução adotando software aberto. São eles: Siemens, Damovo e um Gateway baseado em software aberto (Asterisk).

A Damovo disponibilizou o seu novo produto, o MX-One, que suporta SIP e pretende substituir o MD-110 da Sede. A principal vantagem é não necessitar de gateway, possibilitando que as Unidades Remotas sejam configuradas como extensões deste PABX. A principal desvantagem desta solução, para este caso específico, é o elevado custo de implantação e licenças. Além disso, demandaria *upgrade* de todos os PABX das Unidades com equipamento Siemens para que eles suportassem protocolo aberto de Voz sobre IP, e ainda assim o sistema não suportaria Serviços Suplementares. Constatou-se também que não foi possível estabelecer uma ligação VoIP entre os equipamentos MX-One e os roteadores Cisco, com a versão de IOS específica existente nos equipamentos da associação. A solução da falta de comunicação entre esses equipamentos seria o *upgrade* do sistema operacional dos roteadores. Entretanto, esta não era uma opção naquele momento, pois também implicava em *upgrade* do *hardware*

do roteador (aumento da memória), que era propriedade da operadora de telecomunicações.

A solução Siemens foi baseada em um *gateway* multi-protocolo ligado ao MD-110 por interface ISDN. Dispensava qualquer atualização do PABX atual da Sede e dos PABX das Unidades Remotas que já possuíam placa HG. É a solução que, a princípio, seria a ideal, pois além das questões internas e não relevantes nesta dissertação, trazia mais serviços suplementares a um custo aceitável, ou seja, melhor relação custo-benefício.

A solução com código aberto utilizava um servidor baseado em arquitetura x86. A plataforma contou com sistema operacional Linux e *software* Asterisk como PBX. Ele funcionou como um *gateway* multi-protocolo para rede IP sempre utilizando padrões abertos para garantir a interoperabilidade com equipamentos de diversos fabricantes. Esta solução também dispensava atualizações no PABX da sede, mas requeria atualizações nos PABX das Unidades. Além do baixo custo de implantação, a vantagem é que este servidor poderia atuar como Servidor de Aplicações da rede de Voz, servindo informações armazenadas na rede de Dados, sem custos adicionais com licenças de nenhuma espécie. A desvantagem é que ele não suportaria Serviços Suplementares. Além disso, as equipes de TI, Telecom e Telefonia necessitariam de treinamento nesta nova solução.

Testes do Projeto Piloto

As chamadas telefônicas realizadas durante o teste foram contabilizadas e monitoradas no ponto da rede onde se encontram os *gateways*.

Testes preliminares

O teste preliminar consistiu simplesmente em realizar chamadas entre os equipamentos de telefonia e realizar uma transferência para outro ramal no equipamento de destino. O objetivo era verificar que os ramos nos diferentes ambientes e fabricantes se comunicam via IP. Nesta etapa não foi necessário aplicação de QoS na rede de dados.

Como citado anteriormente, os equipamentos da Ericsson (PABX MX-One) e da Cisco (roteador 1751 com a versão de IOS instalada) não conseguiram estabelecer uma

chamada VoIP utilizando o protocolo aberto SIP.

A equipe de engenharia da Ericsson e da Damovo do Brasil verificou que o PABX MX-One é capaz de se comunicar com roteadores Cisco, porém com versões mais atuais de IOS. Não se determinou qual a menor versão compatível de IOS.

Realizar atualização nos roteadores que atendiam a instituição não era uma opção. Assim, a solução de utilização do MX-One tornou-se inviável naquele momento.

Testes de Facilidades (Serviços Suplementares)

O objetivo principal dos testes de facilidades foi verificar a transparência dos serviços suplementares utilizados atualmente no ambiente da FIRJAN e outros que seus funcionários manifestaram interesse. Tomou-se como referência, os serviços suplementares previstos pelo protocolo Q.SIG, para redes particulares TDM.

Nestes testes, também foi analisada a ocorrência de *loops* quando uma chamada retorna para o PABX de origem. Por exemplo, quando um ramal A do PABX A chama o ramal B do PABX B e este transfere a chamada para um terceiro ramal C também no PABX A. Neste caso, o PABX A deveria desocupar os canais IP e fechar o circuito internamente entre os ramais A e C. O nome desta característica chama-se *Loop Avoidance*. Esta análise foi realizada capturando o tráfego de voz na rede IP, verificando a desconexão, ou não, do canal de voz.

Nenhum teste deste tipo evitou a criação do *loop* na rede IP. Em todos os testes, cada transferência ou redirecionamento das ligações para PABX distintos é visto pela rede IP como uma nova chamada.

Teste de Reação a Falhas na Rede de Dados

Nestes testes foram simuladas condições adversas da rede de dados para verificar como a rede e o PABX reagiriam. Foram realizados testes de tolerância a perda de pacotes, utilizando diferentes CODECs, e de interrupção total da comunicação junto à placa de rede dos PABX e na nuvem IP.

Os testes mostraram que os roteadores Cisco e o PABX Siemens conseguem suportar maiores taxas de perda de pacotes devido a algoritmo de predição, que estima

valores de pacotes perdidos.

Os PABX Siemens e Asterisk são capazes de re-encaminhar as chamadas pela rede TDM no caso de interrupção da rede IP, em qualquer ponto e por qualquer motivo.

O roteador Cisco, por estar associado a um PABX analógico, não é capaz de identificar interrupções na rede de dados e re-encaminhar as chamadas para rede TDM. Para solucionar tal problema, seria necessário acrescentar alguma inteligência neste ambiente, por exemplo, através de um servidor Asterisk que monitoraria o enlace e apresentaria ao usuário uma mensagem de orientação.

Testes de aceitação dos usuários

O principal objetivo dos testes de aceitação dos usuários é avaliar como os verdadeiros usuários do sistema percebem a qualidade das ligações e as mudanças na forma de utilizá-lo.

Infelizmente, a avaliação não foi realizada. Ainda assim, segue sua descrição para que haja a possibilidade de ser realizada em outra ocasião. Esta avaliação deveria ser efetuada após a rede de dados ter sido preparada, ou seja, no momento da realização dos testes as regras de QoS devem estar configuradas.

A avaliação é composta por um teste espontâneo, onde o usuário realiza ligações de acordo com sua demanda, sem alterar sua rotina e; por um teste controlado, onde são escolhidos pela empresa 5 (cinco) funcionários que têm a tarefa de, durante o mínimo de duas semanas, realizarem chamadas para qualquer ramal das outras Unidades em horários aleatórios, mas distribuídas no início, no meio e no fim do dia. Essas chamadas são contabilizadas e graduadas com notas de 0 (não foi possível completar) até 5 (qualidade muito boa).

Após a realização destes procedimentos, será enviado por email um questionário simples para as pessoas que utilizaram o novo sistema de modo a avaliarem o mesmo.

Estudo sobre a homogeneidade da rede

Arquitetura homogênea

Definição

Aplicando o conceito de homogeneidade apenas no ambiente IP da rede de voz, arquitetura homogênea é aquela onde o *gateway* e as centrais remotas utilizam o mesmo protocolo e são do mesmo fabricante.

Para a FIRJAN, a única possibilidade para se ter um ambiente IP homogêneo seria utilizar um *gateway* Siemens, já que a maior parte dos PABX remotos era deste fornecedor, sendo economicamente inviável a substituição destes por qualquer outro.

O protocolo a ser utilizado neste ambiente seria o HFA, proprietário e desenhado para suportar transparência de facilidades.

Do lado TDM, o Gateway continuaria ligado ao MD-110 utilizando ISDN.

A homogeneidade total só seria conseguida se os PABX Ericsson fossem substituídos por PABX Siemens, que eliminaria a necessidade do Gateway entre o MD110 da sede e os PABX remotos, proposta que na prática se mostrou inviável.

Vantagens

Mais do que poder contar com as soluções corporativas disponíveis na solução do fabricante, as maiores vantagens de se ter um ambiente homogêneo (transparência de facilidades, mesma equipe, mesma gerência, manutenção, impacto reduzido nos custos, etc.) é a estabilidade do sistema e a uniformidade e centralização do gerenciamento da rede.

Desvantagens e Limitações

Em um ambiente homogêneo, as limitações se resumem às soluções que o fabricante programou. Porém, essas limitações não são críticas, pois todos os recursos desejáveis como contingenciamento de falhas, gerenciamento centralizado da rede, entre outros, estão implementados no sistema da Siemens.

Outra desvantagem é o alto custo dos equipamentos, serviços e licenças.

Expansão

Caso seja adotada a solução Siemens, há plena possibilidade de expansão, tanto para manter-se o ambiente homogêneo, como para migrar para um ambiente heterogêneo, com a utilização de tecnologias abertas (SIP) e outros fabricantes. A expansão para ambiente heterogêneo se traduz em uma grande vantagem deste sistema, além de uma possível redução nos custos. Neste caso, pelo menos o *gateway* precisa ter instalado a versão de *software* com protocolos abertos, SIP ou H.323.

Gerência

A gerência da rede de voz pode ser realizada de forma centralizada, mas disponibilizada a todas as localidades via WEB, pela rede interna de dados. Os PABX monitoram o estado dos enlaces garantindo que, no caso de falhas da rede de dados, o sistema de voz não para, encaminhando as chamadas por rotas alternativas. Para tal, existe uma ferramenta proprietária, mas também pode ser utilizado qualquer agente SNMP para monitoramento.

Arquitetura heterogênea

Definição

Arquitetura heterogênea, também levando em consideração apenas o ambiente IP, é aquela onde os equipamentos são de diferentes fabricantes. Podem ser utilizados diferentes protocolos de voz sobre IP.

No lado TDM, o Gateway também estará ligado ao MD110 pela interface ISDN.

Vantagens

Entre as vantagens do ambiente heterogêneo está a liberdade para escolha de fabricantes e tecnologias. Utilizando tecnologias abertas, o usuário não se prende a um ou outro fabricante, podendo recorrer a soluções mais econômicas, inclusive livres de licenças de utilização.

Outra grande vantagem é a facilidade para criação de novos serviços como URAs multi-níveis, integração a banco de dados quaisquer, reconhecimento de voz e leitura de textos (*text-to-speech*).

Desvantagens e Limitações

As limitações de uma rede heterogênea podem variar bastante em função das tecnologias e fabricantes envolvidos. Podem inclusive permitir simplesmente as chamadas básicas.

Os testes do Projeto Piloto apontaram as limitações especificamente para este caso: sem transparência de facilidades e requer *upgrade* de *software* das centrais Siemens das unidades remotas.

Expansão

A expansão de uma rede de voz heterogênea também é facilitada, justamente pela liberdade de escolha que o usuário possui. A capacidade de agregar novas tecnologias também é um fator positivo, que contribui para aumentar a flexibilidade dessa arquitetura.

Entretanto, há de se ter cuidado redobrado quando da aquisição de novos equipamentos para se certificar que o novo dispositivo é compatível com a rede. Recomenda-se a modalidade de compra conhecida como *trial-buy*, onde o fornecedor cede o equipamento por um determinado período e a compra só é efetivada caso o comprador ateste seu correto funcionamento. No caso contrário, o produto é devolvido.

Gerência

O gerenciamento de uma rede heterogênea é um ponto crítico do sistema. Devido às diferentes tecnologias e fabricantes, as interfaces de configuração e gerências dos sistemas também são diferentes. Isto requer um maior esforço das equipes de gerência, que precisam dominar os produtos e soluções dos diversos fabricantes existentes em sua rede. Isto implica em um procedimento de recuperação de falhas para cada fabricante.

Entretanto, todos os equipamentos utilizados neste projeto possuem suporte a SNMP, que facilita, centraliza e, em algum grau, uniformiza o monitoramento e gerência da rede.

A Tabela 8 a seguir apresenta uma síntese da comparação entre ambientes homogêneos e heterogêneos.

	Homogêneo	Heterogêneo
Vantagens	Transparência de facilidades e uniformidade na operação, gerência e manutenção.	Liberdade para escolha de protocolos e fabricantes. Facilidade para criação de novos serviços.
Desvantagens	Alto custo de equipamentos e licenças.	Pode restringir serviços suplementares.
Expansão	Solução escalável, inclusive podendo migrar para ambiente heterogêneo.	Facilidade para expansão, podendo agregar novas tecnologias.
Gerência	Centralizada, mas disponibilizada para gestores via web.	É possível centralizar, mas deverá haver um procedimento para cada fabricante/solução.

Tabela 9: Tabela comparativa de ambientes quanto a heterogeneidade.

Fonte: Relatório interno

Redundância e Tolerância a Falhas (Contingência)

A proposta de encaminhar o tráfego de voz sobre a rede de dados deixa subentendido que uma falha na rede IP pode provocar interrupção na comunicação telefônica. Felizmente, além dessas falhas serem relativamente raras, existem formas de contornar várias delas.

Naturalmente, a contingência seria executada desviando o tráfego que cursaria pela rede de dados de volta pela rede de telefonia pública. O impacto econômico deste desvio remete a situação atual, onde a empresa deixa de economizar nas ligações internas. O desafio, portanto, é tornar este desvio automático.

Os testes mostraram que os *gateways* Siemens e Asterisk desviam as chamadas automaticamente em caso de falha.

O monitoramento da rede de dados, imprescindível para que ações de contingência sejam tomadas rapidamente, pode ser feito utilizando as ferramentas de SNMP já existentes na empresa. Ações de contingência, quando necessárias, podem ser diferentes para cada equipamento, mas todas podem ser disparadas pela ferramenta de gerência existente hoje (utilizando Traps SNMP) e irão modificar a rota de encaminhamento das chamadas para a rede de telefonia pública tradicional.

Atenção especial para os PABX analógicos, pois não é possível modificar automaticamente as regras de encaminhamento de chamadas dos mesmos. Para localidades onde existe PABX analógico ligado a roteadores Cisco, foi proposta uma solução utilizando um dispositivo inteligente baseado em *software* livre e utilizando um *hardware* de baixo custo, contendo mensagens de orientação para o usuário do sistema.

Os testes de contingência mostraram que, além do desvio automático de chamadas (sem necessidade de intervenção da gerência da rede) quando há descontinuidade na rede de dados, os PABX Siemens também apresentam maior tolerância a perda de pacotes nos fluxos de voz.

Evolução da Rede

A Rede de Dados

Na época da realização da pesquisa, a tecnologia de rede adotada pela empresa era Frame-Relay com topologia em estrela, ou seja, as ligações de seus enlaces remotos estão concentradas em apenas um ponto, a sede. A tendência tecnológica indica que este tipo de solução está sendo substituído por protocolos com maior capacidade de transferência de dados e arquitetura baseada em malhas, também conhecida como redes *mesh*, onde um ponto da rede se comunica com mais de um ponto. Quando cada localidade se comunica com todas as outras, chama-se esta arquitetura de *full-mesh*.

A rede em full-mesh tem maior tolerância a falhas por possuir diversos caminhos. Além disso, as novas tecnologias que possibilitam a arquitetura em malha, também possuem eficientes mecanismos de QoS.

Portanto, tecnicamente não existem impactos negativos para a rede de dados quando da migração da atual tecnologia para uma em malha.

Entretanto, a substituição de uma rede em operação nem sempre é economicamente vantajosa. É preciso levar em consideração os custos envolvidos na migração, pois benefícios técnicos podem não justificar o possível aumento nos custos.

A Rede de Voz

A rede de voz, hoje independente em cada localidade, passará a funcionar sobre a rede de dados Frame-Relay. Isto significa que o fluxo de voz de ligações entre duas localidades remotas terá obrigatoriamente que passar pelo nó central, na Sede.

Então, do ponto de vista da economia de banda no enlace de dados da Sede, não importa se o *gateway* está configurado como um Proxy Stateless ou Statefull, já que todos os fluxos precisam passar pelo nó central.

Os *gateways* Siemens, MX-One e Asterisk podem ser configurados para manter o controle das chamadas, mas não precisam estar no caminho da mídia. Isto significa que apenas o controle das chamadas de Voz sobre IP passa por eles, sendo a mídia (voz) encaminhada diretamente para o participante de destino. Essa característica também reduz o nível de processamento do *gateway*.

Entretanto, a utilização do *gateway* Asterisk com os PABX Siemens só foi possível quando o Asterisk era configurado para se manter no caminho da mídia, fazendo com que a voz passasse pelo *gateway*.

Tecnicamente, a rede de voz sempre irá se beneficiar das características da arquitetura em malha, seja por economia de banda no nó central ou pela redundância nas rotas.

O plano de Migração

Foi proposto um plano de migração baseado em arquitetura homogênea onde a empresa investiria inicialmente um valor relativamente baixo. O estudo do tráfego telefônico indica que o retorno deste investimento se daria em poucos meses. Deste ponto em diante, com a economia gerada mensalmente é possível reinvestir na modernização da rede. A partir do início da implantação, dentro de aproximadamente 38 meses todas as 50 Unidades Remotas estariam equipadas com PABX Siemens e ainda se teria uma economia acumulada da ordem de R\$ 200.000, com valores da época do

estudo.

As vantagens desta proposta são: 1) a modernização caminha na direção de um ambiente homogêneo e; 2) parte da economia acumulada durante os meses não é utilizada, efetivamente gerando gastos menores no decorrer do processo de modernização.

A desvantagem é o longo tempo necessário para migrar toda a rede.

A Figura 33 ilustra o fluxo financeiro para modernização da rede de acordo com o Plano de Migração sugerido.

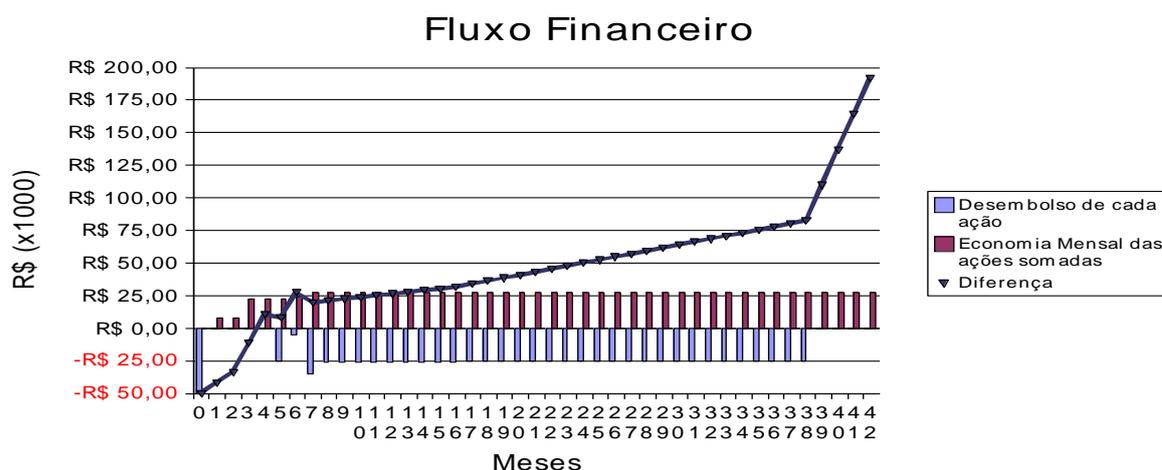


Figura 33: Fluxo financeiro do plano de migração: arquitetura homogênea.

Fonte: Relatório interno

É possível acelerar o processo de migração em 4 meses a partir do oitavo mês. Sendo a economia mensal maior que os gastos, é possível redistribuir a escala de atualização e substituição de PABX – etapa de renovação do parque – de forma que a economia efetiva no final de 34 meses seja completamente revertida na renovação dos equipamentos.

Uma alternativa a este plano é a adoção de um ambiente heterogêneo, utilizando Servidores de voz baseado em código aberto, juntamente com PABX Siemens. Neste caso, seria utilizado um gateway Asterisk na Sede e nas unidades que possuem PABX legados (cerca de 18 unidades), sendo os PABX atuais utilizados como banco de canais, simplesmente para aproveitar a estrutura de ramais. A adoção do gateway Asterisk

nessas unidades geraria uma economia em relação ao gateway Siemens de aproximadamente R\$ 35.000,00 em cada Unidade, totalizando a quantia de R\$ 630.000,00.

A plataforma onde o Asterisk deve ser instalado depende dos requisitos de processamento de cada local. Na Sede e em mais três Unidades onde haverá maior tradução TDM-IP, o sistema contará com servidores convencionais. Nas outras 18 Unidades, onde os requisitos de processamento são menores, o sistema poderia ser instalado em placas próprias para sistemas embutidos fabricadas pela Soekris, que aumentam consideravelmente a economia com *hardware*.

As grandes vantagens dessa opção em relação ao Plano anterior são a economia total de tempo – reduzido para menos de um ano – e de recursos financeiros necessários para renovação dos equipamentos.

Pode-se considerar uma pequena desvantagem, dependendo da forma com que a empresa lida com esta situação, a questão do suporte e manutenção da rede heterogênea, que deverá ser executado internamente por uma equipe especializada. Empresas terceirizadas que prestam suporte em sistemas de voz de código aberto costumam atender apenas a soluções instaladas por elas mesmas. Assim, qualquer empresa que queira adotar soluções abertas deve tratar com atenção a questão de treinamento e capacitação de funcionários.

A Figura 34 a seguir mostra o Fluxo Financeiro da alternativa de código aberto.

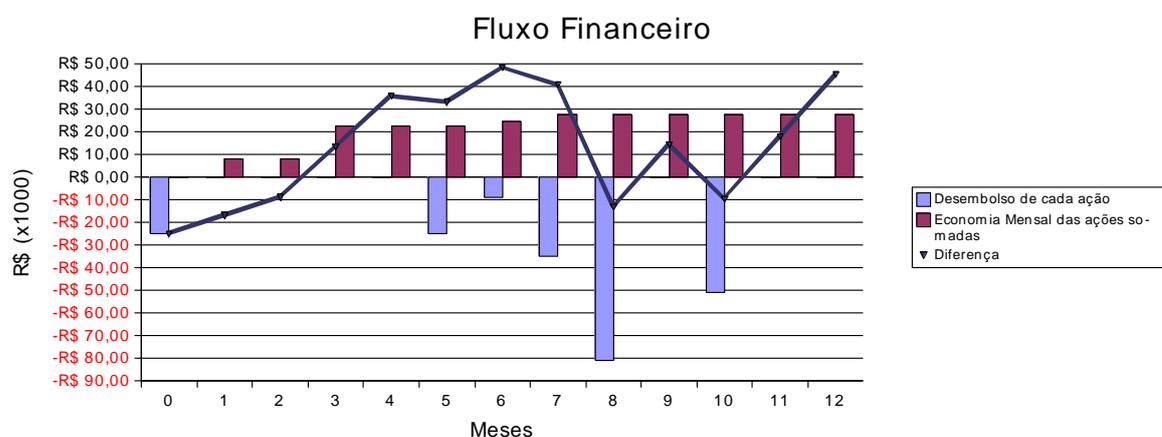


Figura 34: Fluxo Financeiro do Plano de Migração: Arquitetura Heterogênea.

Fonte: Relatório interno

Problemas encontrados e lições aprendidas

É importante identificar os problemas encontrados para que pesquisas semelhantes tenham a chance de evitar as adversidades encontradas neste trabalho.

A escolha do *hardware* correto para abrigar o servidor de voz Asterisk é importante. É necessário, além de dimensioná-lo corretamente, verificar a lista de incompatibilidades conhecidas no site da Digium, caso alguma placa TDM deste fabricante seja adquirida. É sabido que alguns *chipsets* de placas-mãe não funcionam corretamente com as placas Digium. Entretanto, a página no *site* da Digium que continha as informações sobre incompatibilidade não pode mais ser encontrada.

Uma opção é utilizar placas TDM de outros fabricantes. Especificamente para o caso do Brasil, existem empresas que produzem placas analógicas e digitais com DSPs com suporte ao CODEC GSM e já são preparadas para o protocolo R2-Digital, sem necessidade de aplicar *patches* nos sistemas. Isto reduz significativamente o processamento no servidor. Não há documentação sobre casos de incompatibilidade dessas placas com qualquer outro *hardware*.

Outra preocupação que se deve ter em mente é a alocação de recursos humanos para a realização dos testes. O ambiente de testes excedia os limites físicos do laboratório, envolvendo funcionários de algumas unidades remotas que estavam produzindo em seus horários de trabalho. Isso dificultava a comunicação entre a equipe e os funcionários, o que prejudicava o andamento dos testes, mesmo que em grau reduzido.

Além disso, como os testes utilizavam fornecedores que não liberam manuais para manutenção ou configuração de seus equipamentos, era necessário haver um técnico a disposição sempre que se desejava efetuar alguma modificação. Infelizmente, nem sempre era possível tê-los acompanhando os testes em período integral. Foi necessário planejar as etapas dos testes levando em consideração essa (falta de) disponibilidade.

O contra-ataque da operadora de telefonia

Quando o projeto se encaminhava para fase de implantação, a operadora local

fornecedora dos enlaces de voz e dados percebeu que perderia grande parte de sua receita com a adoção da Telefonia sobre IP por este cliente. Então foram oferecidos planos e descontos que contemplavam descontos significativos na assinatura mensal de todos os troncos E1 e outros benefícios. Somando as vantagens, foi economicamente mais vantajoso aceitar a proposta da operadora. Assim, a rede foi preparada para suportar o tráfego VoIP, mas o serviço de Telefonia sobre IP não foi implantado nesta ocasião.

Este fato prova que nem sempre a adoção da tecnologia VoIP é a solução de menor custo.

Conclusão

É perfeitamente possível utilizar *software* livre para ligar áreas geograficamente separadas, integrando a rede de voz com a rede de dados, a um baixo custo obtendo um rápido retorno do investimento.

Entretanto, é preciso cautela. Em um ambiente heterogêneo como o encontrado nesta pesquisa, poucas facilidades de redes se mostram compatíveis com todos os fornecedores. Em alguns casos, mesmo para realização das chamadas básicas, é necessário investir em upgrade das plataformas proprietárias para que elas suportem os protocolos abertos.

Se capital para investimento não for problema e a empresa necessitar de facilidades além das chamadas básicas, a implantação de uma rede homogênea traz mais vantagens por conta da quantidade de serviços oferecidos pela rede a seus usuários.

Seja qual for a orientação seguida pela empresa, é preciso levar em consideração as tendências tecnológicas para que, no futuro, uma possível mudança de tecnologia de rede não afete a qualidade das ligações que estarão cursando por ela.

Finalmente, um bom plano de migração é imprescindível para garantir um investimento seguro e um rápido retorno de capital.

Serviços Digitais para Saúde – RNP

Projeto Piloto Min. da Saúde / RNP – Serviço fone@MS

Apresentação

A iniciativa **Serviços Digitais para Saúde**¹² é uma decorrência das ações de cooperação entre os ministérios da Ciência e Tecnologia (MCT), Educação (MEC) e Saúde (MS). Seu objetivo é disponibilizar serviços de tecnologia de redes, inovação e educação com mais dinamismo, abrangência e melhores resultados no atendimento público de saúde.

A iniciativa **Serviços Digitais para Saúde** compreende ações de implantação de serviços pela RNP¹³, Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, para prover infra-estrutura de *hardware* e *software*, treinamento de profissionais e conexões de rede para desenvolvimento e manutenção de aplicações de colaboração a distância em saúde. As atividades estão organizadas em três frentes: Datasus, Qualisus e Telessaúde.

Nas duas primeiras frentes, foi previsto a instalação de serviço de videoconferência e Voz sobre IP, integrando as unidades do Datasus, através de sua rede própria, chamada de Infosus, e mais oito secretarias de saúde, sendo cinco secretarias estaduais e três secretarias municipais.

Nesta dissertação são detalhadas as ações referentes à instalação do fone@MS, o serviço experimental de telefonia IP.

O serviço fone@MS

Além de fornecer a estrutura de interconexão entre as secretarias e a rede do Datasus e entre as unidades de novos embriões de telessaúde, a RNP é a responsável pela gerência deste projeto.

O objetivo geral dessa frente do projeto piloto é implantação de um serviço piloto de telefonia IP para o Ministério da Saúde, utilizando protocolo SIP. O serviço tem como objetivo interligar a sede do Datasus no Distrito Federal às suas 26 unidades nos estados da União, cinco secretarias estaduais de saúde (AM, GO, MG, PE e SC) e

¹² Site do Projeto Piloto RNP/MS: <http://saude.rnp.br>

mais três secretarias municipais de saúde (Belo Horizonte, Florianópolis e Recife).

As premissas deste projeto previram um plano de numeração compatível como serviço `fone@RNP`¹⁴ para que fosse possível a comunicação direta entre eles. O plano de numeração também foi o mais integrado possível a numeração dos ramais em cada localidade, de forma a possibilitar que os telefones IP recebessem chamadas DDR, sempre que a infra-estrutura local permitia. A respeito das chamadas, o serviço possibilita chamadas entre telefones IP e telefones convencionais da unidade, bem como a realização de chamadas para a rede de telefonia pública. Para isso, o PABX IP é interligado ao PABX local, quando ele existe. Quando não há PABX na localidade, o PABX IP é ligado diretamente à STFC. Assim, chamadas entre qualquer localidade participante do projeto piloto, a partir de qualquer telefone IP ou convencional, pode ser realizada utilizando-se a rede IP, eliminando-se os custos das chamadas convencionais para o Ministério da Saúde.

O ambiente

O serviço `fone@MS` é a implementação de um serviço piloto que interliga todas as 27 unidades do Datasus, uma em cada estado do Brasil, mais 8 secretarias de saúde que não são atendidas pela rede Infosus, a rede de dados do Datasus. A comunicação dessas secretarias com a rede do Datasus é realizada utilizando-se a rede Ipê, o *backbone* nacional de dados da RNP.

A Figura 35 ilustra a rede Infosus, onde é possível verificar o nó central, em Brasília, onde se encontra a saída para Internet; o nó do Rio de Janeiro onde está outra saída de redundância para Internet; e os outros nós, um em cada estado. Pode-se notar também a existência de duas tecnologias diferentes de rede, Frame Relay e ATM.

A rede possui duas saídas para Internet de 20Mbps, um enlace de 34Mbps, um de 10Mbps, um de 8Mbps, sete de 4Mbps, três de 2Mbps e treze de 1Mbps. Os números se referem à banda garantida em cada enlace. Na verdade, a capacidade máxima da rede é maior.

¹³ Site da RNP: <http://www.rnp.br>

¹⁴ Site do serviço `fone@RNP`: <http://www.rnp.br/voip>

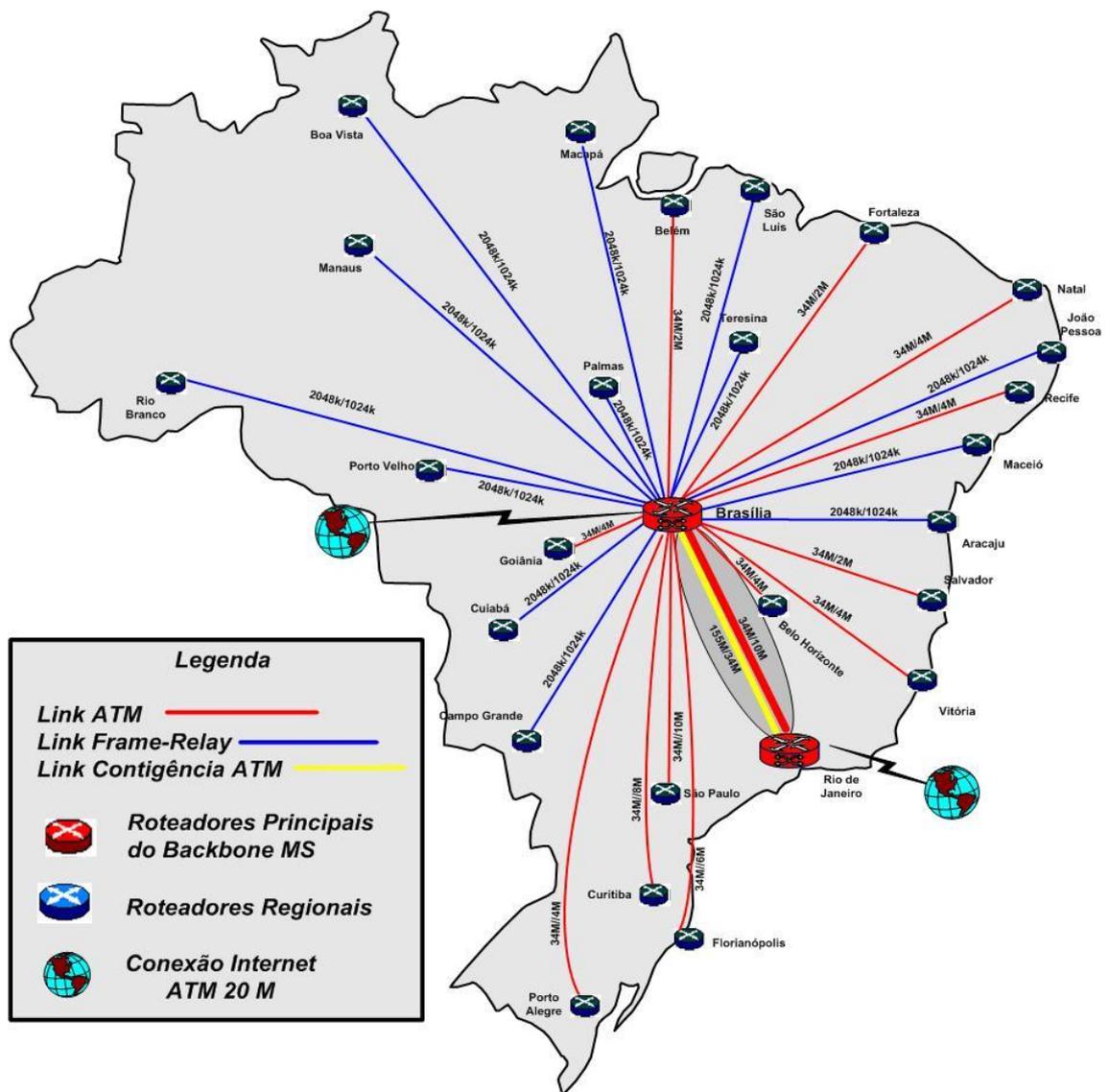


Figura 35 Rede Infosus, do Datasus.

Fonte: Relatório interno

A administração central para a rede de dados é exercida pelo próprio Datasus, porém cada local é responsável por manter e administrar sua própria infraestrutura de telefonia.

A rede local de cada unidade é bem definida e sempre apresenta um *firewall* entre a WAN e a LAN. A Figura 36 ilustra o ambiente local das unidades.

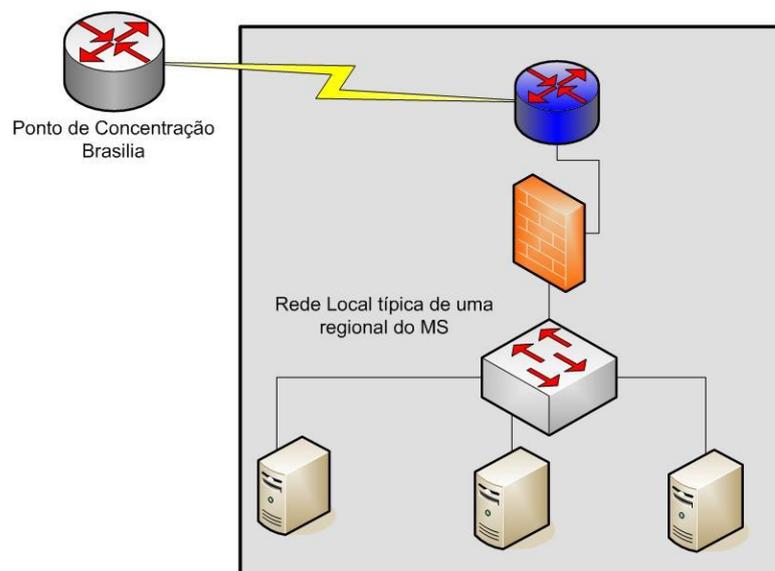


Figura 36 Firewall entre sede e LAN nas unidades

Fonte: Relatório interno

A rede local das secretarias não se interconecta à rede Infosus. A RNP foi responsável pela ligação de suas redes locais até a rede do Datasus, utilizando a rede Ipê. Três secretarias foram atendidas por redes metropolitanas, já ligadas ao PoP de seu estado. São elas: SES/AM, SES/SC e SMS/Florianópolis. Para as demais secretarias foi contratado um enlace de 2Mbps interligando-as aos PoP de seus estados.

Observando o ambiente de telefonia de todas as localidades, foi encontrado uma situação extremamente heterogênea no que diz respeito a marcas, modelos e funcionalidades dos PABX tradicionais. Algumas possuem PABX com interfaces digitais, outros apenas com interfaces analógicas. Outras unidades possuem “PABX virtuais”, um serviço oferecido pela operadora de telefonia local que simula um PABX, mas fisicamente só existem as linhas telefônicas. Outras unidades não possuem nada além de algumas linhas telefônicas.

Sobre QoS

Foi realizado um estudo de tráfego para implantação do serviço de Voz sobre IP. Foi utilizada a ferramenta de monitoração de tráfego existente na rede do Datasus, o CACTI (55), que apresentava um histórico de utilização da cada enlace entre a sede e as

unidades. A análise dos gráficos mostrou que seus enlaces possuem banda suficiente para prestar o serviço de voz, estando sua utilização abaixo dos 60% da banda disponível na grande maioria dos casos. Também foi medida a latência entre a sede e as unidades utilizando a ferramenta ‘*ping*’. Apenas duas unidades apresentaram alta latência (em torno de 600ms de RTT) mesmo com baixa utilização da rede. Isto caracterizava a utilização de *links* de satélites para estas duas localidades, Datasus/RR, em Boa Vista e Datasus/AP, em Macapá. Mesmo não possuindo este requisito dentro de valores aceitáveis para telefonia IP, estes locais foram contemplados no projeto.

Apesar da abundância de recursos da rede, o Datasus foi instruído a configurar regras de QoS com o propósito de evitar possíveis problemas de qualidade. A recomendação da equipe de implantação foi a adoção do modelo DiffServ, priorizando pacotes de voz sobre os pacotes de dados.

Proposta de solução

A arquitetura proposta para o serviço *fone@MS* foi desenhada contemplando uma rede em estrela, com servidores *proxy* em cada unidade e mais dois *proxies* centrais em Brasília e Rio de Janeiro. A equipe de implementação os chamou de DSIP. A ligação com os *proxies* do serviço *fone@RNP* e com as secretarias é feita pelos mesmos nós centrais de Brasília e Rio. A ligação com a Rede de Telefonia Pública é feita em cada unidade pelos PABX locais. Cada unidade decide se entrega ou não ligações para STFC.

Já que a infra-estrutura de rede já era modelada como uma estrela, a arquitetura mais adequada neste caso era sobrepor uma estrela na camada de aplicação exatamente sobre a camada inferior, de rede e transporte.

Cada localidade é responsável pela administração dos ramais locais e de seus *proxies*. A administração central continua cuidando apenas da infra-estrutura de redes. O ambiente de telefonia continua sob a administração local, sem interferência da sede.

A Figura 37 a seguir ilustra a proposta do serviço.

As unidades receberam de 8 a 40 telefones IP, dependendo da densidade de ramais existente em cada uma delas.

A figura 38 mostra o ambiente VoIP ligado ao PABX da unidade através de enlace digital E1, que pode variar entre os protocolos ISDN ou R2.

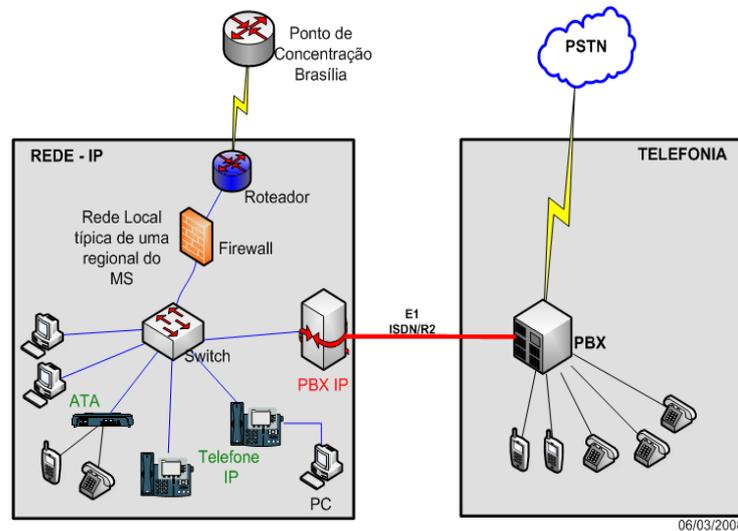


Figura 38 Ligação com PABX digital.
Fonte: Relatório interno

A figura 39 mostra o ambiente VoIP ligado ao PABX através de canais analógicos, através de ligações entre um ramal no PABX tradicional e uma porta FXO no PABX IP.

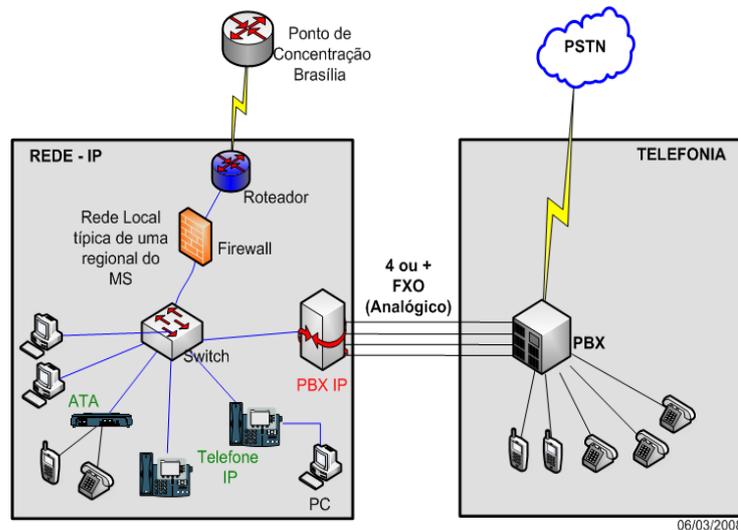


Figura 39 Ligação com PABX analógico.
Fonte: Relatório interno

A figura 40 mostra o ambiente VoIP ligado a unidade através de PABX Virtual, um serviço da operadora local que simula um PABX. Na prática, não existe PABX na unidade; apenas linhas telefônicas. A operadora agrupa essas linhas permitindo ligações a 4 dígitos entre elas, e a um custo muito reduzido.

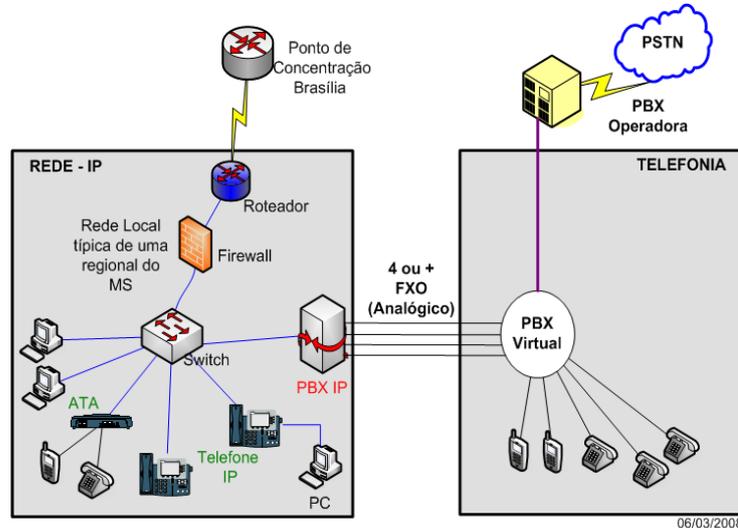


Figura 40 Ligação com PABX virtual.
Fonte: Relatório interno

Em alguns locais não havia nenhuma solução de PABX, nem mesmo virtual. A figura 41 mostra o ambiente VoIP ligado diretamente a linhas telefônicas das unidades.

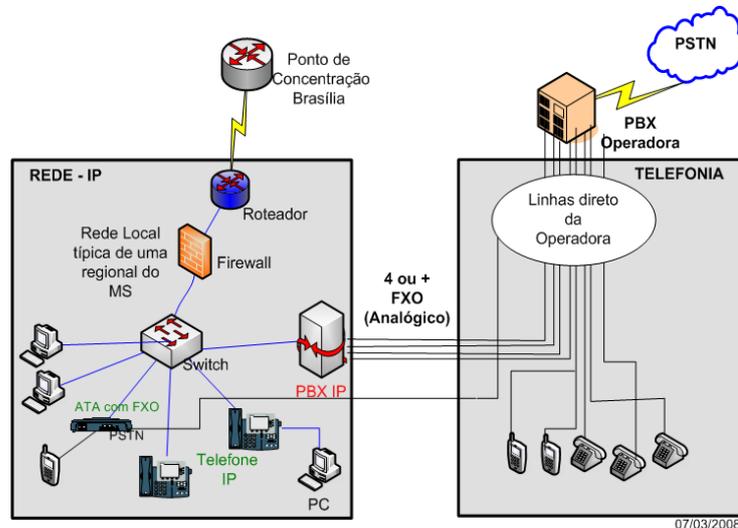


Figura 41 Ligação sem PABX.
Fonte: Relatório interno

Para as secretarias, o ambiente muda consideravelmente, conforme ilustrado na Figura 42.

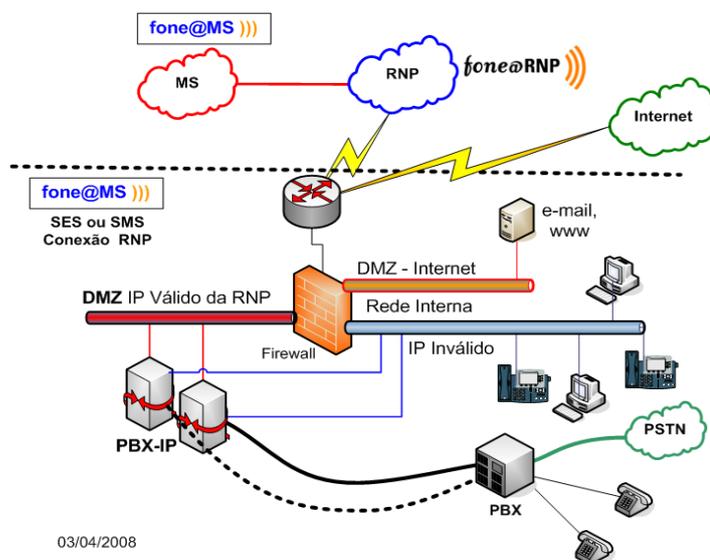


Figura 42 Ligação para as secretarias.
Fonte: Relatório interno

Como os endereços IP utilizados nas secretarias não são publicáveis (RFC-1918) (56), foi necessário criar outra DMZ¹⁵, fazendo com que os PABX IP participassem de duas redes: uma rede interna, onde estão ligados os telefones IP e *softphones*; e uma rede externa, com IPs da RNP, roteáveis e acessíveis a partir da Internet.

A solução lógica é constituída de vários *softwares* de código aberto. Entre eles destacam-se Asterisk (53), OpenSIPs (57) (antigo OpenSER), Media Proxy (58), OpenLDAP (59), Mysql (60) e o servidor web Apache (61). O OpenSIPs faz toda a lógica de autenticação e encaminhamento das chamadas enquanto o Asterisk atua como *gateway* para telefonia tradicional e de outros serviços de telefonia. O *Media Proxy* é a solução de encaminhamento de áudio, utilizada para contornar o problema do NAT, no encontro das redes interna e externa. O OpenLDAP trata de armazenar as informações dos usuários e suas permissões e o Mysql cuida da persistência das informações e armazena o detalhamento das chamadas, o CDR. O servidor apache foi utilizado para

¹⁵ DMZ (Zona Desmilitarizada) é um termo ligado a segurança da informação. É uma pequena rede separada da rede e de serviços internos onde se localizam servidores que devem ser acessados por computadores na Internet.

suportar a interface de configuração do sistema, totalmente desenvolvida pela equipe de implementação. Todo o ambiente estava instalado em dois servidores locais que atuam em conjunto para prover alta disponibilidade ao sistema.

O plano de encaminhamento de chamadas foi implementado utilizando a tecnologia ENUM (57) e a recomendação E.164 (63) para numeração telefônica, que utiliza o serviço de DNS para traduzir números de telefones em endereços de Internet, do tipo URIs.

A Figura 43 mostra um esquema lógico da solução de redundância adotada.

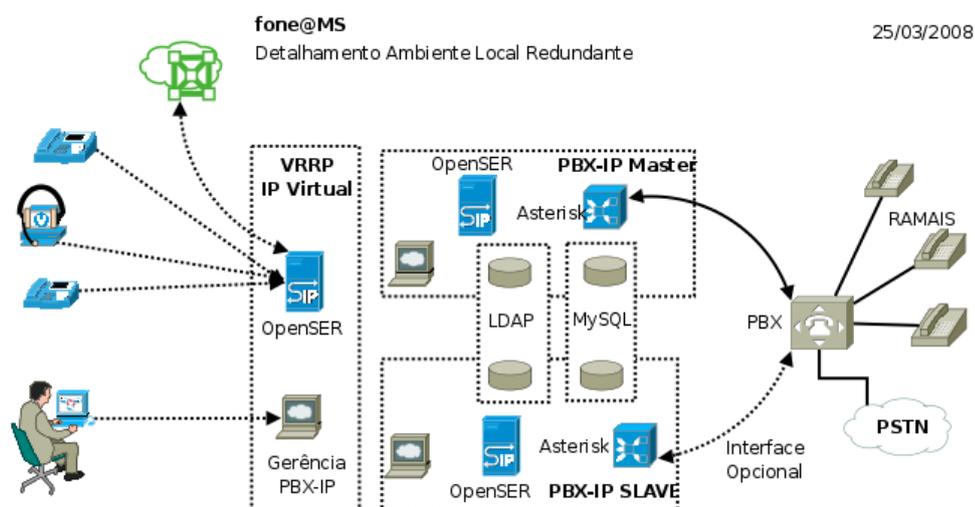


Figura 43 Detalhamento do ambiente local redundante

Fonte: Relatório interno

A Figura 44 é o exemplo da interface de gerência e configuração desenvolvida pela equipe de implementação. Além da visão geral dos servidores e de como estavam sincronizados, ela também permite a configuração de ramais e a visualização do detalhamento das chamadas realizadas e recebidas neste local.

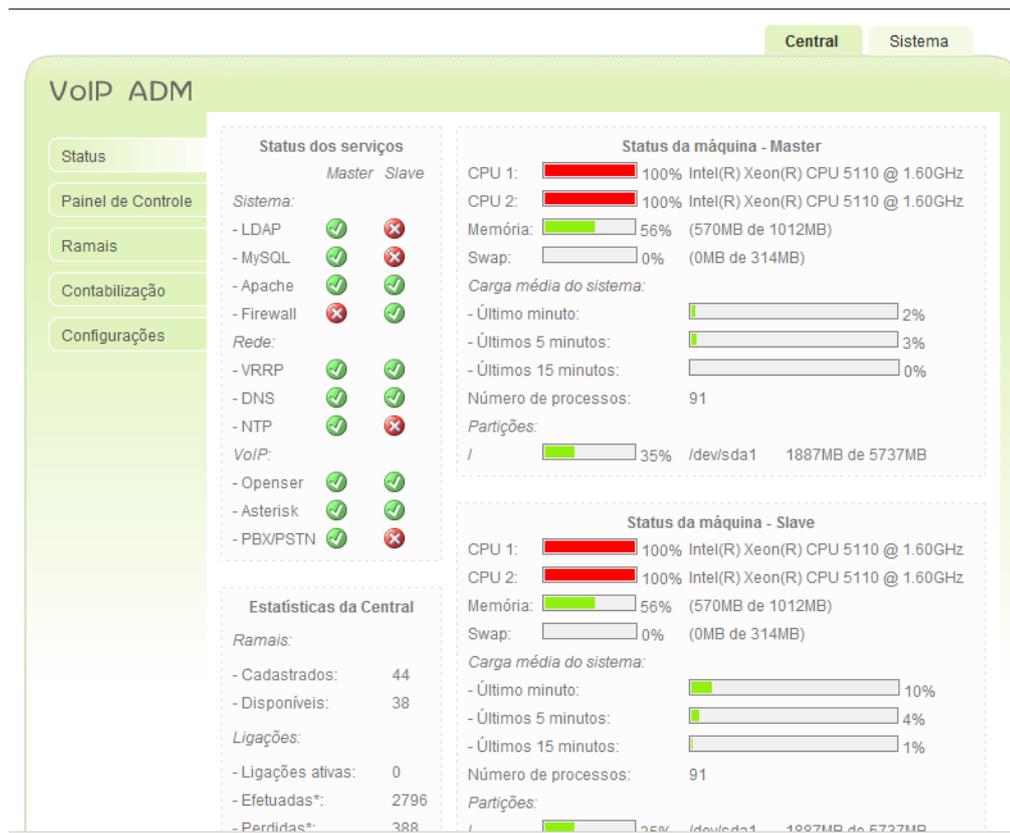


Figura 44 Exemplo da interface de gerência do sistema. Visão geral.

Fonte: Relatório interno

Alguns números

A seguir apresentam-se alguns números do projeto.

- 70 servidores de voz;
- 2 servidores centrais (DSIP);
- 1 servidor para o CDR;
- 415 telefones IP;
- 32 placas AEX800, de 8 interfaces analógicas;
- 7 placas TE121, de 1x E1;
- 2 placas TE212, de 2x E1;
- 64 módulos X400, de 4 FXOs;
- 32 módulos de cancelamento de eco para AEX800 e TE121;
- 2 módulos de eco para TE212;
- 244 licenças G.729;
- 92 técnicos treinados.

Treinamento

Dada a complexidade da solução adotada, a equipe do Ministério da Saúde recebeu treinamento básico que contemplava noções básicas de VoIP; introdução a SIP; noções sobre cada componente da solução como Asterisk, OpenSIPs, LDAP e Mysql e como tudo se integrava para compor o sistema de telefonia; e sobre a ferramenta de gerência desenvolvida. Este treinamento foi ministrado para 2 técnicos de cada unidade do Datasus e das secretarias envolvidas.

Também foi oferecido um treinamento avançado que aprofundava o conhecimento do desenvolvimento da solução. O público deste curso foram os técnicos mais experientes da sede e da unidade do Rio de Janeiro.

Últimas considerações

Homologação do ambiente

Para homologação do ambiente após a instalação do sistema, foi desenvolvida uma série de testes simples que visam atestar o funcionamento da solução. No momento da escrita da dissertação, algumas localidades já estavam homologadas. Outras ainda se encontravam adequando sua infra-estrutura, mas todos já se encontravam com telefones e servidores instalados, já sendo possível ligar entre os telefones IP.

Placas com problemas

Já na fase final de implantação do sistema, quando todo o material já havia sido distribuído, foram encontrados problemas com algumas placas. Era uma situação que havia sido descoberta há pouco tempo e na época do dimensionamento da solução ainda não havia sido documentada pelo fabricante.

A nota no *site* do fabricante (58) dava conta de que placas dos modelos adquiridos pela RNP para o projeto poderiam apresentar problemas aleatoriamente. E apresentaram.

Todas as placas que possuem uma porta E1 foram substituídas neste momento. Elas foram recolhidas e enviadas ao fornecedor que as trocou por modelos mais atuais sem maiores transtornos.

Algumas placas de 8 portas FXO também apresentaram problemas e foram encaminhadas para o laboratório da UFSC para análise e possível troca.

Equipes divididas

No Datasus as equipes de Telefonia, normalmente associada a equipe de infraestrutura, de TI e de Redes são distintas. A natureza experimental deste projeto não contemplou um plano de unificação das equipes. Também não considerou a criação de uma equipe específica para VoIP.

Os participantes dos treinamentos oferecidos foram, essencialmente, técnicos das equipes locais de redes, o que fortalece a idéia de que o serviço de telefonia IP caminha para ser mais uma responsabilidade da área de redes das empresas.

Capítulo 8 – Conclusão

A tecnologia de Voz sobre IP é complexa e pressupõe o acúmulo de conhecimento nas áreas de telefonia, transmissão, tratamento de conteúdo multimídia, redes IP (LAN e WAN), qualidade de serviço e segurança em redes. Muito conteúdo teórico é necessário para o total entendimento da tecnologia.

Experiências práticas também são imprescindíveis para fixar o conhecimento técnico adquirido, para aprimorar a capacidade de comparar e poder discernir entre bons e maus resultados, diagnosticar problemas e, principalmente, adquirir mais conhecimento.

Apesar de parecer ter um cunho gerencial acentuado, não é pretensão desse trabalho fazer recomendações sobre gerência de projetos ou serviços. Entretanto, as recomendações feitas aqui estão repletas de conhecimento compilados de toda teoria e prática sobre redes e telefonia IP acumulados durante 7 anos.

Esta dissertação tratou da implantação do serviço de telefonia IP em empresas de médio e grande porte. Os capítulos 1 e 2 apresentaram o assunto contextualizando histórica e tecnicamente o problema de transmitir voz em redes de pacotes. O capítulo 3 tratou do embasamento teórico da tecnologia de Voz sobre IP. O capítulo 4 tratou da qualidade do serviço de telefonia e como garantir que a qualidade percebida pelo usuário seja satisfatória. O capítulo 5 tratou da gerência da rede e do serviço, contribuindo para alicerçar conhecimentos que ajudam a garantir a continuidade do serviço. O capítulo 6 traz o roteiro de implantação e as considerações pertinentes a cada ponto, principal objetivo deste trabalho. O capítulo 7 documenta experiências práticas de alta relevância no assunto tratado por esta dissertação. E o capítulo 8 é a conclusão.

Esta dissertação atendeu aos objetivos inicialmente propostos.

O objetivo específico desta dissertação foi atingido. O roteiro para implementação do serviço de telefonia IP foi materializado no capítulo 6 e foi construído com base nos argumentos teóricos e práticos descritos nos capítulos anteriores.

O objetivo geral, de sensibilizar os profissionais quanto à forma da prestação do serviço mantendo um compromisso com a qualidade e satisfação do usuário, não depende apenas do texto. Espera-se que seja alcançado quando algum profissional ler, concordar e aplicar as recomendações que aparecem em várias partes do texto. É preciso sempre reforçar

a idéia de que seguir as recomendações técnicas e procedimentos consagrados (como ITIL e COBIT, entre outros) podem ajudar a alcançar o sucesso, pois essas recomendações foram estudadas e depuradas por grupos de profissionais experientes e especializados.

Próximos trabalhos

Esta dissertação de forma alguma esgota o assunto e, ao contrário, cria oportunidades de diversos trabalhos relacionados com a implantação e continuidade do serviço de telefonia IP.

A seguir, apresenta-se uma lista não exaustiva de sugestões de trabalhos futuros.

- Depuração e aperfeiçoamento do roteiro apresentado nesta dissertação de forma a transformá-la em uma efetiva metodologia para implantação e gerência de serviço de telefonia IP.
- Suporte a VoIP nas ferramentas de gerência de redes, criando meios de medir e apresentar os parâmetros relevantes ao serviço, criando inventários específicos para VoIP, entre outros, gerenciando inclusive equipamentos de VoIP antigos e sem suporte a gerência.
- Desenvolvimento de dispositivo de medição passiva que, capturando o tráfego de um nó da rede, separa o tráfego VoIP e qualifica a rede quanto a qualidade das ligações em curso por aquele nó.

Referências

1. **opensource.org**. Open Source Initiative. *Open Source Initiative*. [Online] Março 13, 2007. <http://www.opensource.org>.
2. **Free Software Foundation, Inc.** GNU GENERAL PUBLIC LICENSE. *GNU Operating System*. [Online] 3, Junho 29, 2007. <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>.
3. **Coar, Ken**. The Open Source Definition. *Open Source Initiative*. [Online] Julho 07, 2006. <http://www.opensource.org/docs/osd>.
4. **Bell, Alexander Graham**. *Alexander Graham Bell - First Telephone Patent*. 174465 Estados Unidos, 1876.
5. **IT WEB**. Vida longa aos telefones analógicos. [Online] 07 01, 2008. <http://www.itweb.com.br/noticias/index.asp?cod=49258>.
6. **ITU-T**. E.830 - Models for the specification, evaluation and allocation of serviceability and service integrity. *International Telecommunication Union*. [Online] 10 1992. <http://www.itu.int/rec/T-REC-E.830/en>.
7. **Information Sciences Institute - University of Southern California**. RFC-791 -. *ietf.org*. [Online] 09 1981. <http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt>.
8. **Almquist, P**. RFC-1349 - Type of Service in the Internet Protocol Suite. *ietf.org*. [Online] 07 1992. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1349.txt>.
9. **Cohen, Danny**. RFC-741 - Specifications for the Network Voice Protocol - NVP. *ietf.org*. [Online] 11 22, 1977. <http://tools.ietf.org/html/rfc741>.
10. **CIP Working Group**. RFC-1190 - Experimental Internet Stream Protocol, Version 2 (ST-II). *ietf.org*. [Online] 10 1990. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1190.txt>.
11. **ST2 Working Group**. RFC-1819 - Internet Stream Protocol Version 2 (ST2) Protocol Specification - Version ST2+. *ietf.org*. [Online] 08 1995. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1819.txt>.
12. **ITU-T**. H.323 - Packet-based multimedia communications systems. *International Telecommunication Union*. [Online] 06 2006. <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.323/e>.
13. —. H.225 - Call signalling protocols and media stream packetization for packet-based multimedia communication systems. *international Telecommunication Union*. [Online] 05 2006. <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.225.0/en>.

14. —. Q.931 - ISDN user-network interface layer 3 specification for basic call control. *International Telecommunication Union*. [Online] 05 1998. <http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.931/en>.
15. —. H.245 - Control protocol for multimedia communication. *International Telecommunications Union*. [Online] 06 2008. <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.245/en>.
16. —. H.235.1 - H.323 security framework: Baseline security profile. *International Telecommunications Union*. [Online] 09 1995. <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.235.1/en>.
17. —. H.450.1 - Generic functional protocol for the support of supplementary services in H.323. *International Telecommunication Union*. [Online] 02 1998. <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.450.1/en>.
18. —. T.120 - Data protocols for multimedia conferencing. *International Telecommunication Union*. [Online] 01 2007. <http://www.itu.int/rec/T-REC-T.120/en>.
19. **Group, Audio-Video Transport Working; Schulzrinne, H.; Casner, S.; Frederick, R.; Jacobson, V.** RFC-1889 - RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. *ietf.org*. [Online] 01 1996. <http://tools.ietf.org/html/rfc1889>.
20. **Rosenberg, J., et al.** RFC-3261 - SIP: Session Initiation Protocol. *ietf.org*. [Online] 07 2002. <http://tools.ietf.org/html/rfc3261>.
21. **Handley, M. and Jacobson, V.** RFC-2327 - SDP: Session Description Protocol. *ietf.org*. [Online] 04 1998. <http://tools.ietf.org/html/rfc2327>.
22. **Vergara, Victor and Davis, Christopher.** How audio codecs work - Psychoacoustics. *Audio DesignLine*. [Online] 02 01, 2006. <http://www.audiodesignline.com/howto/audioprocessing/175800470>.
23. **ITU-T.** G.711 - Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies. *International Telecommunications Union*. [Online] 11 1988. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.711/en>.
24. —. G.729 - Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction (CS-ACELP). *International Telecommunication Union*. [Online] 01 2007. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.729/en>.
25. —. G.723.1 - Dual rate speech coder for multimedia communications transmitting at 5.3 and 6.3 kbit/s. *International Telecommunication Union*. [Online] 05 2006. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.723.1/en>.
26. **Valin, Jean-Marc.** Speex: A Free Codec For Free Speech. *people.xiph.org*. [Online] 2002. http://people.xiph.org/~jm/papers/speex_lca2006.pdf.
27. **DTE Power via MDI Study Group.** IEEE P802.3af - DTE Power via MDI Task Force. *IEEE802.org*. [Online] 06 2003. <http://www.ieee802.org/3/af/index.html>.

28. **Spencer, M., et al.** RFC-5456 - IAX: Inter-Asterisk eXchange Version 2. *rfc-editor*. [Online] 02 2009. <http://www.rfc-editor.org/authors/rfc5456.txt>.
29. **Degermark, M., Nordgren, B. and Pink, S.** RFC-2507 - IP Header Compression. *ietf.org*. [Online] 02 1999. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2507.txt>.
30. **Braden, R., Clark, D. and Shenker, S.** RFC-1633 - Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview. *ietf.org*. [Online] 06 1994. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1633.txt>.
31. **Casner, S. and Jacobson, V.** RFC-2508 - Compressing IP/UDP/RTP Headers for Low-Speed Serial Links. *ietf.org*. [Online] 02 1999. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2508.txt>.
32. **cisco.** Link Efficiency Mechanisms Overview. *cisco*. [Online] 2009. http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_2/qos/configuration/guide/qcflm.html#wpxref19484.
33. **R. Braden, Ed., et al.** RFC-2205 - Resource ReSerVation Protocol (RSVP) -- Version 1 Functional Specification. *ietf.org*. [Online] 09 1997. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2205.txt>.
34. **Blake, S., et al.** RFC-2475 - An Architecture for Differentiated Services. *ietf.org*. [Online] 12 1998. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2475.txt>.
35. **Grossman, D.** RFC-3260 - New Terminology and Clarifications for Diffserv. *ietf.org*. [Online] 04 2002. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3260.txt>.
36. **Jacobson, V., Nichols, K. and Poduri, K.** RFC-2598 - An Expedited Forwarding PHB. *ietf.org*. [Online] 06 1999. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2598.txt>.
37. **Heinanen, J., et al.** RFC-2597 - Assured Forwarding PHB Group. *ietf.org*. [Online] 06 1999. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2597.txt>.
38. **Nichols, K., et al.** RFC-2474 - Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers. *ietf.org*. [Online] 12 1998. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2474.txt>.
39. **ITU-T.** P.800 - Methods for subjective determination of transmission quality. *International Telecommunication Union*. [Online] 08 1996. <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.800/en>.
40. —. G.107 - The E-model: a computational model for use in transmission planning. *International Telecommunication Union*. [Online] 08 2008. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.107/en>.
41. —. G.113 - Transmission impairments due to speech processing. *International Telecommunication Union*. [Online] 11 2007. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.113/en>.
42. **Mills, David L.** RFC-1305 - Network Time Protocol (Version 3). *ietf.org*. [Online] 03 1992. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1305.txt>.

43. MonIPÊ - Serviço de Monitoramento da Rede Ipê. *MonIPÊ*. [Online] 2008. <http://wiki.nuperc.unifacs.br/portalmonipe/>.
44. **RNP; GEANT; Internet2; ESNET.** perfSONAR. *perfSONAR*. [Online] <http://www.perfsonar.net/>.
45. **Harrington, D., Presuhn, R. and Wijnen, B.** RFC-3411- An Architecture for Describing Simple Network Management Protocol (SNMP) Management Frameworks. *ietf.org*. [Online] 12 2002. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3411.txt>.
46. **Case, J., et al.** RFC-3418 - Management Information Base (MIB) for the Simple Network Management Protocol (SNMP). *ietf.org*. [Online] 12 2002. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3418.txt>.
47. **Frye, R., et al.** RFC-3584 - Coexistence between Version 1, Version 2, and Version 3 of the Internet-standard Network Management Framework. *ietf.org*. [Online] 08 2003. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3584.txt>.
48. **ITU-T.** M.3010 - Principles for a telecommunications management network. *International Telecommunication Union*. [Online] 02 2000. <http://www.itu.int/rec/T-REC-M.3010/en>.
49. —. M.3400 - TMN management functions. *International Telecommunication Union*. [Online] 02 2000. <http://www.itu.int/rec/T-REC-M.3400/en>.
50. **Ericsson.** MX-ONE Version 3 – the take-off into unified communications. *Ericsson*. [Online] 05 08, 2007. http://www.ericsson.com/solutions/news/2007/q2/20070508_mxone.shtml.
51. —. Solutions for medium and large enterprises. *Ericsson*. [Online] 02 2009. http://www.ericsson.com/developer/sub/enterprise/subpages/ip_and_mobility_solutions_for_medium_and_large_enterprises.
52. **Siemens.** HiPath 3000. *Siemens*. [Online] 2009. <http://www.siemens.com.br/templates/produto.aspx?channel=1485&produto=11281>.
53. **Asterisk.** Asterisk. *The Open Source PBX & Telephony Platform*. [Online] 2009. <http://www.asterisk.org/>.
54. **Cisco.** Cisco 1751 Modular Access Router. *Cisco*. [Online] 2009. <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps221/ps226/index.html>.
55. **CACTI.** CACTI - The complete RRDTool-based graphing solution. *CACTI*. [Online] 2009. <http://www.cacti.net/>.
56. **Rekhter, Y., et al.** RFC-1918 - Address Allocation for Private Internets. *ietf.org*. [Online] 02 1996. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1918.txt>.
57. OpenSipS. *The breed of communication engine*. [Online] <http://www.opensips.org/>.

58. **Dan Pascu, Ruud Klaver, Saúl Ibarra.** Media Proxy. *SIP NAT Trasversal Solution*. [Online] <http://mediaproxy.ag-projects.com/>.
59. OpenLDAP. *community developed LDAP solution*. [Online] <http://www.openldap.org>.
60. MySQL. *Home Page*. [Online] <http://www.mysql.com>.
61. Apache. *The apache software foundation*. [Online] <http://www.apache.org>.
62. **IETF Enum Working Group.** Telephone Number Mapping (enum). *ietf.org Working Groups*. [Online] 03 2009. <http://www.ietf.org/html.charters/enum-charter.html>.
63. **ITU-T.** E.164 . *The international public telecommunication numbering plan*. [Online] 11 2010. <http://www.itu.int/rec/T-REC-E.164-201011-P>.
64. **Burcham, Steve.** Potential Performance Issue on PCI Express Telephony Cards. *Digium Technical Bulletin*. [Online] 11 13, 2008. http://www.digium.com/en/docs/tech_bulletins/20081113.php.
65. **Lemen, Dick.** *Telephone Poles and Wires*. St. Louis, Missouri, USA : s.n., 1900.
66. **Andersen, S., et al.** iLBC - Internet Low Bit Rate Codec. *ietf.org*. [Online] 12 2004. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3951.txt>.
67. **ITU-T.** X.902 - Information technology - Open Distributed Processing - Reference Model: Foundations. *International Telecommunication union*. [Online] 11 1995. <http://www.itu.int/rec/T-REC-X.902/en>.
68. **Wikipedia.** Timeline of the telephone. *Wikipedia*. [Online] 03 05, 2009. http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_the_telephone.
69. **VoIPForo.com.** SIP Vs. H.323 - Comparative. *VoIPForo.com*. [Online] <http://www.en.voipforo.com/H323vsSIP.php>.
70. **ST2 Working Group.** RFC-1819 - Internet Stream Protocol Version 2 (ST2). *ietf.org*. [Online] 08 1995. <http://tools.ietf.org/html/rfc1819>.
71. **CIP Working Group.** RFC-1190 - Experimental Internet Stream Protocol, Version 2 (ST-II). *ietf.org*. [Online] 10 1990. <http://tools.ietf.org/html/rfc1190>.
72. iLBC - internet Low Bitrate Codec. *iLBC Freeware*. [Online] 2007. <http://www.ilbcfreeware.org/>.
73. **Free Software Foundation, Inc.** *Free Software Foundation*. [Online] 2009. <http://www.fsf.org/>.
74. FLAC - Free Lossless Audio Codec. *Free Lossless Audio Codec*. [Online] 2008. <http://flac.sourceforge.net/>.

