



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica

Relatório de Estágio Supervisionado

Um Estudo sobre a Tecnologia de Voz sobre IP e suas Aplicações

Estagiário: Joseph Michell Medeiros Bezerra

Orientador: Angelo Perkusich

Maio a Novembro - 2000



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica

Relatório de Estágio Supervisionado
Um Estudo sobre a Tecnologia de
Voz sobre IP e suas Aplicações

Joseph Michell Medeiros Bezerra

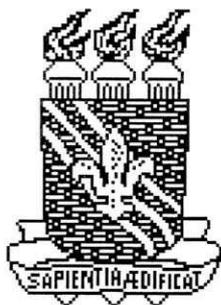
Estagiário

Assinatura manuscrita em azul de Angelo Perkusich.

Angelo Perkusich

Orientador

Campina Grande, 10 de novembro de 2000



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica

Avaliação do Estágio Supervisionado

Aluno: Joseph Michell Medeiros Bezerra

Matrícula: 29611021

Empresa: Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos

Área de Estágio: Eletrônica

Período de Estágio: 05/2000 a 11/2000

Banca Examinadora:

Prof. Angelo Perkusich

Orientador

Prof. José Ewerton Pombo de Farias

Convidado

Campina Grande, 10 de novembro de 2000



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

Apresentação

Este documento contextualiza o relatório de estágio supervisionado resultante do trabalho de conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica referente às atividades desenvolvidas pelo aluno Joseph Michell Medeiros Bezerra, durante o período de 8 de maio a 9 de novembro de 2000, sob a orientação do Professor Ângelo Percusich.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, que sempre me fortaleceu e ajudou estando presente em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, irmã pelo apoio e carinho.

Ao meu orientador, pela paciência e sugestões durante todo o processo de elaboração do trabalho.

À ECT, Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, pelo apoio financeiro.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Sumário

1.	<u>Introdução</u>	1
2.	<u>Definição de VoIP</u>	3
3.	<u>Comutação de Circuitos x Comutação de Pacotes</u>	5
4.	<u>Motivações para a utilização de VoIP</u>	7
4.1.	<u>Custos de infraestrutura e suporte</u>	7
4.2.	<u>Economia de chamadas de longa distância</u>	8
5.	<u>O Padrão H.323</u>	10
5.1.	<u>Pilha de Protocolos</u>	10
5.2.	<u>Real-time Transport Protocol (RTP e RTCP)</u>	13
5.3.	<u>Resource ReserVation Protocol (RSVP)</u>	15
5.4.	<u>O Gateway e o Gatekeeper</u>	17
6.	<u>Qualidade de serviço</u>	21
6.1.	<u>Fatores que influenciam na qualidade de serviço</u>	21
6.2.	<u>Mecanismos para prover QoS em VoIP</u>	22
7.	<u>Aplicações de VoIP</u>	23
7.1.	<u>Arquiteturas Básicas</u>	23
7.2.	<u>Cenários de aplicações</u>	25
8.	<u>Migração para uma rede integrada de voz e dados</u>	28
8.1.	<u>Planejamento da Migração</u>	28
8.2.	<u>Soluções de VoIP</u>	30
9.	<u>Estudo de Caso</u>	31

<u>9.1.</u> <u>Primeira Fase</u>	31
<u>9.2.</u> <u>Segunda Fase</u>	34
<u>10.</u> <u>Conclusão</u>	37
<u>11.</u> <u>Referências bibliográficas</u>	38

1. Introdução

Nos últimos cem anos as pessoas têm utilizado a Rede Pública de Telefonia para a comunicação de voz. Durante uma chamada telefônica um circuito dedicado é estabelecido entre a origem e o destino da chamada.

Há algum tempo atrás, surgiram as redes de comunicação de dados. As empresas então aderiram a este novo serviço para promover a comunicação de dados corporativos. Além dos custos em equipamentos agregou-se custo relativo as linhas de transmissão de dados.

Atualmente, as redes de dados baseadas em IP (*Internet Protocol*) estão sendo utilizadas também para a transmissão de voz. A grande vantagem da tecnologia de voz sobre IP (VoIP) é a possibilidade de se utilizar uma única rede (a de dados) para atender a todas as necessidades de telecomunicação. Tal tecnologia possibilita redução de custos, uma vez que pessoal técnico e equipamentos podem ser consolidados para disponibilizar acesso corporativo a recursos para comunicação de voz e dados.

Manter uma vantagem competitiva significa capitalizar as oportunidades das tecnologias emergentes. Mas, para fazer isso rapidamente as empresas precisam trabalhar preventivamente para preparar a rede para as mudanças que as oportunidades trarão.

É nesse contexto que será procedido um estudo sobre a migração de uma estrutura legada de telefonia para uma arquitetura convergente de voz e dados, utilizando-o posteriormente como base para o caso específico da ECT (Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos).

No conteúdo que segue serão abordados aspectos relevantes da tecnologia VoIP. Nos Capítulos 2 e 3 são apresentadas uma definição da tecnologia e uma breve revisão acerca dos conceitos básicos da transmissão de voz e dados.

Apenas no Capítulo 4 serão introduzidos os benefícios trazidos pela utilização de voz sobre IP.

O Capítulo 5 apresenta os padrões de protocolos e equipamentos definidos pela ITU (*International Telecommunications Union*), órgão responsável pela determinação dos padrões mundiais de comunicações.

Embora exista uma corrente que defenda a idéia de que os usuários estão dispostos a trocar preço por qualidade, acredita-se que, para a consolidação da tecnologia de telefonia IP é necessário que o sistema seja capaz de oferecer uma qualidade no mínimo igual à hoje oferecida pela Rede Pública de Telefonia.

É nesse contexto que se insere o Capítulo 6 abordando os requisitos de qualidade de serviço (QoS – *Quality of Service*) para o tráfego de voz.

Os Capítulos 7 e 8 apresentam respectivamente, cenários de aplicações de VoIP e procedimentos a serem seguidos visando a convergência para uma rede integrada de voz e dados.

Por fim, no Capítulo 9 é relatado um estudo de caso bastante semelhante à demanda real da ECT.

2. Definição de VoIP

Voz sobre IP é uma tecnologia que permite transmitir ligações telefônicas, que normalmente utilizam pelas centrais telefônicas tradicionais para transportar voz, mediante a utilização de redes TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*).

TCP/IP é uma tecnologia de redes comum e popular. Existem estimativas de que 90% das corporações mundiais utilizam atualmente TCP/IP. Qualquer rede conectada à Internet deve suportar TCP/IP [1].

As redes IP podem ser classificadas em uma, ou como uma combinação destas três redes básicas:

- **Internet** – o estado atual desta rede não permite uma utilização eficiente para o tráfego de voz.
- **Extranet** – rede privativa virtual (IP Virtual Private Network/IP-VPN). Por utilizar a Internet também não permite uma utilização eficiente para o tráfego de voz.
- **Intranet** – a rede IP corporativa. Pode ser composta por várias LANs (*Local Area Network*), Ethernet, ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), etc., que se interconectam por meio de redes WAN (*Wide Area Network*) tipo Frame Relay/ATM, linhas ponto-a-ponto, RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados) para acesso remoto, etc. Neste caso, a empresa tem controle de praticamente todos os parâmetros da rede, demonstrando ser um meio ideal para o transporte de voz

A grande vantagem da Voz sobre IP é a possibilidade de se utilizar uma única rede (a de dados) para atender a todas as necessidades de telecomunicação da empresa. Dessa maneira, o objetivo imediato dos serviços de VoIP é reproduzir as capacidades de telefonia já existentes a um custo de operação significativamente mais baixo, oferecendo uma alternativa técnica competitiva ao PSTN (*Public Switched Telephony Network*), a Figura 1 mostra um cenário de implementação de telefonia e fax sobre uma rede IP.

A VoIP pode ser aplicada a qualquer exigência de comunicação por voz – desde uma comunicação entre escritórios à teleconferência multi-ponto complexas.

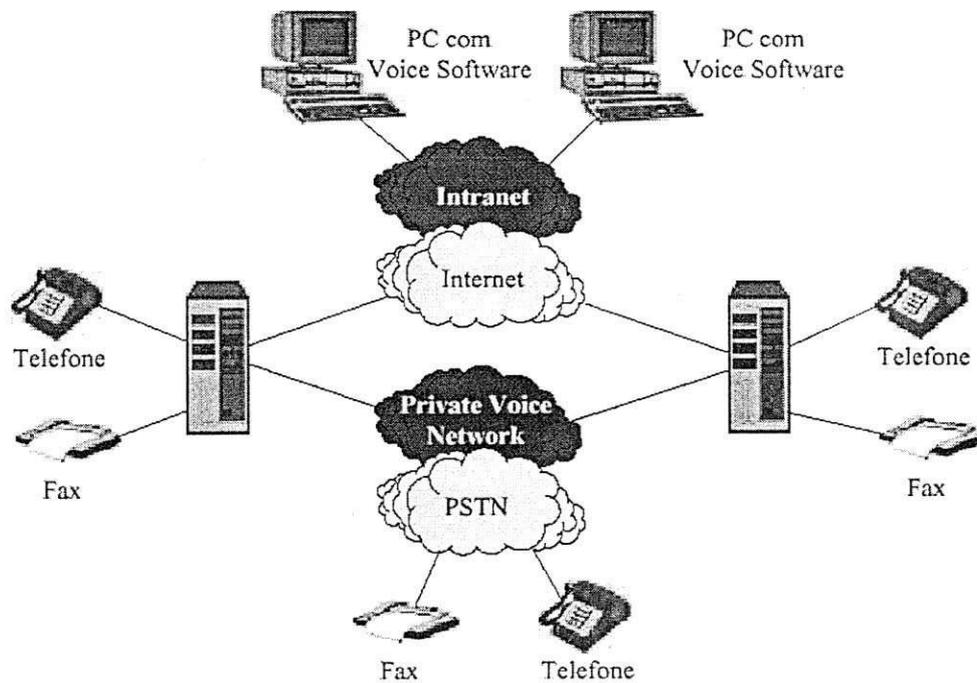


Figura 1 – Um cenário de implementação de telefonia e fax sobre rede IP.

3. Comutação de Circuitos x Comutação de Pacotes

Sendo uma rede de comutação de circuitos, a rede telefônica reserva um circuito físico entre a origem e o destino durante a duração de uma chamada telefônica. Nesse caso, o que realmente ocorre é uma reserva de recursos, não sendo possível que outros usuários do sistema possam compartilhar a mesma banda passante (ou circuito) [2].

Redes de comutação de pacotes, tais como a Internet, Intranets, não reservam uma banda passante entre os pontos de origem e destino. Esta tecnologia de rede faz uma divisão da mensagem em pequenos pacotes, que podem percorrer rotas diferentes através da rede, que é compartilhada com pacotes de mensagens de outros usuários, ou seja, a banda passante não é dedicada. Desta maneira, a comutação de pacotes requer que os pacotes tenham um cabeçalho com informações que garantam a rota para o destino correto e a reconstrução da mensagem na sua seqüência correta no destino.

A vantagem das redes de comutação de circuitos é que elas proporcionam uma banda passante dedicada e desta maneira, pode-se garantir uma conhecida e constante qualidade de serviço (*QoS – Quality of Service*) em relação a qualidade sonora da voz, atrasos e outras características que são importantes na comunicação. A desvantagem destas redes está relacionada a sua deficiência na utilização dos recursos. Por exemplo, se durante uma ligação telefônica os dois usuários ficam em silêncio, nenhuma informação está sendo transmitida, porém a linha (banda passante) continua reservada, isto é, outros usuários da rede de telefonia pública não podem utilizar o mesmo circuito para realizar uma chamada. Até mesmo pequenos instantes de silêncio, significam desperdícios de recursos, uma vez que os processadores com algoritmos de supressão de silêncio utilizados principalmente em redes de comutação de pacotes são capazes de reconhecer instantes de silêncio liberando a banda passante para outro usuário.

A vantagem das redes de comutação de pacotes é a utilização mais econômica e eficiente dos recursos disponíveis na rede. A sua desvantagem em processos de comunicação em tempo real (*real-time*), tal como a voz, está relacionada com uma qualidade de serviço variável. Esta qualidade de serviço variável é resultado dos congestionamentos e dos conseqüentes atrasos que podem ocorrer principalmente nos

roteadores. Uma segunda desvantagem é o atraso causado pela necessidade de compressão, descompressão e digitalização dos sinais de voz e também a necessidade de inserção de cabeçalhos contendo as informações de roteamento e seqüência que serão processados.

Na Tabela 1 são apresentadas as principais características entre a comutação de pacotes e a comutação de circuitos.

	Comutação de Pacotes	Comutação de Circuitos
Arquitetura	Distribuída	Centralizada
Transporte	Pacotes/Multiplexação Estatística	Circuitos/ Multiplexação por Divisão no Tempo (TDM)
Largura de Banda	Larga	Estreita
Utilização Ótima	Multiserviços	Voz

Tabela 1- Características de comutação de pacotes versus comutação de circuitos.

4. Motivações para a utilização de VoIP

Após uma comparação entre as redes de voz e de dados pode parecer que forçar a transmissão de voz sobre uma rede de dados não compensa, devido às mudanças necessárias para essa transição serem significantes e caras.

Apesar disso, existem motivos consistentes para o desenvolvimento da tecnologia de VoIP que estão relacionados com o custo de infraestrutura de suporte e economia de chamadas de longa distância. A seguir serão destacados tais motivos.

4.1. Custos de infraestrutura e suporte

Grandes empresas, como a ECT, utilizam-se de redes distintas para transmitir voz e dados. Dessa maneira, investem em duas infraestruturas separadas para o controle e manutenção das redes, empregando grupos distintos de engenheiros e operadores que possuem habilidades diferentes e excludentes, como ilustrado na Figura 2.

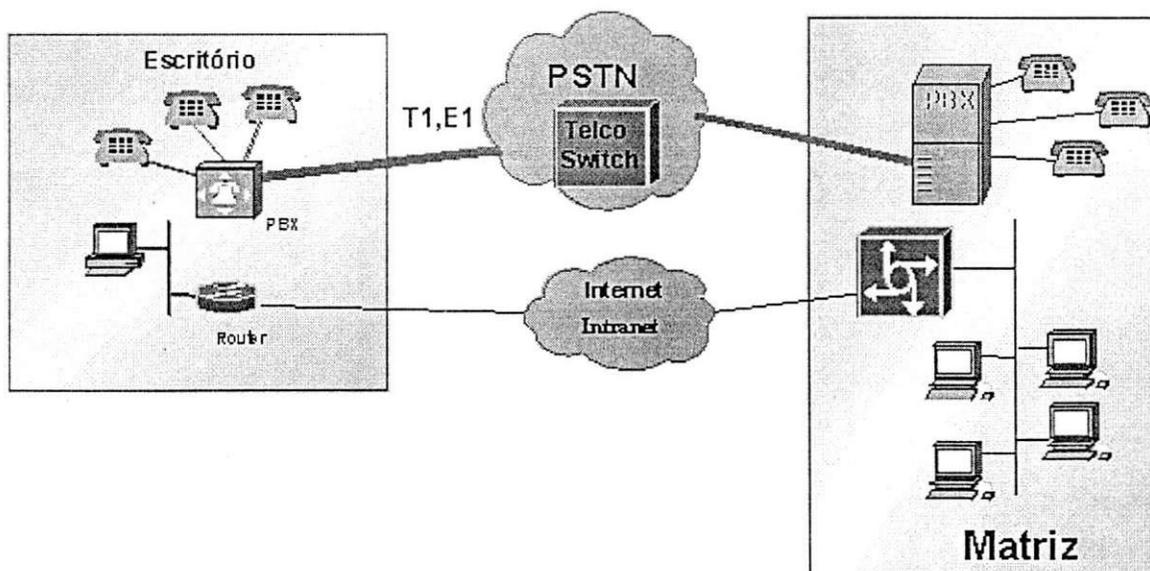


Figura 2 – Empresa com redes distintas para voz e dados.

Se na rede de dados da companhia trafegassem simultaneamente voz e dados, seria possível a redução dos custos de infraestrutura e suporte. Com um único grupo de engenheiros e operadores os custos de gerenciamento da rede seriam significativamente menores, como mostrado na Figura 3.

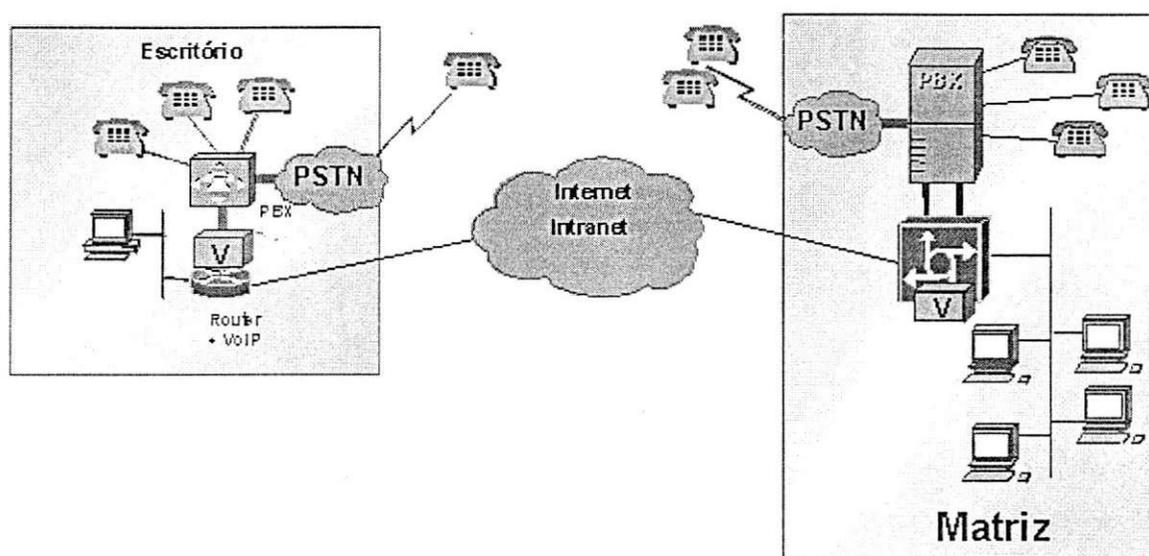


Figura 3 – Redes de voz e dados integradas.

4.2. Economia de chamadas de longa distância

Tomando como exemplo uma empresa com filiais distribuídas pelo país, como é o caso da ECT, pode-se verificar que a maioria das ligações de longa distância são realizadas entre essas filiais. Assumindo que a empresa já possui uma rede de dados conectando esses locais, a implementação de VoIP pode permitir uma grande redução dos custos das ligações de longa distância.

Adicionalmente uma economia muito grande pode ser feita nas ligações de longa distância para fora da empresa. Considere o exemplo em que a DR/PB fizesse uma chamada para um fornecedor localizado em São Paulo. Usando a rede VoIP para fazer a chamada entre a DR/PB e o fornecedor, primeiramente seria feita uma chamada entre a

DR/PB e a DR/SPM, e então, a chamada seria completada utilizando o serviço telefônico local, sem que fosse paga uma chamada interurbana.

5. O Padrão H.323

Para implementar o serviço de Voz sobre IP é necessário que sejam adotados padrões de comunicação entre os vários serviços, de acordo com a ITU (*International Telecommunications Union*), o padrão para transmissão de áudio em Intranets deve ser o H.323.

A recomendação H.323[4] define os requisitos para sistemas de comunicação multimídia em situações onde o transporte das informações é feito em uma rede baseada em pacotes (*Packet Based Network - PBN*) que não pode prover Qualidade de Serviço (QoS) garantida. As PBN podem incluir: redes locais (LANs), Intranets, redes metropolitanas (MANs) e inter-redes (incluindo a Internet). Elas também incluem conexões discadas ou conexões ponto-a-ponto sobre a rede pública de telefonia ou RDSI onde ocorre o transporte baseado em pacotes, tais como conexões PPP (*Point-to-Point Protocol*). Estas redes podem consistir de um único segmento de rede, ou podem ter topologias complexas que incorporam muitos segmentos de rede interconectados por outros enlaces de comunicação.

5.1. Pilha de Protocolos

O H.323 define quatro pilhas de protocolos (vídeo, áudio, controle e dados), mas para aplicação de VoIP apenas as partes de áudio e controle, sombreadas na Tabela 2, são utilizadas [3].

Vídeo		Áudio		Controle			Dados
H.261		G.711		H.225		H.225	T-120 Transferência de dados Multiponto.
H.263		G.722		Sinalização do Terminal para o <i>Gatekeeper</i>		Sinalização de chamada	
		G.723					
		G.728					
		G.729					
RTP	R	RTP	R				
	T		T				
	C		C				
	P		P				
Transporte não-confiável (UDP)				Transporte confiável (TCP)			

Tabela 2 –Pilha de protocolos H.323.

Os codificadores de voz padronizados para a arquitetura H.323 são [5]:

G.711- utiliza a técnica PCM (*Pulse Code Modulation*) para digitalização do sinal de voz a uma taxa de transmissão de 64 kbps;

G.722- utiliza a técnica SB-ADPCM (*Sub-Band Adaptive Differential Pulse Code Modulation*), nos canais B (64 kbps) da RDSI para transmissão de sinais de áudio de média qualidade;

G.723.1- produz níveis de compressão digital da voz de 10:1 e 12:1 operando respectivamente a 6.3 kbps e 5.3 kbps, com maior qualidade para a taxa mais alta;

G.728- é uma técnica híbrida de *vocoder* (codificação por vocalização) e codificação de forma de onda. O sinal de voz é limitado em 4 kHz e digitalizado a 16 kbps;

G.729- codifica um sinal analógico na faixa de voz em um sinal digital de 8 kbps.

O H.323 especifica que os pacotes de voz sejam encapsulados no protocolo RTP (*Real-time Transport Protocol*) e transportados no UDP (*User Datagram Protocol*). Para

gerenciar a qualidade de comunicação de voz na rede, utiliza-se o protocolo RTCP (*Real-time Transport Control Protocol*).

A parte de controle do H.323 também utiliza UDP (*User Datagram Protocol*) como protocolo de transporte para estabelecer conexões entre os terminais H.323 e o *gatekeeper* (a ser introduzido na seção 5.4).

O protocolo H.245 troca informações das capacidades de transmissão dos agentes H.323 e também abre e fecha o canal lógico utilizado na transmissão dos pacotes de voz. Ele é transmitido através de TCP.

O protocolo H.225 é formado pelo **RAS** (*Registration, Admission, and Status*) e pelo **Q.931**. O protocolo RAS está diretamente relacionado à alocação de recursos (banda passante) para que a transmissão seja efetuada entre os dois agentes H.323. Já o Q.931 é protocolo de sinalização que é usado para se realizar a inicialização e também o término da chamada entre dois agentes H.323. Estes protocolos são implementados utilizando TCP.

5.2. *Real-time Transport Protocol (RTP e RTCP)*

O *Real-time Transport Protocol* (RTP) é um protocolo de transporte de tempo real que visa fornecer um serviço de entrega fim-a-fim para aplicações que transmitem dados em tempo real, tais como áudio e vídeo. Este protocolo está definido na RFC 1889 [6].

Além de suportar a transmissão de dados *unicast*, o RTP também admite a transmissão para múltiplos destinos usando a distribuição *multicast*.

Apesar de ser um protocolo de transporte, ele é usualmente executado como uma parte da camada de aplicação e tipicamente faz uso dos serviços de multiplexação e verificação oferecidos pelo *User Datagram Protocol* (UDP). Outros protocolos de transporte, tais como o TCP, também podem carregar o RTP.

O RTP é constituído de uma parte de dados (RTP) e uma parte de controle, denominada RTCP (*Real-time Transport Control Protocol*). A principal função do RTCP é prover realimentação da qualidade da distribuição dos dados [7]. O RTP provê também suporte para conferências em tempo real com grupos de qualquer tamanho, assim como suporte para sincronização de fluxos de diferentes mídias [8].

O RTCP se baseia na transmissão periódica de pacotes de controle para todos os participantes de uma sessão, utilizando os mesmos mecanismos de distribuição dos pacotes de dados. O RTCP define pacotes SR (*Sender Report*), utilizados para transmissão de estatísticas por estações que são transmissoras ativas, e pacotes RR (*Receiver Report*), utilizados para transmissão de estatísticas de estações que não são transmissoras ativas. Uma estação é considerada transmissora ativa se ela enviou qualquer pacote de dados durante o intervalo entre a edição do penúltimo *report* e a edição do *report* atual [9].

Os pacotes RTCP contêm informações importantes para a monitoração da entrega dos pacotes de áudio, tais como: *jitter* entre chegadas de pacotes, número de pacotes perdidos, número total de pacotes e octetos transmitidos, além de outros dados úteis para diagnóstico, monitoração e correção de alguns tipos de condições de erro na rede. Por exemplo, um codificador adaptativo pode comutar para pacotes menores, de mais baixa qualidade, quando o atraso fim-a-fim ou o *jitter* na rede incrementam ao ponto em que o atraso

excessivo torna-se mais prejudicial à fidelidade do sinal de áudio que a transmissão em menor taxa de bits [3].

Na Figura 4 mostra-se o quadro do protocolo RTP. As principais funções providas pelo RTP, nos campos do seu cabeçalho, são [3][9]:

0	1	2	3	4-7	8	9	10-14	15	16	17-30	31
V=2	P	E	CC	M	PT			Sequence Number			
Timestamp											
Synchronization source (SSRC) Identifier											
Contributing source (CSRC) Identifiers (Variable)											
Data (Variable)											

CC- Contributor Count; E-Extension; M- Marker; P-Padding; PT-Payload Type;
V-Version

Figura 4 – Quadro RTP.

Identificação de payload: é essencial que os pacotes RTP entregues ao destino sejam decodificados segundo as mesmas regras utilizadas no processo de codificação. Para tal, o RTP identifica a informação que está sendo transportada, associando um identificador tipo de *payload* (campo PT) a cada pacote. Os tipos de *payload*, essencialmente codecs que podem ser usados para digitalização de áudio e vídeo são identificados na RFC 1890.

Timestamping: o *jitter* pode resultar em perda significativa de qualidade quando o tráfego é de voz ou vídeo. O RTP auxilia na solução deste problema incluindo em seu cabeçalho um campo de 32 bits denominado *Timestamp*. O conteúdo do *Timestamp* reflete o instante de amostragem do primeiro octeto contido no pacote RTP. O valor associado ao primeiro pacote, de um fluxo de pacotes, é escolhido aleatoriamente. Para os pacotes

subseqüentes, o valor do *Timestamp* é incrementado de forma linear de acordo com um relógio.

A informação do campo *Timestamp* pode ser utilizada pelo *Dejitter Buffer* para eliminar, ou ao menos amenizar, o *jitter* da rede.

Numeração seqüencial: as características de redes de datagrama não garantem a chegada em ordem dos pacotes ao destino. De modo a permitir a reordenação dos pacotes, o RTP associa o campo *Sequence Number* a um número de seqüência para cada pacote enviado. Este número de seqüência pode ser utilizado também para detectar a perda de pacotes na rede. Embora não se faça, usualmente, em retransmissões de pacotes perdidos em redes transportando tráfego em tempo real, a informação de perda de pacotes pode ser útil no processo de decodificação. Por exemplo, se o pacote *n* foi perdido, o decodificador pode optar por substituí-lo pelo pacote *n-1*.

5.3. Resource ReserVation Protocol (RSVP)

O protocolo RSVP opera na camada de transporte. É um protocolo de controle comparável ao ICMP (*Internet Control Message Protocol*) ou IGMP (*Internet gateway Message Protocol*). O RSVP é projetado para operar em conjunto com protocolos de roteamento em *unicast* e *multicast*.

Os componentes do RSVP são o transmissor, o receptor, e os hospedeiros e roteadores que estão localizados entre o transmissor e o receptor. O transmissor informa ao receptor que existem dados para serem enviados e que qualidade de serviço é necessária para a transmissão destes dados. O receptor então, envia mensagens de reserva de recursos para os roteadores que estão entre o receptor e o transmissor. Os roteadores verificam a mensagem e determinam se todas as condições podem ser atendidas, caso isso ocorra, os recursos serão reservados. O transmissor recebe, então, uma mensagem positiva de reserva e inicia a transmissão de pacotes, como mostrado na Figura 5.

Garantindo a reserva, são evitados erros que possam ocorrer e desperdício de tempo. Se o roteador ou o hospedeiro não pode disponibilizar os recursos solicitados poderá recusar a reserva.

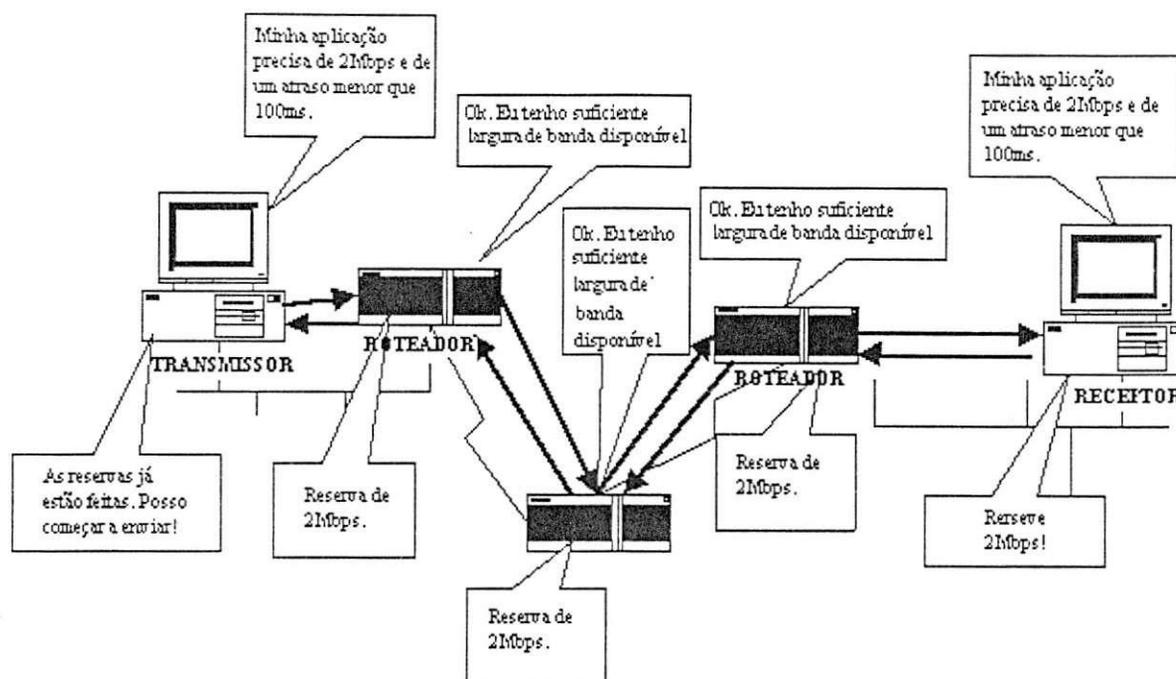


Figura 5 - Exemplo de reserva de recursos

Os conceitos chaves do protocolo RSVP são: fluxo e reserva, apresentados a seguir.

Fluxo

O fluxo é composto pelos dados do transmissor e um ou mais receptores e é identificado pelo *flow label* do cabeçalho IP. Primeiramente, o transmissor envia uma *path message* ao receptor, essa mensagem contém o endereço IP do transmissor e do receptor além do *flowspec*. O *flowspec* define a taxa e o limite de atraso para o fluxo, determinando a qualidade de serviço que o fluxo requer. A *path message* é então, roteada para o receptor pelos hoppedeiros e roteadores ao longo do caminho do fluxo.

Reserva

O receptor implementa a reserva real de recursos. Desta forma, há uma maior flexibilidade na transmissão de dados *multicast*. Esse modelo baseado no receptor permite, em uma solução distribuída, que o receptor faça reservas de acordo com a capacidade do meio ao qual ele está conectado.

Caso a reserva fosse implementada pelo transmissor, ele teria que conhecer as características de todos os possíveis receptores.

Tanto as *path message* quanto as mensagens de reserva carregam um tempo de expiração que é utilizado pelos roteadores para ajustar os cronômetros intermediários. Quando este período expira, o estado correspondente é apagado. Assim, o bloqueio de recursos é evitado no caso do receptor falhar no momento de enviar uma mensagem de desconexão ou de troca de roteamento. É de responsabilidade dos receptores e transmissores enviar periodicamente uma informação de estado atualizado para a rede.

5.4. O Gateway e o Gatekeeper

O *gateway* VoIP é um dispositivo de adaptação utilizado para permitir a comunicação entre a rede de chaveamento de pacotes e a rede de chaveamento de circuitos [4]. A principal função do *gateway* é a translação entre formatos de transmissão, procedimentos de comunicação, formatos de áudio, vídeo e dados. O *gateway* também executa (em conjunto com o *gatekeeper*, que será introduzido ainda nesta seção) funções de estabelecimento e desconexão de chamadas do lado da rede local (PBN) e da rede de comutação de circuitos (PSTN, RDSI, etc.).

Em geral, o objetivo do *gateway* é refletir as características da rede local (H.323) para um outro terminal da rede comutada por circuitos, e vice-versa.

Um terminal H.323 pode se comunicar com outro terminal H.323 da mesma rede diretamente, sem o envolvimento de um *gateway*. O *gateway* pode ser omitido caso não se deseje estabelecer comunicação com terminais da rede com comutação de circuitos. É

permitted a terminal H.323 of a network to establish a call through a gateway and return to the same network through another gateway, for example, to bypass a router or a low-speed link.

Although efficient signal encoding is an important issue in VoIP transport, this is not the only functionality provided by gateways or H.323 terminals. Many control functions must be performed by the H.323 system, including call establishment and termination, negotiation of call parameters (for example, the type of *codec* to be used), delay measurement and even maintenance of the link with *“keepalive”* messages during silent periods [3].

These control functions can be performed directly between terminals and gateways, or they can be delegated to another device whose only function is the administration of call control services in the VoIP system, called *gatekeeper*. The *gatekeeper* is not mandatory in the H.323 system, but its use is common in practical systems, where the number of devices exceeds some units. More than one *gatekeeper* can be present and can communicate with each other in the network in a non-specified form [4].

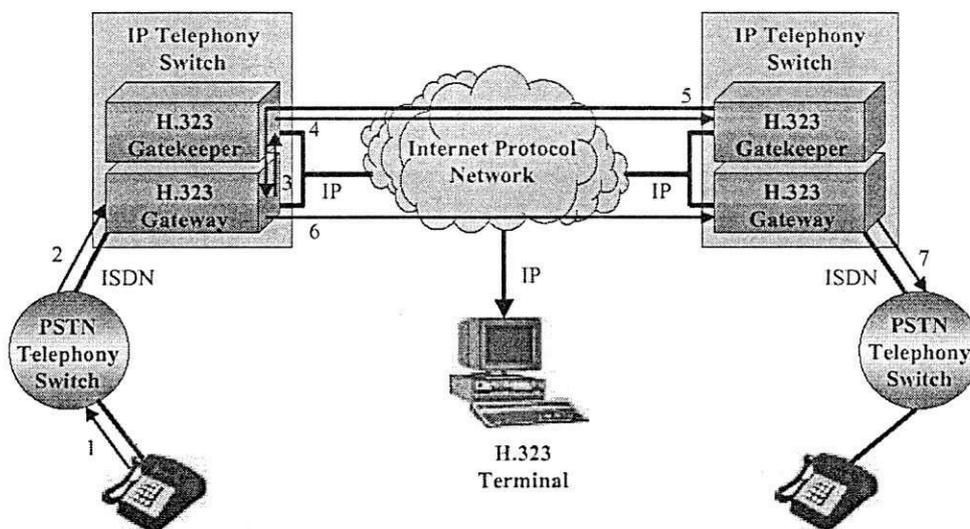


Figura 6 – Passos para o estabelecimento de um conexão de VoIP.

As principais funções do *gatekeeper* são:

Tradução de endereços: o *gatekeeper* permite o uso local de esquemas de endereçamento proprietários (chamados de apelidos no H.323), tais como mnemônicos, apelidos, ou endereços de *e-mail*, traduzindo-os em endereços IP necessários para o estabelecimento das comunicações IP.

Controle de admissões: o *gatekeeper* controla o estabelecimento de chamadas entre terminais H.323, *gateways* e outros dispositivos não-H.323. A admissão de uma chamada pode ser autorizada ou negada baseada em procedimentos de autenticação do usuário, endereços de fonte ou destino, hora do dia, largura de banda disponível, ou qualquer outro critério conhecido pelo *gatekeeper*.

Controle de largura de faixa: o *gatekeeper* pode controlar o número de terminais H.323 com acesso simultâneo à rede. O *gatekeeper* pode rejeitar chamadas de um terminal devido a limitações de largura de faixa. Esta função pode também operar durante uma chamada ativa se um terminal solicitar banda adicional.

Gerenciamento de zona: o *gatekeeper* pode coordenar as ações, associadas às funções acima, entre os dispositivos que fazem parte de sua zona de influência (dispositivos que estão sob a responsabilidade do *gatekeeper*). Por exemplo, o gerenciamento de zona pode requerer que não mais que 25 chamadas sejam permitidas através de um dado enlace de baixa velocidade, de modo que a qualidade não seja degradada. Este tipo de gerenciamento pode também permitir funções tais como distribuição automática de chamadas (ACD – *Automatic Call Distribution*) ou outros serviços associados a *call-center*.

Sinalização de chamada: o *gatekeeper* pode atuar como um “*proxy*” de sinalização de chamada para os terminais ou *gateways* sob sua responsabilidade, aliviando-os da necessidade de suportar um protocolo de controle de chamada. De outra forma, o *gatekeeper* pode simplesmente servir como ponto de contato inicial, ou seja, após admissão

da chamada proposta, o *gatekeeper* põe os dois terminais (ou *gateways*) para trocar mensagens de sinalização diretamente.

Um *gatekeeper* e todos os dispositivos sob seu controle formam uma zona H.323, que é um grupo lógico de dispositivos sob uma única autoridade administrativa. Este conceito é ilustrado na Figura 7.

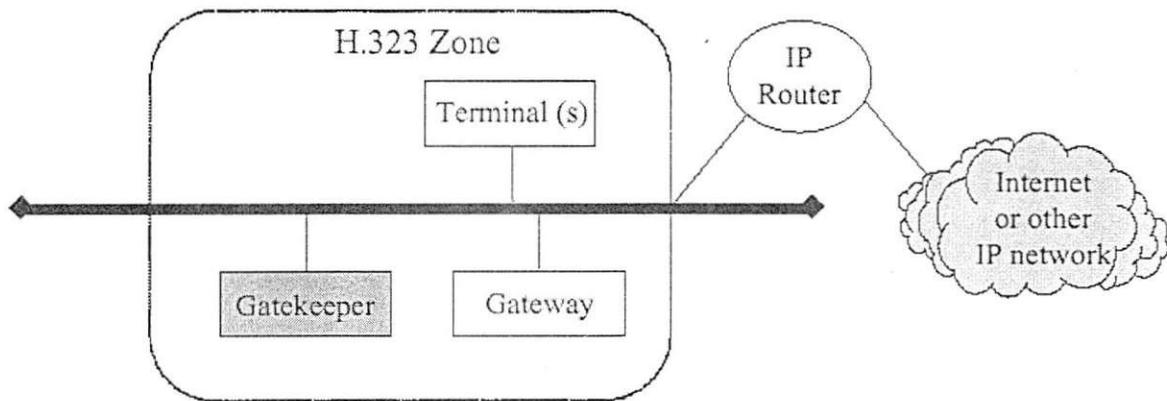


Figura 7 – Uma zona H.323

Os *gatekeepers* simplificam o desenvolvimento e uso de um sistema de VoIP, centralizando e coordenando a administração da sinalização de chamada, servindo portanto como um nó de controle para todos os dispositivos em sua zona de atuação.

6. Qualidade de serviço

A qualidade de serviço pode ser definida como “a habilidade da rede para garantir e manter certos níveis de desempenho para cada aplicação de acordo com as necessidades específicas de cada usuário” [3].

6.1. Fatores que influenciam na qualidade de serviço

A qualidade de reprodução de voz na rede telefônica é fundamentalmente subjetiva, embora medidas padrões tenham sido desenvolvidas pelo ITU (*International Telecommunications Union*). Para a transmissão de voz sobre redes de pacotes existem quatro fatores principais que causam impacto na qualidade de serviços:

Largura de faixa: a largura de faixa mínima necessária para a transmissão do sinal de voz é função da técnica de codificação utilizada. A largura de faixa disponível na rede e o mecanismo de compartilhamento dessa largura de faixa entre as diversas aplicações têm influência direta no atraso sofrido pelo pacote e conseqüentemente na qualidade de serviço resultante.

Atraso: dois problemas que resultam do atraso fim-a-fim são o eco e a sobreposição. O eco se torna um problema quando o atraso de ida e volta da transmissão é maior que 50 ms. É preciso, garantir o cancelamento do eco. A sobreposição do interlocutor torna-se significativa se o atraso em apenas um sentido da transmissão for maior que 250 ms.

Variabilidade do atraso (jitter): é a variação do tempo de chegada dos pacotes introduzido pelo comportamento aleatório do atraso. Remover o *jitter* significa reter os pacotes por um tempo suficiente que permita que os pacotes mais lentos sejam alocados na seqüência correta, o que ocasiona um atraso adicional.

Perda de pacotes: os pacotes podem ser perdidos nos períodos de congestionamento ou sobrecarga. Retransmissões não são adequadas para rede de voz como era feito no protocolo TCP. A alternativa para compensar a perda de pacote é a interpolação do discurso e envio de informações redundantes. No entanto, perdas maiores que 10% não são toleradas.

6.2. Mecanismos para prover QoS em VoIP

Para se alcançar um nível de QoS adequado para tráfego de voz sobre uma rede IP pode-se adotar um conjunto de medidas no sentido de garantir a banda necessária para a transmissão de pacotes de voz (ex.: protocolos de reserva de recurso, como o RSVP), minimizar os atrasos sofridos pelos pacotes na rede e torná-los o mais constantes possível (ex.: utilizar mecanismos de priorização dos pacotes de voz, utilizar técnicas de roteamento que privilegiem as rotas de menor atraso, utilizar mecanismos mais eficientes para o encaminhamento de pacotes nos roteadores), e eliminar ou minimizar o *jitter* de atraso sofrido pelos pacotes (ex.: utilizar *Dejitter Buffer*).

As principais técnicas para se prover QoS em redes IP transportando tráfego de voz são:

- Classificação do tráfego, de modo a poder diferenciar um tipo de outro;
- Priorização de pacotes de tráfego de voz;
- Policiamento e conformação do tráfego;
- Gerenciamento de congestionamento;
- Fragmentação de grandes pacotes de dados e entrelaçamento destes pacotes com os pacotes de voz;
- Garantia de largura de faixa para o tráfego de voz;
- Compensação, do receptor, da variação do atraso da rede.

7. Aplicações de VoIP

Os cenários de aplicações de voz sobre IP são muitos e ainda há muita controvérsia a respeito, mas não há dúvida de que a tecnologia de VoIP tem potencial para permitir o oferecimento de um novo leque de serviços aos usuários de telefonia e Internet, particularmente de longa distância.

7.1. Arquiteturas Básicas

Numa primeira abordagem podem ser definidas três arquiteturas básicas de implementação [10]:

Arquitetura Computador a Computador: nesta arquitetura dois computadores providos de recursos multimídia, conectados a uma LAN (tipicamente no ambiente corporativo) ou por meio da PSTN, a um provedor de serviços Internet, se comunicam para a troca de sinais de voz. Todo o tratamento do sinal de voz (amostragem, compressão e empacotamento) é realizado nos computadores, sendo a chamada de voz estabelecida com base no endereço IP (ou por meio de um “nome”, que será convertido para um endereço IP utilizando-se um serviço de diretório público). Esta arquitetura está ilustrada na Figura 9. A arquitetura computador a computador possui uma variante onde o computador é substituído por um telefone com capacidade de codificação de voz e implementação do protocolo IP.

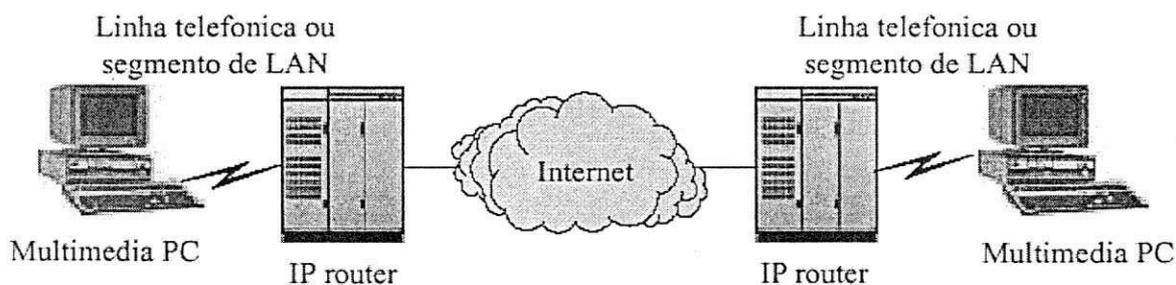


Figura 9 – Arquitetura computador a computador.

Arquitetura com gateway: nesta arquitetura, ilustrada na Figura 3, um telefone padrão é utilizado para gerar e receber a chamada telefônica sobre a Internet. O usuário chamador discar para o *gateway* de telefonia IP mais próximo de sua central telefônica local, este *gateway* reconhece e valida o número telefônico do usuário chamador (para fins de autenticação e bilhetagem) e solicita a este que forneça o número do usuário de destino. O *gateway* de entrada identifica o *gateway* de saída e inicia com este uma sessão para a transmissão de pacotes de voz (possivelmente utilizando o protocolo H.323). O *gateway* de saída chama o telefone receptor e, após a chamada ser atendida, a comunicação fim-a-fim tem início, com o sinal de voz sendo enviado por meio de datagramas IP entre os *gateways*. A codificação e empacotamento do sinal de voz são feitos no *gateway* de origem, enquanto que a decodificação e desempacotamento são feitos no *gateway* de destino. A digitalização do sinal de voz pode ser feita na central, *gateway*, ou mesmo no telefone (caso do RDSI, por exemplo).

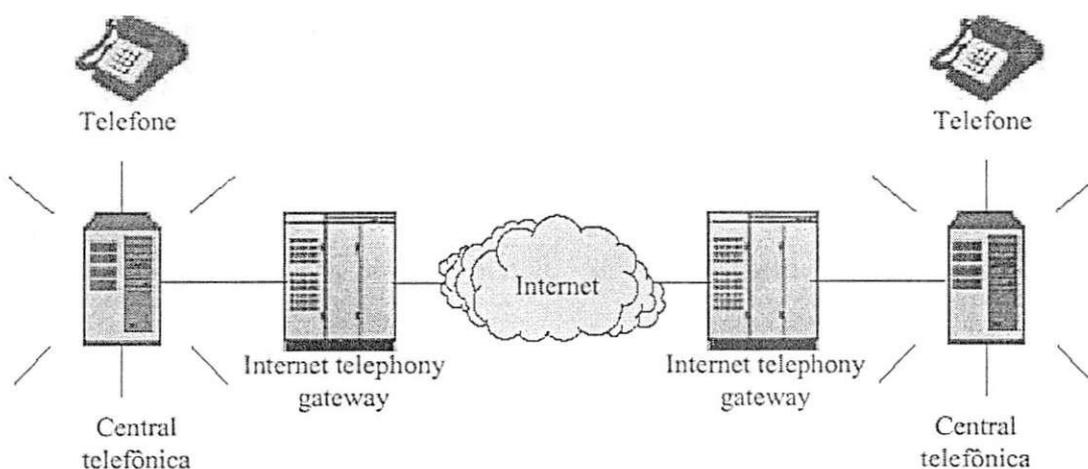


Figura 10– Arquitetura com *gateway*.

Arquiteturas híbridas: naturalmente, esquemas híbridos das duas arquiteturas anteriores são possíveis e desejáveis. Nestas estruturas um usuário de um telefone padrão origina (ou recebe) uma chamada para um usuário de computador (ou telefone IP). Em tais situações, deve haver um serviço de mapeamento ou translação de endereços IP em números telefônicos. Existem quatro caminhos unidirecionais, neste caso: computador a computador,

gateway a *gateway*, computador a *gateway*, *gateway* a computador. Em todas estas arquiteturas os pontos terminais (computador ou *gateways*) devem empregar o mesmo esquema de codificação de voz.

Embora as arquiteturas mostradas até então ilustrem o transporte de voz sobre a Internet, existe um consenso de que ao menos no curto/médio prazo a aplicação de VoIP para serviços de telefonia (telefonia IP) se dará apenas em redes privadas ou Intranets, ou ainda na rede de acesso do assinante à central de comutação local. A dificuldade de se imaginar, no momento, serviços de telefonia sobre a Internet reside no fato desta rede ser hoje do tipo “melhor esforço”, impedindo que se possa oferecer Qualidade de Serviço (QoS) adequada ao tráfego de telefonia.

7.2. Cenários de aplicações

Entroncamento de PBX ponto a ponto: empresas que dispõem de PBXs interligados por linhas dedicadas, e que possuem uma rede WAN IP interligando os mesmos escritórios onde se encontram estes PBXs, podem eliminar a linha dedicada (*tie-line*) e transportar o tráfego de voz sobre a rede IP. Para tal, é necessário a introdução de *gateways* de VoIP em ambas as extremidades. Como os pacotes de voz serão transferidos entre endereços IP pré-definidos, não há necessidade de mecanismos complexos de conversão de número telefônico/endereço IP. Na Figura 11 ilustra-se este cenário de aplicação.

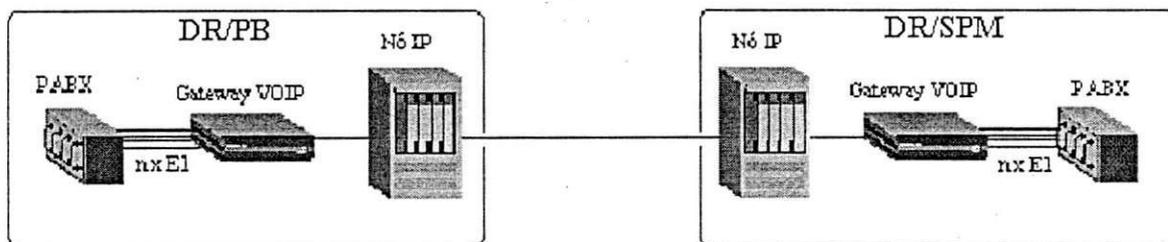


Figura 11 - Entroncamento de PBX's utilizando VoIP.

Entroncamento de centrais da rede pública: esta aplicação é bastante semelhante à anterior. Aqui, as operadoras de serviços de telecomunicações podem substituir os troncos, analógicos ou digitais, utilizados para interligar centrais telefônicas por enlaces IP.

Tráfego de voz sobre uma rede corporativa: nesta configuração uma grande empresa com diversos escritórios geograficamente distribuídos, pode se desfazer de seus canais de voz e linhas dedicadas, e rotear todo o tráfego de voz através da rede IP corporativa existente, isso pode ser visto na Figura 12.

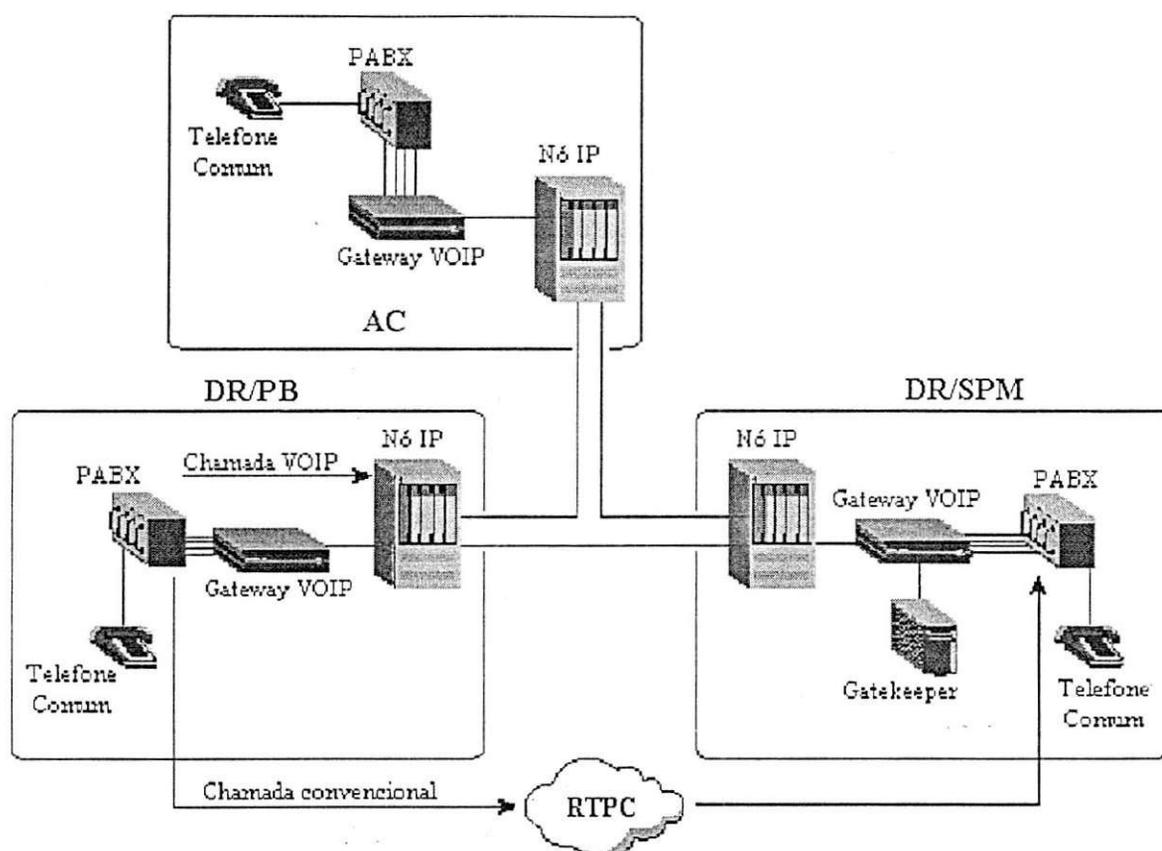


Figura 12 – Tráfego de voz corporativo.

Deve-se observar que na implementação de VoIP para empresas, além da nova comunicação suportada pela rede IP, é mantida uma boa parte dos entroncamentos com a PSTN, que vai servir para:

- Cursar as chamadas não corporativas, ou seja, destinadas à PSTN;
- Suportar o tráfego de voz corporativa em caso de falha na rede IP;

- Suportar o excesso de tráfego corporativo em caso de congestionamento na rede IP.

Geralmente as implementações permitem que o usuário, por meio da discagem de códigos, possa optar por usar a rede IP corporativa ou a PSTN para encaminhar suas chamadas. Neste caso o usuário deve ser orientado para utilizar adequadamente a rede, evitando as chamadas pela PSTN, que são tarifadas, e com isso reduzindo as despesas da empresa. Em implementações mais complexas, por meio de um plano de numeração bem elaborado, é possível deixar esta opção sempre a cargo da própria rede, conseqüentemente com melhor controle sobre os custos de telefonia.

Nesta aplicação é necessário o processo de tradução de números telefônicos em endereços IP, uma vez que existe mais de um possível destino para uma chamada. Na arquitetura ilustrada na Figura 12 esta função é executada pelo *gatekeeper*.

8. Migração para uma rede integrada de voz e dados

Com o desenvolvimento da tecnologia de Voz sobre IP a maioria das empresas buscará economizar os custos do tráfego de voz mediante a utilização das redes de comutação de pacotes para o transporte simultâneo de voz e dados, ao mesmo tempo em que, tentarão preservar a funcionalidade e os investimentos feitos nas suas redes de PBX (*Private Branch Exchange*).

Esta seção aborda os aspectos relevantes, relacionados ao planejamento e à escolha da solução mais eficiente para implementação de serviços VoIP de acordo com o tamanho da empresa, o nível de conhecimento de rede disponível e os custos das comunicações de longa distância.

8.1. Planejamento da Migração

Com a finalidade de desenvolver uma solução de migração que não seja excessivamente traumática, ocasionando mudanças abruptas na estrutura das redes de dados e voz da empresa, e ao mesmo tempo, que tire proveito das tecnologias existentes no mercado, deve-se realizar um planejamento personalizado para a empresa, que irá orientar a integração de voz e dados em uma única rede convergente. Os seguintes passos são recomendados pela literatura [11], para a realização do plano de migração:

Passo 1- Auditoria de rede:

Deve-se analisar o desempenho de cada *switch* ou roteador de rede vital na infra-estrutura da rede de dados LAN existente, enfatizando fatores como: a disponibilidade de nó, de mídia e de protocolo, estabelecendo parâmetros básicos de desempenho da rede.

Passo 2- Análise dos objetivos da rede:

Uma vez que os parâmetros básicos foram estabelecidos o próximo passo é determinar os objetivos da rede integrada, determinando a carga máxima de tráfego de voz que a rede pode absorver sem o comprometimento da transmissão de dados de missão crítica.

Passo 3- Análise da tecnologia e serviços disponíveis:

Nesta etapa deve-se selecionar o modelo e a tecnologia que melhor se adaptam ao tipo de tráfego determinado no passo 2.

Passo 4- Análise dos aspectos de QoS:

Nem todo o tráfego de voz é sensível ao atraso, aplicações de correio de voz entre outras, não exigem os mesmos requisitos de transmissão em tempo real que as conversações telefônicas.

Passo 5 – Planejamento da capacidade:

Nesta etapa determina-se a largura de banda necessária para a transmissão do tráfego da rede.

Passo 6 – Análise financeira:

Deve-se determinar o tempo necessário para o retorno do investimento e se o custo da migração é justificado.

O planejamento estruturado da integração da rede de voz e dados, partindo da análise da estrutura da rede existente e das expectativas relacionadas à convergência dos tráfegos, permite a escolha da solução mais adequada para o aproveitamento dos recursos existentes, assegurando um projeto de infra-estrutura de voz altamente confiável, maximizando o retorno dos investimentos, garantindo assim uma migração eficiente e com êxito para as redes convergidas.

8.2. Soluções de VoIP

Há uma grande variedade de soluções de VoIP disponíveis no mercado. A solução deve ser determinada de acordo com o planejamento da migração, dependendo, portanto, do tamanho e dos objetivos da organização, da tecnologia já existente na rede, dos requisitos de QoS, da análise de custos, dentre outros.

As soluções para roteadores determinam geralmente a sua substituição por equipamentos capazes de rotear dados e voz, segundo suas peculiaridades, essa solução requer geralmente mão-de-obra especializada, além de apresentar altos custos de instalação.

A utilização de placas para servidores VoIP (*VoIP Server Cards*) pode representar uma solução econômica, porém pode haver incompatibilidade com o servidor e o sistema operacional tornando a instalação complexa.

As soluções de *hardware* específico para VoIP PBX's pode representar uma opção de fácil instalação. Contudo, a reconfiguração dos PBX's existentes para VoIP pode acarretar custos em termos de atualização de *hardware*, podendo colocar em risco a comunicação de voz em caso de problemas técnicos.

A solução de menor custo, porém a menos eficiente, é a utilização de aplicativos de telefonia para computadores. Utiliza-se o computador para realizar chamadas ao invés do telefone, necessitando-se de treinamento de usuários e investimento na compra de fones de ouvido e microfones para cada computador. Além disso, muitos usuários podem reclamar que a qualidade da voz não é adequada para comunicação.

A utilização de *gateways* é freqüentemente a solução mais adequada para empresas de médio porte que possuem filiais dispersas geograficamente, não interferindo na infraestrutura existente para voz e dados, necessitando apenas de um investimento mínimo em placas específicas, que podem ser instaladas em computadores não necessariamente dedicados, para implementar as funções de um *gateway*.

9. Estudo de Caso

Esta seção apresentará um estudo de caso sobre a migração para uma rede integrada de voz e dados [12]. Este caso muito se assemelha ao da ECT.

O Virginia Community College System (VCCS) está geograficamente distribuída em 39 campi, localizados no estado da Virginia, Estados Unidos. O objetivo do projeto era aproveitar-se da tecnologia disponível para reduzir os custos referentes ao aluguel das linhas dedicadas (*tie lines*) disponibilizadas pela companhia telefônica local. As linhas privadas eram usadas para prover serviços telefônicos conectando os PBX's de cada campus, o aluguel era determinado por uma carga média de tráfego pré-definida pela PSTN, independente do número de chamadas realizadas mensalmente.

Dessa forma, dever-se-ia aproveitar a infraestrutura telefônica existente acoplando-a à rede de dados da Universidade, eliminando os custos com a linha telefônica dedicada (*tie line*).

Dois fabricantes ofereceram propostas, entretanto apenas a Cisco estava disposta a investir recursos e equipamentos para demonstrar a capacidade da nova tecnologia.

O plano de implementação foi dividido em duas fases. A primeira fase consistiu da criação de uma rede de longa distância baseada em Voz sobre IP utilizando todos os equipamentos de telecomunicações já existentes. A segunda fase consistiu na migração dos serviços de PBX para um serviço de LAN baseada em PBX e telefones IP.

9.1. Primeira Fase

Na primeira fase cada campus adquiriu um *gateway* com conectividade ao PBX existente e à Intranet da Universidade. Este pequeno aumento nos custos operacionais, devido à aquisição dos novos equipamentos, foi rapidamente recuperado pela economia gerada pelo desvio das chamadas estaduais de longa-distância para a rede de dados.

O *gateway* foi configurado para se conectar à PSTN por meio do PBX, e à rede de pacotes por meio do switch, fazendo assim a ligação da PSTN com a Intranet. Utilizando

telefones analógicos ou RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados) os usuários poderiam realizar uma chamada telefônica utilizando um código de treze dígitos, os primeiros três dígitos faziam o acesso à rede VoIP e os dez últimos eram respectivamente, o código de área e o número do telefone chamado.

Visando um número mínimo de mudanças nas configurações manuais do *gateway*, foi instalado um *gatekeeper* com função de administrar os serviços de controle da chamada nos sistema VoIP, traduzir endereços, permitindo o uso de endereçamentos proprietários, controlar o estabelecimento de chamadas e controlar o número de acessos simultâneos à rede.

O projeto de chamadas de longa-distância fornecia três serviços de voz, que são apresentados a seguir:

Chamadas com origem e destino no interior da Universidade utilizando a rede VoIP.

Na Figura 13 ilustram-se os passos para a realização deste serviço.

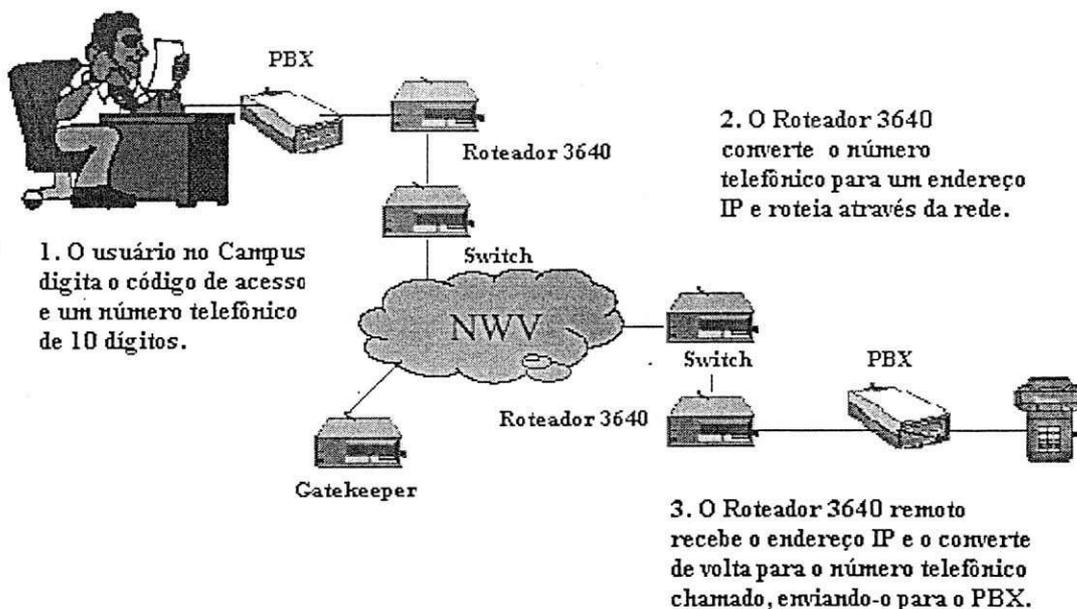


Figura 13 - Chamadas com origem e destino no interior da Universidade.

Chamadas apenas com origem no interior da Universidade

Estas chamadas são feitas utilizando a rede VoIP. Na Figura 14 ilustram-se os passos para a realização deste serviço.

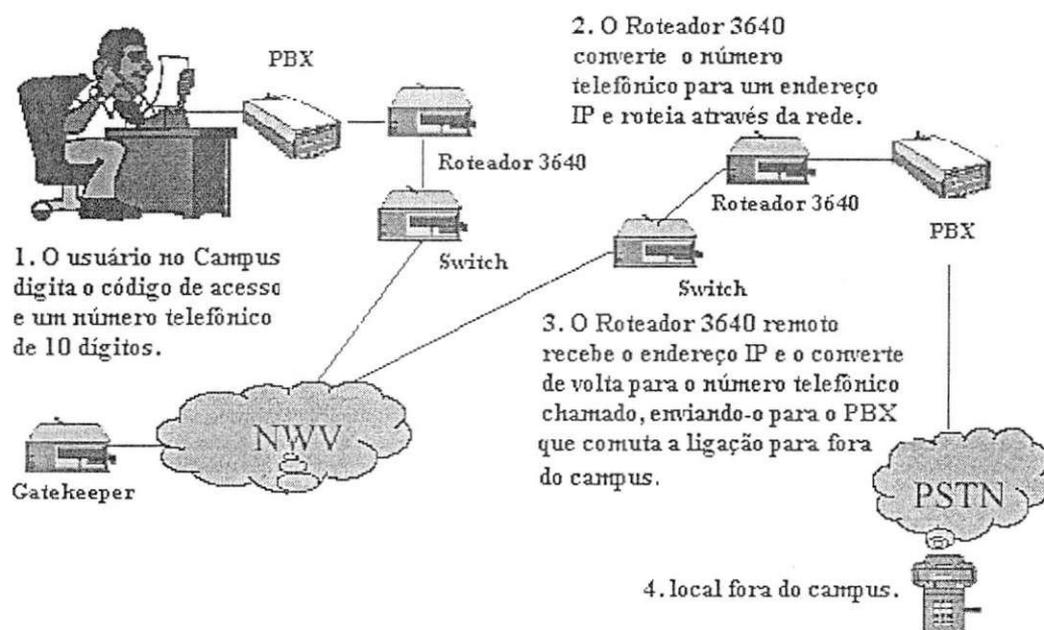


Figura 14 - Chamadas apenas com origem no interior da Universidade.

Chamadas destinadas à Universidade utilizando a rede VoIP

Estas chamadas podem ser feitas apenas por usuários autorizados. Na Figura 15 ilustram-se os passos para a realização deste serviço.

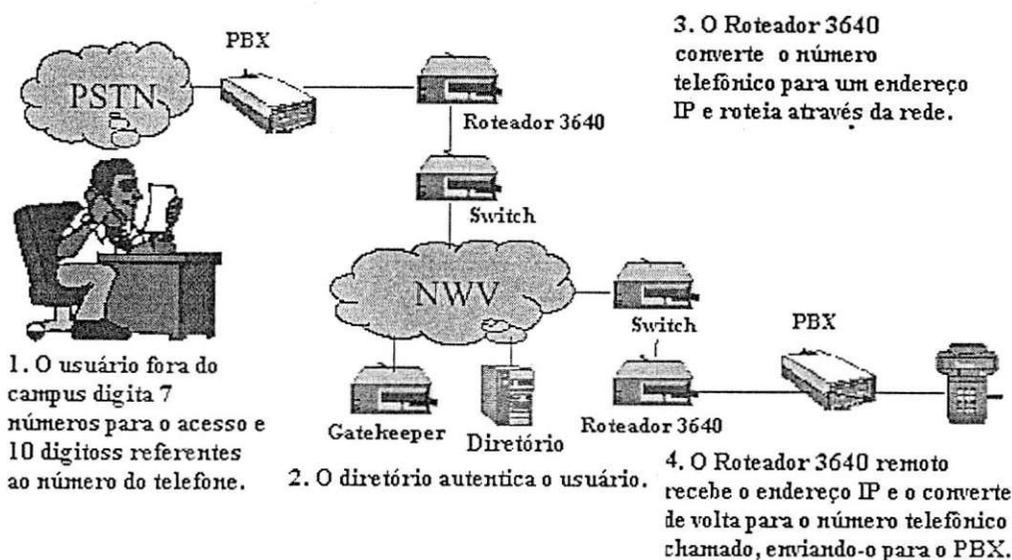


Figura 15 - Chamadas destinadas à Universidade utilizando a rede VoIP.

9.2. Segunda Fase

A segunda fase quando implementada permitiu uma redução de custos de aproximadamente 50% por meio da substituição dos PBX's convencionais por serviços utilizando telefones IP e PBX's IP. Essa diminuição dos custos deve-se a uma redução do suporte administrativo à rede de voz no que se refere à adição de novos ramais e deslocamento de ramais já existentes. Com telefone IP o usuário apenas conecta o aparelho em um novo local, tendo acesso à rede VoIP com o ramal anterior.

A migração para um ambiente de serviços IP PBX consistiu na substituição da plataforma telefônica tradicional por uma plataforma constituída por telefones Ethernet IP e pela substituição dos PBX's por um servidor de gerenciamento de chamadas. Adicionando um *gateway* para conexão à PSTN quando as chamadas internas forem destinadas ao exterior da Universidade.

Essa mudança introduziu um impacto imediato na infraestrutura da rede local, que incluiu um tráfego adicional na LAN, a necessidade de cada equipamento possuir um endereço IP, entre outros.

A principal razão que ocasionou a implementação desta segunda fase, foi o fato de se evitar os altos custos de atualização dos PBX's tradicionais devido a requisitos de escalabilidade.

Os recursos de *hardware* e *software* exigidos para implantação de serviços IP PBX consistem de três componentes:

- Processador de chamadas: implementa serviços como a transferência de chamadas, chamada em espera, dentre outros serviços prestados por equipamentos de PBX's comuns, além de uma conectividade básica (sinal de chamada, sinalização, etc.) e serviços de roteamento de chamadas entre os equipamentos da rede, atuando, dessa maneira, como um *proxy*.
- Telefones IP: além da aparência, suporta todas as características de um telefone comum, não sendo necessário, portanto, o treinamento prévio dos usuários.
- *gateways*: implementam a sinalização, a conectividade e a translação da comunicação de voz utilizando a rede IP para outros *gateways*.

Num ambiente utilizando IP PBX a potência elétrica pode ser mantida conectando o servidor de processamento de chamadas a uma fonte de potência ininterrupta ou a um gerador. A corrente é fornecida ao telefone IP por um dispositivo conectado a um *switch* Ethernet, essa corrente é fornecida apenas aos telefones IP e não aos computadores que utilizam VoIP.

Por fim, cada localidade deve determinar quanta redundância é necessária para manter o nível de disponibilidade exigido. Os campi onde as unidades de PBX foram instaladas poderiam selecionar outras opções de prestação de serviços de telefonia em caso de falhas de serviços do IP PBX.

Os serviços de chamadas foram os mesmos estabelecidos na primeira fase com a diferença de que todos os equipamentos agora utilizados suportavam o protocolo IP.

A experiência do Virginia Community College System demonstrou claramente os benefícios reais que qualquer organização utilizando serviços telefônicos de longa distância pode conseguir, mediante a migração de redes distintas de voz e dados para uma rede integrada. Uma organização pode ainda obter vantagens adicionais e economia de custos quando os telefones IP forem instalados em substituição dos serviços tradicionais de PBX existentes. Foi realizada uma análise de custos mostrando que nos campi onde os telefones IP foram instalados houve uma economia de aproximadamente US\$1 para cada US\$2 que eram gastos na manutenção dos serviços tradicionais de PBX.

10. Conclusão

O presente relatório apresentou um estudo acerca da tecnologia de voz sobre IP e suas aplicações, bem como um roteiro para o planejamento da migração para uma rede integrada de voz e dados.

Foram abordados também aspectos relacionados aos benefícios da tecnologia de voz sobre IP. O objetivo básico da tecnologia VoIP é aproveitar a mesma estrutura dos meios de comunicação e de roteadores para transportar também a voz. Em cada extremidade de comunicação deve haver equipamentos para digitalizar o sinal de voz (no caso de sinais analógicos) vindo de telefones PABX, comprimir este sinal, encapsular a mensagem resultando em um protocolo de aplicação adequado, e utilizar os serviços da camada do protocolo IP para envio ao equipamento de destino, onde é realizada a operação inversa. Os números telefônicos discados são convertidos em um endereço IP, que será roteado até o seu destino.

A integração de todos os serviços de comunicação, inclusive o de telefonia na infraestrutura das intranets, traz, além de grandes vantagens de custo, novas facilidades de gerenciamento integrado e um melhor aproveitamento dos meios de comunicação.

Este estudo será utilizado posteriormente como base para a migração da estrutura de telefonia existente na ECT (Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos) para uma arquitetura convergente de voz e dados.

Hoje, os profissionais do segmento de redes têm o desafio de se reciclarem com as novas tecnologias e com o advento de VoIP. Esta tarefa não é fácil nem simples, mas os profissionais que forem ágeis e conseguirem se destacar neste campo, certamente serão recompensados profissionalmente.

11. Referências bibliográficas

- [1] Workshop de Voz sobre IP – Apresentação disponível em: www.create.com.br
- [2] Voice over IP – Tutorial disponível em: <http://www.lucent-networkcare.com/knowledge/whitepapers/voip.asp>
- [3] Prycker Martin de. Asynchronous Transfer Mode, Soplution for Broadband ISDN. Third Edition. Prentice Hall,1995.
- [4] Recomendação ITU-T H.323 – Packet Based Multimedia Communications Systems.
- [5] Ahonen, Jarkko e Laine, Arttu. Realtime Speech and Voice Transmission on the Internet. Helsinki University of Technology. Telecommunications Software and Multimedia Laboratory. Artigo disponível em www.tem.hut.fi/Opinnot/Tik-110.551/1997/seminar_paper.html
- [6] RFC 1889 – RTP : A transport Protocol for Real-Time Applications.
- [7] Voice over IP – Tutorial disponível em www.techguide.com
- [8] Voice over IP – Tutorial disponível em www.voipgroup.com/download.htm
- [9] Packet, Voice, Vídeo and Telephony – Artigo técnico disponível em www.cisco.com/warp/public/788/voip/voip.shtml
- [10]Kostas, Thomas J., et ali. Real-Time Voice Over Packet-Switched Networks. IEEE Network, January/February 1998, pp. 18-27.
- [11]Migrating to an IP Telephony Network – Disponível em www.ieng.com/univercd/cc/td/doc/product/voice/ip_tele/dgmigrt.htm
- [12] Virginia Community College System Voice over IP Project Report. Disponível em www.so.cc.va.us/its/governance/iisg/meetings/9820Notes.html