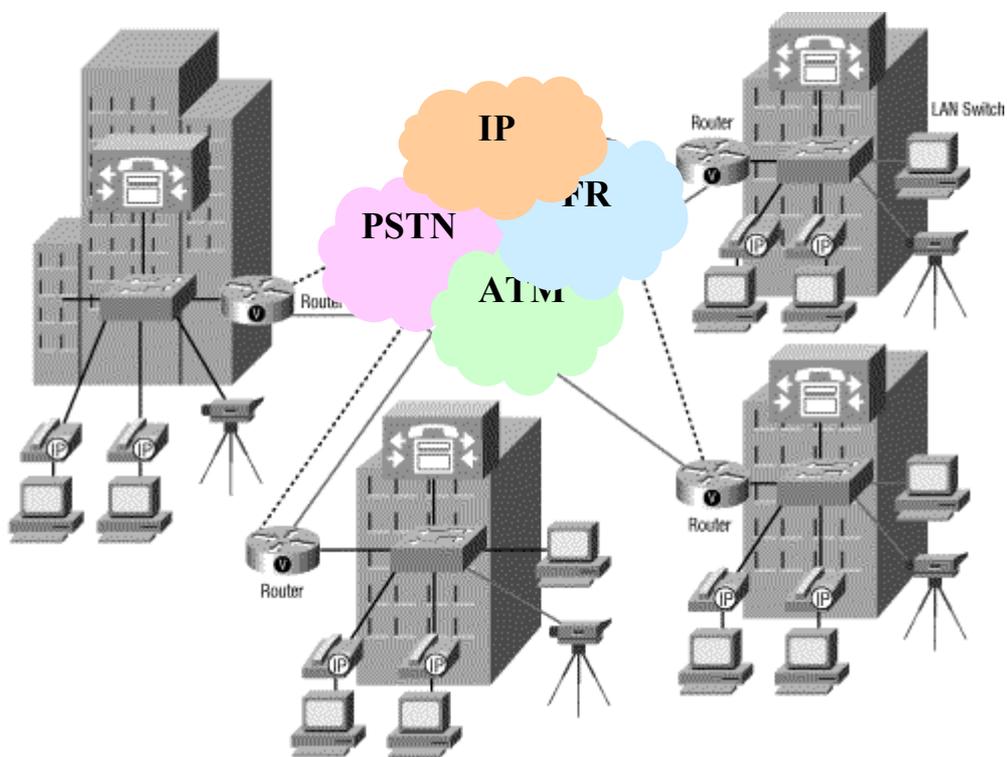


Telefonia via Internet



Aluna
Renata Falcão Corrêa

Agosto 2000

Índice

1. Introdução:	
1.1 – Apresentação	2
1.2 – Questões a serem ponderadas	3
1.3 – Estrutura do Trabalho	3
1.3.1 – Pesquisa	4
1.3.2 – Siglas	4
2. Voz sobre IP:	
2.1 – Visão Geral	6
2.2 – O Padrão H.323	7
2.2.1 – Benefícios do H.323	7
2.2.2 – Arquitetura do H.323	8
2.3 – Qualidade de Serviço	9
2.3.1 – Protocolos	9
2.3.2 – Tecnologias	9
2.4 – Questões de Interoperabilidade	11
3. Interoperabilidade entre VoIP e VoFR	
3.1 – Voz sobre Frame Relay	13
3.2 – VoIP sobre Frame Relay	15
3.2.1 – Encapsulamento de VoIP por quadros FR	15
3.2.2 – Fornecimento de QoS	16
3.3 – Considerações Finais	16
4. Interoperabilidade entre VoIP e VToA	
4.1 – Voz sobre ATM	18
4.1.1 – Modelos para o Transporte de Voz	18
4.1.2 – Soluções para o Transporte de Voz	19
4.1.2.1 – CES (Circuit Emulation Service)	19
4.1.2.2 – DBCES (Dynamic Bandwidth CES)	19
4.1.2.3 – ATM Trunking using AAL2 for Narrowband Services	21
4.2 – VoIP sobre VToA	22
4.2.1 – Fornecimento de QoS	22
4.2.2 – Serviços de Suporte a QoS	23
4.2.3 – Reserva de Recursos	25
4.3 – Considerações Finais	27
5. Situação do Mercado	
5.1 – VoIP/VoFR	28
5.2 – VoIP/VToA	28
6. Conclusão	
6.1 – Visão Apresentada	29
6.2 – Questões em Aberto	29
Bibliografia	30

1. Introdução

1.1 – Apresentação

Telefonia via Internet refere-se aos serviços de comunicação, como voz e fax, que são transportados via Internet, ao invés de utilizarem a rede pública comutada de telefone (PSTN). A idéia básica é a conversão dos sinais analógicos de voz para o formato digital e a compressão e/ou a tradução desses para pacotes IP (Protocolo da Internet), que serão transmitidos pela Internet até o destino final, onde deverá ocorrer o processo inverso.

A possibilidade de se transportar voz pela Internet, ao invés da tradicional PSTN, surgiu no início de 1995 quando a Vocaltec introduziu uma das primeiras aplicações de telefonia via Internet. Desenvolvido para operar em computadores pessoais, o software comprimia o sinal de voz e traduzia-o para pacotes IP.

Os gateways para a rede pública telefônica (PSTN) surgiram logo a seguir, para funcionar como interface entre a Internet e a PSTN. Equipados com placas de processamento de voz, esses gateways permitiram que os usuários se comunicassem via telefones comuns.

Devido a popularidade da Internet e a diminuição dos custos tecnológicos, as capacidades das redes baseadas em IP estão crescendo vertiginosamente. Globalmente, o volume do tráfego de dados ultrapassou o da rede telefônica acarretando na queda do preço do tráfego IP para abaixo das tarifas associadas ao tradicional serviço TDM. Por isso, grandes esforços estão sendo gastos para o desenvolvimento e aprimoramento das tecnologias de voz sobre IP (VoIP).

As mudanças revolucionárias resultantes do VoIP farão com que grande parte da infraestrutura da rede telefônica seja substituída pelos mecanismos baseados em IP. Entretanto, essas mudanças não serão tão simples e rápidas como esperadas inicialmente, pois a tecnologia telefônica que o VoIP espera substituir e aquelas que o VoIP irá adaptar, são extremamente complexas.

As questões tecnológicas envolvidas com a telefonia via Internet são o centro das preocupações com essas mudanças, isso porque, a Internet foi inicialmente desenvolvida para tráfegos que não exigiam transportes em tempo real. Outra questão de grande influência na evolução da telefonia via Internet está relacionada aos fabricantes, que desenvolvem produtos de acordo com a demanda do mercado, dificultando a unificação dos trabalhos desses equipamentos de forma a tornar coesa a rede, assim como é a atual rede comutada de circuitos.

A complexidade, na unificação dos trabalhos, aumenta quando se tenta melhorar a performance da rede através de meios mais rápidos e do uso de protocolos como o Frame Relay (banda em Mbps) e o ATM (banda para acima de Gbps) nos backbones da rede.

No futuro, o mundo será populado por aplicações e dispositivos que poderão ser endereçáveis tanto por um número de telefone quanto por um endereço IP. Esses dispositivos serão interconectados por uma rede construída sobre IP, Frame Relay ou ATM. Uma análise das

técnicas que possibilitam a interoperabilidade entre esses protocolos garantindo a qualidade de serviço no transporte de voz será o foco central desse trabalho.

1.2 – Questões a serem ponderadas

Para que seja possível descrevermos as questões relacionadas a telefonia via Internet alguns pontos devem ser considerados:



Qualidade da voz

Como o IP foi desenvolvido para o transporte de dados, o serviço *best-effort* utilizado, não garante a entrega de pacotes de tempo real. Para que a comunicação de voz sobre IP se torne viável, é preciso que o atraso seja menor que o valor de “threshold”¹. Para garantir uma boa qualidade para voz, é necessário ter tanto o cancelamento de eco quanto a priorização de pacotes.



Interoperabilidade

Em uma ambiente de rede público diferentes tecnologias estão presentes, como equipamentos de diferentes fabricantes, redes do tipo ATM e Frame Relay. Essas tecnologias precisam ser unificadas, para isso, padrões precisam ser criados e a interoperabilidade entre eles um fato.



Segurança

Esse problema existe, porque na rede qualquer pacote pode ser capturado. Para fornecer alguma segurança pode-se usar a criptografia e o “tunelamento”. Um dos protocolos de “tunelamento” existentes é o Protocolo de Tunelamento de Nível 2 e o de criptografia é o SSL (Secure Sockets Layer).



Integração com a PSTN

Como a telefonia via Internet ainda está sendo introduzida, ela precisará trabalhar em conjunto com a antiga PSTN. Para isso, a rede IP e a PSTN, devem trabalhar como se fossem uma única rede.



Escalabilidade

Como pesquisadores estão trabalhando para que a qualidade da voz sobre o IP seja tão normal quanto a utilizada em PSTN mas a um custo menor, é bem provável que as taxas em sistemas VoIP aumentem. Sistemas VoIP precisam ser flexíveis para crescerem de acordo com o mercado e permitir o junção dos serviços públicos e privados.

1.3 – Estrutura do Trabalho

Este trabalho tem o objetivo de apresentar como as tecnologias IP, FR e ATM são capazes de transportar voz decorrente do antigo sistema de telefonia, POTS, e como as tecnologias FR e ATM interagem com o protocolo da Internet para tornar possível o transporte de VoIP sobre as mesmas.

¹ Valor médio estipulado para o atraso entre o envio e o recebimento de pacotes IP.

Para isso, ele está dividido em quatro partes:

Na primeira delas está descrito como é feito o transporte voz sobre o protocolo da Internet, evidenciando o padrão criado e as questões pertinentes para manter a qualidade no transporte de voz.

Na Segunda parte é mostrado como o Frame Relay lida com o transporte de voz e como ele interage com a rede IP para o transporte de voz.

Na terceira, a tecnologia ATM é descrita e os diversos padrões criados para o transporte de voz são mostrados, sendo apresentado logo em seguida como o ATM interage com a rede IP.

Na quarta e última parte é avaliada a situação do mercado em se tratando da interoperabilidade entre essas tecnologias e o IP, para o transporte de voz.

1.3.1 – Pesquisa

A pesquisa realizada para esse trabalho foi basicamente feita a partir de sites da Internet, principalmente os Fóruns do FR e do ATM. Outros sites também serviram de fonte de pesquisa e estão relacionados na Bibliografia. Além disso, algumas reportagens retiradas da revista IEEE Communication também foram utilizadas.

1.3.2 – Siglas

Abaixo seguem alguns dos significados, em inglês, das siglas que aparecerão ao longo deste trabalho.

AAL	ATM Adaptive Layer
ABR	Available Bit Rate
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
ATM	Asynchronous Transfer Mode
CAS	Channel Associated Signaling
CBR	Constant Bit Rate
CCS	Common Channel Signaling
DLCI	Data Link Connection Identifier
DiffServ	Differentiated Services
DTMF	Dual Tone Multi-Frequency
FR	Frame Relay
GBR	Guaranteed Bit Rate
IEEE	Institute of Electric and Electronics Engineers

IETF	Internet Engineering Task Force
IntServ	Integrated Services
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunications Union
IWF	Inter-Working Function
PBX	Private Branch eXchange
PCM	Pulse Code Modulation
POTS	Plain Old Telephone System
PSTN	Public Switching Telephone Network
PVC	Permanent Virtual Circuit
QoS	Quality of Service
RFC	Request for Comments
RMOA	Real Time Multimedia over ATM
SAR	Segmentation and Reassemble
SCR	Sustainable Cell Rate
SLA	Service Level Agreement
SPVC	Soft Permanent Virtual Circuit
SVC	Switched Virtual Circuit
TDM	Time Division Multiplexing
UBR	Unknown Bit Rate
VBR	Variable Bit Rate
VCC	Virtual Channel Connection
VFRAD	Voice over Frame Relay Access Device
VoFR IA	Voice over Frame Relay Implementation Agreement
VoIP	Voice over Internet Protocol
VPN	Virtual Private Network
VToA	Voice and Telephony over ATM

2. Voz sobre IP

2.1 – Visão Geral

A transição da tecnologia de circuitos comutados para a infra-estrutura baseada em pacotes foi uma oportunidade para rever as escolhas de desenvolvimento que regiam a arquitetura utilizada nos serviços de telecomunicação. No POTS (Plain Old Telephone System), atual serviço de telefonia, os sistemas finais são considerados “burros” e todos os serviços são providos por equipamentos dentro da rede.

O incentivo para a nova infra-estrutura de rede telefônica não está calcado apenas na economia das ligações, mas também no poder que essa rede tem de oferecer novos e diversificados serviços. Como, por exemplo, chamadas poderão ser automaticamente transferidas ou recusadas de acordo com um roteamento baseado no dia e na hora de um calendário da Web. A Integração do POTS com os serviços da Web, pode fazer com que os intermináveis menus de voz se resumam a uma simples conexão com uma página na Web, onde estariam listados os diferentes destinos.

A explosão da Internet, em meados da década de 90, assegurou a universalização dos protocolos IP e a conseqüente necessidade da obtenção de voz sobre IP (VoIP). Porém, fez-se necessária a especificação de formatos e procedimentos em VoIP que pudessem unificar as diversas tecnologias de rede de comunicação existentes. Esses esforços estavam intimamente ligados aos usuários e provedores de rede, a fim de permitir que esses aumentassem a funcionalidade das infra-estruturas de suas redes. Entre os tipos de redes IP's temos: **Internet**, **Redes Virtuais Privadas (VPNs)**, e as **Intranets Corporativas**.

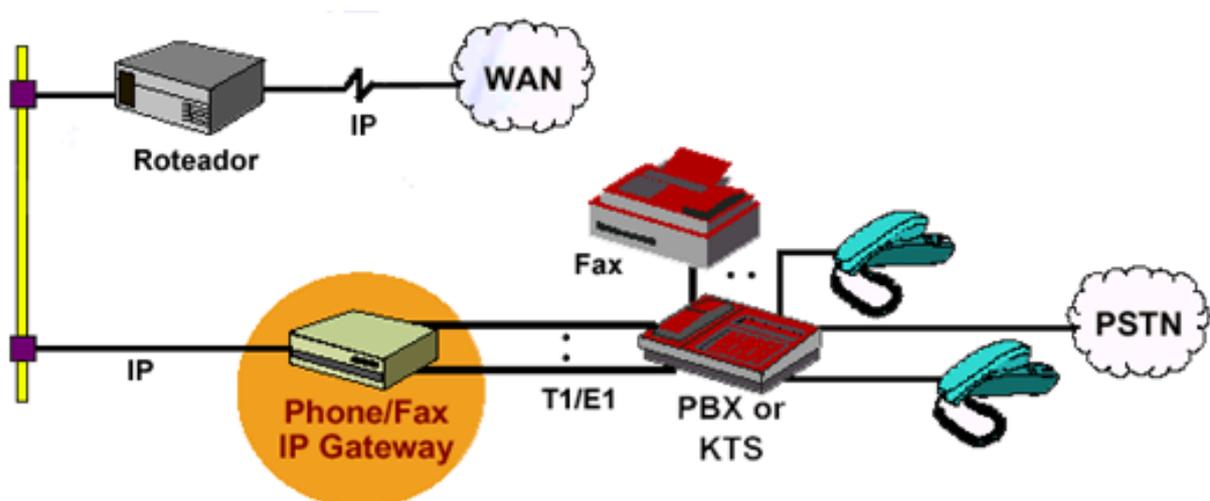


Figura 2.2.a – Exemplo de Voz sobre IP.

2.2 – O Padrão H.323

O padrão criado para o transporte de voz sobre IP foi o H.323 do ITU-T que se encontra na segunda versão, com uma documentação de mais de 700 páginas. Ele foi desenvolvido para permitir a comunicação de áudio, vídeo e dados através de redes baseadas em IP, incluindo a Internet. Seguindo o padrão H.323, produtos multimídia e aplicações de diversos fabricantes podem interoperar, permitindo que os usuários se comuniquem sem se preocupar com a compatibilidade.

O H.323 é uma especificação para comunicações multimídia sobre LANs (Local Area Networks) que não oferecem garantias de QoS. Essas redes dominam os desktops corporativos e incluem o TCP/IP e o IPX sobre as tecnologias de rede Ethernet, Fast Ethernet e Token Ring.

O padrão inclui dispositivos stand-alone, tecnologia de computadores pessoais, conferências ponto-a-ponto e multiponto, endereçamento de chamadas, gerência de multimídia e largura de banda e ligação entre LANs e outros tipos de redes.

O H.323 é parte de uma série de padrões de comunicação que permitem videoconferências através de diversas redes. Conhecido como H.32X essa série inclui o H.320 e o H.324, que tratam da comunicação ISDN e PSTN, respectivamente.

Diversas companhias de comunicação, computação e organizações como Intel, Microsoft, Cisco e IBM, dão suporte ao H.323 e isso faz com que essas companhias desenvolvam um nível de conscientização maior sobre as necessidades do mercado.

2.2.1 – Benefícios do H.323

Esse padrão possui características que garantem uma qualidade alta para o transporte de voz. Entre alguns benefícios do H.323 estão:

Codificação – O H.323 estabelece padrões para a compressão e descompressão de fluxos de áudio e vídeo, garantindo que equipamentos de diferentes fabricantes terão uma área de suporte em comum.

Interoperabilidade – Usuários podem fazer suas conferências sem se preocupar com a compatibilidade no receptor.

Independência de Rede – Esse padrão foi desenvolvido para operar sobre redes comuns. Conforme as tecnologias vão evoluindo e técnicas de gerência de largura de banda sendo incrementadas, soluções baseadas no H.323 poderão usufruir dessas novas capacidades.

Independência de Plataforma e Aplicativos – O H.323 não está amarrado a nenhum hardware ou sistema operacional, podendo ser implementado em PCs que utilizem vídeo, plataformas dedicadas, aparelhos telefônicos baseados em IP e até em TVs a cabo.

Suporte Multiponto – O H.323 define uma Unidade de Controle de Multiponto (MCU), que provê facilidades para três ou mais terminais e *gateways* participarem em uma conferência

multiponto. Embora não seja necessária sua implementação, as MCUs permitem uma arquitetura mais flexível e poderosa.

Gerência de Largura de Banda – O transporte de áudio e vídeo intensificam a utilização da largura de banda podendo ser um obstáculo para o bom desempenho das redes. O H.323 provê gerência de largura de banda, onde é possível limitar o número de conexões H.323 nas redes ou a quantidade de largura de banda disponível para as aplicações H.323. Esses limites garantem que o tráfego crítico não será desperdiçado.

Suporte Multicast – Esse padrão suporta multicast para conferências multiponto. O multicast envia um único pacote para um subgrupo, sem réplicas. Em contraste, o unicast envia múltiplas transmissões ponto-a-ponto, enquanto o broadcast envia para todos os destinatários. Em unicast e broadcast, a rede é usada ineficientemente conforme os pacotes vão sendo replicados ao longo da rede. A largura de banda é mais eficientemente utilizada nas transmissões multicast pois o fluxo de dados é único.

Flexibilidade – Através desse padrão é possível incluir destinos em conferências com diferentes características, por exemplo, em uma mesma conferência pode existir um ou mais terminais que só recebam áudio enquanto os outros terminais recebem vídeo e dados.

Conferência inter-redes – H.323 é capaz de estabelecer meios de ligar sistemas de desktops baseados em LANs com sistemas de grupos baseados em ISDN. O H.323 usa uma tecnologia de codificação comum para diferentes padrões de videoconferência, isso minimiza os atrasos de transcódificações e provê uma performance mais otimizada.

2.2.2 – Arquitetura do H.323

Nessa arquitetura estão definidos os seguintes elementos:

Terminal H.323 – Computador onde está implementado o serviço de telefonia IP, atuando como terminal de voz, vídeo e dados, através de recursos multimídia;

Gateway H.323 – Elemento situado entre uma rede IP e outra de telecomunicações, como o sistema telefônico convencional (PSTN), a rede integrada de serviços digitais (ISDN) e a rede de telefonia celular, de forma a permitir a interoperabilidade entre as duas redes;

Gatekeeper – Servidor de tradução, localização e admissão. Provê tradução de endereços e controle de acesso à rede H.323 para terminais, *gateways* e *MCUs*. Pode prover também outros serviços como gerenciamento de largura de banda e localização de *gateways*.

Unidades de Controle de Multiponto (MCU) – Provêm facilidades para três ou mais terminais e *gateways* participarem em uma conferência multiponto.

Não se faz necessária a implementação de todos estes elementos para efetuar uma comunicação em ambiente de Telefonia IP. Pode ser utilizado apenas dois terminais H.323 para estabelecer uma comunicação de voz, vídeo e dados. Os outros elementos permitem gerenciamento da chamada e inter-conexão com outras redes.

2.3 – Qualidade de Serviço

O significado de Qualidade de Serviço (QoS) para voz é completamente diferente do empregado para dados. Embora a maioria dos dados possam suportar um atraso significativo, altos atrasos são críticos para aplicações de voz. Essas exigências são “estranhas” aos princípios do Protocolo da Internet (IP), já que este é um protocolo sem conexão em que os pacotes são tratados da mesma forma (*best-effort*), podem seguir diferentes caminhos entre os pontos fonte e destino e onde os caminhos são compartilhados por diferentes transmissões. Embora esse mecanismo permita uma maior eficiência na alocação de recursos da rede, já que os pacotes são roteados pelos caminhos de menor congestionamento, a fim de garantir a QoS, todos os pacotes devem utilizar o mesmo caminho na rede IP.

2.3.1 – Protocolos

Para que a QoS seja estabelecida e mantida durante o transporte de voz, alguns protocolos são suportados pelo padrão H.323, como:

RTP/RTCP – O padrão H.323 é baseado no protocolo de transporte de tempo real o RTP, desenvolvido pela IETF e definido na [RFC1889]. Trata-se de um protocolo que provê transporte fim-a-fim na rede para aplicações de tempo real como áudio, vídeo e dados simulados sobre serviços *multicast* ou *unicast*. Normalmente ele trabalha junto com o UDP ou o TCP. O RTP não endereça reservas de recurso e nem garante a QoS para serviços de tempo real. O RTCP, protocolo usado para o controle do RTP, monitora a qualidade de serviço, provê as informações necessárias para o sincronismo entre mídias, permite a identificação dos participantes e o controle de uma sessão. O RTP/RTCP precisa ser suportado pelos Terminais, Gateways, e MCUs com processadores multiponto.

SIP – O Protocolo de Inicialização de Sessão ou *Session Initiation Protocol* (SIP) é um protocolo de nível de aplicação definido na [RFC2543] e suportado pelo padrão H.323. Amigável e simples, foi desenvolvido para estabelecer, modificar ou terminar sessões multimídia. Essas sessões incluem voz através da WAN, conferências, aprendizado a distância, telefone via Internet e aplicações similares.

RSVP – Possuir uma largura de banda que seja suficiente para uma chamada multimídia é um processo crítico em uma rede grande como a Internet ou em Intranets corporativas. Um outro protocolo desenvolvido pela IETF e definido na [RFC2205], o RSVP (Resource ReSerVation Protocol), permite ao receptor reservar uma certa quantidade de recursos da rede e saber se seu pedido foi aceito. Embora o RSVP não seja oficialmente parte do padrão H.323, alguns produtos H.323 suportam ele. Para ser possível obter a reserva de recurso o RSVP precisa ser suportado pelos Terminais, Gateways, MCUs com processadores multiponto e também pelos comutadores e roteadores intermediários.

2.3.2 – Tecnologias

Algumas tecnologias precisam ser implementadas pelos equipamentos da rede, para que os mesmos garantam a QoS requisitada. Abaixo seguem as principais características que são suportadas por VoIP.

Priorização – Os pacotes de voz são sensíveis ao atraso e precisam ser diferenciados dos demais. Em VoIP a priorização está intimamente ligada a QoS e como descrito anteriormente, o protocolo que suporta QoS em VoIP é o RSVP, onde o fluxo é marcado de acordo com a reserva feita pelo receptor. Atualmente, o IETF definiu na [RFC2474] uma solução mais simples, o Differentiated Services Model usado para Tipos de Serviços (ToS), um campo no cabeçalho IP para classificar tráfegos nas extremidades entre o cliente e o provedor de serviços ou o provedor de serviços da Internet (ISPs).

Fragmentação – A fim de aumentar a performance e evitar que pacotes de dados longos impeçam o roteamento de pacotes de voz, a fragmentação em pacotes IP é utilizada. Entretanto, enquanto reduz o atraso no tráfego de voz, aumenta muito o overhead das transmissões IP devido ao tamanho dos cabeçalhos. O tráfego de voz em IP, consome 50% mais largura de banda que em outros meios, como no VoFR por exemplo. Porém, conforme o IP foi amadurecendo, a compressão de cabeçalho e melhoras no roteamento tendem a eliminar esses pequenos problemas.

Compressão de Voz – A compressão de voz é vital em VoIP porque os tráfegos normalmente navegam sobre links de baixas velocidades. Algumas empresas de pequeno e médio porte, por exemplo, podem estar conectadas a redes virtuais privadas a apenas 28.8 Kbps. Existem diversos padrões para a compressão de voz, o Microsoft Netmeeting por exemplo, suporta a compressão de voz ITU G.723.1 para transmissões com modems dial-up. O padrão selecionado pelo IMTC VoIP Fórum para compressão de voz, o ITU G.723.1, garante a qualidade da voz. Os gateways H.323 asseguram que todas as plataformas de telefonia IP irão suportar esse padrão.

Cancelamento de Eco – O cancelamento de eco é extremamente importante em VoIP, e pode-se considerar três fontes potenciais de eco: *near-end* (próximo do destino), *far-end* (longe do destino) e *acústico*. O *near-end* é importante porque em algumas configurações, o caminho de voz atravessa os comutadores públicos que normalmente proporcionam o cancelamento do eco. O *far-end*, não é tão importante pois pontos ativos de reflexão não existem quando a voz é empacotada e transmitida em redes IP. Ecos *acústicos* são relevantes no desenvolvimento do speaker IP ou equipamentos de telefonia para Internet.

Supressão de Silêncio – O silêncio ocupa uma grande parcela de tempo em uma conversa. Através de técnicas avançadas de processamento de voz, equipamentos são capazes de detectar os períodos de silêncio e pausar a transmissão dos pacotes de voz, reduzindo o consumo da largura de banda e liberando cerca de 60% de sua utilização para outras transmissões de voz e dados. A figura 2.3.a demonstra como fica a utilização da largura de banda depois que é feita a supressão de silêncio.

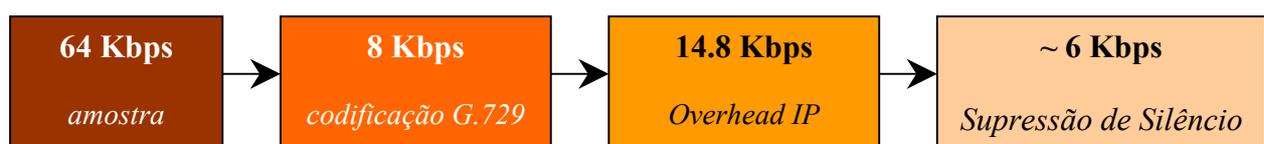


Figura 2.3.a – Utilização da largura de Banda.

Jitter – O controle do jitter em uma rede é essencial, pois o atraso entre pacotes pode atrapalhar o fluxo normal de uma conversa. Para o controle de jitter são usados buffers. Esses buffers são responsáveis pelo armazenamento temporário dos pacotes para que esses sejam transmitidos a uma taxa constante, distribuindo igualmente o atraso entre os pacotes, mantendo assim o fluxo contínuo da voz.

Processamento de Tone – Tones como o dual-tone multi-frequencial (DTMF) são utilizados na telefonia diária. Excelentes detectores de tones e propagadores são essenciais em telefonia IP, com as especificações do H.323 duas técnicas de implementação surgiram, a *in-band* e a *out-of-band*. Os tones *in-band* são transmitidos com o fluxo de voz usando múltiplos pacotes redundantes. O *out-of-band* requer que os tones sejam detectados e suprimidos no near-end, sinalizados no *far-end* e regenerados nos terminais destino pelos gateways *far-end*.

2.4 – Questões de Interoperabilidade

Nos últimos anos, a questão da interoperabilidade tem sido o ponto principal de discussão nas conferências industriais. Companhias de software e hardware testam a interoperabilidade entre seus equipamentos, redes, codificadores e protocolos.

Quando se trata de aumentar a velocidade das redes IP, a interoperabilidade entre essas redes e as tecnologias do Frame Relay e do ATM são essenciais. Diversos outros fatores também influenciam para o trabalho em conjunto entre esses protocolos, eles serão detalhados nos capítulos seguintes.

Para que seja possível uma melhor compreensão de como essas redes irão se interoperar, as seguintes topologias devem ser consideradas:

- a) Comunicação entre dois terminais diretamente conectados a uma única tecnologia de rede.



- b) Comunicação entre dois terminais cada um ligado a uma tecnologia diferente.



- c) Comunicação entre dois terminais com a mesma tecnologia onde a subrede possui uma tecnologia diferente.



Esse último cenário é essencial para o entendimento das questões de interoperabilidade que serão abordadas nos capítulos seguintes. Descrevendo o funcionamento deste cenário, o cenário b poderá ser facilmente compreendido.

É extremamente importante que a interoperabilidade seja transparente para os usuários que querem se comunicar pela rede eficientemente sem tomar conhecimento das tecnologias envolvidas. Devido ao conjunto de padrões existentes para comunicação de voz sobre IP, FR e ATM, é preciso desenvolver soluções proprietárias para o trabalho em conjunto.

3. Interoperabilidade entre VoIP e VoFR

3.1 – Voz sobre Frame Relay

Quando o Frame Relay surgiu no início dos anos 90, não foi uma tecnologia originalmente criada para carregar voz. Apesar da incerteza sobre a viabilidade de transportar voz sobre quadros, a promessa de ter um transporte de voz barato, se tornou bastante atraente. Logo usuários começaram a experimentar o transporte de voz sobre Frame Relay, enquanto fabricantes trabalhavam para tornar a promessa da qualidade de voz sobre Frame Relay (VoFR) uma realidade.

Não existe nenhum padrão explícito para telefonia Internet sobre FR, entretanto, umas das primeiras especificações completas a emergir foi o Acordo de Implementação de Voz sobre Frame Relay (VoFR IA) do FR Fórum, também denominado FRF.11.

3.1.1 – Padrão FRF.11

O VoFR IA descreve um método flexível e extensível para o transporte de voz e outros tráfegos de tempo real sensíveis ao atraso sobre redes FR. Através de algoritmos de compressão, requisitos de transmissão, e outros formatos, o IA especifica procedimentos necessários para o transporte digital de voz pelos quadros FR. O IA também complementa o protocolo FR permitindo sub-canais nas conexões lógicas para que diferentes chamadas de voz possam ser transportadas sobre um mesmo link lógico. Isso permite também que os usuários multiplexem voz e dados sobre a mesma conexão lógica, resultando em uma alta utilização da banda de transmissão.

A definição de sub-canais de dados juntamente com a alocação de banda e a capacidade de gerenciamento do tráfego, permite que usuários e provedores estendam a funcionalidade de suas infra-estruturas Frame Relay. A implementação padronizada também permite que usuários utilizem equipamentos de diversos fabricantes em uma rede única.

Nesse padrão está definido um dispositivo denominado VFRAD (Voice over Frame Relay Access Device). Esse VFRAD, integra voz em redes de dados, simplesmente sendo posicionado entre um PBX e uma rede Frame Relay. Alternativamente, o VFRAD pode ser integrado a um sistema final que suporte diretamente aplicações de telefonia e Frame Relay.

Muitos VFRADs empregam sofisticadas tecnologias para suprir as limitações do transporte de voz sobre redes Frame Relay, sem a necessidade de adicionar custo à largura de banda. Essas tecnologias serão descritas a seguir:

Priorização – O esquema de prioridades do VFRAD marca diferentes aplicações de acordo com suas sensibilidades ao atraso, associando prioridades altas à voz e outros dados sensíveis ao atraso. Os VFRADs transmitem os pacotes de maior prioridade enquanto mantém os pacotes de dados “esperando”. Não proporcionando assim, nenhum resultado negativo na transmissão de dados, já que a transmissão de voz é relativamente pequena e, sendo comprimida, requer uma pequena largura de banda.

Os provedores de serviços de Frame Relay começaram a oferecer Qualidades de Serviços (QoS) diferenciadas, de acordo com as exigências dos usuários. Para transmissão de voz, os usuários podem requisitar a mais alta QoS, através de taxas variáveis para quadros de tempo real.

Fragmentação – Os VFRADs incorporam esquemas de fragmentação para aumentar a performance. Pacotes de dados são divididos em pequenos fragmentos, permitindo que pacotes de voz de alta prioridade não tenham que esperar pela transmissão de dados longos. Os pacotes de dados restantes são momentaneamente retidos até que o pacote de voz seja totalmente transmitido.

O problema causado com a fragmentação é o overhead devido ao aumento do número de quadros, o que acarreta em uma redução da eficiência da largura de banda. Uma solução para esse problema é utilizar um mecanismo onde os pacotes só seriam fragmentados, quando um pacote de voz chegasse ao comutador durante uma transmissão de dados, fora isso, os quadros de dados longos permaneceriam intactos.

Controle do Jitter - FR possui uma rajada natural de quadros com tamanhos variáveis que podem proporcionar atrasos entre pacotes consecutivos. O Jitter pode prejudicar a regeneração da voz no destino final resultando em um som distorcido. A solução está no armazenamento dos pacotes nos buffers dos próprios VFRADs, de acordo com a análise constante dos atrasos na rede. Com isso, conforme os pacotes chegam aos VFRADs são armazenados nos buffers, permitindo que os demais pacotes cheguem e sejam capazes de serem encaixados no fluxo natural da voz.

Compressão da Voz – A compressão de voz permite que a rede comute os pacotes de voz e dados mais eficientemente sem comprometer a qualidade. Como os acessos FR normalmente são de 56/64 Kbps, algoritmos de compressão de baixas taxas, como ITU G.729, permitem um número grande de chamadas múltiplas, enquanto mantém alta a qualidade da voz. A compressão de voz pode proporcionar altas economias de banda, redução no congestionamento e altas qualidades na transmissão de voz.

Como algumas controvérsias surgiram em torno do G.729 o FRF.11 adotou uma técnica alternativa para codificação de voz baseada no PCM (Pulse Code Modulation). O único problema é que essa alternativa diminuiu as questões de interoperabilidade que o Fórum desejava empregar.

Supressão do silêncio – O VFRAD é capaz de detectar quando há um período de silêncio. Durante esse período o VFRAD transmite um quadro cujo conteúdo é um descritor de inserção de silêncio (SID), indicando que a transmissão dos quadros será momentaneamente parada.

Cancelamento de Eco - Dependendo da distância, o eco pode ser um grande problema para a rede. Quanto mais tempo o sinal demora para voltar ao chamador, mais previsível o eco se torna. O cancelamento do eco aumenta a qualidade nas transmissões de voz, e o VFRAD elimina o eco resultante da reflexão do sinal que retorna ao chamador.

Sinalização – Esse serviço suporta: Dígitos discados, como DTMF, pulso entre outros. Esses sinais podem ser enviados durante a abertura da conexão de voz ou durante a chamada para transferir tons na banda; Bits de sinalização que indicam a liberação ou captura da conexão, campainha, pulso de discar ou outras informações de acordo com o sistema de sinalização em uso; Indicação de falha; Codificação de Fax; Descritores de Silêncio (SID).

3.2 – VoIP sobre Frame Relay

A Interoperabilidade entre FR e IP é vital em alguns cenários, principalmente para provedores que oferecem serviços FR à organizações e empresas comerciais já algum tempo. Mudar a infra-estrutura desses serviços pode ser custosa e consumir muito tempo. Conforme a Telefonia Internet se desenvolve, sua utilização sobre FR pode ser vantajosa e efetivamente mais barata.

Um modelo para suprir essa necessidade é um pouco complicado de se implementar, já que o FR e o IP utilizam diferentes padrões para compressão de voz (ITU G.729 e ITU G.723A respectivamente). Existe também uma outra disparidade entre os métodos de sinalização utilizados pelos mesmos.

Com isso, o transporte de VoIP sobre Frame Relay fica restrito ao transporte de simples pacotes IPs encapsulados em quadros FR. Para tal, o IETF criou uma especificação, a [RFC1490], que define, entre outros protocolos, o encapsulamento de pacotes IPs por quadros FR. O mecanismo de encapsulamento de diversos protocolos pode ser facilmente utilizado para o transporte, transparente, de VoIP nas redes FR existentes. Alguns provedores de serviços estão usando esse modelo para disponibilizar o novo conjunto de serviços de Telefonia via Internet.

3.2.1 – Encapsulamento de VoIP em quadros FR

Nessa [RFC1490] os pacotes IPs são transportados sobre os quadros FR, podendo ser encapsulados de duas formas:

 A Figura 3.2.1.a mostra a primeira forma de encapsulamento, onde há apenas um pequeno overhead decorrente do próprio cabeçalho do FR (endereço Q.922) e de 2 bytes adicionais para identificar os pacotes IP dos demais dados. Essa forma é mais eficiente na transmissão e consistente com o encapsulamento do IP sobre o X.25.

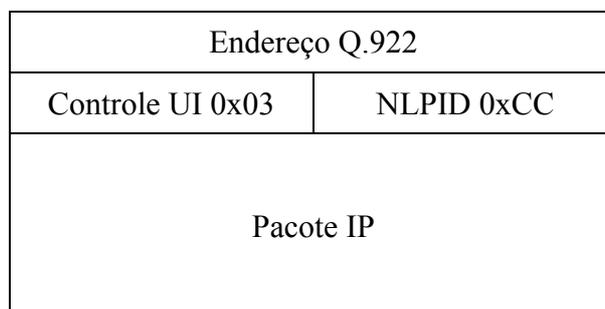


Figura 3.2.1.a – Encapsulamento de um pacote IP por um quadro FR.

 A Figura 3.2.1.b mostra a segunda forma de encapsulamento, onde há o overhead gerado pelo SNAP além do overhead descrito na primeira.

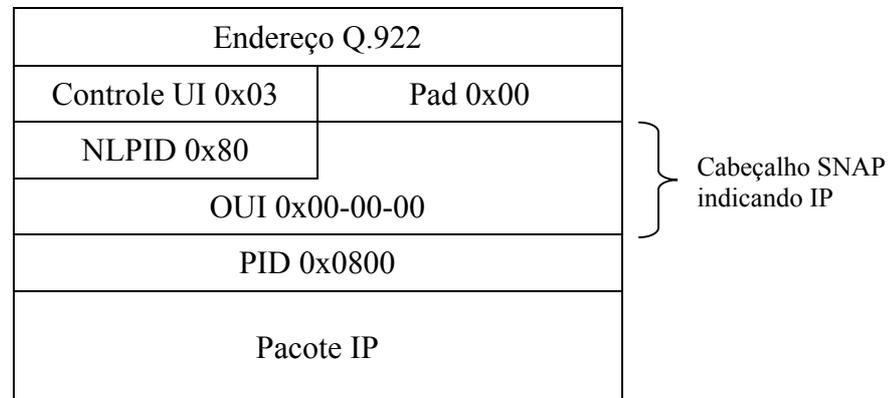


Figura 3.2.1.b – Segunda forma de encapsulamento de IP sobre FR.

Além dessas duas formas de encapsulamento a RFC, prevê também, a fragmentação de pacotes IP. Esse algoritmo é extremamente importante pois dessa forma a utilização da largura de banda fica otimizada.

3.2.2 – Fornecimento de QoS

A maioria das redes Frame Relay oferecem Circuitos Virtuais Permanentes (PVCs), poucos são os equipamentos que oferecem Circuitos Virtuais Comutados (SVCs).

A utilização do PVC, faz com que se estabeleça os parâmetros da QoS ao contratar um serviço FR. O que por um lado pode ser vantajoso, já que o tempo gasto para a negociação de recursos necessários não existirá, por outro pode ser um problema, pois cada tráfego possui sua necessidade, e através do PVC contratado, estarão fluindo diversos tipos de sujeitos a apenas um conjunto de recursos reservados na abertura da conexão.

Os equipamentos que oferecem SVCs utilizam a recomendação do FR Fórum, a [URLFR][2]. Esse acordo oferece negociação de parâmetros de QoS durante o estabelecimento da chamada. Entretanto, ele não é amplamente utilizado como base para a comutação de voz sobre FR. Isso porque, poucas são as redes FR que utilizam SVCs, além de não existir nenhuma especificação para o trabalho em conjunto com VoIP que seja baseado no padrão H.323.

3.3 – Considerações Finais

Conforme descrito anteriormente, o Frame Relay através do mecanismo de encapsulamento de protocolos é capaz de transportar pacotes VoIP.

A combinação da [RFC1490] com o VoFR IA é uma alternativa para o transporte de VoIP sobre Frame Relay. Para um melhor aproveitamento desse mecanismo e a fim de garantir a QoS os provedores podem fazer uso do mecanismo de sub-canais do IA, e estipular mais de um sub-canal para o transporte de dados, já que os pacotes VoIP irão ser transportados como dados comuns.

O atraso experimentado por pacotes VoIP pequenos quando eles compartilham uma ligação com pacotes de dados grandes, pode ser solucionado com a fragmentação dos pacotes grandes e a transmissão dos pacotes VoIP entre a transmissão dos quadros de fragmentos de dados.

O uso do VFRAD é vantajoso se considerarmos a possibilidade de se ter um melhor aproveitamento da rede Frame Relay já existente. Pois, através dele é possível transmitir uma série de tráfegos diferentes, como voz diretamente sobre FR, pacotes VoIP, fax, entre outros tipos de dados, como podemos observar na figura 3.2.2.a.

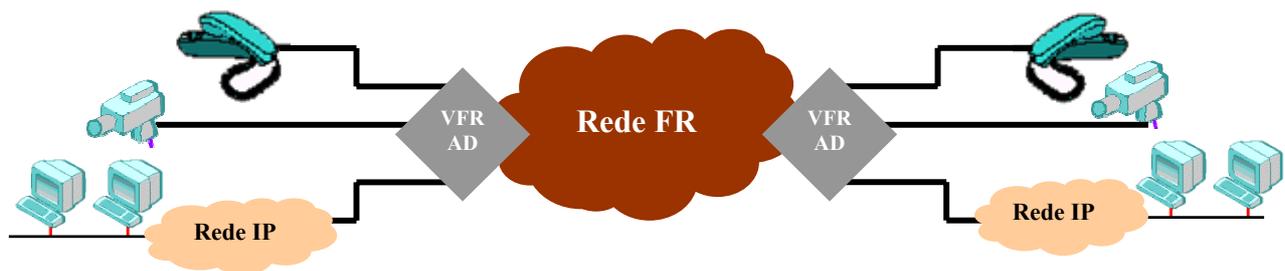


Figura 3.2.2.a – Exemplo de utilização do VFRAD

4. Interoperabilidade entre VoIP e VToA

4.1 – Voz sobre ATM

Asynchronous Transfer Mode ou ATM, é uma tecnologia com velocidades altas, multi-serviço (transporta simultaneamente voz, dados, gráficos e vídeos), flexível e escalonável, suporta tráfegos de diferentes características. O lado ruim do ATM é que seus serviços são caros e não disponíveis universalmente.

O ATM comuta células pequenas, de tamanho fixo (53 bytes cada), seus comutadores transmitem os dados a velocidades muito altas. A grande largura de banda associada ao ATM reduz os problemas de congestionamento, provendo serviços extremamente seguros. Redes ATM podem oferecer aos seus clientes Qualidades de Serviço (QoS) estipuladas no SLA (Service Level Agreements).

O transporte de voz possui diversos desafios tecnológicos, que precisam ser administrados corretamente para que o mecanismo de transporte de voz, fornecido pela rede, seja eficiente. Atualmente, o ATM Fórum e seus membros através de seus trabalhos, conseguiram enumerar essas questões e já é possível construir e operar uma rede ATM que supra as diversas necessidades dos aplicativos de voz.

As redes ATM podem suprir as necessidades das VPN (Virtual Private Networks) corporativas de voz, dos backbones de transmissão de voz para MANs, servir de suporte para redes celular e até permitir o transporte de voz internacionalmente.

4.1.1 – Modelos para o Transporte de Voz

De acordo com as necessidades dos aplicativos de voz, dois modelos básicos surgiram. Eles são conhecidos como “tronco de voz” (linha telefônica dedicada) e “comutação de voz”.

“Tronco de Voz” – Esse modelo envolve tipicamente o tunelamento do tráfego de voz, através da rede, entre dois pontos fixos. Esse mecanismo é apropriado para conectar dois sites, dois PBX, ou comutadores centrais de mensagem. Não existe nenhum requisito na rede que permita o processamento ou o término da sinalização, além da oportunidade de usar a sinalização para detectar canais desocupados. Entretanto, muitas dessas redes admitem que configurações eficientes sejam armazenadas, simplesmente pela análise e uso do tradicional mecanismo de transporte de voz, o PSTN.

“Comutação de Voz” – Esse modelo envolve a rede ATM na interpretação de sinais de voz e no roteamento de uma chamada através da rede. O comutador ATM, que recebe a chamada, comuta-a para o devido destino. Esse tipo de funcionalidade é comum em VPNs. A adoção dos padrões de sinalização, ISDN e QSIG, permitiram que os fabricantes oferecessem soluções padronizadas para a interpretação dos sinais de voz.

4.1.2 – Soluções para o Transporte de Voz

O ATM Fórum definiu três principais maneiras de abordar o transporte de voz sobre redes ATM. São eles:

 *CES* (Circuit Emulation Service)

 *DBCES* (Dynamic Bandwidth Circuit Emulation)

 *ATM Trunking for Narrowband Services using AAL2*

4.1.2.1 – Circuit Emulation Service(CES)

O VoATM surgiu através do Circuit Emulation Service (CES), sua versão foi definida pelo ATM Fórum em janeiro de 1997 (af-vtoa-0078.000). Atualmente, ele representa um padrão estável e seguro, que foi amplamente implementado por equipamentos ATM.

O CES provê um mecanismo de transporte transparente para as estruturas G.703/4. A voz é codificada como em uma rede TDM normal, usando PCM e ADPCM, ou outro mecanismo de compressão e codificação. O CES é um mecanismo full-duplex e não apresenta nenhuma mudança nas necessidades das redes PBX e TDM. A emulação do circuito pode transportar qualquer tipo de tráfego.

O CES usa o protocolo ATM da camada de adaptação AAL1 para segmentar o tráfego E1 e T1, em células ATM com as informações necessária de tempo a fim de garantir que o circuito seja devidamente reconstruído no destino. No AAL1 a transmissão das células é baseada no Constant Bit Rate (CBR).

A vantagem do CES está em sua simplicidade de implementação. Ele provê soluções simples para redes TDM e broadbands ATM. Entretanto, o CES provou ser ineficiente para o transporte de voz, aumentando o overhead e desperdiçando largura de banda nessas transmissões.

Isso porque, apesar do CBR ser a qualidade mais alta para os serviços em ATM, o fluxo de células é transmitido continuamente não importando que tipo de tráfego está sendo transmitido, com isso a largura de banda permanece sempre a mesma e é reservada enquanto durar a transmissão. Embora garanta a qualidade da voz, o CES monopoliza a banda que poderia ser usada para o transporte de outras aplicações.

Para evitar o atraso e não ter que esperar o tempo (6 ms) que os 47 bytes de voz levam para preencher uma célula inteira, o CES pode enviar células não totalmente preenchidas o que acarreta em um desperdício de 20 bytes, da largura de banda, por célula.

4.1.2.2 – Dynamic Bandwidth Circuit Emulation Services

As restrições do CES resultou no desenvolvimento de um novo padrão, o Dynamic Bandwidth Circuit Emulation Service (DBCES), pelo ATM Fórum. Esse padrão foi aprovado em julho de 1997 (af-vtoa-0085.000) e é implementado em diversos equipamentos.

O objetivo deste padrão é permitir a utilização dinâmica da largura de banda através da detecção de slots de tempo vazios, ou seja, no DBCES as células não são transmitidas continuamente e sim, somente quando existe uma chamada de voz a ser transmitida. Quando não há transmissão de voz, a largura de banda é utilizada para outros serviços. Entretanto, como no CES, as células podem continuar parcialmente vazias.

A implementação dos métodos de detecção de silêncio não são especificadas nesse padrão, cabe ao vendedor definir suas estratégias. A implementação mais comum é o mecanismo de monitoração de A/B (on-hook/off-hook) bits no canal de sinalização associado e a detecção de códigos de ociosidade dentro do canal de voz.

O DBCES pode operar em redes ATM utilizando, tanto PVC quanto SVC.

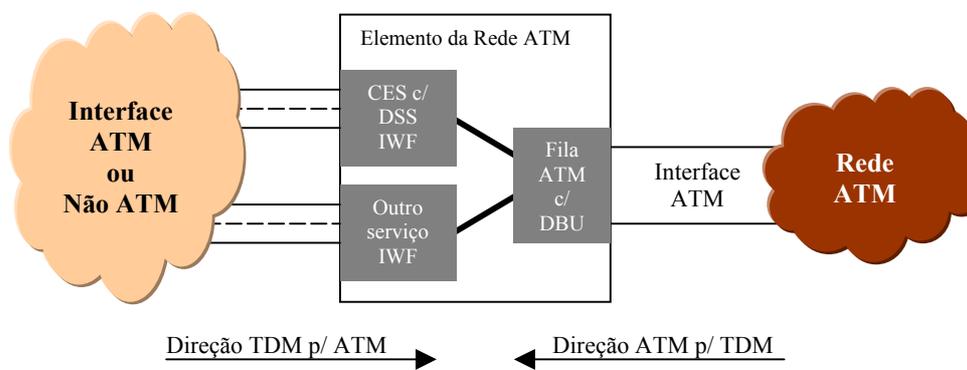


Figura 4.1.2.2.a – Imagem interna de um nó DBCES.

A Figura 4.1.2.2.a mostra a emulação de um circuito IWF (CES IWF), onde as funções de interoperabilidades são:

☎ Emulação de Circuitos – CES

☎ Detecção de atividades nos slots de tempo

☎ DSS (Dynamic Structure Sizing) da estrutura AAL1 que correlaciona as atividades dos slots de tempo na direção do TDM para o ATM.

☎ Reconstrução das atividades dos slots de tempo a partir das estruturas AAL1, na direção do ATM para o TDM.

☎ Posicionamento dos sinais, em cada slot de tempo do fluxo TDM reconstruído.

Durante a operação, o sistema atribui largura de banda suficiente para suportar as funções do DBCES quando todos os slots de tempo estão ativos. Quando alguns slots se tornam inativos, o sistema dinamicamente diminui a taxa de envio das células através da redução do tamanho das estruturas. Em decorrência disso o sistema de enfileiramento no comutador pode utilizar a banda, que não está sendo usada pelo DBCES, para outro serviço. Isso permite que a largura de banda seja alocada para tráfegos do tipo UBR, incrementando assim a utilização efetiva da mesma.

4.1.2.3 – ATM Trunking using AAL2 for Narrowband Services

O mecanismo CES, descrito anteriormente, trata o tráfego de voz como um fluxo constante de informação, codificado como CBR. Na realidade a voz não é dessa forma, existe o silêncio durante uma conversa, e não há a necessidade de ocupar um pedaço da banda para ele. Além disso, esse mecanismo minimiza os problemas de atraso transmitindo voz sem compressão à 64Kbps. Esse método impede que a rede usufrua das vantagens resultantes das tecnologias de compressão.

A fim de solucionar os dois problemas citados acima o ATM Fórum definiu um mecanismo mais avançado para o transporte de voz, chamado de *ATM Trunking using AAL2 for Narrowband Services*, esse padrão foi completado em fevereiro de 1999 (af-vtoa-0113.000). Ele especifica o uso dos circuitos virtuais ATM com o transporte de dados sendo feito através do AAL2 e o transporte de sinalização (CCS) podendo ser feito pelo AAL2 ou pelo AAL5. Os circuitos virtuais podem ser PVCs, SPVCs ou SVCs. O padrão suporta tanto um canal associado, CAS, quanto um canal comum, CCS, para sinalização.

Esse padrão suporta a supressão de silêncio, compressão de voz, cancelamento de eco, priorização e a habilidade de multiplexar diversos canais de voz em apenas um VCC. As recomendações do ITU-T como G.131, G.114, G.165 entre outras podem ser usadas para o cancelamento de eco. A priorização de pacotes é definida através dos parâmetros de QoS negociados na abertura do VC. E a multiplexação faz com que o atraso durante o empacotamento, decorrente da codificação low-bit-rate, seja minimizado.

Baseando as transmissões de células no VBR-RT (Variable Bit Rate Real-Time), o AAL2 define um cabeçalho para pacotes de voz que podem ser usados para qualquer outro tipo de tráfego de tempo real como, por exemplo, vídeo.

O Padrão descreve como os dados são coletados das diversas interfaces TDM e comprimidos, usando um dos algoritmos estipulados. O fluxo de dados resultante é então inserido em uma única seqüência de células, a fim de que seja transmitido em um único circuito virtual. Consequentemente, o atraso com o empacotamento é reduzido, de maneira que o tempo gasto pela função SAR é a soma dos tempos de todas as chamadas serem multiplexadas em um único fluxo.

O IWF (Interworking Function), definido no padrão, também pode rotear tráfegos em diversos circuitos virtuais baseado na variedade de parâmetros. Essa habilidade permite que chamadas sejam roteadas de acordo com o endereço do destino, com a interface de chegada, slot de tempo, prioridade e outros mecanismos de sinalização.

Os maiores benefícios desse padrão estão relacionados ao melhor aproveitamento da largura de banda, através da compressão da voz, à liberação da largura de banda, quando há silêncio ou quando a chamada é finalizada, e pelo roteamento e comutação das chamadas.

4.2 – VoIP sobre VToA

Uma outra solução para o transporte de voz é encapsulá-la em um outro protocolo e transportá-la sobre uma rede ATM. De acordo com a nova classe de aplicações que está surgindo na Internet, onde há o uso de diversas mídias, como voz e vídeo, operar no tradicional modo para o transporte de pacotes resulta na redução da qualidade do recebimento das informações e, potencialmente, na ineficiência do uso da largura de banda.

O transporte de VoIP sobre o ATM não seria realmente o transporte de “Voz sobre ATM”, deveria ser visto como um serviço de transporte de dados de tempo real.

O IETF vem desenvolvendo modelos de serviços integrados (IntServ) e serviços diferenciados (DiffServ), para o suporte de serviços na Internet que são baseados em tempo real. Essas novas arquiteturas fornecem uma maior flexibilidade na incorporação dos conceitos de QoS, como por exemplo, no DiffServ, os fluxos podem ser mapeados, de acordo com suas requisições, em diversas classes de serviços.

Concomitantemente, o ATM Fórum está trabalhando no desenvolvimento de uma rede ATM que provê suporte para o trabalho de redes com tráfegos de tempo real, uma das últimas especificações foram o ATM Trunking using AAL2 for Narrowband Services [URLAF3] e o Realtime Multimedia over ATM (RMOA), que deseja tornar real as aplicações de voz e vídeo IP sobre backbones ATM.

O problema não está apenas em como VoIP irá interagir com VToA e sim como esses serviços podem tirar o maior proveito do uso de redes ATM. As entidades conectadas à sub-rede ATM, roteadores IP, tem o trabalho de gerenciar a QoS provida pelas redes ATM, de forma que a QoS fim-a-fim requisitada seja oferecida aos terminais.

4.2.1 – Fornecimento de QoS

Dependendo do protocolo, a reserva de recursos pode ser iniciada tanto pela fonte quanto pelo destino. Independente de quem seja, a requisição da QoS desejada será disparada, assim como a descrição do tráfego esperado, dentro da rede. Em algum ponto essa requisição irá encontrar um roteador na extremidade da rede ATM, que deve examinar a requisição e decidir se poderá usar uma conexão já existente ou se precisa estabelecer uma nova conexão, neste último caso, utilizando as características do tráfego e da QoS requisitada para decidir que tipo de conexão ATM será necessária. Uma vez aberta a conexão a requisição deve ser transmitida pela sub-rede ATM até o roteador final e aí seguir pela rede IP normalmente até o destino final.

Atualmente, tráfegos IP fluem sobre backbones ATM, porém o Fórum quer mais que um simples transporte. Para tal, aprovou uma nova especificação a Guaranteed Frame Rate (GFR), uma nova classe de serviços que permite aos usuários “misturar” mais eficientemente tráfegos Ethernet e IP em uma rede ATM.

O GFR permite que os ISPs (provedores de Internet) ofereçam aos usuários serviços com uma largura de banda mínima garantida na Internet, além de permitir que os mesmos utilizem mais banda que não estão sendo usadas. O GRF também deixa que os usuários excedam a taxa garantida sem correrem o risco de perder quadros.

Apesar do tráfego na rede IP operar em rajadas e nem todas as classes especificadas no ATM utilizarem esse tipo de tráfego (por exemplo, o CBR utiliza tráfegos sem rajadas), o roteador na extremidade da rede ATM, também denominado IWF (InterWorking Function), pode injetar células a uma taxa constante na rede ATM. Se a velocidade do link ATM for mais rápida que a velocidade do link ponto-a-ponto esse procedimento não causará nenhum problema. Alternativamente, o IWF pode armazenar as rajadas dos tráfegos que estão chegando em seus buffers.

Para que as especificações de QoS para os tráfegos IP sejam traduzidas nas especificações da rede ATM, a proposta é criar um padrão de classe de serviço e alguns parâmetros que dependam dela. O ATM tem cinco classes de serviço CBR, VBR-RT, VBR-NRT, UBR e ABR. Cada classe dessas necessita da especificação de alguns parâmetros, como por exemplo, o CBR que precisa especificar o PCR. Em casos onde não há como definir esses parâmetros o ideal é criar um valor padrão para eles.

Apesar do CBR parecer ser vantajoso para o transporte dos tráfegos IP, já que mantém sempre uma banda disponível, ele seria ineficiente em relação ao uso dos recursos da rede. Uma solução razoável é o uso do VBR, que é mais flexível e mais eficiente que o CBR.

Problemas surgem na tentativa de mapear taxas de perdas na rede ATM, já que a perda de uma célula pode causar a perda de um pacote IP inteiro.

Outro problema está presente na hora em que há efetivamente a transmissão da voz, pois a maioria dos dispositivos de VoIP implementam a supressão de silêncio, e quando a conversa pára, param de transmitir pacotes. Isso pode ser traduzido em largura de banda sendo economizada no ATM. Entretanto, essa é uma solução complexa a nível de arquitetura, pois a rede ATM não sabe, que o tráfego transmitido através dos pacotes IP, corresponde a voz. Consequentemente, nenhuma célula será transmitida durante o período de silêncio, acarretando em uma subutilização da rede, pois o VC alocado não será utilizado por outras aplicações, com exceção das baseadas em UBR. O mesmo problema pode ocorrer quando a ligação termina e a rede ATM, sem saber que se trata de voz, não finaliza a conexão.

4.2.2 – Serviços de suporte a QoS

Serviços Integrados

A necessidade de suportar QoS para determinados aplicativos, fizeram com que a comunidade da Internet desenvolvessem a arquitetura IntServ. A idéia básica era criar um conjunto de modelos de serviços que seriam fornecidos pela Internet, além do atual modelo *best-effort*. Com isso, dois modelos foram definidos, o serviço garantido (GS) e o serviço de carga controlado (CLS). Sempre assumindo que o fluxo deve respeitar o contratado, o GS define um serviço onde o atraso e a perda estão restritos a um limite estipulado, já o CLS não. Isso faz com que o fluxo CLS sofra atrasos e perdas se comparados com os GS.

O componente chave do modelo IntServ é o mecanismo utilizado para sinalização da requisição de QoS, o Protocolo de Reserva de Recursos (RSVP). O terminal fonte envia uma mensagem RSVP PATH para anunciar a largura de banda necessária, essa mensagem atravessa diversos roteadores até chegar no destino. O terminal destino então responde com uma mensagem RSVP RESV que reserva a largura de banda nos roteadores da rede.

O RSVP é baseado no mecanismo soft-state onde as reservas podem expirar depois de um tempo limite, a menos que seja renovada.

Serviços Diferenciados

Uma vez estabelecido a reserva, todos os roteadores devem reconhecer os pacotes e oferecer a QoS requisitada ao fluxo. Essa ação se torna inaceitável quando consideramos uma rede com milhões de roteadores, pois eles terão que comportar a reserva de diversos fluxos diferentes.

Esse problema de escalabilidade fez com que a comunidade da Internet buscasse soluções mais simples para o suporte da QoS. No modelo DiffServ, o fluxo é apenas controlado nas “pontas” da rede e agregado em um pequeno conjunto de classes de tráfegos.

O tráfego é classificado ao entrar na rede nos chamados “nós de borda”. Uma vez classificado, cada tráfego será atribuído a diferentes agregações, cada uma delas identificadas por um campo no cabeçalho IP que ocupa 6 bits. Esse código DiffServ foi inicialmente chamado de ToS (Tipo de Serviço), atualmente ele é denominado byte DS. No backbone da rede, os pacotes são roteados de acordo com o PHB (Per-hop behavior) associado ao código DiffServ. Notadamente, o DiffServ é assimétrico, já que o transmissor é quem controla a classe do tráfego.

O padrão IETF foca os seguintes PHBs:



Classe de tráfego sem controle – Oferece garantias qualitativas mas não quantitativas. O tráfego é controlado no ingresso na rede, o controle de admissão não considera os aspectos fim-a-fim.



Classe de tráfego com controle – Pode oferecer garantias de serviços fim-a-fim baseadas no controle de admissão para o núcleo da rede. Na [RFC2598] há uma proposta para agregar todos os fluxos de tráfego em uma única classe e garantir uma largura de banda para ela por todo o caminho através da rede.

Combinação dos Serviços Integrados e Diferenciados

Como o IntServ e o DiffServ estão focados na reserva e na diferenciação de serviços, respectivamente, é extremamente vantajosa a combinação dos dois em uma solução global. Um exemplo de utilização da combinação desses dois serviços, pode ser observada na figura 4.2.2.a, onde o IntServ é utilizado nas redes de acesso e o DiffServ no backbone ATM.

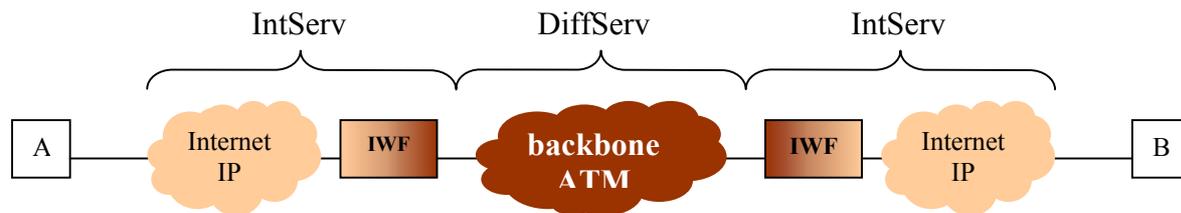


Figura 4.2.2.a – Arquitetura de uma rede IP com backbone ATM. Exemplo baseado na arquitetura da rede ELISA.

Os benefícios principais decorrentes desse modelo são:

- ☎ Um modelo de serviço IntServ fim-a-fim e escalonável com garantias razoáveis de serviços no backbone da rede.
- ☎ Reserva explícita para ligações de acesso, já que a largura de banda pode ser escassa na rede de acesso.
- ☎ Acesso flexível ao backbone da rede com QoS individuais por fluxos, em contraste com a configuração estática do DiffServ.

4.2.3 – Reserva de Recursos

De acordo com os tipos de serviço descritos acima, podemos ter os seguintes meios para reserva de recurso:

Serviços Integrados

O IWF que suporta IntServ pode mapear os fluxos em VCs dedicados. O procedimento, baseado na proposta do IETF [RFC2382], é representado na figura 4.2.3.a. Uma mensagem RSVP Path é gerada pelo transmissor, e transmitida através das redes até o receptor. Este por sua vez gera uma mensagem RSVP Resv, que vai efetivar a reserva nos nós da rede IP e ao entrar na rede ATM será transmitida até o IWF de ingresso onde o controle de admissão de fluxo (Fac), selecionará como será suportado o tráfego em questão. Se a escolha for mapear em um SVC, um novo SVC é estabelecido entre o IWF de ingresso e o IWF de egresso, como podemos observar na figura 4.2.3.a, setas 7, 8, 9 e 10.

O IWF de ingresso também pode mapear os parâmetros de QoS requisitados pela mensagem RSVP Resv, para os parâmetros da rede ATM. Quando o setup é estabelecido, o IWF de ingresso, retransmite a mensagem RSVP Resv e dá início a utilização do SVC.

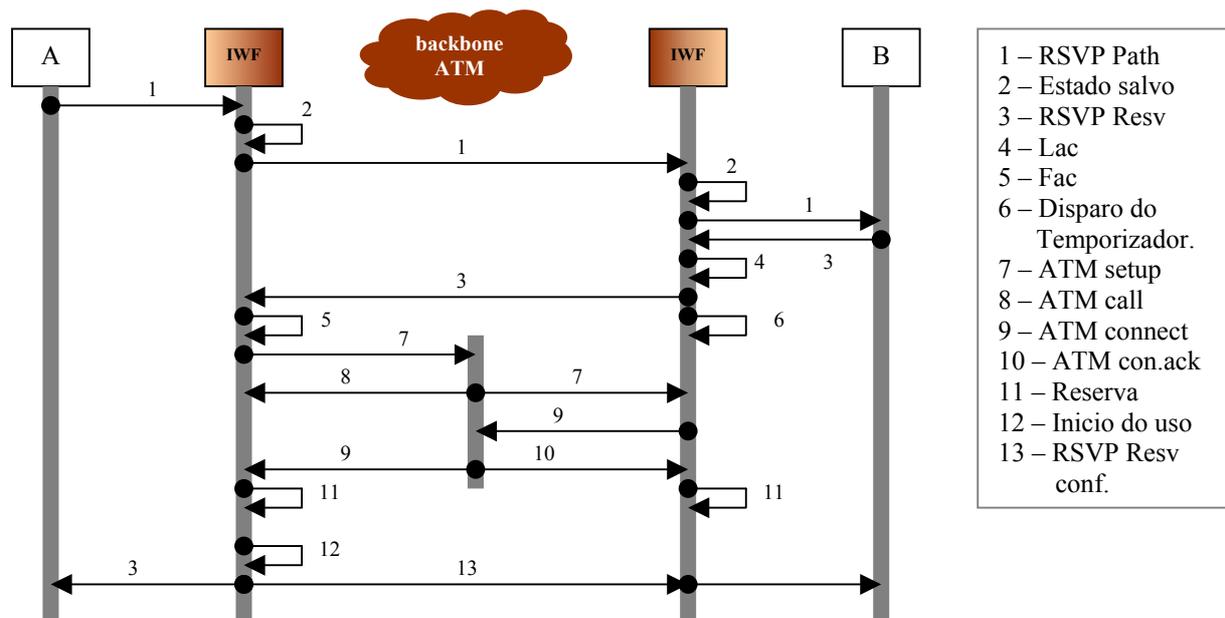


Figura 4.2.3.a – Mapeamento da QoS de um IntServ para um SVC.

Serviços Diferenciados

Para suportar a funcionalidade básica do DiffServ, um pequeno número de classes são criadas para diferenciar os tráfegos. De acordo com a [RFC2474] as classes são as seguintes: EF (Expedited Forwarding), HP (Prioridade Alta), P (Prioridade) e BE (Best-effort). Desses o primeiro é um serviço controlado.

O IWF deve assegurar que os pacotes de baixa prioridade nunca atrapalhe os demais pacotes. Para isso, uma largura de banda mínima é alocada para eles, e não é permitido que uma classe use a largura de banda destinada a outra, principalmente, as de baixa prioridades. O esquema descrito é realizado através dos algoritmos de WFQ (Fila baseada em pesos) e CBQ (Fila baseada na classe).

Combinação dos Serviços Integrados e Diferenciados

Nessa arquitetura o tráfego recebe o tratamento baseado em classes do DiffServ, integrado com o serviço baseado em fluxo, do IntServ. O serviço EF é usado para agregar o fluxo RSVP, além do uso de VCs ATM dedicados. A classe EF pode ser associada a qualquer conexão ATM que está sendo utilizada por outra classe. Com isso, a largura de banda pode ser compartilhada entre as classes HP, P e BE, desde que a banda destinada ao tráfego EF seja garantida.

Quando SVCs adicionais precisam ser estabelecidos, a interação entres os IWFs funciona de acordo com o procedimento mostrado na figura 4.2.3.a. Nesse caso, a sinalização ATM é apenas utilizada para ampliar a largura de banda de um VC existente. Entretanto, essa “adaptação” não precisa ser feita para cada fluxo novo, em muitos casos é melhor realocar uma largura de banda ATM já existente, que pode ser utilizada para os fluxos de baixa prioridade.

4.3 – Considerações Finais

De acordo com o que foi descrito neste capítulo, o ATM é capaz de transportar voz de maneira eficiente e flexível.

Existem inúmeras maneiras de abordar a transmissão de voz, algumas delas já estão implementadas outras oferecem sofisticadas técnicas que permitem uma eficiência maior para o mecanismo de transporte.

Incluindo o ATM no desenvolvimento de redes modernas multiserviço, é possível integrar uma completa série de serviços que englobam voz, dados e vídeos em uma única rede. O que pode ser traduzido em uma maior economia na banda e na complexidade da rede, associadas à redução dos custos operacionais e melhorias na segurança.

5. Situação do Mercado

5.1 – VoIP/VoFR

Interação entre o VoIP e o VoFR já existe atualmente, e muitos dos equipamentos que utilizam PVCs suportam o transporte de pacotes IPs encapsulados em quadros FR, como especificados na [RFC1490].

Fabricantes, como a RAD Data Communications, CS Telecom e Cisco, vem trabalhando no desenvolvimento de estratégias para facilitar a interoperabilidade entre o Frame Relay e o IP. Os produtos VoFR/VoIP irão executar a conversão de sinais e negociar com equipamentos IPs remotos, os algoritmos de conversão e outros parâmetros.

Alguns dispositivos da RAD, como a família MAXcess, já permitem o transporte de voz, fax e dados por Frame Relay. Além de permitirem também o gerenciamento da banda, esquemas de fragmentação e priorização.

A Cisco 7200 utiliza o FRF.11 para transmissão de VoFR e a fragmentação descrita no FRF.12 para permitir que os pacotes de VoIP sejam transmitidos juntamente com os dados, sem que os pacotes grandes de dados prejudiquem os pequenos de VoIP. As séries Cisco 2600 e 3600 são plataformas multiserviços que realçam o transporte de Voz em diversos meios, entre eles o Frame Relay.

O CS Telecom oferece uma gama de produtos e serviços direcionados para aceitar aplicações atuais já existentes, permitindo que estas possam interagir com as novas aplicações ou operar dentro de novas estruturas. Esses produtos permitem o transporte de voz, dados e vídeo através de redes de dados. Um exemplo é o SafeCom 4000 que foi concebido para grandes sites IP/Frame Relay privados.

O Nuera F2000, da IBM em acordo com a Nuera Communications, é um outro exemplo de dispositivo que permite a integração de voz e dados, a baixo custo, pelas telefônicas. Um dos benefícios do F2000 é permitir a migração para VoIP sem a alteração de hardware e a interoperabilidade entre os ambientes de VoIP e VoFR em ambas as redes.

5.2 – VoIP/VToA

A Interoperabilidade entre essas duas redes, IP e ATM, para o transporte de voz ainda está em fase de teste. Porém, com a crescente utilização de fibras óticas para serviços de telefonia, só no Brasil são 76.000 Km de fibra instalados², é possível percebemos a necessidade de estabelecer padrões para a interoperabilidade entre essas duas tecnologias, o VoIP e o VToA.

² Segundo a Revista Info Exame [REVIE].

6. Conclusão

6.1 – Visão Apresentada

A Telefonia via Internet ainda está em sua “infância”, mas é possível verificarmos claramente que ela se tornará disponível globalmente. Seu sucesso dependerá da disposição das demais tecnologias, mais especificadamente, dos serviços que essas tecnologias como o Frame Relay e o ATM tem a oferecer.

Conforme a demanda para o transporte de voz, vídeo, e outras informações que exigem tempo real aumentam, novas soluções vão sendo desenvolvidas para integrar essas tecnologias e prover serviços com baixos custos, altas qualidades, mais escaláveis, e fáceis de gerenciar.

Este trabalho descreveu algumas dessas soluções, principalmente as relacionadas a qualidade de serviço. Cada tecnologia descrita possui padrões para o transporte eficiente de voz, sozinha são capazes de imprimir qualidades altas para esse transporte. Porém, quando se trata de transportar pacotes VoIP sobre seus quadros e células, o FR e o ATM, apresentaram soluções bem parecidas, transportar esses pacotes como dados comuns.

A diminuição da condição de pacote de voz para um simples pacote de dados traz uma série de desafios que precisam ser solucionados para que a qualidade da voz seja mantida. Nesse aspecto o Frame Relay e o ATM se diferem, pois como o FR utiliza circuitos virtuais permanentes não precisa lidar com a passagem de parâmetros de QoS na hora de criar um circuito. O que não ocorre no ATM, tornando a transmissão de voz nesse meio mais desafiadora.

Soluções simples ou não, o fato é que na hora de utilizar uma dessas duas tecnologias como backbones é preciso levar em conta os interesses em questão.

6.1 – Questões em Aberto

Neste trabalho foram descritos as tecnologias para o transporte de voz via Internet com garantia de qualidade de serviços, entretanto outras questões também precisam ser levadas em conta para o transporte de voz. Como por exemplo, mecanismos de segurança, policiamento, controle de admissão inclusive questões de roteamento.

Essas questões também precisam estar bem definidas em cada uma das tecnologias, IP, FR e ATM, para que se possa fazer um estudo mais completo de como elas serão tratadas quando essas tecnologias começarem a interagir.

Bibliografia

- [IEEEN1] IEEE Network Magazine – Maio/Junho 1999 – Volume 13 – N.º 3 – Special Issue Internet Telephony
- [IEEEEC1] IEEE Communications Magazine – Abril 2000 – Volume 38 – N.º 4 – Internet Telephony.
- [RFC1821] M. Borden, E. Crawley, B. Davie, S. Batsell, “Integration of Real-time Services in an IP-ATM Network Architecture”, RFC 1821, IETF, Agosto de 1995.
- [RFC1889] Schulzrinne, Casner, Frederick, Jacobson, "RTP: A transport protocol for Real-time applications", RFC 1889, IETF, Janeiro 1996.
- [RFC2205] Branden, Zhang, Berson, Herzog, Jamin, "Resource ReserVation Protocol - RSVP", RFC 2205, IETF, Setembro 1997.
- [RFC2543] Handley, Schulzrinne, Schooler, J. Rosenberg, "SIP: Session Initiation Protocol", RFC 2543, IETF, março de 1999.
- [RFC2598] V. Jacobson, Nichols, Poduri, “Na Expedited Forwarding PHB, RFC 2598, IETF, Junho de 1999
- [RFC2474] K. Nichols, Blake, Baker, Black, “Definition of the Differentiated Service Field in IPv4 e IPv6 Headers”, RFC 2474, IETF, Dezembro de 1998.
- [RFC2382] E. Crawley, Berger, Berson, Baker, Borden, Krawczyk, “A Framework for Integrated Services and RSVP over ATM”, RFC 2382, IETF, Agosto de 1998.
- [RFC1490] T. Bradley, Brown, Malis, “Multiprotocol Interconnect over Frame Relay”, RFC 1490, IETF, Julho de 1993.
- [REVIE] Revista Info Exame – Agosto 2000 – Ano 15 – N.º 173 – O submundo dos Hackers
- [URLWP] Web ProForum Tutoriais
<http://www.iec/org>
- [URLIT] Internet Phone Technology,
<http://www.tsufl.edu>.
- [URLEA] Enterasys Network,
<http://www.enterasys.com>.
- [URLMS] Oklahoma State University, Master of Science Degree in Telecom. Manegement, <http://www.mstm.okstate.edu>.

- [URLOH] Universidade de Ohio
<http://www.cis.ohio-state.edu>
- [URLAF] ATM Fórum,
<http://www.atmforum.com>.
- [1] Circuit Emulation Service Interoperability Specification Versão 2 – AF-VTOA-0078.000 – Janeiro de 1997.
[2] Specifications of (DBCES) Dynamic Bandwidth Utilization in 64KBPS Time Slot Trunking over ATM Using CES – AF-VTOA-0085.000 – Julho de 1997.
[3] ATM Trunking using AAL2 for Narrowband Services – AF-VTOA-0113.000 – Fevereiro de 1999.
- [URLFR] Frame Relay Fórum
<http://www.frfforum.com>
- [1] Voice over Frame Relay Implementation Agreement – FRF.11.1 – Dezembro de 1998.
[2] SVC User-to-Network Interface Implementation Agreement – FRF.4.1 – Janeiro de 2000.
- [URLCS] IEEE
<http://www.ieee.org>
- [URLDC] Communication Society
<http://www.consoc.org>
- [URLTS] Telsyte Publications
<http://www.telsyte.com>
- [URLPT] Protocols.Com
<http://www.protocols.com>
- [URLCD] Communication Systems Design Magazine
<http://www.csdmag.com>
- [URLCI] Cisco System,
<http://www.cisco.com>.
- [URLPI] Ken's CTI, IVR and Call Center Page,
http://www.pi.se/ken/cti_ipitel.html.
- [URLRD] RAD
<http://www.rad.com>
- [URLCS] CS Telecom
<http://www.cstelecom.com>