Universidade de São Paulo
Instituto de Ciências Matemáticas e Computação
Departamento de Ciências da Computação e Estatística

Avaliação de Sistemas de Videoconferência

Graciela Machado Leopoldino

Orientação: Prof. Dr. Edson dos Santos Moreira

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação de São Carlos - USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências - área de Ciências de Computação e Matemática Computacional.

USP – São Carlos

Agosto de 2001

Sumário

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.3 ORGANIZAÇÃO	2
CAPÍTULO 2. VIDEOCONFERÊNCIA	3
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	3
2.2 CONCEITOS DE VIDEOCONFERÊNCIA	3
2.3 CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS DE VIDEOCONFERÊNCIA	6
2.3.1 Controle de Acesso.....	7
2.3.2 Manipulação Cooperativa de Documentos.....	9
2.3.3 Minimização na Utilização do Sistema de Comunicação.....	9
2.4 PROCEDIMENTOS PARA VIDEOCONFERÊNCIA	9
2.4.1 Pré-conferência	10
2.4.2 Início e Término da Conferência	10
2.4.3 Gerenciamento da Conferência	11
2.5 PROBLEMAS EM SISTEMAS DE VIDEOCONFERÊNCIA	11
2.6 CENÁRIOS DO AMBIENTE DE VIDEOCONFERÊNCIA	12
2.6.1 Ambiente dos Participantes	12
2.6.2 Salas de Videoconferência.....	13
2.6.3 Cenários	17
2.7 PADRÃO PARA TRANSMISSÃO DE VIDEOCONFERÊNCIA.....	22
2.7.1 Principais Características	23
2.7.2 O H.323 em Relação a Outros Padrões da Família H.32x.....	23
2.7.3 Suporte a Áudio, Vídeo e Dados	24
2.7.4 Componentes H.323	26
2.7.5 Alternativa ao padrão H.323	27
2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
CAPÍTULO 3. CONTEXTO TECNOLÓGICO	29
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	29
3.2 TRANSMISSÃO MULTIMÍDIA NA REDE	29
3.2.1 Requisitos de Largura de Banda.....	29
3.2.2 Requisitos de Qualidade de Serviço.....	30
3.2.3 Requisitos de Multicast.....	31
3.3 TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO PARA TRANSMISSÃO MULTIMÍDIA	33
3.3.1 ATM.....	33
3.3.1.1 Largura de Banda	34
3.3.1.2 Qualidade de Serviço.....	34
3.3.1.3 Multicast.....	35
3.3.2 Ethernet	35
3.3.2.1 Largura de Banda	37
3.3.2.2 Qualidade de Serviço.....	37
3.3.2.3 Multicast.....	38
3.4 INTERNET2.....	38
3.4.1 Qualidade de Serviço	39
3.4.2 QBone.....	40
3.4.3 GigaPOPs.....	40
3.4.4 IPv6.....	42

3.4.5	RSVP	43
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
CAPÍTULO 4. AVALIAÇÃO.....		45
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	45
4.2	PARÂMETROS DA AVALIAÇÃO	45
4.3	NETMEETING	46
4.4	APLICAÇÕES MBONE	48
4.4.1	Visual Audio Tool (VAT)	49
4.4.2	Robust Audio Tool (RAT)	50
4.4.3	Video Conferencing (VIC)	52
4.4.4	FreePhone	53
4.4.5	WhiteBoard (WB).....	54
4.4.6	WhiteBoarD (WBD)	55
4.4.7	Network Text Editor (NTE).....	56
4.4.8	Session DiRetory (SDR)	56
4.4.9	ConfMan.....	57
4.4.10	Rendez-Vous	57
4.4.11	ReLaTe	58
4.4.12	QuestionBoard.....	58
4.4.13	VCR on Demand	60
4.4.14	Avaliação das Aplicações Mbone.....	60
4.5	OHPHONE	61
4.6	LIVELAN	62
4.7	CUSEEME	63
4.8	IVISIT	64
4.9	REFLETOR - VIRTUAL ROOM VIDEO SYSTEM.....	65
4.10	MCUs - MEETINGPOINT E PICTURETEL NETCONFERENCE.....	66
4.11	COMENTÁRIOS SOBRE A AVALIAÇÃO	67
CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES.....		711
5.1	TRABALHOS RELACIONADOS	722
5.2	TRABALHOS FUTUROS	722
GLOSSÁRIO DE TERMOS.....		755
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		811
ANEXO A.MODELOS DE COMUNICAÇÃO PARA VIDEOCONFERÊNCIA		899
RESUMO		899
1. INTRODUÇÃO		899
2. MODELO CENTRALIZADO		90
3. MODELO DESCENTRALIZADO		922
4. MODELO HÍBRIDO.....		944
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		955
6. SITES SELECIONADOS.....		955
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		955
ANEXO B.PROTOCOLOS DE QOS.....		977
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS		977
2. DEFINIÇÃO.....		977
2.1. Classificação e Admissão		988
3. RSVP		999
4. SERVIÇOS DIFERENCIADOS		100
5. MPLS.....		100
6. SBM		100
7. MODELO DE QoS FIM-A-FIM COM RSVP E DIFFSERV		101
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS		101

Lista de Figuras

Figura 2.1.	Visão global da sala do FX Palo Alto Laboratory	16
Figura 2.2.	Esquema da sala do FX Palo Alto Laboratory.....	16
Figura 2.3.	Detalhe dos equipamentos da sala do FX Palo Alto Laboratory	17
Figura 2.4.	Cenário A	18
Figura 2.5.	Cenário B.....	19
Figura 2.6.	Cenário C.....	20
Figura 2.7.	Cenário D	21
Figura 2.8.	Cenário E.....	22
Figura 3.1.	Uso de largura de banda na rede	30
Figura 3.2.	Transmissão de uma aplicação <i>unicast</i>	32
Figura 3.3.	Transmissão de uma aplicação <i>broadcast</i>	32
Figura 3.4.	Transmissão de uma aplicação <i>multicast</i>	32
Figura 3.5.	Formato do cabeçalho do protocolo IPv6 e seus campos.....	43
Figura 4.1.	Interface do Netmeeting	48
Figura 4.2.	Interface do VAT	50
Figura 4.3.	Interface do RAT	51
Figura 4.4.	Interface do VIC	53
Figura 4.5.	Interface do FreePhone.....	54
Figura 4.6.	Interface do WhiteBoard	55
Figura 4.7.	Interface do WhiteBoard.....	55
Figura 4.8.	Interface do NTE.....	56
Figura 4.9.	Interface do SDR.....	57
Figura 4.10.	Interface do ReLaTe	58
Figura 4.11.	Interface do moderador do QuestionBoard	59
Figura 4.12.	Interface do participante do QuestionBoard.....	59
Figura 4.13.	Interface do LiveLAN.....	62
Figura 4.14.	Interface do CUSeeMe.....	63
Figura 4.15.	Interface do iVisit.....	64
Figura A.1.	Exemplo de videoconferência entre dois participantes (não é necessária a presença de MCU)..	911
Figura A.2.	Exemplo de videoconferência baseada em modelo centralizado entre 3 ou mais participantes. .	911
Figura A.3.	Exemplo de videoconferência baseada em modelo descentralizado.....	933
Figura A.4.	Exemplo de videoconferência baseada em modelo híbrido	944

Lista de Tabelas

Tabela 2.1.	Formatos ITU para videoconferência	24
Tabela 2.2.	Padrões H.32x	26
Tabela 3.1.	Especificação de recursos de rede de algumas aplicações	36
Tabela 4.1.	Avaliação do NetMeeting	48
Tabela 4.2.	Comparação RAT versão 3 e 4	52
Tabela 4.3.	Ferramentas mais utilizadas no Mbone	60
Tabela 4.4.	Avaliação das aplicações do Mbone.....	61
Tabela 4.5.	Avaliação do OhPhone	61
Tabela 4.6.	Avaliação do LiveLAN	63
Tabela 4.7.	Avaliação CUSeeMe	64
Tabela 4.8.	Avaliação do iVisit.....	65
Tabela 4.9.	Avaliação das aplicações	68

Agradecimentos

*Inicialmente, à **Deus**, que me permitiu estar na Terra entre meus familiares e amigos e passar por diversas experiências que me fazem crescer pessoalmente e profissionalmente.*

*Aos meus pais, **João e Lucélia**, e aos meus irmãos, **Garibaldi, Webel e Andréia**, que sempre compartilharam minhas horas difíceis e alegres, me aconselhando e incentivando, pelos momentos que passamos juntos e que certamente ainda passaremos...*

*Ao meu querido namorado **Luciano**, companheiro, confidente e conselheiro, por sua paciência, compreensão, apoio e pelo seu amor e carinho.*

*Ao meu orientador, Prof. Dr. **Edson dos Santos Moreira**, que sempre me auxiliou dando idéias valiosas ao projeto, incentivou e acreditou no meu esforço e por todas as oportunidades proporcionadas.*

*A amiga, **Ana Carolina Murgel**, Gerente do Serviço de Suporte a Operações da RNP, pelo apoio e disponibilização do Laboratório Multimídia para realização dos testes com várias soluções de videoconferência.*

*Aos amigos **Ari, Fábio, Eduardo, Jean, Cybelle** e a todos de operações do núcleo de Campinas da RNP pelo compartilhamento de conhecimentos e idéias e pelo companheirismo.*

A todos os docentes que me proporcionaram conhecimentos fundamentais no mestrado para o desenvolvimento do projeto em suas disciplinas.

Obrigada a todos !!!!

Resumo

Atualmente, novas alternativas para as redes de computadores estão surgindo, tais como ReMAVs (Redes Metropolitanas de Alta Velocidade), Internet2, RNP2 e Advanced ANSP (Academic Network at São Paulo). Neste novo cenário, alta largura de banda e qualidade de serviço são aspectos fundamentais. Tais redes têm como objetivo suportar o tráfego de áudio e vídeo em tempo real com qualidade, o que viabilizará o desenvolvimento de aplicações avançadas - por exemplo, aplicações de videoconferência - que exigem maiores capacidades das mesmas. Este projeto apresenta, na revisão bibliográfica, conceitos de videoconferência; suas principais características; e algumas considerações sobre os tipos de cenários e o ambiente dos participantes. Neste projeto foi realizada uma avaliação de sistemas de videoconferência baseando-se em parâmetros que foram estabelecidos de acordo com a recomendação ITU-T F.730. Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível estabelecer e validar um conjunto mínimo de parâmetros para avaliação que poderá auxiliar na escolha de sistemas de videoconferência.

Abstract

Nowadays, new alternatives for networks are emerging, as High Performance Metropolitan Networks, Internet2, RNP2 and Advanced ANSP (Academic Network at São Paulo). In this new scenario, high bandwidth and quality of service are fundamental issues. The objective of these networks is supporting the real time audio and video traffic with quality, and this fact will make feasible the development of advanced applications that require more capable networks, like videoconference applications. This project aims to present concepts of videoconference, some considerations about scenarios and environment for videoconference users, considered at the time of the evaluation. In this project was done an evaluation of videoconference systems based in parameters established under ITU-T F.730 recommendation. Furthermore, it was possible establishing and validating a minimum set of parameters for evaluation which is usefull to choose videoconference systems.

Capítulo 1. Introdução

1.1 Considerações Iniciais

Atualmente, novas alternativas para as redes de computadores estão surgindo, tais como ReMAVs (Redes Metropolitanas de Alta Velocidade), Internet2, RNP2 e Advanced ANSP (Academic Network at São Paulo), em que alta largura de banda e qualidade de serviço são aspectos fundamentais. Tais redes estão capacitando-se para dar suporte ao tráfego de áudio e vídeo em tempo real com qualidade, o que viabilizará o desenvolvimento de aplicações avançadas que exigem maiores capacidades das mesmas, tais como videoconferência, vídeo interativo, bibliotecas digitais e laboratórios virtuais. Assim, o desenvolvimento destas aplicações favorece tanto a comunidade acadêmica e instituições de pesquisa quanto o setor comercial.

Uma videoconferência, em sua forma mais básica, é a transmissão de imagem e voz entre dois ou mais locais separados fisicamente, utilizando câmeras de vídeo, microfones, monitores de vídeo e caixas de som (Cookbook, 2000). Baseadas neste conceito simples, algumas aplicações podem modificar ou aumentar sua complexidade. Um exemplo é a telemedicina, que possibilita diagnosticar doenças e monitorar pacientes remotamente, representando não apenas uma alternativa de comunicação entre as partes envolvidas, mas também um meio de participação de profissionais da área, sem que estejam no mesmo local, podendo um paciente ter a sua doença diagnosticada rapidamente. No meio acadêmico, a videoconferência pode ser usada como uma ferramenta alternativa para o ensino e aprendizagem, através de programas para o ensino a distância. Desta forma, as escolas, universidades e bibliotecas podem compartilhar dados e interagir através do intercâmbio de informações, como na realização remota de aulas e palestras. A troca de experiência entre professores e alunos a grandes distâncias pode ser realizada como se estivessem presentes em um mesmo local.

Uma grande variedade de soluções de videoconferência está disponível e cada aplicação, de acordo com seu propósito, pode ter necessidades diferentes com relação a

equipamentos, à infra-estrutura de rede e à qualidade de serviço requerida. A combinação destas necessidades gera cenários de videoconferência diferentes.

1.2 Objetivos

Este projeto tem como objetivo definir um conjunto mínimo de parâmetros para avaliação de sistemas de videoconferência, baseando-se na recomendação ITU-T F.730 (F.730, 1992) e outras características relevantes no momento da escolha de um sistema, tais como custo, plataformas suportadas e tipo do cenário do ambiente dos participantes.

Além disso, para validar estes parâmetros deve ser efetuado um levantamento de aplicações disponíveis, proprietárias e gratuitas, em que algumas foram selecionadas e avaliadas de acordo com os parâmetros definidos. Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de auxiliar na seleção de sistemas de videoconferência, possibilitando o melhor uso da infra-estrutura disponível e também contribuir para outros projetos em desenvolvimento.

1.3 Organização

Esta dissertação está estruturada de tal forma que:

- No capítulo 2, são apresentados conceitos de videoconferência, algumas considerações sobre as características, procedimentos desejáveis e problemas existentes em sistemas de videoconferência, cenários e uma visão geral sobre o padrão H.323;
- No capítulo 3, são abordadas as tecnologias de redes ATM e Ethernet de acordo com requisitos de largura de banda, qualidade de serviço e *multicast*, desejáveis para aplicações multimídia. Também serão discutidas, neste capítulo, as principais características e protocolos da Internet2;
- No capítulo 4, são apresentados os parâmetros definidos para avaliação e a validação destes através da avaliação de várias aplicações de videoconferência;
- Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões do projeto, trabalhos relacionados e futuros.

Foram anexados, a esta dissertação, dois documentos:

- No Anexo A, consta um artigo que foi publicado no boletim NewsGeneration em maio de 2001 intitulado "Modelos de Comunicação para Videoconferência", sendo o assunto importante para escolha de sistemas de videoconferência;
- No Anexo B, são apresentados os conceitos principais sobre alguns "Protocolos de QoS", complementando o capítulo 3 com informações adicionais sobre qualidade de serviço (QoS).

Capítulo 2. Videoconferência

2.1 Considerações Iniciais

Atualmente, os meios de comunicação não se restringem mais a cartas e telefones, as possibilidades oferecidas por um canal de comunicação sobre redes de computadores vão muito além do texto escrito ou de uma simples conversação. Com a evolução tecnológica dos computadores e das redes, criaram-se as condições necessárias para o suporte à transferência de dados multimídia em tempo real. Neste contexto, surgiram novos métodos de intercomunicação pessoal, dentre os quais destaca-se a videoconferência.

Neste capítulo, serão apresentados conceitos fundamentais de videoconferência, as características desejáveis em um sistema de videoconferência, os problemas existentes, algumas considerações sobre o ambiente dos participantes, as salas de videoconferência e os cenários do ambiente de videoconferência. Além disso, será apresentada uma visão geral sobre o padrão H.323, por ser um padrão suportado por grande parte dos sistemas de videoconferência disponíveis atualmente.

2.2 Conceitos de Videoconferência

A videoconferência é uma forma de comunicação interativa que permite que duas ou mais pessoas que estejam em locais diferentes possam se encontrar face a face através da comunicação visual e áudio em tempo real. Reuniões, cursos, conferências, debates e palestras são conduzidas como se todos os participantes estivessem juntos no mesmo local. Com os recursos da videoconferência, pode-se conversar com os participantes e ao mesmo tempo visualizá-los na tela do monitor (telão ou televisão, dependendo dos recursos utilizados), trocando informações como se fosse pessoalmente.

Além disso, é possível compartilhar programas de computador, dialogar através de canais de bate-papo, apresentar slides, vídeos, desenhos e fazer anotações em um quadro-branco compartilhado. Tudo com a ajuda de um sistema de videoconferência.

Nos diversos meios de aplicação, a videoconferência tem trazido inúmeras vantagens, despertando cada vez mais o interesse das pessoas em fazer uso desta tecnologia.

No meio educacional, escolas, bibliotecas e universidades procuram fazer uso da videoconferência como uma ferramenta de apoio em seus projetos de ensino e aprendizagem a distância. O compartilhamento de recursos com comunidades distantes, a realização de experiências virtuais, quando as reais não são possíveis; a possibilidade de trazer aos alunos as opiniões de importantes especialistas através de palestras; a aplicação de atividades conjuntas como debates e exercícios em grupo e a perspectiva de trazer uma variedade de formas novas de aprendizagem com diversas mídias são apenas algumas das vantagens trazidas pelo uso da videoconferência no ensino a distância.

Estudos realizados por grupos de pesquisa demonstraram que a aplicação de diferentes tipos de mídias como o compartilhamento interativo de documentos, a apresentação de gráficos e o uso de recursos de áudio e vídeo em tempo real fizeram com que assuntos antes cansativos nas salas de aula tradicionais, se tornassem atraentes aos alunos, aumentando a motivação destes no processo de aprendizagem.

Nas empresas, a videoconferência tornou possível a realização de reuniões entre pessoas de filiais distantes, criando um meio para realizar reuniões extraordinárias entre diferentes grupos administrativos, pois a reunião pode ser realizada sem a necessidade de gastos com viagens e estadia. Além disso, a troca de informações e consulta rápida a especialistas e administradores nos momentos de crise fazem da videoconferência um meio indispensável para o sistema de comunicação das grandes empresas.

Mendizábal classifica os sistemas de videoconferência em dois tipos (Mendizábal, 1998):

- **Videoconferência baseada em estúdio:** realizada em salas especialmente preparadas com modernos equipamentos de áudio, vídeo e codecs (codificadores/decodificadores), para fornecer vídeo e áudio de alta qualidade para reuniões, palestras e cursos.
- **Videoconferência em computador:** realizada em residência ou escritório, usando computador pessoal equipado com hardware e software adequado. É mais barata que a videoconferência baseada em estúdio e, portanto, mais apropriada para o uso individual, ou para pequenos grupos. Porém, o compartilhamento da largura de banda pelos sinais de áudio e vídeo com outros tipos de dados da Internet faz com que haja uma sensível perda na qualidade da videoconferência, causando problemas como retardos no som e vídeo tremido. Este tipo de videoconferência é mais conhecido como videoconferência em desktop.

Willebeek-LeMair & Shae, por outro lado, apresentaram uma divisão dos sistemas de videoconferência da seguinte forma (Willebeek-LeMair & Shae, 1997):

- **Baseado em circuito:** utilizam uma conexão dedicada, geralmente RDSI (do inglês, *Integrated Services Digital Network* - ISDN) e padrões codec H.320, não sofrendo interferência do tráfego de outros dados. No entanto, requerem equipamentos adicionais. Unidades de Controle Multipontos (*Multipoint Control Unit* - MCU) são usadas para conectar as partes em uma mesma videoconferência e controlar como o áudio e o vídeo serão distribuídos para todos os participantes.
- **Baseado em pacotes:** utilizam conexão de dados normais para videoconferência, por exemplo, Ethernet, Token Ring e Frame Relay, entre outros. Não necessitam de MCUs, assim todos os participantes recebem todos os dados da videoconferência. Se for este o caso, os próprios participantes devem fazer o papel do MCU e decidir o que querem ver e ouvir. Nestes sistemas, a videoconferência está sujeita a interrupções causadas pelo tráfego de outras aplicações na rede. O *Multicast Backbone* (Mbone) é um exemplo disto.

Também é importante citar os principais elementos de um sistema de videoconferência (Bates & Gregory, 1997):

- **Participante:** usuário da conferência com direitos, controlados pelo coordenador, à fala e demais recursos da conferência;
- **Organizador:** indivíduo que tem como tarefa agendar a conferência e, se necessário, divulgar aos participantes a existência da conferência (pode ser um participante, ou não);
- **Coordenador:** participante com direitos especiais sobre todo o controle da conferência (uma conferência pode ser realizada sem a presença deste indivíduo, quando o controle de acessos for realizado pelo próprio sistema);
- **Interlocutor:** participante que detém, em um dado instante, o direito a fala e a alteração dos documentos multimídia/hipermídia (o direito de alteração de documentos pode ser delegado a um secretário);
- **Secretário:** usuário da conferência para quem se delega o direito de escrita nos documentos multimídia/hipermídia da base compartilhada (pode ser um participante ou não);
- **Assento:** dispositivo lógico que pode ser preenchido por um participante ou secretário;
- **Base privada:** sessão de trabalho de um usuário, de acesso e controle restrito a este;
- **Hiperbase ou hiperbase pública:** depósito de documentos persistentes de acesso a todos os usuários da conferência, de acordo com seus direitos;

- **Base compartilhada:** depósito volátil de documentos que possibilita o trabalho cooperativo entre os participantes da conferência (é visível por todos os participantes, mas com controle de alteração realizado pelo sistema).

2.3 Características de Sistemas de Videoconferência

A ITU-T estabelece uma série de características que qualquer sistema de conferência, inclusive sistema de videoconferência pode, opcionalmente, oferecer suporte. As principais são (F.730, 1992):

- **Qualidade de áudio e vídeo:** qualquer sistema de videoconferência deve prover a transmissão das mídias de áudio e vídeo, cuja qualidade define dois tipos de videoconferência:
 - **Básica** - a videoconferência básica fornece uma transmissão de sinais de áudio e vídeo com qualidade reduzida (G.711 e H.261, por exemplo)
 - **Alta qualidade** - a videoconferência de alta qualidade fornece uma qualidade de áudio e vídeo similar à difusão de sinais de televisão (CCIR 601, entre outros).Assim, pela definição da ITU-T, apenas protótipos que apresentarem a transmissão básica das mídias áudio e vídeo podem ser classificadas como provedores de um serviço de videoconferência.
- **Transmissão de imagens estáticas de alta resolução:** com esta característica o sistema permite a distribuição de imagens de alta definição, como no formato ISO JPEG, por exemplo. Tal característica seria extremamente adequada para sistemas de diagnóstico médico remoto, onde um especialista poderia observar uma imagem de Raio X de um paciente.
- **Encriptação para garantir privacidade:** essencial em qualquer tipo de serviço de comunicação, esta característica provê mecanismos de segurança que evitam, por exemplo, que intrusos decodifiquem as mensagens trocadas entre os diversos participantes. Esta característica é fundamental em sistemas de comunicação militares.
- **Transmissão de dados em geral:** um sistema de videoconferência pode, por exemplo, ser capaz de manipular dados de bancos de dados ou suportar a troca de informações, como a transmissão de mensagens textuais entre os participantes.
- **Utilização de câmeras auxiliares:** o usuário pode escolher qual das várias imagens ele deseja difundir.
- **Gravação da conferência:** esta operação permite que um usuário qualquer seja capaz de assistir uma conferência antiga. Imagine o caso de um aluno que pode assistir às aulas em que estava ausente.
- **Existência de um coordenador** (*chairman*): este indivíduo tem direitos especiais sobre todo o ambiente da conferência, podendo modificar a prioridade na passagem

de permissão, desabilitar qualquer função de qualquer usuário ou mesmo expulsar da conferência um usuário.

- **Identificação do interlocutor:** o sistema indica qual dos diversos participantes da conferência é o interlocutor.
- **Facilidade de tradução:** o sistema deve implementar um algoritmo de reconhecimento da fala com posterior tradução para outro idioma e síntese de voz. Deste modo, um usuário que fala um idioma conhecido pelo sistema pode trocar informações com outros usuários de outras nacionalidades, tendo o sistema como interface comum.
- **Facilidade de recuperação de imagens estáticas ou em movimento:** o sistema deve ser capaz de recuperar estas mídias de algum sistema de armazenamento para posterior apresentação aos demais participantes da conferência.
- **Compatibilidade:** um sistema de videoconferência deve ser capaz de trocar informações com outros sistemas. A compatibilidade entre os sistemas de videoconferência é possível através do uso de padrões comuns para a codificação de áudio, de vídeo e estrutura do quadro (*frame*), tais como G.711, H.261 e H.221, respectivamente.

2.3.1 Controle de Acesso

Além das características citadas acima, existe a implementação do controle de acesso. Quando presente, o próprio sistema implementa um algoritmo para garantir que apenas um usuário fale ou modifique alguma coisa num determinado instante, indicando qual participante pode acessar os recursos da conferência e com quais direitos. Existem dois grandes grupos de recursos: a voz e a manipulação em documentos. Um sistema ideal deve prover mecanismo de controle de acesso a cada um destes grupos.

O sistema é quem determina qual dos diversos participantes da conferência será promovido a interlocutor, tendo direito de transmitir sinais de áudio para todas as demais estações, e qual será o secretário, tendo direito de manipular os documentos. Os dois grupos de recursos não têm de estar, necessariamente, nas mãos de um único participante, embora seja perfeitamente aceitável que um interlocutor seja também o secretário.

Os mecanismos de gerenciamento de controle de acesso podem ser implementados de várias formas, dentre as quais destacam-se:

- **Acionamento de botão:** Um usuário que deseja obter o controle de um determinado dispositivo (por exemplo, áudio), pressionaria um botão, indicando a requisição de controle. Quando o sistema for passar o controle do dispositivo em questão para outro

participante, executaria um algoritmo de escolha entre os participantes que pressionaram o botão. Este procedimento espelha o funcionamento de uma reunião onde os indivíduos, por exemplo, levantam o braço para indicar que desejam falar. Um exemplo deste tipo são sistemas que disponibilizam aos participantes um recurso para envio de questões ao locutor.

- **Detecção de Silêncio:** Um participante que deseja obter o controle de acesso ao dispositivo de áudio, por exemplo, simplesmente começa a falar ao detectar que o interlocutor está em silêncio. Este procedimento espelha a realização de uma conversa entre um grupo de indivíduos, uma vez que cada indivíduo aguarda a conclusão da locução de outro para iniciar sua locução. Um sistema que pretende prover este tipo de esquema de gerenciamento de acesso a um dispositivo necessita analisar a mídia de áudio transmitida em busca de intervalos de silêncio. Uma vez detectado o silêncio, o sistema deve detectar quais participantes desejam falar (detecção de voz) e executar um algoritmo de escolha entre estes, passando o controle do dispositivo para o participante selecionado.

Os dois mecanismos têm suas vantagens e devem ser implementados. O primeiro mecanismo é mais fácil de ser implementado e impede disputas desnecessárias. O segundo mecanismo tem a vantagem de prender a atenção de um participante que deseja falar, já que ele precisa estar atento ao discurso em andamento para iniciar sua locução logo em seguida, participando assim da disputa pelo controle do recurso (Faria, 92).

O sistema de videoconferência deve permitir que o coordenador modifique a regra de acesso, podendo indicar qual participante será o próximo a ganhar o controle de acesso ao recurso. O algoritmo de escolha deve selecionar o participante com maior prioridade dentre os vários candidatos a controlar o recurso. Caso haja mais de um participante com a mesma prioridade, o sistema deve escolher os participantes de modo a garantir a equidade na distribuição de controle sobre cada recurso. Idealmente, o sistema deve oferecer diversos mecanismos de prioridade.

Uma vez que o participante ganhe o controle de um determinado recurso, ele terá uma fatia de tempo máxima para utilização exclusiva do recurso, depois da qual o recurso é automaticamente liberado e o controle passado a outro participante. Um participante com controle de um dispositivo pode liberar o recurso antes do término da fatia de tempo a ele alocada. Os valores da fatia de tempo máxima de cada usuário são configurados pelo organizador ou pelo coordenador.

O sistema deve permitir que, a qualquer instante, o coordenador possa retirar, de um determinado participante, o direito de acesso a um dispositivo. Esta característica, conjugada com a modificação da regra de seleção do próximo participante a ganhar o controle, permite por exemplo, que o coordenador passe a palavra para um determinado usuário quando achar conveniente.

2.3.2 Manipulação Cooperativa de Documentos

Durante uma sessão de videoconferência, os participantes devem sentir-se o mais próximo possível de uma conferência clássica. Para isso, eles devem dispor, por exemplo, de ferramentas que permitam a manipulação fácil e eficiente dos documentos compartilhados.

Um sistema de videoconferência deve prover a manipulação cooperativa de documentos pelos diversos participantes da conferência. Tal característica deve incluir, adicionalmente, um completo mecanismo de controle de alterações no documento de forma a evitar inconsistências.

2.3.3 Minimização na Utilização do Sistema de Comunicação

Um sistema de videoconferência deve prover mecanismos para minimizar o uso da banda passante do meio, uma vez que as mídias utilizadas, principalmente áudio e vídeo, requisitam muitos recursos do sistema de comunicação. Entre tais mecanismos podem ser citadas técnicas como *multicasting* e o uso de MCU, descritos com maiores detalhes no capítulo 3 e no Anexo A.

2.4 Procedimentos para Videoconferência

Para a realização de uma videoconferência existem alguns procedimentos desejáveis, dentre eles pode-se citar:

- **Reserva de mecanismo:** que aloca recursos para a realização da conferência.
- **Conexão do cliente:** esta etapa consiste na inicialização do software cliente no desktop e início da participação do usuário na sessão de videoconferência.
- **Gerenciamento da conferência:** pode ser orquestrado ou não orquestrado. Se orquestrado, um usuário é escolhido para ser o coordenador da conferência, que controla as transmissões de informação através de mensagens *asking for the floor* e *giving the floor*. Por outro lado, se não orquestrado, nenhum dos terminais tem prioridade sobre os demais.

- **Muting:** cada participante deve poder desabilitar as funções de áudio e vídeo na sua sessão de trabalho. Tal desabilitação é ainda mais indicada quando a videoconferência utiliza esquema de detecção de nível de fala para seleção da imagem a ser difundida.

2.4.1. Pré-conferência

Um sistema ideal deve implementar uma etapa anterior à conferência, denominada pré-conferência, onde o organizador configura o ambiente da conferência.

Independente do tipo de classificação do sistema, um serviço de videoconferência deve incluir todo um sistema denominado de pré-conferência, que deve permitir o agendamento da conferência e sua divulgação aos seus componentes. Além disso, na pré-conferência, deve-se configurar o ambiente para a sessão a ser realizada.

Na pré-conferência, configura-se a data e horário de uma conferência, quais participantes terão acesso à mesma, quais os acessos que cada participante possui, quem é o coordenador (se existir um) e informações para o algoritmo de controle de acesso, dentre outras informações.

As informações de uma conferência devem poder ser alteradas em qualquer instante anterior à realização da mesma, devendo ser os participantes notificados das alterações ocorridas. Por exemplo, no caso de adiamento de uma determinada conferência.

2.4.2. Início e Término da Conferência

A conferência deve inicializar-se, após a configuração da data e horário de realização, quando o primeiro participante realizar a operação de conexão à mesma. Na operação de conexão, um participante em potencial deve visualizar uma lista de conferências que estejam agendadas e selecionar a que deseja participar. Neste instante, o sistema deve verificar se o participante em questão tem acesso ou não àquela conferência. Opcionalmente, a lista de conferências apresentada a um determinado usuário poderia conter apenas as conferências às quais aquele usuário tem permissão de conexão.

Uma conferência deve terminar quando o último participante se desconectar da mesma (voluntariamente ou pelo sistema), ou quando se esgotar o tempo previsto na pré-conferência. Quando um participante deixa uma conferência, os demais participantes (ou, pelo menos, o coordenador) devem ser informados. Um participante deve ser capaz de sair de uma conferência e retornar a qualquer instante, bastando que os participantes, ou o coordenador, sejam informados, e este assim o permita.

2.4.3. Gerenciamento da Conferência

Tudo o que o organizador configurar antes do início da conferência deve poder ser alterado, em tempo de execução, pelo coordenador da mesma. Através desta característica, o coordenador seria capaz de incluir novos participantes, excluir algum participante inconveniente, alterar a configuração de acesso de cada usuário, além de intervir no algoritmo de controle de acesso implementado pelo sistema.

O sistema deve prover mecanismos que garantam que as regras de acesso estabelecidas pelo organizador, na pré-conferência, ou pelo coordenador na conferência propriamente dita, sejam obedecidas. Por exemplo, se um determinado participante tiver uma fatia de tempo de cinco minutos, no máximo, como interlocutor, o sistema tem que garantir que findos os cinco minutos, o controle de acesso poderá ser passado para um outro participante. Também faz parte do gerenciamento da conferência a garantia de consistência nos documentos que estejam sendo manipulados de modo cooperativo pelos vários participantes da conferência. Desse modo, o sistema deve evitar que mais de um usuário possa alterar um mesmo trecho do documento.

2.5 Problemas em Sistemas de Videoconferência

Os principais problemas existentes em sistemas de videoconferência estão relacionados ao sincronismo entre as várias mídias (áudio, vídeo e texto) e também aos problemas relacionados às redes, tais como congestionamento e a falta de qualidade de serviço para o tráfego.

Para superar problemas de sincronismo, algumas técnicas são utilizadas. Inicialmente, as fontes de áudio e vídeo são tratadas independentemente. Na geração de cada mídia, existe um esquema de marcação dos pacotes com *"time stamps"* que permitirão a recuperação do sincronismo no destino. Ao serem reproduzidas, as mídias são resincronizadas, tendo como mestre o sinal de áudio. Desta forma, se for necessário, o sinal de vídeo descarta alguns quadros se o sinal de áudio estiver um pouco atrasado. Da mesma forma o sinal de vídeo pode repetir alguns quadros antigos se o sinal de áudio estiver adiantado em relação a ele.

Outra preocupação é a implementação de mecanismos de controle de congestionamento da rede multiponto utilizada. Deve-se lembrar que o tráfego de mídias de áudio e vídeo ocupa uma porcentagem alta da banda passante disponível. No caso da Internet, o backbone multiponto disponível, Mbone, funciona com o protocolo *User Datagram Protocol* (UDP), que não apresenta mecanismos de controle de acesso (fluxo) e de

congestionamento. Desta forma, este controle deve ser realizado em camadas superiores à UDP. As soluções procuram sempre diminuir as perdas de dados decorrentes do congestionamento da rede. Em geral, técnicas de estimação do estado atual das redes são empregadas para a obtenção de suas capacidades instantâneas de transmissão. Além disso, os mecanismos de controle de acesso quando implementados ajudam a evitar inundações na rede. Porém, mesmo com a implementação desses mecanismos, a ocorrência de perdas em alguns instantes é praticamente inevitável. Um bom sistema de videoconferência deve ser o mais imune possível a essas perdas. Desta forma, os participantes de uma conferência devem notar o mínimo possível de degradação de serviços. Para tanto, é interessante a utilização de codificadores e decodificadores (CODECS) resistentes a perdas.

2.6. Cenários do Ambiente de Videoconferência

Nesta subseção, serão apresentadas algumas considerações sobre o ambiente dos participantes, sobre salas de videoconferência e, por fim, alguns cenários do ambiente de videoconferência.

2.6.1. Ambiente dos Participantes

Para uma videoconferência entre até três participantes, computadores pessoais equipados com uma câmera de baixo custo é suficiente. Neste caso, focar um participante ou objeto com a câmera é o ponto chave. No entanto, se há a necessidade de mostrar outros objetos (ou pessoas) na sala, ou de controlar a câmera à distância, então uma câmera com mais recursos (por exemplo, ajuste de foco e zoom) pode ser mais indicada. Uma câmera que pode autofocar e ser controlada remotamente possibilitará que detalhes de objetos sejam aumentados se necessário, ou mesmo, que seja reposicionada caso tenha recurso para detectar áudio e mover-se na direção de onde vem o som. Para salas de conferências ou auditórios, uma câmera com mais recursos é essencial e também pode-se ter câmeras auxiliares (Cookbook, 2000).

Uma segunda e igualmente importante consideração para o ambiente são os microfones e caixas de som. Para um participante que utiliza computador pessoal, um microfone preso à cabeça e um fone de ouvido (*headset*) pode ser ideal para eliminar qualquer eco geralmente encontrado em sistemas de desktop. Para sistemas com pouco eco (por exemplo, um que tenha implementado "cancelamento de eco"), usar os microfones e autôfalantes fornecidos será suficiente. Para sistemas que têm um cancelamento de eco pobre ou inexistente, um fone de ouvido para evitar o barulho pode ser adquirido como um item separado. Para conferências em salas, vários microfones remotos podem

melhorar a qualidade da videoconferência. Ter vários microfones de desktops para uma conferência com várias pessoas ao redor de uma mesa previne a necessidade de elevação de vozes durante a videoconferência (Cookbook, 2000).

Nas salas de videoconferência, dependendo do tipo de aplicação, pode ser interessante ter um quadro branco (*whiteboard*). Existem *whiteboard* simples, por exemplo, uma aplicação que abre uma janela na qual qualquer um dos participantes pode escrever algo através do teclado ou realizar riscos com o mouse e todos os participantes remotos conseguem visualizar as alterações no quadro; e também sofisticados, com um custo conseqüentemente mais alto, como, por exemplo, um dispositivo que pode ser colocado na parede da sala de aula. O professor, neste caso, com um pincel ou caneta especial, pode fazer anotações, e estas são capturadas por um sistema e armazenadas em disco ou transmitidas para os desktops dos participantes remotos.

2.6.2. Salas de Videoconferência

As salas de videoconferência são projetadas para uma utilização interativa em rede. Além disso, por serem um serviço corporativo dinâmico, o ideal é que sejam de uso exclusivo para videoconferência. O serviço de videoconferência exige a utilização de salas adequadas, dotadas de características operacionais necessárias à sua utilização, atendendo a critérios recomendados por organismos internacionais que tratam do tema. Estes critérios são citados a seguir (Neto, 1999):

- Dimensionamento
 - É normalmente definido a partir do *layout*.
 - As salas de videoconferência são, geralmente, para um público de cerca de 20 pessoas, com dimensões aproximadas de 7m X 10m, podendo ocorrer variações conforme o caso.
- Localização
 - Deve ser distante de fontes de ruído, pois o áudio, no interior das salas, pode ser prejudicado por variadas fontes.
 - São exemplos de fontes de ruídos: salas de estações de rádio, de aula ou de telefonistas, corredores onde ocorra grande circulação de pessoas, casa de máquina do sistema de ar condicionado, eventos esportivos, vias de passagem de veículos auto-motores, áreas de expedição e/ou recepção de materiais, outros.
 - A importância de se evitar fontes de ruído está diretamente relacionada com a redução dos custos referentes ao tratamento acústico.
- Iluminação
 - A qualidade das imagens geradas na sala está diretamente associada à iluminação ambiente.

- Deve-se evitar, sempre que possível, uma sala com janelas. Não sendo possível, o uso de cortinas torna-se imprescindível para neutralizar fontes externas de luz. Não deve-se utilizar persianas, pois estas não oferecem um bloqueio de luz eficiente.
- A sala deve ser iluminada através de fontes de luz homogêneas, preferencialmente lâmpadas fluorescentes do tipo "luz do dia". Não devem ser usadas lâmpadas incandescentes ou luz externa do dia (janela) misturadas à iluminação fluorescente.
- A sala deve ser uniformemente iluminada, ou seja, não deve existir áreas de sombreamento em qualquer extensão da sala. Para tanto, as luminárias devem ser guarnecidas com lentes difusoras (tampas plásticas) translúcidas na cor branca, além de estarem distribuídas ao longo do teto conforme normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) de iluminação.
- Acústica
 - É a solução utilizada quando não se consegue evitar interferências (internas e externas) para garantir a qualidade do áudio.
 - Pode ser feito um isolamento acústico para reduzir a influência de fontes externas de ruídos no ambiente interno da sala, garantindo segurança, assegurando o sigilo da informação e dificultando a escuta externa de assuntos abordados na sala.
 - Se as janelas precisarem de tratamento acústico, podem ser utilizadas cortinas pesadas ou pregueadas.
 - O nível máximo admissível de ruído em uma sala de videoconferência recomendado por empresas especializadas na montagem de tais salas não deve ultrapassar 50 dB-SPL (decibéis - *Sound Pressure Level*).
- Decoração
 - A sala não deve conter objetos decorativos pois eles podem desviar a atenção dos participantes durante a sessão de videoconferência.
 - As cores utilizadas em todo o ambiente (móveis, parede, material de tratamento acústico, cortinas e piso) devem ser suaves, neutras e claras (branco-gelo, creme, cinza-claro, azul-claro ou verde-claro).
 - A sala pode conter pequenos quadros de avisos desde que sejam colocados fora do campo visual da câmera.
 - As superfícies das paredes, pisos e móveis devem ser foscas (não reflexivas).
- Layout
 - Refere-se à ocupação do espaço no interior da sala.
 - Deve atender aos critérios de posicionamento e circulação dos participantes, naquilo que diz respeito aos equipamentos de videoconferência.

- A sala deve ser livre de colunas no seu interior, pode ser revestida com material anti-ruído e as paredes devem ser livres de irregularidades (sem saliências ou reentrâncias).
- Define as áreas de circulação de pessoas sem o risco de obstrução da visada da câmera. Em algumas salas pode ser necessária a construção de pisos elevados para atender o critério de desobstrução de visada.
- Define a dimensão da sala segundo à finalidade a que se destina.
- Define o posicionamento das mesas e das cadeiras de modo a que os participantes tenham uma visão livre e confortável dos monitores de vídeo.
- Define o posicionamento dos equipamentos em relação aos participantes, obedecendo a uma distância mínima para tomada de cenas, de áudio e para visualização de imagens.
- Mobiliário
 - Essencial a toda sala de videoconferência. Por exemplo, mesa para impressora, mesa para computador, mesa em formato de U com estrutura em madeira ou metal com tampo em madeira de lei clara, sem vidro. As cadeiras e/ou poltronas devem ser confortáveis, com encosto e apoio de braço (com tampo para escrita dependendo da necessidade), podem ser giratórias e com altura ajustável.
 - As quantidades devem ser definidas de acordo com a sala.
- Infra-estrutura (energia, aterramento e cabeamento para conexão à rede)
 - A sala deve ser dotada de tomadas de energia, tipo três (3) pinos, com alimentação de 110 V ou 220 V (de acordo com o projeto a ser definido), localizados conforme o caso em estudo.
 - As tomadas devem informar a carga máxima possível.
 - O terceiro pino das tomadas deve ser conectado à malha de aterramento da instalação e isolado do pino "neutro".
 - O cabeamento de acesso à rede deve terminar em algum ponto atrás do *rack* da estação de videoconferência.
 - A sala deve dispor de terminais privilegiados da rede telefônica, para o serviço de fax e telefonia, conforme projeto.

As **Figuras 2.1, 2.2 e 2.3** ilustram uma sala de videoconferência projetada pelo "FX Palo Alto Laboratory" (Chiu *et al*, 2000).

Figura 2.1. Visão global da sala do FX Palo Alto Laboratory

Figura 2.2. Esquema da sala do FX Palo Alto Laboratory

Figura 2.3. Detalhe dos equipamentos da sala do FX Palo Alto Laboratory

2.6.3. Cenários

Um cenário é formado por uma ou mais salas e por objetos do ambiente de videoconferência (microfones, câmeras, *whiteboards*, etc) compostos de acordo com o tipo de encontro desejado entre os participantes, ou seja, quantas pessoas podem estar participando da sessão de videoconferência e de que forma (sozinhas ou em grupos). A seguir serão apresentados os tipos sugeridos por (Cookbook, 2000) e (Kuo *et al*, 1998):

- **Cenário A:** é aquele no qual a comunicação se dá entre duas pessoas apenas, sendo que cada uma utiliza um computador pessoal devidamente equipado de acordo com a discussão apresentada no item 2.6.1. Geralmente, quando o cenário utilizado é deste tipo, a comunicação estabelecida é ponto a ponto. A **Figura 2.4** apresenta um esboço deste tipo de cenário, chamado nesta dissertação, de cenário A. Este cenário é o que requer menor custo com equipamentos e preparação do ambiente dos participantes.

Figura 2.4. Cenário A

- **Cenário B:** é aquele no qual a comunicação se estabelece entre uma pessoa e um grupo. O cenário B, que é mostrado na **Figura 2.5**, é semelhante ao anterior, podendo ter um custo um pouco mais elevado devido à necessidade de ter-se uma sala de videoconferência para comportar o grupo, e considerando que esta será devidamente equipada de acordo com as recomendações descritas no item 2.6.1. Como este cenário envolve um grupo de pessoas em um dos lados, pode ser exigida das sessões de videoconferência um pouco mais de qualidade que no cenário anterior o que justificaria uma seleção mais minuciosa do sistema.

Figura 2.5. Cenário B

- **Cenário C:** envolve comunicação entre grupos, sendo apresentado na **Figura 2.6**. Em termos de comunicação é semelhante aos dois anteriores, mas exige um sistema de videoconferência com mais recursos. O ideal é que os dois grupos utilizem salas devidamente equipadas para sessões de videoconferência.

Figura 2.6. Cenário C

- **Cenário D:** este cenário é utilizado na comunicação entre várias pessoas, sendo que cada uma usa um computador pessoal devidamente equipado, e também um grupo que participa em uma sala de videoconferência. A diferença deste cenário para o cenário B é que neste existem mais de dois participantes, justificando a necessidade de um sistema com um controle de acesso mais rigoroso. Quanto maior o número de participantes em pontos remotos, mais difícil se torna o controle de "quem" estará ativo em um determinado instante da sessão. Um esboço deste tipo de cenário é apresentado na **Figura 2.7**.

Figura 2.7. Cenário D

- **Cenário E:** a **Figura 2.8** mostra um cenário no qual a comunicação, apesar de ser também entre grupos, representa um outro tipo de aplicação de videoconferência que é utilizado para aulas remotas. Neste caso, na maior parte do tempo existe um participante ativo e demais passivos. Um tipo de sistema indicado para este cenário é aquele que, por exemplo, disponibiliza aos alunos remotos um método de acesso por texto, através do qual possam enviar perguntas ao professor. Uma janela aparece na tela do professor com a pergunta, e ele tem a escolha de rejeitá-la ou respondê-la oralmente. Um recurso bastante interessante em cenários deste tipo é o uso de câmeras que, baseadas na detecção de voz, focalizam o interlocutor automaticamente.

Figura 2.8. Cenário E

2.7. Padrão para Transmissão de Videoconferência

O H.323 é um padrão de videoconferência recente. Surgiu em 1996 e é parte da família de recomendações ITU-T (*International Telecommunication Union Telecommunication Standardization sector*) H.32x, que define como dados multimídia são transmitidos através de redes. O H.323 também estabelece padrões para codificação e decodificação de fluxos de dados de áudio e vídeo, garantindo que produtos baseados no padrão H.323 de um fabricante interoperem com produtos H.323 de outros fabricantes.

Este padrão tem sido amplamente utilizado em aplicações de voz sobre IP, videoconferência em desktop, computação colaborativa, ensino a distância, aplicações de *helpdesk* e suporte, e shopping interativo. A seguir, serão apresentadas as principais características do padrão, os protocolos suportados pelo mesmo e seus componentes.

2.7.1 Principais Características

- É um padrão que especifica componentes, protocolos e procedimentos que provêem serviços de comunicação multimídia - comunicação em tempo real com áudio, vídeo e dados - sobre redes baseadas em pacotes (redes baseadas em IP ou IPX).
- O H.323 herdou algumas características da estrutura do padrão H.320 (redes baseadas em ISDN), por exemplo, modularidade e recomendações de *codec* de áudio e vídeo.
- Provê interoperabilidade, possibilitando que aplicações de diferentes fabricantes possam funcionar juntas. Por exemplo, pode-se ter em uma videoconferência alguns participantes utilizando o software Netmeeting (NetMeeting, 2001) enquanto outros utilizam o Ohphone (OhPhone, 2001).
- O conjunto de padrões multimídia foi criado para a infra-estrutura de redes existente, contribuindo para que o H.323 seja flexível e possa ser utilizado, tanto para aplicações somente voz, quanto para aplicações multimídia de videoconferência.
- Provê padrões de interoperabilidade entre LANs e outras redes (por exemplo, ISDN) através da utilização do componente *gateway*.
- Possibilita gerenciamento da rede, tornando possível restringir a quantidade de largura de banda disponível para conferência e tem suporte a *multicast*. O gerenciamento é feito através do componente *gatekeeper*.
- A primeira versão do padrão foi divulgada em 1996, provendo um serviço sem garantia de QoS para ser utilizado em LANs e sistemas multimídia audiovisuais. Devido a necessidade de um padrão para voz sobre IP, o H.323 foi revisado e surgiu a versão 2. Na versão 3, foi adicionado suporte à comunicação *gatekeeper-gatekeeper*, ao fax sobre redes de pacotes e aos mecanismos de conexão rápidos.

2.7.2 O H.323 em Relação a Outros Padrões da Família H.32x

O padrão H.323 é parte da família H.32x de recomendações especificadas pela ITU-T. As outras recomendações da família especificam serviços de comunicação multimídia sobre redes diferentes (Chandra & Mathur, 2000):

- H.324 sobre *Switched Circuit Network* (SCN).
- H.320 sobre *Integrated Services Digital Network* (ISDN).
- H.321 e H.310 sobre *Broadband Integrated Services Digital Networks* (B-ISDN).

- H.322 sobre LANs que provem serviço com garantia de QoS.

Uma das principais motivações para o desenvolvimento do padrão H.323 foi a interoperabilidade com outras redes de serviços multimídia. Esta interoperabilidade foi alcançada através do uso de *gateway*.

2.7.3 Suporte a Áudio, Vídeo e Dados

Os algoritmos de codificação de áudio suportados pelo H.323 são todos provenientes de padrões ITU. Terminais H.323 devem suportar o padrão G.711 para codificação de áudio e o suporte para outros padrões é opcional. O G.711 geralmente transmite áudio em 56 ou 64 Kbps.

Qualquer terminal H.323 habilitado com vídeo deve suportar o codec H.261 e o suporte a H.263 é opcional. Geralmente, o H.261 é usado em canais de comunicação que são múltiplos de 64 Kbps. O H.263 possui a qualidade de imagem um pouco melhor que o H.261, dentre vários fatores, por requerer uma técnica de estimativa de movimento de meio (1/2) pixel e uma tabela otimizada de codificação de Huffman para transmissões de baixas taxa de bit. A comunicação entre os padrões é facilitada porque ambos devem suportar QCIF. A **Tabela 2.1** mostra uma comparação dos padrões H.261 e H.263 quanto a compatibilidade com padrões de imagem da ITU (Databeam, 1998).

Formato da imagem de videoconferência	Tamanho da Imagem em Pixels	H.261	H.263
Sub-QCIF	128x96	Não especificado	Requerido
QCIF	176x144	Requerido	Requerido
CIF	352x288	Opcional	Opcional
4CIF	702x576	N/A	Opcional
16CIF	1408x1152	N/A	Opcional

Tabela 2.1. Formatos ITU para videoconferência

O suporte a transmissão de dados durante uma conferência é uma capacidade opcional do padrão H.323, mas, quando suportado, habilita a colaboração através de aplicações como *whiteboard* compartilhado, aplicações de compartilhamento e transferência de arquivos. Este recurso é possível baseando-se na especificação do padrão ITU T.120, o qual endereça tanto conferências de dados ponto a ponto quanto multiponto. Na maioria das vezes, o suporte a dados está incorporado nas aplicações clientes ou MCUs.

O H.323 usa tanto comunicação confiável (*Transport Control Protocol* - TCP) quanto não confiável (*User Datagram Protocol* - UDP). Os sinais de controle e dados requerem transporte confiável porque os sinais devem ser recebidos na ordem que eles foram

enviados e não podem ser perdidos. Por outro lado, o fluxo de áudio e vídeo perde sua qualidade com o tempo, sendo mais eficiente quando enviado por transporte não confiável.

Em conferências com múltiplos fluxos de áudio e vídeo, o transporte não confiável, via UDP, usa *IP multicast* e o *Real-Time Protocol* (RTP), desenvolvido pelo *Internet Engineering Task Force* (IETF) para manusear fluxo de áudio e vídeo. O *IP Multicast* é um protocolo para transmissão de *multicast* não confiável em UDP. O RTP trabalha sobre o topo do *IP Multicast* e foi projetado para manusear os requerimentos de fluxo de áudio e vídeo sobre a Internet. Um cabeçalho contendo um *time-stamp* e um número de sequência é adicionado a cada pacote UDP. Com uma “bufferização” apropriada na estação de recebimento, as informações de tempo e sequência permitem à aplicação, por exemplo, eliminar pacotes duplicados; reordenar pacotes fora de ordem; e sincronizar som, vídeo e dados.

Devido ao H.323 ser baseado em RTP, ele pode operar sobre o Mbone. Para controle do RTP é utilizado o *Real-Time Control Protocol* (RTCP) que monitora a qualidade de serviço, transporta informações sobre os participantes da sessão, e periodicamente distribui pacotes de controle contendo informações de qualidade para todos participantes da sessão, através do mesmo mecanismo de distribuição como os pacotes de dados.

Em videoconferências de maneira geral, incluindo o padrão H.323, a quantidade de largura de banda é um fator crítico. O H.323 e alguns produtos que o suportam usam o *Resource Reservation Protocol* (RSVP), apesar deste não ser oficialmente parte do padrão. O RTP precisa ser suportado pelos terminais, *gateways* e MCUs com *Multipoint Processor*, e o RSVP pode ser suportado pelos mesmos componentes e quaisquer *switches* ou roteadores.

A **Tabela 2.2** apresenta a relação dos padrões H.32x (Chandra & Mathur, 2000).

	H.320	H.321	H.322	H.323
Data aprovação	1990	1995	1995	1996/1998
Rede	Redes digitais ISDN de banda estreita	LAN ATM ISDN de banda larga	Redes de comutação de pacotes com garantia de largura de banda	Redes de comutação de pacotes sem garantia de largura de banda
Vídeo	H.261 H.263	H.261 H.263	H.261 H.263	H.261 H.263
Áudio	G.711 G.722 G.728	G.711 G.722 G.728	G.711 G.722 G.728	G.711 G.722 G.728 G.723 G.729
Multiplexação	H.221	H.221	H.221	H.225.0
Controle	H.230 H.242	H.242	H.242 H.230	H.245
Multiponto	H.231 H.243	H.231 H.243	H.231 H.243	H.323
Dados	T.120	T.120	T.120	T.120
Interface de Comunicação	I.400	AAL I.363 AJM I.361 PHY I.400	I.400 & TCP/IP	TCP/IP

Tabela 2.2. Padrões H.32x

2.7.4 Componentes H.323

O padrão H.323 especifica quatro tipos de componentes que juntos possibilitam a comunicação multimídia (DataBeam, 1998). São eles:

- **Terminais:** são os computadores pessoais utilizados na rede a qual provê comunicação em tempo real. Todos os terminais devem suportar voz e o suporte de vídeo e dados é opcional.
- **Gateways:** são elementos opcionais em conferências H.323 que têm como função prover a comunicação de terminais H.323 com outros terminais de padrões diferentes (H.310, H.321, H.322).
- **Gatekeepers:** componentes mais importantes. Atuam como ponto central para todas as chamadas dentro de sua zona* e provêem serviços de controle de chamada para registrar participantes. Entre outras coisas, são também responsáveis pelo gerenciamento da largura de banda em conferências H.323.

* Zona é um conjunto de todos terminais, gateways e MCUs gerenciados por um único gatekeeper. Uma zona deve incluir pelo menos um terminal e pode incluir segmentos de LAN conectados usando roteadores.

- **Multipoint Control Units** (MCUs): suporta conferências entre três ou mais participantes. Sob H.323, um MCU consiste de um *Multipoint Controller* (MC), o qual é requerido, e zero ou mais *Multipoint Processors* (MP). O MC manipula as negociações entre todos os terminais para determinar capacidades comuns para processamento de áudio e vídeo, e o MP é o responsável por mesclar, chavear e processar os bits de áudio, vídeo e/ou dados.

Um sistema que utiliza o padrão H.323 e as recomendações ITU-T associadas provê uma forma útil e flexível para comunicação multimídia, e o fato de ser executado sobre diversas plataformas o torna escalável. As recomendações relacionadas ao padrão H.323 continuam a evoluir e a serem adaptadas a novas situações através de um esforço contínuo do grupo de estudo da ITU-T (Toga & ElGebaly, 1998). Muitas dificuldades que surgem na utilização do H.323 são decorrentes de outros problemas relacionados, como por exemplo, a consistência de QoS.

2.7.5 Alternativa ao padrão H.323

A alternativa ao protocolo H.323 é o *Session Initiation Protocol* (SIP), o qual foi concebido na Universidade de Columbia e depois submetido para aprovação do IETF. Assim como outros protocolos dominantes na Internet (HTTP, FTP, SMTP), o SIP é baseado em texto. O SIP foi aprovado como *Request For Comment* (RFC) e publicado como RFC 2543, em março de 1999.

O SIP preocupa-se com a sinalização e não tenta definir qualquer aspecto de comunicação multimídia, como o H.323 faz. Conseqüentemente, ele pode ser documentado em menos que 130 páginas de leitura relativamente fácil. O SIP reutiliza algumas características de outros protocolos, como por exemplo, os cabeçalhos, erros e regras de codificação do HTTP. Por outro lado, o padrão H.323 é mais complexo e sua composição, incluindo todas as subrecomendações, resulta em mais de 700 páginas (Crowcroft et al, 1999).

O protocolo de sinalização SIP inicia uma sessão entre usuários e é usado para serviços de localização de usuários, controle de chamada e gerência de participantes em uma conferência (usando uma extensão SIP). O SIP não define o tipo de sessão que é estabelecida, de forma que pode ser facilmente usado, tanto para estabelecer sessões de jogos, como para estabelecer conferências de vídeo e áudio (Schulzrinne, 1999).

2.8. Considerações Finais

Em sistemas de videoconferência, além da necessidade de considerar aspectos sobre a própria videoconferência, tais como os apresentados neste capítulo, é muito importante as características tecnológicas de comunicações utilizadas na transmissão de dados de vídeo e áudio em tempo real. Tais características envolvem aspectos não existentes ou precários na atual infra-estrutura, como falta de mecanismos que implementem priorização de pacotes e tecnologia de baixa velocidade que não garantem a transmissão em tempo real do tráfego.

Devido a problemas deste tipo, é importante apresentar as características desejáveis em redes que tráfegam dados multimídia, o que tecnologias de redes, como ATM e Ethernet disponibilizam para tratar estes problemas e também soluções como a Internet2. Estes assuntos serão discutidos no próximo capítulo.

Capítulo 3. Contexto Tecnológico

3.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo, serão apresentados aspectos da videoconferência como uma aplicação de rede multimídia, como requisitos desejáveis para aplicações multimídia, tais como largura de banda, qualidade de serviço e *multicast*. Também serão comentadas as principais características e protocolos da Internet2.

3.2 Transmissão Multimídia na Rede

A transmissão de aplicações multimídia na rede envolve a transmissão de vídeo e áudio entre dois computadores apenas, ou entre clientes e servidores. Para que a entrega de dados ocorra com sucesso, existem alguns componentes que devem ser considerados na infra-estrutura para tráfego de aplicações multimídia de rede em ambientes de LAN e WAN (Cisco, 2000):

- **Largura de Banda** – qual a quantidade de largura de banda que as aplicações multimídia de rede precisam e qual a quantidade de largura de banda que a infra-estrutura de rede pode prover?
- **Qualidade de Serviço** – quais níveis de serviço a aplicação multimídia de rede requer e podem ser satisfeitas através da rede?
- **Multicasting** – a aplicação de rede multimídia utiliza técnicas *multicasting* para economizar largura de banda e *multicasting* pode ser suportado através da rede?

3.2.1 Requisitos de Largura de Banda

Os requisitos de largura de banda para aplicações multimídia podem estender-se de 100 Kbps à 70 ou 80 Mbps. A **Figura 3.1** mostra a quantidade de largura de banda que vários tipos de aplicações multimídia de rede requerem, dentre elas, aplicações de videoconferência (Cisco, 2000).

Figura 3.1. Uso de largura de banda na rede

Como indica a **Figura 3.1**, o tipo de aplicação tem um impacto direto sobre a quantidade de largura de banda necessária na LAN ou WAN. Assumindo que a largura de banda é limitada, pode-se selecionar uma aplicação de vídeo com qualidade menor que trabalhe dentro da largura de banda disponível, ou considerar modificações na infra-estrutura de rede para prover uma maior largura de banda global.

Em videoconferência, tem-se que a largura de banda mínima aceitável para o áudio é de 71 Kbps e para o vídeo de 128 Kbps.

Como videoconferência demanda muita largura de banda, o uso de *multicasting* habilita a distribuição de dados para múltiplos usuários sem redundância do fluxo de dados nas conexões de rede, evitando que as conexões tornem-se congestionadas.

3.2.2 Requisitos de Qualidade de Serviço

As aplicações de dados multimídia possuem requisitos de qualidade de serviço diferentes de aplicações tradicionais de serviços de dados *best-effort*, como, por exemplo, *File Transfer Protocol* (FTP) ou *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP), nas quais a variação na latência da transmissão é imperceptível. Os dados de áudio e vídeo são úteis somente se entregues dentro de um período de tempo específico. A entrega atrasada destes prejudica a utilidade destas informações no fluxo, sendo a latência e o *jitter* os fenômenos principais que geram o atraso de dados de áudio e vídeo.

A latência ocorre em aplicações interativas e de tempo real, tais como videoconferência, por serem sensíveis ao atraso. A rede contribui para latência de várias formas (Cisco, 1999):

- **Atraso de propagação:** é o tempo que a informação leva para viajar a distância da linha. Além disso, este fator de atraso não é afetado pela tecnologia de rede em uso;
- **Atraso de transmissão:** é o tempo gasto para enviar o pacote através da mídia dada. É determinado pela velocidade da mídia e o tamanho do pacote;
- **Atraso de armazenamento e reenvio:** é o tempo gasto em um dispositivo de rede (por exemplo, roteador) para enviar um pacote que ele recebeu;
- **Atraso de processamento:** é o tempo requerido pelo dispositivo de rede para melhorar o roteamento (*route lookup*), mudar o cabeçalho, e outras tarefas de chaveamento. Em alguns casos, o pacote deve também ser manipulado. Cada um destes passos pode contribuir para o atraso de processamento.

O *jitter* é introduzido quando a rede entrega pacotes ou células com uma latência variável, prejudicando principalmente a comunicação de áudio porque pode causar *pops* (estouros) e *clicks* (sons rápidos). As aplicações multimídia têm que ser projetadas com o mínimo de *jitter*. A técnica mais comum é armazenar os pacotes que chegam em um *buffer*, no qual o software usado para visualização ou o hardware buscam os pacotes. Outras técnicas consistem em aumentar a largura de banda ou filas de prioridade para melhorar o uso da infra-estrutura de rede existente.

Pelo fato de QoS ser um fator muito importante na implementação de soluções de videoconferência, no Anexo B, são apresentadas mais informações sobre QoS (definição, tipos existentes e arquiteturas de QoS).

3.2.3 Requisitos de *Multicast*

As aplicações multimídia possuem requisitos de *multicast* porque estes fazem parte da infra-estrutura necessária para se prover qualidade de serviço para aplicações multimídia. Com a utilização do *multicast* em redes de comunicação, o processo de transmissão simultânea para um grande número de receptores é beneficiado. Em uma rede *multicast*, pode-se enviar um único pacote de informação de um computador para diversos outros computadores, ao invés de se enviar um pacote para cada um dos computadores destino. Dessa forma, a largura de banda é conservada.

Uma breve descrição das formas de comunicação é apresentada a seguir para esclarecer a diferença entre *unicast*, *broadcast* e *multicast* (Cisco, 2000):

- **Unicast** (ponto a ponto): geralmente utilizado quando apenas duas pessoas se comunicam. É uma técnica simples de implementar, mas tem significantes restrições de escala se o grupo é grande. A **Figura 3.2** mostra um exemplo deste caso.

Aplicações podem enviar uma cópia de cada pacote para cada membro do grupo nos vários pontos, podendo ser executados sobre linhas comuns ou linhas ISDN;

Figura 3.2. Transmissão de uma aplicação *unicast*

- **Broadcast** (difusão): quando há apresentações para grupos de pessoas, onde, na maioria das vezes, apenas uma delas está transmitindo e as demais recebendo a transmissão em tempo real simultaneamente (um exemplo é apresentado na **Figura 3.3**). Tipicamente, as transmissões possuem um nó que é o principal transmissor, transmitindo para outros nós que participam em menor escala na transmissão. Aplicações podem enviar uma cópia de cada pacote e endereçá-lo para um endereço *broadcast*. Para as aplicações esta técnica é mais simples que a *unicast*, sendo executada principalmente sobre a Internet;

Figura 3.3. Transmissão de uma aplicação *broadcast*

- **Multicast** (difusão seletiva): quando há interação recíproca entre muitos participantes. Neste caso, aplicações podem enviar uma cópia de cada pacote e endereçá-lo para um grupo de computadores que querem recebê-lo. Um exemplo é apresentado na **Figura 3.4**

Figura 3.4. Transmissão de uma aplicação *multicast*

O *Multicast* é útil porque provê uma importante otimização no desempenho sobre transmissão *unicast* devido à economia de largura de banda. Sendo assim, um grande número de novas aplicações para videoconferência, com áudio e vídeo em tempo real, podem fazer um bom uso do serviço *multicast* quando ele está disponível, ou seja, como o tráfego deste tipo de aplicação engloba áudio e vídeo e é bastante intenso, os ganhos obtidos com o uso da difusão seletiva são ainda mais relevantes.

Na Internet, a forma de transmissão *multicast* é amplamente conhecida. Um exemplo disto é o *Multicast Backbone* (Mbone), onde uma mensagem é enviada com o endereço de um grupo e é recebida por todos os membros deste grupo, desde que estes estejam acessíveis pela rede Mbone.

O Mbone é uma rede virtual que existe sobre a Internet, composta por sub-redes que suportam *multicast* IP (Tanenbaum, 1996; Comer, 1995). Cada uma destas sub-redes são denominadas ilhas e estão conectadas umas às outras através de enlaces ponto a ponto virtuais. Elas estão tendo um crescimento exponencial devido às vantagens obtidas com o uso de transmissões por difusão seletiva. Isso se justifica pelo ganho na utilização de banda e processamento das máquinas envolvidas, já que um único pacote pode atingir várias sub-redes na mesma rota de comunicação com o nó transmissor, assim como várias estações nestas sub-redes, sem a necessidade dos pacotes serem replicados na origem (Melchior, 1997).

A videoconferência é a aplicação mais comum do *Mbone*, conhecida como MVC (*Mbone Videoconference*). Possui baixo custo e baseia-se em software livre (Kumar, 1996; Macedonia & Brutzman, 1994).

3.3 Tecnologias de Comunicação para Transmissão Multimídia

Nesta seção, serão apresentadas algumas considerações sobre as tecnologias ATM e Ethernet, comentando, para cada uma delas, as características relevantes para aplicações multimídia, que são: largura de banda, suporte à qualidade de serviço e *multicast*.

3.3.1 ATM

O Modo de Transferência Assíncrono (*Asynchronous Transfer Mode* - ATM) é uma tecnologia baseada na transmissão de pequenas unidades de informação de tamanho fixo (53 bytes) e formato padronizado, denominadas células. Células são transmitidas através de conexões com circuitos virtuais, sendo seu encaminhamento baseado em informações

de cabeçalho contido em cada uma delas. Tal tecnologia é capaz de suportar diferentes serviços, satisfazendo os requisitos exigidos pelos diferentes tipos de tráfego, a altas velocidades de transmissão. Por essa razão, ATM foi a tecnologia escolhida para suportar a diversidade de serviços definida para a Rede Digital de Serviços Integrados de Faixa Larga, RDSI-FL (Boudec, 1992).

O ATM é um padrão da ITU-T para células com informações de múltiplos tipos, tais como voz, vídeo ou dados. A busca por novas alternativas que garantam a qualidade da videoconferência baseada em computador despertou o interesse em prover videoconferência sobre redes ATM pelo fato deste suportar a transmissão simultânea de dados, voz e vídeo, oferecendo grande largura de banda, permitindo a transmissão de taxas variáveis de dados e alocando dinamicamente a banda necessária. Em uma aplicação de tempo real como a videoconferência, o sincronismo e a continuidade dos dados são fatores fundamentais. Como o ATM oferece critérios de qualidade e a integração de múltiplos serviços em alta velocidade, torna-se a tecnologia ideal para a transmissão de videoconferência em computador (RNP, 1999).

3.3.1.1. Largura de Banda

As redes ATM são orientadas à conexão e utilizam uma tecnologia de chaveamento e multiplexação de pacotes que combina os benefícios de um chaveamento de circuito, como atraso de transmissão constante, com o chaveamento de pacotes, que proporciona flexibilidade e eficiência para tráfego intermitente. Provê uma grande largura de banda e é mais eficiente que as tecnologias síncronas como TDM (*Time-Division Multiplexing*) pela sua natureza assíncrona.

Devido ao fato do ATM ser assíncrono, *slots* de tempo são disponíveis sob demanda com informações identificando a origem da transmissão contida no cabeçalho de cada célula. Sua especificação permite a transmissão de dados de 34 a 622 Mbps.

3.3.1.2. Qualidade de Serviço

O ATM garante a qualidade de serviço, permitindo que a aplicação especifique suas necessidades de recursos de rede (largura de banda, latência e *jitter*) durante a transmissão de células. Isto é possível através do estabelecimento de contratos e da configuração de parâmetros de conexão que serão utilizados por protocolos de sinalização durante o processo de transmissão de dados. Os parâmetros utilizados no estabelecimento de contrato podem ser: taxa de bits máxima, atrasos mínimo e máximo entre células, taxa de pico de células, tempo máximo de rajadas (*burst*) de células, e

outros. Tais contratos são estabelecidos pelas aplicações através de sinalização ou manualmente pelo administrador, através de software de configuração distribuído por empresas fabricantes.

3.3.1.3. Multicast

O *multicast* não é nativo no ATM, e para viabilizar esta forma de transmissão pode-se utilizar LANE (LAN *Emulation*), em que as particularidades da transmissão *multicast* são similares à transmissão em meio *broadcast*.

O LANE é um padrão especificado pelo ATM FORUM e permite que a conexão à redes ATM sem modificação das camadas mais altas para interfaceamento direto ao ATM. Provê uma interface igual às tecnologias de LANs Ethernet ou Token Ring (Marko, 1996) (Giordano, 1997).

3.3.2 Ethernet

A tecnologia Ethernet (Fast, Giga e 10Giga Ethernet) é a mais usada atualmente em instalações de redes locais (LANs). Especificada em um padrão, IEEE 802.3, a Ethernet foi originalmente desenvolvida pela Xerox e posteriormente pela DEC e Intel. Uma rede LAN Ethernet usa tipicamente cabo coaxial ou fios de par trançado. Os sistemas Ethernet mais comumente instalados são o 10BASE-T e o 100BASE-T que provêem uma velocidade de transmissão de 10 Mbps e 100 Mbps, respectivamente. Os equipamentos são conectados por cabo e o acesso é utilizando o protocolo CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*).

A crescente importância das redes locais, e o aumento da complexidade das aplicações em estações de trabalho têm aumentado a necessidade por redes de alta-velocidade. A largura de banda de 10 Mbps hoje já pode não ser adequada para atender às aplicações típicas e, certamente, é insuficiente para permitir a ampla utilização de aplicações mais sofisticadas (Moura, 1998). A **Tabela 3.1** a seguir ilustra diversas aplicações com suas respectivas necessidades de recursos de rede (Alliance, 1997):

Aplicação	Tipo/Tamanho De dados	Implicação no tráfego de rede	Necessidades de rede
Modelagem científica, engenharia	<ul style="list-style-type: none"> Arquivos de dados Centenas de <i>megabytes</i> até <i>gigabytes</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Arquivos grandes aumentam a largura de banda requerida 	<ul style="list-style-type: none"> Largura de banda mais alta para desktops, servidores e backbones
Publicações, transferência de dados médicos	<ul style="list-style-type: none"> Arquivos de dados Centenas de <i>megabytes</i> até <i>gigabytes</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Arquivos grandes aumentam a largura de banda requerida 	<ul style="list-style-type: none"> Largura de banda mais alta para desktops, servidores e backbones
Internet/Intranet	<ul style="list-style-type: none"> Arquivos de dados, áudio e vídeo Taxas altas de transações Grandes arquivos, 1 MB até 100 MB 	<ul style="list-style-type: none"> Arquivos grandes aumentam a largura de banda requerida Baixa latência na transmissão Volume grande de fluxo de dados 	<ul style="list-style-type: none"> Largura de banda mais alta para desktops, servidores e backbones Baixa latência
Data Warehousing, backup de rede	<ul style="list-style-type: none"> Arquivos de dados <i>Gigabytes</i> até <i>terabytes</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Arquivos grandes aumentam a largura de banda requerida Transmitido durante um período de tempo fixo 	<ul style="list-style-type: none"> Largura de banda mais alta para desktops, servidores e backbones Baixa latência
Videoconferência em desktop, quadro branco (<i>whitebord</i>) interativo	<ul style="list-style-type: none"> Fluxo de dados constante De 1.5 até 3.5 MB no desktop 	<ul style="list-style-type: none"> Classe de reserva de serviços Volume grande de fluxo de dados 	<ul style="list-style-type: none"> Largura de banda mais alta para desktops, servidores e backbones Baixa latência

Tabela 3.1. Especificação de recursos de rede de algumas aplicações

A tecnologia Fast Ethernet, ou 100Base-T, foi projetado para oferecer uma evolução tranquila à já saturada Ethernet, ou 10Base-T. Com a tendência de conexões 100Base-T às estações de trabalho, a necessidade de conexões ainda mais velozes com os servidores e mesmo com o backbone torna-se obrigatória. O Gigabit Ethernet será ideal para interconectar switches 10/100Base-T e servidores de alto desempenho e será o caminho natural para, futuramente, conectar estações de trabalho que necessitem de uma maior largura de banda do que o 100Base-T pode oferecer.

A tecnologia Gigabit Ethernet surgiu da necessidade criada pelo aumento de largura de banda nas "pontas" das redes (servidores e estações de trabalho) e também pela redução constante dos custos entre as tecnologias compartilhadas e comutadas, juntamente com as demandas das aplicações atuais.

Atualmente, diversos fatores contribuem para que Ethernet seja a tecnologia de rede mais popular:

- **Confiabilidade de rede:** Ethernet tem fácil instalação, hubs e switches possuem alta confiabilidade devido ao contínuo desenvolvimento, e técnicos para sua operação bem treinados;
- **Disponibilidade de gerenciamento e ferramentas de resolução de problemas:** uso de padrões de gerenciamento como SNMP (*Simple Network Management Protocol*), e seus sucessores. Muitos técnicos são treinados para instalação, manutenção e resolução de problemas;
- **Escalabilidade:** com Gigabit Ethernet a escalabilidade se estende ainda mais;
- **Baixo custo:** os produtos Ethernet costumam possuir um preço muito inferior ao de outras tecnologias de alta velocidade, como ATM e FDDI.

3.3.2.1. Largura de Banda

O Fast Ethernet ou 100BASE-T provê uma velocidade de transmissão até 100 Mbps, Gigabit Ethernet suporta até 1000 Mbps (1 Gbit ou 1 bilhão de bits/s) e o 10-Gigabit Ethernet suporta até 10 bilhões de bits/s. O 10-Gigabit surgiu com o propósito de transmitir dados em conexões entre redes (LANs, WANs e MANs) de backbones tornando-se uma alternativa para redes que usam tecnologia ATM e melhorando a taxa de dados de 2.5 Gbps para 10 Gbps.

3.3.2.2. Qualidade de Serviço

A tecnologia Ethernet traz para as redes locais outras características além de maior velocidade. Junto com a rapidez e maior oferta de largura de banda, torna-se cada vez mais necessário um maior controle sobre a rede, ou seja, maior flexibilidade para configurações e facilidades de gerenciamento e controle dos fluxos de dados.

Um dos recursos que ajudará a tecnologia Ethernet no controle do fluxo de dados é o protocolo RSVP, que é o padrão proposto para sinalização de QoS em um ambiente IP baseado em roteadores.

O RSVP é focado em reservar largura de banda para um pequeno número de conexões. Não se pretende que ele seja capaz de suportar muitas conexões de clientes para servidores através do backbone. Além disso, o RSVP foi projetado como um QoS baseado na regra do "melhor esforço". Isso significa que, mesmo que uma requisição direcionada a um QoS específico tenha seu recebimento confirmado, não é obrigatoriamente certo que a rede conseguirá entregar os datagramas.

Além do RSVP, outras tecnologias podem ser usadas para prover qualidade de serviço em Ethernet, como DiffServ, IntServ e MPLS.

3.3.2.3. Multicast

Para transmitir dados multimídia na rede de um para muitos, o *multicast* é um requerimento fundamental nos projetos dos protocolos de QoS. Vários tipos de QoS têm suporte para *multicast*. Pensando nisto, é apresentado, a seguir, o estado corrente de suporte para *multicast* para cada um dos protocolos QoS focados na tecnologia Ethernet (Stardust, 1999).

- **Suporte RSVP para *multicast*:** o projeto inicial para RSVP e Serviços Integrados leva o suporte à IP *Multicast* em consideração ao fazer as reservas baseando-se no receptor do fluxo. Um dos desafios encontrados é que os receptores que compreendem um grupo *multicast* podem sofrer variação na sua capacidade de largura de banda disponível para fluxo entrante. Em virtude disto, é essencial que a cada receptor seja permitido especificar uma reserva diferente de acordo com suas necessidades. Outro aspecto relevante é a capacidade de configurar especificações de filtros, por exemplo, poderiam reservar largura de banda para a porção do fluxo que um receptor de largura de banda pequena é capaz de receber.
- **Suporte DiffServ para *multicast*:** a relativa simplicidade de Serviços Diferenciados fazem dele uma melhor opção para suportar *multicast*, mas há ainda desafios envolvidos.
- **Suporte MPLS para *multicast*:** é alvo de intenso esforço de desenvolvimento, mas nenhum padrão tem emergido ainda. Existem vários *Internet Drafts* sobre o suporte de IP *multicast* em redes MPLS e engenharia de tráfego *multicast*.
- **Suporte SBM para *multicast*:** o SBM tem suporte explícito para *multicast*, utilizando-o como parte dos protocolos 802.1p, 802.1Q e 802.1D.

3.4 Internet2

Nesta seção, será abordado um projeto específico, a Internet2, cujo objetivo é desenvolver aplicações avançadas com uso intensivo de tecnologias multimídia em tempo real. O desenvolvimento do projeto Internet2 envolve o desenvolvimento e/ou utilização de várias outras tecnologias, como GigaPOPs, IPv6 e RSVP, que também serão abordadas aqui.

A Internet2 é um projeto de iniciativa norte-americana voltada para o desenvolvimento de pesquisas na área acadêmica e que beneficia também o setor comercial. O Brasil vem acompanhando o desenvolvimento através do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e

da Rede Nacional de Pesquisa (RNP), integrando-se ao projeto na medida em que apresenta as condições técnicas necessárias para a sua participação (RNP, 1999).

Atualmente, muitas das aplicações no projeto Internet2 encontram-se em fase de teste. Algumas linhas de pesquisa desenvolvidas para a aplicação de serviços em rede de alto desempenho são:

- Bibliotecas digitais com reprodução quase imediata e com capacidade de reprodução de imagens de áudio e vídeo de alta fidelidade;
- Desenvolvimento de tecnologias para debates em alta velocidade, com aplicações simplificadas e em tempo real, com utilização de recursos multimídia;
- Laboratórios virtuais com instrumentação remota;
- Na área médica, tanto em telemedicina, incluindo diagnóstico e monitoração remota de pacientes, como controle remoto de microscópios eletrônicos para pesquisas e muitas outras aplicações;

No futuro, os trabalhos para a Internet2 aperfeiçoarão as formas de pesquisa, a educação a distância e as atividades de ensino e pesquisa.

3.4.1 Qualidade de Serviço

No consórcio Internet2, foram definidas várias dimensões da qualidade de serviço que se deseja garantir às aplicações. A seguir, são apresentadas cinco delas (RNP, 1999):

- **Velocidade de transmissão:** um exemplo de aplicação são os programas já disponíveis para videoconferência. Em aplicações deste tipo o usuário pode precisar de uma conexão que nunca seja inferior a 50 Mbps e também não atinja taxas superiores a 100 Mbps.
- **Atraso (delay):** Aplicado para vídeo, áudio e serviços de tempo real (como a telemedicina), o atraso é o máximo de interrupção aceitável para um sinal na rede, de modo a garantir o fluxo contínuo da transferência da informação.
- **Vazão (Throughput):** corresponde à quantidade de dados transmitidos em uma unidade de tempo. Por exemplo, configuração de uma aplicação na qual o usuário especifica que 1 Terabyte de informação deve ser movido em 10 minutos.
- **Agendamento:** por exemplo, um usuário pode requisitar que uma certa conectividade esteja disponível em horários futuros durante um período de tempo pré-determinado.
- **Taxa de perda:** corresponde à máxima taxa de perda de pacotes esperada dentro de um intervalo de tempo.

3.4.2 QBone

O Qbone, iniciativa da Internet2, é uma plataforma de testes avançados em qualidade sobre serviços que visa fornecer sustentação a aplicações avançadas de rede Internet, tais como voz, vídeo, teleimersão e serviços diferenciados (DiffServ) com qualidade de serviço (QoS) fim-a-fim.

Os participantes da iniciativa pretendem, juntos, construir uma plataforma de testes internacional, cujo objetivo é o desenvolvimento e a realização de melhorias nas tecnologias emergentes de QoS. Com estas tecnologias, a Internet2 espera atingir níveis com garantia de desempenho, contornando o atual congestionamento de rede.

Na Internet comercial de hoje, não é possível realizar os experimentos necessários em QoS, e, devido a isto, o grupo de QoS do Internet2 considera fundamental o lançamento da plataforma de testes do Qbone. Os testes envolvendo esta nova tecnologia ajudarão na criação de redes mais eficientes.

3.4.3 GigaPOPs

A Internet2 possui GigaPOPs (estrutura responsável pela comutação e gerenciamento de tráfego entre as redes de uma mesma região) implantados na arquitetura física da rede eletrônica, sendo que a principal função do GigaPOP é o gerenciamento da troca do tráfego da Internet2 de acordo com especificações de velocidade e qualidade de serviços previamente estabelecidos através da rede.

Atualmente, a troca de dados entre os GigaPOPs é realizada por uma rede de alto desempenho mantida pela *National Science Foundation*, o vBNS - *Very High Performance Backbone Network System*. Apesar da velocidade máxima oferecida pelo vBNS ser de 622 Mbps, a maioria das universidades que participam do projeto Internet2 opera com conexões internas de 155 Mbps. Além disso, o vBNS possui restrições quanto ao tipo de tráfego que transporta, permitindo seu uso apenas para as instituições participantes da Internet2 (RNP, 1999).

Todo GigaPOP possui no mínimo duas conexões: uma para a Internet2 e outra para a Internet comercial, pois sua função também é separar o tráfego entre os membros participantes do Internet2 e as instituições conectadas localmente, cujo tráfego deve ser desviado para a Internet comercial.

dispositivo deverá suportar o IPv4, e posteriormente o IPv6. No caso de aplicações como protocolo RSVP, assim como outras características de roteamento são fornecidas pelo protocolo IGMP ().

As políticas de roteamento vão ser usadas para reforçar não apenas as regras do tráfego entre GigaPOPs.

Dependendo da quantidade de aplicações Internet2 que estejam sendo utilizadas nas redes conectadas ao GigaPOP, pode ocorrer uma variação na velocidade. Um ponto importante para o GigaPOP é que este deve ter certeza da capacidade adequada do fluxo de dados para antecipar a carga de tráfego.

Para conexão ao vBNS (*Very High Speed Backbone Service*) estão sendo utilizados enlaces *Synchronous Optical Network* (SONET) e enlaces dedicados (PVC - *Private Virtual Circuits*) ATM. Dependendo da necessidade de cada GigaPOP, os enlaces entre os roteadores conectados por redes de longa distância serão fornecidos por comutadores (*switches*) baseados em quadro (*frame-based*) ou em célula (*cell-based*).

SONET é um padrão que define um conjunto de taxas de transmissão, sinais e interfaces para a transmissão através de fibra óptica. É também um padrão proposto pela BellCore para um protocolo de transmissão óptica síncrona. O sinal básico gerado para uma interface SONET é de 51,840 Mbps, podendo crescer até taxas da ordem de Gigabits por segundo (Gbps) através de múltiplos deste sinal básico.

A conectividade inter-GigaPOPs ainda não tem seus custos conhecidos, mas alguns objetivos são claros:

- O custo de um serviço precisa ser previsível;
- Serviços de mais alto nível deverão custar mais que serviços de menor nível;
- A contabilidade deverá ser a mais simples possível, de modo a não consumir recursos de processamento apenas com contabilidade.

No início, o modelo a ser adotado será semelhante à Internet atual (fase 1) com divisão igual dos custos, talvez cobrando pela velocidade da conexão.

IPv6

Atualmente, o fo

Internet Protocol version 4),

computadores na Internet está levando ao esgotamento da quantidade de endereços IPv4 disponíveis. Esse

Internet Protocol Next Generation

de bits 4 vezes maior que seu antecessor, além de otimizar as informações dos cabeçalhos dos pacotes, consideran

-se nas seguintes categorias:

- : no IPv6, o tamanho do endereço foi aumentado de 32 bits para 128 bits para s níveis de endereçamento hierárquico e um número maior de estações endereçáveis, permitindo a autoconfiguração das estações. A escalabilidade do roteamento é melhorada adicionando um campo "scope" para endereço (*multicast* abordado com maiores detalhes na seção 3.2.3).
- **Novo tipo de endereço chamado "endereço *anycast*"**: é definido para identificar conjuntos de nós em que um pacote enviado para um endereço *unicast* é entregue a uma das estações do conjunto. O uso de endereços *anycast* em fontes roteadoras IPv6 permite aos nós controlar o caminho pelo qual seu tráfego flui.
- **Simplificação do formato do cabeçalho**: alguns campos de cabeçalho do IPv4 foram sobrepostos ou tornaram-se opcionais para reduzir o custo de processamento no tratamento de pacotes e para manter o custo de banda passante do cabeçalho IPv6 tão pequeno quanto possível, a despeito do aumento no tamanho do endereço.
- **Melhoria no suporte a opções**: mudanças na maneira como as opções do cabeçalho IP são codificadas, permitem um envio mais eficiente e maior flexibilidade para introduzir novas opções no futuro.
- **Suporte à qualidade de serviço**: um novo suporte é adicionado para permitir a nomeação de pacotes pertencentes a um fluxo de tráfego particular para o qual o emissor requisita tratamento especial, tal como uma qualidade de serviço não padrão ou serviço de tempo real.
- **Suporte à autenticação e à privacidade**: incluem definições de extensões as quais fornecem suporte à autenticação, integridade dos dados e confidencialidade. Isto é incluído como um elemento básico do IPv6 e será fornecido em todas as implementações.

A **Figura 3.5** ilustra os campos do cabeçalho IPv6, os cabeçalhos de extensão e a área de dados do datagrama IPv6 (Bradner & Mankin, 1996).

Figura 3.5. Formato do cabeçalho do protocolo IPv6 e seus campos

Um dos principais pontos do projeto IPv6 é a facilidade na transição, pois mecanismos foram construídos para garantir a compatibilidade com o IPv4 e facilitar a sua transição.

3.4.5 RSVP

O *Resouce Reservation Protocol* (RSVP) é uma tecnologia emergente, desenvolvida para redes e utilizada no projeto Internet2 para fornecer garantia de qualidade de serviço. Este protocolo pode reservar recursos necessários para diferentes classes de serviço, tirando o maior proveito de cada tipo de rede básica.

Esta tecnologia consiste em um método avançado para alocar dinamicamente largura de banda para as aplicações, sendo executado em redes tradicionais baseadas em pacotes. Será particularmente útil para aplicações multimídia porque permite uma aplicação requerer uma qualidade de serviço específica da rede. Por exemplo, uma aplicação pode avisar a rede sobre o nível de serviço que ela requer. Para garantir este nível durante todo o fluxo da aplicação, o RSVP habilita a rede para reservar recursos fim a fim, usando técnicas de *Frame Relay* sobre redes *Frame Relay*, assim como técnicas ATM são usadas sobre ATM (Cisco, 1999).

Assim como o IPv6 incorpora suporte a um identificador (ID) de fluxo dentro do cabeçalho do pacote, o protocolo RSVP usa para associar a cada fluxo uma especificação que caracteriza os seus parâmetros.

3.5 Considerações Finais

As redes e protocolos que suportam tráfego multimídia devem ser utilizados em sistemas de videoconferência, e o provimento de QoS por essas redes é de fundamental importância. A abordagem sobre o contexto tecnológico teve como objetivo o entendimento de problemáticas e características de multimídia sobre as redes, importante para a implantação de sistemas de videoconferência, mas não irá influenciar na avaliação das aplicações realizada neste projeto.

Neste capítulo, foram esclarecidos os principais pontos de infra-estrutura para aplicações multimídia e, no próximo capítulo, serão apresentados os parâmetros para a avaliação e a validação dos mesmos através da análise de algumas ferramentas de videoconferência.

Capítulo 4. Avaliação

4.1 Considerações Iniciais

A metodologia utilizada neste projeto inicializou-se com um levantamento dos fatores envolvidos em videoconferência que foi abordado no capítulo 2, sendo as características desejáveis dos sistemas de videoconferência e os cenários descritos, os pontos fundamentais. A partir destes conceitos apresentados foi possível definir um conjunto de parâmetros, suficientes para avaliar as aplicações e escolher a que mais se adeque às necessidades do usuário.

Neste capítulo, serão apresentados os parâmetros estabelecidos para a avaliação, explicando-se cada um deles e, em seguida, algumas aplicações de videoconferência serão avaliadas com o intuito de validar estes parâmetros e nas considerações finais do capítulo será apresentada uma tabela envolvendo a classificação de todas as aplicações avaliadas comentando os resultados.

4.2 Parâmetros da Avaliação

O projeto "Avaliação de Sistemas de Videoconferência" avaliará sistemas de videoconferência de acordo com parâmetros que são revelantes para os usuários deste tipo de sistemas no momento da escolha de uma aplicação de videoconferência com o intuito de facilitar o trabalho de implantação de sistemas deste tipo. Além disso, na escolha destes parâmetros, foram consideradas algumas definições apresentadas da recomendação F.730 da ITU-T. Os parâmetros estabelecidos são mostrados a seguir:

- **Recursos disponíveis:** avaliar os sistemas quanto aos recursos que disponibilizam. Os principais são áudio, vídeo e dados, além de outros como chat, transferência de arquivos, controle remoto de desktop. Apesar de não existir explicitamente na recomendação F.730, é uma característica importante dos sistemas de videoconferência.

- **Qualidade de áudio e vídeo:** avaliar os sistemas quanto a qualidade do áudio e vídeo de acordo com a característica básica de sistemas de videoconferência apresentado no item 2.3, classificando os sistemas com qualidade "básica" ou "alta".
- **Controle de acesso:** como atua em cada um e quais as formas disponíveis - por detecção de silêncio ou outra forma. Este parâmetro está relacionado com a característica "implementação do controle de acesso" definida no item 2.3.
- **Modelo de comunicação:** existe software que apresenta um melhor desempenho quando utilizado em modelo centralizado, enquanto outros suportam apenas o modelo descentralizado, e todos podem ser utilizados em conjunto, suportando o modelo híbrido. Este parâmetro está relacionado ao gerenciamento da conferência descrito na recomendação F.730, podendo o gerenciamento ser centralizado ou descentralizado de acordo com o modelo de comunicação (*vide* Anexo A para maiores detalhes sobre modelos de comunicação para videoconferência). Com relação a este parâmetro, o software será classificado como centralizado e/ou descentralizado.
- **Plataformas suportadas:** levantamento de quais sistemas operacionais são suportados por cada software. Atualmente, com a grande variedade de sistemas operacionais disponíveis, é importante saber quais plataformas o software suporta.
- **Licença:** este parâmetro avaliará se o software é gratuito ou proprietário. Esta informação pode ajudar quem estiver pretendendo implementar uma solução de videoconferência de baixo custo.
- **Cenário:** baseando-se na descrição dos cenários apresentados no capítulo 2 será avaliado para cada software quais os cenários (A,B,C,D,E) que melhor se adequam. Este parâmetro foi escolhido pelo fato do tipo de cenário estar relacionado ao tipo de comunicação. Assim, para cada tipo de comunicação existe(m) o(s) cenário(s) que melhor se adequa(m).

Durante o desenvolvimento do projeto de mestrado, além das pesquisas e estudos teóricos, várias ferramentas foram analisadas. Como os parâmetros já foram apresentados, então, algumas aplicações serão comentadas, discutindo suas principais características e avaliando-as quanto aos parâmetros definidos.

4.3 NetMeeting

É uma aplicação disponível para plataforma Microsoft Windows que provê colaboração em tempo real, através de padrões baseados em conferência Internet (H.323) e suporta transmissão de áudio, vídeo e dados. Além disso, integra em uma única ferramenta compartilhamento de aplicação, chat, *whiteboard* e ferramentas de transferência de arquivos. Outras funcionalidades incluem compartilhamento de desktop remoto e suporte a *gatekeeper*.

A versão 3.01 do NetMeeting, com *service pack 2* aplicado, possui controle ActiveX e scripts de interface que possibilitam aos desenvolvedores embutir a interface de usuário do NetMeeting em uma página HTTP ou em uma aplicação. Também possui um conjunto simples de scripts de interfaces que provê acesso às funcionalidades do NetMeeting (NetMeeting, 2001).

Com um conjunto de objetos baseados no *Component Object Model* (COM) os desenvolvedores podem acessar as funcionalidades do NetMeeting de dentro de aplicações COM, bem como as funcionalidades de um serviço de diretório LDAP, podendo ser usado para adicionar capacidades ao diretório existente na aplicação NetMeeting. Uma outra utilidade dos objetos COM é permitir aos desenvolvedores instalar e desinstalar *codecs* de áudio e vídeo. Estes objetos podem ser usados no programa de configuração do *codec* possibilitando ao usuário flexibilidade para poder instalar seus próprios *codecs*.

Qualquer linguagem que suporte COM pode ser usada para personalizar o NetMeeting. São elas: C/C++, Microsoft Visual Basic e Java. Para o desenvolvimento de personalizações, é necessário entender os padrões de conferência H.323 e T.120, Microsoft ActiveX, HTML, Windows Socket API e COM.

O Netmeeting, dentre as ferramentas testadas, foi a ferramenta com interface de usuário mais amigável e de mais fácil instalação. Além disso, pode ter sua interface personalizada e algumas funcionalidades manipuladas por outras aplicações. Porém, é instável e dependente de plataforma Windows. A **Figura 4.1** mostra a interface do NetMeeting (NetMeeting, 2001).

Figura 4.1. Interface do Netmeeting

De acordo com os parâmetros definidos para a avaliação, a **Tabela 4.1** apresenta a avaliação do NetMeeting.

Recursos disponíveis	Áudio, vídeo, chat, transferência de dados, quadro de comunicações (para desenhos), controle remoto através de compartilhamento de aplicativos. O chat e o quadro de comunicações podem ser salvos em arquivos.
Qualidade de áudio e vídeo	básica
Controle de acesso	Por detecção de silêncio
Modelos de comunicação	Modelo centralizado e descentralizado
Plataformas suportadas	Microsoft Windows 9x, NT e 2000
Licença	Gratuita
Cenário	A, B e D

Tabela 4.1. Avaliação do NetMeeting

4.4. Aplicações Mbone

Desde 1992, o Mbone sobre a Internet tem sido usado para uma grande quantidade de experimentos de conferência multimídia entre múltiplas partes (Crowcroft et al, 1999).

Vários projetos, tais como MERCI e MECCANO da UCL e outros da LBL, Berkeley preocuparam-se em desenvolver ou melhorar aplicações para utilização no Mbone. As melhorias com a evolução dos projetos ocorreram nos seguintes aspectos (MECCANO, 2000):

- Melhor integração de ferramentas multimídia de conferência para tornar mais fácil a utilização por usuários inexperientes;
- Capacidade para otimizar vídeo, áudio, espaço compartilhado e compartilhamento de aplicações sobre larguras de banda heterogêneas;
- Identificar suporte adicional e facilidades de gerenciamento requeridas para reunir e aumentar as aplicações do usuário final;
- Suporte entre plataformas interoperável;
- Melhor suporte para introdução e registro de informações multimídia em conferências;
- Suporte para reserva de rede e *multicast* sobre tecnologias de redes concatenadas;
- Interoperabilidade melhorada entre os padrões de sistemas de videoconferência IETF (SIP) e ITU-T (H.323);
- Integração de facilidades de acesso de baixa velocidade, via filtragem inteligente de pacotes, multiplexando e transcodificando *gateways* com controle, segurança e distribuição;
- Facilidades para conferências seguras - com a distribuição de chaves compatíveis com uma infra-estrutura de larga escala;
- Medidas distribuídas, monitoramento e gerenciamento de fontes de reserva e qualidade de serviço;
- Notificação e convite de conferências.

As ferramentas recomendadas pelos projetos desenvolvidos são os produzidos pelo *UCL Networked Multimedia Research Group*, LBL (Berkeley) e também os desenvolvidos pelo INRIA (FreePhone e Rendez-Vous). Várias aplicações serão comentadas a seguir e a tabela de avaliação será colocada depois de comentar as aplicações utilizadas no Mbone relacionando-as todas juntas.

4.4.1 Visual Audio Tool (VAT)

É uma aplicação que permite receber e transmitir pacotes de áudio conferência e foi também desenvolvida pelo LBL. Esta ferramenta possui uma interface que mostra do lado esquerdo uma lista dos usuários participantes da sessão, enquanto os controles de microfone e autofalantes são mostrados do lado direito.

A versão mais estável é para Windows. A versão Linux ainda possui alguns problemas, por exemplo: o driver áudio VAT é muito primitivo, apresenta problemas com *multicast*.

Geralmente, é utilizada em modo PCM2 (71 Kbps). No entanto, suporta diferentes taxas amostragem e tamanhos de pacotes de frame, como PCM1 (78 Kbps), PCM4 (68 Kbps), DVI (39 Kbps), DVI4 (36 Kbps), GSM (17 Kbps) e LPC4 (9 Kbps). Se pacotes forem perdidos ou houver atraso na rede, a qualidade do áudio deteriora-se rapidamente.

É baseado no protocolo RTP, desenvolvido pelo grupo de trabalho de Transporte Áudio/Vídeo do IETF. Além do VAT, muitas das ferramentas utilizadas no MVC implementam RTP.

O VAT suporta sincronização com o VIC e apresenta controle de *mute* sobre transmissão de áudio. O VAT e o VIC, quando instalados em sistemas Solaris, suportam um recurso chamado *voice switch windows* que é uma implementação de controle de acesso. Teoricamente, esta funcionalidade deveria ser executada em qualquer sistema operacional, mas na prática isto não ocorre. Na **Figura 4.2** é apresentada a interface do VAT (VAT, 2001).

Figura 4.2. Interface do VAT

4.4.2 Robust Audio Tool (RAT)

Foi desenvolvida pela UCL e é bem similar ao VAT, sendo a principal distinção entre os dois o fato que o RAT suporta um esquema de codificação de áudio redundante que mantém a qualidade de áudio sobre conexões da Internet congestionadas. Também implementa RTP e permite conferência segura, encriptando o fluxo de mídia e a informação de identidade do participante usando o algoritmo "Triple-DES". Apresenta flexibilidade quanto a algoritmos, possibilitando a inserção de outros algoritmos e suporta IPv6. Além disso, identifica quem está falando, suporta transmissão do áudio nos dois sentidos (*full duplex*), apresenta sincronização com o VIC e controle *mute* sobre transmissão de áudio. A seguir, é apresentada, na **Figura 4.3**, a interface do RAT (RAT, 2001).

Figura 4.3. Interface do RAT

O RAT possui as versões 3 e 4. Uma comparação entre as versões 3 (baixa qualidade de áudio) e 4 (alta qualidade de áudio) do RAT são apresentadas a seguir na **Tabela 4.2** (RAT, 2001):

Características	RAT v3	RAT v4
"Bufferização" <i>playout</i> adaptativa	Sim	Sim
Proteção de escalonamento adaptativa	Sim	Sim
Canais de áudio	Mono	Mono / Stéreo
Taxas de amostragem de áudio	8 kHz	8 / 16 / 32 / 48 kHz
Formatos do arquivo de áudio (importação e exportação)	Raw	Raw / Au / Wav
G.711 PCM µ-Law (64kb/s)	Sim	Sim
G.711 PCM A-Law (64kb/s)	Sim	Sim
ADPCM banda larga (64kb/s)	Não	Sim
G.726 ADPCM (16-40kb/s)	Não	Sim
DVI ADPCM (32kb/s)	Sim	Sim
Taxa variável DVI ADPCM (~32kb/s)	Não	Sim
Taxa completa GSM (13kb/s)	Sim	Sim
LPC (5.6kb/s)	Sim	Sim
Direção de áudio	Half / full duplex	Full duplex
Arquitetura de som avançada Linux	Não	Sim
FreeBSD PCM	Não	Sim
HP-UX	Sim	Não
IRIX	Sim	Sim
NetBSD	Sim	Não
Sistema de som aberto(Linux/FreeBSD)	Sim	Sim
Solaris	Sim	Sim
SunOS	Sim	Não
Win32	Sim	Sim (melhor)
Correção de áudio <i>Clock Skew</i>	Não	Sim
Controle de ganho automático	Sim	Sim
Criptografia	DES	DES
Repetição de pacotes	Sim	Sim
<i>Noise Substitution</i>	Não	Sim
<i>Silence Substitution</i>	Sim	Sim
Replicação da forma de onda	Não	Sim
Licença	Redistribuição não-comercial	Código Aberto

Mesclagem de múltiplos fluxos	Sim	Sim
Pilhas de Protocolos	IPv4	IPv4 / IPv6
Filtragem de pacotes	Não	Sim
Cálculo de tempo <i>round trip</i>	Não	Sim
Suporte a RTP	Sim	Sim
Conversão de taxa de amostragem	Não	Sim
Deteção de silêncio	Sim	Sim
Localização de som (Renderização 3D)	Não	Sim
Operação de transcodificador	Sim	Não
Camada de áudio	Não	Sim
Redundância de áudio	Sim	Sim

Tabela 4.2. Comparação RAT versão 3 e 4

O recurso de *voice switch windows*, comentado na descrição do VAT, teoricamente, deveria funcionar quando utilizando o RAT versão 3.x e o VIC.

4.4.3 Video Conferencing (VIC)

É uma aplicação de captura de vídeo desenvolvida originalmente pelo *Network Research Group* no *Lawrence Berkeley National Laboratory*, em colaboração com a *University of California, Berkeley*. Posteriormente, a *University College London* lançou versões do VIC com várias modificações no projeto inicial. O fato da aplicação ter sofrido várias modificações pode ser a justificativa para a instabilidade da função *voice switch windows* presente no VIC, quando instalada junto com as aplicações de áudio RAT ou VAT.

Esta aplicação suporta vários algoritmos de compressão de vídeo, entre eles o NV, NVDCT, MJPEG, H.261, H.263, H.263+, cell B, dentre outros, dependendo da implementação utilizada (Patrick, 1998).

Das últimas mudanças que o VIC sofreu, as principais são:

- Versões Win32 e UNIX possuem suporte a IPv6;
- Suporte à captura para Linux usando Video4Linux (<http://roadrunner.swansea.uk.linux.org/v4l.shtml>);
- Sincronização de áudio e vídeo com RAT versão 3;
- Interface alternativa para uso com o ReLaTe (descrito no item 4.4.11).

Durante os testes, foi observado que, apesar da ferramenta possuir bons algoritmos de compressão, ocasionando utilização de pouca largura de banda, durante a execução ocorre muito processamento na máquina o que resulta numa transmissão de vídeo mais lenta, facilitando a dessincronização entre vídeo e áudio.

A seguir, é apresentada a **Figura 4.4** que ilustra a interface do VIC (VIC, 2001). Através da função "menu", é possível a configuração de uma série de parâmetros, por exemplo, taxa de *frames* por segundo, tipo de algoritmo de codificação de vídeo, ativação para transmissão de imagem, entre outros.

Figura 4.4. Interface do VIC

4.4.4 FreePhone

Desenvolvida pelo INRIA, é bastante similar ao RAT, pois também suporta redundância de transmissão de áudio. Além disso, suporta altas taxas de amostragem como as usadas em CD (44 KHz) e DAT (48 KHz). Também implementa RTP.

Para funcionar com a ferramenta Session Directory (SDR), requer a versão 2.2 ou superior, e é necessário instalar um *plugin* disponível na *webpage* do FreePhone. Na **Figura 4.5**, é apresentada a interface do FreePhone (FreePhone, 2001).

Figura 4.5. Interface do FreePhone

A última versão disponível (3.7 beta 1 - 19/02/1999) possui o protocolo chamado SIP que possibilita convidar uma ou mais pessoas na Internet. Este protocolo é compatível com a versão SDR 2.5.8.

O FreePhone, durante o seu desenvolvimento teve como foco melhorar a qualidade no trajeto entre a origem e o destino com características que variam com o tempo, tais como atraso, largura de banda disponível e estatísticas de perda.

Limitação: o FreePhone e o RAT interoperam muito bem desde que não sejam utilizados com altas frequências de amostragem (MECCANO, 2000).

4.4.5 WhiteBoard (WB)

É uma aplicação para desenhos que pode ser vista por todos os participantes da conferência. Também desenvolvido pelo LBL. Arquivos textos e desenhos podem ser importados em WB. A **Figura 4.6** mostra a interface do WhiteBoard denotando os recursos da ferramenta (WB, 2001).

Figura 4.6. Interface do WhiteBoard

4.4.6 WhiteBoardD (WBD)

Como o WB, o WBD também é uma aplicação para desenhar que permite compartilhamento entre os participantes da videoconferência. Existem binários disponíveis para Windows 9x/NT4, Solaris 2.5 e Irix 6.2. Difere do WB por não importar arquivos textos. Na sequência, é apresentada na **Figura 4.7** a interface da aplicação WBD (WBD, 2001).

Figura 4.7. Interface do WhiteBoardD

4.4.7 Network Text Editor (NTE)

É uma ferramenta de edição de textos compartilhada desenvolvida pela UCL. Difere da WB por prover edição e movimentação de blocos do texto. A **Figura 4.8** mostra a interface da aplicação NTE (NTE, 2001).

Figura 4.8. Interface do NTE

4.4.8 Session Directory (SDR)

É uma aplicação desenvolvida pela UCL que permite aos participantes acessar sessões *multicast* do Mbone sem a necessidade de, explicitamente, conhecer os endereços IPs dos outros membros. O SDR utiliza o protocolo de anúncio chamado (*Session Directory Announcement Protocol*) e trabalha em conjunto com outras ferramentas, tais como VIC, RAT, NTE e WB para realizar videoconferências. Possui suporte a IPv6 e IPv4.

As versões anteriores à 2.7 possuem um sério problema de segurança - usuários remotos conseguem executar códigos arbitrários com privilégios de usuário do SDR, afetando tanto sistemas UNIX quanto Windows. Este problema foi corrigido na versão 2.7 e posteriores.

O SDR possibilita a utilização de criptografia de chave pública para autenticar e/ou encriptar sessões anunciadas. E, para usar ferramentas de autenticação/encriptação deve-se instalar o PGP (Pretty Good Privacy) v.2.6.3 ou superior e configurar uma variável de ambiente PGPSTATE com valor 1.

Nos testes realizados em conjunto com o VIC e o VAT/RAT, foi utilizada como publicador de sessões de videoconferência e os testes foram bem sucedidos. A **Figura 4.9** mostra a interface do SDR (SDR, 2001).

Figura 4.9. Interface do SDR

4.4.9 ConfMan

O Conference Manager (ConfMan) foi desenvolvida pela Universidade de Hanover na Alemanha. Ela permite aos usuários do MVC inicializar conferências informais e incluir uma agenda de endereços para manter uma lista dos contatos mais freqüentes. Na fase de testes, foi escolhido o SDR por ser uma aplicação mais difundida. Sendo assim, o CONFMAN não chegou a ser testado (ConfMan, 2001).

4.4.10 Rendez-Vous

É uma aplicação de videoconferência para a Internet que integra áudio e vídeo (Rendez-Vous, 2001). Foi desenvolvida pelo INRIA por Frank Lyonnet. É um sucessor do IVS (IVS, 2001), uma das ferramentas pioneiras utilizadas no Mbone. Não apresenta suporte a IPv6. Encontra-se disponível para plataformas Sun, Solaris, Linux, FreeBSD, Windows, SGI Irix e Mac. Durante o seu desenvolvimento, foram focados o agendamento (alocação dinâmica de CPU para tarefas relacionadas a áudio e/ou vídeo) e manipulação de enlaces heterogêneos. Também não foi considerada na fase de testes pelo mesmo motivo do ConfMan.

4.4.11 ReLaTe

É um sistema usado para ensinar línguas. Utilizada em conjunto com as aplicações disponíveis para o Mbone, que provê sessões de videoconferência para o ensino remoto. ReLaTe significa **RE**remote **LA**nguage **TE**aching (Stringer, 1998). Ele pode ter sua interface integrada com a ferramenta VIC.

Esta é uma aplicação bastante interessante do ponto de visto do desenvolvedor por apresentar características que facilitam o entendimento sobre interface e integração. A seguir, é apresentada, na **Figura 4.10**, a interface da aplicação ReLaTe (ReLaTe, 2001).

Figura 4.10. Interface do ReLaTe

4.4.12 QuestionBoard

É uma aplicação que implementa controle de fluxo, e foi desenvolvida na University of California, Berkeley, para apresentar seminários usando *multicast* sobre o Mbone (VIC, VAT, IVS, SDR e WB) (Malpani & Rowe, 1997) e permite interação com outras aplicações do Mbone de áudio e vídeo. Ela permite incluir mecanismos para transmissão confiável de dados, fluxo de controle, além de protocolos de recuperação de erros.

Durante uma sessão usando QB, os participantes podem enviar questões ao coordenador da videoconferência, usando a interface de questões da aplicação QB. No QB, existem duas interfaces bem similares. Uma delas é utilizada pelo coordenador, chamada de interface do moderador, e a outra é utilizada pelos participantes. As interfaces diferem uma da outra porque existem informações mostradas para o coordenador e usadas para controlar o fluxo que não podem ser visíveis por outros participantes. A interface do moderador permite, ao coordenador ou ao apresentador, ver as questões submetidas pelos participantes e respondê-las verbalmente ou redirecioná-las para um participante remoto, que possa responder a questão em tempo real. E a interface do participante permite que ele veja as questões e possa submeter uma outra ao coordenador ou apresentador. A seguir, são apresentadas as **Figuras 4.11 e 4.12** que apresentam as interfaces do moderador e dos participantes, respectivamente (QB, 2001).

Figura 4.11. Interface do moderador do QuestionBoard

Figura 4.12. Interface do participante do QuestionBoard

4.4.13 VCR on Demand

A aplicação VCR on Demand (*Video Conference Recording on Demand*) pode ser utilizada no Mbone para gravação e visualização remota de videoconferências *multicast*. Ela possibilita a existência de um ambiente onde usuários podem interativamente gravar o áudio e vídeo de videoconferências sobre um servidor remoto controlando-o com um software cliente local, podendo os usuários em outro instante assistir a gravação por *multicast* ou *unicast*. E, por ter sido desenvolvido utilizando linguagem java é disponível para diversas plataformas (VCR on Demand, 2001).

4.4.14 Avaliação das Aplicações Mbone

Para contornar os problemas de congestionamento de rede e perda de pacotes, esquemas de QoS permitem que a largura de banda seja dedicada para a sessão, porém usuários têm que ter suporte aos protocolos de QoS. A maioria das aplicações utilizadas no Mbone implementam o protocolo RTCP para ajustes de acordo com o congestionamento da rede.

A seguir, a **Tabela 4.3** mostra as ferramentas e plataformas disponíveis para cada uma (Bachmann *et al*, 2000).

Função	Ferramenta	Sistema operacional disponível
Diretório de sessões, interface e/ou integração	SDR	Windows 95/98/NT, Linux, Solaris e FreeBSD
	ConfMan	Windows 95/98/NT
	ReLaTe	Windows 95/98/NT e Solaris
	Rendez-Vous	Windows 95 e Solaris
Áudio	RAT	Windows 95/98/NT, Linux, FreeBSD e Solaris
	VAT	Windows 95/98/NT, Linux e Solaris
Vídeo	VIC	Windows 95/98/NT, Linux, FreeBSD e Solaris
Gráfico	WBD	Windows 95/98/NT e Solaris
	WB	Linux, Solaris e FreeBSD
Texto	NTE	Windows 95/98/NT, Linux e Solaris
Controle	QuestionBoard	Linux e Solaris
Gravação	VCR on Demand	Windows 95/98/NT, Linux, FreeBSD e Solaris

Tabela 4.3. Ferramentas mais utilizadas no Mbone

Na **Tabela 4.4**, é apresentada a avaliação das aplicações utilizadas no Mbone como uma solução única, e não cada software separado.

Recursos disponíveis	Áudio, vídeo, texto, gráficos e gravação
Qualidade de áudio e vídeo	Básica
Controle de acesso	Por detecção de silêncio nas ferramentas de áudio e por botão no QB, controlando as submissões de questões dos participantes.
Modelos de comunicação	Modelo descentralizado.
Plataformas suportadas	Descritos na tabela 5.3.
Licença	Gratuita
Cenário	A, B, D e E.

Tabela 4.4. Avaliação das aplicações do Mbone

4.5. OhPhone

Aplicação desenvolvida pelo projeto OpenH323 sob responsabilidade da companhia Australiana Equivalence Pty Ltd. Uma das vantagens desta ferramenta é que ela encontra-se disponível, tanto para sistemas UNIX/Linux, quanto para sistemas Windows, e permite interoperabilidade com a aplicação Netmeeting. Com o objetivo de tornar a interface com o usuário mais amigável, existem ferramentas de interface gráfica (por exemplo, o gong e o gnomemeeting) que possibilitam as configurações do ohphone através de uma interface gráfica, e não por comando de linha.

O OhPhone passa ainda por modificações e tende a melhorar com o avanço do projeto OpenH323. Atualmente, a ferramenta apresenta-se um pouco instável quanto a sua funcionalidade e a versão Windows ainda apresenta alguns problemas com a transmissão de vídeo. A ferramenta disponibiliza recursos de áudio e vídeo (OhPhone, 2001).

De acordo com os parâmetros definidos para a avaliação, a **Tabela 4.5** apresentada as características do software OhPhone.

Recursos disponíveis	Áudio e vídeo
Qualidade de áudio e vídeo	Básica
Controle de acesso	Por detecção de silêncio
Modelos de comunicação	Modelo centralizado
Plataformas suportadas	Microsoft Windows 9x, NT, 2000 e Linux
Licença	Gratuita
Cenário	A, B e D

Tabela 4.5. Avaliação do OhPhone

4.6. LiveLAN

O LiveLAN é uma solução da PictureTel para videoconferência sobre redes locais. Esta solução é composta pelo software *LiveLAN Videoconferencing* para desktops, câmera também para desktop da PictureTel, acessórios multimídia e uma placa de captura proprietária. Nos primeiros testes com esta ferramenta, houveram alguns problemas durante a instalação. Não foi possível instalar o software LiveLAN em computadores IBM devido a vários conflitos com outras placas instaladas. A **Figura 4.13** apresenta a janela principal do software LiveLAN e a janela na qual é possível acessar os recursos de chat, compartilhamento de aplicações, entre outros (LiveLAN, 2001).

Figura 4.13. Interface do LiveLAN

Além do software LiveLAN para as estações clientes de videoconferência, existem outros produtos da PictureTel que são utilizados em conjunto com este para a execução de uma videoconferência. São eles: o *LiveLAN Manager*, software responsável pelo controle de largura de banda e gerenciamento da videoconferência (*gatekeeper*); o *LiveLAN Gateway*, utilizado somente se for necessário interoperar com produtos baseados no padrão H.320 (por exemplo, se for utilizado um modelo de comunicação híbrido); e o *PictureTel 330 H.323 Multipoint Server*, que desempenha o papel de MCU durante as sessões de videoconferência.

O LiveLAN, por ser compatível com padrão H.323, suporta interoperabilidade com a aplicação NetMeeting da Microsoft. Uma outra característica interessante é que pode ser usado nos dois tipos de videoconferência: qualidade básica, quando executando em conjunto com o *H.323 Multipoint Server*, e alta qualidade, quando interoperando o sistemas de grupo da PictureTel, tais como Concord e Venue, entre outros.

De acordo com os parâmetros definidos para a avaliação, a **Tabela 4.6** apresentada as características do software LiveLAN.

Recursos disponíveis	Áudio, vídeo e chat
Qualidade de áudio e vídeo	Ambas, alta e básica
Controle de acesso	Por detecção de silêncio
Modelos de comunicação	Modelo centralizado
Plataformas suportadas	Windows 9x/NT/2000
Licença	Proprietária
Cenário	A,B e D

Tabela 4.6. Avaliação do LiveLAN

4.7. CUSeeMe

O CUSeeMe foi uma das aplicações pioneiras como solução de videoconferência. Com o decorrer dos anos, perdeu muito espaço no mercado para soluções mais modernas e com tecnologias mais avançadas. As primeiras versões foram desenvolvidas na *Cornell University* e eram gratuitas, mas atualmente é um produto proprietário.

Os testes realizados com esta ferramenta foram testes ponto a ponto, mas servidores como o *MeetingPoint* podem ser utilizados para possibilitar conferências com modelo de comunicação centralizada. A **Figura 4.14** apresenta a interface do CUSeeMe (CUSeeMe, 2001).

Figura 4.14. Interface do CUSeeMe

De acordo com os parâmetros definidos para a avaliação, a **Tabela 4.7** apresentada as características do software CUSeeMe.

Recursos disponíveis	Áudio, vídeo e chat
Qualidade de áudio e vídeo	Básica
Controle de acesso	Por detecção de silêncio
Modelos de comunicação	Centralizado
Plataformas suportadas	Microsoft Windows 9x/NT/2000 e Macintosh.
Licença	Proprietária
Cenário	A, B e D

Tabela 4.7. Avaliação do CUSeeMe

4.8. iVisit

É uma aplicação que integra vídeo, áudio e chat, disponível para uso em intranets e Internet, desenvolvida por Tim Dorcey, o inventor do CUSeeMe. Atualmente, o iVisit faz parte das soluções de comunicação entre múltiplas partes disponibilizado pela Eyematic. O iVisit suporta várias conexões simultaneamente, apresenta flexibilidade nas configurações de qualidade para vídeo, é de fácil instalação e configuração e vem integrado com serviço de diretório que ajuda um participante a encontrar outros usuários (iVisit, 2000). A **Figura 4.15** apresenta a interface da aplicação iVisit.

Figura 4.15. Interface do iVisit

O iVisit não é compatível com H.323, ele é baseado em protocolos otimizados para distribuição de mídias em tempo real para múltiplos recipientes. Suporta IP *multicasting*. No entanto, é mais utilizado com conexões ponto a ponto. Suporta modelo descentralizado, existe um serviço de diretório que é utilizado para publicar os usuários e salas existentes, onde cada participante pode criar a partir do seu próprio desktop, uma sala de videoconferência e configurar uma senha para a sala criada. Possui uma ótima ferramenta para gravação, mas deixa a desejar no gerenciamento de conexões e *codecs*.

De acordo com os parâmetros definidos para a avaliação, a **Tabela 4.8** apresentada as características do software iVisit.

Recursos disponíveis	Áudio, vídeo, chat e gravação
Qualidade de áudio e vídeo	Básica
Controle de acesso	Não há.
Modelos de comunicação	Modelo descentralizado
Plataformas suportadas	Windows 9x/NT/2000 e Macintosh
Licença	Gratuita
Cenário	A, B e D

Tabela 4.8. Avaliação do iVisit

4.9. Refletor - Virtual Room Video System

O *Virtual Room Video System* – VRVS é um servidor de vídeo, também chamado refletor que foi desenvolvido pelo CERN/CALTECH (VRVS, 2001). Este servidor/refletor executa nas estações, interconectando cada usuário a uma sala virtual por túneis IP *unicast*, ou, se possível, via *multicast*. Os refletores e suas ligações formam, deste modo, um conjunto de sub-redes de vídeo virtuais, onde um único grupo virtual pode interconectar várias regiões do mundo. O uso da tecnologia refletor torna o sistema não muito acessível.

Este sistema é baseado em transmissão de pacotes sobre IP, com aplicações executando sobre várias plataformas. O VRVS faz uso eficiente uso da largura de banda, enviando o fluxo de áudio, vídeo e dados somente através do túnel entre dois refletores, se há participantes na mesma sala virtual, sobre ambos os lados. A topologia de rede dos refletores é escolhida, levando-se em conta a geografia e a largura de banda disponível sobre cada enlace de rede para otimizar os caminhos (*paths*) de conectividade de rede.

Este refletor tem abertura para interação com ferramentas MBONE (VIC - Vídeo, RAT-áudio e WBD – *whiteboard*), bem como para outras aplicações colaborativas, podendo ainda ter o acesso estabelecido via navegadores com *plugin*. Atualmente, no Brasil, existe um refletor que fica na UFRGS, implantado pelo grupo de trabalho METROPOA. Não foi possível experimentá-lo em laboratório, mas, através de contato com o grupo da UFRGS, soube-se que estão sendo obtidos resultados satisfatórios com o sistema, podendo ser considerado como uma boa alternativa para utilização como refletor na Internet.

4.10. MCUs - MeetingPoint e PictureTel NetConference

Enquanto o VRVS é utilizado em conjunto com as aplicações do Mbone e disponibiliza um modelo de comunicação descentralizado para videoconferências, servidores como o *MeetingPoint* e o *PictureTel 330 NetConference Multipoint Server* são utilizados juntamente com clientes como o CUSeeMe, NetMeeting e LiveLAN da PictureTel para prover videoconferência baseada em modelo centralizado (MeetingPoint, 2001) (NetConference, 2001).

O *MeetingPoint* e o *NetConference* oferecem serviços de conferências multiponto para clientes baseados no padrão H.323, permitindo que participantes possam usar uma variedade de software cliente para videoconferência em um ambiente de conferência multiponto. Estes servidores gerenciam a largura de banda para uma interação de grupo, utilizando as vantagens da tecnologia *multicast* sobre IP. Além disso, incluem segurança e autenticação, controle de acesso dos clientes, administração da conferência e serviços de monitoramento da interação multimídia do grupo.

Como a maioria dos clientes H.323 foram projetados para videoconferências ponto-a-ponto, em oposição às conferências de grupos, uma grande parte dos usuários H.323 não tem um procedimento padrão entre suas aplicações cliente para escolher qual participante quer ver, entre múltiplos participantes em conferência baseada em modelo centralizado. Devido a isto, os servidores multiponto podem proporcionar formas de controle de distribuição de vídeo para clientes H.323. O *MeetingPoint*, por exemplo, proporciona:

- **Troca de vídeo baseada na detecção de áudio:** por *default*, usa o áudio para determinar qual o fluxo de vídeo os participantes H.323 irão receber. Por exemplo, se um participante A está falando, os participantes H.323 verão o vídeo do participante A na janela do vídeo remoto em sua aplicação cliente. Entretanto, o *MeetingPoint* também realiza a mixagem do áudio dos fluxos de áudio H.323. Se mais do que um participante falar ao mesmo tempo, ele usa um avançado algoritmo de áudio para

determinar qual fluxo de vídeo enviará. Quando um participante está falando, verá o vídeo da pessoa que falou antes, em vez de enxergar sua própria imagem. O primeiro, assim como o último participante H.323 em uma conferência verá seu próprio vídeo refletido a partir do servidor na janela de vídeo remoto até que outro participante junte-se à conferência. No CUSeeMe, onde cada participante pode manter na aplicação cliente até 12 janelas de vídeo para ver ao mesmo tempo através da lista de participantes, a troca de vídeo H.323 não afeta estes participantes e pode ser baseada no tempo em vez do áudio. Este recurso é semelhante ao *voice switch windows* disponibilizado no VIC.

- **Modo de presença contínua:** este é um recurso complementar do servidor de conferências *MeetingPoint*. Ele permite que os usuários H.323 recebam um fluxo de vídeo remoto composto por vídeo de mais do que quatro participantes da conferência.

No *MeetingPoint*, pode-se perceber a presença de funcionalidades de controle de acesso, como é o caso do recurso "troca de vídeo baseado na detecção de áudio" disponível.

4.11. Comentários sobre a Avaliação

Atualmente existem diversas soluções para sistemas de videoconferência, sendo de fundamental importância o estabelecimento de alguns parâmetros que direcionem a escolha do sistema que mais se adeque às necessidades dos usuários.

Neste capítulo, foi apresentado um conjunto mínimo de parâmetros úteis para a avaliação de sistemas de videoconferência e para a validação destes, foram analisadas algumas aplicações gratuitas e proprietárias. A **Tabela 4.9**, a seguir, apresenta as classificações das ferramentas, todas juntas, para apresentar os resultados da avaliação.

Aplicações Parâmetros	NetMeeting	Mbone	OhPhone	LiveLAN	CUSeeMe	IVisit
--------------------------	------------	-------	---------	---------	---------	--------

<i>Recursos disponíveis</i>	Áudio, vídeo, chat, transferência de dados, quadro de comunicações e compartilhamento de aplicativos. O chat e o quadro de comunicações podem ser gravados.	Áudio, vídeo, texto, gráficos e gravação	Áudio e vídeo	Áudio, vídeo e chat	Áudio, vídeo e chat	Áudio, vídeo, chat e gravação
<i>Qualidade de áudio e vídeo</i>	Básica	Básica	Básica	Básica e alta	Básica	Básica
<i>Controle de acesso</i>	Por detecção de silêncio	Por detecção de silêncio nas ferramentas de áudio e por botão no QB	Por detecção de silêncio	Por detecção de silêncio	Por detecção de silêncio	Não há
<i>Modelos de comunicação</i>	Centralizado e descentralizado	Descentralizado	Centralizado	Centralizado	Centralizado	Descentralizado
<i>Plataformas suportadas</i>	Windows 9x, NT e 2000	Windows 9x, NT e 2000, Linux, Solaris e FreeBSD	Windows 9x, NT e 2000, Linux	Windows 9x, NT e 2000	Windows 9x, NT e 2000, Macintosh	Windows 9x, NT e 2000, Macintosh
<i>Licença</i>	Gratuita	Gratuita	Gratuita	Proprietária	Proprietária.	Proprietária
<i>Cenário</i>	A, B e D	A, B, D e E	A, B e D	A, B e D	A, B e D	A, B e D

Tabela 4.9. Avaliação das aplicações

Com base nos parâmetros definidos, pôde-se chegar a tabela acima, onde estão relacionadas as aplicações avaliadas e ressaltadas suas principais características e funcionalidades. Sendo assim, partindo da **Tabela 4.9**, o usuário pode realizar a seleção com base nas suas necessidades.

Primeiramente, o usuário deve ter claro o tipo de comunicação desejada, pois este fato está diretamente relacionado com os cenários do ambiente de videoconferência e seus vários tipos, apresentados no capítulo 2. Por exemplo:

- Se o tipo de comunicação for uma reunião entre grupos remotos, sem a presença de participantes usando desktop, a descrição do cenário C é a mais adequada;
- Se for uma reunião entre um grupo e um participante remoto usando desktop, a descrição do cenário B é a mais indicada. E, se em vez de um participante remoto utilizando desktop, existirem vários, isto exige um software com controle de acesso mais rigoroso, passando a ser mais indicado o cenário D;
- Se a comunicação se dá entre duas pessoas apenas, cada uma utilizando um desktop, é mais indicado o cenário do tipo A;

- E, por fim, se a comunicação se dá entre grupos remotos, mas na maior parte do tempo o mesmo participante permanece ativo e os demais passivos (aula remota, por exemplo), o cenário E é o mais indicado.

O fato do usuário conseguir enquadrar sua necessidade de comunicação em um dos cenários, ajuda-o a determinar os tipos de recursos que ele necessitará para o ambiente, para a sala de videoconferência e as funcionalidades que o software deverá disponibilizar. Levando-se em consideração apenas o parâmetro cenário, pode não ser possível o usuário fazer a escolha de uma das aplicações analisadas neste capítulo, já que todas possuem os cenários A, B e D em comum.

Sendo assim, um segundo parâmetro deve ser levado em consideração para a escolha da aplicação, tal como seus "recursos disponíveis". No entanto, este parâmetro pode também não ser suficiente para a seleção de uma aplicação.

Com base em informações decorrentes da determinação do tipo de cenário, o usuário pode precisar de um tipo de comunicação com um controle de acesso mais rigoroso (por exemplo, cenário D), então, neste caso, deve-se considerar a possibilidade de utilizar um modelo centralizado que prove vários recursos de gerenciamento/controle das sessões. Por outro lado, se o tipo de cenário mais indicado é o E, a disponibilidade de um recurso de controle de acesso por botão pode ser interessante. E ainda, se o tipo de cenário for o C, no qual teremos comunicação entre grupos remotos, a qualidade de áudio e vídeo pode ser um parâmetro fundamental para se disponibilizar um software com alta qualidade de áudio e vídeo para os participantes.

Os parâmetros comentados, tipo de cenário, recursos disponíveis, modelo de comunicação, mecanismos de controle e qualidade de áudio e vídeo poderiam ser suficientes para selecionar o software que melhor atenda as necessidades da aplicação do usuário se não fosse o fator econômico. Nem todos os usuários dispõem dos mesmos recursos financeiros para a implantação do sistema. Este fato pode influenciar na seleção das ferramentas, por isto foi incluído os parâmetros "licença" e também "plataformas suportadas". Sendo assim, não se avaliaram soluções que atendessem as necessidades do tipo de cenário C por não se ter os recursos disponíveis.

No capítulo a seguir serão apresentadas as considerações finais sobre este projeto, além de alguns trabalhos relacionados e propostas de trabalhos a serem realizados futuramente.

Capítulo 5. Conclusões

Sistemas de videoconferência existem há muitos anos e diversas aplicações desenvolvidas por pesquisadores e empresas estão surgindo com recursos diferentes. E, a cada dia, mais e mais usuários desejam fazer uso deste recurso, deparando-se, conseqüentemente, com a necessidade de escolher uma aplicação que lhe seja a ideal. Esta escolha é, contudo, facilitada quando são levados em consideração alguns parâmetros para avaliação de tais aplicações e foi para auxiliar na definição desses parâmetros que este trabalho foi realizado.

Assim, o projeto teve como meta a definição de alguns parâmetros para auxiliar a análise de aplicações de videoconferência, e teve como base o padrão da ITU-T F.730 e outras características relevantes. Ao utilizar os parâmetros definidos, o usuário pode escolher a aplicação que melhor se adeque às suas necessidades.

Esta escolha deve ser realizada partindo do parâmetro "cenário" e em seguida o parâmetro de "recursos disponíveis". Após as aplicações que oferecem subsídios a tais parâmetros terem sido escolhidas, "modelos de comunicação", "controle de acesso" e "qualidade de áudio e vídeo" são parâmetros auxiliares que permitirão um refinamento da escolha. Por fim, "licença" e "plataformas suportadas" também possuem um papel importante no momento da seleção da aplicação, por estarem relacionados a fatores econômicos. Sendo assim, pode-se concluir que, escolher uma aplicação que seja a ideal, dependerá deste conjunto de parâmetros.

E por fim, para se projetar uma solução completa de videoconferência, além de se considerar a aplicação e suas características funcionais, são também relevantes as capacidades tecnológicas da rede e foi pensando nisto que discutiu-se sobre o contexto tecnológico de comunicação em que sistemas deste tipo estão inseridos. Com os problemas da Internet atual, conhecer novas tecnologias, o que elas proporcionam e os protocolos utilizados na Internet2 podem contribuir para melhorar a qualidade das sessões de videoconferência, amenizando problemas, tais como congestionamento de rede e sincronismo das mídias.

5.1 Trabalhos Relacionados

Um dos parâmetros definidos neste trabalho está relacionado aos cenários de videoconferência, o qual inclui características do ambiente e salas de videoconferência. Neste sentido, existem trabalhos sendo desenvolvidos para tornar os cenários melhores, dentre os quais pode-se citar o grupo de pesquisa do *FX Palo Alto Laboratory* que tem feito um trabalho bastante interessante que aborda salas de conferência multimídia dentro de um contexto de trabalho cooperativo suportado por computadores (FXPalo, 2001).

O grupo de pesquisas em redes da University College London (UCL, 2001) também tem realizado trabalhos importantes, contribuindo para melhorar os recursos disponíveis em ferramentas existentes e também no desenvolvimento de aplicações.

O trabalho desenvolvido poderá auxiliar projetos em desenvolvimento, por exemplo, o projeto de mestrado "Sistemas Hiperídia Abertos: Um Estudo de Caso em CSCL" (Neto, 2001) fornecendo um levantamento de parâmetros e aplicações que permitem um trabalho colaborativo. Além disso, pode contribuir para o surgimento de novos trabalhos relacionados à videoconferência ou mesmo relacionados à ensino a distância.

5.2 Trabalhos Futuros

Durante o desenvolvimento deste projeto, não foi possível testar as ferramentas em uma infra-estrutura com suporte a QoS, nem avaliar sincronismo entre as mídias de forma detalhada. Além disso, percebeu-se a importância da presença de um servidor de localização ou MCU para facilitar a comunicação entre os participantes e também a possibilidade de personalizar a interface de algumas aplicações utilizando-se APIs. A partir destes fatores surgiram possibilidades de trabalhos futuros, tais como:

- Avaliar aplicações de videoconferência segundo a qualidade do sincronismo entre as mídias.
- Testar as ferramentas avaliadas em uma infra-estrutura de redes com suporte a QoS e verificar aspectos de sincronismo com e sem priorização de pacotes. Esta infra-estrutura de redes pode ser, por exemplo, a ReMAV de São Carlos.
- Realizar um estudo sobre o padrão H.323 e implementar um *Multipoint Control Unit* baseado na iniciativa OpenH323.
- Baseado nesta avaliação, implementar uma solução de videoconferência embutida em uma página WWW, utilizando APIs para interação com a aplicação de videoconferência

para que possa ser utilizada como ferramenta de apoio para cursos de ensino a distância (por exemplo, tirar dúvidas com o professor e assistir aulas em tempo real).

- Desenvolver APIs para o Netmeeting ou *plugins* para aplicações Mbone que implementem funcionalidades de controle de acesso.
- Implementar um serviço de diretório utilizando o OpenLDAP para servir como divulgador de localidades para clientes como NetMeeting, OhPhone, iVisit, etc.

Glossário de Termos

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas.

API *Application Programming Interface*. Uma API é um padrão de interface para acesso a uma determinada aplicação, tornando a aplicação disponível em várias plataformas através de uma interface única.

ANSP *Academic Network at São Paulo*. A rede acadêmica do Estado de São Paulo.

ATM *Asynchronous Transfer Mode*. Uma tecnologia para transmissão assíncrona de pequenos pacotes (53 bytes) chamados células.

CCIR abreviação usada pelo *International Radio Consultative Committee*, uma organização predecessora da ITU-R.

Cell B tipo de codificação de vídeo proprietária com baixa taxa de *bit* desenvolvida pela Sun Microsystems.

CIF *Common Interchange Format*. Um padrão proposto pela ITU de formato de imagem em movimento.

CODEC *COder/DECoder*, é um processo de conversão de software ou hardware entre formatos de áudio ou vídeo analógico e digital usado para transmissão, em ambas direções. O termo é também usado para descrever o componente de hardware principal de um sistema de videoconferência.

COM *Component Object Model*. É um *framework* da Microsoft para desenvolvimento e suporte de objetos componentes de um programa.

Congestionamento de rede condição em uma rede IP na qual a quantidade de tráfego injetada na mesma é grande demais para os roteadores manipularem, e alguns pacotes são descartados.

CSMA/CD *Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect*. Protocolo de acesso a transmissão utilizado em redes Ethernet.

DEC *Digital Equipment Corporation*. Companhia internacional que é fornecedora de sistemas computacionais de rede, software e serviços.

DES *Data Encryption Standard*. Um padrão de encriptação de dados.

DiffServ *Differentiated Services*. Modo simples de prover qualidade de serviço para tráfego em redes baseadas em IP.

DVI *Digital Video Interactive*. É um padrão de codificação de vídeo.

Endereço Multicast endereço usado para comunicação um para muitos, deve estar na faixa de 224.2.0.0 – 224.2.255.255 e os participantes devem unir-se a um grupo através do protocolo IGMP.

FDDI *Fibre Dual Distributed Interface*. Um padrão para LAN a 100 Mbps.

Fps *Frame por second*. É a taxa de quadros por transmissão de imagem de vídeo, medida em quadros por segundo. Quanto mais alta taxa de quadro, melhor o movimento de "renderização" da imagem de vídeo. O valor de 30 fps é o padrão necessário para movimento completo do vídeo.

Framegrabber dispositivo que captura um quadro (*frame*) de vídeo de cada vez de uma fonte de vídeo analógico.

FTP *File Transfer Protocol*. Um protocolo para transferência de arquivos na rede.

GSM *Groupe Spatiale Mobile*. Um padrão de codificação de áudio.

H.261 uma recomendação do ITU que permite diferenciar *codecs* de vídeo para interpretar como um sinal tem sido codificado e comprimido, e para decodificar e descomprimir este sinal.

HTML *HyperText Markup Language*. Linguagem de marcação de texto utilizada para apresentação de hiperdocumentos na WWW.

HTTP *HyperText Transfer Protocol*. Um protocolo para transferência de arquivos via Internet.

IEEE *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. Instituto de profissionais técnicos que promovem o desenvolvimento e aplicações de eletrotecnologia e ciências avançadas.

IETF *International Engineering Task Force*. Força-tarefa que define padrões de protocolos da Internet, como TCP/IP.

INRIA *Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique*. Instituto francês de pesquisa em informática e automação.

IntServ *Integrated Services*. Modo de se prover qualidade de serviço em redes baseadas em IP usando protocolo de sinalização.

IP *Internet Protocol*. Um protocolo da camada de rede (três) da pilha de protocolos TCP/IP.

IPng *Internet Protocol Next Generation*. É a nova geração do protocolo IP e sinônimo de IPv6.

ISDN *Integrated Services Digital Network*. Conjunto de padrões da CCITT/ITU para transmissão digital sobre fios de cobre e outros meios.

ISO *International Organization for Standardization*. Organização internacional que visa o estabelecimento de padrões.

ITU *International Telecommunications Union*. Uma das agências especializadas das Nações Unidas, composta de administradores de telecomunicações de aproximadamente 113 nações participantes.

ITU-T *International Telecommunication Union Telecommunication Standardization sector* grupo da ITU que desenvolveu e continua desenvolvendo várias recomendações que definem como codecs de videoconferência podem interoperar. (Trowt-Bayard, 1994).

IVS *INRIA Videoconferencing System*. Um dos primeiros softwares de videoconferência para a Internet.

JPEG *Joint Picture Expert Group*. Padrão de codificação de vídeo para imagens com alta taxa de compressão.

kbps a taxa *Kilobits por segundo* capacita os participantes trilharem quanto de largura de banda está sendo usada durante a sessão. Para videoconferência, o kbps não deve ser acima de 128 kbps, a menos que use uma conferência ponto a ponto ou uma rede de área local (TTL=16).

LAN *Local Area Network*. Denominação para redes locais.

LANE *LAN Emulation*. Método para emulação de redes compartilhadas (ethernet e FDDI) em redes ATM.

Largura de Banda termo usado para mostrar a quantidade de fluxo de informação através de um canal de comunicação. Expresso em unidades de $n \times 1000$ bits por segundo, Kbps.

LBL Lawrence Berkeley Laboratories, Universidade de California, Berkeley, EUA.

LDAP *Ligthweighth Directory Access Protocol*. Protocolo utilizado na implementação de serviços de diretórios.

Lux unidade de iluminação definida no sistema internacional.

Mbone *Multicast backbone*. Consiste de uma rede de túneis ligados a ilhas de sub-redes com capacidades de *multicasting* ao redor do mundo.

MC *Multipoint Controller*. Um componente do MCU.

MCU *Multipoint Control Unit*. Uma unidade de controle multiponto composta por MC e MP.

MECCANO *Multimedia Education and Conferencing Collaboration over ATM Networks and Others*. Projeto desenvolvido na UCL pelo grupo de pesquisa Multimídia.

MERCI *Multimedia European Research Conferencing Integration*. Projeto também desenvolvido na UCL pelo grupo de pesquisa Multimídia.

MJPEG é um conjunto de ferramentas que pode fazer gravação de vídeos e tocar, editar e fazer compressão MPEG de áudio e vídeo sobre Linux.

Modo Lecture uma otimização para transmissão *one-way* que aumenta o atraso sobre o *layout* da mídia para minimizar a perda de dados na rede.

MP *Multipoint Processor*. Um componente do MCU.

MPEG *Motion Picture Experts Group*. Organização internacional que visa produzir padrões para a codificação de dados audiovisuais.

MPLS *Multi-Protocol Label Switching*. Protocolo de rotulamento de tráfego para provimento de qualidade de serviço fim a fim.

MTU *Maximum Transfer Unit*. Uma medida, em bytes, do tamanho do maior pacote que uma rede é capaz de transmitir.

Multicasting é uma técnica de transmissão de pacotes utilizando endereços *multicast* para economia de largura de banda.

Muting é uma função que evita que sinais de áudio e vídeo sejam enviados por uma determinada estação.

MVC *Mbone Video Conference*. Abreviação usada para denotar aplicações de videoconferência do Mbone.

NTE *Network Text Editor*. Ferramenta desenvolvida pela UCL, que possibilita os usuários acessar e editar documentos texto simultaneamente.

NTSC *National Television Standard Code*. Padrão de cores da televisão analógica dos Estados Unidos.

NV *Network Video*. Um software de domínio público desenvolvido pelo INRIA e usado para videoconferência sobre IP.

PAL *Phase Alternate Line*. Nome do sistema de transmissão de cores usado na Alemanha, parte da África, parte da Ásia e no Brasil. Possui vários padrões, no Brasil adota-se o padrão M.

PCM *Pulse Code Modulation*. Padrão de codificação de áudio, 64 kbps.

PGP *Pretty Good Privacy*. Programa usado para criptografia de *e-mail* sobre a Internet.

Protocolo conjunto de padrões que governam a transferência de informação entre computadores sobre uma rede ou sistemas de telecomunicações. Para reduzir erros, os computadores nos pontos extremos de um enlace de comunicação devem seguir o mesmo protocolo.

PVC *Permanent Virtual Circuit*. Conexão permanente configurada manualmente em dispositivos de rede.

QCIF *Quarter Common Interchange Format*. Um padrão proposto pela ITU de formato de imagem em movimento.

QoS *Quality of Service*. Em redes de computadores e sistemas operacionais, é um conceito que as aplicações usam para especificar suas necessidades para o sistema, antes da transmissão ou processamento inicial.

RAT *Robust Audio Tool*. Ferramenta de áudio utilizada no Mbone.

RFC *Request For Comments*. Documentos técnicos revisados e corrigidos a partir de drafts (documentos técnicos incompletos).

ReLaTe *Remote Language Teaching*. Ferramenta para ensinar línguas, desenvolvida para o Mbone.

ReMAV Rede Metropolitana de Alta Velocidade. Uma rede de alta velocidade existente atualmente no Brasil.

RNP Rede Nacional de Pesquisa. Uma Associação cuja missão principal é operar um serviço de backbone Internet voltado à comunidade de ensino e de pesquisa do Brasil.

RSVP *Resource Reservation Protocol*. Protocolo de reserva de recursos com o objetivo de prover qualidade de serviço

RTP *Real Time Protocol*. É um protocolo de nível de aplicação que provê suporte em tempo real para comunicação multimídia.

RTCP *Real Time Control Protocol*. Acompanha o RTP, provendo informações de QoS, sincronismo e identificação do usuário durante uma sessão.

RTIP *Real Time Internetwork Protocol*.

SCIF *Super Common Interchange Format*. Um padrão proposto pela ITU de formato de imagem em movimento.

SDR *Session DiRectory*. Uma ferramenta desenvolvida pela UCL que publica sessões *multicast* no Mbone.

SIP *Simple Internet Protocol*. Protocolo de sinalização que inicia uma sessão entre usuários.

SBM *Subnet Bandwidth Manager*. Um protocolo de controle de admissão baseado em RSVP sobre redes IEEE 802.

SCN *Switched Circuit Network*. Redes que possuem circuitos que podem ser temporariamente estabelecidos a partir de requisições de uma ou mais estações conectadas.

SMTP *Simple Mail Transfer Protocol*. Um protocolo da camada de aplicação (cinco) da pilha de protocolos TCP/IP para gerenciamento de mensagens eletrônicas.

SONET *Synchronous Optical NETwork*. Um padrão definido pelo *American National Standards Institute* para transmissão de dados síncrona sobre redes ópticas.

Taxa de perda porcentagem de pacotes de informação perdidos durante a transmissão.

TCP *Transmission Control Protocol*. Um protocolo da camada de transporte (quatro) da pilha de protocolos TCP/IP. Orientado à conexão.

TDM *Time Division Multiplexing*. Esquema no qual vários sinais são combinados para transmissão sobre um único canal de comunicação.

TTL *Time To Live*. Significa tempo de vida e determina como pacotes *multicast* podem viajar sobre a Internet. Os valores padrão são: 16 – Site; 47 – UK; 63 – Europa; 127 – World.

UCL *University College London*. Universidade inglesa de Londres.

UDP *User Datagram Protocol*. Um protocolo da camada de transporte (quatro) da pilha de protocolos TCP/IP. Não orientado à conexão.

Unicasting Conexão ponto a ponto entre duas máquinas específicas.

VAT *Visual Audio Tool*. Ferramenta de áudio utilizada no Mbone.

vBNS *Very High Performance Backbone Network System*. Rede que interconecta centros de supercomputadores nos EUA e é reservada para aplicações científicas requerendo processamento massivo.

VIC *VideoConference*. Uma ferramenta de Videoconferência de domínio público.

VRVS *Virtual Room Video System*. Um conjunto de sub-redes de vídeo virtuais.

WAN *Wide Area Network*. Denominação para redes de longa distância.

WB *WhiteBoard*. Ferramenta de desenhos utilizada no Mbone.

WBD *WhiteBoarD*. Ferramenta de desenhos utilizada no Mbone.

Referências Bibliográficas

- (Alliance, 1997) Gigabit Ethernet Alliance, **Gigabit Ethernet, Accelerating the Standard for Speed Whitepaper**. Disponível no site <http://www.gigabit-ethernet.org/>, 1997;
- (Bachmann *et al*, 2000) BACHMANN, F., MARTINS, I. L. e FARINES, J.-M. "Endereçamento *Multicast* e Aplicações Multimídia na REMAV-FLN", **NewsGeneration**, vol.4, no.4. Disponível no site <http://www.rnp.br/newsgen/0007/art5.shtml>, julho de 2000;
- (Bates & Gregory, 1997) BATES, R.J. and GREGORY, D. **Voice and Data Communications Handbook**, McGraw-Hill Series on Computer Communications, 1997;
- (Boudec, 1992) BOUDEC, J-Y Le. – "The Asynchronous Transfer Mode: a Tutorial", **Computer Network and ISDN Systems**, n.24, p279-309, 1992;
- (Bradner & Mankin, 1996) BRADNER, S.O., MANKIN, A. **IPng, Internet Protocol Next Generation**, Massachussets: Addison-Wesley, 1996;
- (Chandra & Mathur, 2000) CHANDRA, S., MATHUR, M. **Multimedia Standard H323 for Audio Visual Conferencing**. Disponível no site <http://www-personal.ksu.edu/~mohit/multimedia.html>, 2000;
- (Chiu *et al*, 2000) CHIU, P., KAPUSKAR, A., REITMEIER, S., WILCOX, L., FX Palo Alto Laboratory - "Room with a Rear View - Meeting Capture in a Multimedia Conference Room", **IEEE Multimedia**, vol. 7, n. 4, October-December 2000;

- (Cisco, 1999) CISCO SYSTEM **Cisco – Building Consistent Quality of Service into the Network**. Disponível no site <http://www.cisco.com/warp/public/674/6.html>, 20 de julho de 1999;
- (Cisco, 2000) CISCO SYSTEM, **Designing Internetworks for Multimídia**. Disponível no site <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/idx4/nd2013.htm>, 15 de abril de 2000;
- (ConfMan, 2001) **ConfMan - Conference Manager**. Disponível no site <http://confman.unik.no/~confman/ConfMan/>, julho de 2001;
- (Comer, 1995) COMER, D.E. **Internetworking with TCP/IP – Principles, Protocols and Architecture**, vol.1, ed.3, Prentice-Hall, New Jersey, 1995;
- (Cookbook, 2000) Cookbook, **Video Conferencing Cookbook**. Disponível no site <http://www.vide.gatech.edu/cookbook2.0>, June 2000;
- (Crowcroft et al, 1999) CROWCROFT, J., HANDLEY, M., WAKEMAN, I. **Internetworking Multimedia**, Taylor & Francis - Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, California, 1999;
- (CUSeeMe, 2001) **Software CUSeeMe**. Disponível no site <http://support.cuseeme.com/>, julho de 2001;
- (Databeam, 1998) DATABEAM **A Primer on the H.323 Series Standard**. A DataBeam Corporation White Paper, maio de 1998;
- (F.730,1992) F.730, International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector, **Telematic, Data Transmission, ISDN Broadband, Universal, Personal Communications and Teleconference Services: Operation and Quality of Serviço - Videoconference Service - General**, ITU-T Recommendation F.730, agosto de 1992;

- (Faria, 1992) FÁRIA, A.L.A. **Implementação do Mecanismo de Controle de Acesso por Detecção de Silêncio em um Sistema de Teleconferência**, dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica, PUC-Rio, 1992;
- (FreePhone, 2001) **FreePhone**. Disponível no site <http://www.inria.fr/rodeo/fphone/>, abril de 2001;
- (FXPalo,2001) Projetos do FX Palo Alto Laboratory, **Smart Media Spaces**. Disponível no site <http://www.fxpal.com/smartspace/>, 2001;
- (Giordano, 1997) GIORDANO, S., SDHMID, R.M., et al, **IP and ATM – a position paper**, Purdue University, USA, outubro de 1997;
- (iVisit, 2000) **IVISIT**, software de videoconferência da *Eyematic Interfaces*. Disponível no site <http://www.ivisit.com>, 2000;
- (IVS, 2001) **IVS - INRIA Videoconferencing System**. Disponível no site <http://www-sop.inria.fr/rodeo/ivs.html>, fevereiro de 2001;
- (Johnson, 1999) JOHNSON, V. **Quality of Service - Glossary of Terms**, Disponível no site <http://www.qosforum.com>, maio de 1999;
- (Kuo et al, 1998) KUO, F., EFFELSBERG, W. e GARCIA-LUNA-ACEVES, J.J. **Multimedia Communications: Protocols and Applications**, Prentice Hall, 1998.
- (LiveLAN, 2001) **Software LiveLAN**. Disponível no site <http://www.picturetel.com>, julho de 2001;
- (Macedonia & Brutzman, 1994) MACEDONIA, M.R., BRUTZMAN, D.P. **Mbone provides audio and video across the Internet**, IEEE Computer, pp 30-36;

- (Malpani & Rowe, 1997) MALPANI, R. & ROWE, L. A. "Floor Control for Large-Scale Mbone Seminars" **ACM Multimedia**. Disponível no site <http://bmrc.berkeley.edu/research/publications/1997/137/qsbmm97.html>, novembro de 1997;
- (Marko, 1996) MARKO, K., **Implementation of LAN Emulation over ATM in Linux**, tese de mestrado, Tampere University of Technology, Finlândia, 21 de agosto de 1996;
- (MECCANO, 2000) **Projeto MECCANO**, UCL Networked Multimedia Research Group. Disponível no site <http://www-sop.inria.fr/rodeo/personnel/bolot/meccano.html>, fevereiro de 2000;
- (MeetingPoint, 2001) **Software MeetingPoint**. Disponível no site <http://support.cuseeme.com/>, julho de 2001;
- (Melchior, 1997) MELCHIOR, C. **Sistemas Interpessoais de Videoconferência (Mbone)**, Monografia do Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, janeiro de 1997. Disponível no site <http://www.penta.ufrgs.br/~cristina/mbone>, 2000;
- (Mendizábal, 1998) MENDIZÁBAL, M.O. **Introducción Videoconferencia**, Instituto Politécnico Nacional, México, 1998. Disponível no site <http://video.comserv.ipn.mx>, 18 de fevereiro de 2000;
- (Moura, 1998) MOURA, A.S., **Gigabit Ethernet, Um Novo Horizonte**. Disponível no site <http://www.rnp.br/newsgen/9802/gbe-intr.shtml>, fevereiro de 1998;
- (NetConference, 2001) **PictureTel 330 NetConference Multipoint Server**. Disponível no site <http://www.picturetel.com>, julho de 2001;
- (Neto, 1999) NETO, C. C. **Salas de Videoconferência**. Disponível no site <http://www.cciencia.ufrj.br/educnet/salavide.htm>, 1999;

- (Neto, 2001) NETO, R. F. B. *Sistemas Hpermissão Abertos: Um Estudo de Caso em CSCL*, **VI Workshop de Teses e Dissertações em Andamento**, ICMC, USP, São Carlos, 2001;
- (NetMeeting, 2001) **Microsoft Windows NetMeeting**. Disponível no site <http://www.microsoft.com/windows/netmeeting/>, 2001;
- (NTE, 2001) **NTE - Network Text Editor**. Disponível no site <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/nte/>, julho de 2001;
- (OhPhone, 2001) **OhPhone**. Disponível no site http://www.openh323.org/docs/ohphone_man.html, julho de 2001;
- (Patrick, 1998) PATRICK, Andrew S. **The Human Factors of Mbone Videoconferences: Recommendations for Improving Sessions and Software**, Communications Research Centre, Ottawa. Disponível no site <http://debra.dgrc.crc.ca/mbone/human-factors/>, 1998;
- (QB, 2001) **QB - QuestionBoard**. Disponível no site <ftp://bmrc.berkeley.edu/pub/qb/>, julho de 2001;
- (RAT, 2001) **Robust Audio Tool**. Disponível no site <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/rat/>, 2001;
- (ReLaTe, 2001) **ReLaTe - Remote Language Teaching**. Disponível no site <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/relate-ui/>, julho de 2001;
- (Rendez-Vous, 2001) **Rendez-Vous**. Disponível no site <http://www-sop.inria.fr/rodeo/rv/>, fevereiro de 2001;
- (RNP, 1999) RNP **Internet2** Disponível no site <http://www.rnp.br/rnp2/rnp2-internet2.html>, 1999;

- (Schulzrinne, 1999) SCHULZRINNE, H. **The IETF Internet Telephony Architecture and Protocols**. Disponível no site <http://computer.org/internet/telephony/w3schrosen.htm>, 1999;
- (SDR, 2001) **SDR - Session Directory**. Disponível no site <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/sdr/>, julho de 2001;
- (Stardust, 1999) STARDUST.COM, **QoS protocols and Architectures**, White Paper. Disponível no site <http://www.qosforum.com>, julho de 1999;
- (Stringer, 1998) STRINGER, G. **Remote Language Teaching**, Universidade de Exeter. Disponível no site <http://www.ex.ac.uk/pallas/relate/teach.html>, janeiro de 1998;
- (Toga & ElGebaly, 1998) TOGA, J., ELGEBALY, H. **Demystifying Multimedia Conferencing Over the Internet Using the H.323 Set of Standards**, Intel Architecture Labs, Intel Corporation. Disponível no site http://www.intel.com.tw/technology/itj/q21998/articles/art_4.htm, 1998;
- (Trowt-Bayard, 1994) TROWT-BAYARD, T. **Videoconferencing – The Whole Picture**, Flatiron Publishing, Michigan, 1994;
- (VAT, 2001) **VAT - LBNL Audio Conferencing Tool**. Disponível no site <http://www-nrg.ee.lbl.gov/vat/>, julho 2001;
- (VIC, 2000) **VIC - Videoconferencing Tool**. Disponível no site <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/vic>, fevereiro de 2001;
- (VRVS, 2001) **VRVS - Virtual Rooms Videoconferencing System**. Disponível no site <http://www.vrvs.org>, julho de 2001;
- (UCL, 2001) UCL, **Current Researchs Projetscs**. Disponível no site <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/projects/>, 2001;

- (WB, 2001) **WB - LBNL Whiteboard Tool**. Disponível no site <http://www-nrg.ee.lbl.gov/wb/>, julho de 2001;
- (WBD, 2001) **WBD - Whiteboard**. Disponível no site <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/wbd/>, julho de 2001;
- (Willebeek-LeMair & Shae, 1997) WILLEBEEK-LEMAIR, M.H. & SHAE, Z. "Distributed video conferencing systems" **Computer Communications**, vol. 20, pp. 157-168, 1997;

Anexo A. Modelos de Comunicação para Videoconferência¹

Este anexo foi publicado como um artigo no NewsGeneration, periódico da RNP, de maio de 2001. O artigo encontra-se disponível no endereço <http://www.rnp.br/newsgen/0105/video.shtml>.

Resumo

Existem três modelos de comunicação para sistemas de videoconferência: centralizado, descentralizado e híbrido. O objetivo deste artigo é definir cada uma destas formas e apresentar suas principais características.

1. Introdução

Atualmente, a existência de novas alternativas para as redes de computadores, tais como ReMAVs (Redes Metropolitanas de Alta Velocidade), Internet2 e RNP2 estão viabilizando o desenvolvimento de aplicações avançadas como videoconferência, vídeo interativo, bibliotecas digitais e laboratórios virtuais. Isto tem favorecido a comunidade acadêmica e instituições de pesquisa, além do setor comercial; e tem provocado um crescimento no uso do computador como uma ferramenta para mediar a comunicação em tempo real entre indivíduos e grupos, aumentando o número de ferramentas disponíveis e também o número de usuários destes serviços.

A videoconferência é uma forma de comunicação interativa que permite que a duas ou mais pessoas que estejam em locais diferentes, a comunicação com áudio e visualização de imagem em tempo real. Reuniões, cursos, conferências, debates, palestras são conduzidas como se todos os participantes estivessem juntos no mesmo local. Com os recursos da videoconferência, pode-se conversar com os participantes e, ao mesmo tempo visualizá-los na tela de um monitor (telão ou televisão, dependendo dos recursos utilizados), trocando informações como se fosse pessoalmente.

¹ Este artigo faz parte do projeto de pesquisa "Avaliação de Sistemas de Videoconferência", desenvolvido pelos autores no Instituto de Ciências Matemáticas e Computação de São Carlos.

Uma grande variedade de soluções para sistemas de videoconferência está disponível e cada aplicação, de acordo com o seu propósito, pode ter necessidades diferentes com relação a equipamentos, à infra-estrutura de comunicação e à qualidade de serviço. Considerando estes fatores, um sistema de videoconferência deve se adequar da melhor forma possível aos recursos que a infra-estrutura de rede oferece. Além disso, o modelo de comunicação escolhido (centralizado, descentralizado ou híbrido) pode influenciar no tipo de recursos que serão utilizados na aplicação.

No artigo "Experimentos de Videoconferência na ReMAV-Curitiba – Seminários a Distância", os autores apresentaram algumas soluções de videoconferência separando-as em duas classes distintas: de um lado, os kits proprietários; do outro, os aplicativos do Mbone. O artigo atual retoma a questão de classificação de sistemas de videoconferência distinguindo-os de acordo com a infra-estrutura de comunicação.

2. Modelo Centralizado

O modelo centralizado é baseado no modo de comunicação ponto a ponto ou *unicast*. Quando existem três ou mais pontos para se conectarem entre si, a comunicação é possível utilizando-se uma Unidade de Controle Multiponto (MCU - *Multipoint Control Unit*).

A principal característica desse modelo é a utilização de um MCU que faz parte dos mecanismos descritos na recomendação H.323 do grupo de trabalho da ITU (*International Telecommunications Union*) que estuda comunicações e conferências multimídia. O padrão de conferência H.323 está sendo amplamente utilizado no desenvolvimento de sistemas de videoconferência e será assunto de um outro artigo no NewsGeneration.

Em uma sessão de videoconferência baseado neste modelo cada participante estabelece uma conexão com o MCU central e a distribuição do fluxo de áudio, vídeo e dados para cada participante é feita pelo MCU que mescla os vários fluxos de áudio, seleciona o fluxo de vídeo correspondente e retransmite o resultado para todos os outros participantes. Ele gerencia a videoconferência usando funções de controle H.245 que definem a capacidade de cada terminal. O H.245 é um protocolo para controle de chamadas especificado no padrão H.323.

Um MCU é a combinação de um Controlador Multiponto (MC - *Multipoint Controller*) e de zero ou mais Processadores Multiponto (MP - *Multipoint Processor*). O MC, geralmente um *software*, é o responsável pelo controle de três ou mais participantes durante sessões

multiponto e o MP, geralmente um *hardware*, é o responsável pelo processamento do fluxo de áudio, vídeo e/ou dados durante sessões multiponto. A presença do MP provê mesclagem, chaveamento, ou outro processamento de fluxo de mídia sob o controle do MC.

A seguir são apresentadas figuras que ilustram o modelo centralizado em sessões de videoconferência:

Figura A.1. Exemplo de videoconferência entre dois participantes (não é necessária a presença de MCU).

Figura A.2. Exemplo de videoconferência baseada em modelo centralizado entre 3 ou mais participantes.

Algumas vantagens deste modelo são:

- Os equipamentos dos participantes não precisam ter recursos poderosos, pois localmente apenas codificam seu fluxo de mídia produzido e decodificam o fluxo enviado pelo MCU.
- Não exige nenhuma capacidade especial da infra-estrutura de rede, pois todas as conexões são ponto a ponto.
- Permite a integração mais fácil de aplicações de um único usuário em cenários orientados a grupos. O controle do material disponível é manuseado pelo MCU com redirecionamento de conteúdo para o equipamento dos participantes.

E, algumas desvantagens são:

- MCU geralmente é um recurso caro.

- Limitação em escalabilidade. Os sistemas de videoconferência são projetados para cenários específicos e não são facilmente adaptáveis para uso em outros cenários. Cada MCU suporta um número específico de participantes.
- Gera mais tráfego na rede. O fato de utilizar conexões *unicast* faz com que todo o tráfego seja roteado pelo MCU podendo provocar um congestionamento na rede.

Existem, no mercado, soluções de videoconferência multiponto centralizada que consistem somente de *software*, e outras que envolvem *software* e *hardware*. Por exemplo, a Cisco possui soluções compostas de *hardware* e *software*. Por outro lado, o CUSeeMe disponibiliza soluções em *software*. Além destas empresas, existem muitas outras e também existe um grupo que iniciou recentemente o desenvolvendo de uma solução não proprietária que é o OpenMCU podendo ser encontrado no site [OpenH323](http://OpenH323.org).

3. Modelo Descentralizado

O modelo descentralizado compartilha características de controle comum com o modelo centralizado, mas o fluxo de mídia é manuseado diferentemente. Uma das entidades participantes deve ser um MC que, independente do modelo de comunicação, prove o controle de três ou mais participantes durante uma sessão multiponto. O MC tipicamente é colocado com um dos participantes. Todas as conexões H.245 terão que terminar no MC apenas no modelo centralizado quando o MCU está presente. Enquanto no modelo centralizado o MCU faz o processamento de mídia, no modelo descentralizado, os fluxos de mídia são enviados e recebidos por todos os participantes sobre uma base fim a fim.

A Figura a seguir ilustra um exemplo deste modelo. Não há MCU para processar os múltiplos fluxos; cada participante é responsável por sua própria mesclagem de áudio e seleção de vídeo. A mídia pode ser enviada entre todos os participantes utilizando *multicast*, ou múltiplos *unicast* se a rede não suportar *multicast*.

Figura A.3. Exemplo de videoconferência baseada em modelo descentralizado.

Algumas vantagens deste modelo são:

- Não requer a presença de um MCU. Geralmente, um recurso limitado e caro.
- Permite um processamento individualizado em cada participante o que possibilita que cada um execute em seu próprio nível.
- Ao contrário do modelo centralizado, é escalável quanto ao número de participantes, mais flexível e sensível a variações nas condições da rede.
- Pode economizar largura de banda se a rede suportar *multicast*.

E, algumas desvantagens são:

- Uma sessão de videoconferência é terminada quando o participante que contém o MC deixa a sessão. Para que a videoconferência não seja terminada o MC deve permanecer ativo.
- Um participante que possui um equipamento com baixo desempenho pode ser prejudicado já que a mesclagem do fluxo de áudio e a seleção do vídeo são realizadas localmente em cada participante e não só a codificação e decodificação como no modelo centralizado. Cada participante tem sua própria cópia dos arquivos que estão sendo compartilhados, o que torna mais difícil manter a consistência entre as cópias distribuídas no grupo.

Como exemplo deste modelo pode-se citar as ferramentas utilizadas no Mbone (*Multicast Backbone*), o qual suporta distribuição de dados *multicast*.

4. Modelo Híbrido

O modelo híbrido tenta mesclar o melhor dos dois modelos anteriores, mantendo a consistência dos dados através de um armazenamento centralizado e suportando visões individualizadas através do uso de *front ends* gráficos do modelo descentralizado no qual cada participante pode ter controle sobre sua aplicação para prover suas necessidades pessoais.

Uma implementação híbrida pode operar sobre uma rede *multicast* com cada usuário utilizando sua própria versão das ferramentas, distribuir o fluxo de mídia de acordo com o modelo descentralizado, mas conter algum mecanismo - tal como um servidor na conferência - para controlar documentos compartilhados, ou arquivar a mídia de sessões que ocorreram. Portanto, o modelo híbrido tem a vantagem de prover armazenamento centralizado para sessões de videoconferência sem ter que controlar cada instante da aplicação, para cada participante da sessão.

Um exemplo de videoconferência baseada no modelo híbrido é mostrado na figura 4. Neste exemplo, um MCU separado é usado para manusear o áudio, dados e controle de funções, e o vídeo é distribuído por *multicast* conservando a largura de banda.

Figura A.4. Exemplo de videoconferência baseada em modelo híbrido

5. Considerações Finais

Apesar deste artigo tratar de modelos de comunicação disponíveis, focando sistemas de videoconferência, estas definições são válidas também para outros tipos de conferência com número de participantes maior ou igual a três.

A coordenação e notificação de participantes entrando e deixando uma videoconferência, junto com a organização do fluxo de mídia requer a presença de pelo menos um MC. Qualquer um dos modelos possui um MC, o que diferencia um e outro é o tipo de mensagens de controle do MC. Sendo assim, surge a seguinte questão: qual o melhor modelo a ser utilizado? Esta não é uma resposta simples, pois dependerá de vários fatores, entre eles: a infra-estrutura de rede existente, a qualidade de serviço que se deseja obter e a verba disponível para a implantação do sistema. Este artigo deixa bem claro a definição de cada modelo, um conhecimento básico que é importante no momento da escolha do sistema de videoconferência.

A existência destes modelos tem proporcionado uma grande flexibilidade aos sistemas de comunicação multimídia. E, atualmente, continua existindo um grande esforço de grupos de pesquisa para melhorar os recursos envolvidos na transmissão de conferências multimídia como é o caso de estudos relacionados à qualidade de serviço, controle de sessões, *multicast*, padrão H.323 entre outros.

6. Sites Selecionados

- Equivalence Pty Limited - OpenH323: <http://www.openh323.org/>
- University College London - Projeto Meccano:
<http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/projects/>
- Grupo de trabalho do IETF Multiparty Multimedia Session Control:
<http://www.ietf.org/html.charters/mmusic-charter.html>

Referências Bibliográficas

[1] A Primer on the H.323 Series Standard. A DataBeam Corporation White Paper, maio de 1998.

[2] C. Krawchuk, Usability Requirements for Collaborative Environments, Hewlett Packard Company. Disponível em <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/projects/meccano/deliverables/r3.2/meccano-r3.2a.html>, setembro de 1999.

- [3] F. Kuo, W. Effelsberg, J.J. Garcia-Luna-Aceves, Multimedia communications: protocols and applications, Prentice Hall, 1998.
- [4] I. Bokum *et al*, The MECCANO Internet Multimedia Conferencing Architecture. Disponível em <http://www.mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/projects/meccano/architecture/meccano-architecture.html>, outubro de 1999.
- [5] J. Crowcroft, M. Handley, I. Wakeman, Internetworking Multimedia, Taylor & Francis - Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, California, 1999.
- [6] J. Toga, H. ElGebaly. Demystifying Multimedia Conferencing Over the Internet Using the H.323 Set of Standards, Intel Architecture Labs, Intel Corporation. Disponível em http://www.intel.com.tw/technology/itj/q21998/articles/art_4.htm, 1998.
- [7] M. Blank, RADVision: H323 Center: Handbook Library: Interoperability. Disponível em http://www.radvision.com/c_v2oip/c_papers.php3, fevereiro de 2000.
- [8] R. S. Dixon, Internet Videoconferencing: Coming to Your Campus Soon!, Educause Quaterly, number 4, 2000.
- [9] Video Conferencing Cookbook - <http://www.vide.gatech.edu/cookbook2.0> , junho de 2000.
- [10] T. S. de Lima *et al*, Experimentos de Videoconferência na ReMAV-Curitiba – Seminários a Distância. Disponível em <http://www.rnp.br/newsgen/0007/art8.shtml>, julho de 2000.

Anexo B. Protocolos de QoS

1. Considerações Iniciais

Este anexo tem como objetivo complementar o capítulo 2 (Infra-estrutura de Comunicação) com informações referentes a QoS, um fator essencial na implementação de soluções de videoconferência. O anexo começa apresentando uma definição sobre QoS e os tipos existentes; em seguida, uma breve descrição de cada um dos tipos e, por fim algumas arquiteturas de QoS.

2. Definição

Existem diversos modos de caracterizar QoS. De forma geral, QoS é a habilidade de um elemento de rede (aplicação, host ou roteador) prover algum nível de garantia na entrega de dados consistentes na rede. Algumas aplicações, entre elas, as de transmissão multimídia na rede, são mais exigentes a QoS que outras. A seguir são apresentados dois tipos de QoS (Stardust, 1999):

- **Priorização:** o tráfego de rede é classificado e os elementos de rede provêem tratamento diferenciado aos tráfegos.
- **Reserva de Recurso:** os recursos de rede são alocados de acordo com a requisição de QoS da aplicação e sujeito a uma política de gerenciamento de largura de banda.

Estes tipos de QoS podem ser aplicados a fluxos de aplicação individuais ou a fluxos agregados. Pode-se caracterizar QoS:

- **Por fluxo:** qualidade sobre um fluxo de dados individual e unidirecional entre duas aplicações (emissora e receptora), unicamente identificada por uma 5-tupla (protocolo de transporte, endereço de origem, porta de origem, endereço de destino e porta destino).
- **Por agregação:** qualidade sobre uma agregação de fluxos (dois ou mais fluxos). Tipicamente os fluxos possuirão algo em comum, tal como o nível de prioridade ou alguma informação de autenticação.

O tipo de aplicação, a topologia de rede e a política ditam que tipo de QoS é mais apropriado para fluxos ou agregações.

Existem diversos protocolos de QoS e algoritmos para prover algum nível de qualidade de serviço para o tráfego:

- **Serviços Diferenciados** (*DiffServ*): provê um modo simples de QoS através da categorização e priorização do tráfego na rede;
- **RSVP** (*Resource Reservation Protocol*): provê sinalização para habilitar reserva de recurso da rede e é conhecida como Serviços Integrados. Pode ser usado para fluxos e agregações;
- **MPLS** (*Multi Protocol Labeling Switching*): provê gerenciamento de largura de banda para agregações de fluxos através do controle de roteamento de rede, de acordo com rótulos nos cabeçalhos dos pacotes.
- **SBM** (*Subnet Bandwidth Management*): habilita categorização e priorização na camada 2 em redes IEEE 802 compartilhada e chaveada.

Nas próximas subseções serão explanados conceitos de classificação e admissão e será mostrada uma breve descrição sobre alguns protocolos de qualidade de serviço.

2.1. Classificação e Admissão

Uma classe de tráfego de rede é suportada tipicamente por alguma disciplina de enfileiramento que é aplicada a um fluxo específico. Isto pode ser configurado por um gerente de rede, programado dentro de um roteador ou pode ser requisitado por um usuário via algum protocolo de sinalização (Crowcroft, 1999).

Na Internet, um protocolo de sinalização provê não somente a categoria do fluxo de tráfego e parâmetros, mas também um modo para o roteador reconhecer os pacotes pertencentes ao fluxo, já que não existe circuito virtual ou identificador de fluxo nos protocolos atuais da Internet.

Esta classificação é simplesmente baseada em um conjunto de campos do pacote que permanecem constante para um fluxo, como números de portas UDP e TCP ou identificador de protocolo de transporte em nível IP, juntamente com endereços de origem e destino.

Para criar esta classificação dinamicamente e configurar filas em roteadores ao longo do caminho, a comunidade Internet planejou o RSVP (*ReSerVation Protocol*). Com este protocolo, dispositivos de rede podem, antecipadamente, conhecer seus recursos e verificar se a requisição de serviço pode ser satisfeita, aceitando ou negando. Isto é conhecido como "teste de admissão".

3. RSVP

O *Resource Reservation Protocol* é um protocolo de sinalização que provê controle e configuração de reserva para habilitar serviços integrados, que pretende ser muito parecido com circuitos virtuais em redes IP. Visa o estabelecimento de reservas na rede para fluxos particulares.

Este protocolo é a tecnologia mais complexa de todas as tecnologias de QoS, para aplicações e para elementos de redes, como roteadores e *switches*. Ele provê o mais alto nível de QoS garantido e granulosidade de alocação de recursos. Habilita dois tipos de serviços integrados (IntServ):

- **Serviço Garantido:** muito próximo a um circuito dedicado virtual. Provê limites de atraso de enfileiramento fim-a-fim matematicamente prováveis pela combinação de parâmetros de vários elementos de rede no caminho, em adição à certificação de disponibilidade de largura de banda;
- **Serviço de Carga Controlada:** equivalente ao serviço "melhor-esforço" sob condições de rede não congestionada. É melhor que o "melhor-esforço", mas não garante QoS.

As características mais importantes do protocolo RSVP são:

- Reservas em cada roteador são *soft*, o que significa que não há a necessidade de ser atualizadas periodicamente pelos receptores;
- RSVP não é um protocolo de transporte, mas um protocolo de controle de rede. Não carrega dados, mas trabalha em paralelo com fluxos de dados TCP ou UDP;
- Aplicações requerem APIs para especificar requerimentos de fluxo, iniciar a requisição de reserva e receber notificação de sucesso de reserva ou falha depois da requisição inicial e no decorrer da sessão. Para ser útil, essas APIs precisam incluir informações de erro para descrever uma falha durante a configuração de reserva ou a qualquer momento;
- Reservas são baseadas no receptor, para eficientemente acomodar grandes grupos de receptores heterogêneos (*multicast*);
- Há dois tipos de protocolos RSVP: RSVP nativo, que tem no cabeçalho IP o número de protocolo 46 e o cabeçalho RSVP e payload são encapsulados pelo próprio cabeçalho IP; e RSVP UDP-encapsulado, que tem seu cabeçalho contido em um datagrama UDP.

4. Serviços Diferenciados

Serviços Diferenciados tem emergido na Internet como uma abordagem de classe de serviços para prover melhor qualidade que o atual "melhor-esforço", em contraste com os serviços integrados, que usam uma abordagem de QoS mais rigorosa e complexa.

De acordo com as necessidades do usuário, um pequeno repertório de parâmetros de QoS podem ser usados, definidos como perfis para uma particular aplicação. Roteadores e dispositivos de redes possuem internamente uma programação que manipula tais parâmetros, e uma classe de serviço é selecionada por inscrição ou por marcação usando bits de classe de serviço presentes nos cabeçalhos de pacotes IPv4 e IPv6.

5. MPLS

O *Multi-Protocol Label Switching* (MPLS) é similar ao DiffServ em alguns aspectos, mas também marca o tráfego nos limites de ingresso da rede e desmarca no ponto de egresso. Enquanto o DiffServ usa a marcação para determinar a priorização dentro de um roteador, as marcações do MPLS são projetadas para determinar o próximo roteador *hop*. O MPLS não é uma aplicação controlada (não existe APIs MPLS), nem tem um protocolo no *host* final e reside somente em roteadores. Ele é um protocolo independente (ou seja "multi-protocolo"), podendo ser usado com outros protocolos de rede quando IP (igual IPX, ATM, PPP ou Frame-Relay) ou diretamente sobre a camada data-link também.

O roteamento MPLS é usado para estabelecer "*pipes* de largura de banda fixos", análogo aos circuitos virtuais ATM ou Frame Relay. Ele simplifica o processo de roteamento (diminui o *overhead* para aumentar o desempenho), enquanto também aumenta a flexibilidade (mais diversidade de serviços).

6. SBM

Algumas tecnologias de camada 2 tem sempre QoS habilitado, assim como ATM. Entretanto, outras tecnologias LAN mais comuns tais como Ethernet não estão originalmente projetadas para ser capazes de QoS. Alguns padrões do IEEE possibilitam que Ethernet e outras tecnologias de camada 2 suportem QoS. Os padrões IEEE 802.1p, 802.1Q e 802.1D definem como *switches* Ethernet podem classificar *frames* em ordem para expedição do tráfego com tempo crítico.

O grupo de trabalho ISSLL (*Integrated Services over Specific Link Layers*) do IETF é o responsável por definir o mapeamento entre protocolos QoS de camada mais altas e

serviços com aquelas tecnologias de camada 2, igual Ethernet. Entre outras coisas, isto tem resultado no desenvolvimento do SBM para LANs 802 tais como Ethernet (também FDDI, Token Ring, etc.).

7. Modelo de QoS fim-a-fim com RSVP e DiffServ

As diversas tecnologias para provimento de QoS em IP podem ser unidas para prover soluções interessantes. RSVP e DiffServ é uma solução bastante importante que está em ascensão e é foco de estratégia de várias empresas.

RSVP provê recursos para tráfego na rede, e DiffServ simplesmente marca e prioriza tráfego. RSVP é mais complexo e custoso que DiffServ em termos de requerimentos de roteador, podendo ter um impacto negativo nos roteadores do backbone. Se muitas aplicações (muitos fluxos) estiverem presentes simultaneamente, a rede degrada rapidamente. Devido ao RSVP ser orientado ao fluxo, uma solução para este problema seria a agregação de fluxos, aumentando assim a escalabilidade de aplicações. DiffServ trabalha com agregações, e seu uso com RSVP para sinalização se torna atrativo.

DiffServ é um complemento perfeito para RSVP, habilitando QoS fim-a-fim. Hosts podem usar requisições RSVP com alta granulosidade. Roteadores de borda nos pontos de ingresso do *backbone* podem então mapear essas reservas RSVP para a classe de serviço indicada pelo byte DS no cabeçalho IP, responsável pelo serviço diferenciado. No ponto de egresso, ou seja, ponto em que os pacotes deixam o backbone, o RSVP pode ser utilizado também, para o destino final. Pontos de ingresso fazem essencialmente condicionamento de tráfego para se certificar que o SLA (*Service Level Agreements*) é satisfeito.

Além deste, existem vários outros modelos de QoS, entre eles pode-se citar o MPLS para RSVP e o MPLS para DiffServ.

8. Considerações Finais

Até agora, o protocolo IP tem provido um serviço de "melhor esforço" no qual recursos de rede são compartilhados de forma equivalente. Ao adicionar suporte de QoS à Internet, aumentam-se significativamente os interesses e isto contribui para seu sucesso. Além disso, desde que aplicações possuem requisitos de QoS em termos de granulosidade de determinismo e do nível de garantia, há uma variedade de serviços e protocolos disponíveis, sendo alguns deles projetados para uso transparente dentro da rede.