

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

MARKO PETEK

**VIC ++ Uma ferramenta auto-adaptável para Videoconferência no
ambiente Access Grid**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
a obtenção do grau de Mestre em Ciências da
Computação

Prof. Orientador: Dr. Cláudio Fernando Resin Geyer

Porto Alegre
2004

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Petek, Marko

VIC ++ Uma ferramenta auto-adaptável para Videoconferência no ambiente Access Grid / Marko Petek. – 2004.

68 f.:il.

Orientador: Cláudio Fernando Resin Geyer.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Porto Alegre - BR – RS, 2004.

1.Videoconferência. 2.Auto-adaptabilidade 3.Fluxos de vídeo. I. Geyer, Cláudio Fernando Resin. II. VIC ++ Uma ferramenta auto-adaptável para Videoconferência no ambiente Access Grid.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: José Carlos Ferraz Hennemann

Pró-Reitor de Pós-Graduação: até 24 de Setembro de 2004

Pró-Reitora Adjunta de Pós-Graduação: Jocélia Grazia a partir de 24 de Setembro de 2004

Pró-Reitora de Pós-Graduação: Valquíria Linck Bassani

Diretor do Instituto de Informática: Philippe O. A. Navaux

Coordenador do PPGC: Carlos Alberto Heuser

Bibliotecária – Chefe: Beatriz Regina Bastos Haro

RESUMO

O objetivo do trabalho é a implementação de características de adaptabilidade ao VIC, software livre de videoconferência sobre multicast. O VIC é um software para vídeo utilizado pelos principais frameworks de videoconferência em uso no mundo. O trabalho é focado em cima do VIC para o Access Grid, desenvolvido no Argonne National Laboratory. Videoconferência é uma aplicação que consome muitos recursos da rede e do processamento da máquina, devido à grande quantidade de informações com que trabalha e à velocidade com que estas informações devem ser processadas e transmitidas. Pelas próprias características intrínsecas de uma transmissão de vídeo, não são admitidos atrasos. O trabalho analisa as principais tecnologias e o estado da arte em videoconferência, tanto na parte de transmissão quanto na parte de codificação e decodificação de sinais. As principais ferramentas em uso são apresentadas com suas características próprias. Os dois principais enfoques de adaptabilidade para transmissão e recepção de vídeo são expostos. O trabalho propõe um modelo misto, baseado nestes dois enfoques. A partir daí é exposto o novo algoritmo criado e os resultados de alguns testes realizados. Até hoje, apenas uma tentativa foi feita de acrescentar características de adaptabilidade à condição da rede ao VIC, porém essa não se encontra em uso. O trabalho propõe um novo algoritmo de adaptabilidade utilizando características das duas principais tendências atualmente em pesquisa.

Palavras-chave: videoconferência, computação em grade, adaptabilidade, VIC.

VIC ++ A Self-adaptive Tool for Videoconferencing on the Access Grid Environment

ABSTRACT

The goal of the work is to implement adaptability features to VIC, free software to deliver videoconferencing over multicast. VIC is a software to transmit video used by the main videoconferencing frameworks in use worldwide. The focus of the work is on VIC to Access Grid, developed at Argonne National Laboratory. Videoconferencing is an application that uses too much resources of the network and processing power of the machine, due to the huge amount of information that it handles and due to the speed needed to process and transmit this information. For its own intrinsic properties, delays are not allowed in videoconferencing. The work analyses the main technologies and the state of the art in videoconferencing, both in transmission and in encoding and decoding of signals. The main tools in use are presented with their own characteristics. The two main approaches of adaptability for video transmission and reception are shown. The work proposes a new model, based on both approaches in a mixed way. The new algorithm created is shown together with the results of some tests made. Until today, only one try was made to add adaptability to the network conditions to VIC, but it is not in use. The work proposes a new adaptability algorithm using features of the two main trends in research today.

Keywords: videoconferencing, grid computing, adaptability, VIC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Uso de uma MCU para retransmitir um sinal para dois receptores.....	20
Figura 2: Uma arquitetura multicast típica.....	24
Figura 3: Interface do Netmeeting.....	30
Figura 4: Seleção de imagens no VIC.....	31
Figura 5: Sala virtual do VRVS.....	32
Figura 6: Seleção de sala virtual do Access Grid.....	34
Figura 7: Topologia da rede de testes.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo de banda de acordo com o número de usuários.....	13
Tabela 2: Comparação entre Netmeeting e VIC.....	31
Tabela 3: Comparação entre VRVS, Access Grid e Openmash.....	35
Tabela 4: Comparação entre os protocolos RLM e RBM.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	America Broadcast Corporation
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
ALM	Application-Layer Multicast Protocol
ARP	Address Resolution Protocol
AS	Autonomous System
CBS	Columbia Broadcasting System
CD-ROM	Compact Disk - Read Only Memory
CPD	Centro de Processamento de Dados
CPU	Central Processor Unit
DVD	Digital Video Disk
EAD	Ensino a Distância
ECN	Explicit Congestion Notification
EUA	Estados Unidos da América
FIU	Florida International University
FPS	Frames Per Second
IETF	Internet Engineering Task Force
IntServ	Integrated Services
IP	Internet Protocol
IPv6	Internet Protocol Version 6
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITU	International Telegraphic Union
Mbone	Multicast backbone
Mbps	Megabits per second
MCU	Multipoint Control Unit
MPEG	Moving Pictures Expert Group
NBC	Network Broadcasting Corporation
Otel	Object Tcl
QCIF	Quarter Common Intermediate Format
QoS	Quality of Service
RBM	Receiver-driven Bandwidth Multicast

RDSI	Rede Digital de Serviços Integrados
RFC	Request For Comments
RLM	Receiver-driven Layered Multicast
RNP	Rede Nacional de Pesquisas
RR	Receiver Report
RTCP	Real-time Transport Control Protocol
RTP	Real-time Control Protocol
SR	Sender Report
Tk/Tcl	Toolkit/Tool Command Language
UCL-CS	University College London – Computer Science
UDP	User Datagram Protocol
VCD	Video Compact Disk
VHS	Video Home System
VIC	Video Conferencing Tool
VoIP	Voice over IP
VRVS	Virtual Rooms Videoconferencing System
WWW	World Wide Web

SUMÁRIO

RESUMO	2
ABSTRACT	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABELAS	5
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	6
SUMÁRIO	8
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Contexto	11
1.3 Objetivos	14
1.4 Resumo do capítulo.....	16
2. TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS PARA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE VÍDEO EM REDES	17
2.1 Introdução	17
2.2 Tecnologias para transmissão digital de vídeo.....	18
2.2.1 Conexão Dedicada	19
2.2.2 Rede Comutada de Pacotes	20
2.3 Modelos de transmissão	21
2.3.1 Unicast	22
2.3.2 Broadcast	22
2.3.3 Multicast	23
2.3.3.1 Histórico.....	23
2.3.3.2 Desenvolvimento	23
2.3.3.3 O Mbone	25
2.3.3.4 Protocolos para comunicação multicast	26
2.4 Internet2	27
2.5 Codecs, Ferramentas e Frameworks	27
2.5.1 Compactação de vídeo	28
2.6 Principais ferramentas para Videoconferencia	29
2.6.1 Netmeeting	29
2.6.2 Vic	30
2.7 Frameworks de Videoconferencia	32
2.7.1 VRVS	32
2.7.2 Access Grid	33
2.7.3 Openmash	34
2.8 Resumo do capítulo.....	35
3. ADAPTABILIDADE EM VIDEOCONFERÊNCIA SOBRE REDES COMUTADAS DE PACOTES	37
3.1 Introdução	37
3.2 Adaptabilidade no Transmissor	38
3.3 Adaptabilidade no receptor	40
3.4 Adaptabilidade Mista	43
3.5 Resumo do capítulo.....	44
4. MODELO PROPOSTO	45
4.1 Introdução	45
4.2 Estrutura geral do modelo	45
4.2.1 Servidor	47
4.2.2 Cliente	51

4.3 Análise	53
4.4 Resumo do capítulo.....	54
5. DESCRIÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO PROPOSTA.....	55
5.1 Introdução	55
5.2 Organização do VIC	55
5.3 Implementações efetuadas no código-fonte do VIC	57
5.3.1 VIC atuando como servidor	57
5.3.2 VIC atuando como cliente	57
5.4 Testes efetuados	58
5.5 Resumo do capítulo	60
6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	63
6.1 Introdução	63
6.2 Conclusões	63
6.3 Colaborações	64
6.4 Trabalhos futuros	64
6.5 Resumo do capítulo	65
REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados o contexto onde se enquadra o trabalho e os seus objetivos, tanto o principal como o secundário. Também são colocadas a metodologia adotada no seu desenvolvimento e as hipóteses a partir das quais evoluiu o trabalho.

1.1 Contexto

Videoconferência é uma forma abrangente de multimídia, pois une imagens em sucessão com som. A possibilidade de utilizar a Internet para realizar videoconferências é um desejo em constante crescimento pela comunidade usuária.

Uma série de fatores vem colaborando para o aumento na demanda por videoconferência, tanto pela parte de pessoas físicas como de empresas e instituições de ensino e pesquisa

Um destes fatores é a constante queda no custo do acesso a Internet. Ao lado desta queda existe o aumento na oferta de largura de banda. Conexões dedicadas, chamadas de “banda larga” estão hoje presentes em grande número e o crescimento de sua oferta tem sido permanente.

Existindo a oferta de banda, é natural que os usuários busquem utilizar-se de serviços que possam aproveitar a mesma. No momento em que esta dissertação é escrita, os serviços de VoIP (voz sobre IP) estão em grande expansão, com a entrada de empresas especializadas no assunto e a oferta de softwares gratuitos que permitem a conversação com qualidade muito próxima a da telefonia convencional, para qualquer ponto no mundo e pelo custo de conexão com a Internet. Um destes softwares, o Skype (SKYPE, 2004), atingiu em outubro de 2004 a marca de um milhão de usuários.

As recentes preocupações mundiais com o terrorismo foram responsáveis por uma retração nas viagens aéreas. A videoconferência, neste contexto, tem sido procurada pelas empresas como forma de interligação de seus colaboradores e escritórios.

O EAD (Ensino a Distância) é uma realidade cada vez mais presente. Embora EAD exista desde o tempo dos cursos por correspondência postal, a massificação da Internet trouxe uma outra dimensão às possibilidades deste tipo de instrução.

As primeiras experiências de EAD pela Internet utilizavam a rede como um elemento de comunicação entre alunos e professores. Para isto valiam-se de ferramentas como email, newsgroups e chats.

Também usavam sites como repositórios de materiais didáticos, permitindo fácil acesso aos mesmos e agilidade na atualização de seus conteúdos.

Porém devido à limitada oferta de largura de banda, ainda não ofereciam conteúdo multimídia. Com o já citado aumento no uso de conexões de banda larga, a oferta desta categoria de materiais passou a ser viável.

Hoje as instituições, ao lado de textos e imagens, incluem em seu material didático filmes e áudios que podem ser baixados para posterior uso pelos estudantes ou assistidos sob demanda pela Internet. Também aulas ao vivo são transmitidas para todos os interessados.

Instituições de ensino e pesquisa têm utilizado a videoconferência como uma forma de acelerar a colaboração entre grupos de trabalho. Novos sistemas de videoconferência permitem a comunicação não apenas pessoa-a-pessoa, mas também grupo-a-grupo, permitindo a interação entre vários pesquisadores de maneira simultânea.

Outra forma de uso da videoconferência por parte das instituições de ensino e pesquisa tem sido a participação em conferências científicas internacionais que recentemente começaram a transmitir ao menos parte de sua programação por este meio.

A participação nestes eventos sempre envolveu a necessidade de viagens, muitas vezes longas e caras. Isto limita o número de eventos em que um pesquisador pode participar e normalmente apenas um representante de uma instituição frequênta o evento.

Com a videoconferência é possível a participação de um número maior de interessados de uma instituição em eventos científicos, uma vez que não existe o custo da viagem.

Finalmente as pessoas físicas utilizam videoconferência tipicamente para conversas pessoa-a-pessoa, com o uso de pequenas câmeras anexadas a seus computadores pessoais.

Segundo a International Data Corporation, citada pela Revista RNT, o mercado brasileiro de banda larga deverá fechar 2004 com um milhão de usuários, um aumento de 50% em relação a dezembro de 2003 (RNT 2004).

Mesmo com a expansão da banda disponível e o uso cada vez maior de acessos do tipo modem a cabo e ADSL, a capacidade dos chamados backbones ainda não é suficiente para suportar um grande número de usuários de videoconferência simultâneos.

A tabela abaixo mostra a necessidade de largura de banda para acomodar diversos fluxos de vídeo simultâneos. Para sua montagem foi considerado o consumo de banda de um fluxo de videoconferência como sendo de 256kbps por usuário participante. Supõe-se também a situação como sendo a de uma videoconferência em que o mesmo fluxo é transmitido para diversos usuários sem nenhum mecanismo de otimização do uso da rede.

Tabela 1 – Consumo de banda de acordo com o número de usuários

Nro. de Usuários	50	100	200
Consumo de Banda	12,5 Mbps	25 Mbps	50 Mbps

Naturalmente os codecs de vídeo reduzem este consumo e o tráfego agregado acaba sendo inferior no backbone, devido ao comportamento não determinístico da Internet. Mesmo assim é possível perceber que videoconferência é um serviço que consome uma significativa quantidade de largura de banda.

Uma solução para isto é o uso de multicast (DEERING, 1991). Trata-se de protocolos de transporte sobre redes que maximizam o uso da capacidade disponível, enviando os sinais em caminhos virtuais que se bifurcam quando necessário, como em uma estrutura na forma de árvores.

No multicast, é enviada apenas uma cópia do fluxo de vídeo para todos os usuários de uma determinada rede. Este fluxo pode se bifurcar no caminho entre origem e destino na medida das necessidades. Pode, por exemplo, um fluxo ser enviado para um determinado país e aí dentro se bifurcar, uma cópia para cada estado e assim sucessivamente até alcançar os destinos.

Como os destinos são dinâmicos, podendo sofrer acréscimos e exclusões a cada instante, é impossível fazer um cálculo determinístico da largura de banda necessária para conter os fluxos transmitidos, ao contrário da situação exposta na Tabela 1. Porém é bastante claro que a estratégia pode representar uma significativa economia no uso desta banda.

Multicast é, portanto uma estratégia que permite um melhor aproveitamento da largura de banda disponível entre um transmissor e os receptores de uma videoconferência. Esta não é sua única vantagem. Os algoritmos de multicast incluem mecanismos que controlam a entrada e saída dos membros nos grupos que unem transmissores e receptores, evitando assim que esta tarefa tenha que ser feita pelos programas aplicativos.

Em 1999, o Argone National Laboratory, utilizou as ferramentas de código livre do Mbone, criadas por Van Jacobson et alli, em seu framework de videoconferência “Access Grid” (ACCESSGRID, 2003). Rapidamente este framework se tornou ferramenta de uso intenso para realização de seminários e reuniões virtuais. A ferramenta de vídeo chama-se VIC (MCCANNE; JACOBSON, 1995). A operação do VIC em conferências utilizando o Access Grid e as observações feitas quanto ao seu desempenho, serviram de inspiração para este trabalho.

1.2 Objetivos

Os objetivos do trabalho são divididos em:

Objetivo geral:

- Implementar um mecanismo de adaptabilidade por parte do VIC às condições da rede.

Esta adaptabilidade deve se basear no modelo misto, onde parte do trabalho é realizada no servidor e parte no receptor.

Objetivos específicos:

- Não exigir nenhum recurso adicional além dos que a Internet oferece como padrões e que se encontram amplamente disponíveis (exceto multicast).
- Não esperar “colaboração” das máquinas de rede (roteadores, switches) nem parâmetros de controle passados de e para estas máquinas. QoS, filas, ECN e outros mecanismos não são condições para seu funcionamento.
- Pragmatismo. O trabalho não busca soluções ótimas, que são de difícil implementação dada a natureza não determinística do tráfego na Internet, mas soluções práticas que permitam seu uso na estrutura hoje existente, redundando em economia da largura de banda utilizada e adaptabilidade à condição da rede dos usuários. Por isto, em lugar de buscar heurísticas próprias de análise da rede e busca de conformação com suas condições, transfere para o usuário parte da escolha dos parâmetros de geração a serem utilizados.

A própria existência de multicast, protocolo sobre o qual o VIC foi criado, não é necessária, podendo o sistema ser aplicado também a transmissões onde só exista o unicast. O fato de poder ser utilizado em ambas as situações é uma das vantagens que o VIC apresenta.

A metodologia empregada na elaboração deste trabalho incluiu as seguintes fases:

- Em primeiro lugar, houve a experiência prática. Em 2001, a conferência Supercomputing (SUPERCOMPUTING, 2004) realizou, de forma pioneira, a SCGlobal (SCGLOBAL, 2004). Esta consistiu de palestras específicas que foram transmitidas, via Internet2, em multicast, utilizando o Access Grid para sete países diferentes. No Brasil, o Instituto de Informática da UFRGS foi o único participante.

A montagem da infra-estrutura para participação no evento, permitiu a descoberta de várias necessidades. O maior de todos os problemas foi o estabelecimento da ligação em multicast entre o Instituto de Informática e a Internet2. Para se chegar a esta conexão, várias alternativas foram tentadas, entre elas, o uso da Metropoa (METROPOA, 2004), uma rede

metropolitana de alta velocidade baseada em ATM. Porém a Metropoa não tinha a ligação multicast necessária. A Unisinos, uma das participantes da Metropoa, configurou um túnel multicast, mas este é apenas um emulador e de baixa vazão (256kbps) o que era insuficiente para as necessidades do Access Grid (pelo menos 4Mbps).

Foi descoberta então uma fibra ótica sem uso ligando o Instituto de Informática à central telefônica do Campus do Vale. Foi estudado o uso desta fibra para criação de um canal exclusivo de dados para o evento, mas esta idéia também foi abandonada devido a dificuldades de configuração nos switches localizados na central telefônica.

A solução final foi proporcionada pela RNP, que contratou um canal exclusivo de 10Mbps para os dias do evento ligando o Ponto de Presença de Porto Alegre, no prédio do CPD da Ufrgs com o Ponto de Presença no Rio de Janeiro. No Rio de Janeiro foi feita a conexão com a Internet2 através do canal de 45Mbps da Ampath, que liga a FIU ao Brasil.

A RNP ainda emprestou um roteador para o Instituto de Informática. A conexão final entre CPD e Instituto foi feita utilizando-se da fibra ótica da Metropoa.

Uma vez estabelecida a conexão a qualidade dos sinais de vídeo e áudio recebidos e transmitidos foi excelente, sem atraso perceptível nas conversações.

Apesar da excelência do sinal, esta experiência mostrou a necessidade de desenvolvimento de uma solução que permitisse uma boa qualidade sem a montagem de toda a infra-estrutura. Até mesmo porque esta infra-estrutura teve que ser desmontada logo após o evento, pois o custo de manutenção da mesma não era justificável.

- Estudo sobre tecnologias de transmissão de vídeo digital. A hipótese era de que a Internet oferecia a melhor relação de custo e desempenho para a transmissão de vídeo por rede digital. O estudo destas tecnologias permitiu a confirmação desta hipótese.
- Estudo sobre tecnologias de compactação de vídeo. Aqui a questão era de conhecimento do estado da arte das tecnologias de vídeo. O conhecimento dos codecs permitiu o desenvolvimento de um algoritmo aplicável não a todos, mas à maioria dos codecs existentes, com especial atenção àqueles de mais larga utilização no momento;
- Revisão bibliográfica sobre adaptabilidade de vídeo na Internet. Existe uma grande quantidade de trabalhos já desenvolvidos na área com diferentes abordagens. A revisão permitiu a comparação das características destas abordagens e o desenvolvimento do algoritmo a que o trabalho se propôs, utilizando-se de muitas destas características.
- Desenvolvimento de um algoritmo de adaptabilidade na fonte;
- Estudo sobre adaptabilidade na recepção;

- Desenvolvimento do algoritmo RBM, de adaptabilidade mista;
- Revisão do código-fonte do VIC;
- Contato por email com outros desenvolvedores do VIC;
- Pesquisa sobre a implementação do VIC em ambientes Windows e Linux;
- Implementação do algoritmo no fonte do VIC;
- Testes e coleta de resultados.

As principais hipóteses sobre as quais foi desenvolvido o trabalho foram:

- O crescimento da Internet como um meio de transmissão de multimídia de baixo custo e larga abrangência;
- O crescimento da banda larga doméstica, empresarial e acadêmica;
- O uso de software livre;
- A permanência do modelo best-effort na Internet, sem a oferta de QoS em curto e médio prazo;
- A necessidade de uma ferramenta de videoconferência não proprietária e compatível com diversos sistemas operacionais;
- O desejo de que a ferramenta de videoconferência fosse aplicável a transmissões unicast e multicast.

1.3 Resumo do capítulo

Neste capítulo foi apresentado o contexto em que videoconferência se insere atualmente, tanto do ponto de vista de um serviço Internet, quanto do ponto de vista de suas aplicações.

Também foram apresentados os objetivos, geral e específicos, bem como a metodologia empregada e as hipóteses sobre as quais se alicerçou o desenvolvimento.

No restante deste documento o texto está estruturado da seguinte forma: no capítulo 2 são detalhadamente expostos o contexto onde se situa a pesquisa e os objetivos da mesma. No capítulo 3 é explicado todo o desenvolvimento da pesquisa. O capítulo 4 trata das questões de adaptabilidade de fluxos de vídeo sobre redes comutadas de pacotes, base da Internet. No capítulo 5 é apresentado o modelo que foi desenvolvido. A descrição da implementação deste modelo é apresentada no capítulo 6. Finalmente no capítulo 7 são apresentadas as conclusões, confrontados os objetivos com os resultados e expostas as contribuições.

2 TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS PARA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE VÍDEO EM REDES

2.1 Introdução

Neste capítulo, será apresentado o desenvolvimento da pesquisa efetuada para a realização do modelo proposto.

Um sistema de videoconferência envolve vários componentes que devem ser analisados em conjunto para melhor aproveitamento de suas características.

Entre estes componentes encontram-se os meios de transmissão disponíveis e os codecs que melhor se aplicam a cada situação.

Serão apresentados os dois principais modelos de transmissão digital hoje existentes: o de Serviços Integrados e o de Comutação de Pacotes.

A seguir são apresentados os três modelos de comunicação existentes em sistemas cliente/servidor: broadcast, unicast e multicast.

Sendo o multicast uma das bases sobre as quais se assenta o presente trabalho, é feita uma apresentação mais aprofundada do mesmo, considerando-se suas principais características.

Posteriormente serão apresentados os principais protocolos hoje utilizados para a transmissão de multimídia sobre protocolo IP, o RTP e o RTCP.

A Internet2, rede acadêmica de pesquisas de alta vazão, que fornece um ambiente de testes ideal para o aperfeiçoamento de modelos de transmissão de multimídia para diversos usuários, é apresentada sucintamente na seqüência do capítulo.

Em um segundo momento do capítulo, o foco se move dos níveis de rede e transporte para o nível de aplicação. Aí são apresentados os principais codecs existentes e as principais ferramentas hoje disponíveis para a realização de videoconferências.

Finalmente o capítulo discorre sobre frameworks, pacotes de software que integram várias funções e utilitários necessários para a realização de videoconferências. Os principais frameworks hoje utilizados são ali apresentados.

O capítulo não esgota nenhum dos temas, mas se focaliza naquilo que é hoje mais utilizado em todos os casos apresentados.

2.2 Tecnologias para transmissão digital de vídeo

Esta seção contém uma descrição das principais tecnologias utilizadas para a transmissão digital de sinais de vídeo. Inicia com uma breve introdução das duas principais tecnologias disponíveis e depois dá mais detalhes sobre cada uma delas.

Um dos problemas mais importantes ao considerar-se a realização de videoconferências, é a do meio de transmissão do sinal.

Como já foi visto, o sinal digitalizado de vídeo necessita de uma grande largura de banda para trafegar. O volume de informações que uma imagem, por mais curta que seja, é muitas vezes superior àquela contida em uma mensagem de correio eletrônico ou em uma página Internet média.

Para exemplificar, tome-se uma imagem com resolução de 320x240 pixels, o chamado formato QCIF.

Se a imagem possuir 256 cores, isto significa um byte para cada pixel. Tome-se uma frequência de 20 quadros por segundo. O produto de 320 x 240 x 8 x 20 totaliza 12,288 Mbps por segundo de informações que devem ser transmitidas.

Para efeitos de comparação, a página inicial do Google, mecanismo de busca mais utilizado atualmente, possui apenas 12 kbytes. Emails contendo apenas texto, costumam variar entre 1 e 10kb. Mais importante ainda, a transmissão de uma página ou de um email pode levar mais do que 1 segundo, sem problemas para o usuário. Porém no caso do vídeo a rede deve suportar o tráfego indicado a cada segundo, pois de nada adianta entregar com atraso uma imagem e os novos quadros se sucedem continuamente.

Para lidar com este volume utilizam-se basicamente duas abordagens. Na primeira delas, chamada de Serviços Integrados, é estabelecido um canal dedicado, ponto-a-ponto, com garantia de banda entre os participantes. A garantia de banda fornece uma conexão estável de qualidade garantida. Porém exige que todos os usuários tenham acesso à tecnologia de Serviços Integrados o que, especialmente no Brasil, está longe de ser verdadeiro. Além disto o custo da ligação é contado por tempo e pode alcançar valores significativos.

A segunda abordagem, chamada de Comutação de Pacotes, utiliza-se da estrutura normal da Internet. Os mesmos canais em que trafegam correio eletrônico, transferência de arquivos e navegação em páginas são utilizados para a transmissão do sinal de vídeo. O custo é constante, não sendo acrescido nada ao que já é despendido com a contratação do acesso a Internet. Porém, o tráfego de vídeo deve compartilhar o canal com as outras aplicações. Por isto chama-se esta abordagem de rede comutada de pacotes. Ao contrário da conexão

dedicada, a arquitetura IP da rede comutada de pacotes na Internet não foi projetada para dar garantia de banda. Assim a qualidade deste recurso não pode ser garantida e o serviço pode sofrer variações no decorrer do seu uso.

2.2.1 Conexão Dedicada

Neste modelo, um canal com uma vazão determinada é estabelecido entre dois participantes de uma videoconferência. Esta vazão é garantida pelos mecanismos de suporte da rede e não sofre variações. A reserva destes recursos caracteriza o modelo de Serviços Integrados.

As operadoras de telecomunicações oferecem o serviço chamado de ISDN (Integrated Services Digital Network) , ou RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados) em português. Trata-se de uma conexão comutada, ou seja, é feita uma chamada telefônica para um determinado número por um participante e estabelecido um canal privado entre aquele que chamou e aquele que foi chamado. Ao final da sessão, a conexão é desfeita. Trata-se de um canal não permanente.

A tarifação é feita com base na distância entre os participantes e o tempo da ligação. É semelhante a uma chamada de voz telefônica, porém com tarifas mais altas.

A principal vantagem do ISDN é que a vazão do canal contratada é garantida pela operadora e não sofre variações. Isto evita mudanças na qualidade do serviço que possam ser percebidas pelos usuários.

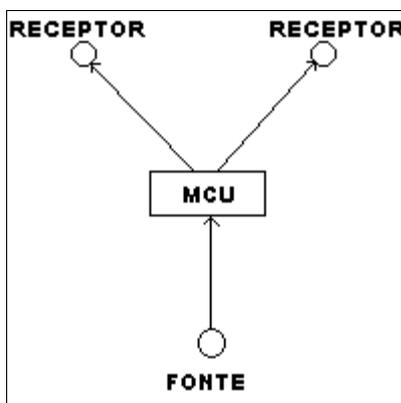
Um canal ISDN fornece 128 kbps de largura de banda. Caso uma largura maior seja necessária, é preciso estabelecer mais canais simultâneos, cujas vazões são agregadas por meio de um juntor digital. A cada um destes canais corresponde uma ligação telefônica em paralelo e, portanto, o custo cresce de maneira aritmética com o número de canais.

ISDN fornece um serviço estável e com qualidade previsível.

Um problema entretanto surge quando existem mais de dois pontos em uma conferência. Como a ligação ISDN é ponto-a-ponto, há a necessidade de inclusão de outro equipamento para realizar a função de controle dos fluxos da conferência. O nome deste equipamento é MCU (“Multipoint Control Unit”).

Cada participante da videoconferência estabelece um canal com a estação MCU e transmite até ela o seu fluxo gerado. Esta retransmite uma cópia deste fluxo para todos os demais participantes da conferência.

Figura 1: Uso de uma MCU para retransmitir um sinal para dois receptores



O modelo baseado em MCU tem duas desvantagens principais. Uma é que a MCU normalmente é um recurso caro. A segunda é a limitação da escalabilidade. À medida em que cresce o número de participantes, cresce a necessidade de recursos de rede. Além disto, a flexibilidade de aproveitar a mesma estrutura para um cenário envolvendo diferentes participantes é limitada. Cada MCU suporta um número específico e não muito grande de usuários.

2.2.2 Rede Comutada de Pacotes

No modelo de rede comutada de pacotes, é utilizado o Internet Protocol (IP). É sobre este protocolo que estão estruturadas a maior parte das redes atuais, interligadas pela Internet.

Ao contrário das redes integradas, aqui não existe a garantia de banda e a videoconferência compartilha os recursos disponíveis com os outros serviços que rodam sobre a rede IP. Estes podem incluir correio eletrônico, navegação em páginas e transferência de arquivos, entre outros.

A falta de garantia de banda faz com que a qualidade da videoconferência não possa ser garantida. Este pode ser um problema grave para aplicações que dependam de qualidade como a tele-medicina.

Entretanto a largura de banda disponível vem crescendo constantemente. Conexões de banda larga baseadas em modem de cabo e ADSL já se tornaram comuns, não apenas nos grandes centros urbanos como também nas cidades de menor porte.

A maior largura de banda disponível faz com que neste momento (dezembro de 2004) a rede comutada de pacotes ofereça uma qualidade suficiente para suporte a videoconferência onde não haja necessidade estrita de qualidade. Isto se deve a um momento histórico em que a

largura de banda cresceu, mas os serviços utilizados permanecem basicamente os mesmos da época em que as ligações por modems telefônicos eram as mais utilizadas, em canais típicos de 56kbps. À medida, porém em que aplicações de áudio e vídeo sobre esta rede se tornarem mais comuns, será preciso um novo ganho de escala na mesma para manutenção da disponibilidade.

Existem diversos estudos que buscam o estabelecimento de Qualidade de Serviço (QoS) em redes IP. Em alguns destes estudos esta qualidade é estabelecida pela reserva de recursos de maneira estática, ou seja, os operadores devem reservar um canal configurando os equipamentos de rede manualmente no caminho desejado.

Em outros estudos esta reserva é feita de maneira dinâmica pela própria aplicação que irá consumir os recursos.

A reserva de recursos, entretanto ainda enfrenta algumas dificuldades. Em primeiro lugar, nem todos os roteadores hoje existentes na Internet provêm esta característica. E basta um roteador no caminho não a prover para que toda a reserva seja prejudicada ou mesmo inviabilizada.

Além disto, há que se considerar que a natureza do tráfego Internet, caracterizado por rajadas e pelo não determinismo, não fornece o ambiente ideal para um processo de QoS.

Por outro lado, como citado anteriormente, redes IP são um recurso amplamente disponível e barato. Um fluxo sobre uma rede IP tem para o usuário um custo baixo e uniforme, independentemente de seu destino.

Não há necessidade de equipamentos especiais para acesso, bastando o computador ter uma placa de rede ou um modem. No caso das tecnologias de banda larga hoje disponíveis, os modems a cabo e ADSL vêm tendo seus preços continuamente reduzidos. Em 2002 o custo de uma conexão ADSL com a Internet era, no Rio Grande do Sul, de aproximadamente duzentos reais mensais por um canal de 256kbps. Hoje a mesma conexão pode ser contratada por noventa reais mensais.

2.3 Modelos de transmissão

Existem basicamente, três maneiras de se transmitir sinais entre um grupo de computadores: unicast, broadcast e multicast.

2.3.1 Unicast

É o modelo padrão da Internet. A maioria dos serviços da Internet são baseados em unicast. Email, www, peer-to-peer, mensageiros instantâneos e transferência de arquivos, são todos exemplos de serviços onde existem um transmissor e um receptor.

No modelo unicast, caso um dado tenha que ser enviado para diversos usuários, são feitas tantas cópias e transmissões do mesmo quanto forem os destinatários.

No contexto de videoconferência, unicast consome muita banda, pois se dois usuários localizados no mesmo segmento de rede estiverem recebendo o mesmo sinal, duas cópias diferentes deste sinal devem ser geradas.

Caso o transmissor não disponha de uma quantidade de banda suficiente para gerar fluxos que atendam a todos os receptores interessados, é normalmente utilizada uma MCU.

Assim como no caso das redes de Serviços Integrados, uma MCU pode ser utilizada em redes IP.

Neste caso o endereço da MCU deve ser conhecido por todos os participantes da conferência. Os fluxos gerados por estes são transmitidos para a MCU que os retransmite para os demais participantes.

O mesmo problema de escalabilidade existente nos Serviços Integrados também surge aqui. Tipicamente uma MCU pode administrar um número reduzido de fluxos. Existem MCUs que são equipamentos dedicados, outras são simplesmente softwares que se instalam em um computador e que realizam o serviço. Normalmente uma MCU atende a poucas dezenas de usuários. Caso haja necessidade de atendimento a um número superior a uma centena, esta não é a melhor solução.

Um outro problema do uso de MCUs é o desperdício de banda. Para cada participante da conferência deve ser gerado um fluxo individual. Isto resulta em um aproveitamento não otimizado da largura de banda disponível. Se dois ou mais participantes da conferência pertencerem a uma mesma rede, serão gerados fluxos para cada um deles, com exatamente o mesmo conteúdo.

2.3.2 Broadcast

O termo broadcast significa, em inglês, transmissão ampla. Surgiu já com os primórdios do rádio. Em estações de rádio e televisão dos Estados Unidos, é comum o uso da letra B em sua sigla, significando Broadcast (ex: ABC, CBS, NBC).

Em uma transmissão por broadcast, uma mensagem é enviada para todos os equipamentos ligados em uma mesma rede. Neste caso, todos os equipamentos recebem a mensagem, tenham ou não interesse nela.

Devido a características de projeto das redes IP, mensagens enviadas através de broadcast não podem ser transmitidas entre diferentes redes, estando restritas ao segmento local delas. Isto evita que uma mensagem inadvertidamente ou propositalmente transmitida, seja enviada para todos os computadores ligados à Internet. Assim, comunicações em broadcast podem ser utilizadas para videoconferências apenas se todos os participantes estiverem na mesma rede local (TANENBAUM 1995).

2.3.3 Multicast

A proposta do Multicast é prover uma otimização no uso de recursos da rede para comunicação entre mais de dois participantes simultâneos.

2.3.3.1 Histórico

Embora só tenha ganho projeção nos últimos anos, o tema do multicast é bastante antigo, quando considerado dentro dos parâmetros da Internet. Seu surgimento data de 1988, quando foi introduzido na dissertação de doutorado de Steve Deering (DEERING, 1991). Seu primeiro teste prático deu-se em 1992 com a transmissão de áudio em larga escala quando do encontro do IETF em San Diego, Estados Unidos. Para efeitos de comparação do desenvolvimento obtido, tome-se o primeiro “browser” para a WWW que foi desenvolvido em 1990.

2.3.3.2 Desenvolvimento

Multicast e a Web têm então praticamente a mesma idade, porém, sem dúvida a segunda experimentou um sucesso muito maior do que o primeiro.

Um dos motivos para isto é que o IP Multicast é um dos primeiros serviços que exigem uma inteligência adicional do nível de rede. Os roteadores envolvidos na transmissão devem suportar uma carga de trabalho adicional que foge de suas habituais atribuições.

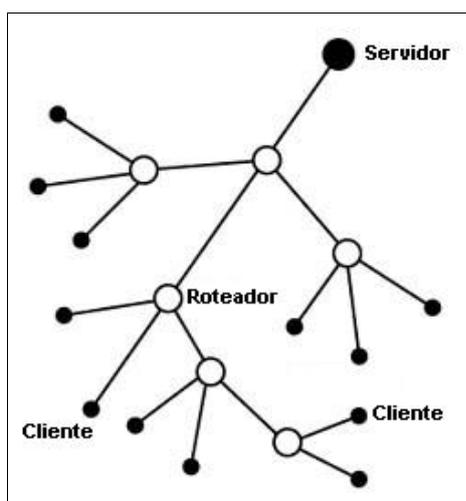
No modelo tradicional da Internet, o máximo de processamento é empurrado para os hosts, enquanto no multicast este se concentra no “core”.

O princípio básico por trás do multicast é o de enviar uma mesma informação pela rede, para diversos hosts, com o mínimo de replicação de pacotes. Isto significa a possibilidade de uma grande economia de banda, quando considerados todos os usuários de uma videoconferência.

Para isto o primeiro passo é a formação de “grupos”. Um grupo multicast é composto de um conjunto de usuários (hosts) que podem enviar e receber informação uns para os outros usando os princípios do modelo multicast. Todos os membros de um grupo recebem o mesmo endereço IP, classe D (de 224.0.0.0 a 239.255.255.255). Não há limite para o número de hosts que podem compor um grupo e estes podem estar dentro de um mesmo domínio autônomo (AS) ou em vários AS ao mesmo tempo.

No multicast a fonte gera apenas uma ou algumas poucas cópias do sinal. Estas são enviadas para uma árvore de difusão, que interliga logicamente os usuários. Esta árvore replica os pacotes de acordo com as necessidades de roteamento, à medida em que os mesmos se aproximam dos usuários. Mais ainda, quando existem vários usuários simultâneos no mesmo segmento de rede, o roteador ao qual eles estão ligados envia apenas um pacote para o segmento que é recebido por todos os hosts que fazem parte do grupo. Com isto uma quantidade significativa de banda é economizada. O desenho abaixo ilustra o funcionamento:

Figura 2: Uma arquitetura multicast típica



Para melhor entender o funcionamento, suponha-se que os computadores Cliente (os círculos pretos menores) façam parte de um mesmo grupo multicast. Uma transmissão do Servidor é enviada apenas uma vez até o primeiro roteador (círculo branco) e daí novamente apenas uma vez até os próximos roteadores ligados a ele. Estes por sua vez enviam cópias da

transmissão para os Clientes ligados a si e outras para os próximos roteadores que pertençam ao grupo multicast.

As aplicações do multicast são muitas, mas sem dúvida aquelas que mais se beneficiam de suas propriedades são as de vídeo e áudio conferência. Tratam-se de aplicações que consomem uma grande largura de banda. Utilizando multicast pode-se fazer uma significativa economia de recursos da rede.

De acordo com Stephen Deering, o modelo multicast padrão para redes IP contém os seguintes pontos:

- a) Semântica no estilo IP. Uma fonte pode transmitir pacotes multicast a qualquer momento, sem necessidade de registrar-se ou de programar a transmissão. Os pacotes multicast são do modelo UDP, enviados na política de best-effort;
- b) Os grupos são abertos. Tudo o que as fontes precisam conhecer é o endereço multicast do grupo. Elas não precisam ter conhecimento sobre os procedimentos para afiliação ao grupo e também não precisam fazer parte daquele grupo para que estão transmitindo. Um grupo pode ter qualquer número de fontes;
- c) Os grupos são dinâmicos. Os membros dos grupos podem entrar e sair dos mesmos a qualquer momento. Não há necessidade de registro, sincronismo ou negociação com uma entidade centralizadora do grupo.

2.3.3.3 O Mbone

Como visto, o multicast exige processamento adicional dos roteadores. Para tal, os mesmos devem possuir em seu sistema operacional as funções para tratar do roteamento dos pacotes e da associação e desligamento dos grupos multicast.

Quando de sua criação, os roteadores que compunham a Internet ainda não estavam preparados para suportar estas funções. Ainda hoje, nem todos os roteadores tratam os protocolos multicast. Para testar sua viabilidade foi preciso lançar mão de um artifício.

Este artifício foi a criação de um “backbone” virtual, o Mbone (“Multicast Backbone”), composto por túneis. Estes túneis interligam diversas redes habilitadas para multicast, encapsulando seus pacotes em outros unicast. Tais pacotes unicast são então transmitidos normalmente pela Internet, utilizando as capacidades existentes dos roteadores. Ao atingirem a rede de destino, o encapsulamento é retirado e o pacote multicast liberado para os hosts que a compõem.

A função de roteamento multicast é executada por uma máquina rodando um servidor chamado de mrouter. É ela que recebe os pacotes multicast e os encapsula em unicast com o endereço de destino sendo o IP de uma máquina na outra ponta do túnel onde roda um servidor semelhante. A partir daí os pacotes unicast são lançados na rede e transmitidos pelos roteadores habituais da mesma até a outra extremidade do túnel.

No princípio, os pacotes multicast eram transmitidos por todos os túneis que compunham o Mbone, em uma forma de “flooding” controlada.

A topologia construída com o mrouter é completamente plana (“flat”), trazendo problemas de escalabilidade e administração. Os protocolos iniciais eram protocolos “Intra-domains”.

Com a evolução da Internet, os roteadores começaram a suportar as funções de roteamento multicast de modo nativo. Com isto o Mbone começou a ser progressivamente abandonado.

2.3.3.4 Protocolos para comunicação multicast

A RFC 1889 (RFC1889) estabelece os protocolos utilizados para comunicação em multicast. São eles o RTP e o RTCP.

RTP (Real-time Transport Protocol) é o protocolo de transporte, cujos pacotes contêm a informação que trafega entre os integrantes da sessão. Tipicamente tratam-se de fluxos de áudio e vídeo. Entretanto qualquer informação pode ser transmitida em multicast.

RTCP (Real-time Transport Control Protocol) é o protocolo de controle do RTP. Seus pacotes fornecem informações sobre os participantes de uma sessão, bem como feedbacks e estatísticas de qualidade da sessão. O RTCP utiliza as estatísticas para seu controle interno.

Pela análise dos pacotes RTCP o transmissor pode ajustar seus parâmetros para conformar os fluxos gerados de maneira a atender melhor aos receptores.

Embora a RFC 1889 preveja que os pacotes RTP e RTCP possam rodar diretamente sobre o IP, ambos tipicamente rodam encapsulados em pacotes UDP. A característica de tempo real das transmissões de vídeo faz com que não haja necessidade de transmissões orientadas a conexão, pois uma vez perdido um pacote não há interesse em recuperá-lo, visto que é necessário continuar com a imagem a partir do ponto onde está correntemente e não voltando atrás.

2.4 Internet2

A Internet2 (INTERNET2 2004) é uma rede de pesquisa de alta velocidade criada nos Estados Unidos para o desenvolvimento de aplicações avançadas de redes.

Sua infra-estrutura é composta de canais de alta vazão e roteadores com suporte a uma ampla gama de serviços de rede.

Multicast está presente em toda a extensão da rede de forma nativa em seus roteadores. Além de multicast, outros serviços disponíveis são QoS e IPV6.

No Brasil a ligação a Internet2 é fornecida pela RNP. O canal atualmente utilizado é de 45Mbps, pertencente à rede Ampath. Este canal opera com sobra de recursos suficiente para permitir a realização de videoconferências.

Em janeiro de 2004 a RNP anunciou que toda sua infra-estrutura já estava com multicast nativo implementado. Entretanto algumas entidades usuárias da RNP ainda não tiveram o serviço estendido até as suas redes.

2.5 Codecs, Ferramentas e Frameworks

A seguir é feita uma revisão sobre os principais conceitos envolvidos com a geração de vídeo digital, bem como sua visualização e organização em videoconferência.

Inicialmente é feita uma explanação sobre os principais codecs utilizados. “Codecs” são os mecanismos que transformam a imagem analógica em digital. Muitos codecs, além disto, se preocupam com a compactação desta imagem digital de maneira a diminuir a quantidade de recursos necessários a sua transmissão.

Posteriormente são apresentadas algumas ferramentas de software para a transmissão e recepção. Estas ferramentas contém os codecs e além disto tratam da comunicação entre os participantes, controlando toda a parte de chamadas, respostas e sincronismo entre eles.

Finalmente são apresentados os principais “frameworks” em uso para videoconferência. Um framework é um conjunto de softwares que trata de toda a administração de uma videoconferência. Tipicamente os frameworks estabelecem salas virtuais para onde os participantes convergem. Estas salas podem ser representadas por um grupo multicast, caso esta tecnologia seja utilizada, ou por uma “web page” com algum tipo de processamento (tipicamente um applet java) que se comunica com o servidor central e estabelece os relacionamentos entre os participantes.

2.5.1 Compactação de Vídeo

A necessidade de transmitir vídeo por meios digitais trouxe consigo o problema da quantidade de informação gerada.

Tomando a qualidade de transmissão da televisão comercial, tem-se que cada imagem é composta de 600 x 800 pontos, chamados de pixels. Cada pixel corresponde a uma posição de memória com informação sobre a cor que o compõe. Para permitir uma melhor qualidade de cor, utilizam-se 32 bits (4 bytes) para codificar a cor de cada pixel. Assim, uma simples imagem, sem que nenhum mecanismo de compactação seja aplicado, necessita de $800 \times 600 \times 4 \text{ bytes} = 1.920.000 \text{ bytes}$, ou seja, 1,83 Mb.

Para transmitir uma boa sensação de movimento, a televisão comercial transmite 24 quadros por segundo. Um quadro corresponde a uma imagem. Assim, ainda sem utilização de compactação, são necessários 43,94 Mbytes por segundo de largura de banda em um meio passante para transmissão de um vídeo com a qualidade da televisão comercial. A isto deve ser somada a banda utilizada pelo áudio e outras informações de controle.

Considerando que um modem para chamada telefônica discada oferece uma vazão máxima de 56 kbps (kilo “bits” por segundo), correspondente a 7,16 Kbytes por segundo, tem-se que a capacidade do mesmo é 6284 vezes inferior à necessária para a transmissão de um fluxo de vídeo conforme o acima citado.

Utilizando-se uma tecnologia como cable modem, que ofereça 512 kbps, a relação ainda é aproximadamente 88 vezes inferior à necessária.

Há portanto a necessidade de empregar mecanismos que viabilizem a transmissão da imagem com os dispositivos atualmente existentes. A solução utilizada é a compactação da imagem.

Normalmente, cada quadro possui seqüências de pixels exatamente iguais que podem ser submetidos a algoritmos de compressão. Vários padrões foram definidos para a compressão de vídeo a ser transmitido por meio digital. Tecnicamente cada padrão destes é chamado de um “codec” (compactador/descompactador).

Uma preocupação com os codecs é que o processo de compressão envolve um processamento intenso devido à necessidade de analisar toda a imagem e convertê-la de acordo com o padrão. Pelas características da transmissão de vídeo que envolvem vários quadros diferentes por segundo, há a necessidade de CPUs com alta capacidade de processamento e de algoritmos eficientemente implantados no software.

Alguns dispositivos de captação de imagem realizam a compressão por hardware. Esta é uma solução mais eficiente devido ao ganho de desempenho dos processos em hardware sobre aqueles implementados em software. Porém a compressão em hardware não é universalmente aceita, uma vez que limita a utilização do dispositivo de captação com outros codecs diferentes daquele implementado em seu hardware.

Entre os codecs mais importantes temos:

A – MPEG – A ITU (União Telegráfica Internacional) tem um grupo de estudos chamado de MPEG (“Moving Pictures Expert Group”). Este grupo pesquisa técnicas de compressão de imagem em movimento definindo novos codecs. Os atualmente definidos são:

A1- MPEG1 – Criado para permitir a compressão de vídeo em CD-ROM. Atualmente é utilizada em discos que seguem o padrão VCD. Permite imagem com qualidade semelhante a de videocassetes VHS.

A2 – MPEG2 – É o padrão utilizado em DVDs e em televisão por satélite. Permite uma excelente qualidade de vídeo com grande eficiência da compactação.

A3 – MPEG3 – Criado para ser utilizado pela televisão de alta-definição, foi descontinuado em favor do MPEG2.

A4 – MPEG4 – Padrão criado para permitir videoconferência em canais de baixa capacidade, inferior a 64kbps. É utilizado para comunicações que utilizam modems discados, videofones e outras com imagens de vídeo de dimensões reduzidas.

B - H261 – É uma recomendação do ITU, aprovada em 1993, que descreve métodos de codificação e decodificação de imagens em movimento.

C - H263 – Publicada em 1996, estende a especificação H261. Seu foco está na codificação de imagens para canais com baixa vazão de bits.

2.6 Principais ferramentas para Videoconferência

2.6.1 Netmeeting

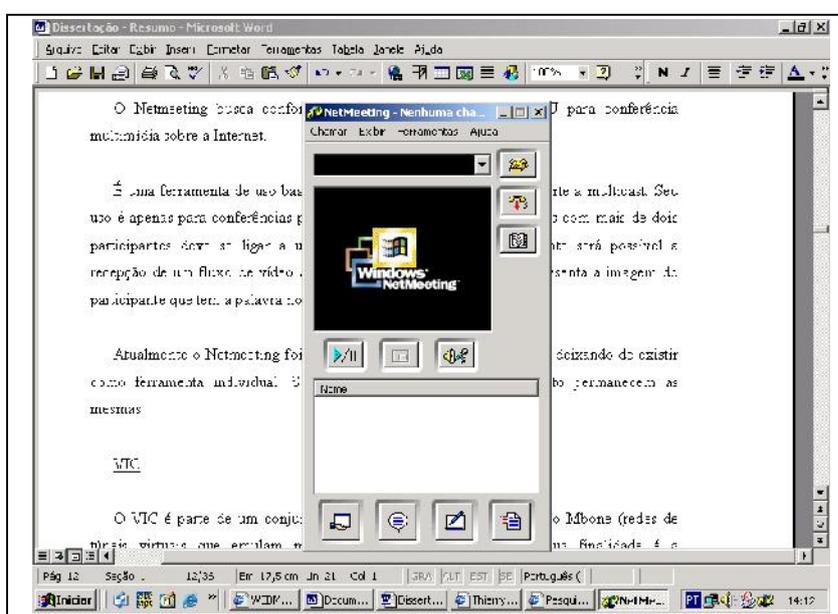
É uma ferramenta desenvolvida pela Microsoft para uso em ambiente Windows. Fornece serviços para video e áudioconferência, chat, quadro-branco e compartilhamento de aplicativos.

O Netmeeting busca conformar-se com o padrão H323 do ITU para conferência multimídia sobre a Internet.

É uma ferramenta de uso bastante simples, porém não oferece suporte a multicast. Seu uso é apenas para conferências ponto-a-ponto. No caso de conferências com mais de dois participantes deve se ligar a uma MCU. Mesmo neste caso somente será possível a recepção de um fluxo de vídeo a cada vez. Normalmente o MCU apresenta a imagem do participante que tem a palavra no momento.

Atualmente o Netmeeting foi incorporado ao Microsoft Messenger (MSN), deixando de existir como ferramenta individual. Suas características técnicas no entanto permanecem as mesmas.

Figura 3: Interface do Netmeeting



2.6.2 VIC

O VIC é parte de um conjunto de softwares criados para validar o Mbone. Sua finalidade é a transmissão e recepção de vídeo sobre multicast na Internet.

Diferentemente do Netmeeting, no VIC são visíveis as imagens de todos os participantes de uma videoconferência que estejam transmitindo (os participantes têm a opção de apenas receberem e não transmitirem vídeo).

O VIC não foi criado para atender a recomendação H323. Também o VIC não é utilizado para a transmissão ou recepção de áudio, apenas vídeo.

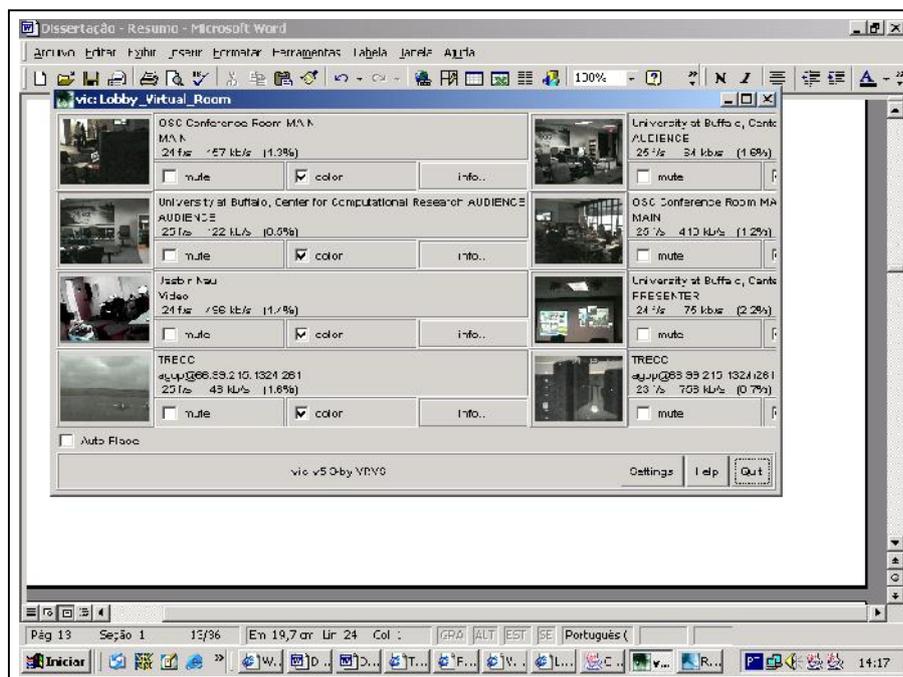
O código-fonte do VIC, bem como das demais ferramentas do Mbone, é aberto podendo, portanto, ser modificado livremente por pesquisadores interessados.

Como citado, o VIC foi criado para validação do Mbone. Após esta validação, seus criadores cessaram seu desenvolvimento. Este foi continuado de forma descoordenada por vários desenvolvedores autônomos que acabaram gerando diferentes versões com características não uniformes.

Outro problema é que o software não foi suficientemente depurado, apresentando vários problemas de instabilidade.

Apesar disto, o VIC é largamente utilizado para realização de videoconferências.

Figura 4: Seleção de imagens no VIC



A tabela 3 lista as principais diferenças entre o Netmeeting e o VIC.

Tabela 2 – Comparação entre Netmeeting e VIC

	Licença	Código-fonte	Sistema Operacional	Multicast	Codec
Netmeeting	Proprietária	Fechado	Windows	Não	H323
VIC	GNU	Aberto	Windows Linux McIntosh	Sim	Vários Sem H323

2.7 Frameworks de videoconferência

Com o crescimento da necessidade de realização de videoconferência, surgiram frameworks de forma a prover uma fácil interligação entre os diferentes serviços disponíveis.

Com estes frameworks a coordenação entre os serviços é facilitada e as tarefas de operação são bastante reduzidas.

2.7.1 VRVS (Virtual Rooms Videoconferencing System)

O VRVS (VRVS 2004) foi desenvolvido no Caltech (CALTECH 2004) a partir de 1995. Sua proposta é de um ambiente integrado para videoconferência.

Sua interface Web é bastante funcional.

Figura 5: Sala virtual do VRVS



Organiza as diferentes conferências em “salas” virtuais. Ao entrar em uma sala, o usuário tem informações sobre todos os outros participantes da conferência que estejam conectados no momento.

O VRVS permite o uso de ferramentas H323, como o Netmeeting, ou as do Mbone. Estas têm versões especiais desenvolvidas para o framework que são instaladas juntamente com o pacote de softwares do sistema.

O VRVS funciona como uma MCU, ou seja, ele faz uma replicação de todos os sinais de áudio e vídeo que lhe são enviados e os retransmite para os participantes da conferência. Estes sinais podem ser enviados em unicast ou multicast.

Além de suas próprias “salas virtuais”, o VRVS também oferece interconexões (“bridges”) para outros ambientes de videoconferência como o Access Grid (ver adiante).

O VRVS está sendo desenvolvido para na próxima versão transformar-se em um sistema completamente “peer-to-peer”, com a comunicação se dando diretamente entre os usuários.

2.7.2 Access Grid

Desenvolvido pelo Argonne National Laboratory, o Access Grid (ACCESSGRID 2004) traz os conceitos de computação em grid (FOSTER; KESSELMAN; TUECKE 2001) para ambientes de videoconferência.

O conceito é de interligação não entre pessoas, mas entre espaços, como salas de aula e auditórios.

Nestes são posicionadas câmeras de vídeo, alto-falantes, microfones e projetores. Quatro computadores são utilizados: um para transmissão de vídeo, um para transmissão de áudio, um para recepção e um para controle e cancelamento de eco.

Sua operação é completamente sobre multicast e utiliza as ferramentas do Mbone.

O Access Grid tem sido utilizado para a realização de congressos e conferências. Para um melhor resultado é importante a utilização de uma grande largura de banda com multicast nativo. O ideal são 2 Mbps de largura de banda disponível por fluxo de vídeo transmitido.

O Access Grid foi a base de onde saiu esta dissertação. Foi por meio de seu uso e observação das características de suas ferramentas que surgiu a inspiração para o desenvolvimento deste trabalho.

A organização do Access Grid é semelhante à do VRVS, na forma de “salas virtuais”. A interface Web para navegação entre as salas é mais simples do que aquela do VRVS, porém funciona de maneira bastante eficiente e satisfatória.

Figura 6: Seleção de sala virtual do Access Grid



2.7.3 Openmash

O Openmash (OPENMASH 2004) é um projeto da Universidade da Califórnia em Berkeley que visava fazer uma revisão nas ferramentas do Mbone.

Estas foram reescritas em uma nova linguagem, o Otcl (Object Tcl) e tiveram uma série de características agregadas. A seção de codecs, que exige grande capacidade de processamento, é toda ela escrita em C++.

Existem versões do Openmash para ambiente Windows, Macintosh e Unix.

O VIC do Openmash tem vários recursos que não existem nas demais versões. Novos codecs foram adicionados. Na parte do menu de configuração existem recursos como uma maior facilidade na visualização das imagens dos participantes no painel de seleção. Em outras versões do VIC estas estão limitadas a serem exibidas em quatro colunas e uma vez que cheguem ao limite inferior do monitor, não há como visualizar as demais que porventura ainda existam. Na versão Openmash do VIC são até oito colunas e existem barras de rolagem tanto verticais como horizontais que permitem esta visualização.

Também o coletor de estatísticas foi muito melhorado, exibindo um maior número de informações do que seus predecessores.

Devido a suas características superiores em relação às outras versões das ferramentas do Mbone, as ferramentas do Openmash começam a ser utilizadas também no Access Grid.

As verbas para desenvolvimento do Openmash não foram renovadas a partir de abril de 2002. Colaboradores têm mantido o trabalho de depuração e a adição de novos recursos continuamente.

2.8 Resumo do capítulo

A tabela 3 lista compara as principais características do VRVS, Access Grid e Openmash.

Tabela 3 – Comparação entre VRVS, Access Grid e Openmash

	Ferramenta de Vídeo	Situação	Metáfora de Organização
VRVS	VIC H323	Em desenvolvimento	Salas Virtuais
Access Grid	VIC	Em desenvolvimento	Salas Virtuais
Openmash	VIC	Sem desenvolvimento	Grupo multicast

Neste capítulo, foram apresentadas inicialmente as diferentes possibilidades de transmissão de sinal. Os dois principais modelos de transmissão de sinais de vídeo: por linha dedicada e Serviços Integrados (ISDN) ou por Comutação de Pacotes (Internet) apresentam diferenças significativas de operacionalidade e desempenho.

O modelo ISDN dominou durante muito tempo. Porém com o avanço da Internet, especialmente de banda larga, os usuários começam a concentrar suas aplicações em cima do modelo de Comutação de Pacotes. A vantagem de custo é um forte fator a impulsionar este movimento. Também a facilidade de uso, a possibilidade de estabelecimento de conexões não apenas ponto-a-ponto e sem o uso de MCUs, faz com que a tendência de migração para a Internet seja inegável.

Este movimento, aliás, é corroborado pelas próprias operadoras de telecomunicações, as quais oferecem cada vez menos linhas ISDN e concentram seus recursos sobre a tecnologia de Comutação de Pacotes.

A seguir foram vistos os três modelos de transmissão de sinais em redes (unicast, broadcast e multicast). Sobre este último foi dada especial atenção por ser um dos componentes que motivaram o desenvolvimento deste trabalho.

Os principais codecs foram apresentados a seguir, com ênfase naqueles mais utilizados atualmente para a transmissão de vídeo.

Na seqüência foram vistas duas ferramentas de software de amplo uso. Uma proprietária, baseada no protocolo H323 (Netmeeting) e outra de código-aberto e capaz de operar sobre unicast e multicast com um número crescente de codecs (VIC).

Finalmente foram vistos os três principais frameworks hoje utilizados para videoconferências grupo-a-grupo, o VRVS, o Access Grid e o Openmash.

Os codecs, ferramentas e frameworks apresentados, não constituem a totalidade dos existentes. Vários outros recursos existem e novos são criados constantemente. Porém no contexto desta dissertação estes são os que devem ser mencionados por serem os utilizados no ambiente em questão.

Multicast, Access Grid e VIC são os três módulos sobre os quais se assenta este trabalho e que motivaram a sua realização.

3 ADAPTABILIDADE EM VIDEOCONFERÊNCIA SOBRE REDES COMUTADAS DE PACOTES

3.1 Introdução

Neste capítulo são apresentadas as três principais abordagens para a implementação de adaptabilidade dos fluxos gerados em uma videoconferência.

Como foi visto anteriormente, as redes comutadas de pacotes não possuem características que permitam uma garantia do serviço oferecido em seu estado atual. O tráfego Internet caracteriza-se por rajadas esporádicas que alteram completamente as condições da rede.

Um fluxo que em determinado momento tinha banda suficiente para trafegar sem perdas, no momento seguinte pode necessitar de muito mais capacidade do que a disponível, devido a uma rajada.

Esta rajada pode ser causada pelos mais variados motivos. Normalmente os usuários, ao perceberem que a condição da rede é favorável, tendem a executar uma quantidade maior de tarefas para aproveitar esta situação. Com este aumento por parte de vários usuários a rede passa a ser muito utilizada e isto degrada a sua condição. A tendência neste momento é que os usuários abandonem suas atividades e a rede volte a apresentar uma melhora em suas condições. Este fenômeno é conhecido como a “Tragédia dos Comuns” (HUBERMAN, LUKOSE 1997).

Sendo então a condição da rede quando baseada em protocolo IP, não previsível e não determinística, ela flutua continuamente. Um fluxo de vídeo caracteriza-se por um grande consumo de recursos de rede, necessários para carregar a quantidade de informações que formam os quadros de imagem. Assim, uma mudança nas condições da rede pode afetar sensivelmente a qualidade da imagem transmitida.

Um outro problema ocorre quando uma videoconferência envolve mais do que dois participantes. Neste caso não há apenas uma ligação de rede a ser considerada, mas tantas quantas forem os participantes.

Assim pode ocorrer de que a rede entre dois participantes esteja em boas condições, ao passo que entre outros dois encontre-se congestionada. Isto, junto com a mudança constante de condições da rede, faz com que a tarefa de conformar os fluxos de vídeo à disponibilidade dos recursos disponíveis seja um ponto importante de estudo.

Existem três abordagens para realizar esta conformação: Adaptabilidade no lado do Transmissor, Adaptabilidade no lado do Receptor e Adaptabilidade Mista.

É importante ainda ressaltar que a condição da rede não é o único fator a influenciar a qualidade de vídeo que um usuário pode perceber.

Com efeito, a capacidade de processamento das máquinas também é muito importante. Um usuário pode ter uma condição de rede excelente, mas caso seu computador tenha uma capacidade de processamento limitada em função de um processador lento, software inapropriado ou memória exígua, a qualidade da imagem gerada pode ser muito prejudicada.

Por estes motivos, dois usuários, situados em uma mesma rede podem ter uma qualidade de recepção completamente diferente.

3.2 Adaptabilidade no Transmissor

Os primeiros trabalhos a abordarem o problema baseavam-se em adaptabilidade no lado do transmissor. O princípio básico é de que o transmissor está constantemente monitorando os feedbacks dos receptores. De acordo com estes feedbacks o transmissor ajusta seus parâmetros visando gerar um fluxo que atenda da melhor maneira possível a todos os receptores (BUSSE; DEFFNER; SCHULZRINNE, 1996).

O problema com esta estratégia é que os receptores são heterogêneos. Alguns estão ligados em redes com maior capacidade do que outros e alguns possuem uma capacidade de processamento superior à de outros, ainda que ligados na mesma rede.

Assim, quando um único fluxo é gerado, os melhores receptores tendem a ser subutilizados, enquanto os piores recebem um fluxo ainda superior a sua capacidade de processamento.

Para monitoramento, no caso de uma transmissão em multicast, o sistema utiliza-se dos pacotes RR (“receiver report”) do RTCP. Estes fornecem informações vindas de cada um dos receptores da transmissão.

O RTCP periodicamente transmite pacotes de controle para todos os participantes de uma sessão multicast. Um transmissor pode utilizar os relatórios de recepção fornecidos pelo RTCP para adaptar seus parâmetros de codificação.

Os campos do RR do RTCP que mais importam são:

FRACTION LOST – (nro. pacotes perdidos / nro. pacotes enviados)

NRO CUMULATIVO DE PACOTES PERDIDOS

EXTENDED HIGHEST SEQUENCE NUMBER RECEIVED

O cálculo da taxa de perda de pacotes entre 2 RR é definido pelo seguinte algoritmo:

- 1) Calcular a diferença entre dois números cumulativos de pacotes perdidos para achar o número de perdas no último intervalo;
- 2) Calcular a diferença entre dois “Extended Highest Sequence Number Received” para achar o número de pacotes esperados no intervalo;
- 3) A razão entre 1 e 2 dá o % de perda no intervalo;
- 4) Se 2 RRs forem consecutivos a razão em 3 deverá ser igual a “Fraction Lost”;
- 5) A taxa de perda por segundo pode ser calculada dividindo a Fraction Lost / (diferença entre timestamps);
- 6) Número pacotes recebidos = Número de pacotes esperados – perda

A partir das informações da fonte (SR) é possível calcular a taxa média de ocupação e a taxa média de pacotes. A razão entre ambas dá o tamanho médio do payload. Se for assumido que a perda de pacotes independe do seu tamanho, então :

Número de pacotes recebidos * tamanho médio do payload = throughput do receptor

A fração de perda é importante nos casos onde o número de participantes em uma sessão for muito grande. Neste caso fica difícil ter informações sobre todos eles.

“Jitter” (a variação do delay) pode ser dispensado. Ele é temporário e não há porque adaptar a transmissão por uma amostragem não significativa.

Com base nestas informações, o transmissor pode intuir a qualidade que cada um dos receptores está tendo.

O transmissor pode então ajustar seus parâmetros de transmissão de modo a atender melhor o maior número de usuários.

O problema que ocorre é que as condições são heterogêneas entre os diversos participantes. Enquanto alguns podem ter uma rede com baixa capacidade ou mesmo sobrecarregada, outros podem estar com sobra de capacidade.

O transmissor pode escolher uma de três estratégias para a geração de seu fluxo, ajustando a seleção da largura de banda e FPS a utilizar:

- 1) Pelo máximo: sempre gerar os fluxos de acordo com a capacidade do melhor receptor. Os demais são penalizados com isto;
- 2) Encontrar uma média ponderada onde o peso do maior número de usuários defina a transmissão para todos;
- 3) Pelo mínimo: em função da pior recepção.

Em quaisquer dos casos problemas surgem.

O ajuste pelo máximo penaliza aqueles usuários que tem uma má qualidade de rede, pois sua recepção continuará sendo prejudicada.

Ao ajustar o fluxo a uma qualidade média, aqueles receptores que tem boa qualidade de recepção são prejudicados, pois o fluxo que recebem tem a qualidade reduzida. Ao mesmo tempo aqueles com baixa qualidade de recepção não são necessariamente beneficiados, pois o fluxo gerado ainda pode ser superior a sua qualidade de recepção e assim as perdas continuarão a ocorrer.

O ajuste a uma qualidade mínima por outro lado prejudica aqueles usuários com boa qualidade de rede e que poderiam se beneficiar desta condição, ao lhes apresentar sempre uma imagem com resolução muito pior do que a que eles poderiam ter.

Um outro problema que pode ocorrer é o da inundação por feedbacks. Isto ocorre pelo fato de cada receptor enviar seus dados sobre qualidade para o transmissor. Se o número de participantes for muito grande, pode ocorrer um estouro na capacidade de processamento das informações por parte do transmissor. No ambiente Access Grid isto é desprezado, por ser tipicamente pequeno o número de participantes.

Além disto o grande número de pacotes de feedback sobre a qualidade podem sobrecarregar a rede, consumindo recursos que poderiam ser utilizados para a transmissão da imagem.

Por este motivo, os algoritmos de adaptabilidade na transmissão são muito contestados pelos pesquisadores.

3.3 Adaptabilidade no receptor

A proposta dos algoritmos de adaptabilidade na recepção é de chegarem a um ponto próximo ao ótimo de uso dos recursos da rede, aproveitando ao máximo a disponibilidade da mesma.

O problema de distribuir um mesmo sinal em multicast para grandes grupos é complexo. A heterogeneidade dos diferentes segmentos da rede possivelmente não permite que um único fluxo, endereçado a diferentes segmentos, atenda bem a todos. Qualquer esquema que tente resolver os problemas individuais de vários segmentos deve ser conduzido pelo receptor.

O ideal seria um modelo que permitisse uma granularidade fina em relação à imagem recebida, de modo a que ela aproveitasse toda a capacidade da rede e de processamento disponível para maximizar a qualidade de recepção de todos os usuários.

Entretanto isto redundaria em uma geração de fluxos personalizados para cada usuário, o que na prática demandaria uma grande capacidade de processamento para gerar estes fluxos e também de ocupação da rede.

Uma abordagem para tentar resolver este problema é transferir a questão da adaptabilidade do transmissor para o receptor.

Se na adaptabilidade no transmissor este atuava sobre os FPS e a largura de banda utilizada, na adaptabilidade no receptor outros parâmetros são utilizados.

A adaptabilidade na transmissão foi primeiramente sugerida por Mcanne, Van Jacobson e Vetterli (MCANNE; JACOBSON; VETTERLI 1996). O algoritmo proposto é a base de todos os trabalhos que se seguiram e foi chamado de “Receiver-driven Layered Protocol”.

Neste modelo a imagem é gerada com diferentes camadas (“layers”). A camada base tem uma qualidade baixa. Cada camada subsequente adiciona detalhes à camada anterior. A união de todas as camadas forma a imagem de melhor qualidade possível.

Rizzo (RIZZO; VICISANO; CROWCROFT 1998) sugere um algoritmo que relaciona throughput e perda de pacotes. Perda é o principal parâmetro a ser analisado. Basicamente o algoritmo é o seguinte:

Se perdas forem sentidas, diminua o nível de layers recebidos se não forem sentidas em um período, aumente.

O funcionamento do algoritmo RLM é bastante simples e explicita melhor o conceito acima:

1. O receptor se une ao grupo em que é transmitida a camada base;
2. O receptor se une ao grupo da próxima camada. Caso haja perdas de pacotes, então ele abandona este grupo e retorna ao anterior;
3. Caso não haja perda o passo 2 é repetido.

Assim, é o próprio receptor quem avalia a condição e decide a que grupo se unir. De acordo com o grupo será a qualidade da imagem percebida por parte dele.

O transmissor é passivo nesta abordagem. Ele limita-se a dividir a imagem em camadas e a transmiti-las em diferentes endereços multicast.

Um problema desta abordagem é o tempo em que o receptor fica no processo de associação e saída de grupos. A definição do intervalo de tempo em que as tentativas de melhora da recepção devem ser feitas é importante, para que tempo de processamento não seja desperdiçado nesta tarefa. Segundo (TURLETTI; BOLOT 1994) o tempo mínimo entre duas tentativas deve ser de tres segundos.

Outro problema é a questão do sincronismo. Cada camada é transmitida em um endereço diferente. Caso o sistema decida que é possível ter uma qualidade superior àquela da camada base, será preciso que o computador receba camadas de dois ou mais endereços diferentes. Estas camadas devem estar em sincronismo, ou seja, todas as camadas que compõem um mesmo quadro devem chegar juntas ao receptor para que ele possa efetuar a remontagem da imagem. Se uma camada chegar atrasada deverá ser descartada. Considerando que uma taxa de 20 a 24 FPS é usualmente utilizada em videoconferência, o intervalo entre as chegadas das camadas deve ser muito curto para permitir que sejam remontadas e exibidas.

Deve ser ressaltado que, devido às características da Internet, não há garantias de que ambas as camadas sejam transportadas pelo mesmo caminho entre origem e destino e assim pode haver um intervalo de tempo maior que o necessário entre a sua chegada ao receptor.

Um problema é quando vários receptores em um segmento de rede se comportam de maneira desigual. Isto porque cabe ao roteador multicast do segmento a associação ao nível adequado. Se os membros solicitarem diferentes associações, um problema surge. Na realidade o problema aqui é a sobrecarga desnecessária da rede. Além disto, a sobreposição de fluxos de dois ou mais grupos diferentes acaba prejudicando a própria capacidade da rede no segmento em questão.

Outro ponto importante a ser considerado é o seguinte: os algoritmos do tipo RLM trabalham muito na periódica tentativa de melhorar a imagem aumentando o número de camadas recebidas. Porém a Internet, em seu modelo atual de best-effort, é bastante instável. As instabilidades (“bursts”) costumam durar poucos segundos e isto pode prejudicar todo o trabalho destes algoritmos, que buscarão uma nova adaptação, e ao concluírem o processo, as condições da rede já poderão estar completamente alteradas.

Apesar de terem sido publicados já há vários anos, os algoritmos de adaptabilidade no destino não tem sido implementados nas ferramentas de videoconferência. O VIC na versão Openmash traz um deles implementado, o pvh de Steve Mcanne (MCANNE 1996), porém este apresenta inúmeros problemas quando de seu uso, o que faz com que não seja aplicado na prática.

A ITU, em sua norma h263+, finalmente apresentou um protocolo padrão para transmissão de videoconferência em camadas, porém este tampouco foi implementado até o momento em alguma ferramenta.

Cabe ressaltar que o Codec mais utilizado até o presente momento no VIC tem sido o h261. E o h261 não se presta para transmissão em camadas devido a seu sistema de codificação.

3.4 Adaptabilidade Mista

Os algoritmos de adaptabilidade mista procuram distribuir a tarefa entre o transmissor e os receptores.

Nestes esquemas o transmissor continua a monitorar o feedback dos receptores e ajusta seus parâmetros de transmissão de maneira a melhor atender a eles.

Turletti e Bolot (TURLETTI; BOLOT 1994), sugerem o seguinte esquema de auto-ajuste:

“Os receptores periodicamente transmitem o estado corrente da rede para o transmissor. O transmissor envia o estado geral da rede para todo o grupo. Se um receptor envia um sinal de CONGESTED para o transmissor e o transmissor continua a enviar um sinal diferente (LOADED ou UNLOADED) então o receptor conclui que a maior parte do grupo tem melhores condições de rede. Uma vez que o transmissor não irá reagir, diminuindo a sua taxa de transmissão, o receptor congestionado irá mudar para um fluxo de baixa-fidelidade para diminuir a perda observada. Agora, se este receptor recebe uma rede UNLOADED por tempo suficiente (ex. 2 minutos) ele pode tentar mudar de novo para o fluxo de alta-fidelidade. Note que o intervalo de amostragem pode ser aumentado após cada tentativa infrutífera de maneira a reduzir os join/leave inúteis.”

Algoritmos de adaptabilidade mista não são facilmente encontráveis na literatura. Trata-se de uma abordagem alternativa mas que faz sentido por uma série de razões. Entre estas podem-se enumerar as seguintes:

1- Os algoritmos de adaptabilidade na recepção são mais lentos para se adaptar que os de adaptabilidade na transmissão. Isto porque precisam fazer uma seqüência de “joins/leaves” para testar a rede.

2- Muitos algoritmos supõem que os roteadores possam selecionar pacotes de diferentes prioridades, o que ainda não é verdade na Internet atual. Aliás, este é um tópico importante a ressaltar, uma vez que muitas das propostas se baseiam em QoS e controle de filas com diferentes classificações de serviços pelos roteadores. Embora já normatizados, tais recursos ainda são muito pouco implementados pelos provedores de serviço Internet.

3- Deve a adaptabilidade ocorrer tão dinamicamente ou pode ser mais “discreta” e “dirigida” para determinados parâmetros? Este é o conceito de granularidade, ou seja, a geração de diferentes fluxos, cada um de acordo com a capacidade de um receptor diferente. Também aqui há o conceito de “fairness” ou justiça.

A idéia é fazer com que o transmissor regule a qualidade de seus fluxos baseado no feedback dos receptores. Este critério tem que ser muito judicioso. Um receptor que indique várias falhas não pode ser responsável por fazer com que o transmissor baixe a qualidade geral da transmissão, prejudicando vários receptores que estavam com boa qualidade.

3.5 Resumo do capítulo

Neste capítulo foram vistas as três principais abordagens para a implementação de mecanismos de adaptabilidade de vídeo na Internet.

Foram também apresentadas as principais vantagens e desvantagens de cada uma das abordagens.

4 MODELO PROPOSTO

4.1 Introdução

Neste capítulo será apresentado o modelo desenvolvido para agregar características de auto-adaptabilidade ao VIC.

O modelo foi desenvolvido a partir de uma necessidade percebida quando da utilização do VIC no ambiente Access Grid durante a participação na SCGlobal 2004 mencionada na introdução deste trabalho. Foi constatado que, devido as flutuações de banda efetiva que são normais na rede, a banda disponível frequentemente não era utilizada ao máximo, afetando a qualidade da imagem e do som.

A partir desta necessidade foram consultados artigos e publicações sobre o assunto. Nelas constatou-se que muito da pesquisa atual é dirigida para adaptabilidade pelo receptor. Embora hajam razões teóricas que sustentem este enfoque, a natureza de tráfego auto-similar em rajadas na Internet torna sua implementação bem mais complicada do que sugerem os modelos. Isto pode ser constatado pelo fato de que até o momento em que é escrito este trabalho, nenhum modelo de adaptabilidade na fonte foi efetivamente implementado e se encontra em uso.

Será visto que a adaptabilidade sugerida pelo modelo é mista, sendo executada parte nos servidores e parte nos clientes.

Uma das contribuições do modelo proposto é justamente de permitir seu uso em cima da Internet atual, sem necessidade de mecanismos de reservas de recursos de rede ou de controle de qualidade da mesma.

4.2 Estrutura geral do modelo

Tendo por base o que foi visto nos capítulos anteriores, o trabalho dispõe-se a tornar o VIC uma ferramenta auto-adaptável.

Por meio disto pretende-se oferecer uma melhor qualidade de vídeo para o usuário. Considerando-se a característica de rajada do tráfego internet, é evidente que um único fluxo invariável dificilmente poderá manter sua qualidade constante no decorrer do tempo. Além disto, a heterogeneidade dos equipamentos utilizados faz com que suas capacidades lhes permitam a manipulação de fluxos de diferentes características entre si.

A proposta do trabalho, portanto, é de acrescentar características de auto-adaptabilidade no VIC, para uso no ambiente Access Grid sobre multicast.

Esta adaptabilidade será mista, parte realizada pelo servidor e parte realizada pelos clientes.

É importante ressaltar que o VIC é uma ferramenta de software ao mesmo tempo cliente e servidora, pois o mesmo programa que transmite também recebe as imagens dos demais participantes.

Conseqüentemente, os mecanismos para a adaptabilidade de ambas as características, cliente e servidora, devem estar contidas no código do aplicativo.

A proposta do trabalho é de criar um modelo misto, onde a adaptabilidade ocorra tanto no transmissor quanto no receptor. Um modelo assim já foi proposto em (VICKERS; ALBUQUERQUE; SUDA, 2000). O trabalho estende este modelo para as condições do Access Grid, onde a alocação dos grupos multicast é feita pela supervisão do framework do mesmo, de forma estática e não dinâmica. Além disto, o trabalho implementa mecanismos que permitem a seleção manual e estática de parâmetros de geração por parte do transmissor, para situações onde o operador não deseje que o servidor realize a adaptação, deixando esta apenas para os clientes.

O trabalho propõe um novo algoritmo, o "Receiver-Driven Bandwith Multicast" (RBM). Em vez de gerar variado número de layers em diferentes grupos multicast, a sugestão é gerar diferentes sinais completos em cada grupo. Com isto haveria "n" fluxos gerados e o receptor escolheria em qual deles se associar. (CHEUNG; AMAR; LI, 1996) sugere o valor de 3 para "n". É uma posição mais pragmática e determinística. Se uma grande preocupação dos algoritmos de adaptação na origem é a inundação de feedbacks, quando o número de receptores cresce muito, também deve ser uma preocupação a inundação de fluxos, se for tentada uma solução customizada para praticamente cada receptor. Com efeito, uma inundação de fluxos impactaria a rede muito mais do que uma inundação de feedbacks, dada a característica contínua e o volume de informações contido em um fluxo de vídeo. O trabalho opta por ter apenas algumas opções de fluxos e variar a recepção entre eles, evitando assim o uso desmedido de banda na transmissão. Quando muito é possível alterar a qualidade de uma transmissão, mas não criar novos fluxos para atender a novos interessados. Para o trabalho continuará sendo utilizado o h261. É o protocolo mais usado, mono-layer (AMIR, MCANNE, VETTERLI, 1996) e não pode ser transformado para gerar layers.

No algoritmo desenvolvido, o servidor gera três fluxos de vídeo, todos com o mesmo conteúdo, mas com diferentes larguras de banda e números de FPS. A largura de banda e o

número de FPS do fluxo básico (aquele em que são inicializadas as conexões) são definidos manualmente pelo operador através de opções no menu de configuração do VIC.

4.2.1 Servidor

A função do servidor é gerar e transmitir os fluxos de vídeo. No VIC cada instância do programa consegue transmitir imagens geradas por um mecanismo de captação de vídeo apenas. Assim, se mais de uma câmera for ligada a um mesmo computador, a imagem de apenas uma delas será manipulada.

O algoritmo que o servidor utiliza é o seguinte:

- a - Iniciar a geração de 3 fluxos de vídeo com qualidades baixa, média e alta (o fluxo de qualidade média é definido através de parâmetros pelo operador). Cada uma delas é gerada em um grupo multicast diferente. O grupo base é aquele da imagem com qualidade média e o seu endereço é previamente definido pela supervisão central do Access Grid. Para os demais fluxos, o endereço do grupo é gerado pelo servidor e informado aos clientes em pacotes destinados a isto, que serão vistos adiante;
- b - Monitorar continuamente a qualidade de recepção de cada grupo pelos usuários;
- c - Caso um fluxo não esteja sendo recebido por nenhum usuário, interromper sua geração para economizar recursos. Esta regra se aplica somente aos fluxos de qualidade baixa e alta, pois o fluxo médio deve ser continuamente gerado, uma vez que é nele que os clientes se unem ao se ligarem ao servidor;
- d - Caso um fluxo interrompido seja solicitado por ao menos um usuário, retomar a sua geração;
- e - Caso a qualidade de recepção de um determinado fluxo esteja muito ruim para a maior parte de seus usuários, diminuir a qualidade de transmissão deste fluxo;
- f - Caso a maior parte dos usuários esteja com excelente qualidade de recepção de um determinado fluxo, aumentar sua qualidade.

Como o algoritmo prevê uma intervenção manual do operador, este é o ponto de início. Após selecionar o algoritmo no menu de opções do VIC devem ser selecionados a largura de banda e o número de FPS para o fluxo de qualidade média a ser gerado.

Esta intervenção manual poderia ser substituída por algum tipo de mecanismo automático, mas desde o início deste trabalho foi buscado um pragmatismo como já foi dito

na introdução. Além disto é uma característica do VIC, desde a sua criação, a determinação dos parâmetros de quadros por segundo e largura de banda utilizada pela parte do operador.

A base do algoritmo é a existência de alguns fluxos de vídeo de diferentes propriedades. Estes fluxos são gerados utilizando o codec h261, que é o mais utilizado em videoconferências baseadas no VIC atualmente. No VRVS é até mesmo o único codec disponível. A intervenção do operador se dá na seleção da largura de banda e da quantidade de FPS que conformam cada fluxo.

Como a base do trabalho é o ambiente Access Grid, o endereço e a porta em que os fluxos são gerados deveria ser determinada pela gerência do Access Grid. Porém esta gerência só define endereços para um fluxo de vídeo por sala virtual.

Para resolver a questão da alocação dos dois fluxos extras, o modelo definiu o seguinte algoritmo:

1. O fluxo de qualidade média ocupa o grupo multicast definido pela gerência do Access Grid;
2. Para os demais fluxos, o modelo cria novos grupos, utilizando-se do mesmo endereço multicast do fluxo médio e alterando o número das portas. O fluxo de qualidade média ocupa o número de porta imediatamente anterior ao do médio e o de qualidade alta, um número de porta imediatamente posterior ao do médio.
 - Aqui é possível uma variação. Um possível problema poderia surgir caso as portas anterior e posterior não estivessem disponíveis para uso, ou mesmo todo o endereço do grupo multicast. Para dar maior flexibilidade ao modelo, evitando que isto aconteça, o seguinte esquema pode ser empregado:
 - Os números de portas utilizados são constantemente transmitidos pela ferramenta, através de um pacote especial do RTCP, do tipo APP. Este é um pacote definido pela RFC1889 para uso específico pelas aplicações. No caso do VIC os valores preenchidos especificamente são:
 - name : recebe o valor “flow addresses”
 - application-dependent : recebe
 - endereço ip/portasuperior
 - endereço ip/portamédio
 - endereço ip/portainferior

No segundo passo, o transmissor fica permanentemente monitorando os RR dos receptores.

É importante ressaltar que neste caso o VIC precisa gerenciar uma estatística diferente para cada fluxo gerado. Para isto a parte do gerador de estatísticas teve que ser modificada de modo a poder individualizar o controle.

Não existe complexidade para isto, pois cada RR traz o endereço IP multicast do destino da transmissão. Como cada fluxo ocupa um endereço diferente a separação das estatísticas não traz dificuldades.

Também em nível de programação não existe maior dificuldade, isto porque o código-fonte do VIC em Tk/Tcl utiliza uma estrutura para armazenamento de parâmetros e informações indexada pelo código da sessão. Com cada fluxo sendo identificado por uma sessão diferente, o acesso aos dados individuais é trivial.

Se o transmissor deixa de receber RR referentes a um fluxo após um tempo determinado, significa que nenhum usuário está recebendo esta imagem. Para economizar recursos este fluxo deixa de ser gerado.

Caso a opção por divulgar os endereços dos grupos usando os pacotes APP do RTCP tenha sido adotada, estes pacotes continuam sendo enviados mesmo que o fluxo não esteja sendo gerado.

Entretanto algum receptor pode solicitar a associação ao endereço de um fluxo que não esteja sendo gerado. Neste caso, o transmissor volta imediatamente a gerar a informação desejada.

Basta que um receptor solicite que um fluxo volte a ser gerado para o transmissor retomar sua geração.

Caso um receptor não consiga receber um fluxo de qualidade acima da anteriormente em uso, após um time-out ele volta automaticamente para o fluxo anteriormente usado.

Com base nas estatísticas geradas pelos RR, o transmissor pode avaliar que um fluxo não está sendo bem recebido pela maior parte dos clientes. Neste caso o transmissor reduz automaticamente a qualidade deste fluxo para conformá-lo melhor às necessidades.

É importante notar que o RR não identifica o cliente individual. Ele apenas indica o endereço multicast ao qual se refere, porém todos os clientes que recebem transmissão em um grupo multicast compartilham o mesmo endereço.

Tem-se então que os parâmetros selecionados pelo operador são apenas pontos de partida e que após a entrada em operação do sistema estes são automaticamente modificados pelo sistema.

À medida em que os parâmetros de um fluxo são alterados, pode ocorrer que eles se sobreponham e até mesmo ultrapassem aqueles parâmetros de fluxos superiores ou inferiores. Isto iria contra a integridade estrutural do algoritmo.

Para evitar isto as seguintes regras foram estabelecidas:

- 1- A mudança de largura de banda de um fluxo ocorre em passos de 5% de seu valor corrente. Quando esta chega a 10% do fluxo superior ou inferior este deixa de ocorrer. Os clientes, ao perceberem que a qualidade do fluxo recebido deva ser modificada, irão mudar para outro fluxo.
- 2- O número de FPS é incrementado ou decrementado de duas em duas unidades. O limite superior estabelecido é de 32 por ser o máximo que o olho humano consegue distinguir. Após este número não há diferença.

No caso de um fluxo interrompido por falta de clientes ativos voltar a ser necessário a sua inicialização se dará da seguinte forma:

- Caso seja o fluxo de alta ou de baixa qualidade, sua banda inicial terá 10% de diferença em relação ao fluxo anterior ou superior, conforme o caso;
- O número de FPS será inicializado com 20 para o fluxo de alta qualidade e com 6 para o fluxo de baixa qualidade. Estes valores foram determinados de forma empírica com base em experiências anteriores.

O tempo mínimo entre mudanças na qualidade de fluxos transmitidos é de 30 segundos (VICKERS; ALBUQUERQUE; SUDA, 2000). O objetivo deste intervalo é impedir uma constante seqüência de “Joins/Leaves” por parte dos clientes que gerariam um grande tráfego de pacotes de controle e uma instabilidade geral no sistema. É importante ressaltar que a carga nos “Joins/Leaves” não se concentra nos computadores, mas sim nos roteadores que são os responsáveis pela criação das árvores multicast.

O transmissor, portanto, está continuamente conformando seus fluxos com base nos feedbacks recebidos de seus receptores.

O tema do overflow de feedbacks não é tratado aqui. Como o trabalho está contextualizado dentro do ambiente do Access Grid no momento presente, tem-se que o número de receptores não será grande o suficiente para causar overflow. Isto porque a instalação e gerência de um nodo Access Grid demanda um considerável investimento financeiro e uma infraestrutura de rede de qualidade superior. Assim o número de nodos existentes e que possam participar de uma dada videoconferência não é grande de forma a causar algum problema de overflow. Mesmo com a eventual redução de custos que deverá acontecer, ainda assim o Access Grid é um framework criado para comunicação grupo-a-

grupo e conseqüentemente o aumento em sua utilização não deverá ser tão rápido quanto aquele da comunicação pessoa-a-pessoa.

Por razões semelhantes, o consumo de recursos de rede por pacotes de feedback não preocupa, uma vez que um nodo Access Grid tipicamente tem mais de 4Mbps de largura de banda. Com isto o impacto dos feedbacks é bastante minimizado.

4.2.2 Cliente

Assim como o transmissor, também o cliente participa continuamente do processo da adaptabilidade.

É importante ressaltar que a seção cliente do VIC recebe fluxos de vídeo de todos os participantes de uma videoconferência que estejam com a transmissão habilitada (o padrão do VIC é ter a transmissão desabilitada e esta deve ser explicitamente selecionada). É possível ao usuário desabilitar a recepção de algumas fontes caso deseje, mas em princípio todas as fontes são recebidas.

Para cada um destes participantes o cliente gera pacotes RR com informações sobre sua qualidade percebida. Em um mesmo endereço multicast convivem tantos fluxos de vídeo quantos sejam os transmissores. No caso do presente trabalho podem existir até três fluxos por transmissor, cada um ocupando um grupo diferente.

O algoritmo que o cliente usa é o seguinte:

- a - Inicialmente unir-se ao fluxo de qualidade média. O endereço deste é o determinado pela supervisão do Access Grid;
- b - Caso a qualidade de recepção esteja muito boa com este fluxo, mover-se para um de melhor qualidade;
- c - Caso a qualidade de recepção esteja muito ruim, mover-se para um de menor qualidade.

Por definição, o fluxo escolhido inicialmente é aquele de qualidade média.

Logo após a recepção inicial o cliente começa a monitorar a qualidade com que um fluxo está sendo recebido. Faz isto analisando suas próprias estatísticas que estão armazenadas em uma estrutura de dados, conforme já visto anteriormente.

Se concluir que o fluxo está sendo recebido com ótima qualidade, o cliente irá buscar se associar ao fluxo imediatamente superior. Para isto abandona (“leave”) o grupo multicast em que está e se liga (“join”) ao próximo.

Caso já esteja no grupo superior, nada é feito.

Ao se ligar no próximo grupo o cliente zera as estatísticas de recepção e reinicia a tarefa de monitoramento da qualidade. Porém ele mantém salvos os últimos valores coletados, para comparação com os do próximo fluxo. Caso a qualidade do novo fluxo se situe abaixo daquela salva do fluxo anterior ele abandona o grupo e retorna ao imediatamente abaixo. Novamente, caso já esteja no grupo inferior, nada é feito.

Os casos extremos citados do grupo superior e inferior não produzem ação de mudança de fluxo, mas produzem efeito na medida em que suas estatísticas estarão sendo coletadas e analisadas pelo transmissor que poderá, com base nelas, melhorar ou reduzir as qualidades daqueles fluxos, mudanças que se refletirão na qualidade percebida pelo cliente.

Entretanto quando o transmissor altera a qualidade de um fluxo o receptor não recebe informação a respeito. Isto porém se reflete na melhora ou piora da imagem percebida pelo usuário e irá novamente se refletir no servidor que estará coletando suas estatísticas.

Finalmente, cabe lembrar que a introdução destas características, não significa a exclusão daquelas que o VIC já possui desde sua origem. O algoritmo RBM é apenas uma das opções que o usuário pode selecionar no menu de configuração do VIC. Caso ele não deseje utilizar as características de adaptabilidade, basta selecionar a opção h261 que é o padrão. Mesmo que a transmissão esteja sendo feita em RBM, o uso do h261 por um dos transmissores ou receptores não irá influir nos demais membros do grupo que estejam utilizando RBM.

Neste caso não haverá transmissão do endereço dos fluxos de qualidades baixa e alta por parte do servidor e assim os clientes ficarão sempre recebendo o fluxo padrão do h261 que utiliza o endereço de grupo determinado pela gerência do Access Grid. Caso os usuários tentem se ligar aos fluxos que não são gerados isto não será possível e o sistema retornará automaticamente ao fluxo original.

Assim tem-se uma convivência sem problemas entre usuários que desejem transmitir seus fluxos com características de adaptabilidade e aqueles que não desejem ou não possam, devido a restrições em sua capacidade de rede e de processamento em suas máquinas.

A tabela 4 compara as principais características dos algoritmos RLM e RBM.

Tabela 4 – Comparação entre os protocolos RLM e RBM

Característica	RLM	RBM
Codec	Layered	Single Layer
Grupos	Diferentes Layers	Diferentes Larguras de Banda
Adaptabilidade da fonte	Nenhuma	Analisa os participantes e seleciona diferentes larguras de banda para gerar fluxos

4.3 Análise

Em primeiro lugar o algoritmo proposto pode ser analisado à luz da questão da granularidade da aplicação.

Os algoritmos com Adaptabilidade na Recepção buscam encontrar uma solução ótima, em que cada recurso de rede disponível seja utilizado.

A solução proposta é mais “discreta” e “dirigida” para determinados parâmetros. Quando se sabe que o congestionamento é um problema constante e que ocorre por rajadas, a solução é mais razoável. Ela não busca uma ocupação ótima da capacidade de rede disponível, mas busca sim fugir da situação hoje existente em que apenas um fluxo é gerado por um transmissor que não se preocupa com a qualidade que está sendo recebida por seus usuários.

No trabalho o transmissor se preocupa com a qualidade dos receptores e está constantemente trabalhando para melhor atender a todos.

É importante ressaltar uma distinção entre o sistema proposto e os algoritmos tradicionais de adaptabilidade apenas na transmissão.

Nestes um único fluxo é gerado normalmente com uma qualidade média que beneficia a poucos usuários. Aqueles que tem más condições de recepção recebem um fluxo acima de sua capacidade. E aqueles com boas condições recebem um fluxo de qualidade inferior.

Já no trabalho, o uso de três fluxos melhora em muito esta situação. É verdade que cada um deles acaba sendo gerado pela média dos seus receptores. Mas estes têm constantemente a possibilidade de mudarem o fluxo recebido e assim encontrarem um que melhor se enquadre nas suas características.

Por outro lado o papel do cliente também é importante. É com base em seus feedbacks que o transmissor ajusta seus parâmetros de transmissão.

O que se tem então é um trabalho conjunto entre transmissor e receptores, que colaboram para obter uma melhor qualidade de fluxo para todos e não apenas para aqueles situados na média.

Finalmente é importante voltar a ressaltar que todo o trabalho é realizado pelo VIC. A intenção é que funcione sobre a Internet no modelo em que ela existe atualmente, sem a necessidade de recorrer a qualquer outro recurso. Muitos destes recursos envolvem a necessidade de equipamentos ou “softwares” especiais na rede e que não se encontram atualmente disponíveis. Para evitar isto, a adaptabilidade é toda função da aplicação e não da rede.

4.4 Resumo do capítulo

Neste capítulo foi exposto o modelo criado.

Foi visto que as implementações ocorrem tanto no nível do cliente como no do servidor e que o VIC é um software que se comporta simultaneamente como cliente e servidor, pois pode transmitir e receber imagens.

O modelo é baseado em dois outros (VICKERS; ALBUQUERQUE; SUDA, 2000) (TURLETTI; BOLOT 1994) mas os estende para o ambiente Access Grid e VIC, aproveitando-se de características de ambos, notadamente com referência a alocação de grupos multicast e de controle de estatísticas.

O modelo permite o uso em um sistema híbrido onde usuários que não desejem utilizá-lo podem optar pelo algoritmo padrão h261. Este uso é transparente e não oferece nenhum problema.

No capítulo seguinte será descrita a implementação do modelo.

5. DESCRIÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO PROPOSTA

5.1 Introdução

O objetivo deste capítulo é descrever detalhadamente o processo de implementação da solução proposta.

Em primeiro lugar é preciso dar uma idéia geral da organização do VIC e da dificuldades em compreendê-la devido à total falta de documentação e às várias versões diferentes do mesmo implementadas em instituições diversas.

A seguir é feito um breve histórico da pesquisa necessária para compreender o VIC e conseguir compilá-lo.

São apresentados então todos os recursos de software utilizados no desenvolvimento do trabalho.

Finalmente são apresentados os passos tomados para implementar o protocolo RBM no VIC.

5.2 Organização do VIC

Um dos grandes problemas existentes é o fato de que existem várias implementações diferentes do VIC e literalmente nenhuma documentação sobre qualquer uma das versões.

Oficialmente a versão padrão é aquela hospedada no Lawrence Berkeley National Laboratory (VICLB 2004). Porém as mais usadas são as versões do Access Grid, Openmash e VRVS. Cada uma delas é diferente entre si. A versão do Openmash foi completamente reescrita em OTCI. As versões do Access Grid e do VRVS, utilizam algumas seções reescritas pelo Openmash, mas também possuem suas próprias implementações.

O principal problema é que nada disto está documentado. sequer existe um diagrama de classes, lay-out de tabelas ou alguma informação sobre interligação entre os programas.

Por ser a versão considerada mais atual, o objetivo inicial deste trabalho era de utilizar a do Openmash. Porém o projeto perdeu todo o seu financiamento e está vivendo de colaborações espontâneas de alguns entusiastas.

Na época da elaboração desta dissertação, a versão disponível no CVS do Openmash para Microsoft Windows não compilava de maneira alguma. E não havia documentação para auxiliar no processo.

Foi escolhida, portanto, a versão do VIC do Access Grid. Pela lista de discussão do mesmo foi localizado um estudante que estava enfrentando os mesmos problemas e que havia finalmente conseguido compilar o programa.

Graças às instruções recebidas deste estudante foi possível, pela primeira vez, implementar as alterações necessárias e compilar o resultado.

Entretanto, com o passar do tempo, foi ficando cada vez mais claro que o ambiente Windows não é o mais apropriado para a programação do VIC. Assim, foi feita a troca para ambiente Linux. Esta se revelou uma decisão apropriada, pois a partir dela a compilação e os testes passaram a serem feitos de maneira muito mais simples e em tempos mínimos.

O VIC é escrito em Tk/Tcl, com módulos programados em C.

Os seguintes recursos de software foram utilizados:

Tk/Tcl – Tk é uma linguagem de scripts. Tcl é o ambiente gráfico que acompanha. Toda a interface do VIC é construída em Tk/Tcl com as rotinas onde o desempenho é mais crítico codificadas em C++.

O VIC traz em seu código fonte o pacote Tk/Tcl 8.0 escrito em C e que é compilado juntamente com a aplicação.

No início do processo, quando em ambiente Windows, os seguintes softwares foram utilizados:

Microsoft Visual C 6.0 – ambiente de desenvolvimento C/C++ da Microsoft para Windows. Para efetuar a compilação do VIC em ambiente Windows é preciso inicialmente fazê-lo utilizando este ambiente.

Microsoft Visual Studio .Net 2002 – ambiente de desenvolvimento da Microsoft baseado na plataforma .Net. Após a compilação inicial feita utilizando o Microsoft Visual C 6.0 é preciso utilizar este ambiente para compilar alguns arquivos restantes.

Microsoft Windows 2000 – sistema operacional do computador onde foram feitos os primeiros testes.

Após a migração para ambiente Linux, passou a ser utilizado o compilador C++ integrado ao próprio.

O Linux utilizado foi um Suse, versão 9.1.

5.3 Implementações efetuadas no código-fonte do VIC

É importante ressaltar mais uma vez que o VIC é um software simultaneamente cliente e servidor. Quando transmite, atua como um servidor, mas simultaneamente pode também estar recebendo e neste caso é um cliente.

Portanto as implantações são todas feitas em um único programa, algumas delas agem quando o programa transmite e outras quando recebe.

Para desenvolvimento da solução proposta, foram implementadas as seguintes modificações no sistema:

5.3.1 VIC atuando como servidor

O menu de configuração foi alterado, sendo acrescentado um botão de rádio para a opção de RBM nas opções de codecs.

Após a seleção da opção de RBM, o operador configura o número de quadros por segundo a serem gerados e a largura de banda, utilizando-se do frame superior do menu de configuração do VIC, da mesma forma utilizada para os demais algoritmos.

Os parâmetros aí definidos são utilizados para a geração do fluxo de qualidade média pelo RBM.

A partir daí, o algoritmo gera os dois outros fluxos de vídeo, obedecendo ao exposto na seção 4.2.1.

Simultaneamente inicia o processo de monitoramento dos feedbacks recebidos. O VIC possui uma rotina principal, o `ui-main.tcl`, que chama a subrotina `periodic_update` de tempos em tempos. Esta realiza a coleta de estatísticas. É com base nestas estatísticas e seguindo o que foi exposto na seção 4.2.1 que é efetuada a conformação dos fluxos.

5.3.2 VIC atuando como cliente

Assim como acontece no servidor, o protocolo RBM deve ser selecionado no menu de configuração do VIC.

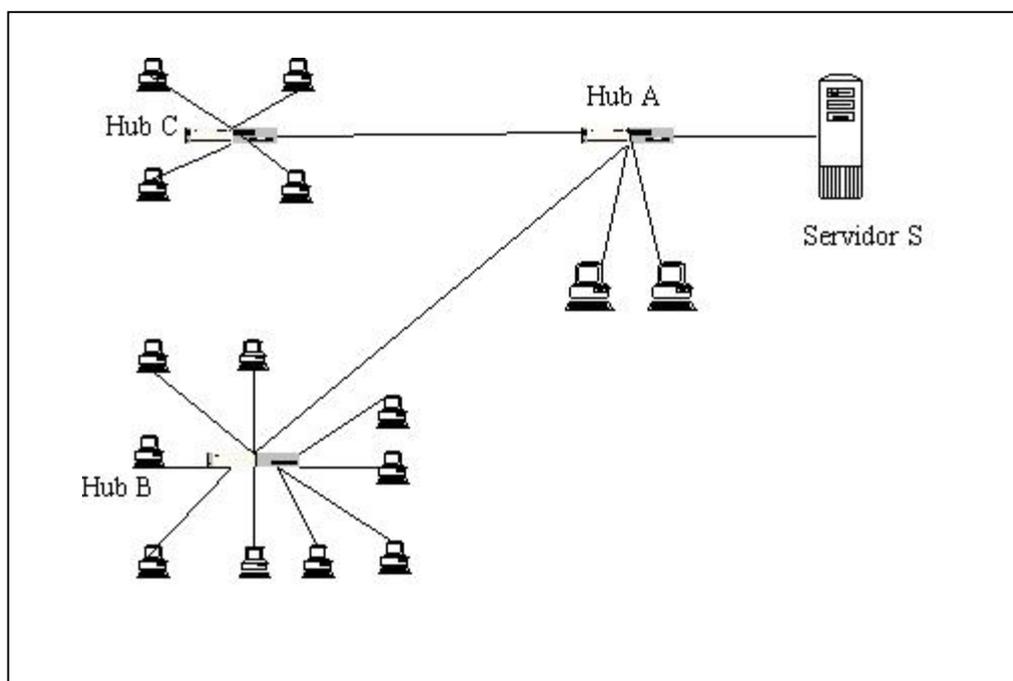
Isto feito, o cliente se une ao fluxo de qualidade média. Assim como no servidor, a subrotina `periodic_update` é a base de onde são coletadas as estatísticas da sessão. Com base nestas estatísticas, o algoritmo decide se deve se unir a um fluxo de qualidade superior, inferior ou permanecer no que está.

O processo de controle é contínuo. Um intervalo de 30s entre tentativas de mudança de fluxo é utilizado para evitar que a qualidade geral da recepção seja prejudicada devido a constantes tentativas de mudança de fluxo.

5.4 Testes efetuados

Para avaliar o funcionamento do sistema, foi utilizada uma rede interna, ethernet, composta de 15 computadores com a seguinte topologia:

Fig.7: Topologia da rede de testes



A distribuição das máquinas é a seguinte:

- 4 máquinas estão interligadas em uma subrede pelo hub “C”. Este hub interliga-se diretamente com o hub principal “A”;
- 2 máquinas estão ligadas diretamente ao hub principal “A”;
- 9 máquinas estão interligadas em uma segunda subrede pelo hub “B”. Este hub interliga-se por sua vez ao hub principal “A”.

O protocolo utilizado é IP.

O hub “A” interliga-se com a o servidor “S”.

Em quatro máquinas foi instalado um Linux para poder rodar o VIC++, as outras continham Windows 2000 como sistema operacional.

Em cada máquina Windows foi instalado um programa transmissor de emails em massa. Foi gerada uma base simulada de 1 milhão de endereços de email e criada uma mensagem com conteúdo de 49kb para transmissão.

O objetivo era o de inundar a rede com um grande fluxo de dados de forma a congestioná-la e assim poder estudar o comportamento do algoritmo de adaptabilidade. Cada máquina pode executar várias instâncias do programa transmissor de emails e assim a carga pode ser aumentada ou diminuída conforme a necessidade da simulação.

É importante ressaltar que os sistemas Windows e Linux possuem multicast nativo em redes locais, sem necessidade de habilitação nenhuma. Assim, toda a infraestrutura da rede utilizada já possuía multicast habilitado.

A transmissão era efetuada para endereços de domínios que estavam hospedados no servidor "S". Com isto evitou-se a ligação com a Internet, de forma a não sobrecarregar a mesma com "spam".

A vantagem do ambiente escolhido foi justamente a possibilidade de, em um espaço restrito, ter possibilidade de execução de uma massa significativa de testes com diferentes situações de carga na rede.

Uma desvantagem está no fato de não haver nenhum roteador envolvido na simulação. Como em multicast as tarefas de join/leave dos grupos são funções dos roteadores, não houve como testar o impacto destas seqüências no desempenho do algoritmo.

O primeiro passo foi instanciar o VIC em uma das máquinas ligadas diretamente ao HUB principal. Esta máquina possuía uma câmera de vídeo ligada por meio de uma porta USB.

Nesta máquina, fazendo o papel de servidora, foi selecionada a opção de transmissão utilizando o protocolo RBM e com uma taxa de transmissão de 500kbps e 12 quadros por segundo transmitidos.

Em seguida, foram instanciados VIC para atuarem como cliente em duas máquinas ligadas ao HUB "C" e em outra máquina ligada ao HUB "B".

Nestas máquinas clientes também foi selecionada a opção de utilização do RBM no menu de configuração, todas elas compartilhando o mesmo endereço multicast e com o número de porta atribuído ao fluxo base (média qualidade).

Imediatamente as máquinas cliente começaram a receber a imagem transmitida pela máquina servidora. Como neste instante não havia outro fluxo na rede além daquele

produzido pelos protocolos de controle (ARP), após aproximadamente 30 segundos os clientes se uniram ao fluxo de qualidade alta e aí permaneceram estáveis.

Na seqüência foi observado que a máquina servidora começou a incrementar os parâmetros de geração dos fluxos de qualidade média e alta. O de média pelos feedbacks recebidos nos primeiros trinta segundos e o de alta pelos feedbacks recebidos daí em diante. Após a mudança dos clientes para o fluxo de qualidade superior, o fluxo de qualidade média foi estabilizado.

O próximo passo foi iniciar a geração de tráfego na rede. Cada programa transmissor de emails iniciava a transmissão.

Enquanto poucos programas estavam transmitindo emails, a condição da rede permanecia boa e os clientes continuavam ligados ao fluxo de qualidade alta.

Porém, com o aumento no envio de emails, a condição da rede decrescia rapidamente. A resposta dos clientes era a mudança para um fluxo de qualidade inferior, conforme esperado. Ao mesmo tempo o servidor reduzia a qualidade dos fluxos gerados, conforme esperado.

Também conforme esperado, esta mudança se dava em um tempo máximo de 30s, que é o período entre tentativas de mudança.

A resposta à melhora de condições na rede, pela diminuição no volume de emails enviados, também se dava pela mudança para os fluxos de qualidade superiores a no máximo 30 segundos, conforme o previsto no modelo.

Como no exemplo o tráfego era local, a condição da rede não foi em momento nenhum tão ruim que os clientes tivessem que se mover para o fluxo de baixa qualidade e assim, pela falta de usuários, sua geração cessou após 30 segundos.

É importante ressaltar que, conforme visto anteriormente, a ausência de roteadores fez com que o tempo de join/leave que existiria em sua presença não fosse aqui considerado.

5.5 Resumo do capítulo

Neste capítulo foram apresentadas as principais alterações realizadas no código-fonte do VIC para implementação do protocolo RBM.

Foram vistas as alterações realizadas para o VIC atuar como servidor e como cliente implementando o protocolo.

As implementações foram todas realizadas no código Tk/Tcl, sem necessidade de intervenção na porção escrita em C++.

Cabe ressaltar que caso a opção fosse pela sugestão de utilizar um pacote RTCP do tipo APP para a informação das portas utilizadas pelos diferentes fluxos, a análise destes pacotes deveria ser efetuada na porção C++ do código-fonte.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1 Introdução

Neste capítulo são analisados os objetivos definidos para o trabalho e se foram ou não atingidos. Também são apresentadas as principais contribuições científicas advindas do modelo criado. Finalmente são sugeridos trabalhos futuros que possam dar seguimento ao que foi introduzido no presente trabalho.

6.2 Conclusões

A primeira e principal conclusão é que todos os objetivos definidos na introdução deste trabalho foram cumpridos. Nomeadamente:

- “Implementar um mecanismo de adaptabilidade por parte do VIC às condições da rede. Esta adaptabilidade deve se basear no modelo misto, onde parte do trabalho é realizada no servidor e parte no receptor”.

Este objetivo foi plenamente atendido pelo algoritmo RBM, que é misto.

- “Não exigir nenhum recurso adicional além dos que a Internet oferece como padrões e que se encontram amplamente disponíveis (exceto multicast)”.

Objetivo também atendido. Além disto cabe ressaltar que o modelo funciona também em redes onde o multicast não esteja presente em comunicações ponto-a-ponto baseadas sobre unicast.

- “Não esperar ‘colaboração’ das máquinas de rede (roteadores, switches) nem parâmetros de controle passados de e para estas máquinas. QoS, filas, ECN e outros mecanismos não são condições para seu funcionamento”.

Mais um objetivo atendido. O modelo se baseia apenas em “inteligência” própria, sendo aplicável sobre a Internet em seu estado atual, na qual os mecanismos citados são pouco ou em nada implementados.

- “Pragmatismo. O trabalho não busca soluções ótimas, que são de difícil implementação dada a natureza não determinística do tráfego na Internet, mas soluções práticas que permitam seu uso na estrutura hoje existente, redundando em economia da largura de banda utilizada e adaptabilidade à condição da rede dos usuários. Por isto, em lugar de buscar heurísticas próprias de análise da rede e

busca de conformação com suas condições, transfere para o usuário parte da escolha dos parâmetros de geração a serem utilizados”.

Também este objetivo final foi atingido.

6.3 Contribuições

Duas são as principais contribuições do trabalho:

1. Criação de um novo algoritmo de adaptabilidade mista para transmissão de aplicações de multimídia que utilizem os protocolos RTP/RTCP aplicável tanto para conexões unicast quanto conexões multicast;
2. Possibilidade de coexistência em uma mesma sessão de usuários utilizando o protocolo RBM de adaptabilidade e outros utilizando o h261 puro.

6.4 Trabalhos Futuros

Como sugestões de trabalhos futuros baseados no modelo aqui desenvolvido, ficam as seguintes:

1. Possibilidade de criação de uma maior quantidade de fluxos, com qualidades intermediárias entre as definidas. O número de fluxos a ser criado deve ser definido pelo usuário;
2. Possibilidade de configuração dos parâmetros de transmissão iniciais de cada fluxo por parte do usuário. Hoje esta configuração é feita apenas com relação ao fluxo de qualidade média.
3. Estudo sobre o melhor intervalo de tempo para as tentativas de mudança de fluxo. Hoje este intervalo está fixado em 30 segundos.
4. Documentação completa do VIC. Enquanto isto não for feito, o desenvolvimento da ferramenta será extremamente complexo de ser efetuado.
5. Organização das instruções e dos arquivos “make” para compilação do VIC em ambiente Microsoft Windows com a mesma facilidade obtida no ambiente Linux. Isto é muito importante, devido ao grande volume de usuários do ambiente Microsoft Windows existentes.
6. Simulação do algoritmo no NS2, simulador de redes. Para isto será preciso criar um simulador do VIC e validá-lo. Isto permitirá estudar melhor as características em um ambiente onde será possível simular várias situações, o que não é

facilmente exeqüível em uma plataforma real devido ao grande número de combinações que podem existir.

7. Melhorar a transição entre fluxos no cliente. Hoje esta transição é abrupta, com um tempo de alguns segundos até a imagem do novo fluxo se estabilizar.
8. Implementação de um mecanismo que permita armazenar as estatísticas coletadas pelo VIC++, bem como dos eventos de mudança de fluxo para permitir uma análise numérica mais apurada dos mesmos.

6.5 Resumo do capítulo

Neste capítulo foi demonstrado que os objetivos definidos para o trabalho, tanto os gerais como os específicos, foram todos alcançados com o modelo definido.

Também foram apresentadas as duas principais contribuições agregadas pelo trabalho, nomeadamente a criação de um novo algoritmo de adaptabilidade mista e a possibilidade de coexistência em uma mesma conferência de usuários utilizando o algoritmo de adaptabilidade com outros que usem apenas o codec h261 sem adaptabilidade.

Finalmente foram sugeridos trabalhos futuros que podem aprimorar o modelo desenvolvido e facilitar a implementação de novas características ao VIC.

REFERÊNCIAS

ACCESSGRID home-page. Disponível em: < <http://www.accessgrid.org> >. Acesso em :dez. 2004.

AMIR, E.; MCCANNE, S.; VETTERLI M. A Layered DCT Codec for Internet Video, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE IN IMAGE, **Proceedings**, [S.l.]: IEEE, 1996.

BUSSE, I.; DEFFNER, B.; SCHULZRINNE, H. Dynamic QoS Control of Multimedia Applications based on RTP, **Computer Communications**, [S.l.:s.n.], jan. 1996.

CALTECH home-page. Disponível em: < <http://www.caltech.edu> >. Acesso em: dez. 2004.

CHEUNG, S.Y.; AMMAR, M. H.; Li, X. On the Use of Destination Set Grouping to Improve Fairness in Multicast Video Distribution, INFOCOM, **Proceedings**, [S.l.:s.n.], IEEE, 1996.

DEERING, S.E. Multicasting Routing in a Datagram Internetwork. **Tese de Doutorado** - University of Stanford. Stanford: [s.n.], 1991.

FOSTER, I., KESSELMAN, C., TUECKE, S. The anatomy of the grid: Enabling scalable virtual organizations. **International Journal of Supercomputer Applications**, [S.l.:s.n.], 2001..

HUBERMAN, B., LUKOSE, R. Social Dilemmas and Internet Congestion. **Science Magazine**, [S.l.:s.n.], jul. 1997.

INTERNET2 home-page. Disponível em: < <http://www.internet2.org> >. Acesso em: dez. 2004.

MCCANNE, S.; JACOBSON V. Vic: A Flexible Framework for Packet Video. **ACM Multimedia**, San Francisco, [S.l.:s.n.], nov. 1995.

MCCANNE, S.; JACOBSON, V.; VETTERLI, M. Receiver- driven layered multicast, ACM SIGCOMM, **Proceedings**, [S.l.:s.n.], 1996.

MCCANNE, S. Scalable Compression and Transmission of Internet Multicast Video, ACM SIGCOMM, **Proceedings**, Berkeley: [s.n.], 1996.

METROPOA home-page. Disponível em: < <http://www.metroboa.tche.br> >. Acesso em :dez. 2004.

OPENMASH home-page. Disponível em: < <http://www.openmash.org> >. Acesso em: dez. 2004.

OTcl and TclCL home-page. Disponível em: < <http://otcl-tclcl.sourceforge.net> >. Acesso em: ago.2003.

RFC 1889, Disponível para download em: < <http://www.ietf.org/rfc> >. Acesso em: dez. 2004.

RIZZO, L., VICISANO, L., CROWCROFT, J. TCP-like Congestion Control for Layered Multicast Data Transfer, INFOCOM'98, **Proceedings**, [S.l.:s.n.], 1998.

RNT - Revista Nacional de Telecomunicações. Disponível em:
< <http://www.rnt.com.br/edicao0304/capa01.asp> >. Acesso em: dez. 2004.

SCGLOBAL home-page. Disponível em: < <http://www.sc2001.org/scglobal.shtml> >. Acesso em: dez. 2004.

SKYPE home-page. Disponível em < <http://www.skype.com> >. Acesso em dez. 2004.

SUPERCOMPUTING home-page. Disponível em: < <http://www.supercomputing.org> >. Acesso em: dez. 2004.

TANENBAUM, A., **Distributed Operating Systems**, [S.l.]: Prentice Hall, 1995.

TURLETTI, T., BOLOT, J., Issues with multicast video distribution in heterogeneous packet networks, PACKET VIDEO 94, **Proceedings**, Portland: [s.n.], 1994.

VICLB2004 home-page: Disponível em: < <http://www-nrg.ee.lbl.gov/vic/> >. Acesso em: dez. 2004.

VICKERS, B.; ALBUQUERQUE, C.; SUDA, T. Source Adaptive Multi-Layered Multicast Algorithms for Real-Time Video Distribution, **IEEE/ACM Transactions on Network**, [S.l.:s.n.], 2000.

VRVS home-page. Disponível em: < <http://www.vrvs.org> >. Acesso em: dez. 2004.