

TVS - Um Sistema de Videoconferência com Documentos Compartilhados - Uma Visão Geral *

Jauvane Cavalcante de Oliveira Luiz Fernando Gomes Soares

Laboratório TeleMídia - Departamento de Informática
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
E-mail: jauvane@inf.puc-rio.br lfgs@inf.puc-rio.br

Resumo

Este artigo apresenta o TVS (TeleMídia Videoconferencing System), um sistema de videoconferência em conformidade com os padrões ISO e ITU-T. O TVS é um sistema que, além da transmissão síncrona básica das mídias de áudio e vídeo, permite a manipulação compartilhada de documentos multimídia/hipermídia através da máquina HyperProp, em conformidade com a proposta de padrão MHEG. Adicionalmente, o sistema oferece suporte a votação e envio de mensagens entre os usuários.

Abstract

This paper presents TVS (TeleMídia Videoconferencing System), a videoconferencing system conforms to ISO and ITU-T standards. Besides the usual synchronous transmission of audio and video, TVS allows the cooperative document handling through the HyperProp Architecture, conforms to MHEG. In addition, TVS allows vote and message sending facilities.

1. Introdução

A reunião de grupos de pessoas, devido à necessidade de locomoção dos participantes e ao pobre apoio de infraestrutura, pode acarretar, em geral, um desperdício de tempo e dinheiro. Na tentativa de melhorar este quadro, vários grupos de pesquisa iniciaram estudos com o objetivo de desenvolver um novo conjunto de serviços de comunicação denominados serviços de teleconferência.

Serviços de teleconferência são definidos [SoMB 88, Fluc 95] como um conjunto de facilidades de telecomunicações que permite aos participantes em duas ou mais localidades estabelecer uma comunicação bidirecional através de dispositivos eletrônicos de comunicação, enquanto compartilham, simultaneamente, seus espaços acústicos e visuais. Os serviços de teleconferência são classificados em geral na literatura [H.200, SoMB 88] em:

- *Áudio Conferência* - Sistemas que somente sinais de áudio e controle são transmitidos entre os participantes;
- *Conferência Áudio-Documentacional* - Similar à áudio conferência, havendo, entretanto, o tratamento de documentos textuais;
- *Conferência Audiográfica* - Serviço com suporte a transmissão de áudio, sinais de controle, documentos e imagens estáticas;
- *Freeze-Frame Videoconferência* - Serviço similar à conferência audiográfica acrescida do envio periódico de imagens estáticas dos participantes;
- *Teleseminário* - Serviço que consiste da distribuição dos eventos ocorridos num local (áudio e vídeo) para todos os demais participantes, sendo o áudio o único sinal de retorno;
- *Videoconferência* - Serviço similar à conferência audiográfica acrescida do envio, em tempo real, de sinais de vídeo entre os vários participantes.

Além dos serviços de teleconferência, certos serviços audiovisuais [H.200], de características bastante próximas, compartilham os mesmos padrões e soluções desenvolvidos para teleconferência. Entre eles destacam-se:

* Este trabalho foi desenvolvido com o apoio do CNPQ, através do projeto ProTeM II - HyperProp, e com o apoio da Embratel, através do projeto RAVel.

- *Telefonia Convencional* - Incluída com o intuito de levantar considerações sobre interoperabilidade com os demais serviços;
- *Videofonia* - Serviço com transmissão ponto-a-ponto bidirecional de sinais de áudio e vídeo;
- *Telesurveillance* - Serviço de transmissão unidirecional de sinais com o intuito de efetuar observação de ambientes. Ainda não existe proposta de padrão para este tipo de serviço.

Como resultado das pesquisas desenvolvidas nos últimos anos, vários protótipos de sistemas de teleconferência, em particular videoconferência, foram apresentados e se encontram operacionais. Tais protótipos apresentam, no entanto, algumas limitações. Muitos não seguem os padrões acordados, além de se limitarem apenas às transmissões sem sincronismo das mídias áudio e vídeo e, mesmo assim, com qualidade duvidosa.

Para ser interoperável, o sistema deve seguir os padrões estabelecidos para transmissão das diversas mídias, bem como para o intercâmbio dos objetos multimídia manipulados.

Um sistema de videoconferência deve oferecer outras facilidades adicionais à simples transmissão síncrona de áudio e vídeo. Tais facilidades incluem uma etapa anterior à conferência (denominada pré-conferência) para agendamento e configuração do ambiente, facilidades para manipulação de documentos e trabalho cooperativo, suporte à votação, facilidades para troca de mensagens entre os usuários, possibilidade de gravação da conferência para posterior assistência e, em todas as suas funções, mecanismos de segurança.

Em qualquer sistema de teleconferência o controle de acesso ao ambiente (comumente denominado “floor control”), que gerencia quais participantes têm direito à fala, à manipulação de documentos, etc. em um dado instante, bem como o controle do período máximo de tempo que cada participante tem quando detém um controle específico do ambiente, é um mecanismo chave e, em geral, de difícil implementação. Um sistema ideal deve permitir a configuração completa do acesso às suas facilidades, e se encarregar de gerenciar as regras estabelecidas.

Este artigo descreve, resumidamente, a implementação de um sistema de videoconferência, o TVS (TeleMídia Videoconferencing System), resultado dos estudos realizados no Laboratório TeleMídia do Grupo de Redes e Sistemas Multimídia do Departamento de Informática da PUC-Rio. Tal sistema busca cumprir os requisitos anteriormente mencionados.

O TVS é um sistema que possibilita, além da transmissão das mídias áudio [G.711, G.722] e vídeo [H.261] de forma síncrona e padronizada, a manipulação de documentos multimídia/hipermídia, baseada no Modelo de Contextos Aninhados (MCA) [MCA], em conformidade com a proposta de padrão MHEG [MHEG 95]. O sistema apresenta suporte à votação e envio de mensagens entre participantes, além de permitir uma ampla configuração do ambiente. Todo o controle de acesso ao ambiente é realizado por detecção de silêncio [Fari 92], por razões de eficiência com relação à interatividade em uma reunião.

O artigo está organizado como se segue. A Seção 2 discorre sobre o TVS, sua interface, arquitetura e implementação em ambiente distribuído. A Seção 3 apresenta alguns trabalhos relacionados, através de um estudo comparativo de suas características. Finalmente, a Seção 4 apresenta conclusões, incluindo trabalhos futuros e tendências.

2. TVS — TeleMídia Videoconferencing System

A terminologia utilizada no restante do artigo, uma adaptação daquelas apresentadas por Szypersky [SzVe 93] e Soares [SoMB 88], pode ser resumida como se segue:

- *Organizador*: indivíduo que tem como tarefa agendar a conferência e, se necessário, divulgar aos participantes a existência da conferência. Pode ser um participante ou não.

- *Participante*: usuário da conferência com direitos, controlados pelo coordenador, à fala e às demais facilidades da conferência.
- *Interlocutor*: participante que detém, em um dado instante, o direito à fala e alteração dos documentos multimídia/hipermídia. Tal direito pode ser delegado a outro participante.
- *Secretário*: usuário da conferência a quem se delega o direito de escrita nos documentos multimídia/hipermídia compartilhados. Pode ser um participante ou não.
- *Coordenador*: participante com direitos especiais sobre todo o controle da conferência.
- *Assento*: dispositivo lógico que pode ser preenchido por um participante ou secretário.
- *Base Privada*: sessão de trabalho de um usuário, de acesso (controle) restrito a este usuário.
- *Hiperbase* ou *Hiperbase Pública*: depósito de documentos persistentes de acesso a todos os usuários da conferência, de acordo com seus direitos.
- *Base Compartilhada*: depósito volátil de documentos que possibilita o trabalho cooperativo entre os participantes da conferência. É visível por todos os participantes, mas com controle de alteração realizado pelo sistema.

Desde sua especificação, o TVS procurou seguir ao máximo os padrões estabelecidos para sistemas de videoconferência e intercâmbio de objetos multimídia/hipermídia. Essa preocupação é hoje evidenciada pelas características do sistema apresentadas a seguir.

2.1. Interface com o Usuário

O TVS prevê uma etapa anterior à conferência propriamente dita, denominada pré-conferência. Nessa etapa, o organizador agenda e configura o ambiente da conferência. Nesse agendamento, se disponibiliza o assunto principal a ser tratado, a data da conferência, bem como o número de assentos disponíveis. Cada assento pode ser preenchido de uma entre três formas: i) *assento cativo*, quando se indica exatamente qual usuário pode ocupá-lo (fulano@inf.puc-rio.br), ii) *assento para um domínio*, quando se deixa o assento disponível para uma comunidade de um determinado domínio (*@inf.puc-rio.br) ou iii) *assento geral*, quando se deixa o assento disponível para qualquer participante (*@*). O organizador deve ainda indicar os direitos de acesso de cada participante, podendo eleger um deles para ser o coordenador da conferência.

Ainda na fase de pré-conferência, vários outros aspectos, como tempo máximo dado a cada interlocutor e o formato do ambiente da conferência, devem ser determinados.



Figura 1: Menu de Conferências

O TVS implementa as operações de pré-conferência através de interações do MIU –Módulo de Interação com o Usuário– com um *daemon* de controle de conexão. O *daemon* é responsável pela manutenção de um cadastro de conferências agendadas, dos assentos e seus tipos de ocupação, das votações ativas e apuração de votos de cada conferência. É o *daemon* quem controla o acesso dos usuários às conferências, realizando o controle de acesso de modo centralizado.

A primeira tarefa do MIU é requisitar ao daemon a lista de conferências agendadas, possibilitando ao usuário escolher a conferência que deseja participar (Figura 1). Selecionada a conferência, o MIU solicita ao daemon uma autorização de entrada. Neste ponto, o acesso é negado ou o ambiente da conferência selecionada é apresentado ao usuário.

O ambiente da conferência é composto de duas janelas obrigatórias e dez janelas configuráveis. As obrigatórias são: Janela Principal e Console. As janelas configuráveis são sub-divididas em quatro grupos: Bases de Informação, Vídeos, Controle e Votação (Figura 2).

Nas janelas do grupo Bases de Informação encontra-se a janela de HiperBase, Base Privada e Base Compartilhada.

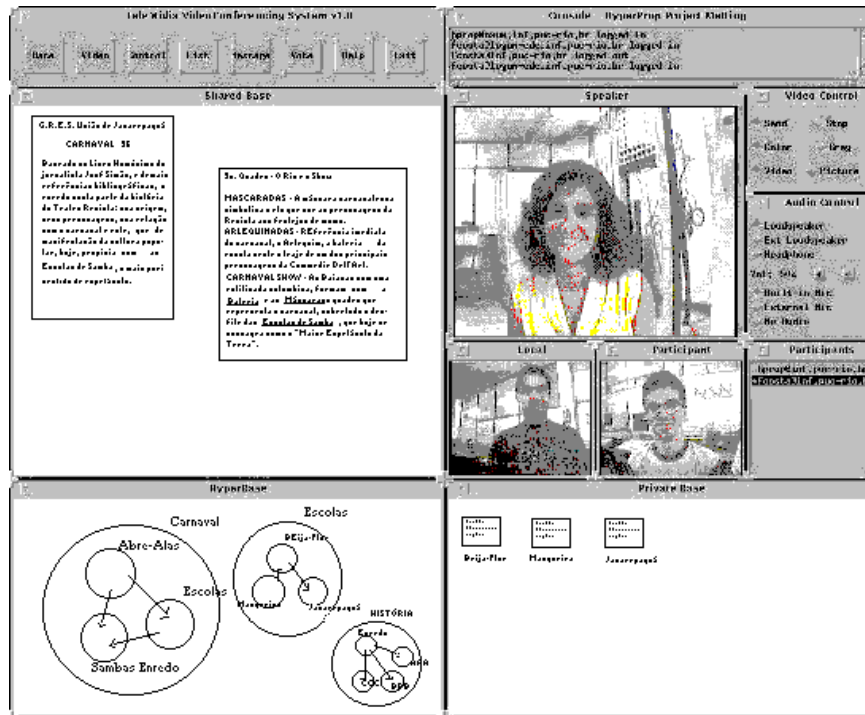


Figura 2.2: MIU — O Ambiente TVS

As bases individuais de documentos multimídia/hipermídia estão mapeadas nas janelas Base Privada (onde se encontra a sessão de trabalho privada do participante) e HiperBase (onde são exibidos, apenas para leitura, os documentos da conferência) e se consistem de um *browser* [MuSC 95] da Base Privada e Hiperbase do usuário, respectivamente, conforme o conceito do MCA [Hype 95].

A base compartilhada consiste de uma abstração criada para a manipulação cooperativa de documentos. A mesma janela Base Compartilhada é exibida em todas as estações dos participantes. Versões de documentos da Hiperbase Pública podem ser manipulados nesta janela de modo cooperativo pelos participantes. A regra de acesso é simples: o interlocutor detém o direito de alteração nos documentos da Base Compartilhada, podendo, opcionalmente, delegar este direito a outro participante. Conceitualmente, os documentos da janela Base Compartilhada fazem parte de uma base privada cujo “dono” é o próprio sistema. Assim, as alterações realizadas são na realidade requisições de alteração que o interlocutor ou o secretário fazem ao sistema e este (dono da base) as realiza.

A Base Compartilhada pode ainda receber documentos provenientes da Base Privada do usuário, desde que tal documento obedeça as regras de versionamento do MCA, conforme detalhado em [SoCR 95].

Nas janelas do grupo Vídeo encontram-se a janela do vídeo do interlocutor, a do vídeo local (do participante da estação) e a do vídeo de participante, onde o vídeo de um participante qualquer, selecionado, é exibido. O vídeo do interlocutor é apresentado no formato CIF, por ser a imagem que deve ter maior atenção do usuário. Os demais vídeos utilizam o formato QCIF de menor resolução.

No grupo Janelas de Controle encontra-se a janela de controle de transmissão de vídeo, de áudio e a lista de participantes. A Janela de Votação completa o ambiente da conferência, conforme ilustrado na Figura 2.

2.2. Arquitetura do Sistema

O TVS apresenta uma estrutura distribuída, apresentada na Figura 3, utilizando a pilha de protocolos TCP/IP, mais precisamente o protocolo UDP. Acima dessa camada, o TVS apresenta uma camada de comunicação, existindo uma subdivisão para comunicação de mensagens de controle e mensagens de transporte das mídias propriamente ditas. Através da última camada, MIU, são realizadas as interações com o usuário.

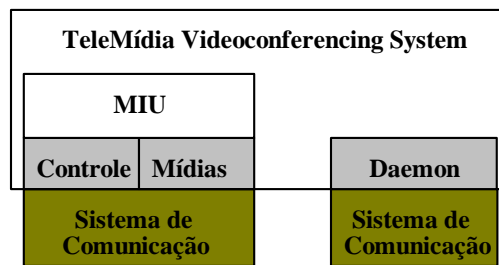


Figura 3: Camadas TVS

Ainda faz parte da arquitetura distribuída TVS, o daemon de controle de conexão, TVSD. Esse daemon é um processo, continuamente em execução, responsável pelo agendamento e controle das sessões de videoconferência TVS, através de troca de mensagens de controle com o MIU, via classe de comunicação de controle.

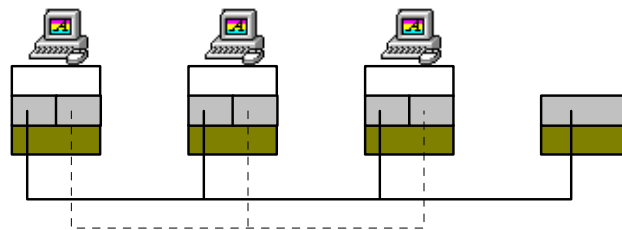


Figura 4: Sessão de Videoconferência — Interação do MIU com o Daemon (TVSD)

Um esquema de funcionamento de uma sessão de videoconferência pode ser visto na Figura 4, que apresenta as trocas de informação entre os vários componentes do ambiente TVS. As trocas de mensagens de controle são efetuadas via daemon, com exceção do envio das mensagens textuais — bilhetes — que se utilizam de transmissões de controle e são endereçadas ao destinatário, sem intermediários. As transmissões das mídias são realizadas de maneira direta, sem passar pelo daemon, para um melhor desempenho e controle de congestionamento do sistema de comunicação.

No que concerne à manipulação de documentos multimídia/hipermídia, o TVS efetua troca de mensagens com uma implementação do servidor da máquina HyperProp, em conformidade com o MCA.

2.3. Implementação

A interface do TVS é realizada através do sistema de interfaces IUP/LED [Levy 93] desenvolvido no Departamento de Informática da PUC-Rio. A versão utilizada é a do IUP-Motif. O código de todo sistema TVS está escrito em C++.

A implementação atual cria uma abstração da interface apresentada ao usuário. Existe basicamente uma classe que dispara os métodos relacionados a cada elemento de interface (diálogos), uma classe que é responsável pela transmissão de sinais de controle e outra para transmissão das mídias (Figura 5). Todas as transferências de informações são realizadas através de envio de datagramas através de soquetes UDP, conforme já mencionado.

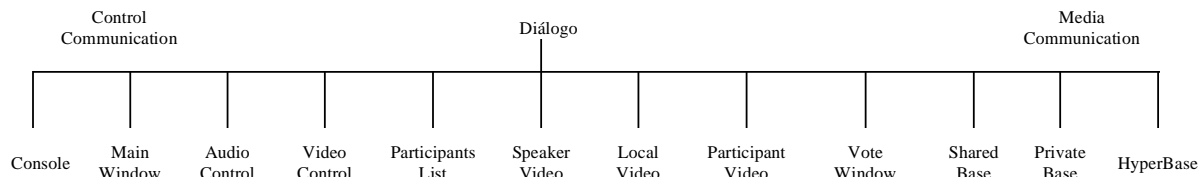


Figura 5: Hierarquia de Classes do Sistema.

O daemon possui um único soquete, associado à porta 5550, para o envio e recepção de mensagens de controle. De acordo com a mensagem, um método adequado é disparado. Se o daemon passar um tempo maior que um valor convencional sem receber mensagens, ele envia mensagens “alive bit”, para verificar se as conexões estão ainda todas ativas. Caso alguma estação não responda à solicitação, o daemon envia uma mensagem de difusão avisando às demais estações da falha ocorrida. O daemon é um processo que usa poucos recursos de CPU, estando a maior parte do tempo bloqueado (select), aguardando a chegada de mensagens ou do timeout para envio da mensagem “alive bit”. Se nenhuma conferência está ativa, ele fica bloqueado até a chegada de alguma requisição.

Os dados sobre as conferências e votações são armazenadas em arquivos criptografados, lidos quando da ativação do daemon. Quando ativado, o daemon cria listas de conferências associando a cada entrada (conferência) um identificador, o assunto, o número de assentos disponíveis, uma estrutura homogênea para armazenar os dados dos participantes, a data de realização da conferência, o número de votações ativas e uma lista com as informações das votações. De cada votação se armazena o título da votação, um identificador da votação, o identificador do participante que criou a votação, o número de opções e uma lista com as opções. De cada participante se armazena o nome, estação em que se encontra, domínio em que se encontra e dados de controle.

O MIU utiliza dois soquetes, um para envio de dados de controle e outro para envio das mídias, associado à porta 5551 e 5552, respectivamente.

A codificação de áudio e vídeo é feita, na versão corrente, por software. Os algoritmos utilizados são G.711 [G.711] e G.728 [G.728] para o áudio, H.261 [H.261] para a codificação de vídeo e JPEG para transmissão de imagens estáticas. O empacotamento das mensagens é feito em conformidade com a recomendação H.221 [H.221]. O áudio é capturado diretamente do dispositivo /dev/audio do Solaris com o uso do dispositivo de controle /dev/audioctl. O dispositivo de áudio do Solaris fornece as amostras PCM com a transformação logarítmica μ -law (8 bits por amostra). Através de recodificação do sinal G.711, obtém-se as amostras G.728, se este for o tipo de áudio escolhido pelo usuário. A captura de vídeo é feita através de funções da biblioteca Xil que acompanha a placa SUNVIDEO de captura de vídeo. Cada quadro é codificado de acordo com a recomendação ITU-T H.261, no formato CIF ou QCIF, conforme o participante seja o interlocutor ou não. Após a codificação, os sinais são

acomodados em quadros H.221 e posteriormente enviados, pelo soquete reservado às mídias, para todos os participantes da conferência, caso o usuário seja o interlocutor, ou para os participantes com a marca indicativa de observação do usuário em questão em suas janelas de “vídeo do participante”.

A implementação atual não se preocupa em otimizar o tráfego gerado na rede para a difusão do áudio e vídeo. Trabalhos futuros deverão endereçar o problema em redes ATM.

Não é realizado qualquer controle de erro na transmissão das mídias de áudio e vídeo, uma vez que estas mídias toleram erros, sem perda de qualidade perceptível ao ouvido e olho humano [STCN 92], respectivamente, se as taxas de erros nas redes em que transitam são baixas, hipótese assumida na implementação atual.

O mecanismo de apuração de uma votação é implementado de forma centralizada pelo daemon, através de mensagens enviadas pelo MIU, via soquete de controle. O daemon valida o voto e contabiliza os resultados. Quando a maioria dos participantes cadastrados escolhe uma das opções, o daemon distribui o resultado aos participantes.

3. Trabalhos Relacionados

Muitos protótipos de sistemas de videoconferência já se encontram operacionais. Este capítulo apresenta resumidamente alguns desses protótipos, enumerando suas características desejáveis e omissões. Os sistemas considerados são o CU-SeeMe[Park 95] da Cornell University, Figura 6; o nv [Fred 94] da Xerox PARC; o vic [McJa 95] do Lawrence Berkeley Laboratory e University of California, Berkeley; o IVS [Turl 93, Turl 95] do Inria, Figura 7; e o TVS do Laboratório TeleMídia, PUC-Rio, Figura 2, apresentado nesse artigo.

3.1. Codificação das mídias básicas: áudio e vídeo.

- O Cu-SeeMe utiliza codificações proprietárias. O vídeo transmitido pode ter a resolução de 320×240 ou 160×120, com quatro bits por amostra. Os pixels são codificados em 16 tons de cinza e agrupados em blocos de 8×8 pixels. A compressão utiliza compensação de movimento e proporciona uma redução da ordem de 40%. O áudio é igualmente codificado por algoritmo proprietário.
- O nv utiliza a codificação MJPEG (Motion-JPEG), ou CellB da SUN Microsystems, ou ainda uma codificação proprietária, conforme configuração. O vídeo pode ser transmitido em cores ou preto e branco. O nv não codifica sinais de áudio.
- O IVS é um sistema que funciona de acordo com as recomendações ITU-T, codificando vídeo H.261 [H.261], nos formatos padrão CIF e QCIF, e um novo formato, denominado SCIF [Turl 93], introduzido na recomendação H.263 com o nome 4CIF [Draft H.263]. A codificação do áudio pode ser PCM [G.711], ADPCM ou VADPCM.
- O vic é um sistema que tem como meta a flexibilidade [McJa 95]. Neste sentido, ele permite codificação e decodificação de sinais de vídeo MJPEG, CellB, H.261 e nv, garantindo interoperabilidade com os sistemas IVS e nv. O tratamento de áudio é repassado a um outro aplicativo de teleconferência do mesmo grupo, o vat, que é um sistema de áudio conferência.
- O TVS é um sistema que funciona de acordo com as recomendações ITU-T, codificando vídeo H.261 [H.261] e áudio G.711 [G.711], G.728 [G.728].

3.2. Empacotamento de dados:

- O Cu-SeeMe utiliza formato proprietário no empacotamento das mídias.
- O nv utiliza o protocolo RTP [RTP 94] do IETF (Internet Engineering Task Force).
- O vic utiliza o protocolo RTP [RTP 94] do IETF (Internet Engineering Task Force).

- O IVS utiliza um formato de quadro não padrão para envio de pacotes distintos de áudio e vídeo, o tamanho do pacote de áudio depende da codificação utilizada (PCM, ADPCM, VADPCM).
- O TVS utiliza o formato padrão ITU-T H.221 [H.221], quando da escolha do vídeo H.261.

3.3. Transferência segura de informações:

- O vic permite transmissão segura fim-a-fim através de encriptação com o algoritmo DES [Schn 95]. A chave pública para a deciptação é distribuída externamente.
- O TVS, IVS, nv e CU-SeeMe não fornecem dispositivos de segurança.



Figura 6: Ambiente Cornell — CU-SeeMe

3.4. Sincronismo entre as mídias áudio e vídeo:

- Não há dados sobre dispositivos para sincronismo de mídias no CU-SeeMe.
- Não se aplica ao nv, uma vez que apenas a mídia vídeo é considerada.
- O IVS envia a mídia vídeo por uma porta UDP e a mídia áudio por outra. Em nenhum momento, a partir do envio, é reconsiderado o sincronismo entre as mídias que pode chegar ao destino dessincronizadas.
- O vic apenas transmite vídeo, sendo tarefa de outro aplicativo, o vat, a transmissão de áudio. Como funciona hoje, não há relação nenhuma entre as duas transmissões, o que pode acarretar no não sincronismo entre as mídias no destino. A documentação [McJa 95] promete a implementação de outro módulo, o ct, que coordenaria as transmissões do vic e vat de modo a garantir o sincronismo entre as mídias.
- O TVS empacota as mídias áudio e vídeo nos quadros H.221, que permitem a exibição sincronizada no destino, quando adequadamente tratados.

3.5. Tratamento de Documentos:

- O vic não fornece tratamento. Do mesmo grupo, entretanto, existe um aplicativo de whiteboard, o wb. Este aplicativo funciona de modo independente do vic e permite o uso de uma área gráfica compartilhada entre os participantes.
- O TVS fornece a facilidade de manipulação compartilhada de documentos multimídia/hipermídia através do Modelo de Contextos Aninhados, em conformidade com a proposta de padrão MHEG [MHEG 95].
- O nv, IVS e CU-SeeMe não possuem tratamento de documentos.

3.6. Suporte a Votações:

- Apenas encontrada no TVS.

3.7. Envio de Mensagens Texto:

- O CU-SeeMe permite que mensagens sejam escritas sobre a janela de vídeo dos participantes.
- O TVS permite envio de mensagens para qualquer participante, ou grupo de participantes.
- O vic, nv e IVS não fornecem esta facilidade.



Figura 7: O Ambiente Inria — IVS

3.8. Controle de Acesso:

- O vic não executa as funções de Controle de Acesso, porém existe a promessa de que o ct teria também esta função.
- O TVS controla o acesso a todos os recursos da conferência, podendo o organizador determinar as permissões de acesso de todos os participantes na etapa de pré-conferência e o coordenador alterar os direitos de acesso durante a conferência. O Controle de Acesso é implementado pelo próprio sistema através da técnica de detecção de silêncio [Fari 92].

4. Conclusão

O TVS apresenta grande maleabilidade de configuração de interface, sendo adequado como suporte a vários tipos de reunião, desde teleseminários à reuniões de decisão. Algumas facilidades, em especial a manipulação cooperativa de documentos multimídia/hipermídia, não são encontradas nos protótipos e produtos comerciais hoje disponíveis, embora sejam previstas e solicitadas pelos padrões ITU-T [F.730].

Uma versão inicial do TVS se encontra operacional no ambiente OpenWindows de estações SUN Microsystems, interligadas por uma rede Ethernet usando o protocolo TCP/IP. A codificação de vídeo é realizada por software. Pretende-se brevemente realizar esta tarefa por hardware específico para aumentar o desempenho.

Como trabalhos futuros, espera-se implementar a operação de gravação de uma sessão de videoconferência, introduzir mecanismos de segurança, inexistentes na versão atual, além de adaptar o sistema para uso em rede ATM.

Referências

- [F.701] Comité Consultatif International de Télégraphique et Téléphonie - “*Teleconference Service*” - CCITT Recommendation F.710, from CCITT Blue Book. ITU-T Recommendation F.701.
- [F.730] International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector - “Telematic, Data Transmission, ISDN Broadband, Universal, Personal Communications and Teleconference Services: Operation and Quality of Service - Videoconference Service - General” - ITU-T Recommendation F.730, August 1992
- [Fari 92] Faria, A.L.A.; - “Implementação do Mecanismo de Controle de Acesso por Detecção de Silêncio em um Sistema de Teleconferência” - Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica / PUC-Rio, 1992
- [Fluc 95] Fluckiger, F. - “Understanding Networked Multimedia - Applications and Technology” - Prentice Hall, 1995
- [Fred 94] Frederick, R. - “Experiences with real-time software video compression” - Xerox PARC, 1994.
- [G.711] Comité Consultatif International de Télégraphique et Téléphonie - “Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequencies” - CCITT Recommendation G.711, from CCITT Blue Book.
- [H.200] International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector - “Line Transmission of non-Telephone Signals - *Framework for Recommendations for Audiovisual Services*” - ITU-T Recommendation H.200, March 1993.
- [H.221] International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector - “Line Transmission of non-Telephone Signals - Frame Structure for a 64 to 1920 kbit/s Channel in Audiovisual Teleservices” - ITU-T Recommendation H.221, March 1993.
- [H.261] International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector - “Line Transmission of non-Telephone Signals - Video Codec for Audiovisual Services at p×64 Kbit/s” - ITU-T Recommendation H.261, March 1993.
- [Draft H.263] International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector - “Line Transmission of non-Telephone Signals - *Video Coding for Low Bitrate Communications*” - Draft ITU-T Recommendation H.263, July 1995.
- [Levy 93] Levy, C.H. - “IUP/LED: Uma Ferramenta Portátil de Interface com o Usuário” - Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática / PUC-Rio, 1993.
- [McJa 95] McCane, S. Jacobson, V. - “vic: A Flexible Framework for Packet Video” - ACM Multimedia 95, San Francisco, CA, November 1995.
- [MHEG 95] MHEG - Information Technology - “Coded Representation of Multimedia and Hypermedia Information Objects - Part 1: Base Notation”, Committee Draft ISO/IEC, 1995.
- [MuSC 95] Muchaluat, D.; Soares, L.F.G.; Casanova, M.A. - “Browsing in a Hypermedia System with Nested Composite Nodes” - Monografias em Ciência da Computação MCC23 - DI / PUC-Rio, 1995
- [Park 95] Parker, T. - “Cornell Welcome Page - <http://cu-seeme.cornell.edu/>” - Cornell University.
- [RTP 94] Schulzrine, H.; Casner, S.; Jacobson, V.; Frederick, R. - “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications” - Internet Draft ietf-avt-rtsp-05, July 1994.
- [Schn 95] Schneier B. “Applied Cryptography” - 2nd Edition - John Willey, Novembro de 1995.
- [SoMB 88] Soares, L.F.G.; Martins, S. de L.; Bastos, T.L.P. - “Lan Based Real Time Audio-Graphics Conferencing System, General Overview” - CCR066 TR Rio Scientific Center-IBM Brasil, Novembro de 1988.
- [SoCR 95] Soares, L.F.G.; Casanova, M.A.; Rodriguez, N.L.R. - “Nested Composite Nodes and Version Control in an Open Hypermedia System” - Information Systems Vol 20, No. 6, pp. 501-519, 1995.
- [STCN 92] Soares, L.F.G.; Tucherman, L.; Casanova, M.A.; Nunes, P.R.R.L. - “Fundamentos de Sistemas Multimídia” - VIII Escola de Computação, Gramado, 1992.
- [SzVe 93] Szyperski, C. Ventre, G. - “A Characterization of Multi-Party Interactive Multimedia Applications” - International Computer Science Institute TR-93-006, January 1993.
- [Hype 95] Soares, L.F.G. at alii - “HyperProp - Uma visão geral” - I Workshop sobre Sistemas Multimídia Distribuídos, São Carlos, SP, Julho de 1995.
- [Turl 93] Turletti, T. - “A H.261 Software Codec for Videoconferencing over the Internet” - INRIA Research Report, No. 1834, January 1993.
- [Turl 95] Turletti, T. - “Contrôle de Transmission pour Logiciel de Vidéoconférence sur l'Internet” - Thèse de Doctorat, L'Université de Nice - Sophia Antipolis, Avril 1995.