

HyperProp: Uma Visão Geral

F. Amorim - famorim@inf.puc-rio.br

M. Barria - @inf.puc-rio.br

T. V. Batista - thais@inf.puc-rio.br

L. F. G. Soares - lfgs@inf.puc-rio.br

M. A. Casanova - casanova@vnet.ibm.com

M. V. Nunes - mdgvnune@icmsc.sc.usp.br

G.L. Souza - guido@inf.puc-rio.br

R. Vallejos - reinaldo@elo.utfsm.cl

S. Colcher - colcher@inf.puc-rio.br

D. Muchaluat - debora@inf.puc-rio.br

M. G. Pimentel - mgp@icmsc.sc.usp.br

N. L. R. Rodriguez - noemi@inf.puc-rio.br

R. C. Uchoa - rodrigo@inf.puc-rio.br

J. - jauvane@inf.puc-rio.br

F. Costa - fcosta@inf.puc-rio.br

PUC-Rio

D. Informática

UFRN

D. Informática

USP-SC

ICMSC

IBM - Brasil

CC-Rio

UTFSM

D. Eletrônica

Resumo

Os sistemas hipermídia existentes foram desenvolvidos como uma aplicação única e auto-contida, fazendo com que sejam especializados e difíceis de serem reutilizados em outras aplicações. De forma a resolver o problema, HyperProp apresenta uma arquitetura em camadas para sistemas hipermídia. HyperProp provê não apenas um modelo conceitual de dados, como também uma interface orientada a objetos, permitindo uma independência da plataforma final de exibição. Estes dois componentes combinados vão fornecer uma ferramenta capaz não só de possibilitar a construção de sistemas hipermídia monolíticos, como também de introduzir características hipermídia em uma aplicação qualquer.

A implementação de sistemas hipermídia multi-usuários baseados em uma única estação de trabalho dificilmente vai permitir a apresentação das várias mídias em tempo real. Este requisito exige que o modelo hipermídia possa ser construído em uma arquitetura distribuída. A exigência de uma arquitetura distribuída vem também do fato que muitas aplicações serão desenvolvidas para estações heterogêneas que serão interconectadas de forma a oferecerem serviços multimídia. Por esses fatos, a implementação do sistema HyperProp em uma arquitetura distribuída é um dos objetivos deste projeto.

Ainda dentro do projeto, várias aplicações multimídias são investigadas, com o objetivo tanto de se levantar requisitos para a construção do HyperProp, como também de validá-lo. Dentre essas aplicações pode-se citar: sistemas de suporte a projetos de software, sistemas de instrução automatizada, sistemas de teleconferência, sistemas de correio eletrônico e video telefonia, e sistemas de informação histórico-culturais multimídia.

1 - Introdução

Serviços multimídia têm sido incorporados em várias áreas. Entre eles podemos citar: sistemas de educação e treinamento, sistemas para automação de escritório, sistemas de informação, pontos de vendas, etc. Neste contexto, muitas aplicações multimídia serão construídas para plataformas heterogêneas, e muitas aplicações oferecerão seus serviços através da interconexão de plataformas diversas. Estes serviços usarão uma grande quantidade de objetos estruturados residentes em estações, armazenados em meios digitais, ou recuperados de fontes remotas através de redes. Uma vez que estes objetos representarão um investimento significativo, torna-se imperativo que esta informação permaneça disponível e não seja perdida pela incompatibilidade de estruturas de dados usadas nas diversas aplicações e, desta forma, que os objetos possam ser reusados.

Os sistemas hipermídia existentes foram desenvolvidos como uma aplicação única e auto-contida, fazendo com que sejam especializados e difíceis de serem reutilizados em outras aplicações. Muito do esforço empregado na construção de sistemas hipermídia seguiu esta direção, com exceções dignas de menção, como os sistemas NEPTUNE, HyperBase, MultiCard, Hyperform e o sistema HyperProp, objeto deste e outros artigos deste Anais.

HyperProp provê não apenas um modelo conceitual de dados hipermídia, o Nested Context Model (NCM), como uma arquitetura aberta, cujo modelo de interface separa os componentes de dados e de exibição dos objetos, permitindo a construção de interfaces independentes da plataforma final de exibição. Estes dois componentes combinados vão fornecer uma ferramenta capaz não só de possibilitar a construção de sistemas hipermídia monolíticos, como também de introduzir características hipermídia a uma aplicação qualquer.

A estruturação do sistema em camadas possibilita a flexibilidade adicional de oferecer diferentes níveis de interface, utilizadas pelas aplicações conforme suas necessidades. Ela vai permitir ainda que os mecanismos de armazenamento possam ser adaptados aos requisitos de eficiência e tamanho impostos por uma aplicação particular.

A obediência à proposta de padrão MHEG permitirá ao sistema intercambiar seus objetos pelas mais diversas aplicações multimídia e hipermídia que obedeçam ao padrão, além, é claro, de permitir a reutilização de objetos gerados por estas aplicações.

Várias aplicações são investigadas, dentro do projeto, de forma a levantar requisitos para a construção do sistema HyperProp, bem como para sua validação. Dentre as aplicações investigadas pode-se citar: sistemas de suporte a projetos de software, sistemas de instrução automatizada, sistemas de teleconferência, sistemas de correio eletrônico e video telefonia, e sistemas de informação histórico-culturais multimídia. Estas aplicações podem fazer uso de uma série de bibliotecas de serviços de suporte à camada de aplicação, entre as quais pode-se citar: biblioteca de interfaces, sistemas de autoria, sistemas para navegação automática, serviços de suporte à cooperação, etc.

2 - Histórico

As origens do projeto HyperProp encontram-se no início dos anos 80, quando foi criado no Departamento de Informática da PUC-Rio o Grupo de Redes de Computadores, responsável pelo projeto REDPUC junto à Embratel e o CPqD da Telebrás. Em 1982, como resultado do projeto, foi apresentada à comunidade, na feira da SUCESU, a primeira rede local nacional e uma das primeiras redes mundiais com transmissão a uma taxa de 10 Mbps. Em alusão aos nós da rede, tinha-se como lema: “A REDPUC é feita por Nós”.

A continuidade das pesquisas voltou-se então para a integração de serviços de voz e texto na rede, resultando em 1985 (prêmio da SUCESU 95) na primeira rede nacional com voz e texto integrado. Foi a época do lema, em alusão à integração: “A REDPUC é feita por Nós ... e Voz”.

Devido às grandes dificuldades de pesquisa em hardware e software de mais baixo nível no país, as atenções do grupo voltaram-se para o desenvolvimento de aplicações multimídia, nesta época limitando-se a apenas voz, texto e imagem gráfica. Muito trabalho foi assim dedicado na construção de uma base para o desenvolvimento das aplicações integradas. Com base na estrutura criada, algumas aplicações simplificadas foram implementadas (correio eletrônico, sistema de telefonia e teleconferência). O desenvolvimento das aplicações logo mostrou a necessidade da formalização do tratamento de documentos multimídia, uma das partes mais difíceis, senão a mais difícil, no desenvolvimento das aplicações. A ligeira mudança de enfoque trouxe um novo parceiro para o projeto, o Centro Científico Rio da IBM Brasil.

Com a parceria entre a PUC-Rio e a IBM Brasil, as atividades de pesquisa do projeto HyperProp, propriamente dito, tiveram início em 1990. No final de 1991, já se dispunha, em funcionamento, do primeiro protótipo do sistema HyperProp, ainda monousuário e bem simplificado, mas já incorporando texto, gráfico e voz. No ano de 1992, foram introduzidas no modelo conceitual, denominado Nested Context Model - NCM, facilidades de navegação e controle de versões, embora ainda de forma simplificada. Uma implementação, ainda não distribuída, do modelo foi iniciada em fins de 1992. A especificação inicial de uma arquitetura distribuída para o sistema, incorporando o padrão MHEG para intercâmbio de objetos multimídia, teve início no começo de 1993. Neste ano, o mecanismo de controle de versão, iniciado em 1992, foi ampliado e definitivamente incorporado ao NCM. No final de 1993 e início de 1994, facilidades para apoio a trabalho cooperativo foram também incorporadas ao modelo. Ainda em 1993 foi concluída a primeira aplicação sobre o sistema HyperProp (sobre o primeiro protótipo): um Sistema de Auxílio ao Treinamento de Fala para Deficientes Auditivos. Em 1994 iniciou-se o estudo e especificação de um *browser* para os nós de composição do NCM (contexto do usuário, contexto de versões, base privada, hyperbase pública e trilha). Iniciou-se também em 1994 a definição de um modelo de apresentação para os objetos HyperProp, levando em conta todos os aspectos de sincronismo temporal e espacial de uma apresentação. A especificação de uma arquitetura distribuída para o sistema também ganhou grande impulso no ano de 1994. Também neste ano, foi dada a partida ao desenvolvimento de

uma aplicação de correio eletrônico multimídia/hipermídia. Os vários resultados encontram-se documentados nas diversas teses e artigos publicados, relacionadas ao final desse artigo.

No final de 1994, novos parceiros se incorporaram ao projeto, que passava agora a contar com o patrocínio do projeto ProTeM II do CNPq. Sem dúvida a incorporação dos novos parceiros e o apoio dado pelo ProTeM II deram nova dimensão ao projeto. Juntavam-se ao Departamento de Informática da PUC-Rio e ao Centro Científico Rio da IBM Brasil, o Instituto de Ciências Matemáticas da USP-SC, o Departamento de Informática e Matemática Aplicada da UFRN e o Departamento de Eletrônica da Universidade Técnico Federico Santa Maria do Chile.

Atualmente, os diversos pesquisadores envolvidos no projeto vêm se concentrando em subprojetos específicos do sistema HyperProp e de sua aplicação, dentre os quais podemos listar:

1. Modelo Conceitual de Hiperdocumentos Multimídia: Especificação e Implementação.
2. Ambientes para Armazenamento Persistente de Documentos.
3. Ambientes de Desenvolvimento de Interfaces para Sistemas Hiperemídia.
4. Aplicações Multimídia / Hiperemídia Distribuídas.
5. Sistemas Hiperemídia na Construção de Ambientes de Instrução Automatizada.
6. Avaliação de Desempenho de Sistemas Multimídia Distribuídos.

3 - O Projeto HyperProp

3.1 - Objetivos

Um ponto constante em quase todas aplicações multimídia é a necessidade do tratamento adequado de documentos. Para tanto, considerou-se fundamental a construção de uma máquina virtual, denominada HyperProp, cuja implementação é o objeto principal do projeto. No caso específico, o ambiente de implementação é uma rede de alta velocidade, que reúne estações de trabalho de diversas capacidades e das mais diversas plataformas, de acordo com as funções a elas atribuídas, e as facilidades das diversas mídias nelas disponíveis.

Os objetivos do projeto, resumidamente, são:

1. especificação formal de um modelo conceitual para a estrutura de um hiperdocumento multimídia;
2. especificação formal de um modelo conceitual para a apresentação de um hiperdocumento multimídia;
3. construção de um protótipo da máquina hiperdocumento multimídia HyperProp, baseada nos modelos especificados;

4. especificação e desenvolvimento de um ambiente de autoria e folheamento;
5. especificação e implementação de protótipos de sistemas tutores;
6. especificação e desenvolvimento de um sistema de correio eletrônico multimídia/hipermídia;
7. especificação de um sistema de video telefonia;
8. especificação do tratamento de documentos multimídia/hipermídia em sistemas de teleconferência;
9. validação do sistema HyperProp através da implementação de aplicações (4 a 8);
10. especificação final de uma arquitetura para o sistema, a partir dos subsídios levantados em (4).
11. especificação e início de implementação de um protótipo HyperProp, como um sistema distribuído, em uma rede local.

3.2 - Requisitos do Sistema HyperProp

Diversos requisitos nortearam o desenvolvimento do modelo conceitual (NCM) para documentos hipermídia do sistema HyperProp e da sua estrutura hipermídia em camadas:

- O sistema deve operar independente da plataforma: tipo de máquina, sistema operacional, dispositivos de exibição, ferramentas e redes.
- O sistema deve ser independente das aplicações e poder ser estendido para utilização por diversas aplicações.
- O sistema deve prover uma arquitetura aberta, permitindo às aplicações diversos níveis de interface.
- O número típico de usuários é muito grande.
- Os dados são objetos longos espalhados em várias máquinas.
- O sistema (excluídos os mecanismos de consulta) não tem conhecimento do conteúdo dos dados armazenados, exceto de seu tipo.
- Os objetos intercambiáveis devem seguir um padrão internacional, possibilitando não só a utilização de seus objetos em outros sistemas, mas a utilização de objetos gerados por outros sistemas.
- O sistema deve suportar interatividade em tempo real, incluindo a aquisição de dados multimídia.

A implementação de sistemas hipermídia multi-usuários baseados em uma única estação de trabalho dificilmente vai permitir a apresentação de áudio e vídeo em tempo real, devido ao tamanho desses objetos multimídia, que os obrigam a ficarem residentes em dispositivos de armazenamento com pequena faixa passante de entrada e saída.

- O requisito de tempo real vai exigir que o modelo hipermídia possa ser construído em uma arquitetura distribuída.

A exigência de uma arquitetura distribuída vem não apenas do fato mencionado acima, mas também do fato que muitas aplicações serão desenvolvidas para estações heterogêneas que serão interconectadas para oferecerem serviços multimídia. Como exemplo, pode-se citar: trabalho cooperativo, sistemas de mensagem multimídia, videofonia, publicações e livros eletrônicos, sistemas telemáticos audiovisuais para treinamento e educação, jogos e simulação, pontos de vendas, além de novas classes de aplicação multimídia.

3.3 - O Modelo Conceitual

A definição de documentos hipermídia no NCM (Nested Context Model), modelo conceitual do sistema HyperProp, é baseada nos conceitos usuais de nós e elos. *Nós* são fragmentos de informação e *elos* são usados para a interconexão de nós que mantêm alguma relação.

O modelo distingue duas classes básicas de nós, chamados de nós terminais e nós de composição, sendo estes últimos o ponto central do modelo. A Figura 1 ilustra a hierarquia de classes proposta.

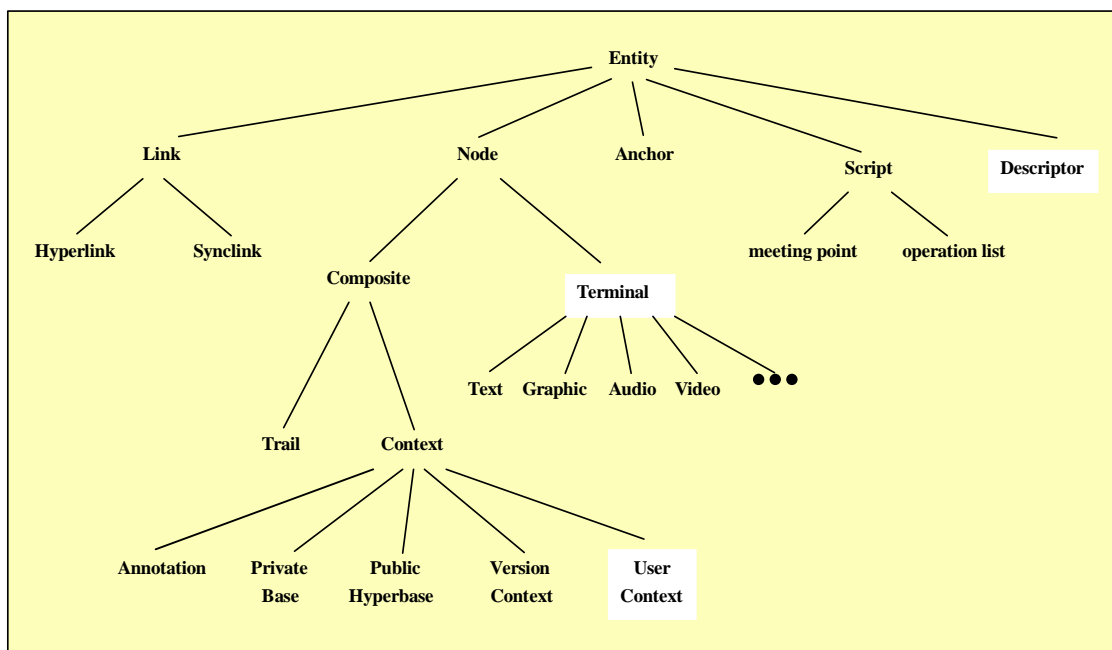


Figura 1 - Hierarquia de Classes do NCM

As classes necessárias para a definição do modelo básico são: entity, node, anchor, link, terminal node e suas subclasses, composite node, context node e user context node. Uma

discussão sobre este modelo básico é encontrada no artigo “ ” deste Anais. Nesse mesmo artigo, também são apresentadas as extensões para acomodar a noção de estruturas virtuais (conteúdos de nós, âncoras e elos), isto é, estruturas que resultam da avaliação de alguma expressão, extensões para controle de versões e para trabalho cooperativo, representadas pelas classes: *annotation*, *private base*, *public hyperbase* e *version context*.

O modelo conceitual estrutural básico do NCM trata o hiperdocumento multimídia como uma estrutura de dados passiva. Um sistema hipermídia deve, no entanto, fornecer ferramentas para que o usuário possa ter acesso à estrutura da rede, exibí-la, manipulá-la (incluindo a definição da sincronização temporal e espacial entre seus vários objetos) e navegar por ela. Esta funcionalidade é capturada pelo modelo de apresentação, composto pelas classes: *hyperlink*, *synclink*, *script* e suas subclasses, *descriptor* e *trail*. Uma discussão sobre essas classes é encontrada no artigo “ ” deste Anais.

Exibidores (*browsers*) para nós de contexto apresentam uma visão pictorial do hiperdocumento (ou parte dele). Navegação em browsers é uma outra forma pré-definida de navegação no NCM. Browsers para nós de composição ajudam a resolver o problema, tão comum em sistemas hipermídia, de desorientação espacial do usuário. Para tanto, uma visão de todo o documento, conforme o foco momentâneo e o nível de detalhes desejado, é apresentada ao usuário.

O problema da desorientação temporal é minorado no modelo através do uso de trilhas. O sistema fornece suporte à navegação em uma trilha (objeto *trail*), possibilitando a usuários seguir uma trilha previamente estabelecida em uma sessão de trabalho anterior. Depois de ativar uma trilha para navegação, um usuário pode acionar o comando *next*, que automaticamente selecionará o próximo item da lista ordenada dos componentes de uma trilha. O comando *previous* seleciona o componente anterior, enquanto o comando *home* seleciona o primeiro componente da lista. Trilhas são úteis, entre outras coisas, na linearização de um hiperdocumento. Uma trilha especial — *system private base trail* — grava toda a navegação realizada durante uma sessão de trabalho, de forma que o usuário pode mover-se aleatoriamente de nó a nó e retornar, passo a passo. Note que esta é uma das maneiras de se criar uma trilha. Browsers e trilhas são assuntos do artigo “ ” deste Anais.

3.4 - Arquitetura do Sistema HyperProp

A arquitetura do sistema HyperProp possui três camadas e quatro interfaces, como pode ser visto na Figura 2.

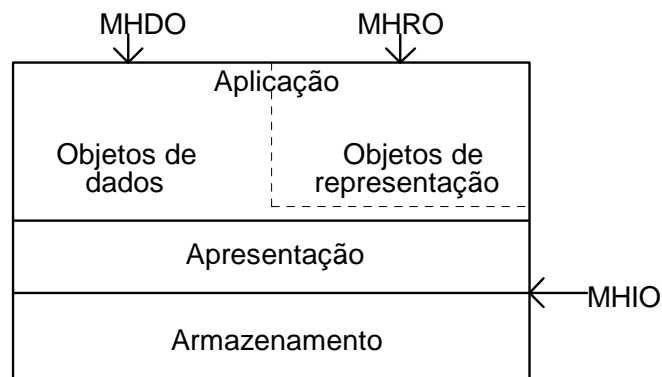


Figura 2 - Estrutura em Camadas do Sistema HyperProp

A Camada de Armazenamento oferece o armazenamento persistente para objetos multimídia que podem ser compartilhados por várias aplicações. Esta camada é responsável pela gerência dos diversos dispositivos de armazenamento (incluindo entre eles os servidores especiais de redes), de forma a oferecer, entre outras funções, a continuidade de dados, especialmente importante para as mídias de áudio e vídeo. Ela também é responsável pela organização da informação segundo uma hierarquia de classes, fornecendo um modelo de documentos multimídia orientado a objeto, o NCM.

A camada de armazenamento oferece uma interface para o intercâmbio de dados hipermídia chamada *multimedia hypermedia interchangeable objects interface* (MHIO Interface). A Interface MHIO é a chave para provisão de compatibilidade entre aplicações e equipamentos, uma vez que ela estabelece dois pontos aos quais as camadas de apresentação e armazenamento devem obedecer: (1) a representação codificada para os objetos multimídia intercambiáveis, que corresponde à proposta de padrão ISO MHEG; e (2) as mensagens, requisições, confirmações, etc, usadas por estas camadas. Estes dois pontos são objeto da série de recomendações T.170 do ITU-T, que deverá incluir o padrão MHEG como sua recomendação T.171.

Os componentes do modelo de dados da Camada de Aplicação são os objetos usuais de um sistema hipermídia, isto é, nós e elos. Esta camada introduz duas novas idéias na arquitetura de aplicações interativas. A primeira idéia é a definição de *objeto de dados*, criado como um novo objeto, ou como uma instância local de objetos de armazenamento, uma versão daqueles objetos, com novos atributos, dependentes da aplicação. Ao contrário dos objetos de armazenamento, que contêm apenas atributos, os objetos de dados contêm métodos para manipular os novos atributos, além de métodos para manipulação da informação originalmente pertencente ao objeto de armazenamento, se for o caso. A segunda idéia diz respeito à representação dos objetos de dados. Ela consta de uma abstração de nível ainda mais alto do objeto multimídia, o *objeto de representação*, cuja classe é uma especialização da classe objeto de dados. Essa nova classe incorpora novos métodos para exibição do atributo conteúdo de dados multimídia, além de converter o atributo conteúdo de dados para um formato mais apropriado, conforme definido pelos métodos que o manipulam. Um objeto de representação é, desta forma, uma nova versão de um objeto de armazenamento, derivada de um objeto de dados.

A camada de aplicação deverá implementar as facilidades de navegação e oferecer, para cada tipo de objeto, representações alternativas, especializadas para classes diferentes de aplicações, criando uma base de dados privada por usuário. Além das funções básicas de navegação e de apresentação dos objetos, caberá também à camada de aplicação o controle de versões destas bases privadas.

As aplicações que desejam ter incorporadas características hipermídia, ou visam a construção de sistemas hipermídia monolíticos, podem fazer uso das interfaces MHRO (Multimedia Hypermedia Representation Object) ou MHDO (Multimedia Hypermedia Data Object), além da já mencionada MHIO.

Cabe à Camada de Apresentação a conversão do formato de dados dos objetos usados por uma aplicação e plataforma particular para o formato padrão definido pela interface MHIO, e vice versa. Deve-se ressaltar que esta camada não implementa qualquer método associado aos objetos de dados.

Resumidamente, para ganhar acesso a um dado multimídia, uma aplicação deve, de forma simplificada, proceder como se segue. Através de facilidades navegacionais do sistema hipermídia, ela identifica indiretamente o objeto persistente que contém o dado desejado; a partir desta informação ela requisita a criação de um objeto de representação (versão) correspondente.

A implementação do HyperProp em uma arquitetura cliente-servidor pode ter várias opções, dependendo principalmente se a própria implementação do servidor será distribuída ou não. As Figuras 3 e 4 apresentam de uma forma genérica o modelo cliente e servidor.

Nas estações clientes o nível de aplicação e apresentação é exatamente o mencionado na seção anterior, com uma pequena diferença: o nível de apresentação deverá também ser capaz de desmontar e remontar os objetos multimídia especificados pela interface MHIO.

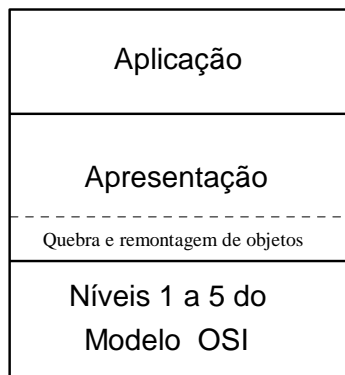


Figura 3 - Arquitetura do cliente

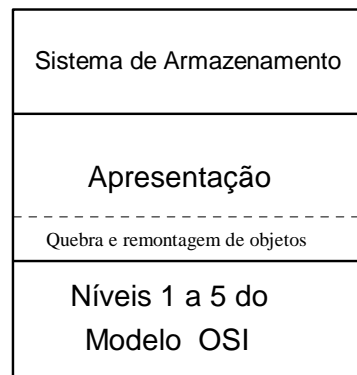


Figura 4 - Arquitetura do servidor

Várias são as arquiteturas distribuídas possíveis, das quais salientam-se duas. A primeira, arquitetura com um único servidor, é o caso mais simples. Nela, a troca de dados entre

cliente e servidor pode ser o objeto multimídia inteiro, praticamente eliminando a necessidade da subcamada para quebra e remontagem de objetos. Neste caso simples, o nível de apresentação do servidor deve ser capaz de receber objetos MHEG e traduzí-los para o sistema de armazenamento, que pode ser um sistema de banco de dados qualquer, que atenda aos requisitos de tempo real e dimensão dos dados multimídia das aplicações.

Devido a pequena banda passante oferecida pelos dispositivos de armazenamento, pode ser que os dados de um objeto multimídia tenham de ser distribuídos por vários sistemas de armazenamento, de forma que a recuperação em paralelo possa contornar as dificuldades da recuperação em tempo real de tais objetos. Uma segunda arquitetura possível, para um sistema com tais características, é a arquitetura com servidor distribuído.

Entre estes dois extremos de arquitetura pode-se imaginar várias outras opções, dependendo principalmente da definição de qual é a estrutura de dados trocada entre as camadas de apresentação, do cliente e do servidor. O artigo “ ” deste Anais, traz uma discussão sobre a arquitetura do sistema.

A versão corrente do sistema HyperProp (segunda versão) inclui as facilidades de controle de versão e trabalho cooperativo, mas ainda nenhuma das facilidades do modelo de apresentação. Os objetos trocados no modelo não seguem o padrão MHEG, e não foi seguida a estruturação em camadas apresentada nessa seção. Uma terceira versão do modelo, prevista para o final de 1995, deve resolver algumas das limitações citadas. Embora ainda não preveja o uso de objetos MHEG e nem a utilização de todo o modelo de apresentação, a implementação já deve seguir a arquitetura cliente-servidor, com servidor centralizado, apresentada. Nessa versão, os browsers e as trilhas já estarão incorporados.

Uma quarta versão do sistema é prevista para o final de 1996, quando então teremos todo o NCM implementado na arquitetura cliente-servidor (centralizado), com troca de objetos MHEG. No final de 1996 espera-se estar bastante adiantada a especificação da versão cinco, com todas as facilidades do NCM implementadas em uma arquitetura com servidor distribuído.

3.5 - Aplicações

Acima das camadas de aplicação mostradas nas Figuras 2 a 4, residirão as aplicações usuárias dos serviços de tratamento de documentos multimídia oferecidos pelo HyperProp. Dentre as aplicações pretende-se investigar: ambientes de instrução automatizada, subprojeto em desenvolvimento na USP-SC, sistemas de teleconferência, sistemas de correio eletrônico e video telefonia, e sistemas de informação histórico-culturais multimídia. Essas aplicações servirão para a validação do NCM e de toda a arquitetura HyperProp.

Ainda em 1993 foi concluída a primeira aplicação sobre o sistema HyperProp (sobre o primeiro protótipo): um Sistema de Auxílio ao Treinamento de Fala para Deficientes Auditivos [Juca93]. A primeira versão de um sistema de correio eletrônico multimídia, o

SMHMS, sobre o HyperProp (segunda versão) foi concluída em 1995 [Soar95]. Em fase final se encontra a implementação do SMHMS sobre o WWW. A implementação dessa aplicação de correio eletrônico em dois modelos conceituais diferentes tem enriquecido muito a definição do NCM. O artigo “ ” deste Anais, traz uma discussão sobre o SMHMS.

4 - Conclusão

O projeto HyperProp foi proposto dentro do ProTeM-CC na sua segunda chamada de projetos e aprovado para o período de dezembro de 1994 a dezembro de 1996.

Este artigo teve como meta realizar uma descrição geral do projeto, fazendo chamadas a outros artigos dos Anais deste Workshop para um maior aprofundamento dos temas. Um histórico do projeto foi apresentado, bem como o seu estado atual e a previsão do seu estado ao final de 1996. Maiores detalhes sobre o projeto podem ser obtidos nos diversos trabalhos, relacionados nas referências.

Referências (produção científica dentro do projeto, desde seu início em 1989)

a. Teses e Dissertações

- [Rodr93] Noemi de la Rocque Rodriguez; Tese de Doutorado; PUC-Rio - Depto. de Informática; "Um Sistema de Tipos Orientado por Objetos, Incluindo Persistência". Janeiro de 1993.
- [Mart88] Simone de Lima Martins; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Depto. de Informática; "Especificação de Serviços de Voz e Dados Integrados em uma Rede Local de Computadores". Janeiro de 1988.
- [Bast89] Taís Leite Pimenta Bastos; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Depto. de Engenharia Elétrica; "LANBRETA-GCS - Um Sistema de Conferência Audio-gráfica para um Ambiente de Rede Local". Abril de 1989.
- [Cord89] Roberto César Serra Cordeiro; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Depto. de Engenharia Elétrica; "LANBRETA-DTS - Um Sistema de Telefonia para um Ambiente de Rede Local". Abril de 1989.
- [Ribe89] Nelson Ramos Ribeiro; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Departamento de Engenharia Elétrica; "LANBRETA-DMS - Um Sistema Integrado de Voz e Dados para Troca de Mensagens em um Ambiente de Redes Locais de Computadores". Agosto de 1989.
- [Fern90] Iara Regina de Azevedo Fernandes; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Departamento de Informática; "Um Editor de Documentos para um Sistema Cooperativo com Serviços Integrados de Voz e Dados". 1990.
- [Autr90] Eduardo Autran; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Departamento de Engenharia Elétrica; "Especificação Funcional de um Editor de Voz para um Sistema com Serviços Integrados em um Ambiente de Rede Local". Setembro de 1990.
- [Furt91] Alberto Antônio Bittencourt Furtado; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Departamento de Engenharia Elétrica; "Servidor de Arquivos de Voz: Estudo Preliminar do Tratamento em Tempo Real". Março de 1991.

- [Fili91] Denise Del Re Filippo; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Depto. de Engenharia Elétrica; "Proposta de um Sistema de Tratamento de Mensagens Multimídia para um Ambiente de Rede Local". Abril 1991.
- [Sous91] Guido Lemos de Sousa; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Depto. de Informática; "Um Editor de Voz para Sistemas Hipermídia". Agosto de 1991.
- [Fari92] Ana Lúcia Araújo de Faria; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Depto. de Engenharia Elétrica; "Implementação do Mecanismo de Controle de Acesso por Detecção de Silêncio em um Sistema de Teleconferência". Março de 1992.
- [Lima92] Maria Júlia Dias de Lima; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Depto. de Informática; "O Modelo de Contextos Aninhados para Documentos Multimídia: Definição e Implementação". Abril de 1992.
- [Juca93] Paulo Jucá; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Depto. de Informática; "Treinamento da Fala - Uma Aplicação Multimídia Usando o Modelo de Contextos Aninhados". Agosto de 1993.
- [Colc93] Sérgio Colcher; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Depto. de Informática; "Uma Arquitetura Aberta para Sistemas Hipermídia". Agosto de 1993.
- [Bati94] Thaís Vasconcelos Batista; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Depto. de Informática; "Controle de versões no Modelo Hipermídia de Contextos Aninhados". Março de 1994.
- [Soar95] Ricardo Mesquita Soares; Tese de Mestrado; PUC-Rio - Departamento de Informática; "Correio Eletrônico Multimídia/Hipermídia". Maio de 1995.

b. Livros.

- [Soar90] Modelagem e Simulação Discreta de Sistemas; L.F.G.Soares; VII Escola de Computação, Sao Paulo. Julho de 1990.
- [Soar91] Modelagem e Simulação Discreta de Sistema; L.F.G.Soares; Editora Campus. (Edição aumentada do livro publicado na VII Escola de Computação). 1991.
- [SCTN92] Fundamentos de Sistemas Multimídia; L.F.G.Soares; M.A.Casanova; L.Tucherman; P.R.R.L.Nunes; VIII Escola de Computação. Agosto de 1992.
- [SoCS95] Redes de Computadores: Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM; L.F.G. Soares; S. Colcher; G.L. Sousa; *Editora Campus*. 1995.

c. Revistas

- [RoIR93] Types in School. N.L.R. Rodriguez; R. Ierusalimschy; J.L. Rangel. *SIGPLAN Notices*, 8(8). 1993.
- [SoCC93] An Architecture for Hypermedia Systems Using MHEG Standard Objects Interchange; L.F.G Soares; M.A. Casanova; S.Colcher; *Information Services & Use*, vol.13, no.2. IOS Press. Amstredam, The Netherlands. 1993; pp 131-139.
- [SoCR95] Nested Composite Nodes and Version Control in a Open Hypermedia System; L.F.G. Soares; M.A. Casanova; N.R. Rodriguez; *Information Systems Journal; Special issue on Multimedia Information Systems*. Aceito para publicação.
- [SoCR94] Modelo de Contextos Aninhados - Um Modelo Conceitual Hipermídia; L.F.G. Soares; M.A. Casanova; N.R. Rodriguez; *Revista Brasileira de Computação*, Rio de Janeiro. Janeiro de 1994.

d. Congressos

- [SoMB89] LAN Based Real Time Audio - Graphics Conferencing System; L.F.G. Soares, S.L. Martins, T.P.L. Bastos; Proceedings of INFOCOM 89, Ontario - Canada, Abril de 1989.
- [SoMa90] LAN - based Real - time Audio / Data Systems; L.F.G. Soares e S.L. Martins; Proceedings of International Conference on Office Information Systems, Cambridge, MA, Abril de 1990.
- [Casa91] The Nested Context Model for Hyperdocuments; M.A. Casanova, L. Tucherman, M.J. Lima, J.L. Rangel, N.R. Rodriguez, L.F.G. Soares; Proceedings of Third ACM Conference on Hypertext, San Antonio, Texas, Dezembro de 1991.
- [SoCC93] An Architecture for Hypermedia Systems Using MHEG Standard Objects Interchange; L.F.G. Soares; M.A. Casanova; S. Colcher; Proceedings of the Workshop on Hypermedia and Hypertext Standards. Amsterdam, The Netherlands. April 1993.
- [Socc94] Nested Composite Nodes and Version Control in Hypermedia Systems; L.F.G. Soares; M.A. Casanova; N.R. Rodriguez; *Proceedings of the Workshop on Versioning in Hypertext Systems*, in connection with ACM European Conference on Hypermedia Technology, Edinburgh. Setembro de 1994.
- [Soar88a] Sistema de Telefonia para um Ambiente de Rede Local com Voz e Dados Integrados; L.F.G. Soares et al. Anais do VI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Belo Horizonte - Minas Gerais. Março de 1988.
- [Soar88b] Sistema Integrado de Voz e Dados para Troca de Mensagens em um Ambiente de Redes Locais; L.F.G. Soares et al. Anais do VI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Belo Horizonte - Minas Gerais. Março de 1988.
- [SoMa88] Sistema de Conferência Audio - Gráfica para um Ambiente de Rede Local; L.F.G. Soares e S.L. Martins. Anais do VI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Belo Horizonte - Minas Gerais. Março de 1988.
- [SoMB89] Tratamento de Documentos Compartilhados em Sistemas de Teleconferência; L.F.G. Soares, S.L. Martins e T.P.L. Bastos. Anais do VII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Porto Alegre - Rio Grande do Sul. Março de 1989.
- [Casa90] Delineamento da Arquitetura de um Sistema para Processamento de Hiperdocumentos Multimídia; L.F.G. Soares, N. Rodriguez, J.L. Rangel, M.J.D. Lima, L. Tucherman, M.A. Casanova. Anais do Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, Aguas de São Pedro - São Paulo. Setembro de 1990.
- [SoMR90] Sistemas de Correio Eletrônico Multimídia; L.F.G. Soares, S.L. Martins, N.R. Ribeiro. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Automática, Belem - Pará. Setembro de 1990.
- [SoMa91] Um algoritmo para Compensação da Variação Estatística do Retardo em Redes Comutadas por Pacotes; L.F.G. Soares, S.L. Martins. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Campinas - São Paulo. Abril de 1991.
- [SoBa92] Análise de Algoritmos para Reprodução em Tempo Real de Sinal de Voz em Redes de Pacotes; L.F.G. Soares, T.L.P. Bastos. Anais do X Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Recife - Pernambuco. Abril de 1992.
- [RoIR93] Conciliação de Flexibilidade e Verificação Estática de Tipos em Linguagens Orientadas a Objetos; N.L.R. Rodriguez; R. Ierusalimsky; J.L. Rangel. Anais do Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, Rio de Janeiro. Outubro de 1993.
- [SoCa93] Modelo de Contextos Aninhados com Intercâmbio de Objetos MHEG em Arquiteturas Distribuídas; L.F.G. Soares; M.A. Casanova; Anais do XI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Campinas. Maio de 1993.

- [SoCR93a] Um Modelo Conceitual Hipermídia com Nós de Composição e Controle de Versões; L.F.G. Soares; M.A. Casanova; N.R. Rodriguez; Anais do Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, Rio de Janeiro. Outubro de 1993.
- [Soar93] Sistema Aberto Hipermídia e Aplicações; L.F.G. Soares. *Anais do Workshop Nacional sobre Projetos Cooperativos em Informática*, Itaipava, Rio de Janeiro. Dezembro de 1993.
- [SoSo94] SMHMS: Um Correio Eletrônico Multimídia/Hipermídia; R.M. Soares; L.F.G. Soares. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*, Curitiba, Paraná. Maio de 1994.
- [JuSo94] Uma Ferramenta de Auxílio ao Treinamento da Fala de Deficientes Auditivos; P.P. Jucá; L.F.G. Soares; A. Alcaim. *Anais do XXI Seminário Integrado de Software e Hardware*, Caxambu, Minas Gerais. Agosto de 1994; pp. 649-661.
- [BaVS95] Análise de Desempenho de um Multiplexador de Células com Descarte de Bits; M. Barria; R. Vallejos; L.F.G. Soares. *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*, Belo Horizonte, Minas Gerais. Maio de 1995; pp. 83-101.

e. Relatórios Técnicos

- [MaSo88] "LAN Based Real Time Audio - Graphics Conferencing System - General Overview"; S.L. Martins; L.F.G. Soares. Technical Report, IBM Brasil - Rio Scientific Center, outubro de 1988.
- [Soar88c] "LAN Based Real Time Audio Systems - General Overview"; L.F.G. Soares; S.L. Martins; R.C. Cordeiro; N.R. Ribeiro. Technical Report, IBM Brasil - Rio Scientific Center, outubro de 1988.
- [BaSo92] "Análise de Algoritmos para Reprodução em Tempo Real de Voz em Redes de Pacotes"; T.P. Bastos; L.F.G. Soares. Technical Report, CCR-141, IBM Brasil - Rio Scientific Center, janeiro de 1992.
- [SoCR93b] "Tratamento de Versões em um Modelo Conceitual Hipermídia com Nós de Composição". Soares, L.F.G.; Casanova, M.A.; Rodriguez, N.L.R. Relatório Técnico PUC-Rio - Departamento de Informática. Rio de Janeiro. Maio de 1993.