

Suporte a Ambientes Virtuais Multiusuário Integrados a Sistemas de Ensino a Distância através do MPEG-4

Simone de Abreu¹
Christmas Meire Bressan^{1,3}
Regina Borges de Araújo¹
Hero G. Tsé²

{simone,bressan,regina}@dc.ufscar.br

¹UFSCar – Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Computação,
Rod. Washington Luís, Km 235, São Carlos – SP

²UNIMAR – Universidade de Marília, Faculdade de Medicina, Av. Higino Muzzi Filho, 1001,
Campus Universitário, Marília – SP

³UNOPAR – Universidade Norte do Paraná Centro Politécnico, Departamento de Engenharia
da Computação, Rua Tiete, 1208, Vila Nova, Londrina – PR

Resumo

Com a demanda crescente por cursos virtuais, através da WWW, imposta por usuários atraídos pela oportunidade de formação e/ou atualização, milhares de cursos têm surgido. O Ensino a Distância passou a ser uma das aplicações de maior potencial de utilização da Web. Entretanto, a maioria dos cursos atualmente disponibilizados na Web, não provêm experimentação, isto é, ambientes de simulação que levem os alunos a “experimentarem” os conceitos aprendidos. Isto deve-se não só às limitações da tecnologia atual de rede que suporta a Internet, mas também às limitações das ferramentas atuais no suporte a simulações. Este artigo descreve um projeto, fruto de uma parceria entre uma Instituição de Ensino pública e uma outra Instituição particular, que visa a construção de um ambiente de experimentação para um curso virtual de embriologia. Este ambiente, integrado a uma ferramenta comercial existente para ensino a distância, oferece a alunos de cursos de Medicina, oportunidades de interação e experimentação com conceitos abstratos aprendidos.

Abstract

With the increasing demand for virtual courses in the WWW, imposed by users who are attracted to the opportunity of getting a degree or even to get updated in their area, thousand of new virtual courses have emerged in the Web. Distance learning has become one of the greatest potencial application in the Web. However, most of the available courses do not provide experimentation, i.e., simulation environments which lead students to "experience" learned concepts. This is due not only to the limitations of the actual network technology which supports de Internet, but also due to the limitations of existing simulation tools. This paper describes a project - the initial result of a partnership between a public and a private Educational Institution - which aims to build experimentation environments to a virtual course on Embryology. These environments, integrated to a commercial distance learning tool, provide Medicine students opportunities to interact with and experience on abstracts concepts learned.

1 Introdução

Com a difusão de conhecimento, informação e interação proporcionada pela *World Wide Web* - WWW em grande escala, o ensino a distância - EAD promete ser uma das grandes áreas de aplicação na Web. Isto por que o EAD provê condições de atualização, especialização ou formação, para pessoas que não têm horário, não podem deslocar-se até os centros de treinamento ou ainda possuem algum tipo limitante de deficiência. Os cursos a distância encontram-se presentes na Web em grande número e hoje no Brasil, já existem várias empresas e universidades provendo cursos a distância. Desta forma a Internet torna-se um veículo poderoso no suporte ao EAD provendo vários recursos de comunicação, como a WWW, salas de bate-papo (*chats*), listas e fóruns de discussão, correio eletrônico (*e-mail*), etc.

O EAD pode ser caracterizado pela experimentação, não linearidade e assincronismo. Vários estudos, na literatura têm mostrado que ambientes de simulação promovem motivação ao aluno, mais ainda, auxiliam no ensino de alguns conceitos que são difíceis de serem expressos por meio do ensino presencial. Nesse aspecto, os Ambientes Virtuais - AVs multiusuário, onde múltiplos usuários interagem num ambiente de Realidade Virtual – RV compartilhado, surgem como uma tecnologia de suporte a simulações interativas, que integrada à multimídia oferece apoio inovador ao aluno no seu processo de aprendizado.

A RV é uma tecnologia que suporta imersão, interação e navegação, e possui um grande potencial no ensino [1] pois pode auxiliar os alunos na compreensão de conceitos complexos e abstratos. Através da tecnologia da RV, AVs podem ser criados para determinadas situações de ensino.

Tradicionalmente a linguagem VRML – *Virtual Reality Modeling Language* é utilizada na construção de AVs baseados na Web, mas apresenta várias limitações, inclusive quanto à integração de multimídia nesses ambientes, entre elas: a não implementação completa da especificação do VRML nos browsers atuais, limitação na inserção de texto no AV [4].

Como uma alternativa às limitações apresentadas pela linguagem VRML, surge o padrão MPEG-4 como uma tecnologia que suporta a integração de multimídia e AVs que, baseado na linguagem VRML, trata dos aspectos de composição, sintetização, compressão, sincronização e distribuição de objetos áudio-visuais, além de simplesmente tratar da descrição das cenas [13].

Desta forma, está em fase inicial de desenvolvimento um projeto que utiliza o padrão MPEG-4 para a construção de AVs multiusuário aplicados ao EAD via Web. O desenvolvimento deste projeto promoveu uma valiosa parceria entre uma universidade pública (Universidade Federal de São Carlos - UFSCar) e uma universidade particular (Universidade de Marília - UNIMAR), que uniram esforços para a conclusão desse projeto.

Este projeto propõe a Construção e Análise de Ambientes Virtuais Multiusuário aplicados ao Ensino de Embriologia, que justifica-se frente às limitações encontradas nos recursos estáticos usados no ensino tradicional de embriologia, como lâminas e microscópios.

Para prover a interação de múltiplos usuários no AV via Web, será utilizada a ferramenta SVRT-MM (*Shared Virtual Reality Tool Integrated to MultiMedia*), desenvolvida no Laboratório de Realidade Virtual em Rede do Departamento de Computação da UFSCar, que permite o compartilhamento de AVs integrados a multimídia por múltiplos usuários, através do padrão MPEG-4 [12].

Os AVs sendo gerados serão visualizados através de um *player* MPEG-4 que, por meio da interface MPEG-J, se comunicará com o SVRT-MM para dar suporte aos múltiplos usuários dentro do AV. O padrão MPEG-4 está ainda em fase de desenvolvimento, e o *player* (*MPEG-4 Player*), de fonte aberto é utilizado como visualizador. Sendo assim, questões referentes principalmente às interações multiusuário e integração com aplicações Java (MPEG-J) ainda

estão sendo implementadas (um outro artigo, a ser apresentado neste mesmo Simpósio, mostra a situação atual do MPEG-J).

A seção 2 caracteriza os ambientes de EAD onde as tecnologias de RV estão sendo aplicadas, bem como as limitações da integração de multimídia aos AVs. A seção 3 descreve a parceria entre a UFSCar e a UNIMAR. O padrão MPEG-4 e sua integração com a ferramenta SVRT-MM, bem como sua aplicação no EAD, são discutidos na seção 4, seguida de trabalhos relacionados, considerações finais, agradecimentos e referências bibliográficas.

2 Realidade Virtual aplicada ao Ensino a Distância

A RV pode ser definida como uma interface mais natural e poderosa de interação homem-máquina, por permitir ao usuário interação, navegação e imersão no ambiente tridimensional sintético gerado pelo computador através de canais multisensoriais, tais como, visão, audição, tato, olfato, paladar, etc [14,3].

Atualmente, várias pesquisas estão sendo feitas quanto à utilização de tecnologias de RV no EAD, uma vez que a RV mostra ter um grande potencial, principalmente no processo de experimentação de conceitos complexos e abstratos, em que os alunos aprendem através de experiências vivenciadas dentro de AVs compartilhados entre múltiplos usuários [1], como é o caso do ensino de embriologia a ser discutido na seção 4. A RV então é utilizada em situações onde o ensino tradicional não atinge o êxito esperado.

Outras justificativas para a utilização de RV no ensino incluem: promove motivação, permite múltiplas visões de objetos dentro do ambiente (de perto, de longe, de dentro); dá oportunidade para experimentação; permite que o aluno imprima seu próprio ritmo de aprendizado; encoraja a participação ativa em vez da passiva; etc, [19].

A aplicação de tecnologias de RV ao EAD se dá, através de AVs disponibilizados na Internet. Esses ambientes podem simular situações do mundo real ou imaginário que aplicados ao ensino, estimulam o aluno à interação, navegação e descoberta das características presentes no ambiente.

A linguagem VRML [8] (*Virtual Reality Modeling Language*) tem sido amplamente utilizada na modelagem e descrição de AVs destinados à Internet. Ela pode ser usada em diversas áreas de aplicação, como engenharia, visualização científica, etc., provendo a construção de objetos tridimensionais dinâmicos e interativos que podem ser integrados a multimídia. Apesar de permitir integração de multimídia no AV, a linguagem VRML não oferece resultados satisfatórios e o problema se torna ainda maior quando múltiplos usuários são inseridos dentro do AV. Isto porque nesses AVs, as ações de cada um dos usuários, representados através de avatares, são refletidas para todos os usuários, através de seu avatar, o que demanda atualização imediata e contínua das cenas que compõem o AV.

Algumas das limitações da linguagem VRML no suporte à integração de multimídia no AV são: falta de navegadores Web confiáveis e totalmente conformantes com a especificação do VRML; dificuldade de inserção de texto no ambiente; falta de mecanismos de sincronização quando há várias mídias no ambiente; limitação no tratamento de vídeo, que é trabalhado como textura de um objeto tridimensional; necessidade de carregamento completo dos arquivos de áudio e vídeo para a memória, antes de serem apresentados; etc [4].

Para suprir estas limitações encontradas na linguagem VRML, o padrão MPEG-4, padrão para codificação de objetos audiovisuais, surge como uma valiosa alternativa. Esse padrão é discutido na seção 5.

3 Uma Parceria Entre a UFSCar e a UNIMAR

Uma proposta de tornar o ensino de embriologia mais atraente aos alunos da disciplina de embriologia da Faculdade de Medicina da UNIMAR – Universidade de Marília, levou a formação de uma parceria entre a UFSCar – Universidade Federal de São Carlos, e a UNIMAR, através do Departamento de Computação da FCET - Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, como um projeto de extensão. A primeira é uma instituição pública e a segunda é uma instituição privada que atua como empresa.

Esta parceria visa o desenvolvimento do processo de visualização da dinâmica de formação de órgãos de embriões, para o ensino e diagnóstico médico na área de medicina, que resulte em contribuições acadêmicas e científicas tanto para a UFSCar quanto para a UNIMAR. Alunos de Mestrado da UFSCar, professores e alunos de Iniciação Científica das duas Instituições estão envolvidos no projeto visando integração e troca de conhecimento. O projeto visa também um fortalecimento de esquemas de parceria, que extrapolam a tradicional cooperação interinstitucional em cursos de extensão.

Este projeto mostra que é possível e viável o desenvolvimento de projetos entre instituições de cunho público e privado, e que essa parceria traz vários benefícios para ambos os lados: desde a troca de conhecimentos, formação de recursos humanos, experiência de pesquisa, até mesmo incentivo financeiro, entre outros.

4 Ambientes Virtuais Multiusuário aplicados ao Ensino de Embriologia

O ensino de embriologia exige dos alunos um grande esforço para o entendimento de uma gama de conceitos complexos e muitas vezes abstratos, como é o caso da necessidade de visualização mental dos processos do desenvolvimento embrionário, através de recursos considerados estáticos, como lâminas, microscópios, desenhos em nanquim, imagens 2D, ilustrações de livros, etc. Esses recursos estáticos, amplamente utilizados no ensino tradicional de embriologia, muitas vezes não são suficientes para passar corretamente ao aluno todo conteúdo necessário.

Tendo em vista as dificuldades encontradas no ensino tradicional de embriologia, estão sendo gerados AVs multiusuário para o ensino virtual de embriologia, cujo objetivo principal é oferecer ao aluno ambientes de interação e experimentação que complementam o ensino tradicional de embriologia.

Paralelamente à construção destes AVs, está sendo gerado um curso virtual em que todo o conteúdo programático do curso de embriologia da Faculdade de Medicina da UNIMAR, está sendo “traduzido” para a Web. A geração desse curso envolve as seguintes etapas:

1. Preparação de um roteiro preliminar de apresentação do curso para a Web, a partir das apostilas existentes no curso tradicional;
2. Definição das estratégias instrucionais a serem aplicadas (disponibilização de artigos e *white papers* da área, existentes na Web; definição das tarefas a serem atribuídas; discussões a serem fomentadas; mecanismos de fixação do material exibido; etc.);
3. Definição das estratégias operacionais (suporte aos alunos via e-mail, chats, foruns, etc.);
4. Identificação dos pontos de inserção de material multimídia;
5. Identificação dos pontos de integração com AVs para interação e experimentação;
6. Refinamento do roteiro através da criação de “story-boards”;
7. Transcrição do “story-board” para o construtor de cursos, que indica todos os pontos de inserção de multimídia;
8. Integração do curso virtual aos AVs gerados;

9. Aplicação de teste Beta;
10. Avaliação dos resultados dos testes e refinamento do material em função dos resultados da avaliação;

O curso será disponibilizado, inicialmente, através de uma ferramenta simples, que apresenta uma interface intuitiva, de fácil navegação, denominada *SocratEase* [16]. A proposta aqui consiste em proporcionar ao aluno deste curso, acesso aos AVs, através de *hiperlinks*. Como ainda não existe um *plugin* para o MPEG-4, o aluno terá que carregar em sua máquina, um player MPEG-4 para poder visualizar os AVs.

Todos os AVs a serem gerados terão multimídia integrada e suporte a múltiplos usuários. Um possível cenário no qual os AVs são utilizados pelos alunos, bem como a forma em que foram concebidos esses ambientes são descritos a seguir:

- Os alunos, ao entrarem no ambiente, vão visualizar um embrião de ave de quarenta e oito horas tridimensionalizado. Para obter-se esse embrião tridimensionalizado, foi utilizado um conjunto de lâminas de embriões de aves de quarenta e oito horas. Por meio dessas lâminas, foram digitalizadas trezentos e oitenta imagens, das quais somente oitenta e sete foram selecionadas. O processo de digitalização das seções contidas nas lâminas se deu, através de uma câmera de captura de imagens adaptada a um microscópio e conectada a um computador. As imagens selecionadas passaram por um processo minucioso de limpeza e editoração utilizando o software de editoração gráfica *PhotoShop 5.0*. Após esse tratamento, as fotos serão exportadas para o formato VRML, através do software *VTK – Visualization Tool Kit*. Modificações serão então realizadas no código gerado para obter-se o embrião tridimensionalizado no formato MPEG-4;
- Com o embrião tridimensionalizado e preparado em pontos estratégicos para interação, os alunos poderão, juntamente com o professor, fazer um *tour* pela superfície do embrião. Ao clicarem, por exemplo, em uma determinada região do embrião, os alunos poderão ser levados para um outro ambiente onde visualizarão essa região por dentro. Nesse caso, o professor, através de seu avatar e voz, poderá dar uma explicação sobre tal região e interagir com os alunos dentro do AV, que, por sua vez, pode ter vídeo, texto, áudio, animações, etc., integradas. O professor pode então explicar, apontar e interagir com cada aluno individualmente ou em grupo, uma vez que o ambiente suporta múltiplos usuários interagindo e “vendo” uns aos outros, através de seus avatares;
- Os alunos poderão também visualizar a estrutura do embrião transparecendo sua superfície.

A construção desses AVs é relevante, pois complementarará o ensino tradicional de embriologia, não o substituindo, mas mostrando uma inovadora e interessante interface para a visualização do embrião, e influenciando numa melhor compreensão dos conceitos referentes ao ensino de embriologia.

5 O Padrão MPEG-4 no Suporte a Ambientes Virtuais Multiusuário

Devido às limitações encontradas na linguagem VRML, o MPEG-4, surge como um padrão alternativo à integração de multimídia a AVs multiusuário.

O padrão MPEG-4 [7] da ISO/IEC, desenvolvido pelo MPEG (*Moving Picture Experts Groups*), é oficialmente chamado de “Codificador de Objetos Audiovisuais - *Coding of*

audiovisual objects”, pois tem como base a codificação dos mesmos, no entanto, um objeto audiovisual é a representação de um objeto natural ou sintético que possui uma manifestação visual e/ou áudio. Tais exemplos desses objetos incluem uma seqüência de um vídeo, uma trilha de áudio, uma voz tridimensional animada, voz sintetizada de um texto ou mesmo o *background* de uma cena [13].

O MPEG-4 apresenta características como: composição, sintetização, compressão, sincronização, distribuição de objetos audiovisuais e descrição de cenas. Essas características tornam-se essenciais na integração de multimídia a AVs disponibilizados na Internet e principalmente quando dão suporte a múltiplos usuários dentro do ambiente.

Algumas vantagens da codificação de objetos audiovisuais apresentadas pelo padrão MPEG-4 são: permitir interação com o conteúdo da cena baseados em escalabilidade, onde os mesmos podem ser ignorados ou adaptados dependendo da largura de banda; melhorar a reusabilidade e código do conteúdo da cena, onde no lado da criação do conteúdo, autores podem facilmente manipular componentes individuais e reusar materiais existentes. Além disso, cada tipo de conteúdo pode ser codificado usando o algoritmo mais eficaz. O MPEG-4 permite ainda descrever as relações espaço/temporal existentes entre os objetos, onde os objetos de tipos diferentes podem ter suas representações diferentemente codificadas obtendo resultados satisfatórios; promover uma harmoniosa integração de tipos diferentes de dados em uma cena e permitir a interação entre os diversos objetos da cena através de hyperlink. [13].

O formato binário de arquivo utilizado pelo padrão MPEG-4 é o BIFS (*Binary Format Scenes*), que é usado para descrever informações de composição da cena, como localizações espaço/temporal de objetos nas cenas, estendendo também os conceitos da linguagem VRML.

Um sistema MPEG-4 possui uma arquitetura composta por cinco camadas: composição, sintetização, compressão, sincronização, distribuição/entrega como apresentado na figura 1.

A distribuição/entrega de dados MPEG-4 pode ser feita através de diferentes sistemas, como MPEG-2 TS, UDP (*User Datagram Protocol*) sobre IP (*Internet Protocol*), entre outros o que torna esse padrão heterogêneo e multiplataforma. É nessa camada que os dados MPEG-4 são multiplexados usando a ferramenta FlexMux. Como muitos sistemas de camada de transporte fornecem um modo nativo de multiplexação, nem todos os dados precisam necessariamente passar pelo FlexMux.

O conceito de uma interface de aplicação DMIF (DAI) [6] foi definido para não se ter no MPEG-4 a especificação de vários sistemas particulares de entrega, que define procedimentos para inicialização de uma sessão MPEG-4 e obtêm acesso aos vários segmentos elementares. Os BIFS e elementos de mídia são convertidos em segmentos de dados, os quais compõem um segmento elementar. Os segmentos de dados possuem diferentes informações, como controle de informação na forma de objetos descritores, bem como meta-informação sobre o conteúdo dos dados e direitos autorais.

A camada de sincronização define que independente do tipo de dado carregado em cada segmento elementar, deve-se usar um mecanismo comum para carregar informações de tempo e quadros, para a sincronização dessas informações vários modelos podem ser utilizados, como métodos tradicionais de recuperação de clock que usam referências de clock e *time stamps*, permitindo a inclusão de propriedades de tempo, fragmentação e informações contínuas em pacotes de dados associados, onde tais informações são anexadas em unidades de acesso. Uma característica importante dessa camada é que ela não possui informações de demarcação de quadros, ou seja, o cabeçalho não tem indicação de tamanho do pacote.

A camada de sincronização recupera os tempos base dos segmentos elementares e os envia para a camada de compressão. Na camada de compressão os objetos são então separados em objetos descritores que possuem informações referentes a descrição das cenas associadas

com o conteúdo; informação de descrição da cena define a posição espaço/temporal de vários objetos, sua dinâmica de comportamento, características de interatividade disponível ao usuário; e dados de objetos audiovisuais. A descrição da cena é tridimensional baseada na estrutura do VRML.

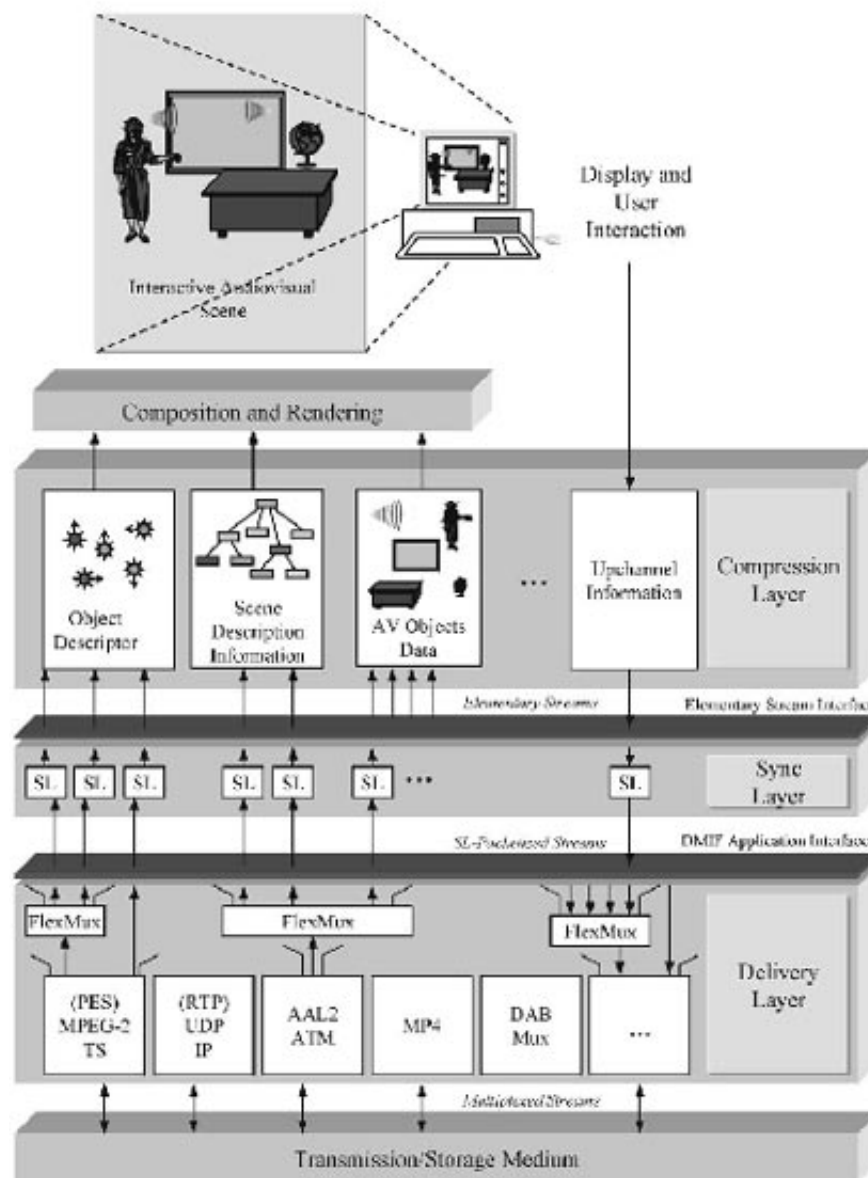


Figura 1 – Arquitetura de um sistema MPEG-4 [13].

A camada de composição utiliza as informações de descrição da cena em conjunto com decodificadores dos dados de objetos audiovisuais para finalmente sintetizar a cena que é apresentada ao usuário.

Para dar suporte à múltiplos usuários no AV será utilizado o SVRT-MM (*Shared Virtual Reality Tool Integrated to Multimedia*), que é uma ferramenta para permitir o compartilhamento de AVs integrados a multimídia por múltiplos usuários, através do padrão MPEG-4 [12]. Essa

ferramenta foi desenvolvida pelo grupo de realidade virtual em rede do departamento de computação da UFSCar.

Algumas características do SVRT-MM citadas por Oliveira [13] e seus colegas são:

- Utiliza mecanismos de rede WWW para carregar a representação tridimensional de AVs. Cópias desses ambientes, que são carregados de forma automática pela ferramenta antes da simulação em tempo real ser iniciada, podem ser replicadas em vários servidores da Web para evitar gargalos;
- Utiliza ferramentas da rede MBONE para anunciar eventos do tipo jogos distribuídos, feiras virtuais, EAD etc.;
- Utiliza Protocolos adaptativos de Difusão Seletiva Confiável para suportar sistemas distribuídos de RV;
- Pode oferecer diferentes níveis de qualidade de serviço aos participantes com a integração de protocolos que garantem a reserva de recursos.

A arquitetura do SVRT-MM descreve que os AVs gerados e armazenados em formato MPEG-4 são visualizados utilizando um player MPEG-4. Através desse player os usuários do sistema interagem com o AV e com os outros usuários. Essa interação é feita através de um módulo de compartilhamento, que é o elemento fundamental da arquitetura, pois é responsável por refletir as ações do participante local, a partir da interação do usuário com o player, para os outros participantes do sistema, através de comunicação multiponto [5]. A figura 2 ilustra a arquitetura do SVRT-MM.

A comunicação entre o player MPEG-4 e a ferramenta SVRT-MM é feita através de uma interface de programação denominada MPEG-J, que devido ao padrão MPEG-4 ainda estar em desenvolvimento, questões referentes ao MPEG-J (Java) ainda não foram completamente implementadas.

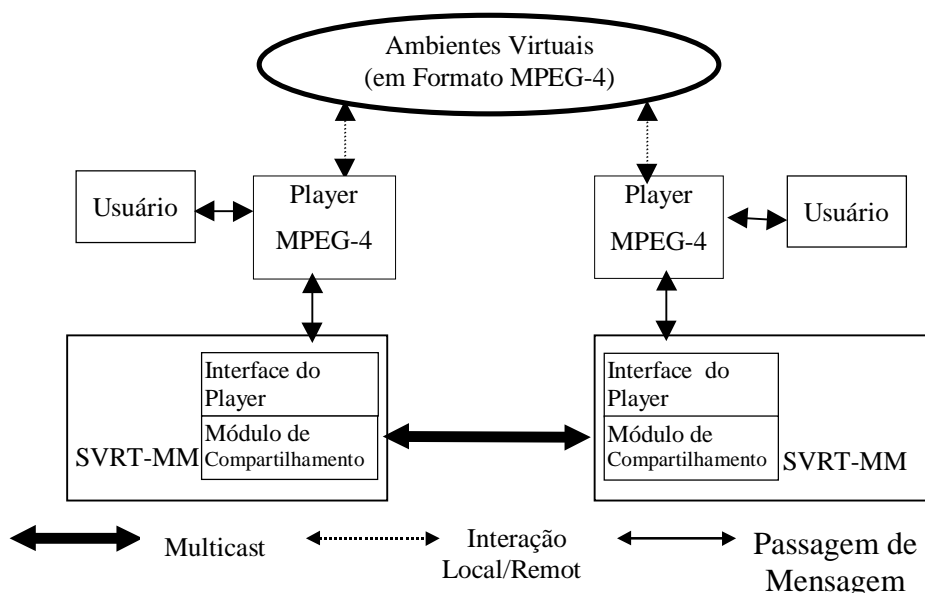


Figura 2 - Arquitetura do SVRT-MM (a seta mais escura denota interação multiponto e a seta mais clara denota interação ponto-a-ponto) [5].

6 Outros Projetos sendo Desenvolvidos pelo Grupo de Realidade Virtual em Rede

Além do projeto de geração de AVs integrados ao ensino virtual de embriologia, outros projetos estão emergindo no grupo. Um deles trata do Ensino Virtual voltado à Alfabetização Infantil. Neste projeto, AVs de experimentação são inseridos num software denominado "Mestre" [2], desenvolvido pelo Departamento de Psicologia da Universidade Federal de São Carlos. Neste software o aprendizado é realizado através de tarefas de discriminação condicional, no qual os conceitos são aprendidos, através de relações, sem ensino direto. Este software, gerado originalmente para CD-ROM, está sendo disponibilizado na Web e será integrado a ambientes de simulação multiusuário, colocados em pontos estratégicos do aprendizado oferecido pelo software. Esses ambientes consistem, inicialmente, de pequenas salas contendo objetos que são utilizados pelos alunos em atividades de jogos de palavras.

7 Trabalhos Relacionados

Os projetos aqui expostos estão em fase inicial de desenvolvimento e fazem parte de dois trabalhos de mestrado. O processo de desenvolvimento dos AVs sendo gerados para o ensino de embriologia pode servir como metodologia para a geração de novos trabalhos em áreas afins, como citologia, histologia, ou até mesmo dentro da própria área de embriologia, quando abordados embriões de outras horas, por exemplo, embriões de noventa e duas horas. Existem vários trabalhos interessantes na área de medicina que utilizam a RV como tecnologia inovadora de interface no suporte ao tratamento de fobias [9], diagnóstico, telecirurgia [15], educação e treinamento de médicos [18], e até mesmo no ensino de embriologia [10, 17, 11]. Entretanto, não é de conhecimento dos autores, qualquer projeto que envolva a interação entre múltiplos usuários dentro do mesmo AV integrado à multimídia, o que torna inovador o projeto aqui apresentado.

8 Considerações Finais

Este artigo descreve um projeto, fruto de uma parceria entre a Universidade Federal de São Carlos e a Universidade de Marília, que utiliza tecnologias de RV em rede e de multimídia aplicadas ao EAD. O artigo propõe a construção e avaliação de AVs multiusuário aplicados ao ensino de embriologia, suportados pelo padrão MPEG-4. O MPEG-4 é apresentado como uma alternativa às limitações da linguagem VRML que, integrado a ferramentas de EAD, pode tornar-se um poderosa ferramenta de construção e visualização de simulações que promovem a experimentação de conceitos abstratos e complexos e a interação entre alunos e professor.

9 Agradecimentos

À CAPES pelo financiamento da bolsa de mestrado do primeiro autor. À Fapesp pelo financiamento do laboratório de Realidade Virtual em Rede do DC da UFSCar. Ao Professor André Luiz Battaiola pela valiosa orientação no processo de obtenção do embrião tridimensional. À Embrapa – CNPDIA pela cessão do equipamento de digitalização das lâminas. À Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas – FCET da UNIMAR por tornar possível a concretização da parceria UFSCar-UNIMAR.

10 Referências Bibliográficas

[1] C. Byrne. Virtual Reality and Education. HITL Report No. R-93-6. Disponível em: <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-6>, 1993.

- [2] C. Goyos & J. C. B. Almeida. Mestre (versão 1.0) [Computer Software]. São Carlos, Brasil: Mestre Software, 1996.
- [3] G. C. Burdea & P. Coiffet. Virtual Reality Technology. Editora John Wiley & Sons, 1994.
- [4] G. Todesco. Exploração e Avaliação da Integração de Multimídia em Sistemas Distribuídos de Realidade Virtual. Exame de Qualificação, PPG-CC, UFSCar, São Carlos, Fevereiro, 1999.
- [5] G. Todesco & R. B. Araujo. MPEG-4 Support to Multiuser Virtual Environments, to be presented at The 20th International Conference on Distributed Computing Systems - ICDCS'2000, April 10-13th, Taiwan, Republic of China, 2000.
- [6] ISO/IEC 14496-6, Coding of audio-visual objects: delivery multimedia integration framework, final draft international standard – JTC1/SC29/WG11 N2506, October 1998.
- [7] ISO/IEC 14496-1, Coding of Moving Pictures and Audio - JTC1/SC29/WG11, May 1998.
- [8] ISO/IEC 14772-1, The Virtual Reality Modeling Language. Disponível em: <http://www.vrml.org/Specifications/VRML97>, 1997.
- [9] J. A. Adam. Virtual Reality Is for Real. IEEE Spectrum. Outubro, 1993.
- [10] K. K. Sulik & P. R. Bream Jr. Embryo Images – Normal & Abnormal Mammalian Development. Documento disponível em: http://www.med.unc.edu/embryo_images/, 1999.
- [11] M. A. Hill. UNSW Embyology on the WWW. Documento disponível em: <http://anatomy.med.unsw.edu.au/cbl/embryo/Refer/embryo.htm>, 2000.
- [12] M. A. S. Oliveira. Um Modelo de Comunicação para Sistemas Distribuídos de Realidade Virtual de Grande Porte. Dissertação de Mestrado, PPG-CC, UFSCar, São Carlos, Julho de 1999.
- [13] O. Avaro et all. MPEG-4 Systems: Overview. Signal Processing: Image Communication 15, 281-298, 2000.
- [14] R. B. Araujo. Especificação e Análise de um Sistema Distribuído de Realidade Virtual. Tese Doutorado, EPUSP, 1996.
- [15] R. M. Satava. Virtual Reality Surgical Simulator – The First Step. Proceedings of VR Systems'93 Conference, SIG Advanced Applications, New York, março 1993.
- [16] SocratEase - The Intelligent Choice in Web-based Training, trademarks of Eutectics Corporation. Versão disponível em: <http://www.SocratEase.com>, 1999.
- [17] The Visible Embryo. Documento disponível em: <http://www.visembryo.com/baby/index.html>, 1999.
- [18] UCSD School of Medicine & Learning Resources Center –LRC. VR-MMS: Virtual Reality – Multimedia Synthesis. Disponível em: <http://cybermed.ucsd/AT/AT.html>, novembro 1997.
- [19] V. S. Pantelidis. Reasons to Use Virtual Reality in Education. Disponível em: <http://www.soe.ecu.edu/vr/reas.html>, 1995.