
Colaboração Interativa para Sistemas de Realidade Virtual voltados ao Ensino e Treinamento Médico

Autores: Bruno Rafael de Araújo Sales, Liliane dos Santos Machado, Ronei Marcos de Moraes

Programa de Pós-Graduação em Informática (UFPB), Departamento de Informática (UFPB), Departamento de Estatística (UFPB)

Palavras-chave: colaboração, ensino médico, treinamento, realidade virtual

RESUMO

A Realidade Virtual (RV) e sistemas que utilizam suas técnicas possuem uma história bastante recente sob o ponto de vista prático e social da sua aplicação. A principal idéia relacionada a esta área refere-se ao uso de ambientes tridimensionais nos quais usuários podem explorar e interagir em mundos virtuais e se sentirem imersos e/ou envolvidos durante este processo. Atualmente, trabalhos que utilizam a RV com o objetivo de ensinar ou realizar treinamentos são facilmente encontrados na literatura. Na medicina, a RV destaca-se em aplicações realistas para treinamento de procedimentos críticos. A colaboração em ambientes de RV para treinamento médico permite que estudantes compartilhem seus conhecimentos ou que sejam auxiliados por um tutor durante uma simulação. O objetivo principal deste trabalho é apresentar o processo de desenvolvimento de um módulo de colaboração interativa para o CyberMed, *framework* desenvolvido desde 2004 voltado para a construção de simulações médicas com RV. Com este módulo pretendeu-se viabilizar colaboração em aplicações médicas com interação entre diversos usuários. O desenvolvimento do módulo de colaboração consistiu inicialmente na análise e definição de um protocolo de troca de mensagens pela rede e das formas de colaboração relevantes para simulações médicas. A partir dos resultados foi realizada a implementação de classes para suportar diferentes dispositivos de interação disponibilizados pelo *framework*, permitindo a colaboração através de mouse, dispositivos hápticos e dispositivos de rastreamento. Após o desenvolvimento do módulo e sua integração ao CyberMed foram construídas aplicações para validar o seu funcionamento. Em particular, uma simulação de procedimento de coleta de medula óssea foi adaptada para prover colaboração com sensação de toque e força (háptica) entre usuários dispostos remotamente. O novo módulo juntamente com o restante do *framework* possibilita a criação de simulações médicas colaborativas que podem ser utilizadas por profissionais e estudantes no treinamento de procedimentos médicos.

Keywords: collaborative systems, medical education, training, virtual reality

Abstract

Virtual Reality (VR) and systems using its techniques have a recent story from the point of view of their social and practical application. The main idea related to this area refers to the use of three-dimensional environments in which users can explore and interact in virtual worlds and feel immersed and / or involved in this process. Currently, works that use the RV in order to teach or conduct trainings are easily found in literature. In medicine, VR stands out in realistic applications for training of critical procedures. The collaborative VR environments for medical training allows students to share their knowledge or to be assisted by a tutor during a simulation. The aim of this paper is to present the process of developing a module for interactive collaboration to CyberMed, *framework* developed since 2004 aimed at building medical simulations with VR technologies. With this module was intended to enable collaboration in medical applications with interaction among multiple users. The development of the module consisted initially in analyzing and defining a protocol for exchanging messages over the network and forms of cooperation relevant to medical simulations. The results were performed implementing classes to support different devices provided by the interaction *framework*, allowing collaboration via mouse, haptic devices and tracking devices. After the development of the module and its integration with CyberMed, applications were built

to validate its operation. In particular, a simulation of the bone marrow collection procedure was adapted to provide collaboration with touch and force (haptic) between remote users willing. The new module along with the rest of the framework enables the creation of collaborative medical simulations that can be used by professionals and students in the training of medical procedures. Thus, it may be feasible for the user, medical simulations performed by people located geographically distant, connected via the Internet.

1. Introdução

A Realidade Virtual (RV) tem se consolidado como uma área que provê, de modo eficaz e motivador, meios de auxiliar o ensino em diversos campos. Ela possibilita a realização de experimentos multisensoriais através da interação do usuário com ambientes virtuais (AV) gerados por computador [1]. A engenharia, a aviação e as indústrias petrolífera e militar são alguns exemplos de campos que já fazem uso de AV tridimensionais com propósitos diferentes. Na área médica a RV tem se tornado um instrumento alternativo para treinamento de procedimentos médicos e uma ferramenta de apoio à realização de práticas laboratoriais. Neste trabalho, o termo Ambiente Virtual será aplicado a ambientes tridimensionais gerados por computador por meio de técnicas e ferramentas de RV.

Alguns fatores como o custo dos treinamentos além de questões éticas, têm contribuído para a busca de novas alternativas de treinamentos para os procedimentos médicos. Nesse contexto, a RV se insere com o intuito de aprimorar as técnicas de treinamento existentes e reduzir as falhas presentes em outras formas de treinamento. Assim, a utilização dos AVs traz consigo a característica de o aluno poder interagir e realizar na prática tarefas que antes eram apenas assistidas. Os ambientes podem ser elaborados dando enfoque aos pontos-chaves de um procedimento, ou até mesmo pontos nos quais a ocorrência de erros é frequentemente verificada. Além disso, há a liberdade para que o procedimento seja repetido quantas vezes se desejar, até que o estudante esteja apto a realizar o procedimento em um paciente real. No entanto, há procedimentos que são realizados não apenas por um médico, mas por uma equipe de profissionais em conjunto.

Nestes casos, para que a simulação computacional reflita situações do mundo real é necessária a adição do aspecto colaborativo nos AVs. Dessa forma, torna-se possível a interação simultânea de vários participantes em um determinado procedimento no que é chamado de Ambiente Virtual Colaborativo (AVC) [2].

Neste trabalho a colaboração em Ambientes Virtuais é vista e discutida como uma forma de auxiliar estudantes e profissionais no processo de treinamento de procedimentos médicos, inclusive à distância. O trabalho descreve a concepção e o desenvolvimento de um Módulo de Colaboração a ser integrado ao framework CyberMed [3][4]. O *framework* com o módulo integrado foi utilizado para a concepção de um estudo de caso relativo a um ambiente virtual colaborativo para coleta de medula óssea.

2. Métodos

A idéia de inserir o aspecto educacional em Ambientes Virtuais já vem sendo utilizada em algumas áreas do conhecimento [5][6], inclusive na medicina [7]. Esses ambientes têm como objetivo permitir a aquisição de conhecimento específico ao usuário a partir da utilização da aplicação computacional.

Os AVs que visam o aprendizado podem ainda ser explorados de outras maneiras. É possível fazer com que o ambiente permita a presença de vários usuários simultâneos, ao invés de um só. Para isso, é necessária a utilização de técnicas que fazem com que pessoas em locais diferentes, usando seus computadores, sintam a “ilusão” de que estão compartilhando um ambiente em comum [8]. A partir da possibilidade de compartilhamento de espaços virtuais por redes de computadores, é possível construir AVs que replicam situações

nas quais os participantes colaboram entre si a favor de um objetivo comum.

A colaboração em Ambientes Virtuais de cunho educacional permite além da sensação de compartilhamento de um determinado espaço, que pessoas possam realizar tarefas em conjunto. Nesse contexto, participantes de ambientes com essas características estão aptos a aprender em conjunto, isto é, além de aprender através de suas próprias interações, participarem do aprendizado dos outros usuários. Na medicina a utilização desses ambientes pode se traduzir em benefícios significativos no âmbito do aprendizado de estudantes. Por exemplo, pessoas que moram em regiões que não contam com a presença de determinados especialistas podem receber treinamento através de simulações colaborativas monitoradas remotamente. Isto é, mesmo não estando presente fisicamente no local, um especialista pode demonstrar técnicas por meio das simulações ou interações no AV, de modo que usuários conectados possam experimentar e acompanhar determinados procedimentos. Além disso, a colaboração em ambientes de RV possibilita ainda que estudantes participem de simulações juntamente com outros situados em localidades distantes, promovendo assim a troca de conhecimento entre eles.

2.1. Concepção

A idéia da construção de um módulo de colaboração, o CybCollaboration, para integrar o sistema CyberMed surgiu com o propósito de enriquecer as funcionalidades do *framework* de modo que ele passe a oferecer também, atividades relacionadas à colaboração entre os usuários. Este módulo visa não apenas prover colaboração para múltiplos participantes de um AV de simulação médica, mas prover a colaboração de diversas maneiras, de modo que o desenvolvedor do ambiente fique livre para escolher a que se enquadrar melhor em seu caso específico. Trata-se de um conjunto de serviços em alto nível que fará com que programadores não precisem se preocupar com detalhes de implementação como, por exemplo, como será feita a comunicação entre os participantes, e se

concentrem apenas nos quesitos funcionais do ambiente a ser desenvolvido. Além disso, é também foco do CybCollaboration promover a colaboração através de diversos dispositivos, inclusive dispositivos hápticos. Estes dispositivos são essenciais em simulações de determinados procedimentos médicos e, no entanto não são tão explorados no contexto colaborativo devido às limitações impostas por sua alta taxa de dados, o que implica em uma elevada taxa de transmissão de dados em redes.

O CyberMed foi escolhido para conter o módulo de colaboração por se tratar de um *framework* livre com uma diversidade maior de funcionalidades quando comparado a outros de propósitos semelhantes [9]. O que o CyberMed ainda não proporcionava era a possibilidade de se realizar treinamento médico em equipe. Isto é, que várias pessoas estivessem presentes em um mesmo ambiente virtual, ainda que geograficamente distantes, realizando um procedimento em conjunto.

O módulo CybCollaboration visa permitir que todos os serviços já disponíveis no CyberMed sejam utilizados também para a construção de simulações médicas colaborativas. Neste contexto, foram analisadas formas nas quais os usuários poderiam colaborar através da interação. Decidiu-se então, pelo desenvolvimento de classes para dar suporte a diversos tipos de colaboração, inclusive fazendo uso de dispositivos de interação não convencionais como dispositivos hápticos e de rastreamento (*trackers*).

2.2. Desenvolvimento

Durante a simulação colaborativa, interadores de usuários remotos devem estar presentes no ambiente juntamente com o interador do usuário local, para que todos tomem conhecimento das interações dos demais. Entenda-se por interador a representação visual no ambiente virtual (também conhecida como avatar) do dispositivo manipulado por um determinado usuário. Foi necessário, inicialmente, reformular a estrutura de interadores presente no CyberMed, pois não havia suporte à presença de múltiplos

interadores nos ambientes, o que era necessário para a colaboração. O controle de interadores em ambientes desenvolvidos com o *framework* é feito pelo módulo *CybInterator*, alvo desta reformulação.

A nova estrutura de classes do módulo *CybInterator* está exposta na Figura 1. As classes foram concebidas e implementadas seguindo o padrão de projeto *Factory* [10], visando facilitar esta expansão e futuras adições de suporte a novos tipos de interadores. Com isso, o usuário e outros módulos do sistema necessitam apenas ter acesso à *CybInteratorFactory* e podem solicitar um interador do tipo desejado, sendo que esta classe se encarrega da criação desse interador e da adição do mesmo no ambiente. As classes *CybTrackerInterator*, *CybHapticsInterator* e *CybMouseInterator* representam interadores de tipos diferentes: rastreadores, interadores hápticos e *mouse*, respectivamente. A *CybDevice* contém informações e serviços necessários a qualquer dispositivo de interação utilizado. A *CybRemoteInterator* é utilizada para representar o interador de um usuário remoto, isto é, um usuário que esteja conectado ao ambiente por meio da rede.

Feita a modificação em *CybInterator*, este passou a suportar as necessidades do módulo de colaboração sem a alteração de serviços que já eram previstos. Partiu-se então, para o desenvolvimento do módulo *CybCollaboration* propriamente dito. As principais funcionalidades previstas referiram-se a:

Número de Usuários: métodos de suporte à colaboração levando em conta o número de usuários que estarão presentes no ambiente (1 para 1, 1 para vários e vários para vários);

Manipulação de Objetos: formas para gerenciamento da interação de usuários com objetos presentes no ambiente. Duas foram previstas: a primeira permite a vários usuários interagirem com o mesmo objeto simultaneamente; a segunda forma bloqueia o objeto para os demais usuários quando alguém já estiver interagindo com este objeto, de maneira que apenas um usuário possa interagir com um objeto por vez.

Dispositivos: colaboração entre usuários por meio da utilização de dispositivos convencionais, como o *mouse*, e não convencionais, como os sistemas hápticos (que provêm retorno de força);

Tutoria Colaborativa: determinação de um participante para ser tutor dos demais dentro do ambiente. Esta tutoria pode ser feita em níveis diferentes. Com a utilização de sistemas hápticos, por exemplo, pode-se determinar se o tutorado ficará restrito aos movimentos realizados pelo tutor [11] ou se apenas uma representação visual do tutor irá aparecer no ambiente do tutorado para guiá-lo na atividade.

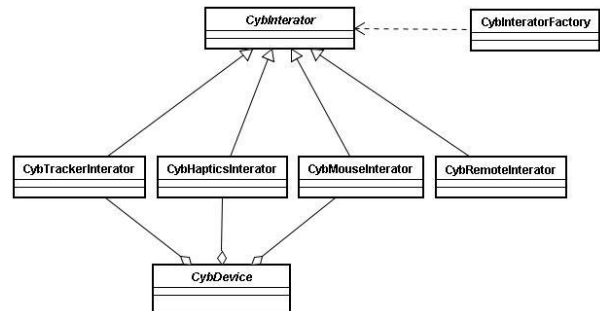


Figura 1: Nova estrutura de classes do módulo responsável pelo controle de interadores no CyberMed.

A implementação das funcionalidades visou simplificar a utilização do módulo no desenvolvimento de aplicações, bem como facilitar a inclusão futura de novos tipos de colaboração. A estrutura de classes exibida na Figura 2 ilustra de forma simplificada como o módulo está definido. A *CybCollaboration* é a classe principal e contém operações que são utilizadas por todos os tipos de colaboração. As demais classes foram divididas de acordo com o tipo de dispositivo utilizado na colaboração. A diversidade de número de usuários foi implementada de forma transparente para o usuário, ou seja, o sistema se adapta de acordo com os usuários que se conectarem à colaboração. Com comportamento diferenciado, a classe *CybAssistedHapticCollab*, responsável pela colaboração háptica com presença de um tutor, implementa somente a colaboração um para vários no quesito número de usuários. Isto ocorre pelo fato de o fluxo de informações seguir somente em uma direção, do tutor para os

tutorados. As propriedades principais da colaboração são armazenadas na classe *CybCollaborationProperties*. Esta contém também operações para o usuário informar qual tipo de manipulação de objetos ele deseja em sua colaboração.

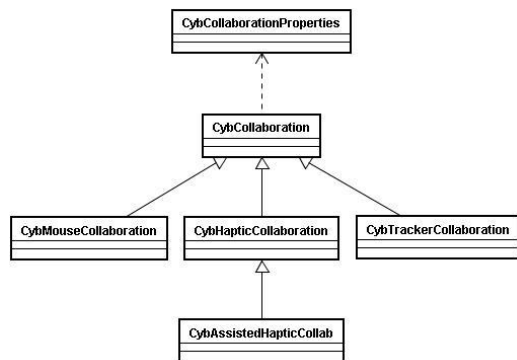


Figura 2: Estrutura das classes do módulo de Colaboração construído para o CyberMed.

2.3. Integração com o CyberMed

O *CybCollaboration* possui dependência direta do *CybNetwork*, que consiste em um conjunto de classes, implementadas em C++ com a utilização de *sockets*, desenvolvido para ser o módulo de comunicação em rede do CyberMed. O *CybNetwork* foi desenvolvido e testado, porém ainda não havia sido integrado ao CyberMed. Para integrar os dois módulos ao *framework*, analisou-se sua arquitetura decidindo-se por inseri-los na camada Motor de Aplicação (*Application Engine*). Esta camada provê serviços que serão utilizados diretamente pelo usuário, como pacotes para visualização, colisão, deformação, avaliação e interação háptica. A Figura 3 permite observar a arquitetura do CyberMed após a inserção dos módulos de Colaboração e Comunicação.

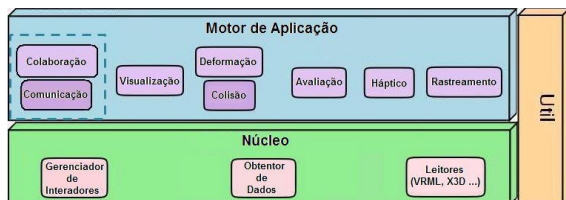


Figura 3: Arquitetura geral do CyberMed com a inclusão dos módulos necessários para prover colaboração [4].

Com o módulo integrado ao *framework* as funcionalidades de colaboração ficam disponíveis

para a criação de simulações médicas colaborativas. Dessa forma, as funcionalidades já presentes anteriormente no CyberMed podem ser utilizadas também para a criação de simulações médicas com múltiplos usuários.

3. Resultados

Para validar o funcionamento do módulo foi utilizada uma simulação de um procedimento de coleta de medula óssea construída com o CyberMed [12]. Esta aplicação foi adaptada para prover colaboração entre os participantes através da interação háptica. A coleta de medula óssea consiste em um procedimento em que o médico interage com o paciente a fim de extrair material para doação. Durante o processo, o médico não possui informações visuais do interior do paciente. Ele deve tocar o paciente externamente e assim determinar o local correto para que a agulha seja inserida perfurando camadas de tecido até atingir o interior do osso de onde a medula será coletada. Um ponto-chave é local de inserção da agulha e a força que o médico irá aplicar para que esta atinja o local desejado. Caso essa força seja aplicada em excesso o paciente pode apresentar seqüelas do procedimento [12].

A simulação está dividida em três módulos: Módulo de Observação, Módulo de Localização e Módulo de Coleta. Durante os três módulos, o profissional deverá interagir com o sistema através do dispositivo háptico Phantom. Suas interações são percebidas em tempo-real pelos estudantes conectados à simulação de forma que estes possam ter impressões sensoriais semelhantes às do procedimento real.

Nos testes foram utilizados dois computadores conectados em rede local Gigabit. Os dois computadores dispunham de dispositivos hápticos Phantom Omni [13], sendo um usuário o tutor e o outro tutorado, apenas percebendo interações do tutor (Figura 3). Outros dois testes também foram realizados com três computadores dotados de dispositivos hápticos de diferentes modelos e com quatro computadores com interação por meio de *mouse*, respectivamente. Em todos os experimentos o envio e recebimento

das informações ocorreu em tempo-real, sendo observada pelos participantes.



Figura 4: Simulação colaborativa do procedimento de coleta de medula óssea com dois participantes, um atuando como tutor outro como tutorado.

Outros experimentos realizados consistiram na manipulação livre do interador por todos os presentes no ambiente. Os experimentos foram feitos com o mesmo número de computadores e os mesmos dispositivos dos testes anteriores. Todos os participantes puderam observar a posição do próprio interador, bem como a dos demais participantes.

4. Conclusões

A partir dos resultados obtidos, pôde-se perceber o potencial da utilização de colaboração em ambientes virtuais de cunho educacional, em particular os voltados para a área médica. A capacidade dos estudantes compartilharem conhecimento através de suas interações em simulações de procedimentos médicos é algo promissor no campo do treinamento médico. Além disso, as simulações colaborativas permitem profissionais demonstrar, por meio de interações táteis, como os estudantes devem proceder durante determinado procedimento médico. Essa possibilidade faz com que estudantes situados em regiões deficientes em alguma especialidade médica tenham a oportunidade de experimentar procedimentos médicos que contribuirão para sua formação profissional.

O módulo implementado estará disponível na versão 2.0 do CyberMed, atualmente em fase de finalização. O *framework* pode ser obtido livremente na página do projeto na Internet [3]. Trabalhos futuros incluem a expansão das funcionalidades de colaboração de modo a suportar técnicas específicas de bloqueio, oferecendo meios dos participantes poderem,

além de manipular, também modificar interativamente os objetos. Observa-se que as bases para implementação desta expansão já estão disponíveis no módulo apresentado no presente trabalho.

5. Agradecimentos

Este trabalho é financiado por bolsas CAPES-REUNI do Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal da Paraíba e pelo CNPq por meio do projeto INCT/MAC, processo 573710/2008-2.

Referências

1. Netto AV, Machado LS, Oliveira MCF. RV – Fundamentos e Aplicações. Visual Books, 2003.
2. Benford S, Greenhalgh C, Rodden T, Pycock J. Collaborative virtual environments. *Communications of the ACM*, v.44 n.7, p.79-85, July 2001
3. CyberMed. [página da Internet] <http://cybermed.sourceforge.net/>. Outubro de 2009.
4. Machado LS, Moraes RM, Souza DFL, Souza LC, Cunha ILL. *A Framework for Development of Virtual Reality-Based Training Simulators*. *Studies in Health Technology and Informatics*, IOSPress, vol. 142, pp. 174-176, 2009.
5. Youngblut C. Educational Uses of V R Technology. Technical Report IDA Document D-2128, Institute for Defense Analyses, Alexandria, VA, 1998.
6. Aymone JLF, Kochenborger LB, Trindade RB, Soriano BB. A Realidade Virtual Aplicada ao Ensino de Engenharia. *Anais do XXX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia*, Piracicaba, 2002.
7. Riva G. Applications of VE in Medicine. *Methods of Information in Medicine*. vol.42, n.5, pp.524-534, 2003.
8. Singhal S, Zyda M. *Networked virtual environments: design and implementation*, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY, 1999
9. Santos AD, Machado LS. RV Aplicada ao Ensino de Medicina: Taxonomia, Desafios e Resultados. Em: *Anais do Workshop de RVA*, Santos-SP, 2009.
10. Gamma E, Helm R, Johnson R, Vlissides J. *Padrões de Projeto: Soluções reutilizáveis de software OO*. Bookman, Porto Alegre, 2005.
11. Sales BRA, Machado LS. Um Estudo sobre a utilização de Sistemas Hápticos em AV Colaborativos, Em: *Anais do Workshop de RVA*, Santos-SP, 2009.
12. Machado LS. *A RV no Modelamento e Simulação de Procedimentos Invasivos em Oncologia Pediátrica: Um estudo de caso no transplante de medula óssea*. Tese de Doutorado, USP, São Paulo, 2003.
13. SENSABLE. [página da internet]. <http://www.sensible.com>