

# Um Módulo de Rede para a Construção de Aplicações Médicas Colaborativas

Thaís Alves Burity Pereira, Liliane dos Santos Machado  
LabTEVE - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB, Brasil  
tata.burity@gmail.com, liliane@di.ufpb.br

## Resumo

*Sistemas colaborativos representam uma importante ferramenta de ensino, em particular na área médica por viabilizar treinamentos remotos de forma realista, segura e econômica. O presente artigo apresenta um módulo de rede, desenvolvido para ser integrado a um framework livre e aberto para desenvolvimento de simuladores médicos, com o objetivo de possibilitar o desenvolvimento de aplicações colaborativas por meio de interação háptica através da Internet.*

## 1. Introdução

A computação hoje se mostra como uma das mais importantes áreas do conhecimento humano. Este fato decorre, dentre outros fatores, desta ciência possibilitar a multidisciplinaridade, ou seja, a aplicação da tecnologia computacional nas mais diversas áreas, sempre com o propósito de simplificar, automatizar e agilizar tarefas e procedimentos.

A área da educação [1], em particular, principalmente com o advento da Internet e da Realidade Virtual (RV), tem sido bastante favorecida pela computação. A Internet representa hoje o meio de comunicação mais poderoso no mundo, por possibilitar a troca de informações a longas distâncias e com baixo custo, representando um importante meio de disseminação do conhecimento. Já a RV, por meio de dispositivos que atuam sobre os canais sensoriais humanos, possibilita a construção de simuladores capazes de criar modelos dinâmicos do mundo real. Isto permite a realização de experimentos, testes e treinamentos que no mundo real não seriam possíveis ou seriam bastante limitados por representarem situações de risco ou mesmo por exigirem elevados custos ou bastante tempo para serem realizados.

Uma importante área a qual se aplica o uso de simuladores é a medicina. Através de sistemas

computacionais de RV é possível, dentre outras coisas, a realização de treinamentos cirúrgicos e outros procedimentos médicos, bem como a realização de práticas de ensino mais interativas, análises e diagnósticos mais precisos.

Nesse contexto, o presente artigo apresenta um módulo de comunicação que faz parte do CyberMed [2] e que se propõe a viabilizar a construção de simuladores de RV voltados para o treinamento médico com a participação de mais de um usuário de forma colaborativa por meio da Internet, através de dispositivos hápticos.

## 2. Colaboração Háptica

A interação háptica consiste no modo de interação ou participação do usuário em um sistema através de um dispositivo háptico ou de *haptic feedback*, que pode ser de *feedback* tátil ou de *feedback* de força. Os dispositivos hápticos de *feedback* tátil fornecem sensação de toque, provendo informações sobre a geometria da superfície do objeto, sua textura e temperatura. Os dispositivos hápticos de *feedback* de força fornecem sensação de força, provendo informações sobre o peso do objeto e sua maciez ou dureza.

A modelagem física é responsável por definir o comportamento dinâmico do ambiente e dos objetos virtuais e também pelo controle do dispositivo háptico, baseando-se nas leis da física newtoniana [3]. Ela é necessária pois capacitará o computador ao qual o dispositivo háptico está conectado a processar as informações enviadas pelo dispositivo e fazer os cálculos das forças ou variáveis de reação que devem lhe ser enviados.

A interação háptica pode ser incorporada a uma simulação com apenas um usuário ou com múltiplos usuários, o que em geral requer uma rede de comunicação, seja a Internet ou uma rede dedicada, consistindo no que se conhece como *tele-haptics*. No

primeiro caso, *haptics* oferecem apenas a sensação de toque, tornando a interação com o ambiente mais realista, uma vez em que o usuário pode perceber a forma geométrica dos objetos que compõem o ambiente e suas características materiais, como rigidez e textura. No segundo caso, além do toque também são produzidas a sensação de presença [4] e de proximidade [5] entre os usuários que interagem com o mesmo ambiente. A sensação de presença é o que faz o usuário se sentir no ambiente com o qual está interagindo, seja de forma virtual ou remota. A sensação de proximidade provém do fato dos usuários poderem perceber as ações dos demais no ambiente compartilhado, podendo tocar e manipular os mesmos objetos, como numa experiência real.

Contudo, é preciso entender que cada indivíduo tem seu ambiente virtual próprio que consiste numa réplica dos ambientes dos outros indivíduos participantes da simulação – em se tratando de simulações de pequeno porte, que são as que se adequam ao caso de simuladores médicos. Assim, os efeitos descritos dependem de fatores como alta taxa de atualização gráfica, baixa latência, vasto campo de visão e alto grau de interatividade e comunicação entre os usuários participantes, além da percepção, por parte dos indivíduos, das modificações no ambiente comum devido às ações de um indivíduo em particular [6].

Uma forma simples de compartilhamento de ambientes virtuais por interação háptica pode ser feita localmente pela utilização de mais de um dispositivo háptico em uma mesma máquina, mas esta experiência tem restrições quanto ao número de usuários e com o dispositivo em questão e em geral são pouco documentadas.

A colaboração háptica é uma das três possíveis arquiteturas de ambientes virtuais hápticos compartilhados (Shared Haptic Virtual Environment - SHVE) conhecidas atualmente, existindo além dela as simulações estática e cooperativa [7]. Nesse contexto é válido considerar que não existe uma exatidão na literatura sobre as funcionalidades inerentes a cada um dos tipos e assim, em muitas experiências colaboração e cooperação aparecem como sinônimos.

Em uma simulação virtual estática o usuário pode explorar o ambiente virtual através da visão e do toque mas não pode modificá-lo. Em uma simulação colaborativa os usuários interagem com os objetos idênticos ou duplicados de forma alternada, ou seja, um objeto só pode ser manipulado e modificado por um único usuário por vez, o que dá suporte a duas formas de comunicação, denominadas *tele-haptics* unidirecional ou bidirecional [8]. No modo unidirecional um usuário manipula um objeto e suas

ações podem ser sentidas hapticamente pelos demais usuários embora o usuário em ação não receba retorno háptico algum dos usuários “estáticos”. No modo bidirecional os usuários sentem as ações dos outros através de modificações no ambiente. Por fim, na simulação cooperativa os usuários interagem com os mesmos objetos simultaneamente e recebem retorno não somente visual, mas também háptico decorrentes das ações dos outros usuários.

Para simulações médicas, a arquitetura que mais se aproxima da forma como os treinamentos e procedimentos acontecem no mundo real é a colaborativa e por isso o trabalho desenvolvido focou-se em seus requisitos.

## 4. Desenvolvimento

Na simulação colaborativa, devido ao atraso de transmissão em rede, à dificuldade natural de algumas tarefas colaborativas e à falta de conhecimento sobre as habilidades e os comportamentos do usuário, ainda não foi possível desenvolver um modelo universal [9]. Atualmente, para se desenvolver uma aplicação nesse contexto é preciso pré-definir exatamente o que se deseja fazer.

Apesar disso, foi observado que independente da experiência colaborativa em questão, para que esta fosse realizável seriam necessários três elementos (ver Figura 1):

- suporte a utilização de um dispositivo háptico
- suporte a comunicação em rede
- suporte ao compartilhamento de dados por meio de um banco de dados

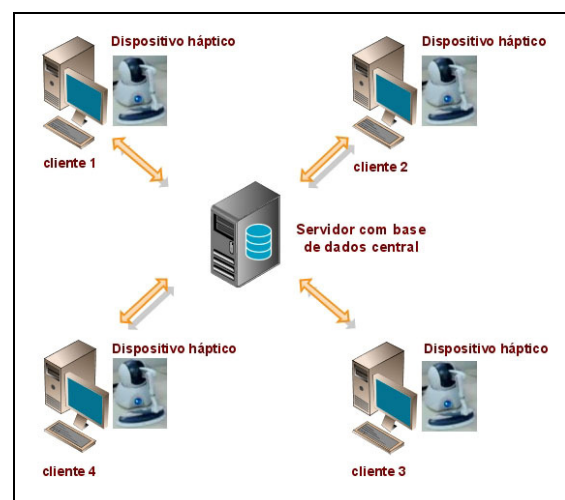


Figura 1 – Arquitetura de um sistema háptico colaborativo.

O trabalho desenvolvido corresponde ao desenvolvimento de um módulo para dar suporte à comunicação em rede. Ele está inserido no *framework* para a construção de simuladores médicos denominado CyberMed [2], que já oferece suporte a utilização de dispositivos hápticos.

O módulo de comunicação em rede construído consiste em um conjunto de classes em C++ que utilizando *sockets*. Baseando-se na arquitetura cliente/servidor e utilizando os protocolos UDP/IP e TCP/IP, este módulo visa viabilizar a troca de dados de maneira remota para construção de simuladores médicos e outras aplicações que exijam comunicação uni e bidirecional em uma rede. Ele foi construído com base em necessidades verificadas em experimentos realizados em laboratório e em algoritmos conhecidos para implementação de servidores, buscando também oferecer recursos adicionais, para maior mobilidade de utilização. Assim, ele oferece suporte a servidores iterativos e concorrentes *multithread*, com conexão (TCP) e sem conexão (UDP), este último podendo comunicar-se também por *multicast*. Contudo, o módulo foi construído para o desenvolvimento de aplicações de pequeno porte, com até dez usuários.

É importante considerar que para a colaboração háptica o protocolo UDP é mais adequado, por evitar retardos na comunicação, uma vez que a velocidade na transmissão dos dados é essencial para o efeito de realismo na simulação e, além disso, os dispositivos hápticos operam sob alta frequência. O Phantom Omni, por exemplo, o dispositivo utilizado nos experimentos realizados, opera sob a taxa de 1.000 Hz.

As classes de implementação que compõem o módulo são apresentadas nas Figuras 2 e 3, referentes aos protocolos UDP e TCP respectivamente. De acordo com os esquemas, é possível observar que a interface *Socket* define o comportamento de um *socket*, e é implementada pelo *Socket Stream* para comunicação via TCP e pelo *Socket Datagram* para comunicação via UDP. Se for desejável utilizar *sockets* RAW, basta criar uma nova classe que implemente a interface *Socket*. Também é possível analisar que todo cliente ou servidor implementa a interface *Nó*, que define métodos de envio e recepção de dados, já que estes são comuns a todos os nós na rede. Assim, caso seja necessário implementar outro servidor ou cliente para atender necessidades específicas, é possível fazê-lo mantendo a integração entre as partes apenas criando uma nova classe que implemente *Nó*.

Além disso, todo cliente e servidor precisa ter uma objeto-*socket* para se comunicar, bem como um endereço, definido pela classe *Endereço* (que abstrai o uso da estrutura de endereço definida na API de

*sockets*), o que já é feito na implementação dos Servidores UDP e TCP e dos Clientes UDP e TCP. O servidor UDP é iterativo por padrão, portanto, para que ele tenha comportamento concorrente, foi definida a classe *Servidor Concorrente* que contém uma instância de *Servidor UDP*. De maneira similar acontece com o Servidor TCP, embora este tenha duas implementações separadas para servidor iterativo e servidor concorrente. O tratamento de *threads* é feito pela classe *CybThread*, existente no CyberMed.

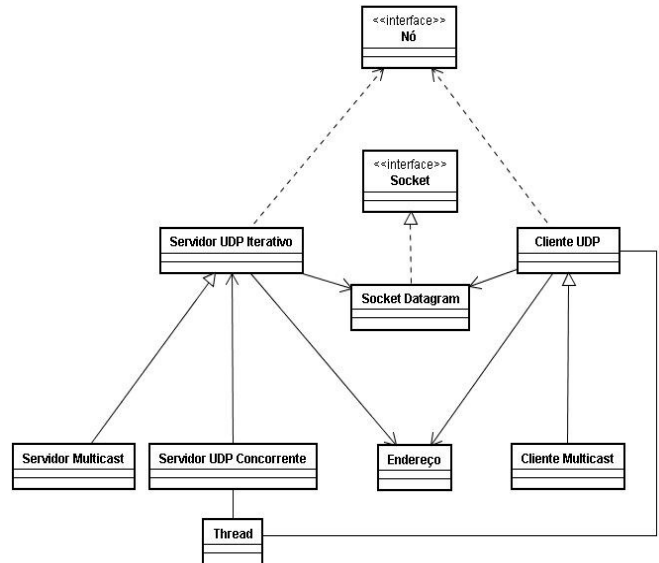


Figura 2 – Esquema de funcionamento da parte do módulo referente ao protocolo UDP.

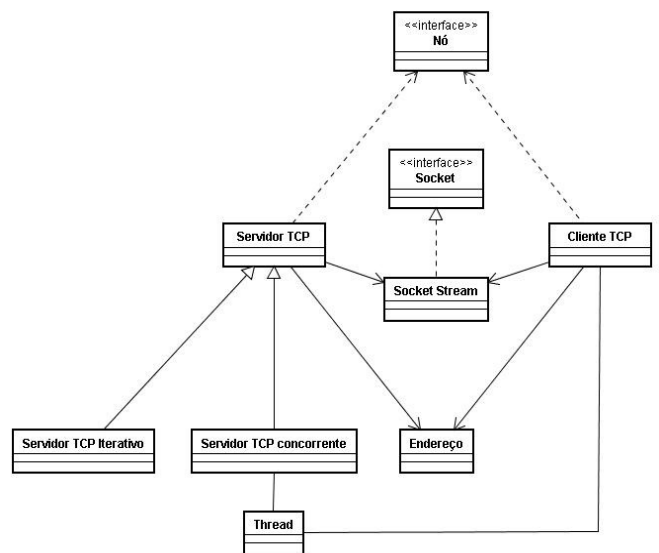


Figura 3 – Esquema de funcionamento da parte do módulo referente ao protocolo TCP.

Utilizando o módulo fica bastante simples construir aplicações colaborativas. Uma aplicação no modelo unidirecional, por exemplo, onde se poderia ter um instrutor orientando vários alunos em um determinado procedimento médico, pode ser rapidamente construída utilizando um servidor *multicast*, que envia a posição corrente do dispositivo local, o do instrutor, para os clientes multicast, os alunos.

Devido ao fato de que aplicações de RV lidam com objetos e cenas dinâmicos se faz necessário manter um banco de dados no servidor, que deve ser atualizado a cada alteração que os clientes realizam no ambiente virtual compartilhado, a fim de mantê-los sincronizados. Implementações futuras de um módulo para suporte a banco de dados reduziria o esforço envolvido no desenvolvimento de aplicações colaborativas com o CyberMed, visto que a implementação do módulo de rede apresentado não contempla essa funcionalidade.

## 5. Conclusão

O módulo de rede desenvolvido faz parte do CyberMed, que é um *framework* para a construção de simuladores médicos e que consiste numa ferramenta livre e aberta, ou seja, sem custos para o desenvolvedor. Seguindo as características de modularização do CyberMed [2], também utilizadas para o módulo de rede apresentado, é mantido o baixo acoplamento entre as partes do sistema, gerando ganho em termos de eficiência no desenvolvimento de novas aplicações, bem como um melhor tratamento das dificuldades e erros em cada parte.

O módulo apresentado já foi integrado ao CyberMed e testado com sucesso no desenvolvimento de aplicações com este *framework*. Atualmente estão sendo realizados testes de desempenho deste módulo, bem como seu funcionamento em aplicações que integrem todas as funcionalidades oferecidas pelo CyberMed. Como próxima fase deste trabalho está a elaboração do módulo para uso de banco de dados.

## 6. Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq 506480/2004-6 pelo apoio a realização deste projeto, bem como a concessão de bolsa de iniciação científica à primeira autora.

## 7. Referências

- [1] Valente, J.A. (1993a). Diferentes Usos do Computador na Educação. Em J.A. Valente (Org.), Computadores e Conhecimento: repensando a educação (pp.1-23). Campinas, SP: Gráfica da UNICAMP.
- [2] Souza, D.F.L.; Cunha, I.L.L.; Souza, L.C.; Moraes, R.M.; Machado, L.S. Development of a VR Simulator for Medical Training Using Free Tools: A Case Study. In: Proc. of Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR'2007), pp. 100-105. SBC. 2007.
- [3] Machado, L.S. "A Realidade Virtual no Modelamento e Simulação de Procedimentos Invasivos em Oncologia Pediátrica: Um estudo de Caso de Medula Óssea", Tese de Doutorado, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2003.
- [4] Sallnäs, E., RASSMUS-GRÖHN, K., SJÖSTRÖM, C. Supporting Presence in Collaborative Environments by Haptic Force Feedback. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 7, No. 4, December 2000.
- [5] Basdogan, C., Ho, C., Srinivasan, M. A., Slater, M. An Experimental Study on the Role of Touch in Shared Virtual Environments. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 7, No. 4, December 2000, Pages 443-460.
- [6] Durlach, N., Slater, M. "Presence in Shared Virtual Environments and Virtual Togetherness", Research Laboratory of Electronics Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139, 1998.
- [7] P. Buttolo, R. Oboe and B. Hannaford, B "Architectures for shared haptic virtual environments". Computers and Graphics, 21 (4), 1997, 421-429.
- [8] Shen, X., Zhou, J., Saddik, A., Georganas, N. Architecture and Evaluation of Tele-Haptic Environments. Proceedings of the Eighth IEEE International Symposium on Distributed Simulation and Real-Time Applications, 2004.
- [9] Basdogan, C., Srinivasan, M.A., 2001, "Haptic Rendering In Virtual Environments (PDF)", "Virtual Environments HandBook", pp. 117-134 (online: <http://vehand.engr.ucf.edu/>).