

Um Estudo sobre a utilização de Sistemas Hápticos em Ambientes Virtuais Colaborativos

Bruno Rafael de Araújo Sales e Liliane dos Santos Machado
Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística
Universidade Federal da Paraíba - CCEN
brunorasales@gmail.com, liliane@di.ufpb.br

Resumo

Ambientes Virtuais Colaborativos (AVC) são Ambientes Virtuais (AV) onde vários usuários podem estar presentes, participando de alguma atividade de forma colaborativa. O uso de sistemas hápticos nestes ambientes permite, em determinados tipos de tarefas, uma interação mais natural, podendo melhorar o desempenho do usuário no experimento e intensificar o sentimento de imersão. Neste trabalho será abordada uma das formas de utilização de sistemas hápticos em ambientes virtuais colaborativos onde um usuário pode guiar outros através de dispositivos hápticos. Com este estudo pretendeu-se verificar como este tipo de colaboração pode ser utilizado para fins de treinamento remoto em temas cuja compreensão depende do sentido do tato.

Abstract

Collaborative Virtual Environments are virtual environments where multiple users may share the same space and participate in any collaborative activity. The use of haptic systems in these environments allows, in certain types of tasks, a more natural interaction and can improve users' performance and feeling of immersion in the experiment. This paper presents the use of haptic systems in collaborative virtual environments where a user can guide others through a haptic device. This study aimed to verify how such type of collaboration can be used for remote training on topics whose understanding depends on the sense of touch.

1. Introdução

Ambientes Virtuais (AVs) possibilitam a realização de experimentos multi-sensoriais através da interação

do usuário com ambientes gerados por computador. Essa interação pode ser feita com dispositivos não-convencionais, quando necessário, para que o realismo do experimento seja ampliado. Dessa forma, além dos aspectos: visual e auditivo, presentes na maioria dos AVs, o usuário tem a possibilidade de trabalhar com outros sentidos, como o tato.

O estudo da interação homem-máquina através do sentido de toque é chamado de *haptics* [9]. A utilização do senso de toque e retorno de força em simulações computacionais bem como em experimentos de natureza tátil vem sendo estudado por diversas entidades de pesquisa em todo o mundo. Os chamados sistemas hápticos possuem a capacidade de permitir uma melhor exploração do ambiente, visto que com estes sistemas é possível que o usuário perceba a forma, a textura e a rigidez, dentre outras características, de objetos presentes em um AV [6].

Estudos revelam que a inserção de sistemas hápticos em alguns tipos de experimentos, pode prover maior imersão ao usuário e fazer com que o tempo de realização de tarefas seja reduzido [8]. Além disso, diversos trabalhos na área enfocam a inclusão de sistemas desse tipo num ambiente onde dois ou mais usuários compartilham o mesmo espaço [3][12].

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo relacionado ao uso de uma aplicação háptica colaborativa onde um instrutor atua como guia de um ambiente virtual e outras pessoas são guiadas pelos movimentos do instrutor. Deste modo, pretendeu apresentar o potencial de aplicações desta natureza em diversas áreas como, por exemplo, para o contexto de treinamento médico e experimentos físicos, dentre outras.

2. Ambientes Virtuais Colaborativos

Os Ambientes Virtuais Tridimensionais são espaços modelados em computador onde o usuário pode

navegar e manipular objetos através de algum tipo de interação. Muitos destes ambientes são construídos de forma que reflitam a realidade. No decorrer deste trabalho, os Ambientes Virtuais Tridimensionais serão tratados apenas por Ambientes Virtuais. Os AV podem ainda possuir a característica de permitir que vários usuários estejam presentes no mesmo espaço simultaneamente, possibilitando além da navegação e manipulação de objetos e a realização de atividades em conjunto. Estes AVs são conhecidos como Ambientes Virtuais Colaborativos (AVC). Alguns autores creem que estes ambientes são o resultado da convergência de pesquisas com interesse em Realidade Virtual (RV) e *Computer-Supported Cooperative Work* (CSCW – Trabalho Cooperativo Assistido por Computador) [1].

O sentimento de “estar junto” ou “trabalhar junto” com outros membros aparece com maior afinco em Ambientes Virtuais Colaborativos, pois permite às pessoas identificarem-se visualmente tornando a interação remota e a colaboração bastante natural. Entretanto, o que realmente promove a colaboração e o envolvimento em um ambiente 3D é a sequência de atividades que requer participação e interação entre estudantes de diferentes localidades. A competição amigável, discussões sobre temas propostos e o conhecimento prévio de cada estudante, faz com que a colaboração traga benefícios no aprendizado de todos.

Com o advento da *Internet*, o desenvolvimento de AVCs está crescendo substancialmente nas mais diversas áreas. São encontradas aplicações em áreas como: treinamento militar, educação a distancia, entretenimento, indústria, dentre outras [10] [5] [2].

Existem diferentes maneiras de se fazer a comunicação entre os participantes de um AV. Arquiteturas distribuídas são utilizadas em muitos dos AVCs existentes na atualidade. As mais conhecidas são: Cliente/Servidor, *Peer-to-peer Unicast* e *Peer-to-peer Multicast*, existem ainda outras formas, porém pouco utilizadas. A Figura 1 ilustra essas formas de comunicação dos AVCs.

Uma das maneiras de manter a consistência de um AVC é fazer com que cada usuário mantenha uma cópia local do AV e apenas repassar as modificações realizadas para os outros participantes. Cada participante, ao receber uma notificação informando que o ambiente foi modificado, atualiza o seu ambiente imediatamente. Dessa forma, garante-se que todos os usuários estejam presentes em um ambiente com as mesmas configurações.

Para que o aspecto colaborativo não seja comprometido é necessário um alto nível de sincronização entre os participantes de forma que cada um perceba as interações realizadas por todos os outros. Assim, na maioria dos ambientes, essas informações são trocadas por meio das mensagens de atualização. Essas mensagens carregam informações sobre o que foi alterado na cena e informam a todos os outros participantes para que eles atualizem seus ambientes. As mensagens devem ser trocadas de acordo com um protocolo específico existente ou implementado pelo desenvolvedor do ambiente.

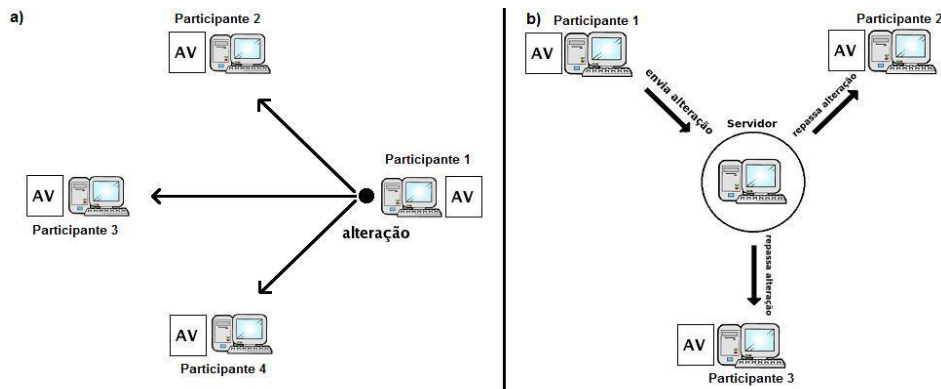


Figura 1. Duas situações em que participantes mantêm uma cópia local do AV. Em a) a comunicação é feita utilizando a arquitetura peer-to-peer. Em b) a comunicação é feita utilizando a arquitetura Cliente/Servidor.

3. Sistemas Hápticos

O retorno de força, ou retorno háptico, se tornou um componente importante em muitos sistemas de simulação existentes hoje, principalmente quando se trata de treinamento médico, odontológico [4], experimentos físicos, entre outras aplicações que possuem natureza tátil. Os Sistemas Hápticos têm por objetivo replicar forças do mundo real que são essenciais para o andamento de determinadas tarefas.

Além de simulações, procedimentos médicos auxiliados por robô [7] e experimentos, sistemas hápticos podem ser utilizados ainda em outros contextos. Uma abordagem encontrada na literatura diz respeito à interligação de dois ou mais usuários, para que um guie os outros ou até mesmo para que colaborem em tarefas. Neste caso, entramos no âmbito dos Ambientes Hápticos Compartilhados ou colaborativos, que serão discutidos na próxima sessão.

Para prover o retorno de força, os sistemas hápticos são munidos de dispositivos especiais. A luva de dados, o *joystick* com retorno de força e as hastes mecânicas são exemplos desse tipo de dispositivos (Figura 2).



Figura 2. Dispositivo háptico PHANTOM Omni do tipo haste mecânica.

A utilização desses dispositivos em tarefas que dependem de um retorno tátil, ou mesmo as que não dependem, mas podem ter esse fator adicional, culmina em vantagens significativas do ponto de vista do usuário. Dentre elas, podem ser citadas:

- Aumento no sentimento de presença do usuário no ambiente;
- Diminuição do tempo de realização de determinadas tarefas;
- Maior entendimento quando são feitos experimentos com formas ou texturas de objetos, experimentos físicos ou outros experimentos de natureza tátil.

4. Sistemas Hápticos Colaborativos

Ambientes Virtuais Colaborativos que utilizam sistemas hápticos são encontrados na literatura com alguns nomes diferentes. *Shared Haptic Environment*;

Haptic Collaboration Virtual Environment (HCVE) [12]; *Collaborative Haptic, Audio and Visual Environment* (C-HAVE) [9] são exemplos dos nomes encontrados para estes ambientes. Neste trabalho os Ambientes Virtuais Colaborativos que provêm também o retorno de força serão tratados como Sistemas Hápticos Colaborativos.

Os Sistemas Hápticos Colaborativos (SHC) permitem que usuários estejam conectados através da rede e possam trabalhar juntos usando o senso de toque como também o aspecto visual e auditivo. Dessa forma, uma gama de aplicações para sistemas desse tipo surge em diversas áreas. Como exemplos podem ser citados as aplicações de treinamento médico dentre outros tipos de treinamento, cirurgia médica à distância, teleoperação e laboratórios remotos. Contudo, no desenvolvimento de Sistemas Hápticos Colaborativos são encontradas limitações de tecnologias e dispositivos que ainda dificultam a utilização desses sistemas num contexto mais delicado como cirurgias médicas por exemplo. Estudos e pesquisas propõem soluções para tais limitações, porém não são soluções triviais e nem sempre possuem a eficácia necessária.

Os principais problemas enfrentados pelos SHC são relativos à velocidade, congestionamento e variação de atraso da rede e instabilidade dos dispositivos hápticos especialmente quando são submetidos a forças elevadas durante certo período de tempo. Além disso, estes dispositivos necessitam de altas taxas de amostragem devido à sensibilidade do tato humano, o que agrava ainda mais o problema de congestionamento da rede quando são inseridos num contexto colaborativo.

Para possibilitar a colaboração em ambientes virtuais onde há o retorno tátil, é preciso que os ambientes dos usuários estejam em conformidade, ou seja, as interações realizadas por um usuário deverão ser repassadas para os outros e dessa forma cada um é capaz de manter seu ambiente atualizado. No caso específico deste trabalho, como alunos serão guiados por um instrutor, apenas as informações de interações do instrutor serão transmitidas para os alunos, isto é, a comunicação é unidirecional.

4.1. Aspectos Educacionais

O processo de ensino e aprendizado é tido como complexo sob a abordagem da colaboração uma vez que a troca de informações é a principal fonte de construção de conhecimento. Tendo em vista que a colaboração promove não só a troca de informações, mas também a capacidade dos membros se ajudarem em tarefas, os benefícios que sistemas colaborativos acarretam são bastante relevantes [2] [6].

Os sistemas colaborativos possuem, além do que já foi citado, uma característica marcante para quem os utilizam: o sentimento de trabalhar em conjunto ou colaborar na realização de determinadas tarefas. A sensação de estar presente juntamente com pessoas de outros locais geográficos, na realização de experimentos, motiva o aluno a participar destes ambientes [5]. Fazer com que o usuário aprenda, fixe aprendizados anteriores, ou contribua para o aprendizado de outros usuários, são alguns dos objetivos da colaboração em Ambientes Virtuais. Assim, cada participante do ambiente contribui com os seus conhecimentos, acrescentando novas idéias e informações a outros estudantes [2]. Através de mundos virtuais estudantes de diversas localidades podem se encontrar, comunicar-se em tempo real, discutir e trocar perspectivas. Interação com pessoas de lugares diversos e diferentes culturas cria interesse e curiosidade por parte dos estudantes, motivando-os a serem membros de ambientes como estes [5].

5. Experimento Desenvolvido

O experimento desenvolvido neste trabalho utiliza o retorno tátil no contexto colaborativo com o objetivo de verificar a viabilidade de tutoria a distância para usuários dispostos em rede através da *Internet*. Trata-se de uma aplicação onde um instrutor guia um ou mais alunos através do manuseamento do dispositivo háptico em um ambiente virtual. Assim, os alunos participantes podem observar os movimentos realizados pelo instrutor do experimento e absorver o que está sendo feito para que posteriormente sejam capazes de fazer sozinhos. As informações de interação do instrutor são repassadas em tempo real para os demais usuários conectados ao sistema de forma que eles sigam obrigatoriamente o que o instrutor faz.

Para o experimento foi adotado o protocolo de transporte UDP (*User Datagram Protocol*) que se caracteriza por ser um protocolo sem conexão e não confiável, pois diferentemente do TCP (*Transmission Control Protocol*), não detecta perdas nem realiza o reenvio de mensagens. O UDP geralmente é destinado a aplicações que não requerem controle de fluxo e a entrega imediata dos dados é mais importante do que a entrega precisa, como é o caso do experimento em questão. A exemplo de aplicações nas quais se recomenda a utilização do UDP podem ainda ser citadas as que fazem transmissão de dados de voz ou vídeo [11].

O modelo de comunicação adotado foi o *peer-to-peer* ou comunicação não-hierárquica (Figura 1), que implica na comunicação direta entre os participantes.

Os participantes comunicam-se sem a existência da divisão entre cliente e servidor. Esse modelo foi adotado com intuito de evitar que uma suposta centralização da troca de mensagens (servidor) pudesse gerar gargalos e atrasos maiores que poderiam comprometer o experimento [11]. A Figura 3 esboça o fluxo de dados entre instrutor e alunos.

O dispositivo utilizado para interação háptica foi o PHANTOM Omni, que atua a uma taxa de dados de 1000Hz. O PHANTOM consiste em um braço mecânico que possibilita movimentos com 6 graus de liberdade e fornece reações tátil e de força com 3 graus de liberdade, em translações e rotações. O modelo utilizado produz uma força máxima de 1,7N e rigidez de 3000 N/m.

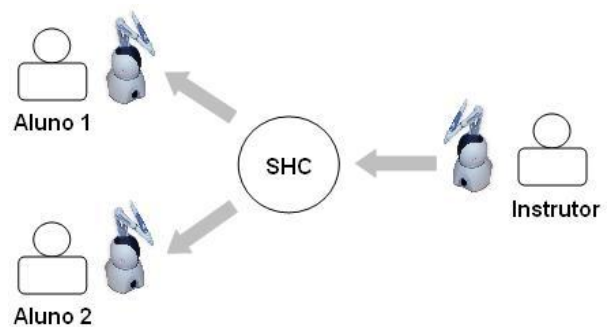


Figura 3. Ilustração do fluxo de dados da aplicação.

Para o experimento foi modelado um ambiente virtual composto por uma esfera que possui uma representação visual e háptica, permitindo que o usuário possa interagir com ela através do dispositivo háptico e sentir sua forma por meio do retorno tátil. A esfera possui propriedades de rigidez, rugosidade e textura adaptáveis além de outras propriedades que podem ser atribuídas (atrito estático e dinâmico, por exemplo), mas não foram levadas em conta neste trabalho. Outro objeto presente no AV representa visualmente o cursor do usuário, isto é, a localização espacial do dispositivo háptico manuseado pelo usuário. O experimento está apto para ser executado comunicando-se através da *internet*, porém os testes foram realizados em um ambiente laboratorial que possui rede local com velocidade *Gigabit*.

A aplicação foi testada com dois e três usuários simultaneamente, sendo um deles sempre o guia. A Figura 4 ilustra a execução da aplicação com dois usuários.



Figura 4. Aplicação em execução com dois participantes, sendo o guia o participante mais ao fundo da imagem.

6. Discussão

Este trabalho apresentou um estudo relacionado ao uso de uma aplicação háptica colaborativa onde um instrutor atua como guia de um ambiente virtual e outras pessoas são guiadas pelos movimentos do instrutor. O principal objetivo foi observar a viabilidade de condução à distância dos movimentos de usuários, permitindo a um tutor guiar alunos ao mesmo tempo em que estes reconhecem as propriedades envolvidas na tarefa realizada. Aplicações dessa natureza possuem um grande potencial em diversas áreas como, por exemplo, para o contexto de treinamento médico e experimentos físicos, dentre outras. Além disso, a possibilidade de utilizar aplicações desse tipo para oferecer benefícios ao processo de ensino e aprendizado de professores e estudantes é um ponto positivo relevante no âmbito educacional. Como se trata de colaboração através de redes locais ou *Internet*, quebra-se a barreira geográfica entre alunos e instrutores que residam em localidades diferentes.

As limitações de tecnologias e dispositivos dificultam a utilização de sistemas hápticos colaborativos em contextos mais sensíveis à latência da rede como é o caso da realização de uma cirurgia remota. Porém, tais limitações não impedem que os SHC sejam abordados da maneira apresentada neste trabalho e aplicações úteis no contexto educacional sejam desenvolvidas [3].

Preende-se como continuação deste trabalho, realizar estudos e desenvolver aplicações que demonstrem a validade da utilização dos dispositivos hápticos em tarefas de tutoria a distância de procedimentos médicos. Deste modo, será possível

verificar o grau de evolução e integração dos alunos nas atividades de aprendizado nas áreas da saúde.

10. Referências

- [1] S. Benford, C. Greenhalgh, T. Rodden, J. Pycok, "Collaborative virtual environments", *Communications of the ACM*, 2001, Vol.44, No. 7, pp. 79-85.
- [2] N.D. Blas and C. Poggi, "European virtual classrooms: building effective "virtual" educational experiences", *Virtual Reality*, 2007, Vol. 11, No. 2-3, pp. 129-143.
- [3] C. Gunn et al., "Using collaborative haptics in remote surgical training", *Eurohaptics Conference*, 2005, pp. 481-482.
- [4] G. Liu et al., "Stable haptic interaction using a damping model to implement a realistic tooth-cutting simulation for dental training", *Virtual Reality*, 2008, Vol. 12, No. 2, pp 99-106.
- [5] B. Lok et al., "Applying virtual reality in medical communication education", *Virtual Reality*, 2006, Vol. 10, No. 3, pp. 185-195.
- [6] L.S. Machado et al, "Improving Interaction in Remote Laboratories Using Haptic Devices", *Proceedings of REV International Conference*, Porto, Portugal, 2007.
- [7] A.M. Okamura, "Methods for Haptic Feedback in Teleoperated Robot-Assisted Surgery", *Industrial Robot*, 2004, Vol. 31, No. 6, pp. 499-508.
- [8] E. Sallnäs, K. Rasmus-Gröhn and C. Sjöström, "Supporting presence in collaborative environments by haptic force feedback", *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 2000, Vol. 7, No.4, pp. 461-476.
- [9] X. Shen, J. Zhou, A. El Saddik, N.D. Georganas, "Architecture and Evaluation of Tele-Haptic Environments". *Proceedings of the Eighth IEEE International Symposium on Distributed Simulation and Real-Time Applications*, 2004, pp. 53- 60.
- [10] S. Shirmohammadi and N.D. Georganas, "Collaborating in 3D Virtual Environments: A Synchronous Architecture", *Proceedings of the 9th IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*, 2000, pp. 35-42.
- [11] A.S. Tanenbaum, "Redes de Computadores", Brasil, Editora Campus, 2003.
- [12] Y. Yonghee, M.Y. Sung, K. Jun, "An Integrated Haptic Data Transmission in Haptic Collaborative Virtual Environments", *6th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science*, 2007, pp. 834-839.