

Calibração de Propriedades Materiais para Incorporação de Toque em Sistemas de Realidade Virtual

André Castelo Branco Gomes
Universidade Federal da Paraíba
andrecastelo@gmail.com

Liliane dos Santos Machado
Universidade Federal da Paraíba
liliane@di.ufpb.br

Abstract

Virtual Reality enables interaction with virtual worlds and can be applied to several areas. VR applications benefit from realistic features, as they contribute to immersion by presenting rules already familiar to the user. Haptic technology, through the use of haptic systems and special devices, contributes to that aspect by allowing the user to identify objects and their properties, using the sense of touch. In haptic enabled applications, the immersion depends on these properties being as realistic as possible, achieved by calibrating the application. This calibration is a very time consuming process that depends on experts of the application domain. Aiming to speed up the development cycle of these applications, this paper presents a Haptic Calibrator that provides real time editing and testing of material properties. Intended to be very intuitive, the Calibrator allows the user to build a repository of materials, that can be used in future developments.

Keywords: haptics, 3D interaction, virtual reality.

1. Introdução

Realidade Virtual (RV) pode ser definida como uma tecnologia que permite a interação em tempo-real com ambientes simulados por computador, podendo estes ser imaginários ou realistas. Sistemas baseados em RV são caracterizados por apresentarem imersão e interatividade e podem ser encontrados em aplicações para campos diversos, como entretenimento, treinamento e teleoperação [6]. As aplicações de realidade virtual se beneficiam de realismo porque permitem ao usuário uma experiência que pode apresentar regras e valores já conhecidos. A obtenção de níveis adequados de realismo é um desafio para os desenvolvedores, que devem aliar o uso de dispositivos, algoritmos e modelagem, sem comprometimento do desempenho ou custo da aplicação.

Uma categoria de dispositivos que podem ser utilizados nas aplicações de RV inclui a tecnologia háptica, que permite a interação através do sentido do tato usando dispositivos específicos, e inclui finalidades diversas, como teleoperação de máquinas, treinamento cirúrgico, robótica, síntese de sons, design gráfico e animação. O desenvolvimento desta tecnologia também contribuiu para estudos e pesquisas relacionados ao sentido do tato e como este é interpretado pelo cérebro [4].

No contexto de aplicações hápticas, as propriedades materiais dos objetos virtuais envolvidos são essenciais, pois permitem a identificação dos diferentes elementos e através da calibração adequada, é possível aproximá-los de seus correspondentes reais, aumentando a sensação de realismo. Alguns materiais, graças à pesquisas em seus domínios de aplicação, tem os seus coeficientes já conhecidos, o que facilita a configuração das propriedades. Entretanto, em diversos casos não existe uma fonte confiável para se obter esses valores, tornando necessário o envolvimento de um especialista no domínio para descrever as propriedades do material relacionado a um objeto. Este processo é essencialmente subjetivo e é chamado de calibração.

A calibração de atributos ou propriedades de um material em um sistema computacional consiste em várias iterações com os objetos virtuais para adequar suas características táteis àquelas descritas pelo especialista. Esta etapa de calibração e adequação de propriedades envolve alteração do código, compilação e testes em um processo que pode se estender por vários dias, exigindo a presença do especialista.

No presente trabalho, buscou-se idealizar e conceber uma ferramenta para agilizar o processo de calibração de propriedades de objetos virtuais. Assim, um calibrador háptico foi desenvolvido para oferecer ao usuário uma plataforma de simulação e testes de propriedades, permitindo a apresentação conjunta de diversos valores associados a um material. O calibrador possui mecanismos para que o usuário altere cada uma das propriedades em tempo real, removendo a necessidade de edição e

recompilação de código. À seguir, os resultados obtidos e possibilidades de trabalhos futuros são apresentados e discutidos.

2. Sistemas Hápticos

Sistemas hápticos (do grego “haphthai”, que significa toque) são compostos por hardware e software e transmitem informações táteis que permitem ao usuário identificar objetos no mundo virtual através de retorno sensorial. O retorno sensorial pode ser de dois tipos – tátil e cinestésico [2].

O retorno tátil refere-se à percepção de temperatura, rugosidade e geometrias, e não oferece nenhuma limitação aos movimentos do usuário. No ser humano, a percepção destas propriedades concentra-se, principalmente, nos dedos e nas mãos.

O retorno cinestésico, por outro lado, utiliza forças para representar propriedades materiais e restringir movimentos. Este tipo de retorno refere-se às forças sentidas pelos músculos e ossos do pulso e do braço. Permite informação de atrito, peso e inércia, podendo dificultar e até parar o movimento do usuário, dependendo do dispositivo háptico utilizado.

2.1 Propriedades Hápticas

Sistemas hápticos são capazes de simular propriedades materiais para distinguir os elementos da cena, e são mecanismos eficientes na construção do mundo virtual e abstração do controle das forças do dispositivo [1]. É possível simular vários materiais através da combinação dos valores destes atributos.

As propriedades de retorno de força geralmente suportadas por dispositivos hápticos são: *stiffness*, *damping*, *static friction*, *dynamic friction* e *pop-through*. *Stiffness* controla a rigidez da superfície e determina a taxa com que a força aumenta quando o cursor tenta penetrar a superfície. A propriedade é regida pela Lei de Hooke (1), que é usada por sua versatilidade e simplicidade. Na fórmula, o coeficiente k representa o valor da propriedade, e varia de 0 a 1, e x representa a profundidade de penetração na superfície.

$$F = kx \quad (1)$$

Static e *dynamic friction* representam atrito estático e dinâmico respectivamente. O atrito estático oferece resistência ao cursor no início do movimento e o atrito dinâmico resiste apenas durante o movimento.

Damping também é muito comum na renderização háptica e é responsável pela redução da vibração. Em geral, *damping* relaciona-se à resistência de

movimento e é proporcional à velocidade do cursor háptico. A equação utilizada pela propriedade é (2), onde b representa o valor da propriedade e v a velocidade do cursor.

$$F = -bv \quad (2)$$

Popthrough, ou resistência, representa a força necessária para atravessar um objeto com o cursor. Um valor de 0 significa que a superfície não pode ser perfurada. Este atributo não possui um correspondente real, pois os materiais virtuais podem ser penetrados e continuarem intactos.

2.2 Calibração Háptica

Durante o desenvolvimento de aplicações de realidade virtual com interação háptica, as propriedades táteis dos objetos virtuais devem ser ajustadas de acordo com o domínio da aplicação, de forma a se aproximarem das propriedades reais, contribuindo para o realismo da renderização háptica. Este ajuste de atributos, chamado de calibração, é um processo demorado que requer a alteração direta do código para manipular os coeficientes das propriedades hápticas, seguida de compilação e testes, iterando até que os valores correspondam aos desejados. Além disso, o processo necessita do envolvimento de um especialista no domínio, pois dependerá da sua sensibilidade para o estabelecimento das propriedades adequadas do material em questão.

Com o objetivo de facilitar este processo, foi especificado um calibrador háptico, capaz de exibição e alteração das propriedades táteis diferentes em tempo real, de forma que a calibração ocorra de forma simples e intuitiva. O dispositivo háptico utilizado no desenvolvimento desta ferramenta permite uma liberdade de movimento de até 6 graus, com rotações e translações nos três eixos. A detecção de movimentos também ocorre nos 6 graus. Entretanto, ele só é capaz de retornar forças na forma de translações nos eixos x , y e z .

Utilizando esta ferramenta, o especialista poderá configurar as propriedades sem a necessidade de interagir com o código. O resultado desta interação será o arquivo de propriedades, que será utilizado pelos desenvolvedores de sistemas de realidade virtual para adequar os objetos aos valores reais (Figura 1).

3. Resultados

O calibrador háptico desenvolvido oferece ao usuário uma plataforma de simulação e testes de propriedades, permitindo a apresentação e exportação

dos valores de cada material. O calibrador foi escrito em C++, em conjunto com a *OpenGL* e a *OpenHaptics Toolkit*, que é composta de bibliotecas em C, códigos de exemplo, guias de programação e drivers, desenvolvida pela *SensAble Technologies* [5]. A plataforma utilizada foi Linux, distribuição Fedora Core 5.



Figura 1. Esquema de calibração de propriedades hápticas para uso em simuladores.

Dentre as bibliotecas utilizadas na programação estão a HDAPI e a HLAPI. A HDAPI fornece acesso em baixo nível ao dispositivo, permite ao programador renderizar forças diretamente, oferece controle sobre a configuração do comportamento em tempo real dos *drivers* do dispositivo e possui utilidades convenientes e funções de *debugging*. Já a HLAPI utiliza alto nível de controle sobre a renderização háptica e foi desenvolvida de forma semelhante à *OpenGL*, de modo que programadores familiarizados com a biblioteca gráfica não tenham dificuldades com a API háptica. Ela também permite o reuso de código *OpenGL* para criação da cena háptica e simplifica a sincronização das *threads* hápticas e gráficas. Pelo fato de terem sido utilizados no desenvolvimento do Calibrador Háptico os *drivers* incluídos na *OpenHaptics Toolkit*, é possível usar todos os dispositivos da linha PHANToM com o calibrador, incluindo o dispositivo PHANToM Omni.

Na interface do Calibrador (Figura 2) são apresentadas quatro esferas configuráveis, cujas propriedades táteis podem ser experimentadas pelo usuário através do dispositivo háptico, com informações sobre os atributos hápticos apresentadas logo abaixo. Através do teclado, o usuário pode selecionar uma das esferas e alterar uma de suas propriedades utilizando um menu pop-up, para selecioná-la, em conjunto com as setas do teclado. As propriedades de material configuráveis através da ferramenta são *stiffness*, *damping*, *static friction*, *dynamic friction* e *popthrough*. Estas podem ser

experimentadas e ajustadas em tempo-real pelo usuário. Tal fato permite o refinamento do processo de calibração até que um dos objetos apresente as características táteis consideradas adequadas pelo usuário. A presença de quatro esferas visa oferecer ao usuário meios de comparar as propriedades de cada uma, pois é possível atribuir diferentes valores à cada propriedade háptica obrigatória. As esferas não são deformáveis pois tal funcionalidade fugiria do escopo da ferramenta.

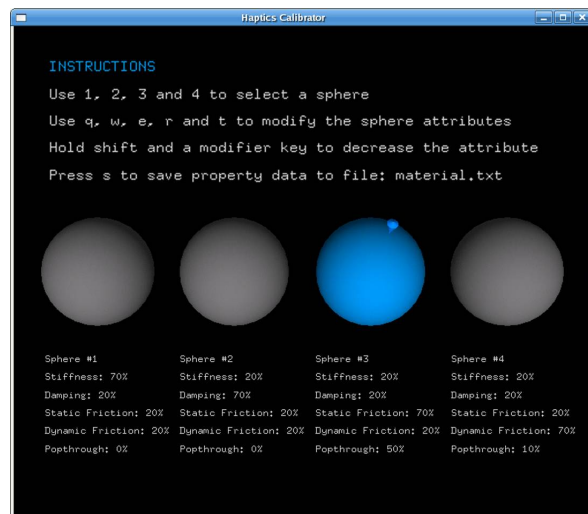


Figura 2. Calibrador em uso, com uma das esferas selecionadas.

Os atributos podem ser exportados da aplicação para um arquivo texto, passado como parâmetro inicial da aplicação. Cada configuração pode ser salva, permitindo a criação de um repositório de materiais (Figura 3), onde cada arquivo apresenta as propriedades individuais de cada componente utilizado pelo sistema háptico.

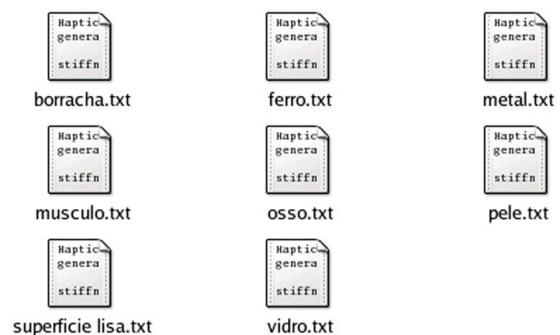


Figura 3. Exemplo de repositório de materiais.

O arquivo gerado possui formato texto estruturado, de forma que aplicações de realidade

virtual possam interpretá-las e, utilizando os comandos da biblioteca OpenHaptics, configurar seus materiais de acordo. A legibilidade do formato também permite que as aplicações possam ser configuradas manualmente por um desenvolvedor.

4. Conclusão e Trabalhos Futuros

As propriedades materiais dos objetos virtuais são elementos essenciais para a criação de um mundo realista e imersivo em aplicações hápticas de RV e, portanto, não podem ser negligenciadas. A calibração, para ser realizada de forma adequada, depende de um profissional do domínio, que deve ajustar as propriedades de acordo com a sua sensibilidade. Neste contexto, o Calibrador Háptico se torna útil, porque proporciona os meios para o especialista experimentar e definir interativamente as propriedades de um determinado material, particularmente daqueles cujos valores não são conhecidos numericamente.

Particularmente, o Calibrador Háptico pode ser uma importante ferramenta para auxiliar no desenvolvimento de simuladores para medicina, visto que estes tratam de tecidos e órgão cujas propriedades táteis não possuem valores numéricos conhecidos mas que podem ser definidas por profissionais experientes.

Trabalhos futuros incluem a implementação de um calibrador colaborativo, onde vários usuários podem interagir para juntos definirem as propriedades de um material. Atualmente, o calibrador está sendo integrado ao pacote de desenvolvimento de aplicações de realidade virtual para simulação de procedimentos médicos chamado CyberMed [3].

5. Referências

- [1] Bowman, D. A., Kruijff, E., Laviola, J.J., e Poupyrev, I., *3D User Interfaces: Theory and Practice*. Addison-Wesley, Boston, 2006.
- [2] Burdea, G.C., Coiffet, P., *Virtual Reality Technology*, Wiley-Interscience, New Jersey, 2003.
- [3] Machado, L.S., Moraes, R.M., Souza, D.F.L., Souza, L.C., Cunha, I.L.L., “A Framework for Development of Virtual Reality-Based Training Simulators”, *Studies in Health Technology and Informatics*, IOSPress, 2006, 142, 174-176.
- [4] Robles-De-La-Torre G., “Principles of Haptic Perception in Virtual Environments”, *Human Haptic Perception*, Birkhäuser Verlag, 2008, 363--379.
- [5] *SensAble Technologies OpenHaptics Programmer's Guide 2.0*, http://www.sensable.com/documents/documents/OpenHaptics_ProgGuide.pdf .
- [6] Sherman, W.R., Craig, A. B., *Understanding Virtual Reality: interface, application and design*, Morgan Kaufmann, San Francisco, 2003.