



Ygor Hecht Speranza

**Animação de fratura de objetos baseada em
agrupamentos de vértices**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática da PUC-Rio

Orientador: Prof. Waldemar Celes Filho

Rio de Janeiro
Agosto de 2012



Ygor Hecht Speranza

Animação de fratura de objetos baseada em agrupamentos de vértices

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela comissão examinadora abaixo assinada.

Prof. Waldemar Celes Filho

Orientador

Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Bruno Feijó

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Ivan Fabio Mota de Menezes

Engenharia Mecânica – PUC-Rio

Prof. Helio Côrtes Vieira Lopes

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 28 de Agosto de 2012

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Ygor Hecht Speranza

Graduou-se em Matemática Aplicada na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com ênfase em computação. Realizou pesquisa em bioinformática através da Fundação Osvaldo Cruz (Fiocruz) e trabalhou junto a empresa K2 Sistemas no desenvolvimento de software de processamento de imagens e georeferenciamento. Desenvolveu junto com os seus orientadores durante o Mestrado técnica para animação de objetos fraturáveis.

Ficha Catalográfica

Speranza, Ygor

Animação de fratura de objetos baseada em agrupamentos de vértices / Ygor Hecht Speranza; orientador: Waldemar Celes Filho. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2012.

v., 74 f: il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (Mestrado em Informática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Tese. 2. Animação de Objetos. 3. Modelo de Fratura. 4. Modelo de Deformação. 5. Segmentação de Malhas. 6. Dinâmica de Corpos Deformáveis. I. Celes Filho, Waldemar. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Agradecimentos

Ao meu orientador Waldemar Celes, por todo o empenho e dedicação como professor e incentivador.

Ao CNPq e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

A todos os meus familiares, com agradecimentos especiais à Nayara e Ana, imensamente fundamentais para esse trabalho de muitas formas.

Aos amigos Paulo e Peter pela incansável ajuda.

Aos meus colegas da PUC-Rio, ao lado dos quais essa jornada tornou-se menos árdua.

Resumo

Speranza, Ygor; Celes Filho, Waldemar. **Animação de fratura de objetos baseada em agrupamentos de vértices**. Rio de Janeiro, 2012. 74p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Neste trabalho, estendemos o método de simulação de objetos deformáveis de Muller et al. (2005) para simular fraturas. Em Muller et al., os vértices da superfície do objeto são tratados como partículas, sujeitas a forças externas ao objeto e a uma força interna de restituição, que tenta restaurar a forma do objeto através de uma técnica de casamento de forma. Esse método permite-nos simular efeitos como alongamento e flexão de forma estável e, por ser geometricamente motivado, é ideal para situações que não exijam realismo físico, como a área de animação e jogos. Muller et al. propõem uma forma de simulação composta, onde objetos deformáveis podem funcionar como uma composição de agrupamentos de vértices de sua superfície: esses agrupamentos agem como objetos deformáveis em si. Nossas contribuições concentram-se na variação deste modelo. Propomos utilizar o método de Attene et al. (2006) de segmentação hierárquica de superfícies para determinar de forma automática agrupamentos que sejam partes naturais do objeto. Criamos também uma técnica para determinar de forma suave a influência dos agrupamentos em cada vértice, levando em consideração aspectos globais e locais do objeto. Por fim, estabelecemos o algoritmo para a detecção de fraturas entre os agrupamentos e a execução da ruptura correspondente. Utilizamos um conjunto de objetos para provar que nosso método é capaz de simular fraturas naturalmente, podendo ser usado tanto em sistemas os quais exijam resultado mais simples, contudo em tempo real, quanto em sistemas que necessitam de fraturas apresentando maior riqueza de detalhes.

Palavras-chave

Animação de Objetos ; Modelo de Fratura ; Modelo de Deformação ; Segmentação de Malhas ; Dinâmica de Corpos Deformáveis.

Abstract

Speranza, Ygor; Celes Filho, Waldemar (advisor). **Object Fracture Animation based on Vertex Clusters**. Rio de Janeiro, 2012. 74p. MSc. Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In this work, we extend the simulation method for deformable objects proposed by Muller et al. (2005) so as to be able to simulate fracturing. In Muller et al., the object surface vertices are handled such as particles in a particle system: moved by external forces and by internal restitution forces, which try to restore the original object form using a shape matching technique. This method allow us to simulate stretching and twisting effects in a stable manner, and, because it is geometrically motivated, it is ideal to situations which does not demand physical realism, as in games and animation. Muller et al. propose in their work a composed simulation mode, in which deformable objects work like a composition of clusters of its surface vertices: these clusters behave like deformable objects on their own. Our contributions focus on a variation of this model. We propose the hierarchical vertex surface segmentation method from Attene et al. (2006) as an automatic way of determining clusters which are natural parts of the object. We also created a technique to smoothly calculate the influence of the clusters in each vertex, considering global and local aspects of the object. Finally, we established an algorithm which detects fractures between vertex clusters and which breaks the object surface accordingly. We employed a set of 3D objects to demonstrate that our method is capable of naturally simulating fractures, for systems which demand simpler, real-time results, as well as for systems which need richer and more detailed fractures.

Keywords

Object Animation; Fracture Model; Deformation Model; Mesh Segmentation; Soft Body Dynamics.

Sumário

1	Introdução	11
1.1	Introdução	11
1.2	Trabalhos Relacionados	14
2	Segmentação e Deformação	16
2.1	Visão Geral	16
2.2	Modelo de Segmentação	17
2.3	Heurísticas para Segmentação	28
2.4	Modelo de Deformação	29
3	Fratura	39
3.1	Deteccção de Separação de Agrupamentos	39
3.2	Algoritmo de Fratura	40
4	Resultados	44
4.1	Simulações	44
4.2	Desempenho	56
5	Conclusão e Trabalhos Futuros	60
6	Referências Bibliográficas	63
A	Apêndice I - Implementação	65
A.1	Linguagem	65
A.2	Visualização	65
A.3	Código	65
A.4	Estrutura de Classes	66
A.5	Matrizes	69
B	Apêndice II - Estabilidade de Sistemas Massa-Mola	73
B.1	Sistema Massa-Mola Clássico	73
B.2	Variação do Sistema Massa-Mola	74

Lista de figuras

2.1	Contração entre dois agrupamentos	18
2.2	Contrações entre agrupamentos e grafo de conexões	19
2.3	Pontos sendo aproximados por um plano	21
2.4	Determinação dos parâmetros e_0 e r do cilindro	24
2.5	Influência local dos agrupamentos em vértice.	27
2.6	Diagrama de grafo de conexões entre agrupamentos	29
2.7	Laço principal do modelo de deformação	30
2.8	Modos de deformação	31
3.1	Fratura entre dois agrupamentos	40
3.2	Duplicação de vértice	42
4.1	Simulação de 5 objetos baseados no modelo “Bola de Plástico”	46
4.2	Diferentes padrões de fratura	46
4.3	“Bola de Plástico” sendo pressionado	47
4.4	Semgmentação dos modelos “Jarro” e “Vaso”	48
4.5	Comparação do uso das primitivas na segmentação	49
4.6	Simulação do modelo “Jarro”	50
4.7	Diferentes padrões de fratura para “Vaso” simples e detalhado	51
4.8	Segmentação do modelo “Bexiga”	51
4.9	Alta tolerância do modelo “Bexiga” a deformações	52
4.10	“Bexiga” estourando	53
4.11	Detalhe do estouro do objeto “Bexiga”	54
4.12	Modelo “Janela”	55
4.13	Segmentação do modelo “Janela”	55
4.14	Simulação do objeto “Janela”	56
4.15	Objeto “Janela” configurado de forma a reagir como se fosse um objeto elástico	57
4.16	Gráfico do desempenho da simulação	59
A.1	Diagrama de classes	67
A.2	Diagrama de classes do pacote de matrizes	70

Lista de tabelas

4.1	Tempo de execução médio das duas fases do pré-processamento dos objetos simulados, em segundos.	58
4.2	Percentual do tempo de pré-processamento o qual decorre do algoritmo de segmentação	58
4.3	Desempenho em FPS obtida a partir das simulações executadas	59

But we must not follow those who advise us, being men, to think of human things, and being mortal, of mortal things, but must, so far as we can, make ourselves immortal, and strain every nerve to live in accordance with the best thing in us; for even if it be small in bulk, much more does it in power and worth surpass everything.

Bertrand Russel, *History of Western Philosophy*.