

Karin Sulamita Leão Lisowski

**Método da Oclusão Implícita e suas aplicações
em visualização**

Dissertação de Mestrado

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

Orientador: Prof. Sinesio Pesco

Rio de Janeiro
Março de 2007

Karin Sulamita Leão Lisowski

**Método da Oclusão Implícita e suas aplicações
em visualização**

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

Prof. Sinesio Pesco

Orientador

Departamento de Matemática — PUC-Rio

Prof. Luiz Henrique de Figueiredo

IMPA

Prof. Geovan Tavares

Departamento de Matemática – PUC - Rio

Prof. Thomas Lewiner

Departamento de Matemática – PUC - Rio

Prof. Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC - Rio

Rio de Janeiro, 27 de Março de 2007

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

Karin Sulamita Leão Lisowski

Graduou-se em Licenciatura em Matemática na Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ (Rio de Janeiro, Brasil)

Ficha Catalográfica

Lisowski, Karin

Método da Oclusão Implícita e suas aplicações em visualização / Karin Sulamita Leão Lisowski; orientador: Sinesio Pesco. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Matemática, 2007.

v., 79 f: il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Matemática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Matemática – Tese. 2. Extração de Isosuperfícies. 3. Descarte por oclusão. 4. Visualização Volumétrica. I. Pesco, Sinesio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Matemática. III. Título.

CDD: 510

Aos amantes da matemática e de suas aplicações

Agradecimentos

Neste momento especial da minha vida, agradeço ao Maior Matemático e Físico do universo: Deus, que nos dá capacidade e inteligência de estudar suas obras grandiosas.

Aos meus pais Fabiano e Esther por todo o amor, apoio e incentivo durante toda a minha vida. Aos meus irmãos Sara e Cleber, bem como minha cunhada Ana, e um agradecimento especial ao meu cunhado Edimar (engenheiro), que me ajudou a adquirir o gosto pela matemática.

Aos meus colegas do Tecgraf, em especial: André, Aurélio e Guilherme, pois com eles, aprimorei minhas habilidades de programação. A todos os meus colegas do Departamento de Matemática da PUC, pessoas que entendem que sozinho não se chega a lugar algum, e que todos nós somos na verdade, uma grande equipe.

A todos os meus professores: Hélio Lopes, Marcelo Dreux (Engenharia Mecânica), Geovan Tavares, Carlos Tomei e Marcos Craizer, que sem exceção, foram maravilhosos e muito pacientes comigo.

À CAPES, pelos auxílios concedidos. Aos funcionários do departamento de Matemática da PUC. Ao professor Paulo Rogério Sabini da UERJ, bem como sua esposa Aruquia Barbosa, por terem me incentivado a cursar o mestrado, e pelo apoio dado durante todos esses anos. Um agradecimento muito especial ao meu orientador Sinésio Pesco, pela paciência na orientação desta dissertação, e pelo grande conhecimento transmitido durante esses 2 anos.

Resumo

Lisowski, Karin; Pesco, Sinesio. **Método da Oclusão Implícita e suas aplicações em visualização**. Rio de Janeiro, 2007. 79p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Neste trabalho aplicamos o método de oclusão implícita para acelerar o tempo de cálculo e renderização de isosuperfícies em dados volumétricos regulares. Dado um campo escalar contínuo f sobre um domínio D e um isovalor w , a oclusão implícita explora a continuidade de f para determinar os limites de visibilidades sem a necessidade de calcular a isosuperfície explicitamente. Aplicamos esta técnica para obter também as silhuetas visíveis das isosuperfícies.

Palavras-chave

Extração de Isosuperfícies. Descarte por oclusão. Visualização Volumétrica.

Abstract

Lisowski, Karin; Pesco, Sinesio. **Implicit Occluder Method and visualization applications**. Rio de Janeiro, 2007. 79p. MsC Thesis — Departament of Mathematics, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In this work we apply the Implicit Occluders method for optimizing the computation and rendering of isosurfaces in regular volumetric data. Given a continuous scalar field f over a domain D and an isovalue w , Implicit Occluders exploits the continuity of f to determine visibility bounds without the need for computing the isosurface explicitly. We apply this technique to obtain also the visible silhouettes of isosurfaces.

Keywords

Isosurface extraction. Occlusion Culling. Volume visualization.

Sumário

1	Introdução	13
1.1	Motivação	13
1.2	Objetivo	13
1.3	Trabalhos anteriores	14
1.4	Organização da dissertação	15
2	Preliminares	16
2.1	Técnicas básicas de visibilidade	16
2.2	Critérios para algoritmos de visibilidade	18
2.3	Recursos do OpenGL	19
3	Método da oclusão implícita	21
3.1	Trabalhos anteriores	21
3.2	Método da oclusão implícita	24
4	Implementação da oclusão implícita	27
4.1	Leitura do dado volumétrico e construção da octree	28
4.2	Geração do mapa de oclusão	31
4.3	Teste de visibilidade do nó da octree	41
4.4	Cálculo e render da isosuperfície	43
5	Resultados da extração de isosuperfícies	46
5.1	Stent	47
5.2	Visible Woman	51
5.3	Engine	53
5.4	Foot	54
5.5	Ppm	57
5.6	Teddy Bear	59
5.7	Skull	61
5.8	Neghip	62
6	Aplicação da oclusão implícita em silhuetas	65
6.1	Introdução	65
6.2	Marching Lines	66
7	Resultados da silhueta	68
8	Conclusão e trabalhos futuros	76
	Referências Bibliográficas	78

Lista de figuras

1.1	O método da oclusão implícita estuda a primeira mudança de sinal de positivo para negativo ou vice versa.	14
2.1	(a) imagem sem back-face culling (b) imagem utilizando o back face culling	16
2.2	A face não é visível se o produto interno entre a normal da face e o vetor de visão for menor que zero.	17
2.3	View frustum culling: qualquer parte do objeto fora do volume de visualização não é visível.	17
2.4	Occlusion culling: remove a geometria escondida por outro objeto.	18
2.5	3 técnicas de remoção de áreas escondidas: back face culling, view frustum culling e occlusion culling.	19
3.1	Octree de nível 1 onde há 1 nó “zero” e 7 nós “positivos”, Logo, aplica-se o algoritmo de Marching Cubes em apenas 1/8 de todo o volume de dados.	22
3.2	A reta r conectando o conjunto A ao conjunto B intercepta a isosuperfície $f^{-1}(0)$.	24
3.3	A idéia fundamental na oclusão implícita é explorar a continuidade do campo escalar f para definir uma região de oclusão, sem a necessidade de computar a isosuperfície.	25
3.4	O conjunto conservativo de visibilidade é a união dos dois conjuntos indicados V e NV , pois inclui toda a porção visível e possivelmente uma porção não visível.	26
3.5	A idéia do occluder é detectar a primeira mudança de sinal.	26
4.1	Organização das classes Octree e OctreeRoot.	28
4.2	(a) vértice do voxel coincidente com a subdivisão do grid. (b) vértice do voxel não coincidente com a subdivisão do grid. (c) correção do nó da octree de modo a coincidir com o grid.	30
4.3	Octree: composta de nós positivos, negativos, e nós zero (onde há mudança de sinal).	32
4.4	Disposição dos nós no depth buffer.	33
4.5	Inicializamos o stencil buffer com 0 e o depth buffer no infinito, ou seja, com valor 1.	33
4.6	Inicializamos o stencil buffer com 0 e o depth buffer no infinito, ou seja, com valor 1.	35
4.7	Ordenação dos nós octree.	37
4.8	Renderiza negativo	38
4.9	Passo 2: Após a renderização dos nós positivos. Passo 6: Após a renderização dos nós negativos.	38
4.10	Correção da profundidade dos pixels através da renderização de 3 faces de um cubo posicionado atrás do grid volumétrico.	39
4.11	Mapa de oclusão implícito.	39

4.12	Parabolóide hiperbólico numa octree de nível 2: (a) Nós positivos, negativos e isosuperfície (b) Apenas os nós positivos e negativos (c) região de oclusão.	39
4.13	Regiões de oclusão do dado volumétrico Engine selecionando-se octrees com profundidades 5, 6 e 7.	40
4.14	Regiões de oclusão do dado volumétrico Neghip selecionando-se octrees com profundidades 5, 6 e 7.	40
4.15	Aplicação do algoritmo de Marching Cubes apenas nos nós onde há mudança de sinal e que são visíveis.	44
4.16	Dado volumétrico Neghip.raw: (a) isosuperfície renderizada com occluder (b) Teste de visibilidade interrompido para mostrar quantas faces deixaram de ser renderizadas aplicando-se a oclusão implícita.	44
5.1	Isosuperfície com isovalor 600 e sua respectiva região de oclusão.	48
5.2	Gráficos do dado volumétrico Stent de profundidade 7 e isolevel 600. (a) Comparação dos tempos totais com/sem occluder. (b) Comparação do número de triângulos com/sem occluder.	48
5.3	Gráfico do dado volumétrico Stent de profundidade 7 e isolevel 600. Comparações dos tempos de criação da região de oclusão, teste de visibilidade e tempo de renderização.	49
5.4	Regiões de oclusão do Stent para as profundidades 7,6,5 e 4.	50
5.5	Stent16.raw: (a) com isovalor 600 referente à pele (b) isovalor 1300 referente aos ossos.	50
5.6	Para o isovalor 1300, a quantidade de faces com/sem occluder é a mesma.	51
5.7	Dados da Visible Woman	51
5.8	(a) gráfico com os tempos em segundos da renderização da Visible Woman para diferentes isovalores. (b) gráfico do número de faces renderizadas para diferentes isovalores.	53
5.9	Dados do Engine.	54
5.10	Gráficos do dado volumétrico Engine de profundidade 7 e isolevel 120. (a) Comparação dos tempos totais com/sem occluder. (b) Comparação do número de triângulos com/sem occluder.	54
5.11	Gráfico do dado volumétrico engine de profundidade 7 e isolevel 120. Comparações dos tempos de criação da região de oclusão, teste de visibilidade, tempo de renderização.	55
5.12	Dados do Foot.	56
5.13	Dados do Ppm (frente).	57
5.14	Dados do Ppm (Lado).	58
5.15	Dados do Teddy Bear.	60
5.16	Regiões de oclusão para os níveis 7,6,5 e 4 respectivamente.	61
5.17	Dados do Skull	62
5.18	Dados do Neghip	63
6.1	Marching Lines: (a) isosuperfície (b) superfície de contorno (c) interseção entre isosuperfície e superfície de contorno (d) silhueta.	66
6.2	Verificamos em cada aresta do triângulo se há mudança de sinal de g.	67

7.1	Arquivo "engine.raw" com profundidade 7: (a) região de oclusão (b) silhueta sem occluder (c) silhueta com occluder.	68
7.2	Engine, profundidade 7, isovalor 120: (a) silhueta com occluder (b) silhueta real.	69
7.3	Comparação das silhuetas do engine para as profundidades 7, 6 e 5 com suas respectivas regiões de oclusão.	70
7.4	Tempos da silhueta com/sem occluder da Visible Woman. Para este exemplo, o tempo de renderização com occluder corresponde à 36% do tempo de renderização sem occluder, logo, obtivemos uma economia de 64% do tempo através do método da oclusão implícita.	70
7.5	Tempos da silhueta com/sem occluder do Stent. Para este exemplo obtivemos uma economia de 62% do tempo através do método da oclusão implícita	71
7.6	Tempos da silhueta com/sem occluder do dado Statueleg. Para este exemplo, obtivemos uma economia de 21% do tempo sem occluder.	71
7.7	Tempos da silhueta com/sem occluder do Neghip. Devido ao tamanho pequeno do dado e à pouca região de oclusão, o tempo gasto com a construção da região de oclusão e com o teste de visibilidade acabou onerando o tempo total com occluder.	72
7.8	Tempos da silhueta com/sem occluder do Bonsai. Para este exemplo, também não houve economia de tempo para o cálculo da silhueta com occluder, devido à pouca região de oclusão do dado.	72
7.9	Tempos da silhueta com/sem occluder do Ppm (frente). Para o dado do Ppm de frente, obtivemos uma economia de 37% do tempo sem occluder.	73
7.10	Tempos da silhueta com/sem occluder do Ppm (lado). Para o dado do Ppm de lado, obtivemos uma economia de 26% do tempo sem occluder.	73
7.11	Tempos da silhueta com/sem occluder do Skull. Para este exemplo, obtivemos uma economia de 21% do tempo sem occluder.	73
7.12	(a) isosuperfície (b) silhueta (c) região de oclusão para isovalor1 = 5 e isovalor2 = 5	74
7.13	(a) isosuperfície (b) silhueta (c) região de oclusão para isovalor1 = 5 e isovalor2 = 70	74
7.14	Silhuetas do pé da visible woman para isovalores 600 (referente à pele) e 1200 (referente aos ossos).	75

Lista de tabelas

4.1	Pseudo código da rotina SetMinMax	31
4.2	Pseudo código da rotina SetSinal	32
4.3	Pseudo código da rotina OcluderPositivo	35
4.4	Algoritmo do stencil e depth buffers.	40
4.5	Pseudo código da rotina Mark_Occluder	42
4.6	Pseudo código da rotina Mark_Occluder_Node	45
5.1	Comparação dos tempos para diferentes níveis de visibilidade do Stent	49
5.2	Comparação dos tempos para diferentes níveis de visibilidade da Visible Woman	52
5.3	Comparação dos tempos para diferentes níveis de visibilidade do Engine.	55
5.4	Comparação dos tempos para diferentes níveis de visibilidade do Foot.	56
5.5	Comparação dos tempos para diferentes níveis de visibilidade do Ppm.	58
5.6	Comparação dos tempos para diferentes níveis de visibilidade do Ppm (lado).	59
5.7	Comparação dos tempos para diferentes níveis de visibilidade do Teddy Bear.	61
5.8	Comparação dos tempos para diferentes níveis de visibilidade do Skull.	62
5.9	Comparação dos tempos para diferentes níveis de visibilidade do Neghip.	63
7.1	Comparação dos tempos de renderização da silhueta para profundidades diferentes do Engine.	69
7.2	Pseudo código da rotina SetSinal	70