

Marcelo Medeiros Arruda

**Visualização volumétrica de dados sísmicos
utilizando um modelo de iluminação por
oclusão direcional**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. Waldemar Celes Filho

Rio de Janeiro
Setembro de 2012

Marcelo Medeiros Arruda

**Visualização volumétrica de dados sísmicos
utilizando um modelo de iluminação por
oclusão direcional**

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

Prof. Waldemar Celes Filho

Orientador

Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Marcelo Gattass

Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Thomas Lewiner

Departamento de Matemática — PUC-Rio

Dr. Pedro Mário Cruz e Silva

Tecgraf — PUC-Rio

Prof. Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 5 de Setembro de 2012

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

Marcelo Medeiros Arruda

Graduou-se Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Foi bolsista de iniciação científica CNPQ, na UFAL, trabalhando em projetos relacionados à Computação Gráfica, pelo Departamento de Matemática. Continuou os estudos no programa de Mestrado em Informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio. Durante o mestrado, atuou em projetos voltados a indústria do petróleo no laboratório TecGraf.

Ficha Catalográfica

Arruda, Marcelo Medeiros

Visualização volumétrica de dados sísmicos utilizando um modelo de iluminação por oclusão direcional / Marcelo Medeiros Arruda; orientador: Waldemar Celes Filho. — 2012.

66 f. : il. (color); 30 cm

1. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2012.

Inclui bibliografia.

1. Informática – Teses. 2. Visualização Volumétrica. 3. Iluminação Global. 4. Visualização de Dados Sísmicos. I. Celes, Waldemar. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Aos meus pais, Marcelo e Solange Arruda e a minha irmã, Gabriela.

Agradecimentos

O aprendizado nessa jornada de dois anos e meio de mestrado foi muito além do que acadêmico. Todos os dias e barreiras enfrentadas (acadêmicas ou não) foram muito mais gratificantes devido à presença de pessoas boas, sempre dando a força e o incentivo necessários para continuar em frente. E por isso gostaria de deixar registrado meu agradecimento por serem tão importante em minha vida.

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre me dar confiança e fazer acreditar que com esforço e com a presença de amigos tudo é possível.

Agradeço aos meus pais, Marcelo e Solange, por sempre me incentivarem e darem segurança para trilhar meus caminhos, me permitindo crescer e amadurecer. Pelo exemplo de família, valores, amor e carinho que não me deixaram pensar em nenhum momento que existem sonhos impossíveis. A minha irmã Gabriela, por todo amor e companheirismo. À toda a minha família pelo carinho e por suportar as longas ausências.

Meus agradecimentos aos meus amigos que sempre me incentivaram e procuraram ajudar de todas as formas. Ao Fábio, Allan, Chrystiano e Jeferson por ajudarem nos momentos mais críticos do trabalho, escutando os problemas e ajudando com as soluções. A Alessandro, José e Thiago, também sempre presentes no meu dia a dia, verdadeiros amigos.

Ao meu orientador, Waldemar, pela oportunidade e confiança em fazer uma pesquisa na área de sísmica, mesmo não sendo a sua área principal.

Aos membros da equipe do v3o2 do TecGraf pelo apoio durante todo o trabalho, sobretudo ao Pedro Mário, pelo inestimável apoio sendo praticamente um coorientador; ao Maurício, pela grande ajuda com os scripts e ao Léo Martins, com os dados de testes.

Agradeço a CAPES e à PUC-Rio pelos auxílios concedidos, sem o qual nada disso seria possível.

Meus sinceros agradecimentos a todos que me apoiaram e tornaram esse momento possível.

Resumo

Arruda, Marcelo Medeiros; Celes, Waldemar. **Visualização volumétrica de dados sísmicos utilizando um modelo de iluminação por oclusão direcional**. Rio de Janeiro, 2012. 66p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A interpretação de dados sísmicos é de fundamental importância para a indústria de óleo e gás. Uma vez que esses tipos de dados possuem um caráter volumétrico, não é tão simples se identificar e selecionar atributos presentes em sua estrutura 3D. Além disso, a grande presença de ruídos e concavidades acentuadas nesse tipo de dado aumenta a complexidade de sua manipulação e visualização. Devido a essas características, a geometria do dado é muito complexa, sendo necessários modelos de iluminação mais realísticos para realizar a iluminação do volume sísmico. Este trabalho consiste em realizar a visualização volumétrica de dados sísmicos baseada no algoritmo de traçado de raios, utilizando um modelo de iluminação por oclusão direcional, calculando a contribuição de luz ambiente que chega a cada elemento do volume. Desta forma, conseguimos realçar a geometria do dado sísmico, sobretudo onde as concavidades e falhas são mais acentuadas. O algoritmo proposto foi inteiramente implementado em placa gráfica, permitindo manipulação a taxas interativas, sem a necessidade de pré-processamento.

Palavras-chave

Visualização Volumétrica; Iluminação Global; Visualização de Dados Sísmicos.

Abstract

Arruda, Marcelo Medeiros; Celes, Waldemar (Advisor). **Visualization of seismic volumetric data using a directional occlusion shading model**. Rio de Janeiro, 2012. 66p. MSc Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The interpretation of seismic volumetric data has a major importance for the oil and gas industry. Since these data types have a volumetric character mode, identify and select attributes present in this struct become a difficult task. Furthermore, the high-frequency noise and depth information typically found in this type of data, increases the complexity of their manipulation and visualization. Due to these characteristics, the geometry of 3D seismic data is very complex and is necessary more realistic light model to perform the illumination of the seismic volume. This work consists of performing a volumetric visualization of seismic data based on ray tracing algorithm, using an illumination model by directional occlusion, computing the ambiente light attenuated by the elements in the light trajetory for all elements in the volume. Thus, we emphasize the geometry of the seismic data, especially the depth cues and spatial relationship. The proposed algorithm was fully implemented on graphics card, allowing manipulation at interactive rates, without any pre-processing

Keywords

Volume Rendering; Global Illumination; Visualization of Seismic Datasets.

Sumário

1	Introdução	13
2	Trabalhos relacionados	17
3	Representação e visualização de dados sísmicos	20
3.1	Dados sísmicos tridimensionais	20
3.2	Visualização volumétrica de dados sísmicos	21
3.3	Modelo de iluminação por oclusão direcional	25
4	Método proposto	30
4.1	Algoritmo	31
4.2	Detalhes da implementação	35
4.3	Parâmetros do método	38
5	Resultados	40
5.1	Qualidade	40
5.2	Comparação	43
5.3	Influência dos parâmetros	51
5.4	Análise de desempenho	57
6	Conclusão e trabalhos futuros	62
7	Referências Bibliográficas	64

Lista de figuras

3.1	Volume sísmico com sua grade regular. Adaptada de [1].	22
3.2	Fatias geradas na direção perpendicular ao eixo do observador. Adaptada de [2].	24
3.3	Raio correspondente a uma amostra na tela atravessando o volume. Amostras no raio uniformemente espaçadas. Adaptada de [3].	25
3.4	Radiação representada pelo círculo pontilhado, sendo dispersada apenas no cone de eixo alinhado com a direção da luz (\vec{w}). Adaptada de [4].	26
3.5	Efeitos resultantes da interação da luz com o meio. São exemplificados a absorção, emissão, dispersão de entrada (in-scattering) e dispersão de saída (out-scattering). Adaptada de [5].	27
4.1	Interseção do raio com os planos que definem o volume de visão da cena.	31
4.2	Propagação do buffer de oclusão.	33
4.3	(a) Intervalo de amostragem do raio traçado (Δt); (b) intervalo de atualização do buffer de oclusão, com a mesma dimensão do intervalo de amostragem do raio, $\Delta b = 1$; (c) intervalo de atualização do buffer de oclusão, 3 vezes maior que o intervalo de amostragem do raio, $\Delta t = 3$.	34
4.4	Vizinhança de influência da oclusão.	34
4.5	Pontos de sincronização para atualização do buffer de oclusão. Cada novo lançamento do kernel é enumerado como k1, k2, k3, etc.	37
5.1	Dado sísmico onde as regiões de amplitudes positivas são representadas em vermelho, e as de amplitudes negativas pela cor azul.	41
5.2	Visualização aproximada destacando as concavidades no dado.	42
5.3	Dado sísmico com uma grade de 581 x 951 x 324.	42
5.4	Visualização utilizando a) iluminação segundo o modelo de Phong; b) método proposto.	44
5.5	Visualização aproximada do dado utilizando a) iluminação de Phong; b) método proposto.	45
5.6	Dado representado por 32 bits sendo iluminado segundo o método proposto.	46
5.7	Visualização utilizando a) iluminação segundo o modelo de Phong; b) método proposto.	47
5.8	Zoom no modelo, iluminado em a) segundo o modelo de Phong; b) com o método proposto.	48
5.9	Dado representado por 32 bits sendo iluminado segundo o método proposto.	49
5.10	Visualização utilizando a) iluminação segundo o modelo de Phong; b) método proposto.	50
5.11	Detalhes na geometria do dado, representado por 32 bits e iluminado segundo o método proposto.	51

5.12	Visualização de falhas e buracos nas superfícies.	52
5.13	Função de transferência definida de forma a se visualizar regiões de baixa amplitude no dado.	52
5.14	Efeitos causados segundo a variação do intervalo de oclusão, utilizando em a) intervalo igual a 1; b) intervalo de 2 amostras; c) intervalo de 5 amostras; d) intervalo de 10 amostras.	53
5.15	Efeitos causados ao buffer de oclusão segundo a variação do intervalo de oclusão, utilizando em a) intervalo igual a 1; b) intervalo de duas amostras; c) intervalo de 5 amostras; d) intervalo de 10 amostras.	54
5.16	Efeitos causados através da manipulação do ângulo de abertura do cone de influência na oclusão. Em (a) e (b) são exibidas a iluminação utilizando $\theta = 45^\circ$ e $\theta = 85^\circ$, respectivamente. Em (c) e (d) é visualizado são visualizados os efeitos desse parâmetro ao buffer de oclusão.	55
5.17	Visualização do dado utilizando a discretização da integral que avalia os efeitos da luz com a) 100 amostras; b) 500 amostras; c) 697 amostras; d) 1000 amostras.	56
5.18	Visualização do dado, alterando-se sua função de transferência. A discretização da integral que avalia os efeitos da luz é realizada com a) 100 amostras; b) 500 amostras; c) 697 amostras; d) 1000 amostras.	57
5.19	Visualização com a configuração de baixa qualidade do dado sísmico.	59
5.20	Visualização com a configuração de média qualidade do dado sísmico.	59
5.21	Visualização com a configuração de alta qualidade do dado sísmico.	60

Lista de tabelas

5.1	Análise do impacto da interrupção do kernel Cuda.	58
5.2	Análise do impacto da oclusão à visualização.	60
5.3	Análise do impacto da alteração da resolução.	61

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

José de Alencar