

Antonio Luiz Vitalo Calomeni

**Navegação Automática e
Assistida em Reservatórios
Naturais de Petróleo baseada
em Grafos de Guia
Probabilísticos**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
Programa de Pós-graduação em
Informática**

Rio de Janeiro
Abril de 2005



Antonio Luiz Vitalo Calomeni

**Navegação Automática e Assistida em
Reservatórios Naturais de Petróleo
baseada em Grafos de Guia Probabilísticos**

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
Abril de 2005



Antonio Luiz Vitalo Calomeni

**Navegação Automática e Assistida em
Reservatórios Naturais de Petróleo
baseada em Grafos de Guia Probabilísticos**

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. Marcelo Gattass

PUC-Rio

Prof. Luiz Henrique de Figueiredo

IMPA

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico —
PUC-Rio

Rio de Janeiro, 11 de Abril de 2005

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

Antonio Luiz Vitalo Calomeni

Graduou-se em Bacharelado em Informática na PUC–Rio em 2002. Desde 2000 trabalha no laboratório de Computação Gráfica da universidade (TecGraf) desenvolvendo um sistema de visualização para Reservatórios Naturais de Petróleo.

Ficha Catalográfica

Calomeni, Antonio

Navegação Automática e Assistida em Reservatórios Naturais de Petróleo baseada em Grafos de Guia Probabilísticos/ Antonio Luiz Vitalo Calomeni; orientador: Waldemar Celes Filho. — Rio de Janeiro : PUC–Rio, Departamento de Informática, 2005.

v., 61 f: il. ; 30 cm

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

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Navegação assistida. 3. Navegação automática 4. Planejamento de caminhos. 5. Ambientes virtuais. I. Celes Filho, Waldemar. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Agradecimentos

Aos meus pais e padrinhos, pelo apoio incondicional, sem o qual este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao meu orientador Waldemar Celes, pela orientação técnica impecável, pela atenção em todos os momentos, pela confiança e pelo incentivo.

Aos meus amigos, pela compreensão e pela força nos momentos difíceis.

Aos meus companheiros de trabalho e estudo, pelas opiniões relevantes e pelos conhecimentos adquiridos.

Ao CNPq e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos.

Resumo

Calomeni, Antonio; Celes Filho, Waldemar. **Navegação Automática e Assistida em Reservatórios Naturais de Petróleo baseada em Grafos de Guia Probabilísticos**. Rio de Janeiro, 2005. 61p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Há muitas aplicações de realidade virtual que requerem navegação em ambientes 3D. Em geral, esta facilidade é oferecida permitindo que o usuário controle todos os seis graus de liberdade da câmera virtual. No entanto, dessa forma é difícil, mesmo para usuários experientes, chegar a áreas de interesse com movimentos suaves e livres de colisão. Torna-se necessário prover uma navegação assistida, onde o usuário guia a câmera mais facilmente, sem restringir sua exploração do ambiente. Além disso, é interessante prover uma navegação totalmente automática, onde o usuário seleciona um alvo e o sistema calcula um caminho suave e livre de colisões através do ambiente. Este trabalho propõe uma solução específica para navegação em modelos usados para simulação numérica de reservatórios naturais de petróleo, baseada em grafos de guia probabilísticos. Utilizados comumente em aplicações de robótica, grafos de guia probabilísticos visam capturar, através de uma amostragem aleatória, a conectividade das áreas livres da cena, sendo construídos em pré-processamento e consultados em tempo de execução. Este trabalho propõe um algoritmo de construção de grafo de guia específico para reservatórios e duas técnicas para utilizar o grafo obtido como base para prover navegação automática e navegação assistida.

Palavras-chave

Navegação assistida; Navegação automática; Planejamento de caminhos; Ambientes virtuais.

Abstract

Calomeni, Antonio; Celes Filho, Waldemar. **Automatic and Assisted Navigation on Black Oil Reservoirs based on Probabilistic Roadmaps**. Rio de Janeiro, 2005. 61p. MSc. Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

There are many virtual reality applications that require navigation on 3D environments. Usually, this feature is offered by allowing the user to control all the six degrees of freedom of the virtual camera. However, it is difficult in this way, even for experienced users, to reach areas of interest with smooth and collision-free paths. It becomes necessary to provide an assisted navigation, in which the user guides the camera more easily, without restricting the environment exploration. Moreover, it is interesting to provide a fully automatic navigation, in which the user selects a target and the system computes a smooth, collision-free path throughout the environment. This work proposes a specific solution for navigation on models used in numerical simulations of black oil reservoirs, based on probabilistic roadmaps. Commonly used in robotics applications, probabilistic roadmaps tend to capture, by random sampling, the connectivity of the free space of the scene, being constructed in a pre-processing stage and queried in execution time. This work proposes a roadmap construction algorithm specific to reservoirs and two techniques to use the obtained roadmap as the basis to provide assisted and automatic navigation.

Keywords

Assisted navigation; Automatic navigation; Path planning; Virtual environments.

Conteúdo

1	Introdução	9
1.1	Reservatórios Naturais de Petróleo (RNPs)	11
2	Trabalhos Relacionados	15
2.1	Navegação em ambientes virtuais	15
2.2	Planejamento de caminhos	16
2.3	Grafos de Guia Probabilísticos	18
3	Grafo de Guia Probabilístico para RNPs	25
3.1	Espaço de configuração e planejamento local	25
3.2	Construção do grafo de guia de uma camada	27
3.3	Nós de borda	31
3.4	Extensão para 3D	33
4	Navegação Automática e Assistida	37
4.1	Navegação Automática	38
4.2	Navegação Assistida	39
4.3	Heurística para o algoritmo de busca no grafo de guia	44
5	Resultados	48
5.1	Construção do grafo	48
5.2	Navegação Automática	49
5.3	Navegação Assistida	50
6	Conclusão	57
6.1	Trabalhos Futuros	58
	Referências Bibliográficas	58

É melhor acender uma vela do que praguejar contra a escuridão.

Confúcio, 551-479 A.C.