

Frederico Rodrigues Abraham

**Visualização Distribuída
utilizando Agrupamentos de
PCs**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
Programa de Pós-graduação em
Informática

Rio de Janeiro
Março de 2005

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Frederico Rodrigues Abraham

**Visualização Distribuída utilizando
Agrupamentos de PCs**

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
Março de 2005



Frederico Rodrigues Abraham

**Visualização Distribuída utilizando
Agrupamentos de PCs**

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. Renato Cerqueira

PUC-Rio

Prof. Marcelo Gattass

PUC-Rio

Prof. Paulo Cezar Pinto Carvalho

IMPA

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico —

PUC-Rio

Rio de Janeiro, 4 de Março de 2005

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

Frederico Rodrigues Abraham

Graduou-se em Engenharia da Computação na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Fez uma Iniciação Científica no Departamento de Matemática, na qual desenvolveu softwares de auxílio ao ensino de Cálculo. Trabalhou na empresa Wiz em sistemas de telecomunicação sem fio. Desenvolveu ferramentas de visualização 3D com o seu orientador durante o Mestrado.

Ficha Catalográfica

Abraham, Frederico Rodrigues

Visualização Distribuída utilizando Agrupamentos de PCs/ Frederico Rodrigues Abraham; orientador: Waldemar Celes Filho. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2005.

v., 64 f: il. ; 30 cm

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

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Linha de produção gráfica distribuída 3. Renderização em tempo real 4. Sistemas distribuídos 5. Renderização paralela 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 Filho, pela paciência e disponibilidade com as quais me orientou durante o mestrado.

Ao Tecgraf e aos colegas do Tecgraf: Antonio Calomeni, Professor Renato Cerqueira, Rodrigo Espinha, Otavio de Pinho Forin Braga, Márcio Pereira de Araújo, Luiz Gustavo Bustamante Magalhães, Sérgio Alvares Rodrigues de Souza Maffra e João Luiz Campos.

À minha querida namorada Ana Paula, minha mãe Maria das Graças e meus amigos, pela alegria que vocês me dão.

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

Resumo

Abraham, Frederico Rodrigues; Celes Filho, Waldemar. **Visualização Distribuída utilizando Agrupamentos de PCs**. Rio de Janeiro, 2005. 64p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho apresenta um novo sistema de renderização distribuída destinado ao uso em agrupamentos de PCs. É feita uma extensão à linha de produção gráfica convencional para uma linha de produção gráfica distribuída, que pelo uso de múltiplas linhas de execução permite paralelizar as operações feitas na CPU, na GPU e na rede que interliga os PCs do agrupamento. Este sistema serviu de base para a implementação e o teste de três arquiteturas para renderização distribuída: uma arquitetura com ordenação no início, uma arquitetura com ordenação no fim para renderização volumétrica e uma arquitetura híbrida que tenta combinar as vantagens da ordenação no início e da ordenação no fim. É apresentado um novo algoritmo de balanceamento de carga baseado nos tempos de renderização do quadro anterior. O algoritmo é de implementação muito simples e funciona bem tanto em aplicações com gargalo na geometria quanto em aplicações com gargalo na rasterização. Este trabalho também propõe uma estratégia de distribuição de trabalho entre os computadores de renderização do agrupamento que usa eficientemente os recursos gráficos disponíveis, melhorando assim o desempenho da renderização. Um novo algoritmo de partição paralela do modelo entre os computadores do agrupamento é proposto para a arquitetura híbrida.

Palavras-chave

Linha de Produção Gráfica; Renderização em Tempo Real; Sistemas Distribuídos; Renderização Paralela.

Abstract

Abraham, Frederico Rodrigues; Celes Filho, Waldemar. **Titulo do abstract**. Rio de Janeiro, 2005. 64p. MSc. Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This work presents a new distributed rendering system destined for PC clusters. The conventional graphics pipeline is extended to a distributed pipeline that parallelizes the operations done on the CPU, the GPU and the network by using multiple threads. This system was the base for the implementation of three distributed rendering architectures: a sort-first architecture, a sort-last architecture for volume rendering, and a hybrid architecture that seeks to combine the advantages of both sort-first and sort-last architectures. A new load-balancing algorithm based on the rendering times of the previous frame is proposed. The algorithm is very simple to be implemented and works well for both geometry- and rasterization-bound models. A new strategy to assign tiles to rendering nodes is proposed which effectively uses the available graphics resources, thus improving rendering performance. A new parallel model partition algorithm is proposed for the hybrid architecture.

Keywords

Graphics Pipeline; Real-Time Rendering; Distributed Systems; Parallel Rendering.

Sumário

1	Introdução	9
2	Trabalhos Relacionados	14
2.1	Classificação de Renderização Distribuída	14
2.2	Modelos de Distribuição de Dados	18
2.3	Balanceamento de Carga	21
3	Linha de Produção Gráfica Distribuída	24
3.1	Linha de Produção Utilizada	24
3.2	Técnicas de Renderização Implementadas	28
4	Algoritmos Propostos	32
4.1	O Problema de Balanceamento de Carga	32
4.2	Algoritmo de Balanceamento Proposto	33
4.3	Estratégia de Distribuição de Ladrilhos	37
4.4	Algoritmo de Partição para a Arquitetura Híbrida	40
5	Resultados Experimentais	44
5.1	Linha de Produção Gráfica Distribuída	44
5.2	Arquitetura com Ordenação no Início	47
5.3	Arquitetura com Ordenação no Fim para Renderização Volumétrica	51
5.4	Arquitetura Híbrida com Ordenação no Início e no Fim	54
6	Conclusão	59
6.1	Trabalhos Futuros	60
	Referências Bibliográficas	61

I program my home computer. Beam myself into the future.

Kraftwerk, *Home Computer*.