Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

Paulo Ivson Netto Santos

Ray Tracing Dynamic Scenes on the GPU

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dissertation presented to the Postgraduate Program in Informatics of the Departamento de Informática PUC–Rio as partial fulfillment of the requirements for the degree of Mestre em Informática

Advisor: Prof. Waldemar Celes Filho

Rio de Janeiro
March 2009

Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

Paulo Ivson Netto Santos

Ray Tracing Dynamic Scenes on the GPU

Thesis presented to the Post–graduate Program in Computer Science of Departamento de Informática PUC–Rio as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Computer Science. Approved by the following commission:

Prof. Waldemar Celes Filho
Adviser
Departamento de Informática — PUC–Rio

Prof. Marcelo Gattass
Departamento de Informática — PUC–Rio

Prof. João Comba
Instituto de Informática — UFRGS

Prof. Luiz Henrique de Figueiredo
Visgraf — IMPA

Prof. José Eugenio Leal
Head of Centro Técnico Científico — PUC–Rio

Rio de Janeiro — March 23, 2009

Paulo Ivson Netto Santos

Paulo Ivson graduated in Computer Engineering from PUC-Rio, in 2006. Since 2005 he works at the university's Computer Graphics research laboratory (Tecgraf), specializing in realtime 3D rendering and virtual reality applications.

Bibliographic data

Santos, Paulo Ivson Netto

Ray Tracing Dynamic Scenes on the GPU / Paulo Ivson Netto Santos; advisor: Waldemar Celes Filho. – 2009.
61 f. : il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (Mestrado em Informática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. Traçado de raios interativo. 3. Grades uniformes. 4. Cenas dinâmicas. 5. Reconstrução de grades na GPU. 6. Programação em GPU. I. Celes Filho, Waldemar. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

To my father Adilson, my mother Ana Maria and my brother Marcelo Ivson.
Without your love I would never have gotten this far.

Acknowledgments

To my love Natália, for always being there by my side with a beautiful smile. You make everything worthwhile.

To my adviser Waldemar Celes for the unending dedication, incentive and patience even in the most dire situations. Thank you for all the great ideas.

To professor Marcelo Gattass, whose invitation I took without knowing it would change my life for the better.

To professors Alberto Raposo and Thadeu Leite, for all the support having me in the Virtual Reality group.

To Tecgraf and PUC–Rio, for the financial support, without which this work would not have been realized.

To Pedro Luchini for helping with model conversion and debugging, while also enduring my daily outcries of chaos.

To Rafael Delerue for helping with testing configuration, while actually agreeing with my daily outcries of chaos.

To Walter, for helping me face the rage of all our printers when trying to make the physical copies of this work.

To Aurélio for giving numerous rides from work whenever I needed.

To Leonardo Duarte, for all the help during our initial research.

To these people for teaching me the "art" of C++ programming: Gustavo, Thiago, Google.

To Sandra, Claudinei, Herivelto, Lucindo, the support team and many others without whom the lab would come to a halt.

To all my friends and colleagues in Tecgraf, which include but are not limited to: Bruno, Cadu, César, Negão, Fabíola, Fera, Filip, Flávia, Lucas, Luciana, Luciano, Manuel, Marcela, Márcio, Malf, Pablo, Peter, Renato, Vinícius and others.

To my true friend Alessandra, for putting up with me after 14 long years. Bee happy!

To Baloo for 14 years of unquestioning love and friendship.

To every person who has given me moments of joy throughout my life.

To Domino's Pizza, for the Tuesday 2 for 1 promotion. And for arriving after 30 mins a number of times.

Abstract

Ivson, Paulo; Celes Filho, Waldemar. **Ray Tracing Dynamic Scenes on the GPU**. Rio de Janeiro, 2009. 61p. MSc Thesis — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

We present a technique for ray tracing dynamic scenes using the GPU. In order to achieve interactive rendering rates, it is necessary to use a spatial structure to reduce the number of ray-triangle intersections performed. Whenever there is movement in the scene, this structure is entirely rebuilt. This way, it is possible to handle general unstructured motion.
For this purpose, we have developed an algorithm for reconstructing Uniform Grids entirely inside the graphics hardware. In addition, we present ray-traversal and shading algorithms fully implemented on the GPU, including textures, shadows and reflections. Combining these techniques, we demonstrate interactive ray tracing performance for dynamic scenes, even with unstructured motion and advanced shading effects.

Keywords

Interactive ray tracing. Uniform Grids. Dynamic scenes. Grid rebuild on the GPU. GPU programming.

Resumo

Ivson, Paulo; Celes Filho, Waldemar. **Traçado de Raios de Cenas Dinâmicas na GPU**. Rio de Janeiro, 2009. 61p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma solução completa para o traçado de raios de cenas dinâmicas utilizando a GPU. Para que este algoritmo atinja desempenho interativo, é necessário utilizar uma estrutura espacial para reduzir os testes de interseção entre raios e triângulos da cena. Observa-se que, quando há movimento na cena, é necessário atualizar esta estrutura de aceleração, seja alterando-a parcialmente ou reconstruindo-a inteiramente. Adotamos a segunda estratégia por ser capaz de tratar o caso geral de movimento não-estruturado. Como a construção da estrutura deve ser feita da forma mais eficiente possível, escolhemos utilizar uma Grade Uniforme como foco de nossa pesquisa. Suas vantagens incluem um algoritmo de construção simples e um percurso de raios eficiente.

Para explorar o poder de processamento em paralelo de uma GPU, é necessário manter os dados da cena e da estrutura de aceleração dentro da placa gráfica, evitando transferências custosas de memória entre a GPU e a CPU. Propomos neste trabalho uma técnica para construir uma grade uniforme inteiramente na GPU. Usando nosso método, é possível reconstruir toda a estrutura em poucos milissegundos, enquanto mantém-se a alta qualidade da grade obtida.

Além disso, propomos uma implementação do algoritmo de traçado de raios de forma a aproveitar o processamento em paralelo da GPU. Nosso procedimento é implementado inteiramente dentro da placa gráfica, onde há acesso direto para os dados dos triângulos da cena, bem como as informações da grade uniforme construída. Utilizando a solução proposta, somos capazes de obter taxas de visualização interativas mesmo para cenas com movimentos não-estruturados, incluindo texturas, sombras e até mesmo reflexões.

Palavras–chave

Traçado de raios interativo. Grades uniformes. Cenas dinâmicas. Reconstrução de grades na GPU. Programação em GPU.

Contents

List of Figures

List of Tables

Though this be madness, yet there is method in't.

William Shakespeare, *Hamlet Act 2, scene 2, 193-206.*