Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

Eduardo Telles Carlos

Frustum Culling Híbrido Utilizando CPU e GPU

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós–graduação em Informática da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientador : Prof. Alberto Barbosa Raposo
Co–Orientador: Prof. Marcelo Gattass

Rio de Janeiro
Abril de 2009

Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

Eduardo Telles Carlos

Frustum Culling Híbrido Utilizando CPU e GPU

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós–graduação em Informática da PUC–Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Alberto Barbosa Raposo
Orientador
Departamento de Informática — PUC–Rio

Prof. Marcelo Gattass
Co–Orientador
Departamento de Informática — PUC–Rio

Prof. Waldemar Celes Filho
Departamento de Informática — PUC-Rio

D.Sc. Luciano Soares
Departamento de Informática — PUC-Rio

Ph.D. Rodrigo de Toledo
Cenpes— Petrobras

Prof. José Eugênio Leal
Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico — PUC–Rio

Rio de Janeiro, 02 de Abril de 2009

Eduardo Telles Carlos

Graduou-se em Engenharia da computação na PUC-Rio em 2006. Desde 2002 trabalha no Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica da universidade (TecGraf) desenvolvendo sistemas de realidade virtual e visualização científica.

Ficha Catalográfica

Carlos, Eduardo Telles

Frustum Culling Híbrido Utilizando CPU e GPU / Eduardo Telles Carlos; orientador: Alberto Barbosa Raposo; co–orientador: Marcelo Gattass. — 2009.
99 f: il. (color.); 30 cm

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

1. Informática – Teses. 2. Algoritmos de visualização. 3. Descarte de volumes envolventes. 4. GPGPU. 5. Primitivas GPU. I. Raposo, Alberto Barbosa. II. Gattass, Marcelo. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. IV. Título.

CDD: 004

À minha mãe Nilce Telles Carlos, ao meu pai William Braga Carlos e à minha irmã Érica Telles Carlos. Sem o carinho, amor e dedicação deles, este trabalho não seria possível.

Agradecimentos

Ao meu orientador Alberto Raposo, pela dedicação, confiança e conselhos dados ao longo de toda a execução deste trabalho.

Ao meu co-orientador Marcelo Gattass pelas sugestões e confiança no meu trabalho.

Aos professores Marcelo Gattass e Waldemar Celes Filho pelas excelentes aulas na graduação e no mestrado.

A meus pais e a minha irmã por tudo que sou hoje.

A minha avó, tios, tias, primos, primas e a minha madrinha pela ajuda, conselhos e amor.

A Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro pela excelente formação a mim dada.

Ao Tecgraf pela oportunidade de aprendizado e auxílios concedidos.

A todos os integrantes das equipes do SiVIEP, Environ e demais dentro do Tecgraf pela compreensão, aprendizado e momentos de descontração.

Aos grandes amigos André Luis Pinto Ferreira e Rafael Brito de Farias pelas amizades verdadeiras e apoio nos momentos difíceis.

A Rodrigo Toledo por toda a ajuda dada antes mesmo da definição da área de pesquisa a ser seguida e ajuda no framework das GPU primitives.

A Paulo Ivson Netto pela ajuda nos trabalhos ao longo da graduação, do mestrado e no desenvolvimento deste trabalho.

A equipe de suporte do Tecgraf por terem me ajudado com os problemas de hardware.

A paciência dos integrantes do futebol de domingo pela queda no meu rendimento.

Resumo

Carlos, Eduardo Telles; Raposo, Alberto Barbosa; Gattass, Marcelo. **Frustum Culling Híbrido Utilizando CPU e GPU**. Rio de Janeiro, 2009. 99p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Um dos problemas mais antigos da computação gráfica tem sido a determinação de visibilidade. Vários algoritmos têm sido desenvolvidos para viabilizar modelos cada vez maiores e detalhados. Dentre estes algoritmos, destaca-se o *frustum culling*, cujo papel é remover objetos que não sejam visíveis ao observador. Esse algoritmo, muito comum em várias aplicações, vem sofrendo melhorias ao longo dos anos, a fim de acelerar ainda mais a sua execução. Apesar de ser tratado como um problema bem resolvido na computação gráfica, alguns pontos ainda podem ser aperfeiçoados, e novas formas de descarte desenvolvidas. No que se refere aos modelos massivos, necessita-se de algoritmos de alta performance, pois a quantidade de cálculos aumenta significativamente. Este trabalho objetiva avaliar o algoritmo de *frustum culling* e suas otimizações, com o propósito de obter o melhor algoritmo possível implementado em CPU, além de analisar a influência de cada uma de suas partes em modelos massivos. Com base nessa análise, novas técnicas de *frustum culling* serão desenvolvidas, utilizando o poder computacional da GPU (Graphics Processing Unit), e comparadas com o resultado obtido apenas pela CPU. Como resultado, será proposta uma forma de *frustum culling* híbrido, que tentará aproveitar o melhor da CPU e da GPU.

Palavras–chave

Algoritmos de visualização. Descarte de volumes envolventes. GPGPU. Primitivas GPU.

Abstract

Carlos, Eduardo Telles; Raposo, Alberto Barbosa; Gattass, Marcelo. **Hybrid Frustum Culling Using CPU and GPU**. Rio de Janeiro, 2009. 99p. MSc Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The definition of visibility is a classical problem in Computer Graphics. Several algorithms have been developed to enable the visualization of huge and complex models. Among these algorithms, the frustum culling, which plays an important role in this area, is used to remove invisible objects by the observer. Besides being very usual in applications, this algorithm has been improved in order to accelerate its execution. Although being treated as a well-solved problem in Computer Graphics, some points can be enhanced yet, and new forms of culling may be disclosed as well. In massive models, for example, algorithms of high performance are required, since the calculus arises considerably. This work analyses the frustum culling algorithm and its optimizations, aiming to obtain the state-of-the-art algorithm implemented in CPU, as well as explains the influence of each of its steps in massive models. Based on this analysis, new GPU (Graphics Processing Unit) based frustum culling techniques will be developed and compared with the ones using only CPU. As a result, a hybrid frustum culling will be proposed, in order to achieve the best of CPU and GPU processing.

Keywords

Visualization algorithms. Frustum culling. GPGPU. GPU Primitives.

Sumário

Lista de figuras

Lista de tabelas

"A verdadeira felicidade está na própria casa,
entre as alegrias da família."

Leon Tolstoi, *Leon Tolstoi.*