

"УТВЕРЖДАЮ"
ректор Нижегородского
государственного университета
им. Н.И. Лобачевского

Чупрунов Е.В.

"06" 08 2015 г.



ОТЗЫВ

о диссертации Фролова В.А. "Методы решения проблемы глобальной освещенности на графических процессорах", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Актуальность темы

Диссертация Фролова В.А. посвящена решению актуальной на сегодняшний день проблемы моделирования глобальной освещенности сцен виртуальной реальности в реальном времени. Эта актуальность проявляется ежедневно и прежде всего в задачах проектирования. Она проявляется в решении таких практических задач как: создание сцен виртуальной реальности для кино и мультипликации; проектирование экстерьеров и интерьеров зданий; проектирование салонов самолетов и автобусов, создание рекламных 3D материалов по еще проектируемым изделиям, выявление и устранение нежелательных оптических эффектов в дизайне на стадии проектирования архитектурных сооружений и транспортных средств.

Существующие несмещенные методы решения проблемы глобальной освещенности на графических процессорах по времени расчета не удовлетворяют современным растущим потребностям проектировщиков и дизайнеров.

Структура и содержание работы

Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, литературы и приложения А с данными сравнения разработанной системы с существующими аналогами.

Во *введении* описываются области и примеры практического применения, в которых возникает проблема глобальной освещенности. Примеры подтверждают, как практическую значимость, так и актуальность выбранной темы.

Во *первой главе* дается обширное введение в предметную область, исследование основ расчета глобальной освещенности сцен виртуальной реальности. Приводятся базовые методы решения проблемы глобальной освещенности, вводятся термины и понятия на основе обзора основополагающих работ.

Во *второй главе* приводится детальный литературный обзор и исследование современных методов и существующих программных решений проблемы глобальной освещенности сцен виртуальной реальности под знаком повышения качества визуализации и производительности вычислений. Приводится обоснование выбора направления исследования.

В *третьей главе* описываются предложенные алгоритмы, ориентированные на использование возможностей графических процессоров (GPU) и направленные на кардинальное повышение производительности вычислений, и построенный на их основе комбинированный метод синтеза изображений при помощи Монте-Карло трассировки путей, кэша освещенности и фотонных карт на GPU.

В *разделе 3.1* приводится описание метода распределения работы на множестве пикселей изображения в задаче синтеза реалистичных изображений при помощи Монте-Карло трассировки путей на GPU. Благодаря “комбинированному подходу” метод может применяться как для несмещенного синтеза изображений методом Монте-Карло, так и для смещенного синтеза. Предложенный метод распределения работы на множестве пикселей изображения позволяет эффективно загрузить графический процессор вычислениями при существенно неравномерной нагрузке и независимо от сложности рассчитываемых эффектов.

В *разделе 3.2* предложен и подробно раскрыт подход параллельного построения кэша освещенности на GPU. Ключевая идея подхода заключается в применении многопроходной схемы, где каждый проход состоит из 3 частей – предсказание, вычисление и оценка. Предложенный подход позволяет на порядок ускорить синтез изображений трехмерных сцен с преобладающим диффузным вторичным освещением по сравнению с чистой Монте-Карло трассировкой.

В *разделе 3.3* предложен и подробно раскрыт метод построения октодеревя со множественными ссылками и его полностью параллельная реализация на GPU. Новый метод позволил от 2 до 5 раз ускорить сбор освещенности в алгоритме фотонных карт на GPU по сравнению с существующими методами и в 1.5-2 раза уменьшить время построения изображения при расчете каустиков и использовании финального сбора.

Алгоритмы, подробно разработанные в разделах 3.2 и 3.3, особенно успешно используют и реализуют свойство когерентности лучей в некоторой окрестности сцены и окна наблюдения.

В *четвертой главе* описывается разработанная программная система, представлены результаты сравнения с существующими аналогами, приводятся примеры практического применения разработанной системы, демонстрирующие достоинства предложенных подходов, методов и алгоритмов.

В *заключении* приведены основные результаты работы.

В *приложении А* приводятся экспериментальные данные сравнения разработанной системы с существующими аналогами, свидетельствующие о достоинствах и реальной новизне созданного математического и программного обеспечения.

Научная новизна

Разработанные в диссертации Фролова В.А. методы являются новыми и говорят о новом существенном шаге, как в создании когерентных методов глобальной освещенности сцен виртуальной реальности, так и, одновременно, в повышении производительности

соответствующих вычислений на графических процессорах. Основная новизна работы состоит в следующем:

1. Предложен новый алгоритм распределения работы для эффективной реализации метода Монте-Карло в синтезе изображений 3D сцен на графических процессорах в применении к вычислению глобальной освещенности. Алгоритм эффективно распределяет вычислительные ресурсы графического процессора на множестве пикселей изображения, имеющего существенно неравномерную сложность расчета. В отличие от появившихся со времени публикации аналогов, алгоритм позволяет сохранять и использовать пространственную близость (когерентность) групп лучей для поднятия эффективности графического процессора за счет снижения числа групп потоков, расходящихся по разным веткам.
2. Предложен параллельный алгоритм кэширования освещенности на графических процессорах, позволяющий на порядок снизить время построения изображения по сравнению с традиционным методом Монте-Карло при сравнимом качестве изображения. Существенным отличием от других реализаций кэша освещенности, частично использующих графические процессоры, в предложенном подходе впервые решена проблема одновременной вставки в кэш большого числа не дублирующих друг друга записей.
3. Предложена ускоряющая структура для GPU, методы ее построения и пространственного поиска на графических процессорах, позволяющие от 2 до 5 раз ускорить сбор освещенности в алгоритме фотонных карт по сравнению с существующими методами. Это впервые позволило строить октодеревья со множественными ссылками над множеством объектов ненулевого размера полностью параллельно на графических процессорах, и выполнять сбор освещенности в единственном цикле, не содержащем ветвлений.

Практическая значимость

Разработанная система расчета освещенности интегрирована в пакет моделирования 3D Studio Max и применяется в промышленности и дизайне. Предоставленное сравнение демонстрирует значительное преимущество разработанной системы над существующими коммерческими продуктами, использующими как смещенные, так и несмещенные методы, что доказывает эффективность разработанных в диссертации методов.

Замечания

В целом диссертация Фролова В.А. написана понятным языком, обладает большим числом результатов и иллюстраций, содержит всеобъемлющий обзор существующих решений, значительный объем экспериментальных данных и сравнений, производит устойчивое положительное впечатление.

Имеются также некоторые замечания к работе:

1. Считаю, что более точно теоретической и практической направленности работы соответствовало бы название "Методы реального времени для решения проблемы глобальной освещенности в проектировании" (Solution of Real Time Global Illumination

Problem needed into Computer Aided Design): здесь наиболее полно востребована производительность синтеза виртуальной сцены.

2. На странице 15 небрежно сформулирована фраза, предшествующая интегралу освещенности: «ДФО связывает по некоторому закону интенсивность и угол падающего света с интенсивностью и углом отраженного поверхностью света». Слова «угол, углом» следует заменить на «направление, -ем (заданы двумя углами)».
3. На странице 19 – не согласны с переводом англоязычного термина «Glossy» как «матовое отражение»: представляется, что для «Glossy» по смыслу все-таки ближе «глянцевый, глянцевое отражение».
4. На стр. 22 – термин «соединение вершин», относящемуся к vertex merging, более корректно заменить на «слияние» или «объединение» вершин.
5. Предложенный в работе алгоритм кэширования освещенности на GPU достигает очень хорошего ускорения (около 1 порядка). Однако в диссертации рассмотрены примеры синтеза изображений статических сцен. Остается под вопросом и требует дальнейшего исследования успешность алгоритма в случае анимированных сцен.
6. Имеются следы многократного редактирования текста, приведшего к некоторым несогласованностям и опечаткам: стр.21 – «полчим», «удастся»; стр.24 – Гибс вместо Гибас; стр.25 – «В выражении 1.6 ...» следует 1.6 заменить на (1.8); стр.41 - при зеркальном отражение; стр. 43 – дифференциалы; стр. 45 – микро-релефа; стр.46 – пропущено «, что»; стр. 57 - осуществляя; стр.80 – валильности; стр.83 – механизмз, стр.85 – изображение; стр.89 – прогрессвиной; 90 – когенетности, реализавно.

Заключение

Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация выполнена на высоком научном уровне и обладает высокой практической значимостью. Результаты диссертации Фролова В.А. полно представлены в его публикациях и правильно отражены в автореферате. Автореферат полностью соответствует диссертации.

Считаю, что работа "Методы решения проблемы глобальной освещенности на графических процессорах" удовлетворяет требованиям Положения ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, а ее автор – Фролов Владимир Александрович - заслуживает присуждения ему искомой степени.

Диссертация и отзыв заслушаны на семинаре кафедры математического обеспечения ЭВМ факультета ВМК ННГУ 06 февраля 2015 года, протокол №9.

Доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры математического
обеспечения ЭВМ, руководитель лаборатории
компьютерной графики и мультимедиа

Тур

В.Е. Турлапов

