Нижегородский государственный университет
им. Н.И.Лобачевского

Факультет Вычислительной математики и кибернетики

Моделирование распространения света в многослойной среде методом Монте-Карло

Руководитель: Гергель В.П.

Докладчик: Горшков А.В.

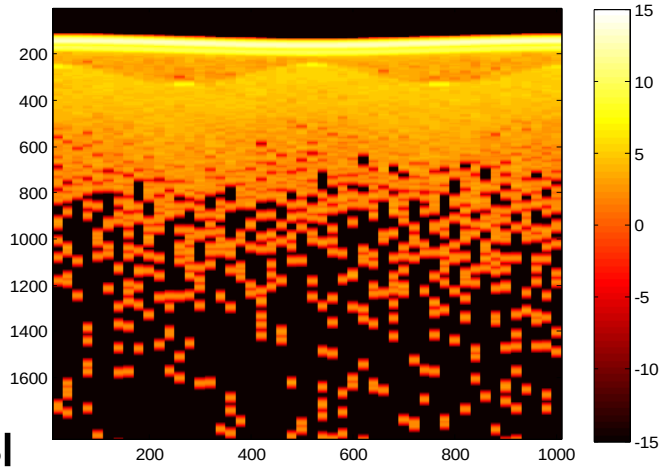
Нижний Новгород, 2010 г.

Содержание

- Общая постановка задачи
- Существующие решения
- Постановка задачи на проект
- Использованные модели и методы
- Использованные алгоритмы
- Оптимизация
- Архитектура программной системы
- Тестовый стенд
- Результаты экспериментов
- Выводы
- Результаты выполнения работы
- Дальнейшее направление работ

Общая постановка задачи

- Лазеротерапия – один из нелекарственных методов лечения
- Для точного воздействия на определенную область нужно правильно подобрать параметры лазера
- Эти параметры можно установить, моделируя распространение света в биоткани



Существующие решения

- Аналитическое решение
  - Можно решать только некоторые частные случаи
- Проведение экспериментов
  - Сложности с поддержанием постоянства параметров эксперимента
- **Компьютерное моделирование**
  - Lihong Wang, Ph. D.
    “Monte Carlo Modeling of Light Transport in Multi-layered Tissues"
    - Среда – это набор плоскопараллельных слоев
    - Геометрия светового пучка не учитывается

Постановка задачи на проект

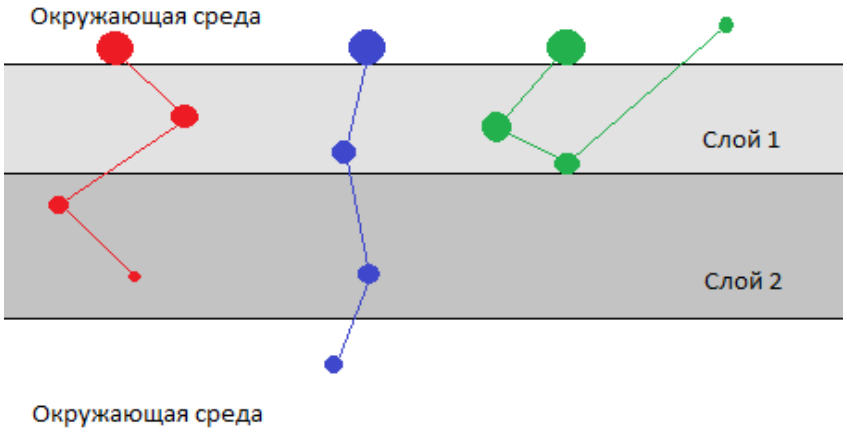
- Изучение метода моделирования, описанного в статье
- Реализация алгоритма моделирования на CPU
- Портирование алгоритма на GPU
- Распараллеливание на несколько GPU

Использованные модели и методы

- Метод статистического моделирования Монте-Карло
  - Необходимо провести большое число экспериментов
  - Эксперимент – запуск фотона в среду с последующим расчетом траектории его движения
    - Среда представляет собой набор слоев
    - Слой характеризуется набором оптических характеристик
    - Поведение фотона в среде в каждый момент времени определяется в соответствии с физическими законами распространения света
    - Поведение фотона случайно
  - В результате получаем значение величины поглощения света в каждой точке среды

Использованные алгоритмы

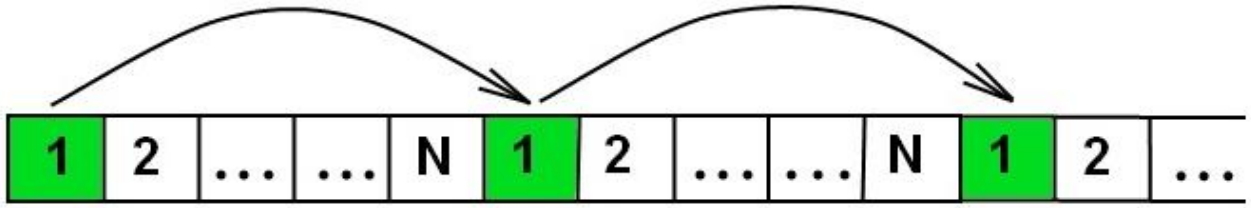
- Алгоритм моделирования методом Монте-Карло
  - Алгоритм расчета состоит из последовательности шагов
  - На каждом шаге вычисляется смещение фотона, направление смещения и часть веса фотона, которая поглощается данной точкой среды



  - Начальный вес фотона равен единице
  - При достижении границы слоя фотон либо отразится от нее, либо попадет в следующий слой
  - Расчет завершается, когда вес фотона станет близок к нулю
  - Общая световая энергия расходуется на поглощение, перенос и отражение

Использованные алгоритмы

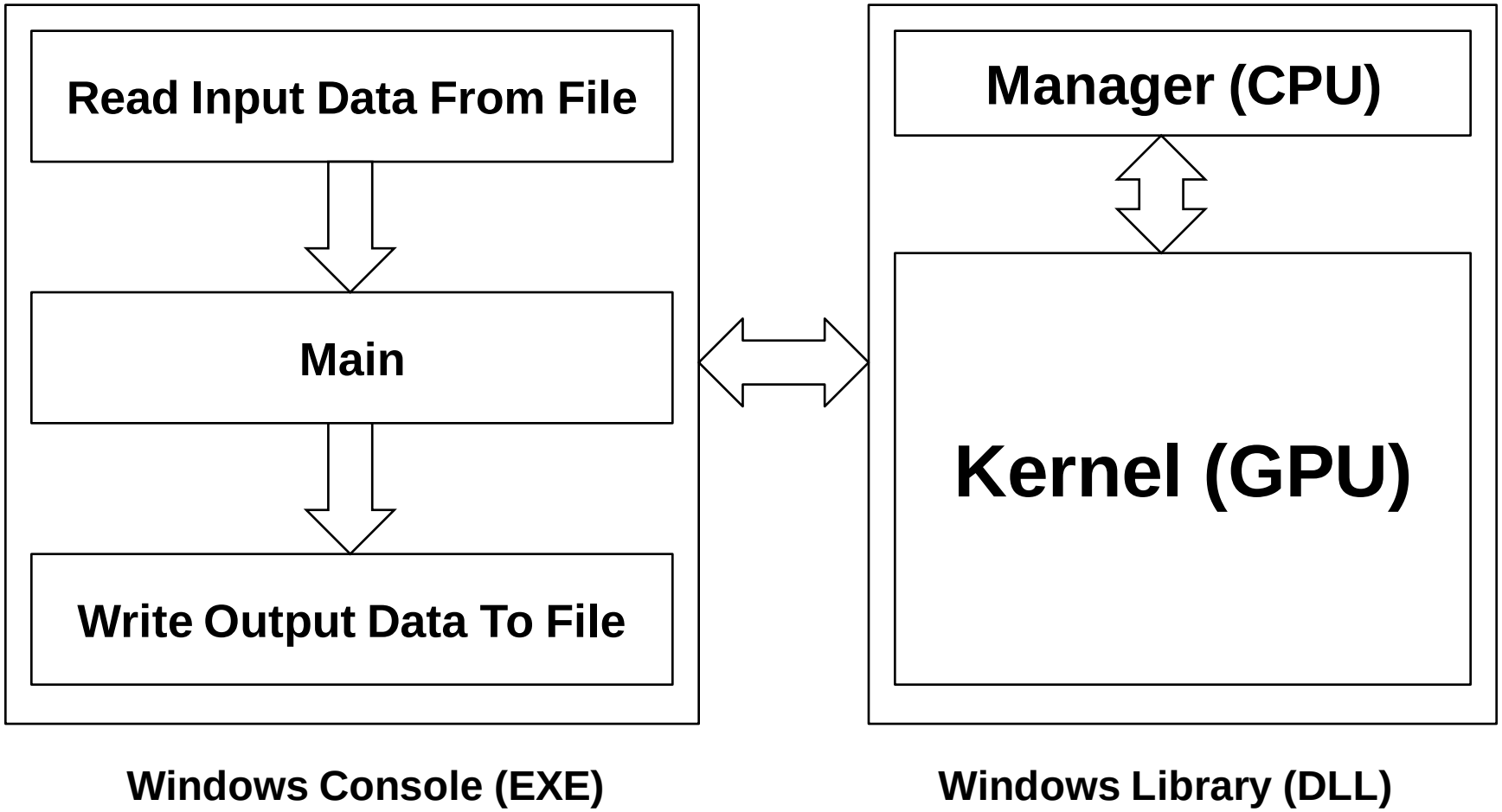
- “Параллельный” генератор случайных чисел
- Требования:
  - Длинная последовательность случайных чисел (длина более 10 000 000 000)
  - Возможность параллельной работы с непересекающимися подпоследовательностями
- Решение:
  - Доработка стандартного генератора MCG59
    - Каждый i-ый поток использует элементы последовательности начиная с i-го с шагом N, где N – общее число потоков



Оптимизация

- Использование “быстрой” памяти на GPU
- Работа с одинарной точностью
- Использование более быстрых, но менее точных математических функций на GPU

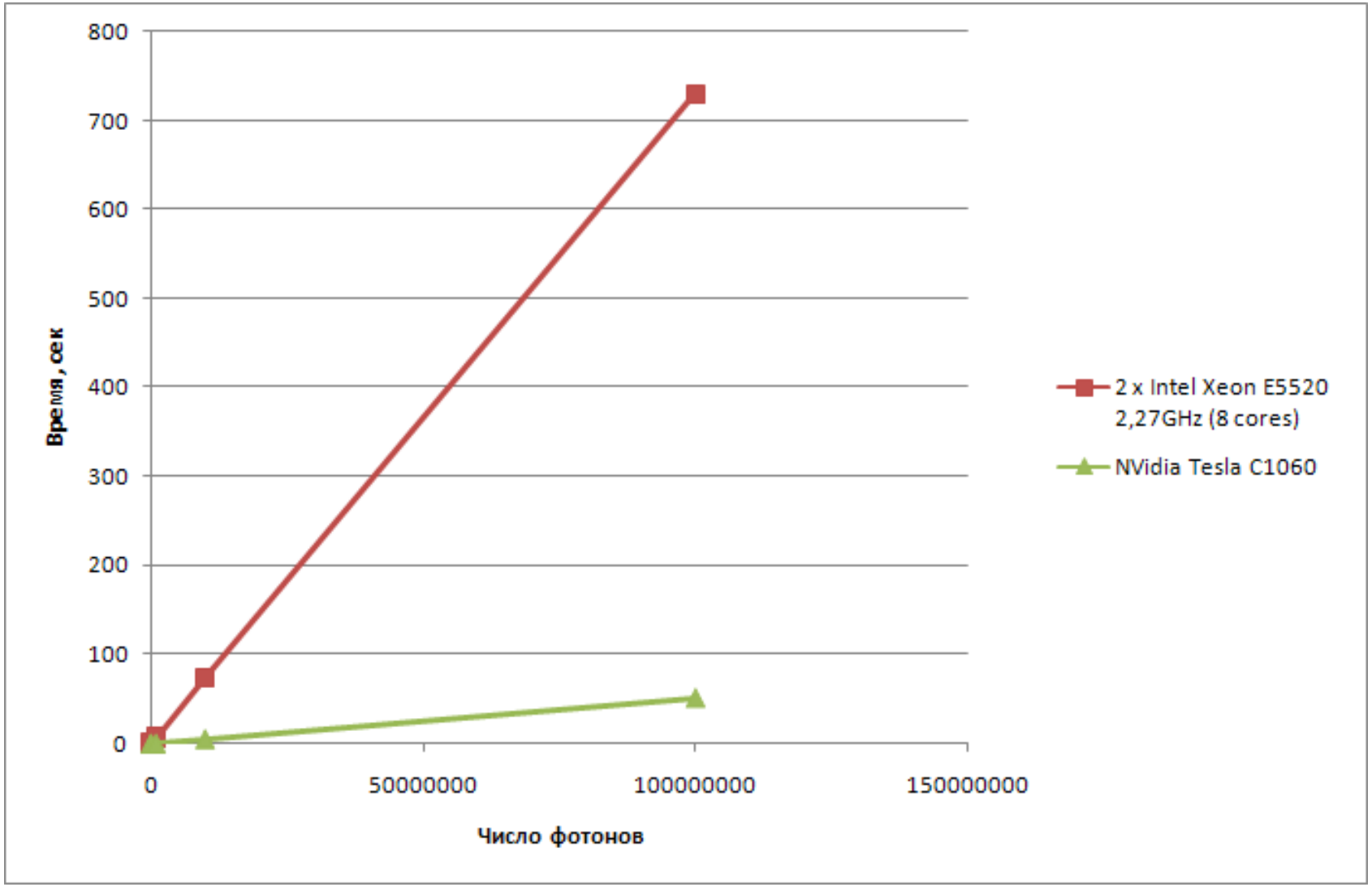
Архитектура программной системы



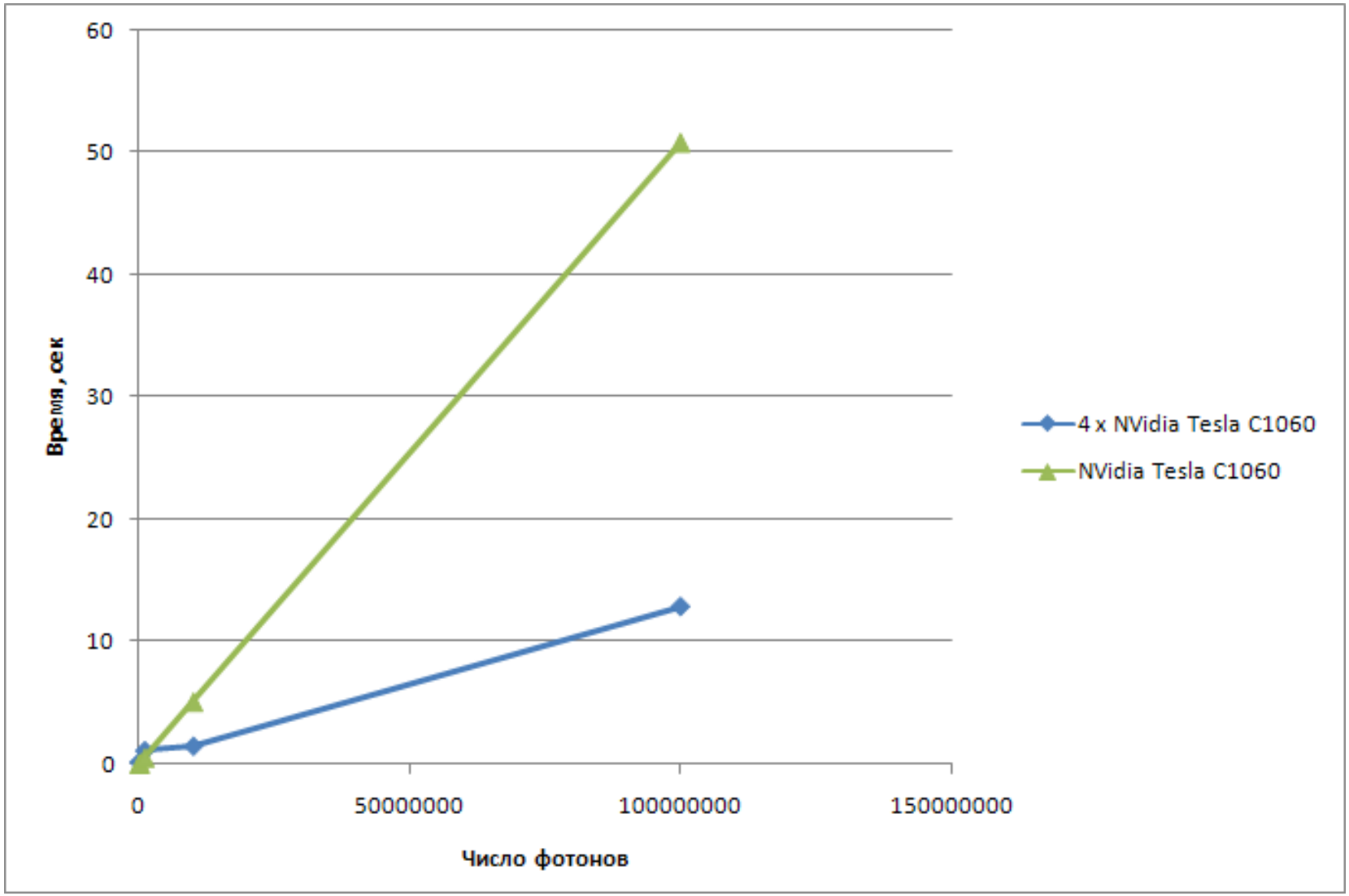
Тестовый стенд

- OS: MS Windows 7 Enterprise
- IDE: MS Visual Studio 2008
- CUDA Toolkit 3.1
- CPU: 2 x Intel Xeon E5520 2.27GHz
- RAM: 16 GB
- GPU: NVidia Tesla C1060

Результаты: CPU и GPU (x14)



Результаты: кластер GPU (x4)



Выводы

- Алгоритм моделирования имеет хороший потенциал к распараллеливанию в силу независимости вычислений над фотонами
- Алгоритм удалось портировать на архитектуру GPU
- Использование оптимизаций позволяет получить существенное ускорение

Результаты выполнения работ

- Изучен алгоритм моделирования распространения света методом Монте-Карло
- Алгоритм реализован и распараллелен на CPU
- Алгоритм портирован на GPU
- Реализована версия алгоритма, работающая на нескольких GPU, установленных на одном вычислительном узле

Результаты выполнения работ

- Опубликована статья
  - *Гергель В.П., Горшков А.В., Багаутдинов Т.А., Фикс И.И., Кириллин М.Ю.* “Моделирование распространения света в многослойной среде методом Монте-Карло”, X Международная конференция «Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах», 2010 год.

Дальнейшее направление работ

- Реализация параллельного алгоритма, работающего на кластере и использующего одновременно CPU и GPU
- Разработка алгоритма моделирования в среде с произвольной геометрией границ
- Разработка алгоритма моделирования с учетом геометрии светового пучка

Спасибо за внимание!

Вопросы?