

Опыт разработки сервиса для HDR-обработки видео-данных в GPGPU-облаке

М.Н. Притула⁽¹⁾, М.А. Кривов⁽¹⁾, С.Г. Елизаров⁽²⁾

(1) ООО «ТТГ Лабс»

(2) ООО «ЦИФ МГУ им. М.В. Ломоносова»

«Суперкомпьютеры», номер 3(11) осень 2012

42

СуперКомпьютеры



Текст Максим Кривош

Чем больше вычислительных ресурсов, тем качественнее можно решить поставленную задачу. Например, уменьшить сетку, повысить точность вычислений, увеличить размер моделируемой области. Обычно именно эту аргументацию используют при переходе на новые вычислительные системы.

Однако, хоть и крайне редко, бывают случаи, когда на базе старых технологий поставленную задачу нельзя решить в принципе, и лишь использование новых подходов позволяет исключить ее из класса нерешаемых. И именно о такой задаче и пойдет речь в данной статье. Стоит сразу оговориться, что решаемая задача достаточно «бытовая» — сделать так, чтобы заснятые фотографии и видеоролики казались

более «живыми» и естественными. Понятное дело, что это уже умеют делать сотни и даже тысячи программ, лишь бы у фотографа было желание всем этим заниматься. Поэтому к исходной постановке добавляются два ограничения, делающие задачу настоящей задачей — (1) обработка должна идти в режиме реального времени и (2) быть доступна с любого устройства. С точки зрения пользователя За-

дача выглядит крайне простой — заснял на свою не очень дорогую камеру свою очень любимую кошку, подключил ее к планшетному компьютеру (камеру, а не кошку) и просматриваешь видеоролик голливудского качества. Однако бытовая опыт подсказывает, что что-то здесь нечисто и такое в принципе невозможно. Домашние видеоролики и фотографии получаются, мягко говоря, не очень впечатляющими. А чтобы довести их до приемлемого уровня, надо основательно «посидеть» со специализированным пакетом. И, возможно, даже оставить компьютер на ночь, так как обработка будет длиться несколько часов. А то и с десяток часов.

Так вот, теперь это вполне реально. Задача, хоть и в достаточно частной постановке, была решена в рамках проекта, выполненного ООО «ЦИФ (Центр Инженерной Физики) МГУ имени М. В. Ломоносова», в первую очередь благодаря использованию графических ускорителей и облаков. Первые позволили обеспечить скорость обработки более 25 кадров в секунду, что было невозможно сделать даже на кластере — данных мало, вычислений неприлично много, а на все про все менее 40 миллисекунд. И поэтому без нескольких терабайт на общей памяти здесь было никак не обойтись. Вторые предоставили возможность «осуществить» обработку хоть с планшетных компьютеров, лишь бы был быстрый канал связи до облака. И теперь времени от момента фотографирования любимой кошки до просмотра качественной фотографии проходит ровно столько, сколько необходимо для подключения камеры к компьютеру.

Алгоритм улучшения качества

Итак, в общих словах задача сформулирована, поэтому можно переходить к тому, а что же реаль-

но было сделано. В рассматриваемом проекте была поставлена цель разработать интернет-сервис, предоставляющий возможность быстрой HDR-обработки фотографий и видео. Смысл данного преобразования достаточно прост. Любой экран, будь то LCD-монитор или планшетный компьютер, может воспроизводить не более 256 оттенков для каждого из трех основных цветов.

В то же время человеческий глаз воспринимает гораздо большее их количество, в результате чего не обработанные фотографии всегда кажутся тусклыми и неестественными. В темных углах ничего не видно, хотя мы точно помним, что при фотографировании расползшиеся там объекты были вполне различимы. И наоборот, любой блестящий предмет, сфотографированный в солнечную погоду, имеет все шансы превратиться в белое пятно, с которым в реальности, естественно, он не имеет ничего общего.

Для решения этой проблемы за последние 10–20 лет было разработано множество алгоритмов, известных под общим названием tone mapping. С их помощью можно отобразить различные глаза тысяч оттенков в тех 256 доступных, да так, что при просмотре на мониторе фотография будет казаться намного более «натуральной». Понятно, что чудес не бывает и результат также не очень соответствует действительности — например, темный-темный угол внезапно становится таким же светлым, как и все остальные объекты на фотографии. Но для глаза обработанная фотография начинает казаться намного более «родной» и естественной, чем исходная. А ведь в этом и заключается задача.

Другим моментом, о котором стоит упомянуть, является способ получения тех самых «тысяч оттенков», которые в дальнейшем будут отображаться в 256 доступных. Подавляющее большинство камер

на выходе выдает JPG-фотографии, в которых те самые оттенки уже благополучно утеряны, и как следствие, улучшить там особо нечего. Для этого существует три пути — (1) купить профессиональные камеры, которые сохраняют до 1024–4096 оттенков на цветовой канал, (2) сделать несколько одинаковых фотографий с разной освещенкой, а потом «склеить» их в одну с большим цветовым диапазоном и (3) просто интерполировать существующие оттенки, а дальше заново, но «правильно» их отобразить в 256 доступных. Причем третий путь, известный как «искусственный HDR-преобразование», позволяет при минимальных затратах сделать вполне приличного качества

Техническая реализация

В большинстве случаев под алгоритмы работают крайне медленно. Обработка одной 8-мегапиксельной фотографии с помощью существующих программ может от 10 секунд до нескольких минут, если не недель.

В рассматриваемом проекте решения этой проблемы был разработан проприетарный алгоритм HDR-преобразования, который примерно одинаковым качеством обрабатывает фотографии в разном диапазоне своих параметров, а также обеспечивает его перенос на другие устройства. Кроме того, для ускорения использовано дополнительное аппаратное ускорение. И, как результат, одним ускорителем NVIDIA GeForce 580GTX удается достичь скорости обработки в 40–50 мегапикселей за секунду. Много это или нет? Ответ — много. Обычная фотография будет обработана за секунды, что человеку уже заметно. Если же взять видео HD качества (формат 1920x1080, 25 кадров в секунду), то по сравнению с обычными видеопотоками в 50 ме-

лей в секунду. Другими словами, достигнутой производительности достаточно, чтобы в режиме реального времени обрабатывать даже самые «тяжелые» видеоролики HD-качества. А с точки зрения пользователя это и означает — шелк на любой заснятый видеоролик и просматриваешь его улучшенную версию, не задумываясь ни о какой конвертации, обработке и т. д. Второй момент — а как все это организовать? Упомянутый ускоритель GeForce 580GTX является достаточно большим, дорогим и шумным, потребляет под 200 Ватт и явно не подходит для настольного компьютера.

INSIDE: Охлаждаем суперкомпьютер
Стратегическая цель

СОВСЕКРЕТНЫЙ ПОДПОЛКОВНИК
Прорыв Анатолия Ивановича Китова

с. 16

www.supercomputers.ru
СУПЕР КОМПЬЮТЕРЫ
3 (11) осень 2012

Суперкомпьютерное образование:
ТРЕТИЙ ГОД

с. 8

Тестируем CPU-заменители

с. 38

Метафорические вычисления и новый универсализм

с. 62

с. 42-43



Содержание

- Описание задачи
- Разработка GPU-версии
- Реализация облачной схемы
- Результаты

Содержание

- **Описание задачи**
- Разработка GPU-версии
- Реализация облачной схемы
- Результаты

Цель работы

- **Проблема**

Снятые на любительские камеры фотографии и видео-ролики выглядят неестественными =(

- **Одно из решений**

Использование алгоритмов HDR-обработки с целью локального изменения контраста



Суть HDR-преобразования

- **Утверждение 1:** Человеческий глаз воспринимает до 16 000 оттенков одного цвета (без адаптации)
- **Утверждение 2:** Фотокамеры позволяют сохранить до 256-4096 оттенков одного цвета
- **Утверждение 3:** Массовые дисплеи воспроизводят не более 256 оттенков одного цвета
- **Следствие:** в затемнённых и пересвеченных участках фотографии ничего не видно
- **Идея:** будем изменять освещённость локально в зависимости от сфотографированных объектов

Иллюзия тени Адельсона

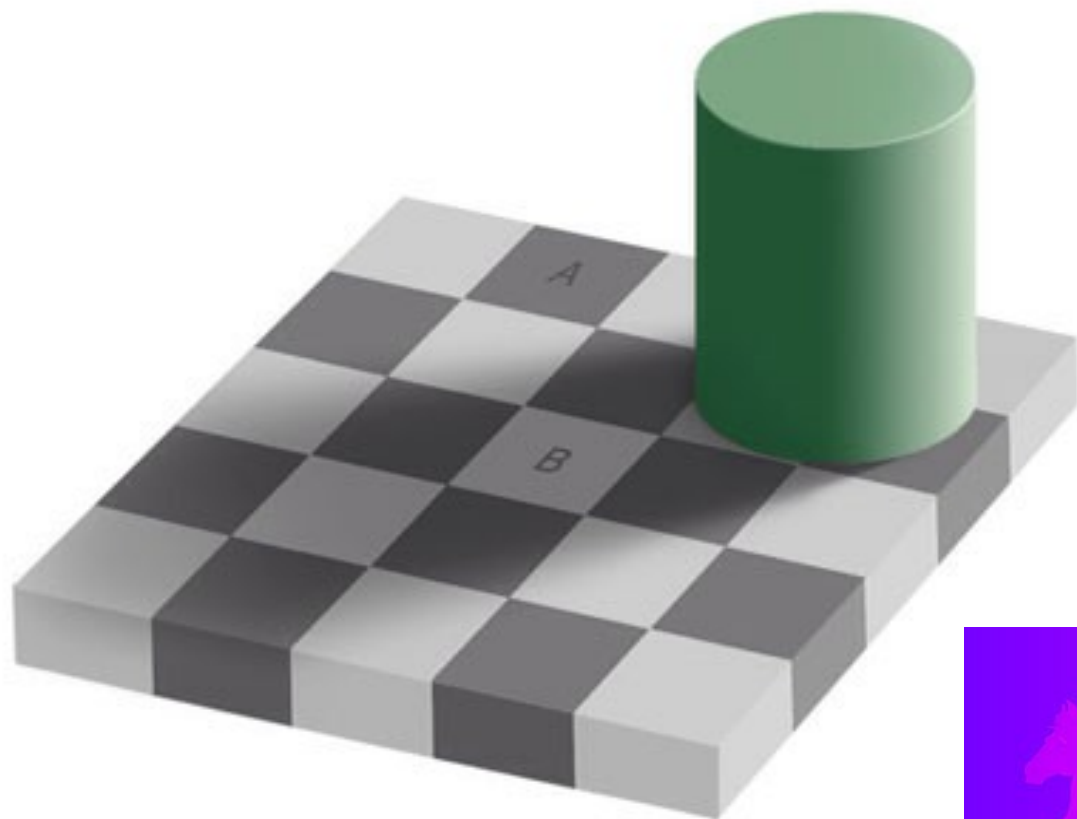


Схема HDR-преобразования

- Шаг 1

По нескольким обычным фотографиям с разной экспозицией создаётся одна HDR-фотография

EX = -1.5



EX = 0



EX = +1.5



Формат **R8G8B8**,
или до 256 оттенков для каждого цвета

Формат **R32G32B32**,
или до 2^{30} оттенков для каждого цвета

Схема HDR-преобразования

- Шаг 2

С помощью алгоритмов Tone Mapping HDR-фотография переводится обратно в обычную



Формат **R32G32B32**,
или до 2^{30} оттенков для каждого цвета

Формат **R8G8B8**,
или до 256 оттенков для каждого цвета

Содержание

- Описание задачи
- **Разработка GPU-версии**
- Реализация облачной схемы
- Результаты

Выбранный алгоритм Tone Mapping

- **Схема работы**

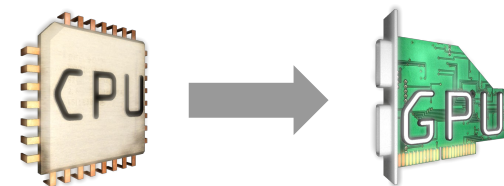
- Разбиение исходной фотографии на группы объектов (порядка 4-7 групп)
- Наложение ряда простых фильтров на каждую группу объектов (в зависимости от их типа)
- Объединение групп в результирующую фотографию

- **Особенности алгоритма**

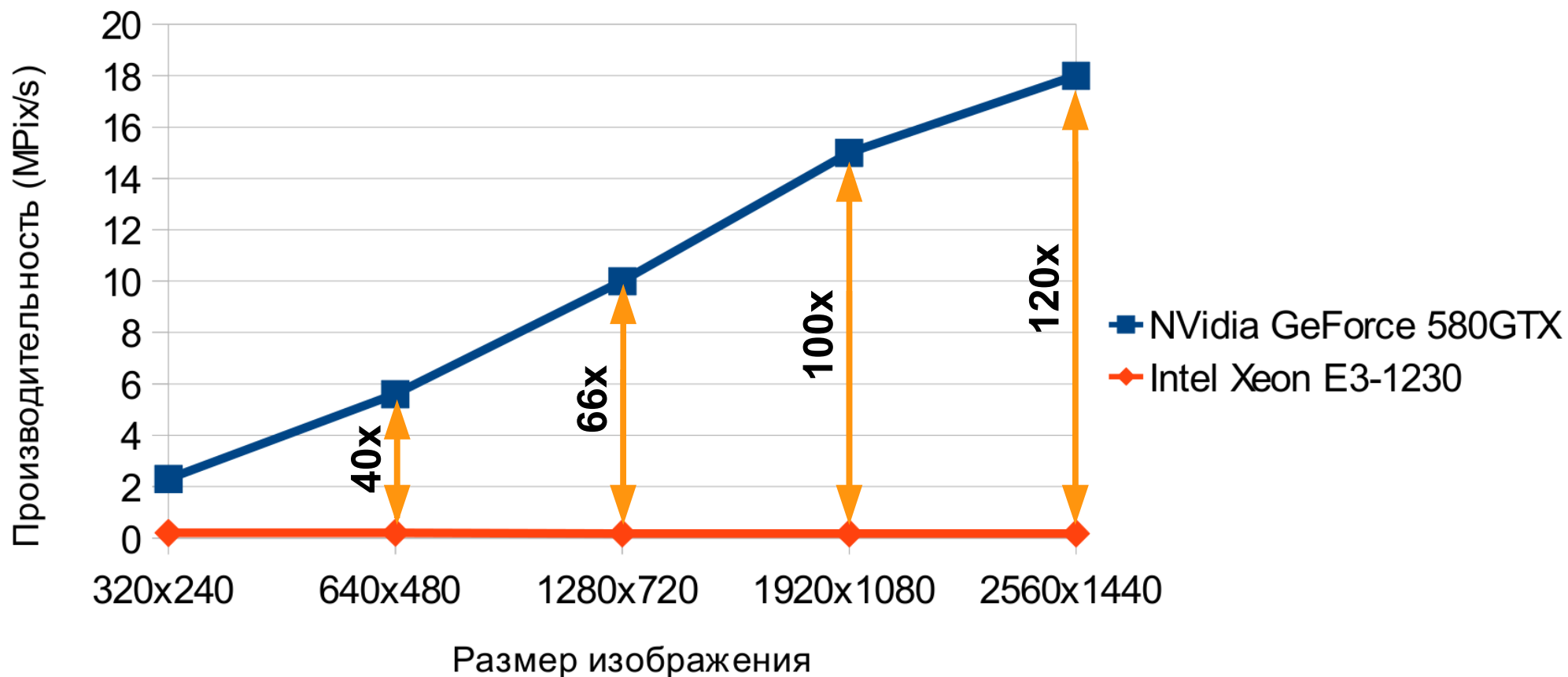
- Состоит из более чем 60 базовых фильтров
- Применим как к HDR-фотографиям, так и к обычным
- **Следствие:** можно применять к видео-роликам!
- **Проблема:** обработка 2-3 MPix занимает несколько секунд

Особенности GPU-реализации

- Сознательный отказ от разделяемой памяти
 - Пересчёт координат требует больше операций, чем сам алгоритм
 - Предполагается, что у GPU есть L1/L2 кеши
- Перемещение ядер свёрток в константную память
- Укрупнение кадров с целью лучшей утилизации мультимикропроцессоров

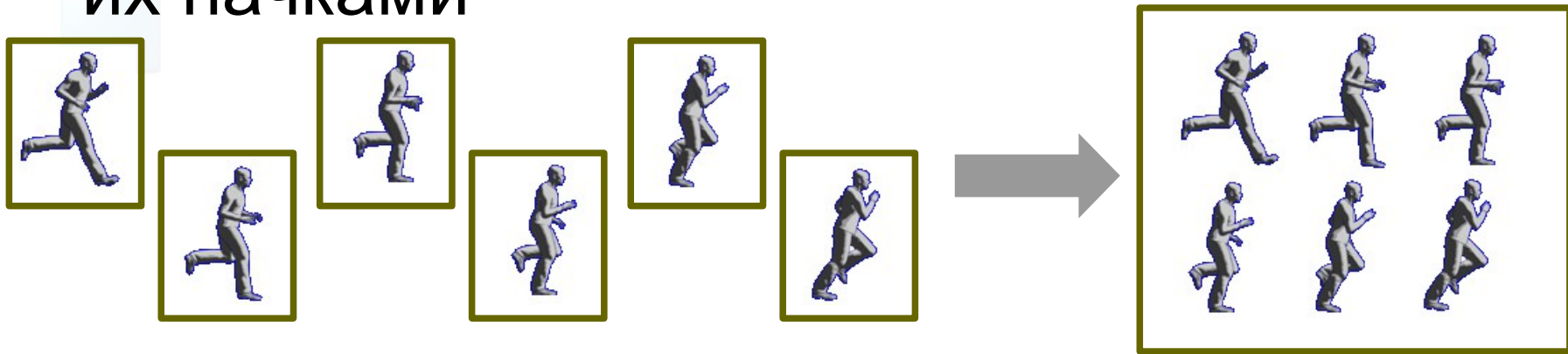


Версия 1: производительность в зависимости от размера кадра



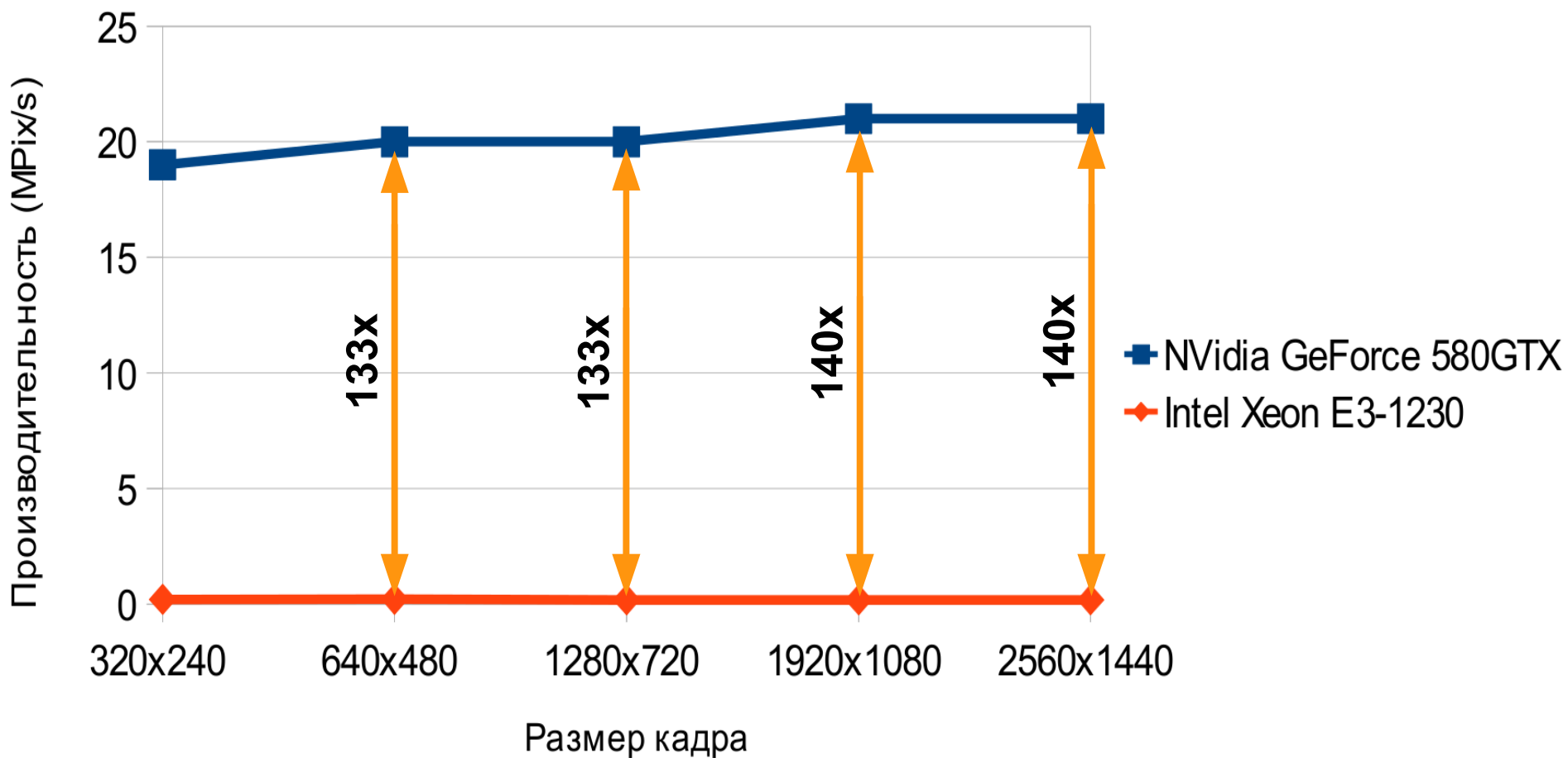
Укрупнение кадров

- **Идея:** «склеиваем» кадры и обрабатываем их пачками



- **Вопрос:** до какой степени укрупнять?
- **Ответ:** чем больше, тем лучше. Но алгоритму требуется не менее 45 байт на пиксель
 - 1.5 GB GPU RAM == 33 MPix
 - 3.0 GB GPU RAM == 66 MPix

Версия 2: производительность в зависимости от размера кадра

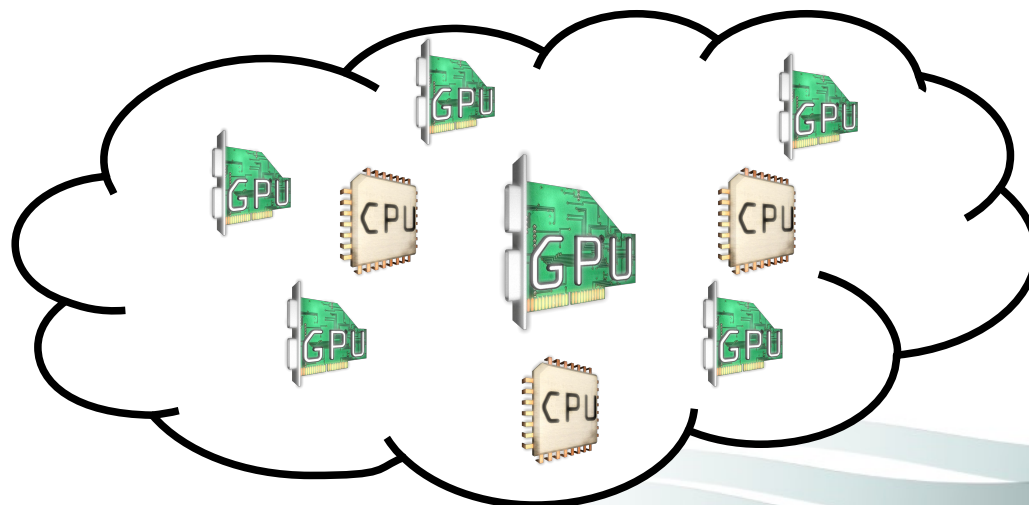


Содержание

- Описание задачи
- Разработка GPU-версии
- **Реализация облачной схемы**
- Результаты

Потребность в облаках

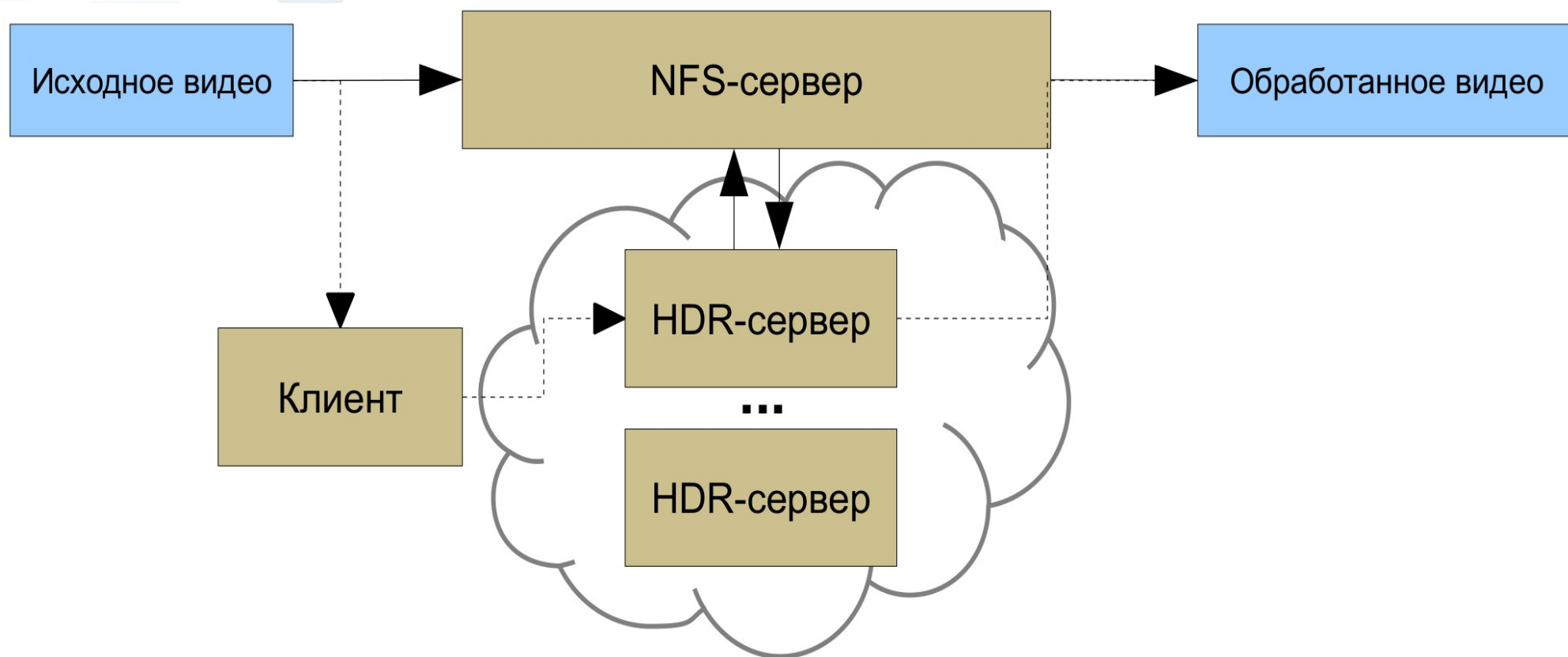
- **Проблема:** для решения повседневной задачи требуются ресурсы суперкомпьютерного уровня
- **Идея:** отделить вычислительную часть от пользовательской
- **Решение:** переход к облачной архитектуре



Требования к облачной инфраструктуре

- Возможность независимой обработки множества задач
- Динамическое подключение узлов
- Равномерное распределение нагрузки
- Использование «разнородных» узлов
- Универсальный интерфейс для запуска задач
- Отказоустойчивость к некорректным входным данным

Схема работы



Метрики и индикаторы

- Метрика загруженности одного узла
 - ✗ Среднее арифметическое загрузки всех вычислителей
 - ✗ Сумма мегапикселей всех запросов в очереди
 - ✓ Время задержки между обработкой двух «пакетов» кадров одного файла
- Индикатор перегруженности всего облака
 - ✗ Сумма мегапикселей всех запросов
 - ✗ Отсутствие простаивающих вычислителей
 - ✓ Количество текущих запросов

Содержание

- Описание задачи
- Разработка GPU-версии
- Реализация облачной схемы
- **Результаты**

Основные результаты

- Разработана GPGPU-версия алгоритма, умеющая обрабатывать как отдельные фотографии, так и видео-ролики на одном или нескольких GPU



- Достигнута производительность, достаточная для обработки видео-потока HD-качества в режиме реального времени на одном GPU

`55 MPix/s > 51.8 MPix/s [1920x1080 * 25]`

- Разработана инфраструктура облачного сервиса, позволяющего обрабатывать данные с произвольного устройства

Информация о проекте

- Сайт

<http://www.hdrconverter.com>

- Запуск сервиса

Октябрь-ноябрь 2012

- Заказчик

ООО «ЦИФ МГУ им. М.В. Ломоносова»

- Исполнитель (GPGPU-часть)

- ООО «ТТГ Лабс»

Демонстрация работы сервиса



The logo for TTG Laboratories, featuring the letters 'TTG' in a stylized, pixelated font. The background of the slide is dark blue with a wavy, light blue and green border at the top and bottom. Small blue squares are scattered along the wavy border.

LABORATORIES

Вопросы!

(m_pritula@ttgLabs.com)