

Артиков А. Н.
2-й курс магистратуры НГУ ФИТ
ИАиЭ СО РАН

Научный руководитель
к.т.н. Долговесов Б. С.

Разработка системы автоматизированной генерации шейдеров для реалистичной визуализации трехмерных сцен

Система визуализации

- Особенности
 - реалистичная визуализация
 - интерактивность

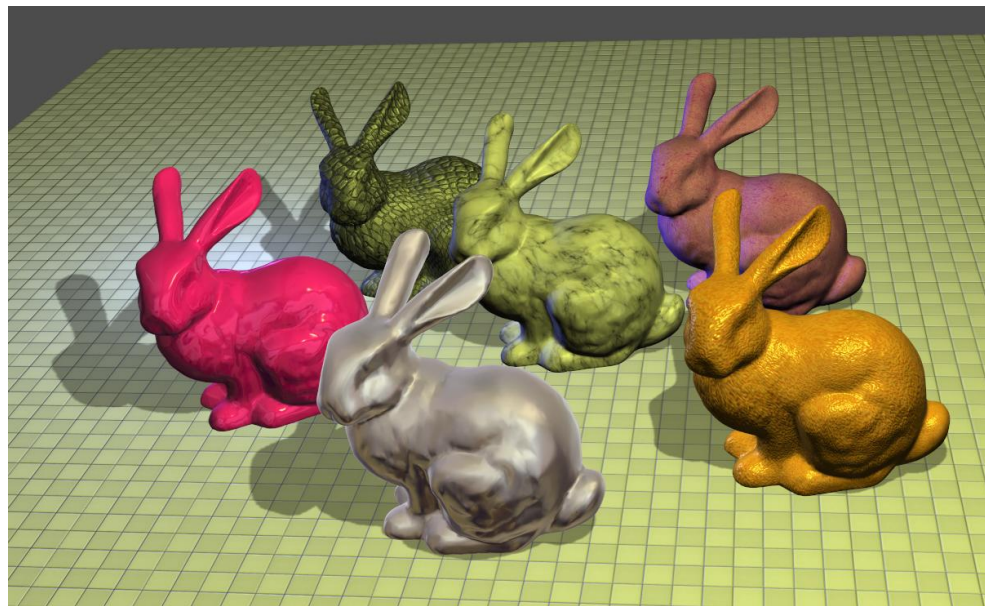
- Применение
 - Тренажеры и симуляторы
 - Научная визуализация
 - Компьютерные игры
 - Системы виртуальной реальности



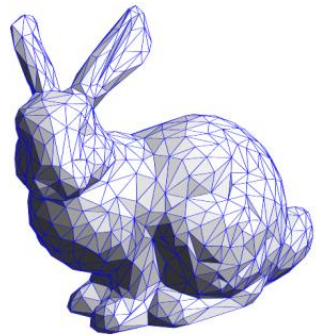
Материалы

Материал – совокупность визуальных свойств поверхности объекта

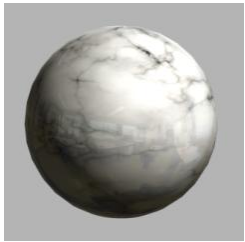
- цвет
- рельеф
- блеск
- прозрачность
- отражение
- преломление
- самосвечение
- модель освещения



Визуализация объектов



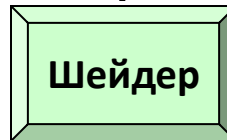
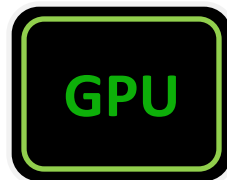
геометрия объекта



свойства материала



свойства сцены



изображение объекта



Почему нужна генерация шейдеров?

- Проблематично написать универсальный шейдер
 - Ограничение на количество шейдерных инструкций
 - Производительность (операции условного перехода ,циклы)
 - Расширяемость (сложно добавлять новые возможности)
- Необходимо несколько шейдеров
- Что влияет на выбор шейдера?
 - Наличие/отсутствие свойства материала
 - Количество и тип источников света
- Нельзя написать все шейдеры вручную, так как количество различных комбинаций очень велико
- Пример:
8 текстур, до 8-ми источников света, $2^8 * 9 = 2304$ вариантов



Цель

Разработать систему, позволяющую по заданному набору свойств материала и сцены генерировать шейдер



Задачи

- Составление требований к разрабатываемой системе
- Разработка формата описания материалов
- Исследование существующих подходов, применяемых для генерации шейдеров
- Разработка способа генерации шейдеров
- Разработка и реализация системы автоматизированной генерации шейдеров
- Написание примеров, демонстрирующих работоспособность системы



Требования

- Генерация на основе свойств материала и сцены
- Генерируемый шейдер должен быть эффективным
- Поддержка стандартных текстур: `diffuse`, `ambient`, `specular`, `reflect`, `lightmap`, `opacity`, `bump`, `emission`
- Генерация шейдеров по запросу
- Расширяемость (нестандартные способы расчета характеристик поверхности, модели освещения)



Формат описания материалов

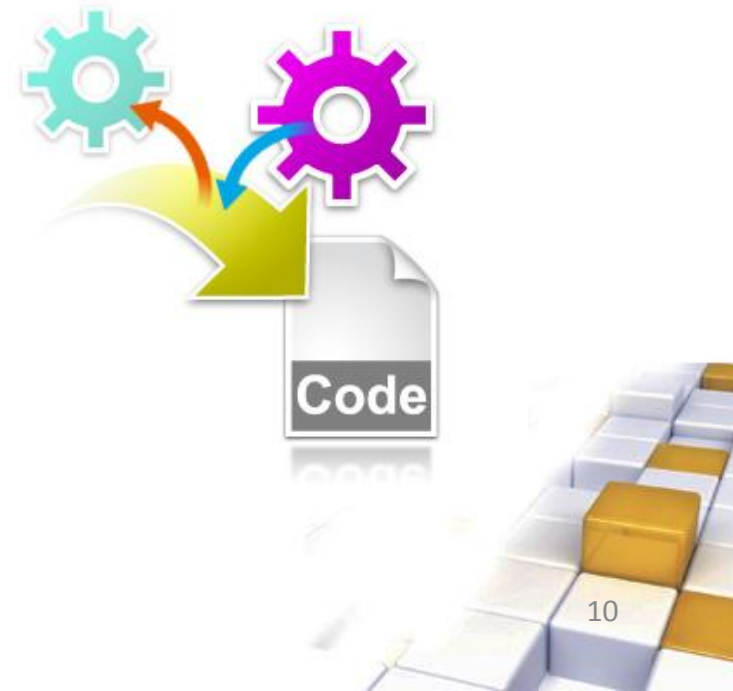
- Древовидная структура (используется язык XQL)
- Свойства: булевы флаги, вещественные и целые числа, вектора, строки, текстурные карты
- Пример:

```
MATERIAL.stone =
{
    MAP.DIFFUSE = stone_diffuse
    {
        SCL = (2, 2)
    }
    MAP.BUMP = stone_bump
    {
        WEIGHT = 80
        SCL = (2, 2)
    }
    SURFACE = DEFAULT
    LIGHTING = PHONG
    SPECULAR_POWER = 5
    AMBIENT = #000033
}
```



Предлагаемое решение

- Условная компиляция
- Высокоуровневые шейдеры



Условная компиляция

- Убершейдер – шейдер, содержащий директивы препроцессора
- Один и тот же убершейдер компилируется несколько раз с разными флагами

- Пример

```
#ifdef hasDiffuseTexture
    result = tex2D(diffuseTexture, IN.tc);
#else
    result = diffuseColor;
#endif
```

- Целочисленные константы

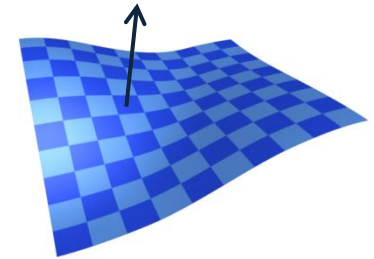
```
#define LightCount 4
```

Высокоуровневые шейдеры

- Пиксельный шейдер строится на основе высокоуровневых шейдеров

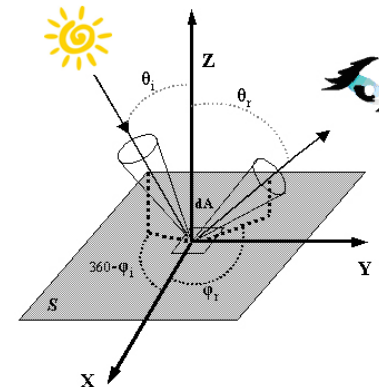
- Шейдер поверхности (Surface shader)

```
SurfaceOutput surface(SurfaceInput i)
{
    SurfaceOutput S;
    S.diffuse = tex2D(diffuseTexture, i.tc);
    S.normal = i.normal;
    S.specular = float3(0, 0, 0);
    S.emission = float3(0, 0, 0);
    return S;
}
```



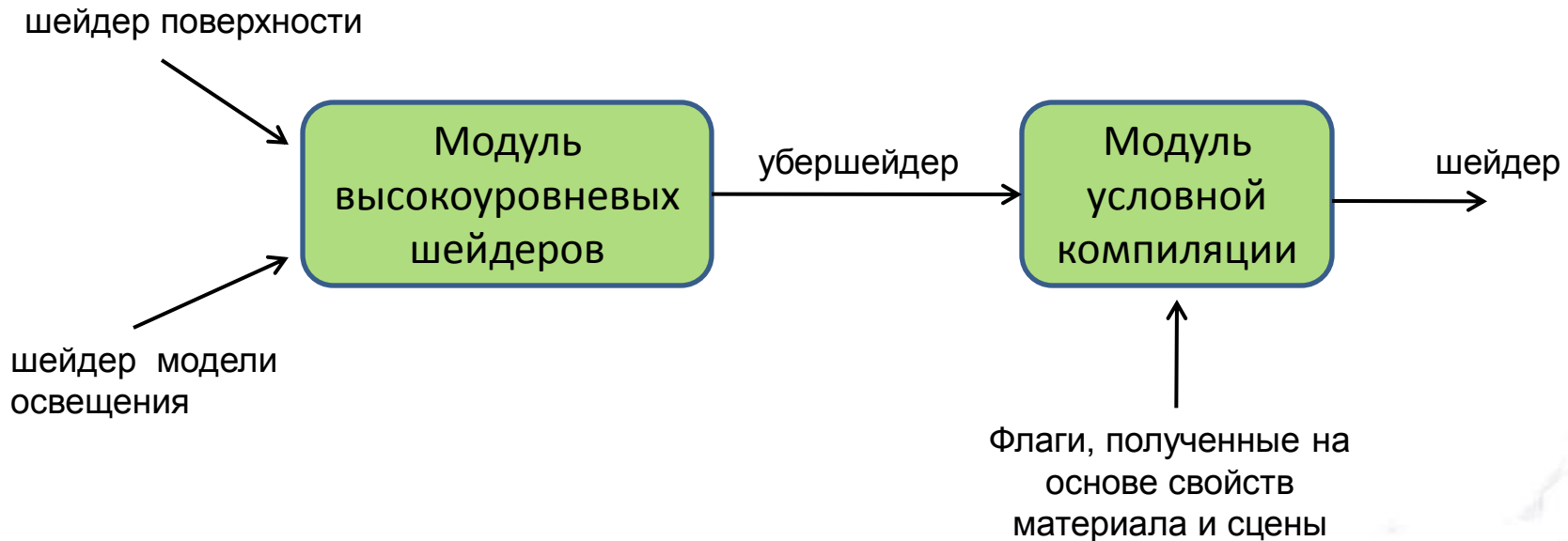
- Шейдер модели освещения (Lighting shader)

```
LightingOutput lighting(LightingInput i)
{
    LightingOutput L;
    L.diffuseK = dot(i.normal, -i.lightDir);
    L.specularK = 0;
    return L;
}
```



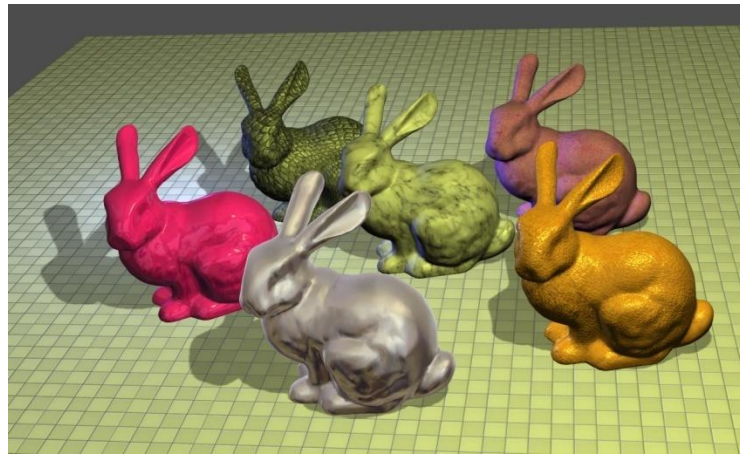
Программная реализация

- Язык программирования: **C++**
- GAPI: **OpenGL**
- Препроцессор и транслятор из Cg в GLSL: **Nvidia Cg Toolkit**
- Описание материала и межмодульное взаимодействие: **XQL**



Стандартный материал

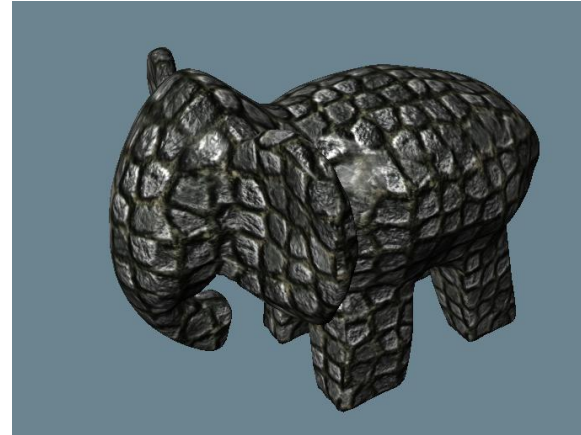
- 8 типов текстурных карт
- Веса + преобразования текстурных координат
- Произвольное количество точечных источников света
- Тени (PCF shadow map)
- Модель освещения по Фонгу



Трипланарное текстурирование

- Реализуется шейдером поверхности
- Не требуется наличия текстурных координат у модели
- Описание материала на языке XQL:

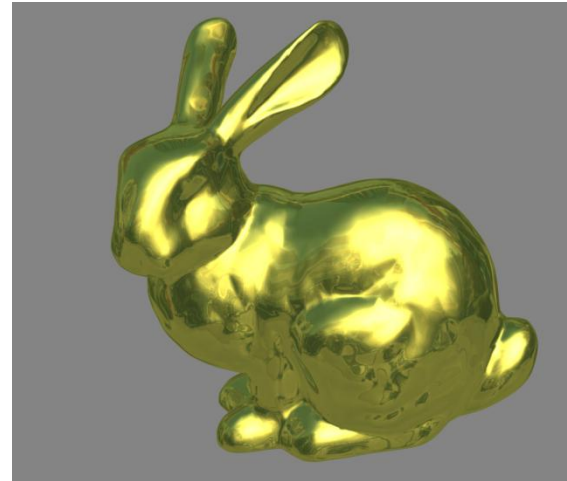
```
MATERIAL.stone =  
{  
    ...  
    SURFACE = TRIPLANAR  
}
```



Модель освещения Cook-Torrance

- Физически обоснованная модель
- Хорошо подходит для металлов
- Описание материала на языке XQL:

```
MATERIAL.gold =  
{  
    ...  
    LIGHTING = COOK_TORRANCE  
}
```



Результаты и перспективы

- Результаты

- Исследованы подходы, применяемые для генерации шейдеров
- Предложен формат описания материала
- Разработан способ генерации шейдеров
- Реализована система автоматизированной генерации шейдеров
- Условная компиляция позволила существенно увеличить производительность визуализации (в 1.5 – 2 раза)
- Стандартный материал, трипланарное текстурирование, модель освещения Cook-Torrance
- Результаты работы докладывались на МНСК 2012, 2013



- Перспективы

- Процедурная генерация текстур
- Другие модели освещения
- Кеширование шейдеров



Список публикаций

- 1) Артиков А. Н. Автоматизированная генерация шейдеров для реалистичной визуализации трехмерных сцен. *Материалы 51-й Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: информационные технологии, Новосибирск, 2013. с. 93*
- 2) Артиков А. Н., Артиков Т. Н. Визуализация микрорельефа на анимированных трехмерных объектах. *Материалы 50-й юбилейной Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: информационные технологии, Новосибирск, 2012. с. 6*
- 3) Артиков А. Н., Артиков Т. Н., Коростелев Е. И., Долговесов Б. С., Мазурок Б. С., Морозов Б. Б. Разработка интегрированных систем виртуальной реальности. *Сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции «Современное общество, образование и наука», Часть 2, Тамбов 2012. с 71-74*
- 4) Артиков А. Н., Артиков Т. Н., Долговесов Б. С., Мазурок Б. С., Городилов М. А., Коростелев Е. И. Обработка мультимедийных данных в интегрированных системах виртуальной реальности. *Труды международных научных конференций «Ситуационные центры и информационно-аналитические системы класс 4i» (SC-IAS4i-2011) и «Системы виртуального окружения для комплексной безопасности и антитеррористической защищенности зданий и сооружений» (VRTerro2011), Москва-Протвино 2011. с 207-211*

Спасибо за внимание