

# Компьютерная графика: Дополнительные главы

## Лекция 7: Другие технологии

Н.Д. Смирнова

Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет

24.04.2011

### High Dynamic Range Rendering

- Диапазон яркостей монитора (Low Dynamic Range, LDR)
  - 1:100 - 1:1000
  - 1:256 - 1:1024 для RGB формата
- Диапазон яркостей в реальном мире (High Dynamic Range, HDR)
  - 1:500000
- Чувствительность человеческого глаза
  - $10^{-6}$  до  $10^8$  cd/m<sup>2</sup> (т.е. 14 порядков)
  - одновременно 1:10000

$\Phi : HDR \rightarrow LDR$  - Tone-mapping operator

**High Dynamic Range Rendering (HDR)**

○●○○○○  
○○○○  
○○

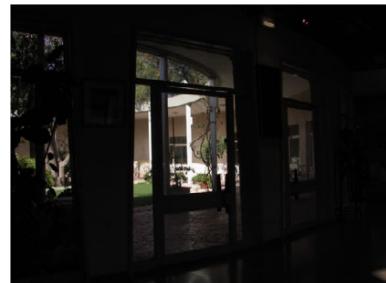
**Ambient Occlusion (AO)**

○○○○○○○○○○○○○○○○

**Остальное**

○○○○○

## Примеры



**High Dynamic Range Rendering (HDR)**

○●○○○○  
○○○○  
○○

**Ambient Occlusion (AO)**

○○○○○○○○○○○○○○○○○○

**Остальное**

○○○○○

## Классические изображения

memorial church



bathroom



## Классификация

- область обработки:
    - **глобальные** - параметры маппинга одинаковы для целого изображения
    - **локальные** - для каждого пикселя свои параметры маппинга
  - научная обоснованность:
    - **эмпирические** - "чтобы было красиво"
    - **моделирующие** - "чтобы было как в глазу"
  - моделирование процесса адаптации глаза:
    - **статические** - не учитывают
    - **динамические** - учитывают

## Классификация

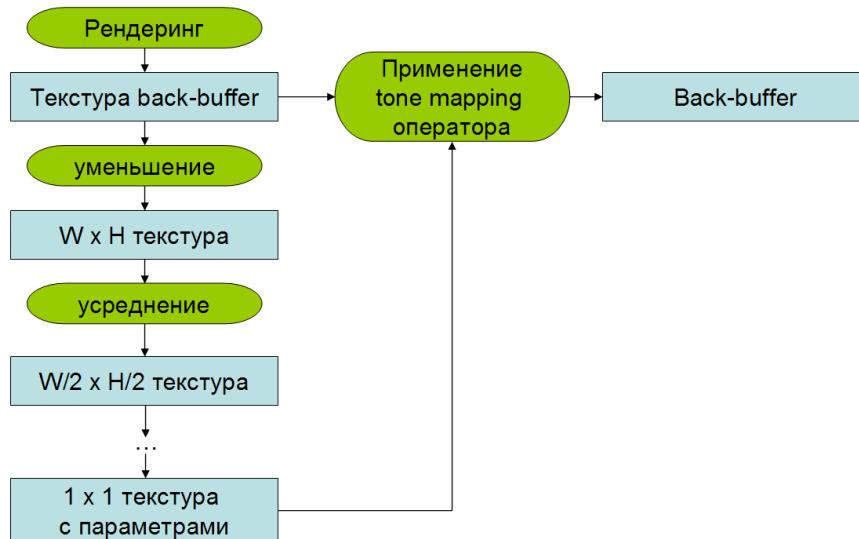
- Глобальные операторы
    - HDR Изображение → Оценка параметров оператора
    - Оператор: HDR → LDR
  - Локальные операторы
    - Сегментация изображения
    - Применение глобального оператора к каждому из сегментов
    - Не используются в real-time... пока что

## В приложениях реального времени

- Появление float-форматов текстур и возможности рендерить в текстуру такого формата (Shader Model 2.0)
- Расчет освещения в "физических" величинах
- Tone-mapping как post-process обработка
  - D3DFMT\_A32R32G32B32F → D3DFMT\_A8R8G8B8
- HDR rendering: стандарт дефакто в играх
  - Важен как для "indoor" так и для "outdoor" игр

## "Функциональный" подход

- Измерение параметров сцены
- (опц) Добавление инертности к изменениям параметров
- Применение функции-оператора к изображению



## Оператор Рейнхарда

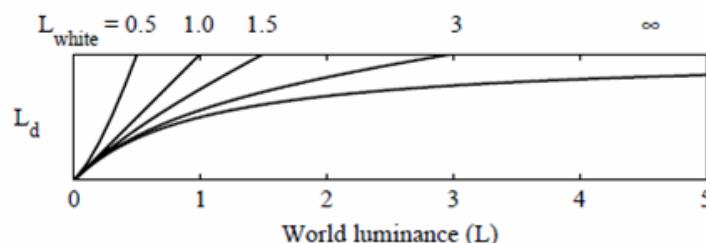
- средняя логарифмическая яркость  

$$\bar{L}_w = \frac{1}{N} \exp\left(\sum_{x,y} \log(\delta + L_w(x, y))\right)$$

отображение на серъ  
 $L(x, y) = \frac{\alpha}{L_w} L_w(x, y)$

- корректировка больших значений

$$L_d(x, y) = \frac{L(x, y)(1 + \frac{L(x, y)}{L_{white}^2})}{1 + L(x, y)}$$

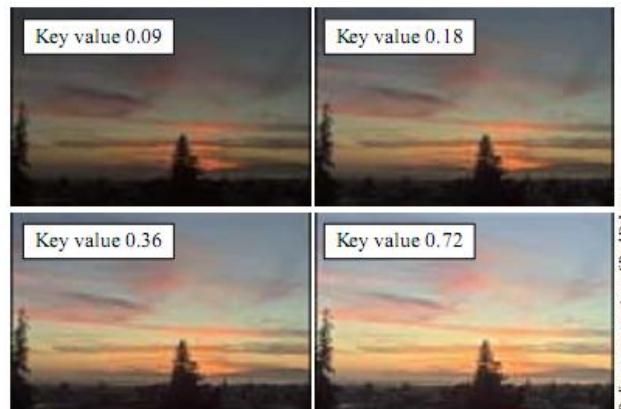


1

<sup>1</sup>Reinhard, Erik, Mike Stark, Peter Shirley, and James Ferwerda.  
"Photographic Tone Reproduction for Digital Images". SIGGRAPH'02.

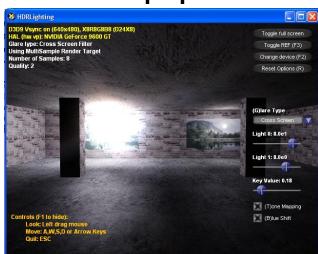
## Выбор параметров

- $\alpha = 0.18 \times 4^{\left(\frac{2\log_2 \bar{L}_w - \log_2 L_{min} - \log_2 L_{max}}{\log_2 L_{max} - \log_2 L_{min}}\right)}$
  - $L_{white} = 1.5 \times 2^{\log_2 L_{max} - \log_2 L_{min} - 5}$



## DX9 Samples

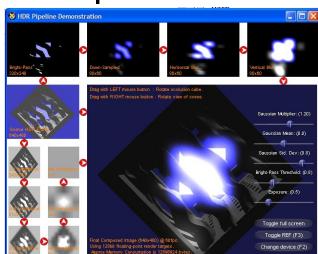
- HDRLighting - основные HDR эффекты



- HDRFormats - int текстуры



- HDRPipeline - этапы обработки HDR изображений

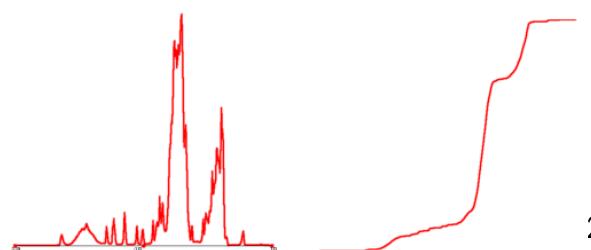


- HDRCubeMap - HDR environment mapping



## Гистограммный подход

- Формирование оператора на основе гистограммы изображения

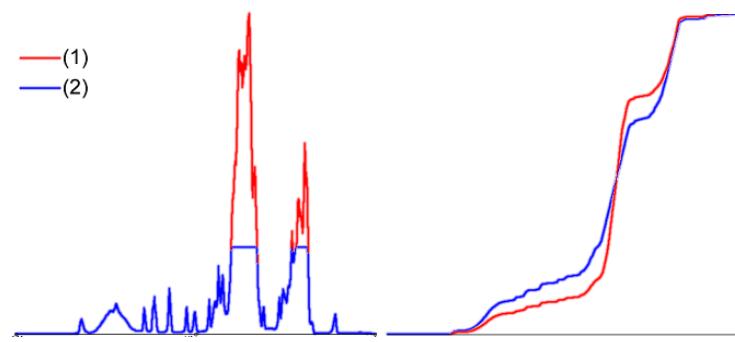


2

<sup>2</sup>П.В.Шолуха. "Модификация алгоритма Варда для масштабирования диапазона яркости изображения". Bachelor Thesis. 2008

## Метод варда

- пытается бороться с излишней контрастностью<sup>3</sup>
- вводит ограничения на гистограмму
- итеративный подход



- альтернативы???

---

<sup>3</sup>G. Ward and C. Holly. A Visibility Matching Tone Reproduction Operator for High Dynamic Range Scenes. 1997

## Опять глобальное освещение

- необходимо учитывать рассеянное освещение, падающее со всех сторон
  - честно - очень дорого
  - выход: будем считать нечестно
  - стандартная модель освещения Фонга
- $$C = \mathbf{C}_{\text{ambient}} + \mathbf{C}_{\text{diffuse}} + \mathbf{C}_{\text{specular}}$$



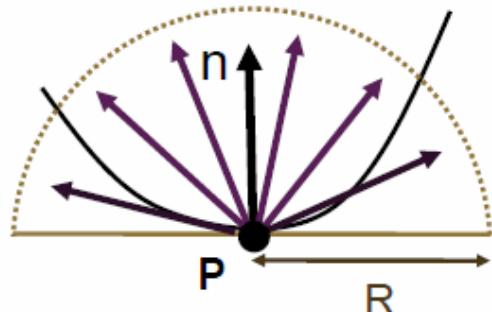
Original model

With ambient occlusion

Extracted ambient occlusion map

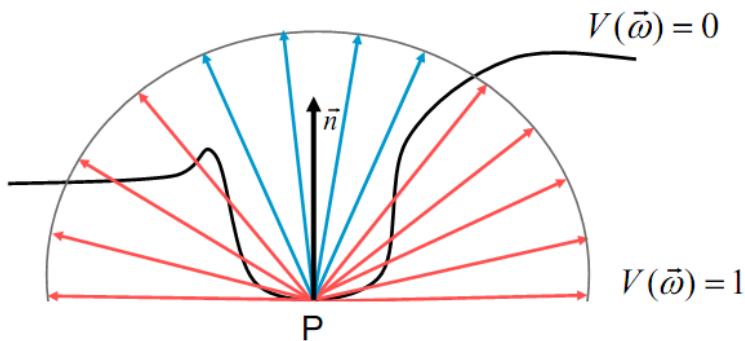
## Вспомним PRT

- Premultiplied Radiance Transfer
  - Предобработка
    - трассировка лучей
    - построение функции затенения
    - сжатие функции в SH
  - Рендеринг
    - трансформация SH освещения в локальную систему координат объекта
    - перемножение SH



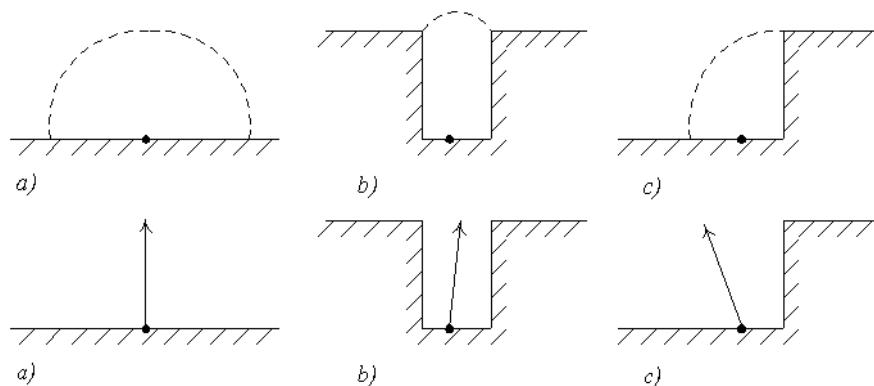
## Ambient Occlusion. Идея

- моделирует мягкое outdoor освещение (дневной свет)
  - АО характеризует степень затененности точки близкорасположенными объектами
  - $A_p(n) = 1 - \frac{1}{\pi} \int_{\Omega} V_p(\omega)(n \cdot \omega) d\omega$



## АО. Данные

- $AO_{map} = AO_{color} + N_{bent}$
- $N_{bent}$  далее используется для расчета direct lighting



6

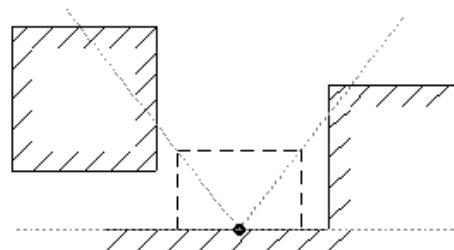
---

<sup>6</sup><http://www.steps3d.narod.ru/tutorials/ssao-tutorial.html>

## АО. Интуитивные реализации

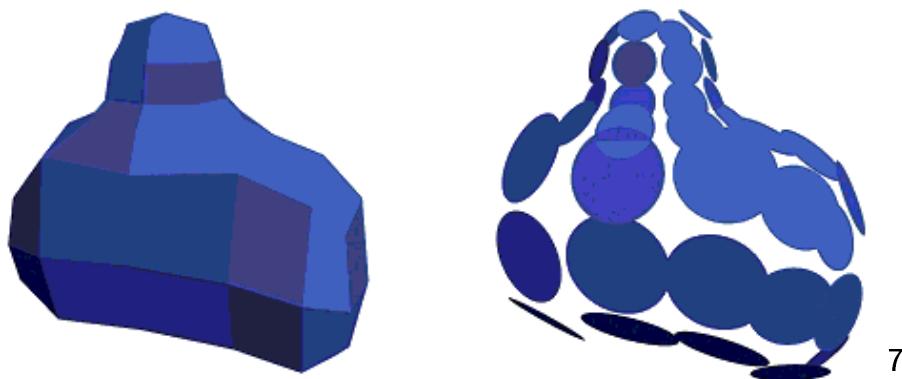
собирательные методы (изнутри-наружу)

- метод Монте-Карло (да здравствует ray-tracing)
- использование GPU
  - замена полусфера полукубом
  - рендеринг близкорасположенных объектов на каждую грань
  - 5 проходов
  - depth-текстуры низкого разрешения
  - **жуть, как долго**



## АО. Аппроксимация поверхности

- каждая вершина аппроксимируется двусторонним диском (положение, нормаль, радиус)



7

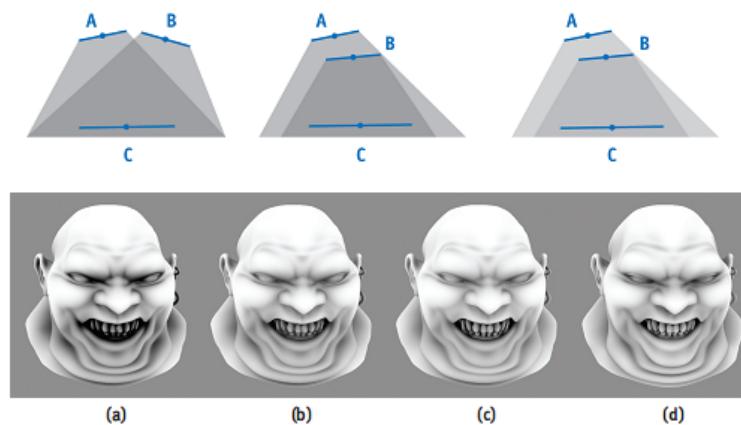
- при расчете АО учитывается затенение в телесном угле, определяемом параметрами диска

---

<sup>7</sup> Michael Bunnell. Dynamic Ambient Occlusion and Indirect Lighting. GPU Gems2. NVIDIA Corporation. 2005

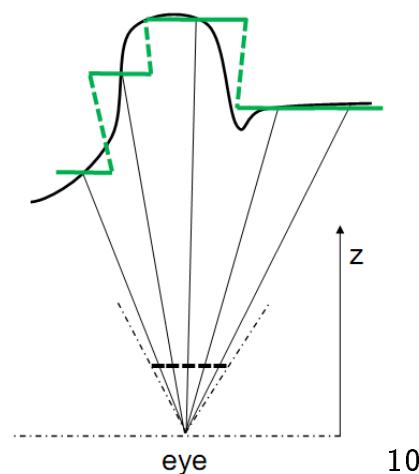
## АО. Аппроксимация поверхности

- расчет в 2 прохода (можно и больше)
  - считаем АО для каждой вершины
  - считаем еще раз с учетом результатов первого шага
  - усредняем результаты двух проходов



## Screen-Space Ambient Occlusion

- Впервые использовался в CryEngine2 фирмы Crytek в игре Crysis<sup>8</sup>
- идея: затенять те места изображения, где меняется Z<sup>9</sup>
- простейшая реализация:
  - выборка глубины пикселей вокруг рассматриваемого
  - попытка определить AO по разнице глубин

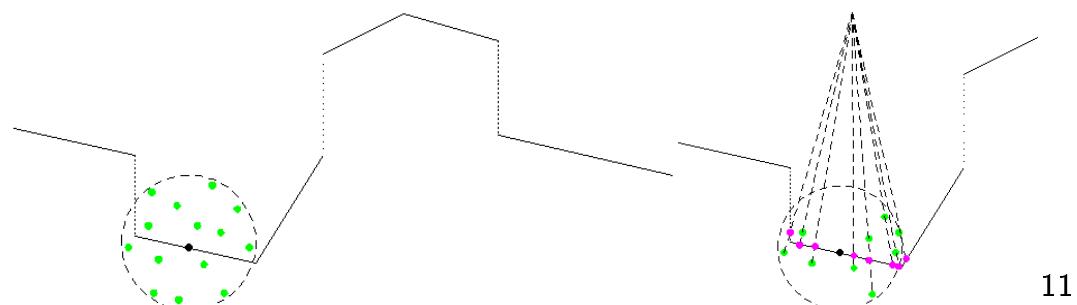


<sup>8</sup>[http://ru.wikipedia.org/wiki/CryEngine\\_2](http://ru.wikipedia.org/wiki/CryEngine_2)

## SSAO

теперь поподробнее:

- post process ND буфер (нужны нормаль и камерная позиция пикселя)
- выбирается некоторая окрестность пикселя и в ней набор пикселей
- для каждого такого пикселя считаем видимость, получаем AO



<sup>11</sup><http://www.steps3d.narod.ru/tutorials/ssao-tutorial.html>

High Dynamic Range Rendering (HDR)  
oooooo  
oooo  
oo

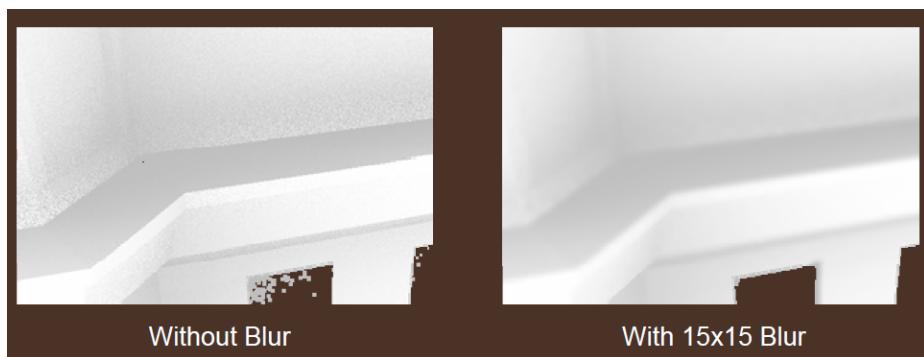
Ambient Occlusion (AO)  
oooooooooooo●ooo

Остальное  
ooooo

## SSAO. Детали

АО - функция  $dz$ : например  $A_p(dz) = \frac{1}{1+dz^2}$ ,  $dz > \epsilon$ ;  $0, dz \leq \epsilon$   
борьба с полосами, ступенчатостью

- меняем на шум
  - рандомизация положения точек внутри окрестности
  - текстура с точками + случайный сдвиг, поворот
- меняем на halo
  - размыываем z-текстуру
  - используем размытую текстуру, чтобы подрезать исходную
- АО-тар тоже надо размыть перед использованием



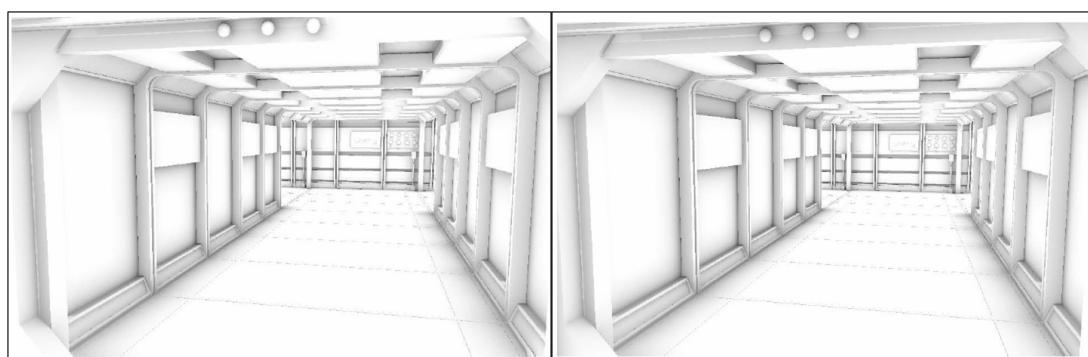
High Dynamic Range Rendering (HDR)  
oooooo  
oooo  
oo

Ambient Occlusion (AO)  
oooooooooooo●ooo

Остальное  
ooooo

## SSAO. Увеличение угла зрения

Необходимо увеличить угол зрения для корректной обработки крайних пикселей



## SSAO. Свойства

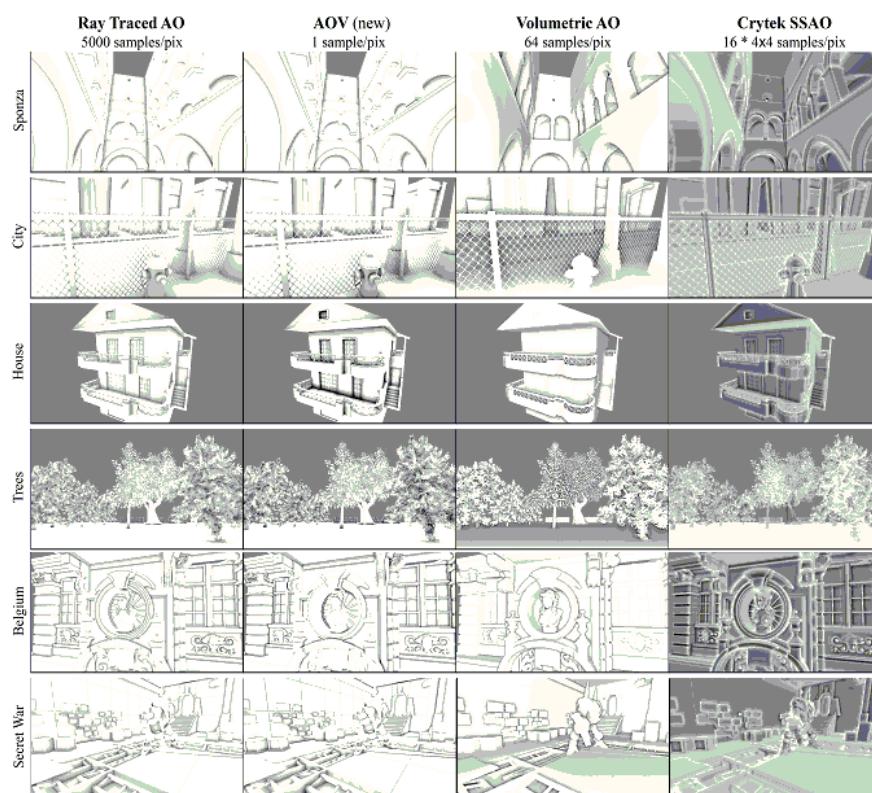
### Преимущества

- независимость от сложности сцены
- нет pre-processing'a
- динамические сцены
- полностью на GPU
- легко интегрируется в графический конвейер

### Свойства

- низкое качество
- локальный
- плохо ведет себя рядом с гранями

## SSAO. Примеры



High Dynamic Range Rendering (HDR)  
○○○○○○  
○○○○  
○○

Ambient Occlusion (AO)  
○○○○○○○○○○○○○○

Остальное  
●○○○

## Deferred shading

- Эффект переносится на этап post-process
- Общий принцип - восстановление мировой позиции точки, изображенной на экране пикселям
- Deferred lighting
- Deferred shadowing
- Volumetric fog

High Dynamic Range Rendering (HDR)  
○○○○○○  
○○○○  
○○

Ambient Occlusion (AO)  
○○○○○○○○○○○○○○

Остальное  
○●○○○

## Моделирование природных эффектов

- Небо
- Облака, газообразные объекты
- Вода, другие жидкости
- Трава, волосы
- Ткани

## Volumetric rendering

- Происхождение задачи
  -
- Данные
  - результат сканирования
  - результат научного моделирования
  - регулярность данных
- Возможные подходы
  - построение триангулированной поверхности
  - визуализация другими элементами (surfels)

## Трехмерная компьютерной графики

- Системы виртуальной реальности
  - популярные образовательные (туристические гиды)
  - симуляторы (профессии с высоким человеческим риском)
- Развлечения
  - игры
  - фильмы

High Dynamic Range Rendering (HDR)  
oooooooooooo

Ambient Occlusion (AO)  
ooooooooooooooo

Остальное  
oooo●

THE END