



Компьютерная графика: Дополнительные главы

Лекция 5-I: Технологии теней

Н.Д. Смирнова

Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет

20.03.2011



Содержание

Введение

Базовые технологии

Карты освещения (Lightmaps)

Проектируемая геометрия

Shadow Volumes

Shadow Maps

Shadow Buffers

Современные технологии

Perspective Shadow Maps (PSM)

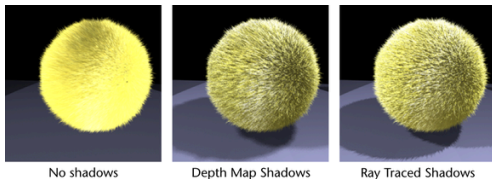
Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

Light Space Perspective Shadow Maps (LiSPSM)



О тенях

- самый важный визуальный эффект, влияющий на реалистичность
- дают возможность оценить глубину сцены
- ощутить взаимное расположение объектов



¹<http://download.autodesk.com/us/maya/2010help/>



Содержание

Введение

Базовые технологии

Карты освещения (Lightmaps)

Проектируемая геометрия

Shadow Volumes

Shadow Maps

Shadow Buffers

Современные технологии

Perspective Shadow Maps (PSM)

Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

Light Space Perspective Shadow Maps (LiSPSM)



Содержание

Введение

Базовые технологии

Карты освещения (Lightmaps)

Проектируемая геометрия

Shadow Volumes

Shadow Maps

Shadow Buffers

Современные технологии

Perspective Shadow Maps (PSM)

Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

Light Space Perspective Shadow Maps (LiSPSM)



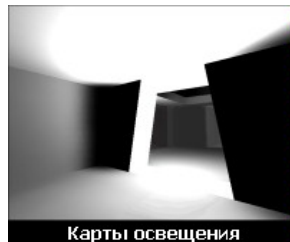
Карты освещения (lighthmaps)

- содержат статические тени
- набор маленьких текстур
- обычно текстуры выровнены с текстурами объектов
- для каждого текселя определяется коэффициент затенения от каждого источника света

Свойства

- карты просчитываются заранее
- **СТАТИЧНЫ!**

2





Содержание

Введение

Базовые технологии

Карты освещения (Lightmaps)

Проектируемая геометрия

Shadow Volumes

Shadow Maps

Shadow Buffers

Современные технологии

Perspective Shadow Maps (PSM)

Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

Light Space Perspective Shadow Maps (LiSPSM)

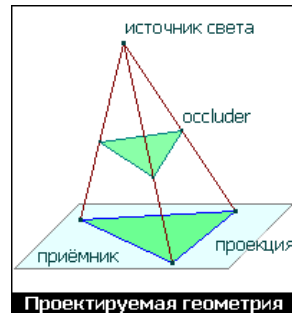


Проектируемая геометрия

- древний способ
- небольшие occluder'ы
- receiver'ы - большие плоские объекты, их очень мало
- для каждого источника объект рендерится 2 раза:
 1. обычным способом
 2. спроектированный на receiver черным цветом (можно с альфа-блендингом)

Свойства

- нет ступенчатости тени (aliasing)
- строгие ограничения на объекты сцены





Содержание

Введение

Базовые технологии

Карты освещения (Lightmaps)

Проектируемая геометрия

Shadow Volumes

Shadow Maps

Shadow Buffers

Современные технологии

Perspective Shadow Maps (PSM)

Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

Light Space Perspective Shadow Maps (LiSPSM)



Shadow Volumes (Теневые объемы, Стенсильные тени)

- старый очень популярный способ
- геометрия растягивается от источника света = теневой объем
- для каждого источника теневой объем рендерится 3 раза:
 1. front faces (stencil +1)
 2. back faces (stencil -1)
 3. front faces (if stencil > 0)
(возможны варианты)

Свойства

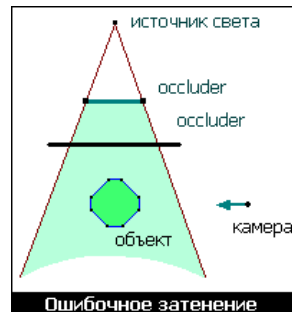
- нет ступенчатости тени (aliasing)
- универсальнее Projected Geometry
- ресурсоемок





Shadow Volumes. Проблемы

- большой конус тени
- камера внутри объема
- ближняя плоскость камеры пересекает объем
- ошибочное затенение





Содержание

Введение

Базовые технологии

Карты освещения (Lightmaps)

Проектируемая геометрия

Shadow Volumes

Shadow Maps

Shadow Buffers

Современные технологии

Perspective Shadow Maps (PSM)

Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

Light Space Perspective Shadow Maps (LiSPSM)



Shadow Maps(Теневые Карты)

Создание теневой карты

- найти все пары источник(light)-объект(caster)
- для каждой пары render-to-texture с VP источника света
- (текстура чистится цветом источника света)
- (объект рендерится цветом тени)

Использование теневой карты

- определить все объекты receiver'ы
- наложить на каждый теневую карту





Shadow Maps. Свойства

Свойства

- сравнительно простой алгоритм (1 дополнительный render)
- aliasing - борются фильтрацией текстур
- нет self-shadowing'a
- ограниченное количество caster'ов

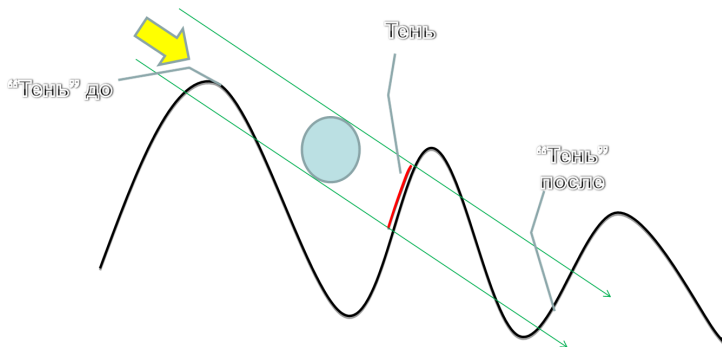
Источники света

- Направленный - ортогональная проекция + 1 текстура
- Конусный - перспективная проекция + 1 текстура
- Точечный - перспективная проекция + 6 текстур



Shadow Maps. Проблемы

- двойные тени
- тень до объекта





Содержание

Введение

Базовые технологии

Карты освещения (Lightmaps)

Проектируемая геометрия

Shadow Volumes

Shadow Maps

Shadow Buffers

Современные технологии

Perspective Shadow Maps (PSM)

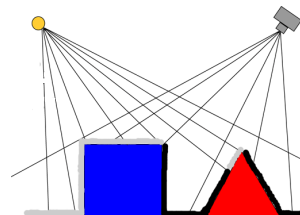
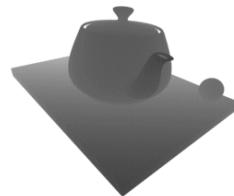
Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

Light Space Perspective Shadow Maps (LiSPSM)



Shadow Buffers (Теневые Буферы)

- похожи на Shadow Maps
- камера источника: порендерить сцену в текстуру, записывая z
- основная камера: порендерить сцену с наложением z -текстуры
- пиксель затенен, если $Z_{pixel} > Z_{z-texture}$





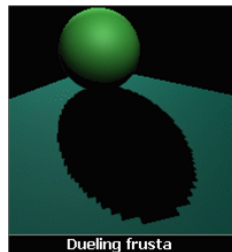
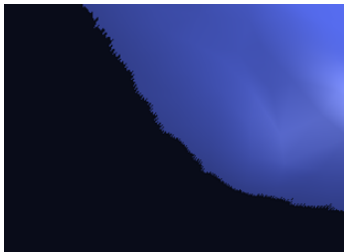
Shadow Buffers. Свойства

- не зависит от сложности сцены
- поддерживает самозатенение
- качество легко регулировать разрешением z-текстуры
- плохо работает с точечными источниками (кубическая текстура)



Shadow Buffers. Проблемы

- дрожащее самозатенение
 - полигоны отодвигаются на небольшое расстояние (z-bias)
- aliasing
 - PCF (фильтрация)
 - увеличить разрешение текстуры





Shadow ObjectID Buffers (Теневые буферы приоритетов)

- похоже на Shadow Buffers
- у каждого объекта сцены есть приоритет (ObjectID) относительно источника
- камера источника: порендерить сцену в текстуру, записывая ObjectID
- основная камера: порендерить сцену с наложением ID-текстуры
- пиксель затенен, если $ID_{object} > ID_{texture}$

Свойства

- не поддерживают самозатенение
- страдают от aliasing'a
- нет проблем точности z



Содержание

Введение

Базовые технологии

Карты освещения (Lightmaps)

Проектируемая геометрия

Shadow Volumes

Shadow Maps

Shadow Buffers

Современные технологии

Perspective Shadow Maps (PSM)

Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

Light Space Perspective Shadow Maps (LiSPSM)

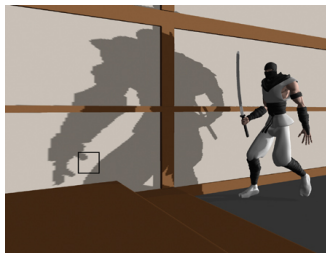
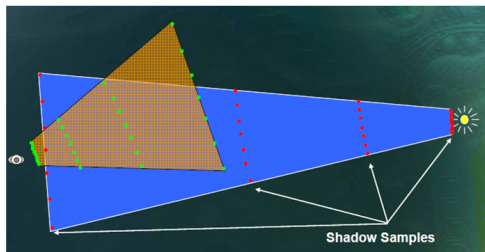


Современные технологии

- основаны на теневых буферах для всей сцены
- два направления работ:
 - повышение разрешения при сохранении постоянного размера теневой текстуры
 - имитация мягких теней



Aliasing

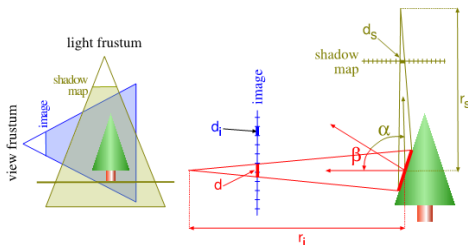


4



Aliasing. Математика

$$d = d_s \frac{r_s \cos \beta}{r_i \cos \alpha}$$



⁵Stamminger, M., and Drettakis, G. 2002. Perspective shadow maps. In Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002, ACM Press/ ACM SIGGRAPH, J. Hughes, Ed., Annual Conference Series



Содержание

Введение

Базовые технологии

Карты освещения (Lightmaps)

Проектируемая геометрия

Shadow Volumes

Shadow Maps

Shadow Buffers

Современные технологии

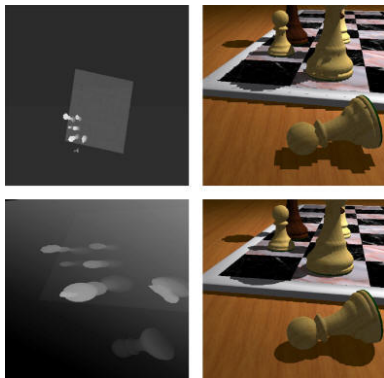
Perspective Shadow Maps (PSM)

Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

Light Space Perspective Shadow Maps (LiSPSM)



Perspective Shadow Maps (PSM)



⁶Stamminger, M., and Drettakis, G. 2002. Perspective shadow maps. In Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002, ACM Press/ ACM SIGGRAPH, J. Hughes, Ed., Annual Conference Series



Perspective Shadow Maps. Идея

Shadow Maps

- запись в текстуру

$$p_{light} = (LPM \cdot LM) \cdot p_{world} = M \cdot p_{world}$$

- чтение из текстуры

$$p_{light} = (LPM \cdot LM \cdot VM^{-1} \cdot PM^{-1}) \cdot p_{screen} = (M \cdot VM^{-1} \cdot PM^{-1}) \cdot p_{screen}$$

Perspective Shadow Maps - рендеринг в текстуру в перспективном пространстве

- запись в текстуру

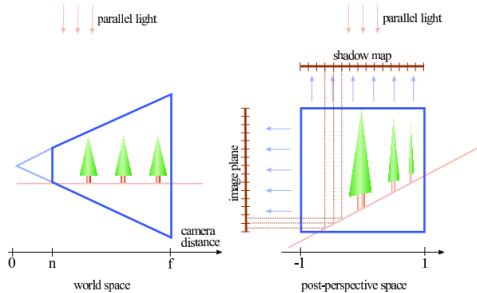
$$p_{light} = (M \cdot VM^{-1} \cdot PM^{-1} \cdot PM \cdot VM) \cdot p_{world} = (M_{pers} \cdot PM \cdot VM) \cdot p_{world}$$

- чтение из текстуры

$$p_{light} = M_{pers} \cdot p_{screen}$$

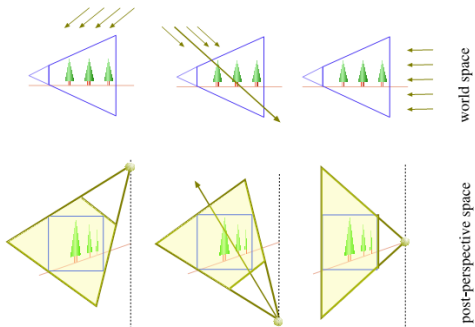


Perspective Shadow Maps. Идеальный вариант



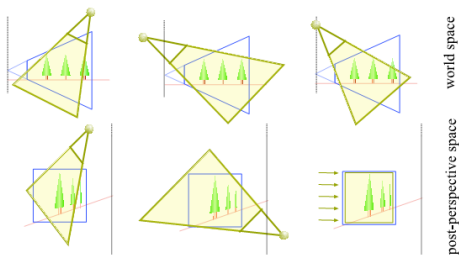


Perspective Shadow Maps. Трансформация источников



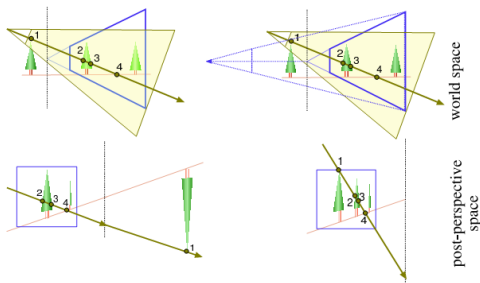


Perspective Shadow Maps. Трансформация источников





Perspective Shadow Maps. Учет всех caster'ов





Содержание

Введение

Базовые технологии

Карты освещения (Lightmaps)

Проектируемая геометрия

Shadow Volumes

Shadow Maps

Shadow Buffers

Современные технологии

Perspective Shadow Maps (PSM)

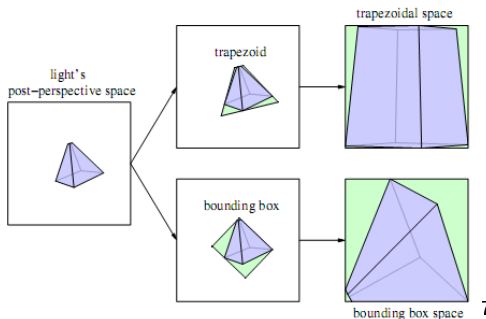
Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

Light Space Perspective Shadow Maps (LiSPSM)



Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

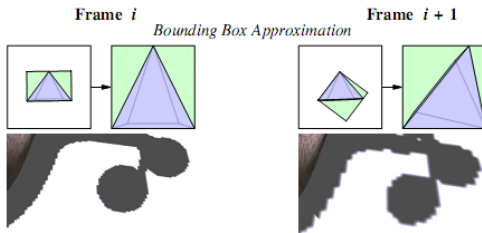
- View frustum переводится в light space
- Вместо Bbox'а находится охватывающая трапеция
- очевидно, что на узкий конец трапеции придется большее количество текселей shadow map'а



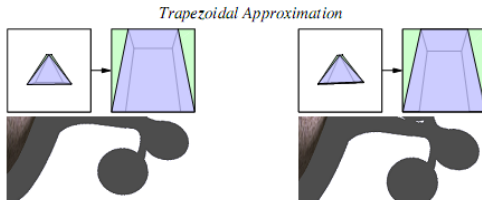


Trapezoidal Shadow Maps

Решают проблему резкого изменения тени в динамической сцене



(a)





Trapezoidal Shadow Maps. Примеры

Bounding Box, Perspective Shadow Maps, Trapezoidal Shadow Maps





Содержание

Введение

Базовые технологии

Карты освещения (Lightmaps)

Проектируемая геометрия

Shadow Volumes

Shadow Maps

Shadow Buffers

Современные технологии

Perspective Shadow Maps (PSM)

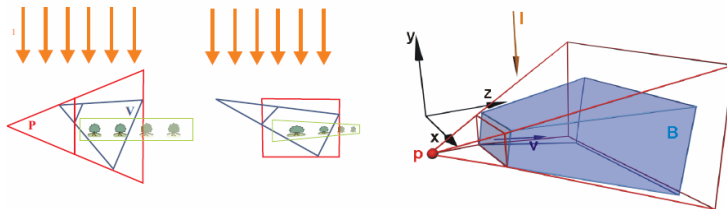
Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

Light Space Perspective Shadow Maps (LiSPSM)



Light Space Perspective Shadow Maps

- создание и наложение shadow map'a происходит в специально выбранном перспективном пространстве ⁸

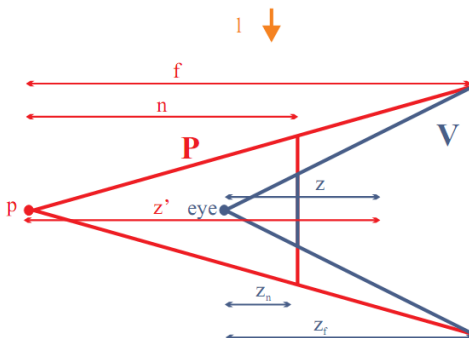


⁸Michael Wimmer, Daniel Scherzer and Werner Purgathofer. Light Space Perspective Shadow Maps. June 10, 2005



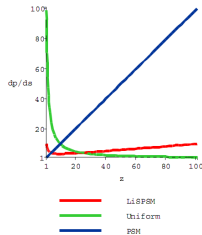
Light Space Perspective Shadow Maps. Проблемы

- решаются некоторые проблемы PSM
 - трансформация лайтов
 - потеря caster'ов





Light Space Perspective Shadow Maps. Примеры





TO BE CONTINUED...