

Компьютерная графика: Дополнительные главы

Лекция 5-1: Технологии теней

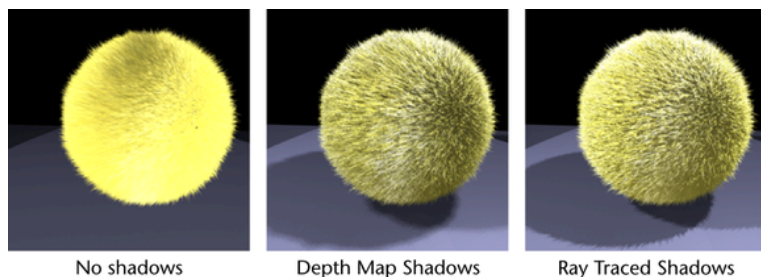
Н.Д. Смирнова

Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет

20.03.2011

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/>



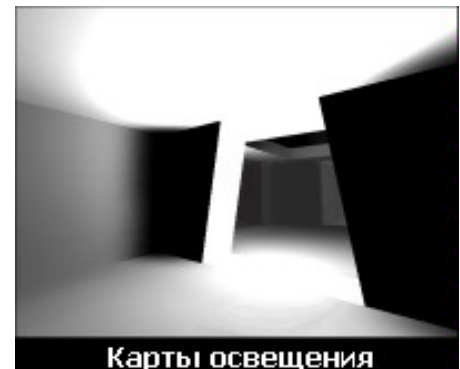
Карты освещения (lighthmaps)

- 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



²<http://www.dtf.ru/articles/read.php?id=19>

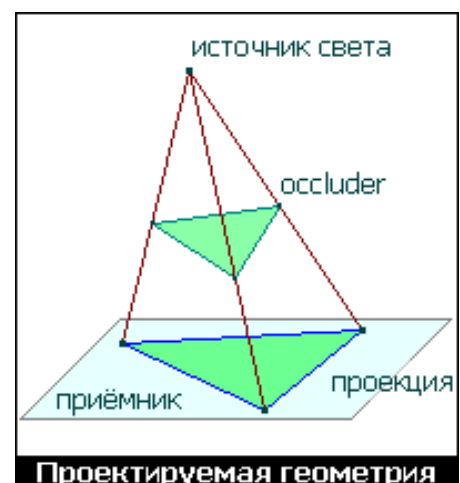


Проектируемая геометрия

- 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



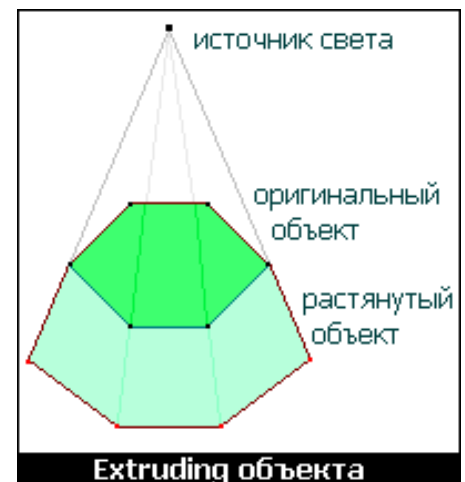


Shadow Volumes (Теневые объемы, Стенсильные тени)

- 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





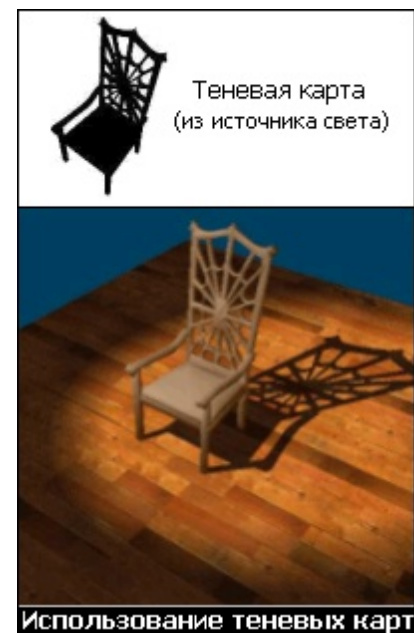
Shadow Maps(Теневые Карты)

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 каждую теневую карту



Shadow Maps. Свойства

Свойства

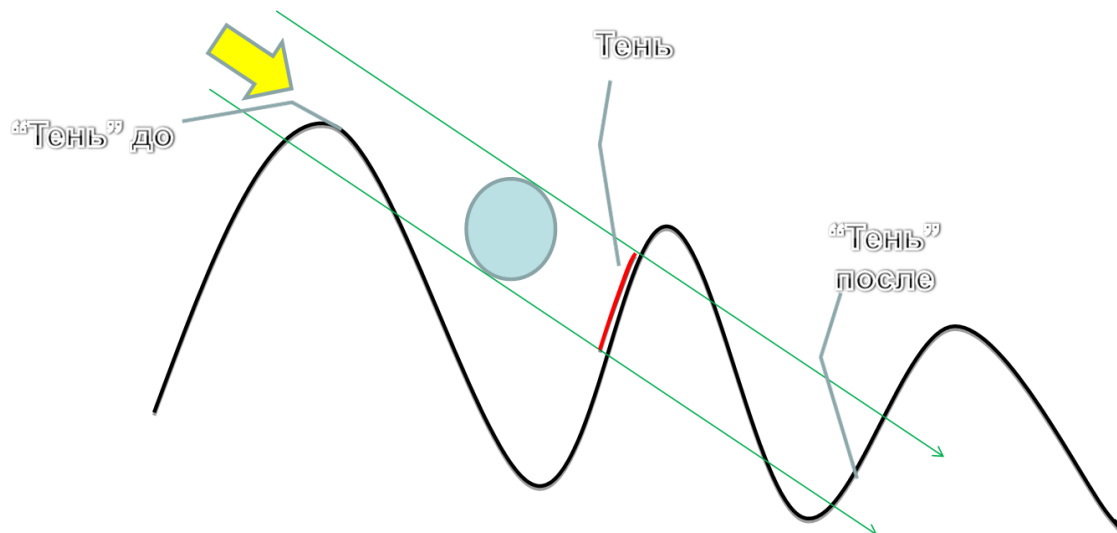
- сравнительно простой алгоритм (1 дополнительный render)
- aliasing - борются фильтрацией текстур
- нет self-shadowing'a
- ограниченное количество caster'ов

Источники света

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

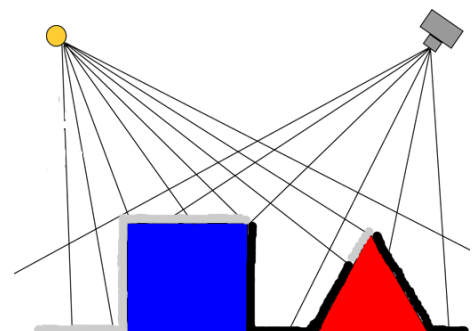
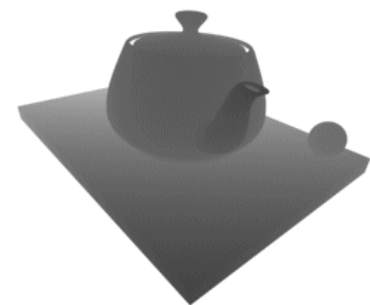
Shadow Maps. Проблемы

- двойные тени
- тень до объекта



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 $Z_{pixel} > Z_{z-texture}$





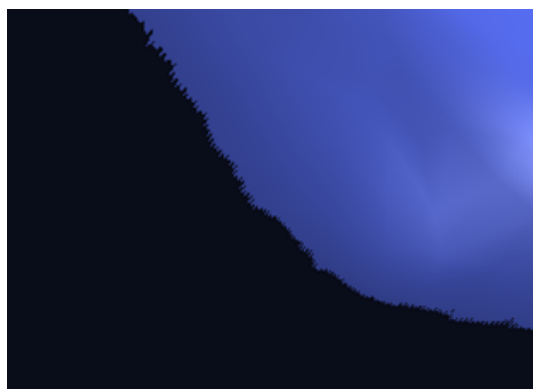
Shadow Buffers. Свойства

- 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

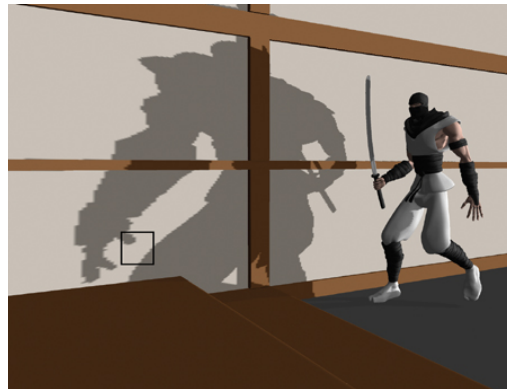
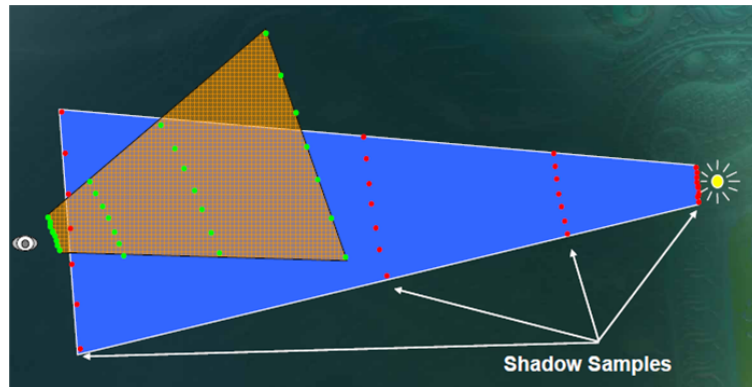
- не поддерживают самозатенение
- страдают от aliasing'a
- нет проблем точности z



Современные технологии

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

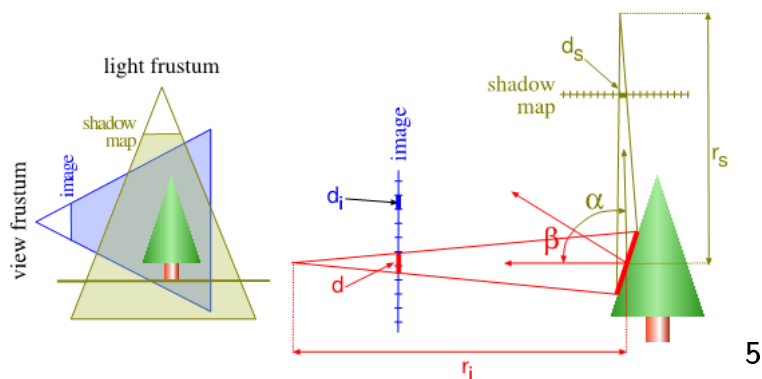
Aliasing



⁴http://http.developer.nvidia.com/GPUGems/gpugems_ch11.html

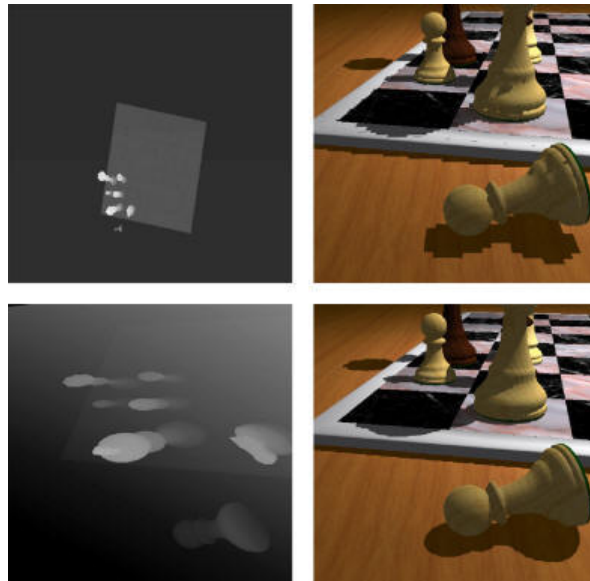
Aliasing. Математика

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



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

Perspective Shadow Maps (PSM)



6

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

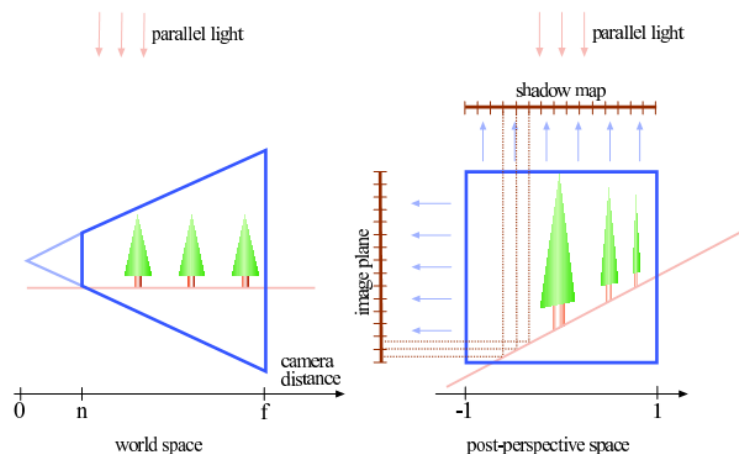
- запись в текстуру

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

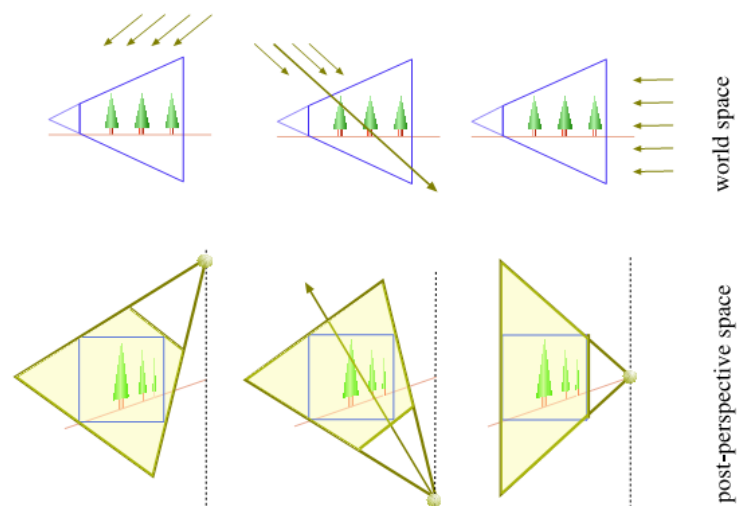
- чтение из текстуры

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

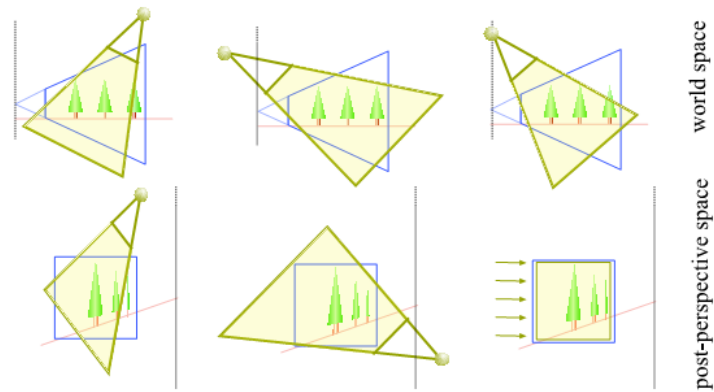
Perspective Shadow Maps. Идеальный вариант



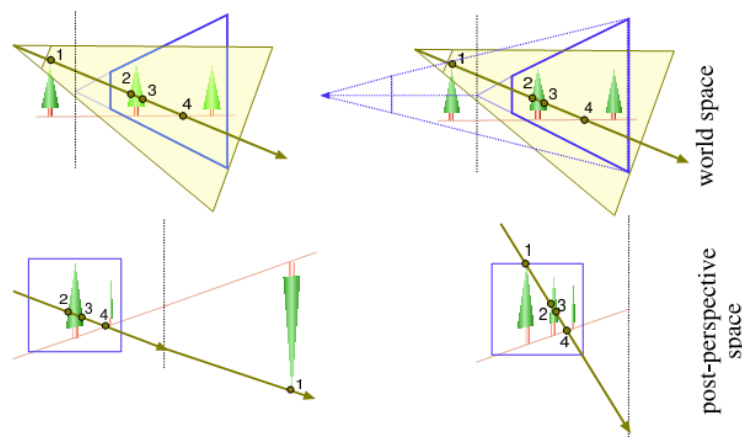
Perspective Shadow Maps. Трансформация источников



Perspective Shadow Maps. Трансформация источников

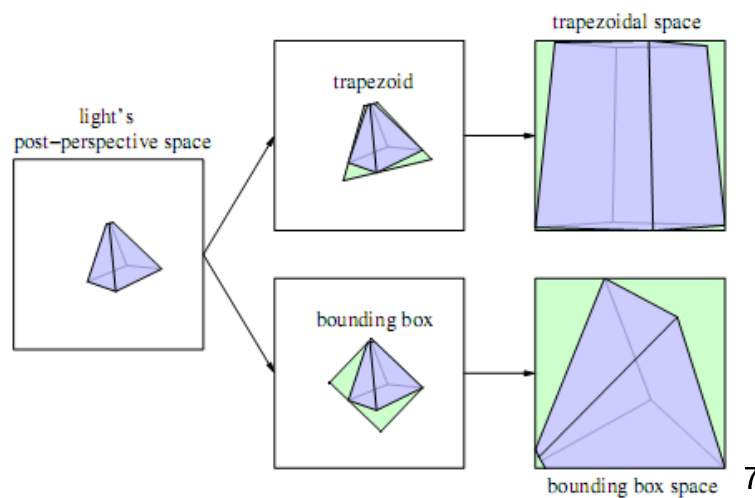


Perspective Shadow Maps. Учет всех caster'ов



Trapezoidal Shadow Maps (TSM)

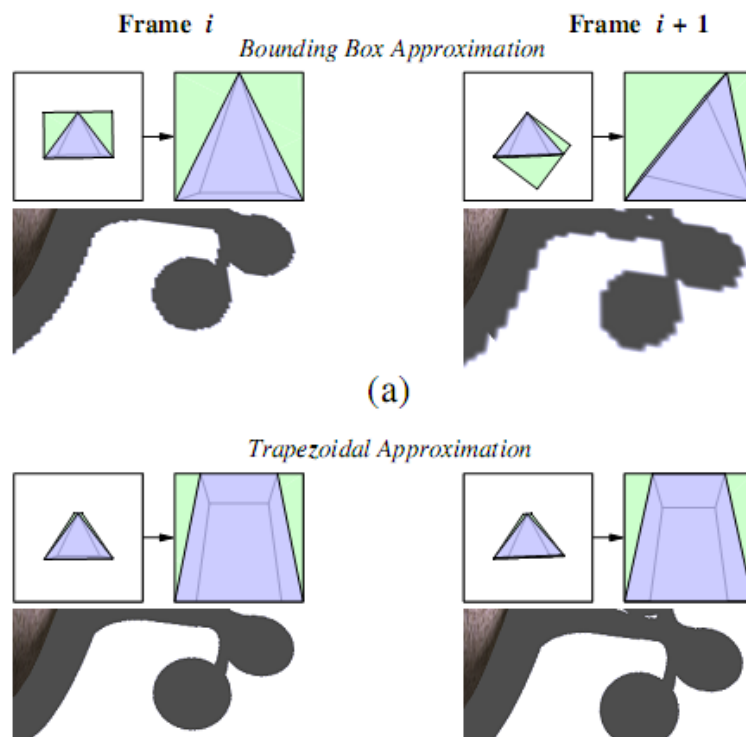
- View frustum переводится в light space
- Вместо Bbox'а находится охватывающая трапеция
- очевидно, что на узкий конец трапеции придется большее количество текселей shadow map'а



⁷Tobias Martin, Tiow-Seng Tan. Anti-aliasing and Continuity with Trapezoidal Shadow Maps. Proceedings of Eurographics Symposium on

Trapezoidal Shadow Maps

Решают проблему резкого изменения тени в динамической сцене



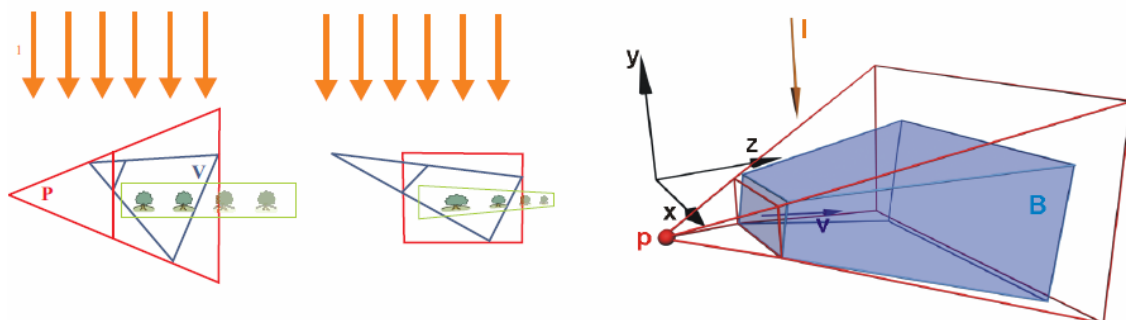
Trapezoidal Shadow Maps. Примеры

Bounding Box, Perspective Shadow Maps, Trapezoidal Shadow Maps



Light Space Perspective Shadow Maps

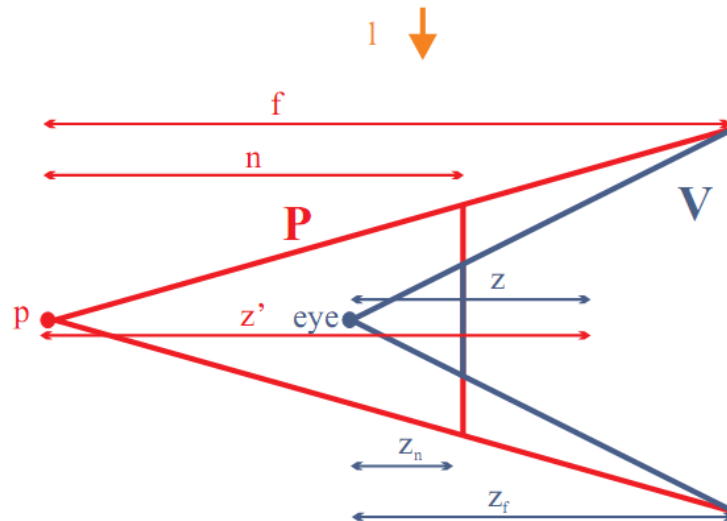
- создание и наложение shadow map'a происходит в специально выбранном перспективном пространстве⁸



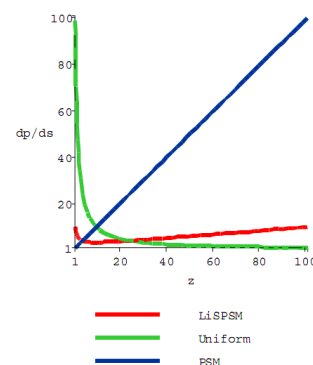
⁸Michael Wimmer, Daniel Scherzer and Werner Purgathofer. Light Space Perspective Shadow Maps. June 10, 2005

Light Space Perspective Shadow Maps. Проблемы

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



Light Space Perspective Shadow Maps. Примеры





TO BE CONTINUED...