

# Компьютерная графика: Дополнительные главы

## Лекция 1: Mappings

Н.Д. Смирнова

Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет

25.12.2010

# Содержание

## Проблема

## Техники

Bump Mapping

Environment mapped bump mapping

Normal Mapping

Parallax Mapping

Displacement Mapping

## Очень дорого

- рендерить высокополигональные модели
- менять параметры вершин on-the-fly на CPU

## Текстуры нам помогут

- перенести детали модели на пиксельный уровень
- менять параметры вершин on-the-fly на GPU

*Детали нужны не всегда!*



# Содержание

## Проблема

## Техники

Bump Mapping

Environment mapped bump mapping

Normal Mapping

Parallax Mapping

Displacement Mapping



# Содержание

## Проблема

## Техники

### Bump Mapping

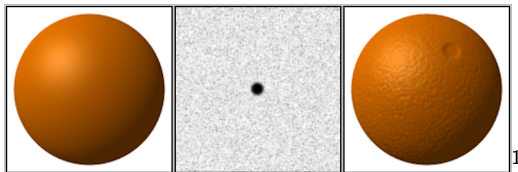
Environment mapped bump mapping

Normal Mapping

Parallax Mapping

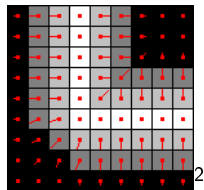
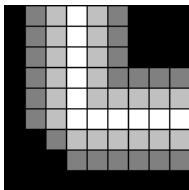
Displacement Mapping

- Искажает значения нормалей полигонов
- Использует per-fragment lighting
- Greyscale текстура = карта высот (height map)



<sup>1</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Bump\\_mapping](http://en.wikipedia.org/wiki/Bump_mapping)

## Построение локальной нормали



```
n.x = pixel(x-1, y) - pixel(x+1, y);  
n.y = pixel(x, y-1) - pixel(x, y+1);  
n.z = pixel(x, y);  
normalize(n);
```

Возможны другие варианты...

## Использование локальной нормали

- плоская геометрия
- с нормальми  $(0, 0, 1)$



корректно

- произвольная геометрия
- произвольные нормали

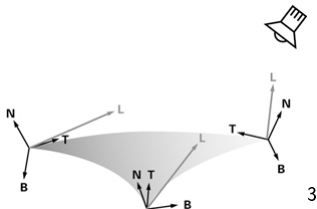


некорректно

нормаль надо повернуть



# Tangent Space



- $\text{Tangent}(\vec{T})$  - касательная
- $\text{Normal}(\vec{N})$  - нормаль
- $\text{Binormal}(\vec{B}) = \vec{N} \times \vec{T}$

Матрица поворота

$$\begin{bmatrix} T_x & B_x & N_x \\ T_y & B_y & N_y \\ T_z & B_z & N_z \end{bmatrix}$$

<sup>3</sup>[http://http.developer.nvidia.com/CgTutorial/cg\\_tutorial\\_chapter08.html](http://http.developer.nvidia.com/CgTutorial/cg_tutorial_chapter08.html)

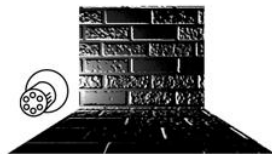
<sup>4</sup><http://www.terathon.com/code/tangent.html>

Итого:

- Построить локальную нормаль
- Построить матрицу поворота
- Перевести локальную нормаль в world-space (а наоборот?)
- Вычислить освещение



Wall and Floor Lit  
Consistently and Correctly



Wall Lit Correctly  
Floor Lit Incorrectly (Too Dark)  
and Inconsistently

# Содержание

Проблема

Техники

Bump Mapping

Environment mapped bump mapping

Normal Mapping

Parallax Mapping

Displacement Mapping

## Environment mapped bump mapping

- А что это?
- А зачем?





# Содержание

## Проблема

## Техники

Bump Mapping

Environment mapped bump mapping

**Normal Mapping**

Parallax Mapping

Displacement Mapping

## vs BumpMapping

- Четкого разделения нет, да и суть одна
- Normal maps обычно предрасчитываются
- Normal mapping - оптимизация Bump mapping
  - BM - Blinn 1978 <sup>6</sup>
  - NM - идея 1996 <sup>7</sup>, реализация 1998<sup>8</sup>
- Спросим аудиторию?

---

<sup>6</sup>Blinn, SIGGRAPH 1978 James F.r"Simulation of Wrinkled Surfaces Computer Graphics, Vol. 12 (3), pp.r286-292 SIGGRAPH-ACM (August 1978)

<sup>7</sup>"Fitting Smooth Surfaces to Dense Polygon Meshes"by Krishnamurthy and Levoy, Proc. SIGGRAPH 1996

<sup>8</sup>"A general method for preserving attribute values on simplified meshes"by Cignoni et al. IEEE Visualization '98



## Как получить

- Генерация из карты высот
  - DX - D3DXComputeNormalMap
  - CrazyBump <sup>9</sup>
- Генерация из diffuse текстуры
  - CrazyBump
- Hi-res  $\Rightarrow$  (Low-Res + normal map)
  - AMD GPU MeshMapper <sup>10</sup>
  - 3dSMax
  - Maya(?)
- Из фотографий реального объекта
  - "Normal Map Photography" <sup>11</sup>
  - CrazyBump

---

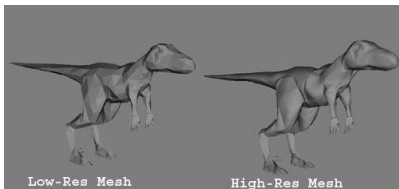
<sup>9</sup><http://www.crazybump.com>

<sup>10</sup><http://developer.amd.com/archive/gpu/MeshMapper/pages/default.aspx>

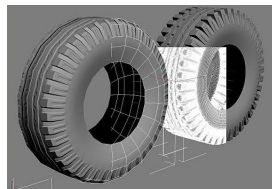
<sup>11</sup><http://zarria.net/nrmphoto/nrmphoto.html>

## Object-space vs Tangent-space

	Object-Space	Tangent-Space
Вычисления	мало	поворот, нормализация
T, B, N	не храним	храним
Tiling	нельзя	можно



12



13

<sup>12</sup><http://www.3dkingdoms.com/tutorial.htm>

<sup>13</sup>[http://forum.cgtalk.by/cms\\_index.php?page=3996](http://forum.cgtalk.by/cms_index.php?page=3996)





# Содержание

## Проблема

## Техники

Bump Mapping

Environment mapped bump mapping

Normal Mapping

**Parallax Mapping**

Displacement Mapping

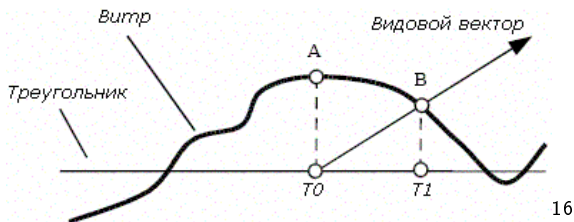
- Альтернативные названия **offset mapping**, **virtual displacement mapping**
- Это следующее поколение за normal mapping Kaneko 2001<sup>14</sup>
- Смещение текстурных координат => поверхность кажется объемной
- Все расчеты попиксельные



15

<sup>14</sup>Kaneko, T., et al., 2001. Detailed Shape Representation with Parallax Mapping. In Proceedings of ICAT 2001, pp. 205-208.

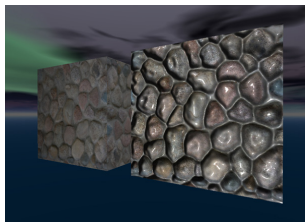
<sup>15</sup><http://www.ixbt.com/video2/terms2k5.shtml>



- возвращаются текстурные координаты той точки, где видовой вектор пересекает поверхность
- по новым текстурным координатам делается **normal mapping**
- отличие от normal mapping: +2 математические инструкции, +1 выборка из текстуры

Хорош для поверхностей:

- с плавноменяющимися высотами
- без просчета пересечений
- без больших значений смещения



17



18

<sup>17</sup><http://www.gamedev.ru/terms/ParallaxMapping>

<sup>18</sup><http://phwboards.info/showthread.php?t=23298>

Следующий этап **parallax occlusion mapping** = (parallax mapping + ray tracing)<sup>19</sup>



Texture Mapped



Normal Mapped



Parallax Mapped



Steep Parallax Mapped

Но об этом поговорим отдельно...

<sup>19</sup><http://graphics.cs.brown.edu/games/SteepParallax/index.html>



# Содержание

Проблема

Техники

Bump Mapping

Environment mapped bump mapping

Normal Mapping

Parallax Mapping

Displacement Mapping

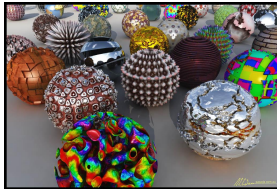
## Полноценный displacement:

- техника добавления геометрической детализации в процессе рендера
- изменяется сама поверхность: добавляются вершины
- использование слова "mapping" спорно



20

- движки, использующие архитектуру Reyes <sup>21</sup> могли это делать уже 20 лет назад
- микрополигональные рендереры сами теселлируют поверхность до необходимого уровня детализации
- первая коммерческая реализация: Pixar's PhotoRealistic RenderMan <sup>22</sup>
- к сожалению, все это **offline**



23

<sup>21</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Reyes\\_rendering](http://en.wikipedia.org/wiki/Reyes_rendering)

<sup>22</sup><http://renderman.pixar.com/products/tools/rps.html>

<sup>23</sup><http://art.sacada.net/forum/0005-creating-hypertextures-vt29.html>



Массовый real-time пока невозможен т.к.:

- GPU поколения DX9 не позволяют генерировать новую геометрию on-the-fly
- GPU поколения DX10, DX11 дороги + требуют новые версии Windows

А что можно?

- двигать вершины уже созданной геометрии вдоль нормалей
- в DX9 это называется vertex-texture mapping



24



TO BE CONTINUED...