吴克文 梁家硕

TT 1 1 1 1 1 1 1 1 1

总流程

核心算法

Lighting

Equation

Pass

Pass

Progressive

Updation

PPM 与 PI

소소수라

Thanks

## Progressive Photon Mapping

吴克文 梁家硕

2017年5月

吴克文 梁家硕

....

ページャーブ 以上

忠流程

Lighting

Ray Traci Pass

Photon Tracin

Progressive

Updation

PPM 与 P 的比较

参考文献

Thonle

### 说明

取名缘由: Equestria(彩虹小马)+Utopia(QAQ)

吴克文 梁家硕

**奴**未 展 不

总流程

核心异法 Lighting Equation

Ray Tracing Pass Photon Trac

Pass Progressive

PPM 与 PM 的比较

参考文献

 $\Gamma$ hanks

### 说明

取名缘由: Equestria(彩虹小马)+Utopia(QAQ) 本作业参考了三篇论文 [1][3][4],以及书 [2] 和 Stanford CS148 课件,综合效果和实现难度进行了调整,删去了繁琐 的细节调整和性能优化部分。

BRDF **参数及代码来自网站**http://www.merl.com/brdf/

吴克文 梁家硕

效果展示

总流程

核心异広 Lighting

Equation Ray Traci

Photon Tracin Pass

Progressive Updation

PPM 与 PM 的比较

参考文献

l'hanks

### 说明

取名缘由: Equestria(彩虹小马)+Utopia(QAQ) 本作业参考了三篇论文 [1][3][4],以及书 [2] 和 Stanford CS148 课件,综合效果和实现难度进行了调整,删去了繁琐 的细节调整和性能优化部分。

BRDF 参数及代码来自网站http://www.merl.com/brdf/ 更多技术细节详见 Equestrotopia.pdf 和 src 文件夹中的代码

吴克文 梁家硕

效果展示

总流程

核心算法

Lighting Equation

Pass
Photon Tracin

Pass Progressive Updation

PPM 与 PM 的比较

## ① 效果展示

- 2 环境与使用
- 3 总流程
- 4 核心算法

Lighting Equation Ray Tracing Pass Photon Tracing Pass Progressive Updation

- ⑤ PPM 与 PM 的比较
- 6 参考文献

吴克文 梁家硕

效果展示

....

**忌流程** 

Lighting

Equation

Pass
Photon Tracia

Pass

Updation

PPM 与 PI

Thanks

## Section 1

# 效果展示

吴克文 梁家硕

效果展示

环境与使用

总流程

核心算法

Lighting

Equation

Ray Traci

Photon Tracin

Progressiv

Updation

PPM 与 PD めuな

**\*\*** 

**参**传又\\\

吴克文 梁家硕

.....

环境与使用

总流程

核心算法

Lighting Equation

Ray Trac

Photon Tr. Pass

Progressive

PPM 与 P 的比较

参考文献

mı ı .

## 环境

Arch Linux x86\_64 Linux 4.10.13-1-ARCH gcc (GCC) 6.3.1 20170306

cmake version 3.8.0

GNU Make 4.2.1

OpenGL version: 3.0 Mesa 17.0.5

吴克文 梁家硕

**奴**未 展 不

环境与使用

总流程

核心算法

Lighting

Ray Traci

Photon Traci Pass Progressive

PPM 与 PM 的比较

参考文献

'hanks

## 环境

Arch Linux x86\_64 Linux 4.10.13-1-ARCH gcc (GCC) 6.3.1 20170306 cmake version 3.8.0

GNU Make 4.2.1

OpenGL version: 3.0 Mesa 17.0.5

## 使用

\$ cmake.

\$ make

\$./updation

吴克文 梁家硕

果展示

环境与使

总流程

核心質?

12.0 37.

Equation

Pass

Pass

Progressive

Updation

的比较

参考文献

Th. . . . 1. .

## Section 3

# 总流程

吴克文 梁家硕

效果展示

总流程

核心算法 Lighting Equation

Ray Tracin Pass

Pass Progressive Updation

PPM 与 PM 的比较

hanke

## Algorithm 1: Progressive Photon Mapping

Input: source.obj material.mtl

Output: output.png

- 1 Read model and store material info.;
- 2 Build model KD-Tree based on model info in .obj;
- 3 Perform Ray Tracing Pass to restore hitpoints;
  - 4 for iterations do
  - 5 Perform Photon Tracing Pass;

Build photon KD-Tree with photon map;

7 | for hitpoints do

Find photons near the hitpoint;

Accumulate their impact on the hitpoint;

Update hitpoint info.;

11 | end

12 end

6

9

10

13 Generate output.png using hitpoints' info.;

吴克文 梁家硕

效果展示

环境与使用

忠流程

Lighting

Equation

Ray Traci

Photon Tracin

Pass

Progressiv

PPM 5 F

....

### Subsection 1

## Lighting Equation

效果展示

环境与使

台沟钽

核心算法

Lighting

Ray Trac

Pass

Photon Traci Pass

Progressive Updation

PPM 与 PM 的比较

参考文献

 $\Gamma$ hank

## 定义

BRDF(双向反射分布函数), 全称为 Bidirectional Reflectance Distribution Function, 用来定义给定入射方向上的辐射照度如何影响给定出射方向上的辐射率。更笼统地说,它描述了入射光线经过某个表面反射后在各个出射方向上的分布效果。

## 方程

$$L_o(\mathbf{x}, \omega_o) = L_e(\mathbf{x}, \omega_o) + \int_{\Omega} BRDF(\mathbf{x}, \omega_i, \omega_o) L_i(\mathbf{x}, \omega_i) (\omega_i \cdot \mathbf{n}) d\omega_i$$
(1)

其中, $L_e$  为直接光照,x 为空间坐标,n 为平面法向量, $\omega_o, \omega_i$  分别为出射和入射方向。

Ray Tracing

### Subsection 2

## Ray Tracing Pass

吴克文 梁家硕

Ray Tracing

从观察点出发,通过光线追踪来获得可见点 (hitpoints), 时计算直接光照的贡献。

## 注

在镜面较多的场景中可用反(折)射次数作为阈值强制结束 Ray Tracing Pass.

```
Progressive
 Photon
 Mapping
```

Ray Tracing

```
Algorithm 2: Ray Tracing Pass
```

Input: Camera, Lights, Width, Height, Scene

Output: Hitpoints, Pre-image

- Initialize pre-image(width, height);
- Initialize hitpoint list;
- for i in range(0,width) do

for j in range(0,height) do 4

Initialize ray with (i,j) and camera place; 5 Get the intersection of ray and scene; 6

while intersection is specular do

Determine whether it is reflected or refracted;

Change the direction of ray;

Re-get intersection;

end

Accumulate direct illumination:

Store hitpoint:

end 14

15 end

8

9

10

11

12

13

Return hitpoint list and pre-image;

Photon Mapping

吴克文 梁家硕

Photon Tracing

### Subsection 3

## Photon Tracing Pass

Mapping 吴克文 梁家硕

Photon Tracing Pass

每轮 Photon Tracing Pass, 从光源随机方向发射一批光子, 追踪每个光子的运动轨迹,考虑到效率,将光子能量的衰减 用随机被物体表面吸收(或达到折反射阈值)来控制, 每个光子的能量即为定值,折反射仅改变其颜色向量 BRDF **计算**)。

## 注

由于直接光源已在 Ray Tracing Pass 计算过,故每个光子与 场景的第一个交点不必计入 photon map。

```
Progressive
Photon
Mapping
```

效果展示 57.15.15.15.18.18

<sup>忌流程</sup> 核心算法

Lighting Equation Ray Tracing

Photon Tracing
Pass

Updation PPM 与 PM 的比较

10

### Algorithm 3: Photon Tracing Pass

Input: Lights, Scene

Output: Photon map

- 1 Initialize photon map;
- 2 for number of photons do

Rand its initial direction;

while photon not absorbed and not up to limitation do

Get its intersection with scene;

Store intersection in photon map;

if photon not absorbed then

Determine whether it is reflected or refracted;

Update its direction;

end

11 | end

12 end

3

4

5

6

8

9

13 Return photon map;



### Subsection 4

## Progressive Updation

### 榵型

结束 Photon Tracing Pass 后,需要枚举每个 hitpoint,同时 统计其半径 R 内光子对其亮度影响。

记 N(x) 为上轮后在 hitpoint x 半径 R(x) 内的光子数, M(x)为本次新增光子数,同时  $\hat{N}(x)$ ,  $\hat{R}(x)$  分别为新累计光子数和 半径,则有如下更新,

$$\hat{N}(\mathbf{x}) = N(\mathbf{x}) + \alpha M(\mathbf{x}) \tag{2}$$

$$\hat{R}(\mathbf{x}) = R(\mathbf{x}) \sqrt{\frac{N(\mathbf{x}) + \alpha M(\mathbf{x})}{N(\mathbf{x}) + M(\mathbf{x})}}$$
(3)

### 模型

记  $\tau_N(\mathbf{x},\omega)$  和  $\tau_M(\mathbf{x},\omega)$  为在  $\mathbf{x}$  处,入射光方向为  $\omega$  的前光 强和新增光强(未乘 BRDF 系数),则有

$$\tau_{\hat{N}}(\mathbf{x}, \omega) = (\tau_N(\mathbf{x}, \omega) + \tau_M(\mathbf{x}, \omega)) \frac{N(\mathbf{x}) + \alpha M(\mathbf{x})}{N(\mathbf{x}) + M(\mathbf{x})}$$
(4)

其中,  $\alpha \in (0,1)$  是一常数。

### 模型

再记总发射光子数为  $N_{emitted}$ ,  $\phi$  为光子光强, 则最终辐照率 表达式为,

$$L(\mathbf{x}, \omega) = \int_{2\pi} BRDF(\mathbf{x}, \omega, \omega') L(\mathbf{x}, \omega') (\mathbf{n} \cdot \omega') (d) \omega' \qquad (5)$$

$$\approx \frac{1}{\Delta A} \sum_{p=1}^{n} BRDF(\mathbf{x}, \omega, \omega') \Delta \phi_p(\mathbf{x}_p, \omega_p)$$
 (6)

$$= \frac{1}{\pi R(\mathbf{x})^2} \frac{\tau(\mathbf{x}, \omega)}{N_{emitted}} \tag{7}$$

吴克文 梁家硕

环接与体

总流程

核心昇法 Lighting

Equation Ray Trac

Pass Photon Tracin

Progressive

PPM 与 PM 的比较

参考文献

Phanke

## Section 5

## PPM 与 PM 的比较

吴克文 梁家硕

效果展示

环境与使用

总流程

核心質法

Lighting

Equation

Ray Tracii

Photon Tracia

Pass

Updation

PPM 与 PM 的比较

猫女条参

吴克文 梁家硕

双木灰小

不境与使用

总流程

核心算法

Lighting Equation Bay Trac

Pass Photon Tracin

Pass Progressive Updation

PPM 与 PM 的比较

参考文献 Thanks Toshiya Hachisuka, Shinji Ogaki, and Henrik Wann Jensen.

Progressive photon mapping.

ACM Transactions on Graphics (TOG), 27(5):130, 2008.

Henrik Wann Jensen.

Realistic image synthesis using photon mapping, volume 364.

Ak Peters Natick, 2001.

Ben Spencer and Mark W Jones.

Progressive photon relaxation.

ACM Transactions on Graphics (TOG), 32(1):7, 2013.

臺 李睿, 陈彦云, and 刘学慧.

基于自适应光子发射的渐进式光子映射.

计算机工程与设计, 33(1):219-223, 2012.

吴克文 梁家硕

效果展示

环倍 与 価 !

总流和

+た♪. 答は+

Y inheim

Equation

Par Tra

Pass

Photon Traci

Progressiv

Updation

的比较

後孝文献

Thanks

# Thanks!