吴克文 梁家硕

PPM vs PA

TT-140 1-14-11

V -----

.. . .. .

**陔心异**/2

Equation

Ray Tracii

Photon Trac

Progressive

Updation

阶段性效果图 比较

参考文献

Thanks

## Progressive Photon Mapping

吴克文 梁家硕

2017年5月

吴克文 梁家硕

-L-B-B-

环境与使用

总流程

核心算法

Equation

Ray Tracir Pass

Pass

Progressive Undation

阶段性效果图 比较

参考文献

Thank

#### 综述

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

\*\*\*BB=

环境与使用

**忌流程** 

核心算法

Equation Ray Tracin

Pass
Photon Tra

Pass Progressive

阶段性效果 比较

参考文献

Thank

#### 综述

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 以及 Github 仓库https://github.com/liangjs/Equestrotopia

吴克文 梁家硕

PPM vs PM

77.14 H /+ III

总流程

核心算法

Lighting Equation Ray Tracin Pass

Photon Tracin Pass Progressive

阶段性效果图 比较

参考文献

1 PPM vs PM

- ② 效果展示
- 3 环境与使用
- 4 总流程
- 6 核心算法

Lighting Equation Ray Tracing Pass Photon Tracing Pass Progressive Updation

- 6 阶段性效果图比较
- 7 参考文献

吴克文 梁家硕

 $\mathrm{PPM}\ \mathrm{vs}\ \mathrm{PM}$ 

ページと 一 以 /

总流程

核心質法

"[久/L'<del>开</del> //

Equation

Ray Traci Pass

Photon Tr

Progressive

Opdation

阶段性效果图 比较

参考文献

Thanks

## Section 1

## PPM vs PM

吴克文 梁家硕

PPM vs PM

XXXXIV

环境与使用

总流程

核心算剂

Equation

Ray Trac

Photon Trac

Pass

阶段性效果图

参考文献

Thank

#### Why Progressive Photon Mapping

Photon Mapping 作为全局光照领域的主流算法,以其高效率,能处理多种光照效果等特点,一直受到广泛的关注。

吴克文 梁家硕

PPM vs

环境与使用

总流程

核心算法

Lighting Equation Ray Traci

Photon Traci

Progressive

阶段性效果图 比较

参考文献

Thanl

#### Why Progressive Photon Mapping

Photon Mapping 作为全局光照领域的主流算法,以其高效率,能处理多种光照效果等特点,一直受到广泛的关注。然而,Photon Mapping 算法的一个主要问题在于,使用光子进行光能估计的过程引入了偏差。理论上,要完全消除偏差,需要存储无穷的光子,这从计算机存储角度来看是不可接受的。

吴克文 梁家硕

PPM vs F

环倍与体 E

V 77-70

技心質に

核心异况 Lighting

Equation

Ray Tracing

Pass

Photon Tracin

Pass

Updation 阶段性効果[

阶段性效果的 比较

参考文献

Thanl

#### Why Progressive Photon Mapping

Photon Mapping 作为全局光照领域的主流算法,以其高效率,能处理多种光照效果等特点,一直受到广泛的关注。然而,Photon Mapping 算法的一个主要问题在于,使用光子进行光能估计的过程引入了偏差。理论上,要完全消除偏差,需要存储无穷的光子,这从计算机存储角度来看是不可接受的。

为此, Toshiya Hachisuka 提出了 Progressive Photon Mapping(又称渐进式光子映射),采用多遍的绘制流程,通过不断向场景中发射光子达到不断减小偏差的目的,亦解决了 Photon Mapping 的存储问题。

吴克文 梁家硕

PPM vs PM

**效果展示** 环境与使用

34 V<del>-</del> 10

John A Arte Sal

核心昇泡

Equation

Ray Tracii Pass

Photon Tra

Progressive

阶段性效果图

参考文献

Thanks

## Section 2

## 效果展示

吴克文 梁家硕

PPM vs PM

**效果展示** 

V -----

技态管法

似心并12

Equation

Ray Tracing Pass

Photon Tracia

Progressi

阶段性效果图

参考文献

Thanks

吴克文 梁家硕

.....

环境与使用

总流程

核心算法

Equation

Pass

Pass

Progressive

阶段性效果图 比较

参考文献

Thank

#### 环境

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

CNIL M. 1. 4.0.1

GNU Make 4.2.1

OpenGL version: 3.0 Mesa 17.0.5

吴克文 梁家硕

环境与使用

总流程

核心算法

Equation

Ray Tracii Pass

Photon Tracin Pass

Updation

阶段性效果图 比较

参考文献

Thanl

#### 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

PPM vs PM

TT | → | → |

总流程

核心質法

Lighting

Ray Traci

Pass

Pass

Progressive

阶段性效果图

参考文献

Thanks

## Section 4

# 总流程

吴克文 梁家硕

PPM vs PM 効果展示

核心算法

Lighting Equation Ray Tracing Pass

Photon Traci Pass

。 阶段性效果图

比较

参考文献

hank

### 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.;
    - $\operatorname{end}$
- 12 end

6

8

9

10

11

13 Generate output.png using hitpoints' info.;

#### Subsection 1

### Lighting Equation

PPM vs PM

环境与使 月

总流程

ルシルルイュ

核心异≀2

Equation

Pass

Pass

Progressiv

阶段性效果®

参考文献

Thanl

#### BRDF

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。

12 / 26

PPM vs PM

环境与使

~1·5c-5 1X

技心質

"以心并化 Tighting

Equation Ray Traci

Pass Photon Tra

Pass

. 阶段性效果

参老文献

Thank

#### BRDF

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。

#### 光照方程

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

Ray Tracing

#### 光线追踪

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。

Ray Tracing

#### 光线追踪

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
吴克文 梁家硕
```

Ray Tracing

#### Algorithm 2: Ray Tracing Pass

Input: Camera, Lights, Width, Height, Scene

Output: Hitpoints, Pre-image

1 Initialize pre-image(width,height);

- 2 Initialize hitpoint list;
- 3 for i in range(0, width) do

4 for j in range(0,height) do

5 Initialize ray with (i,j) and camera place;

Get the intersection of ray and scene; while intersection is specular do

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

15 end

6

8

9

10

11

12

13

14

16 Return hitpoint list and pre-image;

Photon Mapping

吴克文 梁家硕

Photon Tracing Pass

#### Subsection 3

## Photon Tracing Pass

Photon Tracing

### 光子追踪

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)。

PPM vs PM

环境与使用

台沟钽

核心算法

Lighting Equation Ray Tracing Pass

Photon Tracing Pass

Progressive

阶段性效果图 比较

参考文献

Thank

#### 光子追踪

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,这样每个光子的能量即为定值,折反射仅改变其颜色向量(通过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
```

PPM vs PM 数甲屏子

环境与使用

总流程

Lighting Equation

Photon Tracing Pass

M段性效果图

ック 又用 Phonle

'hanks

## Algorithm 3: Photon Tracing Pass

Input: Lights, Scene Output: Photon map

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

3 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

end

12 end

4

5

6

8

9

10 11

13 Return photon map;

#### Subsection 4

## Progressive Updation

吴克文 梁家硕

#### 更新模型

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。

20 / 26

#### 更新模型

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。

#### 推导

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,

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

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

#### 推导

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。

#### 推导

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

PPM vs PM

. . . . . . .

总流程

核心質法

Equation

Pass

Photon Tra

Progressive

阶段性效果图 比较

おおりません

Thanks

### Section 6

## 阶段性效果图比较

吴克文 梁家硕

PPM vs PM

打接 上庙 !

24 NH 10

July Antonia

核心昇液

Equation

Pass

Photon Tracia

Progressi

阶段性效果图 比较

参考文献

Thanks

吴克文 梁家硕

PPM vs PM

环境与使用

核心算法

Equation
Ray Tracing

Photon Tracin Pass Progressive

阶段性效果图 比较

参考文献

hank

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.
- 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

PPM vs PN

总流程

Laborator Sales Sa

核心昇法

Equation

Pass

Photon Traci

Progressi

阶段性效果图

参考文献

Thanks

# Thanks!