吴克文 梁家硕

PPM vs PN

效果展示

环境与使用

总流程

核心算法

Lighting Equation Ray Tracing Pass

Progressive Updati

阶段性效果图 比较

参考文献

Thanks

## Progressive Photon Mapping

吴克文 梁家硕

2017年6月

吴克文 梁家硕

PPM vs PM

环境与使用

总流程

核心算法

Lighting Equation
Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pa
Progressive Updati

阶段性效果图

参考文献

Thanks

### 1 PPM vs PM

- 2 效果展示
- 3 环境与使用
- 4 总流程
- 5 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

PPM vs PM

....

总流程

### **★大人 答**計

Lighting Equation Ray Tracing Pass Photon Tracing Pa

阶段性效果图 いが

参考文献

Thanks

## Section 1

## PPM vs PM

吴克文 梁家硕

..\_\_\_

环境与使用

总流程

核心質法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pa

阶段性效果图 比较

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 PN

心则性

似心异広

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pa
Progressive Updation

比较

**梦**考乂\\

## 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 PM

双禾辰小

环境与使用

总流和

核心算法

Lighting Equation
Ray Tracing Pass
Photon Tracing F
Progressive Upda

阶段性效果图 比较

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。 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 PI

效果展示

总流程

### 核心質は

Lighting Equatio

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

阶段性效果图

参考文献

Thanks

## Section 2

# 效果展示

5 / 29

吴克文 梁家硕

PPM vs PN

效果展示

环境与使用

总流程

### 核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pa

阶段性效果图 比较

参考文献

T1. . . . 1.

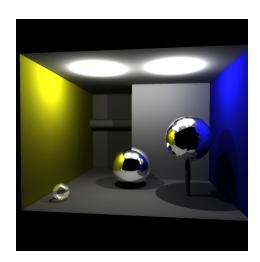


图: PPM 原作者的场景

吴克文 梁家硕

PPM vs PI

效果展示

环境与使用

总流程

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

阶段性效果图 比较

おまる

Thombs



图: 镜面球体

吴克文 梁家硕

PPM vs PI

效果展示

环境与使用

总流程

### 核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pa

阶段性效果E

おおり

Thombo

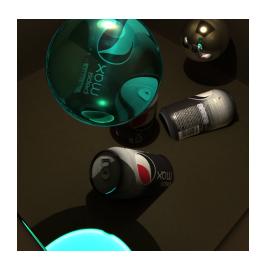


图: 透明球体

吴克文 梁家硕

PPM vs PI

效果展示

环境与使用

总流程

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pa
Progressive Undati

阶段性效果图 比較

参考文献

Thomas



图: 水

吴克文 梁家硕

PPM vs PM

环境与使用

总流程

核心質法

Lighting Equation Ray Tracing Pass Photon Tracing Pa

阶段性效果图 比较

参考文献

T1. . . . 1 .

## 编译与运行环境

Linux/Windows 支持 c++11 的编译器 GNU toolchain cmake >= 2.8

吴克文 梁家硕

PPM vs PM

环境与使用

总流程

核心質湯

Lighting Equation Ray Tracing Pass Photon Tracing Pa

阶段性效 比较

参考文献

Thanks

## 编译与运行环境

Linux/Windows 支持 c++11 的编译器 GNU toolchain cmake >= 2.8

## 使用

- \$ raytracing <directory>
- \$ photontracing <directory>
- \$ updation <directory>

吴克文 梁家硕

PPM vs PI

TT | 本 | -- / | -- |

总流程

### 核心質は

Lighting Equation Ray Tracing Pass Photon Tracing Pa

阶段性效果图

参考文献

Thanks

## Section 4

# 总流程

吴克文 梁家硕

1 1 101 03 1

环倍 与 庙 田

总流程

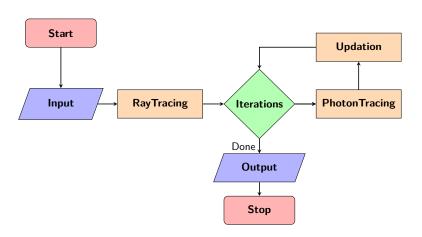
### 核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass
Progressive Update

阶段性效果图 比较

参考文献

T1. . . . 1.



Lighting Equation

### Subsection 1

## Lighting Equation

PPM vs PI 効果展示

环境与使

总流程

核心昇法

**Lighting Equation**Ray Tracing Pass

Photon Tracing P Progressive Update

阶段性效果图 比较

参考文献

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。

PPM vs P

环境与使

总流程

核心算法

**Lighting Equation**Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pa

Progressive Updatio

参考文献

**少** 写 义 瞅

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。

吴克文 梁家硕

PPM vs PN

.....

24 NH TO

Laborator and the same of the

**核心异**広

Ray Tracing Pass

Photon Tracing F

阶段性效果图

参考文献

Thanks

### Subsection 2

## Ray Tracing Pass

Ray Tracing Pass

### 光线追踪

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

PPM vs PN

环境与使用

总流程

核心昇法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing P

Photon Tracing Pass
Progressive Updation

T1. . . . 1. .

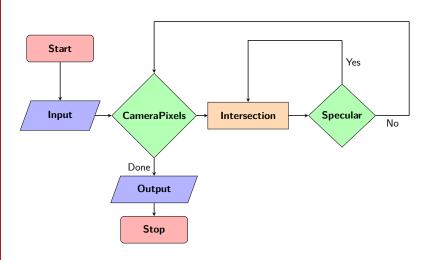
### 光线追踪

从观察点出发,通过光线追踪来获得可见点 (hitpoints),同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。

Ray Tracing Pass



吴克文 梁家硕

PPM vs PN

XXXXXX

总流程

### 核心質法

Lighting Equation

Ray Tracing Pass

Programius Undation

νυ+X

**麥**考乂\\

Thanks

### Subsection 3

## Photon Tracing Pass

吴克文 梁家硕

PPM vs PN

环境与使员

24 24:10

核心質法

Lighting Equation Ray Tracing Pass

Photon Tracing Pass
Progressive Updation

4. 4. 4. 4.

Thombs

## 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)。

PPM vs PN

环境与使!

**松之答** 

Lighting Equat

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass
Progressive Updation

ル<del>以</del>

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。

FFIVI VS F

台添铝

### 核心質法

Lighting Equation

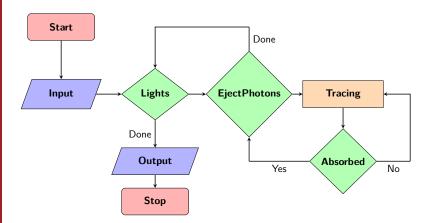
Ray Tracing Pass

Photon Tracing Pass
Progressive Updation

阶段性效果图

参考文献

T1......



吴克文 梁家硕

PPM vs PN

....

总流和

### 核心質法

Lighting Equation Ray Tracing Pass Photon Tracing Pa

阶段性效果图

参考文献

Thanks

### Subsection 4

## Progressive Updation

吴克文 梁家硕

Progressive Updation

## 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。

Progressive Updation

### 更新模型

结束 Photon Tracing Pass 后,需要枚举每个 hitpoint, 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,  $M(\mathbf{x})$  为本次新增光子数,同时  $\hat{N}(\mathbf{x})$ ,  $\hat{R}(\mathbf{x})$  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)

Progressive Updation

## 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。

Progressive Updation

## 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,

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

$$\approx \frac{1}{\Delta A} \sum_{p=1}^{n} BRDF(\mathbf{x},\omega,\omega')\Delta\phi_{p}(\mathbf{x}_{\mathbf{p}},\omega_{p})$$

$$= \frac{1}{\pi R(\mathbf{x})^{2}} \frac{\tau(\mathbf{x},\omega)}{N_{emitted}}$$
(5)

吴克文 梁家硕

PPM vs PN

.....

**兰** 法程

### **拉尔**

Lighting Equation Ray Tracing Pass Photon Tracing Pas

阶段性效果图 比较

参孝 文献

Thanks

## Section 6

# 阶段性效果图比较

### 阶段性效果图比较

Progressive Photon Mapping

吴克文 梁家硕

PPM vs PN

2007(0100-3-

**外現可使** 

总流程

### 该心算法

Lighting Equation Ray Tracing Pass

Photon Tracing Pass

### 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

总流程

Lighting Equation
Ray Tracing Pass

Ray Tracing Pass Photon Tracing Pa Progressive Updation

参考文献

\_. .

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.

27 / 29

吴克文 梁家硕

PPIVI VS I

环境与使用

台本钽

核心質

Lighting Equation
Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pa

阶段性效果| 比较

参考文献

Thanks

## 其它参考

BRDF 参数及代码来自网站 http://www.merl.com/brdf/png 图片相关代码来自 http://lodev.org/lodepng/

## 更多

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

Thanks

Progressive Photon Mapping

吴克文 梁家硕

PPM vs PN

### International

### 「以でチル」 Lighting Equ

Ray Tracing Pass Photon Tracing Pas

阶段性效果图

参考文献

Thanks

# Thanks!