吴克文 梁家硕

概述

忠流性

1久化ラチ1ム Lighting Faus

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

沙田屋二

经老少湖

Thank

## Progressive Photon Mapping

吴克文 梁家硕

2017年6月

吴克文 梁家硕

概述

APPAINE LEE

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

从本水小

参考文献

[hanks

### 1 概述

- 2 总流程
- 3 核心算法
  Lighting Equation
  Ray Tracing Pass
  Photon Tracing Pass
  Progressive Updation
- 4 环境与使用
- 5 效果展示
- 6 参考文献

吴克文 梁家硕

概述

忠流和

核心异伝

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

**环**倍与伸出

效果展

参考文献

Thanks

### Section 1

概述

吴克文 梁家硕

概过

总流程

Lighting Equation

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

/50/10/10/1

参考文献

Thanks

#### PPM vs PM

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

概过

总流程

Lighting Equation
Ray Tracing Pass

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass
Progressive Updation

环境与使用

75017700

Thanks

#### PPM vs PM

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

概定

总流程

Lighting Equation
Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

效果展示

参考文献

Thank:

#### PPM vs PM

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

#### 概过

忠孤相

### Lighting Equati

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

**奴**来 茂刀

参考文商

Thank

#### What's new

- 同时支持 Linux 和 Windows 操作系统
- 使用扩展版 KD-Tree 维护场景
- 利用 KD-Tree 加速邻近点查找
- 多线程
- 同时支持 BRDF 参数和 Phong 光照方程
- 支持贴图
- 支持真球体

吴克文 梁家硕

概述

763-776 755

核心算法

Ray Tracing Pass

77'-1% |--- /dr 111

効果展:

**参老** 文面

Thanks

## Section 2

# 总流程

吴克文 梁家硕

概述

763-1716 J.

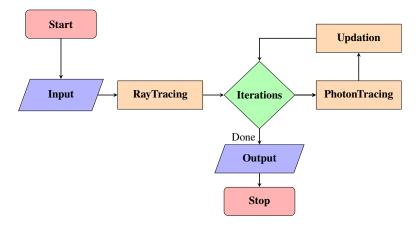
核心算法

Ray Tracing Pass

1748日毎日

4.36.36.31

少少人間



吴克文 梁家硕

概述

心机性

#### 核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环语与使用

効用 屈っ

会夹子湖

Thanks

### Section 3

# 核心算法

吴克文 梁家硕

概述

核心管注

Lighting Equation

Photon Tracing Pass

77'4% |:: /#: H

効用量量

全老士胡

Thanke

#### Subsection 1

### Lighting Equation

吴克文 梁家硕

概述

息流柱

Lighting Equation

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass
Progressive Undation

环境与使用

効用量量

参考文献

Thanks

#### 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,它描述了人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, $\mathbf{x}$  为空间坐标, $\mathbf{n}$  为平面法向量, $\omega_o, \omega_i$  分别为出射和入射方向。

核心算法

Ray Tracing Pass

Progressive Photon Mapping

吴克文 梁家硕

概述

核心异法

Day Tracing Dage

Photon Tracing Pass

er by 1-7-1-m

210元 1人/

双木成刀

参考文庫

Thanks

#### Subsection 2

### Ray Tracing Pass

吴克文 梁家硕

概述

总流程

1次心昇·広 Lighting Equat

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

効果展7

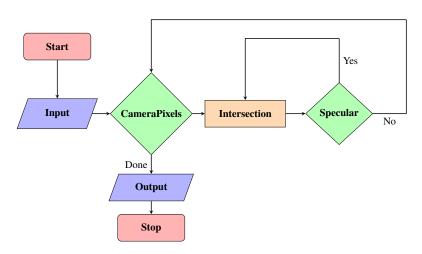
Thanks

### 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。



吴克文 梁家硕

首本担

核心管法

Lighting Equati

Photon Tracing Pass

**环培与庙田** 

Thombs

#### Subsection 3

### **Photon Tracing Pass**

吴克文 梁家硕

概过

总流程

Lighting Equati

Photon Tracing Pass

环境与使用

效果展示

参考文南

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,用 Monte Carlo 方法,用弹向各方向的概率估计各方向光亮度,将光子能量的衰减也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。

吴克文 梁家硕

概述

763-1714 1.....

核心算法

Ray Tracing Pass

Photon Tracing Pass

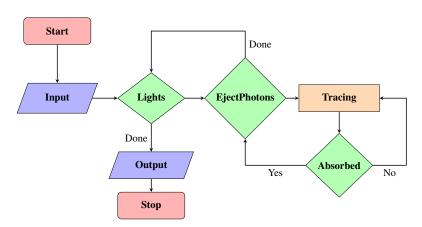
环境与使用

. . . . . . . .

45 de 24 d

977

Thanks



吴克文 梁家硕

概述

\_ ....

核心算法

Ray Tracing Page

Photon Tracing Pass

**环接与庙田** 

. 1 36 0 00

9770

Subsection 4

Progressive Updation

吴克文 梁家硕

概过

总流程

核心算法 Lighting Equation Ray Tracing Pas

Photon Tracing Pass
Progressive Updation

环境与使用

效果展示

参考文的

Thank:

### 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  $N(\mathbf{x})$  为上轮后在 hitpoint  $\mathbf{x}$  半径  $R(\mathbf{x})$  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)

吴克文 梁家硕

Progressive Updation

#### 推导

 $i = \tau_N(\mathbf{x}, \omega)$  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。

再记总发射光子数为 Nemitted, φ 为光子光强,则最终辐照率 表达式为,

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

19 / 45

吴克文 梁家硕

概述

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

効里展:

参考文献

Section 4

环境与使用

吴克文 梁家硕

概过

息流档

Lighting Equation

Ray Tracing Pass

Photon Tracing Pass

Progressive Undation

环境与使用

效果展示

参考文献

Thank

#### 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> <picture\_name>

吴克文 梁家硕

概述

核心算法

Ray Tracing Pass

Photon Tracing Pass
Progressive Undation

环境与使用

效果展示

参考文献

Thanks

### Section 5

# 效果展示

呈克文 梁家硕

概述

764776 [24

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

**环**倍与使用

24 m == →

全夹子湖

Thanke

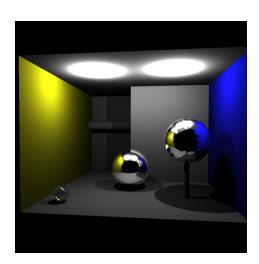


图: PPM 原作者的场景 0

呈克文 梁家硕

概述

AEN (ALC) EL

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

効里展示

参考文献

Tl. . . . 1- .

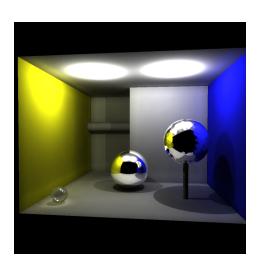


图: PPM 原作者的场景 1

呈克文 梁家硕

概述

ACCOUNT TO

核心算法

Ray Tracing Pass Photon Tracing Pass

环境与使用

効里展示

参考文献

Tl. . .. l. .

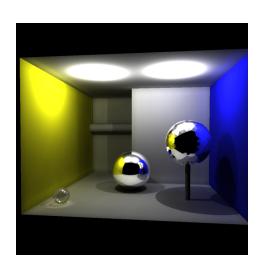


图: PPM 原作者的场景 5

呈克文 梁家硕

概述

VEX AUTULE

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

効果展示

参考文献

Tl. . . . 1- .

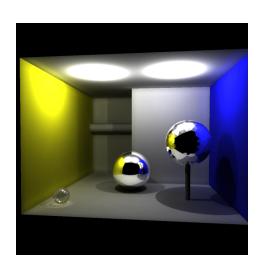


图: PPM 原作者的场景 10

早克文 梁家硕

概述

764776 [24

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

効里展示

参考文献

TI. . . I. .

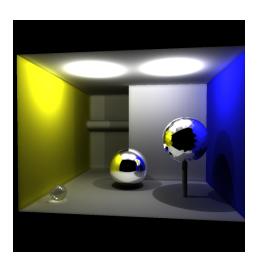


图: PPM 原作者的场景 100 (33'13")

呈克文 梁家硕

概述

AEN OIL TEE

核心算法

Ray Tracing Pass Photon Tracing Pass

环境与使用

\_. .



图: 镜面球体 0

呈克文 梁家硕

概述

764776 [24

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

. . . . . . . . . . . .

少分人顺



图: 镜面球体 1

呈克文 梁家硕

概述

ACCOUNT TO

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

. . . . .

Thonko



图: 镜面球体 5

呈克文 梁家硕

概述

76-776

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

75071-75074

9770



图: 镜面球体 10

呈克文 梁家硕

概述

AGA DIE ITT

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

全来立志

Thonko



图: 镜面球体 100 (6'56")

呈克文 梁家硕

概述

ACCOUNT TO

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

XXXVXXX

参考乂腳

Thombro

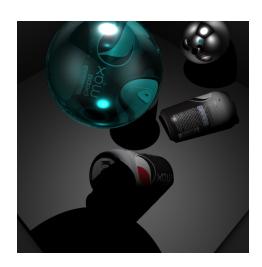


图: 透明球体 0

吴克文 梁家硕

概述

ACCOUNT TO

核心算法

Ray Tracing Pass Photon Tracing Pass

环境与使用

效果展示

参考文献

Thonks

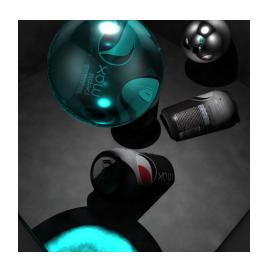


图: 透明球体 1

吴克文 梁家硕

概述

76-710

核心算法

Ray Tracing Pass Photon Tracing Pass

环境与使用

效果展示

参考文献

Thombro

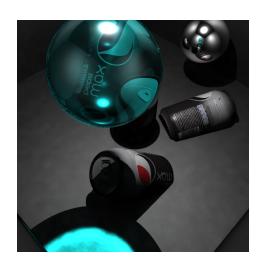


图: 透明球体 5

吴克文 梁家硕

概述

76-710

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

效果展示

参考文献

Thanks

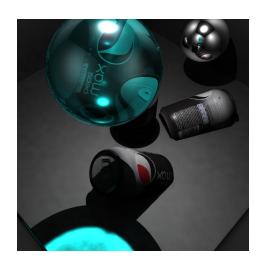


图: 透明球体 10

呈克文 梁家硕

概述

764776 [24

核心算法

Ray Tracing Pass Photon Tracing Pass

环境与使用

XX/K/IR/I

Thanks

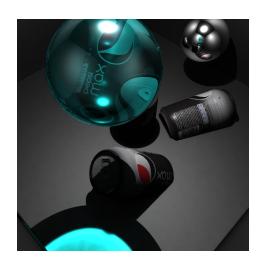


图: 透明球体 100 (9'13")

早克文 梁家硕

概述

APPA DUP THE

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

少与人間



图:水 0

吴克文 梁家硕

概述

ACCOUNT TO

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

效果展示

参考文献

Thombro

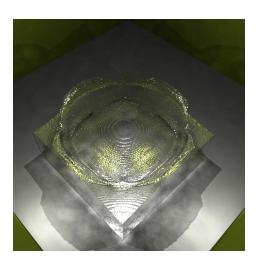


图: 水 1

呈克文 梁家硕

概述

APPA DIPLIES

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环境与使用

効里展示

参考文献

Th . . . 1 . .



图: 水 5

呈克文 梁家硕

概述

ACCOUNT TO

核心算法

Ray Tracing Pass

环接与使用

效果展示

参考文献

Thanke



图: 水 10

呈克文 梁家硕

概述

ACCOUNT TO

核心算法

Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass

环接与庙田

**小兒**一 灰刀

全夹卡湖

Thanks



图:水 100 (23'05")

吴克文 梁家硕

(関連)

总流程 核心管

Lighting Equation
Ray Tracing Pass
Photon Tracing Pass
Progressive Updation

环境与使用

效果展示

参考文献

Thank:

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.

43 / 45

吴克文 梁家硕

概述

**忠流程** 

Lighting Equation

Ray Tracing Pass

Photon Tracing Pass

Progressive Undation

环境与使用

效果展示

参考文献

Thank

### 其它参考

水动画的模型来自王梦迪、邹雨恒和吴侃组 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

吴克文 梁家硕

概述

忠孤性

核心算法

Lighting Equ

Photon Tracing Pass

77-1% E: /ds E

. . . . .

Thanks

# Thanks!