

光线追踪实验报告

吴宸昊 2019011338 计96

零、项目架构

本次作业基本上沿用PA1架构，文件树有小幅度修改，具体如下：

- src
 - main.cpp: 利用SPPM算法渲染图像的过程，定义并实现SPPM类
 - scene_parser.cpp: 读取场景文件
 - image.cpp: 图像文件读写相关
- include
 - camera.hpp: 定义透视相机的参数、光线产生函数的实现
 - group.hpp: 组织场景文件、构建物体KD树以加速碰撞
 - hit.hpp hittree.hpp: 相机视点定义、视点KD树构造
 - material.hpp: 物体material实现，包含BRDF材料参数
 - object.hpp: 主要物体类型的实现，包含：
 - 球类、三角形、平面
 - 三角面片、Transform类(对物体仿射变换)
 - Bezier曲线、B样条曲线、参数曲面类
 - ray.hpp: 实现光线类
 - scene_parser.hpp: scene_parser类的声明
 - image.hpp: image类声明
 - bound.hpp: 实现包围盒、用于简化光线碰撞
- testcases
 - scene_a.txt: 定义一个盒子，包含一个折射球与镜面球
 - scene_a.txt: 定义一个盒子，包含一只玻璃兔子与一个曲面瓶（有一定反射特性）
- output
 - scene_a.bmp: scene_a.txt对应图像
 - scene_b.bmp: scene_b.txt对应图像

一、算法选型

本次作业使用随机渐进式光子映射（称SPPM），该算法的思想为：

首先类似于Path Tracing的思路，模拟相机向每个像素点发射一条光线。模拟该光线与场景内所有物体的接触，BRDF的参数决定了光线的可能行为，根据材料漫反射、反射、折射系数的比例随机决定光线行为，光线最终会停止于漫反射面或在超过迭代深度、衰减至微弱时停止出射。光线最终与场景的交点即是相机像素点对应空间中的点，称为**视点**。

在找到相机所有像素点与场景文件的交点后，将所有视点根据其三维坐标组织为一颗KD树，便于后续光子碰撞后的视点更新。

此后，从发光物体表面随机选点向场景中发射随机光子，光子会与其碰撞点周围的视点送光，并更新视点的光通量与管辖半径。更新的逻辑即为KD树的更新策略：从树根起，更新在通光半径内对应视点。如果对于某个树节点无法更新，则该节点其余子节点可不必更新。

该算法对应于main.cpp中的SPPM类，主要是render函数。KD树的构造代码在hit.hpp与hittree.hpp中。

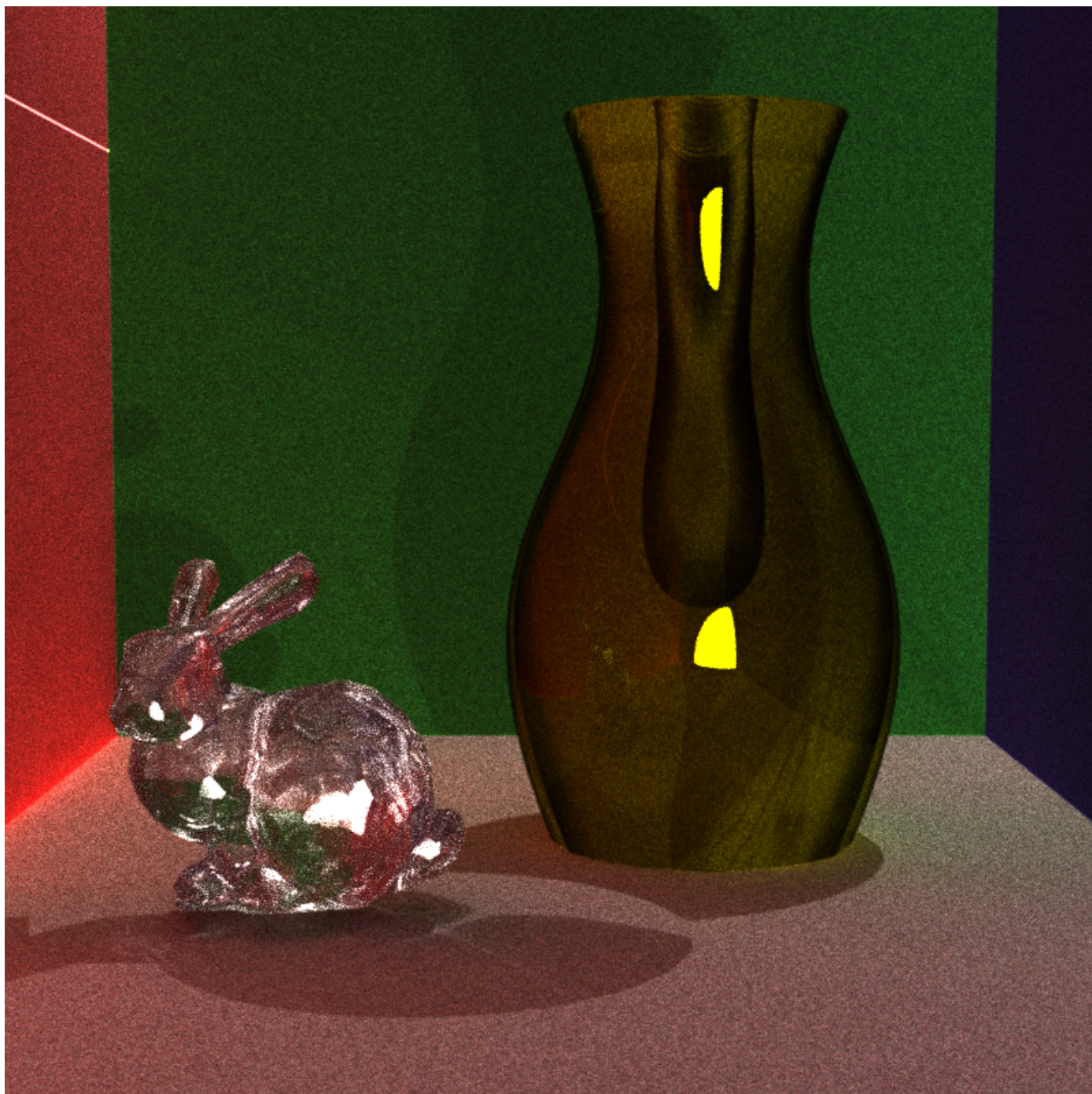
相比于基础算法，SPPM从发光物体的随机射线可以实现真实的光线汇聚效果，下图所示的图片展示了这一点。

二、其余得分项

1. 参数曲面法实现曲面解析求交

算法参照书上的代码实现了参数曲面的G-N迭代法求交点。我的实现是首先用与参数曲面包围盒的交点作为迭代初始值，之后用牛顿法迭代。算法过程中需要对交点距起点长度 t 进行范围限制控制其在 $[0, 1]$ 内，否则不会收敛。

具体实现代码可见object.hpp下的RevSurface类的intersect()函数



2. 抗锯齿

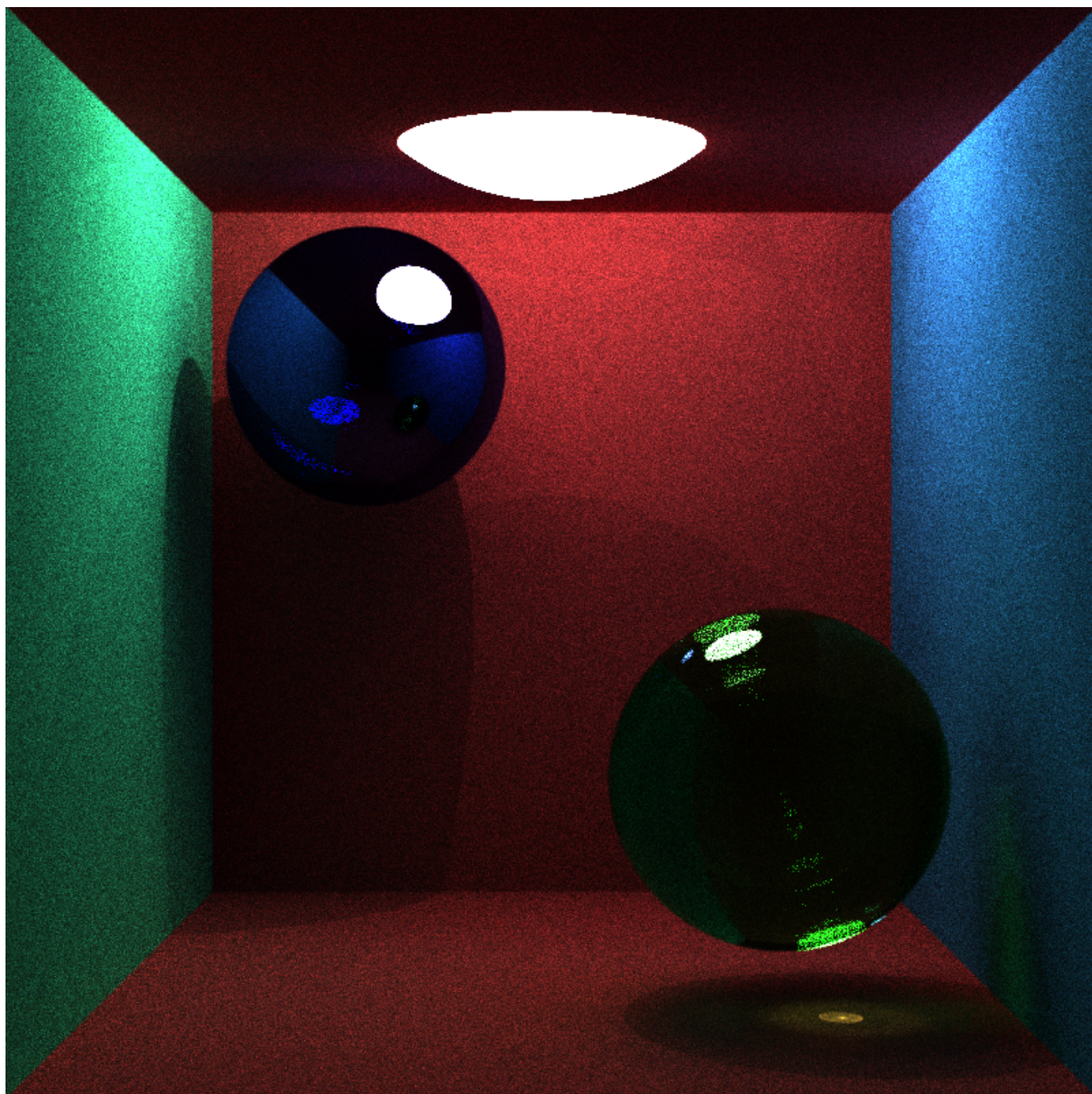
在SPPM的每一轮过程中都要对像素点进行随机采样。但是传统算法都是取像素中点的颜色。所以为了实现抗锯齿的效果，可以在相机发射光线时给取点加一个随机扰动，这样像素点的取点就会是周围一个正方形区域的平均颜色，可以产生抗锯齿的视觉效果。

代码可见SPPM render函数的

```
Ray camRay = camera->generateRay(Vector2f(x + RND, y + RND));
```

3. 软阴影

由于SPPM算法本身的特性，软阴影的实现是自然的。



三、算法加速

由于加速本身不在加分范围之内，但是算法加速对于加快图像渲染是必要的。

在SPPM的迭代过程中，通过加速算法，最终在一台64核的服务器上进行一轮渲染只需要3-4s。

主要实现的加速算法是：

- 视点的KD树构建，不再赘述。
- 物体的KD树构建与包围盒的运用，对于场景中每个物体，可以根据他们的最大最小半径构建出一棵物体KD树。光线与场景中的物体相交时，会从物体KD树的根节点开始以加速碰撞。
- 包围盒的使用：利用物体KD树的位置信息，在与每个物体KD树节点碰撞时，构建包围盒。如果光线与包围盒不相交，则可以判断与节点中物体不相交。
- openmp多线程渲染。

以上算法加速相关实现代码可见bound.hpp中的BoundingBox类，proup.hpp中的ObjectKDTree类。