

学号	姓名	论文规范性 (10)	问题分析与调研 (30)	方案创新性 (20)	实验结果分析与讨论 (40)	结课论文总成绩 (100)
21301011	骆鋆	7	23	16	34	80

缺少相关工作梳理

北京交通大学

光线追踪探究实验论文

作者：骆鋆

学号：21301011

北京交通大学

2024 年 5 月

摘要

随着市场对更加精确的图像技术的需求日益增加^[4]，增强对光线追踪和图像处理等技术，对未来更好的实现良好的游戏画面和更好的商务展示会有着较好的提升。

目前，对于这些图像处理的研究已经相对的比较成熟，各种相对成熟的算法都有涉及，现在主要使用的是进行光线增强的方法在 `opengl` 里面大多是使用场景类里面的 `Scren` 的成员的函数 `Trace`，这个函数包含且不仅限于光线求交、反射、折射、**Phong** 光照模型等计算。

针对上面的情况，本文主要的研究如下：

- (1) 对光线追踪算法的实践，实现对前后的光线追踪的对比，保证算法对图像效果的提升，同时，尝试各种算法，查看对应的效果，选取效果最好的继续效果展示。
- (2) 实现对光线和物体是否相交的判断。
- (3) 实现对粗糙的球体的阴影检测并完成 **Phong** 光照模型计算。
- (4) 计算光线折射和反射时的相关颜色。

目录

摘要.....	i
1 引言.....	3
1.1 研究背景及意义.....	3
2 相关技术与工作概述.....	3
2.1 光线追踪的基本工作介绍.....	3
2.2 光线追踪的实验设置.....	3
2.3 光线追踪实验准备.....	3
2.3.1 实验对象准备.....	3
3 光线追踪算法的研究.....	4
3.1 算法概述.....	4
3.1.1 计算观察光线.....	4
3.1.2 判断光线是否与物体表面相交.....	5
3.1.3 计算阴影.....	5
3.1.3 计算反射.....	6
3.1.4 计算折射.....	6
4 光线追踪实验结果.....	6
4.1 实验效果图.....	6
4.2 实验结论与展望.....	7
参考文献.....	8

1 引言

本文致力于实现对光线追踪等方法的实现,探究光线追踪对具体的实验场景的效果方法,同时在此基础上研究图像处理中图像增强和图像去模糊等相关的功能。

1.1 研究背景及意义

当前对于数字图像处理的研究较为广泛,光线追踪等方法衍生出了各种改进,如蒙特卡洛光线追踪^[1]、路径追踪、光子映射等各种技术。

如今,大多数的光线追踪技术和图像处理大部分应用在游戏,动画等领域,这些产品大多以盈利为根本目的,而随着社会的逐步发展,越来越多的人追求更高质量的数字图像,对于相对模糊,真实感较差的图像市场的竞争力会相对的较低,故而对于图像处理和光线追踪等技术的研究可以说具有较高的价值。本文将基于递归实现浅略的光线追踪和图像处理技术。

最后有相关的技术实现的效果图,使用到的是自己构建的球体。

2 相关技术与工作概述

2.1 光线追踪的基本工作介绍

总体来说光线追踪的算法需要下面的一些基本的步骤,包括:计算观察光线、判断光线与物体的相交与否除此之外还要对光线对应的阴影进行计算,最后需要对反射和折射的光线进行用递归计算。

2.2 光线追踪的实验设置

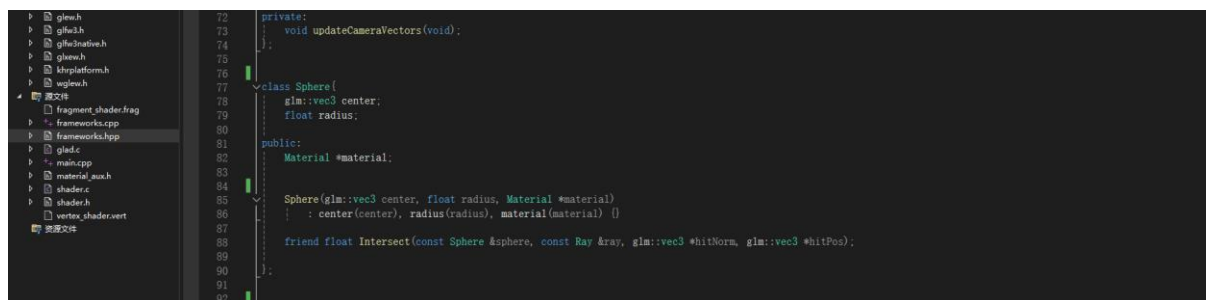
实验使用到的是 vs 上的 opengl 进行编码,同时使用 glm、glad、glfw 等经典库。

2.3 光线追踪实验准备

2.3.1 实验对象准备

本实验主要需要提前准备实验的物体对象,光线,光源,摄像机以及具体的场景。大部分的这些工作主要在 `framwork.hpp` 里面提前准备,方便随时调用,同时在 `framwork.cpp` 里面实现相关的逻辑。

这里为了简便,使用的是相对简单容易构建的球体 `Sphere`,具体实现球体的代码如下:



```
struct Ray{
    glm::vec3 ori;
    glm::vec3 dir;

    Ray(glm::vec3 ori, glm::vec3 dir) : ori(ori), dir(dir) {}
};
```

其次,由于本次对光线追踪的研究中涉及到了反射和折射等情况,故而需要合适的材质,保证研究的正常进行,包含到了,较为粗糙的材质和可以进行反射和折射实验的材质,代码如下:



具体的算法实现将从下面几个具体的步骤依次讲解，包括：计算观察的光线，判断光线与物体表面是否相交，计算阴影，计算判断反射和折射，对于反射和折射调用追踪算法。

首先需要获取摄像头的观察方向,然后创建射线对象,同时将摄像机位置标志为起点,方向为观察方向。具体的代码让如下:

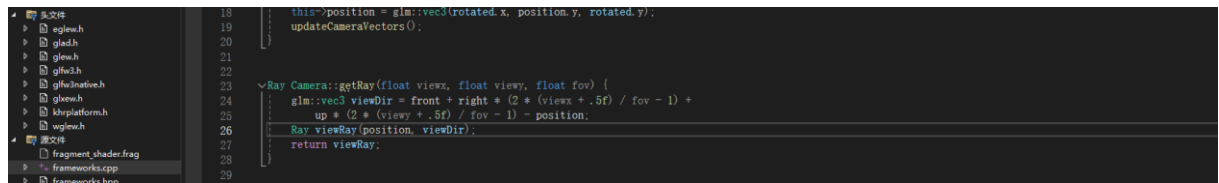


图 3-1 摄像头设置代码示例图

3.1.2 判断光线是否与物体表面相交

由于研究使用的是球体和射线故而判断相交涉及到的更多的是几何上面的问题。如下图

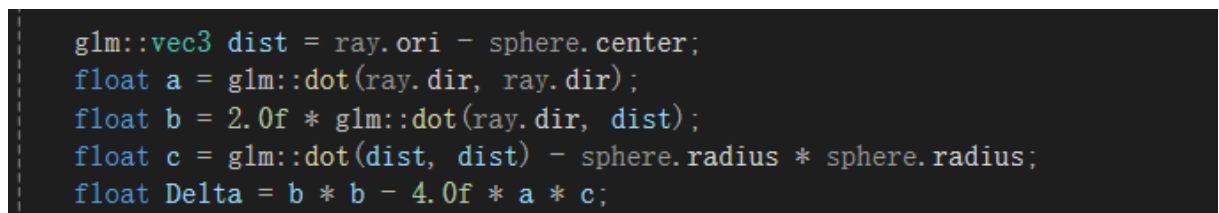


图 3-2 判断光线与物体表面相交的代码示例图

这里计算射线到球心的距离和各个需要使用到的相关的参数,最后使用判断别式 Delta 判断是否相交,相当于解二次方程,当 Delta 小于 0 时,返回-1 表示没有相交,当 Delta 大于 0 时算出相交的两个的具体信息,同时返回交点参数。

3.1.3 计算阴影

首先使用前面的判断是否相交的函数判断有没有相交产生,当相交时,才生成阴影的效果,具体产生阴影效果的方法如下代码: [2]

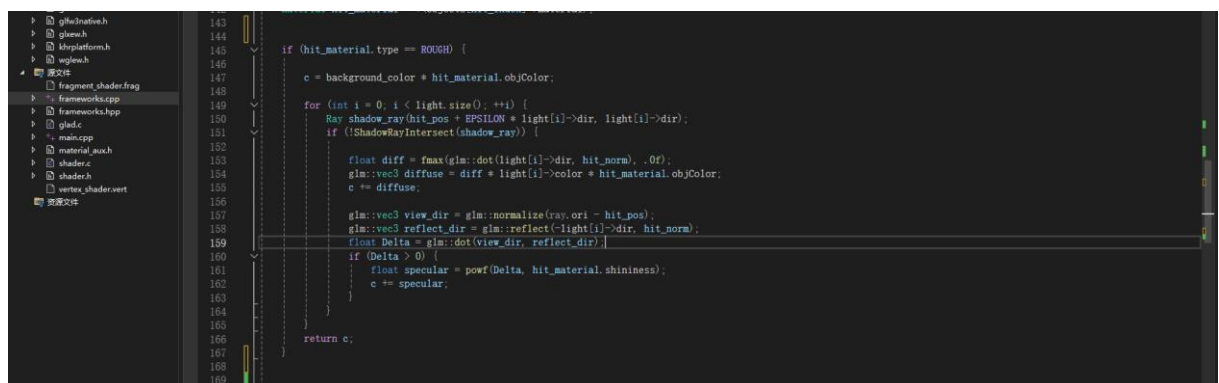


图 3-3 构建阴影效果的代码示例图

这里先判断物体表面是否是粗糙的,当物体不粗糙时,则计算漫反射将其添加到计算

的颜色 c 上面（这里的颜色 c 是我设置的颜色的返回值），有阴影的话返回的颜色则是背景颜色和物体颜色的乘积。

3.1.3 计算反射

首先计算出入射光线 ray 在击中点的法向量 hit_norm 上的镜面反射^[2]（这里的入射和法线因为点乘是负数，故而计算时候符号使用的是负号），根据计算得到的反射方向，创建了一条新的光线 $reflectRay$ ，起始点为 $hit_pos + EPSILON * reflectDir$ ，方向为经过归一化处理的 $reflectDir$ 。最后通过递归调用 $Trace$ 函数，传入新的反射光线 $reflectRay$ 和递归深度 $depth + 1$ ，获取反射光线的颜色 cs ，并将其赋值给当前的颜色 c 。

因为考虑到场景中可能存在大量的反射物体，导致我们递归的效率低下，甚至导致无线递归，故而我这里设置的最大的递归深度是 5，当递归的次数大于 5 时，会自动终止递归。除此之外，为了保证反射的光线不和碰撞的平面产生相交，反射光线的碰撞检测范围 t 设置为 0 到正无穷，保证最好的实验效果。

3.1.4 计算折射

下面是在实现反射的同时计算出折射光线的颜色，主要使用的是菲涅尔折射率^[3]，并根据菲涅尔方程计算出反射光线的颜色。（注意这里先判断材质是折射的材质，才会计算折射光线）。

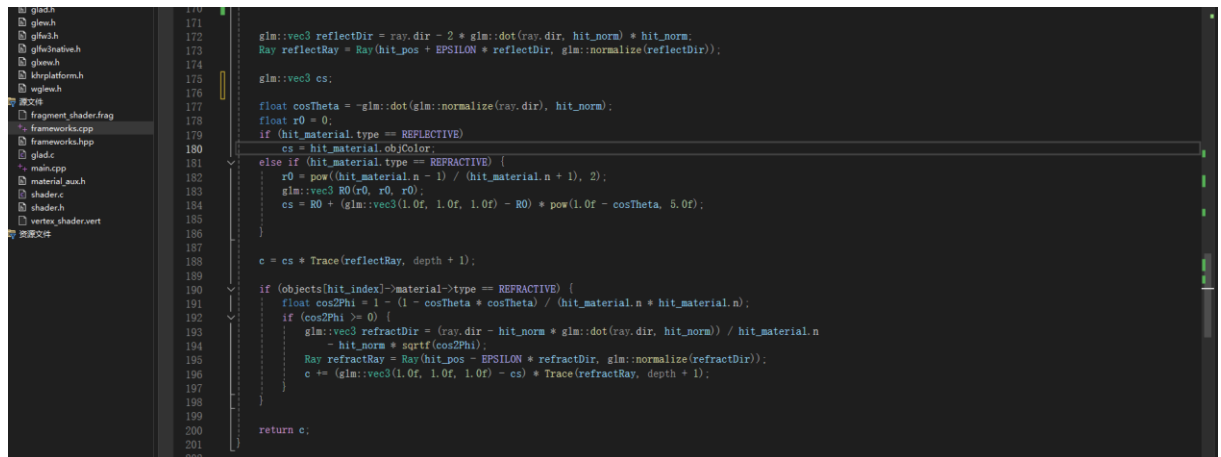


图 4-1 计算折射的代码示例图

4 光线追踪实验结果

4.1 实验效果图

可以看到在运行代码后的整体效果如下，左下角的球体使用的是 **rough** 的材质，右下角的材质使用的是可以折射的材质，保证实验的效果，在球体内部可以看到明显的折射的效果，且在最上方的球体上可以看到下面的球体的反射叠加折射后的效果。

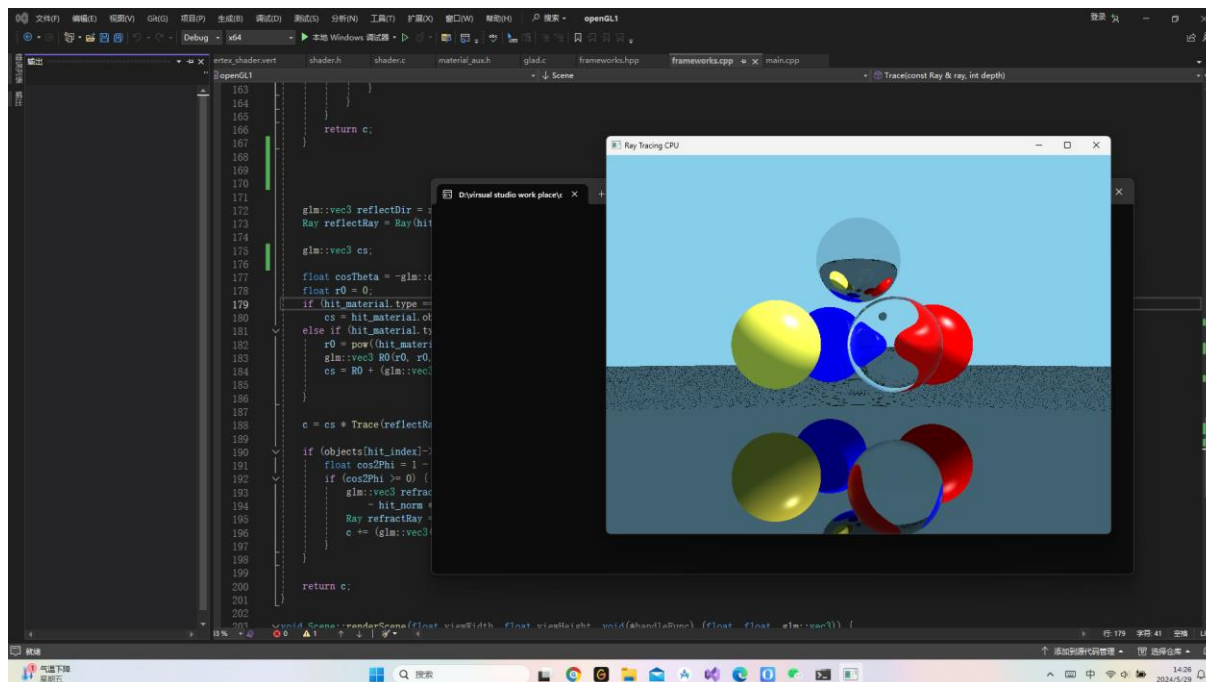


图 4-1 实验效果图

可以看到相较于原始的球体，处理后的图像更具有真实的效果，可见光线追踪的效果显著，相信经过这次的实验后对 **opengl** 的开发和对光线追踪等技术的处理会有更加明确的了解。

4.2 实验结论与展望

本次实验较好的完成了对光线追踪实现反射折射和阴影效果的实现，让原本粗糙的立体图像有了较为立体的展现，通过递归的思想，让光线的各个属性通过颜色的设置有了较好的设置。

除此之外，这次的实验也有一点缺陷：本次使用的实验对象是简单的 **sphere** 球体，在后面的工作可以试试其他复杂的物体，感觉可以有更加震撼的效果，除此之外，因为缺少了反走样的处理，可以看到最后的效果图里面存在噪点，这也是目前的缺陷之一，对于这种可以让视觉效果更好的光线追踪算法，感觉其中的参数和计算方法可能可以尝试更多的公式，找到最佳的情况，让图像更加逼真。通过这次的实践，切身体会到了计算机视觉给人带来的冲击，看到了计算机图形学的发展前景。

参考文献

- [1] 曾 峥 . 蒙 特 卡 洛 渲 染 算 法 的 高 效 降 噪 方 法 [D]. 山 东 大 学,2021.DOI:10.27272/d.cnki.gshdu.2021.002596.
- [2] 姚 晔 . 基 于 光 线 追 踪 的 阴 影 和 反 射 渲 染 算 法 研 究 [D]. 安 徽 理 工 大 学,2024.DOI:10.26918/d.cnki.ghngc.2023.000237.
- [3] 赵 红 英 . 光 线 追 踪 法 生 成 真 实 感 图 形 的 研 究 [J]. 煤 矿 机 械 ,2005(06):55-57.DOI:10.13436/j.mkjx.2005.06.029.
- [4] 徐翔,吴小龙,陈子凌,等.大规模三维场景光线追踪渲染方法综述[J/OL].计算机辅助设计与图形学学报:1-17[2024-05-29].<http://kns.cnki.net/kcms/detail11.2925.tp.20240415.1158.002.html>