

光线跟踪实验

张煜承

2008011338

May, 2011

1 实验内容

使用光线跟踪算法，画一个 3D 场景。

2 光照模型

我使用的光线模型和 Whitted 模型类似。

从视线开始跟踪光线的镜面反射和折射，计算在每一个被跟踪到的物体表面点处的颜色值，考虑每个光源 I_{ls} 直接照射的镜面反射，漫反射，折射；和物体间的镜面反射 I_{sr} ，折射得到 I_{st} ，漫反射 I_{dr} 。其中 I_{sr} ， I_{st} 由进一步跟踪光线得到， I_{dr} 对整个场景近似为一个常数。以上提到的 I_{\cdot} 都表示一种颜色，具有 3 维的分量。由于模型涉及到的量比较多，我先逐个给出定义，然后给出模型中颜色的计算方法。

我们把颜色表示成一个 3 维向量，分别表示红，绿，蓝的强度。我们定义颜色之间的乘法为，红，绿，蓝 3 个分量分别相乘，结果仍然是一个颜色。

在物体的表面一个确定的点处，我们有 3 个颜色常量 SR ， DR ， ST ，分别表示光线在镜面反射，漫反射，折射后光强变化的系数。

定义 V 表示视线方向， L 表示光照方向， R 表示反射方向， N 表示法线方向， T 表示折射方向，它们均为单位向量。注意任意 2 个单位向量的点积是 2 个方向夹角的 \cos 。

对于光源直接照射的镜面反射，反射光会集中在反射方向，我们把从视线方向看本次反射的光强建模为 $(V \cdot R)^{SRn}$ 。其中 SRn 是一个物体表面的常数， SRn 越大表示光源的镜面反射越集中。对于完美的镜面， $SRn = +\infty$ 。对于光源的折射也有类似的常数 STn 。

物体表面的任意一个确定点处，还有一个在公式没有显式表现出来的常数 IR ，表示折射率。

在跟踪到的每一个点处，颜色的计算公式有 6 种项，其中和光源有关的项需要对每个光源分别计算。最后的颜色为所有计算出来的项的总和。

- 来自光源的镜面反射。 $SR \cdot I_{ls}(V \cdot R)^{SRn}$
- 来自光源的漫反射。 $DR \cdot I_{ls}(L \cdot N)$
- 来自光源的折射。 $ST \cdot I_{ls}(V \cdot T)^{STn}$
- 物体间镜面反射。 $SR \cdot I_{sr}$
- 物体间漫反射。 $DR \cdot I_{dr}$
- 物体间折射。 $ST \cdot I_{st}$

由于所建立的模型只和物体的表面有关，我们把所有的物体都抽象为 2 个表面，其中 1 个表面表示光线从物体内部到外部穿过的表面，另一个表示光线从物体外部到内部。

3 程序实现

我的程序结构可以分为以下几个部分。

- Vector。方便进行向量的计算。
- Surface。定义物体表面。Surface 是一个抽象基类，从它可以派生更具体的物体表面。
- Scene。Surface 和光源的组合，并负责进行光线跟踪。
- Viewport。保存视角，并负责用 Scene 的光线跟踪的结果，使用一定的消除锯齿的方法，计算需要最终显示的像素值。
- main。使用前面的模块进行绘画，用 OpenCV 保存和显示结果。

我的程序中，Surface 实现了圆柱侧面，和圆盘。

程序使用了 Super Sampling 的方法来消除锯齿，我在第 2 章读书报告里有讲到。我使用的是 4×4 的 Rotated Grid 进行消除锯齿，并且使用自适应的方法，只在必要的时候对 16 个点都采样。

4 构图

我想画的是一棵水晶的树。

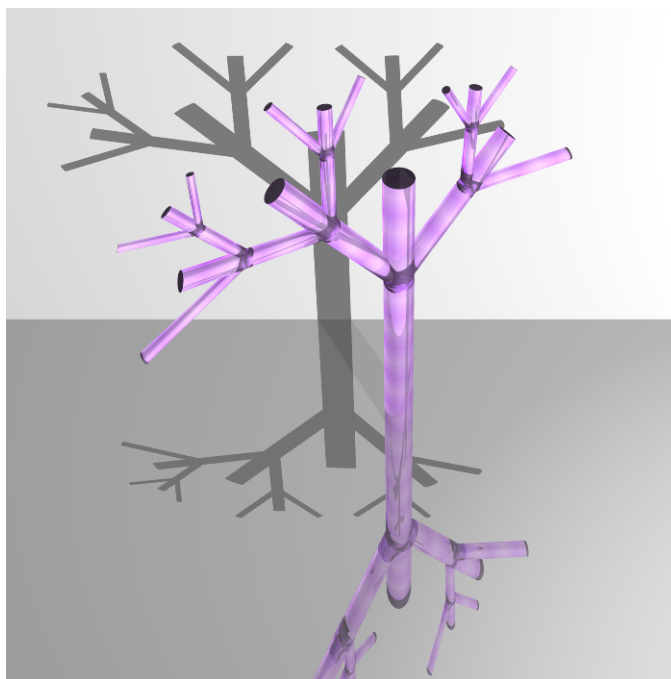
我只画树的枝干，使用圆柱体来表达。树使用分形的方式生成，加了很多限制使得树变的比较规则。很多的参数使用的是 $(\sqrt{5} - 1)/2 = 0.618$

树干的纹理参考 Mac OS X 的滚动条，使用一种周期性的渐变。

地面是一个很好的镜子，树后面的墙只有漫反射。

5 实验结果

实验得到了较为理想的效果。具体参数由于太过复杂，详见我的程序。



6 模型的局限性

实验结果中的图片至少有 2 个地方不够真实。

- 阴影的边缘是非常硬的，但真实的图片中，阴影边缘应该有一些缓慢过渡。
- 圆柱状的透明物体，如果它的材料是均匀的，那么它中间较厚的地方透明度应该比旁边较薄的小。

这 2 个现象都是因为我们的模型设置导致的。我们的模型是对真实光照模型的一个近似，我们只考虑了物体的表面，使得能够方便的用光线跟踪算法进行绘画。如果想处理以上 2 个问题，我们应该修改现在使用的模型。

7 总结

在这个实验中，我实现了一个简单的光照模型。并且结合上了第 2 章读书报告中，关于消除锯齿的内容。最终做出了一个较为理想的图片效果。