# Witted阴影显示照明模型介绍

摘要：为了精确地渲染三维场景的二维图像，在计算强度时必须知道影响图像的每个像素的强度的全局照明信息。以简化的形式，将该信息存储在从观察者延伸到遇到的第一表面并从那里到其它表面和光源的“光线”树中。可见的表面算法为显示器的每个像素创建此树，并将其传递给着色器。然后，着色器遍历树，以确定观察者接收到的光的强度。考虑到所有这些因素，着色器可以准确地模拟真实的反射，阴影和折射，以及常规着色器模拟的效果。包括抗锯齿作为可视性计算的组成部分。显示的曲面包括弯曲和多边形表面。

关键词和短语：计算机图形学，计算机动画，可见表面算法，阴影，光栅显示

## 1引言

自从开始以来，阴影的计算机图形已经开始致力于追求最大的真实性。 即使是最早的可视化表面算法，也包括模拟像镜面反射，阴影和透明度等效果的着色器。 照明模型的重要性是通过新开发的技术产生的真实性最为生动地表现出来的。

照明模型的作用是根据光源方向和强度，观察者位置，表面取向和表面特性来确定从表面上的可视点向观察者反射多少光。 阴影计算可以在三个尺度上进行：微观，局部和全局。 虽然根据光线和表面之间的微观相互作用来最好地解释表面反射的确切性质，但是大多数着色器使用聚集的局部表面数据产生优异的结果。 幸运的是，这些模型通常在范围上受到限制，即它们只看光源和表面取向，而忽略了表面放置的整体设置。 着色器倾向于对本地数据进行操作的原因是传统的可见表面算法不能提供必要的全局数据。

这里给出了使用全局信息来计算强度的阴影模型。 然后，为了支持这个着色器，给出了光线跟踪可见表面算法的扩展。

## 2传统模式

最简单的可见表面算法使用基于Lambert余弦定律的着色器。 反射光的强度与表面法线和光源方向的点乘积成比例，模拟完美的漫射器，并产生合理的近似于无光泽的哑光表面。更复杂的模式是由Bui-Tuong Phong设计的模型。来自Phong模型的强度在下面给出：

其中

Phong的模型假设每个光源位于距场景中物体无限远的点处。 该模型不考虑作为光源的场景中的对象或从物体到物体反射的光。这个缺点不会非常影响漫反射分量的现实性，但它严重损害了镜面反射的质量。 Blinn和Newell开发的一种方法通过对对象的环境进行建模并将其映射到无限半径的球体上部分地解决了这个问题。 该技术产生了一些最实际的计算机生成的图片，但其局限性阻止了它在一般情况下的使用。

除了镜面反射之外，阴影的模拟是照明模型的更理想的特征之一。 表面上的一个点在阴影中，如果它对观察者是可见的，但对光源是不可见的。 一些方法调用可视化表面算法两次，一次为光源，一次为观察者。 其他使用简化的计算来确定点对于光源是否可见。

通过透明物体传输光线已经在以相反深度顺序绘制表面的算法中进行了仿真。当绘制透明表面时，背景部分被覆盖，允许以前绘制的图像部分显示。 虽然该技术产生了一些逼真的图片，但它并没有模拟折射。 Kay通过对折射效应产生非常逼真的逼近的技术改进了这种方法。

## 3改进模式

经典射线光学器件提供了一种用于从完美光滑表面反射光的简单模型。 如图1所示，从表面上的一个点传递给观察者的光强度I主要由镜面反射S和透射T分量组成。 这些强度分别表示沿，和方向传播的光。 由于显示的表面并不总是很光滑，所以必须添加一个术语来建模漫射组件。 理想情况下，由于附近物体的反射以及预定义的光源，漫反射应包含成分，但是对分布光源进行建模所需的计算是压倒性的。 相反，来自（1）的扩散项保留在新模型中。那么新的模式就是

其中

系数和在本报告中用于制作图像的模型保持不变，但是为了获得最佳精度，它们应该是包含菲涅尔反射定律的近似值的函数（即，系数应该随着入射角的变化而变化 以取决于材料的表面性质的方式）。 此外，如果要生成实际图像，则必须仔细选择这些系数以对应于物理上合理的值。 方向取决于反射角必须等于入射角的简单规则。 类似地，传输光的方向必须服从斯奈尔定律。 那么，和是和的函数

其中

且

由于这些方程式假设小于零，所以交点处理器必须调整N的符号，使其指向相交光线入射的表面侧。 它必须同样调整折射率以解释符号变化。 如果k r的表达式的分母为虚数，则由于全内反射，T假定为零。

通过使更小，更大，表面可以看起来不那么光滑。 然而，简单的模型不会通过减少镜面指数n来将镜像术语扩散为Phong的模型。粗糙表面的镜面反射是通过微观镜像面产生的。 镜面反射的强度与这些微观面的数量成比例，其法线向量与被采样区域的平均表面正常值对齐。 为了产生适当的镜面反射，随机扰动被添加到表面法线，以模拟随机取向的微型反射镜。

（Blinn 使用类似的正常扰动技术对曲面上的纹理进行建模。）对于光滑的表面，这种扰动具有小的方差; 具有更大的差异，表面将开始看起来不那么光滑。 这种相同的扰动将导致透明物体逐渐变得更加磨砂，因为方差增加。 在提供微观表面粗糙度的良好模型的同时，该方案依赖于采样表面法线，并将显示出混叠对较大变化的影响。 由于该方案还需要完全太多的附加计算，所以尽可能避免。 例如，在由点光源直接引起的镜面反射的情况下，Phong的模型在反射点而不是扰动方案被使用。

简单的模型近似于单个表面的反射。 在一个甚至中等复杂度的场景中，光线通常会在到达观看者之前从多个表面反射出来。 对于图2所示的一种这样的情况，从点A到达观察者的光的分量由图3中的树表示。创建该树需要计算每个分量射线与场景中的表面的交点。 计算要求递归调用可见表面算法（在下一节中描述），直到树的所有分支终止为止。 对于以这样的方式对齐的表面的情况，树的分支具有无限深度，则在超过分配的存储的点处截断该分支。 图像从该截断中的降级是不明显的。

除了在和方向上的光线之外，与（2）中的的值对应的射线与每个节点相关联。 如果这些光线之一在到达光源之前与场景中的某些表面相交，则节点指示的交点与光源相互遮蔽。 那么光源对漫反射的贡献就会减弱。

创建树后，着色器遍历树，应用等式 （2）在每个节点计算强度。 然后，在将节点的父节点用作为父节点的强度计算的输入之前，由节点的父节点表示的射线上的交点之间的距离的线性函数衰减每个节点处的强度。（由于不能总是假设所有的表面都是平面的，所有的光源都是点源，所以平方律衰减并不总是适当的，而不是对每个独特的情况进行建模，而是用距离线性衰减作为近似值。

## 4可见表面处理器

由于返回观察者的照明由“光线”树确定，光线跟踪算法非常适合该模型。 在光线跟踪的明显方法中，从源发出的光线通过它们的路径被跟踪，直到它们撞击观察者。 由于只有少数人会到达观众，所以这种做法是浪费的。 在Appel提出并由MAGI成功使用的第二种方法中，光线沿相反的方向 - 从观察者到场景中的物体，如图4所示。

与以前的光线跟踪算法不同，当找到与场景中的物体的最近交点时，可见性计算不会结束。 相反，射线与表面的每个可视交叉点在方向，方向和每个光源的方向上产生更多的光线。 对于每个射线重复交点处理，直到没有新的光线与任何对象相交。

由于照明模式的本质，一些传统的观念必须被抛弃。由于物体可能通过其他物体中的反射对观察者可见，即使一些其他物体位于其与观察者之间，图像中可见的复杂度的量度大于相同场景的传统生成的图像。由于相同的原因，剪切和消除背面表面元素不适用于该算法。因为不能使用简化大多数可视表面算法的这些普通预处理阶段，所以采用不同的方法。使用类似于Clark 描述的技术，对象描述包括场景中每个项目的边界体积。如果光线不与对象的边界体积相交，则可以从该射线的进一步处理中消除对象。为了简化表示和简化执行交点计算，将球体用作边界卷。

由于球体可以作为其自身的边界体积，因此使用阴影处理器的初始实验使用球体作为测试对象。对于非球面对象，只要光线与该对象的边界球相交，就必须指定附加交点处理器。对于多边形表面，算法解决了光线和多边形平面交点，然后检查点是否在多边形的内部。如果表面由双三次补片组成，则会为每个补丁生成边界。如果边界球被射线穿透，则使用Catmull和Clark描述的方法对斑块进行细分，并为每个子块生成包围球体。重复细分过程，直到没有边界球相交（即，斑块不被射线相交）或相交的边界球小于预定的最小值。选择这个方案是为了简单而不是效率。

可见表面算法还包含执行抗锯齿功能的机制。 由于混叠是显示过程中欠采样的结果，最直接的解决方法是在采样显示之前对整个图像进行低通滤波。 然而，如果采取更经济的方法，可以节省相当数量的计算。 计算机生成的图像中的混叠在三种情况下对于观看者来说是最明显的：（1）在强度突然变化的区域，例如表面轮廓，（2）在小物体落在采样点之间并消失的位置处 （3）每当将采样函数（如纹理）映射到表面上时。 可见表面算法查找这些情况，仅在这些区域执行过滤功能。

对于这种可见表面算法，有一种方式定义像素为角点为四个采样点的矩形区域，如图5（a）所示。如果在四点计算的强度具有几乎相等的值，并且它们之间的区域中没有小的物体，则该算法假定四个值的平均值是对整个区域的强度的良好近似。如果强度值几乎不相等（图5（b）），则算法将采样平方并再次重新开始。此过程将递归运行，直到计算机用完解决之前或者直到关于样本平方内的细节的足够数量的信息被恢复为止。每个单个子区域的贡献由其面积加权，并且将所有这样的加权强度相加以确定像素的强度。这种方法相当于为每个像素执行Warnock类型的可见性过程。在极限情况下，它相当于区域采样，但它仍然是一个点采样技术。目前正在调查的一种更好的方法考虑了每组四个角射线定义的体积，并对每个体积应用了一个遏制测试。

为了确保小对象不会丢失，允许对象的边界的最小半径（与观看者的距离）。 这个最小值被选择为使得不管物体多小，它的边界球总是被至少一条光线相交。 如果光线在边界球体的最小半径内通过，但不与物体相交，则算法将知道细分共享光线的四个样本平方中的每一个，直到找到丢失的对象。 虽然对于直接到达观察者的光线来说，这一方案对于从曲面反射的光线来说并不总是起作用。

## 5总结

这种照明模式主要依赖于Phong和Blinn先前推出的技术，但它可以递归地运行，以允许使用全球照明信息。 所使用的方法和结果与Kay提供的方法相似。

虽然在许多情况下，该模型产生非常实际的效果，但仍有很大的改进空间。 具体来说，它不提供来自分布式光源的漫反射，也不适合处理较不光滑的表面的镜面反射。 它是通过可见的表面算法实现的，这个算法非常缓慢，但是这显示出一些越来越有效的承诺。 当找到更好的方法来使用图像加密来加速显示过程时，这个算法可能会用于生成逼真的动画序列。