**An Efficient Representation For Irradiance Environment Maps**

Ravi Ramamoorthi

Pat Hanrahan

翻译:练孙鸿

**0 摘要**

一个漫反射物体在远距离光照的渲染（图）我们一般称作是环境贴图。我们现在展示了一种使用球面调谐系数来解析地表示光照，而且只需要用到9个系数就能在1%的误差下表示低频(low-frequency)的光照。辐照度(irradiance)对于光照的高频部分并不敏感。其实我们发现辐照度可以程序化地表示为**表面法线笛卡尔分量的二次多项式**(a quadratic polynomial in the cartesian components of the surface normal)，并且是可以给出显式的公式的(explicit formulae)。通过这样的观察和分析就可以得到一个简单高效、适合硬件实现的的过程渲染算法；一个比现有方法快最多三个数量级的预滤波方法(pre-filtering)；一个光照设计和IBR的新表示方法。

**1 引言**

…。缺少用于表示通用的光照分布的过程式公式。其中一种用来表示通用的光照分布的办法是**环境贴图(environment map)**。环境贴图描述**入射某一点的光线情况**。Blinn和Newell[3]用他们来快速找到远处物体的反射。Miller和Hoffman[14]，Greene[8]预滤波(pre-filtered)了环境贴图，用来分别预计算光照反射的diffuse和specular BRDF分量。….这篇文章主要关注BRDF的Lambertian分量。我们用**辐照度环境贴图(irradiance environment map)**这个术语来表示用表面法线来索引(indexed)的漫反射贴图，毕竟每个像素只是简单地储存表面特定方向上的辐照度。像游戏这种应用，irradiance map经常直接储存在表面上（而不是存为法线的函数），这通常被称为light map。辐照度环境贴图也可以通过计算辐照度体(irradiance volume)被表示为在空间中变化的光照(spatially varying illumination)。还有很多类似的idea可以用来加速GI的计算。….还有个概念叫做orientation lightmap…

我们方法的一个关键点就是：**irradiance environment map的解析近似(analytic approximation)的快速计算**。….因为辐照度关于朝向的变化是微小的，所以逐顶点计算irradiance是可行的。而且我们只需要一个texturing pass来计算带贴图和辐照度环境贴图的物体（这是因为我们的方法里**辐照度是过程式地生成的，而不需要多一次的采样！**）。

**2 背景**

从经验上来讲，漫反射表面的光照反射随着表面朝向变化的变化不会很快很剧烈。这样定性的观察就让我们有理由用低分辨率的IEM（缩写一波）。我们的目标是是用一个解析的、定量的公式来实现这个observation，来实现这个近似的过程。

我们把记为远距离光照分布，（忽略阴影和近场光照），那么辐照度就是一个只关于关于表面法线的函数，也就是要做一次对上半球的积分(integral over the upper hemi-sphere)。

注意都是单位方向向量，所以都可以用单位球上的向量来参数化。我们必须要用表面反照率(albedo)来乘以，而又取决于与位置相关的纹理，所以对应着图像像素强度的辐射度(radiosity)可以表示为：

我们主要关注点是近似地求得。在[16]中我们已经推出了irradiance的解析式。（呃，作者说他们原本的动机是从Lambertian Surface的一次观察里面反过来估计光照）。但是本文将这个玩意用在正向渲染的问题上——用环境贴图来渲染漫反射物体。

我们的公式基于球谐系数(spherical harmonic coefficient)[4,13,17]。

([17] A Global Illumination Solution for General Reflectance Distribution <https://hal.inria.fr/inria-00510145/document> )

（相关数学参考资料：

Harmonic function : <http://mathworld.wolfram.com/HarmonicFunction.html>

Laplace’s Equation: <http://mathworld.wolfram.com/LaplacesEquation.html>

SH Differential Equation: <http://mathworld.wolfram.com/SphericalHarmonicDifferentialEquation.html>

SH : <http://mathworld.wolfram.com/SphericalHarmonic.html>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Spherical_harmonics>

）