摘要

我们提出了一种通用的线性变换方法来处理计算机图形渲染中的全部光谱信息.在该框架中,关于一组固定的正交基函数描述了场景中的任何频谱功率分布.照明计算仅基于此决策,因此可以将其视为点采样的概括.由于可以选择任何基础函数,因此可以针对要渲染的场景定制它们. 我们讨论了频谱平滑变化的场景的有效点采样,并介绍了使用特征向量分析来选择可有效处理不规则频谱功率分布的基函数集.作为后一种方法的示例,我们渲染了一个用荧光灯照亮的场景.

介绍

计算机图形学中准确的色彩渲染必须考虑场景中灯光和表面的全部光谱特征。 渲染过程必须保留足够的光谱信息，以计算最终值以输出到某些显示设备（例如RGBmonitor）。 然而，人们最小化渲染的计算成本以减少创建图像所需的时间。 因此，需要一种在图像合成期间处理全部光谱信息的有效方法。

处理全部光谱信息的一些建议技术包括使用光和表面的三刺激值[1]，使用光谱的多项式表示[16]以及使用表面和光的线性模型[20] [12]。所采用的典型方法是对给定波长的表面和光线进行点采样。这些点样本在数值积分方法中用于计算近似的三刺激值，然后再转换为适合显示的值。为了最大程度地减少样本总数，人们寻求一种有效的积分近似法。已经以各种形式研究的一种近似是高斯正交[14] [19] [2]。

在本文中，我们考虑了一种在合成图像生成中处理全光谱信息的更通用方法。我们的技术与[20]中提出的线性模型的使用紧密相关。主要思想是，相对于正交基函数的单个集合，我们描述了渲染过程中每个步骤的光的光谱功率分布。这种形式主义包括点采样，它使用增量函数作为基础函数。

相对于基函数描述所有频谱功率分布的约束是有利的，这有两个原因。首先，它使渲染过程完全线性。因此，可以将该技术视为点采样的一般化，并且可以轻松地将其合并到标准渲染器中。其次，人们可以自由选择任何正交函数的基础函数。可以利用这种自由来提高渲染过程的效率。

本文的主体分为两个主要部分。在第2节中，我们讨论了灯光和曲面的线性颜色表示的数学形式，在第3节中，我们讨论了选择适当的基函数的问题。在后面的部分中，我们讨论在频谱平滑变化的场景中进行有效点采样的黎曼求和，并介绍使用特征向量分析为复杂频谱的场景提供有效的基函数。

线性颜色表达

在渲染过程中，我们要求场景中的任何频谱功率分布都应由m个正交基函数Ei（）来描述； 我= 1; :::; m。 从任何分布来看，我们不仅指直接来自光源的光，还指从场景表面反射一次，两次或任意次数的光。 在本节中，我们将使用此限制来导出光谱功率分布和表面的颜色表示，并讨论将此颜色信息转换为适合显示的值。

频谱功率分布

为了获得场景中光谱功率分布的表示，我们可以将任何光源的光谱功率分布I（）投影到基函数所跨越的子空间上。

遵循正交标准条件。 因此，场景中的任何光线都可以用要素i描述。 这些元素只是由基函数集定义的线性变换的系数，因此我们将此方法称为一般线性变换方法。

表面反射(率)

为了获得表面的表示，我们将从这些表面反射的光的光谱功率分布投影到一组基函数上（为清楚起见，在不损失一般性的情况下，在此讨论中我们忽略了透射和衰减）。 照明模型通常将反射光分为三个项:环境,漫反射和镜面反射（[6]详细讨论了照明模型）。 从表面反射的光的光谱功率分布Io由下式给出