

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)
21301156	林家旺	7	21	16	33	77

参考文献与论文相关度不大



图形学课程论文

基于体积和渲染技术的体积云生成与分析

Volume cloud generation and analysis based on volume
and rendering techniques

学 院： 软件学院
专 业： 软件工程
学生姓名： 林家旺
学 号： 21301156
指导教师： 吴雨婷

北京交通大学

2024 年 6 月

摘要

摘要：体积云的生成和渲染是计算机图形学中的一个重要课题，广泛应用于游戏、电影和虚拟现实等领域。本文探讨了如何利用 OpenGL 生成和渲染体积云，涵盖了体积云的基本概念、生成方法以及具体的实现步骤。通过分析云的物理特性和视觉效果，我们提出了一种基于体素和噪声函数的云生成算法，并详细阐述了在 OpenGL 中实现该算法的过程。最终，通过性能评估和视觉效果的对比，验证了该方法的有效性和可行性。

关键词：体积云；OpenGL；体素；噪声函数

1 引言

计算机图形学是计算机科学的重要领域，涉及图像生成和处理的各个方面。三维图形学是其中的重要分支，被广泛应用于游戏、虚拟现实和电影等领域。随着计算机图形学和虚拟现实技术的快速发展，人们对于逼真、交互性强的三维场景的需求日益增加。本章旨在介绍项目研究展开前的准备工作，包括研究背景与意义、相关 国内外研究现状。

云是自然界中常见的气象现象，其复杂多变的形态和动态特性使其在计算机图形学中成为一个具有挑战性的问题。传统的云渲染方法主要依赖于二维纹理和图像处理技术，但这些方法难以真实地模拟云的体积感和光照效果。体积云渲染方法通过使用三维数据结构和体积渲染技术，能够更逼真地再现云的形态和动态变化。

OpenGL 作为一种广泛使用的图形渲染 API，提供了丰富的工具和函数支持体积云的生成和渲染。本文将详细介绍一种基于体素和噪声函数的体积云生成算法，并在 OpenGL 中实现该算法，以生成逼真的体积云效果。

2 相关工作介绍

体积渲染技术在计算机图形学中已有广泛研究。早期的工作主要集中在医学图像和科学可视化领域，随着图形硬件的发展，这些技术逐渐应用于实时渲染和游戏开发中。体积云渲染技术的发展主要经历了以下几个阶段：

二维纹理方法：利用预先生成的二维云纹理进行贴图渲染，具有实现简单和渲染速度快的优点，但难以模拟复杂的云形态和光照效果。

粒子系统方法：通过大量粒子模拟云的外观和动态效果，适用于模拟局部的云团和烟雾，但对大规模云层的渲染效率较低。

体素方法：使用三维体素数据结构存储云的密度信息，通过体积渲染技术生成逼真的云效果，能够真实地模拟云的体积感和光照效果。

本文采用基于体素和噪声函数的方法生成体积云，并在 OpenGL 中实现该算法，以期在保证渲染质量的同时实现实时渲染效果。

3 体积云实现

3.1 生成体积云噪点图

自然界中的云有着复杂和多变的形态，这种形态通常包含大量的随机性和不规则性。噪点函数，如 Perlin 噪声、Simplex 噪声等，能够生成平滑且连续的随机数据，非常适合模拟云的形态。通过生成噪点图，可以创建出逼真的云的外观。

针对于噪点图，本文提供生成平面的噪点图如图 1 所示：

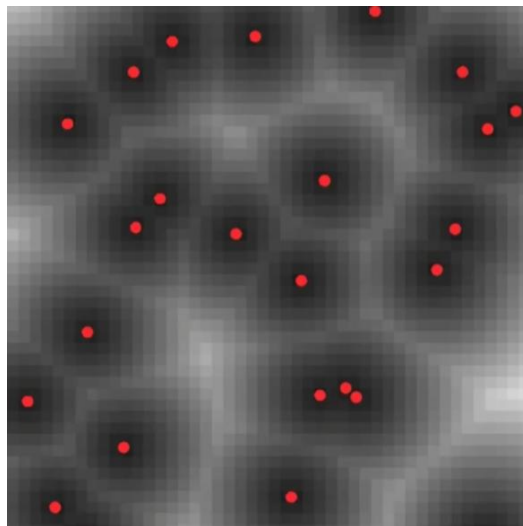


图 1

先随机生成噪点，后计算每个像素格距离最近噪点的距离，距离越近则将颜色渲染的越深。令 Δa 表示各像素点当前的颜色，使用 $1 - \Delta a$ 来进行颜色的反转，生成图 2：

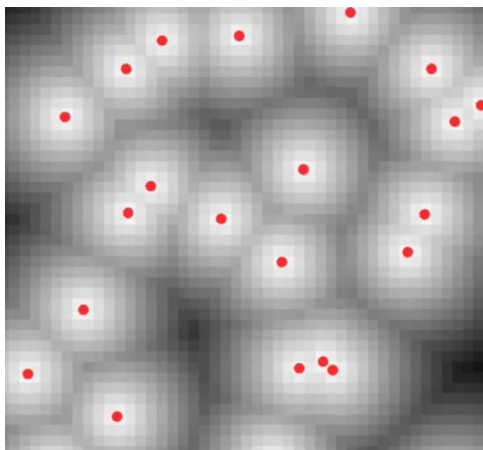


图 2

后续提高噪点图的图分辨率，达成初步效果，如图 3 所示：

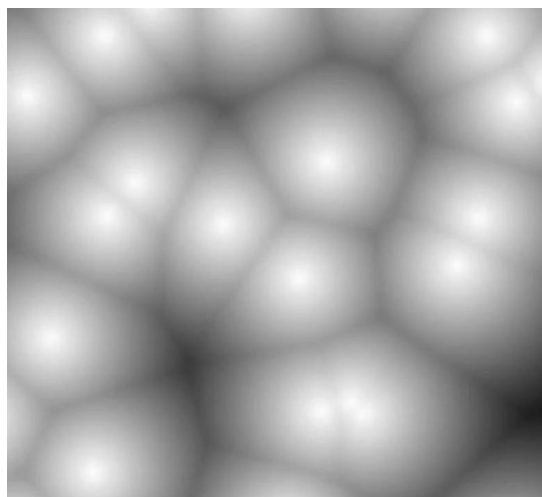


图 3

体积云为三维立体图形，需要将当前的平面噪点图进行转化，本文采用将上文中的噪点图重复进行水平和翻转，生成 3D 噪点图，如图 4 所示：

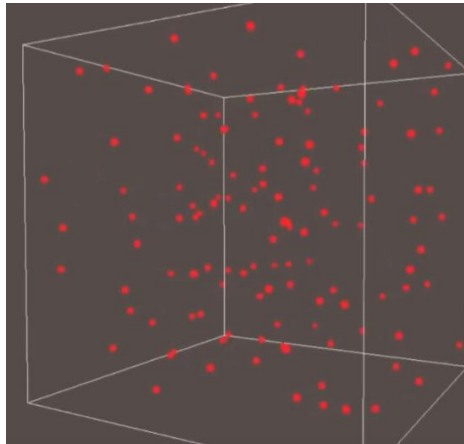


图 4

3.2 光线追踪体积云

由于体积云的图形为不规则图形，难以计算，本文中将生成的体积云包含于一个长方体盒子，简称为云盒之中，将光线追踪一个不规则体积云简化成光线追踪一个长方体云盒，具体算法流程如下：

- （1）将体积云传入一个 AABB 的云盒。
- （2）利用 rayBoxDst 函数快速计算摄像机的射线是否和云盒有交点。
- （3）将有交点的部分渲染成黑色

3.3 光线步进体积云

由于前面已经生成体积云的 3D 噪点图，且噪点图中的像素点的颜色度已经被计算出来，接下来进行判断，如果像素点的颜色度 Δa 小于阈值 0.5，则不进行渲染；若 Δa 大于阈值 0.5，则渲染出云的形状。

通过摄像头对体积云的方向按照步幅 s 进行层层步进，计算每个像素的颜色浓度 n ：

$$n = (\Delta a - 0.5) * s$$

计算出各像素点的颜色浓度 Δn 以后，再对各像素点的亮度 l 进行计算：

$$l = e^{(-n)}$$

由公式可得，个像素点的颜色浓度越高，则亮度越低。

3.4 大气光线散射

因为体积云的亮度还有因为天空中太阳的光线而出现偏差，所以本文引入大气中的光线散射，具体流程如下：

- （1） 由摄像头向体积云引出射线
- （2） 计算射线经过的体积云中的像素点向太阳光线的浓度值，浓度值越大，射线的散射越大。
- （3） 重复计算所有像素点。

由此计算流程可得出，体积云中越靠近太阳的部分的透明度越高。

3.5 控制体积云形状

可以通过调整噪点的参数来调整体积云的形状，最终生成的体积云如图 5 所示：



图 5

本次的实验并未搭建一个真正的虚拟场景，只是对体积云进行了一点学习。

4 结论

本次实验的主要目标是探讨并实现基于 OpenGL 的体积云生成和渲染方法。通过采用体素数据结构和 Worley 噪声函数和 Perlin 噪声函数，成功生成自然逼真的体积云，并利用 OpenGL 进行了高效的渲染。

在算法设计方面，我们使用体素网格来表示三维空间中的云密度分布，并通过 Perlin 噪声生成连续平滑的随机密度值。进一步对噪声生成的密度值进行阈值处理，有效去除低密度区域，增强了云的视觉效果。

在 OpenGL 实现过程中，我们初始化了渲染环境，创建并填充了三维纹理，将体素网格数据存储于此，并编写了顶点着色器和片段着色器，最终实现体积云的渲染。渲染循环中，通过实时调用 OpenGL 函数进行绘制，生成动态的云效果。

实验结果验证了体素和噪声函数方法在生成和渲染体积云方面的有效性。

未来的工作将集中在算法优化、动态效果的引入以及更复杂光照模型的应用等方面，以进一步提升体积云渲染的效率和视觉效果。本次实验为体积云的生成和渲染提供了一个有效的解决方案，并为后续研究奠定了基础。

参考文献

- [1] 孙家广,胡事民.计算机图形学基础教程.第 2 版.北京.清华大学出版社.2005.45-100
- [2] 徐文鹏,王玉琨,刘永和,向中林,强晓焕.计算机图形学基础(OpenGL 版).第 2 版.北京.清华大学出版社.2014.18-120
- [3] 黄华,张磊.现代计算机图形学基础.第 1 版.北京.清华大学出版社.2020.20-205