

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)
21301122	符建勇	7	23	16	34	80

没有梳理现有工作

北京交通大学

设计论文

多重采样抗锯齿 (MSAA)

在 OpenGL 场景渲染中的应用与分析

Application And Analysis of Multisample Anti-aliasing (MSAA) in OpenGL Scene Rendering

学 院： 软件学院

专 业： 软件工程

学生姓名： 符建勇

学 号： 21301122

指导教师： 吴雨婷

北京交通大学

2024 年 6 月

中文摘要

在 OpenGL 项目中，走样是一个常见的问题，它主要出现在图像边缘或对比度高的区域，影响了项目渲染的效果。多重采样抗锯齿技术 MSAA 是一种较多应用于 OpenGL 场景渲染中的技术，它用于消除图形边缘的锯齿状效果，提高渲染质量。MSAA 通过在每个像素中进行多次采样并计算平均值来实现，能有效地平滑图像边缘，提升视觉效果。

本文使用多重采样抗锯齿技术 MSAA，对实验二的 OpenGL 场景进行优化，并对比拥有 MSAA 方法消除图形边缘的锯齿状效果与未使用 MSAA 方法的实验渲染结果对比。

关键词：多重采样抗锯齿；OpenGL；走样现象；对比实验；

目 录

中文摘要	I
目 录	II
1 引言	1
2 相关工作介绍	2
3 实验设置	3
3.1 OpenGL 场景设置	3
3.2 MSAA 导入	3
4 实验结果与分析	4
5 实验结论	8
参考文献	9

1 引言

在计算机图形学的图形渲染领域，实现高质量且美观的图像一直是我们的目标。随着计算机图形学的发展，多种抗锯齿技术被提出并应用，其中多重采样抗锯齿（MSAA）技术因其出色的性能效果，在 OpenGL 等图形渲染框架中得到了广泛应用。MSAA 技术通过增加像素的采样点数量，有效降低了图像边缘的锯齿现象，提升了整体渲染质量。

本文将探讨和使用 MSAA 在 OpenGL 场景渲染中的应用，优化图形学课程的实验二的项目内容，并对比使用 MSAA 技术和未使用 MSAA 技术的渲染对比，以更好的呈现 MSAA 技术对项目渲染效果的影响。

2 相关工作介绍

在计算机图形学中，走样是一种常见的现象。造成走样的原因是由于采样慢而跟不上物体的实际变化速度。或者说，造成采样点原因是信号变化的太快，而我们的采样太慢。既然采样结果走样了，那么我们就要做一些优化来尽量地避免走样，也就是反走样操作。

本文采用的反走样操作为 MSAA 多重采样抗锯齿技术。MSAA 的工作原理是在每个像素中进行多次采样，并计算这些采样点的平均值，以此来平滑图像的边缘，提高渲染的视觉效果。

MSAA 的实现过程可以分为两个主要步骤：模糊操作和采样操作。模糊操作的目的是对原始像素进行模糊处理，这是通过对每个原始像素及其周围的像素进行平均计算来实现。而采样操作则是在模糊处理后，MSAA 为每个像素分配多个采样点，而不是仅使用一个采样点来确定像素的颜色。这些采样点通常均匀分布在像素区域内，并且每个采样点都会独立地计算颜色值。在采样完成后，这些采样点的颜色值会被平均，以得到该像素的最终颜色。由于 MSAA 使用了更多的采样点来逼近像素的真实颜色，因此它能够更加准确地表示图像中色彩信息，从而减少走样现象。

尽管 MSAA 技术已在当前成熟运用，但他仍有些许缺点，在 MSAA 中，采样点的数量是一个重要的参数，它决定了抗锯齿效果的质量和计算的复杂性。采样点越多，抗锯齿效果越好，但计算的复杂性也越高，因此它可能会增加内存占用和计算负担。不过，在大多数情况下，MSAA 仍然是一种有效的抗锯齿技术，能够显著提高我们 OpenGL 场景的渲染质量和视觉效果。

3 实验设置

3.1 OpenGL 场景设置

场景模型构建：使用基本几何体的组合（如立方体、四棱台、球体）构建房间和家具如桌子，台灯，床，柜子，雪人，墙壁。然后通过 `glPushMatrix()` 和 `glPopMatrix()` 保存和恢复 OpenGL 矩阵堆栈的状态，确保每个物体的变换不会影响其他物体。

纹理材质导入：自定义了一个 `loadGLTexture()` 方法，该方法首先打开一个 BMP 文件，读取其宽度、高度和像素数据。然后，它创建一个 OpenGL 纹理，并将像素数据上传到这个纹理。最后，它返回创建的纹理的 ID，可以用这个 ID 在 OpenGL 中引用这个纹理。使用 OpenGL 的 `glTexEnvf()` 和 `glBindTexture()` 函数来设置和激活纹理贴图。为每个几何体指定纹理坐标，确保纹理正确应用。

光照设置：使用 OpenGL 设置环境光源和台灯光源。定义了 `lightBulb1()`, `lightOne()`, 和 `lampLight()` 三个函数：`lightBulb1()` 函数定义了一个光源的材质属性，包括环境颜色、散射颜色、镜面反射颜色和发射颜色。`lightOne()` 和 `lampLight()` 函数定义了两个不同的光源。每个光源都有环境光、散射光和镜面光三种属性。通过按键控制顶灯和台灯的光照开关，实现不同的光影效果。

用户交互：实现视点和焦点的移动与缩放。通过 W、A、S、D 键控制视点移动，I、O 键实现视点缩放，数字 1、2 实现开关环境光源和台灯光源，K、L 键控制焦点移动，Q 键恢复默认视点，ESC 键退出程序。

3.2 MSAA 导入

在 OpenGL 中，我们可以通过以下步骤启用 MSAA 多重采样抗锯齿技术。

在初始化窗口的显示模式时，添加 `GLUT_MULTISAMPLE` 标志。这告诉 OpenGL 我们希望使用多重采样。导入 `glutInitDisplayMode(GLUT_DOUBLE | GLUT_RGB | GLUT_DEPTH | GLUT_MULTISAMPLE);`

在窗口创建后，调用 `glEnable(GL_MULTISAMPLE);` 启用多重采样。`glEnable(GL_MULTISAMPLE);` 这两步操作会告诉 OpenGL 在渲染图形时使用多重采样抗锯齿（默认 4x）。但此方法只对图形的边缘进行抗锯齿处理，不会对图形内部的纹理进行抗锯齿操作。

4 实验结果与分析

本次实验通过是否导入 MSAA 技术后的实验结果对比来体现抗锯齿效果。首先是未添加 MSAA 技术时的 OpenGL 实验二整体效果：

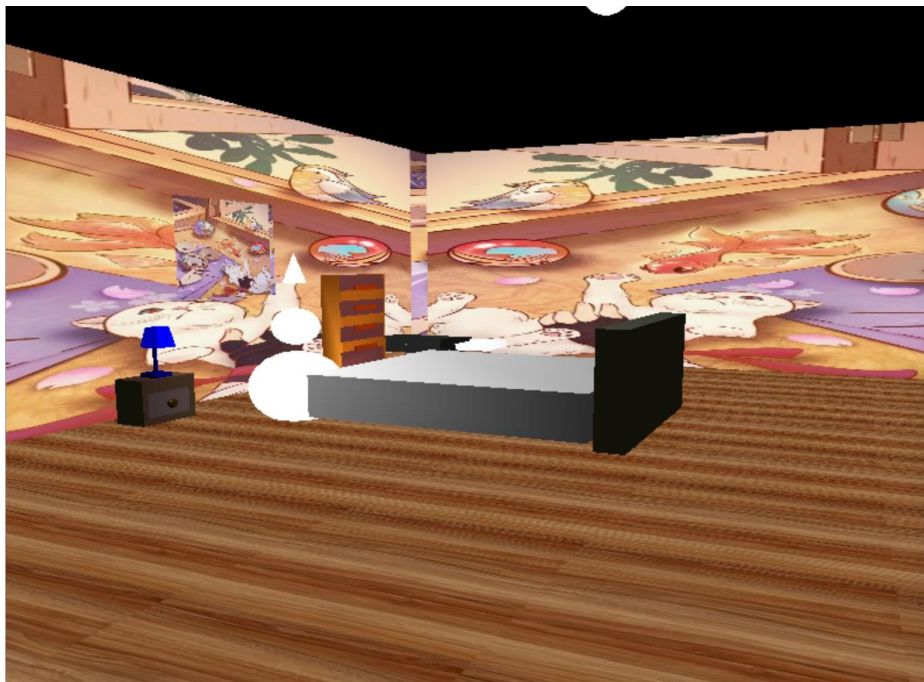


图 4.1 未添加 MSAA 技术的 OpenGL 场景整体效果

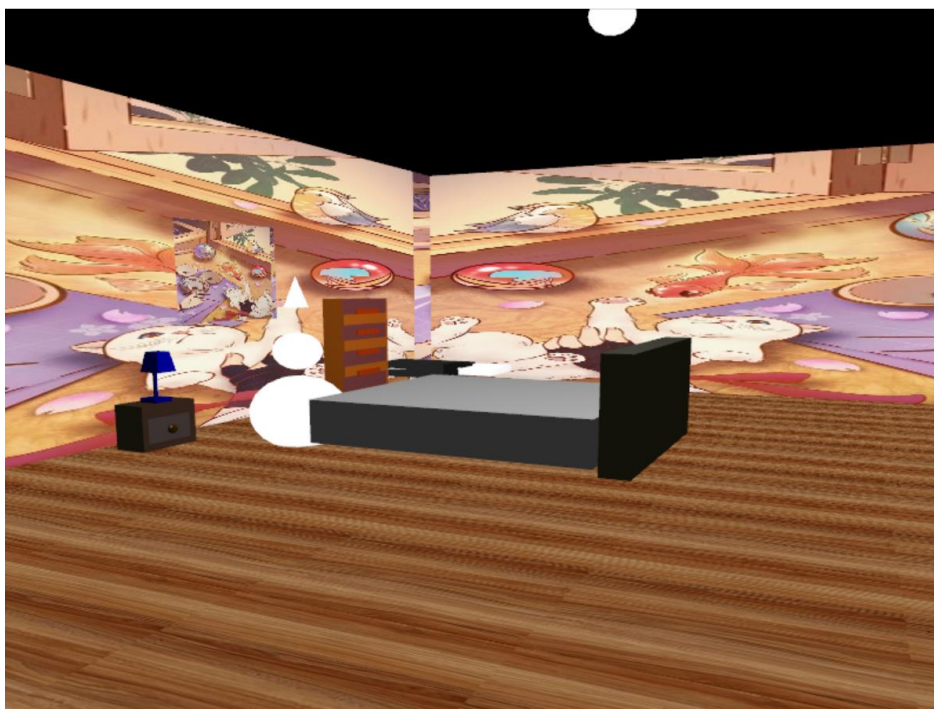


图 4.2 添加 MSAA 技术的 OpenGL 场景整体效果

拉进床这个家具仔细观察其效果：



图 4.3 未添加 MSAA 技术的床渲染效果



图 4.4 添加 MSAA 技术的床渲染效果

拉进台灯及床头柜这个家具仔细观察其效果：



图 4.5 未添加 MSAA 技术的台灯及床头柜渲染效果



图 4.6 添加 MSAA 技术的台灯及床头柜渲染效果

结果分析：

在对比四个渲染效果时，我们可以看到，未添加 MSAA 技术的床渲染效果的边缘，有很明显的边缘锯齿效果，这种效果会使得床的边缘看起来像锯齿一样，不够平滑。而添加了 MSAA 技术的床渲染效果的边缘锯齿效果不显著，看着很平滑。

而未添加 MSAA 技术的台灯及床头柜渲染效果的边缘，有很明显的边缘锯齿效果。而添加了 MSAA 技术的台灯及床头柜渲染效果的边缘锯齿效果不显著。

通过床和台灯以及床头柜这个家具我们可以很明显的看到家具的边缘锯齿效果得到了明显的优化，无论是床还是台灯本身较没有使用 MSAA 技术的图形边缘锯齿现象都有了明显的减少。因此可以得出结论：MSAA 技术在图像渲染中起到了非常重要的作用，它能够有效地减少渲染物品边缘边缘的锯齿效果，提高了我们的观看效果。

5 实验结论

通过本次 OpenGL 应用 MSAA 技术的实验我们可以得出。MSAA 技术能有效消除 OpenGL 渲染中的锯齿现象，提高图像质量。在房间家具渲染中，开启 MSAA 能使家具边缘更加平滑，提升整体视觉效果。

虽然开启 MSAA 会增加一定的渲染时间，但在现在的 GPU 上这种开销是可接受的。在实际应用或者未来的实验中，我们可以根据具体需求权衡图像质量和渲染性能之间的关系。在后续的图形渲染工作中，我们可以考虑根据场景复杂度和实时性要求选择合适的 MSAA 级别或其他抗锯齿技术，以达到 OpenGL 项目最佳的视觉效果和性能表现。

参考文献

- [1] 张升. 直线的扫描转换和直线反走样的研究[D]. 中北大学, 2010.
- [2] 周鹏. 基于光线跟踪的真实感全局光照问题研究[D]. 济南: 山东大学, 2012.
- [3] 方勇, 张应松, 吴华夏, 等. 基于分类映射的真三维显示深度抗锯齿算法[J]. 光学学报, 2015, 35(2):366-375.
- [4] 贾银亮, 张焕春, 经亚枝. 基于 FPGA 的直线反走样算法研究[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(2):26-29.

