

# 加工仿真中 OpenGL 程序设计的优化探讨

The research of optimization based on OpenGL program design in processing simulation

(1.中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院 研究生院)马 岩<sup>1,2</sup> 胡 君<sup>1</sup>

MA YAN HU JUN

摘要: 文章介绍了工业标准 OpenGL 的结构、功能以及工作流程。在加工仿真环境下,从 OpenGL 渲染流程角度出发,对 OpenGL 程序执行的三个层次瓶颈进行分析,结合 OpenGL 提供的 API 函数的功能特性、实现方式和硬件支持及其程序实现的图形效果等方面综合考虑,总结出优化 OpenGL 程序设计的方法。

关键词:OpenGL;程序优化;三维图形

中图分类号:TP391 文献标识码:A

Abstract: The structure, function and working flow of OpenGL on industry standard was introduced. In the environment of processing simulation, begin from the exaggerating and drawing flow of OpenGL, then analyze bottlenecks of three levels of program working, at the end, studying with the functional characteristics, realization and hardware support of the function API, and the graphic effects comprehensively, conclude the optimization methods of OpenGL program designing.

Key words: OpenGL, optimization of program, three dimension graphics.

## 1 引言

OpenGL是一种用于实时 3D 图形的工业标准 API,从本质上说,它是一个完全可移植并且速度很快的 3D 图形和建库。OpenGL 最显著的特点是与硬件系统的无关性,能直接面向硬件调用 3D 处理功能。使用 OpenGL,你可以创建视觉质量接近射线跟踪程序的精致漂亮的 3D 图形。

对于开发者而言,OpenGL 是包含几十个指令或函数的集合,包括物体旋转、平移缩放、材质、光照、纹理、像素、位图、文本以及提高图形表现性能等。利用这些函数对三维的几何对象进行描述,并利用坐标变换、对象着色、光照、消隐及映像到二维屏幕处理,最终实现三维图形的显示,由于图形处理程序执行中会占用大量的计算机硬件资源,所以采用合理的程序组织方式和优化的 OpenGL 程序可以得到最优的性能和最小化的硬件资源开销。

本文以加工仿真为主要环境,从 OpenGL 渲染流程的角度出发,按照 OpenGL 程序的执行顺序的三个层次即 CPU 层,几何子系统,光栅化子系统,在分析出每层的瓶颈之后,结合 OpenGL 提供的 API 函数的功能性、参数设置、实现方式和硬件支持及其所实现的图形效果等方面综合考虑,针对每层处理数据的不同特点,总结了各层的优化方法,优化各层出现的瓶颈。

## 2 OpenGL 及其工作流程

OpenGL 是一个与硬件图形发生器的软件接口,它包括 100 多个图形操作函数,程序设计者可以利用这些函数来构造景物模型,进行三维图形交互软件的开发。OpenGL 也是一个高性能的图形开发软件包。OpenGL 支持网络,在网络系统中用户可以

在不同的图形终端上运行

程序显示图形。

几何顶点数据包括模型的顶点集、线集、多边形集,这些数据经过流程图的上部,包括运算器,逐个顶点操作等;图像包括像素集、影像集、位图集等,图像像素数据的处理方式与几何顶点数据的处理方式是不同的,但它们都经过光栅化、逐个片元处理直至把最后的光栅数据写入帧缓冲器。在 OpenGL 中的所有数据包括几何顶点数据和像素数据都可以被存储在显示列表中或者立即被处理。

OpenGL 要求把所有的几何图形单元都用定点来描述,这样运算器和逐个顶点计算操作都可以针对每个顶点进行计算和操作,然后进行光栅化形成图形碎片;对于像素数据,像素操作结果被存在纹理组装用的内存中,再像几何顶点操作一样光栅化形成图形片元。整个流程操作的最后,图形片元都要进行一系列的逐个片元操作,这样最后的像素值送入缓冲器实现图形的显示。工作流程如图 1 所示。



图 1 OpenGL 基本工作流程

## 3 OpenGL 在 Windows NT 下的体系结构及其功能

OpenGL 的作用机制是客户/服务器机制,即客户(用 OpenGL 绘制景物的应用程序)向服务器(OpenGL 内核)发布 OpenGL 命令,服务器则解释这些命令。大多数情况下,客户服务器在同一机器上运行。正是 OpenGL 的这种客户/服务器机

马 岩: 硕士研究生

制,使得它可以十分方便地在网络环境下使用。因此,Windows NT 下的 OpenGL 是网络透明的。

正如 Windows 的图形设备接口把图形函数库封装在一个动态链接库(Windows NT 下的 GDI32.DLL)内一样,OpenGL 图形库也被封装在一个动态链接库内(OpenGL32.DLL)。受客户应用程序调用的 OpenGL 函数都先在 OpenGL32.DLL 中处理,然后传给服务器 WINSRV.DLL。OpenGL 的命令得到处理后直接传给 Win32 的设备驱动接口,这样就把经过处理的图形命令送给视频显示驱动程序,其过程如图 2 所示。

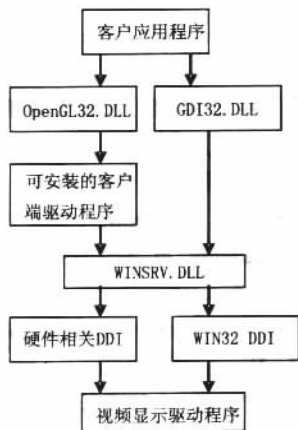


图 2 OpenGL/NT 体系结构

OpenGL 的功能主要有建模功能,变换功能,颜色模式设置,光照和材质设置,反走样,融合,雾化,位图显示和图像增强,纹理映射和双缓存动画功能。

## 4 OpenGL 程序设计的优化

### 4.1 影响瓶颈产生因素

OpenGL 程序的执行与应用环境密切相关,不同的硬件系统和系统软件对其支持不一样。OpenGL 程序的执行可以分为三个层次:CPU 子系统,应用程序在 CPU 中执行,对图形子系统发送命令;几何子系统,包括多边形操作,如坐标变换,光照,生成纹理等;栅格化子系统,包括各种像素的操作,如纹理映射,颜色值写入帧缓冲区中等复杂操作。

影响瓶颈产生的因素存在于各个层次中,其对应关系如表 1 所示。

	所有层次	应用程序	几何子系统	栅格化子系统
各多边形数据量	是		是	是
程序消耗时间		是		
多边形变换速率和模式设置			是	
一帧中所有多边形数据量			是	是
填充的像素数				是
按给定模式设置下的填充速率				是
清屏或清除缓冲时间				是

表 1 影响瓶颈产生的因素与受影响相关程序层次

### 4.2 OpenGL 程序设计的优化

#### 4.2.1 CPU 层的优化

CPU 层的优化重点是优化程序中数据的组织结构和程序流程结构,目标是按照最有效的方式组织程序的流程,避开不必要的操作,比如算法,循环优化等等,可以根据具体的语言环境采用相应的优化原则。

#### 4.2.2 几何子系统的优化

几何子系统优化的目的实质上是对多边形的操作优化,降低图元的数量,或者在光栅化时减少每个图元处理的像素数。主要从以下几个方面来提高几何子系统的显示性能。

(1) 减少多边形的工作量,尽量使用最基本的对象连接。使用最基本的对象连接,如 GL\_LINES、GL\_TRIANGLE\_FAN 和 GL\_QUAD\_STRIP 等在描述对象时使用较少的顶点,减少了数据传输。

(2) 使用平面规则多边形构造显示对象,以减少多边形分化和顶点处理的工作量。

(3) 在处理大量数据时,使用函数 glInterleavedArray()包装好的顶点数据,提高执行速度;使用函数 glDrawElement()减少其它函数的调用,减少每个顶点由于重复使用的计算量;不计算不需要的顶点操作。

(4) 在远程渲染时应用显示列表,无须进行内存到显存的数据移动;使用平面渲染优化绘制模式。

(5) 尽可能使用简单光照模式,避免使用局部视口光照、双侧光照、聚光灯,必要时给顶点赋以颜色减少计算量。

(6) 在 glBegin/glEnd 之间尽量避免不相关代码出现,加快数据传输。

#### 4.2.3 栅格化子系统的优化

光栅化是在 OpenGL 的软件实现过程中常见的瓶颈,它是把经过投影变换的点、线、多边形、位图或者图像的像素转换成碎片的过程,其中每个碎片对应于帧缓冲区中的像素。栅格化子系统的优化目的实质是对于像素的优化操作。

(1) 后景对象先画,前景对象后画时,尽量设置深度测试无效。

(2) 尽量能根据实际图形的特点,如使用一个封闭的多边形,其内部是不可见的,没有必要绘制这些内部多边形,应使用多边形背面消除技术, glEnable(GL\_CULL)。

(3) 为了减少光栅化时不必要的时间消耗,在确定不需要时,将模板混合、点画、alpha 测试和逻辑操作置成无效状态。

(4) 尽量减少屏幕窗口大小或者降低分辨率来降低光栅化操作。

(5) 使用最有效的像素格式(GL\_UNSIGNED\_BYTE)、将纹理贴图包装至纹理对象或者显示列表中、尽量使用 MipMap 纹理、使用更为简单的纹理函数来简化纹理操作的复杂性,减少时间的消耗。

(6) 避免像素操作,适用纹理操作取代像素操作。

(7) 同时清除颜色缓存和深度缓冲区, glClear(GL\_COLOR\_BUFFER\_BIT | GL\_DEPTH\_BUFFER\_BIT), 同时操作比两次单独的操作更快。

4.2.4 动画显示时,保证可行的帧速率,适当降低图像的质量

#### 4.2.5 OpenGL 程序在 Windows 系统环境下的优化

在 OpenGL 程序与 Windows 系统相结合时,Windows 提供

了自身的图形显示管理模式, 所以为了最小化系统的开销, 要尽量避免硬件之间不同部件之间数据大量移动操作; 要权衡所需的性能与质量, 设置像素格式; 避免使用 OpenGL 和当前 Windows 系统对同一个窗口界面进行渲染, 如果一定要同时渲染, 要设置好同步功能; 在 SwapBuffer() 函数执行后, 不要立即调用 OpenGL 函数。

## 5 结束语

随着硬件水平的提高, 在加工仿真环境下, 以前限于工作站的高效三维图形在低端 PC 上变为了可能, 但是如何在高端设备上进一步完善开发, 在低端设备上进一步提高效率成为了一个急需解决的问题, 本文从 OpenGL 渲染流程角度出发, 按照 OpenGL 的执行顺序的三个层次, 分析影响产生瓶颈的因素, 针对每层处理数据的特点, 总结了各层优化的方法, 这些方法的合理应用避免了一些不必要的开销, 平衡了显示效果与性能。

本文作者创新点: 随着三维图形、图像技术在 PC 上应用日益广泛, OpenGL 的图像处理技术应用也被广泛采纳, 但是由于 OpenGL 本身设计上的要求和使用上的灵活性, 如何在程序设计上改进创新, 实现图形、图像显示效果与性能的双向提高成为了核心问题。文章总结以前应用 OpenGL 技术进行程序设计的经验, 从 OpenGL 程序的执行顺序的三个层次即 CPU 层, 几何子系统, 光栅化子系统着手, 针对每个层次的运行机制、系统函数、效果综合和系统开销进行多角度分析, 提出了一种在加工仿真环境下, 对程序设计进行优化的方法, 平衡了显示效果与性能, 大大减少了系统开销。

### 参考文献

- [1]郭伟雷, 李少洪. 基于 VC++/OpenGL 的引信仿真测试可视化系统软件设计[J]. 微计算机信息, 2005, 51-8: 109-111.
- [2]匡天君等. 基于 MFC 和 OpenGL 三维图形的开发[J]. 微计算机信息, 2004, 20-6: 115-119.
- [3]滕越, 王志良. 基于 OpenGL 技术的人脸表情动画合成的研究[J]. 微计算机信息, 2004, 20-5: 100-102.
- [4]冯辉峰等. OpenGL 在加工仿真中的应用[J]. 大众科技, 2006, 4: 43-44.
- [5]王兰美等. OpenGL 及其在 VC++ 开发环境下的编程实现[J]. 山东理工大学学报, 2006, 4: 36-40.
- [6]赵秀丽. 基于 Windows 的 OpenGL 应用程序的开发技术[J]. 海军航空工程学院学报, 2005, 6: 661-663.
- [7]和平工作室. OpenGL 高级编程与可视化系统开发[M]. 中国水利出版社, 2003, 6: 1-364.
- [8]OpenGL 体系结构审核委员会. OpenGL 编程指南[M]. 清华大学出版社, 2005, 3: 1-255.
- [9]乔林, 费广正. OpenGL 程序设计[M]. 清华大学出版社, 2000, 4: 1-299.
- [10]Richard, S. Wright, Jr. Michael. OpenGL 超级宝典[M]. 人民邮电出版社, 2001, 6: 1-265.
- [11]吴重光. 仿真技术[M]. 化学工业出版社, 2000, 5: 1-306.
- [12]WOOM, NEIDER, J. DAVIST 等. OpenGL 编程权威指南[M]. 中国电力出版社, 2001, 6: 1-368.

作者简介: 马岩, 男, 1981 年生, 汉族, 吉林吉林人, 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所硕士研究生。专业方向: 计算机应用专业, 主要研究方向为计算机三维图形设计及工程可视化的软件实现技术研究; 胡君, 男, 1952 年生, 汉族, 吉林蛟河人。中国科学院长春光学精密机械与物理研究所高级工程师, 硕士生导师。主要研究方向: 智能控制与信息处理、光机电一体化、CAD 技术应用和测试仿真技术。

Biography: Ma Yan, male, born in 1981, a graduate student of Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, major in communication of computer, design of three dimension graphics.

(130033 吉林长春 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所) 马岩 胡君

(100039 北京 中国科学院 研究生院) 马岩

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China) Ma Yan Hu Jun

(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China) Ma Yan

通讯地址: (130033 吉林省 吉林省长春市经济技术开发区长春光学精密机械与物理研究所营口路 20 号研究生公寓 C 座 502) 马岩

(收稿日期: 2007.11.06) (修稿日期: 2008.2.04)

## 踏破铁鞋无觅处 得来全不费功夫

20 余万嵌入式系统的研发人员, 盼望已久的《嵌入式系统应用精选 200 例》一书, 已经面世了, 他涵盖了数码相机、洗衣机、电话交换机、精密仪器、智能仪表、机器人应用、三表自动抄、变频器应用、电梯应用、数控机床应用、电力机车应用、变电站综合自动化应用、造纸应用、水泥生产应用、啤酒生产应用, 各种自动化生产过程监控应用和 I<sup>2</sup>C 总线应用、网络应用、多媒体应用、通信设备应用。同时, 本书还涵盖了嵌入式实时操作系统应用、嵌入式系统的优化设计、嵌入式系统抗干扰设计、嵌入式系统的接口设计、嵌入式系统的 internet 互连技术、嵌入式系统的仿真技术、纠错技术、逻辑分析技术等等。

本书是技术设计、技术主管、设备采购人员的案头书, 200 篇应用文章总有一篇适合您。

本书已出版, 定价 110 元(含邮费), 预购者请将书款及邮费通过邮局汇款至:

地址: 北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室  
微计算机信息 编辑部 邮编: 100081

电话: 010-62132436 010-62192616(T/F)

http://www.autocontrol.com.cn

E-mail: editor@autocontrol.com.cn

control-2@163.com