

OpenGL 在自动化网架中的应用

邹承明, 靳俊霞, 徐 宁

(武汉理工大学, 计算机科学与技术学院, 湖北 武汉 430070)

摘 要:文中使用 OpenGL 作为三维立体视觉图形渲染工具, 结合自动化大型工程的钢结构原理, 绘制逼真三维的网架结构, 实现三维网架的旋转、平移、放大、缩小等变换, 达到于用户的良好交互性。采用优化的 OpenGL 拾取原理, 对安装在网架中的传感器进行跟踪并通过读入数据库中的变化数据, 拾取网架中相应的传感器, 为其绘制每个传感器数据变化曲线图, 以便实时查看网架的承受力, 达到良好的交互性和实时性。

关键词:OpenGL; 拾取; 旋转; 网架

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)09-0239-03

Application of OpenGL in Automatization Frame

ZOU Cheng-ming, JIN Jun-xia, XU Ning

(School of Computer and Technology, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, china)

Abstract: Uses OpenGL as 3D image rendering tool, combine with the automatization steel structure using in great project, describe the vivid meshy frame bases on 3D. For the best alternate interface, the meshy frame was rotatable, translatable, amplificatory, and contractible. Also adopt optimized OpenGL pick up elements, observe the sensor fixed on the meshy frame, obtain the data information in the data-base, find out the relevant sensor, describe the data change graph for every sensor in the frame, that is convenient for the user to observe the press endured by the sensors. It is good in alternant and real-time.

Key words: OpenGL; pick up; rotation; frame

0 引言

随着计算机多媒体技术、可视化技术及图形学技术的发展, 可以使用计算机来精确地再现现实世界中的绚丽多彩的三维物体, 并充分发挥自身的创造性思维, 通过人机交互来模拟、改造现实世界。利用该技术, 建筑工程师可以直接设计出美观的楼房模型, 军事指挥员可以模拟战场进行军事推演等。空间三维网架的仿真绘制, 方便工程师对屋顶钢结构网架的安全预测, 针对一些自然现象如积雪, 利用传感器传来的数据, 使用 OpenGL 仿真空间网架的受力变形情况, 以便做出早期的安全预警^[1]。

1) Windows 操作系统对 OpenGL 的支持。

在 Windows 下用 GDI 作图必须通过设备上下文 (Device Context, DC) 调用相应的函数^[2]; 用 OpenGL 作图也是类似, OpenGL 函数是通过“渲染上下文” (Rendering Context, RC) 完成三维图形的绘制。Win-

dows 下的窗口和设备上下文支持“位图格式” (PIXELFORMAT) 属性, 和 RC 有着位图结构上的一致。只要在创建 RC 时与一个 DC 建立联系 (RC 也只能通过已经建立了位图格式的 DC 来创建), OpenGL 的函数就以通过 RC 对应的 DC 画到相应的显示设备上^[3]。

2) 应用背景。

本程序设计按照武汉体育中心二期工程游泳馆钢结构监测项目的招标要求, 绘制空间三维游泳馆屋顶网架结构, 为了实现武汉体育中心二期工程游泳馆屋顶钢结构网架的安全预警, 建立了结构的有限元模型, 并在最不利雪荷载作用下对结构进行了有限元分析, 从而确定了 60 个关键杆件, 在其上布置应变传感器, 将应变传感器同步测得的应变信号通过半桥三芯线传输到应变仪, 通过无线发射和无线接受装置将信号传输到数据库及安全预警模块管理系统。为了实现网架结构施工超载的自动报警, 分别分析了游泳馆网架存在施工辅助支撑时的有限元模型和拆除施工辅助支撑后的有限元模型, 并确定了 30 个关键杆件。在这些关键杆件上布设应变传感器, 将应变传感器同步测得的应变信号通过半桥三芯线传输到应变仪, 通过无

收稿日期: 2007-12-13

基金项目: 国家自然科学基金 (60572015)

作者简介: 邹承明 (1975-), 男, 广东徐闻人, 副教授, 博士, 研究方向为图形图像、智能技术与智能系统等。

线发射和无线接受装置将信号传输到计算机中。绘制网架结构中,将传感器用红色杆件标记,方便处理。由传感器得到的实际数据,模拟空间网架的受力情况,以人机交互界面告知整个网架结构和关键杆件的工作状态,当它们的最大等效应力趋近屈服强度极限时,及时报警,避免危及网架结构安全的情况出现。当在屋顶施工时,能对因施工超载或布局不合理引起的网架结构构件的不安全通过人机交互界面作出安全预警,及时告知施工单位采取相应措施,其所属系统模块如图 1 所示。

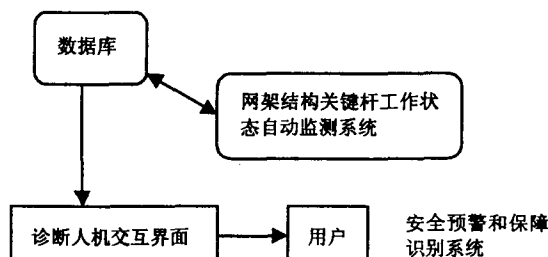


图 1 网架结构检测子系统

1 OpenGL 的绘图

按照上面的绘图机制,配置一个 OpenGL 的三维绘制环境,另外,初始化 OpenGL 环境时,要使用到两个矩阵, GL_PROJECTION, GL_MODELVIEW 两个矩阵,前一个投影矩阵在使用时,固定不变,它定义的是 OpenGL 的虚拟视角的位置及其观察世界方式;而后一个是不停变化的,通过它的变化实现如视角转换、物体旋转,及物体拾取等功能^[4]。

网架的绘制及实现功能:

1) 读取球体的信息,运用转移变换函数,绘制网架的节点。

2) 读取连接柱体的信息,计算柱体的长度和旋转变换量,由于柱体的绘制,在 OpenGL 中,默认画柱体的函数以原点为一个端点,沿 Z 轴的方向,按照给定的柱长绘制,空间网架的方向不定,通过叉积计算,柱体方向与 Z 轴的夹角进行旋转变换后进行绘制。

3) 物体拾取,空间网架主要用来安全预警,其上重要地方安装传感器,绘制网架时,把传感器按不同的颜色绘制出来,用户通过拾取指定传感器,通过物理上传感器传入数据库中信息,在三维网架的传感器中记录信息的变化由数据绘制曲线图,更好地观察网架的安全情况。

4) 空间网架的三维立体效果,采用合适的光照及合理的开启深度缓存来实现。

5) 空间网架的三维变换,通过使用 gluLookAt 变换视角的方法来实现物体的各种变换。放大缩小使物

体在 Z 轴上面做平移变换,根据实际需要放大到固体的大小,通过物体平移到距离观察距离小于一定值时,以提高变换速度。

2 绘制方法

2.1 读取文件方式

由于网架的体积庞大、数据量大,直接简单进行绘制太影响运行速度,难以达到实时观测。为了适应网架结构的实时变化需要及达到软件的通用性,将传感器实时读取的数据存储成 .txt 格式的文本,当程序运行时通过实时读取数据,来绘制网架结构。本程序使用 C++ 的 ifstream 读文件数据,相比 VC 库 CStdioFile 类读取文件,运行效率极大提高。

2.2 OpenGL 拾取物体

OpenGL 提供了三维图形人机交互接口,绘制物体是在其缺省的绘图模式下进行的,而选择物体和反馈信息则是分别在其选择模式和反馈模式下进行的。OpenGL 选择与反馈机制具有以下缺点:使用选择反馈机制需要切换渲染模式,操作命名堆栈,计算拣选矩阵,检查选中记录等大量工作;只能做基本图元的选定,不能对基本图元的部分选取,工作效率低,OpenGL 中选择和反馈与普通显示并不是同一种渲染方式,在选取某一物体时要渲染两次,从而降低效率^[5]。

本程序采用三维坐标拣选的 RIP 方法。该方法引入“拣选射线”和“深度值”概念,通过拣选射线和深度值将 OpenGL 视区内的二维屏幕坐标为其对应的场景中的世界坐标,并通过程序设定深度值和所选取物体类别来达到对物体灵活选取,并且此方法对于正交投影或透视投影均有效。相对 OpenGL 的拣选机制来看,RIP 在选择效率及精度方面都有着显著的优势^[6]。

通过表 1,可以看出 RIP 方法的高效性,使用这种方法能快速精确查找到要拾取的物体,能有效地避免物体重叠测试地复杂性。

表 1 两种不同的拾取方法效率表

拾取方式	90 个拾取物体	900 个拾取物体	9000 个拾取物体
OpenGL 拾取	1.1s	10.4s	23.1s
RIP 方法	0.9s	9.1s	19.7s

2.3 基于 3D 数学绘制算法

考虑众多的因素及圆柱的方向的任意性,使用一次旋转,让柱体的旋转轴任意,而非 3 个基本坐标轴,同样可以推理出任意轴旋转的旋转矩阵^[7]:

假设物体为绕轴 n 旋转角度 θ ,来推导出物体的旋转矩阵 $R(n, \theta)$,使其满足 $vR(n, \theta) = v'$, v' 为向量 V 绕轴 n 旋转后的向量。将 V 分解为两个向量: $v_{||}$ 和

v_{\perp} , 分别平行于 n 和垂直于 n , 并由 $V = v_{\parallel} + v_{\perp}$. 由于 v_{\parallel} 平行于 n , 所以绕 n 旋转不会影响它, 因此只需要计算出 v_{\perp} 绕 n 旋转后的 v'_{\perp} , 就可以得到 $v' = v_{\parallel} + v'_{\perp}$. 首先构造向量 v_{\parallel} , v_{\perp} 及临时向量 W , 如图2所示。

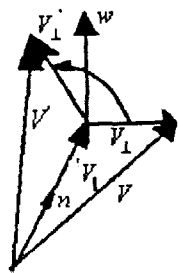


图2 绕任意轴旋转

其中 $v_{\parallel} = (v \cdot n)n$, v_{\parallel} 是 v 在 n 上的投影; $v_{\perp} = v - v_{\parallel}$, v_{\perp} 是 v 投影到垂直于 n 的平面上的结果; $w = n \times v_{\perp}$, w 同时垂直 v_{\parallel} , v_{\perp} , 长度与 v_{\perp} 相同。

$$v'_{\perp} = v_{\perp} \cos \theta + w \sin \theta \quad v_{\perp} = v - v_{\parallel} = v - (v \cdot n)n \quad w = n \times v_{\perp} \quad (1)$$

以式(1)代入式(2)

$$v' = v'_{\perp} + v_{\parallel} = (v - (v \cdot n)n) \cos \theta + (n \times v) \sin \theta + (v \cdot n)n \quad (2)$$

从得到的 v' , v , n , θ 的关系式, 第一个基向量为: $p' = (p - (p \cdot n)n) \cos \theta + (n \times p) \sin \theta + (p \cdot n)n$ 从而得出旋转矩阵:

$$R(n, \theta) = \begin{bmatrix} p' \\ q' \\ r' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_x^2(1 - \cos \theta) + \cos \theta & n_x n_y(1 - \cos \theta) + n_z \sin \theta & n_x n_z(1 - \cos \theta) - n_y \sin \theta \\ n_x n_y(1 - \cos \theta) - n_z \sin \theta & n_y^2(1 - \cos \theta) + \cos \theta & n_y n_z(1 - \cos \theta) + n_x \sin \theta \\ n_x n_z(1 - \cos \theta) + n_y \sin \theta & n_y n_z(1 - \cos \theta) - n_x \sin \theta & n_z^2(1 - \cos \theta) + \cos \theta \end{bmatrix}$$

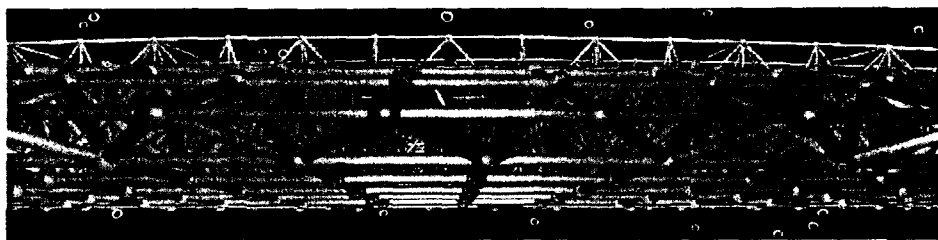


图3 俯视放大后的三维立体效果图

数学推导证明^[8], 一次旋转的局限性: 只能围绕坐标轴旋转, 鉴于物理网架的多样变化性, 运用基于轴的旋转方式, 需要旋转两次, 分别旋转到与坐标轴平行的面上, 然后再旋转到 Z 轴进行绘制, 其算法的复杂性及多次旋转的误差很大, 时间效率和绘图质量也很低, 因此本程序使用基于任意轴的旋转方式, 通过一次旋转来达到目的。

3 实验结果

本程序以 VC 6.0 为开发环境, Windows XP 操作系统下运行通过, Pentium(R)4 CPU 3.00GHz, 2.99 GHz, 512MB 的内存, Intel(R) 82865G Graphics Controller。

根据以上数学绘图原理, 经过光照的调整及深度缓存的启用, 开发程序如图3所示。

4 结束语

文中基于 PC 平台实现了三维网架的仿真平台, 在 PC 机的有限图形和运算处理能力下, 达到了很好的实时性和交互性。基于此平台可以快速实现空间网架视点的变换, 准确拾取物体, 其使用的双缓存交互技术及良好的渲染效果, 极大推动了以往的平面网架绘图向空间三维视图的发展。

参考文献:

- [1] 黄权, 徐学军. 基于 OpenGL 的卫星跟踪仿真[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(2): 131-134.
- [2] 张大强, 翟素兰, 程家兴. OpenGL 在视频游戏中的应用[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(2): 73-75.
- [3] 郭兆荣. Visual C++ OpenGL 应用程序开发[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [4] Shreiner D, Woo M, Neider J. OpenGL 编程指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [5] 顾露. 使用 OpenGL 实现三维坐标的鼠标拣选[EB/OL]. 2004-09. <http://blog.donews.com/lophyxp/archive/2005/05/27/401321.aspx>.
- [6] 陈金水, 颜伟琼. 基于 OpenGL 的三维建模在水利行业中的应用[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(3): 197-199.
- [7] Schneider P J, Eberly D H. 计算机图形学几何工具算法详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [8] Dunn F, Parberry I. 3D 数学基础: 图形与游戏开发[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.