

文章编号: 100025013(2009)020114203

用 OpenGL 开发的 STL 文件仿真系统

李玉魁, 王志远, 谢明红

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 为了实现数控机床铣削加工过程的可视化仿真, 开发出针对立体光造型(STL)文件的接口程序, 设计一种 STL 真实感显示工具(FMill)。考虑到方便软件功能扩充的需要, 采用了动态连接库 DLL(Dynamic Link Library)技术, 整个应用程序由可执行程序 FMill.exe 和 3 个动态连接库组成, 即几何基础模块(GeomBase.dll)、二维图形绘制模块(glContext.dll)和几何核心模块(GeomCore.dll), 克服 OpenGL 不具备面向对象功能的缺陷。在此基础上调用 STL 格式文件, 以实现 STL 文件的真实感显示输出, 并通过 Master CAM 8.0 输出的 STL 文件进行验证。

关键词: 可视化仿真; OpenGL; 立体光造型文件; 动态连接库

中图分类号: TP 311.52 **文献标识码:** A

1 三维仿真软件的总体设计

STL(Stereo Lithographic)文件又称为立体光造型文件, 由 3D System 公司开发而来, 它使用三角形面片来表示三维实体模型^[123]。采用由 Master CAM 8.0 输出的 ASCII 形式的 STL 文件作为研究和程序测试的对象。整个应用程序由可执行程序 FMill.exe 和几何基础模块(GeomBase.dll)、二维图形绘制模块(glContext.dll)和几何核心模块(GeomCore.dll)3 个动态连接库组成。这些软件模块与 MFC 基础类库之间的层次关系, 如图 1 所示。

1.1 几何基础模块

该模块主要输出几何对象类(点、矢量、齐次变换矩阵)和几何计算函数, 是 CAD 系统中必不可少的模块。CAD 系统中与几何造型、操作及显示等相关的功能, 都需要这些基本的几何对象和计算功能。

1.2 三维图形绘制模块

该模块采用 OOP(ObjectOriented Programming)技术的封装机制^[4], 实现对 OpenGL 功能的封装与操作, 并输出一系列用于描述三维几何对象的类。在 MFC 下可方便地调用这些类, 完成 OpenGL 的初始化设置、三维几何体的光照显示^[5]及对显示的操作。glContext.dll 的输出类包括如下 3 个部分。

(1) 视图基类(CGLView)。OpenGL 仅是一个由 120 多个图形函数组成的图形库, 缺乏面向对象的能力, 不符合当前流行的软件设计思想。它与操作系统之间的连接繁琐, 每次创建 OpenGL 应用程序时都需要重新书写连接代码, 而无法共享这部分代码。另外, 在 Visual C++ 环境中编程时, 它把像素格式描述、绘制描述表创建等代码都添加到视图类中处理, 不符合软件编程习惯。因此, 按照面向对象思想创建一个 OpenGL 视图类(CGLView), 封装这些重复利用率高的代码, 可以很好地解决上述问题。但是,

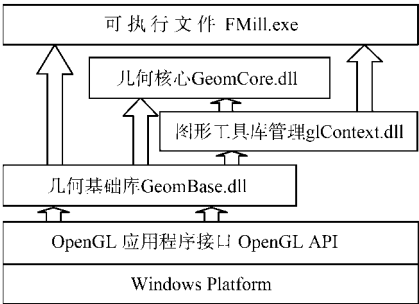


图 1 FMill 的层次结构
Fig. 1 The hiberarchy of FMill

收稿日期: 200820217
通信作者: 谢明红(1962), 男, 研究员, 博士后, 主要从事 CAD/CAM 与自动检测系统开发的研究. E2mail: xmh3721@tom.com.

基金项目: 福建省自然科学基金(高校专项)资助项目(2006J0443); 国务院侨办科研基金资助项目(02QZR05)

作为一个视图类, 如果将有关 OpenGL 的所有功能都写在 CGLView 类中, 将导致 CGLView 的实现文件过大, 不利于维护和修改, 同时也不利于软件的重复使用. 这个矛盾可以通过在 CGLView 类中定义一个 COpenGLDC 对象而得到解决. CGLView 本身的代码将集中于处理和分发用户和视图本身的交互信息, 如对视图的放大、缩小、旋转、平移等.

(2) 照相机类(GCamera). 在 OpenGL 程序中, 屏幕所显示的景物范围是由 OpenGL 中的取景函数决定的. 在绘制景物之前, 必须首先进行取景设置. OpenGL 中, 取景操作是通过视点变换、投影变换来实现的, 即定义出要观察的景物空间, 并将三维景物投影成二维图像, 最后经过视口变换将图像输出于相应的窗口取于众. 取景是 OpenGL 图形绘制和所设计的 GCamera 类的使用类似于一个照相机的取景过程, 可以通过改变相机的位置、角度和伸缩镜头来改变观察空间. 因此, GCamera 类中主要包括视点位置和视线方向、视景物定义、视口尺寸 3 部分数据. 设计 GCamera 的成员函数对以上 3 部分数据进行设置和操作, 便可以实现 OpenGL 中的取景操作.

(3) OpenGL 绘图类(COpenGLDC). 如同在 CView 类中调用 CDC 类绘制图形一样, 创建 COpenGLDC 类的目的在于, 调用 COpenGLDC 可直接进行 OpenGL 绘图. COpenGLDC 中封装了在 MFC 环境下设置 OpenGL 环境和调用 OpenGL 绘制图形的功能. 所创建的 COpenGLDC 类主要包括实现和 Windows 窗口的关联、取景操作(通过 GCamera 的对象实现)、绘图操作、光源及颜色等几个方面的内容. 在 MFC 的窗口类中插入一个 COpenGLDC 的对象, 就可以方便地使用 OpenGL 的相关功能. 本文中对三角面片的绘制函数定义如下:

```
void CTriChip::Draw( COpenGLDC* pDC)
{
    pDC-> DrawTriChip( normal. dx, normal. dy, normal. dz,
        vex[ 0]. x, vex[ 0]. y, vex[ 0]. z,
        vex[ 1]. x, vex[ 1]. y, vex[ 1]. z,
        vex[ 2]. x, vex[ 2]. y, vex[ 2]. z);
}
```

1.3 几何核心模块

CAD 系统中的核心问题是对几何模型的管理和操作. 在 STL 文件中, 三角面片是最基本的图形单元^[1]. 因此, 为了实现对三角面片信息的管理和操作, 同时考虑到软件功能扩展的需要, GeomCore. dll 中设计了如下 4 个几何对象类. (1) 结合对象基本类(Centity). 描述几何对象的共有属性. (2) 高级几何模型类(Cpart). 描述应用程序中整个几何模型. (3) 结合模型类(CSTLModel). 描述由离散三角面片(STL 格式)表示的实体. (4) 三角面片对象类(CtriChip). 描述三角面片, 它的数据结构定义如下:

```
public:                                CPoint3D vex[ 3];
Mattribs                             CVector3D normal
```

其中, CPoint3D 和 CVector3D 是在 GeomBase. dll 中定义的三维点和三位矢量类. 在应用程序 FMill 中, 对所有 STL 几何模型的数据管理, 可以通过在其文档类 CSTLViewDoc 中定义一个 Cpart 类的对象来实现.

类 CSTLModel 提供了读入 STL 格式文件的接口函数, 在程序中对一个 STL 模型对象的创建需要先声明一个 CSTLModel 的对象, 然后再读入相应的 STL 文件. 为实现三角面的动态存储, 采用 MFC 的类模板 CtypedPtrArray 来定义一个管理三角面片类指针的对象^[1]. 具体代码如下:

```
CtypedPtrArray 3rray, CtriChip * 4 m_TtiList; // 三角面片数据链
```

用 CtypedPtrArray 模板创建 CobArray 对象, 可以使编译器进行更广泛的类型检查, 减少错误, 并减少使用对象指针时需要的类型转换. 对于程序中其他几何对象的管理, 也同样采用上述方法.

1.4 FMill 的模块化实现

以上介绍了 3 个模块的建立过程和相关的关键技术, 在这些模块的基础上搭建主程序 FMill. 主程序 FMill 主要负责界面消息处理、动态连接库的连接与相关功能的实现. 由于采用了动态连接库技术, 因此需要将主程序生成的可执行文件 FMill. exe 和 3 个动态连接库保存到同一个目录下^[1]. 具体做法:

在 FMill 属性页对话框中连接器/ 常规页的/ 输出文件路径改为/ .. /bin/FMill. exe。编译运行 FMill. exe, 选择/ 文件并/ 打开 STL 文件, 可读入 STL 文件数据, 在窗口中显示输出文件所描述的几何模型, 具体流程如图 2 所示. 由 FMill 对 STL 文件的显示, 如图 3 所示.

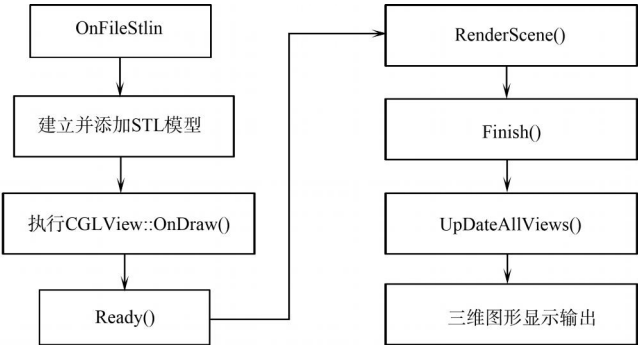


图 2 STL 文件读入与显示输出流程图

Fig.2 Reading and displaying flow chart of the STL file



图 3 FMill 对 STL 文件的显示

Fig.3 FMill show for STL file

2 结束语

本文介绍了一个用 OpenGL 开发的 STL 格式文件的三维图形真实感显示工具, 对其开发过程及相关的关键技术作了阐述. 通过对由 Master CAM 8. 0 输出的 STL 文件的验证表明, 本软件的显示效果清晰逼真, 并且在 STL 文件读取、显示速度以及对图形的操作方面, 均优于 Master CAM 8. 0.

参考文献:

[1] 和平鸽工作室. OpenGL 高级编程与可视化系统开发))) 高级编程篇[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 2003.
[2] 和清芳. 计算机图形学原理及算法教程))) Visual C++ 版[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
[3] 白燕斌, 史惠康. OpenGL 三维图形库编程指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
[4] 胡 伟, 王 弘. 如何在 VC++ 中用 MFC 进行 OpenGL 编程[J]. 计算机应用, 2001(8): 87289.
[5] ALVERSON G, EULISSE G, MU ZAFFAR S, et al. A high2performance 2D and 3D visualisation system[J]. Nuclear Instruments & Methods in Physics Research (A), 2004, 534(11): 143146.

Development of STL File Simulational System Based on OpenGL

LI Yu2kui, WANG Zh2yuan, XIE Ming2hong

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: In order to achieve visual simulation of the computerized numerical control (CNC) milling machine processing, this paper developed interface documentation program for the stereo lithography (STL) files and designed a realistic display tools software (FMill. exe) for the STL files. Taking into account the needs of the expansion of software funtion, it adopts the dynamic link library (DLL) technology. The entire application program is composed of FMill. EXE and 3 DLL, that is the geometric basis modules, 2D Graphics rendering module and the core collection module, which over2comes the limits of OpenGL without objec2oriented functions. On this basis, the software using STL files to achieves a re2alistic display output and the result was verified through STL files from Master CAM 8. 0.

Keywords: visual simulation; OpenGL; STL file; DLL

(责任编辑: 黄仲一 英文审校: 吴逢铁)