

基于 Linux 平台的数控加工仿真系统研究与开发

王秀丽,王恒,张承瑞

(山东大学机械工程学院,山东 济南 250061)

摘要:该文介绍了基于 Linux 平台,以 QT 为开发工具,采用 Mesa/OpenGL 技术的加工过程三维动态仿真系统,给出了系统整体结构,详细讨论了实现过程中的实体建模、动画显示及消隐算法等。该系统思想同样适用于 Windows 操作系统。

关键词:三维动态仿真;车床数控系统;算法

中图分类号:TP391.9 **文献标识码:**A

1 前言

数控机床是先进制造技术的基础和核心,它反映了一个国家的制造技术和工业水平。数控系统作为核心部分是各国竞相发展的高新技术。为检查数控程序的正确性,传统上采用试切的方法,但这种方法费工费料,代价昂贵,延长了产品生产周期。后来又采用轨迹显示法,即用计算机控制铅笔绘图器,以笔代替刀具,以纸代替毛坯来仿真刀具运动轨迹的二维图形。这种方法可以显示三轴加工轨迹,也可以检查一些大的错误,但其运动仅限于平面,局限性很大。为此,人们一直在研究能逐步代替试切的仿真方法,并在试切环境的模型化、仿真计算和图形显示等方面取得了重要的进展。

因此数控加工仿真技术为验证数控程序的可靠性,防止干涉和碰撞的发生及预测加工过程提供了强有力的工具。三维动态仿真是高档数控系统的必要功能,其技术复杂,难度大,具有重要的应用价值。

本文研究的仿真系统以 Linux 操作系统为软件平台,用 QT 工具包实现人机界面,用 Mesa/OpenGL 实现加工过程的三维动态仿真,用 MySQL 创建数据库并维护之。

Linux 秉承了 Unix 的优良传统。但是,Linux 最受人关注的特点是在同样的硬件条件下,能提供更快的执行速度和更出色的健壮性(robustness)。Qt™是挪威首都奥斯陆 Troll Tech 软件公司的产品。它是一个半开放的,用于 C++ 开发 graphical user interface (GUI) 应用的多平台面向对象结构软件,易扩展,支持组件编程,可以实现与 OpenGL/Mesa 3D 类库的无缝结合,它可以支持大部分操作系统,它最大的好处是在 Linux 下开发的代码只要用 Windows 95/NT 版本重新编译就可以使用。

OpenGL,即开放的图形库(Open Graphics Library),它是独立于软硬件平台的,它可以采用 Fortran、C、C++、Java 等多种语言编程,以它为基础开发的应用程序可以十分方便地在各种平台(如 Windows、Unix 及 Linux)间移植。OpenGL 使用了

一种客户端-服务器端的模式来解释命令。应用程序(客户端)所发布的命令将通过 OpenGL(服务器端)来编译和处理。服务器的操作既可以同客户端在同一台计算机上进行,又可以分别属于不同的机器。因此,从这个意义上讲,OpenGL 是网络透明的。一个服务器可以维护数个 GL 上下文,每个上下文被封装在一个 GL 状态里。服务器可以同时包含几个 GL 上下文,每个上下文都被封装在一个 GL 状态里。每个客户端都可以连接到这些上下文中的任何一个。所需要的网络协议可以是扩充过的已有协议(如 X Window 系统)或是一个完全独立的协议。OpenGL 并没有提供命令用来获取用户的输入。

OpenGL 提供的操作包括:绘制图元(Drawing Object)、变换(Transform)、着色(Rendering)、光照(Lighting)、反走样(Antialiasing)、混合(Blending)、雾(Fog)、位图和图像(Bitmap and Image)、纹理映射(Texture Map)、交互操作和动画(Interactive and Animation)等。

Mesa 是一种类似于 OpenGL 的应用编程接口(API),可运行于绝大多数 Unix 工作站,也可运行于 Windows、Macintosh、Dos、Linux 等系统。准确地说,Mesa 并不是 OpenGL 的一种实现方式,因为它没有从 SGI 公司获得许可。尽管如此,Mesa 依然不失为 OpenGL 的一种有效替代方案。其核心函数的技术文档可以采用 OpenGL 的文档。

2 仿真系统简介

该系统从人机学的角度,突出易学、易用、易操作、易维护,实现软件的标准、集成化、相容性、可移植性、一致性,保证系统可靠性、可用性、安全性和数据完整性。将整个系统分成几个模块,每一个模块中包含不同功能,每个模块和功能都与相应的功能键连接。状态栏能够显示正在执行的程序代码情况、实时机床状态参数反馈及在线提示等。

数控加工仿真系统的整体结构如图 1 所示。要实现数控加工过程的仿真,首先要建立数控机床、刀具、工件和夹具的几何模型。在几何模型的基础上建立数控机床的运动模型及加工环境的设置,最后实现对数控加工过程的仿

基金项目:国家自然科学基金资助项目(59975055)

收稿日期:2002-04-03

真。其中编辑器用于编辑和修改 NC 程序,可读取磁盘上已有的 NC 程序,建立和保存新的 NC 程序;代码解释器对数控代码进行词法、语法及语义分析,形成刀具位置文件;仿真驱动模块用于计算刀具在不同时刻的位置参数和工件形状的更新数据;画面调整模块用于调整仿真加工场景的位置、大小和加工显示速度的快慢等;通信模块完成与数控机床之间的通讯。

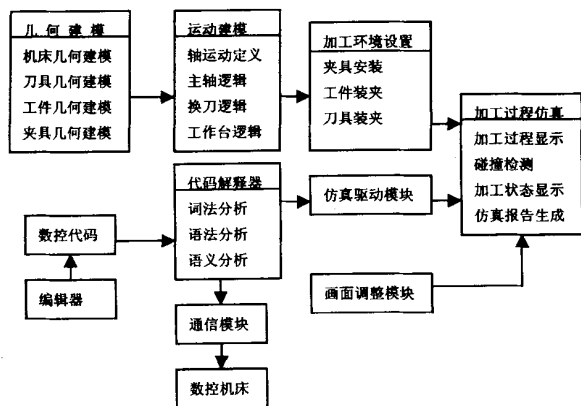


图1 仿真系统的整体结构

3 三维实体建模

三维实体建模是整个图形学的基础,要生成高逼真度的图像,首先要生成高质量的三维实体模型,对于本系统也是如此。

3.1 几何模型的建立

首先要确定各实体的几何形状及尺寸,Mesa/OpenGL 中提供了以 glut 作为前缀的实用工具库函数,简单的模型,如球体、长方体、圆柱、圆锥、棱台及棱锥等可以使用这些函数来实现。但有些复杂实体建模需要采用三角片逼近方式进行绘制,例如螺纹,根据其参数方程首先应求得构成面片的所有点,然后利用这些点的坐标求出每一个面片的法向量,这个法向量决定该面片接受光的强度。最后调用 OpenGL 函数逐一将这些面片绘出,由这些面片逼近出螺旋面。(篇幅所限,程序略。)

3.2 运动模型的建立

加工场景中的实体有很强位置关系,在加工过程中这些关系不断地变化,必须搞清从物体坐标系到屏幕窗口地映射关系,才能正确演示加工过程,这种关系是通过坐标变换实现的。包括几何变换、视口变换及投影变换等。运动模型的建立即是建立刀具坐标系相对于工件坐标系的运动关系,该运动关系可由各坐标轴在回零状态或对刀状态下的初始位置关系和由于各轴的运动而引起的位置变化综合而成。本系统中,各运动副的运动方向是在将工件视为静止的情况下,坐标轴正向驱动产生的刀具进给运动方向。确定各运动副的运动方向后,机床运动链的描述便只需按从刀具到工件的顺序依次定义各运动副的类型及必要的结构参数。在某

一加工位置,刀具坐标系相对于工件坐标系的位置关系矩阵实际上只决定于各转动副坐标系之间、刀具坐标系和与其相邻的转动副坐标系之间,以及工件坐标系和与其相邻的转动副坐标系之间在机床初始状态下的位置关系与各运动副的运动所引起的位置变动的合成,因此,机床运动模型的确定只需在机床初始状态下给出上述必要的坐标系之间的位置关系。

4 动画的显示方式

动画的速度是影响系统效果的关键因素之一,系统采用高效的双缓存(Double Buffering)动画功能和多线程来提高动画速度。

一般常见的动画技术有以下几种:异或运算法、块动画法、逐帧动画法和双缓存器显示法。双缓存即前台缓存和后台缓存,后台缓存计算生成画面时,前台缓存显示图形,从而增强动画显示的连续性和运动感。只要绘制速度足够快,就可以做出非常好的动画效果。但是在微机上进行数控仿真的动画显示时,如果完全绘制整个场景再进行前后缓存的交换,在保证真实感图形显示质量的前提下,其显示速度很难达到平滑动画的要求。我们注意到数控仿真的特点:图形变化的范围仅仅局限于刀具所切割到的部分。结合后文提到的消息算法,仅仅绘制所变化的局部,用变化后的显示内容覆盖以前的颜色缓存中的内容。颜色缓存中其它没有变化的部分内容保持不变,使得显示速度大大提高。

常见的三维动画设计都是用系统定时器,它可以周期性地提醒应用程序应该完成哪些工作。系统定时器可用于计时,唤醒应用程序,切换多任务,处理自动存储问题,保持恒定的速率和终止应用程序等。但定时器的时间间隔起着十分重要的作用。时间间隔很大时,将浪费很多系统时间,时间间隔较小时,视频不能进行正确的刷新,将有可能产生帧信息的丢失。对于网络程序,时间的控制将变得更加复杂。

而仿真系统需要我们的应用程序能够同时处理多个事件,而这些正是多线程可以实现的,因此我们采用多线程。每个线程共享所有的进程资源,包括打开的文件、信号标识及动态分配的内存等。这些线程的执行由系统调度程序控制,调度程序决定哪个线程可执行以及什么时候执行线程。为了运行所有这些线程,操作系统为每个独立线程安排一些 CPU 时间,操作系统以轮转方式向线程提供时间片,这就给人一种假象,好像这些线程都在同时运行。创建一个进程时,它的第一个线程称为主线程,由系统自动生成,然后可由这个主线程生成额外的线程,这些线程又可生成更多的线程。线程有优先级,优先权较低的线程必须等到优先权较高的线程执行完任务后再执行。在多处理器的机器上,调度程序可将多个线程放到不同的处理器上去运行,这样就可使处理器的任务平衡,也提高了系统的运行效率。

5 快速消隐算法

计算机绘制物体时,必须把三维信息经过某种变换,在二维显示表面(通常是屏幕)上绘制出来。由于投影变换失去深度信息,往往导致图形的二义性。要消除二义性,就必须在绘制时消除实际不可见的线和面,这一过程称为消隐。经过消隐的投影图形才称为物体的真实图形。消隐是费时的计算过程,处理好消隐算法可以有效地提高图形显示的速度。巧妙利用深度缓存和模板缓存,我们设计了下面的应用于数控仿真的真实感图形显示中的快速消隐算法。采用这个算法能显著地提高图形显示速度,使得我们开发的数控仿真系统具有实时显示真实感图形的功能。

快速消隐算法:

- 1) 用模板缓存内容为 0 画毛坯。
- 2) 启用深度缓存检验,画刀具运动包络体。设置颜色缓存的内容为不能修改,所画刀具运动包络体不显示,但是模板缓存中相应内容变为 1。
- 3) 进行深度缓存检验,启用模板缓存检验,设置模板缓存内容为 1 的范围内可以显示图形。
- 4) 按由远到近的顺序,显示刀具轨迹中每一个小长方体的可见部分。
- 5) 将全部模板缓存内容设置为 0。
- 6) 如果还有刀具轨迹需要显示,返回 2);如果没有刀具轨迹需要显示,程序结束。

三维物体在消隐后,就应该计算场景中可见面的颜色,以最终确定在显示表面上所要显示的每个像素的颜色。真实化图形是一个非常艰巨的任务,包括颜色模型、明暗效应、光照和材质、纹理映射等计算机图形学的基本内容,涉及数学、物理学、计算机科学、美学、心理学等学科。

该仿真系统的实现结果如图 2 示。

6 小结

目前仿真技术正向模型的精确化、仿真计算实时性和图形显示的真实感方向发展。本文给出了数控加工仿真系统的整体结构,然后阐述了在具体实现过程中的实体建模、动画显示

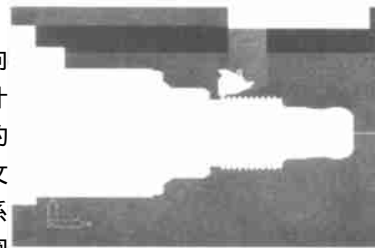


图 2 数控加工过程仿真实例

方式、消隐算法等。该仿真系统在 Linux 环境下采用 Mesa/OpenCL 技术以三维图形为主,具备完善的实时仿真功能,从视觉感知、听觉感知角度出发创造出一个让人身临其境的虚拟世界。

参考文献:

- [1] 董渊等. Linux 系统 Motif/ OpenCL 程序开发[M]. 机械工业出版社, 2000 - 1.
- [2] 向世明. OpenCL 编程与实例[M]. 电子工业出版社, 1999 - 9 - 1.
- [3] 李小平, 段正澄, 汤濤平. 数控加工过程仿真系统的研究[J]. 制造业自动化, 2002, 22(2).
- [4] 伍铁军, 周来水, 周儒荣. 数控仿真的实时真实感图形显示[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 12(4).



作者简介

王秀利(1977 -), 男(汉族), 山东高唐人, 硕士研究生, 主要研究方向为数控技术。
王恒(1975 -), 男(汉族), 山东青岛人, 博士研究生。
张承瑞(1957 -), 男(汉族), 福建福安人, 教授, 博士生导师。

Research and Development on the Simulation System of Lathe NC System Based on Linux

WANG Xiu - li, WANG Heng, ZHANG Cheng - rui

(Mechanical engineering School of Shandong University, Jinan Shandong 250061, China)

ABSTRACT: This paper introduces the 3D dynamic simulation system of lathe NC system, which is developed using QT and Mesa/ OpenCL technology on Linux. The paper presents the total structure of the system and discusses the entity modeling, dynamic rendering and algorithm of removing hidden surfaces of the realization process in details. The principle of the system is also applicable to Windows.

KEY WORDS: 3D dynamic simulation; lathe NC system; algorithm

(上接第 30 页)

(School of Electromechanical engineering, xidian university, xi 'an Chanxi 710071, China)

ABSTRACT: The future technology of CAD is the combination of available CAD and Virtual Manufacturing (VM). The absence of electric VM component library blocks the rapid development of VM. The paper focuses on the study of establishment of two - dimensional VM library from available EDA software. The software of the VM library establishment has been realized.

KEY WORDS: Virtual Manufacturing; CAD; Electronic Manufacturing; Simulation; Animation