

# 基于 ACIS/HOOPS 平台的 CAD 系统设计

## Design of a CAD System Based - ACIS/HOOPS

王朕权 雷跃明 吴彦铭 马礼伟 (重庆大学软件学院 重庆 400044)

**摘要:**介绍了一个基于 ACIS/HOOPS 平台的大型三维 CAD 系统的设计、开发与应用。提出了一个集成应用 ACIS 平台与 HOOPS 平台的技术,并分别介绍了该系统的交互系统、造型系统和渲染系统的设计与实现。利用 HOOPS 应用程序框架解决了异常复杂的人机交互问题。充分发挥两个平台各自的优势,使 ACIS 的造型引擎与 HOOPS 的渲染引擎协调工作,使得系统的造型功能和渲染功能都得到了良好的效果。最后介绍了本系统的应用情况。

**关键词:**ACIS HOOPS CAD 造型 渲染

### 1 引言

CAD/CAM 系统的开发主要可分为三种方式:(1)完全自主版权的开发,(2)基于某个通用 CAD 系统的二次开发,(3)基于 CAD/CAM 软件平台的开发。几何引擎的引入简化了应用软件的开发过程,开发者不需要重复地实现已经成熟的几何造型算法、图形显示算法等,而把主要力量投入到新功能、新算法或优秀的界面设计等方面的开发中去。本文以 CAD 系统——PrePost 为例,讨论了基于 ACIS/HOOPS 几何平台开发大型三维 CAD 系统的一些关键技术。

#### 1.1 ACIS 几何造型平台

ACIS 是一个基于面向对象软件技术的三维几何造型引擎,它是美国 Spatial 公司的产品。它可以为应用系统提供强大的几何造型功能。ACIS 采用面向的数据结构,用 C++ 编程,允许线框、曲面、实体任意灵活组合使用,支持 NURBS 曲面。在 ACIS 中集成了线框造型、曲面造型以及实体造型方法,而且这些造型方法可以在一个统一的数据结构中并存。ACIS 采用了软件组件技术,在不影响系统结构的情况下,组件可以被组成不同的软件系统。

#### 1.2 HOOPS 应用程序框架

HOOPS 3D Application Framework (HOOPS/3dAF) 是由 Tech Soft America 公司开发并由 Spatial 再次销售的产品,该产品为当今世界上领先的 3D 应用程序提供了核心的图形架构和图形功能。HOOPS/3dAF 是一个可扩展的、模块化和开放的架构,提供了非常全面的应

用程序开发接口(API)供用户选用或根据用户特定需求进行定制。HOOPS/3dAF 为应用程序的开发提供了高级的 2D 和 3D 图形功能。该产品与几何造型引擎紧密集成,能够开发出具有丰富图形功能的 3D 造型应用程序。HOOPS/3dAF 具备大模型显示的能力,为此,即使对于非常复杂的模型数据,用户也可以实现实时渲染和便捷的人机交互。

### 2 PrePost 的系统设计

PrePost 三维 CAD 系统是基于 Windows 平台开发,使用的开发工具是 Microsoft VC 6.0, ACIS 14, HOOPS 11 以及 BCGControlBar。整个系统由人机交互系统、几何造型系统、几何渲染系统、文档管理系统几大功能模块组成。在 ACIS/HOOPS 环境的支持下,这几个模块能够快速地进行开发。

#### 2.1 技术路线

该系统中的几大功能模块分别得到了几个开发工具的有力支持。该系统设计中的一个重要工作就是使这几个开发工具能相互有效地协作,以完成整个系统的运行。经过研究,我们提出了一个可行的技术路线:

(1) 软件用户界面为 Microsoft MFC SDI 框架,采用 BCGSoft 公司的 BCGControlBar Professional v6.74 开发。

(2) 通过 HOOPS/MFC,建立 MFC 与 HOOPS 的接口,接收键盘/鼠标事件(主要是鼠标事件),并传递到 HOOPS/MVO 中。

(3) 在 HOOPS/MVO 中,实现人机交互的控制。包括接受用户输入,对模型的渲染和显示控制,模型拾取操作等。

(4) 通过 Bridge (HOOPS 中桥接 ACIS 数据与 HOOPS 数据的模块),调用 ACIS API 和使用 ACIS Classes, 创建或修改 2D/3D 几何对象。并存储在 ENTITY\_LIST 中。对象的各种属性(几何属性和物理属性)存储在各自的属性表中。不论是简单几何体(Primary Object)还是复杂几何体(通过布尔运算、拉伸、回转等创建的物体)都通过 ACIS 来创建和修改。

(5) 由 ACIS 创建的模型数据,通过 Bridge 被同步存放在 HOOPS 的数据库中。HOOPS 模型数据 Segment 用于模型的高效渲染与拾取操作。

(6) 几何模型数据存储格式为 ACIS 的 SAT 文件, SAT 文件的读取及保存由 ACIS 支持。

综上所述,可归纳为三点:①用 MFC 和 BCGControlBar 实现软件的外观与布局,物体属性的列表显示、输入与修改;②用 HOOPS 实现模型的显示、拾取和几何数据的输入;③用 ACIS 创建和管理几何模型。

### 2.2 应用程序的集成

根据技术路线,我们将讨论在类的层面上完成本系统的集成,如图 1。PrePost 系统的类可以分成五个部分:BCGControlBar classes, HOOPS/MFC classes, HOOPS/MVO classes, Application classes, DataBase classes。HOOPS/MFC classes 派生自 MFC,其中包括 CHoopsApp, CHoopsFrame, CHoopsDoc, CHoopsView 等类,与 MFC 的类结构保持一致。DataBase classes 是关于几何模型数据操作的类的集合,其中就包括 ACIS 几何造型核心类集,以及 HOOPS/3dGS 用于 Segment 数据管理的类集。ACIS 的数据与 HOOPS 的数据通过 Bridge 完成数据交换。Application classes 是 Pre-Post 系统用于实现各个开发环境集成交互的类集,这些类派生于 HOOPS/MFC classes 以及 HOOPS/MVO classes,并通过调用 ACIS 以及 HOOPS 的 API 函数实现了所有的几何建模操作、人机交互操作以及渲染功能,并由此实现了 ACIS、HOOPS 以及 BCGControlBar 三个开发环境的结合。

### 2.3 人机交互系统

PrePost 主要依赖由 BCGControlBar 提供的菜单、工具栏、浮动工具条、属性框等交互的图形用户界面以

及鼠标操作与用户交互。CAD 产品的操作主要为几何造型操作,而往往一次造型操作将伴随大量的操作所需参数的输入。用户注意通过属性框输入参数,同时也可以鼠标辅助参数的输入。如:在构造一条直线段时,需要用户输入线段的两个端点坐标,用户可以在属性框中直接输入点的坐标值,也可以通过鼠标在已存在的几何模型上选取一点,并自动取出该点的坐标值放入属性框中。

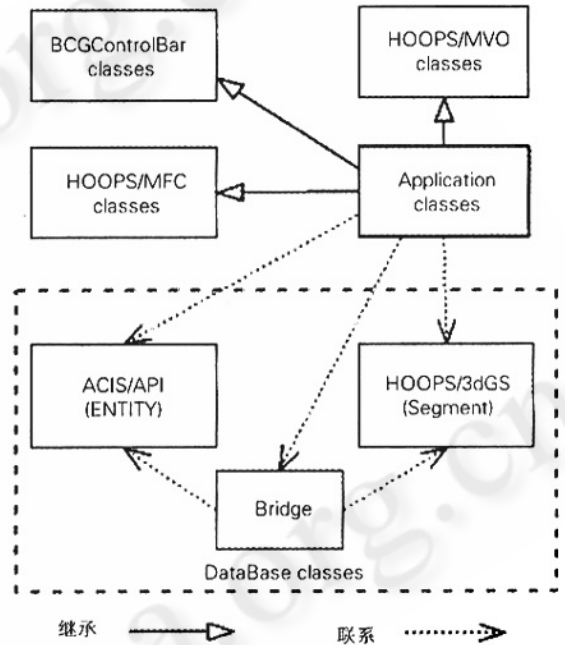


图 1 系统的集成

CAD 产品的交互系统设计极其重要。CAD 系统一般功能复杂,每完成一个操作流程,用户将产生一系列复杂的输入,而几种交互功能还有可能要组合起来,使得输入方式更为复杂。这样必须对交互系统的设计提出很高的要求,否则系统维护将非常困难。因此我们设计了一套完整的人机交互机制,整合了鼠标点击、鼠标移动、鼠标取值、键盘输入、快捷键等多种输入的处理功能。

HOOPS/MVO 为应用程序的人机交互设计提供了一个完整的框架。MVO (Model/View/Operator) 由模型、视图、操作三部分组成,其中:模型代表了应用程序的数据,在 HOOPS 中由 HBaseModel 类实现;视图是这些数据的显示,由 HBaseView 类实现;操作应用于这些

数据上的操作的算法,由 HBaseOpertor 类实现。应用程序的用户通过模型的视图来操作模型。视图的设计是为了方便用户与模型的交互,如几何模型的创建、修改、删除。一个视图可以显示多个模型,而一个模型也可以通过多个视图来显示。所有的操作都是与视图相关联的。

PrePost 在 HOOPS/MVO 的基础上设计了一个面向对象的消息处理机制,如图 2。PrePost 中的操作并不是简单的处理 windows 消息,是一个完整的 CAD 造型操作,如绘制一条直线、拉伸一个体等。它可能是由一系列的鼠标和键盘消息组成。因此 PrePost 中的每个关于操作的类都派生于 HOOPS/MVO 中的 HBaseOperator 类。HBaseOperator 对应于 MVO 结构中的操作,它可以响应所有的鼠标和键盘消息。这样就可以实现在一个操作中完成对多个鼠标或键盘消息的响应。PrePost 中的交互消息都对一个操作,并由一个消息处理器实现消息到操作的映射。

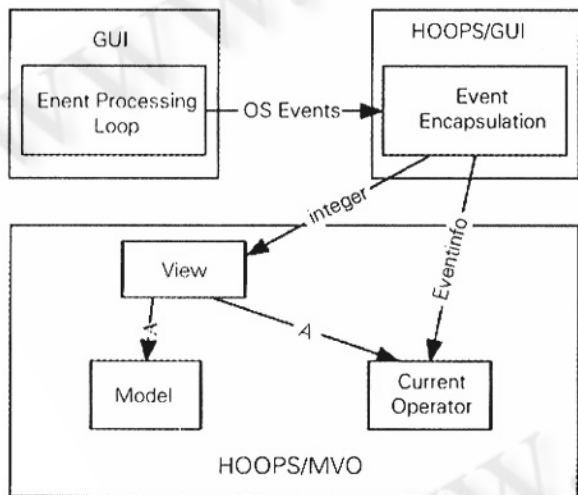


图 2 HOOPS 事件流

## 2.4 几何造型与渲染系统

(1) 特征造型功能。特征是由一定的几何、拓扑信息与一定的功能和工程语义信息组成的集合,是定义产品模型的基本单元。基本特征的属性包括尺寸属性、精度属性、装配属性、功能属性、工艺属性、管理属性等。这种面向设计和制造过程的特征造型系统,克服了传统实体造型系统的缺陷,由于它不仅含有产品的几何形状信息,而且将公差、粗糙度、孔、槽等工艺

信息也保存在特征模型中,所以易于 CAD/CAPP/CAM 的集成,也大大方便了数控加工代码的自动生成。因此,基于特征建模方法成为了国际标准 STEP 的集成产品信息模型(IPIM)的核心。

特征造型的实现依赖于 ACIS 核心数据结构:实体类(ENTITY)。ENTITY 是 ACIS 中最基本的对象,它由 C++ 中的 ENTITY 类实现,所有的实体对象具有一组相同的功能,例如,实体本身的信息保存功能、自身复制功能以及调试功能。实体类下含九种拓扑项:体(body)、壳(shell)、子壳(subshell)、面(face)、环(loop)、共边(coedge)、边(edge)、顶点(vertex)和线(wire);五种几何项:点、曲线、参数域曲线(pcurve)、曲面和交换;另有一个通用项:属性。属性提供了自定义数据结构的支持,特征属性作为自定义属性保存在 ACIS 核心数据结构中,由 ACIS 统一管理。

PrePost 的特征造型是在二维草图的基础上通过特征操作生成三维实体,这些功能都由 ACIS 支持。几何造型的基本方法包括曲面技术、扫掠、曲面混和以及布尔预算等内容。ACIS 支持覆盖(Covering)、蒙面(Skinning)、放样(Lofting)以及网格曲面等曲面技术。ACIS 中有三种不同的扫掠操作:规则扫掠、垂直扫掠记忆刚性扫掠。ACIS 中的标准混和操作支持圆角混和、直角混和以及顶点混和。

(2) 渲染系统设计。对于一个高档 CAD 系统,渲染效果有着非常重要的地位。PrePost 系统支持高级渲染功能,而所有渲染工作全由 HOOPS 完成。HOOPS 3D 图形系统(HOOPS/3dGS)是一个高性能的 3D 图形开发工具。它支持 window 以及 UNIX 操作系统下的应用程序开发。HOOPS/3dGS 的高度优化数据结构和算法极大地简化了基于向量、光栅图形的交互式 CAD/CAM/CAE 应用程序的开发。在 HOOPS 中,3D 几何对象都是被组织成 Segments,而 Segment 中包含了几何形体,属性以及 sub-segments。在每个应用程序中,3D 模型都被映射成为 HOOPS Segment 树的一部分。视图被映射为拥有视点和 window 属性的 HOOPS 驱动实例 Segments。

HOOPS/3dAF 包含了对 Parasolid、ACIS 建模核心的桥接,并提供了针对各个核心的 API 函数。每一个桥接部分都是简单地连接各建模核心,并从核心中提取出离散化的三角形平面、折线以及颜色。每个桥接

模块包含了一组与建模核心相对于的 API 函数,使得开发人员能够方便地从不同建模核心中提取出数据。

由 ACIS 创建的数据通过 ENTITY 维护,HOOPS 桥梁模块可以直接读取 ENTITY 数据,并提供 API 函数解析这些数据,生成对应的 HOOPS 数据 Segment,最后通过各种渲染引擎渲染成几何实体,如图 3。

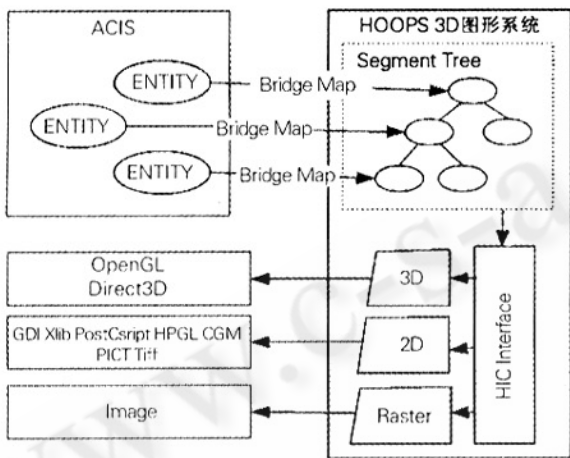


图 3 HOOPS 图形系统

(3) 回溯机制。一个功能完善的软件系统都应该允许用户进行反悔操作,包括取消上一次操作(Undo)和恢复被取消的上一次操作(Redo)。这个功能对任何造型系统来说更为重要,设计人员为了测试某个设计思想而对现有的模型做进一步的修改,测试完成后又要恢复模型修改前的形状。ACIS 提供的回溯机制很容易地实现 Undo 和 Redo 操作。在 ACIS 的回溯机制中,每次造型操作的结果都被记录下来,用户可以在任何时候对一个操作进行 Undo 或者 Redo 操作。利用回溯机制 ACIS 提供了下面两个级别的 Undo 和 Redo 操作,即系统级和用户级:

- 系统级。当 ACIS 遇到 API 调用错误或者其他系统错误时能自动恢复到出错前的状态,这样才可以保证继续下一步的操作。
- 用户级。由用户输入 Undo 或者 Redo 命令执行系统允许的 Redo 与 Undo 操作。

### 3 结束语

ACIS 核心几何引擎的强大功能,配合高效的 HOOPS 渲染平台对 CAD 软件的开发提供了强有力的支持,两者优势互补,协调工作,提高了 CAD 软件开发的效率,并且为 CAD 软件带来了良好的性能。

#### 参考文献

- 1 詹海生等, ACIS 的几何造型技术与系统的开发[M], 北京清华大学出版社, 2002。
- 2 董洪伟等, 在 ACIS 平台上开发三维软件[J], 计算机辅助工程, 2002, (4)。
- 3 Spatial Technology. ACIS 3D Toolkit Technical Overview [EB]. Spatial Technology, 1998。

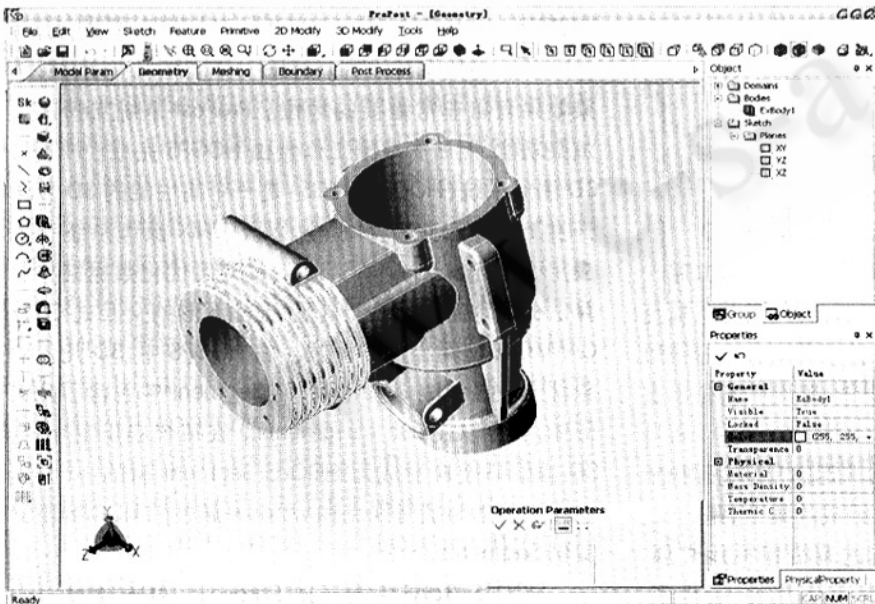


图 4 PrePost 实例