

文章编号:1000-582X(2003)12-0025-04

基于特征模型的网络实时协同建模技术*

先志宏¹, 陈小安¹, 林建德², 罗天洪¹, 林利红¹, 张彬¹

(1. 重庆大学机械传动国家重点实验室, 重庆 400044; 2. 台湾省高苑技术学院自动化工程系, 台湾)

摘要: 计算机网络实时协同设计实现的关键是协同设计的几何模型在网络环境中实时共享, 即实现模型数据的实时传输。原有 CAD 模型的描述是直接记录三维模型所有组成元素, 所记录的数据量太大, 不能适应现有 Internet 网络环境协同设计的要求。本文提出了基于特征模型的网络实时协同设计技术, 定义了一种具有通用性的特征模型作为数据交换的中介, 以模型的生成元素记录特征模型, 模型记录的数据量小, 满足了现有网络环境实时传输的要求, 并研究了数据的局部操作技术, 以实现 CAD 三维模型的跨平台实时设计和编辑。

关键词: 特征模型; 数据交换; 协同设计

中图分类号: TP391.72

文献标识码: A

计算机网络实时协同建模 (Computer Supported Realtime Collaborative Modeling) 是计算机支持的协同工作 (CSCW) 在设计工作中的一个重要应用。计算机网络实时协同建模就是利用空间上分布的计算机群体成员之间通过网络传输实时共享几何设计模型, 并通过提供的协同设计支持工具对模型进行编辑和修改。目前, 实时共享几何模型的工具主要是采用共享白板机制和动态显示抓屏机制等来传输共享界面^[1-3], 但共享界面传输的是图像信息, 不是真正的三维模型信息, 不能实现交互协同建模, 而且图片信息数据量大, 对网络的带宽要求高, 因此现有的协同工具不能满足在 Internet 网络环境下实现实时协同建模的要求。

在文献[4-7]中论述了基于消息通信的协同设计方法, 通过构建 CAD 中性操作命令作为数据交换标准, 并建立不同 CAD 系统对中性操作命令的映射, 在 CAD 间传输操作命令来实现协同建模。但 CAD 三维建模中性操作命令的实现比较困难。

文献[8]提出了基于特征模型的协同设计方法, 按照信息需求对零件模型的特征进行分类并分析特征关系之后建立特征类库和特征图形库, 协同设计时根据需要对特征属性进行赋值, 获得特征实例及其图形添加到所设计的零件模型上, 为保证协作人员间的信息交

流清晰明了, 在协作人员间传输特征信息、特征约束信息和特征操作信息。

本文提出了基于特征模型的协同建模方法, 即通过构建具有通用性的网络协同特征模型作为数据交换中介, 建立不同 CAD 模型参数与网络协同特征模型参数的映射关系, 实现不同 CAD 系统间的实时数据交换。

1 网络协同特征模型

由于网络协同建模的分散分布性和网络传输能力的限制, 为保证协同的实时性, 网络协同特征模型应满足以下要求: 1) 模型描述的数据量尽可能小, 减小数据传输量是增强实时性的关键; 2) 模型数据的记录格式能支持对数据的局部操作, 避免网络传输中的重复数据; 3) 几何模型描述方法能够实现与不同 CAD 系统几何模型的转换。

为此, 本文在研究多种主流 CAD 系统的基础上, 根据三维模型的生成特征, 定义了一种具有通用性的网络协同特征模型单元。网络协同特征模型单元的定义采用模型单元的生成元素描述几何模型, 与直接描述三维模型的组成几何元素相比, 需要记录的数据少, 更适合网络协同建模数据实时传输的要求。本文定义的网络协同特征模型单元有如下几种:

* 收稿日期: 2003-10-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51075113, 59875087); 国家科技攻关计划项目(2001BA201A0607)

作者简介: 先志宏(1974-), 男, 四川泸县人, 重庆大学硕士研究生, 主要从事有关计算机协同设计的研究。

扫描实体模型单元(sweep):如图1(a)所示,扫描实体模型单元是由一个截面(section)沿着一条轨迹(trajjectory)移动生成的实体。对应的CAD模型单元有圆柱体、立方体、棱柱体等实体模型和管线特征、棱边倒角特征、板材特征、肋板特征等恒截面特征模型。扫描实体模型定义为:

$$\text{sweep}(\text{section}, \text{trajectory})$$

旋转实体模型单元(revolve):如图1(b)所示,旋转实体模型单元是由一个截面绕着一根轴线(axis)旋转生成的实体。对应的CAD模型单元有圆柱、球、圆锥、圆台等实体模型和圆孔特征等旋转实体模型。旋转实体模型的定义为:

$$\text{revolve}(\text{section}, \text{axis})$$

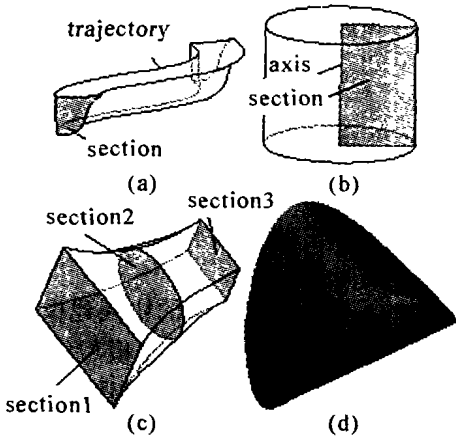


图1 特征模型单元

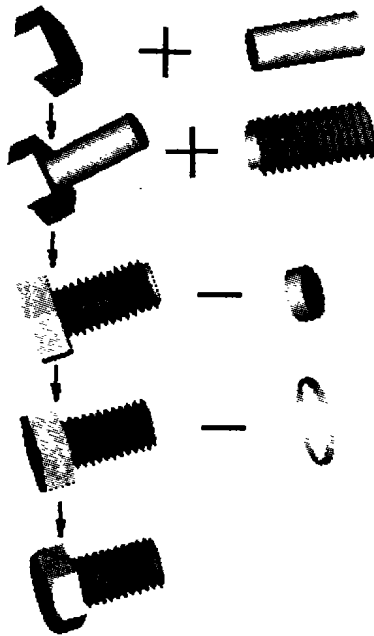


图2 零件的特征单元表示

混成实体模型单元(blend):如图1(c)所示,混成实体模型单元是光滑连接两个或两个以上截面形成的

实体。在CAD系统中对应各种变截面实体和特征模型。混成实体模型定义为:

$$\text{blend}(\text{section1}, \text{section2}, \dots, \text{sectionn})$$

自由实体模型单元(free):如图1(d)所示,自由实体模型单元是一种不规则实体单元,是由任意曲面(surface)围成的封闭空间形成的实体。自由实体模型定义为:

$$\text{free}(\text{surface1}, \text{surface2}, \dots, \text{surfacec})$$

在以上定义的几种特征模型单元中,扫描实体模型单元、旋转实体模型单元和混成实体模型单元是最常用的模型单元,构成大部分零件实体,自由实体模型是一种高级几何模型单元,能够表示任意几何模型,用来描述用一般模型单元不能描述的实体模型。各种零件模型描述都是通过上面定义的单元模型的布尔操作来实现。例如图2所示为螺栓的特征模型表示,由四个扫描特征构成螺杆和螺纹,一个旋转特征构成倒角特征。

2 特征模型数据存储

特征模型协同建模系统结构采用服务器/客户机(C/S)模式,客户端系统采用在不同CAD系统中嵌入动态连接模块构成,系统结构如图3所示。

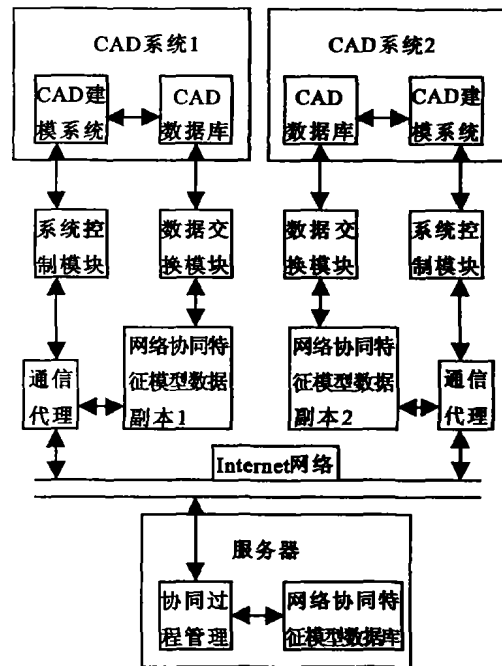


图3 系统结构

网络协同特征模型数据的存储采用复制式存储,即在服务器上保存全部数据的同时,在每台参加协同的计算机上保持同样的副本。采用复制式存储能避免被多次访问的数据重复传输,数据的一致性通过对修改数据或者新生成数据的局部传输来维护。

为适应网络协同特征模型数据局部传输和修改的要求,在数据的存储记录中对每条记录引入了存储标记和 ID 标识^[9],建立数据的局部操作机制,对数据进行局部读写和修改。每条记录数据项如下所示:

mark ID class attribute[parameter]

mark 标识记录的修改情况,包括七种可能标识:没修改、由网络数据修改、由 CAD 数据修改、由网络数据新建、由 CAD 数据新建、由网络数据删除、由 CAD 数据删除。ID 是记录数据的标识, ID 标识在数据生成时给定且一直保持不变,在同一个零件模型内每条记录的 ID 标识唯一,对应每一条记录,实现对记录的各种操作。Class 标识记录的类型,包括前面定义的几种特征模型数据类型和点、线、面等基本几何元素数据类型。Attribute 标识特征模型的属性,包括添加材料和去除材料两种属性,对点、线、面等基本几何元素此项为 NULL。Parameter 是依次记录所记录数据类型的所有参数,对特征实体和面的参数项为其组成元素的 ID 值列表,对线和点为具体的构建参数。例如图 4 所示的孔特征,从 CAD 系统向协同特征模型数据副本中写入的数据如下:

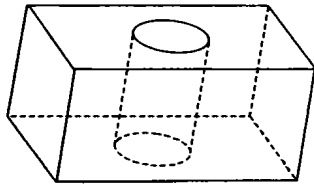


图 4 零件模型

CADWR 0008 SWEEP CUT 0009 0011
CADWR 0009 SEC NULL 0010

CADWR 0010 CIRCLE NULL 0.000 0.000 5.000
0.000 3.000 5.000 3.000 0.000 5.000

CADWR 0011 LINE NULL 0.000 0.000 5.000 0.
000 0.000 0.000

数据的局部操作是以 ID 标识作为索引,以数据记录条为操作单位,对数据进行局部读取和修改。以修改图 4 所示的孔特征半径为例,只需对截面圆进行修改,现在把圆的半径由 3 改为 2,则用数据

CADWR 0010 CIRCLE NULL 0.000 0.000 5.000
0.000 2.000 5.000 2.000 0.000 5.000

替换 ID 标识为 0010 的数据项即可。

3 网络协同特征模型数据交换

3.1 本地数据交换

网络协同特征模型数据交换包括本地数据交换和网络数据交换两部分。本地数据交换是根据不同 CAD 系统的模型生成方法构建 CAD 模型与网络协同特征模型之间的映射关系,实现 CAD 系统数据库与网络协同特征模型数据的转换过程。

CAD 系统的建模方法主要有实体建模、特征建模和曲面建模几种方法。实体建模和特征建模的共同特点是以基本的模型单元作为操作单元,通过在零件模型上加减模型单元形成复杂零件。因此 CAD 模型与网络协同特征模型的转换就是各种 CAD 模型单元与网络协同特征模型单元的转换,可以通过为各种 CAD 建立模型单元转换关系数据库来实现。以实体建模的模型单元与网络协同特征模型的转换为例,实体建模是由体、柱、锥、台、环等体素模型单元构成各种复杂模型,其转换关系库如表 1 所示。

表 1 实体模型与特征模型转换关系库

实体模型	实体模型到特征模型转换关系式	特征模型	特征模型到实体模型转换关系式
体	体到旋转实体的参数转换关系式	旋转实体	旋转实体到体的参数转换关系式
柱	柱到扫描实体的参数转换关系式	扫描实体	扫描实体到柱的参数转换关系式
锥	锥到混成实体的参数转换关系式	混成实体	混成实体到锥的参数转换关系式
台	台到混成实体的参数转换关系式	混成实体	混成实体到台的参数转换关系式
环	环到旋转实体的参数转换关系式	旋转实体	旋转实体到环的参数转换关系式

其中由特征模型单元向实体模型转换时,旋转模型通过判断轴线是否在截面上来判别体和环,混成模型通过判断截面中是否含有点截面来判别锥和台。

曲面建模是一种高级的建模方法,主要用于含有高级曲面的复杂模型的构建。曲面建模是通过构建曲面围成封闭空间来形成实体。因为曲面建模方法与自

由实体单元的定义方法完全一致,因此可以实现模型数据与自由模型单元数据进行直接交换。

3.2 网络数据交换

网络数据交换是对网络协同特征模型的更新数据和新生成数据局部提取,然后通过网络向分散分布的异地协同计算机实时传输的过程。传输数据的组织包

括如下数据项:

SolidName OperationFlag ID class attribute[parameter]

SolidName 为零件的名称,传输数据通过零件名和 ID 标识唯一确定每条数据记录,实现数据多副本一致性的维护。OperationFlag 为操作标识,说明对数据进行的操作,操作标识有 CREATE、MODIFY、DELETE 三种,分别对应的操作为在数据记录中添加记录、修改记录和删除记录。其它数据项同数据存储记录项相同。

3.3 数据交换过程

网络协同特征模型数据交换过程包括从 CAD 模型数据到网络协同特征模型数据交换、网络协同特征模型数据的网络传输和网络协同特征模型数据到 CAD 模型数据三个步骤,其交换过程如下:

CAD 模型数据到网络协同特征模型数据交换:1) 监听 CAD 数据发生改变;2) 识别 CAD 数据中的单元模型;3) 查询单元模型转换关系数据库,查出相应单元的转换关系式,转换成网络协同特征模型参数;4) 将网络协同特征模型参数写入数据副本,并修改所操作数据的操作标识。

网络协同特征模型数据的传输:1) 通信模块监听到网络协同特征模型数据发生改变;2) 查看各数据条的修改标识 mark,提取由 CAD 数据修改、新建和删除的数据记录并将 mark 项的标识修改为 UNCHG 标识;3) 将提取出的数据传输到服务器;4) 服务器向参加协同的所有计算机分发数据,同时在数据库保存数据;5) 各参加协同的计算机收到数据后修改本地网络协同特征模型数据副本,并做好修改标识。

网络协同特征模型数据到 CAD 模型数据交换:1) 监听网络协同特征模型数据发生改变;2) 提取网络协同模型特征单元,从单元模型转换关系数据库查找转换关系式,转换成 CAD 单元模型参数;3) 用 CAD 单元模型参数修改 CAD 数据库,CAD 系统用数据库数据

重新生成模型。

4 结束语

CAD 三维实时协同建模是近年来计算机网络协同设计的一个研究热点,通过提供各种协同设计工具,实现产品模型的协同设计或编辑。本文研究了以网络协同特征模型作为协同数据交换中介,通过协同特征模型数据与不同 CDA 数据库间的数据交换实现跨 CDA 系统的数据实时交换方法和通过特征模型数据的局部标识,对特征模型数据进行局部读写、传输实现基于 Internet 网络的数据实时交换的方法,为网络实时协同设计平台的构建积累了经验和方法。

参考文献:

- [1] 何发智,高曙明,王少梅,等. 基于 CSCW 的 CAD 系统协作支持技术与支持工具的研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报. 2002,14(2):1.
- [2] 刘喜明,郑国勤,孙家广. 基于 C/S 模式的同步协同设计运行机制和策略[J]. 计算机工程与应用. 2001,15(4):64.
- [3] TEK - JIN NAM, DAVID WRIGHT. The development and evaluation of Syco3D: a real - time collaborative 3D CAD system[J]. Design Studies. 2001. 22(6): 557.
- [4] 王魁生,李人厚,李宏敏,等. CSCW 系统中实时协同设计模型的研究[J]. 计算机工程, 2001,27(1):8.
- [5] 张程,王云莉,肖田元. 分布式实时协同设计环境的研究[J]. 计算机工程与应用. 2002,14(3):61.
- [6] 储备,杨海波,蔡青. 工程 CAD 产品远程设计的类实时交互技术[J]. 计算机学报. 2002,25(1):36.
- [7] 彭维,莫蓉,张铁昌. 以网络为中心的协同特征造型[J]. 计算机辅助设计与图形学学报. 2001,13(7):1.
- [8] 汪慧芬,张友良,曹健. 基于特征的协同设计[J]. 计算机辅助设计与图形学学报. 2001,13(4):367.
- [9] 吴磊,吴俊军. 基于特征编码的三维可视化阅图[J]. 华中科技大学学报. 2001,29(12):27.

A Realtime Collaborative Modeling Technology Based on Feature Model Over Internet

XIAN Zhi-hong¹, CHEN Xiao-an¹, LIN Jian-de², LUO Tian-hong¹, LIN Li-hong¹, ZHANG Bin¹

- (1. State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400044, China;
2. Department of Automation Engineering, Kao Yuan Institute of Technology, Taiwan, China)

Abstract: Realtime sharing geometric model is the key to computer supported realtime collaborative design over Internet, that is, the model data must be realtime transmitted, but CAD model description inherited memorize ingredient directly. The large volume of data can't be realtime transmitted over Internet. Then a realtime collaborative modeling technology based on feature model over Internet has been suggested. It defines a general feature model which can be described with construct element as model data exchange media. Because the model data volume is little, then it satisfy with realtime data transmission over Internet. With part data operation technology, it is possible to realize realtime collaborative design or edit 3D CAD model between different CAD system.

Key words: feature model; collaborative design; data exchange

(编辑 张小强)