

三维协同设计系统中实时协同的研究与实现

路 勋, 高 亮, 邱浩波, 丁大伟

(华中科技大学机械科学与工程学院, 武汉 430074)

摘要: 为了使跨地域的设计者更加直观、有效地进行交流, 该文在分析实时协同设计系统(RCDS)关键技术的基础上, 提出了一种稳定、可靠且易于实现的设计方案, 并开发出原型系统 CollabVue。将其与 PDM 软件进行集成, 实现数据共享, 可以使 RCDS 在现实设计中发挥更大的作用。

关键词: 实时协同; 协同设计; 三维

Study and Realization of Real-time Collaboration in Three-dimensional Collaborative Design System

LU Xun, GAO Liang, QIU Hao-bo, DING Da-wei

(School of Mechanical Science & Engineering, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074)

【Abstract】 The aim of real-time collaborative design system (RCDS) is to make the communication between designers in different places more effective. This paper analyses the key technologies in RCDS, and suggests a new way to design a reliable and easy-developed system. On this basis a prototype system CollabVue is implemented. Integrated with PDM, it can implement data sharing and make RCDS more useful in the practical design.

【Key words】 real-time collaboration; collaborative design; three-dimensional

协同设计是一种新兴的产品设计方式, 在该方式下, 分布在不同地点的产品设计人员通过网络采用计算机辅助工具协同地进行产品设计活动。协同设计分为同步协同设计和异步协同设计。同步协同设计可以实现实时交流, 比异步协同更直观、更有效。因此, 使用实时协同设计系统(real-time collaborative design system, RCDS)能够提高产品设计效率, 加快产品开发速度。

目前, 市场上缺乏成熟的实时协同设计软件, 已开发出的原型系统大部分是针对二维CAD的, 三维实时协同设计系统的原型还很少。国内在这方面的研究大多是在原有的CAD系统上作二次开发, 添加一个协同模块^[1]; 或者针对实时协同设计中的关键技术提出自己的见解^[2~3]。

本文的目的是构建一个稳定、可靠, 且便于开发的实时协同设计系统的框架, 解决软件实现中的关键问题, 并开发出一个原型系统进行验证。

1 实时协同设计系统的关键技术

为了实现快速、顺畅、无误的交流, RCDS 通常包含以下关键技术: 一致性维护, 并发控制, 大数据量传输等。

1.1 一致性维护

一致性可表述为 RCDS 中共享物体在各个协同者面前呈现状态的一致程度。在分布式系统中, 网络延时会导致不一致的产生。

解决这一问题最直接的方法就是在体系结构中添加中心服务器, 服务器将各种操作信息串行化。之后进行转发。在该模式中, 用户在进行某种操作后, 程序并不马上响应这个操作指令, 而将它发送到服务器, 等到服务器将这个事件转发回来后再执行。

1.2 并发控制

并发控制技术的目的是解决多用户对共享物体并发操作时产生的冲突。目前广泛采用的方法有两种, 即悲观方法和乐观方法^[4]。

悲观方法只允许拥有控制权的用户对共享物体进行操作。这种方式易于实现, 但降低了协同设计的效率。

乐观方法允许所有用户对共享物体进行操作, 一旦冲突发生, 就要进行 redo 式的修复工作。这种方法在某种程度上提高了效率, 但使得冲突处理变得复杂。

为此采用一种称为伪乐观的折衷方法。具体实现上主要包括两点。

(1)在总体上采用悲观方法。所有的协同设计参与者分为3种角色: 管理者, 发言者和听众。在协同设计过程中, 发言者和听众两个角色可相互转换。控制权的获取采用人为控制式, FCFS(先来先得)自动分配两种方式。

(2)在细节上引入了乐观方法。首先在服务器端对模型中的各个部件添加状态参量, 均有锁定和解锁两种状态。初始设定都为解锁状态。一旦有用户请求对某个部件进行编辑, 服务器便将这个部件的编辑操作权交于该用户, 并将该部件的状态设为锁定, 这样其他用户便不能对其进行编辑。当用户完成操作后, 告知服务器解除锁定, 并将操作的列表交给

基金项目: 国家“973”计划基金资助项目(2004CB719405)

作者简介: 路 勋(1981-), 男, 硕士, 主研方向: 产品协同设计理论与方法; 高 亮, 副教授; 邱浩波, 博士后; 丁大伟, 硕士研究生

收稿日期: 2006-11-10 E-mail: luxun1214@126.com

服务器进行转发。操作流程如图 1 所示。

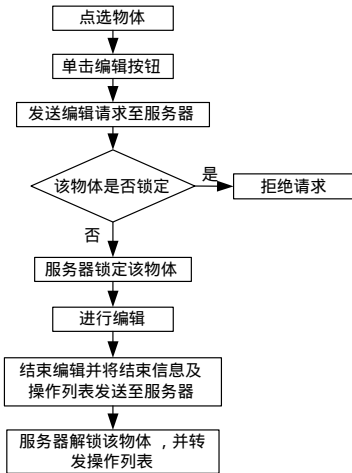


图 1 细节上的乐观方法流程

1.3 大数据量传输

三维 CAD 设计数据通常非常复杂,对于大数据量传输存在网络带宽不足的问题。在目前的网络条件下,减少文件传输的数据量是实现协同设计流畅性的关键。现在主要采用模型简化和三维数据流传输等技术减少三维模型文件的传输时间。

(1)模型简化

随着模型精细程度的提高,三角片的数量也变得愈发庞大,增加了模型的数据量。模型简化就是依据某种简化算法,在保证模型原始拓扑的情况下,减少其三角片的数量。

(2)三维数据流传输

流被定义为在互联网中实时收听或看到的多媒体。利用流技术,文件在下载过程中,就能实时呈现已接收的数据,并且用户能够查看和操纵已接收的数据。对于 RCDS,流技术是关键技术之一,因为它能实时快速传输和显示三维模型。

为减少传输时间,需要一种支持以上两种技术的数据格式来表达 RCDS 中的模型。本系统采用 HSF 格式。HSF 是目前工程领域数据交换与共享的准格式标准,能同常见的 CAD 和 CAE 软件进行数据交换。

1.4 其它关键技术

RCDS 还要解决协同设计数据分布以及后来者等问题。

协同设计数据分布问题是指如何使设计中的共享数据合理分布在系统中。目前常用的有两种模式:集中模式和复制模式。集中模式包含服务器,共享数据存储在服务端;复制模式省略了集中服务器,各个客户机拥有操作对象的拷贝。两种模式各有优缺点,本系统采用文献[5]提出的混合模式。混合模式保留服务器。服务器和客户端都保存共享数据,在协同时服务器转发操作指令,客户端依据指令对本地的数据进行操作。

后来者问题指当一个新用户加入到一个已经开始的协同设计会议时,它需要得到当前会议的信息,包括模型数据、当前的状态以及交流的内容。在有服务器的系统中,可由服务器对会议信息进行记录。当用户加入会议时,服务器自动将这些信息发送到客户端上。

2 系统总体设计

2.1 系统的体系结构

本系统采用 C/S 结构,由服务器负责操作命令的统一转

发,解决一致性维护的问题。另外,在服务器端存储模型数据以及状态参量。当有后来者加入会议时,便会收到从服务器传输过来的数据。

在协同设计过程中,除了操作指令的传输外,还有对话信息的发布。对于这部分信息,采用群组通信的方式进行交互,提高响应速度。

系统的体系结构如图 2 所示。

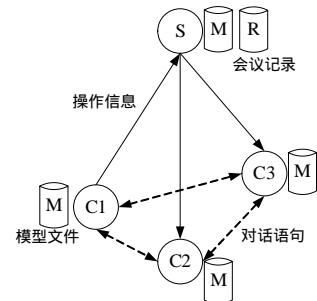


图 2 RCDS 的体系结构

在协同设计初期,拥有控制权的客户端 C1 将模型文件 M 导入,并将其上传到服务器 S。服务器备份模型文件后,又将其转发到其他客户端 C2,C3。此后,服务器起到备份和转发操作指令的作用。

2.2 系统的功能模块划分

在 C/S 结构的基础上,分别对服务器和客户端的功能模块进行了划分。如图 3 所示。

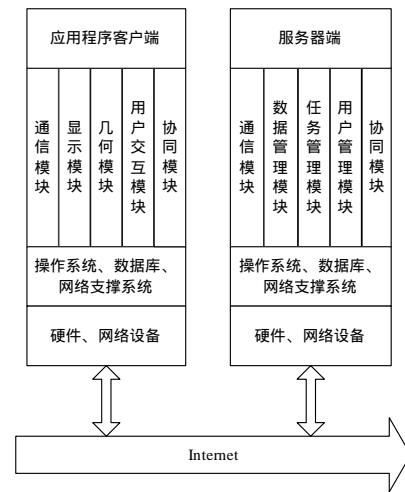


图 3 功能模块的划分

客户端主要功能模块:

(1)通信模块——将客户端信息发送到服务器上,接收由服务器传递来的信息。

(2)显示模块——负责得到当前实体的具体拓扑和几何信息,并调用 hoops 对其进行正确的显示。

(3)几何模块——负责具体的 CAD 业务,通过主流几何引擎进行几何造型运算,并把复杂的几何模型离散为面和边,以便于客户端显示。

(4)用户交互模块——该模块包含了与用户交互的所有对话框类,负责文档视图结构的管理和实现,提供人机交互操作的环境。

(5)协同模块——是客户端的核心模块,处理数据和群体感知信息,操纵设计对象,并与客户端其它功能模块配合。

服务器主要功能模块：

(1)通信模块——用于和客户端建立连接并进行数据交互，同时完成服务器上消息的编码发送和解码、分析处理、重构、定向转发并实现服务器的主动服务，包括用户连接的建立与拆除。

(2)用户管理模块——实现用户注册、注销、身份验证、口令更改、职责分配和权限管理等工作。

(3)任务管理模块——不同的操作必须由不同的命令来表述，该模块包含了所有的操作命令。对协同任务和建模任务，分别分配独立的工作空间。

(4)数据管理模块——管理客户端之间的数据传输，特别是负责管理模型的发布，当有客户端请求获取模型时，数据管理模块通过通信模块将模型发送到客户端。

(5)协同模块——整个平台的控制中心，负责每一协同任务中所有客户端之间的通信转发、会话管理、一致性维护和并发控制。

3 系统的开发与实现

本文采用 Visual C++ 6.0，基于 hoops 的相关组件，开发出实时协同设计系统 CollabVue。该系统验证了上述技术。

3.1 类的关系图

客户端的开发利用了 MFC 框架，采用 C++ 语言对 hoops 提供的 API 函数进行组合以实现不同的功能。整个客户端的开发可分为 3 个部分，即用 MFC 搭建程序框架，与模型相关的操作、显示、存储等功能的实现，以及网络协作模块的开发。

(1)MFC 相关类：CCollabVueApp，CMainFrame，CCollabVueDoc，CCollabVueView 分别派生自 CWinApp，CMDIFrameWnd，CDocument，CView，共同组成了该客户端程序的框架。

(2)模型相关类：模型信息类用来存储和管理模型信息；模型显示类定义和管理模型的显示；模型基本操作类定义了对模型的基本操作，如旋转、平移、缩放等；模型选择类管理选择物体的列表。

(3)网络相关类：网络管理类提供与服务器进行交互的底层支持；客户端网络管理类负责客户端信息的发送和接收。

这些主要类之间的关系如图 4 所示。

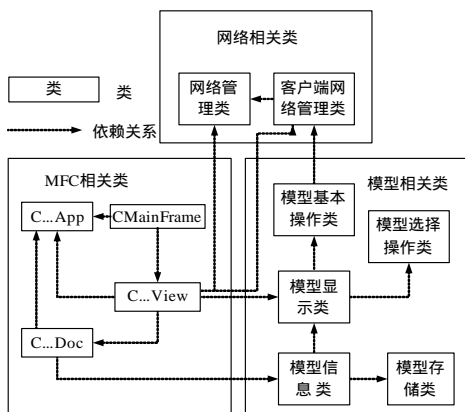


图 4 客户端主要类之间的关系

3.2 实例

图 5 是两个客户端进行协同设计操作的界面(在同一台计算机上进行模拟)。目前，已经实现的协同功能有旋转、缩放、平移、标注、测量、显示模式转换、简单的造型和装配

功能。除此之外，还提供了文字对话功能。

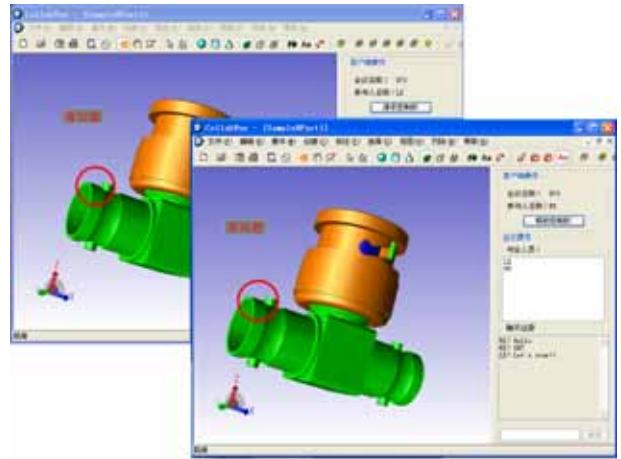


图 5 运行效果图

为解决并发控制问题，CollabVue 采用了本文提出的伪乐观方法。如图 6 所示，没有控制权的客户端可以对装配体中的三通零件进行操作。目前已经实现了一些基本的操作功能，局限在不改变整体形状的修改，如改变坐标和颜色、重命名零件等。

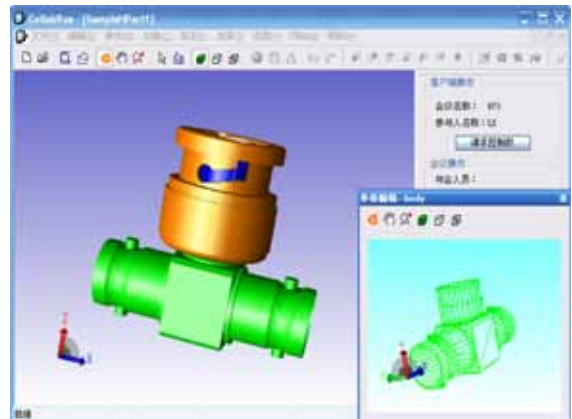


图 6 伪乐观方法的实现

4 总结与展望

本文分析了实时协同设计系统的关键技术，采用伪乐观方法解决并发操作问题，设计了系统的体系结构，对服务器和客户端的功能进行划分，并在此基础上开发出原型系统 CollabVue。

将其与 PDM 软件进行集成，实现数据共享，可以使 RCDS 在现实设计中发挥更大的作用。另外，目前只实现了协同浏览和协同标注，协同造型将是今后工作的重点。

参考文献

- 吕振远, 田 凌, 王巧玉. 实时协同设计技术及其支持系统[J]. 高科技通讯, 2005, 15(8): 44-48.
- 张雪平, 殷国富, 汪永超, 等. 实时协同设计并发控制机制研究[J]. 中国机械工程, 2005, 16(17): 1553-1557.
- 张军波, 魏生民, 莫 蓉, 等. 协同设计中的模型同步机制研究[J]. 机械科学与技术, 2004, 23(3): 361-364.
- Mowafi M Y. Design and Evaluation of a Flexible Framework for Collaborative Virtual Environments[D]. New Mexico: University of New Mexico, 2003.
- 贾红宇, 谭 静. 基于 Web 实时协同设计系统的研究与实现[J]. 信息技术, 2004, 28(11): 84-87.

