

文章编号:1000-582X(2009)05-0505-07

# 面向逆向工程的网络化共享应用系统的设计及应用

唐先智, 刘 飞, 李绪武

(重庆大学 机械传动国家重点实验室, 重庆 400030)

**摘 要:**针对中小型制造企业分布广、产品逆向设计中关键技术复杂等特点,提出了基于逆向工程的网络化共享应用系统方案。充分利用现代网络和信息技术的,改变传统的远程开发设计模式为基于 Internet 的远程协同开发设计模式,在网络化协同工作平台的基础上开发了基于逆向工程的网络化共享的应用设计平台,提出了在产品开发中整合企业供应链上的制造设计资源,研究远程用户和逆向产品设计提供方之间进行产品数字信息和数据交换的方法,实现企业间的协作和产品设计的目的。

**关键词:**逆向工程;网络协同设计;共享应用系统;产品数字化建模

**中图分类号:** TH166; TP311

**文献标志码:** A

## A networked sharing application system for reverse engineering

TANG Xian-zhi, LIU Fei, LI Xu-wu

(State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China)

**Abstract:** A networked sharing application system for reverse engineering is proposed. It is targeted at a wide distribution of small and medium manufacturing enterprises and the technology complexity of reverse product design. Making full use of modern information and network technologies, the traditional long-range design model is changed to an Internet-based remote collaborative design model. Based on the networked collaborative work platform, a networked sharing application design platform for reverse engineering is developed. Supply chain design and manufacturing resources are integrated into the product development process. Information and data exchange methods between remote users and reverse design providers are studied to realize inter-enterprise collaborative product design.

**Key words:** reverse engineering; network collaborative design; application sharing network; digital product modeling

随着 Internet 技术和信息技术的飞速发展,现代制造企业呈现出以下特征:客户定制参与(Q)、快速响应(T)、成本降低(C),简称 QTC。中国的制造企业,特别是中小型企业,数量众多,分布广,自身设计资源相对薄弱,建立企业动态联盟,实现远程资源共享和信息交流,克服企业时间、空间、异构平台等方面的差异,形成一个具有数字化、柔性化、敏捷化等优势互补的协同企业<sup>[1-2]</sup>具有重要的实际意义。因此,构建网络化资源共享,支持新产品协同设计开

发的公共服务平台应用成为制造业的热点。

逆向工程就是将实物转变为 CAD 模型相关的数字化技术和几何模型重建技术及产品制造技术的总称<sup>[3-4]</sup>,主要研究他人或现存的系统或产品,发现其规律,以复制、改进并超越现有产品或系统的过程。逆向工程被认为是缩短产品开发周期、保证产品开发质量的重要手段。逆向工程用于开发复杂表面的产品,具有十分显著的优势<sup>[5-7]</sup>。同时由于产品设计目标具有多样性,网络环境下的产品设计必然

收稿日期:2008-12-16

基金项目:重庆市自然科学基金计划资助项目(CSCT2006BB2384)

作者简介:唐先智(1972-),男,重庆大学博士研究生,主要从事逆向工程研究。

刘飞(联系人),男,重庆大学教授,博士生导师,国家级突出贡献专家,(E-mail) fliu@cqu.edu.cn。

是一种多模式的协同设计<sup>[8-9]</sup>。由于已有的网络化共享应用系统多是基于正向设计过程的,而基于逆向工程的网络化共享应用系统相对较少。鉴于以上原因,笔者提出了开发基于逆向工程的网络化共享应用系统(下文简称“系统”)。通过该系统,能将企业用户和逆向工程产品设计提供方连接起来,在双方的共同参与下,完成产品的逆向设计,改变传统的异地开发模式为基于 Internet 的异地协同开发模式,实现对异地设计资源的组织及优化配置,可缩短新产品开发周期,降低新产品开发成本,提高设计质量,增强企业市场竞争力<sup>[10-12]</sup>。

### 1 系统结构体系设计

#### 1.1 系统网络结构设计

本系统采用基于 Web 的 3 层 B/S 结构,在服务

器端,有 WEB 服务器、应用程序服务器和数据库服务器。Web 服务器用于处理远程客户端发送的请求、超文本链接标示语言(hypertext markup language,HTML)页面动态生成以及同后台数据库连接等任务<sup>[13-15]</sup>。应用程序服务器既是软件开发集成的平台,又是多层结构应用的部署、运行平台。远程客户端用户通过浏览器访问服务器,并向服务器提交 HTTP 请求,附带发送所需要的数据。HTTP 请求经过 WWW 服务器处理后,转换为相对应的组件请求。为了确保控制主机的安全性,控制主机处于专用子网的安全地带,隔绝外网对专用子网内控制主机的干扰,应用程序的服务器作为中介跨接在专用子网和其他网段上,用户通过应用程序服务器的共享服务来实现与控制主机信息的交互。本系统网络结构如图 1 所示。

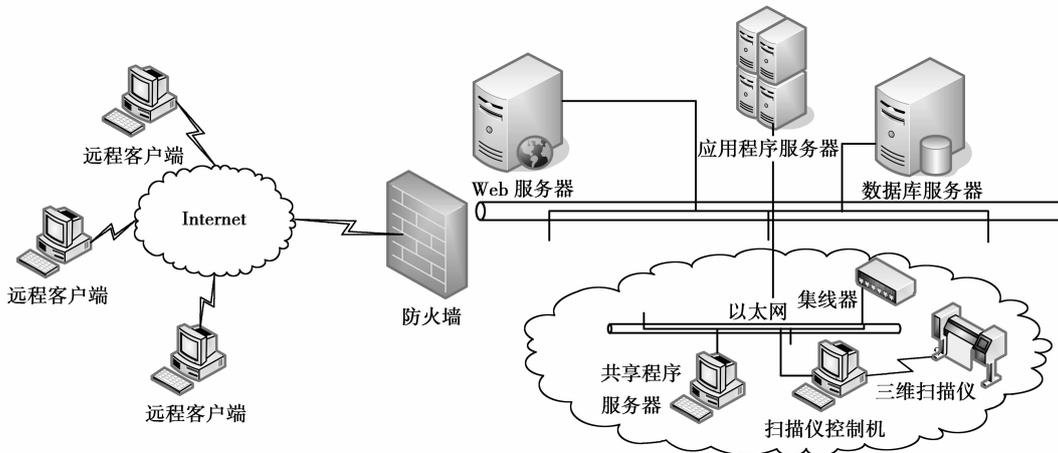


图 1 系统网络结构

#### 1.2 系统功能模块设计

在网络化协同工作支持平台的基础上笔者开发的基于逆向工程网络化共享设计系统,主要包括 5 个子系统模块:系统管理员子系统模块、产品设计提供方子系统模块、企业用户子系统模块、协同工作支持子系统和产品造型设计子系统模块,如图 2 所示。

1) 网络化协同工作支持模块。该模块为逆向产品设计提供方和企业用户提供全过程参与产品的逆向设计功能。产品逆向设计提供方和企业用户通过该模块对产品的建模数据通过语言、视频、文本交流、文件同步、白板演示等方式进行实时交互,及时反馈修改信息;企业用户可通过网络远程查看产品建模过程,并在实际建模过程中提出具体要求,最终获得满意的结果。

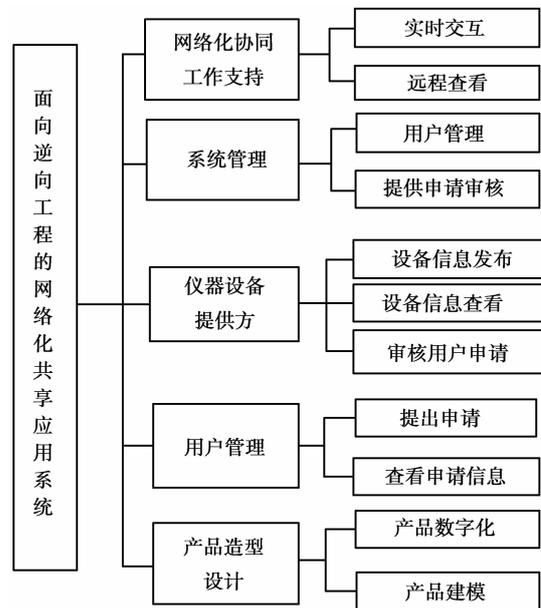


图 2 系统功能模块

2) 系统管理模块。该模块为产品设计提供方和企业用户提供用户管理功能,包括:

a. 目录服务器,作为统一用户管理套件的核心,保存信息,为其他部件提供可伸缩性、高性能和存取控制。

b. 元目录服务,为从其他应用系统增加的用户信息提供统一管理方式,包括引擎、连接器、帐号管理合并、用户帐号集成及消息系统集成等功能。

c. 证书管理,为应用系统提供根据适当的安全级别来认证用户的方法,便于在公共网络上部署支持加密、认证等应用。系统管理模块将在网络上提供产品设计方的资料、信誉度、权限等,依赖系统管理模块,各用户可以对产品设计提供方的实力、技术资源、核心竞争力等作出评估。系统管理员通过该模块可以进行用户管理和审核信息申请。

3) 设备提供方管理模块。产品设计提供方通过

该模块可以进行设计信息发布、设计信息查看和审核由企业用户提出的设计使用申请,并向企业用户提供逆向阶段结果和最终结果。

4) 用户管理模块。企业用户通过该模块可以向产品设计提供方提出设计申请和查看申请信息,并向逆向产品设计提供方提出建模要求。利用此模块,企业用户仅向产品设计提供方提供产品样件,其它的设计要求等可以通过该子模块提供,这样避免了传送产品样件者多次人员流动来传送技术信息。

5) 产品造型设计模块。该模块主要负责产品设计提供方负责产品数字化和产品建模两大功能。数字模型建好后,通过协同工作支持模块,产品设计提供方和企业用户共同确认后,提交到该系统中,企业用户网上下载资料便可。

### 1.3 系统的使用流程

该系统的运行流程设计如图3所示。

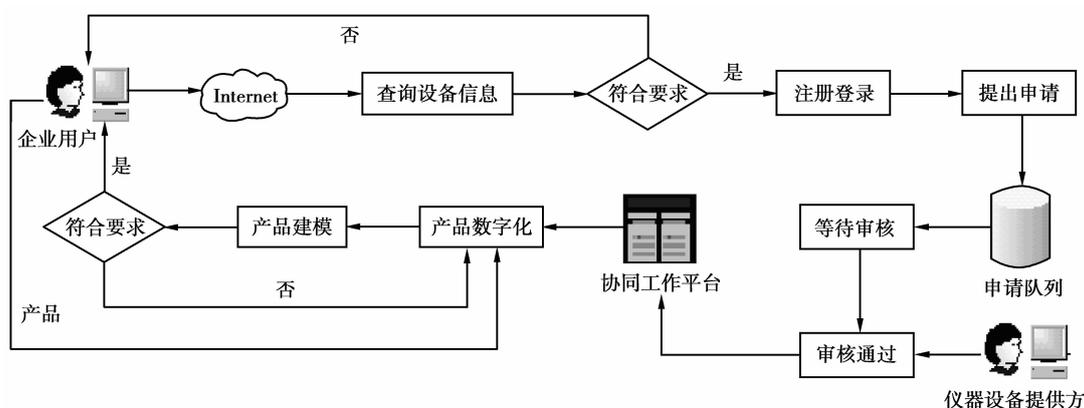


图3 系统使用流程

企业用户通过 Internet 登录逆向工程网络化共享应用系统,可以查询产品设计提供方的信息资料,例如提供的设备、技术人员、典型案例等信息说明;当企业用户确认系统所提供的功能符合要求后,注册登录系统,提出产品设计申请;产品设计提供方审核企业用户提出的申请,通过企业用户的设计申请;企业用户将产品交付产品设计提供方进行建模;双方通过协同工作平台进行产品数字化和产品建模的协同设计;企业用户通过该平台及时将修改信息反馈至产品设计提供方,修改产品 CAD 数据;产品设计提供方将符合设计要求的数字化模型传至企业。

## 2 系统网络化协同支持技术

网络化协同产品开发过程经常会出现应用企业与设计单位之间、设计单位和设计单位之间、设计单位与制造部门之间等跨企业的针对产品设计和制造

等过程进行协同会话、协同浏览、协同批注和协同控制等活动<sup>[9-10]</sup>。该系统支持网络化协同产品开发,过程包括来样反求、设计、建模和加工制造等,要求项目成员能及时沟通、跟踪,对反求、制造等现场视频实时监控,因而需要存在多人可视化的协同会话环境,而设计建模过程包含的三维零件图形或产品模型需要协同评阅,有些复杂的、无法独立完成的设计、制造过程也需要多人共同协同操作和共享等。这些都是新产品开发过程网络化协同工作支持技术需要突破的关键点。针对上述分析,以下将从可视化系统工作环境、基于 Web 的协同浏览与批注技术、屏幕远程同步共享与远程协同操作等 3 个方面对系统网络化协同工作支持技术作一些探讨和研究。

### 2.1 可视化协同工作环境

在协同设计过程中,参加设计的各个单位的人员经常需要就产品的设计、建模在网上进行协商,对

重要的文档进行讨论。这样的工作方法,属于群体合作。对群体合作模式的研究,有助于改善人们信息交流的方式,消除或减少人们在时间和空间上的相互分隔,从而节省设计人员的时间和精力,提高群体工作的质量和效率。

笔者选择了应用广泛、技术成熟的 Microsoft 公司的 NetMeeting 视频会议系统作为可视化协同工具的多媒体支持系统,其可视化协同工作环境如图 4 所示。

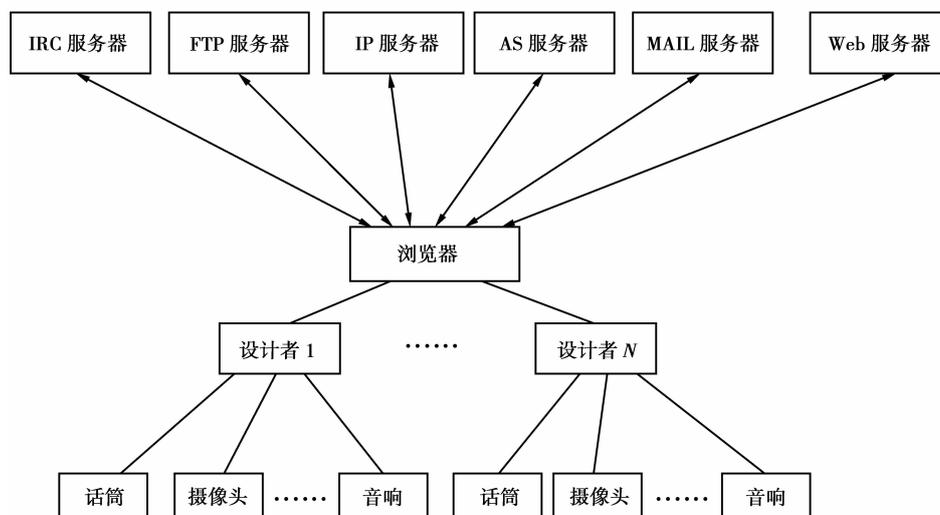


图 4 新产品网络化协同开发可视化协同工作环境

在新产品开发过程网络化协同工作支持系统可视化协同工作环境中可实现以下功能:1)交谈(Chat),Chat 是基于 IRC(Internet relay chat)协议的一种网上通讯机制,它是一种以文字方式进行的交谈。它使得 Internet 上的某个用户不仅可以和另外的某一特定用户单独交谈,而且还可以与 Internet 上的许多用户同时交谈,以讨论共同关心的问题。2)共享电子白板(shared white board),Chat 只能进行文字交谈,而在工程设计当中,很多时候需要用图形来表达设计者的意图。共享电子白板提供了一种图形环境(包括各种常用的绘图工具,如直线、曲线、圆、矩形、文字等,还可以剪贴图形)以供设计者表达自己的思想,就像大家坐在同一间教室中,共用一块黑板在进行讨论一样。3)视频电话(Net phone),视频电话允许用户通过网络进行语音和形体交谈,就像平时用电话交谈一样。所不同的是,普通的电话交谈是基于模拟交换的,而视频电话是基于数字交换的,而且视频电话还能实时传送通话的双方彼此所在环境的视频图像,可以将手势、动作、样品等现场信息实时传送给对方,从而协助设计者之间方便快捷地交流。4)应用程序共享(application sharing),应用程序共享允许多个人同时运行一个程序,这个程序只要在其中一个用户的机器上存在就行。每个用户都可以在自己的屏幕上看见这个程序的运行界面,并且在获得控制权之后

可以进行操作。这对于产品设计阶段的讨论非常有用,例如可以将 CAD 程序共享,进行协同设计。5)文件传输服务(FTP service),文件传输服务是基于 FTP(file transport protocol)协议而实现的设计者之间的设计电子文档在线传送服务。设计者可以将设计有关的各种电子文件通过上传和下载进行实时交流。

## 2.2 基于 Web 的协同浏览与批注技术

普通 CSCW 软件提供多种音频、视频交流手段,但对于产品设计而言,会涉及二维图形、三维模型、文本等多种格式图档,因此,必须提供专门的协同设计工具。

1)三维模型协同浏览与批注。对于产品设计而言,基于 3D 模型开展异地协同交流是必不可少的功能。笔者针对网络化协同设计的人员具有异地分布、使用异构 CAD 软件等特点,设计并开发了基于通用格式 VRML 的三维模型协同浏览与批注工具。该工具使设计者可以从各个角度观察产品的三维数字模型,可以进入到模型内部,甚至可以对模型进行拆卸,可以拾取模型上的某一点或圈阅模型的某一部分进行批注,发表意见,也可以浏览他人已批注的三维模型,了解他人对设计模型的建议和意见。通过异地协同技术,构建了一个人与人交流环境,支持异地多个设计专家通过 Internet 在一个共享空间中基于三维 VRML (virtual reality modeling

language,虚拟现实建模语言)模型进行同步交流,既可以直观、清晰地表达自己的观点,也可以精确理解他人的观点,为产品的协同创新提供支持。

2)多种格式图档协同浏览与批注。在协同设计中,针对异构系统产生的多种格式图档交互问题,设计并开发了一个多种格式图形、图像和文本文档协同浏览与批注工具,利用格式转换器,实现了对图形、图像、文档、电子表格、数据库表格等几十种格式文件的异地协同浏览与批注,涵盖了产品设计中相关文件的种类。

以上2个工具,均采用java3D开发,并部署为ActiveX控件,用户可以将其作为一个独立的工具系统使用,也可方便地集成到自己的桌面系统或Web应用程序中。

### 2.3 屏幕远程同步共享与远程协同操作

在网络化协同工作支持系统中,通过屏幕共享技术来实现多个用户对同一个辅助设计软件屏幕画面的同步、实时的浏览。其原理就是把工具软件的屏幕显示画面转化为一张图片,并向其他用户传播。当用户接收到数据后,按图片方式对远程的计算机屏幕进行显示。用户感觉到的就像远程的设计软件安装到了本地的计算机中一样。屏幕共享的实现如图5所示。

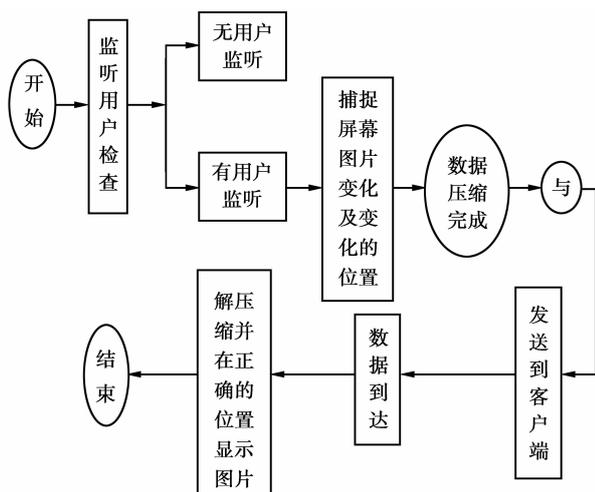


图5 屏幕共享实现过程

1)把工具软件服务器在某一时刻的屏幕捕捉下来,并转化为一张图片;

2)在尽可能短的时间内把图片压缩,并传送给协同工作组中的各个用户;

3)接收到数据后,用户端的程序解压缩图片数据,并按照图片的格式在正确的位置显示图片。

当服务器屏幕有任何的变化时,服务器都迅速地把变化的图片数据及其坐标位置发布给各个用户,使用户的显示屏幕得到实时的更新,从而实现远程的工具界面在多个用户端的同步、实时显示。因为服务器端传送过来的图片数据只是发生了变化的部分,因而对网络带宽的要求较低。

在网络化协同工作支持系统中,用户对远程工具软件的操作是通过一种远程虚拟控制技术来实现的。首先,用户对远程的工具软件进行操作要先取得操作权限收集相关信息,并对信息按照一定的规则进行编码。然后,编码信息被传送到远程工具软件的服务器中;接收到编码信息后,服务器将对传送来的信息进行解码,得到用户的操作指令,并根据操作指令,驱动服务器上的操作系统执行真实的操作动作。按照这样的过程就实现了对工具软件服务器的远程操作。

## 3 应用实例

基于逆向工程的网络化共享应用系统将不同地点的各种数字化设备、产品造型设计人员、快速原型和数控加工等组成一个异地共享系统,可以实现设备资源和人力资源的共享。现以重庆某一制造企业生产某型号的卡丁车盖为例,验证该系统的可行性和优越性。

为生产出符合设计要求的卡丁车盖,通过应用网络化共享应用系统,远程使用了重庆大学的激光扫描仪对车盖产品进行扫描,然后进行车盖的三维逆向造型,且作了相应的创新再设计。设计过程中,该企业依托该系统及硬件设备,进行远程交互和设计协作,系统平台网址 <http://192.168.100.17:8000/cpds/login.jsp>,卡丁车盖在本平台上协同设计过程如图6所示。

利用基于逆向工程的网络化共享系统设计产品,充分体现了以下几点优势:1)企业用户与设备提供方达成协议之前,能及时全面了解设备信息。2)在对产品进行逆向设计时,企业用户与设备提供方可以实现系统共享产品数字化及建模过程;3)双方可以实现信息的实时交互和产品数据的快速传输。不仅节省了两地工作人员的往返过程,减少费用开支,而且信息反馈及时、准确,显著提高了工作效率,大大缩短了新产品开发周期。

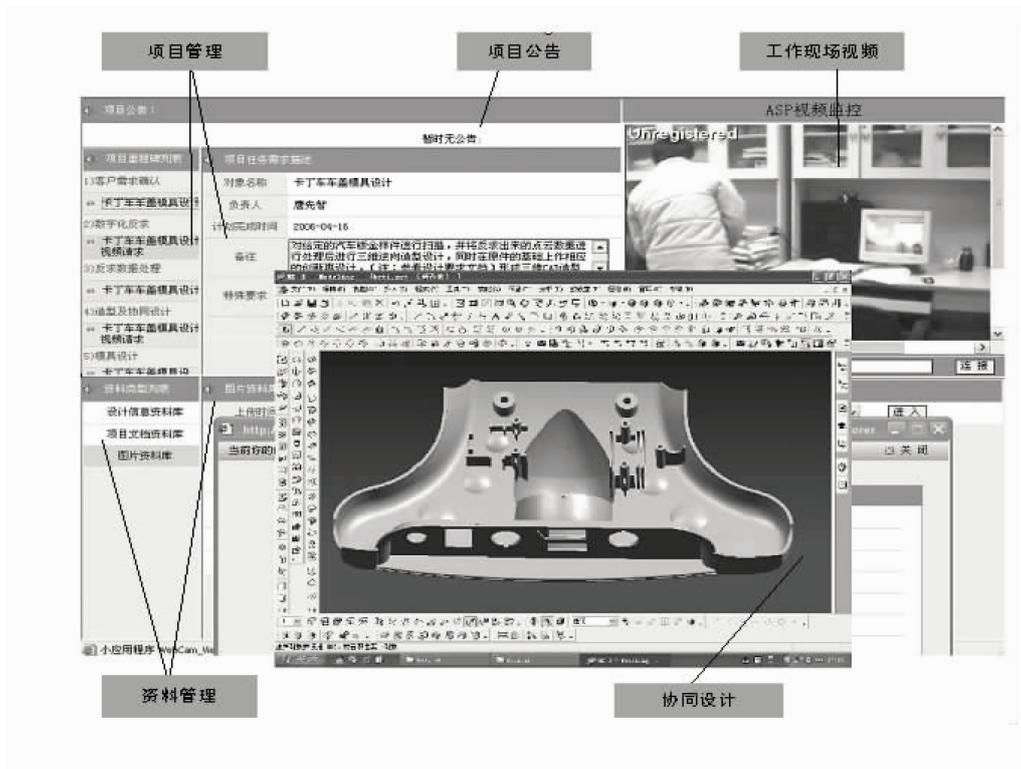


图 6 系统协同设计过程

## 4 结 语

笔者以企业新产品开发设计为研究背景,改变传统的远程开发设计模式为基于 Internet 的远程协同开发设计模式,研究和开发了面向逆向工程的网络化共享应用系统,对系统的网络结构、功能模块、使用流程进行了详细设计;在可视化协同工作环境的支持下,利用基于 Web 的协同浏览与批注技术和屏幕远程同步共享与远程协同操作技术,实现了远程用户和逆向产品设计提供方网络协同设计和产品数字化模型的在线表达,达到高效共享产品数字信息和数据交换,沟通及时、方便。最后,用实例验证了该系统的可行性和优越性,为中国制造业的信息化、网络化、远程协同开发设计提供了一种支持模式。

### 参考文献:

- [1] SUN Q, GRAMOLL K. Internet-based distributed collaborative engineering analysis [J]. *Concurrent Engineering*, 2002, 10(4):341-348.
- [2] HERON E A, RAND D A. Bayesian inference for dynamic transcriptional regulation; the Hes1 system as a case study [J]. *Bioinformatics*, 2007, 23(19):2596-2603.
- [3] LI L, SCHEMENAUER N, PENG X, et al. A reverse

engineering system for rapid manufacturing of complex objects [J]. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2002, 18(1):53-67.

- [4] ANDREC M, KHOLODENKO B N, LEVY R M, et al. Inference of signaling and gene regulatory networks by steady-state perturbation experiments: structure and accuracy [J]. 2005, 232(3):427-441.
- [5] CHAPPUIS C, RASSINEUX A, BREITKOPF P, et al. Improving surface meshing from discrete data by feature recognition [J]. *Engineering Computer*, 2004, 20(3):202-209.
- [6] QU X Z, STUCKER B E. Circular hole recognition for STL based tool path generation [J]. *Rapid Prototyping*, 2005, 11(3):132-139.
- [7] ALLEN E E, FETROW J S, DANIEL L W, et al. Algebraic dependency models of protein signal transduction networks from time-series data [J]. *Journal of Theoretical Biology*, 2006, 238(2):317-330.
- [8] PULLEN M J, BRUNTON R B. Using web services to integrate heterogeneous simulations in a grid environment [J]. *Future Generation Computer Systems*, 2005, 21(1):97-106.
- [9] NASIMUL N, HITOSHI I. Reverse engineering genetic networks using evolutionary computation [J]. *Genome Informatics*, 2005, 16(2):205-214.
- [10] PERKINS T J, JAEGER J, REINITZ J, et al. Reverse engineering the gap gene network of drosophila

- melanogaster [J]. PLoS Computational Biology, 2006, 2(5): 417-428.
- [11] WERHLI A V, GRZEGORCZYK M, HUSMEIER D. Comparative evaluation of reverse engineering gene regulatory networks with relevance networks, graphical gaussian models and Bayesian networks [J]. Bioinformatics, 2006, 22(20): 2523-2531.
- [12] 陈继忠,田凌. 面向协同产品商务的企业信息集成平台研究[J]. 计算机集成制造系统-CIMS, 2005, 11(8): 1081-1087.
- CHEN JI-ZHONG, TIAN LING. Research on enterprise information integration platform for collaborative product commerce [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2005, 11(8): 1081-1087.
- [13] 战洪飞,顾新建,沈祖志. 基于 Web 的异地协同产品设计系统研究[J]. 中国机械工程, 2004, 14(15): 1306-1308.
- ZHAN HONG-FEI, GU XIN-JIAN, SHEN ZU-ZHI. Research on a web-based collaborative product design system[J]. China Mechanical Engineering, 2004, 14(15): 1306-1308.
- [14] 尹超,胡卫民,刘飞. 新产品开发过程应用服务提供平台的运行支持系统[J]. 重庆大学学报, 2008, 31(5): 505-510.
- YIN CHAO, HU WEI-MIN, LIU FEI. A running support system of application service provider platforms for new product development[J]. Journal of Chongqing University, 2008, 31(5): 505-510.
- [15] 孙林夫. 面向网络化制造的协同设计技术[J]. 计算机集成制造系统-CIMS, 2005, 11(1): 1-6.
- SUN LIN-FU. Networked manufacturing-oriented collaborative design technology[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2005, 11(1): 1-6.

(编辑 张 苹)

(上接第 504 页)

- [10] 王国庆,王刚,吕民,等. 基于网格的应用服务提供商平台制造资源共享方法研究[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(2): 350-355.
- WANG GUO-QING, WANG GANG, LV MIN, et al. Method of manufacturing resource sharing for grid-based ASP platform[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(2): 350-355.
- [11] IOANA M, MARCO B, STEFANO C, et al. Model-driven design and deployment of service-enabled web applications [J]. ACM Transactions on Internet Technology, 2005, 5(3): 439-479.
- [12] 贺文锐,何卫平. 基于 Web Services 的网络化制造资源管理的关键技术研究[J]. 计算机集成制造系统, 2004, 10(11): 1382-1388.
- HE WEN-RUI, HE WEI-PING. Research on key technologies of networked manufacturing resources management based on web services [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2004, 10(11): 1382-1388.
- [13] ABDMOULEH A, SPANDONI M. Distributed client/server architecture for CIMOSA-based enterprise components [J]. Computers in Industry, 2004, 55(3): 239-253.
- [14] NORAN O. An analysis of the Zachman framework for enterprise architecture from the GERAM perspective[J]. Annual Review in Control, 2003, 27(1): 163-183.
- [15] 汪军,宋豫川,刘飞,等. 网络化制造中企业间业务流程重用研究[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(2): 2027-2032.
- WANG JUN, SONG YU-CHUAN, LIU FEI, et al. Reusability of business process among enterprises in networked manufacturing [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(2): 2027-2032.

(编辑 张 苹)