

# 一种基于服务代理双总线架构的协同设计系统

王 凯<sup>1</sup> 刘 毅<sup>2</sup> 王 垚<sup>1</sup> 欧政梁<sup>1</sup>

(成都飞机设计研究所 成都 610091)<sup>1</sup> (同济大学航空航天与力学学院 上海 200092)<sup>2</sup>

**摘 要** 计算机支持的协同设计是缩短产品研制周期、提高产品质量和降低研制成本的有效手段之一。针对飞机研制过程中实时/非实时和同构/异构系统信息协作需求并存的特点,提出了一种基于 Web 服务和 Agent 代理双总线的协同设计系统架构,采用 Web 服务总线整合异构系统支持非实时协作信息交换,采用 Agent 总线整合同构系统支持实时协作信息交换,并由此构建了一个集成三维图形终端和工作流管理功能的飞机协同设计原型系统。

**关键词** 计算机支持的协同设计, Web 服务, agent 系统, 飞机设计

中图法分类号 V221.92 文献标识码 A

## Cooperative Design System Based on Web Service and Agent Technologies

WANG Kai<sup>1</sup> LIU Yi<sup>2</sup> WANG Yao<sup>1</sup> OU Zheng-liang<sup>1</sup>

(Chengdu Aircraft Design and Research Institute, Chengdu 610091, China)<sup>1</sup>

(College of Aerospace Engineering and Mechanics, Tongji University, Shanghai 200092, China)<sup>2</sup>

**Abstract** To shorten the design period of airplane, improve the design quality and reduce the manufacture cost, the computer supported cooperative design has become one of the effective methods. In order to realize the airplane cooperative design in multi-discipline integrated research processes, cooperative design system architecture based on double buses is presented. In which the web service bus was adopted to integrate the software platforms with different frameworks and the agent bus was adopted to integrate the software platforms with the same framework. On the base of the cooperative design system architecture, an aircraft cooperative design system is established by integrating the workflow system and CAD system.

**Keywords** Computer-supported cooperative design, Web service, Agent system, Airplane design

## 1 引言

计算机支持的协同设计(Computer Supported Cooperative Design, CSCD)技术借助于网络通信、分布式对象和工作流技术,改造和扩展现有的信息系统,提高不同系统间信息集成、功能集成和过程集成能力。采用 CSCD 技术支持飞机等大型工程设计已成为各主要军事强国和科研院所的研究热点之一,如美国空军研究实验室(AFRL)早在 1998 年就开展了协同工程环境(CEE)研究,通过构建虚拟样机协同设计环境来满足飞行器全寿命周期中的产品开发、系统设计和性能分析等需求;美国国家航空航天局(NASA)提出的智能综合环境(ISE)开发计划也是利用分布式协同工作环境支持异地科学家和工程技术人员进行并行产品设计,协同设计理论及其工程化方法研究具有重要意义<sup>[1,2]</sup>。

## 2 基于 Web 服务和 Agent 代理双总线的协同设计系统架构

当前多数协同设计系统采用单总线方式作为系统架构实现,如王钢林等<sup>[3]</sup>研究了利用 Agent 技术进行飞机设计工具集成的途径,樊江<sup>[4]</sup>等从群体协作角度提出了支持航空发动

机外部管路设计的多 Agent 协同设计系统,潘吟飞<sup>[5]</sup>等构建了基于 Web 服务的图形 CAD 协同网络化模型,并将其应用于纺织图形协同设计,贺东京<sup>[6]</sup>等提出了一种基于云服务的复杂产品协同设计方法,采用 Web 服务组合计算支持航空器总体设计任务。以上协同系统仅针对单一信息协作需求设计,而飞机设计过程中实时/非实时与同构/异构系统信息协作需求并存,以飞机总体布置协同设计过程为例,三维图形终端的同步浏览与布置功能实现需要同构系统间实时信息协作,而飞机总体布置迭代设计过程管理功能实现需要异构系统间非实时信息协作。本文针对这一特点,提出了一种基于 Web 服务和 Agent 的协同设计系统架构,如图 1 所示,Agent 代理总线负责同构系统信息集成支持实时信息协作,同构终端通过 Agent 协作功能封装与嵌入,建立实时协作接口,支持客户端实时协作应用功能,借助 Agent 的智能性和自组织、自适应能力,具有语言无关和访问无关性,实现同构系统功能的纵向扩展;Web 服务总线用于同构或异构系统间的非实时协作信息交换,同构或异构系统通过 Web 服务封装协作功能,其他系统通过 Web 服务总线调用其协作功能服务,进行非实时协作信息交换,实现异构系统功能的横向集成;同时由于 Web 服务总线采用标准网络协议,可无限制跨越防火墙调

王 凯(1978—),男,博士,主要研究方向为飞机总体设计和并行设计, E-mail: uniquewk@hotmail.com; 刘 毅(1965—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为飞机一体化设计、飞机材料与结构设计、可靠性工程等; 王 垚(1982—),男,硕士,主要研究方向为飞机总体设计; 欧政梁(1980—),男,博士生,主要研究方向为飞机总体设计。

用,对普通 Web 浏览器及其他非实时异构系统信息集成的适应性好。

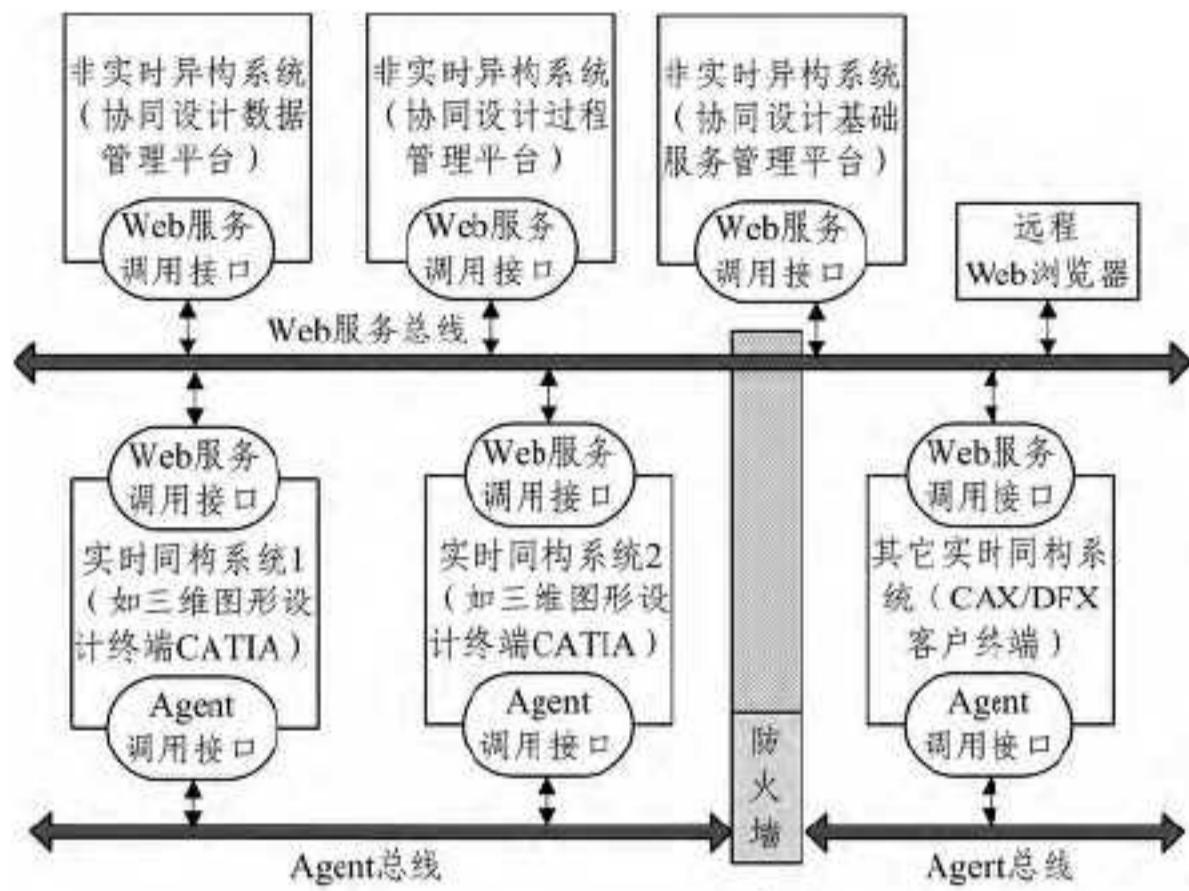


图1 基于双总线架构的协同设计系统信息集成框架

### 3 基于 Agent 的 CATIA 图形协作系统实时信息集成

为了支持多 CATIA 图形终端在网络环境下进行实时协作(如同步浏览和同步布置等),本文采用反应式协作 Agent 对传统的三维图形设计终端进行纵向扩展,如图2所示。反应式协作 Agent 从图形用户接口获得当地用户输入信息(命令行形式,或者菜单、对话框、按钮和鼠标键盘消息形式等),从网络通信状态监视器获得 Web 服务总线和 Agent 总线上用户 Agent 或网络服务的状态变化,并通知数据同步状态侦听器、并发控制状态侦听器、服务连接状态侦听器、操作指令状态侦听器等获取协作数据,最后交由操作动作反应器调用本地执行代码和网络操作代码,实现网络多客户端的同步图形显示和同步浏览布置等功能。本文采用 C++ 语言对 CATIA 二次开发接口 CAA API 进行封装与扩展,建立嵌入到 CATIA 后台的反应式协作多 Agent 模块,支持多 CATIA 客户端实时信息交换,同时基于 CAA 开发了 Web 服务调用模块,建立与 Web 服务总线进行非实时信息交换的通道。

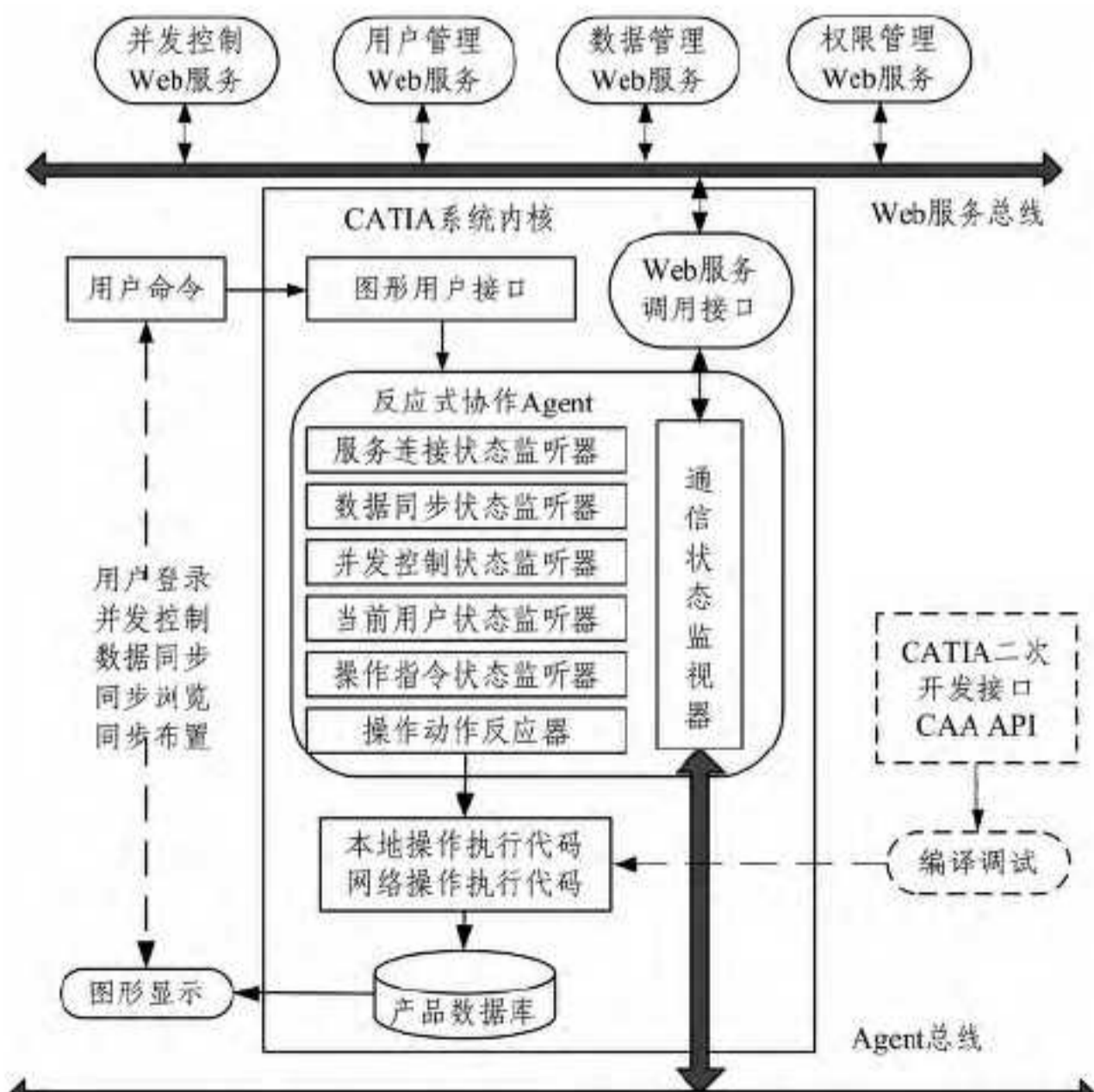


图2 三维图形设计终端协同设计信息集成

### 4 基于 Web 服务的协作管理系统非实时信息集成

为了支持非实时的协作数据交换和协作过程管理,本文基于 Web 服务技术对其进行了封装与分布式布置,从实现层次结构主要分为3层(见图3),即服务层、协作管理层和数据存储层。其中,服务层主要是提供网络协作功能服务,如并发控制服务[7]、数据交换服务、文件上传服务、任务流程执行服务、任务流程状态查询服务、用户管理和角色授权服务等。协作管理层主要有协作数据管理、协作过程管理和基础服务管理。协作数据管理包括共享资源管理、设计信息管理、并发控制管理、数据共享存储管理、数据库访问控制和数据状态监控等功能。协作过程管理包括 workflow 定义文件管理、workflow 过程实例管理、任务执行状态管理、任务存储更新查询机制等功能。基础服务管理[8]包括用户管理、权限管理、角色管理、安全加密管理、异常管理和日志管理等基础服务功能。数据存储层主要有身份认证授权数据库、流程定义和实例数据库、轻量化几何模型库及其它相关文档信息库等。以上功能统一通过 Web 服务协议封装,供网络 CAX/DFX 客户端和 Web 浏览器调用,支持协同设计系统的横向扩展与集成。

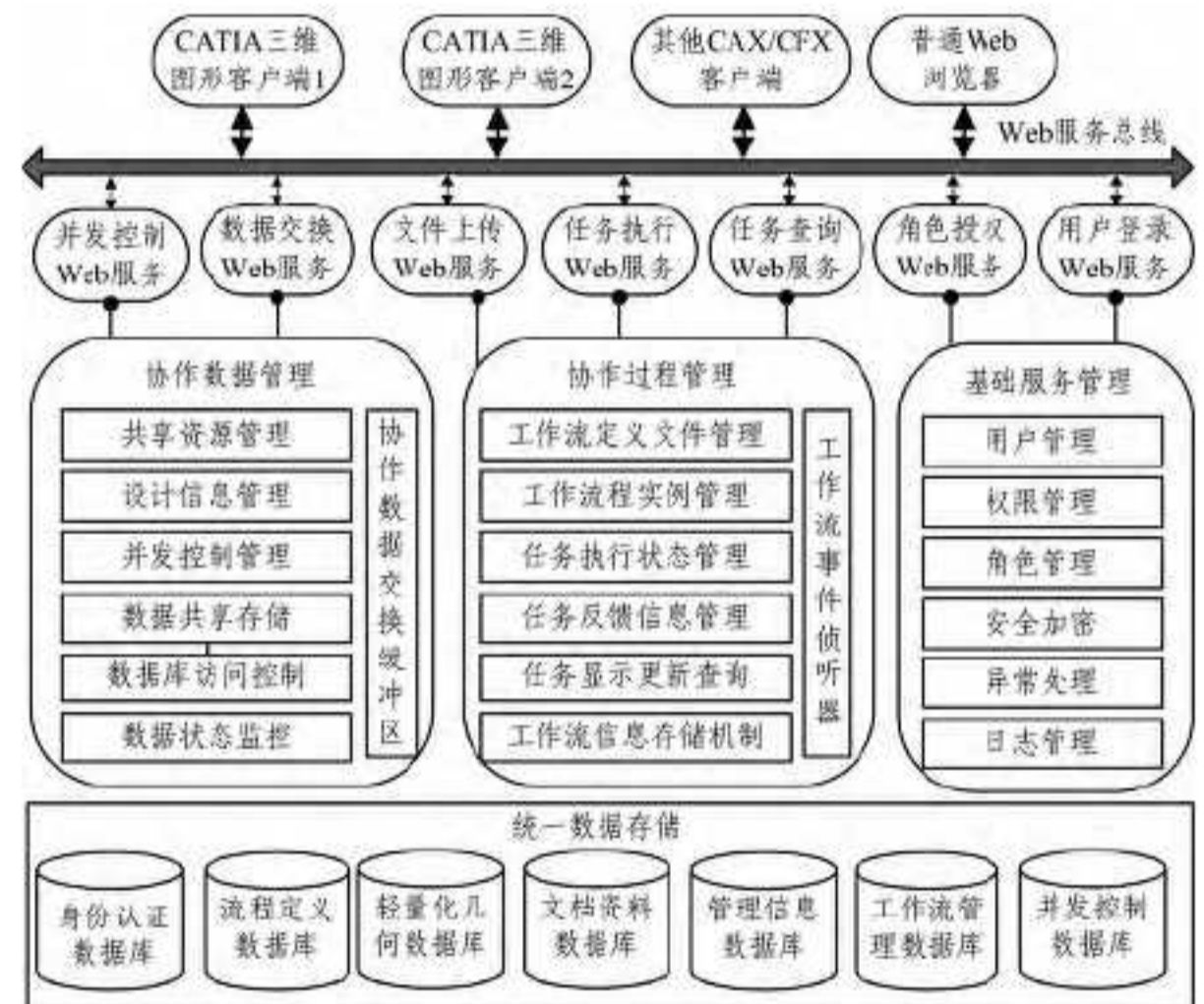


图3 基于 Web 服务的协同设计管理功能集成

### 5 飞机协同设计原型系统实现与应用

本文以上述双总线架构为基础,结合飞机总体布置设计与协调过程特点,建立了一个飞机协同设计原型系统(见图4),主要包括 CATIA 环境下同步浏览布置的同步协同设计和工作流环境下异步迭代设计反馈的异步设计两种应用功能。其中,同步协同设计采用 CATIA 二次开发实现,反应式协作 Agent 及其通讯功能基于 C++ 语言开发,嵌入到 CATIA 工具栏中提供交互功能。它的基本应用模式是:用户在 CATIA 客户端内通过工具菜单建立协同工作组,并提供同步数据,其他用户加入该工作组并获得同步操作权,在反应式协作 Agent、并发控制 Web 服务、数据交换 Web 服务、用户管理 Web 服务的共同作用下进行同步协同设计与协调。异步协同 Web 交互设计基于 SSH (Strus/Spring/Hibernate) 开源平台进行开发集成与应用扩展,异步协同设计过程管理功能采用集成 JBPM 工作流引擎来实现。其基本应用模式如下,首

(下转第 498 页)

维护人员的压力;

(2) 进行关键报警事件的配置信息丰富处理,即报警时可实时展现其相关配置信息等,无需维护人员再通过耗时较多的繁琐手工查询获取事件配置信息;

(3) 获取报警事件之间的关联,或对报警事件的关联事件进行预测预警,为维护人员制定事件处理流程提供决策依据,同时降低事件的影响程度;

(4) 在业务运行状态展示中,展现从物理层到逻辑层,再到业务层的所有与该业务相关的 IT 组件之间的关系,并在对应节点上显示其报警信息,整体反映业务运行状况。

**结束语** 针对拥有复杂的异构基础架构环境、复杂的应用业务逻辑的贵州电网数据中心配置项激增,配置项之间的关联关系错综复杂,配置管理涉及人员角色众多,对配置项及其关系的命名、定义和理解各有差异等问题,引入了本体技术对复杂的配置项进行语义管理,构建了配置管理本体,给出了其逻辑结构及其 OWL 语言的描述形式,实现了不同配置管理数据库、不同数据存储、不同角色之间配置信息的融合、共享与重用。最后研究了配置管理本体在贵州电网数据中心业务运行状态监控系统中的关键应用与意义。

(上接第 473 页)

先基于 Petri 网的飞机总体布置过程和技术状态控制建模方法<sup>[9,10]</sup>定义工作流程和技术状态更改流程,分配各个协作结点的人员、角色和权限信息,然后上传流程定义文件,实例化流程定义,在任务执行 Web 服务、任务查询、任务通知、任务归档等 Web 服务的支持下,多专业人员开展跨时空的交流与协作,完成异步协同设计与协调任务。通过同步和异步协同设计应用功能的组合使用,支持多专业设计人员按照“设计-协调-再设计-再协调”的工作模式,进行飞机总体设计指标的分解、分配、设计、反馈、调整、落实和验证,从同步协作、过程管理和技术状态控制多层次支持总体设计方案迭代设计。

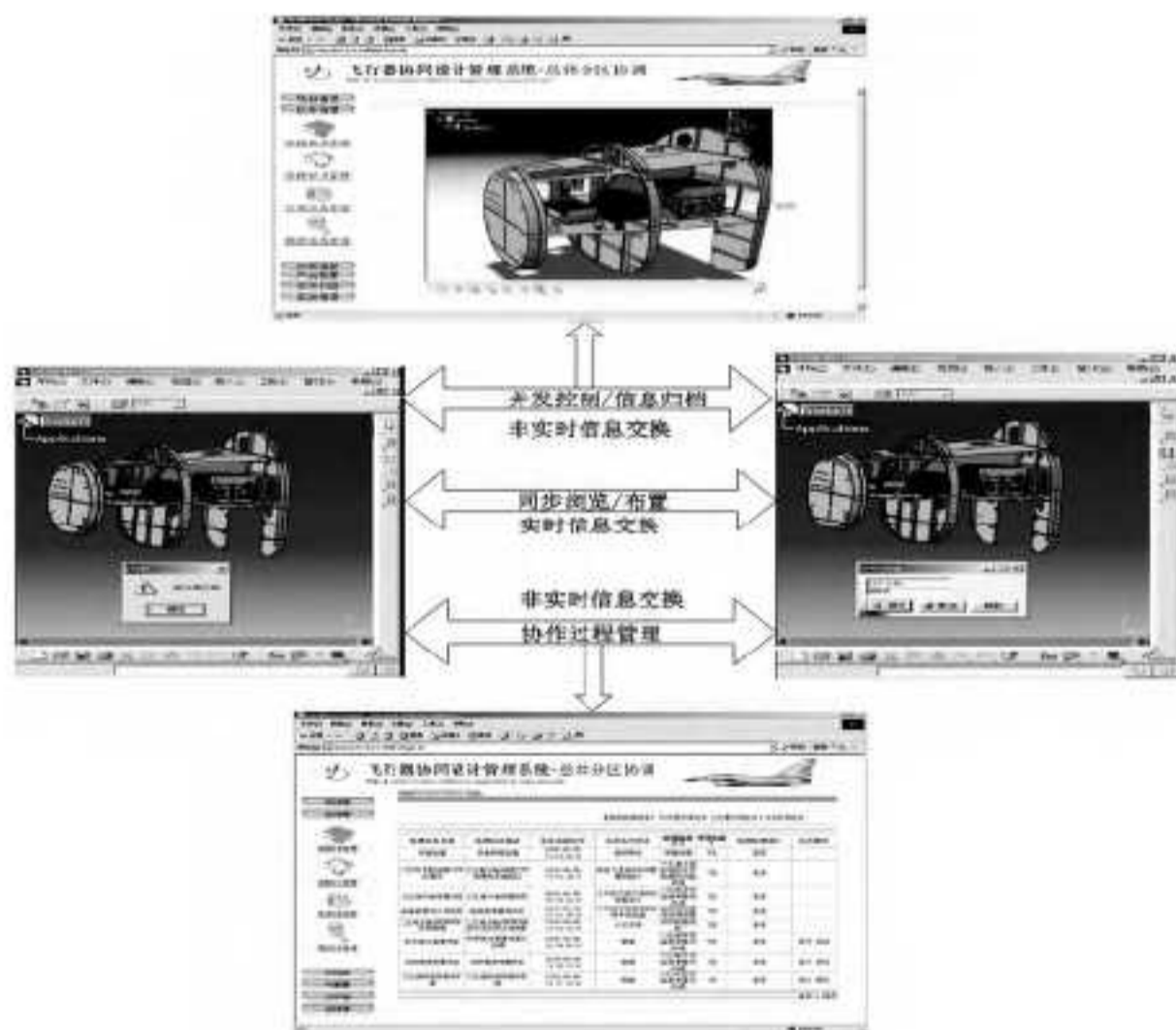


图 4 基于双总线架构的飞机协同设计原型系统

**结束语** 针对飞机研制过程中实时/非实时与同构/异构系统信息协作需求并存的特点,本文提出了一种基于 Web 服

## 参考文献

- [1] Klosterboer L. Implementing ITIL configuration management [M]. IBM Press, 2008
- [2] Sharifi M, Ayat M, Sahibudin S. Implementing ITIL-based CM-DB in the organizations to minimize or remove service quality gaps [C] // Second Asia International Conference on Modelling & Simulation. 2008; 734-737
- [3] 严威,沈备军. IT 服务管理中分布协作支持的研究与实现 [J]. 计算机工程, 2010, 36(20): 247-249
- [4] 李善平,尹奇,胡玉杰,等. 本体论研究综述 [J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(7): 1042-1051
- [5] 李江华,时鹏,胡长军. 一种适用于复合术语的本体概念学习方法 [J]. 计算机科学, 2013, 40(5): 168-172
- [6] 吕艳辉,马宗民,王玉喜. 基于关系数据库的 OWL 本体构建方法的研究 [J]. 计算机科学, 2009, 36(7): 153-156
- [7] Ayachitula N, Bucu M, Diao Yi-xin, et al. IT service management automation-A hybrid methodology to integrate and orchestrate collaborative human centric and automation centric workflows [C] // IEEE International Conference on Services Computing. 2007

务和 Agent 的协同设计系统架构,通过 Web 服务总线整合异构系统支持非实时协作信息交换,通过 Agent 代理总线整合同构系统支持实时协作信息交换,并由此构建了一个集成 CATIA 客户端和工作流协作过程管理功能的飞机协同设计原型系统,双总线架构适用性和有效性得到了进一步验证。

## 参考文献

- [1] 史美林,向勇,杨光信,等. 计算机支持的协同工作理论与应用 [M]. 北京:电子工业出版社, 2000
- [2] 王凯. 面向飞机总体布置的协同设计关键技术研究 [D]. 南京:南京航空航天大学, 2010
- [3] 王钢林,武哲. 基于虚拟样机的飞机总体设计环境的体系研究 [J]. 航空学报, 2005, 26(2): 162-167
- [4] 樊江,陈志英,王荣桥. 航空发动机外部管路多 Agent 协同设计系统框架 [J]. 航空动力学报, 2006, 21(1): 186-189
- [5] 潘吟飞,许端清,陈纯. 基于 Web 服务的网络化协同设计框架 [J]. 计算机集成制造系统, 2005, 11(5): 606-612
- [6] 贺东京,宋晓,王琪. 基于云服务的复杂产品协同设计方法 [J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(3): 533-539
- [7] 史昊,庄毅,王凯. 一种基于 XML 的可变粒度冲突避免策略的研究 [J]. 南京师范大学学报, 2008, 8(4): 77-81
- [8] 严巍,黄志球,刘毅,等. 协同设计中层次访问控制模型的研究 [J]. 计算机工程, 2008, 13(34): 40-42
- [9] 王凯,刘毅,李文正. 协同工作模式下的飞机总体布置设计过程建模 [J]. 重庆大学学报, 2012, 2(12): 63-69
- [10] Wang kai, Liu yi. Petri net-based airplane overall configuration control method. The Second International Conference on Modelling and Simulation [C] // Manchester, England, 2009: 183-188