

文章编号:1000-582X(2003)09-0060-04

基于 Internet 的虚拟样机设计*

杜静,何玉林

(重庆大学机械工程学院,重庆 400044)

摘要:虚拟样机技术对于缩短产品开发周期,降低成本,提高设计质量有重要的意义。尤其是在 Internet 环境中,如何对分布的产品设计资源、生命全周期信息和设计团队加以有效的组织、管理和应用,是虚拟样机技术中急需解决的问题。以摩托车虚拟样机为对象,对基于 Internet 虚拟样机的相关技术进行了深入的研究和实验。运用基于 Internet 的虚拟样机技术成功地对摩托车产品的关键部件进行了改型设计,为基于 Internet 的虚拟样机技术研究作了有益的探索。

关键词:Internet;虚拟样机;摩托车;虚拟设计

中图分类号:TP391.9; TP298

文献标识码:A

虚拟样机(Virtual Prototype)技术是一种应用产品数字化设计和计算机仿真技术构建产品的3D数字模型,并模拟真实产品,对其性能和行为进行仿真的一种全新的产品数字化设计方法,在新产品研究开发过程中,通过建立虚拟样机,在产品全生命周期的各个阶段模拟物理产品行为和功能,实现用虚拟样机取代物理样机,达到一次开发成功的目的。虚拟样机技术对于企业缩短产品开发周期,降低成本,改进设计质量,提高响应市场能力有重要意义。

随着经济全球化以及 Internet 技术、分布式对象技术、计算机支持协同工作技术的进一步发展和应用,制造企业更多地借助 Internet,进行跨企业、跨行业甚至全球范围的合作。因此,基于 Internet 虚拟样机(Internet-base Virtual Prototype,简称 IVP)被提上了议事日程。IVP 是不同地区、不同部门的设计团队(设计、制造、管理、生产、销售和使用人员)通过网络(Internet/Intranet/Extranet)共享 IVP 数据和信息,实时交互协同参与,从不同的角度、不同的需求出发,对虚拟样机进行设计优化、性能和行为仿真、性能测试和评价,达到实时调整和优化产品性能的目的。

应用 IVP 技术开发摩托车新产品,是摩托车行业发展的必然趋势,也是借鉴、消化、吸收国外先进制造技术,增强我国摩托车企业自主开发和技术创新能力

的有效途径。世界上一些著名的摩托车企业应用虚拟样机技术,在产品 设计阶段对其运动学、动力学、强度、刚度、振动特性以及操纵性、乘坐舒适性等进行仿真,并进行了大量的虚拟试验,实现了产品的总体性能匹配和整体优化,加速了新产品开发,保证了产品的质量。从相关文献来看,国外对摩托车虚拟样机技术在性能仿真、如何获得高精度的虚拟样机模型上研究较多,国内对 IVP 的相关技术如 CSCW 技术、数据库技术、CAX/DFX 等技术有一定的研究基础^[5,6],目前尚未发现支持 IVP 的工具与环境。综合国内外研究成果,本文根据摩托车产品研究开发的需要,以摩托车虚拟样机为对象,对 IVP 的体系结构、关键技术、支撑环境等作进行了深入的研究。

1 基于 Internet 虚拟样机系统的体系结构

对于比较复杂的产品,IVP 开发活动需要多学科、跨部门、产品全生命周期各相关部门的协作。IVP 开发过程中每一个子系统既是独立的,具有自己的数据模型、数据库和管理方式,又彼此协调,共享数据和信息,共同完成 IVP 开发任务。因此,实用的 IVP 系统应在异构环境中运行,具有如下的基本特点:

1) 协同性

协同性是 IVP 系统的基本要求,主要体现在人/人

* 收稿日期:2003-06-01

作者简介:杜静(1964-),女,四川南充市人,重庆大学国家工科机械基础教学基地副教授,博士,主要从事虚拟现实,CAIAE 研究。

协作、人/机协作、知识协作和组织管理协作。目前协同设计中冲突的识别, 并进行自动协调和处理的技术还不成熟, 人/人协作显得尤其重要。

2) 分布性与异构性

分布性指的是 IVP 设计团队和 IVP 的各种资源, 如设计工具、产品数据、设计知识的分布性。异构性指的是 IVP 使用的软硬件平台、网络协议和数据格式等的异构性。由于资源和信息的分布性和异构性, 导致了 IVP 系统的分布性和复杂性。

3) 开放性

IVP 是一个包含产品全生命周期信息的数字模型, 数据信息来源于不同的应用系统。为了支持异构跨平台的分布环境, 就要求 IVP 系统是一个开放的系统。采用易于扩充、可伸缩性强的集成技术使系统具有即插即用特性, 可以根据市场变化快速地重构。

根据上述基本特点, 本文提出 IVP 系统的体系结构如图 1 所示, 由应用子系统、基于 Internet 支撑平台和共享数据库三部分组成。应用子系统完成虚拟样机的结构设计、性能仿真、性能测试、决策/评估等, 用户在 VR 环境中(或利用 WEB 浏览器)对发布的虚拟样机进行交互浏览, 了解产品的性能、特征和行为。基于 Internet 支撑平台为设计团队提供灵活的、安全可靠的协同设计环境, 实现虚拟样机开发过程动态管理, 各个应用系统有效的集成, 快速安全的通信。共享数据库由仿真资源库、产品模型库、协同工具集等分布式共享数据库组成, 支持设计团队的透明访问, 具有共享性、完整性、一致性和自治性的特点。

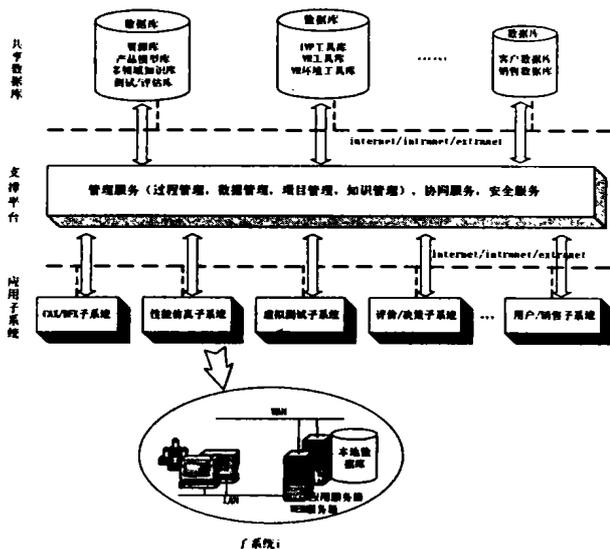


图 1 基于 Internet 虚拟样机系统的体系结构

2 基于 Internet 的虚拟样机的关键技术

IVP 是 IVP 全生命周期各阶段产品数据信息的载体, 具有产品的各种性能、特征和可视性。IVP 开发涉及到多学科领域和诸多技术, 其中 IVP 建模技术, IVP 的数据管理技术, IVP 性能仿真和虚拟测试技术是 IVP 开发的关键技术。

2.1 IVP 建模技术

IVP 的各个应用系统是异构的, 数据模式各不相同, 进行系统仿真时不可能采用统一的数据模型。目前, 各个异构的应用系统间也无通用的数据转换标准, 利用中间格式转换常常造成数据丢失。IVP 建模技术研究各种数据模型的有效集成, 模型的重用性、规范性和可移植性, 支持各类模型的信息共享与协同运行。

2.2 IVP 数据管理技术

IVP 的开发涉及到多个部门甚至多个企业的协作, 存在大量的数据和信息的交换。IVP 的数据管理系统建立在基于 Internet 的异构环境中, 提供 IVP 结构管理、IVP 配置管理、IVP 生命周期管理、IVP 零件族管理、IVP 工程变更管理和项目管理等功能, 对 IVP 全生命周期的数据、过程和资源进行管理, 维护系统数据的可靠性、完整性和一致性。

2.3 IVP 性能仿真和测试试验技术

IVP 性能仿真和测试试验是指在基于 Internet 的环境中, 各种仿真/测试子系统利用专业工具, 在进行物理样机试验之前, 利用计算机仿真技术和动态模拟技术, 在不同阶段、从不同侧面、不同层次对产品性能进行测试与评估, 是保证 IVP 质量的重要环节。IVP 性能仿真和测试试验相辅相成, 仿真模型、仿真结果的正确与否, 需要采用测试试验验证, 而性能仿真则为测试试验提供理论依据和指导。

3 基于 Internet 的摩托车虚拟样机设计

摩托车由车架、发动机、传动系统、悬挂系统和控制系统等子系统组成。车架是摩托车的骨架, 将发动机及变速装置、转向装置、悬挂装置、车轮等联结成一个整体, 行驶时承受发动机惯性力激振, 载重和道路等外部激励的作用, 对摩托车的振动、舒适性影响很大, 是摩托车的关键部件。车架的设计涉及到多学科领域, 各个设计子系统设计资源分布在不同的地理位置, 设计工具具有异构性, 是典型的基于网络的分布式设计系统。本文以摩托车车架为对象, 对上述 IVP 的体系结构、支撑平台和关键技术进行了深入的研究和实验。

图2为某摩托车企业的某一型号摩托车车架的3D模型。该款摩托车在路试时发现在发动机6 000 ~ 8 000 rpm 转速范围内,坐垫、油箱、尾架等处出现振动过大的现象。为了找出影响摩托车振动的主要因素,就需要对车架进行性能分析。性能分析的主要内容是悬挂系统动力学分析和车架的模态分析。进行车架的模态分析的目的在于分析出车架的固有频率,判断车架的固有频率是否在摩托车激振频率内。若车架的固有频率在摩托车激振频率内,就需要进行车架的局部改型设计,使其固有频率避开摩托车激振频率,以避免共振。进行悬挂系统动力学分析是为车架性能测试和性能分析提供动力学参数。上述工作具有协同性,要求各设计子系统协同配合,共同完成车架的性能分析和改型设计。

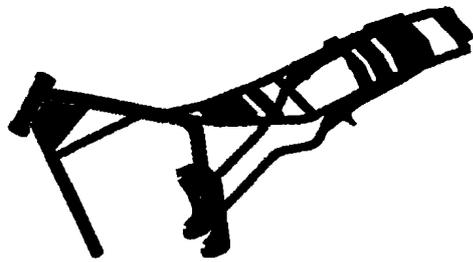


图2 摩托车车架3D模型

1) 基于 Internet 的车架设计系统

车架的设计开发由结构设计、性能仿真、性能测试、决策/评估等多个设计子系统组成,车架设计系统构成如图3所示。各设计子系统采用不同的设计工具,结构设计采用 Pro/E 软件,性能仿真采用 ANSYS 和 ADAMS 软件,测试实验采用试验模态和底盘测功机测试。车架结构设计、性能测试、决策/评估等子系统之间的通信通过 Intranet 企业网。由于分析中心和其它中心相距较远,因此性能仿真子系统和其它子系统采用 VPN 通信。

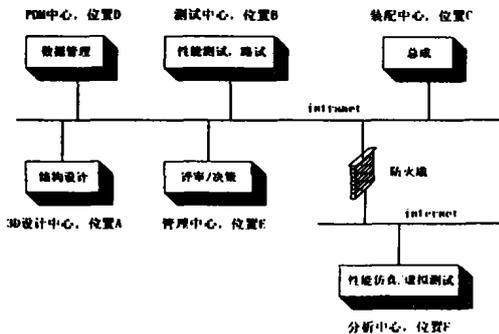


图3 车架设计系统构成图

由于各个设计子系统的分布性与异构性,车架设计系统采用图二所示结构。数据库采用 SQL Server,

WEB 服务器通过 HTTP 方式向各个子系统发布协作信息、任务以及最新的研究成果,并且接收来自用户的信息。用户端配置 WEB 浏览器和应用软件 Pro/E、Ansys 和 Adams 等,由嵌入页面控件实现对应用软件的协同操作。用户通过 WEB 浏览器与服务器连接,了解最新的设计信息,浏览和存取数据库中的文件、收发邮件、发布消息、安排日程等,从而使车架设计系统具备在基于 Internet 环境中的协同设计功能。

2) 车架结构特性分析工作流程

车架的振动特性分析采用图三所示的方式进行。由于主要解决摩托车的振动问题,因此首先进行车架的结构特性分析,根据分析结果进行改型设计。为了得到高精度的分析模型,提高设计质量,在工作流程中进行了多次分析模型和测试模型的验证试验。在实物新车架做出后,再作一次车架的性能测试,以确保车架的改型设计的一次成功。车架结构特性分析工作流程如图4所示。

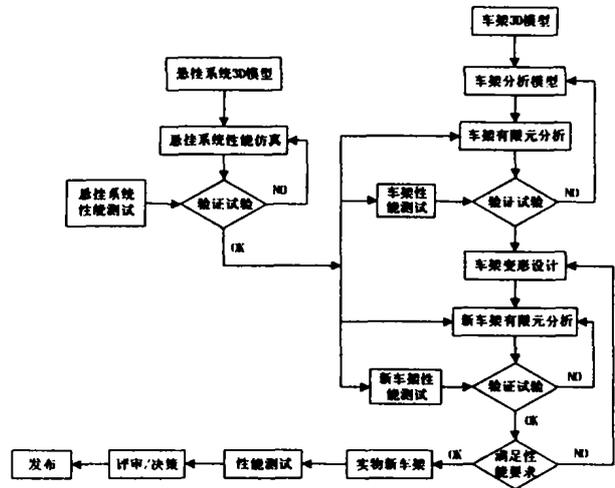


图4 车架结构特性分析工作流程

3) 车架模态分析

按照上述工作流程,对车架进行理论模态分析和实模态分析,确定出车架的固有频率。车架的固有频率中3阶固有频率 $f = 103.144 \text{ Hz}$,落在摩托车正常行驶状态的激振频率范围内,是引起摩托车振动的主要因素之一,必须进行车架改型设计,修改车架的结构参数来改变其固有频率。进行车架改型设计的依据是理论模态分析和实验模态分析的结果,这就需要结构设计、性能测试和性能分析等设计子系统在基于 Internet 环境中的协同配合,反复修改直至满足要求。应用上述研究成果,对车架进行了改型设计,取得了较好的成果。图5所示为车架模态分析3阶振型图。

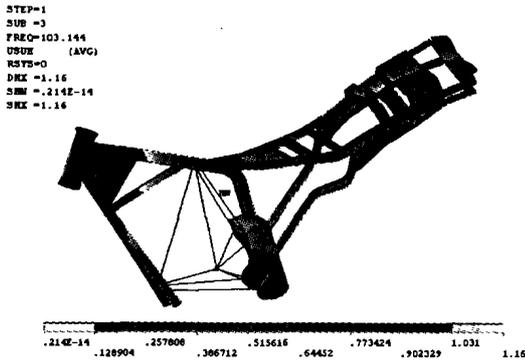


图5 车架模态分析3阶振型图

4 结 论

Internet 技术的飞速发展,带来了企业产品开发模式的变革。在 Internet 环境中,对分布的虚拟样机设计资源、虚拟样机生命全周期数据信息和设计团队加以有效的组织、管理和运用,是实现虚拟样机设计的技术关键。本文根据 IVP 系统的协同性、分布性和开放性三大基本特点,提出了 IVP 的体系结构,IVP 关键技术和支撑环境,通过摩托车 150 车架虚拟设计的实验证明是先进实用的。同时,应用 IVP 技术的研究成果,针对车架开发的特点,对 150 车架进行了成功的改型

设计,对基于 Internet 的虚拟样机技术作了有益的探索研究。

参考文献:

- [1] LEVENT U GÖKDERE, KHALID BENLYAZID, ROGER A DOUGAL. A virtual prototype for a hybrid electric vehicle [J]. *Mechatronics*, 2002, 12(4):575-593.
- [2] LUCIANA D'ADDERIO. Crafting the virtual prototype: how firms integrate knowledge and capabilities across organisational boundaries[J], *Research Policy*, 2001, 30(9):1 409-1 424.
- [3] JOSEF ADOLFSSON, AMOS NG, PETTER OLOFSGARD, et al. Design and simulation of component-based manufacturing machine systems [J]. *Mechatronics*, 2002, 12(9-10):1 239-1 258.
- [4] N SHYAMSUNDER, RAJIT GADH. Internet-based collaborative product design with assembly features and virtual design spaces[J] *Computer-Aided Design*, 2001, 33(9): 637-651.
- [5] 付红桥,何玉林.基于 VPN 的协同设计网络模型[J]. *计算机工程与应用*, 2002, 38(11):152-153.
- [6] 李伯虎,柴旭东.复杂产品虚拟样机工程的研究与初步实践[J], *系统仿真学报*, 2002, 14(3):336-341.

Internet-base Virtual Prototype Design

DU Jing, HE Yu-lin

(College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Virtual prototype has very important meaning to reduce design cycle of product, depress cost and improve design quality. Especially in the internet environment, the technology of virtual prototype should solve problems such as how to organize, manage and use design resource of virtual prototype, data information of product life cycle and design team. Using motorcycle virtual prototype as an object, Internet-base mutuality technology of virtual prototype is researched and experimented. The structure design is successfully modified which applies internet-base technology of virtual prototype to motorcycle key components. The research is useful to exploring internet-base technology of virtual prototype.

Key words: internet; virtual prototype; motorcycle; virtual design

(编辑 张小强)