

文章编号: 1001-2486(2000)06-0060-05

协同虚拟样机环境体系结构研究*

赵 雯, 王维平, 朱一凡

(国防科技大学系统工程研究所, 湖南 长沙 410073)

摘要: 协同虚拟样机 (Collaborative Virtual Prototyping) 是一种以一体化多学科设计和分析模型为核心的, 由各种应用、底层支撑技术和标准组成的支持虚拟样机协同设计、建模和仿真的集成技术。首先介绍了协同虚拟样机的基本概念, 接着对协同虚拟样机环境的概念和技术框架进行了分析。在对典型的虚拟样机环境体系结构进行分析的基础上, 提出了支持武器装备虚拟采办的协同虚拟样机体系结构。

关键词: 协同虚拟样机; 协同设计; 体系结构; 虚拟采办

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A

Towards the Architecture of Collaborative virtual prototyping Environment

ZHAO Wen, WANG Wei-ping, ZHU Yi-fan

(Department of Systems Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Collaborative virtual prototyping is an integrated technology of applications, standards and relevant technologies supporting the co-design, M&S of a virtual prototype, with the on integrated, multi-discipline and analytical models. The concept of CVP is first introduced, then the concept and technology framework of CVPE is discussed. Based on the analysis of the typical CVPE architecture, the architecture of CVPE supporting virtual acquisition is given.

Key words: collaborative virtual prototyping; architecture; cooperative design; virtual acquisition

1 虚拟样机和协同虚拟样机的概念

虚拟样机 (Virtual Prototyping, 简称 VP) 是近十几年来产生一种新型的产品设计和过程开发的方法。目前对于虚拟样机的概念还没有一种精确的定义, 针对不同的研究领域, 有不同的定义方法。从武器装备虚拟采办和全寿命周期建模和仿真的角度出发认为, 虚拟样机是一种新型的基于一体化产品和过程开发 (Integrated Products and Process Development, 简称 IPPD) 策略的新的设计、开发手段。虚拟样机以建模仿真理论为指导, 将计算机仿真技术、现代管理理论、系统工程方法、信息建模技术和计算机支持工具等有机地结合起来, 为产品的全寿命周期设计和评估提供支持, 从而达到降低成本、提高效率的目的^[1]。协同虚拟样机 (Collaborative Virtual Prototyping, 简称 CVP) 是一个以一体化多学科设计和分析模型为核心的, 由各种应用、底层支撑技术和标准组成的支持虚拟样机协同设计、建模和仿真的集成技术。利用协同虚拟样机技术建立的为产品和系统开发提供全寿命周期的设计分析和性能评估支持的环境, 称之为协同虚拟样机环境 (Collaborative Virtual Prototyping Environment, 简称 CVPE)。

2 协同虚拟样机环境概念框架

协同虚拟样机环境 CVPE 的概念体系结构如图 1 所示。CVPE 概念框架是一个由应用层 (Application)、服务层 (Service) 和核心层 (Kernel) 组成的三层分布式体系结构 (ASK)^[1]。

从图 1 的概念框架图中可以看出, 协同虚拟样机环境具有以下特点:

(1) 层次化的系统结构。整个 CVPE 从概念上可以划分为三层, 最外层的应用层主要包括一些商

* 收稿日期: 2000-04-21

作者简介: 赵雯 (1973-), 男, 博士, 讲师。

用的软件和自行开发的应用。它们是虚拟样机设计的数据来源，同时也是虚拟样机模型最终的使用者。位于中心位置的是核心层，它是虚拟样机模型信息的存储和管理区。核心层中保存了虚拟样机的模型信息描述，主要包括：虚拟样机设计需求信息、几何信息、环境信息、分析数据、物理参数、版本信息等。这些信息为虚拟样机的协同设计和仿真测试和评估提供了数据来源。位于 CVPE 中间的服务层是连接核心和不同领域的应用的纽带。服务层是一个支持虚拟样机协同设计过程的中间件，它对应用层提供了一个虚拟样机数据接口——虚拟样机参数视图，顶层应用通过虚拟样机参数视图来存取自己需要的数据，不同的设计应用可以有不同的参数视图与之相对应，同一个设计任务下的不同应用之间可以通过服务层来共享一个虚拟样机参数视图，来完成协同设计的过程。

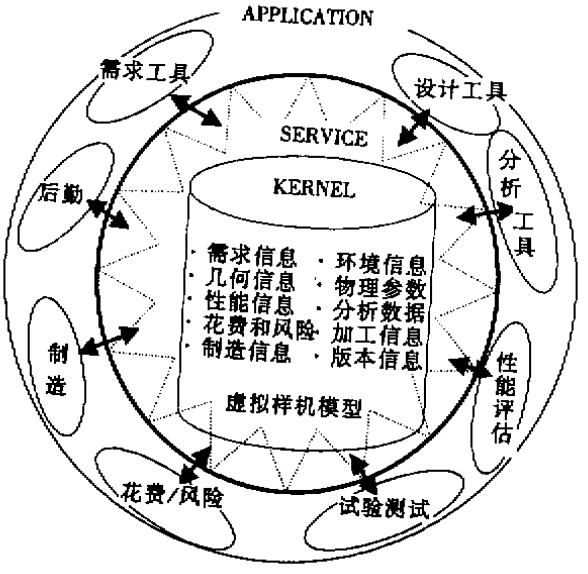


图 1 协同虚拟样机环境概念框架

Fig.1 Conccetion Frame of CVPE

(2) 强调虚拟样机的全寿命设计过程管理。虚拟样机环境概念框架中从三方面支持虚拟样机的全寿命周期设计过程。

首先，虚拟样机环境支持的顶层应用包括了从需求分析直到后勤保障的样机全寿命周期过程。其次，在虚拟样机环境的服务层中，为不同设计阶段的参与者之间提供了协同设计的支持。最后，核心层中虚拟样机模型的信息中包括了虚拟样机不同设计阶段的版本信息，并提供了设计版本管理的概念，这为虚拟样机设计的阶段控制和设计状态冻结提供了底层的支持。

(3) 以虚拟样机模型为核心。虚拟样机环境概念框架中的核心层主要包括虚拟样机模型信息以及存储和管理过程，虚拟样机模型是整个虚拟样机环境的核心，所有的协同设计、分析、评估过程都是围绕虚拟样机模型进行的。虚拟样机模型中提供了关于该样机各侧面的信息。虚拟样机模型有可重用性、可存取性、可扩展性的特点。

3 协同虚拟样机环境技术框架

为了实现协同虚拟样机环境 (CVPE) ASK 三层概念框架中的功能，需要有相应的技术手段的支持。一个协同虚拟样机环境从技术上大体可以划分为两个层次：一是直接与各个参与设计的人员交互并为其提供各项服务功能的顶层服务技术，二是隐匿在用户界面之后，用于支撑各项服务功能和交互功能的底层支持技术，如图 2 所示。关于 CVPE 技术框架中的关键技术的具体研究请参考文献 [1] [4]。

服务	集成技术	交互技术	应用技术	数据生成
底层支撑结构	协同设计和信息共享技术			
	模型生成和管理技术			
	计算机平台和网络技术			

图 2 协同虚拟样机技术框架示意图

Fig.2 Technical Framework of CVPE

4 典型的协同虚拟样机环境体系结构

4.1 美国空军研究实验室的协同工程环境体系结构

美国空军研究实验室 (Air Force Research Laboratory, 简称 AFRL) 1998 年提出了一个协同虚拟样机环境的体系结构, 并将该环境命名为协同工程环境 (Collaborative Engineering Environment, 简称 CEE)^[3]。CEE 从建模仿真技术出发, 利用虚拟样机技术和协同设计技术, 将先进的分布建模和仿真技术和一些工程工具在一个虚拟样机环境框架下集成起来, 用以支持飞行器产品全寿命周期工程中的技术开发, 系统设计, 性能、费用和可制造性评估分析。CEE 的体系结构如图 3 所示。

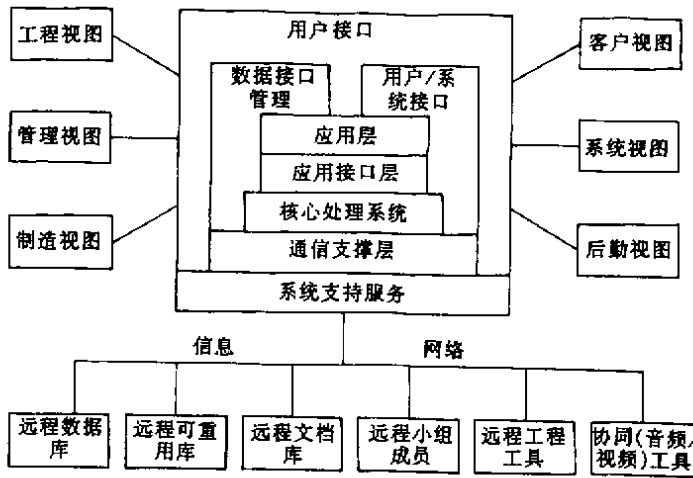


图 3 协同工程环境体系结构图

Fig.3 Architecture of CEE

CEE 是建立在一个分布式的网络和信息支撑层上, 通过一个统一的用户接口与不同设计阶段、领域和层次的设计人员交互。CEE 体系结构中的组成部分包括: 一个分布在异构网络上的通信底层支撑结构; 一个核心处理系统, 由中间件执行控制、集成和管理服务组成; 一个用户应用和系统的集合。CEE 的体系结构是一个物理和逻辑上分布的、多层次的、自适应的模型。

在最顶层, CEE 为不同的用户提供了与领域相关的视图, 不同设计领域的用户只与自己领域相关的工具和应用交互。CEE 的用户接口采用了一致性的、跨平台的、基于 Web 的技术, 使不同平台的用户通过浏览器提供的一致性界面, 对整个环境进行独立于硬件和软件平台的操作。CEE 体系结构中采用了中间件作为虚拟样机环境体系结构的核心, 中间件包括一组软件和工具, 通过他们可以将若干不同的应用无缝地集成在一起, 满足用户的设计和信息共享的需要。中间件对用户的使用是透明的, 它包括一些工具和软件来控制和管理各个应用, 并试图解决不同类型应用之间的数据格式异构的问题。通信支撑层为分布处理环境提供接收和发送数据和信息所必须的功能支持, 包括选择合适的通信协议, 信息的过滤, 在内部网中仿真控制和仿真试验的数据信息传递和同步。

4.2 SAVE 虚拟样机环境体系结构

仿真评估验证环境 (Simulation Assessment Validation Environment, 简称 SAVE) 是美军联合战斗机计划的一个子项目。SAVE 的目标是研究和开发若干建模和仿真工具和方法, 通过将这些工具集成在一个虚拟的环境中, 支持在产品开发初期对设计和制造过程中的决策进行评估^[5]。

SAVE 设计环境及其包含的工具包组成了一个基于开放体系结构的、分布式的协同开发环境, 在此环境中, 将若干商业应用和自行开发的工具集成在一起支持协同虚拟样机设计的过程。SAVE 环境体系结构可以分为四层, 最顶层是应用层, 包括了一些商用软件和自行设计的软件。这些应用的类型主要面向产品的生产制造过程和费用评估过程。SAVE 顶层应用描述中说明了支持的应用的类型, 但

是并不依赖于特定的应用。公共桌面层为用户和各种应用于系统之间的交互提供了一种独立于平台的标准的接口,包括工作流管理器、一致性视图、数据流览器、应用启动工具和文档帮助系统组成。通信层中包括一些 CORBA 服务和 IDL 接口描述,它是实现异地设计人员之间协作的底层支持。分布数据存储层为 SAVE 提供了数据库的支持,包括产品数据、设计过程、产品模型和文档等。

SAVE 虚拟样机环境面向战斗机的设计和生产制造过程,主要特点是基于 CORBA 的工具和应用之间的集成方法和设计流程管理方法。CORBA 为异构平台和应用之间的数据交换和基于对象的数据共享提供了工业化的标准支持。设计流程管理是 SAVE 环境的另一主要特点,它由基于浏览器的客户端和工作流服务器组成,而两者之间的数据传输则通过 CORBA 来实现。

5 支持武器装备虚拟采办的协同虚拟样机环境体系结构

协同虚拟样机环境 CVPE 的设计面向军方武器装备虚拟采办的全过程。武器装备虚拟采办的概念是为了提高武器装备全寿命管理的敏捷性,能够对用户的需求变化做出快速响应,低成本、短周期、高效率、高质量地生产出满足用户需求的产品而提出的,其基本途径是建立一个数字化的全寿命周期管理支撑环境,利用协同虚拟样机技术来实现基于模型和仿真的武器装备全寿命周期管理。由于整个采办过程是由军方和工业设计部门共同完成的,因此 CVPE 要将虚拟采办过程和武器总体设计过程(目前不包括生产和制造过程)结合在一起,共同完成新型号武器从概念论证、设计、研制和仿真试验直到虚拟样机效能分析的全过程。CVPE 利用建模和仿真、CORBA、设计—分析一体化、三维动态可视化等先进的技术,将武器装备设计过程中 CAx 专业领域和 SBx 领域的设计和分析联系在一起,共同完成新武器系统设计的全过程,并对武器装备虚拟样机模型进行试验和评估,从而优化武器装备实物样机的集成和试验工作。根据 CVPE 的设计目标和虚拟样机技术目前的研究现状,提出支持武器装备虚拟采办的协同虚拟样机环境(CVPE)体系结构如图 4 所示,整个体系结构是层次化的。

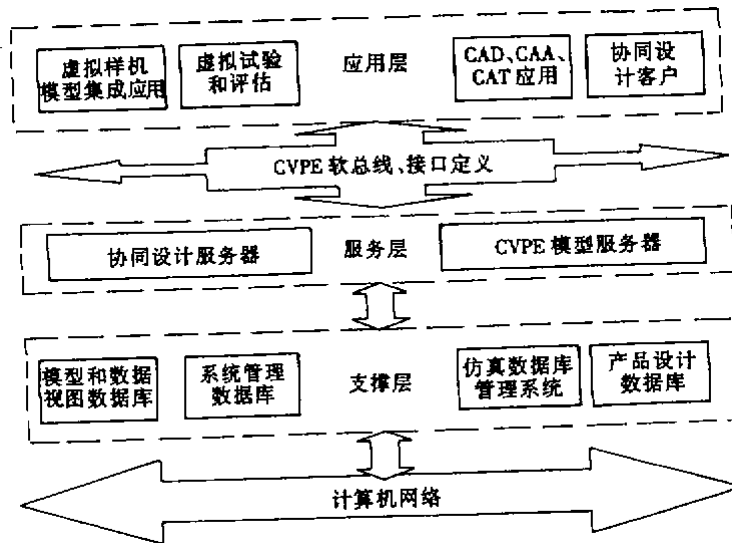


图 4 协同虚拟样机环境体系结构

Fig.4 Architecture of CVPE

CVPE 中将整个体系结构分为应用层、服务层和支撑层三层。应用层描述了 CVPE 中需要支持的商用应用和自行开发应用的种类,包含了对虚拟样机仿真、建模、协同设计和 CAx 工具的支持。其中,模型集成应用负责将不同的虚拟样机部件模型组合在一起,成为一个整体模型,并能够通过对该模型进行仿真试验和性能评估和分析。虚拟试验和评估系统是对虚拟样机的动力学模型和仿真模型进行仿真运行和效能评估的子系统。CAD、CAA、CAT 主要负责建立虚拟样机的几何模型,并通过特定的计算机辅助的分析和试验,对虚拟样机模型的一些特性进行测试(如压力分析)。这种分析一般是

基于一个静态模型(如 FEA 中的网格模型)。协同设计客户是 CVPE 中不同领域用户和设计人员之间进行协同设计的客户端,它为设计人员提供了一致性的界面和设计过程建模工具。

服务层为 CVPE 顶层应用之间的数据交换和协同设计过程的实现提供支持。通过服务层将应用层与底层的支撑层分离,既保持了应用层各个应用的独立性和应用之间交互界面的一致性,也避免了顶层应用直接操作底层部件,提高了系统的可靠性。协同设计服务器负责将用户建立的协同设计过程模型实例化并执行,从而对整个虚拟样机的设计过程进行管理和调度。协同设计服务器的一个重要功能是为设计用户提供一个统一的、层次化的虚拟样机模型参数化视图,通过维持虚拟样机设计参数的版本和视图,使得在不同设计阶段和层次的设计人员维持一张统一的虚拟样机模型参数视图,不同层次的设计人员可以看到不同粒度的他感兴趣的参数视图,并可以根据自己的权限对参数视图进行修改。CVPE 模型服务器主要负责对虚拟样机模型进行管理,虚拟样机设计过程中的核心是虚拟样机模型,它是一个多层次、多侧面的信息模型,不同领域的应用对它有不同的要求,需要虚拟样机模型提供的信息也不同。CVPE 模型服务器根据特定的应用需求,从支撑层中抽取不同的虚拟样机模型参数视图来满足应用的要求。对于一些需要计算的参数,CVPE 模型服务器还要启动不同的应用进行计算,将计算结果保存到产品数据视图库中。CVPE 模型服务器还需要对虚拟样机模型库进行管理,将用户建立的虚拟样机模型存入虚拟样机模型数据库,并支持用户对样机模型的查询和浏览。

支撑层由若干数据库系统组成。它们为 CVPE 提供了底层的数据信息支持。虚拟样机模型和产品数据视图库中存放虚拟样机模型和数据视图信息。虚拟样机的数据视图是虚拟样机模型的一个参数化的侧面信息的集合,每个数据视图体现了一个设计阶段或特定设计领域中对虚拟样机模型的不同信息需求,不同设计层面上的人员看到的视图是不同的。所有数据视图的信息来源是虚拟样机模型,并且相互关联。系统管理数据库中存放和管理虚拟样机设计过程中的版本信息和各种配置信息,并负责对用户进行管理。仿真数据库负责保存虚拟样机的仿真模型和仿真运行的数据,并能够通过特定的数据对仿真结果进行可视化的输出。产品数据库负责保存虚拟样机设计过程中与产品设计和加工数据相关的知识和信息,一般来说,产品数据库是一个基于 STEP 或者相关的产品数据描述标准的面向对象的产品数据管理系统,负责保存和管理虚拟样机的几何信息、材料信息和加工制造过程信息。

6 结束语

虚拟样机技术作为一种新型的集成化产品设计和开发手段,贯穿于武器系统设计、研制、生产、评估的全寿命周期中。本文中提出层次化的 CVPE 体系结构的目的是为了将武器装备虚拟采办过程中的 CAx 和 SBx 领域中的应用和人员在统一的框架下集成起来,通过以虚拟样机模型为核心的,以共享产品数据视图为手段的协同设计过程为虚拟采办服务,并为协同虚拟样机环境的设计与实现提供了参考框架。

参考文献:

- [1] 赵雯. 协同虚拟样机研究与实现 [D]. 国防科学技术大学博士论文. 2000, 6.
- [2] 赵雯等. 武器系统虚拟样机技术研究, 国防科技大学学报 [J]. Vol. 21 No. 1, 1999.
- [3] McQuay, W K. A Collaborative Engineering Environment For 21st Century Avionics. Aerospace Conference [C]. 1998 IEEE.
- [4] DMSO. Virtual Prototyping - Concept to Production [M]. 1995.
- [5] James W Poindexter, Paul E. Cole. Simulation Assessment Validation Environment (SAVE) Reducing Cost and Risk Through Virtual Manufacturing [R]. <http://sbdhost.lmco.com>, 1997.

