

学科门类: 工学
中图分类号: TP391

单位代码: 10287
密 级: 公开

博 士 学 位 论 文

面向企业的产品结构与配置管理 关键技术研究

国家 863 高科技计划 资助项目

博士生姓名	孙 国 梓
一级学科	机 械 工 程
学科、专业	机 械 制 造 及 其 自 动 化
研究方向	计 算 机 集 成 制 造
指导教师	姜 澄 宇 教 授
	王 宁 生 教 授

南 京 航 空 航 天 大 学
二 〇 〇 二 年 五 月

学科门类: 工学
中图分类号: TP391

单位代码: 10287
密 级: 公开

博 士 学 位 论 文

面向企业的产品结构与配置管理 关键技术研究

国家 863 高科技计划 资助项目

博士生姓名	孙国梓
一级学科	机械工程
学科、专业	机械制造及其自动化
研究方向	计算机集成制造
指导教师	姜澄宇教授 王宁生教授

南京航空航天大学
二〇〇二年五月

A Dissertation for Ph.D.

**Research on the Key Technologies of
Enterprise-Oriented Product Structure and
Configuration Management**

**Supported By
National 863 Hi_Tech Project**

**Presented by: Sun Guozi
Supervisors: Prof. Jiang Chengyu
Prof. Wang NingSheng**

**College of Mechanical and Electrical Engineering,
Nanjing University of Aeronautics and Astronautics,
Nanjing, P. R. C.**

May, 2002

摘 要

竞争和合作的国际化,促使企业必须开拓市场,充分利用各地资源优势,形成企业间紧密合作。PDM 作为一种对制造企业产品形成过程中的有关信息和过程进行统一管理的技术,能够帮助企业实现产品信息的及时共享,并能对并行产品开发提供有力的支持。提高产品结构与配置管理能力是当前 PDM 研究的热点,本文针对目前产品结构与配置管理的研究现状及面临的问题,进行了下述相关研究:

分析现行 PDM 的体系结构及其在应用推广中存在的问题,给出 PDM 的一种新的研究思路——面向企业的产品结构与配置管理(EOPSCM),并提出支持其实现的面向企业的全局产品结构模型(EOGPSM)的构建方法。在此基础上对 EOGPSM 的信息需求框架、集成框架、集成原理、实现算法等进行了相应研究,使得企业在产品生命周期的各阶段都能采用此统一的产品信息模型,实现产品信息的共享。运用粗糙集理论及算法,提出满足用户需求的数据挖掘模型、个性化配置器的规则提取模型以及设计方案评价的决策支持模型,为 EOGPSM 的建立提供支持。

应用面向对象的方法分析 EOGPSM,提出了一种基于装配拓扑树和零件拓扑树的产品结构模型,并在此基础上对产品原型结构模型类进行了相关研究。给出相应的资源编码体系及一种产品结构定义的相关算法,对 EOPSCM 中的产品结构管理进行相关研究;提出通过视图约束、版本约束、变量选择性约束及有效性约束等约束规则库实现产品配置管理的基本功能,完成产品配置管理的相应表示并对产品配置管理工作过程进行相关分析。最后从产品结构定义模型及产品配置管理模型两个方面对基于 CORBA 的 EOPSCM 进行了相关研究。

关键词: 产品结构; 产品配置; 产品信息建模; 粗糙集; CORBA; PDM

Abstract

Because of the internationalization of the competition and cooperation, enterprises have to expand their markets and form their compact cooperation with using the advantage of resource and sharing the information. Served as a technology to manage the relative information and process during the making of the product of manufacturing enterprises, PDM can help enterprises to share their product data timely and support the concurrent development of the product strongly. To raise the ability of the product structure and configuration management becomes one of the hotspots for current study on the PDM. Against the present status of research and problems of the product structure and configuration management, the author has conducted relevant researches as follows:

After analyzing the architecture of current PDM and the problems in its application popularization, the author advances a new thinking of PDM, which is EOPSCM (Enterprise-Oriented Product Structure and Configuration Management), and presents the construction method of EOGPSM (Enterprise-Oriented Global Product Structure Model), which support the realization of EOPSCM. Based on these, the requirements framework, the integration framework, the integration principle and the realization arithmetic of EOGPSM's information are presented, which can make the enterprises adopt the unified product information model and share the product information on each stage of product life cycle. By using the theory and algorithm of rough set, the author advances the data mining model satisfied by customer requirements, the rule extraction model of individuation configurator and the decision support model of design scheme estimation, which supports the establishment of EOGPSM.

By applying the object-oriented method to analyze EOGPSM, the author advances a product structure model based on assembly topological tree and component topological tree, and then researches on product prototype structure model class. Homologous resource coding system and a relevant algorithm of product structure definition are advanced, which can help people study the product structure management in EOPSCM. The author also utilizes such constraint rule libraries as view constraint, version constraint, variable optional constraint and validity constraint to realize fundamental functions of product configuration management, thereby accomplishes the homologous representation of product configuration management and analyzes the work process of product configuration management. Finally, the study of EOPSCM based on CORBA is put forward from product structure definition model and product configuration management model.

Key Words: Product Structure; Product Configuration; Product Information Modeling; Rough Set; CORBA; PDM

目 录

第一章 绪论.....	1
1.1 引言.....	1
1.2 国内外的研究现状.....	1
1.2.1 PDM 的研究现状.....	1
1.2.2 产品结构与配置管理的研究现状.....	3
1.2.3 产品结构与配置管理的相关技术.....	7
1.3 本文的课题来源及研究意义.....	9
1.4 本文的主要研究内容.....	9
1.5 本文的章节安排.....	12
第二章 EOPSCM 体系结构研究.....	13
2.1 引言.....	13
2.2 PDM 体系结构现状分析.....	13
2.3 EOPSCM 研究思路与体系结构.....	15
2.3.1 EOPSCM 研究思路的提出.....	15
2.3.2 EOPSCM 体系结构的建立.....	15
2.4 EOPSCM 体系结构分析.....	16
2.4.1 EOPSCM 的三层架构及功能分析.....	16
2.4.2 EOPSCM 的协同工作环境.....	18
2.4.3 EOPSCM 的系统集成.....	20
2.4.4 EOPSCM 体系结构的主要特点.....	22
2.5 小结.....	22
第三章 产品信息建模技术研究.....	24
3.1 引言.....	24
3.2 产品信息建模历史沿革.....	24
3.3 支持 EOPSCM 的产品信息建模.....	27
3.3.1 面向企业的全局产品结构模型.....	27
3.3.2 EOGPSM 信息需求框架.....	27
3.3.3 EOGPSM 信息集成框架.....	30
3.3.4 EOGPSM 信息集成原理与相关算法.....	32
3.3.5 EOGPSM 的主要特点.....	35
3.4 小结.....	35

第四章 基于粗糙集的 EOGPSM 研究	36
4.1 引言	36
4.2 粗糙集基本理论	37
4.2.1 基本概念	37
4.2.2 基本算法	39
4.2.3 粗糙集与模糊集	40
4.3 基于粗糙集的 EOGPSM	41
4.3.1 用户需求的数据挖掘模型	41
4.3.2 个性化配置器的规则提取模型	45
4.3.3 设计方案评价的决策支持模型	49
4.4 小结	56
第五章 EOPSCM 的实现技术研究	57
5.1 引言	57
5.2 面向对象的 EOGPSM	58
5.2.1 对象和对象类	59
5.2.2 对象与对象类之间的关系	59
5.2.3 面向对象 EOGPSM 的构造	60
5.3 EOPSCM 中的产品结构管理	63
5.3.1 资源编码体系	63
5.3.2 产品结构管理的对象	66
5.3.3 产品结构定义算法	67
5.4 EOPSCM 中的产品配置管理	69
5.4.1 产品配置管理的表示	69
5.4.2 产品配置管理工作过程	71
5.5 基于 CORBA 的 EOPSCM	71
5.5.1 基于 CORBA 的 PDM	71
5.5.2 基于 CORBA 的产品结构定义模型	73
5.5.3 基于 CORBA 的产品配置管理模型	74
5.6 小结	75
第六章 总结与展望	77
致谢	79
在学期间的主要研究成果	80
参考文献	81
附录	88

第一章 绪论

1.1 引言

随着世界经济全球化的发展,制造业正在从以机器为特征的传统技术时代向着以信息为特征的系统技术时代迈进。制造业将进入一个能够增强企业在不可预见的多变环境中生存能力的全球化敏捷制造阶段。制造业面临的新形势是:知识——技术——产品的更新周期越来越短,产品的批量越来越小,顾客对产品性能和质量要求越来越高,而与此同时,有能力参与竞争的企业却越来越多^[1, 2]。竞争和合作的国际化,促使企业必须开拓市场,充分利用各地资源优势,形成企业间紧密合作,并由此出现了动态联盟、虚拟企业等新的组织模式和采用分散网络化制造、异地产品开发等新的基于网络的、分布的产品开发模式。在分布的产品开发环境中,人员、软硬件资源、产品资料和活动分布于整个网络,实现信息与资源共享^[3~5]。

产品数据管理(Product Data Management, PDM)技术最早出现在二十世纪八十年代初期,目的是为了解决大量工程图纸文件的管理,之后逐渐扩展到产品开发整个生命周期的产品数据管理^[6]。PDM 作为一种对制造企业产品形成过程中的有关信息和过程进行统一管理的技术,涉及到产品概念、详细设计、样机制作、批量生产、维护和服务等相关阶段。PDM 以产品结构为中心管理 CAD/CAPP/CAM/CAE 等与产品有关的信息,并将产品形成的所有相关过程集成在一起,在产品开发的全生命周期中,对产品信息进行良好的集成、有效的传递和可靠的管理,实现产品信息的共享,能对并行产品开发提供有力的支持^[7~15]。

1.2 国内外的研究现状

近几年来, PDM 技术得到了迅速发展,已经从单一的电子文档管理、版本管理和配置管理向企业级和企业间的产品数据管理方向发展。国内外一些企业正逐步将产品数据管理作为支持产品开发、经营管理、流程重组的企业级的集成环境,以保持并增强企业的竞争能力。

1.2.1 PDM 的研究现状

PDM 技术在国外发展较快,目前全球范围商品化的 PDM 系统有上百种,主要包括 EDS (SDRC) 公司的 Metaphase; IBM 公司的 PM; EDS (UG) 公司的 IMAN; HP 公司的 Workmanager; PTC (CV) 公司的 Optegra; Autodesk 公司得 Workcenter 以及 PTC 公司的 Windchill 等^[6~8, 16]。相关产品的发展大致可分为三代^[17](表 1.1)。

总结我国 CIMS 研究、开发和应用的进程, CIMS 系统集成的发展经过了三个阶段^[18], 即基于异构环境的信息集成、基于设计过程重建和优化的过程集成(如并行工程)及面向全球制造的企业间集成(简称企业集成, 如敏捷制造)。PDM 的发展与 CIMS 的发展是相辅相成的, 表 1.1 所示的 PDM 三代产品对应着上述三个阶段。PDM 强调信息共享, 要求在信息集成的基础上实现功能和过程的集成, 并最终为面向动态联盟的虚拟企业之间的集成提供支持。

表 1.1 PDM 相关产品的发展

	主要功能	代表产品
第一代	由各 CAD 企业推出的配合各自 CAD 产品的系统, 在一定程度上缓解了“信息孤岛”问题	COPY 公司的 Automanager
第二代	提高了软件的开放性、集成能力, 以 PDM 作为企业的数据管理和流程管理中心, 并通过接口将 MRP、MIS 系统连接起来, 与自动化制造系统 FMS 相结合, 实现企业的信息集成和过程集成	SDRC 公司的 Metaphase
第三代	建立在 Internet/Intranet 平台上、基于 CORBA 和 JAVA 技术的产品, 适合在网络环境中协同工作	PTC 公司的 Windchill

国际上许多大企业已接受和实施 PDM, 并把它作为支持设计和经营过程重组、并行工程、ISO9000 认证及整个企业产品开发的使能器。成功实施 PDM 的国外企业也不少, 如波音公司、福特公司、库尔特公司、ABB 高压开关公司等^[19~21]。

国内从 90 年代初开始 PDM 的研究与应用, 总体上我国 PDM 的研究与应用处于起步阶段, 主要产品有高华 PDM、开目 PDM、同创 PDM、凯思 PDM 以及东大阿尔派 PDM 等。在应用方面, PDM 已经引起国内企业的重视, 一些知名企业, 如金城、南飞、春兰、科龙、海尔、长虹、康佳等都已采用 PDM 进行管理^[21~28]。

除了上述各商品软件对 PDM 技术进行研究外, 国内外也有与 PDM 相关领域的研究计划, 如: 美国国防部先进计划局的 DICE (DRAPA Initiative in CE) 计划; 欧洲研究计划 ESPRIT EP6896 CONSENS (Concurrent/Simultaneous Engineering System); ESPRIT Project 22167 ADCOMS (Advanced Configuration Management System); ISO-10303/wg3 的 PDM Schema; OMG 组织的 PDM Enablers 以及我国的 863/CIMS 关键技术攻关项目等^[16, 29~31]。

传统的产品数据管理采用基于客户/服务器 (C/S) 网络的结构模式^[32]。随着计算机网络技术和信息技术的发展, 以及全球化竞争的出现, 产品开发需要从更加广泛的范围内获取资源并进行合作。新的制造理念, 如并行工程 (Concurrent Engineering, CE)、准时生产 (Just In Time, JIT)、精益生产 (Lean Production, LP)、敏捷制造 (Agile Manufacturing, AM) 以及虚拟制造 (Virtual Manufacturing, VM) 等的出现, 对管

理产品开发过程的产品数据管理系统提出了新的要求,如建立基于网络的异地协同工作环境;集成异构分布的应用系统;解决分布环境下的信息共享等^[3, 19-25]。

企业为更好的参与竞争,构建了虚拟企业(Virtual Enterprise, VE)。这种“企业”的特点是企业在功能上的不完整性、地域上的分散性和组织上的非永久性,即:功能、组织以及地域的虚拟化^[33-35]。作为企业发展重要使能技术的 PDM 必须适应虚拟企业的要求。传统的 C/S 体系结构,难以满足虚拟企业对产品数据管理的要求, PDM 系统的实现受到了一定的限制。

针对现今企业发展的现状及需求,目前国内外对 PDM 的研究主要集中在以下几个方向^[3, 19, 23, 35-47]:

1) 基于 Web 技术的应用

通过 Web 实现全球化信息查询、浏览、创建或更新已成为现实, Web 技术在 PDM 中的有效运用,支持全球化虚拟企业的信息共享。

2) 基于 CORBA 标准与 OLE/COM 标准的应用的集成

以 PDM 作为企业集成框架,利用上述两种标准建立标准的中间件模块,将新旧应用系统与 PDM 系统集成起来,为 PDM 系统与应用系统集成提供更为方便的手段。

3) 面向对象技术的应用及信息模型的标准化

面向对象技术在 PDM 系统中的运用,增强了系统的开放性;在 PDM 系统中,信息模型的标准化,为不同系统之间信息交换带来方便,如 STEP (STandard for the Exchange of Product model data) 标准。

4) PDM 与 MRPII 以及 ERP 的功能渗透

PDM 与 MRPII 以及 ERP 分别服务于工程设计与生产制造,两者的桥梁为 BOM (Bill Of Material) 表,通过集成,互为补充,构成完整的企业信息系统。另外,它们在功能上又互相渗透,两者都试图将对方的部分乃至全部功能集成进来。

5) 过程管理、配置管理与项目管理功能的增强

通过过程管理功能的加强,满足工程更改、并行化产品设计等复杂过程变化的需要。以配置管理为核心,将数据管理、工作流程管理与变更控制集于一体,形成更为强大的 PDM 系统。目前 PDM 对项目管理考虑较少,许多 PDM 系统只能提供工作流程活动的状态信息。也有文献提出了面向目标的项目管理模型。

6) PDM 与图形核心系统的集成

PDM 系统与 CAD 应用系统的核心集成也是 PDM 系统研究的一个方向。把实体模型的特征和特征值从实体造型系统的核心系统中提取出来,并存储在数据库中,是实现 PDM 系统集成实体造型数据的较好途径。上述方法在实现的技术上有一定的难度,需要对图形核心系统有较深入的了解。

1.2.2 产品结构与管理的研究现状

产品结构与配置管理作为 PDM 系统的一个重要组成部分,是产品生命周期中各种功能和应用系统建立直接联系的重要工具^[48~53]。产品结构与配置管理提供可以进行数据管理的结构,建立必需控制的数据关系,使得用户可以访问 PDM 所管理信息的相应变化。

目前,产品结构与配置管理的主要功能大致包含下述几个方面:

(1) BOM 创建; (2) 版本生成与修订控制管理; (3) 多视图 BOM 建模与管理; (4) 与 MRPII/ERP 系统集成; (5) 规则推动的配置管理。

近年来,国内外 PDM 的相关产品较多,对产品结构与配置管理方面的研究也正成为一个新的热点。从事这方面研究的国外公司主要有 EDS 公司、UG 公司、CV 公司、IBM 公司、SDRC 公司、PTC 公司,国内的武汉天喻、华中开目、四川托普、清华埃克斯特、清华同方以及南京新模式等公司也在从事这方面的研究^[6~9, 16, 26~28, 54, 55]。

1) 美国 EDS (UG) 公司产品 IMAN

IMAN 中的 PSM 是基于配置管理的产品结构管理模块。PSM 能通过 BOM 的浏览功能进行产品结构的修改和控制; PSM 通过 CAD 几何模型、各种分析结果、NC 加工程序和文本说明 BOM 结构间的关联,从而建立访问工程信息的逻辑通道; 通过选择适当的零部件, PSM 能在 CAD 系统中进行“虚拟的装配”; PSM 通过制定不同的规则,如根据日期、系列号、供应商的供应能力等,提供有效性管理,以便于组织生产; 在高级配置管理中, PSM 根据不同的变量条件,选择不同的 BOM 表进行比较,以提供各种零部件的重用、派生和替换机制,在替换中,系统可以通过技术说明显示对于特殊用途来说有多少零部件需要进行配置管理,不同的配置要求可以制定不同的配置规则。

2) 美国 PTC (CV) 公司产品 Optegra

Optegra 软件中的产品配置管理为企业环境提供了全面的产品配置管理手段。产品配置包括的功能模块主要有: (1) 产品配置 (CM) 服务器: 实现对产品结构中的全部对象进行分类管理,包括对象的更改纪录、BOM 间的相互关系; (2) CM 客户端读、改模块: 提供了对配置管理服务数据库的读/写访问权力; (3) CM 只读模块: 为用户提供了配置管理数据库的只读权利; (4) 导航程序: 帮助用户在 CM 数据库中进行产品结构树的创建、编辑、浏览和查询; (5) MRP/SAP 接口: 在 CM 和 SAP R/3 环境之间提供双向、在线的数据交换; (6) 并行装配模块: 保证设计和装配工作小组对产品结构中的多个零部件开展并行工作; (7) 可视化模块: 提供了三维可视化工具。利用该工具,用户可以在各种 CAE/CAD/CAM 应用程序产生的复杂电子产品模型中进行“浏览”; (8) 探险者模块: 它基于 Optegra 导航器和可视化模块,用户使用该模块可观察三维产品模型,查询产品的全部结构,访问和提取各类数据。

3) 美国 PTC 公司产品 Windchill

Windchill 的产品结构管理能使用户建立和处理不同形式的物料清单。此外,它还允许对零件的有效管理和结构化,以反映产品配置情况,并允许相关文档的交叉引

用。

4) 美国 IBM 公司产品 Product-Manager

Product-Manager 中的配置管理模块着眼于产品定义数据、产品结构、性能和变量以及有效性的确定和维护。产品结构浏览器可使用户用锯齿形的图形化界面查看材料清单及有关产品定义数据。

5) 美国 EDS (SDRC) 公司产品 Metaphase

Metaphase 中的产品结构管理器 (PSM) 执行工程材料明细表信息的捕捉。可以查看和操作图形方式下正在设计的产品结构。高级产品配置模块 (APC) 可以提供系统产品结构的建立, 管理某产品定义的多个视图。

6) 武汉天喻公司产品 IntePDM

IntePDM 的产品结构配置管理对任何一个选定项目或产品建立文档或装配件之间的关系, 以直观的图示方式展开选定项目、产品或装配件的树状层次结构, 并形成相应的物料清单; 实现对 BOM 表进行分类、汇总、统计等不同处理。

7) 华中开目公司产品开目 PDM

开目 PDM 可以自动汇总出企业需要的各类清单 (标准件、外购件、材料消耗定额清单等)。其产品配置功能, 可以按照企业实际需要组织产品的生产。开目 BOM 系统 (产品和工艺信息汇总系统) 解决了产品和工艺信息汇总这一制约企业实现信息化的瓶颈问题, 基本实现了企业技术部门和产、供、销部门的信息集成。

8) 四川托普公司产品 TopPDM

TopPDM 产品配置采用产品配置树的方式, 以产品结构为基础, 使产品定义数据与产品结构条目 (Item) 相关联, 根据用户的构造规则构造出包含产品各零部件的装配关系、属性关系的产品结构树。通过上述产品结构树, TopPDM 能够生成生产和管理使用的产品零件图号及产品明细表。

9) 清华埃克斯特产品 XTPDM

XTPDM 通过产品配置支持基于原有产品的变型设计, 支持基于配置规则的自动或半自动的参数化配置, 整合处理电子电路设计、电气工程设计的明细清单与机械结构明细清单, 支持产品或订单间的产品结构比较, 保证售出的每一部产品有最准确的生产物料记载清单。

10) 清华同方 PDM 产品

清华同方 PDM 的产品结构管理通过入库的 BOM, 可自动生成产品结构, 支持产品系列化设计和变形设计, 实现产品结构的动态编辑、比较。其产品配置管理在基本构型建立之后, 通过填写配置文件, 给出要增加、修改、删除的配置, 创建出基于基本型的新的产品结构, 可按用户订单快速组织设计和生产, 实现可选件、替代件管理、产品谱系管理和产品状态管理。

11) 南京新模式公司产品 CPDMS

南京新模式公司认为, 随着产品种类的增加, 为每种产品定义一个产品结构越来越

越不切实际,需要定义通用的产品结构及相应的配置条件和规则,以便根据这些条件或规则构造不同的产品。其产品 CPDMS 系统目前提供的是变量配置。

除此之外,文献表明,国内外也有对产品结构与管理配置管理的相关理论研究。Männistö T.等在产品配置方面做了较多的研究工作^[56-63],他们研究的目的在于得到满足用户需求的产品概念模型。Männistö T.等采用面向对象的方法对实例化配置流程的相应关系进行定义,以此对支持结构变形的产品模型进行研究;Soininen T.等提出配置存在论(Configuration Ontology)的观点,通过配置规则语言(Configuration Rule Language)对配置约束进行定义,实现基于知识表达与推理的产品配置。Svensson D.等采用 IDEF 方法对产品过程模型进行描述,以实现全生命周期产品结构管理的相关研究^[64-66]。张晓冬等亦就产品结构与管理配置管理作了相关研究^[49-52, 67-72]。

总体而言,目前对产品结构与管理配置管理的研究还处于初步阶段。

许多文献虽未就产品结构与管理配置方面作深入的研究,但就相关问题的研究也具有一定的深度,很有借鉴意义。在大规模定制生产(Mass Customization, MC)方面,Tseng M. M.等作了相应的研究^[73-78];Zhao J.等就支持虚拟企业的制造数据模型进行了研究^[79];Mo J. Z. 等就 DFA 在产品模型方面也做了一定的研究工作^[80-82];其他如 Hvam L.等就产品信息模型方面进行了相关的研究^[83-89]。

在现有的 PDM 系统中,多数更多地关注于支持文档管理和过程管理,在产品结构与配置管理功能上较弱,其结果使设计、生产和维护等环节所需要的技术信息变得非常复杂。分析当前企业应用实施的现状,可以发现目前作为 PDM 核心的产品结构与管理配置管理存在如下一些主要问题^[6-8, 49-53]:

1) 缺少产品全部资料之间相互关系的形象描述,使得产品各部分之间的关系无法一目了然,需要建立面向整个企业的全局产品信息模型(Global Product Information Model, GPIM);

2) 设计、生产、采购等各部门人员需要的 BOM 所关心的数据项不同,如何准确快速地为各部门提供不同形式的物料清单(BOM),建立一致的 BOM,是产品结构与管理配置管理面临的关键问题,这也从另一个侧面反映了企业对信息集成的要求;

3) 产品结构与管理配置信息不准确,直接影响采购、制造和装配等部门,造成不该有的损失,需要有先进的配置方法。如何确保对产品的制造过程中,由于更改产生的不同版本进行管理,保证产品配置的正确性;

4) 市场竞争的加剧必将促使企业对顾客需求做出快速响应,产品结构与管理配置管理在此将起到主要作用,如提供产品快速配置功能,使其能根据市场的变化快速配置出新产品,或者为不同的用户定制个性化产品,而实现这一功能需建立与产品结构相关联的规则库或决策表,如何有效、全面地建立和定义产品结构之间的约束条件及决策信息是产品结构与管理配置管理需要解决的问题。

通过上述对目前产品结构与管理配置管理的研究现状以及面临问题的分析可知,解决问题的关键是建立企业统一的产品信息模型,实现企业的信息集成。

1.2.3 产品结构与配置管理的相关技术

与产品结构与配置管理相关的技术较多,这里只就本课题相关的 CORBA (Common Object Request Broker Architecture) 规范和 STEP 标准作一些简单介绍。前者提供了一种开发面相对象的分布式应用的框架,后者则为产品数据的表达与交换提供了一种标准。

1) CORBA 规范

OMG (Object Management Group) 组织定义了对象管理体系结构 (Object Management Architecture, OMA), 并将其作为分布在异构环境中的对象之间的交互参考模型^[90-94]。它将面向对象技术和网络通信技术有机地结合起来,用于在分布式环境下实现应用的集成,使得基于对象的软件在分布式环境中可重用、可移植和可互操作。CORBA 是 OMG 在 OMA 基础之上定义的对象请求代理的公共结构,对象请求代理 ORB (Object Request Broker) 是对象管理体系参考模型的核心,作为一分布式的服务中介,将分布的资源和服务有效地集成在一起,有效地隔离了互操作的双方,客户对象与服务对象只需遵守独立于特定编程语言的接口定义语言 (Interface Definition Language, IDL) 定义的共同接口,即客户对象可以透明地访问远程服务对象,而无需顾及对象的位置、使用的编程语言、具体的操作系统等,从而实现系统在各种标准的 CORBA 平台上的可移植性和可重用性。CORBA 规范作为分布式互操作的面向对象的集成框架已得到业界的广泛接受,依据 CORBA 规范进行产品开发是提高系统的跨平台能力和系统间的互操作性的有效途径。

OMG 组织于 1996 年推出了基于 OMA 的 PDM 使能器 (Enablers), 2000 年 11 月发布的 PDM 使能器规范 (版本 1.3) 包括 PdmResponsibility、PdmFoundation、Pdm-Framework、PdmBaseline、PdmViews、PdmDocumentManagement、PdmProductStructure-Definition、PdmEffectivity、PdmChangeManagement、PdmManufacturingImplementation、PdmConfigurationManagement、PdmSTEP 等十二个接口描述模块^[31, 95]。前三个模块是为了与 OMA 技术的基本概念相适应而设立的,它们为 PDM 服务提供了一个“可以替换的”基本概念基础。PDM 使能器规范要求这些基本的服务能随着通用功能和服务的完善得以改进。另外的九个模块分别定义了 PDM 的相关服务 (功能)。不同的软件系统都可以根据它们所能提供的 PDM 服务,遵循这些模块的相应要求。

2) STEP 标准 (ISO 10303、GB/T 16656)

STEP 是应工业界设计与制造领域数字产品信息表示以及数字产品信息交换的需要而产生的。从 1983 年起,STEP 在 IGES、PDDI 和 PDES 等标准的基础上经几十年的完善发展而来。STEP 既是一种产品信息建模技术,又是一种基于面向对象思想方法的软件实施技术。STEP 的 ISO 代号为 ISO 10303 (国标代号为 GB/T 16656),是一个计算机可识别的关于产品信息表达与交换的国际标准。目的是提供一种能独立于任何具体系统的中性机制,建立包括产品整个生命周期的、完整的、语义一致的产品数

据模型,从而满足产品生命周期内各阶段对产品信息的需求,以及保证对产品信息理解的一致性^[96~98]。

STEP 提供产品信息的表达以及可使产品信息进行交换的必要机制和定义。这种交换是在与整个产品生命周期,包括产品设计、制造、使用、维护和该产品的最终处理相联系的不同计算机系统和环境中进行的。它不仅适用于中性文件的交换,而且也适合于作为实现和共享产品数据库及编制文档的基础。

STEP 标准内部是一个层次性的结构。它把产品信息的表达和用于数据交换的实现方法区分开来。其组成部分分为六大类(Class),每个类包括若干个部分(Part):

(1) 描述方法: Part 11~19; (2) 实现方法: Part 21~29; (3) 一致性测试方法与框架: Part 31~39; (4) 集成资源: 分为集成通用资源 (Part 41~99) 和集成应用资源 (Part 101~199); (5) 应用协议: Part 201~1199; (6) 抽象测试套件: Part 1201~2199, 与应用协议 Part 201~1199 一一对应。

STEP 中借鉴了 E-R 模型和面向对象的思想,制定了面向对象的 EXPRESS 形式化数据规范语言。EXPRESS 允许由数据元素、约束、关系、规则和函数进行资源构造的定义,适用于产品数据的数据与约束的描述。EXPRESS 采用图形表示应用活动模型(AAM)、应用参考模型(ARM)及应用解释模型(AIM)等。

STEP 中与产品结构与配置相关的集成资源主要有: 产品描述与支持原理(Part 41)、表达结构(Part 43)、产品结构配置(Part 44)等; 相关的应用协议主要有配置控制设计(Part 203)等^[96~103]。

Part 41 中包括了通用产品描述资源(GPDR)、管理资源(MR)以及支持资源(SR)的相关描述。GPDR 为 STEP 中其他部分所给出的集成资源提供一个总体的组织,支持为所有产品通用的、与应用无关的事实的描述; MR 支持用于管理和控制产品数据的信息的描述; SR 是一组由 STEP 集成资源使用的共享资源构造,为 STEP 的交叉资源引用提供基本的一致性。

Part 43 规定了从一种表达到另一种表达的变换结构,把表达元素联结成不同的集成通用资源。它提供在一组这样的元素中区别哪些元素相关,哪些元素不相关的基础。在构造变换规范时,可以认定这些变换是现有表达间关系的定义,通过应用对另一种表达的变换可提供定义一个新的表达的能力。

Part 44 中包括了产品结构模式(PSS)、产品概念模式(PCS)以及配置管理模式(CMS)的相关描述。PSS 根据产品的构成把它定义为一个构成部分和所用产品的集合,并定义表示构成关系的机制; PCS 把产品的概念标识为由客户的产品需求分析导出产品的一组规范,给出基于客户需求的产品概念,而不是产品的设计或制造; CMS 标识参与另一个产品制造的那些产品,这些配置是在一个机构的直接控制下进行的。

Part 203 定义了具有三维形状表示的产品定义的交换和定义、及控制那些产品定义的配置数据。该标准仅与产品生命周期的设计阶段有关,规范了 PDM 系统产品结构管理的对象范围,提供与合作者、销售商和用户共享产品数据的手段。

基于 STEP 标准开发全企业的通用产品模型仍有相当的难度,而且 STEP 标准覆盖的内容与 PDM 覆盖的内容仍有较大的区别,企业在具体实施与应用的过程中还有许多进一步的工作有待完成。

1.3 本文的课题来源及研究意义

本课题来源于国家 863/CIMS 项目——金城集团并行工程应用。金城集团是我国“863”高科技重点应用企业之一,在成功地实施 CIMS 一期工程后,其整体竞争实力有了明显的提高。二期工程充分利用企业在 CIMS 工程中的技术成果的同时,通过对产品结构与配置管理技术的研究,以实现 PDM 与 CAD/CAPP/CAM 的集成,并为实现 PDM 与 MRPII 和 ERP 的集成提供可能,从而支持并行工程的实施。

针对目前 PDM 的发展现状及企业产品结构与配置管理存在的问题,本课题从整个企业的信息集成两个角度出发,提出 PDM 的一种新的研究思路——面向企业的产品结构与配置管理 (Enterprise-Oriented Product Structure and Configuration Management, EOPSCM),通过构建以产品结构与配置管理为核心的 PDM 体系结构,分析企业产品及其相关信息,研究并建立面向企业的产品信息模型,为自动生成各类 BOM 表提供可能;同时研究 EOPSCM 中资源编码体系等产品结构管理的相关技术,以及产品配置管理表示及工作过程等,保证配置的正确性及有效性。

在本课题的研究中,通过分析国内外 PDM 的应用情况和企业产品的相关工程信息,建立产品结构的合理模型,有效管理产品信息及其相互关系,为不同形式的 BOM 提供一致的信息,为实现 PDM 与 MRPII 和 ERP 的集成提供可能。对产品配置实施版本管理与有效性管理,保证产品配置的正确版本以及配置信息的准确性。在此基础上,利用粗糙集的相关方法,研究产品结构中有关用户需求的数据挖掘模型、个性化配置器的规则提取模型以及设计方案评价的决策支持模型等相关算法,建立与产品结构相关联的规则库或决策表,实现个性化的产品变型配置,满足并快速响应用户的特殊需求。该体系结构可建立异地协同工作环境、集成异构分布的应用系统、实现分布环境下的信息共享问题,从而解决了目前企业产品数据管理面临的问题,实现企业间的合作,加速产品的开发进程,提高企业的市场竞争能力。

1.4 本文的主要研究内容

本文欲对面向企业的产品结构与配置管理技术进行研究,首要问题是研究以产品结构与配置管理为核心的 PDM 体系结构的建立。有关产品数据管理的体系结构有多种说法,有两层结构、三层结构甚至更多层结构的。本文采用基于 C/S 与 B/S 混合的三层体系结构,分别称之为系统层、功能层及用户层。其中系统层包括数据库管理系统和操作系统,提供数据库的操作以及应用程序运行的环境。功能层包括 Web 服务器以及应用服务器。应用服务器包括 PDM 基本功能模块和应用系统集成模块,前者

提供 PDM 的基本功能,如:文档管理、 workflow 管理、产品配置管理以及项目管理等;后者提供 PDM 与其它应用系统集成的工具。遵循 CORBA 技术规范,对上述各模块以组件方式进行封装,并在应用服务器上注册,生成各种代理服务。用户层包括用户接口层和工具层。接口层提供人机交互,并以 Java 和 CORBA 技术为基础,采用基于浏览器的方式,企业或虚拟企业各部门通过浏览器向 Web 服务器提出请求,经 Web 服务器验证身份后,与应用服务器之间进行信息交互,得到相应的服务。工具层提供 PDM 二次开发的相关工具。

针对具体实施和应用中可能出现的问题,本文在建立上述体系结构时,细化 PDM 内部的功能,明确各基本功能模块在 PDM 中所处的位置和应起的作用;同时,对协同工作环境的构建方面加以具体的描述。该体系结构可建立异地协同工作环境、集成异构分布的应用系统、解决了分布环境下的信息共享问题。

考虑产品主要是由零部件(信息)及有关文档组成,而企业开发新产品具有一定的继承性,即产品的结构与配置具有一定的相似性,因此,需要首先研究面向企业的资源信息库的建立。在此基础上,本文以产品结构与配置管理为核心,重新构造和组织产品数据管理的功能框架,实现对零部件及相关文档的管理,即在以零部件基本信息为基础的资源上,构建产品类树,以客户需求信息为源头,利用产品结构之间的约束和配置规则等相关算法,实现个性化的产品变型配置,满足并快速响应顾客的特殊需要。本文采用可视化面向对象的建模技术,考虑产品的文档与产品类树上的零部件节点相关联实现相关的文档管理。当满足顾客需求的产品配置完成后,该框架根据相关的模板生成项目及 workflow,实现与项目管理、 workflow 管理模块之间的接口。该框架同时考虑系统的管理功能模块,如用户管理和权限管理等。所有上述的功能模块,需遵循 CORBA 规范,做成相应的组件,形成代理服务,实现异构环境的信息共享。

现行产品信息建模的基本方法主要包括几何建模、特征建模以及基于知识的建模等,它们大多只是从某种角度较为孤立地对产品信息加以分析。本文在对上述方法进行研究的基础上,综合各种建模方法的优点,提出面向企业的全局产品结构模型新的构建方法,该方法是实现 EOPSCM 的关键。

在构造零部件基本信息资源时,应重点考虑研究并建立面向企业的全局产品结构模型,以包含所有已定义视图(本文的研究主要包括设计、制造、装配视图)中的构件及其联系。全局产品结构模型是成功实施 PDM 系统的一个重要前提条件,也是构建复杂的虚拟产品模型的基础。有了虚拟产品模型以后,就可以在产品的整个生命周期中对种类各异的信息及其之间动态变化的联系进行有效的管理。围绕产品结构把产品所有的设计信息,如产品的版本信息、装配信息、外形和结构以及加工工艺信息等统一地集成管理起来,建立面向对象的全局产品结构模型。在此产品结构模型的基础上,采用视图控制法来对产品结构的各种不同划分进行管理和描述,以便从同一个产品结构产生不同的视图,如:面向功能的视图与面向制造或装配的视图等。本文采用面向对象的技术,将每一个视图看成是一个管理对象,视图中可以包括原材料、半成