

基于数据库与电子仓库增量复制的 数据交换技术研究与应用*

曾卫平¹, 陈阳平², 蒋莉¹, 于春江¹, 吴志鹏¹

(1. 中国直升机设计研究所, 景德镇 333001;

2. 中国商用飞机有限责任公司信息化与管理创新部, 上海 200126)

[摘要] 为实现复杂产品研制企业之间基于 PDM 系统的产品协同研制, 提出了基于数据库与电子仓库增量复制的产品数据交换方法, 研究了 ENOVIA VPM 系统中产品数据对象在数据库表底层的关联关系, 阐述了利用 CAA 函数和程序遍历解析产品结构树的实现方式, 并以 DB2 数据库增量抽取和电子仓库过滤筛选实现复杂产品的过滤交换, 实现了一种基于 PDM 系统的产品数据双向同步交换。

关键词: 协同研制; PDM; ENOVIA VPM; 产品数据交换; 增量复制

Research and Application of PDM Data-Exchange Technology Base on Database and Incremental Replication

ZENG Weiping¹, CHEN Yangping², JIANG Li¹, YU Chunjiang¹, WU Zhipeng¹

(1. China Helicopter Research and Development Institute, Jingdezhen 333001, China;

2. COMAC Information Technology & Management Innovation, Shanghai 200126, China)

[ABSTRACT] To realize complex base on PDM system product collaborative development between enterprise, product data-exchange method base on database and vaults incremental replication is proposed, association of ENOVIA VPM system product data objects in the underlying database tables is studied, traversal implementation of product structure tree by CAA functions and procedures is elaborated, to implement filtering and exchange of complex products by DB2 database incremental extraction and electronic warehouse filtration filter, and to implement a PDM-based two-way synchronization of product data exchange.

Keywords: Collaborative development; PDM; ENOVIA VPM; Product data-exchange; Incremental replication

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2016.10.083

在复杂产品工业领域, CAD/PDM 技术已广泛应用在产品研制过程中, 要实现跨地域多企业之间的产品协同研制, 就必须保证产品协同研制企业之间的产品 PDM 数据在交换传递过程中产品数据的单一性、准确性、完整性, 这对提高基于 PDM 系统管理的产品全生命周期研制效率显得尤其重要。

目前, 基于 PDM 系统的产品数据交换有基于 STEP 标准的, 有基于 XML 跨平台语言的, 也有利用 PDM 系统已有的多站点复制工具进行抽取交换的, 但是随着工程研制不断深入, 发现很多工程数据在产品研制过程中

会有很多过程特殊性, 而在这种情况下通过以上数据交换方式就会存在产品配置信息丢失、数据不完整、导入数据错误等问题, 严重影响产品的协同研制^[1-2]。

本文提出了基于 PDM 系统数据库与电子仓库复制的数据交换模型, 克服了数据抽取导入过程中产品数据的各类错误, 通过分析产品数据对象相关数据库表之间的相互关系, 在数据库中抽取与具体数据对象相关的数据库表记录, 同时过滤物理文件库的物理文件, 达到数据库和物理文件库增量复制的目的, 在保护各企业知识产权的基础上, 实现产品数据在研制企业之间双向交换传递, 满足了产品协同研制企业之间的数据交换应用要求^[3-4]。

* 基金项目: 工业和信息化部民用飞机专项科研项目(MJ-F-2013-01)。

1 数据交换模型

1.1 复杂产品数据交换的业务流程

研发设计单位按照产品研制技术要求及客户订单内容,在 PDM 系统中创建产品结构树,按构型管理要求配置相应层级、设计节点,达到成熟度发放要求的数据交换给制造单位,制造单位接收到产品设计数据之后,将制造现场状态的审核反馈数据及工装设计、工艺制造类数据交换给设计单位,如图 1 所示,产品设计、制造数据在研制单位之间完成了数据交换,实现了产品数据从研发设计到生产制造,再到研发设计的产品全生命周期单一数据源管理^[4-7]。

1.2 数据交换原理组成

基于 PDM 系统的数据库与电子仓库增量复制的数据交换模型由主、从数据库服务器,主、从物理文件库服务器和主、从应用服务器组成,根据交换产品的差异,主从关系可在主设计单位或主制造单位中进行定义,如图 2 所示,为基于 PDM 系统数据库与电子仓库增量复制的产品数据交换模型组成,各交换单位之间可进行产品数据(包含数据库数据和电子仓库数据)的全量和增量交换。

(1) 主服务器:按交换产品的研制要求,将主研制单位(主设计或主制造单位)的服务器定义为主服务器,包括主数据库服务器、主物理文件库服务器、主应用服务器,用于定义产品结构,定义各从属服务器协同设计的产品数据(VCI 或产品),人员权限管理,配置构型管理,不编辑改变从服务器的数据;

(2) 从服务器:按交换产品的研制要求,将分包研制单位或某一主研制单位的服务器定义为从属服务器,

即从服务器,包括从数据库服务器、从物理文件库服务器、从应用服务器,按产品研制节点的构型项定义进行设计,同步主服务器上的增量或全量产品数据,不编辑改变主服务器的数据。

1.3 数据交换主要过程

过程 I 在主应用服务器上配置需要交换的产品,同时定义包括交换单位、交换时间、导出产品数据的目录、恢复数据库等在内的产品数据交换计划。

过程 II 利用 CAA 接口及 Java 程序分别导出产品结构树各层级节点和更改管理的信息并输出相应文件,其中输出的 XML 文件对应数据库表中的零部件属性信息、零部件的装配关系、零部件与文档的关联关系和零部件的位置矩阵信息等^[8]。

过程 III 导出的 Java 程序同时导出 VCI 零部件节点关联的物理文件,根据产品数据交换计划以时间戳、发送单位等为条件对电子仓库文件进行过滤删除。

过程 IV 根据应用层导出的 XML 文件,提取与之关联的数据层数据,并以数据层数据的筛选过滤为基础进行增量或全量数据库复制交换。

2 数据交换技术实现

2.1 VPM系统数据对象与属性及数据表分析

在 PDM 系统中数据对象的关系与属性存在于数据库中,物理文件存在于物理文件库中。本文以 ENOVIA VPM 系统作为产品数据管理工具,通过对 VPM 系统缺省数据对象分析,归纳发现 VPM 系统中用到的数据对象主要有产品结构类、文档类、更改管理类、配置信息类、人员组织类等 5 大类。其中产品结构类包括产品、产品类、组件、零部件等,文档类对象是记录研制过程数据的集

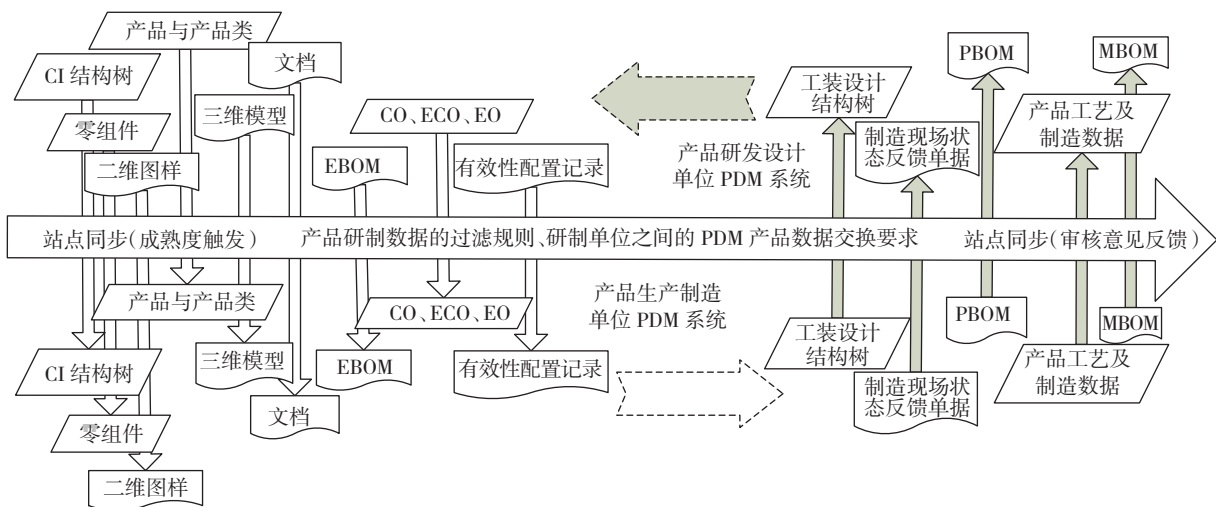


图1 基于数据库与电子仓库增量复制的数据交换业务流程图

Fig.1 Flow chart of PDM data-exchange technology based on database and electronic warehouse incremental replication

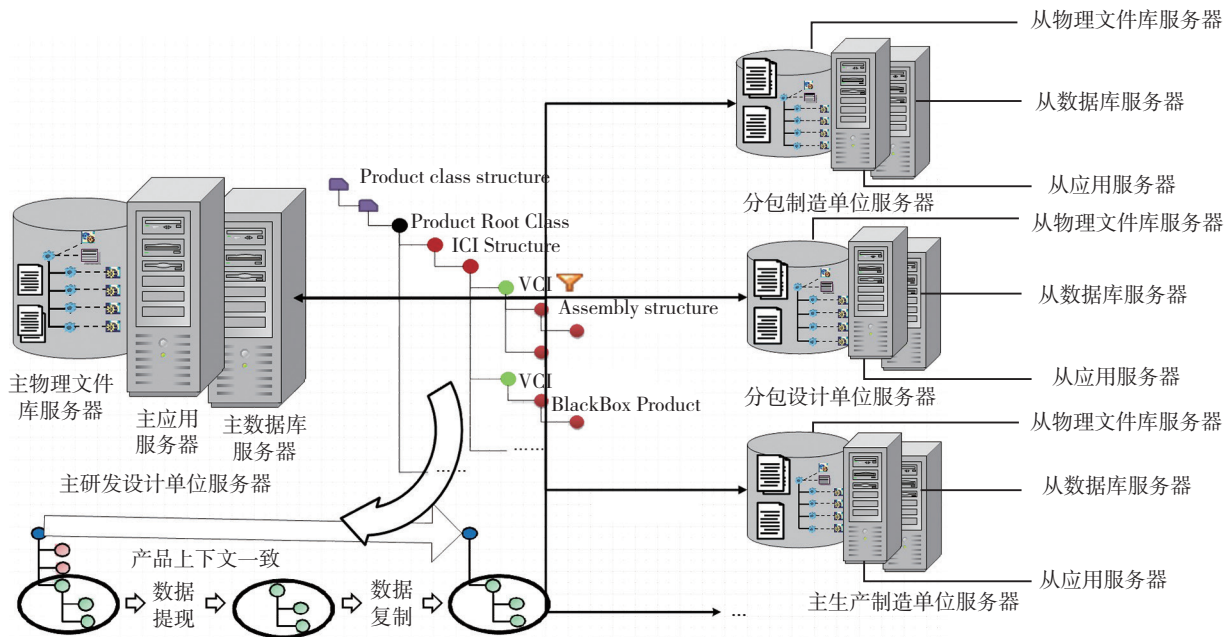


图2 基于PDM数据库与电子仓库增量复制的数据交换模型组成

Fig.2 Component of the PDM data-exchange model electronic warehouse incremental replication

合,更改管理类包括更改指令、更改请求等,配置信息类主要涉及数据及特殊关系的规格类别配置等,人员组织类主要是 IPT 管理的用户、上下文、权限定义等^[9]。

在 VPM 系统中,各业务对象通过数据类型类的相关属性进行相互关联,而在数据库层面则通过关键字段进行相互关联的,例如在 VPMPRODUCTCLASS (产品类表)中,通过查询数据表中的记录可分析发现,VID 为产品类标识,VNAME 为产品类名称,VPROJECT0007 为项目名称 project (即 P&O 的投影标识),VPC、VPRC 为对应值,VPC 对应其下一级是否有产品类,而 VPRC 对应该产品类下是否有产品,VLEVEL 为产品类层级等,其中 VPRCI0004 为记录 VPMPRODUCTRO0001 (产品表)中产品 OID 号,V506GRAPH 为记录了对应 GIVERSION 表中 VHISTOID 的字段,OID 对应

表1 CHDPARTVERSION表字段名对应VPM系统的数据对象属性名

数据库表字段名	数据对象属性名	业务对象别名
VXPRDPRBMTB0003	V_X_PrdPrBMTBCF	MTBCF
VXPRDPRBMTB0004	V_X_PrdPrBMTBF	MTBF
VXAIRPROOF	V_X_airproof	密封
VXTECHNOTE	V_X_tech_note	技术注释
VXISMBD	V_X_IsMBD	MBD
VXPRODTYPE	V_X_prod_type	在制品处理类别
VXASSIGNWEI0002	V_X_assign_weight	分配重量
VXBARYCENTE0004	V_X_barycenter_X	重心 X
VXMIYZ0003	V_X_MI_YZ	转动惯量 YZ
...
VXSURFACEDEFEND	V_X_surface_defend	表面防护
VXHEATTREATMENT	V_X_heat_treatment	热处理
VXPRDUSELIF0002	V_X_PrdUseLife	使用寿命
VXREVIEWINF0003	V_X_review_info	审签信息
RXS3210007	R_X_S32_3	成熟度
RXS3220007	R_X_S32_2	作废零件 CO 号
...
RXMS3220004	R_X_MS32_2	预留属性

PACKAGERBO 表中记录的 ROOTMOOID,在 VPM 关系数据库中,这些关联字段在两个表或一对多个表之间建立了联系,如图 3 所示,图中记录了 VPM 定义的主要数据对象对应数据库表之间的关联关系与对应关联字段。

2.2 系统客户化后数据对象与属性分析

基于 VPM 系统的数据交换需保证多个站点的客户

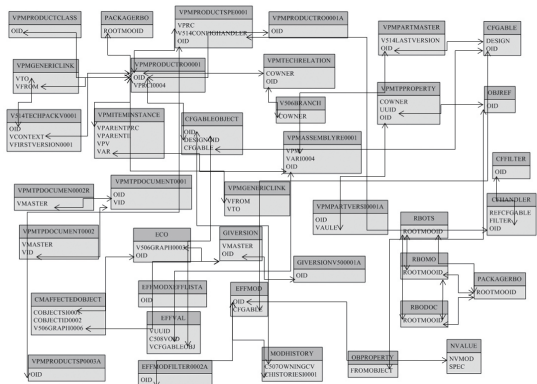


图3 VPM部分数据库表的关联关系图

Fig.3 Relation schema of VPM integrant DB tables

化环境一致性,这是实现基于VPM数据库复制的数据交换的基础。根据客户化定制及属性定义的要求,VPM系统的缺省几大类对象可扩展出更多的数据对象,缺省的数据对象属性也因客户化要求进行扩展,这些数据对象及属性通过DMC客户化定制在缺省数据库环境中对某些数据库表和字段进行了修改扩充。以某复杂航空产品的VPM V5R18系统为例,客户化定制后的VPM系统中一个对象通常对应一组数据库表,其数据库表总数相比源数据库表扩展多了480多张,已有数据库表中的某些字段也因客户化定制有扩充改变,表1为CHDPARTVERSION部分数据库表字段名与客户化后与系统界面有关的VPM数据对象属性名及业务对象别名之间的对应表。

借助CAA客户化工具,客户化后VPM系统中各类数据对象及相关属性也是通过关联数据库表和关联字段进行相互映射关联的,系统应用层面的菜单命令及操作对应了数据对象之间的关系,即通过数据表中产生表的记录或修改表中的相应字段值。以某复杂产品客户化后VPM系统为例,部分零组件类对象在客

户化后的数据库表中扩展出了CHDPARTVERSION、EQUPARTVERSION、STDPARTVERSION、CIPARTVERSION、CHDPARTVERSION0001A、STDITEMINSTANCE、CHDPARTVERSION0014A等数据库表,这些数据表之间也是通过数据库表的某些字段相互关联的,例如在CHDPARTVERSION0014A表中的OID字段与数据库表CHDPARTVERSION的OID相同实现数据库表关联,而CHDPARTVERSION0014A表中的VXREVIEWINF0003字段则是对应VPM系统客户化后扩展出来用于记录MBD设计过程的审签信息。

2.3 利用CAA接口函数遍历产品结构树

CAA是第三方产品集成和一般客户进行客户化、个性化设计的强有力工具,利用CAA可以实现Dassault Systems应用的二次开发。首先,利用CAA的接口函数导出VPM系统中产品结构树下VCI信息并生成记录VCI节点下叶子节点的零部件信息,通过程序传入的ProductID号在VPM中查找是否存在此产品,逐层遍历此产品结构树下的各个实例,通过实例找到所挂零部件信息,并判断此零部件类型,

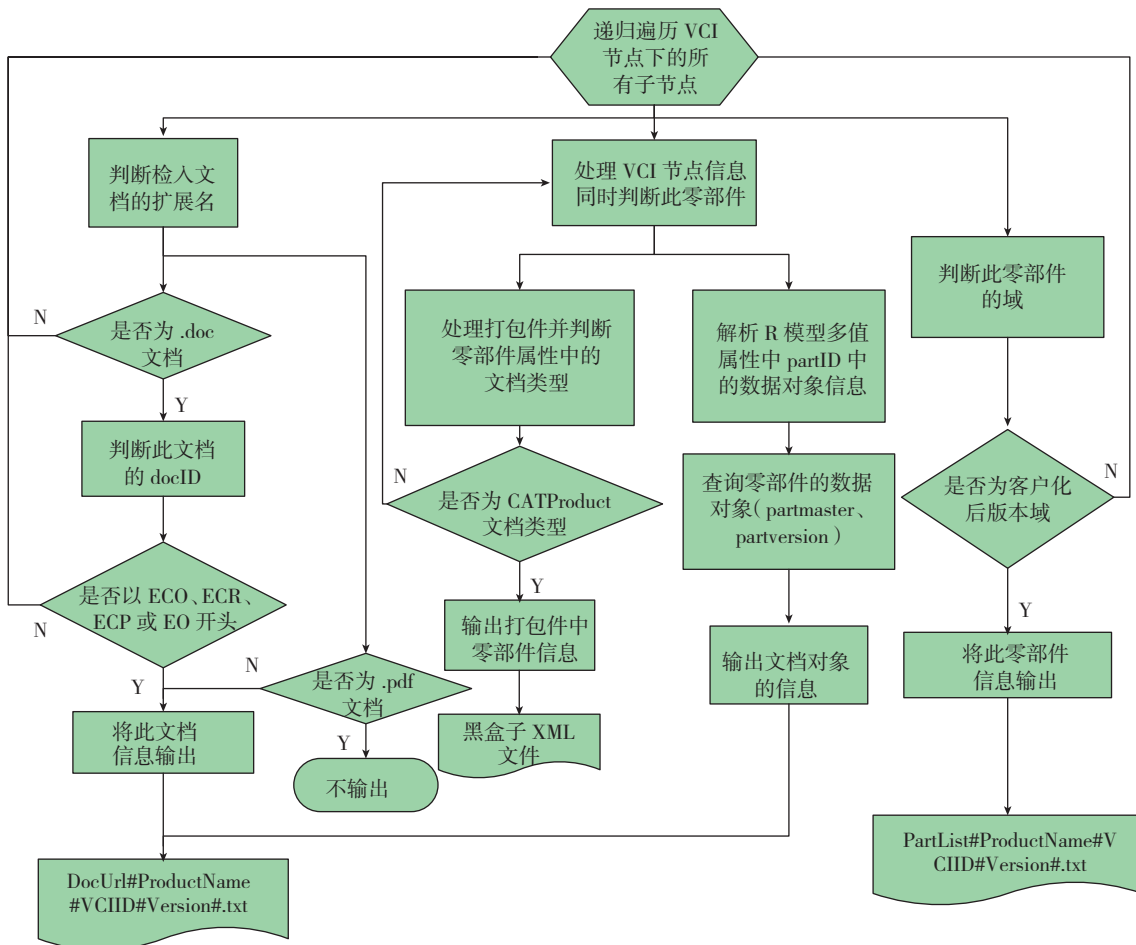


图4 利用CAA和Java程序解析VCI节点下的信息
Fig.4 Analysing the information belong to VCI by CAA and Java

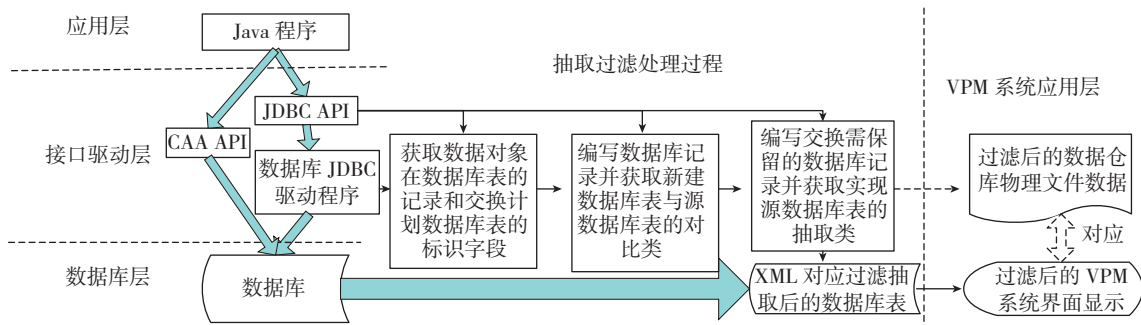


图5 数据库底层及系统应用层实现过滤交换

Fig.5 Process of filtering and exchanging

同时记录此零部件的属性值并输出零部件信息文件中,同理对下一个零部件进行循环操作。导出交换产品 VCI 节点信息后,Java 程序利用 CAA 接口函数以 VCI 为单位递归遍历导出节点下零部件和文档信息。具体解析过程如图 4 所示。CAA 接口函数包括: ENOVIEExpandable、CATIAVPMItemInstance、ENOVIBusinessObject、ENOVIDocumentable、ENOVIOObject、ENOVIVaultDocument 等^[8]。其中 ENOVIEExpandable 主要用来管理 VPM 系统中的树结构,二次开发中通过此接口得到产品结构树的所有节点,导出所有的实例。

2.4 数据库底层过滤抽取交换技术

通过对 VPM 系统数据库表的分析发现, VPM 数据库中各数据库表的主键由字段 OID 进行唯一标识,且各数据库表包含的字段个数与名称各不相同,利用 CAA 接口函数、Java 程序导出数据对象信息,主要对包括与产品结构树的相关产品与产品类、组件、构型管理项、零部件、文档等以及更改指令数据对象进行遍历,获取产品数据对象的所有信息,通过 JDBC 连接 DB2 数据库抽取交换的数据库表和过滤后的物理文件,具体实现过程如图 5 所示。

2.5 电子仓库同步增量抽取方法

在电子仓库的物理文件数据过滤过程中,读取 CAA 接口及 Java 程序导出的 DocUrl 文件,比对时间戳是否按时间增量要求,同时对比上次导出的物理文件记录,对电子仓库中在交换时间段内且不在上一次导出清单中的物理文件进行拷贝,同时对比 XML 文件对应数据库表信息,生成本次数据交换物理文件的导出清单,至此,对电子仓库中物理文件实现了按数据增量复制要求的过滤交换。

3 应用示例及效果分析

3.1 应用示例

某复杂航空产品在设计与制造单位之间开展产品

YTestPD 的协同研制,按研制工作份额对产品研制数据进行定义,以 VCI 为双向交换的基础元素,其中主设计单位定义为主服务器,其 VCI 分包为 VCI-master-X,主制造单位定义为从服务器,其 VCI 分包为 VCI-slave-X。

在产品初步研制阶段,在主服务器的产品结构树上和从服务器上挂有不少产品研制数据,其中也包括管路、电器等黑盒子数据,如图 6 所示。

在主、从服务器各自运行产品数据交换程序后,经关系数据和物理文件数据的导出导入,如图 7 所示,查看从服务器可发现主服务器上定义的 VCI-master-001 和 VCI-master-002 已完整交换至从服务器上。同理,对于从服务器上的 VCI-slave-001 和 VCI-slave-002,通过已定义的数据形式(包括物理文件和数据库文件)按时间增量同步交换至主服务器上。



(a) 主服务器

(b) 从服务器

图6 交换前主、从服务器上的产品结构树数据

Fig.6 Product structure tree data in main server and follow server before exchange

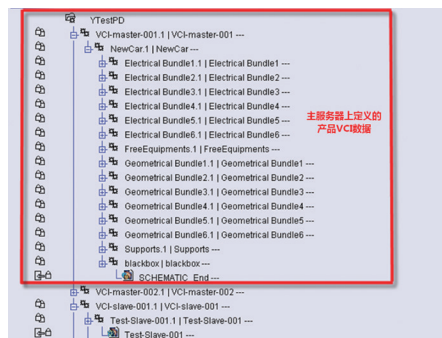


图7 从服务器上交换导入后的VPM产品结构树

Fig.7 Product structure tree data in follow server after exchange

3.2 应用效果分析

许多企业之间数据交换利用应用层的多站点复制数据交换方式在一定程度上解决了产品数据交换的问题,但是这种数据交换因为与业务层结合紧密,对数据质量的要求比较高,数据稍有问题或变化就可能导致数据交换失败,为杜绝此类问题,确保产品数据交换成功,本方法在有效结合 PDM 多站点复制工具应用层数据抽取优点的同时,在研究分析 PDM 系统数据库底层数据的基础上,以数据库底层的数据过滤筛选方式完成了基于 PDM 系统数据交换。

4 结论

通过基于 PDM 数据库与电子仓库复制的数据交换,在保证产品结构树、产品配置信息、产品数据正确性和有效性的基础上,满足产品研制企业之间数据交换应用过程中的产品结构化数据双向交换要求,优化了产品数据在产品全生命周期研制中的管理模式,可解决协同研制企业之间的产品数据结构、数据对象以及数据状态的一致性、完整性等,在很大程度上有效地保护了企业知识产权,为大型复杂产品异地协同研制提供了产品结构数据共享和集成的应用基础。

参考文献

[1] 李治,金先龙,曹源,等. 基于自动化设计网格的产品定制系统的研究[J]. 计算机集成制造系统, 2006, 2(6):810-816.

LI Zhi, JIN Xianlong, CAO Yuan, et al. Research on product customization system based on automated design grid[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2006, 2(6):810-816.

[2] CHEN N X, LI N M, GAO N S. A web services based platform for exchange of procedural CAD models[C]//The 9th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, New York: IEEE, 2005.

[3] WANG Q, REN Z W, GUO Z F. XML-based data processing in network supported collaborative design[J]. International Journal of Automation and Computing, 2010(7):330-335.

[4] 薛善良,廖文和. 面向敏捷制造的产品数据交换研究[J]. 机械与电子, 2005(5):6-9.

XUE Shanliang, LIAO Wenhe. Study on product data exchangesupported agile manufacturing[J]. Machinery & Electronics, 2005(5):6-9.

[5] 盛步云,冯站峰,倪小平,等. PDM 集成框架下 CAPP 与 PDM 的数据交换[J]. 计算机集成制造系统 CIMS, 2003, 9(6):476-488.

SHENG Buyun, FENG Zhanfeng, NI Xiaoping, et al. Data exchange between CAPP and PDM systems for PDM integration[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2003(6):476-488.

[6] 李海峰,王先逵,吴丹. 基于 XML 的异构 PDM 系统产品数据交换技术[J]. 航空精密制造技术, 2003, 39(1):20-24.

LI Haifeng, WANG Xiankui, WU Dan. Research on product data exchange among heterogeneous PDM systems based on XML[J]. Aviation Precision Manufacturing Technology, 2003, 39(1):20-24.

[7] 谢洪彦,余志强,许旭东,等. 企业集成应用系统的研究与

实现[J]. 航空制造技术, 2012(6):62-67.

XIE Hongyan, YU Zhiqiang, XU Xudong, et al. Research and implementation of enterprise integration application system[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2012(6):62-67.

[8] 何朝良,杜廷娜,张超. 基于 CAA 的 CATIA 二次开发初探[J]. 自动化技术与应用, 2006, 25(9):37-49.

HE Chaoliang, DU Tingna, ZHANG Chao. The secondary development of CAA-based CATIA[J]. Techniques of Automation & Application, 2006(9):37-49.

[9] 肖育林,谷正气,李伟平. 协同设计中基于 XML 的产品数据交换技术的研究[J]. 机械设计与制造, 2006(2):127-128.

XIAO Yulin, GU Zhengqi, LI Weiping. Research of XML-based product data exchange technology in collaborative design[J]. Machinery Design & Manufacture, 2006(2):127-128. (责编 古京)

(上接第82页)

Ministry of Aviation Industry of the People's Republic of China. Environmental conditions and test methods of airborne equipment - Vibration test: HB 5830.5-1984[S]. Beijing: Ministry of Aviation Industry of the People's Republic of China, 1984.

[6] 国防科学技术工业委员会. 军用装备环境试验方法第 18 部分 - 冲击试验: GJB 150.18-1986[S]. 北京: 国防科学技术工业委员会, 1986.

Defence Science and Technology Industry Committee. Eighteenth parts of military equipment and environmental test methods-impact test: GJB 150.18-1986[S]. Beijing: Commission of Science, Technology and Industry for National Defense, 1986.

[7] 国防科学技术工业委员会. 军用装备环境试验方法第 14 部分 - 浸渍试验: GJB 150.14-1986[S]. 北京: 国防科学技术工业委员会, 1986.

Defence Science and Technology Industry Committee. Fourteenth parts of military equipment and environmental test methods-immersion test: GJB 150.14-1986[S]. Beijing: Commission of Science, Technology and Industry for National Defense, 1986.

[8] 国防科学技术工业委员会. 军用装备环境试验方法第 3 部分 - 高温试验: GJB150.3-1986[S]. 北京: 国防科学技术工业委员会, 1986.

Defence Science and Technology Industry Committee. Third parts of military equipment and environmental test methods-high temperature test: GJB150.3-1986 [S]. Beijing: Commission of Science, Technology and Industry for National Defense, 1986.

[9] 国防科学技术工业委员会. 军用装备环境试验方法第 4 部分 - 低温试验: GJB150.4-1986[S]. 北京: 国防科学技术工业委员会, 1986.

Defence Science and Technology Industry Committee. Fourth parts of military equipment environment test method-low temperature test: GJB150.4-1986[S]. Beijing: Commission of Science, Technology and Industry for National Defense, 1986.

[10] 国防科学技术工业委员会. 火工品包装、运输、贮存安全要求: GJB2001-1994[S]. 北京: 国防科学技术工业委员会, 1994.

Defence Science and Technology Industry Committee. Explosive goods packaging, transportation and storage of security requirements: GJB 2001-1994[S]. Beijing: Commission of Science, Technology and Industry for National Defense, 1994.

[11] 辜同. 塑料的粘接方法[J]. 今日科技, 1993(6):9-10.

GU Tong. Bonding method of plastics[J]. Today's Science and Technology, 1993 (6): 9-10. (责编 古京)