

虚拟样机产品信息集成技术研究与应用*

魏 坚¹, 张和明², 张永康¹, 徐路宁¹

(1. 江苏大学, 江苏 镇江 212013; 2. 清华大学 国家 CIMS 工程技术研究中心, 北京 100084)

摘要: 在虚拟样机技术实施过程中, CAD 模型信息的集成与管理一直是一个瓶颈问题。在分析现有虚拟样机产品信息集成方案的基础上, 采用了 CAD 二次开发技术进行信息提取, 并基于 XML 进行信息集成, 为虚拟样机产品信息集成提供了一条实现途径。

关键词: 虚拟样机; 信息集成; XML; STEP

中图法分类号: TP391.7 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2005)01-0122-03

Research & Application on Product Information Integration of Virtual Prototyping

WEI Jian¹, ZHANG He-ming², ZHANG Yong-kang¹, XU Lu-ning¹

(1. Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu 212013, China; 2. National CIMS Center, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: In the process of putting virtual prototyping technology into practice, the information integration and management of CAD model have been a bottleneck problem. The paper based on analyzing the methods of virtual prototyping information integration, choosing CAD application development as the method of information extract and integrating the information based on XML. It put forward a feasible way for virtual prototyping information integration.

Key words: Virtual Prototyping; Information Integration; XML; STEP

虚拟样机技术是用虚拟样机代替物理样机对产品进行创新设计、测试和评估, 从而提高产品的 TQCS(即短时间、高质量、低成本、好服务)^[1]。虚拟样机的构建涉及到不同的学科领域, 它是由分布的、不同工具开发的, 甚至异构的子模块组成的模型联合体。产品的 CAD 模型作为虚拟样机中重要的一部分, 是进行功能模拟、性能仿真的基础。CAD 模型信息贯穿于产品全生命周期, 如何有效集成和管理异构的 CAD 模型信息已成为虚拟样机技术应用过程中的一个瓶颈问题。

在 CAD 信息集成上, 目前一般选用 PDM(Product Data Management, 产品数据管理) 作为其集成平台。PDM 内部提供了与 CAD 信息集成的专用接口, 通过扩展 PDM 信息模型、工具定义等操作方法, 从而实现 CAD 系统和 PDM 的集成。但 PDM 在集成 CAD 系统时存在着不足^[2]。PDM 提供的模型管理是较粗粒度的技术文档级的数据管理, 对复杂产品的数据管理支持力度不够。要想取得一些细节时就只能依靠二次开发, 不如直接从 CAD 系统中提取信息方便。本文以航天某型号为研究对象, 借助 Pro/E 二次开发工具, 直接从 CAD 模型中提取产品结构信息并利用 XML 进行信息集成。

1 虚拟样机产品信息集成的重要性和必要性

随着产品复杂程度的提高, 虚拟样机的开发工作已成为一个系统工程——虚拟样机工程^[1]。它涉及到现代管理技术、先进制造技术、信息技术、先进建模/仿真技术。一个复杂产品

通常由电子、机械、软件及控制等子系统组成。这就决定了在实施虚拟样机工程中将会应用大量的异构虚拟样机产品数据。如何将 these 信息进行有效集成与管理, 使它在正确的时间以正确的方式传递给正确的人, 显得尤为重要。从系统工程的层面上来看, 在虚拟样机工程中实现虚拟样机技术的核心就是要如何支持建立柔性的协同设计、仿真环境, 实现信息共享与重用, 不同的 CAX/DFX 工具或应用系统之间的互操作与信息重用, 不同学科/应用领域信息的无缝集成^[3]。信息集成就是要对系统中各种类型的数据进行统一处理, 避免不必要的冗余, 为用户提供统一和透明的界面, 从而实现信息共享^[4]。

2 现有的系统集成方法分析

根据目前对虚拟样机技术的研究, 虚拟样机产品信息集成方法大致有以下几种^[5,8]:

(1) 基于数据库的信息集成

两个数据库之间的数据交换通过直接读取对方数据库或通过数据库映射来获取对方数据。这种方法实现比较简单, 像 ODBC, JDBC 都是比较成熟的技术。对于工程领域的信息管理, 近乎刚性的关系型数据模式都适合于描述规范化数据, 而难以描述非规范化数据, 并且关系型数据模式的语义过于单纯, 难以描述工程应用环境中信息的复杂语义^[6]。这种方法集成时, 两个系统之间都得开发不同的接口, n 个系统之间的集成必须开发 $n \times (n-1)$ 个接口, 接口的重用性比较差^[5]。

(2) 基于 STEP 的信息集成

产品数据表达与交换标准 STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data) 是 ISO 提出的产品数据表达与交换的国际标准。STEP 是一套关于产品整个生命周期内产品数据的表

收稿日期: 2004-03-16; 修返日期: 2004-06-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(69884002); 国家“863”计划资助项目(2001AA411020)

达与交换的国际标准。它提供了一种不依赖于具体系统的中性机制,支持产品信息在不同的计算机应用系统之间集成与交换的完整性和一致性。它不仅适合于中性文件交换,而且是实现共享产品数据库及产品数据的长期存档的基础。

基于 STEP 集成的缺点就是 STEP 标准化落后于技术的进步,有些应用协议尚未标准化,还有的像应用中为了提高效率或实现方便需要对应用协议进行裁剪,或加入集成资源中不存在的实体,但 STEP 缺乏定义、裁剪、合并应用协议的灵活性^[6]。

(3) 基于 XML 的信息集成

XML 是一种标记语言,它描述被称为 XML 文档的一类数据对象,具有成为信息时代数据集成与数据交换标准的潜力。XML 作为一种可扩展性标记语言,其自描述性使其非常适用于不同应用间的数据交换和异构数据的集成,同时具备很强的开放性和可扩展性,具有广阔的应用前景。另外,XML 还允许为特定的应用领域制定特殊的数据格式,在领域内各系统间通过传递格式化数据实现数据的交换与共享^[7]。当然 XML 也存在一些不足,如数据约束较差等。

(4) 基于中间件的集成

中间件(Middleware)是把全部 Client 和全部 Server 无缝集成在一起并实现单一系统映像 SSI 的重要手段。我们以 CORBA 为例,传统的 C/S 环境下,客户机和服务器间的关系是一一对一的关系。基于对象模型,CORBA 在客户机和服务器之间加入了新的一层对象——请求代理器(ORB),代理器具有把来自客户机的抽象服务请求代理映射到特定服务器上的功能。CORBA 通过代理服务器来处理系统中客户机和服务器间的消息。这种集成方法,使用 IDL(Interface Definition Language)来定义系统之间接口,再通过 IDL 编译器映射成具体的程序语言。

(5) 基于本体和语义 Web 的信息集成

应该说前面介绍的几种都是属于数据级的信息集成,数据级的信息集成不可避免造成信息传递的不完整以及语义的混淆。像 STEP 等基于数据的集成是单个数据的传递,它在数据传递过程中给出的是单个数据,语义间的关联不明确,同一描述可以表示同一语义,也可以表示不同语义。而基于本体和语义 Web 的信息集成则属于知识级的信息集成,它是将 XML Schema 按照一定的方法转换成语义模型,然后用语义模型提升其所定义的 XML 数据源,最终实现数据的语义化表达。

本体是对概念化所作的显式的解释说明,其为某领域提供了一个共享的通用的理解,使得异构数据在语义级上实现信息集成而不考虑其具体语法结构。最近发展的语义 Web 语言 RDF(S), DAML+OIL 以及 OWL 都是基于 Web 标准而对本体进行描述和构建的语言^[8]。

与基于 XML 的数据级信息集成不同,本体是一种知识表示,而 XML Schema 是一种信息的格式。语义 Web 语言的优势在于能够在其上开发有效的工具来进行推理。这些工具将提供一个通用的支持,其并不局限于某个特定的领域^[8]。

3 基于 XML 的产品数据集成系统

3.1 系统集成框架

针对上述集成方法的分析,本着先进性与可靠性相结合的

原则,我们采用了基于 XML 的产品数据集成方法。CAD 模型通过二次开发技术直接获取产品结构信息,再把提取的信息描述成 XML 文档,存储在 PDM 中进行统一的管理。系统集成框架如图 1 所示。



图 1 系统集成框架

3.2 利用 CAD 二次开发技术实现产品结构信息提取

产品是由多个结构单元组成,结构单元可以是零件、套件、组件、部件,其结构为树型结构。从物理装配和组成关系的空间角度来分析,产品与其各构成部件、部件与其子部件具有层次结构关系。这种由产品、部件、组件、零件的相互依赖关系组成的层次树状结构,可以按层次展开,即为产品结构树,如图 2 所示。图中的边表示父节点与子节点之间的所属关系,而节点记录本层部件的相关信息和对下层零件、部件的设计要求。

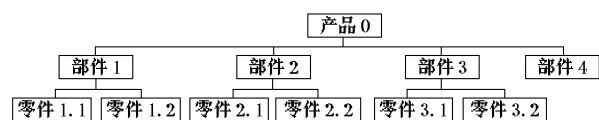


图 2 产品结构树

物料清单(Bill of Material, BoM)是定义产品结构的技术文件。它用计算机能够识别的规范的数据格式来描述产品结构图,并反映一个产品所有零件、部件的构成层次关系和数量关系。它是企业进行 CAPP、实现 ERP 的依据,贯穿于产品设计到制造的全生命周期,在 CIMS 集成系统中起着信息传递纽带作用。由此可见,对产品结构信息的提取主要可以转换成对 BoM 信息的提取。

本文 CAD 三维设计软件以 Pro/ENGINEER 为例。Pro/E 是三维参数化设计软件,运用特征为基础的造型技术和贯穿其中的参数化设计思想。Pro/E 二次开发工具 Pro/Toolkit 是 PTC 为 Pro/E 提供的一个 C 语言的客户定制工具。Pro/Toolkit 使得用户或者第三方能够通过编写 C 程序对 Pro/E 的功能进行扩展,通过这种方法生成的程序可以实现与 Pro/E 的无缝集成。利用 Pro/Toolkit 进行二次开发的机理^[3],如图 3 所示。

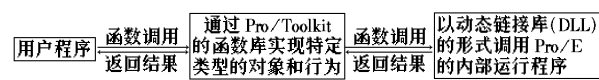


图 3 二次开发运行机理

本文选取了航天某型号部件中的某一子装配件作为数据抽取对象,装配件为基于参数化的特征造型,其结构可表示为树型结构。对产品结构信息的提取,采用递归的算法对装配树进行遍历。在递归中利用 C++ 输出流,按照特定的格式向与产品相应的 XML 文档写入 BoM 信息。算法流程如图 4 所示。对装配件根节点的访问可以提取装配件代号、装配件类型、装配件父组件、装配件重量、装配件数量、装配件设计数量、装配件版本号、装配件规格、装配件种类、装配件外购厂家、装配件备注等信息,对零件节点的访问同样可获取与零件相关的一些信息。其中,考虑到界面设计的友好性,我们采用了在 Pro/E 原有的菜单栏中添加新的菜单。通过菜单添加技术在菜单项 Utilities 后面添加信息提取一项,再在菜单下面增加一些子菜单,实现具体的功能,如图 5 所示。

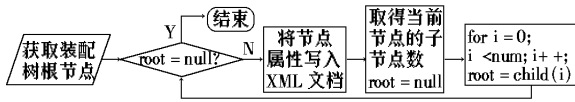


图 4 采用递归算法读取 BoM 信息流程图

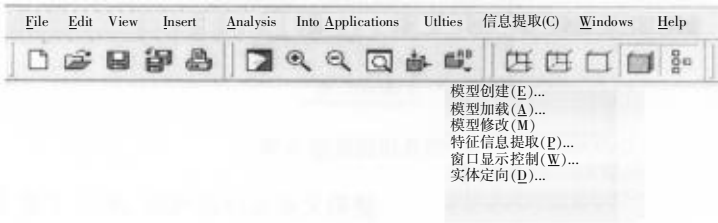


图 5 新菜单项的添加

相应的菜单添加代码:

```

...
ProError status;
uiCmdCmdId cmd_id;
ProFileName mf;
ProStringTo Wstring( mf, usermsg.txt );
status = ProMenuBarMenuAdd( Menu0 , USER Menu0 , Help , PRO_
B_TRUE, mf );
status = ProCmdActionAdd( Menu1 , ( uiCmdCmdActFn ) ActFn,
uiCmdPrioDefault, TestAccessDefault, PRO_B_TRUE, PRO_B_TRUE,
&cmd_id );
status = ProMenuBarMenuPushbuttonAdd( Menu0 , Menu1 , USER
Menu1 , USER Menu1 help , NULL, PRO_B_TRUE, cmd_id, mf );
...

```

特征信息提取部分代码如下:

```

...
status = ProUIDialogCreate( dialog_name, dialog_name );
if( status! = PRO_TK_NO_ERROR )
{ AfxMessageBox( UIDialog Create error! );
return status;
}
ListLabelsSet2( dialog_name, List1 );
ProUIPushbuttonActivate ActionSet( dialog_name, Cancel , CANCEL_
Action, NULL );
status = ProUIDialogActivate( dialog_name, &ActiveDialog_status );
if( status! = PRO_TK_NO_ERROR )
{ AfxMessageBox( UIDialogActivate error! );
return status;
}
...

```

最后得到的信息提取界面如图 6 所示。

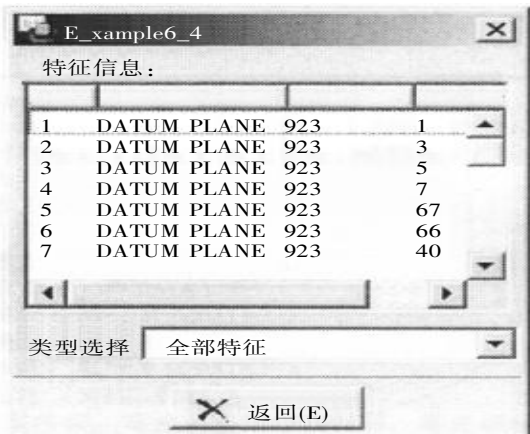


图 6 信息提取界面

3.3 基于 XML 的产品信息语义模型

利用 XML 进行虚拟样机产品信息建模就是要解决参数化特征建模过程中各形体特征的描述及定义。现有的 CAD 系统都支持特征和参数化技术。CAD 系统在实体造型过程中,一般都采用特征树的表示方法,XML 非常适合描述这种结构化数据。在 XML 描述方法中,每种类型的特征、图素均用相应的标记及结构与其对应,具体结构和类型的定义存储在 DTD (Document Type Definition) 或 Schema 中^[9]。

XML 的数据模式由两部分组成: XML 文档结构和 DTD。XML 文档的结构从文档语法上可视为一棵树,文档层次树为

三层: 文档节点、元素节点和数据节点。文档节点包含若干个元素节点。元素节点包含属性、子元素节点和数据节点。就本文而言,对产品信息 XML 描述,包括了对产品结构信息的描述和对产品属性信息的描述。提取的产品结构信息经 XML 描述后的 XML 文档局部如下:

```

<? xml version = 1.0 ? >
< product >
  < assembly 1 >
    < assembly 1_ID > 36 < /assembly 1_ID >
    < assembly 1_num > 2 < /assembly 1_num >
    < assembly 1_weight > 2000 < /assembly 1_weight >
    < assembly 1_name > ASM1 < /assembly 1_designnum >
    ...
    < part1. 1 >
      < part1. 1_ID > 361 < /part1. 1_ID >
      < part1. 1_name > RING. PRT < /part1. 1_name >
      < part1. 1_num > 1 < /part1. 1_num >
      < part1. 1_weight > 500 < /part1. 1_weight >
      ...
    < /part1. 1 >
    < part1. 2 >
    ...
    < part1. 2 >
  < /assembly 1 >
  < assembly 2 >
  ...
  < /assembly 2 >
< /product >

```

DTD 为 XML 文档指定的一种语法,规定文档中允许出现的标记,标记的出现顺序和嵌套关系,以此来验证 XML 文档的格式是否正确,数据资料是否存在错误等。本文采用 DTD 来控制 XML 的格式化书写。对于上述产品结构信息的 XML 文档,有相应的 XML 文档 DTD 如下:

```

<! DOCTYPE 产品结构 [
<! ELEMENT 装配件( 装配件代号、装配件类型、装配件父组件、装配件重量、装配件数量、装配件设计数量、装配件版本号、装配件外购厂家、装配件备注, 零件 + ) >
<! ELEMENT 装配件代号( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 装配件类型( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 装配件父组件( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 装配件重量( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 装配件数量( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 装配件设计数量( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 装配件版本号( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 装配件外购厂家( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 装配件备注( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 零件( 零件 ID、零件名称、零件材料、零件规格、零件版本号 ) >
<! ELEMENT 零件 ID( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 零件名称( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 零件材料( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 零件规格( #PCDATA ) >
<! ELEMENT 零件版本号( #PCDATA ) >
] >

```

XML 提供应用逻辑接口 SAX (Simple API for XML) 和 DOM (Document Object Model) , 通过 SAX 和 DOM 定义应用编程接口,使应用程序能够访问和更新 XML 文档的样式、结构和内容^[10]。

3.4 产品结构信息的集成和管理

我们采用了 PDM 作为信息集成的平台, PDM 系统具备了集成框架的基本功能,可被广泛地应用在文档管理、变更管理、配置控制与信息跟踪等方面。利用 PDM 技术,可以将隶属于某一产品的不同文件数据作为逻辑上的一个整体由 PDM 系统统一管理和存储,而不是直接管理文件内部的数据,这样一来描述产品的文件信息就与相关的产品有机地连接在一起,从而可以形成一个完整的产品信息视图。

4 结束语

在虚拟样机技术应用过程中,产品 CAD 模 (下转第 206 页)