

基于模型驱动的 CAx/PDM 集成方法^①

CAx/PDM Integration Based on Model Driven Approach

张 金^{1,2} 周红桥¹ 陈卓宁^{1,2} (1.华中科技大学 机械科学与工程学院 湖北 武汉 430074;

2.武汉开目信息技术有限公司 湖北 武汉 430223)

摘 要: 以 PDM 为基础的 CAx 间的集成越来越受到重视,传统的解决方案多是基于专用接口或组件的集成模式,通常是直接对各方软件联合进行接口或组件化改造。这种开发模式已无法快速适应当前制造企业灵活多变的业务需求以及各企业对应用系统集成的个性化需求。提出一种采用面向业务的 PDM 集成平台来集成 CAx/PDM 的方法,以模型驱动作为平台支撑技术,结合 UML 和 XML 等工业标准,通过分析制造企业应用系统集成领域需求,采用一种平台特定语言——开发平台语言来表达数据、过程和界面需求,从而驱动集成平台构建新的集成系统。实际应用表明:采用该平台可以以较小的开发成本、较快的实施进度实现 CAx 与 PDM 的集成。

关键词: 面向业务 模型驱动 开发平台语言 PDM 集成平台

1 引言

随着制造业信息化的不断发展,各种 CAx (CAD/CAPP/CAM)系统得到广泛应用,这些系统大多是在相互独立的情况下发展起来的,给企业带来数据重复、业务分散等问题。产品数据管理(PDM)系统可以统一管理 with 产品相关的所有信息,以 PDM 为基础的 CAx 集成越来越受到重视^[1,2]。

传统的基于 PDM 的 CAx 间的集成多是基于专用接口或组件,通常是直接对各方软件进行接口或组件化改造^[3]。这种开发模式一般从集成业务需求出发,分别对待集成的 CAx 和 PDM 软件进行接口定制或组件拼装,最后由实施人员现场配置并部署整个系统。目前市场竞争的加剧导致产品生命周期越来越短,同时客户需求也不断变化,需要快速响应;另一方面,不同企业对应用系统集成的层次,待集成的应用种类都有不同的要求。业务的多变性和集成的个性化对企业应用集成系统的开发和实施提出了新的要求:能够根据业务需求变化进行快速构建。然而传统开发模式由于接口或组件与业务具有较高的耦合度,当业务变

化时,往往要求对各个应用系统的定制代码进行大量修改,开发成本较高、实施周期较长。

针对上述问题,本文提出了一种采用面向业务、基于模型驱动的 PDM 集成平台来实现 CAx/PDM 集成的方法,集成平台提供建模工具建立数据、过程和界面模型并转换成一种平台特点语言——开发平台语言(Platform Development Language, DPL),进而驱动集成平台构建新的集成系统。通过模型以及 DPL,使得企业集成业务与接口或组件的耦合度降低,在业务变化时,用户专注于模型和使用 DPL 来完成整个系统的开发。实际应用表明:采用该平台可以以较小的开发成本、较快的实施进度实现 CAx 与 PDM 的集成。

2 基于模型驱动思想的PDM集成平台结构

PDM 集成平台是 CAx/PDM 间集成的枢纽,负责产品数据的共享和交换、集成过程的协同以及各个软件的界面交互。模型驱动思想来源于对象管理组织(Object Management Group, OMG)提出的模型驱动体系结构(Model Driven Architecture, MDA)^[4]。

① 基金项目:国家科技支撑计划(2006BAF01A44);国家高技术研究发展计划(863)(2007AA040605)

收稿时间:2008-03-11

本文提出的基于模型驱动的 PDM 集成平台借鉴了 MDA 思想但又不拘泥于 MDA 标准,以业务为出发建立过程、数据和界面建模,以 DPL 为核心,使集成系统具有较好的柔性。图 1 为基于模型驱动的 PDM 集成平台结构。

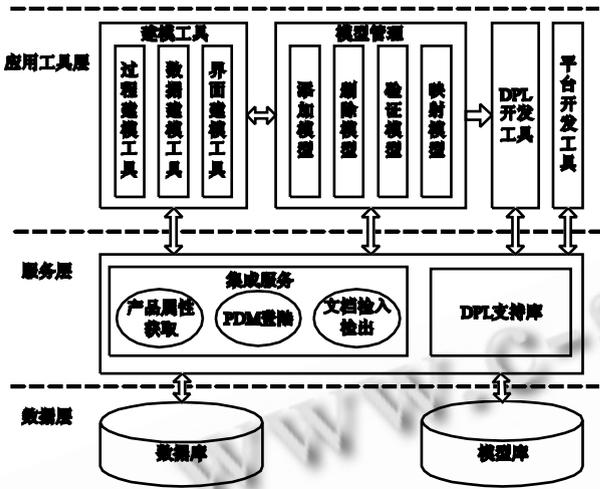


图 1 基于模型驱动的 PDM 集成平台结构

整个集成平台分为三层:

(1) 应用工具层。该层提供建模工具,为构建 CAx/PDM 集成过程、数据和界面模型提供支持,构建的模型由模型管理工具进行验证并转换成 DPL,然后用户使用 DPL 开发工具详细描述业务逻辑,实现系统功能。另外,开发者采用编程工具和平台开发工具扩展平台功能。

(2) 服务层。是整个平台的核心。包括 CAx/PDM 集成服务以及 DPL 支持库。其中,集成服务以 DPL 接口形式提供集成功能,可以被 DPL 程序和 C/C++ 程序调用;DPL 支持库用于解释、执行及调试 DPL,也对 C/C++ 程序调用 DPL 接口提供支持。

(3) 数据层。包括数据库和模型库,用于存储平台配置数据以及用户建立的模型,模型库还提供了根据专家知识定义的各种模型模板以辅助用户建模。

采用模型驱动方法开发 CAx/PDM 集成系统需要解决的关键问题有:具有规范语法的模型定义、图形化建模环境、模型到开发平台的映射等。

集成业务中最主要的过程模型采用统一建模语言(Unified Modeling Language, UML)进行构造,并以 OMG 组织提出的基于 XML 的元数据交换(XML

Metadata Interchange, XMI) 标准将这些模型以 XML 形式存放在模型库中。UML 模型语义通过其元模型进行严格定义,使开发者在语义上取得一致,另外,UML 也提供了标准的图形符号表示。CAx/PDM 集成开发通常会选择一种具体的开发技术或平台,比如公共对象请求代理体系结构(Common Object Request Broker Architecture, CORBA),Web 服务(Web Services)等,这些开发平台体系结构各不相同,需要针对每个平台提供模型转换功能。本文采用的 PDM 集成平台以 DPL 为主要开发语言,因此需要将 UML 表示的过程模型转换成 DPL。

3 模型驱动的 CAx/PDM 集成开发过程

基于模型驱动的 CAx/PDM 集成开发从业务需求分析开始,采用平台建模工具结合 UML、XML 等工业标准以及平台界面描述语言建立模型,以 DPL 为主要开发语言,结合编程工具完成 PDM 和 CAx 的定制,其过程如图 2 所示。

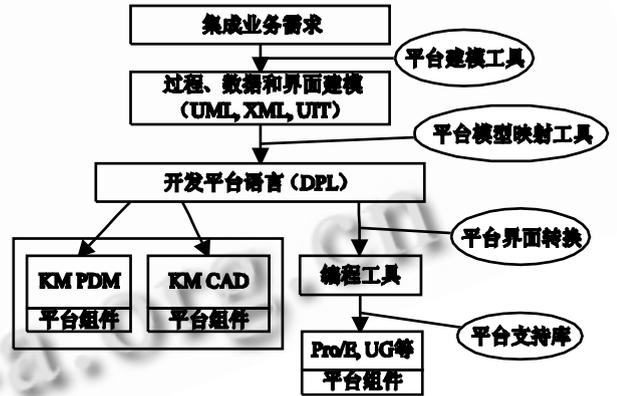


图 2 基于模型驱动的 CAx/PDM 集成开发过程

CAx 与 PDM 的集成包括 CAx 的定制与 PDM 的定制。若 CAx 和 PDM 系统原生支持 DPL(CAx、PDM 与集成平台为同一开发商开发时),则用户开发的 DPL 可直接在其上运行,如图 2 中的 KM PDM 和 KM CAD;若是集成其他厂商的 CAx 系统时,则需借助编程工具开发相应的插件,即用户采用 C/C++ 语言调用过程模型转换而来的 DPL,同时,采用界面模型转换成相应 CAx 系统的界面代码和描述文件,结合数据模型定义的数据交换格式一起进行联编,最终生成相应的动态链接库文件和资源文件,如图 2 中的 Pro/E、UG 等即是采用这一方法定制。

4 关键技术

4.1 数据集成

CAx 与 PDM 的数据集成指的是产品数据共享和交换,是过程集成的基础^[5]。CAx 与 PDM 系统之间需要传递的信息种类很多,数据结构比较复杂,因此,在进行 CAx/PDM 数据集成时必须明确需要集成的数据种类和内容,并且为这些数据制定统一的描述标准。

由于 XML 具有良好的结构性和可扩展性,能够很方便地对产品信息进行分层次描述且可以被计算机识别;而且 XML 具有平台无关性和语言无关性,适合分布式异构系统间的数据交换和互操作^[6],因此我们采用 XML 文件作为 CAx/PDM 集成的产品数据交换方式。数据交换的基本过程为:CAx 系统由插件通过二次开发接口提取产品数据,然后按照用户定义的交换文件格式,通过后置 XML 处理器生成 XML 文件,最后调用 PDM 检入服务将其上传至 PDM 服务器中;对于 PDM 系统来说,它通过前置的 XML 处理器对 CAx 系统检入的 XML 文件进行有效性检验,解析出产品信息并显示在界面中。

为了规范 XML 文件格式,以便 XML 处理器检验,我们采用 XML Schema 对交换的产品信息进行建模。XML Schema 是用于描述 XML 文档结构的标准,主要用来对 XML 文档进行合法性校验,下图 3 即为一种采用 XML Schema 描述的 BOM 信息模型,它由基本信息、零件集、子部件集以及文档信息组成。



图 3 采用 XML Schema 描述的 BOM 信息模型

PDM 集成平台提供的数据建模工具提供了图 3 中所示的所有叶子节点元素,如 BOM 的版本号、产品型号以及类型等,这些是与产品数据相关的原子节点。用户可以使用这些原子节点按需组合成最终的 BOM 信息模型,这些数据模型将在过程建模中被引用,并

最终关联到 DPL 中。

4.2 过程集成

CAx/PDM 过程集成包括 PDM 向 CAx 的集成以及 CAx 向 PDM 的集成。前者指的是在 PDM 环境下,用户检出 CAx 文件,从中获取产品设计信息、工艺信息以及制造信息,对这些信息修改后检入到 PDM 服务器中。后者则是在 CAx 环境下,用户直接登陆 PDM 系统,检出文件,修改属性,最后检入文件。

传统的 CAx/PDM 集成方法中,业务逻辑与源代码关联紧密,业务的更改往往导致大量代码的修改。为了降低业务逻辑与实现代码的耦合度,本文采用如图 4 所示的基于模型驱动的 CAx/PDM 过程集成方法。

图 4 中,业务过程模型是图形化的 CAx 与 PDM 双向集成过程表达。模型驱动的 CAx/PDM 集成系统设计采用 UML 作为建模语言,在实际建模过程中,以 UML 语义为基础,根据企业 CAx/PDM 集成特点,加入领域约束,采用 UML 中的构造型(Stereotype)、标记值(Tagged Value)和约束(Constraint)机制来扩展 UML 基本元素。

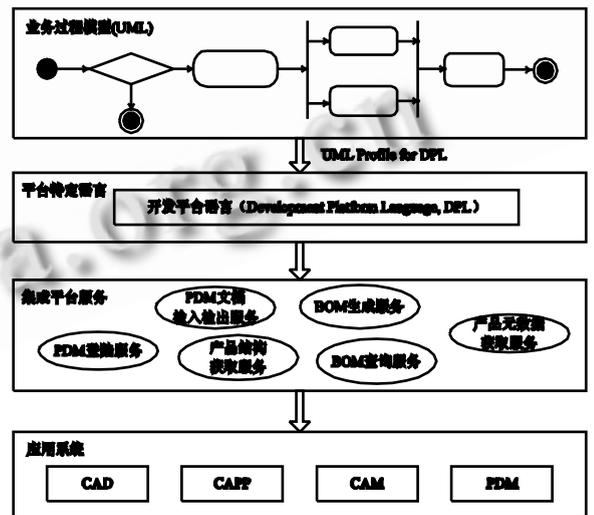


图 4 基于模型驱动的 CAx/PDM 过程集成

在系统设计阶段,采用 UML 建立的过程模型(用例图、活动图、类图等)与实现平台无关。在详细设计阶段,需要将平台无关模型转换成平台相关模型——与 DPL 相关的模型,直至可运行代码——DPL。DPL 是一种类似于 C++ 的面向对象动态脚本语言,提供了大量与集成相关的对象、数据结构及数据类型,可在

开发或运行环境下定制业务流程和操作界面。本文采用 UML Profile 机制来实现模型转换和代码生成。UML Profile 是 UML 的一种扩展方法,可以为特定领域或实现平台定义和扩展 UML 基本元素。在该集成平台中,我们定义了 UML Profile for DPL,用来将 UML 过程模型转换为 DPL 框架代码。UML Profile for DPL 定义了 DPL 核心构造型以及集成构造型,如 DPL 语句对象(kmdpl_Obj)、DPL 语句执行状态(kmdpl_ExecStatus)、产品信息交换格式(kmdpl_XSD)。图 5 为使用 UML Profile 对 BOM 信息获取进行 DPL 描述。图中表示构造一条 DPL 语句,其构造函数接受表一个命令字符串(获取 BOM),用户执行 Execute 方法,该方法解析命令字符串,获取 CAD 文件以及产品数据交换格式(XML Schema)信息,然后调用实际的 BOM 信息获取函数。

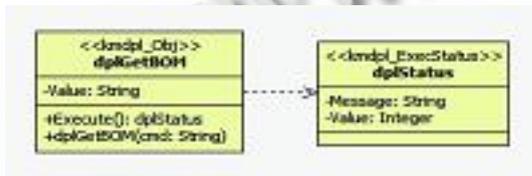


图 5 采用 UML Profile for DPL 描述 BOM 信息获取

DPL 调用集成平台服务提供的集成相关服务,包括原子服务和基本业务服务。其中,采用 DPL 接口形式的原子服务直接封装 CAx 和 PDM 的基本功能,并通过组合形成基本业务服务。开发者使用编程工具和平台开发工具,使其支持更多的 CAx 和 PDM 系统。

4.3 界面集成

CAx 与 PDM 的集成必然涉及到界面的交互和集成,主要包括以下几个方面^[7]。(1)PDM 系统能够识别 CAx 文件并启动相应的 CAx 系统操作该文件;(2)CAx 可以通过菜单、对话框等调用 PDM 功能;(3)在 PDM 系统中显示产品结构信息,浏览、批注和审核 CAx 文件。

CAx/PDM 的界面集成要求对 CAx 和 PDM 进行界面定制,方法是采用二次开发接口,将菜单、对话框及工具条等界面元素嵌入到宿主系统中。然而各个系统界面定制机制不同,对界面元素描述方法也不同。当业务变化时,各系统界面同步更新较为困难。

本文提出了一种统一的界面描述模型开发方法,可以较好地解决上述问题。其核心思想是采用一种与具体应用无关的界面描述形式对界面定制需

求进行建模,然后通过转换工具将界面无关模型转换成系统相关模型,最后在编程工具环境下完成界面功能开发。图 6 是基于统一界面描述模型定制界面过程。

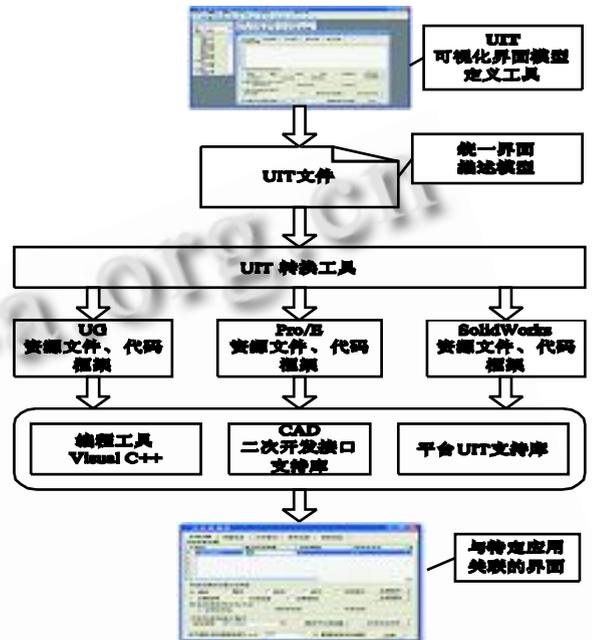


图 6 基于统一界面描述模型的 CAx/PDM 界面定制过程

统一界面描述模型采用开目自主研发的一种脚本语言类型的用户界面模版(User Interface Template, UIT)来描述,UIT 由三部分组成:对象标识部分、对象属性部分和对象事件处理部分。对象标识部分用于标识唯一对象;对象属性部分描述了对象外形、数据绑定等情况;对象事件的部分由事件和处理方式两部分组成。UIT 转换工具负责将 UIT 转换成特定应用的资源文件并生成框架代码。以 UG 为例,UIT 转换工具加载 UG 转换模块,逐行读取 UIT 文件,识别各个界面元素类型,获取其名称和位置等属性,然后按照 UG 界面定制规范生成 men 文件,同时,生成插件 DLL 对应的 VC 工程文件、源代码文件(包含菜单信息数组以及菜单项响应函数框架)。

插件框架代码生成之后,用户使用编程工具完成插件的开发。若应用系统原生支持集成平台,则可直接运行 UIT 来创建界面(图中未显示)。另外,平台开发人员通过开发新的转换模块支持更多的 CAx 软件。

5 结语

基于本文所述的基本原理,初步开发出 PDM 集成平台,已实现开目 PDM 与各主流三维 CAD 的集成。其中,开目 PDM 全面支持 DPL 和 UIT 语言模型以及 DPL 开发环境,用户可以直接采用 DPL 和 UIT 对开目 PDM 进行重构,并辅助开发定制 CAD 插件,以完成开目 PDM 与常用三维 CAD 的异构集成。

在企业业务多变环境下,传统的基于接口和组件的 CAX/PDM 集成开发模式因其业务和接口耦合较为紧密,在系统重构时往往涉及到大量与业务相关代码的修改,开发成本较高、实施周期较长。针对这一问题,本文提出了基于模型驱动、面向业务的 PDM 集成平台驱动方法,通过可视化建模方式建立业务过程、数据和界面模型,同时采用平台语言——DPL 衔接各种模型与应用系统接口,最终驱动集成系统重构。本文提出的集成技术已应用在开目 PDM 与 CAD 的集成中,能有效地降低开发成本、加快实施进度。

参考文献

- 1 许春刚,陈蔚芳,王宁生.基于 PDM 的 CAPP 系统集成技术的研究与实现.组合机床与自动化加工,2001,1: 42-44.
- 2 董建华,孙伟,刘晓冰,将平,韩永生.CAD/PDM 信息集成研究.机械科学与技术,2001,20(2):288-290.
- 3 易铭.基于 PDM 的 CAX 异构系统柔性集成研究与实现[硕士学位论文].武汉:华中科技大学,2004.
- 4 Siegel J. The OMG staff strategy group. Developing in OMG's Model-Driven Architecture, 2001.
- 5 林宋.信息化制造中的信息理论与集成方法研究[博士学位论文].武汉:华中科技大学,2005.
- 6 苟凌怡,熊光楞,谢金崇,柴旭东.基于 XML 的产品信息集成关键技术研究.计算机辅助设计与图形学报,2002,14(2):105-110.
- 7 Oh YC, Han SH, Suh H. Mapping product structures between CAD and PDM systems using UML. Computer-Aided Design, Elsevier, 2001.521-529.