

# 产品开发过程管理系统

胡锦敏 张申生 曹健 黄越

(上海交通大学计算机集成技术开放实验室 上海 200030)

**摘要** 分析了 PDM 系统对产品开发过程管理的基本功能和不足,提出了一种集成产品数据管理和开发过程管理的工作流管理系统。提出了一种以过程活动为核心,集成了产品结构、组织、资源、成本和时间等视图的集成化产品开发过程模型。针对此模型,设计并实现了一个集成工作流建模、工作流执行和产品数据管理的产品开发过程管理系统。

**关键词** 产品开发过程,过程管理,工作流,产品数据管理,并行工程

## 0 引言

一般的 PDM 软件对产品数据有强大的管理功能,基本上可以支持多功能开发团队实现产品的并行设计。但是要对产品的开发的全周期进行管理以支持集成化产品开发与设计(IPPD)的工作方式,PDM 系统(特别是部门级 PDM 系统)存在着一些局限。当设计任务与具体产品数据(图形数据)本身关系不大时,PDM 对这些任务及其结果的管理是很弱的。例如,要使 PDM 系统与 ISO9000 等设计规范文档的结合,并通过对设计过程的管理来保证产品的设计质量是具有一定的难度。考虑到 PDM 系统对产品并行设计管理的支持的优缺点,本文提出了集成 PDM 系统并支持设计过程和设计文档管理的工作流管理系统。目的是把 PDM 的已有的强大的产品数据管理功能和工作流系统的强大的过程管理和控制功能、对设计文档、设计资源、设计人员等管理功能有机地结合起来实现产品并行设计的管理。

## 1 PDM 系统的基本功能与特点

PDM 是一门用来管理所有与产品相关信息(包括零件信息,配置,文档,CAD 文件,结构,权限信息等)和所有与产品开发相关的过程(包括过程定义和管理)的技术。PDM 的重要特点就是以产品数据为核心,能很好地通过产品数据管理实现 CAX 软件的协同<sup>[1]</sup>。产品数据在 PDM 系统往往以产品结构树的形式体现出来。通过产品结构树能有效地管理和处理产品数据中的零部件之间的关系。CAX 软件

通过接口能方便地对产品结构树中的数据进行读写。同时,PDM 对产品开发过程中的角色及其权限有相应的管理功能。对于每一零部件的设计有一相应的设计流程,而与此设计过程相关的文档也可以和这一零部件关联起来<sup>[2]</sup>(如 Pro/ Intranlink 中可以把与此零部件相关的所有信息都放在同一 Folder 下)。

针对每一零部件的设计,企业会定义一个相应的设计流程,而不同的零部件可以对应不同的流程。可以创建不同的流程模板供设计零部件时去选择。一个流程模板的例子如图 1 所示。显然,对于零部件设计流程中的每一步,也就是每一个活动(任务),除了对产品数据本身进行操作以外还会产生相应的文档数据。

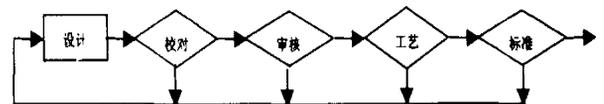


图 1 零部件设计流程

一般的 PDM 软件系统都能根据产品数据(产品结构树)来获取到所有与产品开发活动相关的信息,这是 PDM 的优点,另外 PDM 还能很好地与相应的 CAX 软件集成,如 Pro/ Intranlink 就很方便地与 ProE 集成。PDM 软件系统的不足之处是对项目管理的能力较弱,对产品开发全过程的管理和控制较弱,对多个项目的管理和协调弱,对设计活动与产品数据以外的其他资源的管理较弱。这些特点是因为 PDM 的出发点和归宿都是产品数据的管理而不是项目的管理。

863 计划(863-511-930-006)、国家自然科学基金(59789502)及上海科技发展基金(98XD14009)资助项目。  
男,1972 年生,博士;研究方向:工作流技术,企业敏捷化信息系统;联系人。  
(收稿日期:2000-06-20)

## 2 集成化产品开发 workflow 模型

产品开发过程除了反映设计活动的任务和设计活动之间的先后关系和依赖关系,也就是设计过程本身外,还应反映了设计过程与产品,与组织团队与资源及设计成本等关系。图 2 所示的产品开发过程 workflow 模型是以过程活动为核心的集成化多视图模型。该模型除了建立了活动之间的关系以外还建立了活动与产品结构树、活动与角色、角色与人员、人员与组织、角色人员与团队等关系。该模型是典型的产品开发 workflow 模型,这里称为 P-PROCT 模型。集成的视图包括:过程视图(P)、产品视图(P)、资源视图(R)、组织视图(O)、成本视图(C)、时间视图(T)。该模型是在原 863/CIMS 中的并行工程研究中提出的 P-PORF<sup>[3]</sup>模型中修改和扩充得到的。P-PROCT 模型更切合产品开发的 IPPD 模式,也是在 WfMC<sup>[4]</sup>定义的工作流元模型中扩展出来的。

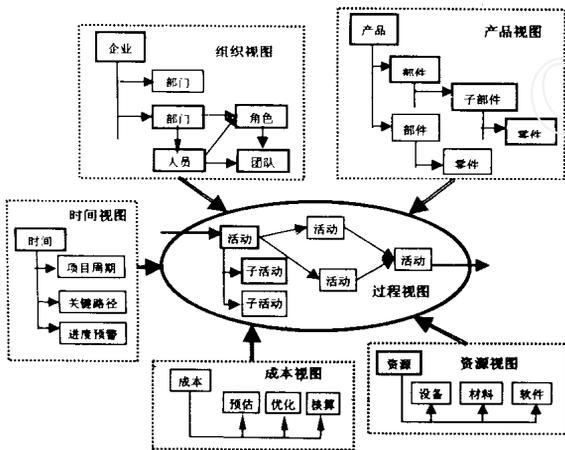


图 2 产品开发过程 workflow 模型

从图 2 中可以看出,过程视图,也就是设计过程视图,由设计活动组成,它描述了活动的横向关系和纵向关系,横向关系是活动执行顺序的关系(包括并行关系),而纵向关系是活动的层次关系是活动之间的父子关系。产品视图是以产品结构树的形式体现出来的,反映了产品及零部件关系。组织视图是以组织结构树的形式出现的,而组织结构树中的叶子节点就是人员,它属于某个部门;角色是组织(部门)和人员的角色集合;团队是一组角色和一组人员及其两者之间的匹配关系的集合。可以形式定义为  $Team ::= \{ R, P, F \}, F \subseteq R \times P$ , 其中  $R$  是角色集、 $P$  是人员集、 $F$  是角色与人员的二元关系集。资源视图是描述设计过程中要使用的各种原料、设备及

软件。成本视图描述了对设计过程的成本预估、成本核算和优化成本,而成本包含了资源的使用、人员的使用等。时间视图反映了项目周期、设计过程的关键路径以及项目进度预警(阶段成果发布时间)等。而所有视图都在过程活动这一核心中得到集成。

## 3 集成 PDM 的产品开发 workflow 管理系统

### 3.1 workflow 管理系统

workflow 管理系统的出发点是产品开发全过程的活动管理和控制,也就是项目管理。因此它可以较好地把活动(任务)、角色、资源(人员和设备)有效地管理起来。同时把与活动相关的信息在活动参与者之间传送,并能对这些文档进行有效地管理<sup>[4]</sup>。因此,相对于 PDM 系统, workflow 系统有更强的过程控制能力和项目管理能力和文档管理能力。另外,从应用软件的角度看, workflow 管理系统是一个集成化的平台,它可以集成许多应用软件(软件工具)以完成 workflow 中每个活动对应的任务。与 PDM 相比, workflow 最不足的地方就是它与产品数据的结合程度很弱。但是,由于 workflow 具有强大的集成性,可以把 PDM 的功能集成到 workflow 系统中来,这样可以实现优势互补。本系统正是基于这一目的出发,以实现产品设计过程管理。

### 3.2 系统结构与与设计

考虑到产品开发过程对设计过程或对产品数据两者的管理缺一不可的需求。必须要把 PDM 系统与 workflow 管理系统集成起来。 workflow 管理系统又可重点分为 workflow 建模和 workflow 执行两大模块。这样系统从功能模块上看也分为三大块: workflow 建模和基本信息管理模块、 workflow 执行和文档管理模块以及产品数据管理模块(PDM 系统),如图 3 所示。

该系统是一个集成三大主要处理系统和三大数据库的集成化系统。其中, workflow 建模系统是图可视化的 workflow 定义工具,负责建立项目的集成化过程模型,也就是 workflow 模型,并管理与项目相关的基本信息,同时提供与第三方建模软件的交互模型的 XML 文档表示的接口。 workflow 定义存放在关系数据库(RDB)中,通过 workflow 建模系统对其进行操作,并可通过 XML 生成器生成其 XML 表示供第三方使用。使用关系数据库来存放 workflow 信息是它更方便查询、操作、和管理,也方便 workflow 执行系统读取。之

所以使用 XML 格式来表示 workflow 定义以实现与第三方交换是因为 XML 是一种结构化信息表示格式和方法,并且是一种标准,具有很大的发展和应用潜力,是其他表示格式无法达到的。另外, workflow 建模系统通过从 PDM 系统封装出来或提供的 API 对产品结构树进行读取,结构树中的节点(零部件)作为 workflow 活动中要完成的设计任务的工作对象,如 Design (Huban. asm) 就是一项任务,它的工作对象就是 Huban. asm。

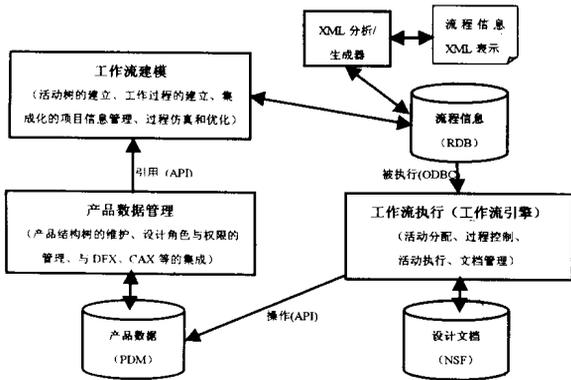


图3 工作流管理系统模块

而产品数据管理模块就是 PDM 系统,它维护产品结构树、对角色和权限进行管理,并与其它 CAX 和 DFX 系统进行集成。可通过一组 API 向外提供操作接口。本系统中的 PDM 系统是 PTC 公司的 Pro/ IntraLink,它是部门级的 PDM 系统,与 workflow 系统的集成显得更为重要。

workflow 执行系统主要包括两部分,核心部分是 workflow 引擎,另一主要部分是个人工作台面。执行系统通过 ODBC 获取 workflow 模型,并由 workflow 引擎去解释,workflow 引擎通过 workflow 定义中的活动执行序关系和当前的状态决定某些活动什么时候该发生,并把该活动要完成的任务分配给适当的人员去完成,每个项目参与者能够在个人工作台面上接收到他的任务,任务完成后提交给 workflow 引擎,由它决定后续活动的发生。活动任务的内容往往就是设计、修改、评审产品结构树中的某个节点,也就是某个零部件。同样可通过 PDM 系统提供的一组 API 实现对产品结构树中的零部件进行操作,而与活动相关的文档信息被存入到 Domino/ Notes 数据库中(NSF 数据库),这些文档信息可以按设计过程活动树和产品结构树进行检索和查阅。

### 3.3 系统的实现

由于该系统的 PDM 系统模块是现成的系统,因此要做的工作是实现或使用一组 API 来访问其

内部功能,由于 Pro/ IntraLink 提供了这样的 API,使得这项工作变得容易。本文的重点是实现 workflow 系统。可分为 workflow 建模和 workflow 执行系统两部分。

workflow 建模系统就是要针对每个产品开发项目来建立其 P-PROCT 模型,并用一定的格式表现出来供 workflow 执行系统执行。在本系统中,workflow 建模是基于对项目活动的纵向分解和建立活动的横向关系来建立产品开发的 P-PROCT 的模型的。活动的纵向分解是从项目任务的分解角度出发的,体现了项目管理的思路。活动的横向关系的建立是建立活动之间执行的次序和因果关系。两方面结合起来并采用自顶向下(Top-Down)和自底向上(Bottom Up)两种方法相结合来完成其模型的建立。模型中的基本单元是集成化的活动,也就是活动对象 Activity,而 P-PROCT 其他视图信息作为 Activity 的属性集成进去。而活动的执行次序关系,可以通过触发活动的触发器 Trigger 来反映。因此活动单元包括了活动集成化信息和触发器,如图 4 所示。例如,如果触发活动 C 发生的活动是活动 A 和活动 B 完成的消息,则活动单元 C 的 Trigger 可以简单表示为“EndOf(A) And EndOf(B)”。该系统还支持更复杂的过程关系表达。这样,产品开发项目的过程信息被结构化地表达并可存到关系数据库中供 workflow 执行系统执行。还可以以 XML 的方式输出供第三方使用。该建模的系统的特点是类似著名的过程建模工具 IDEF3,且有 IDEF3 没有实现的重要功能就是它可供 workflow 系统解释执行。

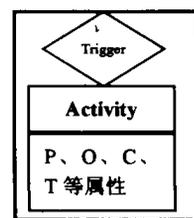


图4 流动单元

该系统中的 workflow 执行系统是在 IBM 的群件系统 Lotus Domino/ Notes 上开发的。作者之所以使用 Domino/ Notes 来实现产品过程管理系统是因为它是一个基于文档的数据库和管理系统,它提供了一种将文档组织起来供一群人使用的方法,对于处理基于文档的信息流转特别方便<sup>[5]</sup>。Notes 应用程序由一个或多个完成同一项目的数据库组成。Notes 数据库是用来管理大量相关信息的文档集合,只要有访问数据库的权限就可以读取数据库并

添加信息。Lotus Notes 应用程序通过帮助你创建、收集、共享和管理各种信息以使业务过程自动化。Notes 可以广泛地传播信息,Notes 应用程序可以从外部信息源上收集信息,并可以将信息存入外部数据库。Domino/Notes 系统也提供了 OLE 和 COM、CORBA 以及 C 接口等技术以集成其他工具和系统。Notes 对文档的强大处理能力,以及对业务流程自动化运行的支持使其成为一种实现工作流应用的理想平台。但 Domino/Notes 中并没有实现 WfMC 定义的工作流参考模型中的工作流定义工具、工作流引擎等功能模块,因而就其本身的功能而言,只能支持基于文档的合作型工作流的运行,对更复杂些的工作流就无能为力了。这样,为了支持对产品开发过程这样的复杂工作流,需要在 Domino/Notes 系统的基础上进行进一步的开发。另外,利用 Domino/Notes 集成其他工具和系统的能力,把 PDM 系统集成也是本文要实现的重要功能。

作者在 Domino 服务器上开发了工作流引擎,负责从关系数据库中读取工作流定义信息并对它进行执行同时响应并处理来自个人工作台的信息。而个人工作台面是参加产品开发的人员的工作台,它是工作人员获取任务和提交任务的地方,它可以在 Note 的客户端实现,也可以在浏览器内实现,它在功能上的需求是集成其他软件工具来辅助工作人员完成相应的任务,如通过 OLE 方法集成文档处理软件如 Word、Excel 等,通过 API 实现对 PDM 系统的操作。任务开始处理和完成的事件以及相关数据(信息)都会提交给工作流引擎进行处理。

工作流的执行过程可以描述如下:当有用户登录进入其工作台面(实际上是根据用户动态生成其台面)。工作流引擎通过一个代理系统从流程信息数据库中取出与该用户有关的并处于 Ready 状态的活动,形成工作任务列表,显示在其个人工作台面上,用户从个人工作台面上得到了他当前需要处理

的工作任务。当用户从中选择一个任务进行相应的处理时,个人工作台面的应用程序会发出消息给工作流引擎,工作流引擎会将相应活动的状态置为 Running。当完成任务并提交时也会发出相应的消息给工作流引擎,工作流引擎接收到消息后,将活动的状态置为 Completed,同时检查流程信息数据库中其他活动的触发条件,若触发条件满足则将其置为 Ready 并将会出现在相映人员的个人工作台面上。

## 4 结论

本文针对产品开发全生命周期管理的需求,为了解决传统 PDM 系统对设计过程管理功能不强的特点提出了一种集成 PDM 的工作流管理系统。该系在集成了 PDM 系对产品数据的强大管理功能基础上,大大加强了对设计过程活动,以及与活动相关的文档信息、资源信息、组织信息、成本信息等的管理,有效地支持了并行工程环境中的 IPPD 的产品开发模式。该系统实现了产品开发过程的建模、执行和管理,很好地支持了产品的并行设计。特别是基于 Domino/Notes 开发的工作流管理系统保证了过程管理的强大功能外还有强大的设计过程文档管理能力,这能很好地支持 ISO9000 文档的管理及标准设计过程的管理以保证产品开发质量。本系统已经在海南新大洲摩托车有限公司的并行工程实施中得到很好的应用,并很好地实现摩托车设计过程的管理。该系统值得在企业并行工程实施工程中推广和应用。

### 参考文献:

- [1] 王建民,孙家广. 电子展望与决策, 1997, (5): 35
- [2] 产品数据管理(PDM)技术,软件产品及应用实例. 北京: 北京先进性集成制造技术咨询中心, 1997
- [3] 刘敬军,张申生,全春来等. 计算机工程, 1997, 23(特刊): 327
- [4] Workflow Management Coalition. Workflow Reference Model. <http://www.wfmc.com>, 1998
- [5] Lotus Domino Designer (Release 5). Lotus Development Corporation, an IBM subsidiary. 1999

## Product Develop Process Management System

Hu Jinmin, Zhang Shensheng, Cao Jian, Huang Yue  
(CIT Laboratory, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030)

### Abstract

The functions and imperfection of the PDM (Product Data Management) system are analysed and a workflow management system is provided, which integrates the PDM and process management for the product development. An integrated process model is presented, which is based on activities of the process and integrated with the multi views including product structure, organization, resource, cost and time. Based on this model, design and implementation of this product developing management system, which contains workflow modeling module, workflow enactment module and PDM system, are presented.

**Key words:** Product developing process, Process management, Workflow, Product data management, Concurrent engineering