基于工作流的复杂系统虚拟样机项目管理系统

刘 丽 毛 菲

(北京航空航天大学 自动化科学与电气工程学院，北京 100083)

摘 要：复杂系统虚拟样机是一个协同工作过程，为了对其业务过程和业务数据进行有效管理、改善虚拟样机效率，建立了一个基于工作流的项目管理系统.该系统具有系统管理、项目管理、工作流管理、文档管理、消息管理和信息交互管理等功能.介绍了其层次化、模块化的项目管理系统体系结构，重点介绍了工作流管理系统的体系结构，其模型组成元素和多实例化、流程的动态创建及修改等建模机制，以及工作流运转机制，并给出了该项目管理系统在某虚拟样机开发平台中的应用实例.

关 键 词：项目管理；工作流；虚拟样机；协同工作；体系结构

中图分类号：TP 391.9

文献标识码：A **文 章 编 号**：1001-5965(2007)05-0585-05

Workflow-based project management system for complex software prototyping

Liu Li Mao Fei

(School of Automation Science and Electrical Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: Modeling and simulation for a complex software prototyping system were computer supported cooperative work process. To effectively manage its business process and data and thus improve the efficiency of the whole system's work, a workflow-based project management system was proposed. It was comprised by system management, project management, workflow management, document management, message management and information management. The hierarchical and modularized architecture and the components of this system were illuminated. Particularly, the workflow architecture, workflow modeling and running were thoroughly explained. The elements of the model and modeling mechanism included multi-instantiation, dynamic creating and revising of the workflow. Finally, the application of the project management to a virtual prototyping system for a weapon developing platform was introduced.

Key words: project management; workflow; software prototying; cooperative work; architecture

虚拟样机技术是一种崭新的复杂产品数字化设计方法，它是以对象模型为核心，利用多领域建模工具和仿真技术，在协同建模/仿真支撑环境下，对虚拟产品进行设计，并进行性能分析与仿真评估.支持并行工程的复杂虚拟样机系统是一个异构、分布、松耦合型的计算环境，传统的项目管理模型已经难以适应这种应用环境.为了提高虚拟样机设计过程效率、缩短产品开发周期、改善虚拟产品质量，支持协同设计的项目管理系统成为复杂虚拟样机的重要组成部分.

利用工作流技术，可以描述一个分布异地的多个集成化产品开发团队的动态协同设计过程并进行控制，实现对虚拟样机协同设计过程全生命周期的管理.此外还可以对开发过程进行仿真评估，使流程设计达到最优，进一步缩短开发时间，降低开发成本.

本文根据复杂产品虚拟样机系统对管理功能的需求，介绍了项目管理系统的体系结构及各部

收稿日期：2006-05-31

作者简介：刘 丽(1968-)，女，黑龙江哈尔滨人，副教授，liulibh@163.com.

分功能,并重点对工作流管理技术进行了研究.

1 项目管理系统体系结构

复杂系统虚拟样机项目管理系统具有层次化、模块化的体系结构[1],如图1示.其4层结构分别是:数据库/网络层、访问控制层、功能层和用户界面层.

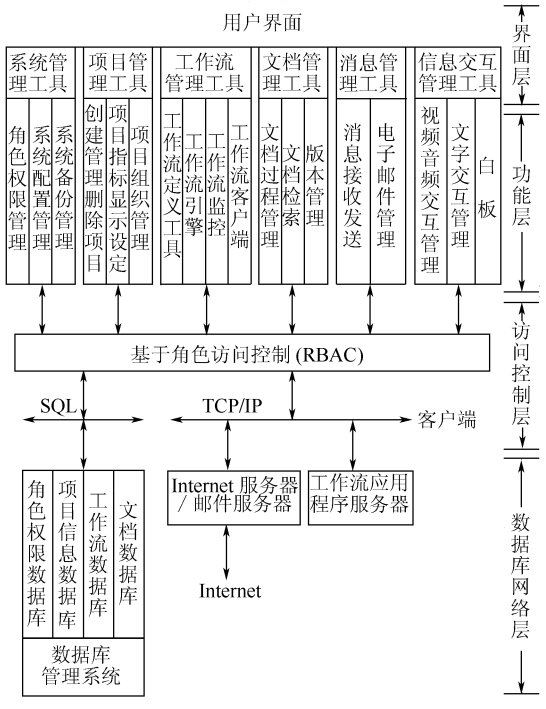


图1 复杂系统虚拟样机项目管理系统体系结构

1.1 数据库/网络层

它是整个系统的物理支撑层.其中数据库管理系统负责存储项目管理系统各种数据,包括系统管理相关数据、项目相关数据、工作流相关数据(工作流模型信息、实例化信息)及各种文档数据、消息数据和历史记录数据.Internet服务器/邮件服务器实现用户对系统的远程管理和邮件管理.工作流应用程序服务器提供工作流实例可能调用的外部程序,实现工作流管理系统应用程序调用功能.此外还依靠网络技术实现不同用户之间的消息传递和视频及文字化的交互.

1.2 访问控制层

作为多用户的虚拟样机支撑平台,为了保证系统及数据的安全性,需要实现系统的访问控制管理.基于角色访问控制[2],将访问权限与角色相关联,再将角色与用户相关联,从而实现了用户与访问权限的逻辑分离,极大地方便了权限管理,为管理系统实现了安全灵活的访问控制.

根据项目管理系统的全部资源建立相应的访问权限,根据虚拟样机参与人员情况设定所需要的角色类型,同时为其分配相应的权限.此外,不同角色之间支持继承关系,支持静态职责分离和动态职责分离.

1.3 功能层

功能层实现项目管理系统的各项管理功能.

系统管理:提供给系统管理员,实现建立系统,进行系统配置以及实现运行过程中的状态监控、系统日常管理和维护的功能,为其它用户提供不同的功能配置服务.具体包括:创建、修改、删除系统基础权限、角色,为角色分配权限,角色间关系变更等;配置底层技术支持层的管理工具,并为不同的角色集和不同的用户配置不同的系统功能;浏览产品开发过程、备份项目当前进度下的开发成果.

项目管理:是对项目整体框架和其基本信息的管理,而项目所属的各种任务过程管理将由工作流管理完成.其主要功能包括:创建、管理和删除项目过程;显示和设定项目的各种性能指标和要求,显示项目中所有工作任务的完成状态信息和登录用户的任务列表;管理项目研制组织.

工作流管理:是项目管理系统的核心,完成对项目任务过程的描述与运行管理功能,主要包括工作流定义、工作流引擎、工作流监控和客户端工具等组成部分.

文档管理:实现在虚拟样机集成开发环境中的不同设计人员间的文档信息交互,进行无缝协同工作.其主要功能包括:文档的过程管理、文档检索/查阅、文档归档和文档版本管理.

消息管理:工作流管理的外部支撑系统,它保证工作流系统中各种消息的正常传递,包括电子邮件管理和消息传递管理等功能,支持查询用户登录状态,发送、显示邮件和消息.

信息交互管理:虚拟样机作为一个协同开发环境,必须具有一套信息交互系统,实现开发人员之间及时快速的交流和反馈,有利于提高整个开发工作的效率.主要包括:提供视频会议功能,文字化交互及白板.

1.4 界面层

界面层提供项目管理系统全部功能的工具.项目管理系统作为虚拟样机的一部分,其用户界面需要和模型开发/集成系统和仿真评估系统进行集成,为用户提供友好、易用、高效的接口界面.

2 工作流管理系统体系结构

工作流管理系统(WFMS,Workflow Management System)是整个项目管理系统的核心,

它实现了项目流程创建、流程实例化、流程运行控制以及流程仿真/评估等功能. 工作流管理系统结构如图 2.

图形化建模工具提供流程创建功能. 流程的创建首先需要对项目进行分解,这包括面向参与协同开发过程的某一协作群体的粗粒度划分和面向具体开发人员的细粒度划分. 依据项目具体工作内容和人员要求,将项目分解为不同的任务和活动组合,组合中含有依赖、包含等各种逻辑关系.

模型结构化分析工具对图形化流程进行解析和语法检查,然后将解析后的数据存入流程数据库.

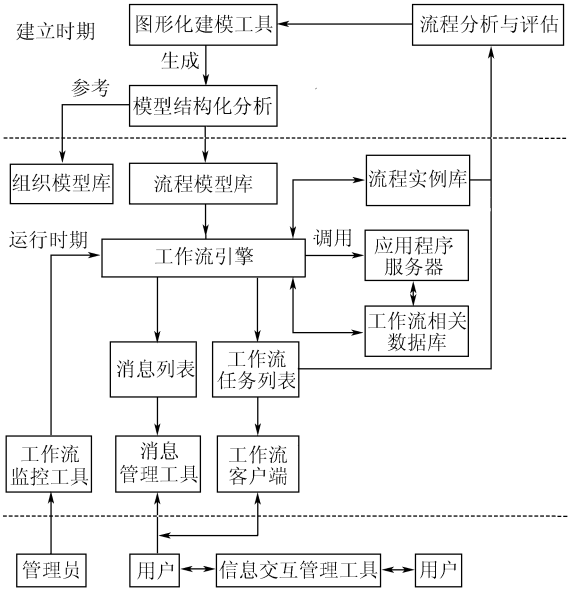


图 2　工作流管理系统体系结构图

工作流引擎对流程的运转进行控制,处理各种工作流数据和信息,调用外部应用程序. 管理员通过监控工具对工作流运行过程进行监视和管理. 用户通过消息管理接收消息并通过工作流客户端获得自己的任务,同时依靠信息交互工具实现用户间的协同设计开发.

流程分析与评估是对流程仿真运行后的各种数据信息(包括开发周期、开发成本等)进行统计分析,以实现流程的最优设计.

工作流模型决定了工作流管理系统是否可以描述各种复杂业务过程,而工作流引擎则决定了业务流程运转的效率与稳定性,它们对整个虚拟样机的业务过程管理起到了关键作用. 本文将重点讨论工作流管理系统的这 2 个组成部分.

3　工作流模型组成和建模机制

传统的工作流模型存在描述能力不足和缺乏柔性等缺点,为了满足虚拟样机的协同设计要求,本文扩展了活动网络模型,增加了协同活动节点,并增加了建模机制,提高了工作流模型对各种复杂业务过程的适用性.

3.1　工作流模型组成

基于活动网络图的工作流建模元素分 2 类,即活动节点和连接弧. 表 1 给出了工作流模型元素的图形表示形式及其含义.

表 1　工作流模型元素

名称	符号	含义
开始节点		流程的入口
结束节点	Q	流程的出口
普通节点	G	可直接由 WFMS 执行的基本实体,代表必须由相应人员参与完成的任务活动
子流程节点		代表着另一个工作流过程
哑活动节点		不处理实际业务,用于复杂业务过程
应用程序节点		自动调用外部应用程序
协同活动节点		多个人员协同工作的活动任务
与汇聚节点	A	所有汇合分支都为真时后续节点执行
与分支节点	A	可以分出 2 个或 2 个以上的并行分支
或汇聚节点		汇合分支中有一个为真时,后续节点执行
或分支节点		分出 2 个或 2 个以上的条件分支
普通连接弧		连接 2 个节点,表示控制/数据流的方向
条件连接弧		当前节点执行完毕,WFMS 根据其执行结果,确定后续执行节点并传递数据

协同活动节点是本文根据协同活动模型理论[3]增加的,其工作原理如下:

1) 每个协同设计过程都被分配一个组织实体(负责人)对协同过程进行管理. 协同活动开始后,负责人首先要接收并确认活动内容和最终业务数据,然后根据参与协同人员情况分配任务,建立协同子活动、用户活动及其执行规则、交错规则等.

2) 用户活动依据执行规则和交错规则执行. 每个用户活动拥有自己的私有工作空间,并通过公共活动数据区共享公共数据. 协同活动模型规定了导入(源活动)、委派(目标活动)、保存 3 种数据交换机制.

3) 用户活动可根据规则进行合并,这主要指数据的合并,即把各个用户分散处理的不同阶段

的各种数据合并为可提交的最终业务数据.当所有活动按照规则执行完毕后,负责人对结果进行审核,如果达到要求则提交任务,协同活动结束,否则重新进行协同活动.

3.2 工作流建模机制

为了使工作流模型具有更强的描述能力和柔性,在计算机支持的协同设计过程的需求和协调理论思想的指导下,本文在活动属性及活动关系上又增加了以下工作流建模机制:

1)子流程的动态创建:由于协同设计过程具有群体性、层次性以及动态性的特点,在流程建立时期,创建者不一定清楚所有层级中各子部门的工作内容.在流程运行时期,需根据当时的任务进度、在线人数等各种条件动态地进行任务的分配与修改.因此,子流程的动态建立功能就显得尤为重要.

2)活动的多实例化[4]属性:允许活动一次触发的多实例同时执行.包括多实例化条件和多实例化参与者集合.

3)动态修改机制:允许流程运行时期对活动和条件连接弧的条件设置进行修改,以适应不同的运行环境.

3.3 过程建模实例

图3给出了采用此工作流模型所建立的某复杂武器系统虚拟样机协同设计业务流程.该流程包含了总体方案设计、各分系统的初步设计、各系统协同优化设计以及仿真和性能评估等一系列步骤,是一个反复设计与修改的过程.它具有以下特点:

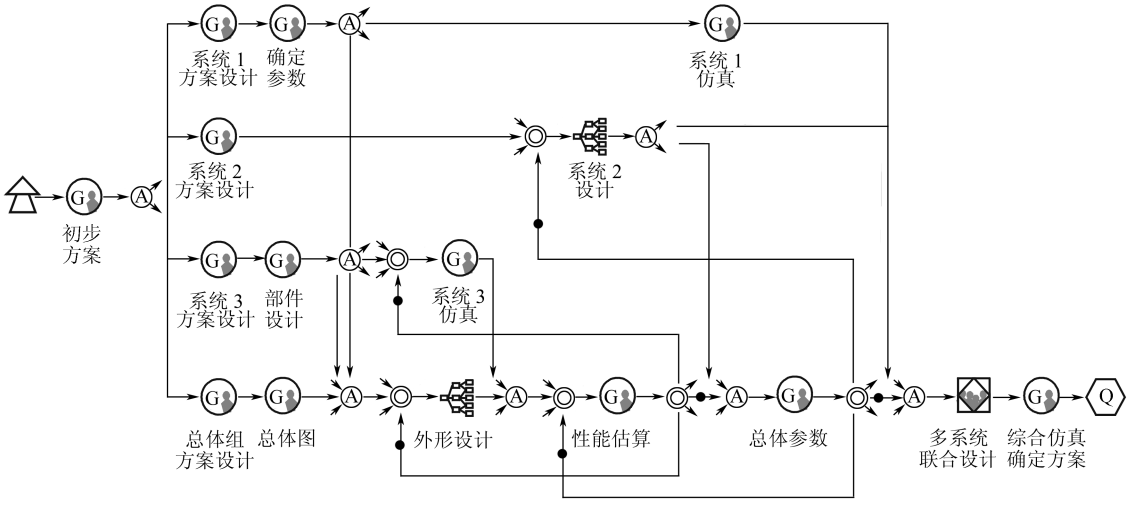


图3 某复杂系统虚拟样机总体设计业务流程图

1)支持协同设计过程.图3中的多系统联合设计节点是各分系统的协同设计过程.协同活动负责人在运行时期建立每个协同子活动和用户活动以及它们的运行规则,并集成各子活动的输出数据进行评估.本质上是把协同设计过程的建模任务从流程制定者转移给流程参与者,既避免了流程制定者对复杂具体任务活动的接触,也使得协同设计过程更加符合运行时期的环境和设计需求.

2)支持对子流程的动态建立与修改,模型具有很强的适应性.如系统2设计节点的主要任务是建立武器装备控制系统模型并确定控制系统参数,其子过程如图4.如果控制系统的指标要求发生改变,就可根据要求修改局部活动的控制参数,或者更换控制律,重新建立过程模型.通过采用条件连接弧的条件动态设定机制允许对逻辑语句进行动态修改,以应对各种非预期的条件变化,从而提高了过程模型的柔性.

3)活动的多实例化使过程建模得到简化.图3中系统1方案设计等节点是各个分系统参与人员制订设计方案的活动.由于参与设计人员众多,甚至流程的制定者都不清楚有多少人参与,若依靠传统的建模方法很难实现这个过程.而采用文中提出的活动多实例化,可在运行时根据子系统负责人制订的任务分配,自动为每一个参与者都

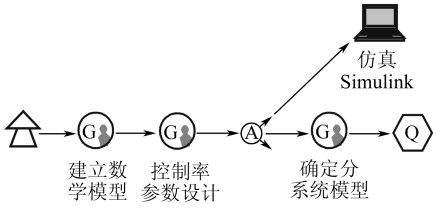


图4 控制分系统设计子过程

型的理解.

4　工作流运转机制

工作流引擎为工作流实例提供运行时的执行环境,它解释过程定义,控制工作流实例的运行,根据工作流的定义和状态导航工作流,分派各种角色,维护工作流的控制数据及调用各种应用程序等.图 5 表示了工作流引擎的主要运行过程.

工作流引擎主要包含 2 部分,即引擎调度器和任务管理器.引擎调度器负责流程级别的运转控制.当一个流程被启动后,引擎首先要从流程模型库中读取流程信息并进行解析,然后加载到本地,接着将实例信息、相关数据等添加到实例数据库和工作流相关数据库.此外当程序启动时,也需要相应的初始化工作,如建立引擎对象,获取运行中的工作流并加载相关信息等.在各种准备工作就绪后,引擎开始对所有流程实例进行轮询,即首先更新流程及其所属活动状态信息,然后根据定义的规则对其进行状态控制和流程的导航,将后续活动 ID 发送到任务管理器后开始新的轮询.当一个流程实例的所有活动执行完毕后,结束此流程实例,然后做相应的数据记录和清理工作.

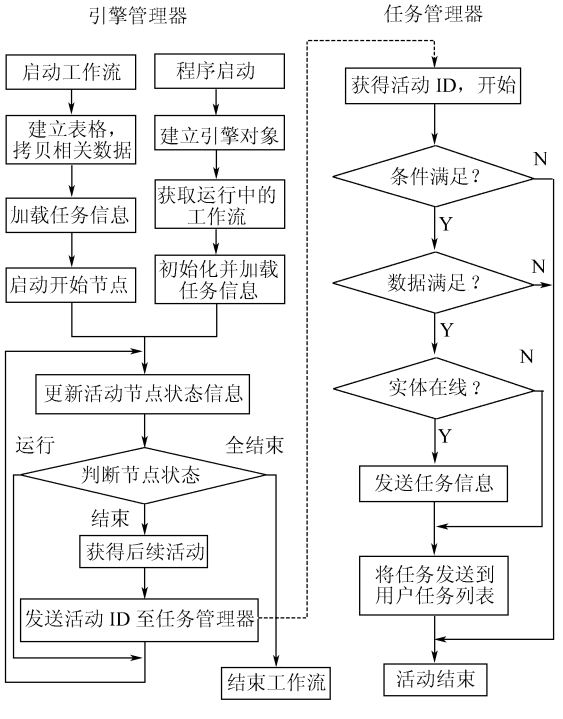


图 5　工作流引擎运行原理

任务管理器主要负责活动级别的控制管理工作.在获得后续活动 ID 后,首先更新活动信息,然后根据各种条件信息、时间信息、参与实体信息和数据信息对活动状态进行控制,进行状态转换.如果活动是新启动节点,则向其执行实体发送消息并将任务信息发送至实体任务列表.

5　结 束 语

复杂系统虚拟样机项目管理系统实现了对虚拟样机系统业务过程的图形化建模,以及对其业务过程、组织人员、业务数据的全面管理和对虚拟产品设计的全生命周期管理,对改善虚拟样机工作效率、提高工作质量、简化工作程序起到了重要的作用.本文首先就虚拟样机管理系统的组成结构和工作原理做了说明,随后对工作流管理系统的建模和运行机制进行了较为详细的讨论.值得注意的是,文档管理、消息管理等其它部分为整个项目管理系统提供着必不可少的支撑功能,其重要性不能忽视.此项目管理系统在某复杂武器系统虚拟样机开发平台中的应用取得了较好的效果,实现了对虚拟样机业务过程的有效管理.

参考文献(References)

[1] 李妮,刘杰,蔡志浩,等. 复杂系统虚拟样机协同建模/仿真支撑平台[J]. 计算机集成制造系统,2004,10(10):1207-1211
Li Ni,Liu Jie,Cai Zhihao,et al. Collaborative modeling/simulation supporting platform for complex system virtual prototype [J]. Computer Integrated Manufacture System,2004,10(10):1207-1211(in Chinese)

[2] Sandhu R, Coyne E, Feinstein H. Role-based access control models[J]. IEEE Computer,1996,29(2):38-47

[3] Rusinkiewicz M, Klas W, Tesch T, et al. Towards a cooperative transaction model: the cooperative activity model [C]// Proceedings of the 21th VLDB Conference. Zurich, Switzerland:[s. n.],1995: 194-205

[4] 范玉顺,吴澄. 一种提高系统柔性的工作流建模方法研究[J]. 软件学报,2002,13(4):833-839
Fan Yushun,Wu Cheng. Research on a workflow modeling method to improve system flexibility [J]. Journal of Software,2002,13(4):833-839(in Chinese)

(责任编辑:卢　硕)