

基于工作流的管理系统以及在桨叶设计中的应用

柏 磊,张丽艳,张 臣,杨建灵
(南京航空航天大学 机电学院,江苏 南京 210016)

摘 要:为了解决直升机旋翼桨叶数字化设计过程中部门及学科工具分散与数据管理困难等问题,设计了一种基于产品数字化设计的工作流管理系统。首先,系统根据桨叶数字化设计过程中的学科因素划分任务,建立工作流模型;然后,在流程的运行过程中,利用工作流引擎处理节点之间的调度与迁移;最后,完成桨叶的数字化设计。实际应用表明,该系统能够有效地解决桨叶数字化设计过程中出现的问题。并且,基于工作流的管理系统还具有代码简洁、逻辑结构清晰和扩展性强等优点。

关键词:旋翼桨叶;数字化设计;工作流;管理系统;工作流引擎

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)05-0175-04

Workflow-Based Management System and Its Application in Rotor Blade Design

BAI Lei, ZHANG Li-yan, ZHANG Chen, YANG Jian-ling

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics
and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: To solve the decentralization of departments and subjects, difficulty of data management and many other problems in the process of helicopter rotor blade digital design, a workflow management system is put forward based on the product digital design. First, this system divides tasks on the basis of subject factor in the process of digital design, and constructs the workflow model; then, it uses the workflow engine to deal with the node scheduling; last, it finishes the rotor blade digital design. Practical application shows that this system can solve the problems appeared in the rotor blade digital design effectively. Especially, workflow-based management system has the advantages of concise code, clear logic structure and strong extensibility.

Key words: rotor blade; digital design; workflow; management system; workflow engine

0 引 言

作为直升机的一个核心部分,旋翼桨叶的数字化设计过程涉及的学科领域非常广,包括气动、结构、强度、动力学等^[1]。因而在桨叶数字化设计过程中,不可避免地出现了部门及学科工具分散与数据管理困难等问题,并导致设计过程中部门之间合作协调性差与数据传输效率低下。

为了解决上述桨叶设计过程中出现的问题,一种可行的方法就是采用管理系统对其设计过程进行管理,而工作流技术^[2-4]作为管理系统研究领域的一个热门研究方向,国内外学者对其进行了大量研究,如对工作流建模方法^[5,6]、引擎结构设计^[7,8]和工作流调度

算法^[9]的研究等。除此之外也开发出了一些产品应用到了工程应用当中,如 Geppert 等^[10]提出了支持分布式工作流的模型以及它的实现平台 EVE; TingCai 等^[11]开发了基于可以代理的工作流系统 DartFlow;赵海等^[12]设计的基于 Web 的工作流管理系统 WebWFS 等等。

但是如今工作流管理系统的研发大多集中于企业办公自动化(OA)方面,还缺乏面向产品数字化设计方面的研究与开发。因此,为了有效地管理桨叶的数字化设计过程,较好地解决设计过程中出现的问题,文中设计了一款基于工作流技术的管理系统,该系统提供了一种基于工作流技术的桨叶数字化设计过程建模、运行和控制的完整机制。

1 系统结构

系统体系结构如图 1 所示:采用 B/S (Browser/Server, 浏览器/服务器)三层结构模式,即界面表示层、

收稿日期:2010-09-07;修回日期:2010-12-25

基金项目:江苏省自然科学基金(BK2009382)

作者简介:柏 磊(1986-),男,江苏南京人,硕士研究生,主要从事 CAD/CAM 方向的研究;张丽艳,教授,博士生导师,主要从事逆向工程、CAD/CAM 以及计算机视觉方向的研究。

业务逻辑层和数据持久层,并以 J2EE 技术加以实现。

(1)界面表示层:各部门设计人员利用浏览器登录系统,继而与系统进行相应的交互。该层包括如流程定义工具、用户工作项工具、流程实例运行管理、监控工具以及其它工作项管理工具等。

(2)业务逻辑层:处于数据层与表示层中间,起到数据交换中承上启下的作用。它是系统的核心部分,流程实例的定义、运行、管理和监控以及应用程序的调用都在这一层完成。

(3)数据持久层:数据持久层的设计目标是为整个系统提供一个高层、统一、安全和并发的数据持久机制。完成对各种数据进行持久化的编程工作,并为系统业务逻辑层提供数据服务。

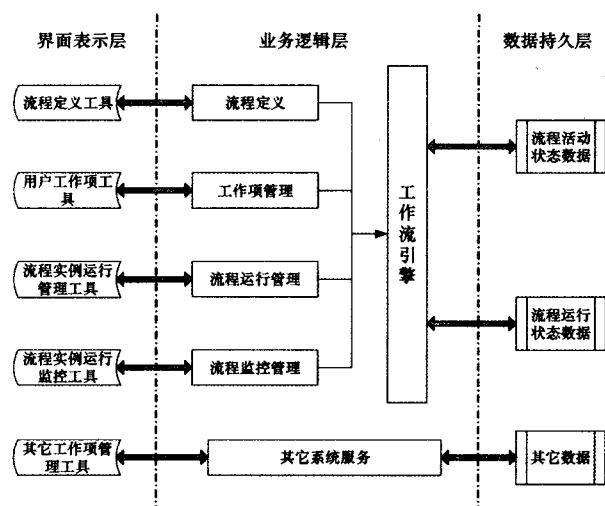


图 1 系统体系结构

2 系统设计要求

桨叶设计是一个复杂的多学科分析仿真过程,在这个多学科综合设计过程中,需要多个学科背景的设计人员使用多种专业软件,共同完成桨叶的系统设计,这就对系统提出了相应的要求。

(1)支持异地协同:考虑桨叶设计过程中存在的学科工具分散的因素,造成设计人员需要协同工作,因此系统应具有分布式体系结构特点,支持设计人员的异地协同工作。

(2)良好的数据管理机制:由于系统需要异地协同工作的原因,不可避免地造成设计过程中数据流通困难,从而使得系统必须具有很好的数据管理机制。

(3)良好的层次性:桨叶设计过程中的某个步骤可能需要多人合作完成,从而要求系统在进行桨叶设计流程建模时,流程中的活动能够进一步分解,建立子流程。

基于此,系统采用了如图 2 所示的硬件拓扑结构。在此结构的基础上,参与桨叶设计的执行人员通过网

络实现互连,从而能够很好地实现异地协同工作;除此之外,系统采用了以数据服务器以及数据库技术为基础的数据管理机制,将生成的数据文件以数据服务器为中转站进行传输,而系统运行过程中产生的其他相关数据信息则采用数据库进行管理,从而能够较好地解决数据的传输与管理问题。

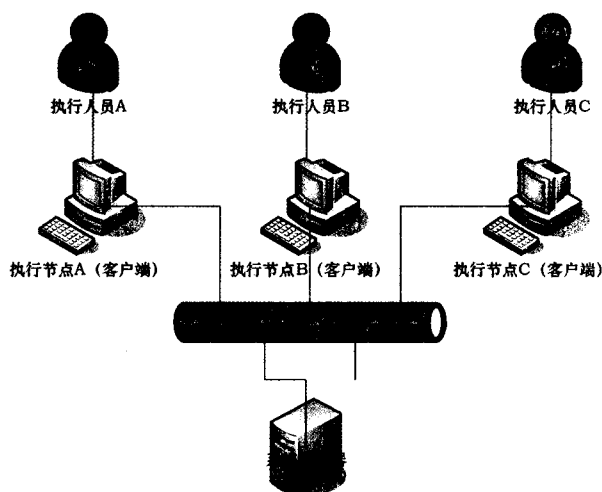


图 2 系统硬件拓扑结构

3 系统实现

3.1 流程实例建模

对象是系统实现中的实体,而流程是 workflow 模型中的基本实例,由对象所组成。因此,为了进行高效的流程实例建模,系统定义了活动和逻辑两种对象,其中活动可分为任务、判断两种节点对象,而逻辑又可分为逻辑或、逻辑与两种节点对象,其实例图形如图 3 所示。

(1)任务节点:任务节点定义了执行人员的操作活动,其实例图形如图 3(a)所示,它定义了与任务相关的所有信息,例如节点名称、执行人员、执行内容、执行方式、输入输出文件、当前节点状态以及审核结果等。

(2)判断节点:判断节点主要用来审核阶段性设计结果是否符合产品设计要求,其实例图形如图 3(b)所示,它定义了如节点名称、执行人员、审核内容、当前节点状态以及审核结果等信息。

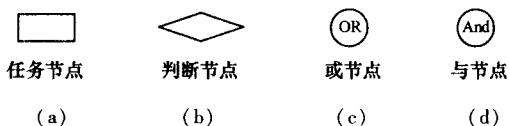


图 3 流程实例建模对象

(3)逻辑节点:逻辑节点用于单个节点与并行多节点之间的连接,并控制流程的导向。它分为逻辑或、逻辑与两种节点类型,如图 3(c)(d)所示。对于逻辑或节点,它的内部定义有条件判断等信息;而逻辑与节

点作为流程中的过渡节点,并不需要进行具体设计。

3.2 流程状态控制

当流程模型建立完成之后,流程实例处于定义环境中,其初始活动状态为非激活状态,此时必须通过 workflow 引擎对流程实例进行激活操作,将其由定义环境转移到运行环境之中,然后才能开展对流程实例的后续相关操作。

在流程实例被激活之后,此时相关人员即可对流程的运行状态进行控制,如初始化、启动、暂停、终止等流程控制操作。并且随着上述操作的发生,流程实例在整个运行过程当中,会出现以下几种状态:就绪、运行、挂起、完成和终止,它们之间可以相互转换,转换关系如图4所示。

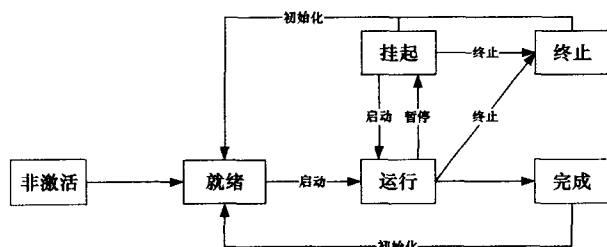


图4 流程运行状态转换关系

3.3 流程节点的执行控制

流程模型被启动之后,流程实例即由就绪状态进入到运行控制阶段,而 workflow 模型运行核心之一就是利用 workflow 引擎控制流程节点的执行过程,其中包括对任务、判断、逻辑三种流程节点的执行过程进行了详细的说明。

(1) 当任务节点作为当前执行节点时,首先,对其进行输入文件分配,并进入到执行阶段;接下来,获取任务的执行方式,如果为子流程执行方式,则启动该子流程,当子流程运行结束后,任务执行完成;否则,按照软件应用方式进行执行,直到任务节点执行完成;最后,上传任务结果输出文件,并对其进行审核,通过,任务节点执行结束,并通知 workflow 引擎进行流程节点的迁移;否则,任务节点重新返工。其流程执行过程如图5所示。

(2) 而当判断节点作为当前执行节点时,其直接进入执行阶段,对阶段性设计结果进行审核,审核其结果是否符合设计要求,是,判断执行结束;否则,查找并获取其返回节点,通知 workflow 引擎进行流程节点的迁移,并结束判断执行。

(3) 当逻辑节点作为当前执行节点时,其执行过程比较简单,只需对逻辑节点进行执行,然后根据执行结果选择后向路由节点,从而结束逻辑节点的执行,并通知 workflow 引擎进行流程节点的迁移。

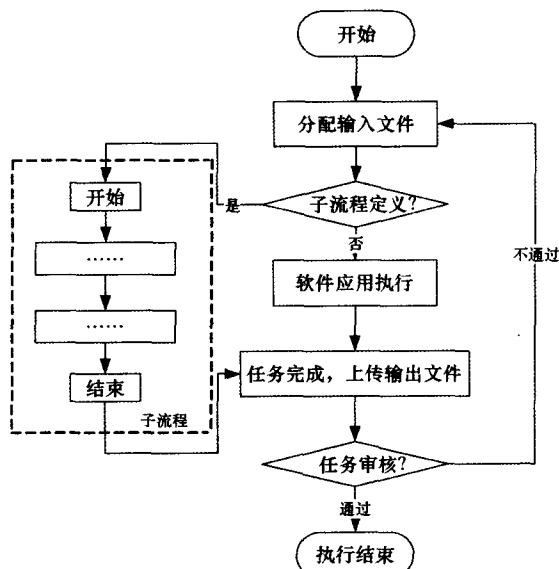


图5 任务节点的执行流程图

3.4 工作流引擎的调度算法

当流程节点执行结束之后,就需要发挥 workflow 引擎的调度功能,即当一个流程节点执行结束后,workflow 引擎则根据调度算法计算决定其后向应该启动的节点,然后将其启动,如此推进流程的运行直到流程的终点。借鉴这种循环遍历的思想,并根据 workflow 模型的特点做了相应的改进,提出了适合本文的 workflow 调度算法。

其算法步骤如下所示:

第一步:实时一个获取已结束节点,将其作为当前节点,并判断节点类型,如果是逻辑节点,则跳转至第二步;否则,作为活动节点,跳转至第三步。

第二步:当逻辑节点作为当前结束节点时,根据其执行结果获取其后向一个或多个路由节点,并根据相应的算法规则依次判断各节点是否满足启动条件。接下来,将满足启动条件的节点作为当前节点或节点集,跳转至第四步。

第三步:对活动节点进行类型判断,如果是任务节点,则直接查找其后向节点,并根据相应的算法规则判断该节点是否满足启动条件,是,则将其作为当前节点,跳转至第四步;否则,跳转至第五步。如果是判断节点,则需要判断其节点审核通过与否,通过,则同上述任务节点调度算法;否则,查找其返回节点,并将其作为当前节点,跳转至第四步。

第四步:将当前节点或节点集启动,返回一个或多个节点。接下来,跳转第五步。

第五步:引擎调度算法计算结束。

4 系统应用

如今,桨叶中普遍采用复合材料,而复合材料的桨

叶设计与传统材料的桨叶设计有着显著的区别,其设计数据不仅包含桨叶的几何信息,还包含复合材料铺层结构信息。因而综合考虑其设计过程中涉及的学科和铺层因素,文中将桨叶数字化设计过程大致分为气动外形设计、整体铺层信息定义、截面铺层信息计算、结构分析、动力学分析以及动态仿真这几个步骤来完成。

据此,建立了如图 6 所示的桨叶数字化设计流程模型。

第一步,设计桨叶的气动外形,并定义好复合材料整体铺层信息;

第二步,计算生成各个分析截面处铺层结构信息;

第三步,由结构分析软件 CAPO 根据桨叶组件的结构信息计算得到桨叶的结构和剖面特性数据,并判断数据是否符合设计要求;

第四步,动力学分析软件 ROST 根据结构和剖面特性数据以及桨叶总体数据计算出动力学特性数据,并判断动力学特性是否符合设计要求;

最后,进行桨叶动态仿真,并结束桨叶数字化设计流程。

实际运行表明,该流程管理系统能够有效地解决桨叶设计过程中出现的问题。

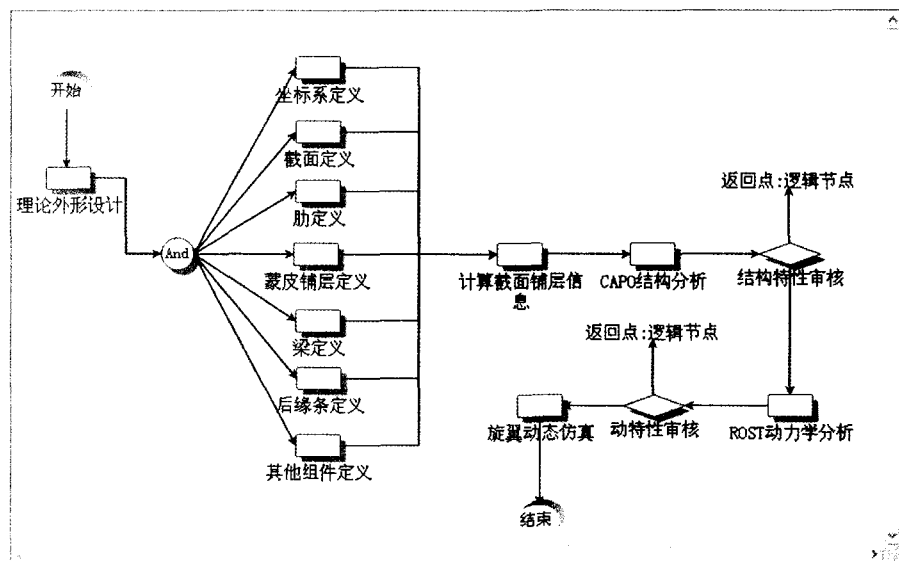


图 6 桨叶数字化设计流程模型

5 结束语

通过分析桨叶数字化设计过程中出现的问题,设计开发了基于产品数字化设计的工作流管理系统,用于管理桨叶的数字化设计过程。

该系统采用 B/S 结构,使得参与桨叶设计的各部门通过浏览器就能够实现交互,并建立了以服务器为

存储中心进行数据上传下载的机制。最后对桨叶设计过程进行了实际建模、运行和管理验证。此外,将来随着功能不断的增强与完善,该系统将不再只局限于桨叶的数字化设计,能够适用于其他工业产品的数字化设计,将其打造成工业产品设计的通用管理平台是接下来的努力方向。

参考文献:

- [1] 杨乃宾,倪先平. 直升机复合材料结构设计[M]. 北京:国防工业出版社,2009.
- [2] 范玉顺. 工作流管理技术[M]. 北京:清华大学出版社,2001.
- [3] 史美林,杨光信,向勇,等. 一个基于 Web 的工作流管理系统[J]. 软件学报,1999,10(11):1148-1155.
- [4] Georgakopolous D, Hornick M, Sheth A. An Overview of Workflow Management: From Process Modeling to Workflow Automation Infrastructure[J]. Distributed and Parallel Databases, 1995, 3(2): 119-153.
- [5] 王东勃,王孝润,黄伟,等. 动态实例建模模式的柔性工作流模型研究[J]. 机械科学与技术,2007,11(11):1413-1417.
- [6] 文俊浩,秦佳,赵瑞锋. 基于 WDAG 的工作流模型优化分析[J]. 计算机工程,2010,36(1):30-32.
- [7] 何清法,李国杰,焦立梅,等. 基于关系结构的轻量级工作流引擎[J]. 计算机研究与发展,2001,38(2):129-137.
- [8] 林永毅,罗镔. 基于实例的动态定义执行工作流引擎研究[J]. 计算机工程与科学,2007,29(6):132-135.
- [9] 李海波,战德臣. 工作流中数据流的调度控制[J]. 计算机集成制造系统,2006,12(11):1909-1915.
- [10] Geppert A, Tombros D. Event-based Distributed Workflow Execution With EVE[R]. Zurich:University of Zurich,1996.
- [11] Cai Ting, Gloor P A, Nog S. Dartflow: a workflow management system on the web using transportable agents[R]. [s.l.]: Dartmouth Computer Science,1996.
- [12] 赵海,马殿富,怀进鹏,等. 一种基于 Web 的工作流系统的设计与实现[J]. 北京航空航天大学学报,2001,27(4):456-460.