

文章编号: 1000-8055(2006)01-0186-04

航空发动机外部管路多Agent协同设计系统框架

樊江, 陈志英, 王荣桥

(北京航空航天大学 能源与动力工程学院, 北京 100083)

摘要: 通过分析航空发动机外部管路设计过程, 建立支持外部管路设计的多Agent协同设计系统框架。该系统框架采用包含设计层、服务层和资源层的分层结构, 每一层分别用不同类型的Agent完成其功能。然后讨论了在此框架下的管路设计流程。该系统框架不仅适用于航空发动机外部管路设计, 对类似的复杂设计系统也提供有益的思路。

关键词: 航空; 航天推进系统; 航空发动机; 计算机辅助设计; 外部系统; MAS

中图分类号: V 233

文献标识码: A

A Framework of Cooperated Aero-Engine Pipe Routing Multi-Agent System

FAN Jiang, CHEN Zhi-ying, WANG Rong-qiao

(1. School of Jet Propulsion,

Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: It is complex to design aero-engine pipe routing system because it depends on the cooperation of many disciplinary. We design a three layer framework including design, service and resource to support aircraft engine pipe routing. Each layer uses a agent to finish its function. Under this framework, a routing workflow is discussed.

Key words: aerospace propulsion system; jet engines; computer aided design; pipelines; multi agent system

航空发动机外部管路系统的设计是否合理对于飞机和发动机的性能和可靠性有重要的影响。据美国通用电气公司总结, 引起空中停车事故的原因中50%是外部管路引起, 发动机主要部件引起的只占6%。

管路系统的设计涉及到几何设计、强度、振动、可加工性、可装配性和可维修性等多方面因素的影响, 是一个高度复杂的、强耦合的、多学科结合的设计问题, 具有高度计算复杂性、高度信息交

换复杂性和高度非结构化的特点。需要多个学科之间通过复杂的交互(协商、协作)才能很好地完成管路系统的设计。

多Agent系统通过自治的Agent之间协商的方式来完成复杂问题, 它为复杂系统的设计提供了一种新的设计思路, 对开放、动态的环境具有更大的灵活性和适应性^[1, 2]。采用多Agent系统的设计方法实现管路设计系统可以以分布式/并行的方式高效地完成复杂管路的设计。同时该方法也

收稿日期: 2004-09-17; 修订日期: 2004-12-25

作者简介: 樊江(1973-), 男, 四川永川人, 北京航空航天大学能源与动力工程学院博士后, 主要从事航空发动机CAD/CAE/PDM及多学科优化的研究

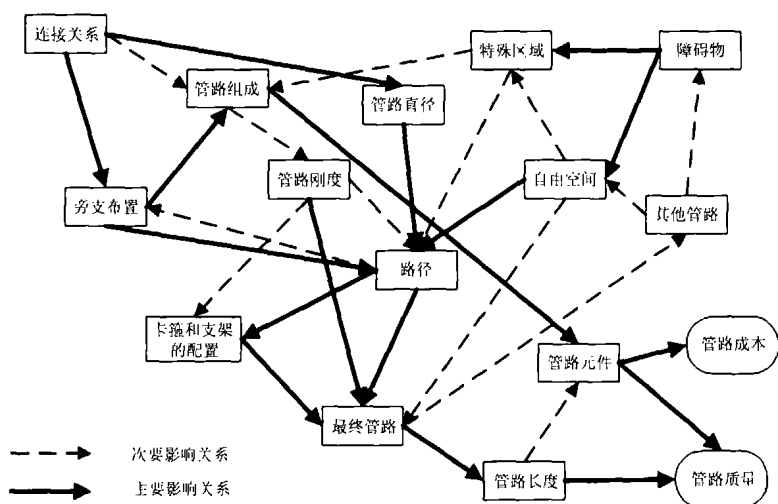


图1 影响管路设计的部分因素之间的网络关系

Fig 1 Relationship of pipe design factors

可以为解决类似的复杂设计问题提供有益的思路。

本文建立的分布式管路协同设计系统(DOPDS: Distributed Outside Pipe Design System)框架是采用Agent 和多Agent 系统理论构造的适应于管路设计各领域协同工作的系统。

1 管路设计的总体需求

管路系统的设计是在发动机的附件机匣和飞机的短舱设计完成,附件的功能和布局基本确定之后进行的,需要在满足发动机总体性能参数(如尺寸、重量、强度、寿命、成本、可靠性、维修性等)的需求下,考虑管路的走向、支承、定位、连接方式、受力、可制造性、可装配性和可维修性,得到尽

可能好的管路设计(如图2)。

2 DOPDS 系统框架

根据对外部管路设计的分析,提出如图3所示的分层体系结构。整个体系结构分为3层:资源层、服务层和设计Agent 层。

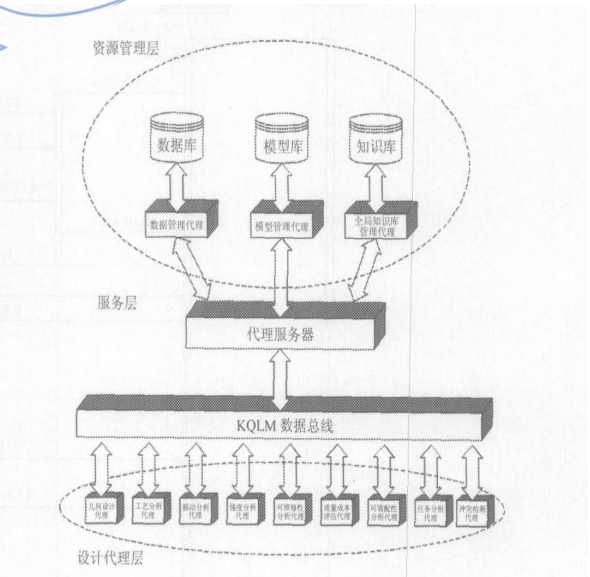


图3 DOPDS 系统架构

Fig 3 Architecture of DOPDS

设计Agent 层主要是由管路设计Agent 所组成。几何设计Agent 是最主要完成管路设计的Agent。在这个Agent 中完成管路模型的生成和修改等。振动分析和强度分析Agent 组成分析小组,完成管路模型的强度和振动分析评估。可装配性

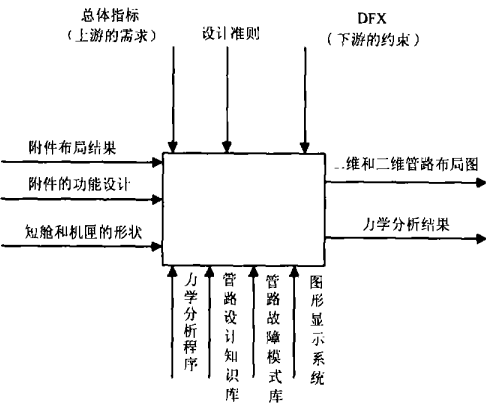


图2 管路设计DEF0图

Fig 2 DEF0 figure of pipe design

分析、可维修性分析和工艺分析Agent组成工程分析小组,对管路模型可装配性、可维修性和工艺进行分析评估。成本和重量评估Agent对方案的成本和重量进行评估。约束管理Agent是各Agent完成冲突的检测和解决的Agent,它主要依托一个决策知识库。

资源层是对进行管路设计所涉及到的资源进行管理和分配的层。主要由4个Agent和4种资源组成。数据管理Agent管理数据库资源。知识推理Agent利用知识库进行各功能Agent所需要进行的知识推理。模型管理Agent管理着管路设计所涉及的模型数据。资源(数据库、知识库、模型库)实际上都是分布存储在产生这些资源的各Agent的本地。而这4个Agent管理的只是这些资源的存储位置、状态、使用情况等信息。

服务层是核心的控制Agent。它主要进行Agent的注册、沟通资源Agent和功能Agent之间以及设计Agent之间的行为(进行特征、参数的映射转换)、协助约束管理Agent完成冲突的解决等功能。

3 DO PDS 中的管路设计流程

采用DO PDS 系统进行管路的协同设计,设计过程如图4所示。

首先上游的设计单位把设计任务发送给设计任务管理Agent。设计任务管理Agent把任务进行划分,建立任务队列,然后按照任务队列进行任务的分配。一般来说,首先需要把建立管路初始方案的任务发送给管路几何设计Agent。几何设计Agent接受任务后,向资源管理Agent请求资源,接收到资源后完成管路的敷设,然后将模型和数据发送到资源Agent进行存储,同时发送任务完成的消息及相关数据给任务管理Agent。

任务管理Agent接着处理任务队列中的任务,一般是分析和评估任务。任务管理Agent指派任务或与分析Agent进行协商。协商达成后,分析Agent承诺解决设计任务。任务管理器发送任务给分析Agent,并修改任务队列的状态。

分析Agent根据任务向资源管理Agent中请求数据。接收到数据后,分析Agent进行管路的振

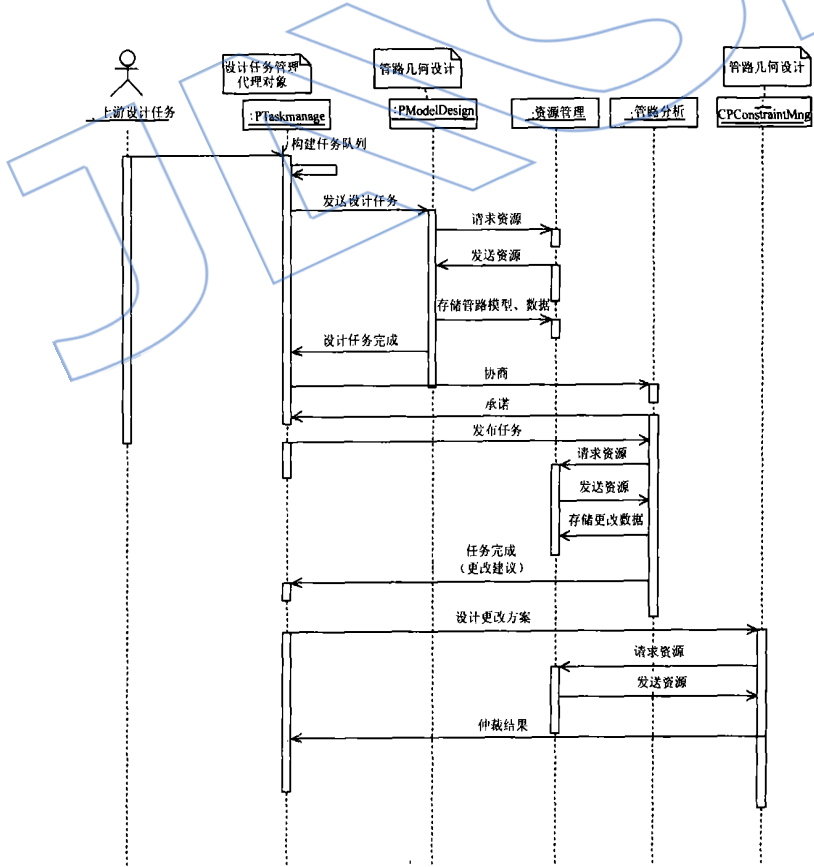


图4 DO PDS 系统中的管路设计过程

Fig 4 Pipe design process in DO PDS

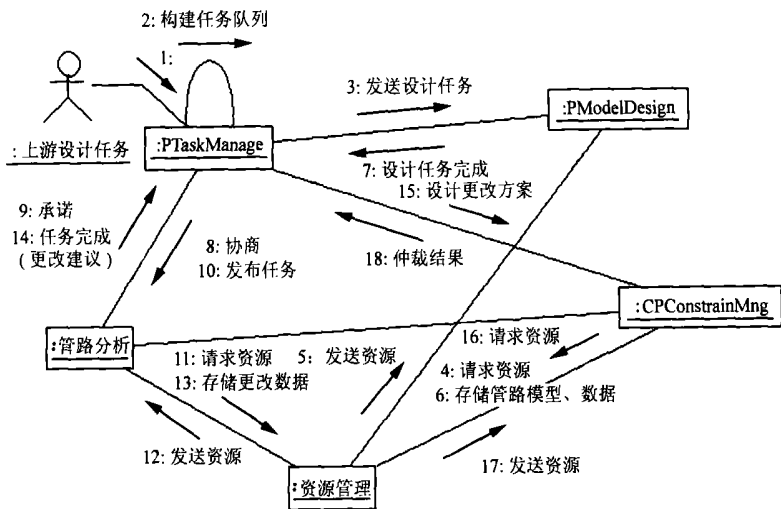


图5 管路设计过程中A gent 的协作

Fig 5 Cooperation figure of pipe design

动、强度、工艺、人机工程或成本和重量等方面的评估,完成后将分析报告和更改建议发送给资源管理A gent 进行存储,然后把任务完成的消息以及要求更改的消息一起发送给任务管理A gent。任务管理A gent 将要求更改的任务排入消息队列中。

请求更改的任务首先交给约束管理和仲裁A gent 进行冲突的检测。如果有冲突,则将冲突归档并进行冲突消解。完成后将仲裁任务结束的消息发送到任务管理A gent 中,同时将与更改有关的信息交由资源管理A gent 存储中。

任务管理A gent 将更改的消息发送给几何设计A gent,由几何设计A gent 进行管路模型的真实更改,然后更改的方案再进行这样一个循环,直到任务管理A gent 中所有的更改任务都完成,设计结束,模型和数据存储在资源中供下游的设计任务使用。

设计过程中各A gent 的协作如图5所示。

在上面的管路协同设计过程中,为了简洁,没有提到通信服务A gent 的作用。实际上,在管路的协同设计中,通信A gent 在管路的信息交流和交换中起着非常重要的作用。管路设计所涉及到的

A gent 之间的每次通信,都是通过通信服务A gent 作为路由而进行的。

4 结 论

航空发动机外部管路的设计是多学科彼此协同和协商共同解决的复杂问题。本文建立的管路系统多A gent 协同设计框架采用分层体系结构将管路设计中的功能A gent、服务A gent 和资源A - gent 集成在一起,使得各自相对独立的A gent 可以通过该框架进行管路的协同设计,有利于充分利用各学科在各自领域内的专门知识和工具,同时在不同领域内通过交互来解决管路设计问题。该框架经过扩展或修改后也可以适用于航空发动机其他复杂设计任务。

参考文献

[1] Michael Wooldridge 多A gent 系统引论[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003

[2] Hisup Park, Mark R Cutkosky, Andrew B Conru, Soo-Hong Lee An A gent-Based Approach to Concurrent Cable Harness Design[R]. A IEDAM, 1994