

基于类流程的工程软件开发方法研究

Research of Engineering Software Development Method Based on Similar Process

北京航空航天大学 贺 飞 杨建军



贺 飞

北京航空航天大学机械及自动化学院, 企业信息化专业博士研究生, 目前主要从事军工产品数字化研发理论和支撑环境研究, 在 CAX、PLM 和 ERP 等领域具有丰富经验, 主持过多个大型信息化项目的开发和实施, 获多项航空科技成果和省级管理成果奖。

现代产品设计所面临的问题越来越复杂, 使得相应的专业工具所涵盖的功能越来越多, 导致自身越来越庞大。工程人员理解和掌握这些具有庞大功能体系的专业工具需要花费大量的时间和精力, 即便大部分功能很少使用也是如此。而且, 由于无

在类流程软件中, 公共的计算模块被抽象概括为具有统一形式的功能单元, 这些功能单元通过灵活的组合, 可以快速构建解决某个特定工程领域问题的流程软件, 从而大大地提高了软件开发的效率, 并且类流程软件的流程可定制性也方便了用户的应用和修改。

法很好地重用操作过程以及使用经验, 在开展新的设计任务时, 大部分的工作仍需从头开始。

针对上述问题, 本课题提出了一种类流程的工程软件开发方法, 该方法以模块化的功能单元为基础, 建立解决某个专业领域问题的求解流程, 从而将工程设计过程中的工具、数据进行统一管理和描述, 解决工程开发过程中的集成性、多学科协同等问题。

类流程的核心思想

以“化整为零、流程再造、知识积累”为原则, 根据不同设计阶段和专业分工建立各个相对独立的设计软件模块, 然后根据具体的工程问题, 通过流程将相关软件模块集成起来, 构成具体工程问题的求解流程,

实现工程问题的快速求解。类流程软件将以前开发“固定”的软件改变为可以灵活定制的软件。由于该软件不是根据任务进行调整的, 而是在功能更新时进行改进, 有一定的稳定性, 不需要每次都根据任务的不同调整流程。这种软件既有流程驱动的特点, 但又能像普通设计软件一样应用, 因此称之为类似流程的软件, 简称“类流程”软件。这种模式一方面大大提高了设计的效率和质量; 另一方面, 所建立的设计流程还可以作为知识存储起来, 从而实现企业的知识积累和共享。

为了达到上述目的, 需要建立一套支持模块化设计、流程驱动的开发环境, 即类流程软件。类流程软件一般由一组规范化的数据、操作(设计

操作、分析操作)、控制逻辑以及应用程序组成,具有特定输入/输出接口,并且可以解决某个具体工程问题。

类流程软件的内部不仅有规则,同时还有所有初始数据、中间数据和最终数据。与传统上用最终结果描述设计对象的方法不同,类流程软件这种新方法不仅包含了设计对象的状态(即最终结果),还包括了设计对象的产生过程。这种方法最大的好处是实现了过程的可重复性、可追溯性和可变性。根据其内部封装的软件和规则,类流程软件可以完成设计、建模、分析、仿真等各种不同工作,以及描述产品的各种基本组成元素,通过功能单元即可以搭积木式地建立整个产品设计方案。

类流程的业务流程

类流程软件的业务流程如图 1 所示,涉及到的人员角色包括领域专

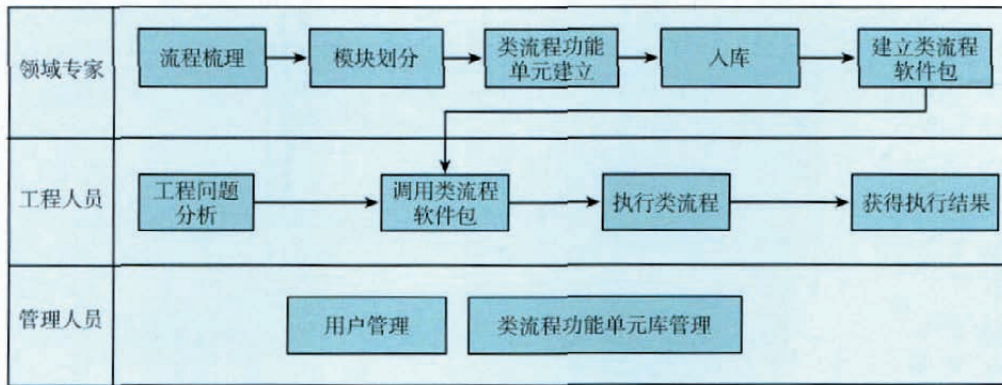


图1 业务流程

家、工程人员以及管理人员。

其中,领域专家主要负责对相关工程领域的设计、分析工作进行梳理,从中提炼出具有独立功能的计算模块,并将这些独立的功能计算模块通过类流程软件封装为可重用的功能单元,然后将这些功能单元存放到类流程功能单元库中进行管理。

工程人员在解决具体工程问题时,调用相应的类流程软件包解决该问题。

管理人员负责类流程软件用户

的管理和权限设置,并可以通过增删修改等功能对功能单元库进行整理。

类流程软件的构成

1 类流程的功能单元

功能单元(Function Unit)是指根据输入信息,在一定的约束条件下,通过人员、资源、工具的支持,在规定的时间内产生某些输出信息的操作或活动。其结构可以用 IDEF0 图表示为图 2 的形式。图中 FU_i 表示设计任务单元中的第 i 个活动元; I_i 表示活动元的输入信息集; O_i 表示活动元的输出信息集; C_i 表示活动元的控制集,包括条件约束、评价约束、协同约束等控制; S_i 表示活动元的支持集,包括人员、资源、工具支持等。

功能单元是构成类流程的一个重要概念,它可以是一次仿真分析、某个应用程序的执行、专家经验的一

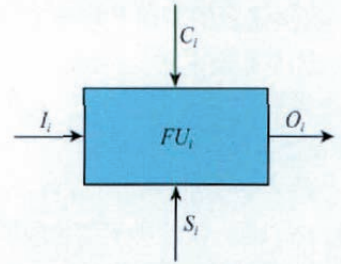


图2 IDEF0表示的功能单元

旦确定出了设计实体的各个设计参数的具体内容,该功能单元就算完成了。同时,设计实体也由唯一的设计参数被确定出来。

(2)分析类型(Analysis Function Unit, AFU)。分析类型功能单元的任务是要在设计实体的设计参数完全确定的前提下,求出其被关注的各项属性(包括结构的和性能的),如对产品的性能、强度、寿命成本的分析等。分析是一种分离的过程,即产品的这些特性本来都存在于产品的整体中,分析只是把这些成分分离出来。分析可以通过计算实现,也可以通过试验或仿真实现。其中仿真分析是最为常用的方法,譬如结构设计中采用有限元分析仿真软件进行的应力及应变分析、动力学分析等。分析功能单元的运算过程不需要人为的干预,并且可以得到唯一性结果。它不负责提出新的设计,只是负责对已经确定的方案进行分析。

(3)评价类型(Evaluation Function Unit, EFU)。评价类型功能单元用于对评价对象的属性、参数从社会、政治、经济、技术的观点予以综合考察,全面权衡利弊得失,从而为系统决策提供科学依据。进行评价活动的关键在于建立评价指标体系、对评价指标进行量化并选择合适的评价方法。评价指标体系是由若干单项评价指标组成的整体,它反映出

设计,只是负责对已经确定的方案进行分析。

次输入、远程服务程序的一次调用等。根据作用对象的不同,可以将功能单元划分为以下几种基本类型。

(1)设计类型(Design Function Unit, DFU)。设计类型功能单元的任务是确定设计实体的设计参数和设计型式。其中参数的确定是一种定量的选择,型式的确定则是一种定性的选择。在实际设计中,可以将设计型式用离散化的参数表示。这样一来,型式选择就可以归到参数设计中。在设计类型的功能单元中,一

所要解决问题的各目标要求。评价的方法有很多种^[1],如加权平均法、功效系数法、效益成本法、模糊综合评价法等。

(4)决策类型(Decision Function Unit, DeFU)。决策类型的功能单元根据若干方案的评价结果,选择一个最优的或合理的方案。决策类型有很多种^[2],如不确定性决策、风险型决策、贝叶斯决策、多属性效用决策^[3]等。

(5)优化类型(Optimization Function Unit, OFU)。优化类型功能单元负责在由一组设计参数构成的设计空间中寻找出最优的设计解。由于分析过程的不可逆性,任意给定一组设计参数都可以通过分析得到这个方案所能达到的性能,但是任意给定一个性能却不能反求出其对应的设计参数。因此,若想获得最优性能的设计解非常费时费力。如果采用手工方式,往往满足于一个落进“可行域”范围的方案,谈不上选定的方案为“最优”。在实际建立优化类型的活动元的时候,我们常常借助计算机优化技术,通过把系统目标、约束条件、设计变量用数学形式表达出来,并采用特定的优化算法,由计算机自动完成寻优的过程,这将大大提高寻优的效率。优化算法是优化类型活动元的关键和核心。常用的优化算法包括^[4]:数值型优化算法(广义简约梯度法、可行方向法、混合整型优化法、逐次逼近法、外点罚函数法等)、演化算法(遗传算法、模拟退火算法等)和专家系统技术(有指导启发式搜索方法等)。

这几类功能单元之间的关系如图3所示。从图中可以看出,首先设计一组设计变量(即起始方案),可以参照已有的工程产品,也可以根据设计者的经验。然后对已经确定的方案通过分析功能单元进行分析,求出该方案所有被关注的性能。获得性能参数后,再经过评价功能单元进行

评价,也就是将已经确定的设计方案的性能和设计要求进行比较,并对该方案打一个“分”,表示满足要求的程度。此时,设计者可以选择进入决策活动元,还是进入优化活动元。进入决策活动元,则还需要对多个方案集合进行评价,评价的结果将交给决策活动元,由决策活动元根据客观因素和评价结果,采用特定的决策准则,从方案集合中选择一个方案进行实施;进入优化活动元,则由该活动元负责对设计参数进行某种改变,形成第二方案。如此循环,直到可以充分判明所求得的已是“最优参数组合”。

2 功能单元的集成与执行

独立的功能单元只针对某个单一的问题,实际工程开发过程中往往需要多个功能单元联合起来。在类流程中,通过控制流建立功能单元之

间的执行顺序,并根据数据流决定功能单元的信息流向。一旦确定了功能单元的控制流和数据流,就可以得到功能单元之间的执行顺序,并按照这个顺序,自动驱动类流程运行,从而获得计算结果。

类流程的执行分为以下几种模式:

- (1) 自动化执行模式:按照控制流自动执行类流程;
- (2) 向导式执行模式:调用用户界面并按照控制流自动执行类流程;
- (3) 跳跃式执行模式:在设定的起点和终点之间按照控制流自动执行类流程;
- (4) 单节点执行模式:执行选中的单个类流程单元。

在类流程执行过程中,功能单元的运行控制是通过其运行状态变化的方式驱动的,如图4所示。其中,

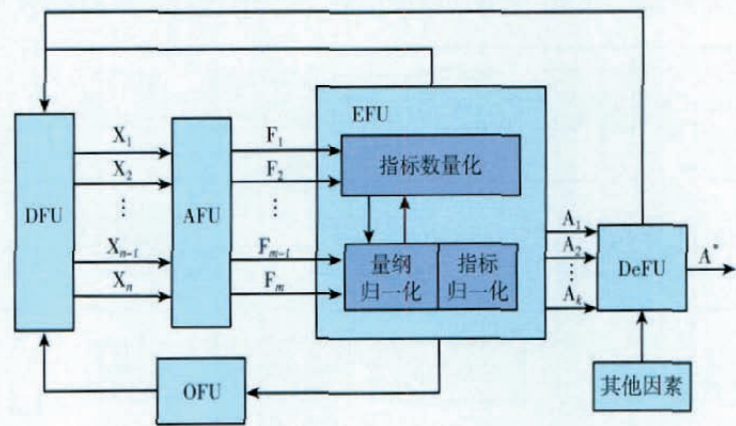


图3 几类功能单元之间的关系

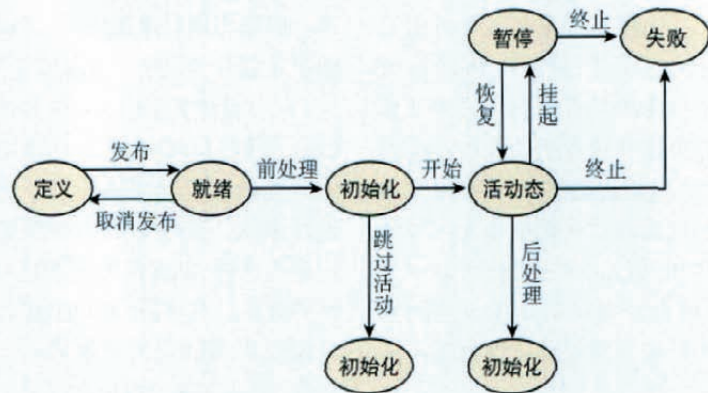


图4 活动元运行状态变迁

处于“定义”态的功能单元经过发布操作后成为可用的功能单元,状态转化为“就绪”态;“就绪”态的功能单元是可执行的,进行前处理操作(包括资源/数据的装载、运行条件的判断等操作)后,功能单元的状态演化为“初始化”态;前处理操作后的功能单元可以有不同的操作选择,既可以根据需要执行操作,也可以根据配置要求跳过执行;当功能单元开始执行以后,处于“活动态”。“活动态”的功能单元可以根据调度或者操作实际,在“暂停”、“失败”和“完成”三个状态之间变化。功能单元被挂起以后,如果直接终止,则进入“失败态”,“失败态”下的功能单元可根据需要实施必要的事务处理或者异常处理。“活动态”的功能单元完成以后,进行后处理操作(包括结果数据的提交、报告的产生等)后,进入“完成”态,“完成”态标志着一个功能单元的正常结束。

3 应用案例

根据类流程思想,可以将工程设计过程中所涉及到的多个专业模块封装为一系列的功能单元。这些功能单元将相关的专业设计知识和经验以统一的形式固化下来,因此可以很容易地集成起来,从而解决更复杂的设计问题。下面以舵机方案设计为例,说明舵机设计类流程软件是如何建立的。

按照标准化、模块化的原则对舵机设计类流程软件的功能单元进行划分,共分为多刚体建模及其预处理单元、参数化模型管理单元、结构动力学分析与优化单元、控制系统设计与分析单元、专业分析管理单元、以及用户界面单元六大模块,各个大模块又包含若干子模块。在软件组织形式上,这些组件又分别组成多刚体建模子系统、结构动力学分析与优化子系统、控制系统设计与分析子系统(如图5所示)。

其中,多刚体建模子系统实现多

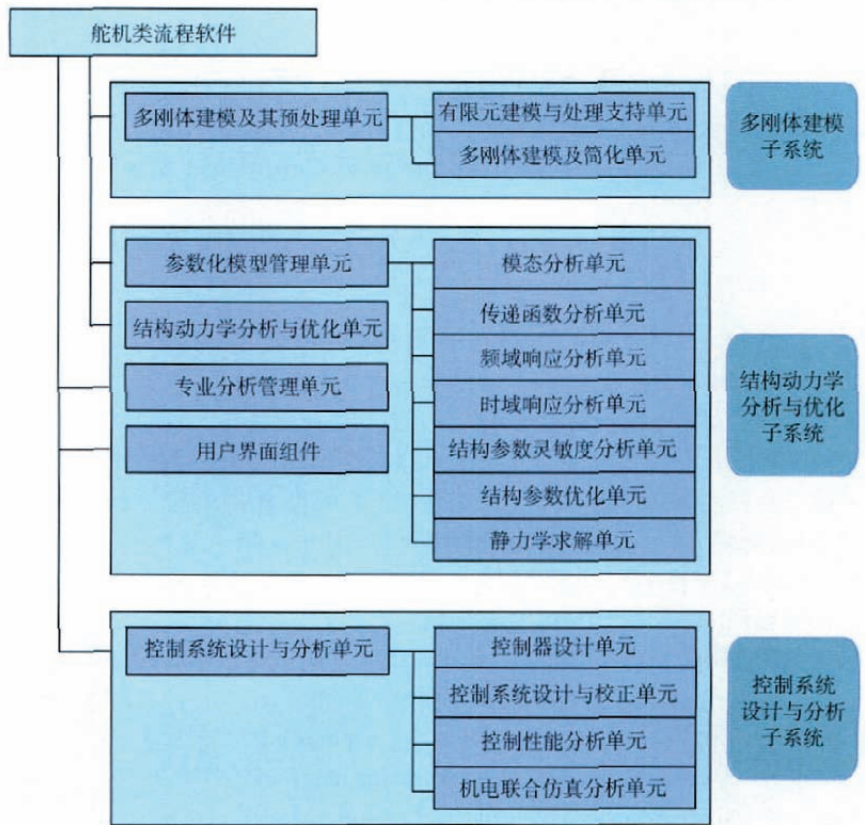


图5 舵机类流程软件的功能单元组成

刚体建模预处理的功能,包括有限元建模与处理、多刚体建模与简化子单元;结构动力学分析与优化子系统实现舵机系统多刚体动力学分析与舵机系统结构优化功能,包括传递函数与频域响应分析、时域响应分析、振动模态分析单元、参数灵敏度分析与优化模块等子单元;控制系统设计与分析子系统实现控制系统设计与分析功能,包括了控制轨迹的解析、控制器的设计算法、系统时域特性、频域特性、控制精度的求解算法等子单元。

对于某个特定的设计问题,可以通过控制流将这些功能单元集成起来,从而形成解决舵机设计的专业工程软件。

结束语

本课题提出基于类流程的工程软件开发思路 and 方案,将以前定制开发“固定”的软件改变为可以灵活定

制的软件开发模式。在类流程软件中,公共的计算模块被抽象概括为具有统一形式的功能单元,这些功能单元通过灵活的组合,可以快速构建解决某个特定工程领域问题的流程软件,从而大大地提高了软件开发的效率,并且类流程软件的流程可定制性也方便了用户的应用和修改。随着企业功能单元的不断丰富,不断成熟,基于类流程思想所实现的工程软件业必将越来越方便、越来越灵活。

参考文献

- [1] 谭跃进,陈英武,易先进. 系统工程原理. 长沙:国防科技大学出版社,1999:175-199.
- [2] 汪树玉,刘国华. 系统分析. 杭州:浙江大学出版社,决策方法. 2002:329-351.
- [3] Debora H L T. Multiattribute Utility Analysis in Design Management. IEEE, 1990, 37(4):296-301.
- [4] 韩明红. 复杂工程系统多学科设计优化方法及技术研究[D]. 北京:北京航空航天大学,2004. (责编 泰山 侧卫)