

8-7-2020

Integrated Modeling Method of Flight Director and Guarantee Process

Yongliang Luo

1. China State Shipbuilding Corporation System Engineering Research Institute, Beijing 100094, China;;

Zhang Jun

1. China State Shipbuilding Corporation System Engineering Research Institute, Beijing 100094, China;;

Yuanhui Qin

1. China State Shipbuilding Corporation System Engineering Research Institute, Beijing 100094, China;;

Han Sheng

2. School of Computer and Information Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100084, China;

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Integrated Modeling Method of Flight Director and Guarantee Process

Abstract

Abstract: The flight director and guarantee process as a kind of typical complex process, the modeling problem has become the current hot and difficult problem in the research field of the complex processes. *An integrated modeling method of flight director and guarantee process was proposed combined with the typical process equipment air command and support building requirements. The following several aspects were mainly elaborated: The meta model of flight director process, service operation sequence modeling, machine process choreography.* A prototype simulation and evaluation system was developed, and the rationality of the proposed method was analyzed combined with the application example.

Keywords

operation procedure, integrated modeling, flow simulation, service oriented

Authors

Yongliang Luo, Zhang Jun, Yuanhui Qin, Han Sheng, and Yuanming Wang

Recommended Citation

Luo Yongliang, Zhang Jun, Qin Yuanhui, Han Sheng, Wang Yuanming. Integrated Modeling Method of Flight Director and Guarantee Process[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(9): 2208-2212.

飞行指挥和保障作业流程一体化建模方法

罗永亮¹, 张珺¹, 秦远辉¹, 韩升², 王远明¹

(1.中国船舶工业系统工程研究院, 北京 100094; 2.北京交通大学 计算机学院, 北京 100084)

摘要: 飞行指挥和保障作业流程作为一类典型的复杂作业流程, 其建模问题已成为当前复杂作业流程研究领域的热点和难点问题。结合飞行指挥和保障应用需求, 提出一种基于仿真的飞行指挥和保障作业流程一体化建模方法, 重点从飞行指挥作业流程概念元模型、作业序列服务化建模、多机流程编排等方面进行了阐述, 结合实际应用案例, 开展了某多机任务飞行指挥和保障作业全流程的仿真验证和评估。

关键词: 作业流程; 一体化建模; 流程仿真; 面向服务

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2015) 09-2208-05

Integrated Modeling Method of Flight Director and Guarantee Process

Luo Yongliang¹, Zhang Jun¹, Qin Yuanhui¹, Han Sheng², Wang Yuanming¹

(1. China State Shipbuilding Corporation System Engineering Research Institute, Beijing 100094, China;
2. School of Computer and Information Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100084, China)

Abstract: The flight director and guarantee process as a kind of typical complex process, the modeling problem has become the current hot and difficult problem in the research field of the complex processes. An integrated modeling method of flight director and guarantee process was proposed combined with the typical process equipment air command and support building requirements. The following several aspects were mainly elaborated: The meta model of flight director process, service operation sequence modeling, machine process choreography. A prototype simulation and evaluation system was developed, and the rationality of the proposed method was analyzed combined with the application example.

Keywords: operation procedure; integrated modeling; flow simulation; service oriented

引言

飞行指挥和保障作业流程作为一类典型的复杂作业流程, 贯穿了航空指挥和保障系统各个环节, 具有强耦合、多关联、高动态等复杂特性^[1]。然而为实现上述航保复杂系统全方位的建模仿真^[2], 首先需要解决的便是如何实现对飞行指挥和保障复杂作业流程清晰、系统的描述和验证问题。由于

当前航保作业流程的主线设计更多侧重单机作业全流程梳理, 多机(多型、多架飞机)并行协同流程设计不够, 且流程多侧重静态流程, 动态流程设计方面灵活性不足, 未涵盖也无法满足航空指挥保障系统新研装备的仿真需求。因此, 如何构建支持高效、动态且通用性高的多机并行作业流程模型是实现航空指挥和保障综合仿真系统的基础与关键, 也是本文研究的重点内容。

业务流程建模是将业务流程以某种语言或规范表述为模型的过程, 目前根据业务流程建模语言的不同特征, 可以分为以下 3 种类型: 图形化建模语言^[3](如统一建模语言-UML, 事件驱动的流程链



收稿日期: 2015-05-10 修回日期: 2015-08-03;
作者简介: 罗永亮(1986-), 男, 安徽六安, 博士, 工程师, 研究方向为复杂系统建模仿真; 张珺(1973-), 男, 黑龙江, 硕士, 研究员, 研究方向为航空保障系统; 秦远辉(1981-), 男, 黑龙江, 硕士, 高工, 研究方向为计算机仿真。

<http://www.china-simulation.com>

• 2208 •

-EPC、工作流图-Workflow Graph、业务流程建模符号-BPMN 等)、基于数学模型的流程建模(如 Petri 网、Pi 演算等^[4])、业务流程定义语言(如流程定义语言规范-XPDL^[5]、业务流程执行语言-BPEL^[6] 等)。目前, 由于在不同的应用领域及背景下, 对流程建模方法也提出了不同的要求, 目前针对复杂作业流程建模, 多是基于实际需求, 通过结合上述各类方法, 来构建满足需求的作业流程建模方法。主要包括: (1) UML 与 BPEL 的结合^[5], 提出通过利用构造型和键值方法扩展活动图, 采用扩展的活动图对业务流程进行建模, 并定义了 UML 模型到 BPEL 的映射方案。由于 UML 是图形化的语言, 而 BPEL 是面向块状结构的语言, 因此 UML 图向 BPEL 描述语言转化时, 需要充分考虑顺序与并发交织一起非块状结构的转化描述。(2) BPMN + XPDL + BPEL^[6] 的结合, 当前较流行的一种业务流程建模解决方案。BPMN 业务流程建模符号是业务流程管理倡议组织于 2003 年提出、被对象管理组织采纳的一种建模规范, 他提供的图形建模符号易被业务员理解, 是目前最流行的业务流程可视化语言^[3]。但是 BPMN 规范没有定义业务流程图的存储结构, 因此不能直接用计算机进行交换、仿真与执行。基于 XML 的过程描述语言 XPDL 规范是工

作流联盟提出的一种业务流程建模方法, 支持用户 BPMN 图形符号描述业务流程, 定义了业务流程图的存储结构和仿真语义。

因此, 结合多机串、并行交织的复杂作业流程仿真建模需求, 借鉴 BPMN 建模标准规范, 本文提出一种基于仿真的航空指挥作业流程一体化建模方法, 首先在现有复杂作业流程建模方法基础上, 给出了多机指挥作业流程的概念元模型, 借鉴面向服务的思想对作业序列进行了服务化封装建模, 包括不同粒度作业序列的图形化构建及序列模型的形式化描述机制, 进而以作业序列为基本调度单元, 开展了基于规则的多机复杂作业流程编排, 并能够对该作业流程进行快速仿真, 并根据仿真结果为流程优化设计提供数据支撑。

1 飞行指挥和保障作业流程一体化建模方法

飞行指挥和保障作业流程作为航保系统的关键, 是一类典型的复杂作业流程, 为充分实现设计人员对上述作业流程的优化设计, 本文提出一种面向航保领域的多机作业流程一体化建模方法, 总体框架及流程如图 1 所示。

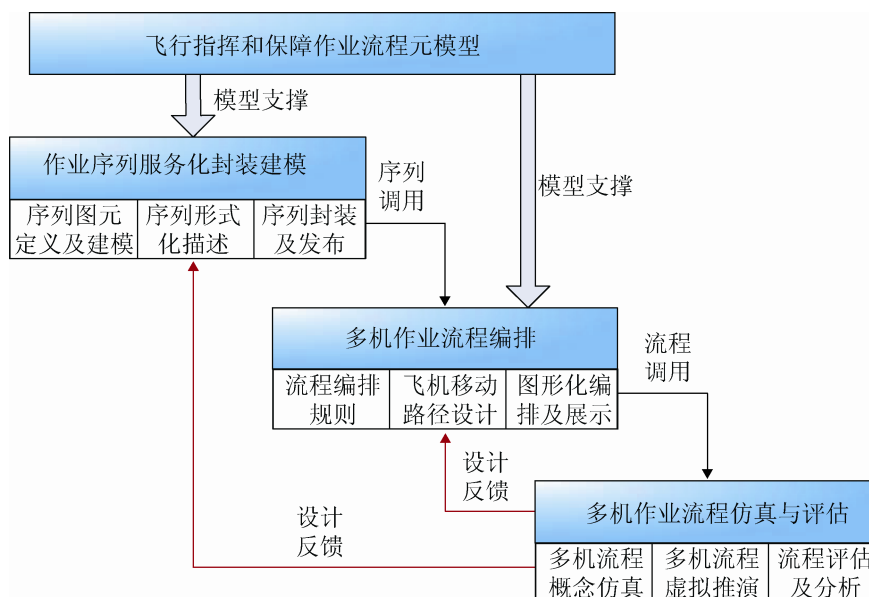


图 1 航空指挥和保障作业流程一体化建模方法

结合多机指挥和保障作业流程特点及需求,首先给出支持多机并行设计的复杂作业流程元模型,该模型明确了飞行指挥作业流程中所涉及各类元素的角色,如战位、装备、环境、资源、作业活动等,以及模型元素间的制约与依赖关系;然后通过对复杂作业流程的分析,采用面向服务的思想,将重用性高且相对独立调用的作业序列进行封装建模,并发布在序列流程库中,从而为开展面向不同任务的航空指挥复杂作业流程设计编排提供序列支撑,此外,为验证上述多机流程的合理性,首先进行对多机流程概念仿真,进而为流程优化设计提供反馈迭代。

2 作业序列服务化封装建模

由于业务流程建模符号(BPMN)是目前最流行的业务流程可视化描述语言,BPMN 规范提供的流程描述符号已被广泛认可,能够提供图形建模符号易被业务分析员理解。但是,BPMN 规范没有定义业务流程图的存储结构及流程执行语义,因此 BPMN 模型不能直接用于计算机交换、仿真、执行。虽然 BPMN 规范支持将 BPMN 模型转换为 BPEL 模型用于计算机执行,但 BPEL 模型的结构/半结构化描述方式对于非结构化业务流程图来讲,有时很难实现转换,对业务分析员绘制业务流程图有太多限制,并且这种转换是单向的,转换后得到的 BPEL 模型,业务分析员难以理解。

因此,结合多机串、并行交织的复杂作业流程建模需求,采用 BPMN 为流程模型的可视化描述规范,借鉴现有流程形式化描述及执行方法,研究支持多机并行任务需求的复杂作业流程建模方法,主要包括基于 BPMN 规范的流程建模图元及数据结构设计、面向服务的流程形式化描述及验证机制,并以上述理论方法为基础研发支持航空保障和指挥作业流程设计的图形化建模工具,来实现复杂作业流程及相关要素的全面刻画。

(1) 建模图元

在流程建模图元的构造选取过程中,满足复杂业务流程的可视化建模需求的同时,各图元还能够被清晰的表示及区分,并能够支持不同的语义,最终实现多机作业流程的系统刻画及全面反映,因此借鉴 BPMN 建模规范,结合多机作业流程建模需求,给出了基于 BPMN 的多机作业流程建模图元定义。

(2) 建模主要规则

根据飞行指挥和保障作业流程元模型,并结合上述图元及其数据结构,对序列流程图形式化建模过程中所遵循的建模规则梳理主要如下:

1) 参数引用规则

在序列公共参数引用方面,在进行序列构建时首先设置该序列作为整体对外的各类接口信息,主要包括资源配置、人员配置、运行参数配置(又分为输入参数、输出参数)、输入事件配置及输出事件配置。上述配置好的数据则能够为该序列内部进行引用,如内部活动的输入参数、资源参数及人员信息则可引用序列上层配置的数据信息。同时该序列作为封装的个体对外提供时,相关参数又可向更高一层或同层进行映射。

在活动输入/输出参数引用方面,活动参数配置主要包括活动基本信息、激活条件、结束条件、输入参数与输出参数。如图 2 所示,激活条件在图形化建模时,将根据活动间的连接线关系,自动添加激活信息,而结束条件则需要手动进行配置。其中关于输入参数配置主要有四种来源,分别为用户自定义参数、从序列运行参数和资源参数中引用,以及从同一层次节点的输出参数中进行引用。

2) 事件配置规则

在序列公共参数的输入事件的配置中,如果为模拟器事件,则需要对模拟器运行的相关参数进行配置,主要包括判断条件、参数来源方式、来源参数编码等。进而为流程推演过程中各类模拟器的运行的提供数据支撑。

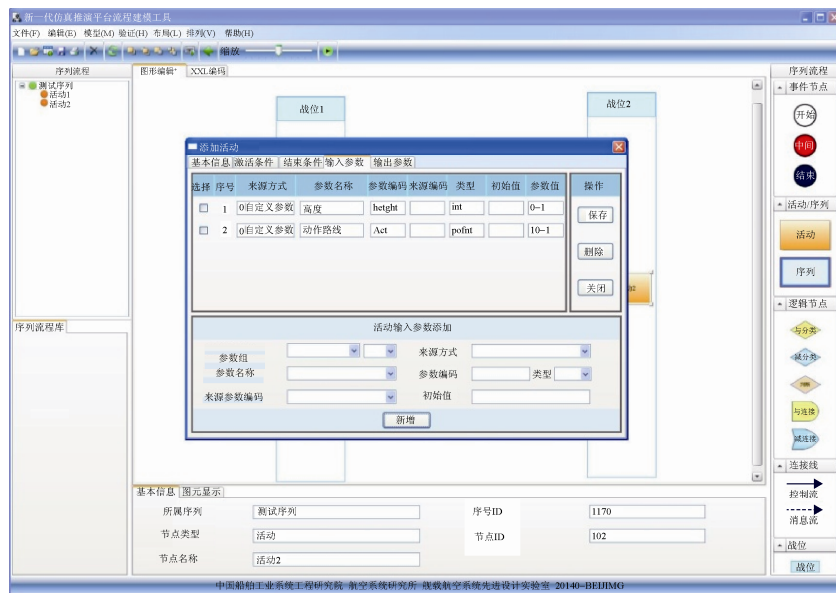


图 2 序列流程建模及节点参数配置

序列内部事件分为 3 类: 开始、结束和中间。其中开始和结束事件不需要配置激活条件, 默认序列开展, 该节点具备执行条件。中间事件主要是配置外来事件(来自序列外部的激励), 此时需要通过引用序列公共参数中的输入事件信息。结束事件的激活主要来自内部节点激活。

3) 网关激活配置

网关按激活类别可以分为两类: 与或网关、判断网关。其中对于与或网关只需要配置激活条件(自动配置); 对于判断网关则还需要配置判断输入及判断条件; 判断输入主要指激活该节点的数据来源, 来源方式可分为“上层参数引用”、“节点参数引用”, 判断条件主要指每个判断分支的执行条件(与判断输入参数进行比比较)。

3 多机作业流程编排

根据上述已发布的原子序列, 本文结合航空指挥任务特点和编排需求, 提出了一种基于规则的多机飞行指挥作业流程编排和验证方法, 如图 3 所示, 首先从序列库中调用已构建的面向不同机型的流程序列集合, 进而根据波次和飞行任务信息, 基于一定的规则组合已有的原子序列实现多机流程编排, 此外, 还能够对调度过程中的飞机路径进行

拟合设计, 能够依据规则进行资源及保障战位的冲突检测, 进而大大降低了设计人员面向大规模多机流程编排的复杂性, 提高了多机流程编排效率。

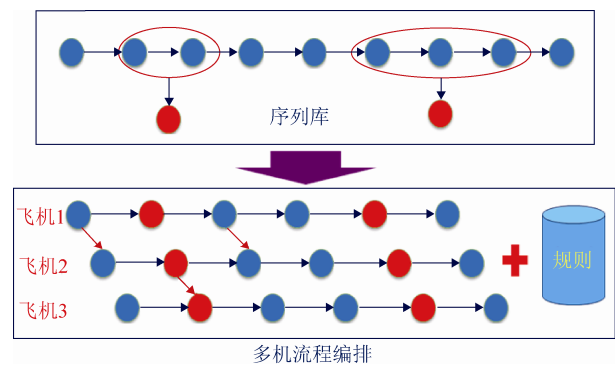


图 3 航空指挥作业流程编排方法

采用上述方法, 初步研制了多机流程编排工具, 该工具在辅助人工对任务的编辑功能上, 主要实现根据逻辑规则约束来确定任务的编排顺序, 根据设备和保障部位约束确定任务的所需设备, 并能够对已编制的波次进行复制, 进一步提高设计人员的效率。此外, 还能够进行相关的数据校验、冲突检测等功能, 以提高所创建流程的合理性和正确性。

4 多机作业流程仿真

为充分验证上述已构建的多机飞行指挥和保

障作业流程模型,需要开展多机指挥作业流程的概念仿真,并根据仿真过程中相关数据的采集及评估分析,进而为流程设计人员提优化数据支撑。

首先对仿真任务进行配置,主要包括仿真时间、仿真任务环境、基础数据等信息。然后通过加快仿真速度的方式进行超实时仿真,并能够对仿真过程中相关参数进行查看,如流程推演进度、资源

占用率等,可以使得设计人员快速展现所构建的多机任务流程的合理性及可行性。最后根据上述仿真运行情况,能够对不同的指标数据进行采集、分析,如图 4 所示,进而评价仿真方案的可行性、执行效率以及资源利用率。主要的评价指标包括设备、保障部位、故障的发生的次数及概率,进而为流程设计人员提供决策支撑。

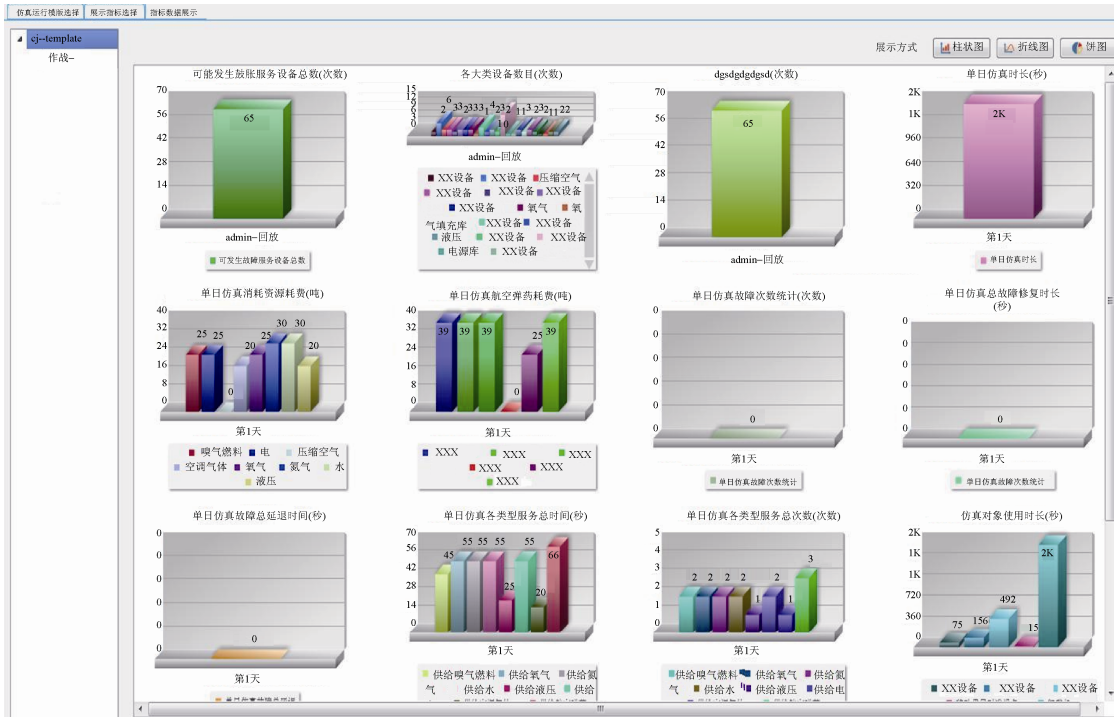


图 4 多机流程仿真运行效能评估

5 结论

本文围绕飞行指挥作业流程特一体化建模方法开展了相关研究,首先分析了现有的复杂作业流程建模方法,并结合航保系统飞机飞行指挥流程特点,给出了面向航保领域的飞行指挥作业流程一体化建模和仿真框架,然后分别阐述了飞行指挥和保障作业流程元模型、作业序列服务化建模、多机流程编排等关键技术,最后结合应用示例开展了多机指挥作业流程仿真和评估。

下一步将结合型号装备实际应用需求,围绕作业流程建模的通用性、编排过程的智能化等问题展开更深入的研究和探索。

参考文献:

- [1] 冯强, 曾声奎, 康锐. 不确定条件下舰载机动态调度仿真与优化方法 [J]. 系统仿真学报, 2011, 23(7): 1497-1506.
- [2] 刘晓平, 唐益明, 郑利平. 复杂系统与复杂系统仿真研究综述 [J]. 系统仿真学报, 2008, 20(23): 6303-6315.
- [3] 蔡章利, 易树平. 基于 BPMN 的业务流程一体化建模方法[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(3): 0551-0557.
- [4] 吴哲辉. Petri 网导论 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006
- [5] 张曼. 面向服务的业务流程建模与验证研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2012.
- [6] 张立群. 支持业务流程建模的块结构流程挖掘技术的研究 [D]. 济南, 山东大学, 2010.