

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.05.005

基于 Tau G2 的在轨服务流程可视化建模

史建伟¹, 蔡远文², 解为奇¹

(1. 装备指挥技术学院 研究生院, 北京 101416; 2. 装备指挥技术学院 试验指挥系, 北京 101416)

摘要: 为促进军事人员和建模人员之间的理解和沟通, 基于建模平台 Tau G2 进行在轨服务流程可视化建模。应用可视化建模语言 UML 2.0, 以在轨组装为例, 从流程入手, 对在轨服务活动进行建模, 并对模型进行验证。侧重于顶层, 模型从任务需求、系统节点、组织关系、流程描述、状态变化等方面对在轨服务进行综合性分析。所构建的模型有助于相关人员从整体的角度把握整个活动, 取得一致性的理解。

关键词: Tau G2; 在轨服务; 流程; 可视化建模

中图分类号: N945.12 **文献标志码:** A

Visual Modeling of On-Orbit Service Process Based on Tau G2

Shi Jianwei¹, Cai Yuanwen², Xie Weiqi¹

(1. College of Graduate, Institute of Command & Technology of Equipment, Beijing 101416, China;

2. Dept. of Testing & Command, Institute of Command & Technology of Equipment, Beijing 101416, China)

Abstract: In order to promote the comprehension and communication between the military and designer, the process of the on-orbit service activity is modeled based on the platform of Tau G2. Using the visual modeling language UML2.0 and an example of on-orbit assembly, the activity of on-orbit service is modeled commencing with the process, and the model is validated. Pay much attention to the top and the activity of on-orbit service is analyzed synthetically from the task requirement, system node, structure relation, process description, and state transformation. It is helpful for the related person to comprehend the activity as a whole and obtain the consistency of comprehension.

Keywords: Tau G2; on-orbit service; process; visual modeling

0 引言^[1-4]

目前, 在轨服务的研究主要集中于任务体系、技术体系、服务策略、服务效果评估、在轨维护与服务系统及其仿真模拟系统的构建等方面, 但针对在轨服务流程建模的研究并不多。在对军事系统的仿真建模中, 建模人员往往不太熟悉军事常识, 对作战过程没有清晰的了解, 给仿真建模带来了一定的阻碍。而军事人员对军事常识和作战过程较为熟知, 可以通过建立军事概念模型对建模人员的仿真建模工作进行指导。

Tau G2 是由 Telelogic 公司开发的可视化建模平台, 可用于复杂大系统的需求分析、建模与验证。它通过使用 UML2.0/SysML 进行可视化的系统/软件分析、设计及开发, 从而建立系统的结构和行为模型。因此, 基于平台 Tau G2 对在轨服务流程进行可视化建模, 可为描述在轨服务流程提供一种规范化形式, 以促进军事人员和仿真建模人员之间的沟通和理解, 为仿真模型的建立奠定基础。

1 Tau G2 功能优势^[5]

Tau G2 由一系列驱动模型和角色工具组成, 包

括系统工程师使用的 Tau/Architect、软件工程师使用的 Tau/Developer 和测试工程师使用的 Tau/Tester。Tau/Architect 是一个用于复杂系统分析和描述的、基于模型的系统工程工具, 支持可视化建模语言 UML 对大型、复杂系统全面建模。Tau/Developer 是一个先进的、可用于开发复杂实时系统/软件的 UML 工具, 有利于快速开发大型的复杂系统。Tau/Tester 是一种基于通用测试语言 TTCN-3, 集成了所有的测试要求, 在整个测试周期内提供高层测试功能的强大工具。

Tau G2 支持完整的 UML2.0 标准全部图形与模型元素, 具有高度的自动化编辑手段, 能提高编辑人员的效率; 实现对模型的层次化管理, 为用户提供直观便捷的模型检索和检查手段; 能对所有的模型图进行静态语法检查和动态逻辑验证, 有效地排除逻辑描述的错误和系统设计的缺陷与冲突, 提高设计质量和效率。

因此, 基于 Tau G2、应用 UML 构建的可视化模型, 是多层次、多视图模型, 能适应高度复杂的作战体系的描述要求; 是可跟踪模型, 模型中各视图建立了对应关系, 实现体系概念模型纵向与横向

收稿日期: 2011-01-07; 修回日期: 2011-02-17

基金项目: 国家高技术研究发展技术 863 课题 (2010AA7045007)

作者简介: 史建伟 (1984—), 男, 河北人, 博士研究生, 从事兵器发射理论与技术研究。

的关联, 可保持一致性; 是可执行模型, 能对模型进行检验分析。同时, 平台 Tau G2 具有 UML 模型向代码转换的功能, 能提高仿真模型的开发效率。

2 在轨服务流程可视化建模方法

结合可视化建模语言 UML 和建模平台 Tau G2, 对在轨服务流程进行可视化建模, 分为系统分析、模型构建和模型检验 3 个阶段。

系统分析阶段: 主要对在轨服务活动进行分析, 包括活动的执行者、活动过程和信息流程等, 这是建模的基础。

模型构建阶段: 构建用例模型, 确定系统中的对象和类, 描述组织关系和信息关系, 再通过内部组成图和结构框架图表现类之间交互的信息; 借助于时序图和状态图描述用例中相互合作对象间的关系、对象的状态变化和系统的行为。

模型检验阶段: 通过 Tau G2 本身对所建立的模型进行语法检验与动态逻辑检验, 保证模型在语法与逻辑关系上准确无误。

对在轨维护与服务系统进行可视化建模的步骤如下:

- 1) 建立用例图, 描述系统功能, 指定角色;
- 2) 对系统进行细化, 明确系统组成, 建立类图;
- 3) 描述系统组成之间的结构及其交互关系, 建立组成结构图;
- 4) 显示用例的逻辑流程, 建立时序图;
- 5) 分析每个系统组成的状态转换, 建立相应的状态图;
- 6) 进行静态语法检验, 确保模型的语法无误;
- 7) 跟踪所建模型的运行过程, 检验模型的逻辑关系。

3 在轨服务流程可视化建模实例

3.1 在轨服务想定

在轨组装是在轨服务活动中具有典型性和代表性的活动, 笔者以在轨组装任务对在轨维护与服务系统的需求为例, 将在轨组装分为有人在轨组装和无人人在轨组装, 并以应急发射条件下的地面人员监控的无人人在轨组装为例进行说明。

任务活动过程是: 1) 任务规划, 解算任务参数, 包括解算运载火箭发射、入轨等相关参数; 2) 发射携带轨道服务车和组装模块的运载火箭; 3) 轨道服务车入轨; 4) 向轨道服务车发送任务信息; 5) 轨道服务车机动至目标航天器附近; 6) 轨道服务车实

施组装任务; 7) 组装完毕后将结果发回; 8) 对任务结果进行评估与分析; 9) 如果结果不满意, 则令轨道服务车继续组装; 如果结果满意, 则轨道服务车返回待命。

任务涉及的系统节点包括: 地面指控中心、发射系统、通信系统(着重突出空间通信系统)、测控系统和轨道服务车。

3.2 任务需求模型

在轨维护与服务系统的任务就是提供各种在轨维护和服务功能, UML 用例图表示系统提供的功能, 即在不知道系统内部结构的情况下, 从外部看一个系统能够实现的功能。图 1 就是用 UML 顶层用例图表示的在轨维护与服务系统的功能, 用户通过在轨维护与服务系统实现在轨组装任务。

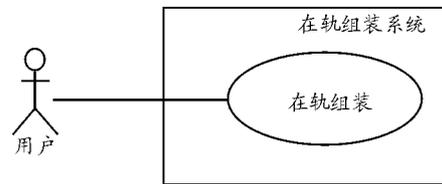


图 1 任务需求模型

3.3 系统节点模型

任何系统都具有一定结构和内部组织关系, UML 的类图用于定义系统中的类, 描述类之间的联系(如关联、依赖、聚合等)。

图 2 就是用 UML 类图表示的在轨维护与服务系统的系统对象模型, 该系统由地面指控中心、地面发射系统、测控系统、空间通信系统和轨道服务车组成。这些都是在轨维护与服务活动的节点, 完成在轨维护与服务任务中的某一部分和承担一部分责任。

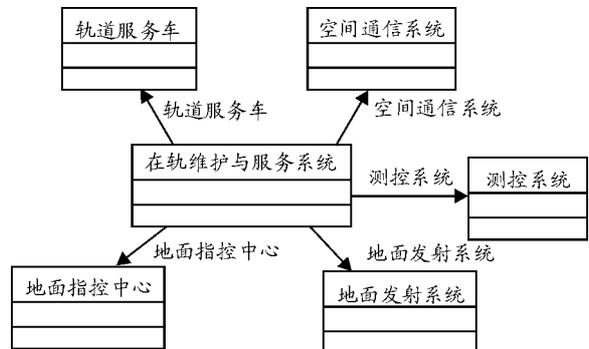


图 2 系统节点模型

3.4 组织关系模型

系统节点模型显示了组成在轨维护与服务系统的构成单元, 但没有显示这些构成单元的结构信息,

笔者利用 TAU G2 平台提供的模型检查功能, 对构建的一些主要模型进行语法正确性检验。图 6 显示了对所有模型集中检验的结果, 没有错误或者警告, 说明模型语法方面是正确的。

2) 逻辑正确性检验

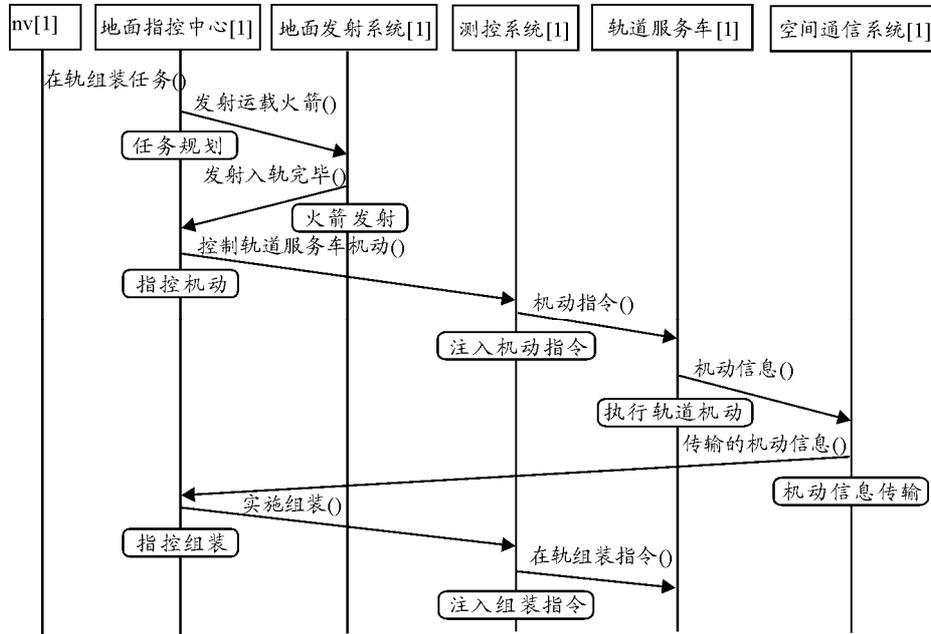


图 7 时序图检验结果

在对模型进行仿真过程中, Tau G2 发送信息并跟踪和观察屏幕上所将发生的情况。对于一个非常复杂的系统, 使用模型验证器的全部性能, 可以在每个变量上设置观察点。通过设置时间点, 能够一个时间点一个状态的执行系统运行过程, 并且仿真过程可以回放。完成多个信息的调试后, 相关观察点的信息存放在情节重放 (scenario replay) 列表中, 如图 8。

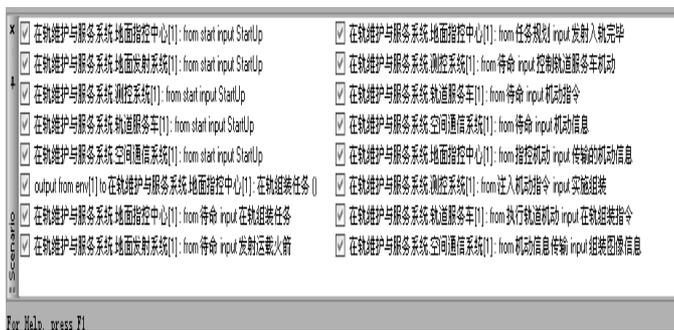


图 8 情节重放列表

4 结束语

概念模型是建立仿真模型的基础。笔者应用较为成熟的建模平台 Tau G2 和建模语言 UML2.0, 以在轨组装为例, 构建了在轨服务活动的军事概念模

型, 有助于相关人员取得一致性的理解并从整体的角度把握整个活动、明确系统的需求。下一步, 将细化建模粒度, 并加入具体参数, 为建立仿真模型提供更加详细的指导信息。

当给系统发送触发信号, 系统接受发送的信息, 开始运行模型。序列图上显示系统运行时所发生的情况, 产生出围绕每个模型的传递信息和生成结果、发生的不同动作以及生成的最后结果。图 7 是用时序图追踪的模型仿真结果。

参考文献:

- [1] 李岩, 程龙. 构建空间在轨维护与服务系统的初步设想[J]. 导弹与航天运载技术, 2008(5): 31-34.
- [2] 陈小前, 袁建平, 姚雯, 等. 航天器在轨服务技术[M]. 北京: 中国宇航出版社, 2009.
- [3] 李岩, 蔡远文, 程龙. 在轨维护与服务综合演示验证系统总体方案研究[J]. 导弹与航天运载技术, 2009(3): 5-10.
- [4] 崔乃刚, 王平, 郭继峰, 等. 空间在轨服务技术发展综述[J]. 宇航学报, 2007, 28(4): 805-811.
- [5] 北京凌瑞智同科技有限公司. 系统工程与软件工程专业—技术手册[M]. 北京: 凌瑞智同科技有限公司, 2007.
- [6] 李荣强, 张文阁, 杜家兴, 等. 装备保障决策信息可视化研究[J]. 四川兵工学报, 2010(8): 25-28.
- [7] Richard W, Madison. Micro-satellite based, On-orbit servicing work at the air force research[C]// Aerospace Conference Proceedings, USA, 2000, 215-225.
- [8] 戈义君, 刘忠, 张维明. 作战计划的可视化建模方法[J]. 火力与指挥控制, 2006, 31(4): 46-49.