

文章编号: 1001- 2486(2008) 05- 0131- 04

基于 BOM 的 HLA 仿真系统可信性研究*

唐见兵^{1,2}, 焦 鹏¹, 查亚兵¹, 李 革¹

(1. 国防科技大学 机电工程与自动化学院, 湖南 长沙 410073; 2. 指挥军官基础教育学院, 湖南 长沙 410073)

摘要:可信性是系统仿真的关键要素。基于 BOM 的 HLA 仿真系统可以从仿真模型层次上提高系统的重用性和互操作性。为了确保该类仿真系统的可信性, 在建模与仿真全生命周期中开展 VV&A 研究, 十分必要。介绍了基于 BOM 的 HLA 仿真系统的 FEDEP 模型, 并简要提出其 VV&A 过程, 重点对用户模型、仿真模型组件及联邦成员的 V&V 展开研究, 最后将这些研究应用于 × × × 反舰导弹突防联邦仿真中。结果表明: 提出的 VV&A 过程切实可行, 保障了系统的可信性。

关键词:基本对象模型; HLA; 仿真模型组件; 校核、验证与确认(VV&A); 可信性

中图分类号: TP391.9 文献标识码: B

Research on Credibility of HLA Simulation System Based on BOM

TANG Jian-bing^{1,2}, JIAO Peng¹, ZHA Ya-bing¹, LI Ge¹

(1. College of Mechatronics Engineering and Automation, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China;

2. College of Basic Education for Commanding Officers, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Credibility is the key factor for system simulation. The HLA simulation system based on BOM can promote the reusability and interoperability on the simulation model level. To insure the credibility of this simulation system, it is very necessary to study VV&A in modeling and simulation of all the life cycle. Firstly, the FEDEP (Federation Development and Execution Process) model of HLA simulation system based on BOM is introduced, and the VV&A process is put forward briefly. Then the research of V&V for user model, simulation model component and federate are made. Finally the approach is applied in the anti-ship missile's penetration federation. The result shows that the VV&A process is feasible, which can ensure the credibility of the simulation system.

Key words: base object model; HLA; simulation model component (SMC); verification, validation and accreditation(VV&A); credibility

仿真系统是否可信以及可信的程度如何, 自上世纪 60 年代至今, 一直受到业界人士的关注。当前, 国内外的仿真界已经达成了共识: 没有经过验证的仿真模型没有任何使用价值, 缺乏足够可信度的仿真系统也没有任何应用价值^[1]。为了最大程度提高 HLA 仿真系统的可重用性, 仿真互操作标准组织(SISO)提出了以基本对象模型(Base Object Model, BOM)的思想来开发该类仿真系统^[2], 其核心思想是重用和互操作。对基于 BOM 的 HLA 系统的建模与仿真(M&S)全过程进行可信性研究, 一方面可以有效地提高仿真系统的可信度水平和仿真结果的正确性, 增强开发人员和用户的信心; 另一方面可以及早发现错误, 降低系统应用的风险。

1 基于 BOM 的 HLA 仿真系统的 FEDEP 模型

BOM 是概念模型、仿真对象模型或联邦对象模型的描述规范, 为构建仿真系统的模块提供开发标准^[3]。文献[4]给出 BOM 规范在 HLA 仿真环境中应用的体系结构。仿真模型组件(simulation model component, SMC)是指语义完整、语法正确且具有重用价值的仿真软件单元。基于 BOM 的 SMC 是指按照 BOM 描述规范封装成的组件, 是 BOM 信息描述的实现体, 文中所提的 SMC 都是这一类。

* 收稿日期: 2008- 03- 10

基金项目: 国家部委基金资助项目(9140A04030208KG0113)

作者简介: 唐见兵(1974-), 男, 讲师, 博士生。

基于 BOM 的联邦开发和运行过程(Federation Development and Execution Process, FEDEP) 分为六个步骤: 定义联邦需求、开发联邦概念模型、开发用户模型、开发仿真模型组件、生成联邦成员及集成与运行联邦, 如图 1 所示。它与 DMSO1.5 和 IEEE1516.3 标准的两个 FEDEP 模型相比有一定的区别^[5-6]: 在基于 BOM 的 HLA 仿真系统中, FEDEP 阶段性工作更具体, 更符合开发实际; 用户模型主要由用户开发, 仿真系统开发人员按照 BOM 规范将其封装成仿真模型组件; 开发工作主要在前面四步, 后面两步重点在于规划和组装。

2 基于 BOM 的 HLA 仿真系统的 VV&A 研究

基于 BOM 的 HLA 仿真系统的可信性由它的全过程 VV&A 来保证。与系统 FEDEP 模型过程相对应, 其 VV&A 工作主要有七步: 校核联邦需求、验证联邦概念模型、用户模型校核与验证(Verification and Validation, V&V)、仿真模型组件 V&V、联邦成员 V&V、联邦 V&V 及确认决策, 如图 1 所示。

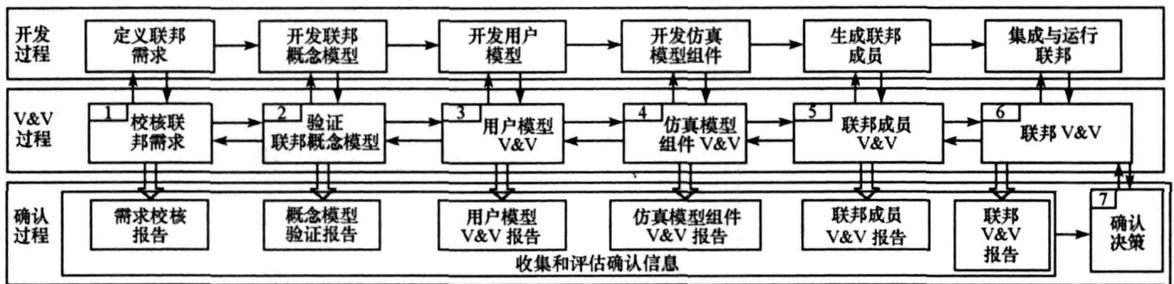


图 1 基于 BOM 的 HLA 仿真系统的 FEDEP 及 VV&A 过程

Fig. 1 The FEDEP and process of VV&A for HLA simulation system based on BOM

与基于 DMSO1.5 和 IEEE1516.3 标准开发的 HLA 仿真系统 VV&A 过程相比^[7], 基于 BOM 的 HLA 仿真系统的 VV&A 主要不同之处在于: ①由于用户模型和仿真模型组件的粒度较细, 其 V&V 工作具有易操作性, 从而可以在联邦成员组装之前发现可能存在的错误; ②由于联邦成员的开发方式不同, 其 V&V 过程也不同; ③由于系统开发严格遵循 BOM 规范, 可以充分利用 BOM 系列测试工具对它进行测试。下面将主要针对上述内容展开阐述。

2.1 用户模型 V&V

(1) 校核由概念模型转换成用户模型设计的正确性, 主要包括:

①审查用户模型开发人员提供的文档和模型的逻辑关系图; ②评估提出的算法是否满足需求; ③校对数据设计, 以评估数据的充分性和可用性。

(2) 校核用户模型是否满足规则要求, 即用户模型的输入、输出接口与处理接口设计是否符合 BOM 规则。

(3) 校核程序代码的正确性。

从动态和静态两个方面对程序代码进行全面的检查和测试, 以识别潜在的各种错误。以静态检查为主, 主要包括: ①检查源代码中使用数据的类型是否与设计要求一致; ②检查源代码中变量引用的异常情况; ③对表达式进行分析、检查, 如括号使用情况、数组下标是否越界等; ④检查接口是否错误; ⑤检查源代码与设计文档的一致性; ⑥如果事先有约定的代码标准, 还要校核标准是否得到正确遵循。

(4) 验证用户模型的正确性。

对于每一个用户模型, 都要编写测试用例进行测试, 主要包括功能测试、接口测试、语句覆盖测试等, 并追踪到需求和概念模型。用户模型测试的结果要经过专家进行评判, VV&A 人员还要对结果进行分析。

2.2 仿真模型组件 V&V

通过验证的用户模型, 经专家确认后, 可以被封装成仿真模型组件(SMC)。

(1) 校核 SMC 的开发过程是否符合 BOM 规范以及它们的正确性。

(2) 验证 SMC 的正确性。

主要应用组件测试工具对 SMC 进行测试^[11]来验证,测试的项目主要有:①SMC 功能测试,即根据想定数据说明文档输入想定数据,观测它的输出,以检验是否正确按照想定实现;②SMC 质量测试,即测试它是否满足质量需求,如性能指标、可用性、完整性和可维护性等;③SMC 接口测试,即通过反向公布订购的方式来测试它的对外公布和订购能力是否具备文档描述的功能;④想定测试,即根据想定数据说明文档输入想定数据,观测 SMC 的输出,以检验是否满足设计功能要求。

(3) 组织专家对 SMC 进行评审,经过专家确认后存入模型库中,以备调用和重用。

2.3 联邦成员 V&V

对于基于 BOM 的 HLA 仿真系统生成的联邦成员不再需要编写代码,只要根据联邦成员规划信息在系统运行时由仿真模型组件自动组合构建,它的 V&V 工作主要包括:

(1) 校核联邦成员的规划与设计的合理性,即检查联邦成员的概念需求是否正确地分配给联邦成员中的每个 SMC。

(2) 校核联邦成员配置信息是否正确,即构建联邦成员的仿真模型组件之间的数据公布和订购关系是否完备。

(3) 判定构建联邦成员的 SMC 的组合性是否有效,这是该步工作的重点。

SMC 包括原子组件和组合组件,原子组件是由用户模型直接封装形成,组合组件由原子组件组装形成。SMC 的组合有效性主要从语法组合有效性和语义组合有效性两个方面进行判定,文献[8]给出了它们的形式化证明及其定量计算。

(4) 测试联邦成员。

首先对联邦成员的一致性进行测试。①检查联邦成员的仿真对象模型(SOM)是否符合对象模型模板格式,及对数据的定义是否一致;②将 SOM 与一致性声明进行对照检查,以确定两者对功能的声明是否一致;③测试联邦成员的接口是否能够正确实现接口的服务功能。

其次利用联邦成员测试工具对联邦成员的功能进行测试,确保其正确地实现联邦成员设计,满足联邦需求。

3 应用举例

用户需求:建立一个×××反舰导弹突防仿真联邦,验证在蓝方舰载反导拦截器火力防御下,红方某型号反舰导弹对蓝方某型号舰的突防打击能力。

该仿真联邦的联邦成员分为红方、蓝方和白方,共由六个联邦成员及若干 SMC 组成,如图 2 所示。

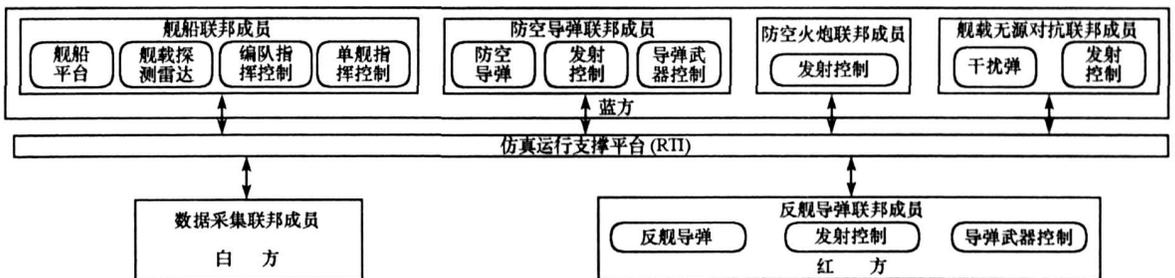


图 2 ×××反舰导弹突防联邦的组成结构

Fig. 2 Structure of the anti-ship missile's penetration federation

对该仿真系统进行全过程 VV&A,具体工作如下:

(1) 对联邦需求和联邦概念模型逐一进行检查,列出检查清单,并请领域专家进行评判,发现需求规格说明文档完整、概念模型基本正确。

(2) 对用户模型进行全面校核与验证,发现其概念模型的模式描述表、状态机、概念实体类型表和概

念事件类型表语法正确、语义基本完整。图 3 为 BOMFactory 工具验证导弹攻击交互概念模型的结果。用户程序模型的算法设计合理、编码正确且符合 BOM 规范;应用开发的仿真模型验证工具软件包对所有的用户模型进行测试,结果证明用户模型是有效的和可信的。

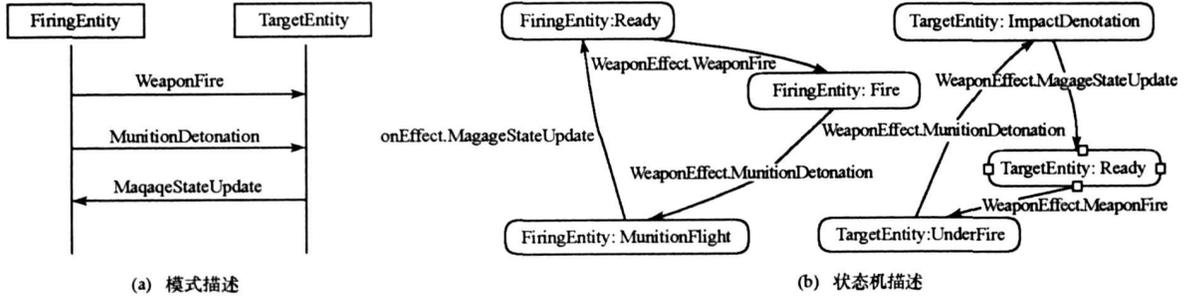


图 3 导弹攻击交互的概念模型

Fig. 3 Conceptual model of the missile attack interaction

(3) 对仿真模型组件进行全面检查,发现所有 SMC 的文档完整、正确,开发过程符合 BOM 规范,接口设计符合 BOM 规则要求;应用组件测试工具 ComTest 生成反向的测试成员对 SMC 进行测试,发现所有被封装的 SMC 功能基本正确,满足可信度要求。表 1 为舰船平台 SMC 的测试结果。

表 1 舰船平台仿真组件的接口测试结果

Tab. 1 Result of interface test for the ship SMC

对象模型表	接口名称	测试方法	数据是否正确	测试结论
对象类	公布	missile	正确	通过测试
	订购	Ship		
交互类	公布	attack	正确	通过测试
	订购	control		

(4) 应用联邦及成员校核工具(FVT)进行检测,发现联邦及成员规划、设计合理,功能分配正确;应用联邦及成员测试工具(FCT)进行测试^[9],发现所有的联邦成员都能满足功能要求。

(5) 经过全面 V&V 后的用户模型、仿真模型组件及联邦成员具有较高的可信度,能够为整个仿真联邦提供了可信性支持。通过联邦集成测试,发现该仿真联邦具有较好的突防能力(如图 4 所示)。

(6) 综合各项评估结果,发现系统文档比较完备,模型和数据的可靠性、恰当性符合要求,但数据完整性和模型的逼真度略有缺欠。利用仿真可信度评估软件对各个 VV&A 阶段所得到的结果进行综合,利用模糊综合评判法可得系统的可信度约为 0.87。经多位专家综合评定,该仿真系统是可用的和可信的,仿真联邦能够被确认。

某反舰导弹对蓝 1 型舰和蓝 2 型舰的突防能力

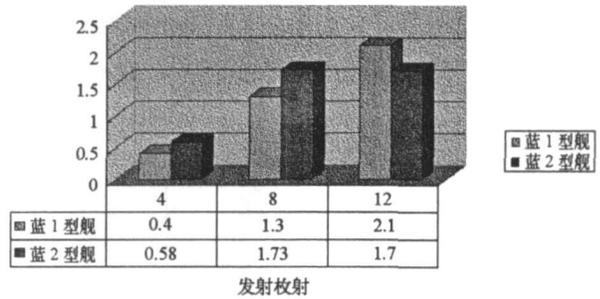


图 4 不同枚数条件下某反舰导弹的突防能力

Fig. 4 Penetration ability for the anti-ship missile

4 结束语

基于 BOM 的 HLA 仿真系统能够充分利用仿真模型组件的重用性,减少系统开发过程中的冗余代码。本文针对该类仿真系统的 FEDEP 特点,对它的 M&S 全生命周期展开了可信性研究。通过对基于 BOM 的 ××× 反舰导弹突防仿真联邦进行 VV&A,发现本文提出的 VV&A 过程和方法是可行的。

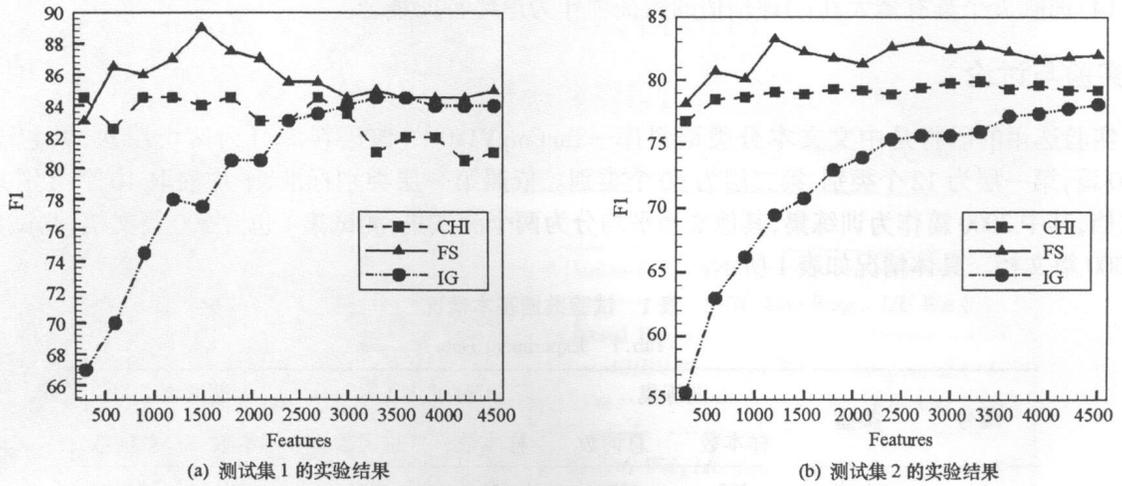


图 1 实验结果

Fig. 1 Experiment result

参考文献:

- [1] 苏金树, 张博锋, 徐昕. 基于机器学习的文本分类技术研究进展[J]. 软件学报, 2006, 17(9): 1848- 1859.
- [2] Sebastiani F. Machine Learning in Automated Text Categorization[J]. ACM Computing Surveys, 2002, 34(1): 1- 47.
- [3] Chen W, Chang X, Wang H, et al. Automatic Word Clustering for Text Categorization Using Global Information[C]//Proc. of the Information Retrieval Technology, Asia Information Retrieval Symp. (AIRS 2004). Beijing: Springer-verlag, 2004. 1- 11.
- [4] 封举富, 时建新. 基因选择的快速 Fisher 优化模型[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2005, 141(1): 122- 128.
- [5] 谭松波, 王月粉. 中文文本分类语料库- TanCorpV1.0[DB].
- [6] LIBSVM[CP]. <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>

(上接第 134 页)

参考文献:

- [1] 王子才, 等. 仿真系统的校核、验证与验收(VV&A): 现状与未来[J]. 系统仿真学报, 1999, 11(5): 321- 325.
- [2] Base Object Model (BOM) Template Specification[Z]. SISO- STD- 003. 1- DRAFT- V0. 11, 2005.
- [3] SISO- STD- 003. 1. Guide for Base Object Model (BOM) Use and Implementation [S]. SISO, 2006.
- [4] 龚建兴, 等. 构建可扩展的 HLA 联邦成员架构[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(11): 3126- 3130.
- [5] Defense Modeling and Simulation Office (DMSO). High Level Architecture Federation Development and Execution Process (FEDEP) Model Version 1.4[S]. DMSO, 1999.
- [6] IEEE. IEEE Draft Recommended Practice for High Level Architecture (HLA) - Federation Development and Execution Process (FEDEP). IEEE P1516 3TM[S]. IEEE, 2003.
- [7] 曹星平. HLA 仿真系统的校核验证与确认研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2004.
- [8] Weisel E W, Petty M D, Mielke R R. Validity of Models and Classes of Models in Semantic Composability[C]//Proceedings of the Fall 2003 Simulation Interoperability Workshop, 03F- SIW- 073.
- [9] 孙世霞. 复杂大系统建模与仿真的可信性评估研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2005.