

HLA 作战仿真的 VV&A 过程

唐见兵, 李 革

(国防科技大学机电工程与自动化学院, 长沙 410073)

摘要:介绍了 HLA 作战仿真的基本情况及其联邦结构。以某作战仿真为例, 将校核、验证与确认(VV&A)过程作为研究的重点, 把 VV&A 过程分为 7 个步骤, 分别对每一步进行研究。结果表明, 该作战仿真达到了可信用度要求, 是可以接受的, 对它进行 VV&A 研究, 对联邦的开发和系统的改进有一定的帮助, 能够在一定程度上起到提高联邦可信用度的作用。

关键词: HLA; 作战仿真; 校核、验证与确认; V&V

VV&A Process of Warfare Simulation Based on HLA

TANG Jianbing, LI Ge

(College of Mechatronics Engineering and Automation, National University of Defense Technology, Changsha 410073)

【Abstract】 The basic situation and the federate structure of the warfare simulation based on HLA are introduced. Focusing on VV&A process of a warfare simulation as an example based on HLA, the VV&A process is divided into seven stages. Each stage is studied. The result shows that the warfare simulation meets the requirement of credit and it can be accredited. Research on VV&A gives help for federation development and improvement of the system, and increases the reliability of federation.

【Key words】 high level architecture(HLA); warfare simulation; verification, validation and accreditation(VV&A); verification and validation (V&V)

随着 1995 年 HLA 概念的提出, 基于 HLA 的分布交互仿真技术迅速发展起来。近几年来, 国内外已经将 HLA 技术广泛应用到作战仿真中。为了提高 HLA 作战仿真的可信用度, 必须对建模与仿真的全过程进行可信性研究, 这个过程通常又称为“校核、验证与确认”(verification, validation and accreditation, VV&A)。它可以有效地提高系统的可信用度水平和仿真结果的正确性, 增强使用者的信心; 也可以降低系统应用的风险, 减少不必要投资, 提高它的重用性; 同时, 还可以促进软件工程、系统测试与评估、VV&A 等技术的发展。本文以某陆军师联合作战仿真为例, 对它的全过程进行 VV&A 研究。

1 HLA 作战仿真概述

作战仿真是指运用实物、文字、符号或其他手段, 对作战环境和作战过程进行模仿分析的技术、方法和活动。主要通过创建逼真的虚拟战场环境、处理大量的战争数据和信息, 构建复杂的模型和规则, 对战争的整体或局部进行推演和分析。

HLA 作战仿真是在 HLA 的技术框架下, 将作战系统抽象为各种相互作用的对象, 在面向对象分析与设计的基础上设计联邦成员、构造仿真联邦。所有参与联邦运行的应用程序被称为联邦成员, 它们既可以是仿真实体或作战行动的模型, 也可以是用于数据采集、联邦管理的工具或接口程序。

在 HLA 作战仿真中, 根据仿真目标和想定等内容, 确定仿真中应包含哪些仿真成员及其数量、装备类别、装备参数等信息, 并形成联邦对象模型(FOM)和每个成员的仿真对象模型(SOM), 从而进行联邦设计。由此, 作战仿真的联邦可以分成 5 个组成部分: 红方成员, 蓝方成员, 导演方成员, 接口成员以及战场环境成员(如图 1 所示)。整个作战仿真红、

蓝双方为对抗方; 导演方成员主要负责整个联邦的运行控制、仿真数据的记录、仿真评估以及态势、场景的显示; 接口成员分为向上接口和向下接口 2 种; 战场环境成员实现的是系统中的气象环境、地理信息系统以及电磁环境等。

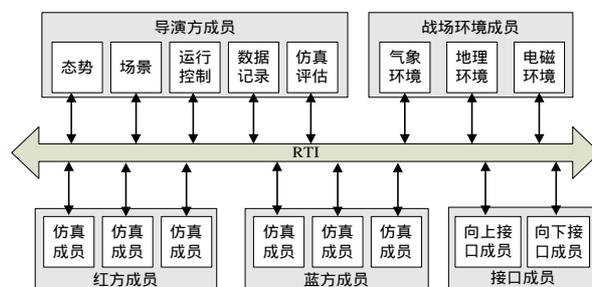


图 1 HLA 作战仿真联邦结构

2 HLA 作战仿真的 VV&A 过程^[1,2]

Jean Graffagnini^[3]等提出了 HLA 仿真 VV&A 的 9 步参考模型; Virginia T. Dobey^[4]等提出了 HLA 仿真 VV&A 过程的 7 步参考模型。通过仔细比较, 可以发现 7 步模型有许多优点, 如效率更高、更易与联邦开发过程集成、有更多支持确认决策的证据被收集。

某陆军师联合作战仿真是一个合同战术级的作战仿真。它是一个基于 HLA 技术的复杂分布交互仿真, 具有规模大、实体多和模型复杂等特点。下面以该作战仿真为例, 对它的 VV&A 过程加以阐述。

根据该作战仿真的实际, 按照将 VV&A 研究贯穿于 M&S

作者简介: 唐见兵(1974 -), 男, 讲师、博士研究生, 主研方向: 智能系统, 系统仿真, M&S, VV&A 及软件测试; 李 革, 教授

收稿日期: 2006-07-30 **E-mail:** tangjbgfd@sina.com

全生命周期的思想,可以将它的 VV&A 过程分成 2 个过程 7 个步骤进行(如图 2 所示),即目标校核、一致性标准校核、概念模型 V&V、校核设计、校核实施、验证联邦及确认评审。其中,前 6 个步骤合起来称为 V&V 过程,第 7 步与收集和评估确认信息又称为确认过程。VV&A 流程分别以 7 个带数字标记的阴影方框表示,实心箭头代表信息流向,空心箭头代表文档形成。

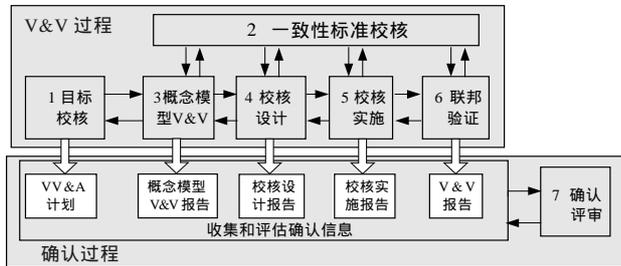


图 2 VV&A 过程的 7 个步骤流程

(1)目标校核

目标校核需要开发联邦 VV&A 计划以及检查需求和目标描述。针对该作战仿真的设计目标,主要的工作包括介绍联邦的目标、背景和用途等;分析联邦目标的正确性、一致性、完整性和实现性;分析联邦的信息来源,包括开发者、文档、数据和以前的 V&V 历史等;制定 VV&A 计划,包括 V&V 活动、人员和方法等;数据 VV&C 计划,包括数据 V&V 的要点和度量方法。

(2)一致性标准校核

一致性标准校核是指确定联邦及联邦成员的设计与开发是否与 HLA 规则、对象模型模板和 RTI 接口规范一致。这一步的活动从联邦设计开发阶段一直持续到测试集成阶段。VV&A 小组成员要确定:在联邦设计阶段,成员的 SOM 是否符合对象模型模板(OMT);在联邦开发阶段,FOM 是否符合 OMT,成员 API 是否符合 RTI 接口规范,校核联邦功能的完整性和一致性;在联邦测试阶段,联邦中成员与 RTI 之间以及成员相互之间是否能够按 FOM 规定正确交换数据。另外,还要对 RTI 接口软件进行代码检查和测试,以及对模型的保真特性进行评估。

重点检查联邦数据转换为 FOM 规范的正确性、联邦数据交互策略、联邦执行数据文件的正确性和 RTI 初始化数据文件正确性。

(3)概念模型 V&V

HLA 作战仿真概念模型就是指联邦概念模型(FCM),它是能够独立执行,并能将联邦目标转化为功能和行为,在联邦和设计实现之间提供重要的可追踪性联系^[5]。对 FCM 进行 V&V,主要是评估它的完整性、正确性和适宜性,确保联邦、操作需求和概念模型之间存在映射关系,并且从合理性、完整性和一定的灵活性等方面来评估这一关系。概念模型 V&V 主要包括 3 方面的工作:核对概念模型,评估逻辑设计和验证概念模型。

1)核对概念模型

先校核联邦场景,并根据联邦目标来判断场景是否合适。主要的工作有确定场景类别、确定仿真解析度、确定地形要求、确定坐标系、定义部队及初始位置、部队与装备的相关、确定时间/事件轴线等。然后校核需求是否被正确地定义、分解和分配给系统体系结构和概念模型的各个部分。从时间离散化、兵力分解、兵力分类、装备分解与分类、作战行动分

解几个方面进行校核。这一部分需要根据具体的作战条令条例,以及权威的作战想定进行分析。概念模型的校核要求确保它能反射所有需求集,概念模型的验证要求收集仿真对象的特征、行为和性能符合实际系统和实体的证据,确认人员确保形成最后的确认准则。

2)评估逻辑设计

VV&A 人员应该跟踪概念设计的底层逻辑,明确与物理行为表现方式相关的各类动态问题。

3)验证概念模型

VV&A 人员和主题专家一起检查概念模型,确保它充分规定了作战仿真问题域的物理和行为特性,特别评价从仿真需求到功能规范的功能分配情况。

(4)校核设计

1)检查每个成员关键的技术特征,如成员需求、时间、联邦管理、运行性能、实现需求、逼真度、与其他成员的兼容性、V&V 历史和其他。对每个成员的校核从成员设计文档开始,如果发现成员的一些技术特征缺少或不适当,则记录下来。

2)评估作战仿真系统的体系设计是否符合 HLA 联邦设计和 RTI 的接口要求。

3)校核概念需求是否正确分配给各个成员,并且在成员以及联邦中有效地表示。为此,对该联邦中每个成员从对象组成及内外部关系、仿真对象模型、仿真功能以及面向对象分析与设计等几大部分进行校核。

4)校核数据的需求和来源。相应的数据评估技术有:评价仿真数据需求、候选模型数据和数据库文档,校核这些数据的可用性,并标记数据的无效和缺失;评价元数据来源和数据输入规则间的对话机制,确保数据的之前使用;检查那些只为作战仿真而产生的数据,并对它们的风险进行评估。

(5)校核实施

在实施阶段,M&S 设计在硬件和软件上得以实现,这一步的校核工作量非常巨大。

1)校核 SOM、FOM 和 RTI。在联邦开发过程中,FOM 中存在的问题将影响到整个联邦的效果。对 FOM 的检查按照对象模型模板的表格规定以及设计要求进行,结果应以表格形式记录下来。SOM 反映了联邦成员在参与联邦运行过程中所具备的能力,以及交互所需信息的来源。例如检查工程兵分队的实体类结构与实际编程实现是否符合,可以利用 UML 中的一些方法校核成员实现是否与各自的 SOM 相符合。图 3 就是从成员程序实现中提取的工程兵成员类图,将它与 SOM 表的工程兵分队成员类结构表 1 进行比较,结果是一致的。

RTI 是作战仿真系统进行分层管理控制、实现分布仿真可扩充性的支撑基础。通过 RTI、FOM 和 SOM 这 3 类公共接口,所有的分布仿真对象就可以进行交互,完成仿真所规定的功能。校核 RTI 主要通过测试的方法来实现,包括功能测试和性能测试。

2)监控设计的完备性和一致性,包括联邦间数据交换、数据质量以及数据的合理使用。由于该联邦采用了数据库,因此,对联邦数据的要求更高。在实际校核过程中,采用从顶层到底层检查的方式。如果数据库中缺少一项数据元素或它的值不正确,将导致联邦无法正确运行。

3)验证数据元素之间的可追溯性,从数据需求先到翻译为 SOM 和 FOM,然后再到数据元素。

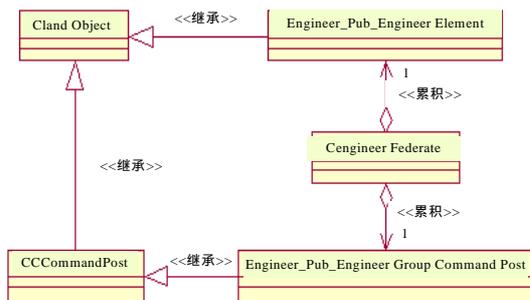


图3 成员开发的UML类图

表1 工程兵分队成员主要对象类结构表

地面对象 LandObject	指挥所 CommandPost	工程兵分队指挥所 EngineerGroup CommandPost
	爆破分队 Engineer Element	

(6)联邦验证

1)决定 V&V 人员参与测试的程度,本文选择参与检查关键测试的执行。

2)检查和评估集成测试计划的完备性和恰当性。这一步的实施还要考虑到 VV&A 过程优化的方法,特别是测试评估与 VV&A 的集成方法优化。

3)校核硬件安装、操作、网络接口和集成输入数据。该联邦的集成测试主要针对成员的仿真功能进行。参考该联邦的测试文档,结合联邦目标验证集成测试。这部分活动可使用联邦校核工具、数据收集工具、联邦管理工具等工具辅助进行,测试结果考虑到 RTI 测试的因素影响。

本作战仿真中,模型和数据是联邦验证的 2 个重要方面。通过设计校核、实现校核和联邦验证,得出以下结论:1)模型和数据的可靠性、恰当性符合要求;2)模型数据完整性略有缺欠,致使模型在可信度上受到影响;3)由于作战模型的行为十分复杂,模型的逼真度略有欠缺。

(7)确认评审

表2 某陆军师联合作战仿真部分确认结果

评审内容	是否达到可接受准则	是否存在风险	参与人员
评估指标	达到	无	评审专家、确认人员
武器装备	达到	无	评审专家、确认人员
基本作战实体	达到	无	评审专家、确认人员
战斗行动	基本达到	有一点风险	评审专家、确认人员
战场环境	基本达到	有一点风险	评审专家、确认人员
联邦控制	达到	无	评审专家、确认人员

确认评审的主要目的是在仿真预期使用范围内确立仿真的适应性。确认评审主要包括制定确认计划、收集评估确认信息以及进行可接受性评估、建立确认报告 3 个阶段。确认

(上接第 253 页)

参考文献

1 代丽红. OpenGL 在 Vega 开发环境中的应用研究[J]. 计算机应用与软件, 2005, 22(7).
 2 李 瑞. Vega 程序设计在 MFC 中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2002, 23(8).
 3 杨平利. 在 Vega 环境下开发虚拟现实应用程序[J]. 计算机仿真, 2005, 22(5).

评审的主要任务是比较 V&V 结果和可接受性标准、标明风险、组织专家进行可接受性评估,以及检查前面每个步骤的 VV&A 成果和文档。由于该作战仿真联邦十分复杂,因此不能够面面俱到,只能够将一些重要的、易行的部分进行确认。表 2 给出了部分确认结果,是一个相对较粗略的建议。

图 4 给出了某陆军师联合作战仿真的可信度评估树。



图4 某陆军师联合作战仿真可信度评估树

该作战仿真的总体可信度 C_A 由

$$C_A = \sum_{i=1}^6 w_i C_{Bi}$$

可以求得,其中, w_i 为各联邦成员的权重; C_{Bi} 为各联邦成员的可信度, $i = 1, 2, \dots, 6$ 。以层次分析法为主的综合评判方法来求权重,通过本教研室开发的可信度评估软件包可以求得各联邦成员的可信度及该作战仿真的总体可信度。最终,求得该作战仿真的总体可信度为 $C_A=0.922$ 。经专家评审,该作战仿真具有一定的可信度,该联邦可被接受。

3 结束语

随着 HLA 技术在作战仿真领域的广泛应用,HLA 作战仿真是否可信非常重要。因此,它的 VV&A 研究越来越受到人们的重视。在建模与仿真全过程中进行 VV&A 研究,意义非常重大。文中以某陆军师联合作战仿真为例,将 HLA 作战仿真的 VV&A 过程分成 7 步,对每步分别进行 VV&A 活动。本文的研究结果表明:某陆军师联合作战仿真具有一定的可信度,该仿真联邦已被专家接受。

参考文献

1 徐学文. 美国校核、验证与确认实践指南[M]. 北京: 海潮出版社, 2001.
 2 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.
 3 Graffagnini J, Youngblood S, Lewis R. A VV&A Process of the HLA FEDEP[C]//Proceedings of the Summer Computer Simulation Conference. 1999.
 4 Dobe V T, Lewis R O. Verification, Validation, and Accreditation (VV&A) Process Overlay for the FEDEP[C]//Proc. of Spring SIW. 2003.
 5 杨 明, 张 冰. 分布交互仿真系统的 VV&A 与可信度评估[J]. 哈尔滨工业大学学报, 1999, 31(5): 48-51.