

1-3-2019

Development History and Case Study of Interoperability between US Combat Simulation and C2 Systems

Xiangzhong Xu

Department of Equipment Command and Administration, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China;

Zaijiang Tang

Department of Equipment Command and Administration, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China;

Yaxin Tan

Department of Equipment Command and Administration, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China;

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.

Development History and Case Study of Interoperability between US Combat Simulation and C2 Systems

Abstract

Abstract: The analysis of heterogeneity between U.S. combat simulation and command & control (C2) systems is carried out. *The roadmap, its main development stage and main tendency of interoperability between US combat simulation and C2 systems are also analyzed.* Two case studies, viz., the Naval Simulation System/the Global Command and Control - Maritime (NSS/GCCS-M) Federation and C4I Team Training System (CTTS) are conducted, which are representatives of bidirectional interfaces and embedded interoperability respectively. *The main measures such as ensuring interoperability which is a shared responsibility between the M&S and C2 communities, long-term plan and coordination are beneficial to the promotion of similar domains for PLA.*

Keywords

combat simulation system, C2 system, interoperability, hint

Recommended Citation

Xu Xiangzhong, Tang Zaijiang, Tan Yaxin. Development History and Case Study of Interoperability between US Combat Simulation and C2 Systems[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(12): 4686-4692.

美军作战仿真与指控系统互操作发展历程及案例研究

徐享忠, 汤再江, 谭亚新

(装甲兵工程学院 装备指挥与管理系, 北京 100072)

摘要: 深入分析了美军作战仿真系统与指控系统的异构性, 梳理了美军作战仿真系统与指控系统互操作的发展路线图、主要发展阶段及发展趋势, 分别剖析了双向接口及嵌入式互操作的典型案例, 即 NSS/GCCS-M 联邦和 C4I 人员训练系统(CTTS)。从强化指控与仿真领域的合作、制定长远规划以及注重协调管理等方面得出对于促进我军相关领域发展的启示。

关键词: 作战仿真系统; 指控系统; 互操作; 启示

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X(2018)12-4686-07

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201812024

Development History and Case Study of Interoperability between US Combat Simulation and C2 Systems

Xu Xiangzhong, Tang Zaijiang, Tan Yaxin

(Department of Equipment Command and Administration, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: The analysis of heterogeneity between U.S. combat simulation and command & control (C2) systems is carried out. The roadmap, its main development stage and main tendency of interoperability between US combat simulation and C2 systems are also analyzed. Two case studies, viz., the Naval Simulation System/the Global Command and Control - Maritime (NSS/GCCS-M) Federation and C4I Team Training System (CTTS) are conducted, which are representatives of bidirectional interfaces and embedded interoperability respectively. The main measures such as ensuring interoperability which is a shared responsibility between the M&S and C2 communities, long-term plan and coordination are beneficial to the promotion of similar domains for PLA.

Keywords: combat simulation system; C2 system; interoperability; hint

引言

美军作战仿真系统及指挥控制(C2)系统的发展建设均起步较早。作战仿真系统可达到较大规模, 并具备指控系统目前不具备的许多功能, 如作战过程的预测、方案评估、蓝军仿真等, 不足之处是较难保证可信性。美军作战仿真系统分为战役

级、任务级、工程/交战级等层次^[1]。C2 系统回避了指控行为建模的难题, 通常可信性较高, 但规模上受限。从 60 年代注重战略 C3I 系统到目前注重战役和战术层次的 C3I 系统的建设, 尽管由于当任的领导不同, 关注和投入有波动现象, 但总体上说, 美军 C2 系统的建设是逐步走向完备的, 并且逐步转移到国防部所提倡的全球信息栅格(GIG)^[2]。

作战仿真系统与 C2 系统具有良好的功能互补性, 又是典型的异构系统。在军事训练、装备采办、作战评估等巨大需求的牵引下, 美军围绕两者之间的互操作开展了广泛研究, 取得了大量在业界领先



收稿日期: 2016-05-13 修回日期: 2016-08-26;
作者简介: 徐享忠(1974-), 男, 江西玉山, 博士, 副教授, 硕导, 研究方向为作战仿真; 汤再江(1976-), 男, 云南昆明, 博士生, 讲师, 研究方向为作战仿真; 谭亚新(1979-), 男, 湖南湘潭, 博士, 副教授, 研究方向为作战仿真。

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

• 4686 •

的成果。时至今日, 作战仿真与 C2 系统之间实现了较好的互操作, 其中的有益做法值得借鉴。

1 美军作战仿真与指控系统异构性分析

目前, 美军 C2 系统基于 DII COE(国防信息架构通用作战环境)、GIG 等架构, 采用 C2IEDM(指控信息交换数据模型)、JC3IEDM(联合协调、指挥与控制信息互换数据模型)等信息交换模型, 通过 USMTF(美军文本格式报文)、TADL(战术数据链报文)、VMF(可变格式报文)、OTH-GOLD(地平线上目标 GOLD 文电格式)等报文及 JCDB(联合公共数据库)等军事数据库进行交互。作战仿真基于分布交互仿真(DIS)、聚合级仿真协议(ALSP)、高层体系结构(HLA)等架构, 采用 FOM(联邦对象模型)、BOM(基本对象模型)等信息交换模型, 通过 PDU(协议数据单元)、CCSIL(指控仿真接口语言)等协议及 ACSIS(陆军 C4I 与仿真初始化系统)等仿真数据库进行交互。两者在架构、信息交换模型、通信协议以及数据库上的异构性可概括如表 1 所示。

表 1 指控系统与作战仿真系统的异构性
Tab.1 Heterogeneity between C2 and combat simulation systems

项目	指控系统	作战仿真系统
系统架构	DII COE、GIG 等	DIS、HLA 等
信息交换模型	C2IEDM、JC3IEDM 等	FOM、BOM 等
通信协议	USMTF、VMF 等	PDU、CCSIL 等
数据库	JCDB 等	ACISIS 等

2 美军作战仿真与指控系统互操作的发展历程

针对 C2 系统与作战仿真系统的巨大异构性, 美军在两者之间的互操作上开展了大量研究, 这些研究分为系统级(指控系统)以及平台级(武器平台)两个层次, 本文简要分析两者之间系统级互操作的发展路线图、主要发展阶段及发展趋势。

2.1 发展路线图

鉴于互操作的复杂性, 美军非常重视长远规划。图 1 是美军于 1999 年发布的指控系统与作战仿真系统互操作的路线图^[3], 包括近期、中期、长期等三个时期, 涉及战略级、战术级以及平台级等三个作战层次, 真实、虚拟以及构造等三种仿真类型, 以及遗留、新建等两种系统。

在近期规划(2001 年之前)阶段, 实现互操作的途径是报文, 主要关注系统互操作的接口开发, 这些接口大多是定制的点点对点连接, 可以看作是黑盒。这种方式较为简单, 易于实现, 互操作层次低, 其局限性是显而易见的。

在中期规划(2001 年至 2010 年)阶段, 引入了公共架构和数据库, 实现互操作的途径主要是公共组件, 虽然仍关注系统互操作接口的开发, 但这些接口已是双向驱动的联合接口。这种方式更为高级, 难易适度, 互操作层次有所提升, 但仍有较大局限性。

在长期规划(2011 年以后)阶段, 引入了公共架构和公共数据库, 实现互操作的途径主要是公共数据/对象模型, 采用了较为先进的数据复制机制。这种方式能实现完全的双向驱动, 从而有助于达到较高的互操作层次(隐式互操作)。

需要注意以下三点: (1) 这三个时期是相对的。随着时间推移, 发展路线图会得到逐步修订, 从而每个阶段的时间及发展目标都是动态的; (2) 长期规划阶段预期达成的目标是长远的, 需要持续努力; (3) 将真实仿真与指控的互操作置于长期规划阶段, 意指只有在该阶段, 两者之间的互操作才可能得到实质性发展; 而非指在前两个阶段, 两者之间的互操作尚未得到研究。

2.2 主要发展阶段

以上述发展路线图为指导, 美军作战仿真系统与 C2 系统互操作的发展历程大致可分为单向接口、双向接口以及嵌入式这三个阶段, 如图 2 所示。

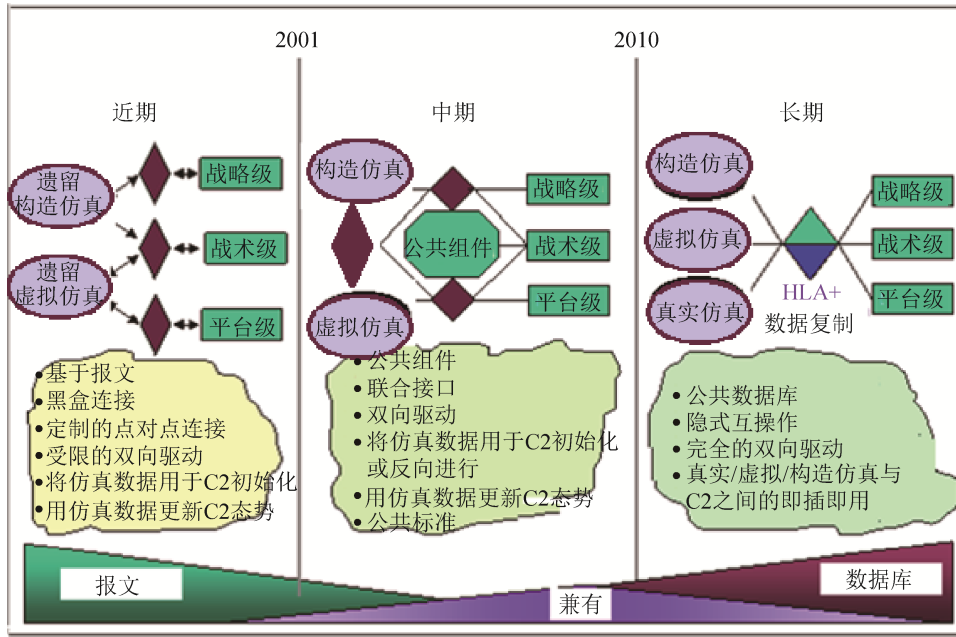


图1 美军作战仿真与指控系统互操作路线图

Fig. 1 Roadmap of the interoperability between US army C2 and combat simulation systems

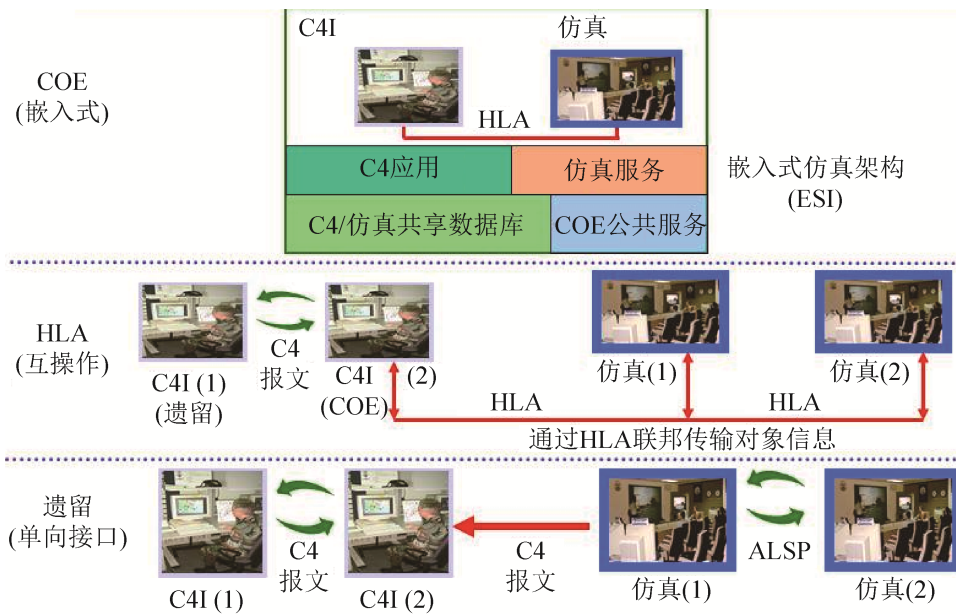


图2 美军作战仿真与指控系统互操作的发展历程

Fig. 2 Development stages of the interoperability between C2 and combat simulation systems

2.2.1 单向接口

单向接口(由作战仿真到指控系统的单向交互)是早先遗留的方式。作战仿真系统之间基于聚合级仿真协议(ALSP)进行交互, 指控系统之间采用标准报文进行交互, 作战仿真系统按照标准报文的格式, 将生成的信息进行转换, 之后通过套接字传输

给指控系统。

美军在这个领域开展的试验始于 1980 年前后, 采用标准的报文格式, 将战术仿真系统(TACSIM)连接到美国自动化国防信息网络(AUTODIN), 以支持国家能力的总体开发(TENCAP)项目^[4]。其它典型实例如集团军作战仿

真系统(CBS)与“阿法兹”高级野炮战术数据系统(AFATDS)、“不死鸟”空空导弹机动控制系统(MCS/P)等指控系统的接口^[5]。

2.2.2 双向接口

高层体系结构(HLA)为真实、虚拟以及构造等不同类型仿真之间的互操作打下了良好基础。基于 HLA 的互操作自然地成为作战仿真系统之间、作战仿真系统与指控系统之间双向互操作的主要方法。

1998-2000 财年, 美军开发由海军全球指挥控制系统(GCCS-M)和海军仿真系统(NSS)构成的联邦, 完成了机动要素的测试; NSS 在通过 DII COE 的兼容性测试后, 被段打包; 并随 GCCS-M 一同被交付给海军的其他使命任务程序^[6]。

2.2.3 嵌入式

为实现作战仿真系统与 C2 系统之间完全的互操作, 并提高互操作的效率及质量, 美海军在 2002 年启动了嵌入式仿真架构(ESI)项目, 试图以 DII COE 为平台, 将作战仿真嵌入其中。

目前, 美海军组织开发了嵌入式仿真架构建模与仿真软件开发包(M&S SDK), 并将其应用于 4 个 C2 系统的 5 个使命任务程序^[7]。这些 C2 系统包括全球指控系统(GCCS)、全球指控系统海军分系统(GCCS/M)、全球战斗支援系统(GCSS)、一体化情报与成像系统(I3), 涉及的基于仿真的使命任务程序包括大规模杀伤性武器分析(WMDA)、C4I 人员训练系统(CTTS)、嵌入式训练(ET)、重构段(GCCS 及 GCCS/M)、大区域跟踪靶场(LATR), 其中, WMDA 主要用来分析核生化武器的效应以及评估对于包含此类物质的设施所进行常规打击的影响, CTTS 将在 3.2 节中作为案例进行介绍。

2.3 发展趋势

美军作战仿真系统与 C2 系统的互操作将重点向语义互操作方向发展, 需要为交互增加语义信息。下一步相关研究包括公共数据模型^[8]、语义网^[10]、Web 服务^[11]、形式化语言^[9,13,15]等。

3 案例研究

3.1 NSS/GCCS-M 联邦

3.1.1 联邦的结构

NSS/GCCS-M 包含两个成员: 美海军全球指挥控制系统(GCCS-M)和海军仿真系统(NSS)。

GCCS-M 主要任务是为美国国家指挥当局提供世界范围内所需要的准确情报和及时的决策, 同时也给海军指挥系统以信息支援。航迹数据库管理程序(TDBM)及其应用程序接口(API)则在联邦开发当中发挥了很大作用。

NSS 是采用面向对象技术开发的蒙特卡洛仿真系统, 用以描述海军及联合作战, 支持舰队的演习、试验以及指控系统分析。目前, NSS 已被用来辅助战术决策, 提出备选行动方案(COA)并进行评估, 为人员训练提出“激励”输入, 为实装指控系统生成仿真的平台、系统或指挥员级的实体。

3.1.2 联邦互操作的原理

为达成各项预期目标, NSS 需要与 GCCS-M 达成较高层次的互操作。该联邦从仿真开发人员的角度实现互操作(图 3)。GCCSAmb 是 GCCS 公共态势图应用程序与 RTI 的接口, 调用必需的 RTI 服务以加入联邦、声明公布/订购、接收对象属性更新以及发送交互。接收到对象属性的更新值时, GCCSAmb 将其与自己维护的已知的航迹数据进行对比, 并调用 TDBM API 将航迹数据写入航迹数据库。此后, COP 即可接管后续显示工作。

以战时对马海峡护航为想定背景, 对该联邦的互操作能力进行了检验, 达到了预期目标。

3.2 C4I 人员训练系统(CTTS)

CTTS 于嵌入式仿真架构(ESI)进行构建, 被用以训练舰载 C4I 系统及导弹(如“鱼叉”、“战斧”)的操作人员。

3.2.1 ESI 的一般结构

考虑到海军任务的多样性, ESI 的结构是逐步演化的, 最终目的是形成一个通用结构, 以达成足

够的灵活性以适应不同应用带来的新的需求及变化^[7]。在 ESI 的通用结构中, 在应用服务器(即作战仿真程序)周边有 4 个功能模块, 而应用服务器及这些功能模块均采用客户端/服务器架构, 且构建在 DII COE 的基础之上(图 4)。

在图 4 中, 有 3 个客户端, 即数据库客户端、运行时客户端以及输出客户端。而建模与仿真服务则被组织成为功能域。目前已明确, 兵力机动、时间基准管理、仿真-公共态势图、归档/回放/查询、静态与战术数据库访问、分布式应用服务等应用依赖于当前正开发的 5 个使命任务程序。

3.2.2 CTTS 的结构

CTTS 的应用服务器基于海军已有的 CMTpc 训练系统开发, 是巡航导弹训练器(CMT)服务器, 其结构如图 5 所示。

4 对促进我军作战仿真与指控系统互操作发展的启示

目前, 我军作战仿真与指控系统互操作的发展仍处于初步阶段。总结美军作战仿真与指控系统互操作的发展历程及其特点, 掌握相关典型实例所采取的技术路线, 可以吸取其有益经验, 得出促进我军作战仿真与指控系统互操作发展的启示。

4.1 强化领域合作

在早期阶段, 作战仿真与指控系统之间的互操作曾被不公平地认为主要是作战仿真社区重点考虑的事情。美军已意识到, 实现互操作是作战仿真和指控领域的共同责任, 局面有了变化, 具体体现为^[12]: (1) 指控系统需求文档中开始出现一些与仿真相关的需求; (2) 国防部关于采办改革的政策 (DoD 5000.2) 中开始强调系统的互操作; (3) 仿真与指控互操作联盟 (SIMCI) 所开展的一些活动。

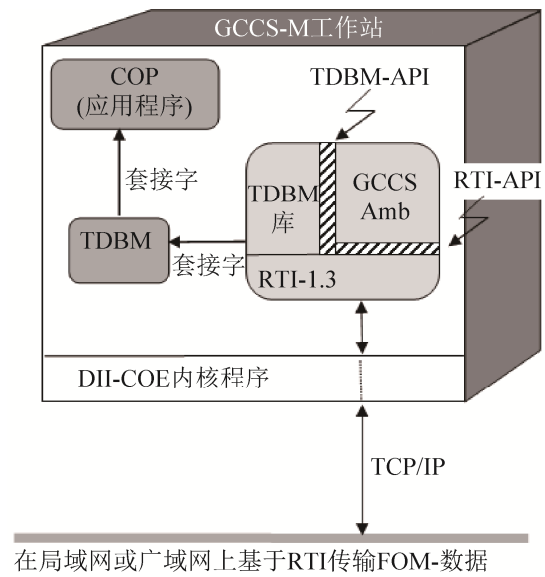


图 3 NSS/GCCS-M 联邦的互操作原理
Fig. 3 Interoperability principle of the NSS/GCCS-M federation

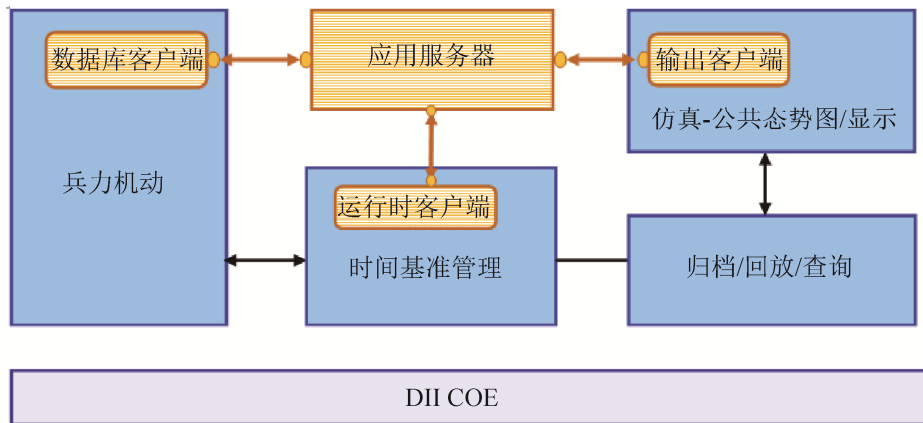


图 4 ESI 的通用结构
Fig.4 General structure of ESI

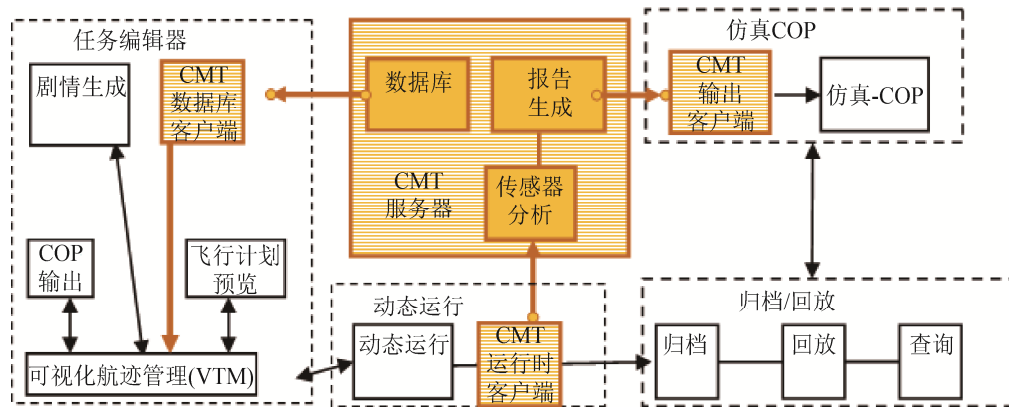


图 5 CTTS 的结构

Fig. 5 System structure of CTTS

强化这两个领域合作可采取的主要措施包括:

(1) 指控系统提供类似于作战仿真的运行模式, 支持检查点/重新启动、时间同步、时间管理、数据库同步等操作; (2) 指控系统提供稳定的应用程序接口, 供仿真系统使用; (3) 指控系统提供仿真对象模型(SOM), 对可供仿真系统访问的数据进行描述; (4) 将作战仿真系统打包成为作战指挥平台上的段。最理想的情况, 两者能够采用共同的基础架构。这也是发展方向。

4.2 制定长远规划

美军在作战仿真、指控系统这两个领域都具有战略规划的传统。同样, 在互操作问题上, 美军注重以清晰的长远规划为发展战略, 分阶段逐步持续推进两者之间的互操作, 如上述作战仿真与指控系统互操作发展路线图当中的单向接口、双向接口一直到嵌入式互操作, 体现了实现上由易到难、路线技术由简易到复杂、互操作层级由低到高的循序渐进的发展过程。

目前, 我军在仿真预研项目、一体化指挥平台建设分别制定有规划或里程碑节点, 但在两者之间的互操作方面缺乏长远规划。为促进该领域的可持续有序发展, 我军应制定切实可行的长远规划。

4.3 注重协调管理

为加大技术攻关力度, 美军十分注重协调与管理。例如, 国防部建模与仿真办公室(DMSO)改制

为建模与仿真协调办公室(MSCO), 国防部信息系统局成立了 19 个联合技术工作组(TWG), 海军建模与仿真办公室(NMSO)等军种建模与仿真办公室统一协调本军种的互操作相关事务; 各技术团体也成立专门的协调机构, 如仿真互操作标准化组织(SISO)于 1999 年 3 月成立了仿真与实装指控系统互操作研究小组(M&S-to-C4I SG)。军方与技术团体之间也密切合作, 如, 陆军牵头成立了报文处理、数据访问、通信服务、告警等 TWG^[14]。

目前, 我军急需在高层成立专门管理机构, 全面梳理军内外作战仿真建设现状, 针对作战仿真与指控系统互操作面临的瓶颈和制约, 加强管理协调和关键技术攻关力度, 形成合力, 实现这两大领域的资源共享和优势互补, 朝着“战训一致”的目标努力。

5 结论

作战仿真与指控系统的互操作涉及指控、仿真两大领域, 是个非常复杂的问题, 不可能一蹴而就。深入研究美军作战仿真与指控系统互操作的发展历程及其典型案例, 从强化指控与仿真领域的合作、制定长远规划以及注重协调管理等方面得出了对促进我军该领域发展的启示。

参考文献:

- [1] 徐享忠, 郭齐胜, 张伟, 等. 先进分布仿真[M]. 2 版. 北京: 国防工业出版社, 2013: 178-180.
Xu X Z, Guo Q S, Zhang W, et al. Advanced distributed simulation[M]. Beijing: Defence Industrial Press, 2013:

- 178-180.
- [2] 李辉光. 美军信息作战与信息化建设 [M]. 北京:军事科学出版社, 2004: 315-318.
Li H G. US Army information operation and information-based construction[M]. Beijing: Military Science Press, 2004: 315-318.
- [3] Timian D H, Hieb M R, Lacetera J, et al. Report Out of the C4I Study Group[C]. Fall Simulation Interoperability Workshop (00F-SIW-005), San Diego, CA, 2000.
- [4] Allen G, Smith R D. TACSIM: Intelligence Training for Tomorrow's Battlefield[R]. Military Intelligence Professional Bulletin. Fort Huachuca, Arizona, 1994.
- [5] Smith R D. The Conflict between Heterogeneous Simulations and Interoperability[C]. Proceedings of the 1995 Interservice/Industry Training Systems and Education Conference. Albuquerque, NM, 1995.
- [6] Robert L, Marnie S, Garrett B. A Demonstration of C2I System-to-Simulation Interoperability: The NSS/GCCS-M Federation [C]. Fall Simulation Interoperability Workshop (99F-SIW-065), San Diego, CA, 1999.
- [7] John D, Daniel R, Jim W. Integrating Simulations into DII COE Compliant C4I Systems [C]. Fall Simulation Interoperability Workshop(02F-SIW-048), Newport, RI, 2002.
- [8] Mark J P, Douglas C, Thomas R, et al. Linked Heterogeneous BML Servers in NATO MSG-085 [C]. Fall Simulation Interoperability Workshop (13F-SIW-024), Orlando, FL, 2013.
- [9] Gustavsson M, Wemmergrd J, Jonsson F. Object-Oriented implementation of Grammar Based Battle Management Languages [C]. Spring Simulation Interoperability Workshop (12S-SIW-001), Orlando, FL, 2012.
- [10] Samuel S. Semantic C2SIM: Scope and Challenges[C]. Fall Simulation Interoperability Workshop (14F-SIW-037), Alexandria, VA, 2014.
- [11] Mark J, Magnus G. Publish/Subscribe and Translation Performance in the WISE-SBML Server for MSDL and C-BML [C]. Fall Simulation Interoperability Workshop (14F-SIW-036), San Diego, CA, 2014.
- [12] Brennan J M, Smith E B. M&S-C4ISR Interoperability/Synchronization Issues and Potential Solutions [C]. 2001 Spring Simulation Interoperability Workshop, Orlando, FL, 2001.
- [13] Remmersmann T, Schade U, Khimeche L, et al. Lessons Recognized: How to Combine BML and MSDL[C]. 2012 Spring Simulation Interoperability Workshop (12S-SIW-012), Orlando, FL, 2012.
- [14] The Office of the Defense Information Systems Agency. Defense Information Infrastructure (DII COE) Technical Working Groups and Advisory Group Page [EB/OL]. (2000-08-12) [2015-03-09]. http://diicoe.disa.mil/coe/aog_twg/twg/twg_page.html.
- [15] Thomas R, Dr Ulrich S, Kellyn R, et al. BML for Communicating with Multi-Robot Systems[C]. Fall Simulation Interoperability Workshop (15F-SIW-001). Orlando, FL, 2015.

(上接第 4685 页)

- [4] 李妮, 龚光红, 彭晓源, 等. 面向服务的基于仿真的采办支撑环境体系结构研究[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(12): 2401-2407.
Li Ni, Gong Guanghong, Peng Xiaoyuan, et al. Simulation-based Acquisition Supporting Environment Architecture Based on Service-oriented Architecture[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2008, 14(12): 2401-2407.
- [5] 陈学勤. 基于Web服务的虚拟采办若干关键技术研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2009.
Chen Xueqin. Research on Several Key Technologies of Web Services Based SBA System[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2009.
- [6] 李瑾, 宋建社, 王正元, 等. 备件消耗预测仿真方法研究[J]. 系统仿真学报, 2006, 23(12): 306-309.
Li Jin, Song Jianshe, Wang Zhengyuan, et al. Simulation of Spare Wastage Forecast[J]. Computer Simulation. 2006, 23(12): 306-309.
- [7] 刘喜春. 不确定需求下航空备件多阶段供应保障规划模型及动态协调机制研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2009.
Liu Xichun. Study on Planning Models and Dynamic Coordination Mechanisms for Multi-stage Spare Parts Support under Demand Uncertainties[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2009.
- [8] 王东南. 面向任务的维修保障能力评估建模与仿真技术研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2005.
Wang Dongnan. Modeling and Simulation of Task-Oriented Evaluation of Maintenance Support Capability [D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2005.
- [9] 宋明, 刘丽. SBA 中生命周期费用预测算法库的研究[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(2): 23-30.
Song Ming, Liu Li. Research on Algorithm Library of Prediction in Life Cycle Cost[J]. Journal of System Simulation, 2009, 21(2): 23-30.