



Model Service Architecture and Theconology
Method for Campaign Training

战役训练模型服务 体系与技术方法

李宏权 邓桂龙 著



國防工業出版社
National Defense Industry Press

战役训练模型服务 体系与技术方法

Model Service Architecture and Theconology
Method for Campaign Training

李宏权 邓桂龙 著

国防工业出版社

· 北京 ·

2012065816

图书在版编目(CIP)数据

战役训练模型服务体系与技术方法 / 李宏权, 邓桂龙著. —北京: 国防工业出版社, 2012. 10

ISBN 978-7-118-08268-5

I. ①战... II. ①李... ②邓... III. ①战役训练 - 仿真模型 - 研究 - 中国 IV. ①E251

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 199204 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880 × 1230 1/32 印张 6 $\frac{3}{4}$ 字数 190 千字

2012 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

前 言

自从人类有了战争,战争的不确定性就一直对军事行动提出挑战,人们也在用各种不同的手段对军事对抗局势进行预先的智力推演,对战事的进程和结果进行推断,以期寻求夺取战争胜利的作战方案和训练方法。目前,世界各国都十分注重作战模拟的研究与应用,将其看作是不可替代的军事训练和研究手段,称其为“现代技术与战争艺术的完美结合”。

随着军队信息化建设进程的快速发展,作战模拟方法在军事领域的应用正逐步扩大和深化,使得军队对作战模拟系统的需求迅速增大,尤其是对以计算机技术为核心的战役模拟,在战役训练和作战实验等方面对模拟系统的应用需求更为迫切。为了满足部队对模拟训练系统的需求,降低系统的开发成本、提高系统的开发效率,以及增强模拟系统的灵活性和可扩展性要求,急需一种有效的模型共享服务的方法和手段。

近年来,模拟训练系统的建设有了较大的发展,积累了大量的军事模型。由于缺乏建模的统一标准,缺少统一有效的管理,极大地影响了模型资源的可重用性和可重构性。在统一的标准和平台下,通过对军事模型进行科学有效的管理和使用,实现模型资源、存储资源、计算资源的共享服务,是当前作战训练领域模拟训练系统

发展的方向,也是信息化条件建设的重要内容之一。

战役训练模型服务的目标就是要以服务的方式解决模型共享的问题,努力实现把宝贵的战役模拟训练的力量联合起来,给其中的每一个成员使用,实现资源的共享和面向用户的透明服务。这里的资源包括计算资源、存储资源、网络资源、数据资源和对于作战模拟最重要的模型资源。战役训练模型服务的核心理念是服务,以战役模拟训练需求为中心,为用户提供更多、更方便的模型服务。

本书除倾注了李宏权和邓桂龙两位作者的辛勤劳动之外,还要特别感谢两位作者共同的博士生导师毕长剑教授,他对本书的完成倾注了大量的心血,对全书的内容进行了详细的审阅,并提出了许多宝贵的意见。同时,空军指挥学院的赵倩教授,空军预警学院的熊家军教授、钱建刚副教授、岳明光副教授、李刚副教授、郑锋副教授审阅了本书,并提出了诚恳的修改意见,在此致谢。

尽管我们做出了最大的努力,但由于该书内容涉及多个学科专业,知识面宽,有些还处于不断发展之中,书中难免存在疏漏之处,恳请同行专家和广大读者批评指正。

作者

2012年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 模拟训练与模型服务的发展	2
1.1.1 模拟训练的发展历程	2
1.1.2 模型服务的发展历程	5
1.1.3 战役及战役模拟训练发展方向	8
1.1.4 战役训练模型服务概念提出及研究意义	11
1.2 战役训练模型服务研究现况	15
1.2.1 模型服务相关论述	16
1.2.2 当前模型服务采用的方法	18
1.2.3 当前模型服务需进一步解决的问题	19
1.2.4 当前模型服务问题解决方法	21
1.3 战役模拟训练与作战实验	23
1.3.1 战役模拟训练	23
1.3.2 作战实验	23
1.3.3 两者的异同	24
1.4 本书的研究重点及内容组织	27
1.4.1 研究重点	27
1.4.2 内容组织	29
第 2 章 战役训练模型服务体系	31
2.1 体系及体系结构	31
2.1.1 体系及体系结构定义	31
2.1.2 体系及体系结构的特点	33
2.1.3 体系及体系结构的作用	34
2.2 战役训练体系	35

2.2.1	战役模拟训练的定义	35
2.2.2	战役训练的对象	36
2.2.3	战役训练的内容	36
2.2.4	战役模拟训练的形式	36
2.3	模型服务相关技术分析	37
2.3.1	软件重用技术	37
2.3.2	模型计算技术	41
2.3.3	云计算技术	44
2.4	CTMS 体系分析	48
2.4.1	CTMS 相关概念	48
2.4.2	CTMS 服务对象	49
2.4.3	CTMS 体系要素	50
2.5	CTMS 体系结构	52
2.5.1	CTMS 主要功能	52
2.5.2	CTMS 体系设计	53
第3章	模型服务平台框架结构设计	59
3.1	基于对象模型的典型仿真框架分析	59
3.1.1	FLAMES 系统及其对象模型体系框架	59
3.1.2	JSIMS 仿真系统及其军事建模框架	61
3.1.3	OneSAF 建模框架	62
3.1.4	可扩展建模与仿真框架	63
3.2	MSCP 分析	63
3.2.1	MSCP 的特征	64
3.2.2	MSCP 的研究目标	65
3.2.3	MSCP 的服务模式	65
3.3	MSCP 网络结构设计	71
3.3.1	栅格网络设计	71
3.3.2	网络通信协议	72
3.3.3	网络接入方法	75
3.4	MSCP 层次结构设计	77
3.4.1	云架构的基本层次结构分析	77

3.4.2	基于云计算的 MSCP 体系层次结构	79
3.4.3	MSCP 基础设施层设计	80
3.4.4	MSCP 平台层设计	85
3.4.5	MSCP 应用层设计	89
第 4 章	面向领域特征的战役训练模型组件空间	93
4.1	模型组件及领域特征的概念	93
4.1.1	模型及模型组件	93
4.1.2	领域特征	95
4.2	战役模拟训练建模特点	97
4.2.1	战场环境复杂化	97
4.2.2	武器装备透明化	98
4.2.3	军事行动灵活化	98
4.2.4	信息交换标准化	98
4.2.5	指挥界面实装化	98
4.3	战役训练模型组件空间	98
4.3.1	指挥技能训练类模型	99
4.3.2	战役作战模拟类模型	101
4.3.3	公共基础类模型	106
4.4	面向领域特征的战役训练模型规范	108
4.4.1	模型的文件组成	108
4.4.2	模型组件描述方法	110
4.4.3	特征与模型组件关系	115
第 5 章	战役训练模型服务资源管理	118
5.1	基于云计算的硬件资源管理	118
5.1.1	基于云计算的资源池设计	118
5.1.2	云中的资源发现方法	119
5.1.3	云中的资源调度策略	120
5.1.4	资源调度策略的实现	121
5.2	模型资源全生命周期管理	123
5.2.1	领域需求分析	123
5.2.2	模型需求制定	124

5.2.3	模型设计实现	125
5.2.4	模型评审校验	126
5.2.5	模型资源注销	127
5.3	模型数据资源管理	128
5.3.1	数据虚拟化映射	129
5.3.2	数据传输	131
5.3.3	数据副本管理	134
5.4	任务调度管理	135
5.4.1	任务调度目标函数	136
5.4.2	调度算法分类	136
5.4.3	无依赖关系任务的遗传调度算法	137
5.4.4	有依赖关系的调度算法	139
第6章	战役训练模型服务实现方法	140
6.1	基于 MSCP 的战役训练	140
6.1.1	基于 MSCP 的战役训练模式	140
6.1.2	基于 MSCP 的战役训练流程	141
6.2	战役模拟训练组训编辑	145
6.2.1	Eclipse 插件机制	146
6.2.2	作战计划编辑器的设计	146
6.2.3	作战计划编辑器的实现	148
6.3	战役训练模型服务组件装配	149
6.3.1	模型服务组件的匹配	149
6.3.2	模型服务组件的连接	153
6.3.3	模型服务组件的组装	157
6.4	基于信任的模型服务选择	159
6.4.1	信任的定义	159
6.4.2	基于信任的服务选择算法	160
6.4.3	信任更新方法	164
6.5	战役训练模型服务运行	165
6.5.1	运行脚本的 XML 文档结构	165
6.5.2	运行脚本的解释执行过程	168

第7章 支撑空中进攻战役训练的模型服务实例	170
7.1 战役训练想定	170
7.1.1 战役想定基本情况	170
7.1.2 红方空中作战力量及其作战行动	171
7.1.3 蓝方作战力量及重要目标	172
7.2 实例的模型组件建设	174
7.2.1 战场空间作战实体模型构成	174
7.2.2 战场实体行动模型组件构成	176
7.2.3 模型组件的设计与实现	177
7.3 基于 MSCP 的战役训练组织实施	182
7.3.1 战役训练结构设计	182
7.3.2 战役训练的准备	183
7.3.3 战役训练的实施	185
附录 A 红军主要兵力编成及部署	194
附录 B 蓝军主要作战力量及重要目标	197
参考文献	200

第1章 绪 论

恩格斯曾指出：“一旦技术上的进步可以用于军事目的，它便立刻几乎强制地，而且往往是违反指挥官的意志而引起作战方式的改动甚至变革。”当前科学技术的飞速发展尤其是信息技术的发展，引发了新的军事变革。战役训练模拟作为技术和军事交叉的学科，在面临信息技术发展带来的重大机遇的同时，也正在经受前所未有的挑战。这些机遇和挑战不仅在于对信息化战争的认识和把握上，而且体现在观念、手段和方法等方面。战役模拟的发展，面临着以信息技术革命为基础的新军事变革带来的机遇，受到了新军事变革而导致的对战役模拟方法的重大挑战。研究这些问题，迎接未来的挑战，对把握未来战役模拟的发展趋势将是十分重要和有益的。

与许多军事理论研究相似，目前的作战模拟方法基本上还是以近 100 年前产生的兰彻斯特方程、40 余年前产生的指数法以及传统的蒙特卡洛方法等作为理论基础，还在围绕着火力作战和火力杀伤损耗，单一军兵种作战而不是体系作战、信息化作战的思路进行^[1]。这种所谓“科学”的模拟仿真和分析论证，实际上还是没有跳出“模拟历史”的老路。显然无法适应未来信息化战争条件的作战训练和武器装备发展的要求。出于战争复杂性原因，即使经过了多年的努力，但现在也还没有找到一种能够彻底解决体系对抗问题，特别是高层体系对抗问题的模拟分析方法。模型不仅是作为作战模拟系统运行的核心，也是进行作战研究和训练的基本依据，但恰恰在这方面差距最大，新的军事模型构建还存在很大的缺口。这一问题的解决，并不是简单地通过对目标的量化就能实现的。近些年来，人们对模拟系统与技术的关注，远远地超过对模型的关注，而实际上应该恰恰相反才对。

本书研究的目标就是要解决战役训练模型服务问题,实现模型与系统的专业分离。本书将从战役训练的模型服务需求入手,提出支撑战役训练模型服务的总体结构,对模型服务中的关键技术进行重点论述。

1.1 模拟训练与模型服务的发展

以史为鉴,可知兴替。本节将通过对模拟训练和模型服务的发展历程研究,提出战役训练的发展方向,进而提出战役模拟训练模型服务的概念。

1.1.1 模拟训练的发展历程

模型服务的目的是为战役模拟训练提供技术支撑。研究模型服务的背景,就必须首先了解战役训练的发展历程,特别是战役模拟训练的发展历程。

1. 国外模拟训练的发展

有史以来,各个民族、各个国家都非常重视军事训练、作战规则和军事理论研究。在国外的模拟训练发展过程中,长期以来,美国一直是应用作战模拟技术最先进的国家^[1]。下面将以美军为代表来阐述国外模拟训练的发展。

美国早在 1916 年成立了海军研究试验室,致力于海军作战研究。1942 年 3 月 1 日,美国第一个军事运筹研究机构,海军军械研究所运筹组正式成立。到 20 世纪 60 年代之前,其作战模拟的方法主要采用机械的手段来完成,以半实物仿真为主。随着计算机技术在作战模拟领域的运用,模拟训练的发展开始步入了数字化时代。

20 世纪 60 年代以后,随着军事运筹学、系统工程理论和计算机技术的不断发展,作战模拟进入到了广泛使用计算机的新阶段,也就产生了现代作战模拟。20 世纪 60 年代初,以计算机为主要工具的作战模拟较多的是应用于各种武器系统的仿真器开发,包括飞机、导弹、舰船、坦克、装甲车等。用于战役战术训练的计算机系统出现则是 20 世纪

60年代末。1967年,美国TRW公司^①承接了DARPA^②的合同,为美国陆军研制一个小型侦查分队训练战术和评估效率的作战模拟系统,取名为“小型独立行动部队模型”,即SIAF模型^[1]。1970年投入使用,随之对此系统进行升级,研制出MAFIA系统,用于营、旅一级的战斗。到1974年,美国国防部的应用清单中有四五百个作战模拟模型。建立每个模型大约为4.5万美元。国防部的所有分支机构,包括部长办公室都赞助这方面的研究工作。空军负责整个活动的25%,陆军40%,海军和海军陆战队25%,参谋长联席会议和国防部长办公室10%。

20世纪80年代以后,计算机网络技术、图形图像技术、虚拟现实技术等现代信息技术的广泛应用,使模拟训练的发展开始步入了网络化时代。从1983年开始,DARPA和陆军共同率先制定了SIMNET计划,用于解决分散在异地的多模拟器之间的互联互通互操作问题。到1990年,SIMNET已经具有260个实体,分布在美、德等11个地点上。由此,模拟训练从单纯的技术模拟训练进入到简单的战役战术训练阶段,作战模拟训练不断向前发展。

1990年,受SIMNET成功的鼓舞,美国开始聚合级模拟的研究,即在单个作战实体的基础上,聚合构造出部队单元,进而实现部队的作战模拟。美国国防部高级研究计划署提出聚合级仿真协议(Aggregate Level Simulation Protocol,ALSP)的概念,用于研究聚合级分布推演仿真系统的体系结构、标准和相应的关键技术,并将基于ALSP标准的分布式交互仿真系统应用于1992年以后的多次军事演习中,使ALSP得到了改进和完善。随后在取得模拟训练的丰富经验上,美国相继开发出“联合兵种训练模拟系统”(CATTs)、“军团战役模拟系统”(CBS)、“两面神模拟系统”(JANUS)、“扩展的防空模拟系统”(EADSIM)、“联合作战模拟系统”(JWARS)、“联合建模与仿真系统”(JMASS)、“战士模拟系统”(WARSIM 2000)、“网络战模拟系统”(NETWARS)、“虚拟指挥官训练系统”(VLET)等各种用于战术战役规模的模拟训练系统。

① 美国TRW公司的前身是成立于1954年的拉莫·伍德里奇公司,它是第一个为研制导弹和航天系统提供系统工程服务的公司。

② DARPA:美国国防部高级研究计划署。

1995 年,美国由国防部建模与仿真办公室(Defense Modeling and Simulation Office, DMSO)在其建模与仿真主计划(Modeling and Simulation Master Plan, MSMP)中,提出了国防领域建模与仿真的通用技术框架——高层体系结构(High Level Architecture, HLA)、任务空间概念模型(Conceptual Models of Mission Space, CMMS)和数据标准(Data Standard, DS)。HLA 标准确立后,于 1996 年 9 月正式提出了 HLA 的定义、组成和接口规范说明。美国、英国等先后成功地研制出了 HLA 关键部分运行支撑基础体系(Run - Time Infrastructure, RTI),并成功地将 HLA 推广到许多仿真系统中。为支持通用军用仿真系统的构建,美国国防部规定把 HLA 作为美国军用仿真的标准技术结构,从 1999 年开始不再投资非 HLA 的项目,同时,HLA 于 2000 年被确立为 IEEE1516 标准。从 2001 年开始美军淘汰所有的非 HLA 兼容的项目。

进入 21 世纪,随着作战模拟应用的不断深入,建模与仿真系统依旧面临着一系列问题和挑战。例如,HLA 运行支撑框架 RTI 的实现与特定编程语言及计算机平台有关,互操作性有限,需要引入新的技术以实现仿真应用在更大规模上的互操作性;与其他领域的许多标准脱节,跟诸多商业应用不兼容,特别是 Web 技术并未在建模与仿真领域得到广泛有效的应用等。为解决这些问题,建模与仿真界需要确定和采纳有关的革新技术。目前,建立在因特网和 Web 技术之上的软件系统可以实现全球范围的互操作,一个基于 Web 的可扩展的框架能够为增强建模与仿真系统的功能提供可行的技术途径,从而满足训练、分析以及系统采办等方面的需求。后续章节,将会对几种典型的模拟仿真框架进行介绍。

2. 国内模拟训练的发展

古人云:“运筹帷幄之中,决胜千里之外。”“运筹帷幄”就是对军事对抗局势的预先推演,我国亦十分重视作战模拟的研究。20 世纪 80 年代初开始,相关院校纷纷结合自身教学训练的需要,积极开发用于战役组织指挥及对抗演习的战役训练模拟系统。截至到 20 世纪 90 年代初,基本成立了专门的教学科研机构,开发完成了适应自身教学训练需要的指挥训练模拟仿真系统,对指挥训练类模拟系统的军事需求、体系

结构、控制机理、建模方法等核心问题已经有了统一认识,并形成了相应的理论专著。在系统的应用方面,也基本实现了适应不同层次首长和机关训练要求的战役战术模拟训练,对提高军事训练效益和质量发挥了重要作用。

20世纪90年代后,随着军队科技练兵活动的深入开展,模拟训练受到前所未有的重视,同时伴随着分布交互式仿真技术的发展,战役模拟研究也进入了一个全新的阶段。以诸军兵种联合作战为牵引,通过系统集成工程,完善已有作战指挥训练模拟系统的功能,以逐步实现统一系统模型体系、统一模拟数据体系、统一指挥界面和统一资料服务为目标,从而使部队作战指挥训练模拟系统的开发走上标准化、正规化的研制轨道。最终建成了既能在网上进行多级、多军兵种、多领域的联合综合演练,又能实施单级或单一军兵种独立训练的大型智能化演练平台。

从部队战役模拟的研究现状来看,目前已经基本形成了与使用需求相配套的战役模拟训练体系,但仍存在着一些问题,主要表现在四个方面:一是系统功能单一,目前的模拟系统和研究主要集中于战役程序训练的应用上,对如何体现对抗性联合演练研究不足;二是模拟系统的灵活性和可扩展性不够,无法适应现代战争的快速发展;三是有些关键性问题的研究还没有取得重大突破,制约了应用研究的发展;四是资源分散、共享不足,已有的研究成果没有得到有效的推广和应用。对于这些存在的问题,也是本书力图研究并解决的重点。

1.1.2 模型服务的发展历程

模型服务的概念并不是与模拟训练同时产生的,而是随着信息技术的发展于近些年提出来的。特别是近几年,随着仿真网格、普适仿真、SOA(Service-Oriented Architecture)和云计算等技术的快速发展,服务的思想和理念逐渐被人们所认识,并正成为模拟训练发展的一个重要方向。模型作为战役模拟训练系统建设的核心组成要素,共享和重用模型资源是人们长期不懈的追求目标。模型服务正是在模型资源共享和重用的思想下发展而来的,是模型资源共享和重用思想的继承和发展。追述历史,模型服务的发展可分为四个阶段。

1. 个体化建设阶段

20 世纪 60 年代,国外以计算机为主要工具的作战模拟较多的是应用于各种武器系统的仿真器开发,包括飞机、导弹、舰船、坦克、装甲车等。模拟训练系统针对性强,功能相对单一,模型在独立环境下,按照某个应用需求,专门研制或特殊定制,只能专用于所属的应用系统。模型和数据、系统以及硬件等捆绑研制,不具备独立性和通用性,没有标准,不能重用和共享。模型的研制各自为阵,独立经营,呈现小作坊式生产。此时,模型共享和重用的需求还不明显。随着模拟训练系统开发数量的提高,模型的数量亦逐渐增多,模型的共享和重用需求开始逐步显现。

2. 协作化建设阶段

20 世纪 80 年代,国外的模拟训练系统已开始向网络化方向发展,我国的模拟训练系统才刚刚起步。此阶段模型的建设开始在多单位协作环境下,为某应用领域或多个相关应用系统研制。模型开始被从特定的系统中剥离出来,人们在建立模型时抽象出其所属的应用领域的共同特征。虽然模型和应用系统的结合仍相对紧密,但模型已开始能够在本领域或协作圈内部小范围重用和共享,初步具备了狭义的通用性和内部标准。

3. 工程化建设阶段

20 世纪 90 年代中后期,战役模拟训练开始向精细化、大型化方向发展,为满足战役训练的需要,模拟训练发展为在战役作战集团的指挥下,带多兵种和实兵行动的多重联合作战训练,急需寻求有效的方法摆脱作战仿真模型开发往往落后于军事需求的局面。从作战模型领域中军事模型演化趋势看,建模、验模方法和相应模拟软件正向一体化、智能化、虚拟现实环境和面向对象趋势迅速发展,特别是按一体化建模思想建立的各类军事模型越来越趋向于满足可重用性的要求。在工业化思想的影响下,模型开发和应用系统脱离,模型具有较强的可重用性和共享性,具备了一定的通用性和建模标准,模型的研制开发成为了独立的产业,呈现工业化方式生产。模型库的建设是这一时期的主要特点,就是将已有的模型集中起来构成一个模型库,供用户重复使用。国外较知名的有 Overture^[32], Sundance^[33] 和

UG^[34]程序库。所有的库都提供了创建数字模拟系统所需要的如数据结构、解决方法等的基本元素。Sundance 库是基于符号系统构建,允许开发者去创建如偏微分方程等解决方法,通过写出数学公式来替代写出这个真实的数学算法。Overture 和 UG 也为用户提供了一个等效的模型库方法,但它们的具体实现各有不同。我国关于模型库的设想最初可见于张最良等所著《关于军事建模标准化的几个问题》一书。随着部队战役模拟训练系统的发展,各个系统均构建了自己的模型库。但是,由于系统多采用不可重用的专用模型。因此,给战役模拟训练系统模型库中的模型重用带来了很大的困难。目前,我国依然处于模型工程化建设阶段。

4. 服务化发展阶段

进入到 21 世纪,信息技术日新月异,军事模拟仿真技术、Web Service 2.0 技术以及云计算技术出现,使得软件即服务(SaaS)、平台即服务(PaaS)、基础设施即服务(IaaS)思想从理论走向实践,把战役模拟训练的模型服务带到了一个全新的时代。模型的工程化建设,使得模型的数量有了大幅的增加。但此时的模型对用户来说是被动的,传统的被动式的模型资源共享已经很难满足未来战役模拟训练的需要,服务的思想已慢慢靠近,主动式的模型服务思想应运而生。我们还在进行模型工程化建设的同时,主动式的模型服务研究已经开始。

2003 年,毕长剑教授在其技术报告中,提出了“军事模型计算服务”的概念。2006 年,毕长剑教授在“作战仿真军事模型服务研究”一文中进一步对军事模型服务建设的目的、指导思想、主要内容、技术实现等问题进行了分析阐述。同年,赵倩副教授所撰写的“基于网格的军事模型服务体系结构”^[18]对军事模型服务的体系架构等技术细节的设计与实现进行了分析研究。他们认为,模型服务的宗旨是为作战模拟系统应用提供统一的军事模型规范,不仅为军事模型的使用者提供一个共享存储与共享计算服务的平台,而且为军事模型开发者提供模型开发的可执行标准,降低开发工作中的无序性,同时还可使决策者能更加全面地了解 and 掌握军事模型的开发情况,科学制定规划,部署任务,合理地调配军事模型建设资源,提高军事模型的可重用性。在这种模型共享服务机制中,模型服务功能主要体现在:为模型开发者和模型