

12-13-2019

A Parallel Simulation Method for Combat organization and Implementation

Yaxin Tan

Army Academy of Armored Forces, Military Exercise and Training Center, Beijing 100072, China;

Jianhua Luo

Army Academy of Armored Forces, Military Exercise and Training Center, Beijing 100072, China;

Fan Rui

Army Academy of Armored Forces, Military Exercise and Training Center, Beijing 100072, China;

Zhiming Dong

Army Academy of Armored Forces, Military Exercise and Training Center, 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.

A Parallel Simulation Method for Combat organization and Implementation

Abstract

Abstract: Aiming at the difficult problem of battle parallel simulation, the realization of parallel simulation based on combat organization is analyzed theoretically. *Furthermore, a parallel simulation based on combat organization is proposed. One by one, the methods of the simulation task partitioning, the simulation task integration and interaction between integration method are given. This paper breaks through the key technology of parallel simulation, based on the parallel simulation integration framework, implements the system integration, builds the parallel simulation prototype system of the size of the brigade, develops parallel simulation task allocation software, designs the operational application case, and tests parallel simulation results. The results show that the method is scientific and feasible.*

Keywords

Combat organization, Parallel simulation, Task allocation, Integration framework

Recommended Citation

Tan Yaxin, Luo Jianhua, Fan Rui, Dong Zhiming. A Parallel Simulation Method for Combat organization and Implementation[J]. Journal of System Simulation, 2019, 31(11): 2350-2355.

一种基于作战编成并行仿真方法及其实现

谭亚新, 罗建华, 范锐, 董志明

(陆军装甲兵学院演训中心, 北京 100072)

摘要: 针对作战并行仿真难题, 先从理论上分析了基于作战编成并行仿真的可实现性, 进而提出了一种基于作战编成的并行仿真方法, 并逐一给出了仿真任务划分、仿真任务集成、仿真交互关系集成的方法; 突破了基于作战编成并行仿真的关键技术, 设计了基于作战编成并行仿真集成框架, 实现了系统集成, 构建了旅规模基于作战编成并行仿真的原型系统; 开发了并行仿真任务分配软件, 设计了作战应用案例, 测试了基于作战编成并行仿真效果, 证明了该并行仿真方法科学可行。

关键词: 作战编成; 并行仿真; 任务分配; 集成框架

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2019) 11-2350-06

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.19-FZ0283

A Parallel Simulation Method for Combat organization and Implementation

Tan Yaxin, Luo Jianhua, Fan Rui, Dong Zhiming

(Army Academy of Armored Forces, Military Exercise and Training Center, Beijing 100072, China)

Abstract: Aiming at the difficult problem of battle parallel simulation, the realization of parallel simulation based on combat organization is analyzed theoretically. Furthermore, a parallel simulation based on combat organization is proposed. One by one, the methods of the simulation task partitioning, the simulation task integration and interaction between integration method are given. This paper breaks through the key technology of parallel simulation, based on the parallel simulation integration framework, implements the system integration, builds the parallel simulation prototype system of the size of the brigade, develops parallel simulation task allocation software, designs the operational application case, and tests parallel simulation results. The results show that the method is scientific and feasible.

Keywords: Combat organization; Parallel simulation; Task allocation; Integration framework

引言

随着多核时代的到来, 高性能的计算机得到广泛的应用, 与此同时, 计算机仿真的应用也发生了很大的变化, 从集中式仿真发展到了分布交互式仿真, 现在又从单机仿真向高性能计算机并行仿真方

向发展。

随着装备论证、模拟训练、作战试验等应用需求的蓬勃发展, 作战仿真越来越成为一种不可替代的支撑手段。而且, 随着仿真规模覆盖战役战术级、仿真粒度细化到装备甚至部件, 陆军作战仿真对计算能力和通信能力的需求呈几何级数增加, 只有将高性能计算技术应用到仿真中, 才能满足陆军作战仿真系统对计算能力和通信能力的需求。

现阶段, 有 2 种方法提高仿真系统的计算能力:

- (1) 扩大分布式仿真系统的规模, 即增加节点数量;
- (2) 采用高性能计算机进行装备作战仿真。前者带



稿日期: 2019-05-10

修回日期: 2019-07-04;

作者简介: 谭亚新(1979-), 男, 湖南湘潭, 博士, 副教授, 研究方向为作战仿真; 罗建华(1967-), 男, 湖南郴州, 博士, 教授, 研究方向为作战试验; 范锐(1979-), 男, 湖北宜昌, 博士, 讲师, 研究方向为作战仿真。

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

• 2350 •

来的问题是分布式仿真系统不能无限地扩大, 到一定规模时, 仿真效率不升反降^[1], 同时, 给仿真管理带来很大的难度, 系统可靠性也不高。采用高性能计算机实现作战仿真中的并行处理是大规模作战仿真发展的趋势。随着多路、多核高性能计算机组成的集群投入到作战仿真应用中, 作战仿真的高性能计算硬件条件已经具备。

在分布式与并行仿真支撑环境件的支持下, 将仿真任务分配到多个处理器上, 应用仿真支撑环境管理、支持各个仿真任务间的交互, 可以实现初步的并行仿真。为提高并行仿真的计算效率, 可以和并行计算理论相结合, 对仿真任务进行并行设计, 实现任务分配的均衡, 将可以提高仿真速度, 满足作战仿真应用的实时性需求。

从作战系统来看, 它具有战斗的并行性、作战行为的并行性、作战编成的并行性、作战地域的并行性^[2]。由于作战仿真系统是作战系统的相似系统, 所以, 至少有基于装备类型并行、基于作战编成并行、基于作战地域并行 3 种并行仿真方法, 本文重点研究基于作战编成的并行仿真方法及其实现。

1 基于作战编成并行仿真的可实现性分析

作战编成, 是作战力量的战时结构, 是战时为达成特定的作战目的, 根据具体作战对象、战场环境等, 从各种武装力量中抽调所需要的成分, 组建成隶属于统一的战役指挥机构指挥的力量集团, 以便遂行一系列相互关联的战斗和作战行动, 赢得战役的胜利。在作战的组织形式上, 参战双方都是根据作战编成进行的, 各个作战编成力量之间既有相互配合又有独立行动。根据作战编成进行并行仿真, 是按照作战编成的结构特点, 挖掘仿真系统的并行性, 提高整个仿真系统的并行运行效率。作战编成并行仿真是可以实现的, 主要体现在:

(1) 编成力量的并行性。在进行作战编成时, 主要是根据作战需要, 依据战斗任务、性质、敌情、作战环境和战斗样式、战斗方法, 并预见战斗中可

能出现的情况和力量使用, 确定需要编组哪些力量单元。各力量单元的作战实力与其承担的任务相适应, 具有独立遂行战斗行动的能力, 所以从编成的角度看, 各种编组力量在作战过程中, 其作战行动是并行的。

(2) 各编成力量之间确定的交互关系^[2]。在作战想定中, 明确了红蓝双方的初始编成, 各种行动力量的构成以及其任务也有明确的描述。所以, 仿真系统内红蓝双方作战编成的各种作战力量之间的对抗关系很明确, 因而作战仿真系统各个模型之间的交互关系也比较明确, 据此, 可以实现并行仿真的任务分割。

(3) 作战力量结构的相似性。在进行作战编成时, 各级指挥人员是根据具体的作战任务和能运用的作战力量的作战特点进行编成的, 在作战实施阶段, 指挥人员根据作战编成的层次结构进行作战指挥。所以, 根据仿真系统和作战系统在作战力量结构描述上的相似性, 可按作战编成进行并行仿真。

(4) 作战编成并行仿真系统更加直观。因为作战是以作战编成为组织形式的作战力量之间的对抗, 不管采用什么方式建立系统的模型, 不管在概念模型上如何描述作战系统, 都可以按照编成结构组织仿真模型, 描述作战系统。按照作战编成的层次结构, 实现并行仿真, 会使整个仿真系统的结构更加直观。

(5) 仿真任务分割可达到作战系统的最大并行度^[3]。作战系统的最大并行度是作战系统内的实体数量。细化到最小编成单位后, 编成树可以描述各个作战实体构成的层次结构。随着技术的进步, 当仿真系统的硬件条件具备, 能够提供处理器数量时, 通过作战编成并行仿真任务分割, 可以使仿真系统和作战系统拥有最大的并行相似度。

2 基于作战编成并行仿真方法

基于作战编成并行仿真的关键在于并行仿真任务划分, 仿真任务集成和实体交互关系集成。

2.1 基于作战编成并行仿真任务划分

根据作战编成进行仿真任务并行是根据并行仿真设计方法, 依据作战编成结构特点, 进行编成力量的分割, 再确定各个作战力量参与仿真的计算时间和通信时间, 最后根据编成力量进行仿真任务合并, 将合并完的任务分配到各个处理器上。根据作战编成的层次特性, 可以实现逐层的分割, 可以分割到最小的作战单位为止^[3]。而任务合并则是根据计算时间和通信时间共同确定的, 因此, 可以将仿真系统中红蓝双方的作战编成单位合并到一个仿真任务中, 以减少通信时间。实现方法如图 1 所示。

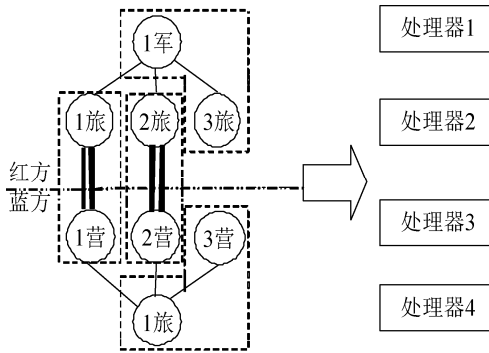


图 1 作战编成并行仿真的基本思想
Fig. 1 Basic idea of parallel simulation for combat organization

应该注意的是, 作战编成数据是根据具体的作战目标和作战任务, 对己方的作战力量进行组合编成的结构及组成的描述, 作战编成产生仿真所需的数据, 而不是仿真模型。因此, 作战编成数据和仿真模型分离, 便于作战仿真模型的设计与实现, 同时, 便于仿真系统适应多种作战样式、作战方案的仿真。在进行并行仿真时, 可以根据编成数据进行任务的分割和合并, 分割与合并的结果是对编成结果数据的重新分配, 即使编成结构发生动态变化, 也不会影响仿真的并行运行效率, 从而便于并行仿真的实现。

2.2 基于作战编成并行仿真任务集成

为确保面向作战编成的并行仿真顺利执行, 可采用层次化的仿真集成框架, 该框架包括: 总控、

分控、仿真进程 3 层, 如图 2 所示。

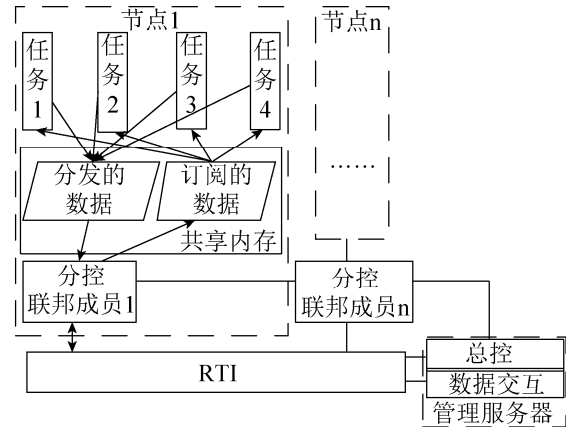


图 2 基于作战编成并行仿真集成框架原理
Fig. 2 Principle of parallel simulation integration framework based on combat organization

(1) 仿真总控

仿真总控采用 sockets 与分控程序通信, 对分控程序进行控制。这样, 在联邦创建之前或在 RTI 出现崩溃时, 控制仍可以正常工作。

(2) 仿真分控

仿真分控在各个仿真节点上随操作系统启动而加载, 作为值守程序, 主要功能是接受总控的命令, 调用本仿真节点上的仿真进程, 传达仿真结束的消息, 并提供本仿真节点上软硬件的信息给总控。

(3) 仿真任务

仿真任务运行在各个刀片上, 受分控程序控制。在仿真系统运行时, 各个仿真节点内的仿真任务可以通过共享内存、消息、数据文件等方式进行通信。拟采用共享内存的方式实现仿真节点内各个仿真任务的通信, 仿真节点间各个仿真任务采用 RTI 进行通信。在仿真节点之间, 由分控采用 RTI 传输交互数据, 当某个任务提交完交互数据后, RTI 将此数据发布至其它订购此数据的仿真节点, 该仿真节点上的分控程序得到该数据后, 写至共享内存区, 通知订购此数据的任务读该数据。

2.3 实体交互关系集成

实体交互关系集成采用按照作战编成树对抗关系的方式实施^[4]。作战编成的层次结构是一个树

形结构, 用树状图描述作战编成的层次结构, 各个节点用来描述本级编成单位所有的编成力量, 可以用两棵树及其相互的交互关系来表示敌我双方的对抗, 如图 3 所示。采用编成树描述红蓝双方的编成力量及作战交互时, 红蓝双方各编成力量的交互关系用叶子节点之间的交互来描述。

3 基于作战编成并行仿真实现

基于作战编成并行仿真方法, 实现了某旅规模作战仿真系统。并对高性能计算机的计算效率进行了初步分析。

3.1 并行仿真任务分配

实现加载想定文件(从数据库)、创建分控节点(联邦成员节点)和为节点分配实体、自动生成对应的交互关系等功能, 分配完成后的节点信息和交互关系会自动生成配置文件以供仿真引擎框架加载使用。通过可视化操作界面, 用户可为指定的联邦

成员节点分配实体, 分配至该节点的可以是单个实体也可以是编成为排、连或营的单位, 分配完成后工具自动根据分配到该节点的实体的数量和类型, 生成相应的订购和发布交互关系, 如图 4 所示。

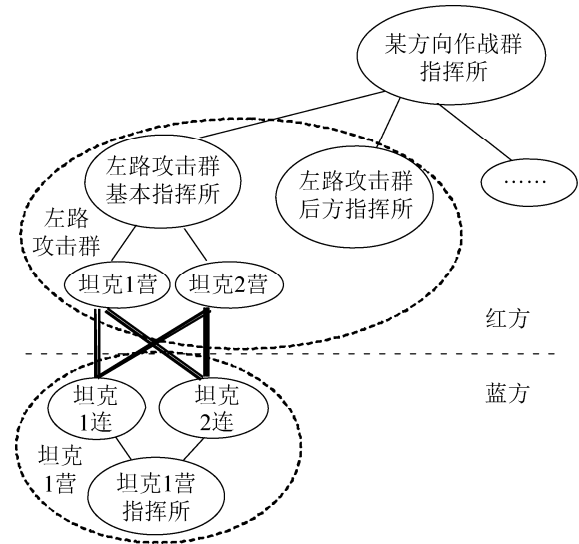


图 3 交互关系集成原理

Fig. 3 Principle of interaction integration

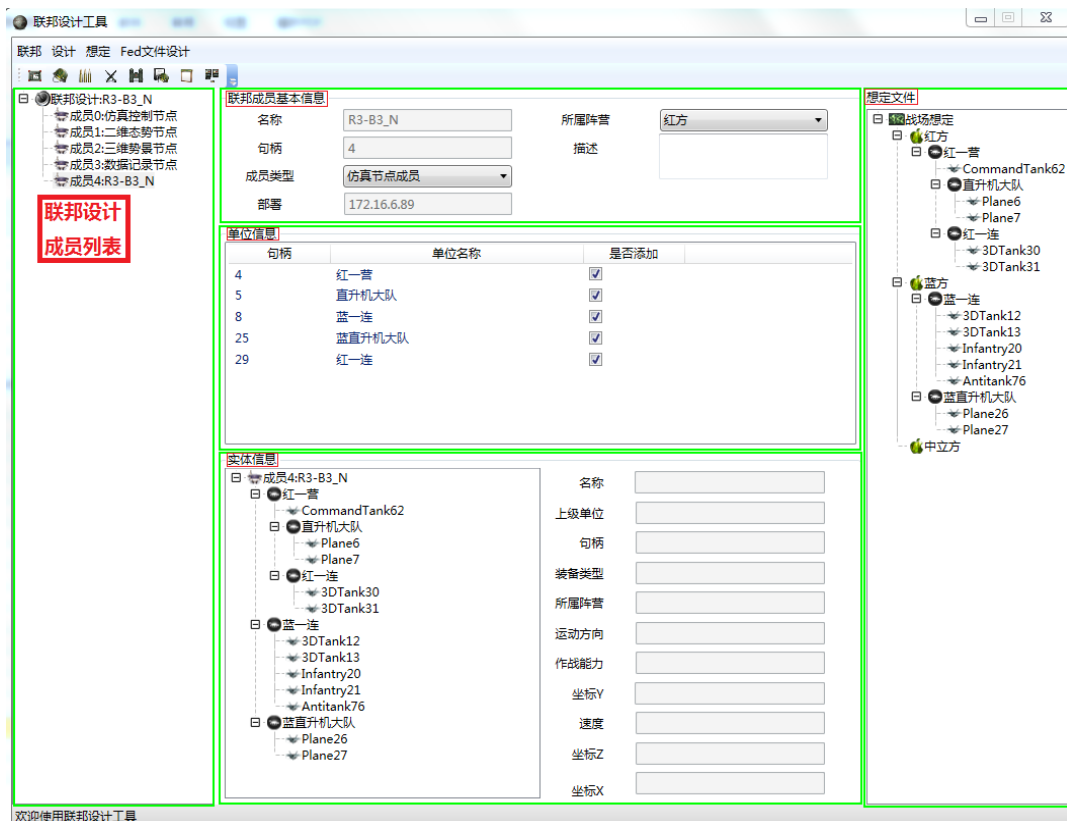


图 4 并行仿真任务分配软件

Fig. 4 Parallel simulation task allocation software

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

• 2353 •

3.2 并行仿真系统集成

并行仿真系统集成既实现了仿真任务的集成，也实现了实体交互关系的集成。

构建作战仿真系统的模型可分为 3 类，依次为指挥所仿真模型、分队仿真模型、装备仿真模型^[5]。装备仿真模型是分队仿真模型的支撑，分队仿真模型在指挥所的指挥下，可以逐层向上聚合成更大实体的作战仿真模型。因而，开发并行作战仿真系统时，采用自顶向下分解的方法，开发出各种装备仿真构件以及指挥所仿真模型，然后，按照“仿真总控-仿真分控-仿真任务”3 层集成框架，以交战双方的作战编成树为索引，依照“由下往上”的顺序逐层集成，即可实现旅级作战并行仿真。如图 5 所示，各装备仿真构件经实例化，可生成对应的装备仿真模型，在给定编成结构后，多个装备仿真模型与相应级别分队指挥员仿真进行集成，可聚合成分队仿真模型^[6]；不同的分队仿真模型与对应级别营指挥所仿真模型聚合，可集成为营仿真模型，经逐层向上集成，可得更大规模的作战编成仿真模型^[7]。

3.3 并行仿真系统验证

设计应用验证方案如下：红方为一个合成旅，蓝方为一个合成营特遣队，作战地域为某浅山地。红方根据作战任务编成为 15 个作战和保障群，蓝

方编成为 1 个作战群。采用基于作战编成并行仿真的方法进行验证，测算其仿真计算效率，并进行对比分析。试验使用 6 个刀片，基于作战编成并行的任务分配方案如表 1 所示。

仿真系统的总体并行性能由各个功能模块的运行时间、通信时间、总处理时间和空闲时间来描述。经过一次作战仿真运行后，对仿真系统运行中每个仿真步长内的模型运算时间、通信时间和等待时间等进行记录，得到验证数据。

由于整个作战时间很长，实验记录的数据量很大，这里做抽样处理，抽样间隔为 500 个仿真步。对表 1 所示任务进行仿真，得到数据如表 2 所示。

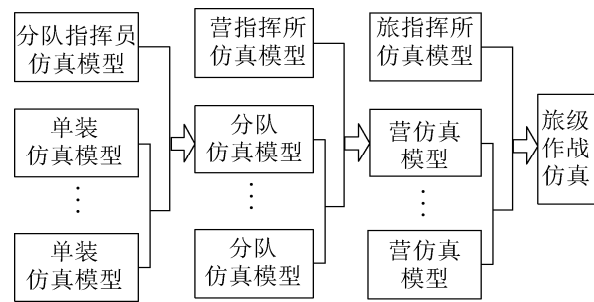


图 5 并行作战仿真系统集成实现
Fig. 5 Implementation of parallel combat simulation system integration

表 1 仿真任务分配方案
Tab. 1 Simulation task allocation scheme

	仿真节点 1	仿真节点 2	仿真节点 3	仿真节点 4	仿真节点 5	仿真节点 6
红蓝方	红方	红方	红方	红方	红方	蓝方
仿真任务	左翼突击群	右翼突击群	纵深攻击群	火力支援群	侦察、通信、运动保障、防空反导、反装甲、工化保障、后装保障、后方防卫等 11 个群	合成营特遣队

表 2 基于编成并行仿真算法的效果
Tab. 2 Effect of parallel simulation algorithms based on combat organization

指标	红方节点 1	红方节点 2	红方节点 3	红方节点 4	红方节点 5	蓝方节点 1	总计
计算时间/s	2756	2214	1677	3011	1987	2688	14333
通信时间/s	324	299	221	366	259	233	1702
总处理时间/s	3080	2513	1898	3377	2246	2921	16035
空闲时间/s	3112	3332	3653	3558	3002	2117	18774
各节点利用率/%	49.74	42.99	34.19	48.70	42.80	57.98	46.07

可见,采用基于编成并行仿真方法,各计算节点计算时间、通信时间都较为接近,说明并行仿真任务分配较为均衡。各节点计算资源利用率也比较均匀,说明该并行仿真方法既能够满足仿真需求,又可以较好的充分利用计算资源。

4 结论

本文针对作战并行仿真难题,先从理论上分析了基于作战编成并行仿真的可实现性,进而提出了一种基于作战编成的并行仿真方法,逐一给出了仿真任务划分、仿真任务集成、交互关系集成的方法。而后,突破基于作战编成并行仿真的关键技术,开发了并行仿真任务分配软件,基于作战编成并行仿真集成框架,实现了系统集成,构建了旅规模基于作战编成并行仿真原型系统。设计了红方合成旅对蓝方合成营的作战应用案例,测试了基于作战编成并行仿真的效果,证明了所提方法的可行性。

参考文献:

- [1] 胡晓峰. 大数据时代对建模仿真的挑战与思考[J]. 军事运筹与系统工程, 2013, 27(4): 5-12.
Hu Xiaofeng. Challenge and consideration of modeling and simulation in data era [J]. Military Operations Research and Systems Engineering, 2013, 27(4): 5-12.
- [2] 曹裕华, 王元钦. 装备作战试验理论与方法[M]. 北京: 国防工业出版社, 2016.
Cao Yuhua, Wang Yuanqin. Equipment operation test theory and methods [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2016.
- [3] Cares J R. An information age combat model [M]. Newport: Alidade Incorporated, 2004: 85-90.
- [4] Neale M C, Hunter M D, Pritikin J N, et al. OpenMx 2.0: extended structural equation and statistical modeling [J]. Psychometrika (S0033-3123), 2016, 81(2): 535.
- [5] 胡晓峰. 战争科学论[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
Hu Xiaofeng. War Science Theory[M]. Beijing: Science Press, 2018.
- [6] 陈文英, 张兵志, 史力晨, 等. 新型智能装甲作战系统体系贡献率评估研究[J]. 兵工学报, 2018, 39(9): 1841-1849.
Chen Wenying, Zhang Bingzhi, Shi Lichen, et al. Research on Evaluation of Contribution Rate of a New Intelligent Armoured Combat System to Army Weapon System-of- systems[J]. Acta Armamentarii, 2018, 39(9):1841-1849.
- [7] 胡晓峰, 杨镜宇, 司光亚, 等. 战争复杂系统仿真分析与实验[M]. 北京: 国防大学出版社, 2008.
Hu Xiaofeng, Yang Jingyu, Si Guangya, et al. War complex system modeling & simulation[M]. Beijing: National Defense University Press, 2008.