

分布式仿真实验管理系统体系结构

吴红, 曹星平, 杨峰, 王维平

(国防科技大学信息系统与管理学院, 长沙 410073)

摘要: 针对采用分布式仿真进行体系对抗仿真面临的问题, 如数据的一致性、实验资源部署、初始态势加载、仿真运行控制、实验数据回收等, 设计分布式仿真实验管理系统体系结构。以满足武器装备论证对仿真实验样本数据需求为目标, 辅助武器装备论证人员进行想定编辑、实验设置、实验规划、实验进程监控等, 使分布式仿真技术更好地服务于武器装备论证。

关键词: 武器装备论证; 作战效能评估; 分布式仿真; 实验管理; 体系结构

Distributed Simulation Experiment Management System Architecture

WU Hong, CAO Xing-ping, YANG Feng, WANG Wei-ping

(School of Information System and Management, National University of Defense Technology, Changsha 410073)

【Abstract】 Aiming at settling a range of issues, such as data consistency, deployment of experiment source, loading of initial situation, monitoring of simulation function, experiment data recovery and so on, which distributed simulation faces. This paper proposes a distributed simulation experiment management system architecture. The goal of architecture is to meet weapons and equipment demonstration on the demand for data samples, assistant weapons and equipment demonstration persons to edit scenario, design experiment, plan experiment, monitor experiment. Its establishment makes distributed simulation technology better serve the weapons and equipment demonstration.

【Key words】 weapons and equipment demonstration; campaign effectiveness evaluation; distributed simulation; experiment management; architecture

作战效能评估是武器装备论证的一个核心问题, 要在体系对抗的背景条件下进行。一方面武器系统作战效能的发挥依赖于作战体系的配套, 要对作战体系提出要求, 另一方面高技术武器系统又会反作用于作战体系, 为提高体系作战效能作出贡献。武器系统与作战体系的上述辩证关系, 只有通过体系对抗才能得到充分的认识和洞察^[1]。体系对抗的复杂性要求在武器装备论证中引入仿真技术, 以备更有效地验证武器系统的作战效能。随着分布式仿真技术的发展, 在进行体系对抗仿真时使用分布式仿真相对于使用传统的集中式仿真越来越具有优势。

1 实验管理系统需求分析

基于仿真的效能评估的一般流程^[1-2]如图1所示。

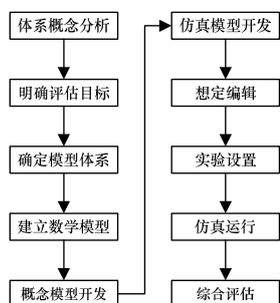


图1 基于仿真的效能评估流程

(1)体系概念分析。针对具体体系对抗问题, 分析其体系组成、系统功能、交战过程等, 明确基本物理概念。

(2)明确评估目标。根据研究需要, 明确体系对抗仿真的根本目的, 确定需要进行评估或优化的各种作战方案和设计方

(3)确定模型体系。根据体系分析结果, 详细设计对抗模型体系, 确定进攻方和防御方的探测、指控、武器、模型组成、交互关系、以及模型的基本结构、功能、参数等。

(4)建立数学模型。根据模型的功能划分, 建立模型各功能模块的数学表达式, 如雷达的探测功能模块, 确定功能模块变量间的相互关系及约束条件等。

(5)概念模型开发。以结构化的语言对模型进行描述, 如采用基本对象模型规范对模型进行描述。

(6)仿真模型开发。根据对抗模型体系划分, 建立概念模型和数学模型, 按一定建模方法和仿真语言, 实现模型功能和模型间的集成, 在计算机上运行。

(7)想定编辑。根据军事想定, 确定体系对抗仿真所涉及的实例, 以战术标图的方式形成初始战场态势, 作为驱动仿真运行的数据基础。

(8)实验设置。根据仿真实验目标和想定编辑信息, 选择实验设计方法(如析因设计、正交设计、中心复合设计等)设置各种战技方案。

(9)仿真运行。根据体系对抗仿真实验方案, 成批地执行仿真模型, 并采集相关的仿真数据。

(10)综合评估。根据实验方案和仿真采集数据, 进行一系列的统计、分析、检验、近似等处理, 挖掘体系对抗仿真中的知识。

通过对上述流程中各环节的分析, 采用分布式仿真进行武器装备论证面临如下问题:

作者简介: 吴红(1981—), 男, 博士研究生, 主研方向: 系统论证与仿真评估; 曹星平, 讲师; 杨峰, 副教授; 王维平, 教授

收稿日期: 2008-12-21 **E-mail:** wuhonghenry@sina.com

(1)数据的一致性。为了尽量减少武器装备论证人员的工作量,提高武器装备论证各阶段形成结果的可重用性,概念模型、仿真模型、想定编辑、实验设置中描述同一事物的数据应保持一致性,若概念模型中采用 Missile 指示导弹,则仿真模型、想定编辑、实验设置也采用 Missile 指示导弹。

(2)实验资源部署。体系对抗仿真常涉及到大量仿真成员,采用分布式仿真将仿真成员及与其运行相关的信息根据需求部署到各台计算机上。

(3)仿真运行控制。在对体系进行建模仿真的过程中广泛存在不确定性,即体系的不可准确预知性。为保证武器装备论证结果的可靠性,可能要形成几十、几百、甚至上千个实验方案,为消除随机因素的影响,每个实验方案还要运行多次,因此,需要依据实验方案批量开展仿真运行,而不是采用人工方式开展仿真运行。

(4)初始态势加载。想定编辑和实验设置一般在仿真模型开发之后,因此,仿真模型开发人员在开发初期并不知道初始态势所涉及的内容,但在开发过程中,初始态势加载的代码必须编写。为了使仿真模型开发人员能够正确编写初始态势加载的代码,应为其提供一套使用方便的初始态势加载接口。

(5)实验数据回收。为了提高仿真运行速度,通常情况下,采用多点采集、多文件记录。多点采集即采用多个数据采集工具进行数据采集。多文件记录即每运行一次就新建一个文件进行数据记录,这样保证每个文件的数据量不会过大,也保证在仿真意外中止时所采集的数据仍有用。当仿真结束后,要回收及收集各计算机上的实验数据。

为解决上述问题,提出实验管理系统,辅助武器装备论证人员实现想定编辑、实验设置、实验规划、实验进程监控和初始态势加载等 5 个功能。

2 实验管理系统体系结构

实验管理系统体系结构如图 2 所示。

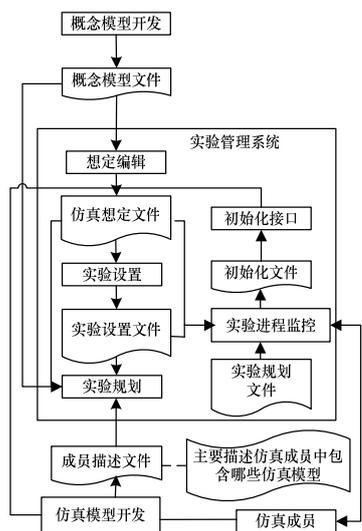


图 2 实验管理系统体系结构

它由想定编辑、实验设置、实验规划、实验进程监控和初始化接口系统等 5 个功能模块组成^[3]。

2.1 想定编辑模块

以战术标图的方式形成初始战场态势,作为驱动仿真的数据基础,它包括:

(1)战场环境生成。提供包括地理信息和大气、海洋、电

磁环境等在内的战场环境生成。

(2)模型关联。建立概念模型与作战实体之间的关联。

(3)想定标绘。将作战部队编成、武器装备、重点目标等作战实体作为标绘对象,支持作战实体的“拖拉”操作标绘到电子地图上,支持作战实体随地图缩放、平移。

(4)任务规划。提供可视化的编辑界面,提取预先定义好的任务描述,作战实体按作战过程时间的先后选取任务类型,设置活动参数。

(5)轨迹设置。作战双方各参战实体的初始位置坐标值为已部署的实体添加机动路径。

2.2 实验设置模块

采用实验设计方法(如析因设计、正交设计、中心复合设计等)设置各种战技方案,它包括:

(1)仿真实定虚拟。当武器装备论证相关的战技指标不能由模型参数标识时,如美国海军研究生院关于濒海作战的报告中考察的战技指标包括装备体系构成、通信网络结构、指挥控制类型、平台物理分布^[4],此时,采用该功能虚拟一个仿真实定作为实验设置自身的输入。

(2)分析因子设置。支持用户按武器装备论证相关的战技指标选取模型参数或实例参数作为分析因子,并对分析因子的水平值进行设置。当选取某个模型参数作为分析因子时,其作用于模型派生的所有实例,如选取导弹模型的过载作为分析因子,其水平值发生变化时,由导弹模型派生的实例导弹 1、导弹 2 等的过载相应发生变化;当选取某个实例参数作为分析因子时,只作用于参数所属的实例,如选取导弹实例导弹 1 的过载作为分析因子,若水平值发生变化时,则导弹 1 的过载相应发生变化。

(3)实验方案的生成。在选定的实验设计方法的约束下,根据每个分析因子的水平取值,确定实验设计表,生成实验方案。

(4)仿真实定注册。当实验设置的输入为虚拟仿真实定,则实验方案生成后,武器装备论证人员按实验方案进行想定编辑,所有仿真实定生成后,采用此功能建立实验方案与想定的关联关系。

(5)实验次数设置。根据要消除的随机因素,设置各实验方案的运行次数。

2.3 实验规划模块

实验规划是依据实验方案开展批量仿真运行的前提,它包括:(1)数据的采集规划。根据概念模型、仿真实定为数据采集工具生成数据采集单,确保数据采集工具在仿真运行过程中综合评估采集所需的数据。数据采集单生成后,确定数据采集使用的计算机,生成数据采集规划文件。(2)实例的装配规划。完成实验所涉及的实例到成员的装配,生成实例装配文件。(3)实验的部署规划。完成实验涉及成员到硬件的部署规划,生成实验部署文件。

2.4 实验进程监控模块

实验进程监控是实验管理系统中最为复杂的一个部分,它由主控节点、主控代理、分控节点、网络等组成。其具体步骤如下:

(1)实验资源部署。仿真运行开始前,主控节点根据实验部署规划文件,通过网络将各台计算机上运行的仿真成员以及与仿真成员运行相关的信息通过网络传输给分控节点。分控节点将仿真成员存储到默认的路径。

(2)仿真成员启动。每次仿真运行开始前,主控节点通过

网络向分控节点发送启动仿真成员命令。分控节点启动相应的仿真成员加入到仿真运行支撑环境中。

(3)初始态势部署。每次仿真运行开始前,主控节点从仿真想定文件和实验设置文件中提取本次仿真运行需要的初始态势信息,并通过网络传输给分控节点。分控节点将初始态势信息存储于默认路径下,供仿真成员初始化调用。

(4)仿真运行开始。每次仿真运行开始前,主控节点通过主控代理判断本次仿真运行涉及的仿真成员是否已加入到仿真运行支撑环境中,当全部加入到仿真运行支撑环境时,主控节点通过主控代理向仿真成员发送开始仿真交互。

(5)仿真运行暂停。单次仿真运行进行中,主控节点通过主控代理向仿真成员发送暂停仿真交互。

(6)仿真运行继续。单次仿真运行暂停中,主控节点通过主控代理向仿真成员发送继续仿真交互。

(7)仿真运行结束。单次仿真运行时,主控节点通过主控代理向仿真成员发送结束仿真交互,并通过网络向分控节点发送仿真成员关闭命令。

(8)仿真成员关闭。每次仿真运行完成后,仿真成员通过主控代理告知主控节点本次仿真完成。主控节点接收到仿真运行完成的信息后,通过网络向分控节点发送仿真成员关闭命令。分控节点关闭仿真成员使其退出仿真运行支撑环境。

(9)实验断点保存。仿真实验未完成时,结束仿真运行或意外中止,要记录下仿真运行进行到第几个方案的第几次。

(10)实验断点恢复。根据实验断点信息,继续开始仿真运行。

(11)实验数据采集。每次仿真运行开始前,主控节点通过网络向分控节点发送数据采集信息。分控节点启动数据采集工具使其加入到仿真运行支撑环境中,分控节点在启动数据采集工具时,向数据采集工具传递2个主要的参数:数据存储位置、数据采集单位。数据存储文件的名称由数据采集单、“_”和当前仿真运行的次序组成(如数据采集单的名称为“体系对抗真实验”,仿真运行到第10次,则实验数据文件的名称为“体系对抗真实验_10”),这样数据存储文件的名称是唯一的,在综合评估中较容易建立实验方案与实验数据的关联关系。

(12)实验数据回收。仿真实验结束后,主控节点通过网络向分控节点发送实验数据回收命令,分控节点通过网络将实验数据传给主控节点。

实验进程监控如图3所示。

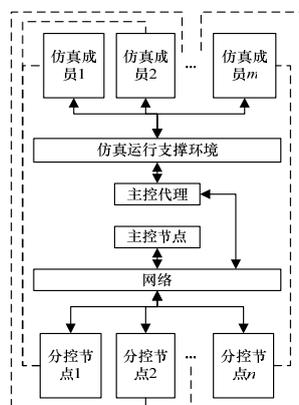


图3 实验进程监控

2.5 初始化接口系统模块

实验进程监控为仿真模型开发人员提供仿真成员初始化接口,分别为实例获取接口,参数值获取接口。参数值获取接口返回的是字符串,模型开发人员根据参数的数据类型,进行转换。

3 实验管理系统应用分析

基本对象模型(BOM)^[5]和高层体系结构(HLA)在武器装备论证中应用很广泛,本节将基于该规范介绍实验管理系统与外部系统的接口关系以及与仿真成员的交互关系。

3.1 想定编辑

想定编辑中的概念模型读取接口只获取对象模型定义中的对象(object),其中,模型与对象类(object class)对应;参数与属性(attribute)对应。

3.2 实验规划

(1)实例装配规划。仿真模型开发人员在仿真模型开发完成后向实验规划人员提供各联邦成员中所含的对象类,即仿真模型,实验规划人员根据获取的成员描述信息进行实例装配规划,形成实例装配规划文件。仿真模型开发人员通过向实例获取接口传递联邦成员名称就能从实例装配规划文件中获取运行仿真实例。

(2)数据采集规划。数据采集规划中的概念模型读取接口获取对象模型定义中的 object 和交互(interaction),生成符合数据采集工具所需的数据采集单格式。

3.3 实验进程监控

在概念模型开发过程中,建立控制仿真运行开始、暂停、继续、结束和标识单次仿真运行完成的5个交互。仿真系统中的所有联邦成员订购开始、暂停、继续、结束这4个交互;其中一个能够根据战场态势判断仿真运行是否完成的仿真成员发布单次仿真运行完成交互,其他联邦成员订购单次仿真运行完成交互。主控代理也作为一个联邦成员加入到仿真运行中,它发布开始、暂停、继续、结束这4个交互,订购单次仿真运行完成交互。

4 结束语

实验管理系统的构建提高了武器装备论证各阶段形成结果的可重用性。体系结构研究主要依据是基本对象模型模板的规范、基于HLA规范开发的某个仿真运行支撑环境、柔性仿真开发环境Sim2000等,并与基于HLA规范开发的一个仿真运行支撑环境协作辅助武器装备人员进行武器装备论证。它们可能存在一些问题,要在今后的研究、应用中进行修正。

参考文献

- [1] 杨峰. 面向效能评估的平台级体系对抗仿真跨层次建模方法研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2003.
- [2] 刘晨. 基于SEB组合框架的导弹体系对抗仿真方法研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2005.
- [3] 王维平, 李群, 朱一凡, 等. 柔性仿真原理与应用[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2003.
- [4] Maritime Dominance in the Littorals[Z]. Naval Postgraduate School, 2004.
- [5] Base Object Model Template Specification[Z]. Simulation Interoperability Standards Organization, 2006.

编辑 陆燕菲