

8-3-2020

Research of Multi-Views based Weapon and Equipment Simulation Model Architecture

Chunguang Peng

1. Navy Arming Academe Postdoctoral Workstation, Beijing 100161; ;2. 92941 Troop, Huludao, Liaoning 125001; ;

Jianhui Deng

3. Navy Arming Academe, Beijing 100161;

Zhang Bo

3. Navy Arming Academe, Beijing 100161;

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.

Research of Multi-Views based Weapon and Equipment Simulation Model Architecture

Abstract

Abstract: - It's an important approach to build reasonable and complete simulation model architecture for promoting the simulation interoperability, establishing simulation model standards and promoting reusability of models and codes. Some problems existed in the research of simulation model architecture were analyzed. *The weapon and equipment simulation model architecture describing method based on multi-views was brought out by using the system engineering theory, which emphasized on the complicated relations between modes and its environment. The method could describe simulation model architecture from different views of different users. Therefore, based on DoDAF and the popular software architecture, five-view models of weapon equipment simulation model architecture framework were introduced, named process view, development view, process view, physical view and scenario view. The unified simulation model library construction plan based on the framework was analyzed, and the trend of research in the future was described briefly.*

Keywords

weapon and equipment, interoperability, view, simulation model architecture

Recommended Citation

Peng Chunguang, Deng Jianhui, Zhang Bo. Research of Multi-Views based Weapon and Equipment Simulation Model Architecture[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(8): 1861-1867.

基于多视图的武器装备仿真模型体系研究

彭春光^{1,2}, 邓建辉³, 张博³

(1.海军装备研究院博士后科研工作站, 北京 100161; 2.92941 部队, 葫芦岛 125001; 3.海军装备研究院, 北京 100161)

摘要: 构建合理完备的仿真模型体系是促进仿真互操作性、建立仿真模型标准、提高模型和代码可重用性的重要技术途径。分析了当前仿真模型体系研究存在的问题, 运用系统工程的思想提出了基于多视图的武器装备仿真模型体系描述方法, 关注模型与其所在环境之间的复杂关系, 从不同用户的不同角度描述模型体系, 借鉴国防部体系架构和软件体系架构提出了武器装备仿真模型体系框架的五种视图模型, 即逻辑视图、开发视图、进程视图、物理视图和场景视图, 分析论证了基于该框架构建的统一仿真模型库建设方案, 并简要说明了今后的主要研究方向。

关键词: 武器装备; 互操作; 视图; 仿真模型体系

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2015) 08-1861-08

Research of Multi-Views based Weapon and Equipment Simulation Model Architecture

Peng Chunguang^{1,2}, Deng Jianhui³, Zhang Bo³

(1.Navy Arming Academe Postdoctoral Workstation, Beijing 100161, 2. 92941 Troop, Huludao, Liaoning 125001;
3. Navy Arming Academe, Beijing 100161)

Abstract: It's an important approach to build reasonable and complete simulation model architecture for promoting the simulation interoperability, establishing simulation model standards and promoting reusability of models and codes. Some problems existed in the research of simulation model architecture were analyzed. *The weapon and equipment simulation model architecture describing method based on multi-views was brought out by using the system engineering theory, which emphasized on the complicated relations between modes and its environment. The method could describe simulation model architecture from different views of different users. Therefore, based on DoDAF and the popular software architecture, five-view models of weapon equipment simulation model architecture framework were introduced, named process view, development view, process view, physical view and scenario view. The unified simulation model library construction plan based on the framework was analyzed, and the trend of research in the future was described briefly.*

Keywords: weapon and equipment; interoperability; view; simulation model architecture

引言

随着仿真互操作和模型可组合技术的不断发展, 武器装备仿真模型体系已成为作战仿真研究的

重要方面, 构建合理完备的仿真模型体系已超出了具体仿真系统开发与应用的范畴, 成为促进仿真互操作性、建立仿真模型标准、提高模型和代码可重用性的重要技术途径。

从美军的多个作战仿真应用可以看出, 美军将仿真系统/模型分为 4 个层次^[1]: 工程级、交战级、任务/战斗级和战区/战役层, 在 4 层模型结构理论的指导下, 再按照不同的专业领域进行细分, 这点



收稿日期: 2015-05-13 修回日期: 2015-06-30;
作者简介: 彭春光(1982-), 男, 山东人, 工程师, 研究方向为系统工程, 作战仿真等; 邓建辉(1966-), 男, 北京人, 高工, 研究方向为舰艇作战系统论证与仿真等; 张博(1981-), 男, 江苏人, 工程师, 研究方向为多智能体建模与仿真等。

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

• 1861 •

在 JSIMS、JWARS、JMASS 等多个大型仿真系统中都有体现^[2]。与国外研究相似,国内研究也基本按照模型分辨率、专业领域对模型进行分类,进而构建面向不同领域的层次化模型体系。如文献[3]主要按照模型的功能和应用领域构建了海战模型体系,文献[4]主要在战役层面上构建了海军武器装备体系对抗仿真系统 6 层次模型体系;文献[5]提出了模型体系框架由于需求各异而带来的通用性、完备性、一致性问题,并提出应根据不同的类型和用途进行分类以满足模型的通用、重用和重组,但由于缺乏统一的模型体系描述方法,仅从 2 个维度上对模型进行分类,也具有一定的局限性。

以上对仿真模型体系的研究,都存在以下问题:一是缺乏统一标准的模型体系描述方法,难以满足模型体系需求层次多、专业领域强、应用范围广的特点;二是现有的模型体系描述方法不能用于指导统一仿真模型库的建设,从而造成大量的仿真模型及模型库建设重复,造成资源的浪费;三是当前仿真模型体系思想难以贯穿在武器装备采办全生命周期,装备论证、研制、试验过程中的模型缺乏关联关系,造成模型校验工作的困难。

针对以上问题,本文提出了一种基于多视图的武器装备仿真模型体系描述方法,该方法重点关注模型与其所在环境之间的复杂关系,从不同用户的不同角度描述模型体系,解决以往只注重从功能上描述模型体系、缺少对模型体系全面的定量化的描述等问题,以更好地指导模型体系的建设及其对模型重组与重用的作用。

1 基于多视图的仿真模型体系描述方法

信息化条件下的联合作战所体现的战争复杂性决定了作战仿真必须从多层次、多角度对战场所涉及的客观事物和仿真系统涉及的各个方面进行分析,因此作战仿真系统涉及各专业、多分辨率、交互关系复杂的仿真模型体系^[6],而从设计、研发再到应用、维护全生命周期的角度来看,与模型相

关的人员包括投资人员、使用人员、设计人员、开发人员、集成人员、部署人员、维护人员等,这里通称为模型的风险承担者,他们对模型的关注内容是不同的,但这些内容又是构建模型体系必须考虑和体现的,再从仿真互操作和模型重用的角度来看,各类模型个体具有异构性、演化性、分布性、动态性、涌现性、关联性等“复杂性”等特征,因此仅从模型的功能性、分辨率等单一角度对模型体系进行描述就具有一定的局限性。

多视图是人们在了解复杂事物时常用的一种方法,也是处理复杂问题的一种有效手段^[7]。多视图的思想是“分而治之”,即将一个复杂问题分解为反映不同领域人员视角的若干相对独立的视图,这些视图一方面反映了各类人员的要求和愿望,另一方面也形成了对体系结构的整体描述。

基于模型体系的复杂性特点和多视图方法在解决复杂问题方面的优势,采用多视图的方法来对模型体系进行描述,其优点在于:

(1) 针对不同风险承担者的需求和关注的问题,从多角度描述模型体系,便于各类风险承担者从不同的角度理解模型,也便于他们之间的交流,这就为仿真模型在武器装备采办全生命周期的应用提供了一致性基础;

(2) 通过从各种不同角度对模型体系的描述,可以提高仿真系统构建过程中对模型选择、模型重用和组合的效率,进而增强模型之间以及仿真系统之间的互操作能力;

(3) 随着风险承担者对模型体系的描述达成共识,该描述方法可用于指导统一的仿真模型库的建设,为多领域的仿真资源共享和应用提供重要的手段支撑。

为了便于描述,参考系统工程中关于体系、体系结构及体系结构框架的相关概念,给出与仿真模型体系有关的概念:

定义 1 仿真模型体系是由互相关联的仿真模型构成的一个整体。

定义 2 仿真模型体系结构是指仿真系统中

模型的组成结构、模型之间的关系(组合、继承、信息交互)、模型与环境(仿真系统与模型风险承担者)的关系, 以及指导模型设计、开发、使用、维护的原则和指南。

定义 3 仿真模型体系结构描述是对仿真模型体系结构的规范化表示, 包括体系结构各组成单元、单元的作用和相互关系, 以及运行规则和约束条件的表示。体系结构描述必须回答“描述什么”、“怎样描述”、“用什么描述”等基本问题。

对仿真模型体系的描述应包括以下内容: (1) 模型组成; (2) 模型主要功能以及功能分配; (3) 模型之间的关系、接口; (4) 模型的分布与部署; (5) 模型组成、结构、接口关系随时间的演化过程; (6) 模型实现的协议、标准和技术。

建立合理完备的武器装备仿真模型体系的关

键是要确定仿真模型体系结构的描述方法。但是, 如果对体系结构的描述缺少方法学上的约束, 各领域研究人员可以根据自己的习惯和喜好采用不同的形式表示体系结构设计内容, 将造成不同系统的体系结构描述的内容和形式不统一, 势必妨碍人们的交流, 这就需要对体系结构描述进行规范化。

定义 4 仿真模型体系结构框架是指在一定描述方法和技术的指导下, 提供仿真模型体系结构的规范化描述方法, 其中包括通用术语、词汇、图形、表格等。

基于以上描述, 给出了模型体系、模型体系结构、模型体系结构描述和模型体系结构框架的关系, 即基于多视图的仿真模型体系结构描述概念模型, 如图 1 所示。

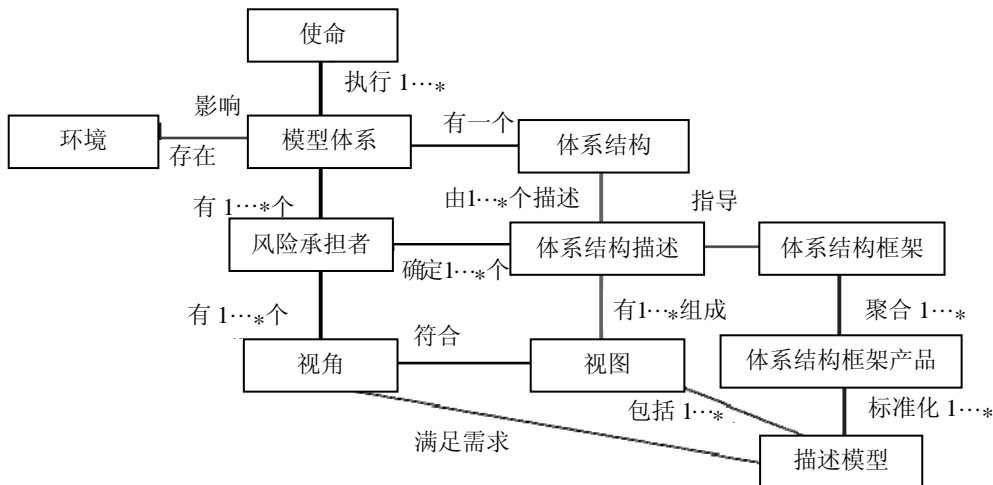


图 1 基于多视图的仿真模型体系结构描述概念模型

其中的关键部分描述如下:

(1) 模型体系所在的环境和担负的使命构成了设计开发使用模型体系的需求。环境是与模型体系发生直接或间接交互的其他模型/系统, 确定了模型体系的范围和边界, 使命是模型体系所完成的任务集合。

(2) 风险承担者是指与模型体系设计、实现、使用、维护等有关利益关系的人员、团队或组织, 模型体系的风险承担者包括模型投资人员、使用人

员、设计人员、开发人员、集成人员、部署人员、维护人员。

(3) 一个模型体系只有一个体系结构, 但模型体系结构可以由一个或多个体系结构描述。体系结构描述是在有关的理论和方法(体系结构框架)指导下进行, 体系结构描述包括一个或多个视图, 每个视图表示风险承担者的一个或多个关注视角。体系结构描述是各种描述模型的集合, 将描述模型进行标准化形成体系结构框架产品, 多个体系结构框架

产品聚合形成体系结构框架。

(4) 体系结构产品是和描述模型相对应的, 体系结构产品应该包括以下主要属性:

- 视图类型 (数据、功能、应用等);
- 系统/对象关联 (组件、系统、系统-系统);
- 角色 (描述的、支持/指导);
- 时间维 (当前/未来应用);
- 相关的方法论 (体系结构特点的表现);
- 相关的描述工具。

体系结构产品可以分为两大类型: 描述产品和支撑产品。其中, 描述产品主要是对体系结构设计的有关内容进行设计的产品; 而支撑产品则是对体系结构设计内容选择提供支持、对内容进行限制的一类产品。

根据以上分析, 利用多视图方法进行模型体系结构框架的开发步骤如下:

(1) 分析模型体系的环境和使命。模型体系所在的环境主要包括业务环境 (武器装备领域) 和操作环境 (仿真领域), 模型体系的使命是指导模型的演化 (设计、开发、维护) 和系统的集成 (模型的选择、配置、运行);

(2) 确认模型体系的风险承担者, 主要包括模型投资-实验人员、模型设计-开发-维护人员、模型集成人员、系统工程人员等;

(3) 分析风险承担者所关注的视角, 主要包括模型的功能、接口、信息、数据以及对环境的要求;

(4) 由视角总结出视图, 具体方法可参照 DoDAF 的功能视图 (功能)、系统视图 (接口、信息、数据、环境)、技术视图 (技术标准和协议), 以及一些成熟的软件体系结构描述视图;

(5) 确认体系结构描述模型 (体系结构框架产品), 形成规范的图、表、文字, 可采用 UML 模型, 如用例图、时序图、状态图、结构图、交互矩阵。

2 基于多视图的武器装备仿真模型体系框架

目前存在着多种基于多视图的体系结构描述

框架, 这些框架虽然都是基于多视图的体系结构描述方法, 但是各自采用的视图存在差别。如在军事领域, 美国的 C4ISR 体系结构框架采用作战视图、系统视图和技术视图, 后来发展到 DoDAF2.0^[8]将视图种类扩充为八类, 军事信息系统的体系结构设计师和利益相关方可以根据自己的特点和需要自由选择 and 开发视图; 在软件设计与开发领域, Kruchten 提出了 “4+1” 视图模型, 从 5 个不同的视角来描述软件体系结构, 每一个视图只关心系统的一个侧面, 全部视图结合在一起才能反映系统软件体系结构的全部内容。

需要指出的是, 各种体系结构框架都是针对一定的背景和需求提出的, 它们在特定的体系结构开发和领域是成功的。如 DoDAF 主要用于军事信息系统领域, 其中规则、条令等高层描述信息在架构规范中占据了很大比重, 是以军事作战为目标的方法, 但如果将其应用于网络通信或软件设计领域就会存在问题。

因此, 在实际应用中, 应该以体系结构描述概念模型为基础, 按照概念模型定义的概念和关系, 根据实际背景 and 需要选择视图, 建立体系结构框架, 以满足体系结构设计和描述的需要。前面提到的这些框架都是结合各自的应用背景, 选择不同的视图建立各自的体系结构描述规范, 并在各自领域内都发挥很好的作用。

在作战仿真领域, 仿真模型具有多用途、多粒度、多体制的特点, 在作战仿真中通常以 C4ISR 为核心构建仿真系统, 这类系统是一类面向装备论证、研制和试验的军事信息系统。针对作战仿真和武器装备仿真模型的这些特点, 综合 DoDAF 和 “4+1” 体系结构框架, 设计一种面向作战仿真的武器装备仿真模型体系框架, 如表 1 所示。

该框架针对武器装备仿真模型的全生命周期, 将其风险承担者分为四类, 即仿真实验人员、模型开发人员、系统集成人员、系统工程人员, 针对这 4 类用户的需求, 提出了 5 种视图, 具体描述为:

表 1 武器装备仿真模型体系框架概览

视图	逻辑视图	开发视图	进程视图	物理视图	场景视图
风险承担者	仿真实验人员	模型开发人员	系统集成人员	系统工程人员	通用
组件	类	模块、子系统	任务	节点	步骤、脚本
关注点	功能	可重用性、互操作性	性能、可用性、容错、整体性	可伸缩性、性能、可组合性、可移植性、	可理解性
描述工具	UML	UML	UML	UML	文字/图形

(1) 逻辑视图

逻辑视图主要支持模型的功能需求,即模型提供给仿真实验人员的服务。在逻辑视图中,模型分解成一系列的功能抽象,这些抽象主要来自问题领域,表现为对象或对象类的形式。借助于类图和类模板的手段,来显示一个模型类的集合和它们的逻辑关系,逻辑视图包含类关联图、类使用图、类组合图、类继承图等 4 个子视图。图 2(a)和(b)分别展示了舰载航空兵指挥引导仿真系统中部分模型类的组合图和继承图。

(2) 开发视图

开发视图面向模型开发人员,主要支持模型的开发过程和模型的改造升级需求。开发视图侧重于模型的结构和功能细节描述,用状态转换图描述模型的活动序列,确定模型对于事件的反应。例如用顺序图描述模型对重要事件的跟踪过程。开发视图包含模型状态转换描述、模型事件跟踪描述、模型性能参数矩阵等 3 个子视图。图 3(a)和(b)分别展示了舰载航空兵指挥引导模型的状态转换描述和事件跟踪描述。

(3) 进程视图

进程视图面向系统集成人员,主要支持模型的选择与组合需求。进程视图侧重于模型的运行特性,强调模型的并发性、分布性、系统集成性和容错能力。例如用带有输入输出关系的模块和子系统图来表示模型的架构、接口关系和数据流向。在这里,进程是构成可执行单元任务的分组,一个模型可以有多个进程组合而成,进程代表了可以进行策略控制过程架构的层次,另外,进程可以就处理负载的分布式增强或可用性的提高而不断地被重复。进程视图包含模型接口描述、模型互联矩阵、模型数据交换矩阵等三个子视图。图 4 展示了舰载航空兵指挥引导模型的模型接口描述。

(4)物理视图

物理视图面向系统工程人员,主要考虑仿真模型与硬件设备的适配关系,支持模型的部署、安装、通信等需求。在分布式或并行仿真中,当模型运行在不同的节点上,各视图中的构件都直接或间接地对应于系统的不同节点上,因此从模型到软件要有较高的灵活性,当环境改变时,对其他视图的影响最小。物理视图包含部署图、安装描述、通信图等 3 个子视图。图 5 展示了舰载航空兵指挥引导分布式仿真系统部署图。

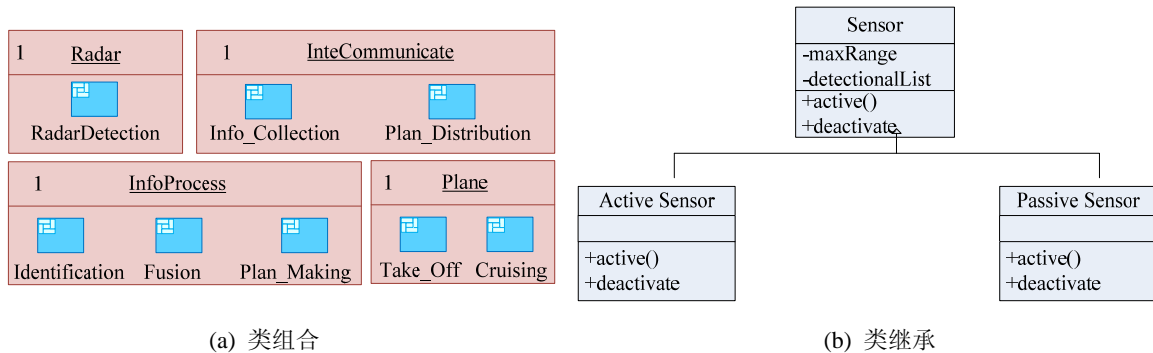


图 2 模型类的组合图和继承图

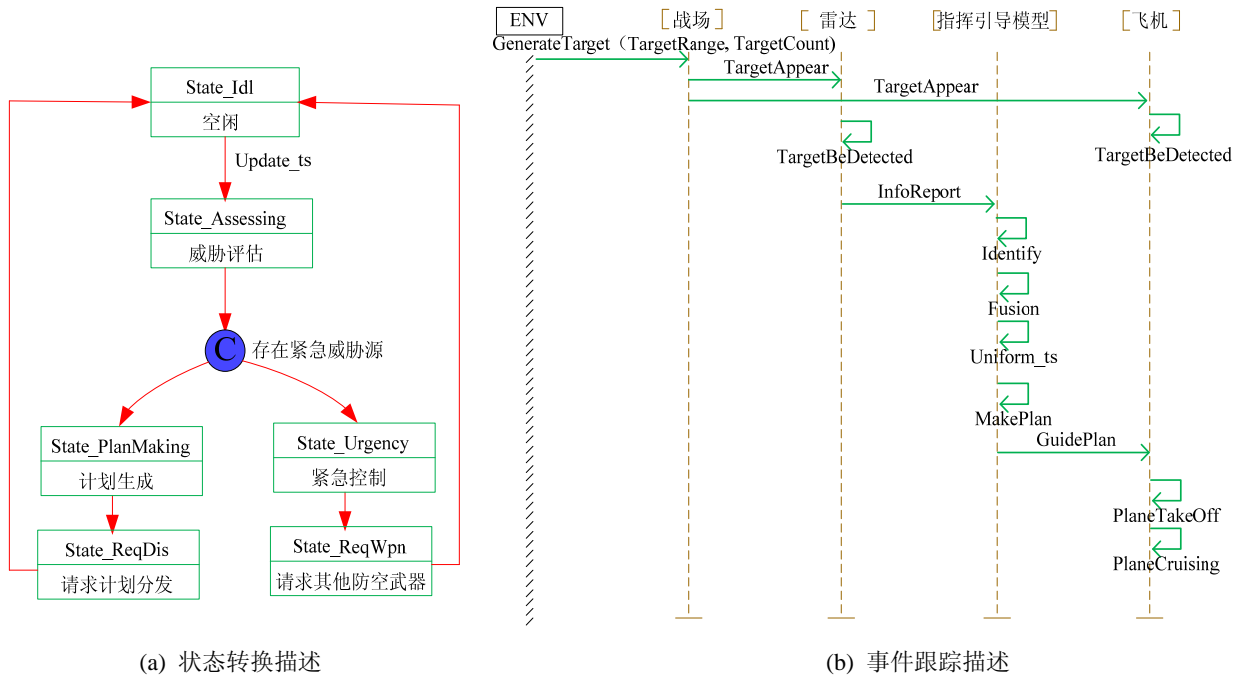


图 3 舰载航空兵指挥引导模型的状态转换描述和事件跟踪描述

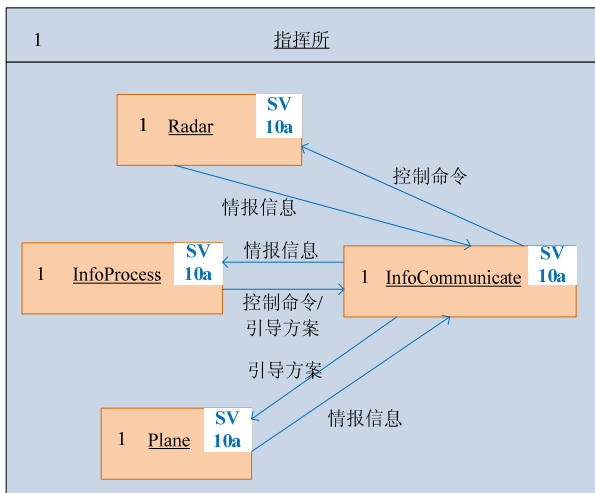


图 4 模型接口描述

型应用场景，直观展现模型的典型应用方式。场景可以看做是模型所表达的真实世界中重要系统活动的抽象，它使上述 4 个视图有机联系起来，从这种意义上说场景是最重要的需求抽象。在构建模型体系时，可以帮助用户快速找到模型与其他模型的作用关系，同时也可以从场景作为出发点，来分析一个特定的视图，描述不同视图中模型是如何相互作用的。场景可以用文本表示，也可以用图形表示。图 6 展示了舰载航空兵指挥引导模型的典型场景视图。

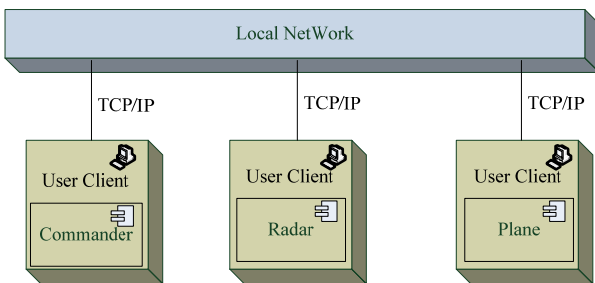


图 5 舰载航空兵指挥引导分布式仿真系统部署图

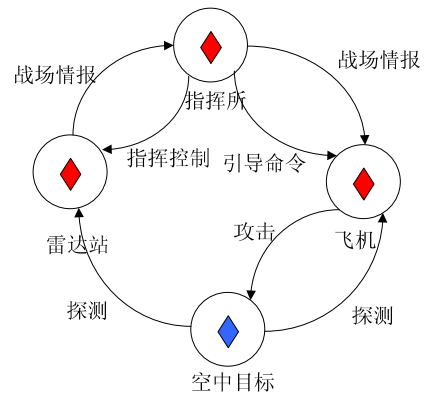


图 6 舰载航空兵指挥引导模型场景视图

(5) 场景视图

场景视图可面向所有用户，主要建立模型的典

综上所述, 基于多视图的武器装备仿真模型体系框架支持不同的“风险承担者”从自身关注的角度描述仿真模型, 系统工程师首先接触物理视图, 然后转向进程视图, 最终用户如仿真实验人员从逻辑视图入手, 开发人员则从开发视图入手。

值得注意的是, 对于不同的仿真模型来说, 侧重的角度也有所不同。例如, 一个 DEVS 组件模型, 比较侧重于从开发视图和进程视图来描述, 而对于一个对硬件环境要求较高的模型, 如包含三轴转台的导弹半实物仿真模型, 则侧重于从进程视图和物理视图来描述。

3 仿真模型库建设方案

按照基于多视图的武器装备仿真模型体系框架, 构建统一的武器装备仿真模型库, 该模型库可以存储并管理作战仿真领域相关的任务空间模型、装备模型、行为模型、评估模型等。参照基于多视图的仿真模型体系描述规范, 从逻辑视图、开发视图、进程视图、物理视图和场景视图仿真模型进行分类描述和存储, 同时为用户提供模型的检索、浏览、注册、上传、下载等在线服务功能。系统逻辑架构如图 7 所示, 共分为 3 层, 分别为模型数据库, 模型库基础支撑和模型公共服务, 同时, 定义了模型体系结构描述规范以支持模型的分类描述和存储。

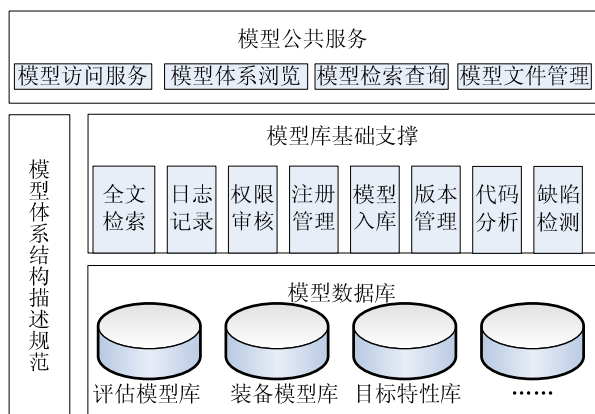


图 7 仿真模型库逻辑结构图

(1) 模型数据库

采用关系型数据库和文件存储相结合的方式

实现模型的存储, 模型结构化信息存储在关系型数据库中, 模型文件按照版本管理的规则存储在文件系统内。

(2) 模型体系结构描述规范

模型体系结构描述规范从逻辑视图、开发视图、进程视图、物理视图和场景视图对仿真模型进行分类描述和存储, 只有按照模型体系规范的要求设计开发的模型才能够被模型库管理系统识别并入库管理。

(3) 模型库基础支撑

提供包括模型注册管理、模型入库、全文检索、模型调用日志、访问权限审核、版本管理代码分析、缺陷检测等基础支撑服务。

(4) 模型公共服务

提供一个友好的人机交互界面, 按照角色分工为不同的模型用户赋予各种相应的模型管理权限, 具有不同的模型管理功能。

4 结论

本文基于系统工程的思想, 提出了一种构建武器装备仿真模型体系的方法, 该体系框架具有灵活、直观、便于操作等优点, 不仅可以不同用户的不同角度描述模型体系, 而且还可以指导统一仿真模型库的设计, 可极大提高模型的重组与重用能力。

在今后的工作中, 我们的研究重点将包括以下 2 个方面: (1)参考当前军事信息领域和其他领域关于体系结构的最新发展趋势, 继续完善武器装备仿真模型体系框架, 使其成为对武器装备仿真模型体系的标准描述; (2)进一步拓展武器装备仿真模型体系框架的应用领域, 使其在作战仿真模型组合、重用和互操作方面发挥更大的作用。

参考文献:

[1] Douglas M. A Hierarchy of Models and Simulations Used in Support of System Acquisition [R]. A labana DMSTTIAC, 1999: 1-23.
[2] 陈欣. 美军建模仿真对象模型体系框架研究[M]. 北京: 军事科学出版社. 2008.

(下转第 1874 页)