

基于体系结构建模的水面舰艇防空作战流程设计

王书齐, 马良, 苏琦, 吴琦

(海军大连舰艇学院 舰船指挥系, 辽宁 大连 116018)

摘要:针对水面舰艇防空作战的紧迫性与复杂性的特点,依据美军国防体系结构框架的通用标准,研究了基于体系结构建模的舰艇防空作战流程设计方法。根据水面舰艇防空作战任务要求和作战过程,定制贴近用户化需求的水面舰艇防空作战流程,从军事需求的角度出发,描述模型之间的导入导出模块的接口关系,设计了基于平台运行的防空作战流程,给出了防空作战流程的模型验证方法。

关键词:体系结构建模;防空作战流程;设计方法

本文引用格式:王书齐,马良,苏琦,等.基于体系结构建模的水面舰艇防空作战流程设计[J].四川兵工学报,2015(7):1-5.

Citation format:WANG Shu-qi, MA Liang, SU Qi, et al. Surface Warship Air Defense Combat Process Design Based on Architectural Modeling[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2015(7):1-5.

中图分类号:E919

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2015)07-0001-05

Surface Warship Air Defense Combat Process Design Based on Architectural Modeling

WANG Shu-qi, MA Liang, SU Qi, WU Qi

(Department of Surface Ship Command, Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China)

Abstract: Aimed at the characteristics of the complexity and the urgency of the surface warship air defense operation, according to the U. S. defense architecture framework of general standard, we discussed design method of warship air defense operation process based on the architectural modeling. According to surface warship air defense combat mission requirements and operation process, custom close to the user demand of surface warship air defense operation process was made. From the point of view of military requirements, the import and export module interface relationship was described. A model of air defense combat process validation method was presented based on the platform operation of air defense combat process.

Key words: architecture modelling; air defence combat process; design method

在现代海战中,对付来空中威胁的飞机和反舰导弹是水面舰艇防空作战的重点之一。因此,加强主要作战对手作战特点研究,制定合理的单舰作战战法及流程十分必要。由于条件限制,单舰防空反导研究不能直接进行试验,仿真成为单舰防空作战能力研究的主要方法^[1]。基于作战流程仿真平台,可以为舰艇作战提供一套试验方法与评估手段,能全面评估可变化的舰艇作战系统、作战流程以及新技术发展对单舰作战任务能力的影响。通过仿真实验,完成舰船作战流程优化及舰船人员的训练与评估。

利用仿真平台,针对假想敌的典型对海作战的方式作出想定,根据我方典型舰艇的作战使用模式,制定不同作战流程的作战方案,对不同作战方案进行仿真实现,选择作战效能最好的作战方案,这对于提高我水面舰艇作战训练水平,充分发挥水面舰艇体系的防空效能有着重要的意义。

1 体系结构建模的设计与开发

利用体系建模工具开发单舰防空的作战体系模型,通过

体系模型规划模型及其接口信息,用于指导后续仿真模型的开发。体系结构定义了系统各部件的结构、它们之间的关系以及制约它们设计和随时间演化的原则和指南^[2]。

随着舰船武器装备系统复杂性的不断提高,增加了人们理解的难度,不同职责的人员均可以把体系结构作为理解系统的基础,就有关问题相互交流、沟通,形成统一认识。体系结构在武器装备体系论证中的主要用途如下:

1) 体系结构可作为总体规划人员、系统设计人员、模型开发人员等不同部门不同职能人员相互交流的手段,便于分析、理解和比较系统;

2) 体系结构可以提供系统设计者开发详细设计的依据,制定详尽的系统设计规范,及早发现并解决可能出现的问题,防止问题出现在后续仿真开发及使用阶段;

3) 体系结构描述了仿真模型之间的信息传递关系,模型开发人员必须以体系结构为依据进行开发,不同模型的开发人员只需知道自己所负责模型的约束,可以分离不同人员的工作重点。

1.1 体系结构建模的方法描述

按照美军 DODAF 国防设计标准,体系结构产品如表 1 所示^[3]。

表 1 体系结构产品的模型分类及描述

模型	描述
AV-1 概述和摘要信息	描述一个项目的构想、目的、目标、规划、活动、事件、条件、度量、效果以及产出对象
AV-2 综合词典	体系结构数据存储库,用以对贯穿体系结构数据和表示使用全程的所有术语进行定义
CV-1 能力愿景	转型能力的整体构想,为所描述的能力提供了战略背景和高层视野
CV-2 能力分类	能力的层次结构,规范了一个或多个体系结构描述中引用到的所有能力
CV-3 能力分段	在不同的时间点或特定时间段内计划达到的能力。CV-3 用行动、条件、预期效果、遵从规则、资源消耗与产出、度量来表现能力阶段状态,而与执行者和区域位置解决方案无关
CV-4 能力依赖	已列入计划的能力与能力逻辑分组的定义之间的依赖关系
CV-5 能力映射到组织	能力需求的完成为一个特定的能力阶段展现计划的能力部署及其相互互连。CV-5 按照执行者、区域位置和与其相关联的概念来展现某一阶段的计划解决方案
CV-6 能力映射到作战活动	所需能力与这些能力所支持的作战行动之间的映射
CV-7 能力映射到服务	能力与其使能服务之间的映射
OV-1 高层作战概念图	对高层次作战概念的图形/文本描述
OV-2 作战资源流描述	对作战活动间的资源交换流的描述
OV-3 作战资源流矩阵	对所交换的资源及该交换相关属性的描述
OV-4 组织关系图	组织背景、角色以及组织间的其他关系
OV-5a 作战活动分解树	以层次结构组织的能力和活动(作战活动)
OV-5b 作战活动模型	能力和活动(作战活动)的背景以及它们与活动、输入和输出间的关系;附加数据可以给出代价、执行者或其他相关信息
OV-6a 作战规则模型	用于描述活动(作战活动)的三模型之一。它标识了约束作战的业务规则。
OV-6b 状态转移描述	用于描述活动(作战活动)的三模型之一。它标识了与事件(通常是很短的活动)相应的业务过程(活动)
OV-6c 事件跟踪描述	用于描述活动(作战活动)的三模型之一。它追踪一个场景或者一系列事件中的各种行动。
SV-1 系统接口描述	系统、系统条目和相互联系的说明
SV-2 系统资源流描述	系统之间的资源流的描述
SV-3 系统关联矩阵	在给定系统结构描述中的系统之间关系。它被设计用于展现关注对象的相互关系。
SV-4 系统功能描述	系统执行的功能(活动)和系统功能(活动)间的数据流
SV-5a 作战活动-系统跟踪矩阵	系统功能(活动)反向到作战活动的映射
SV-5b 作战活动-系统跟踪矩阵	系统反向到能力或作战活动的映射

续表

模型	描述
SV-6 系统资源流矩阵	提供在系统间被交换的系统资源流元素的细节和交换的属性
SV-7 系统指标矩阵	针对合适时间框架的系统模型元素的度量(公制)
SV-8 系统演化描述	从一套系统向另一套更高效系统迁移的已规划步骤,或是当前系统向未来系统演变的已计划步骤
SV-9 系统技术和技能预测	在一组时间框架预期投入实用以及将影响未来系统开发的新兴技术,软件/硬件产品和技能
SV-10a 系统规则模型	描述系统功能的三个模型之一,它标识了由于系统设计和实现方面原因作用于系统功能设计和实现的约束
SV-10b 系统状态转移描述	描述系统功能的三个模型之一,它标识了系统对事件的响应
SV-10c 系统事件跟踪描述	描述系统功能的三个模型之一,它以精练的序列方式标识了特定系统在作战视点中描述的事件
DIV-1 概念数据模型	所需高层数据概念以及它们之间的关系
DIV-2 逻辑数据模型	数据需求和结构化业务过程(活动)规则的文档
DIV-3 物理数据模型	逻辑数据模型实体的物理实现格式,例如,消息格式、文件结构、物理模式等

根据国防设计标准,体系结构建模的总体设计方法如下:

1) 首先构建 AV-1 描述项目总体信息,根据 AV-1 开发 CV-1 描述作战能力需求,开发 OV-1 描述典型作战场景、开发 OV-4 描述作战中需要的人员配置关系;

2) 根据 CV-1 生成 CV-3 描述能力不同阶段,开发 CV-2 描述能力的层次关系,根据 OV-4 和 CV-2 生成 CV-6,描述作战人员需要具备的能力;

3) 根据 OV-1,开发 OV-2 描述作战节点,开发 OV-5 描述作战活动,并自动生成 OV-3 检查作战数据流关系。开发 DIV-2 描述作战中数据信息,通过 OV-5 和 CV-2 自动生成 CV-6,描述作战活动承载的能力;对于重点作战活动或节点,可以选择 OV-6 3 个视图进行补充描述。

4) 作战视图 OV 描述作战活动,并不描述具体的仿真组成结构,具体的仿真模型及模型关系,数据流通过系统视图 SV 描述,开发 SV-4 描述系统功能,开发 SV-1 描述系统组成,并生成 SV-5 检查仿真系统是否完全满足作战需求。开发 DIV-3 描述系统交互数据,并生成 SV-6 检查系统数据流关系。对于重要模型或流程,可以开发 SV-10 3 个视图用于补充描述;

5) 在仿真前,通过 CV-2、CV-4、OV-2 的指导,完成效能评估指标体系的构建,包括层次结构及权重信息;

6) 在想定编辑阶段,通过 OV-2、OV-5 及 OV-6 的 3 个视图,可以辅助想定编辑人员编辑作战想定,使编辑的想定符合舰船作战的规范及流程;

7) 通过分析 CV-5、OV-5、SV-4 可以通过不同的作战活动实现需要的能力,再通过改变系统功能以实现不同的作战活动,由于系统功能对应的是仿真组件功能,即实现了通过仿真达到优化作战活动的目的;

8) 通过自动生成的矩阵 OV-3、SV-3、SV-6,可以分析作战和系统的资源信息流向,用以优化作战流程,提高舰船装

备作战效率。

1.2 体系结构产品的接口描述

体系结构产品的接口描述体现了与外部良好模型交互,其产品的接口描述的如图 1 所示。

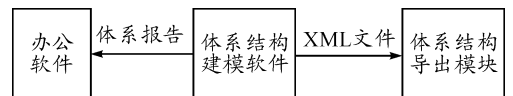


图 1 体系结构建模接口描述

利用体系结构建模软件开发的体系结构,可导出 Word、PPT、网页格式的报告,利用办公软件查看;可将体系结构中 与仿真相关的部分,导出成 XML 文件,供体系结构导出模块接收、识别和使用。

1.3 体系结构的模型组合描述

体系模型导入建模工具后,包括作战流程模型的输入接口、输出接口、监听事件和产生事件,可直接生成 C++ 代码框架,调用作战流程模型库中的组件。对于作战流程复合组件,与原子组件一样,也需要定义输入接口、输出接口、监听事件、产生事件。不需要生成代码框架,将原子组件拖进复合组件,通过连接和映射的方式,将复合组件的接口与原子组件的接口连接,复合组件自动拥有了相应多个原子组件的功能^[4]。

模型组合软件完成把原子组件组装成复合组件的工作。

图 2 中共有 5 个模型,左侧威胁判断、辅助决策、防空导弹火控组成台位 1,电子战、舰炮火力组成台位 2,仿真后会统计台位 1 与台位 2 的各项参数,如时间、信息量,整体操作时间等,进行效能评估。右侧威胁判断、辅助决策、电子战组成台位 1,防空导弹火控、舰炮火控组成台位 2,仿真后统计同样的参数进行效能评估,对比不同台位组合的效能,得出台位布置的最优化组合并生成作战流程模型。

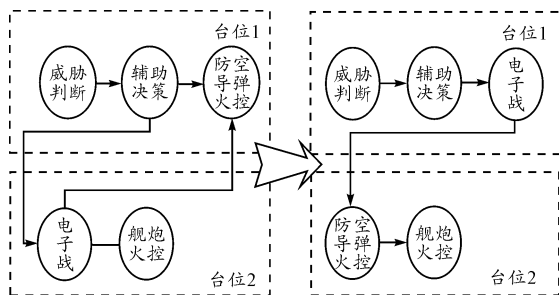


图2 体系结构的模型组合

1.4 体系结构的模型验证与仿真描述

体系模型组合后需要进行模块导入和导出,在体系结构导出模块导出的仿真模型中,可以进行修改和完善,其导入导出过程如图3所示^[5]。

组件有属性、输入接口、输出接口、监听事件和产生事件5个对外接口。名称符合C++的命名规范,数据类型支持C++标准数据类型,也支持列表、枚举、结构体等用户自定义数据类型^[6]。属性为组件的基本信息,用于仿真模型的初始化;输入和输出接口根据仿真步长周期性发送和接收的数据称,如机动模型向指控模型发布自身位置信息。监听事件和产生事件不是周期性发送,而是随事件变化接收和发送数

据,如指控模型下达作战指令、舰船发射舰空导弹等等。设计完成后,可加载基础模型库和指火控模型库的,形成仿真可用的模型原子组件。

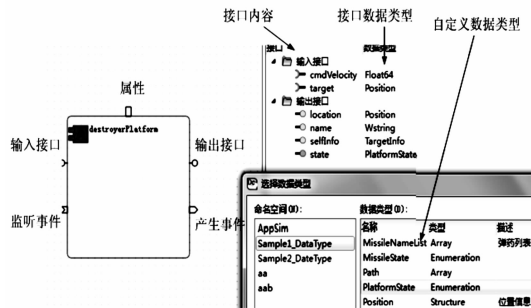


图3 体系结构模型导入导出模块

2 防空作战流程的军事需求设计与开发

水面舰艇防空作战流程的军事需求设计应根据水面舰艇防空的作战流程,从执行任务的起始时刻描述作战行动,根据作战行动所完成的动作设计相应的作战模型,其作战流程所需的模型如图4所示。

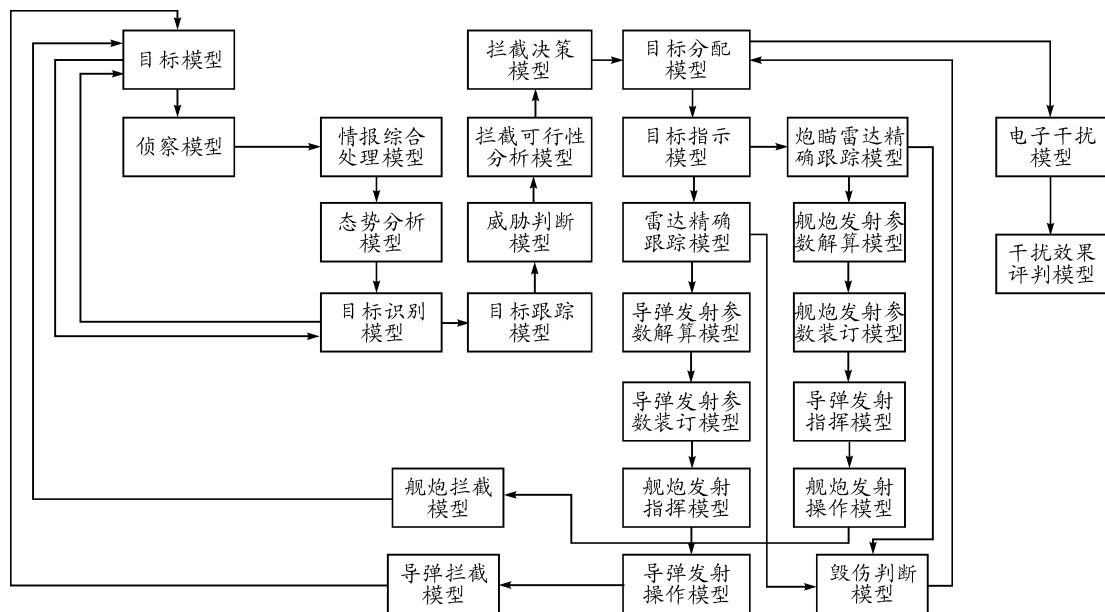


图4 水面舰艇防空作战流程设计模型

根据水面舰艇防空作战流程中的模型交互规则,建立相应的水面舰艇防空作战模型库,并对模型库进行规范设计,军事需求人员提供模型库中子模型的输入输出需求,给工程设计人员提供明确的设计要求^[7]。

3 防空作战流程的仿真验证

平台运行基于高层体系结构(HLA),实现分布式部署,

运行过程中部署情况如图5所示。

平台运行包括基础模型台位、作战使用模型台位、仿真导控台位、舱内显示台位及仿真场景显示台位。基础模型台位用于运行目标、机动、武器、探测等基础模型;作战使用模型台位在仿真前将原子组件组合成复合组件,仿真过程中调用运行;仿真导控台位在仿真前用于开发仿真想定、实样本等,仿真过程中进行导控控制及数据记录;舱内三维显示台位在仿真中显示舰船舱内三维场景;仿真场景显示台位在

仿真中显示大环境中的单舰作战外部场景。平台使用流程验证如图6所示。

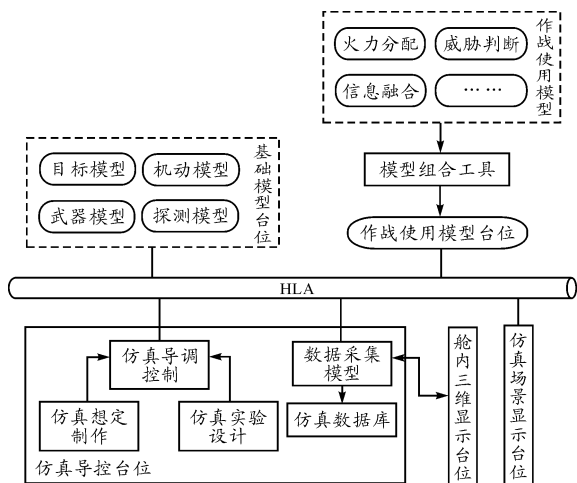


图5 基于平台运行的防空作战流程

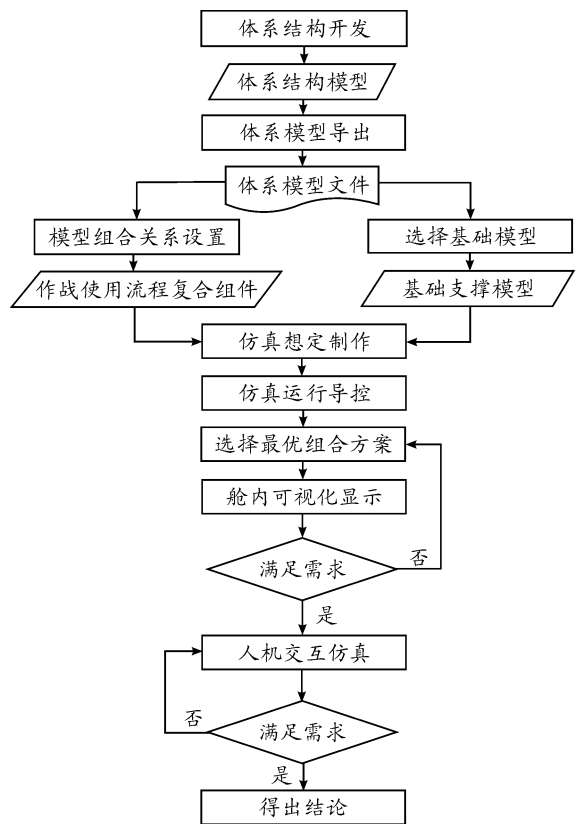


图6 平台使用流程验证

组合,形成作战流程模型组合方案;

步骤5:构建仿真想定,在二/三维场景中部署相应兵力,与仿真模型关联;

步骤6:部署仿真想定,运行仿真,在仿真过程中进行相应控制,记录仿真数据,分析仿真效能;

步骤7:根据仿真效能,选出效能最佳的仿真方案,开发舱内可视化模型,进行舱内可视化显示;

步骤8:根据舱内可视化显示结果,分析此方案是否可行,如果可行,进入下一环节,如果不可行,返回修改,进行效能仿真;

步骤9:对于可行方案,开发人机交互界面,进行人机交互仿真,得出仿真结果,分析结果是否满足需求,如果不满足,继续进行人机交互仿真,如果满足,得出结论,即最优化的作战流程方案。

利用体系结构导出模块,通过识别仿真数据、编辑数据等手段,将单舰作战的体系模型数据导出并生成仿真平台中的仿真模型框架,分别用它们对模型库中的各个对应模型进行封装,生成可供仿真使用的原子组件。利用模型组合工具对作战流程模型进行组合,形成作战流程复合组件,分析不同组合方式下作战效能的优劣,再根据作战效能得出可行的作战流程组合方式。对可行的作战流程组合方式,开发舱内可视化显示场景,进行舱内可视化显示验证,开发真实的操作界面,人在回路进行控制,进一步验证其可行性,最后得出真正可行的作战流程组合方式。

4 结束语

基于体系结构建模的水面舰艇防空作战流程设计可以从系统的顶层设计出发,避免了不合理决策带来的设计风险,满足了用户的设计需求。通过体系结构建模方法进行层次化统一设计可以很好地满足系统功能颗粒度不统一的需求,从而大大改进了系统的操作效率。

参考文献:

- [1] 庄严,张志祥,孔捷. 高层体系结构与多智能体仿真集成研究[J]. 计算机仿真,2007,24(4):95-99.
- [2] 尹全军,杜湘瑜,张琦,等. 基于HLA的智能Agent仿真环境研究[J]. 系统仿真学报,2005,17(4):875-878.
- [3] 李龙跃,刘付显. DODAF视图下的反导作战军事概念建模与仿真系统设计[J]. 指挥控制与仿真,2012,34(5):76-79.
- [4] 刘忠,杨磊,黄金才,等. 面向CGF对象的仿真建模方法[J]. 计算机工程,2007,33(15):101-105.
- [5] Sarit Kraus. Negotiation and cooperation in multi-agent environments[J]. Artificial Intelligence,1997:79-97.
- [6] 徐忠富,王国良,姜芳. UML在电子战仿真建模中的应用研究[J]. 指挥控制与仿真,2009,31(5):73-77.
- [7] 陆波,华耀祖. 应用UML进行反辐射导弹对抗仿真建模[J]. 计算机仿真,2003,20(12):17-18.

(责任编辑 周江川)

根据平台使用流程验证过程,其实现步骤如下:

步骤1:利用体系结构建模工具,开发单舰作战的体系结构模型,满足DODAF体系结构框架;

步骤2:依据体系结构模型,利用体系结构导出工具,将体系结构与仿真相关的元素导出成仿真模型;

步骤3:根据导出的仿真模型,在基础模型库中选择侦察、平台、武控、武器等模型;

步骤4:利用模型组合工具,将选定的作战流程模型进行