

# 基于 HLA 和 UML 的空防对抗系统仿真研究

丁炳汉, 王学智, 何晶, 王洁

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘要:**从提高空防对抗系统仿真重用性和互操作性的角度出发,在详细分析空防对抗仿真模型组成的基础上,深入探讨了综合运用 HLA 和 UML 进行空防对抗系统建模仿真的方法。该方法对于开发可重用性好,互操作性强,且易于理解的大型复杂仿真系统,具有重要的参考价值。

**关键词:**高层体系结构;统一建模语言;空防对抗;建模与仿真

**中图分类号:**TM13 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2004)04-0037-03

高技术条件下的空袭与反空袭是体系与体系之间的对抗,具有高度分布性和实时性以及参战力量众多、指挥关系复杂等特点,它们都面临着如何提高系统的整体作战效能以及实现系统整体优化等问题。然而,无论是空袭方还是防御方,都是由许多子系统组成的复杂大系统,其分析与优化都涉及到许多难以量化甚至不可能量化的问题。

目前已经有大量的关于空战仿真、防空作战仿真等方面的研究,并建立了大量的仿真系统,但是随着作战仿真研究的深入,人们发现仿真系统的重用性和互操作性已经成为阻碍仿真系统开发和应用的瓶颈。仿真模型是仿真活动的基础,如何从系统建模分析阶段采用规范且有效的方法来开发系统模型,是能否提高仿真模型的可重用性和互操作性的关键。

为此,本文在对空防对抗仿真系统建模分析的基础上,综合运用面向互操作的高层体系结构 HLA (High Level Architecture)<sup>[1]</sup>和面向对象的统一建模语言 UML (Unified Modeling Language)<sup>[2]</sup>,提出了一种基于 HLA 和 UML 的空防对抗系统仿真建模分析方法,以改善空防对抗系统建模仿真的重用性和互操作性。

## 1 空防对抗仿真系统建模分析

空防对抗<sup>[3]</sup>是体系与体系之间的对抗,为尽可能地反映出体系对抗的特点以及仿真的目的和要求,空防对抗仿真需建立的数学模型主要应包括4类:①作战模型。描述攻防双方在典型作战条件下的时间、空间关系和逻辑关系。包括空战模型,空地攻击模型,防空导弹攻击模型等。②武器平台模型。描述作战想定所需要的武器系统。如地空导弹武器系统、歼击机武器系统等。对于不同的武器系统,其组成也不相同。以防空导弹武器系统为例,包括火力单元指挥控制模型,探测制导系统模型,地空导弹模型等。③环境模型。描述气象、地形、地物、地貌、海洋等的模型。④评估模型。描述武器系统性能、被保卫目标完好程度,攻防双方武器毁伤程度等的模型。

空防对抗仿真的数学模型是层次化的,其中最高层是进攻方(红方)总模型,防御方(蓝方)总模型及环境模型;其次是攻防双方各分系统的模型,如红方包括航空兵分系统模型,地空导弹分系统模型,高炮分系统模型,防空指挥模型,探测预警模型等;各分系统中又包括一些子模型,如地空导弹分系统按作战单元和过程包括旅团指控模型、火力单元指控模型、目标搜索雷达模型等等;最后一层是各子模型的最小功能模型,即最小仿真实体模型。

数学模型是对实际系统的抽象,其合理性、有效性及正确性是仿真系统是否有效和可信的关键。但作为

收稿日期:2003-06-20

基金项目:军队科研基金资助项目

作者简介:丁炳汉(1965-),男,山东潍坊人,硕士生,主要从事控制系统的建模与仿真技术研究。

一个仿真系统,仅仅建立数学模型是不够的,除要将其转化为计算机能够实现的仿真模型外,还要将这些模型按照一定的仿真调度策略组织起来,同时考虑模型间、系统间的交互来实现系统仿真。为此,要建立可重用性高、互操作性好的空防对抗仿真系统,需要从仿真系统的分析、开发以及运行的整个生命周期,遵循先进的系统仿真和软件工程理念,进行行之有效的系统分析和建模。

## 2 基于 HLA 和 UML 的空防对抗仿真系统的设计与开发

HLA 是新一代交互仿真的基础<sup>[4-5]</sup>,是为达到模型可重用性和仿真应用之间的互操作性而建立起的通用技术框架,是建模与仿真技术框架的核心部分。其目的在于促进各种类型的模型与仿真应用之间的互操作性,以及建模与仿真部件的可重用性,实现仿真规模的可伸缩性和仿真的高性能;UML 是对象管理组织(OMG)确定的面向对象、定义良好、易于表达、功能强大且普遍适用的建模语言。

空防对抗仿真系统作为一个分布式、开放性的复杂大型仿真系统,为满足仿真系统的可扩展性、可重用性和互操作性,在对系统进行建模时,必须应遵循 HLA 提出的各种规范和机制。与此同时,为了提高仿真系统的重用性和可扩展性,对于各仿真分系统成员的设计和开发,应遵循面向对象设计与分析方法,保持系统分析和构建的开放性。基于上述分析,综合运用 HLA 和 UML 对空防对抗仿真系统建模,既遵循了目前流行的仿真技术框架,又充分利用了面向对象方法的软件开发技术。因此,该方法能够为各种不同领域人员提供仿真系统一致性视图,从而大大提高对仿真模型的理解;同时,也可以减少仿真模型在开发过程中的错误,加快仿真系统的开发时间。更为重要的是,应用 UML 对空防对抗仿真分系统进行建模,与 HLA 的对象模型模板(OMT)有较好的一致性,能有效提高仿真系统的开发效率。

### 2.1 基于 HLA 和 UML 的空防对抗仿真系统开发过程

基于 HLA 的空防对抗仿真系统的开发过程,必须要遵循 HLA 联邦开发和运行过程(FEDEP)<sup>[6]</sup>。FEDEP 包括 5 项紧密相关的工作,即需求定义,概念模型开发,联邦设计,联邦集成与测试,联邦运行与分析。其中联邦概念模型开发(FCM)实际上就是采用面向对象分析与设计(OOAD)方法对联邦进行概念分析和概念建模,而仿真建模则主要集中于联邦设计阶段。因此,基于 HLA 和 UML 的空防对抗系统建模过程可描述为:①根据空防对抗系统需求及空防对抗系统联邦概念模型,确定空防对抗系统仿真所需的实体和任务;②利用 UML 对空防对抗系统进行分析和描述,确定空防对抗联邦参与者及各仿真分系统(联邦成员)的行为和功能;③为空防对抗各联邦成员开发 HLA 仿真对象模型 SOM,描述各个联邦成员能提供给联邦的数据交换的本质能力;④开发空防对抗联邦对象模型 FOM,以明确记录空防对抗联邦中各联邦成员之间信息交换的需求和各自的责任;⑤用 UML 提供的 5 大类 10 种视图对空防对抗各联邦成员仿真过程及作战实体进行建模,完成联邦成员内部行为的设计与实现。

### 2.2 应用 HLA 的 OMT 规范开发空防对抗仿真对象模型(FOM/SOM)

HLA 中的对象模型用于描述为达到特定的联邦目标,数据将如何在分布的软件系统(通常是仿真系统)之间进行交换,即各联邦成员之间需交互的数据接口模型,实际上也就是空防对抗仿真模型中的实体交互模型。HLA 中的对象模型有两种形式,其中 HLA 联邦对象模型(FOM)提供一个 HLA 联邦中所有参与者之间公共的数据交换规范,而 HLA 仿真对象模型(SOM)则描述各个仿真参与者(联邦成员)能提供给联邦的数据交换的本质能力。根据 FEDEP 模型,只有在空防对抗仿真联邦需求和目标已经得到清楚描述,定义了联邦想定(剧情),建立了联邦的概念模型,确定了具体的联邦参与者(联邦成员),并分配了各自的功能和职责之后,才能按照 HLA 对象模型模板 OMT 规范开发 SOM 和 FOM。

应用 HLA 的 OMT 规范开发空防对抗仿真对象模型应首先建立 SOM 表,确定仿真系统对象类/交互类的公布能力,对象类/交互类的订购需求,属性/参数的公布能力以及属性/参数的订购需求。SOM 建立后,再确定联邦成员的公布能力及订购需求,确定联邦的公布责任,联邦对属性和参数的需求,进而开发 FOM 表。FOM/SOM 应以对象类表、交互类表、数据类型表等形式给出,具体格式参见 DMSO HLA OMT V1.3。

需要指出的是,开发 FOM/SOM 时都必须首先采用 OOAD 方法学对系统进行分析,建立系统的对象模型,然后在此基础上进行开发。因而采用 UML 来对联邦成员内部行为进行建模之后,可以方便地开发 FOM/SOM。

### 2.3 应用 UML 开发空防对抗仿真联邦成员

UML 是一种可视化的建模语言,采用图的方式来对系统进行建模,从各种不同视角描述系统特性,并对其各建模元素进行详细说明,同时生成所建模型的文档。UML 提供多种文档视图,包括用例图、类图、对象图、包图、状态图、顺序图、合作图、活动图和配置图,它适用于系统从需求规格描述到系统完成后测试的不同阶段。

应用 UML 对空防对抗仿真联邦成员内部行为建模,是一个迭代增量式的开发过程<sup>[7]</sup>。应首先根据联邦概念模型确定的仿真分系统的功能和组成,绘制出系统的用例图和类图,描述系统的静态模型;然后应用行为图和交互图来描述系统的动态行为,并对类图进行细化设计;最后应用实现图来描述空防对抗仿真分系统的构成和配置<sup>[8]</sup>。

以空防对抗地空导弹分系统为例,其用例图如图 1 所示。

从图 1 可以直观地看出,空防对抗地空导弹分系统的内部功能以及地空导弹分系统与其它空防对抗分系统之间的功能关系。进而还可以分析出地空导弹分系统与其它空防对抗分系统之间的信息关系,为 FOM/SOM 的开发提供一定的基础。此外用类图、活动图、顺序图等可以对地空导弹分系统的不同侧面进行系统建模,能够有效地建立系统模型到仿真模型的映射,在这里不再详述。

### 3 结束语

本文以提高仿真系统的重用性和互操作性为目标,以空防对抗系统仿真研究为基础,详细探讨了综合运用 HLA 和 UML 方法进行仿真系统建模分析的方法。作者将上述方法应用在某空防对抗仿真系统课题的系统分析和开发过程中,取得了良好的效果,大大提高了系统的开发效率,证明了该方法在开发复杂仿真系统时的有效性。

因此,本文提出的基于 HLA 和 UML 的仿真系统建模方法,对于其它大型仿真系统的开发也具有重要的借鉴意义。

#### 参考文献:

- [1] 周彦,戴剑伟. HLA 仿真程序设计[M]. 北京:电子工业出版社. 2002.
- [2] 刘超,张莉. 可视化面向对象建模技术——标准建模语言 UML 教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1999.
- [3] 熊新平,万自明. 防空体系攻防对抗数字仿真软件支持环境[J]. 现代防御技术,1994, 22(2):65 - 70.
- [4] 王文玲,金茂忠. UML 模型及其应用[J]. 计算机工程与应用,1999,35(11):47 - 50.
- [5] 熊新平. 分布式交互仿真支撑环境研究[J]. 现代防御技术,2000,28(5):51 - 58.
- [6] 冯润明,郝建国,黄柯棣. HLA 联邦设计中的模型问题[J]. 计算机仿真,2002,19(1):30 - 33.
- [7] 花文健,李建华. UML 系统分析方法[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2002,3(3):51 - 52.
- [9] 王刚,雷英杰,何晶. 空战决策指挥引导专家系统[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2002,3(1):11 - 13.

(编辑:田新华)

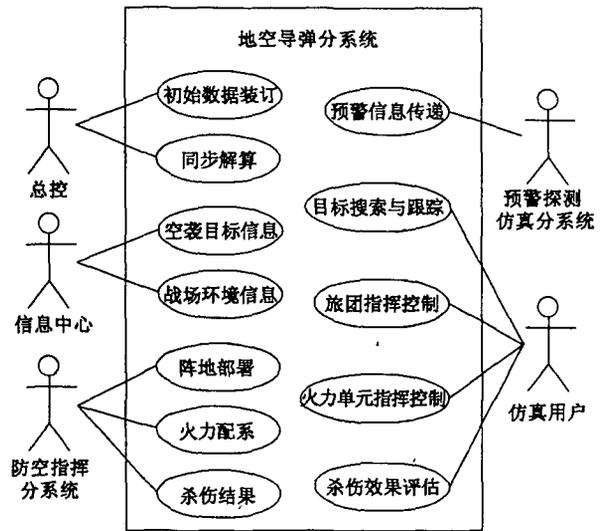


图 1 地空导弹分系统用例图

## A Study of Air - Raid and Air - Defense System Simulation Based on HLA and UML

DING Bing - han, WANG Xue - zhi, HE Jing, WANG Jie

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

**Abstract:** In order to improve the reusability and interoperability of air - raid and air - defense simulation system, this paper analyzes the model components in detail, presents an integrated modeling method based on UML and HLA, which is an effective development method for the construction of the large scale complex simulation system with reusability and interoperability.

**Key words:** HLA; UML; air - raid and air - defense system; modeling and simulation