

基于HLA的武器任务规划仿真体系通用框架

张晨斌, 刘 虎, 武 哲

(北京航空航天大学 航空科学与工程学院, 北京 100191)

摘 要:针对基于HLA的复杂虚拟战场环境下的作战武器任务规划仿真软件的开发,设计出了一套通用框架。论述了该框架的设计思想、总体结构与执行流程。采用了基于FEDEP的开发模式、VRSDK的开发、虚拟现实交互设计及面向对象的三维建模等关键技术。给出了基于该框架的一个武器任务规划仿真案例,案例运行结果表明,基于该框架的原型具有仿真视觉效果佳、程序运行流畅及程序可修改性、可重用性较好等特点,为开发武器任务规划仿真体系提供了一种可参考的模式。

关键词:高层结构体系;虚拟现实;虚拟战场环境;任务规划

中图分类号:TP391.9

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)05-0068-04

General Simulation Framework for Weapon Mission Planning System Based on HLA

ZHANG Chen-xiao, LIU Hu, WU Zhe

(School of Aeronautic Science and Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

Abstract: Designed a general simulation framework aiming at the development of weapon mission planning system in the comprehensive virtual combat environment based on HLA. Applied the FEDEP model and the virtual reality technology to develop framework, used object-oriented modeling methods to establish virtual model library. Based on the framework a prototype was exploited and the prototype proved that the framework possesses advantages of better generality, good visual effect and preferable software modifiability. Therefore, provide an available process to develop weapon mission planning simulation system.

Key words: HLA; virtual reality; virtual battlefield environment; mission plan

0 引 言

随着人类科技水平的不断进步,战争的形式日益复杂,而由于作战过程中的大量的不确定因素(所谓战争迷雾),想定又往往是解决不确定性的最有效的手段^[1]。任务规划系统的主要功能是在对各种敏感信息的处理和对当前的态势评估的基础上,对当前和未来战术任务作出规划与预测^[2]。在该领域,美国、英国、法国等国家任务规划的研究起步较早,而以美国为代表的任务规划系统早已进入实用化阶段^[3]。代表性的有美国的战斗机驾驶员助手计划^[4]、综合飞行管理系统座舱自动化技术^[5]、英国的任务管理辅助计划及法国陆军航空兵的直升机任务规划系统研发项目等。

综上所述,随着任务规划系统的不断发展,从众多

实例中抽象出一个通用的开发框架有利于未来设计不同类型武器的任务规划系统,有利于系统的继承性与通用性,减少了开发周期与系统升级的成本。

高层体系结构(High Level Architecture, HLA)是美国国防部于1995年提出的一个分布式仿真技术框架,其目的是为解决在国防领域内所有类型的模型、仿真和C⁴I系统的互操作和仿真资源的可重用性^[6,7]。文中基于HLA高层体系结构,结合了当前发展迅猛的虚拟现实开发技术与三维可视化技术,开发出了三维武器作战仿真评估体系通用框架,并给出了一个相关开发案例。使用者可在该体系框架下,快速开发出运行速度流畅、仿真想定方案设定便捷及可视化效果较好并可进行相应战场态势评估的三维武器作战仿真评估程序。

1 仿真框架设计

1.1 作战任务规划仿真体系总体思想

文中结合当前较为流行的仿真体系HLA高层体

收稿日期:2010-11-09;修回日期:2011-02-14

基金项目:教育部中央高校基本科研专项资金(BUAA2010C020)

作者简介:张晨斌(1986-),男,北京人,硕士研究生,研究方向为战场仿真与评估;武 哲,博导,研究方向为飞行器总体设计。

系结构开发出了面向各类武器的任务规划仿真体系通用框架,其思想如图1所示。

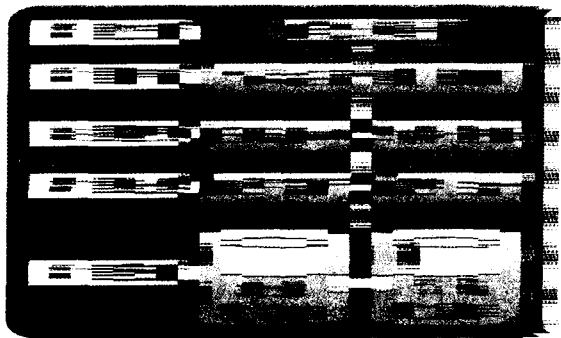


图1 仿真框架总体思想

1.2 作战任务规划仿真体系总体结构

如图2所示,仿真体系构架由五部分组成。

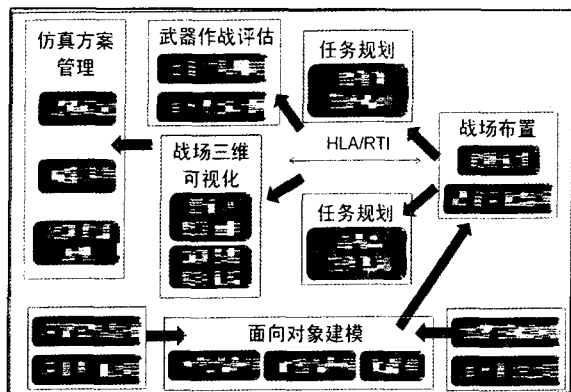


图2 仿真体系构架

1)模型层。作为系统的运行基础,模型层集合了仿真程序所需要的各种模型。包括战场环境模型及战场武器模型。其中战场环境模型库包含了系统需要的大气信息与地理信息,例如云团及森林等。此外,模型集成了自身三维模型与对环境影响的属性,并且提供了开放的接口用来满足使用者对两类库的扩充。模型库层为仿真程序的逼真性提供了保证。为提高系统的渲染及处理速度,文中在建模时应用了根据模型精细度进行需求分析的方法,从而大大减少了模型的文件量^[8]。

2)战场布置层。战场布置层为仿真程序提供了可重用的可能。由于战场环境的千变万化及武器组合种类的繁多,灵活的仿真方案变更是提高仿真程序效能的关键。在系统中,导演方首先负责布置虚拟战场,如向战场中加入森林、河流等。完成后,参与仿真程序的各个终端,可依据双方的仿真规则在虚拟战场中加入各自的武器装备,并对其进行任务规划,如规定初始位置、运动速度及运动轨迹等。参与仿真程序执行的武器,将连同它的任务数据文件一起,组成仿真程序的一个“联邦成员”,并在HLA启动后,加入仿真程序。

3)网络传输层。文中应用HLA高层体系结构实

现不同仿真终端间的数据传输。HLA是一个开放的、面向对象的体系结构,它的基础是构件。HLA通过定义对象模型与仿真应用程序之间的编程接口(RTI-API)来实现构件的装配。同时,RTI向客户方的应用提供标准的接口,屏蔽了许多与分布式计算相关的细节。网络传输层具体的架构如图3所示。

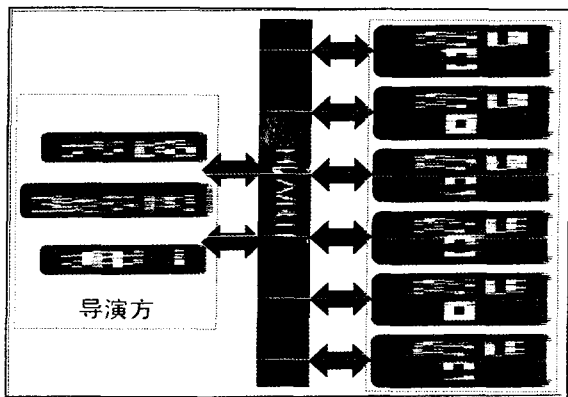


图3 网络传输层架构

在执行过程中,所有联邦成员按照HLA接口规范要求同RTI(Run Time Infrastructure)进行数据交换,实现联邦成员之间的互操作,同时,遵循共同的RTI接口的仿真应用可以灵活地组成功能各异的联邦^[9]。

4)实时监视层。该层主要提供两类功能,即武器作战评估与战场三维可视化。为了评判武器在某一次任务规划中的作战性能,武器战伤的评估与战场战斗结果的评判是必不可缺的,其根据是在建立武器模型时赋予它的相关战斗属性,属性值以数字方式给出。此外,为了使制定作战任务的人员可以更加直观的了解战场态势,同时方便对战场隐藏信息的挖掘,文中提供了较为友好的人机交互界面,并赋予系统以多视角观测、多画面显示及重点区域的缩放等功能。

5)方案管理层。仿真程序多应用于随机不可预测的系统。因此,考虑到使用者在仿真程序结束后,会对多次仿真过程有对比评估及数据挖掘的需要,文中提供了方案保存、方案回放及方案数据处理三部分仿真后期功能。其中方案数据的处理包含了对仿真过程结果的报表生成等功能。

1.3 作战任务规划仿真体系运行流程

本系统运行流程分为三个阶段。

1)仿真准备阶段。在本阶段中使用者首先将建立的武器模型导入后台数据库,以便在后面的仿真程序中调用该模型。之后,导演方将根据所需战场环境布置虚拟战场,如三维地形的选择,树木、河流的摆放。虚拟战场布置完成后,准备加入仿真程序的成员将在战场中规划己方的作战方案,如武器的运动轨迹、运动速度等,该类信息将会以时间轴为基准记录下相关的数据。待各方完成作战布置规划后,仿真程序读入创

建好的 FED(联邦执行数据文件)信息并初始化场景。FED 是 FOM(联邦仿真对象模型)的表格的文本化,它保存了联邦仿真成员以及与其相关联的数据存储空间路径。

2) 仿真运行阶段。当根据 FED 建立的三维场景搭建好以后,便可开始仿真程序的执行。此时,VR/RTI 接口模块将会持续监听 RTI 中指定的对象作战规划数据存储地址,并根据该地址中的数据对监视系统中的对象进行状态更新,并由武器装备本身的作战属性进行诸如开火与规避等动作。同时,监视系统端操作人员可通过显示端的人机交互实现多角度、多窗口观测目标对象。

3) 仿真数据后处理模块。当所有武器完成预先设定的作战任务规划后,系统将自动退出仿真程序,并给出战场数据的处理,如各方武器损毁情况对比分析等。

2 仿真系统关键技术

2.1 基于 FEDEP 模式的联邦开发过程

为了支持在 HLA 框架下建立仿真程序,美国国防部建模与仿真办公室(DSMO)提出了 HLA 联邦开发与运行过程(FEDEP)模型,FEDEP 模型提供了可交互的瀑布似的软件开发过程^[10],并通过一定的有限的步骤,把用户需要解决的问题从抽象的逻辑概念初步转化为具体的物理实现。具体步骤有目标开发、情景开发、概念分析、联邦设计与联邦开发。DSMO 先后发布了多个版本的 FEDEP 模型,用以指导基于 HLA 的仿真系统开发以增加系统的可重用性。参考 DSMO 的 FEDEP 模型^[11],开发系统如下:

1) FOM 表的建立。FOM 即联邦对象模型,其目的是提供联邦成员间公共的、标准化的格式进行数据交换的规范。它描述了在仿真运行过程中将参与联邦信息交换的对象类、对象属性、交互类、交互属性参数的特性。

2) SOM 表的建立。仿真系统可根据需要,建立若干个 SOM,即各方的空军武器、陆军武器及海军武器联邦成员。对象类的信息订购可以达到属性级,如对作战飞机速度信息的订购。而对于交互类的信息订购,则只可以达到类级,如武器损毁后的消隐。

3) 联邦执行文件(*.FED 文件)的生成。SOM 表和 FOM 表完成后,便可使用 OMDT 工具生成联邦执行文件(*.FED 文件)。

2.2 VRSDK 开发

Virttools 是一款优秀的三维仿真软件,它利用“即拖即放”的方式,将“行为交互模块”(Building Blocks)赋予在所创造的虚拟物体上^[12],从而快速地实现三维

交互设计。同时,它也提供 SDK 开发工具包,用户可以根据需要,开发自己的“行为交互模块”,文中为实现三维显示系统与 RTI 的信息传递,开发了 RTI/VR 接口行为模块“ambassador”。部分代码如图 4 所示。

```
int HZHLAInterface(const CKBehaviorContext&BehContext)
{
    #ifdef THREADED_LOADING
    //新建一个线程
    UxThread *UXT;
    //新建一个联邦大使
    DGFederateAmbassador *vtsim;
    //定义订购与发布的标志位, 输入参数
    int flag;
    #endif
    CKBehavior *beh=BehContext.Behavior;
    if(beh->IsInputActive(0)){beh->ActiveInput(0,FALSE);
    //获取输入参数
    CKSTRING fedfilename=(char *)beh->GetInputParameterReadDataPtr(0);
    CKSTTING fedname=(char *)beh->GetInputParameterReadDataPtr(1);
    CKSTTING fedname=(char *)beh->GetInputParameterReadDataPtr(2);
    beh->GetInputParameterValcuc(3,&flag)
}
```

图 4 ambassador 行为模块中加入联邦的部分代码

该行为模块实现了实时扫描内存指定地址并读取武器实时信息的功能。利用该行为模块,显示系统可以根据事先规划的武器任务方案的数据驱动虚拟战场中的三维模型,从而实现系统的可视化。

2.3 虚拟现实交互设计技术

在战场多维信息显示层中,文中建立了分布式交互仿真和虚拟现实技术人工合成的、可支持多种武器平台的虚拟战场环境^[13]。而对于武器装备的三维化显示,文中采用了层次细节划分 LOD(Level of Detail)技术对生成的三维模型进行简化^[14]。在处理诸如火药爆炸等特效时,采用了目前使用最多的复杂的粒子效果方法^[15]。

此外,良好的交互性对于监视系统的使用者有着巨大的作用。它有利于使用者对战场信息的挖掘。例如多视角的选择,日本导航研究院(ENRI)建设的用于评估空中交通管理数据信息处理系统的虚拟现实仿真设备中,使用 8 个图形通道为管制人员提供 360 度视角^[16]。文中针对战场监视系统显示端,应用虚拟现实交互设计开发,开发出了较为友好的监视系统操作界面。文中通过虚拟现实开发技术,实现了多画面分屏显示、多视点显示等相关功能。在依据文中框架开发的相关仿真程序中,使用者可根据需要,实现预设的区域的分屏显示,从而方便了使用者对场景中多个地区的同步观测,图 5 所示为某原型中显示界面,图 6 为第三视角观测战场。同时,显示端还可根据后台提供的战场数据显示报表,为使用者快速了解战场战斗结果提供帮助。



图 5 监视系统多窗口显示 图 6 第三视角观测战场

2.4 面向对象设计的武器模型建模

面向对象的武器建模方法采用符合人们认识武器的思维方式,对武器在作战中涉及的属性及战斗性能进行抽象,而在建立武器模型时,基于三维仿真软件Virtools技术实现,将武器自身的三维模型与战斗属性相结合,形成了一个的武器对象类,映射成对象的属性与方法。在执行仿真程序时,使用者只需将所需的武器通过界面菜单调入虚拟战场,武器模型本身将会在仿真执行过程中依据自身的战斗属性进行相关的诸如攻击、规避等动作。

3 结束语

文中在总结当前多数战场作战规划软件的结构的前提下,结合当今流行的HLA高层结构体系,提出了可适应不同类型武器的任务规划仿真体系的软件开发框架。该框架为开发任务规划仿真软件提供了一种可能的模式。

参考文献:

- [1] Ivan K. Strategic Thinking in the Information Age and the Art of Scenario Designing[R]. Prague: Charles University, 2004.
- [2] Morse A S. A comparative study of normalized and unnormalized tuning errors in parameter-adaptive control[C]//Proc. of the 30th IEEE Conf. on Decision and Control. Brighton: [s. n.], 1991: 135-138.
- [3] Mission Planning System (MPS)/Intelligence Computer System(ics)[R]. Santa Barbara, CA: Geodynamics Corp, 1997.
- [4] Bank S B, Lizza C S. Pilot's associate: a cooperative, knowledge based system application[J]. IEEE Expert, 1991, 6(3): 18-29.
- [5] Xie X J, Wu Y Q. Robust model reference adaptive control with hybrid adaptive law[J]. Int J of Systems Science, 2002, 33(14): 1109-1119.
- [6] Symington S, Morse K L, Petty M. IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - Framework and Rules(IEEE Std 1516-2000)[S]. [s. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 2000.
- [7] Symington S, Morse K L, Petty K. IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - Federate Interface Specification(IEEE Std 1516-2000)[S]. [s. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 2001.
- [8] 张晨斌,王宜新,刘虎,等.作战武器任务规划仿真系统原型的开发[J].系统仿真学报,2010,22(11):2549-2553.
- [9] Foster I, Kesselman C, Tuecke S. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations[J]. The International Journal of High Performance Computing Applications, 2001, 15(3): 200-222.
- [10] Lutz R, Scrudder R, Graffagnini J. High Level Architecture Object Model Development and Supporting Tools[J]. Simulation, 1998, 71(6): 401-409.
- [11] Federation development and execution process (FEDEP) model. Version 1.4[DB/OL]. 1999. <http://www.deso.mil>.
- [12] Virtools, Inc. Virtools Dev User Guide[EB/OL]. 2001. <http://www.virttools.com>.
- [13] Gardner S. A virtual collaboration testbed for joint campaign battle management and mission planning[C]//Aerospace Conference, IEEE Proceedings. [s. l.]: [s. n.], 2001: 10-17.
- [14] Panzitta M J, Moore R G. Visual System Interoperability Between CCTT and SIMNET[C]//Proceedings of IMAGE VII Conference. Tempe, AZ: The IMAGE Society, Inc, 1994: 272-281.
- [15] Michael D, Richard S. Biometrics: An Overview of the Technology, Challenges and Control Considerations[J]. Information Systems Control Journal, 2004(4): 53-55.
- [16] Shioimi K, Sato H. Development of ATC simulation facility[R]. New Orleans: AIAA, 1997.
- [6] 汪小龙,袁志发,郭满才,等.最大信息熵原理与群体遗传平衡[J].遗传学报,2002,29(6):562-564.
- [7] 李纯莲,王希诚,赵金城.一种基于信息熵的多种群遗传算法[J].大连理工大学学报,2004,44(4):590-593.
- [8] 武金瑛,王希诚.一种粗粒度并行遗传算法及其应用[J].计算力学学报,2002,19(2):149-152.
- [9] Srivastava S, Kumar S, Garg R C, et al. Generalized traveling salesman problem through n sets of nodes[J]. CORS Journal, 1969(7): 97-101.
- [10] Laporte G, Vaziri A A, Sriskandarajah C. Some applications of the generalized traveling salesman problem[J]. J Oper Res Soc, 1996, 47: 1461-1467.
- [11] 王文义,秦广军,王若雨.最适应的多种群并行遗传算法研究[J].计算机工程与应用,2006(15):34-36.
- [12] Ursem R K. Diversity-Guided Evolutionary Algorithms[C]//Proc. of the 7th International Conference on Parallel Problem Solving from Nature. Granada, Spain: [s. n.], 2002: 462-471.
- [13] 辛斌,陈杰,窦丽华,等.群搜索优化中基于分布熵的多样性控制[J].模式识别与人工智能,2009,22(3):374-380.

(上接第67页)