

基于 HLA/KD - RTI 飞行模拟训练系统的研究

赵晓明, 何晶, 武昌

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要:随着军用仿真模拟器的发展和普及,如何利用现有的仿真资源,实现更复杂的仿真任务已成为当前急需研究的问题。文章基于 HLA 分布式仿真技术的联邦开发过程,提出了一个多机种飞行模拟器互联形成一套完整的飞行模拟训练系统;同时,对实现该系统要解决的几个技术难点进行了详细地分析。

关键词:飞行模拟器;HLA;网关;分布式仿真

中图分类号: V32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009 - 3516(2005)06 - 0013 - 04

目前,对不同机种单台飞行模拟器的开发与应用已经达到一定的水平^[1-4],单台飞行模拟器的训练主要是完成飞行操作、转场飞行、风险科目等训练,能够使飞行员快速熟悉新机种的驾驶技术,提高操作水平。随着训练任务的提高,越来越迫切地需要对多台飞行模拟器互联,完成更加复杂的训练任务,如编队飞、空中对抗、对地攻击、以及协同完成战术、战役仿真演练等等,这对于飞行员提高训练水平尽快形成战斗力具有重要意义。

1 HLA 技术

高层体系结构(High Level Architecture, HLA)是用于产生计算机仿真系统的通用技术框架,是美国国防部建模与仿真办公室(DMSO)为了解决军事仿真应用的互操作性和重用性问题于1995年提出的新一代分布式仿真标准。HLA将实现某种特定仿真目的的仿真系统称为联邦(Federation)。联邦由联邦对象模型、若干联邦成员(它可以是真实实体仿真系统、单台飞行模拟器等)和运行时间支撑系统 RTI(Run-Time Infrastructure)构成,其中,联邦是个层次概念,它可以是更复杂系统的一个联邦成员,由此,HLA定义的联邦系统是一个开放性的分布式仿真系统,具有系统可扩展性。成员之间的交互通过 RTI 提供的服务来实现。在这种结构中,RTI从某种程度上来说是一种“软总线”,联邦成员可以在联邦运行过程中随时“插入”。

HLA是一个通用的仿真技术框架,它定义了构成分布交互仿真各部分的功能和相互关系,它主要包括3部分内容:

规则——HLA共定义了10条规则,描述仿真和联邦成员的职责,以确保一个联邦内仿真的正确交互。其中前5条规则是关于联邦的,后5条规是关于联邦成员的。

对象模型模板 OMT(Object Model Template)——OMT用来描述对象模型。HLA的对象模型由一组描述对象的类、属性和它们之间交互关系的信息组成。它对应两个部分:联邦对象模型 FOM(Federation Object Models)和仿真对象模型 SOM(Simulation Object Models)。

接口规范说明 IFSpec(Interface Specification)——接口规范是联邦成员和 RTI 间接口的规范,RTI是允许一个联邦共同执行的软件,RTI和联邦成员的接口是标准的,RTI的实现方式可以是多种多样的。目前就 RTI 的开发,美国 Aegis 公司与瑞典 Pitch 公司联合推出了 PRTI 和与之配套使用的 HLA 应用开发工具集 LabWorks^[3];国内有国防科大开发的 KD - RTI 和与之配套使用的 HLA 应用开发工具集以及北航开发的

收稿日期:2005-05-30

基金项目:军队科研基金资助项目

作者简介:赵晓明(1962-),男,长春人,博士生,主要从事通信导航系统体制发展及管理 and 复杂系统建模与仿真研究。

AST - RTI 等。

2 基于 HLA 的飞行模拟训练系统的体系结构

在 HLA 高层体系结构计算机仿真系统的通用技术框架下,并且在现有的仿真资源(4 台不同机型和机种的飞行模拟器)的基础上,充分考虑到开发大型飞行模拟训练系统的复杂性和性能价格比,文章采用国防科大开发的 HLA/KD - RTI 为进一步开发平台,提出了一个切实可行的大型飞行模拟训练系统实现方案(见图 1)。

由 4 台不同机型和机种的飞行模拟器(战斗机 A 型、战斗机 B 型、轰炸机和运输机)组成 4 个联邦成员,其它 4 个系统(显示系统、评估系统、指挥中心控制系统和战场环境资源库)组成 4 个联邦成员,共 8 个联邦成员组成一个联邦。即飞行模拟训练系统。飞行模拟器之间通过网关 GateWay 和 KD - RTI 进行交互。

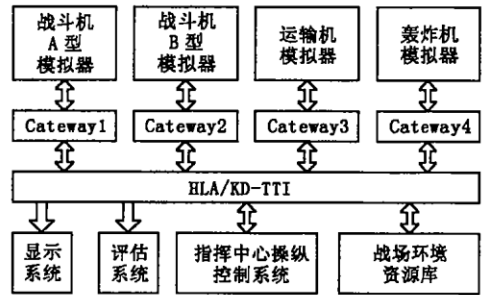


图 1 基于 HLA 飞机模拟训练系统

3 基于 HLA/KD - RTI 的飞行模拟训练系统的实现

3.1 指挥中心控制系统

指挥中心控制系统在飞行指挥人员(飞行教官)的控制下,可以控制飞行训练的开始和结束,根据不同的训练科目从战场资源库中选调不同的题库,在训练飞行复杂科目如编队飞行时,飞行指挥人员不仅在大屏幕上全面掌握战场空域和各个飞机情况,而且还可以通过小屏幕切换到单击飞行学员座舱情况,通过和飞行学员通信联络,可以指挥控制飞行学员把飞机飞到指定空域,并且可以纠正飞行学员的错误飞行动作。

3.2 战场资源环境库

战场资源环境库是模拟飞行训练中的题库,题库编写的好坏直接关系到飞行学员训练质量。编写战场资源环境库需要大量的编程人员,以 DK - HLA 分布式仿真开发系统为开发平台(见图 2),进一步开发飞行模拟训练系统可以减少大量的工作,缩短实现该系统的时间。

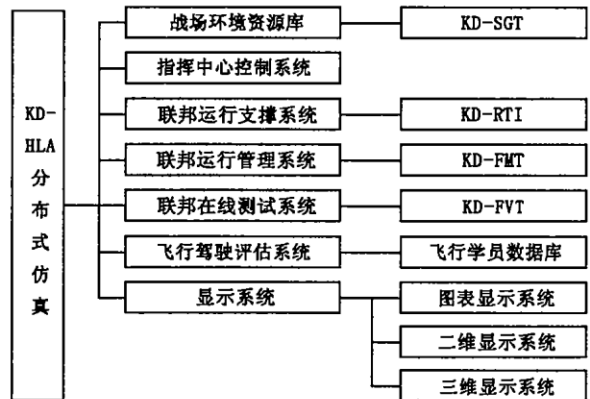


图 2 HLA 分布式仿真开发环境图

单台模拟器的训练题库可以作为战场资源环境库的一部分,多台飞行模拟器共同训练题库可在想定编辑器 KD - SGTJ 基础上进一步开发,KD - SGT 主要由 11 部分组成,即作战想定标识、战场环境、兵力编制、作战编成、作战阶段、机动路线、指挥通信、作战区域、战斗行动、战术信息、红/蓝方兵力生成。如若进一步开发战场环境资源库可成还可以采用 Multigen - Paradigm 公司视景建模与仿真工具 MultiGenCreator/Vega,它可以用来对战场仿真和计算可视化等领域的视景数据库进行产生、编辑和查看。Creator Terrain Studio,简称 CTS,是处理大地形数据的先进工具。它可以对地形进行栅格化处理,具有强大的 workflow 管理工具,尤其在处理大地形方面具有很强的能力。Vega 和 VegaPrime 是用于实时视景仿真和虚拟现实的强有力工具,它们将易用的工具和高级仿真功能巧妙地结合起来,从而可使用户简单迅速地创建、编辑、运行复杂的仿真应用。由于 Vega 和 VegaPrime 大幅度减少了源代码的编写,使软件的进一步维护和实时性能的优化变得更容易,从而大大提高了开发效率。其中 Vega 采用标准 C 的 API,VegaPrime 采用 C++ 的 API。渲染工具 Vega 加入到这套解决方案中,可实现联邦成员的实时、三维显示,以增加 HLA 仿真应用的感染力。

3.3 网关 GateWay 的设计与实现

网关 GateWay 的功能就是把飞行模拟器内部飞行参数和(飞行高度、速度、姿态角、垂直过载、生降率、

姿态角变化率、飞机的方位和航向等)数据同联邦之间进行数据交换^[4]。

一方面将飞行模拟器内部数据转换为 HLA 规定的格式,并发送给其它联邦成员中;另一方面,从 HLA 联邦中获取所需要的数据转换为飞行模拟器所需要的内部格式送到飞行模拟器的显示系统。网关 GateWay 的组成见图 3。它是由数据采集接口、控制显示接口、数据格式转换、扩展 PAI 接口、FOM/SOM、RTI 组成。

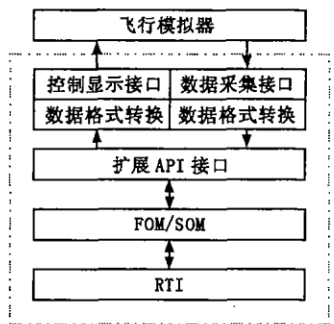


图 3 GateWay 组成框图

数据交换可分为上行数据和下行数据两路。上行数据是通过数据采集接口把飞行模拟器内部的飞行参数采集到后送到数据格式转换,数据格式转换将飞行模拟器内部的数据格式转换为 HLA 规定的格式与扩展 PAI 接口相连,用不同的计算机语言(C++,Java 等)开发实现的飞行模拟器,具体的 PAI 接口是不同的,确定联邦的联邦对象模型(Federation Object Models, FOM)和仿真对象模型(Simulation Object Models, SOM)^[2]。在 HLA 应用系统中,对象模型模版(Object Model Template, OMT)是联邦执行实现数据交互的基础,只有通过对象型模版对交互数据进行了正确的定义,才能够保证联邦成员之间交换数据的顺利进行。对象型模版在 HLA 应用系统中的应用,主要以 FOM 和 SOM 的形式体现出来。RTI 接口最后和 KD - RTI 相互交换信息。下行数据与上行数据正好相反,区别在于下行数据只对其它联邦成员发布了的并且该飞行模拟器订阅了的信息数据进行传输,最后输出要送到飞行模拟器的显示系统。

3.4 联邦运行支撑系统

HLA 的核心就是运行时间支撑系统 RTI, 根据 HLA 的规则,联邦成员之间的数据通信必须通过 RTI, RTI 提供了一系列服务来处理联邦运行时成员间的互操作和管理联邦的运行。根据 IEEE P1516.1 规定, RTI 提供了包括六大管理服务(联邦管理、声明管理、对象管理、所有权管理、时间管理、数据分发管理)及其支持服务在内的共计 130 个接口服务,以 API 接口函数形式提供给联邦成员开发。选用国防科大开发的 KD - RTI 能更好地开发 RTI 的六大管理服务,特别是时间管理和数据分发管理,要保证各个联邦成员在时间上同步进行,实现联邦成员在线实时运行,时间管理和数据分发管理是非常重要的。

3.5 联邦运行管理系统

KD - FMT 主要管理内容有:远程启动一个成员,并使其加入联邦运行;初始化加载,成员注册;仿真开始命令;暂停命令;继续命令;停止命令;恢复命令;保存命令;启动数据采集工具,对指定数据进行记录;调整仿真运行时间比例尺;控制仿真推进速度;删除指定成员;清除故障成员;复位命令;要求成员恢复到初始状态^[1]。HLA 联邦运行管理可通过 RTI 中管理对象模型(Management Object Model, MOM)报告的信息,显示控制联邦及其成员的运行。

3.6 联邦在线测试系统

在联邦成员运行期间,RTI 的运行情况、联邦性能、成员职责以及时空性能等性能测试,都是通过 KD - FVD 来测试的,为仿真的有效性提供依据。

3.7 评估系统的设计与实现

使用飞行模拟器培训飞行学员的一个主要目的就是提高飞行学员的飞行技术,完成简单的飞行训练科目如飞行操作、转场飞行等。若使用飞行模拟训练系统来对飞行学员进行培训,飞行学员不仅要完成上述训练科目,而且还要完成更复杂的飞行训练科目,如编队飞行、空中对抗、对地攻击、以及协同作战等。这就需要一个好的评估系统对飞行学员每完成一次复杂的飞行训练科目就进行一次飞行操纵品质评估,记录飞行学员每一次飞行成绩,最后给出成绩综合评定,对飞行学员提高飞行技术有着很重要的作用。目前,国内对使用飞行模拟器培训飞行学员进行评估还没有一个统一的标准,本文提出了两种实现该评估系统的实现方案。

方案 1:采用计算机评判和领域专家(飞行教官)进行综合评定(见图 4)。可以把飞行学员在整个飞行过程(起飞、着陆和飞行过程中几个重要阶段)的主要飞行参数(高度、速度、迎角、升降率、航向、方位、过载和姿态角等)进行定标,定出优、良、中、一般和差的标准数值,输入飞行员标准数据库,飞行学员的每一次飞行数据都与标准数据库比较,计算机给出一个成绩,然后由飞行教官进行综合评定,最后记录存档。

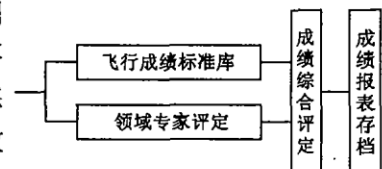


图 4 评估系统图

方案 2:采用数学建模即用 ADC 型和层次分析法,给出不同飞行参数的权重,最后用模糊评判来确定最后的成绩。

3.8 显示系统

显示系统采用了图表显示、二维显示系统和三维显示系统。在显示系统开发过程中可在 KD - SimShow 的基础上,进一步开发。

4 结论

以 HLA/KD - RTI 为开发平台进一步开发实现大型飞行模拟训练系统,充分体现了 HLA 提出的最初主要目标即提高军事仿真应用的互操作性和仿真资源的可重用性。同时也充分考虑到了开发该系统的复杂性和性能价格比。该系统可能使飞行学员快速熟悉新机种的驾驶技术,提高操作水平,完成更加复杂的训练任务,如编队飞、空中对抗、对地攻击、以及协同完成战术、战役仿真演练等,对飞行学员提高训练水平尽快形成战斗力具有重要意义。

参考文献:

- [1] 黄建,郝建国,黄柯棣. 基于 HLA 的分布仿真环境 KD - HLA 的研究与应用[J]. 系统仿真学报, 2004,16(2):214 - 221.
- [2] 林新,宋炎,王行仁. 战斗机飞行仿真系统 HLA 互联系统[J]. 系统仿真学报, 2004,16(12):2751 - 2753.
- [3] 付正军,王永红(译). 计算机仿真中的 HLA 技术[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
- [4] 倪世宏,史忠科,王彦鸿. 军用飞机驾驶员操纵品质评估体系研究[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2004,5(6):7 - 10.

(编辑:门向生)

Research on the Flight Simulation System Based on HLA / KD - RTI

ZHAO Xiao - ming, HE Jing, WU Chang

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

Abstract: With the development of flight simulator, how to make use of single flight simulator to perform a more complex flight simulation task becomes an urgent problem in the research at present. According to the process of developing the HLA - based on simulation application system, a complex flight simulation system which has a different kind of simulator interoperability is presented, and two key techniques in realization of the system are analyzed in this paper.

Key words: flight simulator; HLA; gateway; distributed simulation