

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.02.006

基于 HLA 的某型飞机指挥驾驶模拟器组训系统

林亚军, 王述运, 周晓光, 谷树山

(海军飞行学院模拟训练中心, 辽宁 葫芦岛 125001)

摘要: 为解决多飞行训练模拟器与飞行训练指挥模拟器互联的复杂仿真任务问题, 设计一种基于高层体系结构 (high level architecture, HLA) 的模拟器组训系统。以某型飞机飞行训练模拟器、飞行指挥训练模拟器为基础, 提出多飞行训练模拟器与飞行训练指挥模拟器组训系统的结构, 在原有平台的基础上, 采用 HLA/RTI 作为其体系结构和支撑平台, 对飞行指挥训练模拟器进行升级改造, 实现了 4 种气象条件下各个飞行科目的模拟飞行日训练。仿真结果表明: 该系统能减少实装损耗, 保障飞行安全, 具有较高的军事经济价值。

关键词: 飞行训练模拟器; 飞行指挥训练模拟器; 分布式仿真; 高层体系结构

中图分类号: TJ06 **文献标志码:** A

A Group Training System of Command and Drive Simulators of Certain Type Airplane Based on HLA

Lin Yajun, Wang Shuyun, Zhou Xiaoguang, Gu Shushan

(Simulation & Training Center, Navy Flight Academy, Huludao 125001, China)

Abstract: In order to solve the complex simulation mission of netting many flight simulators with command simulator, the paper studied and designed a new group training system of simulator based on high level architecture (HLA). Based on certain type airplane simulator and flight command simulator, the system structure of group training system by netting many current flight simulators with a current command simulator is presented. By adopting HLA/RTI as system structure and support platform, and upgrading the command and training simulator, the group training system can carry out each flight subject in four kinds of weather conditions. The simulation result shows that the system can reduce the wastage of actual equipment and ensure the flight security, has important military training value.

Key words: flight training simulator; flight control training simulator; distributed mission training; high level architecture

0 前言

飞行模拟器是现代航空科研、实验、教学、训练中不可缺少的技术设备, 在飞行性能研究、飞行品质评估和飞行训练等方面都具有重要意义^[1-2]。目前单台战斗机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。随着训练任务要求的提高, 越来越迫切需要构建以飞行指挥模拟器为中心, 针对地域分布的单台模拟器进行互联的组训系统, 以完成更加复杂的训练任务, 如编队飞行、空中对抗、对地攻击、以及协同完成战术、战役仿真演练等等。

某型飞机飞行训练模拟器可以实施起落航线、特技飞行、编队飞行、夜航等训练大纲范围内的模拟飞行训练。现有用于培训飞行指挥员的飞行指挥训练模拟器, 可以实现 16 个机种飞行指挥员培训, 该模拟器在海军航空兵飞行指挥员培养过程中发挥

了重要作用。但该模拟器中的机场是假定的模拟器机场, 指挥口令受特定的指挥口令集的限制, 特别是特情设置较少, 特情指挥口令更是难以满足模拟训练的要求。如能将某型飞机飞行训练模拟器和飞行指挥训练模拟器组成一个基于模拟器的联合组训系统, 针对飞行学院特定机场的逼真场景, 指挥、调度、特情口令与飞行实际完全一致, 实现 4 种气象条件、各个飞行科目在模拟器层次的飞行日训练, 对于学员培养、教员恢复飞行具有重要现实意义。

目前, 国内还没有单位实现基于飞行驾驶模拟器和飞行指挥模拟器的模拟飞行训练系统。因此, 笔者在海军飞行学院现有技术条件下, 添加较少的设备, 拓展相应的功能, 研制基于高层体系结构^[3-4] (high level architecture, HLA) 的组训系统。

1 系统功能

结合某型飞行训练模拟器和飞行指挥训练模拟器的实际情况, 将指挥口令和飞行员应答通信系统

收稿日期: 2011-09-01; 修回日期: 2011-09-26

基金项目: 国家 863 项目“空天信息支持的××舰载机作战系统设计”(2010AA1Z×××)

作者简介: 林亚军(1971—), 男, 辽宁人, 博士, 高级工程师, 从事现代作战系统与虚拟现实技术研究。

单独组成网络通信链路, 各驾驶模拟器的主解算计算机将该模拟器的位置、姿态等信息以广播的方式在飞行模拟器内部网络实时发送, 通过 RTI 与其它驾驶模拟器的视景计算机、飞行指挥模拟器塔台、空域视景计算机通信^[5], 实现驾驶和指挥塔台场景的真实显示, 塔台场景通过开关量控制可以实现指挥员 360°视景。

使用组训系统时, 按照制定的飞行计划, 由指挥员下达调度、指挥口令, 各驾驶模拟器飞行员依据指挥员口令按照正常飞行程序操纵飞机, 各模拟器的位置、姿态、高度等信息通过 RTI 通信显示在指挥模拟器塔台视景、空域雷达视景和各驾驶模拟器视景中, 各个音响系统依据飞机发动机状态和相应的指挥应答口令播放音响。该指挥程序与实际飞行完全一致, 各视景显示与飞行实际基本一致, 特别是可以在指挥模拟器特情管理系统设置各种特情, 实现特情指挥、驾驶模拟训练。

2 系统组成及体系结构

2.1 某型飞机飞行训练模拟器

某型飞机飞行训练模拟器具有 1:1 模拟前舱, 由三通道构成的环形幕视景和立体声音响系统组成, 能够使学员在身临其境的环境中进行起落航线、特技飞行、编队飞行、夜航等各科目的模拟飞行训练, 也可以对大部分特情和不同飞行条件下的飞行情况进行模拟。

2.2 飞行指挥训练模拟器

飞行指挥训练模拟器由模拟塔台、柱幕场景和教员控制台组成, 模拟塔台设正、副飞行指挥员位, 半环形塔台给飞行指挥员配有使用设备并提供需要的信息, 柱形幕场景和音响给飞行指挥员复现飞行训练氛围, 使飞行指挥员有身临其境的效果。

2.3 某型飞机驾驶指挥组训系统结构

某型飞机驾驶指挥组训系统是一个大型实时动态仿真系统。该系统是将 12~16 台某型飞机飞行训练模拟器和 1 台飞行指挥训练模拟器组成某型飞机指挥、驾驶飞行训练系统, 通过各模拟器间的指挥调度、场景显示等, 实现基于模拟器层次的模型飞机联合组训功能。

某型飞机驾驶指挥组训系统结构框图如图 1 所示, 整个联网系统作为一个联邦, 每台飞行模拟器和飞行指挥训练模拟器作为一个联邦成员加入到联邦中, 飞行模拟器和飞行指挥训练模拟器维持内部

网络结构不变, 其各个子系统的功能也基本保持不变, 仅仅将受到影响的子系统得功能作适当修改以适应联网需求。

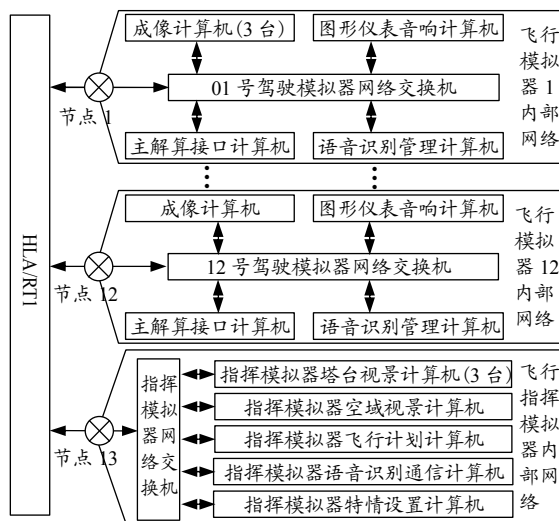


图 1 某型飞机驾驶指挥组训系统结构框图

为了使飞行模拟器和飞行指挥训练模拟器加入联邦, 需要设置一个节点, 该节点一端与模拟器内部网络相联, 另一端与 HLA 联邦相联, 其功能是在飞行模拟器和飞行指挥训练模拟器内部网络数据和联邦之间进行数据转换, 一方面将飞行模拟器和飞行指挥训练模拟器内部数据转换为 HLA 规定的格式^[3-6], 并发送至联邦中的其它联邦成员; 另一方面从 HLA 联邦中获取所需要的数据, 转换为飞行模拟器和飞行指挥模拟器的内部格式, 发送到各个分系统中。

3 分系统设计

该系统在某型飞行训练模拟器基础上进行研制, 在某型飞行训练模拟器基础上, 还需要研制如下系统: 1) 飞行计划生成系统; 2) 语音识别、通信系统; 3) 指挥塔台视景显示系统; 4) 空域视景显示系统; 5) 驾驶模拟器视景系统; 6) 特情设置及指挥系统; 7) 音响模拟系统; 8) 计算机通讯与接口系统; 9) 电源配电系统。

其中, 飞行计划生成系统、语音识别通信系统、指挥塔台视景显示系统、塔台指挥空域视景显示系统和音响系统等需重新研制。某型驾驶模拟器视景系统在某型飞机飞行训练模拟器基础上, 将所有飞行训练模拟器实时飞行位置、姿态在各飞行训练模拟器的视角范围内实现动态实时显示。

3.1 飞行计划生成系统

飞行计划生成系统的软件开发采用当前成熟的

软件开发工具 Vc++ 6.0，基于 Windows NT 操作系统平台，采用面向对象的程序设计方法。飞行计划生成系统界面如图 2 所示：首先选择气象条件，时间、能见度、风向、风速、云高、云厚等具体参数；然后按批次制定飞行计划，填入相应的参数；点击保存按钮后点击下一个序号；全部输入完毕点击确定按钮；最后可以打印后存盘。



图 2 飞行计划录入界面

3.2 音响模拟、语音通信系统

音响模拟系统采用多路数字音响，采用 Direct Sound 技术，对发动机不同转速、滑行、颠簸等声音进行仿真，进行必要提取，制作成声音样本文件，根据发动机的不同转速，利用 Direct Sound 技术处理，通过声卡进行混合后播放。并且运用语音通信技术实现指挥员和飞行员的指挥、报告等口令的实时通讯。音响系统模拟原理如图 3 所示。

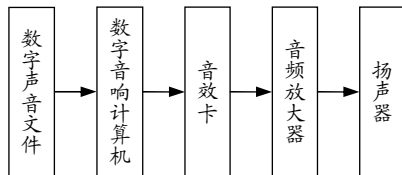


图 3 音响系统模拟原理框图

3.3 指挥塔台视景系统

指挥塔台视景应具有以下功能：建立机场的地景库并进行优化，编程驱动地景库生成场内固定的场景及视角范围内多运动目标飞机，完成系统设计的要求。视景软件开发采用 Windows XP 操作系统，软件开发工具为 Vc++6.0，视景驱动基于 Vega prime2.0 开发，视景数据库基于 CTS1.1 开发，模型数据库采用 Creator3.0 开发。

视景生成系统由 3 台图形工作站组成，投影面为直径 6 m、高 2.6 m、水平视角 180°、垂直视角 40°的柱形投影区域，3 台投影机将显示内容投影在该投影区域上，通过无缝拼接融合技术，产生一个高分辨率、视场连续、无缝、亮度与颜色一致的图像。在设计时通过 I/O 卡采样，实现视角变换，使指挥员在塔台上可以观察 360°范围视景。指挥塔台

视景效果如图 4。



图 4 指挥塔台视景效果

要建立这样一套无缝拼接的投影系统，需要完成以下 3 方面的工作：

- 1) 非线性几何校正：使得投影机投影在任何曲面上，投影方向不受限制，将投影的图像经过矫正以获得一个正规的图像。
- 2) 多通道边缘融合：可以任意设置融合区域，采用 Alpha 和 Gamma 2 个参数对边缘颜色进行过渡控制，能很好地将 2 个通道的融合区融合在一起，几乎看不出融合区。
- 3) 多通道颜色一致性校准：可以对各通道投影出的图像的亮度、灰度、Gamma 值以及 RGB 颜色进行校准，这样呈现在整个屏幕上的图像的亮度、色彩、鲜艳度、均匀度都比较一致，大大地加强了系统的沉浸感。

3.4 空域视景显示系统

空域视景显示系统的功能是：实现对场外飞机位置、姿态的显示，即具有二次雷达的作用。通过网络系统接收各飞行模拟器的位置、高度、姿态相关信息并实时动态显示在相应的空域内，建立机场的地景库并进行优化，编程驱动地景库生成场内固定的场景及视角范围内多运动目标飞机，完成系统设计的要求。视景软件开发采用 Windows XP 操作系统，软件开发工具为 Vc++ 6.0，视景驱动基于 Vega prime2.0 开发，视景数据库基于 CTS1.1 开发，模型数据库采用 Creator3.0 开发。显示效果如图 5。

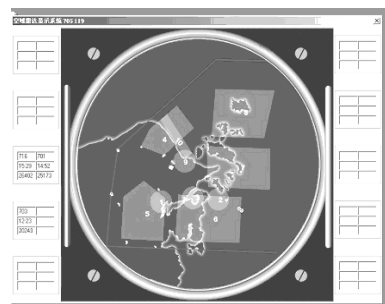


图 5 空域雷达视景效果图

3.5 驾驶模拟器视景系统

根据某型飞机训练大纲和飞行的需求,某型飞机飞行模拟器视景生成系统主要实现的功能有:

1) 滑行:起落和进场的视景,建立2个与真实机场基本一致、半径90 km的图像库,机场周围的地标、跑道、滑行道、塔台、停机坪、机库等与实际完全相同,附近的建筑场所和地貌、纹理与实际基本相同;

2) 提供空域飞行所需的各种标志,完成空域的飞行训练;

3) 各模拟器视景显示范围内,能够实时动态显示该模拟器视角范围内的其它模拟器的位置、姿态等信息;

4) 建立图形模型库:包括满足各种训练任务要求的,具有多细节层次的地形、地貌、地面特征物、光点等模型,且在低空时均有纹理描述,其区域不小于150 km×150 km;

5) 较好的大气效果和时间效果:天气变化、能见度和云雾特征、时间光照效果、夜航机场探照灯和灯点效果。

3.6 视景仿真系统

视景仿真环境,采用最先进、成熟的计算机成像技术,视景驱动平台选用 Vega Prime2.0,基于C++语言开发,视景数据库大量使用可获取的地理信息数据,如高分辨率卫星遥感数据、数字、高程模型数据等并使用 CTS1.1 生成极具现实感的地景环境生成。模型数据库采用 Creator3.0 开发,包括飞机、机场、建筑物等。视景生成系统的实现主要包含2个过程:视景数据库的建立和视景驱动程序的开发。视景数据库建模工作主要由地形建模和三维物体建模组成,在此基础上通过实例、LOD、纹理和子面等典型技术应用来节省系统资源、提高实时运行速度、提高视景清晰度。

3.7 特情设置及指挥系统

特情设置可以在指挥模拟器的总控界面进行设置,也可以在各个驾驶模拟器主控台进行设置,特情科目如前功能部分所述,特情指挥、驾驶训练与飞行实际一致。

某型飞机驾驶指挥组训系统可实现如下功能:

1) 能够完成起落航线、特技飞行、编队飞行、夜间飞行、仪表飞行、穿云飞行、五边下滑等科目训练;

2) 某型飞机的特技科目主要包括:盘旋、俯冲、跃升、急上升转弯、螺旋、横滚、侧滑、斤斗、斜斤斗、半滚倒转、半斤斗翻转、跃升半滚倒转、上升横滚、草花斤斗、双上升转弯、慢滚等;

3) 双机编队科目包括:起落编队、简单特技、梳开队形;

4) 三机编队;

5) 能够完成起落架放不下、刹车失灵、发动机抖振、发动机停车、空速表故障、高度表故障、转速表故障、进气压力表故障、磁罗盘故障、全罗盘故障、发电机故障、地平仪故障、升降表故障、针球仪故障、飞机断电等特情科目训练;

6) 能够实现飞行时间、能见度、云底高度及云厚、风速风向、昼间及夜间等飞行条件设置;

7) 可以实现飞行演示、飞行轨迹实时记录、重现及暂停、飞行数据实时显示、主要仪表指示实时监视、视景图像实时监视等教学辅助功能;空域迫降场选择;

8) 智能评分和数据库管理;

9) 模拟系统具有计算机在线诊断和辅助维修功能。该功能可通过计算机检测软件对模拟器座舱设备进行定期通电检查或用于分析排除设备故障。

4 结论

该型飞机指挥驾驶模拟训练系统利用网络技术将驾驶、指挥模拟器组成联合组训系统,并针对某型飞机的技术指挥、调度指挥和特情指挥的特点及实际机场情况,对飞行指挥训练模拟器进行升级改造,实现了完全在模拟器层次上组织、实施4种气象条件下各个飞行科目的模拟飞行日训练。仿真结果表明:该模拟组训系统是解决高频度训练与有限实际经费与武器损耗的最佳平衡点,具有较高的军事经济价值。

参考文献:

- [1] 林 , , 王行 . 机飞行仿真系统 HLA 互联系统[J]. 系统仿真 , 2004, 9(10): 2751-2753.
- [2] 王行 , , 晓 . 飞行实 仿真系统 [M]. : 空 出 , 1998.
- [3] 晓 , , . 一种基于 HLA 的飞机训练模拟器的 [J]. 系统仿真 , 2005, 4(17): 897-901.
- [4] DMSO. High Level Architecture-Frame and Rules Version 1.3[EB/OL]. <http://www.dms0.mil>. 1998.
- [5] DMSO. HLA Interface Specification, Version 1.3, [EB/OL]. <http://www.dms0.mil>. 1998.
- [6] DMSO. High Level Architecture Run Time Infrastructure Programmer's Guide[EB/OL]. <http://www.dms0.mil>. 1998.