

# 基于 HLA 的航空兵场站飞行保障视景仿真系统设计

方绍强<sup>1</sup>, 陈伟朋<sup>1,2</sup>, 卫克<sup>1,2</sup>, 杜世伟<sup>2</sup>

(1. 空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077; 2. 空军后勤部, 北京 100720)

**摘要:**研究了应用 HLA 技术开发分布式交互仿真应用系统的方法, 基于 HLA 开发工具 Lab-Works、PRTI 构建了航空兵场站飞行保障仿真系统的总体框架; 利用建模工具 MultiGen Creator、视景仿真工具 Vega 和 VC++ 开发平台构建了航空兵场站飞行保障视景仿真系统, 规划了视景仿真系统的各项功能单元, 详细说明了视景仿真系统的工作流程与关键技术。

**关键词:**高层体系结构 HLA; 航空兵场站; 视景仿真

**中图分类号:** TP391.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2007)01-0007-04

在各种仿真平台中, HLA (High Level Architecture, 高层体系架构) 是飞行保障过程仿真研究的首选方案。这是因为, 飞行保障过程是由多种保障专业、多种保障业务、需要大量信息交换构成的复杂过程。而 HLA 为了促进仿真应用的互操作性和仿真资源的可重用性提出了用于联邦执行管理的 RTI<sup>[1-3]</sup>, 非常适合需要大量信息交互的飞行保障过程的仿真。另外, Vega 视景仿真以其逼真、灵活的虚拟场景, 为真实再现各种飞行保障场景提供了良好的解决途径。因此, 在深入分析航空兵场站飞行保障任务、保障模式、保障流程和分布式交互仿真技术的基础上, 基于 HLA/RTI 架构和 Vega 视景仿真技术仿真航空兵场站的飞行保障过程是一种理想的途径。

## 1 航空兵场站飞行保障仿真系统的构建

### 1.1 设计思想

基于 HLA/RTI 的分布式仿真应用采用以 RTI (Runtime Infrastructure, 运行支持框架) 为核心的分布式体系结构, 把仿真系统定义成联邦, 系统的仿真过程即为联邦的执行过程。这种体系结构和工作机制能够较好地满足采用多人员、多专业协同保障模式需求。子任务模块间操作指令和操作部件状态的传送定义为联邦成员间的数据交换, 主要体现为对象类和交互类的发布与订购。航空兵场站的飞行保障过程和时间要求可以利用改进过的 HLA/RTI 强大的时间管理功能实现。利用 HLA 技术框架实现该种操作训练仿真具有高效率、高逼真度、灵活、低配置要求等优点。航空兵场站飞行保障仿真系统与 HLA 联邦的映射关系:

- 1) 航空兵场站仿真系统映射为 HLA 联邦;
- 2) 航空兵场站的飞行保障过程仿真映射为联邦的执行;
- 3) 承担某项保障任务且功能上具备最大限度独立性的保障实体映射为联邦成员;
- 4) 保障涉及到的物资、装备经分类、抽取共性得到的抽象类映射为联邦对象模型的对象类, 而具体的装设备映射为对象类的实例;
- 5) 保障装备、物资的状态映射为联邦对象模型的对象类的属性;
- 6) 某项操作引起关联部件的状态发生变化, 如果操作和关联部件属于不同联邦成员, 则该过程映射为某一联邦成员的行为引起其他联邦成员的对象类属性的变化, 可通过对象类及其属性的发布与订购机制实现, 即利用更新/反射对象类属性、所有权转移等功能实现; 也可把该过程视为交互类, 通过发送/接收交互类

收稿日期: 2006-05-22

基金项目: 空军后勤部“十一五”重点科研项目

作者简介: 方绍强(1978-), 男, 山东惠民人, 博士生, 主要从事系统建模与仿真技术研究。

实例实现。

7) 操作控制实体之间传送的指令式数据、协同操作过程中产生的需记录或显示的结果,以及仿真系统的监控管理功能映射为联邦对象模型的交互类;

8) 操作规程中属于不同联邦成员的操作之间的逻辑关系可映射为联邦对象模型的对象类属性是否发生变化;也可通过口令传送的形式映射为联邦成员间的交互,通过发送/接收交互类实例实现。

### 1.2 构建方法

立足于航空兵场站飞行保障的目标、完成方式、保障装备的结构特点、保障内容和保障流程的复杂度,以 HLA 联邦的构成原则为指导,从参与飞行保障的人员或岗位所承担的子任务的角度设计出仿真系统的联邦成员;分析研究操作内容和操作流程,根据操作涉及到的装备、物资设计出联邦成员的对象类,对操作流程进行优化分类,利用操作流程规定的操作之间的逻辑关系设计出联邦成员需发布和订购的对象类及属性;分析操作人员或岗位之间传送的指令式数据及协同操作过程中产生的需记录或显示的结果,设计出交互类及交互参数;分析操作流程和操作训练时间要求,结合 RTI 的管理功能,设计出联邦执行的时间管理策略。

### 1.3 开发环境

目前现有 100M 到桌面的快速以太网域网络系统,网络终端为 SGI 图形工作站和较高配置的 PC 机。为实现此基础上的分布式扩展,保持良好的兼容性和最大限度的软件模块可重用性,提高开发效率,仿真系统对象类和交互类的建模采用美国 Aegis 公司的 Labworks——OMDT Pro, RTI 采用瑞典 Pitch 公司的 pRTI,整个仿真系统基于 Visual C++ 开发。三维视景联邦成员即航空兵场站飞行保障视景仿真系统选用 MultiGen Creator 仿真软件平台作为建模工具,Vega 软件作为视景系统的开发平台,设计完成。它通过 HLA 标准接口 pRTI 接收航空兵场站飞行保障仿真系统各成员发送的数据和交互信息,推动视景仿真实时运行。

### 1.4 系统结构

根据系统需求,结合联邦成员和 RTI 间数据通讯模式,系统的逻辑拓扑结构采用 RTI 集中式分布的星形结构,即每个仿真应用(即联邦成员)主机中都驻留有 RTI 接口程序,联邦成员通过本结点驻留的 RTI 接口程序与中央 RTI 进行通讯,使得通讯更加有序,具有较好的规模扩展性,并有利于降低网络流量,减轻网络负担。该结构把通讯层和仿真应用层分离开来,由 RTI 负责网络通讯和对联邦成员的协调管理,这样就可以集中精力于仿真应用层的设计开发,减小开发难度,提高开发效率。

根据场站飞行保障的特点和仿真系统的目标选取功能上相对独立的实体作为联邦成员,确定系统由 5 个联邦成员组成,每个联邦成员完成相应的实体功能,其各自职能如下:

1) 仿真导演联邦成员:职能是描述仿真实想定,根据具体仿真任务选择及设定联邦中仿真实体种类、数量、实体初始条件等信息,并对联邦执行进行控制

2) 三维视景联邦成员:职能是利用虚拟现实技术,建立一个逼真的虚拟航空兵场站三维场景,再现飞行保障的过程,从而获得数据曲线以外的仿真的图像、音响等多媒体演示效果,供参试人员观察、评估及决策。

3) 保障效能评估联邦成员:职能是通过制定科学的评估体系,并通过订购其它联邦成员的对象类和交互类信息,对航空兵场站的保障效能进行全面评估。

4) 保障作业联邦成员:职能是指根据保障诸元的专业分工,对保障过程进行控制、对保障质量进行监控、对保障数据进行采集和发布。

5) 安全监控联邦成员:职能是根据场站整体安全防范架构,对影响飞行保障安全及危害营区安全的各类因素进行监控,并将监控信息进行采集和发布。

## 2 航空兵场站飞行保障视景仿真系统设计

### 2.1 功能单元划分

根据仿真工作流程,将视景联邦成员划分为以下几个功能单元:接口功能单元、坐标转换单元、插值处理单元、画面渲染单元、外设响应单元、视点处理单元、特效生成单元以及三维实体模型库。其功能单元结构如图 1 所示。

其中,RTI 接口功能单元用以完成创建联邦、加入联邦、制定时间策略、注册对象类、订购对象类、交互类等系统初始化工作,维护联邦执行,期间反射对抗视景仿真系统所订购的各对象类、交互类,以及最后的退出

和撤销联邦执行操作。三维模型库独立于工程文件之外,利用 Creator 建模工具建立航空兵场站各实体的三维模型,主要有飞机模型、车辆模型、地形模型等,同时采用 Delaunay 算法,以三角形网格创建一定大小的航空兵场站地形模型。

由于各个作战实体数学模型的重心坐标都建立在地球坐标系,而视景系统的空间坐标系与地球坐标系不一致,因此必须进行坐标转换。坐标转换功能单元在反射到飞机、车辆等实体的位置和姿态角度信息之后,将其转换为视景坐标系下的坐标值。

插值处理功能单元是在大时间步长下,为确保仿真图像的实时且连续流畅,根据当前视景刷新帧数以及联邦执行的时间步长在武器实体的位置和姿态仿真数据之间进行适当插值处理。

外设响应函数在捕获到键盘、鼠标等设备的输入消息之后,做出相应处理,如视点方式切换、调整视点位置参数、仿真参数显示、画面暂停、退出联邦等。

特效生成功能单元根据反射到的交互类,触发相应的特效,如实体被击中爆炸等。特效在 Vega 的图形化界面 Lynx 中的 Special Effect 模块中设定,其提供的了爆炸、烟雾、火焰等十几种特效类型基本可以满足虚拟航空兵场站的仿真需要。

记录回放功能单元在线方式时,按帧频将各实体位置姿态和标志位信息在设定目录下保存为 .dat 文件;离线方式时,打开数据文件进行仿真过程回放。回放过程中可以控制回放速度,实现慢放、快放和暂停。

画面渲染功能单元调用 Vega 帧刷新函数,生成仿真画面。

## 2.2 系统的工作流程

依据 HLA 的程序流程,视景联邦调用的 RTI 服务顺序如下:创建联邦执行、加入联邦执行、声明公布定购关系、确定联邦成员的时间推进策略、注册对象实例、请求时间推进、仿真循环(包括反射对象类属性、接收交互类参数、更新对象实例属性等)、退出联邦、撤销联邦执行。

对于视景联邦而言,视景联邦不进行模型解算,联邦运行管理(主要是对对象类、交互类的反射)开销极小,因而视景联邦在 Vega 线程中创建和加入联邦。在联邦执行的生存期内,RTI 为视景联邦成员实例建立和维护着一系列数据结构,RTI 将利用这些数据结构协调和管理视景联邦成员与其它成员间的交互。加入联邦后就要对定购关系进行声明。通过仿真对象调用相应的 RTI 服务,依次获取要定购的对象类交互类的句柄值和对象类属性交互类参数的句柄值,最后定购对象类交互类。视景联邦成员只是被动接收仿真数据,本身不介入联邦运行,故其时间推进策略设定为受限非调节。

由于设计为各成员加入顺序无关,所以如同其它成员一样,视景联邦成员在仿真推进启动前要设置等待同步,只有各成员都已加入联邦并准备完毕后,RTI 才通知各成员开始仿真循环。在每帧图像循环中,通过仿真对象调用 RTI 函数请求时间推进,若未允许,则反复刷新当前数据,等待推进允许;当各时间策略为调节的联邦成员都完成一次仿真周期后,RTI 通知各成员请求推进有效,视景节点进入下一次循环,如此反复。帧循环期间,视景联邦成员所定购的对象类更新或交互类发送时,相应的仿真对象回调函数被调用,执行反射或接收,将数据解包取出。当 Vega 帧循环结束时,视景联邦成员在退出帧循环后依次执行退出联邦执行、撤销联邦执行及删除仿真对象实例指针。

## 2.3 航空兵场站飞行保障视景仿真关键技术

航空兵场站飞行保障视景仿真系统开发过程中要解决仿真数据读取、三维实体模型调用、三维地形调用、空间战场虚拟环境生成、视景仿真过程控制等关键技术。

### 2.3.1 仿真数据读取

在线方式下视景仿真系统实时接收经由局域网络传送过来的数据,并根据这些数据绘制成三维场景显示出来。离线方式下由视景仿真系统读取预先存储在本地数据库中的数据,并根据数据描绘场景显示。仿真系统所需要的数据包括各个物体的 3 个空间坐标、3 个空间角度、启动标志位、仿真结束标志位等。

### 2.3.2 三维模型库

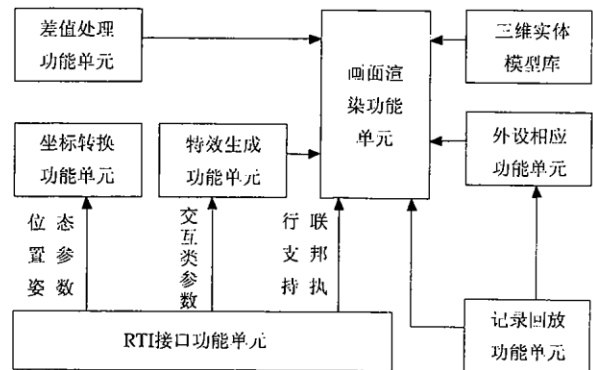


图 1 视景联邦成员功能单元示意图

包括航空兵场站飞行保障环境中的各个实体:各种飞机、车辆、机场建筑等。在本系统中,飞机与车辆的模型是观察的主要对象,需要比较精细的模型。飞机模型按实物比例建造,使用纹理映射细化表面,并在各架飞机上用编号区别。

### 2.3.3 三维地形建模

系统采用地形分块、LOD( Level of Detail,分层次细节模型)来处理地形模型。地形模型的多边形数量多,在仿真过程中,将这些组成地形的网格一次调用,占用很大内存。在处理过程中,可将多边形较多的地形分割成若干块多边形较少的单元地形,并存成不同的地形模型文件,采用外部调用的方式分别调入,重新构成一个完整的地形模型。这样可以根据视点所看到的区域,动态地选择小单元地形模型,不需要调用整个地形模型,可提高仿真的实时性。

### 2.3.4 空间战场虚拟环境生成

航空兵场站在飞行后勤保障中需要显示的各种环境因素主要有:天空模型模拟云层、环境光等;气象模型包括流动云层的模拟、雾效果的模拟、雨和雪两种气象环境的模拟;特殊效果模型包括飞机起飞的喷射火焰;碰撞检测包括各运动物体与地形的碰撞以及各运动物体之间的碰撞;三维声音模型包括飞机发射声、发动机轰鸣声、爆炸声、环境中的雷声和雨声等。在 Vega 中,云、雾和光线可以在场景建立时设定,而烟雾、火焰等特殊效果,需要采用 Vega 包含的粒子系统来生成。Vega 将声响效果视为与三维模型同样的对象,可以放置位置、设置运动等,并可以设置声响模型自身的参数。

### 2.3.5 视景仿真控制程序

视景仿真控制程序是整个视景仿真的核心部分,它的作用包括:根据读取的数据实时更新各个运动体的位置和状态;检测航空兵场站虚拟环境中各种碰撞,并响应有效碰撞;控制视点的运动,使观察者能得到不同的观看角度;提供对仿真进程的控制。

## 3 结束语

本文在构建基于 HLA 的航空兵场站飞行保障仿真系统的基础上,利用 Multigen Creator 和 Vega 仿真软件平台,提出了基于 HLA 标准的航空兵场站飞行保障视景仿真系统的总体构想,为航空兵场站飞行保障过程仿真系统提供了一条途径。

### 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] 许建峰. 分布式实时仿真系统的研究与实现[D]. 南京:南京大学,2001.
- [3] 韦有双,杨祥龙,王飞. 虚拟现实与系统仿真[M]. 北京:国防工业出版社,2004.

(编辑:门向生)

## Design of Air Force Station Fight Support Visual Simulation System Based on HLA

FANG Shao-qiang<sup>1</sup>, CHEN Wei-peng<sup>1,2</sup>, WEI Ke<sup>1,2</sup>, DU Shi-wei<sup>2</sup>

( 1. The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, Shaanxi, China; 2. Logistics Department of Air Force, Beijing 100720, China )

**Abstract:** The method of developing distributed interactive simulation application systems based on HLA is analyzed. The whole framework of air force station simulation system is introduced. Based on modeling tools Labworks, PRTI, MultiGen Creator, Vega and VC++, the air force station simulation system is realized. Each function unit of visual simulation system is laid out, and the working flow of visual simulation system is illuminated in detail. The result validates the feasibility and validity of this method.

**Key words:** high-level architecture (HLA); air force station; visual simulation