

# 飞参数据驱动的实兵演练回放系统<sup>①</sup>

谢保川, 范毅晟, 曾 鸣, 李雪青

(海军模拟飞行训练中心, 北京 102488)

**摘 要:** 为满足实兵演练的飞参数据从不同视角进行可视化的需求, 研制开发了飞参数据驱动的实兵演练回放系统. 介绍了系统组成、主要功能和实现方法, 给出了系统组成框图和信号流程, 研究了系统实现的关键技术, 包括飞参数据解译、飞参数据奇异点剔除、飞参数据插值平滑处理、采用 MapX 组件的二维态势显示以及采用 Mantis 作为开发平台的三维飞行再现. 整个系统场景逼真, 信息丰富, 基于事实, 为部队和机关对实兵演练进行讲评或者研究新战法提供了一个新的平台.

**关键词:** 飞参; 实兵演练; 飞行再现; mantis; 态势显示

## Real Arms Maneuver Reappearance System Driven by Flight Data

XIE Bao-Chuan, FAN Yi-Sheng, ZENG Ming, LI Xue-Qing

(Naval Simulation Flight Training Center, Beijing 102488, China)

**Abstract:** To meet the demand of different angle visualization on real arms maneuver flight data, a real arms maneuver reappearance system driven by flight data was proposed. The system constitute, Primary function and realization method were introduced. The system constitute diagram and signal floor diagram were provided, and some key technologies were analyzed including flight data interpreting, flight data singularity omitting, flight data interpolating, two-dimension simulation based on MapX and three-dimension flight reappearance based on Mantis. The system has realistic scene and abundant information, and it bases on fact. The system provides army and department with new platform to evaluate the real arms maneuver and to study new tactics.

**Key words:** flight data; real arms maneuver; flight reappearance; mantis; situation display

飞参记录仪按照时间次序实时记录了每次飞行的各种飞机参数数据, 这些数据包含了飞机、发动机和机载设备的工作状态、故障信息以及飞行员的操纵信息, 它客观、全面反映了每次飞行的状态. 飞参数据在飞行事故调查、飞机研制/试飞、飞行训练、状态监控、视情维修等方面起到十分重要的作用.

一般的飞行参数有数十上百个, 每秒记录多次, 形成的数据量十分庞大, 只有专业人员花费大量的时间进行分析后, 才能明白飞行的情况. 随着可视化技术的发展, 直观、逼真地在屏幕上再现飞行全过程已成为可能. 三维可视化仿真, 能够将抽象的飞参数据信息转化为直观的图形信息, 逼真地模拟出整个飞行

过程的实际情况.

利用飞参数据驱动的三维虚拟飞行再现的研究较多, 如北京航空工程技术中心研讨了针对特定机型和基于二维平面纹理贴图地景模式的飞行再现<sup>[1]</sup>, 海军航空工程学院研究的基于 OpenGL 的飞行过程再现<sup>[2]</sup>, 西北工业大学研究的基于 DirectX 技术的飞机飞行过程再现<sup>[3]</sup>, 国防科技大学研究的基于真实地景的三维飞行再现系统以及飞参驱动的虚拟飞行再现系统等<sup>[4,5]</sup>. 本文在借鉴已有系统经验基础上, 开发了飞参数据驱动的实兵演练回放系统, 该系统基于 Creator 构造三维飞机模型, 使用 Terra Vista 构建地形模型, 选择 Mantis 作为开发平台, 实现了实兵演练飞机的三维虚拟飞行再现.

<sup>①</sup> 收稿时间:2012-09-03;收到修改稿时间:2012-11-12

并采用 MapX 组件与 Visual C++ 集成的二次开发模式, 实现了实兵演练二维态势的显示。

## 1 系统介绍

### 1.1 系统用途

实兵演练回放系统以实兵演练的真实飞参作为数据驱动源, 驱动三维飞机模型在虚拟场景中漫游, 并将演练飞机飞过的经纬度信息以轨迹的形式显示出来。通过二维和三维方式的实兵演练回放, 部队和机关可以纵览过去实兵演练态势的全局, 能够直观地对过去的实兵演练过程进行深入剖析和评估, 从而获得远比数字更多的信息。实兵演练回放系统可以协助部队和机关考核飞行员和指挥员的训练成绩, 也可以为部队和机关优化和完善作战方案、研究新战法提供一种新的手段。

### 1.2 系统功能

飞参驱动的实兵演练回放系统的主要功能包括:

#### (1) 二维态势显示

二维态势显示主要完成实兵演练战场态势的显示。其背景为电子地图。二维态势显示功能有: 显示的基本要素是与实兵演练关联的机场、港口、雷达阵地、高炮阵地、导弹阵地、舰船、目标等对象, 显示的基本要素严格采用军标注; 提供地图的选择、地图的漫游、中心点定位和无级缩放等功能; 显示采用分层方式; 提供辅助计算功能, 可以辅助计算航图上任意两点间方位、距离以及区域面积等; 指示鼠标位置的经纬度和含高程信息的地理信息查询; 对演练回放过程进行动态显示, 主要显示飞参数据驱动的各参演飞机的飞行轨迹。

#### (2) 三维虚拟飞行再现

飞行再现是在基于 DEM 三维地形表示和真实遥感卫星影像数据配准的前提下构造大范围地形的视景仿真三维虚拟环境, 利用参演飞机的飞参数据作数据驱动, 在仿真环境中通过交互方式对飞机位置、飞行姿态、飞行路线, 进行身临其境的全方位审视。其实质就是按照时间顺序, 对参演飞机的飞参数据从不同视角进行可视化直观诠释。其中, 飞机位置包括经度、纬度, 高度, 飞行姿态包括航向角、倾斜角、俯仰角。为了从不同角度、不同层次全面了解飞机飞行状态, 系统提供俯视和跟随视角观察方式。

俯视是对所有参演飞机的一个宏观观察, 在大比例尺的三维虚拟地形环境中, 将飞机看作一个点对象,

主要从 45 度角俯视观察飞机的飞行状态。

跟随视角是以飞机的运动质心为相对坐标系的原点, 观察点与飞机距离固定, 观察点平行于飞机轨迹同步移动。

## 2 系统总体设计

### 2.1 系统硬件结构设计

系统硬件结构如图 1 所示。一台计算机实现二维态势的显示, 两台工作站实现俯视和跟随视角三维场景的渲染, 二维态势和三维场景通过投影机实现大屏幕投影, 以达到逼真的视觉效果。一台计算机控制整个系统的运行、暂停、冻结, 可控制分片段的回放。飞参数据处理计算机对飞行数据进行译码、还原, 对飞参数据进行曲线平滑处理, 每个机型配置一台专用的飞参数据处理计算机。

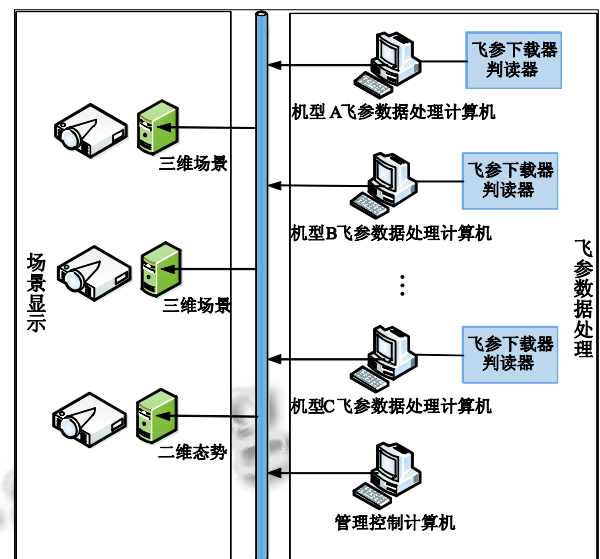


图 1 系统硬件结构

### 2.2 软件功能模块及信号流程

#### 2.2.1 软件功能模块

软件结构如图 2 所示, 主要包括飞参数据处理模块、管理控制模块、数据通信模块、二维态势显示模块和三维飞行再现模块:

##### (1) 飞参数据处理模块

飞参数据处理模块主要对飞参数据进行解译、对飞参数据进行数字滤波处理及插值平滑处理、对没有导航定位装置的飞机型号, 对飞参中速度等参数进行积分运算, 得到飞机的空间地理位置。

(2) 管理控制模块.

管理控制模块管理控制整个系统的运行、暂停、冻结,可控制分片段的回放,以及时间轴的加减速.

(3) 数据通信模块.

数据通信采用 UDP 通信方式. 交互数据包括飞参数据中的经度、纬度、高度、航向角、倾斜角、俯仰角等飞机状态信息以及系统运行、暂停、冻结等控制信息.

(4) 二维态势显示模块.

二维态势显示模块实现基本要素的显示、图层基本操作、辅助计算、含高程信息的地理信息查询以及显示各参演飞机的飞行轨迹.

(5) 三维飞行再现模块.

三维飞行再现模块利用真实飞行参数驱动飞机模型在虚拟场景中漫游,将实兵演练的飞参数据从不同视角进行身临其境的观察,观察方式有俯视和跟随视角两种模式.

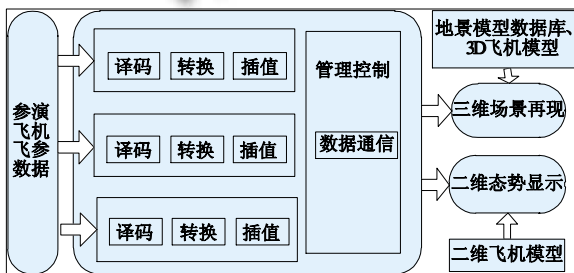


图 2 软件结构

2.2.2 信息流程

系统首先将获取的各参演飞机的飞参数据在该型飞参数据处理计算机上完成飞参的解译及数据插值,然后根据管理控制分系统的控制,飞参数据处理计算机根据飞参时间序列,定时通过数据接口将飞参数据发送到二维态势计算机和三维图形工作站,由二维态势计算机和图形工作站完成二维态势显示和三维飞行场景的再现. 三维飞行再现运行流程如图 3 所示.

三维飞行场景的再现是基于事件驱动机制实现的,图形工作站根据当前接收到的经度、纬度、高度、航向角、倾斜角、俯仰角等飞机状态信息,进行三维飞机模型的状态绘制、与实际地理位置匹配的大地形场景调度与渲染. 由于飞参数据处理计算机是根据飞参时间序列发送的,这样随着仿真时间的推进,图形工作站将实时显示出参演飞机位置和姿态的动态变化过

程. 同时程序还能够实时响应用户跟随飞机、跟随视角的自动/手动切换指令,实现任意角度、任意接近距离的飞行场景渲染.

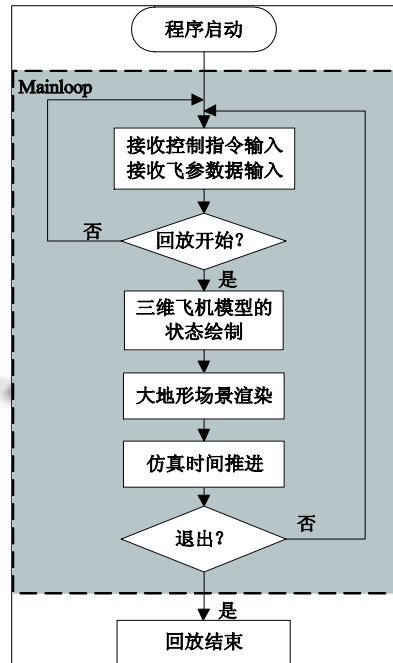


图 3 三维飞行再现运行流程

3 系统实现

3.1 飞行参数处理

飞参数据的原始记录格式一般为帧结构的二进制代码,不能直接用于分析,原始记录数据中可能还有奇异点. 原始记录数据必须经过处理后,才能正确反映和重现飞机的真实飞行过程.

(1) 飞参解译

飞机上的信号类型一般有模拟量、开关量、频率/周期等. 飞参记录系统的采编器对信号进行采样,并按一定的帧格式对信号进行编码,以数字量的形式存入记录器. 记录在记录器内的飞参信息,由数据卸载器读取,通过数据回放译码设备输入计算机,计算机把原始码还原成物理量. 然后按时间顺序,物理量以不同的频率采样构成时间序列. 其中演练回放用到的是一个小部分,主要包括经度、纬度、高度、航向角、倾斜角、俯仰角等与飞机姿态和位置有关的参数.

(2) 奇异点剔除

由于飞参记录数据存在一定的误码和干扰,在正常数据中混有明显跳点,在回放前,必须将这些奇异数据剔除. 首先采用设置参数最大变化门限的方法,识别和

剔除数据中的奇异点,然后用插值公式进行前推补值。

### (3) 插值平滑处理

飞参大部分数据采样频率为每秒 5 次、10 次。由于飞行速度快,如果仅采用采样点按时间首位相连的折线方式计算飞机空中姿态,再现飞行过程时飞机会出现抖动现象,为解决这个问题,需要对飞参进行插值平滑处理。常见数据插值算法有 nearest 插值法、linear 插值法、spline 插值法、pchip 插值法和 cubic 等插值法<sup>[6]</sup>。由于在 MATLAB 函数库中,已经拥有这些插值算法,可用 MATLAB 的 MATLAB Builder for .NET,将 MATLAB 函数文件打包成.NET 组件,生成一组独立的共享库,提供给.NET 调用。

## 3.2 二维态势显示

二维态势显示采用 MapX 组件与面向对象可视化编程语言 Visual C++集成的二次开发模式。MapX 是一个基于 Windows 操作系统的 OCX 组件,可以被快速集成到绝大多数标准的可视化开发环境中。MapX 由一系列 Object(对象)和 Collection(对象集合)组成,Map 是最基本的对象,每个 Map 由 Layer(层)、Dataset(数据集)和 Annotation(标注)这 3 个对象及 GeoSet(图层及其设置的集合)定义,其中 Layer 用于操作地图的图层,Dataset 用于访问空间对象的属性数据,Annotation 用于在地图上添加文本、符号等标注。

### (1) 电子地图的 MapX 显示

MapX 控件使用的是 GeoSets Manage 中建立好的 GST 文件。一般的电子地图都是应用 tab 文件格式存储的,应用 MapX 的图层控制功能就能使这些不同层的 tab 格式存储的文件在 MapX 控件当中自动显示出来。

### (2) 实兵演练飞机轨迹回放

飞机在电子地图上的显示是通过增加新的层,并把新层设置为活动层,然后在新层上增加新的特性,新的特性的颜色、形状、大小可以按照自己的要求定义,最后把它显示在地图上。在实兵演练回放过程中,根据飞参数据中的时间序列中的经纬度信息,实现实兵演练飞机的轨迹回放。MapX 提供的很多函数可以使轻松地实现这些功能。

## 3.3 三维虚拟飞行再现

三维态势显示基于 Creator 构造三维飞机模型,使用 Terra Vista 构建地形模型,选择 Mantis 作为开发平台。

### (1) 飞机模型的建立。

飞机模型采用 MultiGen Creator 建立。飞机模型要

求与实兵演练飞机的外形比例相符,外表贴图一致。根据飞机结构数据,截取飞机结构数据的特征点、面、线建造飞机模型。根据部位的不同将它们分成不同的组(group),再利用 Creator 的 Loft 工具将组内对应的顶点连接起来形成面,最后组装成一个模型<sup>[7]</sup>。

### (2) 基于 Terra Vista 的大面积地景模型生成。

Terra Vista 一个基于 Windows 平台的实时 3D 地形数据库生成工具,3D 地形数据以项目管理的方式进行,每一 Terra Vista 项目装入了所有的地型数据库生成的各个条目,包括数据源的组织、高程数据、文化特征数据、3D 模型,卫片纹理、进程的控制和参数的设置。在输入数据源及设置好数据库参数后,Terra Vista 能自动将所需的各种数据元素合成生成 3D 地形数据库,非常适合大数据量的地形生成。

Terra Vista 具有 SmartMesh, GeoPaint 和优化 OpenFlight 输出的功能。SmartMesh 能自动建立 iTIN(完整的三角型网格结构)、自动多级(LOD)的匹配,在距离远时三角形网格数会自动减少,在距离近时会自动增加三角形网格数,既符合人眼的视觉效果又保证每帧的多边形的数量。GeoPaint 保证了视景实时运行时,在 highest Level of Detail 到 lower Levels of Detail 过度时的视觉质量,不产生剧烈的跳动。Terra Vista 可生成两种格式的模型文件,一种是业内标准的 OpenFlight,另一种是为 PC 机而专门设置的数据库分页格式 TerraPage。生成 OpenFlight 格式时,为了满足实时运行的要求,Terra Vista 做了优化,生成的地形数据库能运行的很快。

### (3) 大面积地景模型的漫游

利用 Mantis 的编程函数编制驱动程序,实现飞机模型在大面积地景中的漫游。Mantis 系统是 Quantum3D 推出的一整套视景仿真解决方案,是一种强大的,可伸缩的,可配置的图形生成器。重要的特征包括:① 公共接口: Mantis 支持公共图形生成接口(CIGI);② Mantis 支持许多高级特性,包括同步的多通道,包括各种特效:比如仪表、天气、灯光、地形碰撞检测等;③ 可伸缩性:多线程可视化仿真应用可能有多种多样的显示需求, Mantis 可以根据需要进行器件的裁减;④ 灵活性和可配置性: Mantis 作为一个开放系统硬件平台,可以利用最新的硬件和图形卡,而基于客户端/服务器端的架构,又可以使 Mantis 的配置可以通过网络在客户端上即可进行,可配置功能极为丰富;⑤ 可扩展性: Mantis 系统的扩展和修改并不昂

贵,软件模块可以通过插件的形式增强软件功能;⑥ Mantis 支持地形数据库,支持场景管理。

### 3.4 原型系统

飞参数据驱动的实兵演练回放系统的主要硬件配置:二维态势计算机为酷睿双核 2.8GHzCPU, 2GB 内存, GTX560 显卡, 三维场景工作站为 Intel Xeon 5506 四核 CPU, 4GB 内存, GTX560 显卡, Quadro FX5800 显卡。软件平台为 Windows XP 操作系统, 软件开发平台为 Microsoft Visual Studio2010、MapX7.0 及 Mantis2.3.0。系统运行的二维态势和三维场景如图 4 和 5 所示。



图4 二维态势



图5 三维场景

## 4 结论

实兵演练回放系统利用从飞参时间序列数据中提取的飞机位置和姿态数据作驱动,在基于 DEM 三维地形表示和真实遥感卫星影像数据配准的前提下,以 Creator 与 Terra Vista 为基础工具,生成飞机模型和地景模型,以 Mantis 作为开发平台,构造大范围地形的视景仿真三维虚拟环境,采用 MapX 组件与面向对象

可视化编程语言集成的二次开发模式实现二维态势显示,对实兵演练的飞参数据从不同视角进行可视化诠释。系统场景逼真,信息丰富,基于事实,为部队和机关对实兵演练进行讲评或者研究新战法提供了一个新的平台。

### 参考文献

- 1 董梅,董伟凡,韩连平.飞行再现系统的实现及其在飞行参数处理中的应用.计算机仿真,2002,19(1):63-65.
- 2 付战平,邸亚洲,尚希良,邱智.基于 OpenGL 的飞行过程再现与仿真.系统仿真学报,2002,14(9):1197-1199.
- 3 倪世宏,张瑞峰,史忠科,谢川,王彦鸿.基于 DirectX 技术的飞机飞行过程再现.计算机工程,2004,30(24):131-133.
- 4 高辉,张茂军.基于真实地景的三维飞行再现系统的设计与实现.计算机工程,2006,32(12):232-240.
- 5 王炜,刘少华,高辉,徐玮.飞参驱动的虚拟飞行再现系统设计及实现.系统仿真学报,2007,19(9):2000-2007.
- 6 徐瑞,黄兆东,阎凤玉.MATLAB2007 科学计算与工程分析.北京:科学出版社,2008.181-188.
- 7 MultiGen-Paradigm inc. MultiGen Creator User's Guide (Version 4.1). MultiGenn-Paradigm Inc., 2001.
- 8 张尚弘,张超,郑钧,王兴奎.基于 Terra Vista 的流域地形三维建模方法.水力发电学报,2006,25(3):36-39.
- 9 DMSO.Mantis User Manual. Quantum3D, Inc. http://www.quantum3d.com.2006.

(上接第 165 页)

- 2 Goldfarb CF.张晓晖译.XML 手册.第 4 版.北京:电子工业出版社,2003.5-10.
- 3 Birbect M.斐剑锋译.XML 高级编程.第 2 版.北京:机械工业出版社,2002.15-18.
- 4 Rusty E, Menas HWS.孔小玲,商艳莉译.XML 技术手册.北京:中国电力出版社,2002.25-32.
- 5 陈海燕.XML 解析技术在影票销售系统中的应用.濮阳职业技术学院学报,2011,24(1):150-151.
- 6 刘建芳,夏栋梁.XML 序列化机制在客户关系管理中的应用.电脑开发与应用,2011,24(2):31-37.
- 7 鹿庆,何文雪,程彬.GDI+在轨道交通综合监控系统软件中的应用.计算机安全,2010,(1):9-12.
- 8 刘燕丽.GDI+在图形学教学中的研究与应用.软件导刊,2011,10(4):193-194.
- 9 王浩.基于 XML 技术在 WINCE 模拟器实现火车时刻表查询.滁州学院学报,2009,11(6):106-107.
- 10 尉辉根,李家树.基于 GDI+技术的高质量特殊统计图设计与实现.电脑与电信,2012(4):57-59.
- 11 陈忠睿,刘齐宏.NET Framework 中 XML 序列化研究.郑州轻工业学院学报(自然科学版),2005,20(2):94-95
- 12 周长敏.基于 XML 的网络考试系统的研究与实现.贵阳:贵州师范大学,2008.
- 13 杜源,张永安,周剑超.XML 解析技术在 IPTV 机顶盒中的应用.计算机系统应用,2012,21(6):197-199.