

飞行数据可视化回放与分析软件设计

任丹, 余奎

(中航工业洪都航空工业集团有限责任公司, 南昌 330024)

摘要: 针对原有飞行数据回放软件存在的回放效果不直观、分析效率低、分析结果不规范等情况, 提出了一种三维动态可视化飞行数据回放与分析方案, 通过对分析判据进行提炼和量化, 按照结构化的分析结果模板, 实现了分析结果的自动生成与输出; 飞行数据可视化回放与分析软件采用成熟技术, 经用户在实际飞行任务事后分析中使用, 完全满足用户使用要求, 飞行数据回放效果更加友好、分析效率更加高效、分析结果更加明了, 各方面明显优于原有软件。

关键词: 动态可视化; 数据库; 自动报表; 数据回放

Design Method of Flight Data Visualization Playback and Analysis Software

Ren Dan, Yu Kui

(AVIC Hongdu Aviation Industry Group Company Limited, Nanchang 330024, China)

Abstract: For playback of the original flight data playback software exists not intuitive, low efficiency of the analysis, the results are not standardized, etc., proposed a three-dimensional dynamic visual flight data playback and analysis program, by analyzing the criterion to refine and quantify, in accordance with the structural analysis of the template to achieve the automatic generation and outputs the analysis result. Flight data visualization and analysis software playback using mature technology, the users in the actual mission post hoc analysis, fully meet user requirements, flight data playback more friendly, more efficient analysis of efficiency, analyze the results more clear, was superior in all aspects the original software.

Key words: dynamic visualization; database; automatic reporting; data replay

0 引言

某型系统挂装于飞机上, 在任务执行过程中实时记录相关飞行数据, 这些数据包括图像数据、GJB289A 总线数据和 RS422 总线数据等。在飞行任务完成后, 通过地面的数据回放设备进行回放与分析, 再现飞行任务的执行情况。现有的回放软件先从记录数据中分离出图像数据和通信数据, 再从通信数据中分离出 GJB289A 总线数据和 RS422 总线数据形成一个数据总表, 在回放时只能静态显示, 用户需要通过人工浏览总表了解某型系统飞行任务的执行情况。用户在使用时, 操作繁琐, 需要经过多次提取、查找、分析和查看, 且由于数据量大, 需要花费较大的工作量才能了解飞行任务的执行情况。同时, 用户还需要做很多计算工作, 才能得出最后的分析结论, 对用户相关技能要求较高。因此用户希望数据回放软件操作更加简单, 回放过程中飞行数据直观、可视化, 且最后的结论可自动生成导向性强。

针对用户使用中提出的问题和要求, 需要设计一种可视化的数据回放处理软件来满足用户的需求。该软件具备飞行数据的三维动态可视化回放, 并能根据量化的分析判据, 自动分析飞行数据, 并按照用户要求的模板格式, 自动生成和输出分析结果, 为用户了解和掌握某型系统的工作情况, 全系统(包括飞机等)的任务执行情况提供一种便捷、高效的途径。

1 飞行数据可视化回放与分析软件设计

1.1 软件流程

飞行数据可视化回放与分析软件首先对机载记录的飞行数据进行分离, 并将分离后提取出的各类通信数据、图像数据以及飞机记录的姿态与位置数据进行数据分析与处理, 其中图像数据可使用专用视频播放器进行播放查看; 其他通信数据在解析后导入数据库进行存储。用户需要了解飞行情况时, 通过软件界面直接访问数据库, 实现飞行报告的自动生成以及飞行情况的三维可视化回放等功能, 也可直接调用专用视频播放器实现对图像数据的回放, 以便于用户对飞行数据的查看。软件流程如图 1 所示。

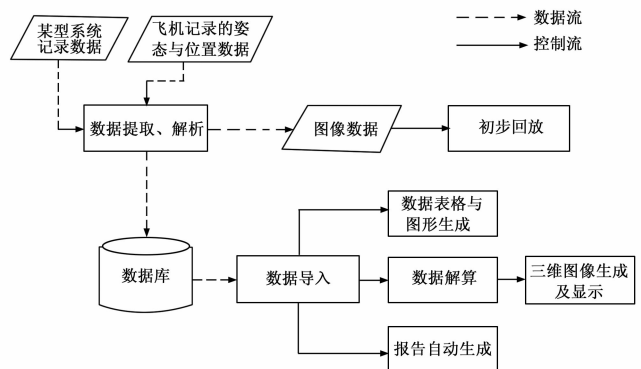


图 1 软件流程图

收稿日期: 2014 - 02 - 17; 修回日期: 2014 - 04 - 29。

基金项目: 国家科技重大专项资助项目(DHZX01A01004)。

作者简介: 任丹(1982 -), 女, 青海西宁市人, 大学, 工程师, 主要从事航天系统仿真试验方向的研究。

1.2 软件设计中的关键技术

1.2.1 飞行数据可视化

为了便于用户直观了解和分析整个系统的任务执行情况,

通过三维建模, 并驱动模型, 建立动态的可视化三维飞行图像, 回放飞行任务中飞机和某型系统的相对位置变化, 以及变化过程中某型系统天线的覆盖范围, 同时对记录的图像进行同步回放。为实现该功能, 进行了以下 3 方面研究。

1) 地形地貌环境的模拟: 由于我们只关心数据传输链路的通信情况, 对地形地貌环境的仿真要求不高, 可直接使用 OpenGL 软件渲染简单的背景。

2) 三维模型的建立: 使用 3DS MAX 专业建模软件, 快速实现对某型系统和飞机的三维模型建立^[1]。将 3DS MAX 绘制的模型导出为三维模型文件 (*.3DS), 利用 OpenGL 图像库编程接口实现对模型的重绘, 把三维模型文件转换为可供 OpenGL 程序直接调用的显示列表数据。再通过对显示列表数据的调用, 生成所需要的图像数据以供输出显示^[2]。

下面是读取三维文件转换为显示列表的核心代码:

```
if(是否为三维模型文件){
    return false;
}
else{
    for (i=0; i< vertices; i++){//vertices 为顶点的数量, 读出顶点
        信息, 存入内存缓冲区
    }
    for (i=0; i< triangles; i++){//triangles 为三角形的数量, 读出
        几何信息, 存入内存缓冲区
    }
    for (i=0; i< materials; i++){//materials 为材质种类的数量, 读
        出材质信息, 存入内存缓冲区
    }
}
//程序可以直接读取缓冲区的图形图像信息, 从而形成 OpenGL
可以直接使用的显示列表数据。
```

3DS MAX 绘制的三维模型中, 所有模型都具有轴心和以该轴心为原点的坐标系统, 模型的轴心作为该模型旋转变化的中心点, 按对应的偏移量旋转相应的角度, 实现姿态的变化。某型系统由设备 A 和设备 B 组成, 在飞行时, 设备 A 固定于飞机机身下, 所以飞机姿态偏移量的大小既是设备 A 姿态变化的大小。任务执行过程中, 某型系统数据传输链路是否建立的关键, 是设备 A 数据天线的照射或接收的区域是否覆盖了设备 B 所在空间位置, 为了便于观测天线的指向状态, 在设备 A 模型制作时, 将设备 A 前、后天线照射或接收范围按实际波束角设计, 前、后天线转动可按相应角度数据进行驱动。

3) 三维图像生成及显示: 为了使用户直观的查看数据链路的通信过程, 需要生成相应的动画。首先, 通过 OpenGL 软件提供的外部数据接口, 将数据库中的设备 B 姿态位置数据、飞机姿态位置数据及设备 A 天线转动角度数据导入, 形成运动数据, 结合环境模拟数据和三维模型, 经软件处理后, 以动画形式将飞机、设备 B 和设备 A 在链路通信时的飞行轨迹、相对位置以及设备 A 天线指向状态显示出来。用户可通过控制模块, 对动画画面进行控制, 以方便数据的查看^[3]。工作原理如图 2 所示。

1.2.2 飞行数据同步回放

飞行数据可视化回放与分析软件主要再现飞行任务的过程, 因此必须保证在回放机载记录的飞行数据是同一时刻的, 虽然在机载实时记录飞行数据是按飞行时间顺序记录的, 但其包含了多种数据 (视频、通讯数据), 用户无法快速定位到需

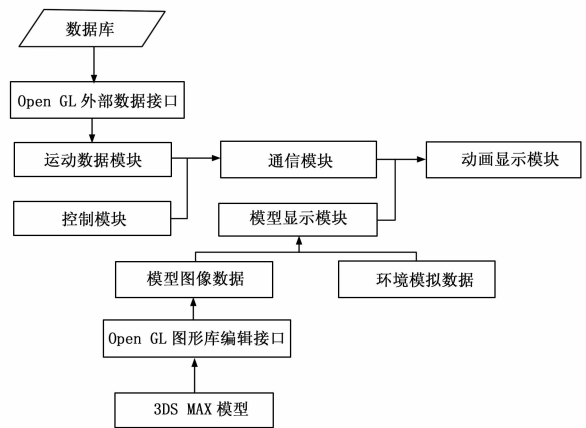


图 2 工作原理图

要分析的飞行数据时间段, 所以需要对机载记录的多种数据提取处理, 根据各自的特性进行管理。

通信数据提取是以数据块标识字作为判据, 提取出各类通信数据块, 再从提取出的数据块中分离出各数据字, 然后再解析出数据字内具体的数据指令^[4]。由于数据量很大, 并且经常需要进行查看、分析等操作, 对数据的调用较频繁, 我们通过对数据存储方法的分析, 引入数据库对通信数据进行存储管理, 并为快速数据分析处理打下基础。根据飞行时间、容量等因素, 我们选用 MySQL 数据库, 它是一个小型数据库, 支持 C 和 C++ 编写, 具有执行速度快、稳定性好及使用方便等优点, 并支持索引机制^[5]。

数据库是一个复杂的数据组织结构, 数据库包括一个或者多个数据表, 数据表包含多个数据记录项, 而每一条数据记录则是包含一个或多个数据对象, 所以在对数据库进行设计时, 以具体的数据指令作为数据对象来建立数据表。在提取处理时, 按通信数据类型将数据分为控制状态表、工作参数表以及天线角度表等多个数据表, 这些数据表形成数据库。各数据表内显示的指令可以由用户在配置文件中设置。由于各指令具有统一的时间值, 因此各个表选择时间值作为主键, 各个数据表之间可以通过时间值关联起来。用户对时间条进行操作时, 软件根据时间数据从数据库中提取同一时刻的飞行数据, 进行分析处理, 从而保证飞行数据的同步回放。

1.2.3 飞行任务数据分析结果自动生成

在完成数据分析工作后, 用户需要编写分析报告, 来描述某型系统的工作情况, 传统的报告编写首先要根据分析判据得出相应的分析结果, 采用手工编写, 效率低, 且编写人员的不同, 报告的风格也不同, 报告的结果的导向性也不一致。为实现飞行任务数据分析结果自动生成, 主要进行了以下两方面工作。

1) 分析判据的量化: 首先将分析判据进行了收集, 该收集工作主要是对原有分析报告的整理和分析, 在此基础上对分析判据按类别进行了归纳, 对于有明显量化指标的判据, 主要是明确和完善其判据条件, 对无法给定量化指标或量化指标存在争议的判据, 采用描述要素的方式来分析, 比如将一条判据的要素 (包括状态、条件、逻辑、指标等) 进行提炼, 以结构化的语言对要素进行描述。

2) 分析结果的结构化: 对已有的分析报告进行分析, 在与用户交流后, 得出了报告的大纲, 对报告每一章节需要描述

的内容进行了结构化设计，比如在任务概述章节，对任务描述的要害进行了提炼（时间、地点、任务型号、环境等），并按一定的先后顺序进行描述。要素分为两类：一类在分析后的数据中能进行映射，另一类属于用户自行填写（如：操作者信息、任务属性等），结构化的分析报告最终形成基于 word 格式的模板，在模板中相应的位置插入书签，书签用于定位程序所提取的数据或人工填写内容，在形成图表后输出至 word 模板文件中的位置^[6]。

1.2.4 试验与分析

通过回放与分析典型的飞行数据对软件进行了试验，试验人员无相关经验，只进行了简单的操作培训，整个试验过程顺利，飞行数据的三维动态回放直观明了（见图 3、图 4），数据分析时间快速，需熟练技术人员 1 小时左右完成的分析工作，4 分钟左右就顺利完成，分析结果与人工分析进行对比，准确无误。但也存在一些问题，图像回放存在卡滞、分析结果报告存在空白页等现象，经对回放缓存、报告模板分隔符进行调整后，上述问题均得到解决。



图 3 软件生成的飞机三维效果图

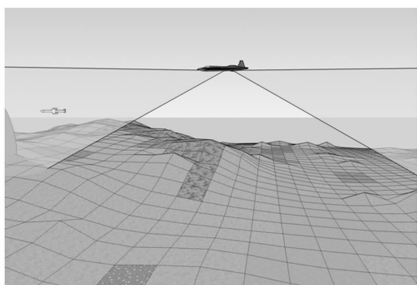


图 4 飞行任务效果图

~~~~~

（上接第 1978 页）

当利用传统的方法进行故障诊断时需要的测试点数是 15，但本文方法所需的测试点数目是 10；当误差信号变小时，所能利用的所有测试点数目是 12，当利用传统方法进行故障诊断时，所需测试点数是 12，但若利用本文方法进行故障诊断，则所需测试点仅为 8 个。本文方法与传统方法进行比较，在保证较高故障诊断率和一定的故障虚警率时，本文方法所需测试点的数目间减少了大约 30%，缩短了故障诊断时间，验证了本文方法的有效性。

## 4 结论

粒子群智能优化方法因其简单易实现，且不易陷入局部最优的特点，在多领域得到了广泛应用。本文将其引入雷达天线伺服系统的故障诊断系统之中，在保证较高故障诊断率的同时，维持了较低的故障虚警率，但缩短了故障诊断时间，提高

## 2 软件的实际使用

飞行数据动态可视化回放与分析软件通过 OpenGL 三维图像显示功能实现了飞行数据的动态可视化回放功能，并通过对分析数据的提取、提炼和量化操作，实现了分析结果的自动生成与输出。经用户在实际飞行任务事后分析中使用，飞行数据动态可视化回放与分析软件解决了原有回放软件使用中存在的分析效率低和回放效果不直观等问题，各项指标满足飞行任务回放和分析的需求，完全满足用户使用要求。但由于软件需要驱动三维模型的同时还要处理运动数据，数据处理量较大，软件运行期间存在三维图像画面显示不流畅问题。为了保证三维图像显示效果，在提高计算机性能的基础上，采用 OpenGL 提供的双缓存技术，把两个独立的用于存储将要显示内容的缓存区内的图像数据轮流输出到显示器上，实现了画面的流畅显示。

## 3 结束语

飞行数据动态可视化回放与分析软件通过采用数据库及三维可视化技术，实现了数据的三维动态可视化回放和自动报表功能，简化了操作流程，提高了工作效率，明确了分析结论，同时提高了飞行数据的维护和追溯性。软件的设计采用成熟技术，方案可行性高，可应用于其他同类系统中。通过开发该软件，也为后续研发通用的可视化数据回放与分析工具积累了技术和经验。

#### 参考文献：

- [1] 东方人华, 等. 3ds max 7 入门与提高 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [2] 和平鸽工作室. OpenGL 高级编程与可视化系统开发 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [3] 张正波等. OPENGL 实现 3ds 文件中模型自由旋转 [J]. 计算机工程与应用, 2005, 13: 98-100.
- [4] MIL-STD-1553B Military standard, Digital Time Division Command/Response Multiplex Data Bus Notice 2 [S]. 1986.
- [5] 唐汉明等. 深入浅出 MySQL: 数据库开发、优化与管理维护 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [6] 闫新珠, 王秀芹. 在 VC 中利用 Word 生成测量报告 [J]. 地矿测绘, 2006, 22 (1): 32-33.

了故障诊断效率。关于本文方法在雷达其他系统故障诊断中的应用也在本课题组的进一步研究之中。

#### 参考文献：

- [1] 郝海燕. MCS-96 单片机系统在雷达伺服系统中的应用 [J]. 通信与测控, 2000, 8: 18-21.
- [2] Kennedy J, Eberhart R. Particle swarm optimization [A]. Proc. of the IEEE International Conference on Neural Networks [C]. 1995: 1942-1948.
- [3] 高彦钊, 占荣辉. 基于粒子群优化算法的 KK 分布参数估计方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2013, 35 (12): 2495-2500.
- [4] 周利军 彭卫 曾小强 邹芳. 基于杂交变异的动态粒子群优化算法 [J]. 计算机科学, 2013, 40 (11): 143-146.
- [5] 朱宏飞, 杨光. 基于 PXI 总线模块的智能测试系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (11): 2912-2914.