

基于遥测数据共享的无人机试飞监测技术研究

付磊, 彭壮, 吕当侠, 田峰, 严杰

(航空工业成都飞机工业(集团)有限责任公司, 成都 610091)

摘要: 针对传统无人机试飞监测系统与无人机平台设计耦合度高、通用性差的问题, 设计了一种轻量化的试飞监测系统; 对传统的无人机指挥控制系统与试飞监测系统的构型进行分析, 梳理两个系统的共性业务流程, 确定了轻量化试飞监测系统的构型; 阐述了试飞监测软件的架构设计, 并重点对数据解析模块进行介绍, 提出了一种基于配表的遥测数据解析技术, 使不同型号的试飞监测需求与软件框架相隔离, 保证了软件的通用性; 实际应用表明, 所设计的无人机试飞监测系统避免了机上测试改装, 缩短了无人机系统的研制周期, 具有很高的工程实用价值。

关键词: 无人机; 飞行试验; 状态监测

Research on Technique of UAV Flight Monitoring Based on Telemetry Data Sharing

Fu Lei, Peng Zhuang, Lv Dangxia, Tian Feng, Yan Jie

(AVIC Chengdu Aircraft Industrial (Group) Co., Ltd., Chengdu 610091, China)

Abstract: A lightweight flight monitoring system is designed to focus on the problem that traditional flight monitoring of UAV is high coupling to the UAV design and poor in universality. The configuration of traditional command-and-control system and flight monitoring system is analyzed. The same business process of both systems is grooming. Then the configuration of lightweight flight monitoring system is designed. The software architecture of flight monitoring system is expounded and then the paper focus on data process module of the software. A technology of telemetry data processing that based on configuration table is proposed to isolate flight monitoring requirement of different project and software architecture, which can make the software universal. The application of the flight monitoring system indicates that it can avoid test modification onboard, cut down the time of developmental stage and have the actual application value.

Keywords: unmanned aerial vehicle; flight test; condition monitoring

0 引言

试验试飞是无人机研制过程中的重要一环, 目前对于试飞监测系统的研究多集中于提高机载数据监测设备的性能、丰富地面数据监测系统的功能^[1-5], 但是试飞监测系统的研发仍避免不了“量身定做”, 飞机平台上需要考虑机载数据监测设备的安装接口及电气接口, 试飞监测系统的设计与无人机平台本身的设计高度耦合, 由此造成了试飞监测系统通用性差, 不同型号项目重复设计等问题。

针对上述问题, 考虑与无人机地面控制站共享遥测数据, 研究了一种轻量化的试飞监测系统。该系统为载车及方舱的形式, 通过与无人机地面控制站交联, 共享机载遥测数据, 不需要对机载平台进行任何更改。试飞监测软件针对不同专业试飞工程师个性化定制试飞监测界面, 实现对无人机试飞状态的实时监测, 具有通用性强、轻量化的优点。

1 传统的无人机试飞监测系统

传统的无人机试飞监测系统包含机载数据监测系统(ADAS)和地面数据监测系统(GDAS)。机载数据监测系统

加装在机载平台上, 包含数据采集设备、数据记录设备、遥测设备、各类传感器及摄像头, 具有数据采集、数据记录、数据信息链路下传等功能。

一般情况下, ADAS通过接入原飞行平台的通信总线采集各类飞行数据, 通过加装的各类传感器采集应变、振动、温度等信号, 通过加装的摄像头采集视频信号。ADAS将采集的所有数据记录, 并将部分数据通过飞行监测数据链下传至GDAS, GDAS对接收到的数据进行解算还原显示, 供地面人员实时监视使用。

另一方面, 位于地面的无人机指挥控制系统通过无线链路与飞行平台交互, 实现对无人机的监视与控制。指挥控制系统和试飞监测系统的传统模式如图1所示。

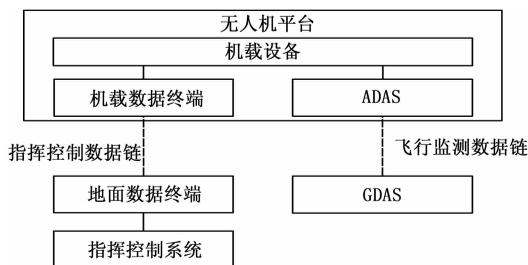


图1 指挥控制系统和试飞监测系统的传统模式

收稿日期: 2017-08-14; 修回日期: 2017-09-13。

作者简介: 付磊(1989-), 男, 四川武胜人, 工程师, 主要从事飞机健康与飞行数据管理方向的研究。

2 轻量化试飞监测系统顶层架构设计

传统的试飞监测系统由于需要在机载平台加装设备, 必须考虑加装设备的机械接口和电气接口, 使得试飞测试系统的设计与飞行平台的设计高度耦合, 令本可通用化的试飞测试系统一直处于“专机专用”的境地, 同时也对无人机飞行平台的设计造成影响。另外无人机的链路设备与试飞监测系统的遥测设备的功能本质均为完成地空数据交互, 二者在功能上存在着重叠。

其次, 无人机与有人机相比, 其指挥控制系统位于地面, 飞机的状态信息均通过无线链路下传至地面, 由地面控制站上的飞行员完成监控任务。由于无人机飞行员不像有人机一样在飞机座舱中, 无线链路下传的数据必须支持飞行员的监控和处置。因此无人机通过遥测链路下传的信息异常丰富, 不仅能满足飞行员的需求, 也能够满足试飞工程师对飞机状态实时监测的需求。

最后, 通过对无人机典型任务过程的业务流程的梳理, 指挥控制系统与试飞监测系统具有如图 2 所示的共性业务流程。两个系统在数据接收、数据解析等技术上具有一致性, 仅仅最终面对的用户有所区别。指挥控制系统面向无人机飞行员, 除了监视以外还需要对无人机进行操控; 试飞监测系统面向试飞工程师, 试飞工程师的专业划分使得试飞监测界面常常也需要按照机电、航电、飞控、动力等专业方向设计界面。从业务流程的角度, 指挥控制系统与飞行监测系统具有极强的相似性。

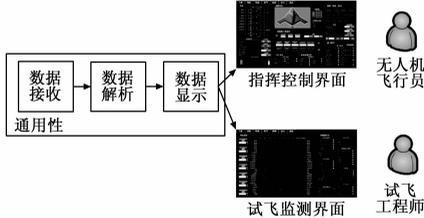


图 2 指挥控制系统和试飞监测系统的共性业务流程

基于以上三点原因, 本着简化设计提高通用性的原则, 考虑取消传统试飞监测系统的机载部分, 仅保留地面部分, 充分利用无人机本身遥测信息丰富的优势, 与地面指挥控制系统共享无人机链路及遥测数据, 实现轻量化试飞监测系统设计。

轻量化的试飞监测系统如图 3 所示, 无人机通过无线数据链路传输平台的下行数据信息, 地面指挥控制系统通过其综合处理单元进行数据的分发和存储, 同时将无人机下行数据传输给试飞监测系统。整个过程中将原有的 ADAS 和 GDAS 系统与飞机系统进行一体化设计, 充分共享系统资源, 同时共用链路设备。

3 试飞监测软件设计

试飞监测软件应具有的功能模块包括数据接收、数据解析、数据显示、数据存储、数据回放等。每个模块具体功能如表 1 所示。试飞监测软件启动完成后, 默认进入标准模式, 自动选择网络, 自动选择链路, 接收相应通道以及链路的数据解析并显示。在标准模式下可以强制选择 A 网络、B 网络, 也可以强制选择链路 1、链路 2, 并且可以在需要的情况下开始、停止保存数据。切换到回放模式, 可以做除了保存数据以外的

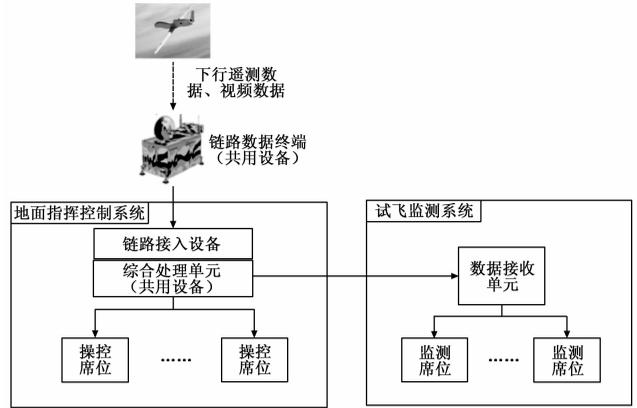


图 3 试飞监测系统构型

标准模式下的任何操作。同时回放模式下, 可以调整回放速度、跳转至选中的数据帧。试飞监测软件的主要执行流程如图 4 所示。

表 1 试飞监测软件模块的具体功能

序号	功能模块	具体功能
1	数据接收模块	读取网络配置、选择接收链路、帧合法性判断、通信网络检查
2	数据解析模块	读取参数配置信息库、数据还原解析、数据未刷新次数统计
3	数据显示模块	扫描界面显控元素、刷新界面组件
4	数据存储模块	开始停止数据存盘、产生存盘文件
5	数据回放模块	选择数据文件、设置回放速度、回放跳转

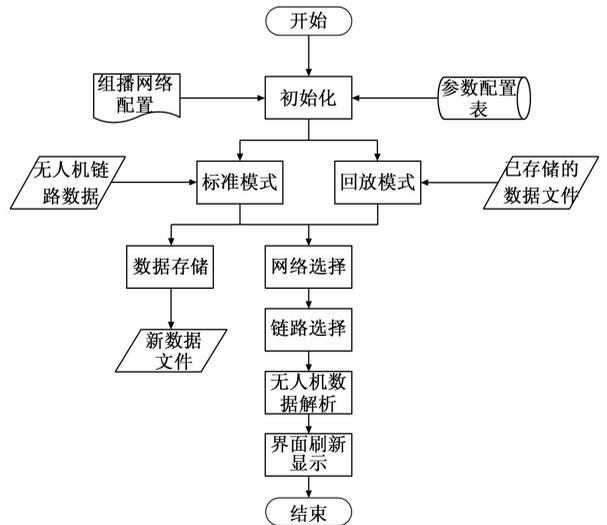


图 4 试飞监测软件执行流程图

4 基于配表的遥测数据解析技术

数据解析功能是试飞监测软件的主要功能, 传统的解析方法是按照数据要素定义结构体, 在根据遥测数据格式手动完成每个要素的解析, 即该功能模块是针对型号的具体要求进行定制开发, 由于无人机的下传的遥测数据量较为庞大, 因此该方法的软件开发及维护工作量都非常大, 当下一个型号开始研制时, 需进行重复开发。

本文通过分析显控类软件的需求,抽象通用流程,采用基于配表的遥测数据解析技术,形成通用软件架构,从而使各型号之间的不同需求(遥控与遥测数据)与软件的框架相隔离,面对显控要素的变更仅需要更改界面和配置文件即可,不需要对软件框架进行任何修改。遥测数据配表示例如表 2 所示,遥测数据解析功能对比如图 5 所示。

表 2 遥测数据配表示例

	数据类型	范围下限	范围上限	还原方式	显控需求	...
参数 1
参数 2
...

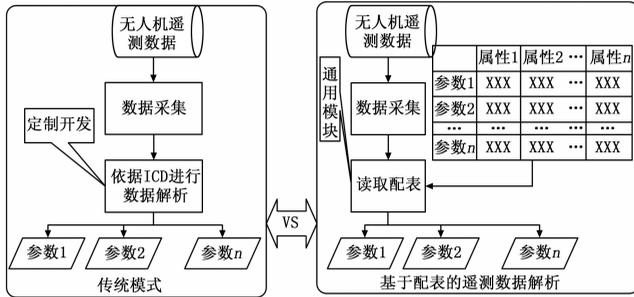


图 5 遥测数据解析功能对比

5 系统应用与分析

本文研究的试飞监测系统已经在飞行监测中得到应用,极

(上接第 23 页)

4 结语

提出了一种 PCA-随机森林算法用于提高机械故障诊断的趋势预测精度。分析了 PCA 降维与随机森林算法的建模,使用实际的轴承故障数据进行了趋势预测实验验证,并取用 BP 神经网络模型作为参照组,来对比随机森林模型的预测效果,使用 R 方和 RMSE 以及 MSE 作为预测趋势的精度评价指标,根据实验结果,BP 神经网络在轴承趋势预测中精度相对较低,并且不能很好的反映轴衰退化趋势;随机森林模型相对具备更高的预测精度,用时拟合效果较好。然而随着使用的树的数量增加,如本文中在精度较高的情况下,设置树的数量为 500 棵,在较大的数据处理下,会对计算机造成比一般算法更大的计算压力,预测时间也会显著增加,后期将对随机森林的其他参数进行改进提高运算速度以及趋势预测精度。

参考文献:

[1] 王晓勇. 故障预测和健康管理 (PHM) 及其应用 [J]. 中国电子商务, 2013 (3): 120-120.

[2] 刘恩朋, 杨占才, 靳小波. 国外故障预测与健康管理软件开发平台综述 [J]. 测控技术, 2014, 33 (9): 1-4.

[3] 曾声奎, Pecht M G, 吴际. 故障预测与健康管理 (PHM) 技术的现状与发展 [J]. 航空学报, 2005, 26 (5): 626-632.

[4] 续媛君, 潘宏侠. 设备故障趋势预测的分析与应用 [J]. 振动、测试与诊断, 2006, 26 (4): 305-308.

[5] 李斌, 章卫国, 宁东方, 等. 基于神经网络技术的飞机舵面故障趋势预测研究 [J]. 系统仿真学报, 2008 (21): 5840-5842.

大地减少了试飞测试改装的工作量,缩短了无人机系统的研制周期。由于采用了基于配表的遥测数据解析技术,系统通用化程度高,面对显控要素的变更仅需要更改界面和配置文件,无须对试飞监测软件核心代码进行更改。结果表明该系统满足试飞监测需求,相比于传统的机载设备与地面设备结合的试飞监测系统具有通用性强、轻量化等特点。

6 结束语

本文针对无人机试飞监测系统独立定制开发引起的通用性、可移植性差,开发周期长,人力成本高问题,研究了一种与地面指挥控制系统共享遥测数据链路的试飞监测系统,该试飞监测系统仅通过与无人机指挥控制系统交联,满足各专业试飞工程师的试飞监测需求。系统软件的设计采用了基于配表的数据解析方式,对其他显控类软件的设计具有一定的指导意义。

参考文献:

[1] 吕鹏涛, 张娟, 支高飞. 试飞机载测试系统一体验证平台的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (11): 3582-3584.

[2] 孙健, 霍培锋. 大型飞机试飞测试现状与对策 [J]. 测控技术, 2007, 26 (3): 19-21.

[3] 刘明. 新一代试飞测试系统架构及其应用 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (6): 1729-1731.

[4] 宗思瑶, 尚丽娜. TTS 技术在飞行试验遥测监控中的应用 [J]. 测控技术, 2014, 33 (3): 110-112.

[5] 张波, 席庆彪, 谭雁英, 等. 基于分布式网络结构的无人机地面控制站设计 [J]. 火力与指挥控制, 2009, 34 (2): 140-142.

[6] Feng Z, Chu F, Song X. Application of general regression neural network to vibration trend prediction of Rotating machinery [M]. Advances in Neural Networks - ISSN 2004. Springer Berlin Heidelberg, 2004: 367-371.

[7] Hajnayeb A, Ghasemlooia A, Khadem S E, et al. Application and comparison of an ANN-based feature selection method and the genetic algorithm in gearbox fault diagnosis [J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38 (8): 10205-10209.

[8] 谢松油, 许宝杰, 吴国新, 等. 基于 HMM/SVM 的风电设备故障趋势预测方法研究 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (1): 39-41.

[9] 李波, 赵洁, 郭晋. 设备故障评估新指标及基于 ARMA 的预测系统 [J]. 系统工程与电子技术, 2011, 33 (1): 98-101.

[10] Rauber T W, Boldt F D A, Varejão F M. Heterogeneous Feature Models and Feature Selection Applied to Bearing Fault Diagnosis [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2015, 62 (1): 637-646.

[11] 李兵, 张培林, 任国全, 等. 基于互信息的滚动轴承故障特征选择方法 [J]. 测试技术学报, 2009, 23 (2): 183-188.

[12] 张恒, 赵荣珍. 故障特征选择与特征信息融合的加权 KPCA 方法研究 [J]. 振动与冲击, 2014, 33 (9): 89-93.

[13] Surhone L M, Tennoe M T, Henssonow S F, et al. Random Forest [J]. Machine Learning, 2010, 45 (1): 5-32.

[14] Tipping M E, Bishop C M. Probabilistic Principal Component Analysis [J]. Journal of the Royal Statistical Society, 2010, 61 (3): 611-622.

[15] Quinlan J R. Induction on decision tree [J]. Machine Learning, 1986, 1 (1): 81-106.