

一种便携式机载数据采集设备遥测检测仪设计与实现

肖 刘

(海装广州局驻贵阳地区军事代表室, 贵阳 561000)

[摘 要] 飞机外场试验和飞行训练的需求使得采集系统成为飞机的重要设备。为检测外场环境下某型飞机上的采集系统的工作状态, 本文以便携式计算机为硬件基础, 以 Qt 为软件平台, 针对某型采集系统设计了地面遥测检测专用设备, 实现了多类数据的实时解析。检测结果表明, 该设备具有数据处理能力强、安全可靠性好、易维护等优点, 能够为某型飞机上的某型采集系统检测提供工程保障。

[关键词] 采集系统; 检测仪; Qt 平台; 数据解析

[中图分类号] TP274.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1006-141X(2022)03-0009-06

Design and Implementation of a Portable Airborne Data Acquisition Equipment Telemetry Detector

XIAO Liu

(Military Representative Office of Guangzhou Bureau of Maritime Decoration, Guiyang 561000, China)

Abstract: The demand of aircraft field test and flight training makes the acquisition system an important equipment of aircraft. In order to detect the working state of the acquisition system on aircrafts in the outfield environment, a special equipment is designed for ground telemetry detection for a acquisition system based on portable computer and QT as the software platform, and real-time analysis of multi class data is carried out. The test results show that the equipment has the advantages of strong data processing ability, good safety and reliability, easy maintenance, and it can provide engineering support for the test of a certain type of acquisition system on the aircraft.

Key words: acquisition system; detector; QT platform; data analysis

飞机上的采集系统在外场试飞和飞行训练中主要用于数据采集、状态显示等, 工作良好的采集系统对提高飞机飞行测试、试验数据的实时处理性能有及其重要的意义。飞机采集系统记录的信息可用于飞行事故分析、事故调查、飞行员监控和飞机故障诊断等^[1-2]。一方面, 飞机采集系统可以备份飞行参数等数据, 另一方面也能够对数据进行分析, 监控与预测飞机各部件的健康状态, 及时发现并纠正

飞行员的不良习惯, 预防事故发生。

随着外场试验和飞行训练的需求深入, 为了提高飞行员的培训效率, 预警安全隐患, 及时发现飞行员操作问题, 某型飞机加装了某采集系统, 对包括大气参数、飞行参数、惯导参数等多类数据进行采集, 开飞前检查机上采集系统自身工作状态和采集的各类参数是否正常是一个必要的环节。目前现场一线检查人员只能通过电话不断询问监控大厅人

收稿日期: 2022-05-18

引用格式: 肖刘. 一种便携式机载数据采集设备遥测检测仪设计与实现 [J]. 航空电子技术, 2022, 53(3): 09-14.

员来确认采集系统各个参数工作状态，这不仅需要动用更多的资源、也影响了检测直观性，同时还降低了工作效率，所以研制一套供飞机现场检查人员可使用的便携式机载数据采集设备遥测检测仪至关重要。本文基于遥测接收设备、加固计算机平台、中标麒麟系统和 Qt 软件平台的基础，对采集系统的地面遥测检测专用设备进行了研究设计，用以检测采集系统各项功能指标是否工作稳定正常。

1 系统总体设计

遥测检测仪通过遥测接收天线接收机上采集系统遥测发送的数据，并将数据进行实时解析、处理并以文本、曲线、图表和视频等方式直观展示给一线操作检测人员，给检测人员判断采集系统各项功能指标是否工作稳定正常提供数据支撑。系统架构示意图如图 1 所示。

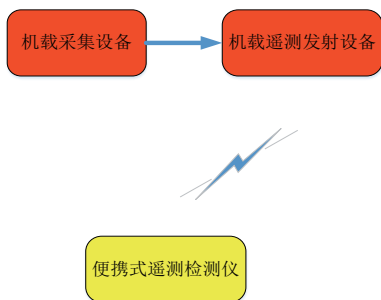


图 1 系统架构示意图

通过对外场和飞行训练现场的调研分析，遥测检测仪需要设计的部件包括遥测接收天线部件、接收解调综合基带部件、数据处理机部件、供电部件和实时数据处理显示分析软件。按照模块化设计要求，每个部件设计相对独立，通过内部电缆进行联接，整个设备集成为一个便携式机箱，开盖即展开，主要操作由控制开关和周边键完成，显示界面以图形和文本为主，便于一线操作员的使用，设备组成逻辑框图如图 2 所示，设备数据流图如图 3 所示，设备整体效果如图 4 所示。

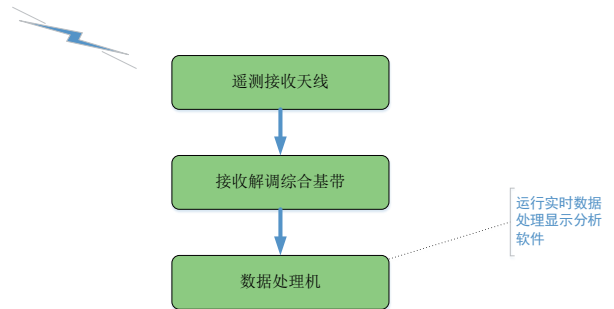


图 2 设备组成逻辑框图

通过对各部件实现功能的梳理分析，遥测检测仪功能包括：（1）接收解调基带进行工作参数设置功能；（2）遥测频点进行设置功能；（3）实时接收机上某型采集系统遥测下传数据的功能；（4）能对遥测信息进行实时解析并判别遥测采集系统的状态是否正常；（5）提供多种数据显示方式；（6）对数据进行实时存储等。

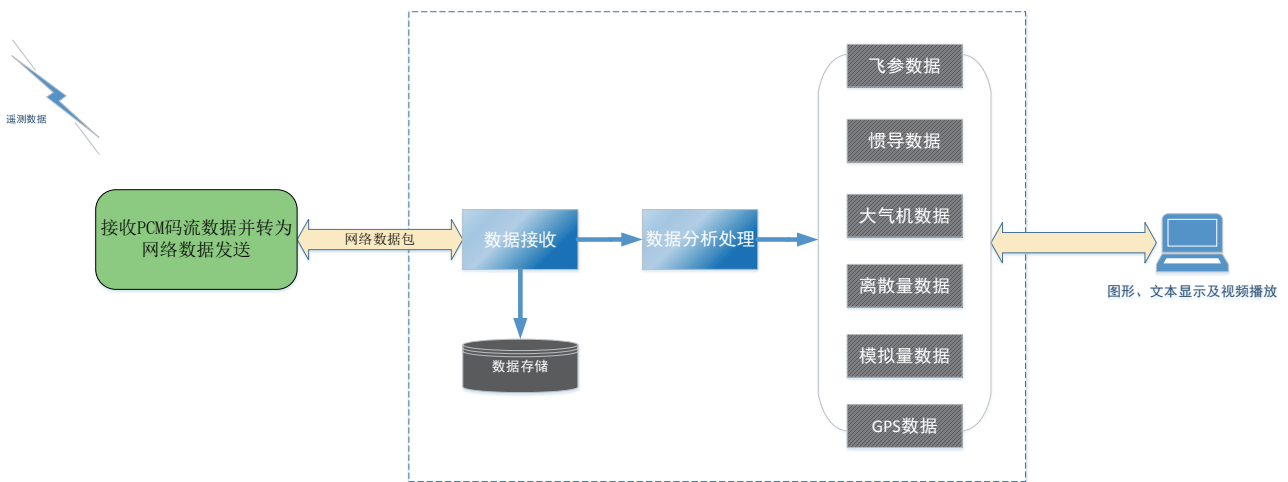


图 3 数据流图

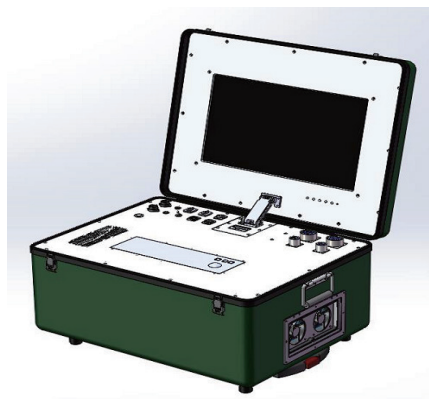


图4 设备整体效果示意图

2 软硬件设计

2.1 硬件设计

传统的便携式设备，多数采用国外产品（如CPU使用Intel、AMD等）进行设计，为了防止“卡脖子”风险，便携式遥测仪的设计全部采用国产化元器件产品进行设计，实现100%国产化。

遥测检测仪硬件主要由遥测接收天线、接收解调综合基带、数据处理计算机及周边键、配套电源及电缆等部件组成。

（1）遥测接收天线：由遥测天线、电气接口、高频电缆等组成，结构上设计为一个整体，遥测天线暴露于外，通过紧固件和电气接口与其他部分安装在一起，用于接收S频段射频信号，通过高频电缆输出至电气接口，供下一级使用。该部件的使用频段为2.2～2.4 GHz，天线增益为2 dB。

（2）接收解调综合基带：由低噪声放大器、S频段下变频器、综合基带、通信接口、电气接口等组成，结构上设计为一个整体，通过电气接口和天线相联，通过通信接口与数据处理部分相联，能够对接收的射频信号进行滤波、放大，基于下变频处理实现PCM数字信号的变换与网络发送。该部件解调1个目标，码率为1 Mbps～2 Mbps，码型为NRZ-L，误码率为信噪比为12 dB时优于 10^{-4} ，最大无码元翻转周期128个。该部件全部使用国产元器件，如FPGA使用复旦微电子JFM50T4-N芯片。设计中采用FPGA现场可编程技术，对分频参数模块进行重新编程，达到可接收多频点遥测数据能力。

（3）数据处理机：由主板、处理器、显示控制器、显示屏、存储器、周边键、操作面板等组成，在结

构上集成在一个便携式机箱内，为实时数据处理显示软件提供运行平台。该部件的显示屏为15吋，处理器为国产龙芯3A5000（主频：2.5 GHz，核心数量：四核），内存容量8 G，固态硬盘容量256 GB，面板接口包括电源开关、千兆网口、外接USB口等。

（4）配套电源及电缆：由电源输入接口，电源变换设备，电源输出接口，电源开关，电源电缆网络等组成。主要功能是从外部接入电源，为各个设备进行供电。

2.2 软件设计

操作系统使用国产操作系统中标麒麟，开发工具采用跨平台的Qt Creator。Qt Creator是一个用于Qt开发的轻量级跨平台集成开发环境。Qt Creator提供首个专为支持跨平台开发而设计的集成开发环境（IDE：Integrated Development Environment），并确保首次接触Qt框架的开发人员能迅速上手和操作。

系统数据中包含了多种参数类，包括大气机参数、惯导参数、飞行参数、模拟量参数、GPS参数和视频数据等，每一类参数都有其对应的ICD协议文件，在保证解析正确的同时还要保证实时性。在软件设计过程中，按照每包数据先分离出各类数据，然后采用多线程分片处理方法，并且在传统的按任务配置线程的基础上，使用了线程池环形队列的改进模型，能够通过灵活的线程池队列分解、合理划分和均衡分配计算任务。此外，为保证数据处理的延迟尽量少，软件设计过程中采用了有效的滤波算法和平滑算法，提高数据的稳定性。软件主要功能包括：（1）能对接收解调基带进行工作参数设置；（2）能对接收的遥测数据进行处理；（3）能够提供多种数据显示方式，主要包括：时间历程曲线、文本刷新等；（4）能够对接收的视频数据进行实时播放；（5）能够对接收的遥测数据进行实时存储。

2.1.1 模块组成

实时数据处理显示软件由配置任务加载模块、网络通讯模块、数据正确性检查模块、数据处理分析模块、实时数据显示模块和数据存储模块组成，软件流程如图5所示。

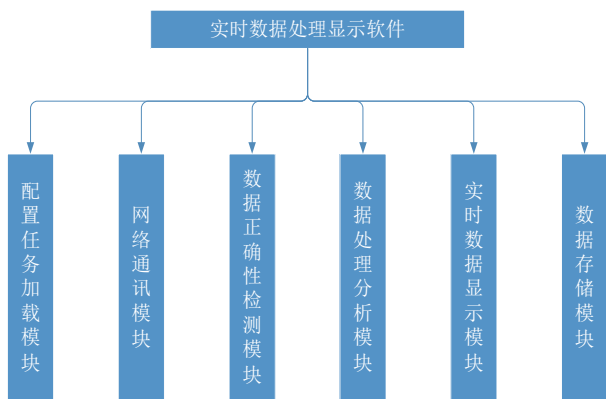


图5 软件组成框图

(1) 配置任务加载模块：主要完成接收解调综合基带的相关参数的配置，主要可配置参数是载波频率信息、遥测频点信息等。检测设备启动后，自动读取预置好的配置文件，配置信息以二进制文件形式保存。

(2) 网络通讯模块：通过网络与接收解调综合基带进行网络通讯，包括命令通信和数据通信两部分。命令通信完成与接收解调综合基带之间的命令交互，数据通信完成与接收解调综合基带之间的数据交互。

(3) 数据正确性检查模块：主要是采用了基于脚本的合格判据技术，实现合格判据的快速修改、调试、优化与迭代更新，对接收的数据信息进行正确性检查。

(4) 数据处理分析模块：主要是对接收网络数据解析并进行正确性检查和工程量转换。该模块可细分为数据预处理、机载板卡检测与工程量转换三个次级模块，分别实现将接收数据信息解析为 PCM 数据并进行组帧、检测机载采集设备中板卡采集数据以及参数物理量到工程量的转换。

为了满足实时性要求，技术上充分利用 CPU 多核资源，采用按帧为解算单元的方法，通过灵活的线程池队列分解、合理划分和均衡分配解算任务。流程如图6所示。

(5) 实时数据显示模块：主要是对工程量数据以文本、图形或视频的方式显示出来。显示的方式包括：文本方式、曲线方式和视频方式。

(6) 数据存储模块：完成对接收到的数据进行存储。该功能用于设备出现故障时，设备维修人员调试使用。

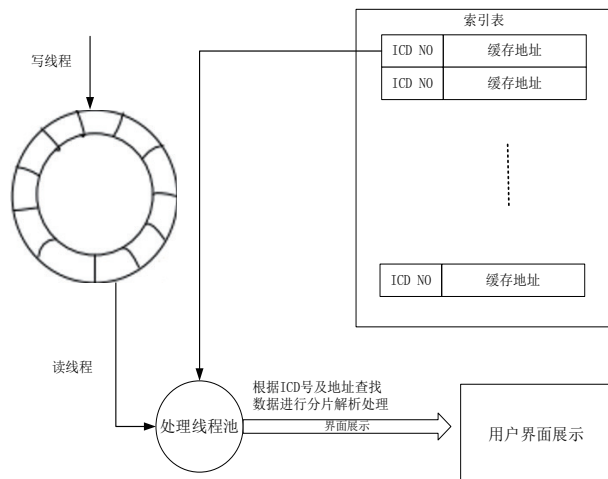


图6 环形队列线程池工作流程

2.1.2 界面设计

界面设计在美观、易用的基础上，采用分类区域块方式进行设计。软件主界面设计如图7所示。界面包括遥测数据显示区、监控画面区等。

3 关键技术

3.1 国产化设计

国产化还未真正实现大范围的推广应用，但是武器装备国产化的需求却越来越紧迫。基于以上背景和需求，本文设计实现了一种基于国产化 FPGA 平台+国产化 CPU+国产化操作系统的遥测检测仪。经过适配软件和系统测试，产品性能稳定，能够满足某型采集系统地面实时检测保障需求。

3.2 基于脚本的合格判据技术

采集设备工作状态是否正常，需要根据采集的该机型的飞行参数数据、大气数据、惯导数据等，找出其直接或间接导出参数信息，再依据大量的技术资料 and 反复验证后最终判定其合格判据。每一条判据都需要有充分的依据和实际验证，而所有判据的集合就构成了判据库。

系统中采用脚本的方式编辑和存储各种判据，实现了的判据的快速修改、调试、优化与迭代更新。

3.3 基于帧解算单元的多种类数据实时处理技术

在脉冲编码调制 (PCM: Pulse Code Modulation) 数据里，全帧是数据的一个完整采样周期，帧是其中一个最基本单位。在数据处理中，可以用全



图 7 软件运行主界面

帧，也可以用帧（一个或多个）作为单位进行提取、解算。用全帧作为解算单元，程序实现简单；而把帧作为解算单元，程序编写比较复杂。以帧为解算单元进行解算，需要在程序初始化时，首先将每个需要解算的参数的格栅信息进行整理，并分析每个帧中出现哪些参数以及出现的位置和采样次数，其次还需计算每次从几个帧中提取数据。具体处理帧个数

的计算与采样速率和计算后数据显示速率有关：

帧数 = (帧深 × 每秒全帧数) / 每秒显示次数；

如果帧数 ≥ 帧深，帧数 = 帧深；

如果帧数 < 帧深，则此帧根据其中参数定义格栅信息，需要多次采样；

采样次数为：采样次数 = 每秒显示次数 / (帧深 × 每秒全帧数)

表 1 全帧与帧解算延迟时间对照表

采样速率	全帧间隔 (ms)	每秒全帧数	全帧计算最大延迟 (ms)		帧计算最大延迟 (ms)	
			显示速度 (16/s)	显示速度 (32/s)	显示速度 (16/s)	显示速度 (32/s)
32KW	500	2	250	250	62.5	31.25
128KW	62.5	16	62.5	62.5	62.5	31.25
256KW	31.25	32	31.25	31.25	31.25	31.25

表 1 以帧长 256，帧深 32，字长 16，参数 1000 个，校准为线性校准作为基准。显示速度 16/s，间隔：62.5ms，显示速度 32/s，间隔：31.25 ms。

以全帧为计算周期，在高采样率下无明显延迟，但每次处理周期需处理 1000 个参数，而处理时间为

全帧间隔时间，处理时间紧张，而在低采样速率时，明显可以看出因为算法原因，导致系统输出延迟，从而影响系统的实时性，而采用以帧为计算周期无论在高采样率和低采样率无此问题。

4 结论

本文针对某型机上的某型采集系统的地面遥测检测仪的要求,根据稳定性、有效性、可靠性和便携性的设计原则,采用模块化的方式设计了一套便携式遥测检测仪。设计中充分利用机上采集系统,实现了空地信息链路的无线传输,实现了多类数据实时解析,处理速度满足 1 Mbps ~ 2 Mbps 的要求,为某型飞机上的某型采集系统检测提供了保障。该检测仪投入运行后,经过多次任务的检测验证,使得原本需要一个多小时的检测工作,在十几分钟内就可以轻松完成,在外场试验和飞行训练中使一线检测员的工作效率提高了 5 倍以上,取得了良好的效果。

参 考 文 献

- [1] 李映颖,张德全,朱立贵,姚海燕,杜友杰,冯彪.飞行参数数据的应用与发展前景[J].计量与测试技术,2009,36(01): 10-11+15.
- [2] 刘远东,余诚刚,杨纯宇,郭阳斌.外场通用型飞机飞行参数系统的数据采集系统设计[J].中国测试,2020,46(S2): 123-127.
- [3] 张连义,唐治强,雷廷万.飞行参数记录系统时标设计及应用[J].兵工自动化,2013,32(03): 60-62.
- [4] 王昭,邱红军,郑士磊.一种飞机通用点火线圈检测仪的研究与实现[J].航空维修与工程,2018(05): 64-67.
- [5] 宋秀毅,黄作剑,邵宇哲.军用飞机 DSI 数据采集系统的设计[J].航空电子技术,2011,42(01): 14-17.
- [6] 欧阳寰,王超勇,韩兆福,黎子芬.某型飞机武器控制系统计算机检测仪的设计与实现[J].计算机测量与控制,2016,24(12): 103-105.
- [7] 欧阳寰,王超勇,陈遵银,黎子芬.某型飞机机载计算机检测仪测试软件设计[J].计算机测量与控制,2017,25(08): 116-119.