

# 飞参系统实时监视技术研究

付磊, 何敏, 吕当侠, 朱明晨, 严杰

(中航工业 成都飞机工业(集团)有限责任公司, 成都 610091)

**摘要:** 针对飞机研制阶段各系统交联试验时故障定位慢、检查测试手段匮乏的问题, 设计了飞参系统的实时监视功能; 飞参系统中的机载设备与地面设备通过以太网进行数据交互, 实现飞机状态的实时监视; 分析了实时监视功能的作用与优势, 并从某型飞参系统功能需求出发, 阐述了机载设备的硬件配置及软件架构; 基于 UDP 通信协议, 提出了一种机载设备与地面设备交互的数据收发策略; 该策略通过地面设备控制数据通信周期, 机载设备采集的数据按周期发送给地面设备还原显示, 实现了飞行数据的一边记录一边监视; 实际应用表明, 飞参系统的实时监视功能丰富了试验测试手段, 提高了各个系统试验效率, 实现了对飞机实时状态的监测, 为航前快速检测技术的发展奠定了基础, 具有很高的工程实用价值。

**关键词:** 飞参系统; 实时监视; 机载软件

## Research on Real-time Monitoring Technique of Flight Data Recording System

Fu Lei, He Min, Lü Dangxia, Zhu Mingchen, Yan Jie

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

**Abstract:** Real-time monitoring function of flight data recording system is designed to focus on the problem that being slow to locate the fault and lack of ways for detection in integration tests during flight platform development. Airborne equipment and ground equipment of flight data recording system exchange data through Ethernet, which realize real-time monitoring of aircraft condition. The effect and advantage of real-time monitoring function is analyzed. The hardware configuration and software architecture of airborne equipment is expounded which is based on the need of real-time monitoring function. A communication strategy between airborne equipment and ground equipment is proposed using UDP communication protocol. The period of data communication is controlled by ground equipment in the strategy and the flight data collected by airborne equipment is sent to ground equipment periodically, which can make flight data record and observe at the same time. The application of the strategy indicated that the function of flight data recording system enrich methods to test, improve the efficiency of each system test and realize real-time monitoring of aircraft condition. The method lay the foundation for rapid detection technology before flying and have the actual application value.

**Keywords:** flight data recording system; real-time monitoring; airborne software

## 0 引言

飞行参数采集记录系统(简称飞参系统)实现数据的采集、记录, 数据下载后对数据进行还原处理供技术人员分析, 是现代飞机航电系统中必不可少的部分。

我国从 20 世纪七十年代开始研制飞参系统, 虽然起步晚, 但发展迅速、技术日臻成熟。李映颖等通过对国内外飞参数据应用发展现状的分析, 提出飞参数据信息将会从简单的记录、人工分析逐渐向智能方向发展, 不仅能监控、判断和隔离故障, 还能监控飞机健康状况以及开展故障预测<sup>[1]</sup>。黎小玉等研究了基于光纤通道的数据采集记录器的软件的功能与架构设计方案, 所研究软件协同系统硬件实现了不低于 100 MB/S 的数据实时采集和 200 MB/S 的数据记录与卸载, 满足了高带宽光纤通道数据的采集、记录与卸载要求<sup>[2]</sup>。焦新泉等应用硬件协议栈芯片 W5300 实现了具有高速网络传输功能的大容量固态数据记录器的设计<sup>[3]</sup>。李红刚等以 FPGA 作为多通道数据采

集控制的核心, 设计了一种高速多通道数据采集系统, 与采用单片机为控制核心的系统相比具有性能稳定、体积小、功耗低等优点<sup>[4]</sup>。史玉健等针对数据记录器存储速度问题, 采用双片选、交替双平面编程技术, 提高了存储速度, 设计的数据记录器能够以 66 MB/s 的速度存储视频数据, 并且可靠性高<sup>[5]</sup>。

飞行平台的研制阶段, 必须对飞参系统记录的参数正确性进行检查, 当前飞行平台大多采用总线体制, 飞参记录的参数信息非常庞大(某型机上飞参记录上万个参数信息), 面对飞参记录的海量参数, 在时间紧迫的情况下一一检查其正确性就成为飞参系统设计时要考虑的问题。另外, 飞行参数采集记录器在 1553B 总线体制中常扮演总线监视器角色, 进行系统交联试验时如何快速定位故障点也是飞行平台总体设计时关注的问题。本文针对上述问题, 对飞参系统实时监视技术进行了研究。

## 1 飞参系统的实时监视功能

飞机上的飞参系统由机载设备和地面设备组成, 机载设备为飞行参数采集记录器, 地面设备包含飞参外场检测处理机和飞参地面数据处理站。飞行参数采集记录器实现飞行数据的采集、记录, 具有防坠毁功能; 飞参外场检测处理机用于对飞行参数采集记录器进行日常维护检测, 采集数据正确性预判定, 下载记录的数据; 飞参地面数据处理站完成数据的还原、回

收稿日期: 2015-10-23; 修回日期: 2015-12-18。

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

何敏(1964-), 男, 陕西岐山人, 副总工程师, 主要从事飞机总体设计方向的研究。

放、报表显示，以供地勤人员使用与分析。

飞参系统的实时监视功能，即飞参外场检测处理机（注：一线检测设备）可以通过以太网与飞行参数采集记录器进行通讯，将飞行参数采集记录器采集到的参数信息进行实时还原显示。该功能为系统试验与检测时提供了一个人机对话实时窗口，试验过程中实时观察机上参数物理值，实现了对采集的数据边记边看的功能（即实时观察飞行平台各个系统的工作情况，不影响记录功能），省去了试验后通过分析飞参还原的数据来判定飞机上各个系统工作状态的流程，实现机上系统状态的快速感知，改变了以往飞参系统记录的数据只有下载后才可查看的使用方式。

## 2 基于实时监视功能的机载设备架构设计

### 2.1 系统功能需求

为了描述的清晰具体，本文以某型机的飞参系统为例阐述实时监视功能的设计。根据总体需求该飞参系统需采集 1 路 1553B 总线数据和 2 路 RS422 总线数据；具有 1 路以太网接口，飞参外场检测处理机可以通过以太网对飞行参数采集记录器进行维护检测、飞行数据下载和实时监视。

### 2.2 硬件配置

为了满足同时记录与实时监视的性能需求，在硬件方面，该飞参系统的飞行参数采集记录器采用 PowerPC 8280 处理器，主频为 450 MHz；以太网接口速率为 100 Mbps。飞参外场检测处理机也需要具有以太网通讯接口，速率为 100 Mbps。

### 2.3 机载软件架构设计

飞行参数采集记录器的机载软件包含初始化模块、通讯控制模块、数据存储模块。

初始化模块实现系统的引导及环境初始化，包括外部设备接口初始化及应用层软件的初始化，完成机内自检功能并保存检测结果。

存储管理模块为存储任务执行模块，通过消息队列，接收来自通讯控制模块的任务，执行创建文件目录、记录数据、下载文件目录、下载数据，读写配置代码等操作，回响任务的执行结果给通讯控制模块。

通讯控制模块是机载软件的控制核心模块，通讯控制模块主要包含 4 个任务，其构成如图 1 所示。

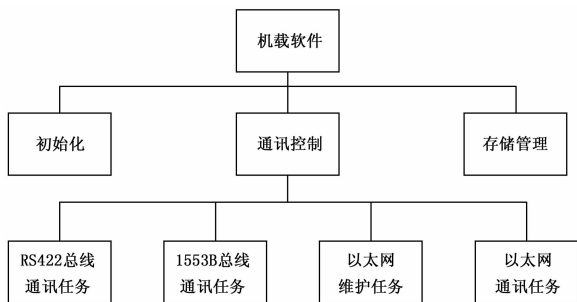


图 1 通讯控制模块组成

RS-422 总线采集任务对相关 RS-422 数据进行采集，采集到的数据存储到高速缓存双口 RAM 中，POWERPC 从双口 RAM 中得到的 RS-422 信息通过内总线存储到存储管理模块中。

1553B 总线采集任务对相关 1553B 总线数据进行采集，采集到的数据存储到高速缓存双口 RAM 中，POWERPC 双口 RAM 中得到的 1553B 总线信息通过内总线存储到存储管理模块中。

以太网维护任务通过以太网总线接口接收来自飞参外场检测处理机的命令，按照协议进行协议解析生成相应的任务，执行完成任务后，回响任务的执行结果，实现终端复位、终端自检、输出故障模式、建立数据索引、写飞行数据、下载飞行数据目录、下载飞行数据、擦除记录器、读配置代码和写配置代码等操作。

以太网通讯任务通过以太网接口接收来自飞参外场检测处理机的实时监视命令，周期性的从实时监视专用的存储数据的缓存中提取数据，将提取的数据通过以太网发送给飞参外场检测处理机，由飞参外场检测处理机完成数据的还原并显示，实现飞行数据的实时监视。

## 3 软件实时监视功能设计

### 3.1 实时监视通讯协议选择

为了满足实时监视功能实时性的要求，飞行参数采集记录器与飞参外场检测处理机的通信采用 UDP 通信协议实现基于以太网的数据传输。UDP 与 TCP 协议的不同点如表 1 所示。

表 1 UDP 与 TCP 协议的不同点

	UDP	TCP
是否连接	面向非连接	面向连接
传输可靠性	可靠性较低	可靠性高
应用场合	传输少量的数据	传输大量的数据
通信速度	快，实时性高	慢，实时性低

### 3.2 机载软件实时监视功能设计

由于 UDP 通信协议可靠性不高，提出了一种实时监视数据收发策略，解决了基于该协议的漏数据包问题。

机载软件实现实时监视功能的数据写入缓存策略和发送数据策略如图 2~3 所示。假设为实时监视服务的缓存区能够存储数据的总长度为 lengthmax 个字节，当前存储的有效数据的长度为 length 个字节，需要写入缓存区的数据的长度为 a 个字节。

宏观上看，数据不断写入缓存，通过中断的形式实现数据的发送。微观上看，机载软件通过图 2 所示的流程将数据写入实时监视专用的缓存，收到地面软件的数据发送请求后，将流程中的终止标志置为终止，然后执行图 3 的流程，完毕后继续从头开始执行图 2 的流程。

从流程图中可以看出，实时监视过程中，机载软件与地面软件的数据通信周期由地面控制，地面的请求到达，机载软件就把缓存区的有效数据发送，通过合理的选择请求的周期，能够保证缓存区尚未写满就被发送出去，保证地面接收到的数据没有漏包现象。

实际研制中，在调试模式下，在判断出缓存区写满的地方增加打印语句，不断缩小地面软件请求的周期，直至打印语句不出现为止，得到的周期能够保证接收数据不漏包。

### 3.3 地面软件实时监视功能设计

在实时监视过程中，机载软件在保证记录功能的前提下完

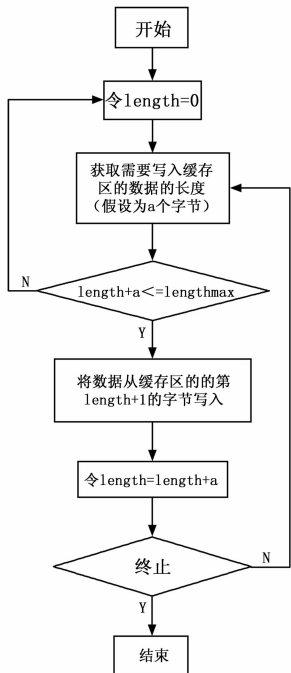


图 2 机载软件数据写入缓存策略

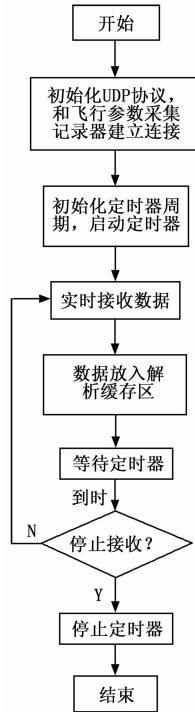


图 4 飞参地面维护软件接收数据逻辑

成数据的发送, 飞参地面维护软件实现数据的接收、解析还原以及界面显示, 二者缺一不可。为了完成实时监视功能, 还需要对飞参外场检测处理机的软件进行配套性的设计。飞参外场检测处理机的软件采用图 4 所示的逻辑实现实时监视功能的数据接收, 数据接收后对数据进行还原显示。

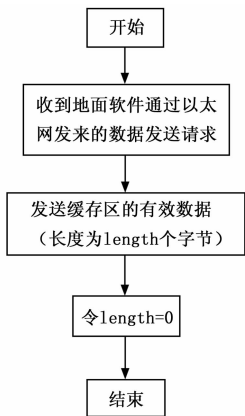


图 3 机载软件实时监视发送数据策略

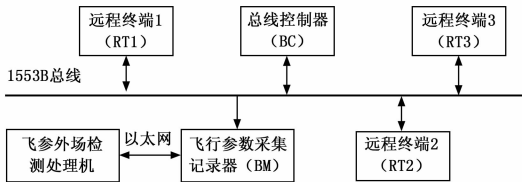


图 5 试验交联关系

### 4 试验结果与分析

飞机研制过程中的航电系统联试用于验证系统各设备功能以及交联信号接口的正确性, 采用所设计的飞参系统参与航电系统联试, 飞参作为总线监视器 (BM) 接入 1553B 总线, 交联关系如图 5 所示。

试验中, 选定实时监视的参数后, 观察各设备间信号接口交联关系是否正确。试验结果表明, 所设计的功能方便实用, 无须下载数据就能够实现总线数据的查看, 提高了试验的效率, 加快了研制进度。

### 5 结束语

本文详细介绍了某型飞参系统实时监视功能的实现方法, 提出的软件实时监视策略能够高效地完成以太网实时监视飞行数据的任务, 具有很高的工程实用价值。实时监视功能为飞机各系统试验测试、系统交联试验故障快速定位开辟了技术途径, 未来飞参系统将不仅仅局限于数据记录、数据分析, 而会渗透进飞机使用的全过程中, 如航前检测、航时智能故障诊断、航后健康状态管理等。

#### 参考文献:

- [1] 李映颖, 张德全, 朱立贵, 等. 飞参数据的应用与发展前景 [J]. 计量与测试技术, 2009, 36 (1): 10-11.
- [2] 黎小玉, 田 泽, 刘 娟, 等. FC 数据采集记录器软件设计与实现 [J]. 计算机技术与发展, 2014, 24 (3): 19-21.
- [3] 焦新泉, 孙英良, 焦亚涛. 以太网大容量固态数据记录器的设计 [J]. 电测与仪表, 2010, 47 (12): 77-80.
- [4] 李红刚, 杨林楠, 张丽莲, 等. 基于 FPGA 的高速多通道数据采集系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2006, 14 (10): 1407-1409.
- [5] 史玉健, 任勇峰, 李辉景, 等. 基于 Flash 的高速数据记录器的研究与设计 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (12): 3158-3160.