

# 基于 Vxworks 的航空传感器数据采集系统设计分析

## Analysis on Design of Aviation Sensor Acquisition System Based on Vxworks

武汉理工大学 倪 明

**[摘要]** 航空领域中数据采集系统设备有着信号种类多、数据信息量大、实时传输性强等特点,针对以上特点,数据采集系统必须满足数据采集的并发性、数据分析的正确性、数据传输的可靠性和数据处理的实时性等条件。因此采用 Vxworks 作为传感器处理系统,利用其多任务并发的特性进行数据采集和数据处理,并与目标机系统协同工作,共同完成数据应用。

**关键词:** Vxworks 航空传感器采集系统 多任务并发

**[ABSTRACT]** Data acquisition system device in aviation field has many features such as multiple signal variety, big amount of data information, high data transmission reliability and good real time transmission, In view of the above characteristics, concurrency of data acquisition, correctness of data analysis, reliability of data transmission and real time of data processing are the prerequisites of data acquisition system. So due to multi-task concurrency characteristic of Vxworks, it is used to implement data acquisition and processing, and cooperate with target computer system together to complete data applications.

**Keywords:** Vxworks Aviation sensor acquisition system Multi-task concurrency

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.09.094

随着航空科学技术的快速发展,飞机上传感器使用越来越普遍,传感器需要采集信号种类越来越多,数据量越来越大,传感器采集数据的接收、分析和应用等技术越来越重要。在航空传感器数据采集中,数据处理的实时性和安全性是基本要求,而且大多数情况需要多传感器并发工作,因此数据处理的通信同步性和多任务并发性尤为重要。

Vxworks 操作系统是美国风和公司于 1983 年设计开发的一种嵌入式实时操作系统,它能提供集成化的实时操作系统开发工作和技术,并在所有的嵌入式操作系统中取得了最高的安全认证。目前, Vxworks 以其良好的可靠性和卓越的实时性被广泛应用在国内通信、军事、航空、航天和医疗等高精尖技术领域中<sup>[1]</sup>。

本文介绍了基于 Vxworks 平台开发的多传感器数据采集系统,利用 Vxworks 的多任务多技术同时收集大量不同传感器的数据并进行处理,处理的结果通过 Socket 接口进行传输,在交互界面上供用户使用,充分结合实践,可满足航空机载数据采集的系统需求<sup>[2]</sup>。

### 1 总体设计

#### 1.1 硬件结构

根据基于 Vxworks 的航空传感器数据采集系统的数据流程分析,将总体流程分为 3 部分:数据采集、数据处理以及数据应用。数据流程如图 1 所示。

根据传感器数据流程,可以将航空传感器数据采集系统的硬件结构分为传感器组、数据处理中心和客户端 3 部分。传感器组负责数据采集,可根据需要连接不同的传感器或连接多台同类传感器,具体可连接的传感器总数上限由数据处理中心的计算机串口决定。数据处理中心主要是安装有 Vxworks 系统的计算机,负责接收传感器组通过串口发送的数据,并进行对传感器数据的分析、计算、组装以及发送等工作。数据处理中心是本系统的核心组成部分和设计重点。客户端部分负责对数据处理中心发送的数据进行应用。每只传感器采集的数据通过串口发送到 Vxworks 系统上进行分析计算和组装后,通过网络发送到客户端供用户使用。整体数据流程及硬件结构如图 1 所示。

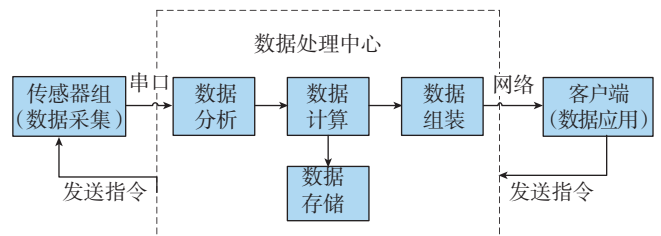


图1 数据流程及硬件结构图

Fig.1 Data flow and hardware structure chart of aviation sensor

#### 1.2 软件结构

基于 Vxworks 的航空传感器数据采集系统的核心部分是装有 Vxworks 系统的数据处理中心, Vxworks 系统软件结构的设计是整个系统的重点。本系统旨在充分利用 Vxworks 精简的内核、灵活的多任务调度、信号

量机制和中断机制的实时多任务操作系统特点,通过对多个任务之间的合理调度,实现对航空机载传感器的数据分析、存储、组装、LCD显示以及接口控制命令收发等功能。其软件工作流程图如图2所示。

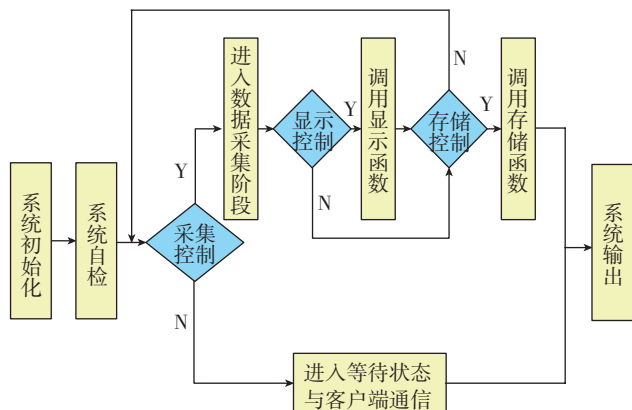


图2 软件结构工作流程图

Fig.2 Software structure flow chart of aviation sensor acquisition system

## 2 具体实现

航空传感器数据采集系统从数据采集、数据处理、数据应用3个方面进行具体实现,其中的关键技术是,多任务实时性设计和图形化显示界面设计。

### 2.1 数据采集

本系统的数据采集部分用到的关键技术是多任务实时性设计。由于航空传感器数据采集系统中同时存在多只不同的传感器,系统实时性的保证尤为重要。数据采集系统具体设计分为系统任务的划分、任务优先级的确定与多任务间通信设计。

根据对航空传感器数据采集系统数据流程的分析和系统功能的总体规划,将航空传感器数据采集分为4个任务:接口控制命令任务、数据采集任务、数据存储任务以及结果显示任务<sup>[3]</sup>。

接口控制命令任务控制着整个航空传感器数据采集工作的开始与结束,具有最高的优先级,采用中断的方式实现。数据采集任务的优先级为中,当接口端发送命令,该任务开始运行,循环往复,直到接收到端口停止命令为止<sup>[4]</sup>。数据存储和数据显示优先级相同,均为低优先级,在数据采集状态下接到命令方可执行。

系统任务和优先级确定之后,多任务间的通信设计决定了整个系统的同步协调运行的能力,为了进一步实现每个任务的功能,本系统任务间通信采用二进制信号量。为确保系统的实时性,接口控制任务的中断服务程序必须在最短时间执行,因此控制任务的中断服务程序只执行释放信号量的操作。数据采集任务只有接到接

口指令进入数据采集状态后才能释放信号量。数据存储和数据显示任务只有信号量可用时才可执行操作。由此实现4个任务3个优先级的协调运行。

### 2.2 数据处理

基于Vxworks的航空传感器数据采集系统的数据处理部分采用任务管理任务的技术,各个任务间分工合作,并根据实际情况灵活的建立和删除任务,确保整个数据采集系统的流畅性。

系统数据处理包括3种类型的任务:端口巡视任务、数据处理任务以及异常处理任务<sup>[5]</sup>。其中,端口巡视任务和数据处理任务的优先级均为低,而异常处理任务的优先级为高。当系统正常运行时,系统资源按照时间片原理在端口巡视任务和数据处理任务间切换,一旦出现异常情况时,系统立即被高优先级的异常处理任务占据,中断产生。

端口巡视任务负责轮询每个端口,及时发现端口数据请求,如果发现数据则新建一个数据处理任务进行数据接收、数据分析、数据处理、数据组装以及数据发送,任务结束后,数据处理任务自行删除。端口巡视任务继续不间断的巡视每个端口,不停新建和删除数据处理任务,两种任务分工合作,完成这个数据处理流程<sup>[6]</sup>。

### 2.3 数据应用

本系统拟采用图形化显示界面的设计,在WindML、Zinc与中文字库组件下开发完成,可以通过LCD屏幕对机载设备数据进行图形化显示,实现采集系统与操作者之间的人机交互。为了实时直观显示采集数据的变化,在图形绘制函数内添加了计时器事件,通过计时器事件的触发,在显示界面内实时绘制采集数据。

整个航空数据采集系统的显示界面主要包括操作控制区、结果显示区、图形绘制区、系统工作状态区4个部分。其中操作控制区负责采集系统开始、停止、存储、显示等操作的用戶控制;结果显示区用于用户直接查看采集结果;图形绘制区用来直观显示不同时间的数据结果或者不同类别的数据结果;系统工作状态区用来显示当前系统的采集、存储、显示状态,系统的工作时间以及当前存储磁盘的使用情况等。

## 3 系统应用

基于Vxworks的航空传感器数据采集系统软件结构搭建powerPC硬件平台设计,使用Vxworks配套的集成开发环境自带的WindView工具对各个任务进行系统的分析,并对实际采集的数据进行功能验证和软件仿真。

目标测试机和传感器主机采用以太网连接方式,默认从串行端口启动。其启动过程是:目标测试机先初始

化串行端口,再与超级终端连接;目标测试机通过超级终端向串行口输入命令,修改目标测试机的网络配置,而后目标测试机通过网口下载 Vxworks 映像文件,然后进行自启动,接收从传感器主机传来的数据。

在 Vxworks 应用程序中,任务状态包括 Delayed、Pended、Ready、Suspended、Executing 5 种,分别代表延迟、阻塞、就绪、挂起、运行<sup>[7]</sup>。其中 Pended (阻塞)的任务可以参加整个系统调度,而 Suspended (挂起)的任务不参加系统调度。任务被创建后进入挂起状态,需要特定的指令才能使被创建的任务进入就绪状态,就绪后进入任务等待序列,通过系统调度转入运行状态。任务执行发生阻塞时挂起,移出任务等待序列,等待系统实时事件发生被唤醒,转入就绪状态或者运行状态。系统中只能有一个任务在运行状态,其他任务按照优先级通过时间片获得对 CPU 的访问权<sup>[8]</sup>。

经过软件仿真模拟, Vxworks 操作系统内核控制的各个任务均能正常按预期结果执行,采集数据功能一切正常。

#### 4 结束语

嵌入式实时操作系统 Vxworks 因其多任务并发的内核设计、灵活的输入输出系统、强大的网络支持和多种文件系统并存的特性,非常适合作为航空记载传感器数据采集和处理的载体。本文提出了一种基于 Vxworks 系统的航空传感器数据采集系统,并对系统的硬件结构和软件结构进行了详细介绍,进行了软件仿真模拟。经过实验表明: Vxworks 系统在同类嵌入式系统中有明显的优势,能较好的满足任务需求,具有较好的应用价值和广阔的发展前景。

#### 参考文献

[1] 王学龙. 嵌入式 Vxworks 系统开发与应用. 北京: 人民邮电出版社, 2002.  
 [2] 罗国庆. Vxworks 与嵌入式软件开发. 北京: 机械工业出版社, 2003.  
 [3] 袁赣南, 董景均, 卢志忠. 雷达信号采集系统设计. 应用科技, 2010, 37(4): 52-55.  
 [4] 高守勇, 周江涛, 马力. 基于 Vxworks 的数据采集系统装置设计. 电子质量, 2011(4): 28-29.  
 [5] 李标. Vxworks 在数据采集系统中的应用. IT 时代周刊, 2013(7): 231-233.  
 [6] 蔡宇, 张国栋, 穆祥贞. 基于 ARM/Vxworks 的新型机载数据采集系统设计. 机械工程师, 2012(7): 27-28.  
 [7] 李勇. 基于 ARM9 的 VxworksBSP 的设计与实现 [D]. 长沙: 湖南大学, 2009.  
 [8] J LIU. Timed multitasking for real-time embedded software. IEEE Control Systems Magazine, 2003, 23(1): 65-67.

(责编 一帆)

(上接第 90 页)

[5] Kaewtatip K, Tantrattanakul V. Preparation of cassava starch grafted with polystyrene by suspension polymerization. Carbohydrate Polymers, 2008, 73(4): 647-655.  
 [6] Yasnaya M A, Yurkov G Y, Sinel'nikov B M, et al. Preparation of silver nanoparticles stabilized on the surface of polystyrene microspheres. Inorganic Materials, 2009, 45(1): 19-22.  
 [7] 祁洪飞, 郝维昌, 张俊英, 等. 提拉速率对聚苯乙烯二维胶体晶体微观结构的影响. 功能材料, 2008, 39(11): 1912-1914.  
 [8] Slobodian P, Pavlinek V, Lenglova A, et al. Polystyrene/multi-wall carbon nanotube composites prepared by suspension polymerization and their electrorheological behavior. Current Applied Physics, 2009, 9(1): 184-188.  
 [9] 李志伟, 周静芳, 张治军, 等. 表面功能化聚苯乙烯纳米微球的制备及自组装. 物理化学学报, 2002, 18(6): 550-553.  
 [10] Qi H F, Hao W C, Xu H Z, et al. Synthesis of large-sized monodisperse polystyrene microspheres by dispersion polymerization with dropwise monomer feeding procedure. Colloid & Polymer Science, 2009, 287(2): 243-247.

本刊共有参考文献 15 篇,因篇幅所限未能一一列出,如有需要请向本刊编辑部索取。(责编 亿霖)

(上接第 93 页)

$$\delta = 1.0 / \cos 10^\circ - 1.0 - 0.05 \times \text{tg} 10^\circ = 6.6 \mu\text{m} \quad (5)$$

估计为矩形分布,  $a = \delta = 6.6 \mu\text{m}$ ,  $b = 0.6$ , 则

$$u_4 = a \cdot b = 4.0 \mu\text{m} \quad (6)$$

#### 4.2.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 4.0 \mu\text{m} \quad (7)$$

#### 4.2.6 扩展不确定度

取置信概率  $p=95\%$ ,  $k=2$ , 则扩展不确定度:

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 4.0 = 8.0 \mu\text{m} \quad (8)$$

经过计算其扩展不确定度能够满足现阶段涡轮导向叶片排气面积测量公差的检测技术要求。

#### 5 结论

涡轮导向叶片排气面积测量,在原有测具测量的基础上,采用三坐标测量机结合精密气动转台进行排气面积检测。利用迭代法建立坐标系,采用触测法或扫描型线法进行测量,应用三坐标测量分析软件的各项功能,计算出排气面积,是国内测量涡轮导向叶片排气面积比较先进有效的方法。

#### 参考文献

[1] 倪育才. 几何量测量不确定度评定. 北京: 中国计量出版社, 2006.  
 [2] 宣安东. 实用测量不确定度评定及案例. 北京: 中国计量出版社, 2007.

(责编 一帆)