

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2013.07.001

“北斗”导航系统和无线电台在无人机监控系统中的应用*

王尔申^{1,**}, 张述杰¹, 雷虹², 孙延鹏¹

(1. 沈阳航空航天大学 电子信息工程学院, 沈阳 110136; 2. 电磁环境效应航空科技重点实验室, 沈阳 110035)

摘 要:针对 GPS 系统为美国军方控制的现状,研究了以我国已具备区域导航定位的能力的“北斗”卫星导航系统和无线数传电台为核心的无人机状态监控系统。系统以 MSP430 系列处理器为控制单元,利用 UM220“北斗”导航接收机获取无人机的状态信息,通过无线数传电台 EL805 将机载信息发送至地面监控中心以及接收地面监控中心的控制指令,并利用虚拟仪器软件 LabVIEW 开发无人机监控平台,实现无人机飞行姿态的监控。引入范数的概念对“北斗”导航定位性能进行分析。实验测试表明,该系统运行稳定,人机交互界面良好,信息化程度较高。本研究对摆脱 GPS,利用“北斗”实现无人机和通用航空飞机的导航和监控具有一定的参考价值。

关键词:无人机监控系统;“北斗”导航系统;数传电台;监控软件设计

中图分类号:V249;TN924 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2013)07-0831-04

Application of Beidou Satellite Navigation System and Data Transceiver in UAV Monitoring System

WANG Er-shen¹, ZHANG Shu-jie¹, LEI Hong², SUN Yan-peng¹

(1. School of Electronic and Information Engineering, Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China;
2. Electromagnetic Environment Effect Top Laboratory of Aviation Industry, Shenyang 110035, China)

Abstract: Due to the status of Global Positioning System(GPS) system under the control of USA DoD, the Unmanned Aerial Vehicle(UAV) monitoring system is studied, the core of which is China’s Beidou satellite navigation system and wireless data transceiver. The MSP430 processor is selected as the control unit. The UM220 Beidou navigation receiver is used to acquire the UAV status information. The wireless data transceiver EL805 is used to send onboard information to ground monitoring center and receive control command from ground control center. By using Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench(LabVIEW) software, the UAV status monitoring platform is developed to achieve the UAV flight status as well as the analysis of Beidou navigation positioning performance. Experiment results show that the system can work stably, and is featured by good man-machine interfaces, information and intellectualization. This study has some reference value for getting rid of GPS and taking advantage of Beidou to navigate UAV and general aviation aircraft.

Key words: UAV monitoring system; Beidou navigation system; data transceiver; monitoring software design

1 引 言

无人飞机(UAV),包括无人作战飞机(UCAV)是当今世界军用武器发展的一个热点。由于无人机具

有低成本、轻结构、高隐身、长航时等特点,并且是以无线电遥控或由自身程序控制为主的不载人飞机,能携带各种任务载荷,其在军用和民用领域都有广阔的应用^[1]。在无人机各系统中,作为关键技术

* 收稿日期:2013-03-02;修回日期:2013-05-02 Received date:2013-03-02;Revised date:2013-05-02
基金项目:国家自然科学基金资助项目(61101161);航空科学基金项目(2011ZC54010);辽宁省自然科学基金(联合基金)项目(2013024003)
Foundation Item: The National Natural Science Foundation of China(No. 61101161); The Aeronautical Science Foundation of China(2011ZC54010); The Joint Funds of the Natural Science Foundation of Liaoning Province(No. 2013024003)
** 通讯作者: wes2016@126.com Corresponding author: wes2016@126.com

之一的导航系统,为其实现自主飞行、完成各种作战任务提供了重要保证。国外无人机一般采用 GPS 与其他导航系统组合来实现导航,如美国“全球鹰”和“捕食者”都采用惯性/卫星组合导航系统。由于 GPS 由美国国防部控制,其他国家采用 GPS 在很多方面都受制于人,尤其在未来战争应用中会存在巨大的潜在危险^[2]。

BD-2 卫星导航系统于 2012 年 12 月 27 日起正式提供导航服务,服务范围涵盖亚太大部分地区,提供定位、测速、授时服务,定位精度为 10 m,测速精度 0.2 m/s,授时精度 50 ns。“北斗”二代导航系统在测绘、交通以及低空空域监管系统中都有广泛的应用前景^[3-4]。

本文以研究的无人机为应用背景,对“北斗”和无线数传电台构成的无人机状态监控系统软硬件进行了设计,系统具有低功耗、重量轻、便于扩展的特点。同时,由于采用的 LabVIEW 软件设计地面站,具有开发灵活方便、界面丰富等特点。设计的监控系统在我校通用航空重点实验室研究的无人机测试中进行了应用。

2 无人机状态监控系统的整体设计

无人机状态监控系统主要是采集飞机的飞行姿态参数、传感器状态以及执行机构的参数,并在地面监控中心对相关信息处理后,发送相关指令控制飞机执行相应的任务等。其组成主要包括电源系统、机载系统和地面系统,机载系统包括数据链路、“北斗”导航接收机等;地面系统包括地面控制站(数据链路终端、地面站配套软件及硬件),完成与机载系统的数据通信。系统各个组成部分通过总线进行通信,机载系统与地面系统通过无线链路进行通信^[5]。系统组成框图如图 1 所示。

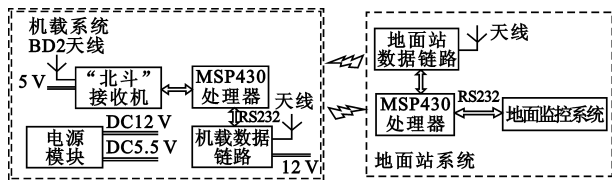


图 1 无人机监控系统原理框图

Fig.1 General architecture of the UAV monitoring system

2.1 机载终端系统的设计

机载终端由主控模块、定位模块、数传模块和电源模块组成。机载系统中电子设备的种类繁多,设备内部电路的供电需求各异,加上大电流与小电流电源

分别供电,需要多个电源转换器进行电压转换。本电源电路将锂电池输出的 28 V 电压通过开关电源转换为 12 V 电压,采用线性稳压器得到 5 V 电压,为“北斗”接收机和数据链电台提供电源。在电源设计时采用滤波和吸收方法来抑制电源引入的干扰^[6]。主控模块是机载终端的核心,负责完成定位数据采集与传输控制模块工作,设计中选择功耗较低以及有良好可扩展性的 TI 公司的 MSP430F149 微控制器。

定位模块为机载终端提供有效准确的位置、状态信息。考虑到目前 GNSS 四大系统 GPS、GLONASS、GALILEO 和 Beidou 的实际情况,设计中选择我国自主研发的“北斗”卫星导航接收机作为导航定位接收模块。目前我国“北斗”卫星导航系统已发射 16 颗卫星,覆盖范围包括我国全境在内的亚太大部分地区,除了具有导航定位授时功能外,“北斗”系统还具备双向短报文传输功能,有利于系统功能的扩展。本设计中选用 UM220 型号的“北斗”导航 OEM 模块,此模块通过 RS232 串口与主控模块进行数据通信。

无线数传电台在无人机系统中占有非常重要的地位,用于实现无人机和地面站之间的信息传输。采用 MDS 的 TransNET900 的 EL805,该模块采用跳频扩频技术,具有接收灵敏度高、抗干扰和保密性强的特点。同时,无线数传模块 EL805 可进行组网设计,有利于实现无人机编队控制,具有较强的扩展功能。

2.2 地面站系统的设计

地面站主要由无线数传电台和地面站计算机组成,并配备地面站系统软件。其中,地面站软件基于 LabVIEW 软件开发而成,实现包括飞机状态监控、航迹规划、电子地图、指令发送、状态监测等功能。本文只涉及飞机状态监控软件的设计。地面站选用的无线数传电台与机载终端无线电台相同,在工作中需要对其进行设置,关于无线数传电台的设置本文中第 4 部分中进行说明。

3 LabVIEW 地面站监控软件设计

无人机地面站监控软件依托由美国国家仪器公司推出的虚拟仪器软件 LabVIEW 设计而成,LabVIEW 软件突出特点是图形化编程环境,编程方便,界面友好直观。利用 LabVIEW 设计的软件处理程序实现多种功能,包括串口通信、接收数据以 txt 格式存储、飞行参数显示、“北斗”定位可用性计算、定位精度评价参数显示及地面指令发送等。

图 2 和图 3 给出了无人机地面站监控软件的部

分 LabVIEW 程序框图。LabVIEW 的函数库中提供了串口的操作控件,可实现串口的读写等操作。在对串口进行读写操作之前,先对串口进行配置,包括串口号、波特率、数据位、校验位、停止位等。图 2 给

出了利用串口控件设计的串口通信程序。图 3 对北斗接收机输出的 \$BDGGA 语句进行参数提取,将获取的经纬度、可用星数量以及高度信息显示在软件的前面板文本框中。

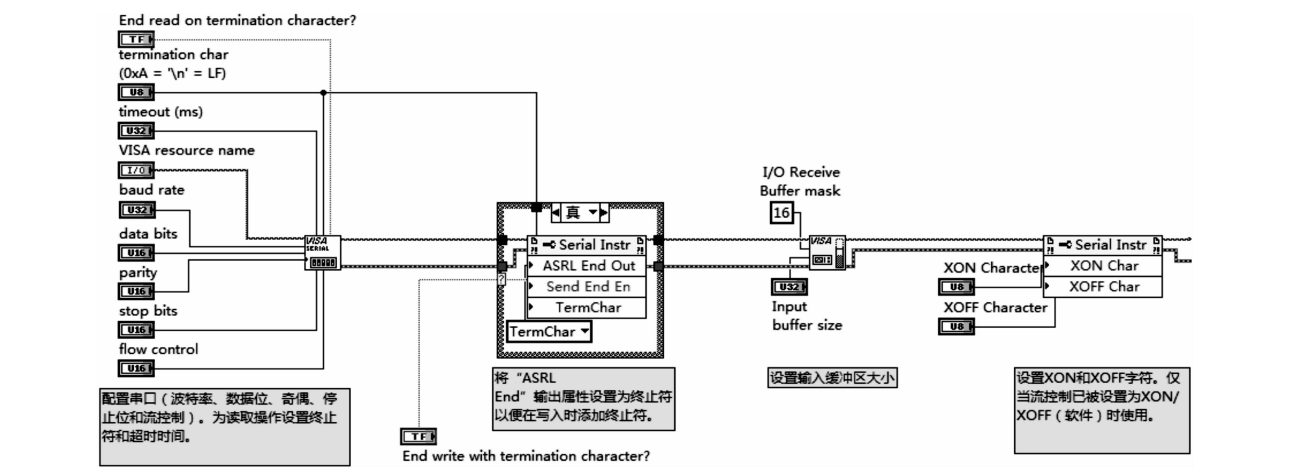


图 2 串口通信程序框图
Fig.2 Block diagram of serial communication program

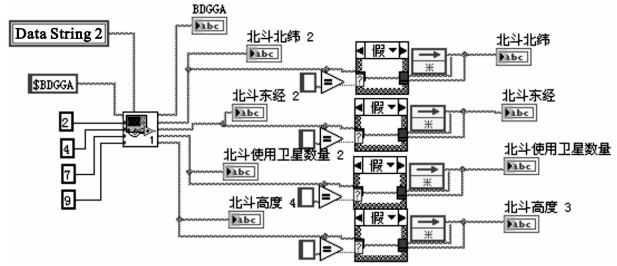


图 3 飞行参数获取与显示程序框图
Fig.3 Block diagram of the flight parameters acquisition and display program

无人机地面监控软件 LabVIEW 前面板如图 4 所示,图中给出了获取的 Beidou 接收机相关参数的显示结果,包括显示当前的定位状态、经纬度、高度、速度、时间、日期、可见卫星数及用于定位的卫星数目、几何精度因子(DOP)值。同时,可以分析“北斗”导航系统的定位可用性等参数值,可以实时了解 Beidou 导航定位系统的定位性能。

Beidou 定位的可用性通过计算一维定位、二维定位、三维定位时间的百分比,即可以得到 Beidou 信号的可用性。Beidou 分别处于一维定位、二维定位、三维定位的状态下以存储数字 1、2、3 来代表工作状态。设所存储的 Beidou 的工作状态为列矩阵 T ,例如 $T = [3 \ 3 \ 3 \ 3 \ 2 \ 1 \ 3 \ 3 \ 2 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3 \ \cdots \ 3 \ 1 \ 3]$,一维定位、二维定位、三维定位分别为 x 、 y 、 z ,设列矩阵 T 求和即 $\sum T$ 为 b , T 的 1-范数为 a ,2-范数为 c 。

则根据范数的数学定义可以得到定位状态的方程为

$$\begin{cases} x + y + z = a \\ x + 2y + z = b \\ x + 4y + 9z = c^2 \end{cases} \quad (1)$$

由此可以求出 x 、 y 、 z :

$$\begin{cases} x = 3a - 2.5b + 0.5c^2 \\ y = -3a + 4b - c^2 \\ z = a - 1.5b + 0.5c^2 \end{cases} \quad (2)$$

则 Beidou 信号的可用性为

$$A = \frac{y + z}{x + y + z} \times 100\% \quad (3)$$

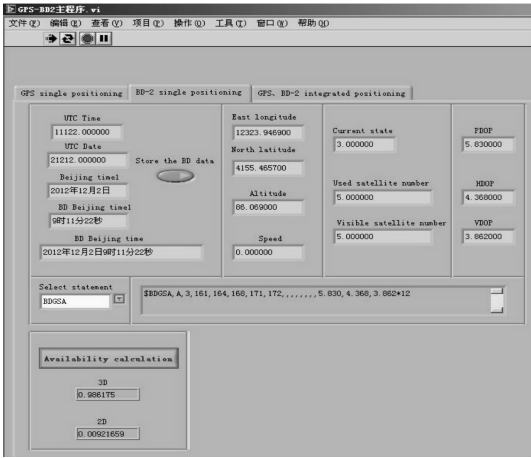


图 4 地面站监控软件平台界面
Fig.4 Running result of the front panel of ground station monitoring software

4 系统的调试

无线数传电台 EL805 上有 PWR、DCD、TXD、RXD 4 个状态指示灯,其中,PWR 信号灯为电源状态指示,DCD 信号灯为电台工作状态指示,TXD 信号灯为电台收到串口的数据并发送到空中,RXD 信号灯为电台收到空中数据并送到串口。在应用 EL805 进行通信之前,需要对其进行设置。电台的配置采用上位机(PC 机)通过专门的配置软件 MDS TransNET Radio Configuration 进行配置,上位机通过 DB9 口和电台 DIAG 接口连接。通过配置软件默认的窗口直接配置 2 个电台的参数,图 5 为电台参数配置界面,图 6 为经过正确配置后电源上电后电台处于同步状态。电台需要配置的主要参数为:

- (1)工作模式:一个为 MODEM(主机模式),另一个为 MODE R(从机模式);
- (2)通信波特率:设置为 19 200 b/s,并保证主从电台的波特率要一致;
- (3)网络地址:设置为 1 ~ 65 000 之间任意数字,注意主从机一定要相同;
- (4)跳频时间:可以设置为 7 ms、14 ms、28 ms,保持主从机设置一致。

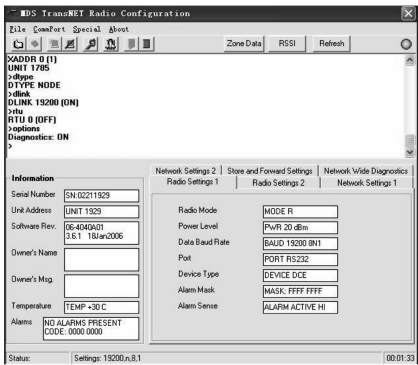


图 5 电台参数设置
Fig.5 Parameters setting of data transceiver



图 6 电台同步状态
Fig.6 Synchronization state of data transceiver

5 结 论

文中采用我国自主研发的 Beidou 导航定位模块,通过无线数传电台,利用虚拟仪器软件 LabVIEW 研究并设计了无人机状态监控系统。功能测试结果表明:机载终端能够报告自身的位置等状态信息,可实现无人机飞行参数的显示、记录以及地面监控系统对无人机控制指令的传输。文中研究的无人机状态监控系统对进一步提高无人机导航系统的定位性能以及促进我国 Beidou 导航定位系统在无人机中的应用具有一定的意义。由于电台具有组网功能,可对利用多个电台组网进行远距离监控以及电台之间无缝切换确保数据不丢失等问题进行深入研究。

参考文献:

[1] Rosales J J, Toledo M, Bonardi L, et al. Development of a UAV Low-Cost Navigation System Prototype for ATM Applications[C]//Proceedings of 2009 ION GNSS. Savannah, Georgia, USA: ION, 2009: 1 – 9.

[2] Kaplan E, Hegarty C. Understanding GPS: Principles and Applications[M]. 2nd ed. MA, US: Artech House, 2006: 239 – 264.

[3] 刘纪红,王倩倩,杨丽.“北斗”卫星导航系统在低空空域监管系统中的应用[J]. 电讯技术, 2012, 52(1): 18 – 22.

LIU Ji-hong, WANG Qian-qian, YANG Li. Application of Beidou Satellite Navigation System in Low-altitude Airspace Supervision System [J]. Telecommunication Engineering, 2012, 52(1): 18 – 22. (in Chinese)

[4] 宁津生,姚宜斌,张小红. 全球导航卫星系统发展综述[J]. 导航定位学报, 2013(1): 3 – 8.

NING Jin-sheng, YAO Yi-bin, ZHANG Xiao-hong. Review of the development of Global Satellite Navigation System[J]. Journal of Navigation and Positioning, 2013(1): 3 – 8. (in Chinese)

[5] 王尔申,张芝贤,孙延鹏,等. 复合材料无人机航电系统的改进设计[J]. 电讯技术, 2012, 52(9): 1548 – 1552.

WANG Er-shen, ZHANG Zhi-xian, SUN Yan-peng, et al. Improved Design of Avionics for Composite Material UAV[J]. Telecommunication Engineering, 2012, 52(9): 1548 – 1552. (in Chinese)

[6] 王尔申,张淑芳,雷虹,等. 复合材料无人机电磁兼容设计[J]. 电讯技术, 2011, 51(11): 107 – 111.

WANG Er-shen, ZHANG Shu-fang, LEI Hong, et al. Electromagnetic Compatibility Design of a Composite Materials UAV [J]. Telecommunication Engineering, 2011, 51(11): 107 – 111. (in Chinese)

作者简介:



王尔申(1980—),男,辽宁辽阳人,2009 年于大连海事大学获博士学位,现为副教授,主要从事 GPS 接收机信号处理算法研究。WANG Er-shen was born in Liaoyang, Liaoning Province, in 1980. He received the Ph. D. degree from Dalian Maritime University in 2009. He is now an associate professor. His research concerns GPS signal processing.

Email: wes2016@126.com