

多旋翼无人机地面测控站设计与实现

多旋翼无人机具有小巧灵活的特点，其配套的无人机地面测控站地面测控站也要求具备便携稳定。本文针对多旋翼无人机的特定需求，给出了地面测控站地面测控站的软件、硬件设计方案，并考虑到其他无人机的使用，预留了扩展功能及接口，完成了实际样机的生产及测试，经实际使用考核，证明该设计方案可行，产品稳定可靠，满足实际使用需求。

黄荣辉¹ 张欣¹ 李勋¹ 姚森敬¹ 高昌盛² 范首东^{2/1}. 深圳供电局有限公司
2. 航天科工深圳（集团）有限公司



黄荣辉/高级工程师

关键词/Keywords

无人机 ·
地面测控站地面测控站 ·
软件 ·
硬件 ·

0 引言

无人机具有使用简单，携带方便，可执行高风险任务等特点，在国计民生的各领域的应用日益广泛，是当下非常有发展前景的朝阳产业。一套完整的无人机系统一般由无人机、地面测控站和通信链路等组成，而无人机地面测控站是控制无人机飞行的地面终端，是无人机系统的“神经中枢”。为地面操作员提供无人机的各项飞行信息和载荷信息。这些信息是无人机飞行的安全监测保障和实现任务的保障。

1 概述

无人机地面测控站是无人机系统的指挥控制中心，一般由一个或多个操作控制分站组成，包括硬件系统和无人

机地面测控站软件系统两部分，主要实现对飞行器的控制、任务控制、载荷操作、载荷数据分析和系统维护等，其相互间的关系如图1所示^[1]。

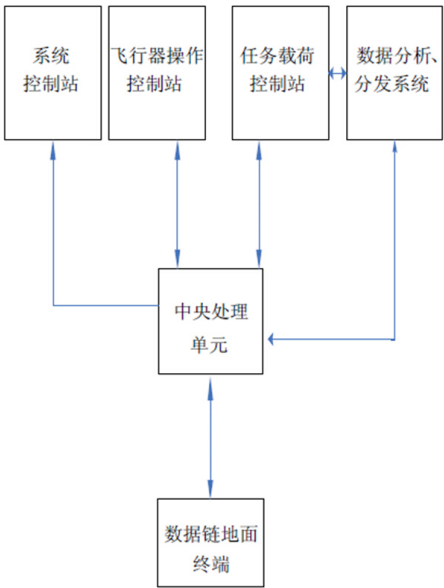


图1 无人机地面测控站配置

1.1 地面测控站硬件系统

无人机地面测控站主要用于对无人机进行监测、控制和管理，它是随着无人机技术发展而逐步提出来的。为了实现无人机飞行状态的监测和无人机飞行的控制等功能，根据需求设计了各种类型的地面测控站，辅助地面测控人员对飞行过程中的各种飞行数据、导航数据、工作状态和任务设备工作状态等进行实时监控，保证无人机的飞行安全和意外情况下的应急处置安全。地面测控站硬件部分一般包含有地面测控计算机、通信链路和地面操控手柄等设备。由于地面测控站能在飞行期间可根据实际情况实时控制无人机改变预定的任务，从而提高了无人机执行任务的能力。

1.2 地面测控站软件

地面测控站软件是无人机地面测控站的重要组成部分。地面测控人员通过地面测控站提供的计算机外设鼠标、键盘、按钮和操控手柄等来与地面测控站软件进行交互，在任务开始前对任务航线进行规划，对无人机的飞行状态进行实时远程监控和修改任务设置以干预无人机飞行，而任务完成后还可以对任务的执行记录进行回放分析等。

地面测控站软件主要有以下三项功能。

- 1) 实时飞行监控：实现对无人机飞行过程中发回的数据进行实时处理、显示和存储，并具有实时指令上传控制的能力。
- 2) 地面地图导航功能：地图导航是地面测控人员的导航平台，能将飞行过程中无人机的飞行航迹实时标绘在电子导航地图上，实现无人机飞行导航信息与地面电子导航地图的匹配。
- 3) 航线规划与操作功能：任务开始前，地面测控人员根据任务需求进行任务的航线规划，并将这些规划信息发给机载导航控制系统，在飞行时将各种信息进行存储，并能在任务结束后进行回放。

当前多旋翼无人机在民用方面得到了广泛应用，一般的旋翼机的控制方式主要分三种：手动遥控方式、自主/半自主控制方式和超视距遥控与自主控制相结合的方式。

2 地面测控站总体方案

根据多旋翼无人机的实际需求，本文所涉及的无人机地面控制站的主要任务是接收多旋翼无人机回传的图像信息并实时解算显示，接收多旋翼无人机的实时回传数据解算并动态显示，定时发送遥控指令，对机上电子设备进行远程遥控，整体框图如图2所示。

2.1 地面测控站硬件平台方案

根据多旋翼无人机使用的实际要求，由于其要求简单方便，但考虑到可扩展性和通用性，无人机地面测控站硬件平台采用了分布式设计，而实施时只用一台控制微机实现所有功能，留出了相关网络接口，便于系统的扩展，使该无人机地面测控站系统成为通用的地面测控站，能够满足

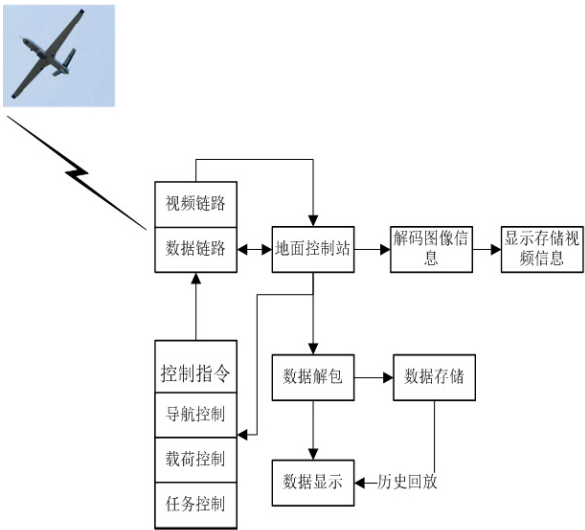


图2 地面控制站架构

各类无人机的一般需求，多站式无人机地面测控站系统框图如图3所示^[2]。

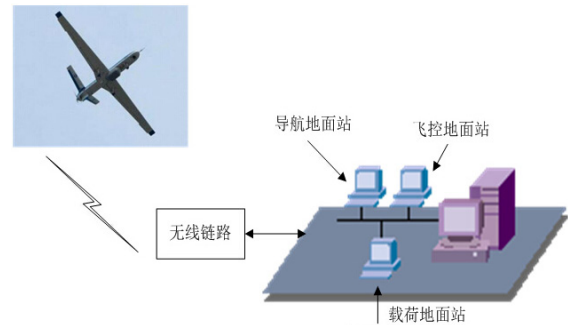


图3 多站式无人机地面测控站系统框图

无人机地面测控站集成了数传电台、图传电台、调制解调器、地面前端机和主站和从站，其中地面前端主要实现帧码同步、遥控数据保护和调制译码等功能；从站主要用来显示采集到的载荷实时影像；主站主要实现实时控制指令的编码、航及规划及航迹实时显示、遥测数据的实时显示等功能。无人机地面测控站的结构框图如图4所示。

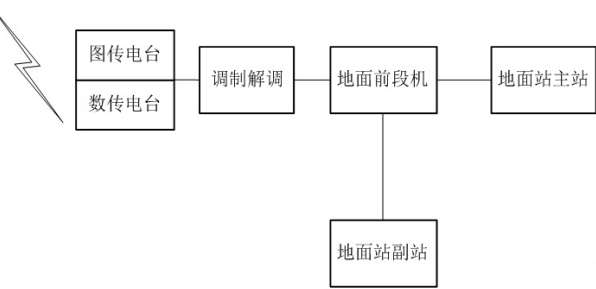


图4 无人机地面测控站系统结构框图

2.2 无人机地面测控站软件平台方案

无人机地面测控站软件主要包括任务设计和界面设计工作。任务设计是指地面控制站所要实现的功能，主要包括遥测数据的实时采集与分析、遥控指令发送以及向地面测控站发送无人机的实时位置数据。此外还包括飞行控制参数调整和飞行仿真等其他功能^[3]。

根据地面测控站的功能需求，设计方案涉及以下几个方面：

1) 实现无人机与地面测控站之间的信息交互，飞行数据的下行传输通过数传电台实现，遥控信号的上行传输也通过数传电台串口实现通信，可利用串口通信实现机载传感器数据、姿态

位置数据、导航数据等下行数据的接收、显示以及遥控指令的上行的发送。

2) 在完成数据的上下行之外，将地面测控站获得的下行的无人机位置信息进行提取，并采用Google Earth的COM API组件技术的KML文件，实现对采集的航点信息显示及航点编辑功能。

3) 将所有下行到地面测控站的飞行数据进行记录，利用Access数据库来实现，完成对飞行数据的实时存储，存储数据可以根据需要进行提取和回放，实施的方法是采用Matlab混合编程的功能实现数据的二维坐标图绘制，从而实现数据的提取和分析。

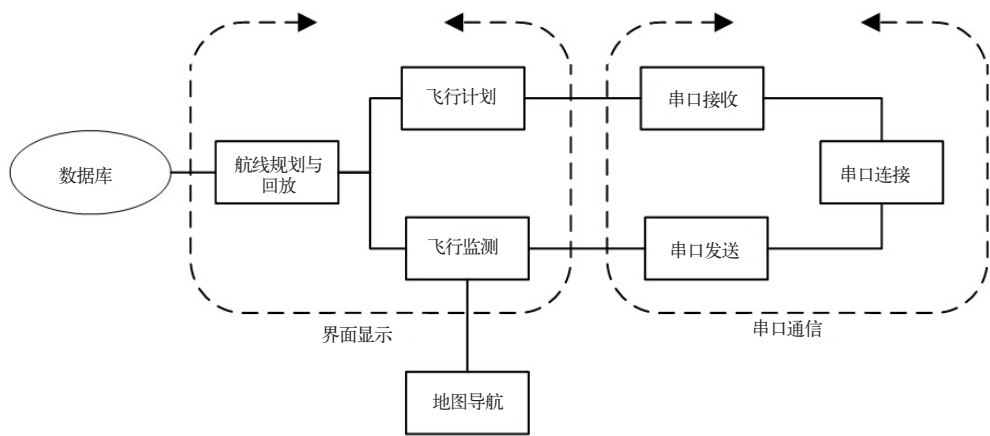


图5 无人机地面测控站软件模块关系

3 产品的实现

根据第2节的总体方案，对无人机地面的软硬件进行了开发，并完成了实际的生产测试，产品实物图如图7所示。针对地面测控站软件，采用高频率接收数据包的方式进行了连续运行48 h的高强度工作考核模拟试验，试验过程中软件运行正常；利用已实现的软件进行了无人机试飞前的准备试验实际测试工作，测试过程软件运行稳定可靠，无差错。通过考核和实际测试，结果表明地面测控软件的可靠性和实时性满足设计要求，可以用于实际飞行。

采用该无人机地面测控站系统，已累计飞行时间超过100 h，系统运行良好，软硬件均未出现问题。证明该无人机地面测控站设计合理，可以满足实际使用需求。

(下转第787页)

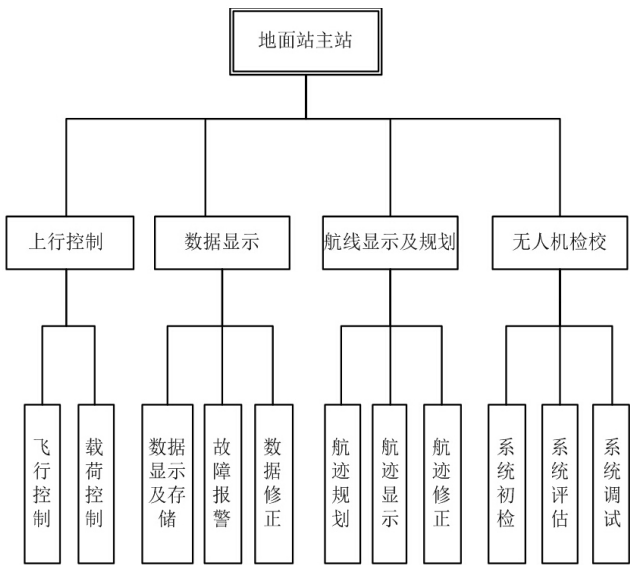


图6 无人机地面测控站软件模块框图

综上所述，如何正确看待Mifare 1卡带来的安全问题，如何针对安全隐患，避免给公司带来损失，是现在面临的重要问题。同时，做好向非接触式Mifare M1卡的安全检测工作，以保证该卡在公司中的安全使用。

参考文献

[1] 王爱英.智能卡技术, 3版.北京:清华大学出版社, 2009.

[2] 杨海东,杨春. RFID安全问题研究[J]. 微计算机信息,2008,3:15-18.

[3] 陈娴. RFID安全协议及加密算法研究[D].杭州:电子科技大学, 2010.

[4] 赵竞. Mifare非接触式IC卡安全性分析[D].杭州:电子科技大学, 2012.

[5] 王素琴. Mifare1 非接触式IC卡的研究与实现[D].北京:北京工业大学,2013.

[6] 青岛东合信息技术有限公司.RFID开发技术及实践[M].西安: 西安电子科技大学出版社, 2014.

[7] 刘岩.RFID通信测试技术及应用[M].北京: 人民邮电出版社, 2010.

[8] PROXMARK.org[J/OL].http://proxmark.org/proxmark

[9] GitHub[J/OL].2015-10-11:https://github.com/Proxmark/proxmark3/wiki/OSX

[10] Radio War 研究项目[J/OL].2015-6-15:http://wiki.radiowar.org/

[11] 苏董杰. 基于SM7国密算法非接触逻辑卡对Mifare 1门禁系统的升级方案[J].中国集成电路, 2012,(3):80-83.

[12] 张少华.我们该如何看待MIFARE I卡的安全性问题[J].中国安防,2009(8):97-100.

作者简介

陈威（1980-），男，研究生，高级工程师，主要研究方向：无线安全、应用安全。

陈乐然（1987-），男，研究生，工程师，主要研究方向：应用安全。

徐小天（1985-），男，研究生，工程师，主要研究方向：应用安全。

(收稿日期: 2015-12-10) **EA**
(编辑: 朱历)

(上接第772页)



图7 无人机地面测控站实物

4 结束语

无人机地面测控站系统具有无人机下行数据的接收、数据编码、数据组帧、数据的图形化显示、下行图像的显示、所有下行数据及图像的存储、上行指令的生成和上行指令发送等功能，利用VC++6.0 的开发平台，实现了在Google Earth

的航点、航迹显示与规划功能，该系统经实际地面和飞行测试，具有稳定可靠、实时性强和便携方便等优点，满足多旋翼外场使用的需求。

参考文献

[1] 周焱.无人机地面站发展综述[J].航空电子技术, 2010,41 (1) :1-6.

[2] 肖征宇.无人机地面站软件的设计与实现[D].杭州: 浙江大学, 2010.

[3] 刘龔.无人机地面控制站的设计与开发[D].南京: 南京航空航天大学, 2013.

作者简介

黄荣辉（1976-），男，本科，高级工程师，主要从事主网设备的技术监督工作。

(收稿日期: 2015-12-10) **EA**
(编辑: 朱历)