

引用格式:任梦洁,郭佳晖.小型攻击型四旋翼无人机系统设计[J].电光与控制,2017,24(11):88-90,99. REN M J, GUO J H. Design of a small attacking quad-rotor UAV system[J]. Electronics Optics & Control, 2017, 24(11):88-90, 99.

小型攻击型四旋翼无人机系统设计

任梦洁, 郭佳晖

(陆军军官学院高过载弹药制导控制与信息感知实验室,合肥 230031)

摘要:针对目前攻击型无人机战场响应速度慢、难以支援战术分队的现状,提出了小型攻击型四旋翼无人机系统。该系统可由单兵携带,基于四旋翼的高稳定性,能适应各种作战条件,结合图像处理技术,可以帮助士兵分析战场形势,快速识别敌方单位并发起攻击,满足了信息化条件下士兵的作战需求,为陆军战术分队的作战手段打开了更广阔的空间。

关键词:无人机;单兵作战;图像处理;察打一体化

中图分类号: TP391.4 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-637X.2017.11.018

Design of a Small Attacking Quad-Rotor UAV System

REN Meng-jie, GUO Jia-hui

(Laboratory of Guidance Control and Information Perception Technology of High Overload Projectiles,
Army Officer Academy of PLA, Hefei 230031, China)

Abstract: The attacking UAVs have slow response speed in the battlefield and have difficulty to support the tactical unit. To solve the problem, a small attacking quad-rotor UAV system is proposed. The system can be carried by one soldier, which is adaptive to a variety of operational conditions owing to the high stability of the four rotors. Combined with image processing technologies, the system can help soldiers analyze the battlefield situations, quickly identify enemy units and finally launch attacks. The system can meet the operational requirements of army soldiers under the modern operational conditions, and provide more possible operational methods for army's tactical units.

Key words: UAV; individual combat; image processing; reconnaissance and strike integration

0 引言

目前,我国的无人机技术发展迅速,陆军部队大都配备了各类功能的无人机,以配合地面部队的作战行动,其中多以固定翼无人机为主,其准备周期长,战场响应慢,难以根据战局需要及时支援战术分队作战,对“时敏目标”缺乏打击能力。因此,陆军急需一种成本低廉、操作简单、可配备到连排一级并能快速部署的便携式攻击型无人机。

针对这个需求,提出了小型攻击型四旋翼无人机系统,该系统融合了四旋翼技术、计算机技术、图像处理技术和通信技术等,可以实现战场侦察与打击任务,

大大提高了士兵的超视距作战与侦察能力。士兵可以通过无人机获取实时战场图像,根据战场态势做出正确的决策,同时基于图像处理技术,还可以帮助士兵对战场环境进行分析,识别出敌方单位,只需士兵确认目标后,无人机便能自行发起攻击,这种“人在回路”的控制方便士兵作战的同时可以极大地减少误伤友军的概率^[1-2]。

1 方案总体设计

1.1 设计框图

该系统由四旋翼飞行器和地面控制站组成。四旋翼飞行器作为机载平台,搭载了飞控系统、火控系统以及无线传输系统。其中,飞控系统负责四旋翼飞行器的姿态稳定与航线规划;火控系统可以根据地面站的遥控指令完成目标的瞄准与模拟导弹的发射,对目标进行实时和精准打击;无线传输系统通过无线电实现机载平台与地面控制站之间的通信。

地面控制站主要由加固笔记本电脑组成,负责战场

收稿日期:2016-12-08

修回日期:2017-01-08

基金项目:“十二五”装备预研基金重点项目(9140A05030213JB91013)

作者简介:任梦洁(1993—),女,陕西华阴人,硕士生,研究方向为目标探测与毁伤评估。

图像信息的处理与四旋翼无人机的控制。图 1 是该系统的数据链框图。

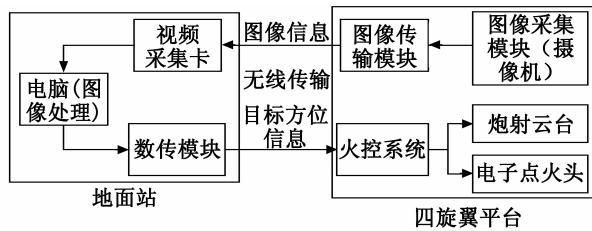


图 1 系统数据链框图

Fig. 1 Block diagram of system data link

1.2 系统工作过程

战场环境下,该无人机可由单兵携带,当需要对前方区域进行侦察而又不方便前行时,士兵可以通过地面站指引无人机飞往目标区域,无人机可以将摄像头采集的图像信息实时传输给地面站进行处理,一旦地面站匹配到既定目标,便会将其锁定,士兵确认目标后,火控系统就会控制炮射云台瞄准目标并实施攻击,如果有遗漏目标,士兵也可手动发射武器完成打击任务。

2 硬件设计方案

2.1 机载平台

为适应在森林、密集街区等复杂地形的作战需要,本系统选用在静态和准静态飞行状态下具有优势的四旋翼无人机作为机载平台。如图 2 所示,无人机轴距 0.41 m,最大载重量为 3 kg,续航时间约为 20 min,最大巡航速度为 54 km/h,具有自主飞行与垂直起降的功能^[3]。无人机采用折叠结构设计,折叠后无人机尺寸只有 50 mm × 35 mm × 20 mm,便于单兵携带,进一步提高了该无人机的战场响应速度。



图 2 小型侦察打击一体化无人机

Fig. 2 Small reconnaissance and strike integrated UAV

2.2 飞控系统

飞控系统主要包括飞行处理器、惯性测量单元、气压计和 GPS 模块等几部分。

飞行处理器采用 STM32F427 作为主控制器^[4],并用 STM32F103 作为协助处理器。当主控 STM32F427 因出现故障而死机时,STM32F103 可以迅速接管飞行控制,以保证无人机的飞行安全,不至于坠毁,这种双控制器冗余设计极大地提高了空中飞行的安全性。

惯性测量单元采用集加速度计与地磁传感器于一体的 LSM303 芯片和低功耗三轴陀螺仪芯片 L3GD20H。这两款芯片均可以采用 I2C 总线与处理器进行通信,速度可达 400 kHz,工作温度范围在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,完全可以满足姿态测量的需求。

2.3 火控系统

火控系统由火控电路板和炮射云台组成,如图 3 所示。



图 3 火控系统

Fig. 3 Fire control system

火控电路板以 STC89C52RC 芯片^[5]作为处理器。STC89C52RC 是一款基于 51 核的 8 位单片机,其可靠性较高,可以完成数据处理、电机驱动和控制继电器的工作,主要用于接收地面站的控制指令,根据指令控制炮射云台、瞄准目标并发射武器。

炮射云台采用两个步进电机控制炮台的俯仰角与方位角,在水平方向上可以实现 360° 旋转,在俯仰方向上可以实现 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 旋转。

实验阶段采用模拟火箭来代替武器,模拟火箭射程 100 m,不具备杀伤能力。该系统可以根据未来作战需要,装备小型枪械、烟雾弹和麻醉枪等武器,完成精确杀伤有生力量的任务。

2.4 无线传输系统

该系统采用汇丰 HC-12 模块进行数据的传输,将地面站处理的结果通过无线链路传输给火控系统。该模块的工作频率范围 433.4 ~ 473.0 MHz,空闲电流为 16 mA,最大发射功率可达 100 mW,最大传输距离可达 1000 m,利用串口与处理器进行通信,使用简单并且高效可靠^[6]。

图像的传输采用欧姆威 5.8g 模拟图传模块,传输距离 3 km 左右,共有 32 个频点可调,具有抗干扰能力强、发热量少、寿命长等优点。

2.5 地面控制站

地面控制站^[7]处理器为 Intel Core i5-2400,主频为 3.10 GHz,内存为 4.0 GB,主要有 4 个功能:1) 将采集到的视频图像实时显示在电脑屏幕上,获取直观的战场信息;2) 利用目标识别技术对传回的图像信息进行实时处理,实时识别出战场上需要攻击的目标;3) 将人作为控制回路中的一个环节,增强人机交互;4) 对

无人机进行控制。

3 图像算法

图像算法的具体流程如图4所示,由飞控算法控制无人机进行巡航飞行,通过摄像头不断实时采集帧图像,发送到地面站,并对采集到的图像进行灰度化、图像增强、图像滤波、图像二值化等预处理,然后进行目标识别,若在图像中识别到目标,则地面站向火控系统发送指令,包括进行攻击和目标方位等信息,实现对目标的实时打击。

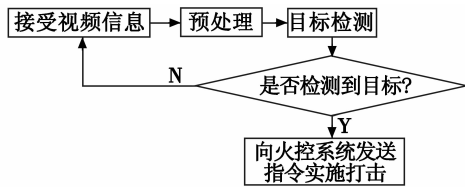


图4 图像处理算法流程

Fig. 4 Flow chart of image processing algorithm

本系统对目标识别方法的实时性和准确性要求较高,因此选择适用性和匹配能力比较强的 SIFT 算法。虽然 SIFT 算法对于旋转、缩放以及亮度变化保持不变性,但由于其产生的 SIFT 特征维数比较大,因而造成算法复杂度高、计算量大,难以满足实时性的要求;同时,SIFT 特征点匹配包含了大量的误匹配,因此其精度仍需提高。基于此提出了改进的 SIFT 特征图像匹配算法^[8]。主要改进措施分为两类。

1) 减小匹配时间。针对特征向量维数过高的问题,采用新的方法生成 SIFT 特征描述符^[9],降低特征向量维数至 64 维,针对匹配公式计算量大的问题,采用协方差和反余弦函数代替欧氏距离描述两个特征点之间的距离,从而减小了匹配时间。

2) 提高匹配精度。采用双向匹配思想,并结合 RANSAC 一致性检测算法消除错配^[10-11],进一步提高 SIFT 算法的匹配精度,从而满足了无人机对目标识别准确性和实时性的要求。

4 设计实现

为验证该系统的有效性,搭建了四旋翼机载平台,通过无线链路将无人机和地面控制站连接起来,并在操场设置了假目标,利用地面站控制无人机对操场进行搜索与侦察。一旦目标进入视野,地面站便能快速识别并锁定目标,确认目标后,火控系统控制炮射云台迅速瞄准目标,对其发起攻击并命中。通过实验验证了飞行器飞控系统、火控系统、无线传输系统和目标识别方法设计的可靠性。实验效果如图5和图6所示。



图5 目标识别瞬间

Fig. 5 The moment of target recognition



图6 火力打击瞬间

Fig. 6 The moment of fire attacking

5 结束语

本文创新性地将四旋翼无人机作为武器平台,可以实现垂直起降与自主飞行,具有方便携带、战场响应速度快以及环境适应性强等优点,利用地面站对图像信息进行处理,可以快速准确地识别并锁定敌方单位,辅助士兵作战,提高了士兵的战场态势感知能力,为战术分队侦察与打击“时敏目标”提供了有效手段,在信息化作战条件下具有广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 岳基隆,张庆杰,朱华勇. 微小型四旋翼无人机研究进展及关键技术浅析[J]. 电光与控制,2010,17(10):46-52.
- [2] 汪沛,罗锡文,周志艳,等. 基于微小型无人机的遥感信息获取关键技术综述[J]. 农业工程学报,2014,30(18):1-12.
- [3] 吕扬. 航空探测无人机自主飞行控制研究[D]. 吉林:吉林大学,2016.
- [4] 黄智伟,于红利,宁志刚,等. 基于 STM32F417 的图像采集系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2012,12(10):48-51.
- [5] 张捍东,李俊,岑豫皖. 基于 STC89C52RC 与 MAX187 数据采集系统设计[J]. 自动化与仪器仪表,2010(2):22-24.
- [6] 余宝意. 小型无人直升机数据链技术的应用研究[D]. 广州:华南理工大学,2013.
- [7] 张志远. 无人机地面控制站软件平台的开发[D]. 哈

(下转第99页)

- [4] 林翊青, 李景文. 大距离徙动情况下距离多普勒(R-D)算法与后向投影(BP)算法的比较[J]. 雷达科学与技术, 2004, 2(6): 349-354.
- [5] 李文静, 陈红卫. 改进 R-D 算法的 ISAR 成像仿真研究[J]. 舰船科学技术, 2015, 37(6): 114-118, 121.
- [6] 刘光炎, 黄顺吉. 非线性 CS 算法的前斜视 SAR 成像[J]. 电子与信息学报, 2003, 25(10): 1308-1315.
- [7] 吴勇, 宋红军, 彭靳. 基于时域去走动的 SAR 大斜视 CS 成像算法[J]. 电子与信息学报, 2010, 32(3): 593-598.
- [8] BU H X, TAO R, BAI X, et al. A novel SAR imaging algorithm based on compressed sensing[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2015, 12(5): 1003-1007.
- [9] PAPOULIS A. Systems and transforms with applications in optics[M]. New York: McGraw-Hill, 1968.

(上接第 77 页)

- [4] 周鑫, 彭荣鲲, 袁锁中, 等. 舰载机着舰纵向甲板运动预估及补偿技术[J]. 南京航空航天大学学报, 2013, 45(5): 599-604.
- [5] 杨一栋, 甄子洋, 邱述斌, 等. 无人机着舰制导与控制[M]. 北京: 国防工业出版社, 2013.
- [6] 吴森堂. 飞行控制系统[M]. 2 版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010.
- [7] 王秋晰. 随机微分方程最优控制理论的若干问题[D]. 吉林: 吉林大学, 2015.
- [8] 王科俊. 海洋运动体控制原理(船舶与海洋工程系列)[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2007.
- [9] 张永花. 舰载机着舰过程甲板运动建模及补偿技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2012.
- [10] CHUA C S. Generic UAV modeling to obtain its aerodynamic and control derivatives[D]. Monterey: Naval Postgraduate School, 2008.
- [11] HALLBERG E, KOMLOSY J, RIVERS T, et al. Development and applications of a rapid flight test prototyping system for unmanned air vehicles[C]//The 18th International Congress on Instrumentation in Aerospace Simulation Facilities, IEEE, 1999: 2601-2610.

(上接第 87 页)

- [6] 王建宏, 王道波. 飞机颤振模态参数的偏差补偿辅助变量辨识[J]. 电光与控制, 2011, 18(12): 71-74.
- [7] YUEN K V, KATAFYGIOTIS L S. BAYSIAN modal updating using complete input and incomplete response noisy measurements [J]. Journal of Engineering Mechanics, 2002, 128(3): 340-350.
- [8] ERSOY K, ATASOY M, GENÇ C. Modal updating of tail of a military helicopter[J]. Conference Proceedings of the Society for Experimental Mechanics Series, 2016(9): 133-144.
- [9] 魏锦辉, 任伟新, 万华平. 基于模态柔度的有限元模型修正方法[J]. 振动与冲击, 2013, 32(13): 107-111.
- [10] 李伟明, 洪嘉振. 基于频响函数的模型修正方法[J]. 上海交通大学学报, 2011, 45(10): 1455-1459.
- [11] 杨启志, 郭林强, 宋俊朋, 等. 车辆并联多维减振座椅的模态分析[J]. 机械科学与技术, 2016, 35(9): 1432-1438.
- [12] 李克雷, 谢振宇. 基于 ANSYS 的磁悬浮转子的模态分析[J]. 机电工程, 2008, 25(1): 1-3.
- [13] BUFFE F, ROY N, COGAN S. Modal identification and model updating of pleiades[J]. Conference Proceedings of the Society for Experimental Mechanics Series, 2011(1): 131-143.
- [14] 董威利. 月球探测器软着陆动力学分析及动态子结构技术研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2015.

(上接第 90 页)

- 尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.
- [8] 林秉雄. SIFT 特征匹配标准与匹配方式的改进与应用[D]. 大连: 大连理工大学, 2010.
- [9] 刘佳, 傅卫平, 王雯, 等. 基于改进 SIFT 算法的图像匹配[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(5): 1107-1112.
- [10] OLESEN S M, LYDER S, KRAFT D, et al. Real-time extraction of surface patches with associated uncertainties by means of Kinect cameras [J]. Journal of Real-time Image Processing, 2015, 10(1): 105-118.
- [11] NASRI S, BEHRAD A, RAZZAZI F. Spatio-temporal 3D surface matching for hand gesture recognition using ICP algorithm [J]. Signal, Image and Video Processing, 2015, 9(5): 1205-1220.

(上接第 94 页)

- [2] 邱平. 海上最佳搜寻区域与搜寻方法的研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2006.
- [3] 小记. 北斗手持型用户机——一个人[单兵]掌控的北斗用户产品[J]. 卫星与网络, 2007(12): 54-55.
- [4] 刘凯燕. 对海上落水人员漂流轨迹的预测研究[J]. 电子设计工程, 2013, 21(23): 1-3, 6.
- [5] 中华人民共和国海事局. 国际航空和海上搜寻救助手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.