

# 军民融合背景下警民两用四旋翼无人机设计方案及应用

郭云祺<sup>[1]</sup> 张滢<sup>[1]\*</sup> 赵军<sup>[1]</sup> 熊秋实<sup>[1]</sup> 母东洋<sup>[2]</sup>

(1. 沈阳航空航天大学经济与管理学院, 辽宁 沈阳 110136;  
2. 沈阳航空航天大学自动化学院, 辽宁 沈阳 110136)

**摘要** 十九大提出, 要把军民融合发展作为我国七大发展战略中的重要内容, 强调要加强军民融合, 形成军民融合深度发展格局。近年来, 微小型无人机凭借其优秀的自身素质特点在军民领域都得到了广泛应用, 对于其飞行路线和控制精度提升的目的也成为研究的热点, 为了改善此问题, 解决无人机自主飞行中产生航迹偏移的现象, 提高无人机对于视觉定位、地图构建和飞行控制的能力, 且为了提高无人机的开发与维护效率, 本文提出一种基于 ROS 和图优化 SLAM 的四旋翼无人机。通过以 ROS 为开发框架, 构建三层的软件开发架构, 引入相关硬件结合图优化的 SLAM 算法以解决目前存在的诸多问题, 实现微小型无人机的高稳定性飞行与航迹控制。预期可以在警民领域得到广泛应用。

**关键词** ROS SLAM 无人机 视觉定位

**中图分类号**: TP242; E92

**文献标识码**: A

**文章编号**: 1007-0745(2022)12-0106-03

## 1 研究背景

“十四五”规划中提到, 要持续推动无人机产业生态的创新。继续推进无人机试点的建设与运行, 针对实际运行情况及现有的运行风险, 开展运行理论、风险评估、技术验证等方面的研究, 以适应无人机特点的无人机安全管理与服务模式。围绕无人机产业生态建设, 鼓励建立一批创新平台, 支持围绕整个无人机产业链发展的低空经济集聚区, 发挥创新集聚带动作用, 引领产业向价值链高端迈进。在信息高度发达的今天, 无人机已经成为一个不可缺少的装备, 包括国防和经济。十九大报告提出“坚持中国特色”的“军民融合发展道路”, 近几年, 随着国家和地区经济一体化的不断深入, 我国的无人机产业取得了突破性进展, 已经成为“军民融合”的一个典型。

随着计算机技术和飞行器技术的快速发展, 无人机 (Unmanned Aerial Vehicles, UAV) 受到了众多学者的深入研究。其具有广泛的实际应用价值, 既可以开展农药喷洒、医疗救助、特殊地区的资源运载等工作, 也可以实现近地工作。目前, 世界主要国家也在着力研发小型、微型无人机, 不断促使本国无人机朝着小

型化、微型化方向发展。微小型无人机的军事武装需求日益明显, 其能够在战争中发挥出的重要作用也受到人们的青睐。随着嵌入式技术、微型传感器技术的磅礴发展, 世界各国目前正力图研发遥控式、半自主式或自主式的单兵可携带的微型无人机, 并将其作用于武装队伍中。

四旋翼无人机是一种具有诸多优点的微小型无人机, 其能够垂直起降、自由悬停。其结构简单, 操控方便, 稳定性强、隐蔽性好, 易于维护, 适合多平台、多空间使用, 并且由于其飞行高度低, 具有很强的机动性, 可以对细小环节实施侦察, 具有很强的执行特种任务能力。据此, 四旋翼无人机拥有着较高的工作效率和使用价值, 为了使其能够更加广泛地应对未来可能出现的更多危险复杂的工作环境, 且可以实现开发和维护成本较低, 基于无人机更加准确的定位与导航的特点, 本文设计了一种基于 ROS 和图优化 SLAM 的四旋翼无人机, 能够在军民领域得到更为广泛的应用。

## 2 无人机硬件设计

本文构建的多旋翼无人机包括 Pixhawk 飞行器控制主板 (PX4)、单目视觉传感器、低功耗低重量机载

★基金项目: 沈阳航空航天大学 2022 年大学生创新创业训练计划项目 (编号: X202210143147)。

\*本文通讯作者, E-mail: 13604104629@163.com。

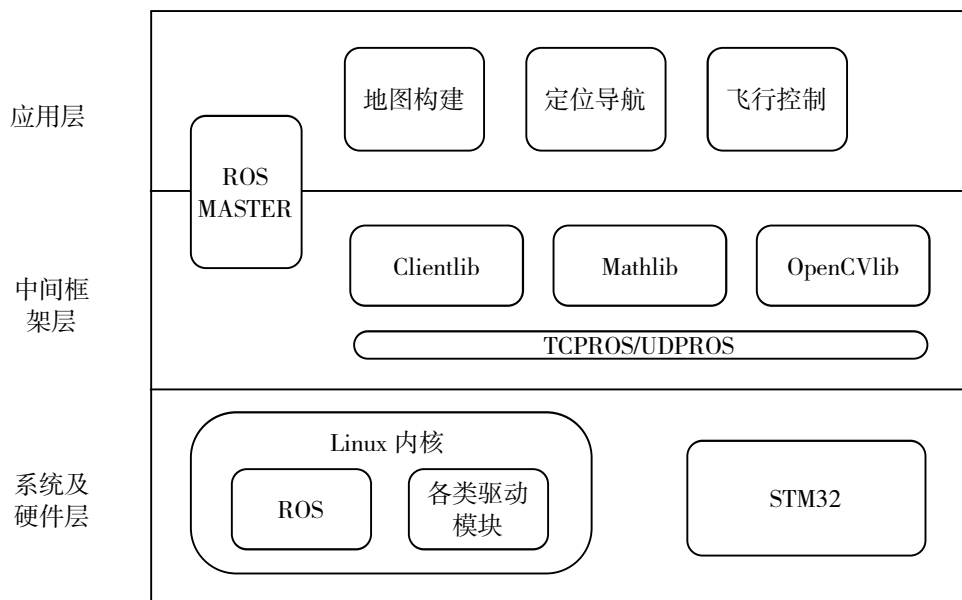


图 1 软件的分层架构

主控计算机、电机和锂电池。机身满载的续航时间为 30min，最大负载重量 2.5kg。各部件及功能模块可以协同工作实现地图构建和实时导航定位，并将信息采集结果通过 ROS 传送给控制板作用，从而实现对无人机飞行轨迹与路线的精确控制。

机载计算机是四旋翼无人机实现定位、地图构建和飞行控制的核心器件。本文设计的机载计算机配备了 Intel Core i7 45nm 原生四核处理器，能够很好地满足无人机导航定位、地图构建、障碍物检测、路径规划等功能需求。另外，无人机的飞行控制面板作为自主指挥和飞行控制的枢纽，也发挥着重要的作用，它拥有陀螺仪、气压测试计、速度（加速度）测试计、温度传感器、风速测向及磁强计，可以实现采集无人机飞行姿态的立体数据并进行处理。此外，飞行控制面板通过多种数据传输接口物理连接外部传感器，各种类型的无人机对于此型号均受用。为了提高系统的稳定性和可扩展性，本文所设计的无人机通过连接 Pixhawk 飞行控制板的通信接口和微型主控计算机的数据传输接口，桥接主控计算机与 Pixhawk 飞行控制板的数据。<sup>[1-3]</sup>

### 3 无人机软件设计

本文设计的无人机的软件部分设计主要基于 ROS 框架，通过收集各传感器组件的数据，建立各模块之间的数据通信，并且为了实现无人机在特殊环境下的定位导航需求，所以采用图优化激光 SLAM 算法设计了定位导航建图系统，使无人机可以提高定位导航能力。

根据无人机功能需求的实际分析，本文设置三层

ROS 架构，分别为应用层、中间框架层和系统及硬件层。软件架构清晰且功能明确得益于这样的分层设置。系统中的各个节点是由节点管理器 ROS Master 进行统一管理的，这会使得系统可以稳定有条理地运行。

对于系统及硬件层，采用了 ROS 这个运行在 Linux 系统中的机器人开发的软件框架，同时本文对底层控制系统的软件进行设计开发，安装调试各种硬件的驱动，这样硬件系统才能有条理地根据系统设计运行。中间框架层是 ROS 系统针对自身特点基于 TCP/UDP 网络对其进行封装后的通信协议 TCPROS/UDPROS，以及 OpenCV 和 Math 等相关的计算库文件，承担上层应用 API 接口调用的功能。对于应用层的设计，这属于系统核心层设计，需要一个节点管理器 ROS Master，节点管理器负责 ROS 系统中各个功能模块节点的注册和连接，统筹协调 ROS 系统中的各个功能模块有组织的根据设计要求运行起来。对于应用层来说，需要对 ROS 系统中各个功能模块分别进行设计，在系统运行过程中每个模块都是一个进程，对于 ROS 就是一个节点。本结构能够实现更准确的无人机控制，实现更为准确的地图构建、定位导航和飞行控制的功能。图 1 是软件的分层架构图。

#### 3.1 ROS 操作系统

ROS (Robot Operating System 机器人操作系统) 起源于斯坦福大学人工智能实验室与机器人技术公司 Willow Garage 合作的机器人项目。ROS 这个在 Linux 内核开源次级 OS 系统开发无人机有很多优势，类似于 Android

安卓系统,是一个专用于机器人的开发框架。虽然 ROS 不是一个实时的框架,但是可以嵌入实时程序。ROS 系统提供驱动管理,可以实现进程间消息传递,拥有系统提供的通讯方式、程序包管理。ROS 系统提供很多软件功能包,比如最常用的 `rqt` 和 `rviz`。ROS 系统可以实现传感器,执行器与算法分离。在无人机开发的过程中,对于比较通用的功能有丰富的功能包。ROS 有丰富的开源社区和软件生态,支持 C++、python 等多语言开发。对于无人机需要实现的各个功能可以分成一个个节点独立开发,所以采用 ROS 系统开发无人机不但可以降低开发难度,后期的维护升级也很方便。

### 3.2 SLAM 算法

目前的技术对于已知位置的无人机定位和地图描绘有了一定的解决办法,但是在很多情况下事先获取无人机工作环境是非常困难的,因此实现无人机在陌生环境中的自主运动和工作是非常重要的。无人机需要确定自己的位置,在完全陌生的环境中创建地图,并且利用地图进行定位和导航。SLAM,即 *simultaneous localization and mapping*, *simultaneous* 表示数据实时同步, *localization* 则是在确定地图信息的情况下,估计无人机的位置信息及姿态, *mapping* 意思是在给定无人机位姿的情况下。另外,线程的单帧对单帧由点对点的数据传输构造,这样能够提高关键词与数据融合的效率,可以迅速还原局部三维地图场景。这种技术操作简单,数据准确性好,能适应飞行环境中的实时位置和路径监控要求。与激光 SLAM 相比,SLAM 视觉系统硬件成本低,能够获取环境的纹理和颜色,因此它的应用范围更加广泛。SLAM 在前端能够利用传感器数据进行环境特征提取,对路标进行观察,并与位姿相关,保证了后端的非线性最优估计初值可靠。在此基础上,首先要解决的问题就是如何进行相关的数据关联,如何找到与历史测量之间的关系,以及如何实现运动追踪,并完成位置和构成。后端以前面的工作为基础,对位姿和路标进行改进和优化,实现地图的一致性、全方位、高精度的建设<sup>[4-8]</sup>。

由于 GPS 定位系统只能应用在室外环境中,面对仓库、工厂、车库这样的室内环境中 GPS 不能发挥作用。搭载单目视觉传感器的无人机借助 SLAM 算法,可以在陌生的环境中建立地图,进行定位导航,可以避开障碍物。基于滤波器的 SLAM 算法只估计当前时刻的位姿,忽略了之前时刻的位姿,所以无人机定位建图的过程中不可避免地会产生累计误差并且无法消除。且由于当前帧的姿态结果是根据前一帧的姿势结果所计算得出的,因此在前一帧中的系统姿势约束会导致

每次的推算存在误差,如果位姿误差持续出现,误差就会被大量累积,直至产生累积误差。这将极大地影响机器人在长期工作状态下的预测结果的稳定性和可靠性,从而导致不能建立具有高精度和全局一致性的轨道和地图。而采用图优化 SLAM 算法设计无人机同步定位建图系统可以消除累计误差。

### 4 无人机应用方案

该款无人机由于搭载了单目视觉传感器,同时借助了 SLAM 算法,因此可以实现避开障碍物的功能,预期可以在警用治安防控、防汛抗旱等方面使用,在民用企业,该款无人机也可以实现高空监测、特殊环境巡航等功能。因此,该款无人机在军民领域都能得到广泛应用。

### 5 总结

本文基于机器人操作系统(ROS)设计了一种易于开发与维护的四旋翼无人机操作系统,设计出包含应用层、中间框架层和系统及硬件层的三层软件架构,并提出了借助图优化的 SLAM 算法,创建了单目视觉定位的模拟地图构建与分析法,在可以消除累计误差的同时能够达成准确定位和稳定飞行的效果。通过测试也证明了:基于 ROS 和图优化 SLAM 的四旋翼无人机,定位效果优秀、地图构建准确、数据交互迅速,具有良好的结构稳定性和较高的环境适应性,并可完成复杂环境下的自主飞行及相关的需求任务,预期可以在警民领域得到广泛应用。

### 参考文献:

- [1] 梅武军,伍家成,杨扬骞,等.一种小型无人机自主飞控系统设计与实现[J].电子科技,2017,30(07):106-109.
- [2] 梅武军.基于 ROS 的多旋翼飞行器飞行控制系统的开发与实现[J].电子科技,2017,30(10):23-25.
- [3] 李星云,李众立,廖晓波.基于单目视觉的工业机器人定位系统的设计[J].机床与液压,2015,43(09):35-38.
- [4] 崔哲铭,李振伟,朱越,等.一款基于 ROS 的四旋翼无人直升机[J].中国科技信息,2017(06):85-86.
- [5] 李瑞涵.旋翼无人机的姿态融合算法与 ROS 软件设计[D].长沙:湖南大学,2019.
- [6] 刘奇胜.基于视觉的四旋翼无人机目标跟踪系统的设计与实现[D].成都:电子科技大学,2019.
- [7] 高家隆.多无人机协同定位与建图技术研究[D].长沙:国防科技大学,2019.
- [8] 朱灿杰,曹鑫扬,付豪.基于 SLAM 技术的智能避障无人机[J].科技风,2019(13):72.