

西安电子科技大学 电子工程 学院

# 本科生毕业论文（设计）开题报告

（ 2022 届）

学生姓名 吕瑞涛

专 业 电子信息工程

学 号 18020100198

指导教师 李隐峰

2022 年 1 月 10 日

（本表一式三份，学生、指导教师、学院各一份）

## 一、论文名称及项目来源

论文的题目是《基于无人机的自主航点飞行与双光热成像目标监测算法研究》。硬件使用大疆御 2 行业进阶版，该机型自带双光可变焦广角相机以及热成像相机，以及 RTK 厘米级高精度定位设备。本项目自主研发了遥控器端侧的 APP，通过调取 DJI MSDK 接口函数并转换为兼容开源地面站的 MAVLink 协议，实现地面端带屏遥控器的无人机控制，并通过 VPN 组网技术，利用 QGroundControl 地面站程序实现远端以太网地面站控制。并在地面站端利用基于 YoloV5 深度学习的目标检测算法实时进行可见光与热成像目标检测与异常图像分析。

## 二、研究目的和意义

在安防、救援、火情检测等方面，多旋翼飞行器正发挥越来越强大的作用，但目前以 DJI 为主的多旋翼飞行器普遍存在可见光相机无法对局部特征细微展现、不兼容开源地面站等问题。因此，本课题利用 DJI 御 2 行业进阶版无人机，在自研的 APP 内通过使用 DJI MSDK 接口，将 DJI MSDK 协议信息转换至 MAVLink UDP 协议帧信息，并利用无人机端侧遥控器通过以太网数据链路远程组网传输至 Windows 端侧 QGroundControl 软件。

由于国内外以开源为主的飞行器大多采用以 MAVLink 协议为主的通信解决方案，因此该方案可实现将 DJI 系列飞行器与开源飞行器进行地面站统一化管理与云上部署，显著地提升了飞行器间的兼容性与可靠性。

无人机根据兼容 MAVLink (Micro Air Vehicle Link, 微型空中飞行器链路通讯协议) 协议的 QGC 地面站给出的 GPS 航点信息进行航点飞行，飞行任务结束后，检测部分使用基于 OpenCV 霍夫圆特征检测+自适应阈值，并将检测后的中心点传入至卡尔曼滤波器中，得到的最优估计坐标点作为飞行器的降落点位置参考。控制部分采用 MPC (Model Predictive Control) 位置控制，利用上一步估计的坐标点实现自主引导降落。

## 三、国内外研究现状和发展趋势

当前，国内外有不少使用多旋翼飞行器进行目标检测与自主飞行相关的研究。其中，国内有以 DJI 为主的多旋翼飞行器以及配套的司空地面站平台，也有国外以开源为主的平台（如 APM、PIX 飞控系统和对应的 QGroundControl、MissionPlanner 等），以及由国内其他公司研发与设计的基于 STM32 或 TI 嵌入

式芯片为主的简易平台（如无名飞控、匿名飞控以及其他相关平台）。如下对比介绍了一些知名的配套平台：

1. DJI-商业多旋翼飞行器平台。对于整机飞行系统，DJI 采用御/晓/精灵/经纬等系列无人机，搭配 DJI GO 系列 APP 实现遥控器端控制飞行以及相关飞行参数获取和控制拍照摄影等。DJI 不提供针对于个人用户的电脑端配套地面站、云服务以及相关技术支持。对于企事业单位，DJI 提供以司空系统为主的飞行器管理平台。提供基本的多无人机控制功能以及 DJI 官方提供的云上解决方案，不提供开发接口，无法进行定制化开发与服务，并且由于司空系统的封闭性，对于云端也同样无法进行开发。
2. Ardupilot/PX4-开源地面站平台。Ardupilot 和 PX4 是两大主流开源无人机系统，前者由 DroneCode 基金会维护，后者由 Auterion 公司维护，Ardupilot 历史要远长于 PX4，因此功能更丰富，经历的坑也更多，填的坑也更多，因此有“功能完善、运行稳定”的优势。APM 与 PX4 在一些关键算法上是相互借鉴的，因此算法先进程度差不多。PX4 由于起步晚，历史包袱少，最初就搭建了一个很先进的架构，因此获得了代码简洁易懂的优势。该开源系统在国内外影响力较大，除多旋翼外同样支持固定翼、垂直起降等机型。
3. STM32/TI-嵌入式芯片飞控平台。该系列以匿名、无名飞控为主，最初是由大学生创业团队设计并开发的，具有光流定位、GPS 定点等功能。只支持多旋翼系列机型，并且由于其配套地面站程序较为简易，主要适用于教学实验等领域，不适用于商业等对稳定性要求较高的环境中。

这些主流多旋翼飞行平台主要采用飞控端程序+地面站的方案，存在兼容性、稳定性等方面的问题。以下针对各个主流多旋翼飞行平台进行了优缺点的对比分析：

表格 1 主流飞行器平台优缺点对比

竞赛平台	优点	缺点
DJI-商业多旋翼飞行器平台	功能齐全、稳定性较强、易于开发、开发相关资料和相关服务较为完善	平台种类单一，不支持除 DJI 外的其他产品，不提供面向一般消费者的地面站和配套服务
Ardupilot/PX4-开源地面站平台	功能齐全、兼容较多硬件平台、开放源代码和所有接口	开发资料较少，无相关服务

STM32/TI-嵌入式芯片飞控平台	学习资源丰富齐全、易于开发	平台较为简易，功能较少，稳定性差
<p>此外, 经过对多旋翼飞行器相关应用的调查, 可以发现由于 DJI 系列无人机的较高稳定性和较低的销售价格, 当前商业开发以 DJI 系列的成品无人机套装为主, 而 DJI 系列多旋翼飞行器采用自研的 SDK 接口, 不兼容第三方开源设备以及地面站设备, 存在排他性。同样, 除经纬系列无人机外, 其他机型均不提供机载扩展接口 (配套的 SDK 为 OSDK)。而由于经纬系列无人机尺寸较大, 不满足本项目的应用地理环境条件, 同样经纬系列无人机也并未提供对于开源地面站的支持。因此, 目前在商业多旋翼飞行器领域尚缺乏一个具有良好扩展性的平台与配套软件, 而考虑将 APP 的植入到遥控器端具有开发周期短、不破坏已有飞行器结构、使用 MSDK 最大程度上保证安全的特点, 通过遥控器端侧植入 APP 完成协议转换并与开源地面站接口兼容实现势必成为一种趋势。</p> <p>植入到带屏遥控器的 APP 作为一种一键安装的轻量型应用, 能够保证用户随时随地开机即使用, 兼容 DJI 自带的控制摇杆, 并可以实现联网自动升级更新, 同时也大大的减少了用户操作的时间。</p> <p>YoloV5 等常见的目标检测算法需要硬件具备 GPU/FPGA 等相关条件, 而对于移动端, 显然不具备相关硬件条件。而 QGC 地面站支持视频画面回传功能, 带屏遥控器端通过 UDP RTP 协议将视频画面传送至地面站端。</p> <p>然而, 当前市面上较常见的多旋翼飞行平台都存在兼容性相关, 稳定性等问题, 功能尚不齐全。</p> <p>综上所述, 为了实现接口的统一化, 并在地面站上面添加目标检测等相关功能, 将地面站端的算力充分发挥, 同时又考虑到实时性、通用性、开发方便性, 通过 APP 植入方式实现协议的转换与控制方案给我们提供了一个很好的设计思路。</p>		
<p>四、主要研究内容、要解决的问题及本文的初步方案</p> <p>本课题任务为:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 查阅相关资料, 了解 DJI MSDK 相关控制接口以及 MAVLink 开源控制协议, 并完成从 DJI MSDK 专有协议到 MAVLink 协议的协议转换。</li> <li>2. 实现视频流压缩与编解码, 并基于第三方 VPN 组网技术组建虚拟局域网, 通过 UDP RTP 流视频协议实时传输双光吊舱视频, 通过 MAVLink 协</li> </ol>		

议传输无人机相关状态信息和控制指令。

3. 使用 **OpenCV**，在无人机的带屏遥控器端实现自适应阈值+形态学处理+霍夫圆检测，并利用卡尔曼滤波器完成降落目标点最优估计。
4. 基于 **MPC** 模型预测控制的飞行器下降段位置控制，并利用 **DJI MSDK** 接口将飞行器的相关信息转换为 **MAVLink** 协议，传输至 **QGC** 地面站。

效果指标：

1. 视频流压缩传输分辨率不低于 **720P**，帧率不低于 **25fps**。
2. 降落区域约为 **70cm\*70cm**，水平方向精确度 $\pm 15\text{cm}$ 。

## 五、工作的主要阶段、进度和完成时间

1 月 1 日-4 月 30 日

利用 **DJI MSDK API** 实现 APP 基本控制功能调用，添加 **MAVLink** 协议接口函数部分，利用 **MAVLink Java** 相关函数完成 **MAVLink** 数据 **UDP** 协议收发与解析。

APP 上实现 **MSDK** 调用无人机的双光变焦和热成像视频流，对视频流压缩编码后，通过 **UDP** 协议传送至地面站端，并在地面站上实现视频流图像获取。

APP 添加 **OpenCV** 视觉识别功能，根据降落点特征信息与无人机当前位置进行视觉降落引导。并调取 **MSDK** 相关姿态控制接口实现 **MPC** 降落引导控制，最终精准降落至地面标记位中。

5 月 1 日-5 月 31 日

整理数据及资料，撰写毕业论文，

6 月 1 日-6 月 15 日

整理数据及资料，撰写毕业论文，制作毕业答辩 PPT。

## 六、已进行的前期准备工作

查阅收集 **DJI MSDK** 控制和 **MAVLink** 协议以及 **QGC** 开源地面站相关资料，同时查阅了 **DJI** 多旋翼飞行器相关行业经典案例和开源项目，了解了需要学习的知识和开发的基本流程和方法，制定了基本的学习任务与计划。

搭建 **Android** 开发所需环境，下载了相关 **IDE** 和 **MSDK** 开发工具，学习了部分 **Java** 和网络数据传输知识和地图应用。

查阅了相关文献和书籍：

[1] 孔祥盛，**Android** 应用程序开发教程，电子工业出版社，2020.

- [2] 毛星云, OpenCV3 编程入门, 电子工业出版社, 2018.
- [3] 乔治. 埃利斯, 控制系统设计指南, 机械工业出版社, 2018.
- [4] 扶松柏, 王洋, Java 编程从入门到实战, 人民邮电出版社, 2020
- [5] [美] 克里斯·桑德斯, Wireshark 数据包分析实战(第 3 版), 人民邮电出版社, 2020.

## 七、指导教师意见

查阅相关文献, 明确了毕业设计任务目标, 计划安排合理, 同意开题

签名 李阳峰

2022 年 1 月 10 日

## 八、学院审核意见

签名

年 月 日