**企 业 项 目 实 践**

**课 程 任 务 书**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 题目 | ： | 基于离线优化的无人机节能系统设计 |
| 姓名 | ： | 李文俊 |
| 学号 | ： | U202210855 |
| 同组成员 | ： | 欧阳立 |
| 班级 | ： | 机械本硕博2201班 |

（任务起止日期： 2025 年 3 月 12 日 ～ 2025 年 6 月 17 日）**基于离线优化的无人机节能系统设计**

**——面向飞控平台的能耗建模、任务规划与参数整定**

1. **企业信息**

**宁波华锐机器人科技有限公司**：宁波华锐机器人科技有限公司是一家致力于融合现代信息技术、人工智能和机器人技术，为智能制造领域提供自主移动柔性作业机器系统解决方案的高科技企业，专注于智慧物流装备、系统集成解决方案和智能工厂规划建设的研发、生产、销售和服务。

1. **项目背景**

随着无人机技术的快速发展，其在商业和工业领域的应用日益广泛。然而，伴随应用需求的增长，无人机能耗问题逐渐显露出其制约性能和经济性的瓶颈。特别是在长时间飞行和复杂任务的场景中，如何有效降低无人机的能源消耗，提升续航能力，已成为亟待解决的重要课题。

**三、设计目标**

开发一套与基础飞控兼容的节能系统，实现：

1. 基于飞行日志的能耗分析建模

2. 离线三维路径能量优化

3. 飞控参数离线整定建议

通过地面站软件与飞控协同完成节能验证

**四、任务分解**

**模块1：飞行能耗评估系统**

1. 利用飞控内置传感器（电流计、IMU、GPS）采集数据

2. 解析PX4/Ulog日志文件提取关键参数（飞行模式、油门量、功耗）

3. 建立分段能耗模型（悬停/巡航/转向状态区分）

4. 开发Python数据分析工具生成能耗热力图

**模块2：离线三维路径规划器**

1. 使用Mission Planner/QGroundControl导出地形高程数据
2. 改进RRT\*算法，代价函数包含：
3. 飞行距离能量消耗
4. 高度变化势能损耗
5. 转向角动能损耗
6. 输出标准waypoints.txt任务文件供飞控执行
7. 在模拟器验证后实飞测试（需预设障碍物坐标）

**模块3：参数整定辅助工具**

1. 通过Betaflight/PX4调参界面获取当前PID参数
2. 设计参数敏感性分析实验：
3. 固定悬停测试（不同P值下的电流波动）
4. 阶跃响应测试（D值对能量峰值的影响）
5. 开发MATLAB调参建议系统（基于梯度下降法）
6. 生成参数调整对照表

**系统验证方案**

基准测试：原始参数+直线路径飞行

对比组1：优化路径+原始参数

对比组2：原始路径+优化参数

综合组：优化路径+优化参数

使用万用表+飞行时间双重验证节能率

**五、任务分工**

李文俊：能量模型+数据采集+参数整定

欧阳立：路径规划算法+系统集成

五、已具备的实践条件

项目团队在基于视觉的移动机器人相关技术领域有着多年的技术积累和研究成果，并十分注重产品产业化应用，研究产品广泛应用于汽车、港口、冶金等行业和领域。项目申报单位拥有与本课题研究相关的主要软件系统，包括机器人开发环境ROS系统；结构设计与装配软件SolidWorks；工程制图软件AutoDesk；动力学建模与仿真分析软件 Adams；软件开发与调试软件Visual Studio Code；控制编程与调试环境 VxWorks；科学计算软件 Matlab；仿真软件系统dSpace。如表1所示，所在单位同时拥有本项目所需要的各种检测仪器和实验设备，如全向移动机器人实验平台、激光跟踪仪、激光干涉仪、激光雷达、高速相机、实时可视化移动机器人控制平台软件与性能分析系统等，为构建无人自主系统产学研平台奠定了良好基础。

表1 项目已具备的实验仪器

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 仪器/设备名称 | 用途 | 仪器/设备名称 | 用途 | 仪器/设备名称 | 用途 |
| 移动机器人 | 系统测试 | 无人艇 | 系统测试 | 无人机 | 系统测试 |
| 激光跟踪仪 | 距离、位置测量 | 激光干涉仪 | 位姿抖振测量 | IMG_20140617_092433(1)  数据采集系统 | 多通道信号  采集 |
| 激光成像雷达 | 环境  感知 | 信号发生器 | 信号  生成 | 光纤组合惯导 | 俯仰、角速度等信息  采集 |
| 高速相机 | 位姿捕捉 | 机器人操作平台 | 机器人操作 | 控制性能分析系统 | 系统性能分析 |
| 32çº¿æ¿åé·è¾¾  3D激光雷达 | 点云数据提取 | 力/力矩传感器 | 机器人导航 | 双通道伺服驱动器 | 机器人导航 |

六、个人进程安排

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设计阶段 | 设计内容摘要 | 周数 | 备 注 |
| 选题 | 建立基于分段能耗模型的额飞行能耗评估系统和基于梯度下降法的参数整定系统 | 第2周 |  |
| 详细方案设计 | 利用传感器采集数据并解析飞行日志的参数，基于分段能耗模型建立飞行能耗评估系统。  获取PID参数，进行参数敏感性实验并基于梯度下降法给出参数整定建议。 | 第3周 |  |
| 具体企业项目训练 | 飞行能耗评估系统  1. 利用飞控内置传感器（电流计、IMU、GPS）采集数据  2. 解析PX4/Ulog日志文件提取关键参数（飞行模式、油门量、功耗）  3. 建立分段能耗模型（悬停/巡航/转向状态区分）  4. 开发Python数据分析工具生成能耗热力图  参数整定辅助工具   1. 通过Betaflight/PX4调参界面获取当前PID参数 2. 设计参数敏感性分析实验：    1. 固定悬停测试（不同P值下的电流波动）    2. 阶跃响应测试（D值对能量峰值的影响） 3. 开发MATLAB调参建议系统（基于梯度下降法） | 第4-15周 |  |
| 总结和文档整理 | 1. 汇总整理项目过程文档 2. 总结团队合作和项目管理经验 3. 撰写项目报告书和个人总结 | 第16-17 周 |  |
| 答辩 | 答辩展示及导师评分。 | 第 18周 |  |

七、实践成果要求

1. 实践总结报告1本；

2. 预期成果：基于离线优化的无人机节能系统软件一套

指导教师: 谢远龙

企业导师: 丁德坤

2025 年 3 月 12日