

# 无人船自主动态航迹规划与控制项目一阶段思路汇报

## 1.基本任务：

制作一款无人船，集成了众多传感器跟算法，能够实现 GPS 在地图上标两点，它能够自主规划出效率最高的路线，并且避开一些固定障碍或者突如其来的障碍，或者沿着所划定的路线进，当遇到一些障碍时，它能够进行自主调节规避，在规避后，它能够回到所划定的路线上，这就是它的初等功能。

## 2.项目第一步：

传感器的选择与集成

## 3.了解与分析多种探测器在无人船应用上的优劣

### 1. 激光雷达（LIDAR）

激光雷达是基于飞行时间原理的主动光学传感器。与摄像头相比，激光雷达能够非常精确地获取反射点的距离信息。在无人船近距离避碰的应用中，激光雷达可实时获取 150m 范围内水面目标的点云数据，构建出无人船在水面航行过程中周围的实时三维环境。

**优势：**

- **高精度：**激光雷达能够非常精确地获取反射点的距离信息，对小型障碍物也有很高的识别能力，有助于实现精确的避障和路径规划。
- **三维环境感知：**通过实时获取水面目标的点云数据，构建出无人船航行过程中的三维环境模型，为智能决策提供有力支持。
- **数据丰富：**激光雷达输出的点云数据包含丰富的环境信息，有助于小型无人船在复杂环境中做出准确判断。

**劣势：**

- **受天气影响：**在恶劣天气（如雨、雪、雾等）下，激光雷达的探测效果会

受到影响，可能导致数据不准确或丢失。

- **成本较高：**激光雷达的制造成本和维护成本相对较高，对于预算有限的小型无人船项目来说可能是一个挑战。

## 2. 毫米波雷达 (MMW Radar)

毫米波雷达测距精度仅次于激光雷达，距离测量精度在 0.05 m~0.4 m 之间，角度分辨率在  $0.1^{\circ}$  ~ $5^{\circ}$  之间（随探测距离变化），但与激光、红外、可见光传感器相比，毫米波雷达透雾、烟、尘的能力强，且具有体积小、重量轻、抗干扰、空间分辨率高等特点，可在较为恶劣的天气环境下全天候工作，这对海面船舶能否自主航行至关重要。

**优势：**

- **透雾能力强：**毫米波雷达能够穿透雾、烟、尘等障碍物，在恶劣天气下也能保持较高的探测能力，适合小型无人船在复杂环境中的航行。
- **直接给出目标信息：**毫米波雷达能直接给出目标的位置、距离、速度和加速度信息，有助于小型无人船快速做出避障决策。
- **体积小、重量轻：**毫米波雷达便于在小型无人船上安装和部署，不会过多增加船体的负担。

**劣势：**

- **精度稍逊：**与激光雷达相比，毫米波雷达的测距精度和角度分辨率稍逊一筹，可能无法满足所有高精度避障需求。
- **数据处理复杂：**毫米波雷达的数据处理相对复杂，需要较高的计算能力来实时解析和处理数据，可能对小型无人船的硬件性能有一定要求。

## 3. 视觉传感器（如可见光摄像头、红外摄像头）

视觉传感器如可见光摄像头、红外摄像头感知精度低，基于图像的目标识别的样本数量巨大，对数据实时处理能力要求极高，在雨雪雾等恶劣天气下难以正常工作；

**优势：**

- **直观性强：**视觉传感器能够直接获取无人船周围环境的图像信息，便于操作人员或算法直观判断障碍物和航行环境。
- **分类明确：**对于小型障碍物辨识与分类更为直接明了，有助于实现更精准的避障策略。

**劣势：**

- **感知精度低：**基于图像的目标识别所需样本数量巨大，对数据实时处理能力要求极高，且感知精度相对较低，在复杂环境中可能无法准确识别障碍物。
- **受天气影响大：**在雨雪雾等恶劣天气下难以正常工作，可能导致图像模糊或无法获取有效信息。

#### 4.导航雷达

导航雷达探测距离远，但感知精度低，且存在船舶周身 50m 范围的盲区，该盲区直接影响船舶的近距离避障及自主靠离泊。因此，不得不寻找新的近距离、高精度传感器以弥补现有船舶传感器的不足，从而保证自主航行船舶的安全性与可靠性，同时将感知到的环境信息送至自主航行决策中心作为下一步路径规划的决策依据。

##### 优势

1. **探测距离远：**导航雷达通常具有较远的探测距离，能够提前发现远处的障碍物，为小型无人船提供足够的反应时间，从而避免碰撞。
2. **全天候工作能力：**导航雷达不受能见度的影响，能够在雾、雨雪等恶劣天气条件下正常工作，为小型无人船提供稳定可靠的避障支持。这一特点尤其重要，因为小型无人船可能需要在各种天气条件下执行任务。
3. **目标识别与跟踪：**导航雷达能够识别并跟踪多个目标，包括其他船只、浮标、暗礁等，为小型无人船提供全面的环境感知能力。这有助于无人船在复杂环境中做出准确的避障决策。
4. **适应性强：**导航雷达可以安装在各种类型的小型无人船上，包括不同尺寸、形状和用途的船只。这使得导航雷达成为小型无人船避障系统的理想选择之一。

##### 劣势

1. **存在盲区：**导航雷达在近距离内（通常为 30-50 米）存在固定盲区，这可能会影响小型无人船在近距离内的避障能力。在复杂或狭窄的水域中，这一盲区可能会增加碰撞的风险。

2. **精度受限：**虽然导航雷达能够探测到远处的目标，但其精度可能不如其他高精度传感器（如激光雷达）。在需要精确测量目标距离和位置的情况下，导航雷达可能无法满足要求。
3. **受干扰影响：**劣天气下，如海浪和雨雪等的干扰下，雷达可能会产生干扰杂波，影响目标探测的准确性。这要求小型无人船在使用导航雷达时需要考虑天气因素的影响，并采取相应的措施来减少干扰。
4. **成本考虑：**航雷达的制造成本和维护成本可能相对较高，特别是对于预算有限的小型无人船项目来说。因此，在选择避障传感器时，需要综合考虑成本效益和实际需求。

性能指标	可见光摄像头	红外摄像头	导航雷达	毫米波雷达	激光雷达
视野大小	良好	较差	优秀	中等	中等
距离精度	中等	较差	良好	优秀	优秀
目标识别	优秀	良好	较差	较差	良好
海面可靠性	较差	良好	优秀	优秀	中等
运算能力要求	高	较高	低	较低	高

**总结：**

综上分析，几种探测器在探测距离、识别精度、受干扰影响程度上各有优劣，选择多种选择多种探测器的集成与结合，将成为更优解。将多种探测器的特点进行互补，我们最终选择使用导航雷达与毫米波雷达为主，可见光视觉识别为辅的探测方案。这种方案结合了导航雷达的测范围大但存在盲区与毫米波雷达的探测距离近的特点，同时克服了导航雷达精度差的缺点，能够检测到船体附近的众多小型障碍物。辅助的可见光视觉识别，能够帮助我们在导航雷达与毫米

波雷达失灵时，能够进行手动识别控制，起到安全保障的作用，同时也能够在两种雷达正常工作时，随时监测外界环境，帮助进行目标识别。

## 4.运行过程详解

### 一、系统组成与功能

#### 1. 导航雷达：

- **功能：**提供长距离的环境感知，探测范围可达数十公里，主要用于发现远处的障碍物、其他船只及陆地轮廓。
- **数据：**输出障碍物的位置、距离等基本信息。
- **集成方式：**作为无人船的基本导航工具，其数据将与其他传感器数据进行融合，以构建更全面的环境模型。

#### 2. 毫米波雷达：

- **功能：**专注于近距离目标的高精度实时探测，能够穿透雾、烟等障碍物，提供近程范围内的障碍物详细信息。
- **数据：**包含目标的位置、速度、加速度等动态信息。
- **集成方式：**与导航雷达形成互补，专注于无人船周边近距离环境的精确感知，提高避障反应的灵敏度和准确性。

#### 3. GPS：

- **功能：**提供无人船在全球坐标系下的精确位置信息，是导航系统的基础。
- **数据：**无人船的经纬度、速度、航向等。
- **集成方式：**与导航雷达形成互补，专注于无人船周边近距离环境的精确感知，提高避障反应的灵敏度和准确性。

#### 4. 可见光视觉:

- **功能:** 通过高清摄像头捕捉周围环境的高清图像,用于识别航道标志、障碍物及其他航行要素。
- **数据:** 实时图像信息,结合 AI 算法进行图像分析和处理。
- **集成方式:** 与导航雷达形成互补,专注于无人船周边近距离环境的精确感知,提高避障反应的灵敏度和准确性。

## 二、数据融合与处理

#### 1. TCP/UDP 包解析:

- 对导航雷达、毫米波雷达和可见光视觉传感器传输的数据包进行解析,提取出目标数量、位置、距离、速度、加速度以及图像信息等。

#### 2. 数据预处理:

- 对原始数据进行去噪、滤波等处理,剔除无效目标和干扰信息。
- 对不同传感器的数据进行时间同步和空间对准,确保数据的一致性和准确性。

#### 3.数据融合:

- 将来自导航雷达、毫米波雷达、GPS 和可见光视觉的数据进行实时融合,构建无人船周围环境的立体模型。
- 采用先进的数据融合算法(如卡尔曼滤波、粒子滤波等),提高环境模型的准确性和实时性。

#### 4.环境建模:

- 基于融合后的数据,建立无人船周围环境的数字地图,包括静态障碍物(如岛屿、礁石)和动态障碍物(如其他船只、浮标)。

### 三、避障策略与运行过程

#### 1. 全局航线规划：

- 根据无人船的起始点、目标点以及 GPS 提供的位置信息，结合海图数据，规划出一条全局最优航线。

#### 2. 局部避障规划：

- 在航行过程中，通过导航雷达和毫米波雷达实时探测周围环境，结合可见光视觉的直观图像信息，识别并跟踪周围障碍物。
- 根据障碍物的位置、速度和运动趋势，动态调整局部航线，生成避障策略。

#### 3. 自主避障执行：

- 无人船根据避障策略自动调整航向、速度和姿态，避开障碍物。
- 同时，通过组合导航系统（可能包括 GPS、惯性导航等）提供的高精度定位信息，确保无人船在避障过程中的稳定性和准确性。

#### 4. 实时反馈与调整：

- 在避障过程中，系统不断接收来自各传感器的实时数据，并根据环境变化动态调整避障策略。
- 如果遇到突发情况或障碍物信息发生变化，系统能够迅速做出反应，避免碰撞风险。

### 5. 优化与实现前景

#### 一．优化方案

1. **提升传感器性能：**选择性能更优越的传感器设备，提高环境感知的精度和可靠性。例如，采用高频毫米波雷达以提高对近距离障碍物的探测能力。
2. **优化数据融合算法：**研究更加高效、准确的数据融合算法，以提高融合结果的准确性和实时性。
3. **加强避障策略研究：**结合具体应用场景和无人船的特点，深入研究更加智能、灵活的避障策略，提高无人船的自主避障能力。
4. **考虑冗余设计：**在系统设计时考虑冗余设计，以提高系统的可靠性和稳定性。例如，在关键部件上设置备份或冗余设备，以防止单点故障导致系统瘫痪。
5. **注重测试与验证：**在系统设计完成后进行充分的测试和验证工作，确保各项功能正常、性能稳定可靠。同时，根据测试结果对系统进行优化和改进。

## 二. 前景与应用方向（其他）

### 前景

1. **提升环境感知能力：**
  - 导航雷达与毫米波雷达的结合能够覆盖远近距离的障碍物探测，确保无人船在复杂水域环境中的全面感知能力。
  - 可见光视觉识别的加入，虽然作为辅助手段，但在光线良好的条件下能够提供更直观、更丰富的环境信息，进一步提升无人船的智能化水平。
2. **增强避障与自主航行能力：**



- 高精度的测距、测速和测角信息，结合 GPS 提供的精确位置信息，使得无人船能够制定更加准确、高效的避障策略，实现自主航行。
- 避障能力的提升将直接推动无人船在更多复杂水域的应用，如狭窄水道、繁忙港口等。

### **3. 促进技术融合与创新：**

- 该探测方案将多种传感器技术融合于一体，促进了传感器技术、数据处理技术、控制技术等领域的交叉融合与创新。
- 随着技术的不断进步和成本的降低，该方案有望在更多领域得到推广和应用。

## **应用方面**

### **1. 水上交通监控：**

- 无人船可以搭载该探测方案，对水上交通进行实时监控，及时发现并报告违规行为或事故隐患，提高水上交通的安全性和效率。

### **2. 海洋资源勘探：**

- 在海洋资源勘探领域，无人船可以携带探测设备，利用该方案进行精确导航和避障，确保勘探作业的顺利进行。同时，可见光视觉识别还可以用于识别海底地形、生物群落等特征信息。

### **3. 环境监测与保护：**

- 无人船可以搭载水质监测、生态监测等设备，利用该探测方案在水域中自主航行，进行环境监测和生态保护工作。例如，可以监

测水质污染、生态破坏等情况，并及时报告给相关部门进行处理。

#### **4. 搜救与救援：**

- 在搜救与救援领域，无人船可以快速响应并到达事故现场，利用该探测方案进行精确搜索和定位被困人员或物品。同时，可见光视觉识别还可以用于识别被困人员的身份和状态等信息。

#### **5. 休闲娱乐与旅游：**

- 随着无人船技术的不断发展，未来还可能出现以休闲娱乐和旅游为目的的无人船产品。这些产品可以利用该探测方案进行自主导航和避障，为游客提供更加安全、便捷的水上旅游体验。