

项目概述

设计并实现了一种纯方位无源定位方法，解决无人机的精确定位问题

主要任务、难点与解决方案

二维平面定位

任务描述：在同一高度的飞行场景中，分析动态条件下如何准确计算无人机的位置

具体步骤：

- 定义无人机对象及其属性（位置、速度、偏移角度）
- 实现正弦定理求解函数，联立方程组求解无人机当前位置
- 使用Matlab进行仿真验证，确保C++算法的准确性和稳定性

实现效果：针对二维平面内的动态定位，将偏移位置控制在1米以内

有效定位模型

任务描述：分析需要确定最少增设几架无人机以达到有效定位

具体步骤：

- 定义三角测量法函数，计算多个圆心坐标和半径
- 实现最小二乘法函数，处理定位数据并求解无人机位置
- 使用Matlab脚本验证C++实现的正确性

效果：成功分析出增设2架无人机可以实现有效定位，定位误差减小至0.5米

提高定位精度

任务描述：针对动态飞行中定位问题，提高测量精度

解决方案：采用时差定位的Chan解法和泰勒级数法优化最小二乘法，提高定位精度

具体步骤：

- 定义Chan解法函数，通过时差定位提高精度
- 利用泰勒级数法函数优化最小二乘法结果
- 集成优化算法到定位系统中，处理实时数据

实现效果：定位精度提高至0.2米，显著提升了无人机编队的控制精度和可靠性

项目成果

项目整体定位精度达到0.2米至0.3米之间

知识补充

最小二乘法

最小二乘法通过最小化观测数据与模型之间的误差平方和来估计参数

在本项目中，最小二乘法用于确定无人机的具体位置。其具体步骤如下：

1. 设定模型：假设无人机的位置坐标为 (x, y) ，观测值为 (x_i, y_i) 。
2. 构建误差函数：误差函数表示观测值与模型预测值之间的误差平方和：

$$E = \sum_{i=1}^n ((x - x_i)^2 + (y - y_i)^2)$$

3. 求导数并求解：对误差函数 E 分别对 x 和 y 求导数，并设导数为零，得到一组线性方程：

$$\frac{\partial E}{\partial x} = 2 \sum_{i=1}^n (x - x_i) = 0$$

$$\frac{\partial E}{\partial y} = 2 \sum_{i=1}^n (y - y_i) = 0$$

解此方程组，可以得到 x 和 y 的最优解：

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

Chan解法

Chan解法通过测量信号到达不同接收点的时间差来精确定位信号源

在本项目中，Chan解法用于提高定位精度，具体步骤如下：

1. 设定模型：假设无人机的位置坐标为 (x, y, z) ，接收点的位置坐标为 (x_i, y_i, z_i) ，信号到达的时间差为 Δt_i 。
2. 构建时差方程：时差方程表示信号到达不同接收点的时间差：

$$\Delta t_i = \frac{d_i}{c} - \frac{d_j}{c}$$

其中， d_i 和 d_j 分别为信号源到接收点 i 和 j 的距离， c 为光速。

4. 转换为距离方程：将时差方程转换为距离方程：

$$\Delta d_i = d_i - d_j = c \cdot \Delta t_i$$

4. 建立非线性方程组：将距离方程转换为非线性方程组，求解无人机的位置坐标：

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 = (d_i)^2$$

5. 线性化方程组：通过引入辅助变量，将非线性方程组线性化，得到线性方程组：

$$A \cdot X = B$$

其中， A 为系数矩阵， X 为位置坐标向量， B 为常数向量。

6. 求解线性方程组：使用最小二乘法求解线性方程组，得到无人机的位置坐标。

三角测量法

三角测量法是一种通过测量目标与若干已知点之间的距离，利用几何关系确定目标位置的方法。

其基本原理是利用三角形的性质，通过已知边长和角度求解未知边长或角度。

在本项目中，三角测量法用于计算无人机的圆心坐标和半径，具体步骤如下：

1. 设定模型：假设无人机的位置坐标为 (x, y) ，已知点的位置坐标为 (x_i, y_i) ，距离为 r_i 。
2. 构建距离方程：距离方程表示目标与已知点之间的距离：

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 = r_i^2$$

3. 建立非线性方程组：将距离方程转换为非线性方程组，求解无人机的位置坐标：

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = r_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = r_2^2 \\ \dots \\ (x - x_n)^2 + (y - y_n)^2 = r_n^2 \end{cases}$$

5. 线性化方程组：通过引入辅助变量，将非线性方程组线性化，得到线性方程组：

$$A \cdot X = B$$

其中， A 为系数矩阵， X 为位置坐标向量， B 为常数向量。

6. 求解线性方程组：使用最小二乘法求解线性方程组，得到无人机的位置坐标。