



Homework 1

要求

5 架四旋翼无人机保持相位差的同时按照数字 8 的编队飞行，每架无人机编队控制误差在 15 s 内收敛，XY 轴位置的稳态误差小于 3 cm

问题分析

希望通过修改示例代码来达到题目要求，所以此处主要讨论示例代码和题目的不同，以发现并分析需要修改的地方

1. 固定编队与时变编队：示例代码为固定编队，即无人机编队在任意时刻的期望位置都是相同的，这是示例与题目最大的不同：求解问题时需要先求解每个时刻的期望位置，同时，`self.timer` 设定的定时器频率为 `50 ms`，可以设置 `timestep` 变量记录当前时间步，获得当前时间 `t`，进而带入给定公式求解 `hpx`, `hpy`, `hvx`, `hvy`；
2. 编队补偿控制输入：示例代码中，期望速度恒定为 `0`，导致编队补偿控制输入恒定为 `0`。在时变编队控制背景下，需要通过对 `hvx`, `hvy` 求导计算编队补偿控制输入；
3. 编队通信拓扑图：示例代码中，无人机的通信拓扑图为全连通图，题目的参考通信图为环形有向通信图，每个节点只能收到另外一个无人机的信息，而拿不到全局信息，这可能会增加收敛的难度，增大收敛的时间，但是，只处理单个节点的信息可以减少计算量，也有一定优势

数学推导

代码的实现是以正确的数学推导为基础的，所以在此先推导必要的数学公式，再实现代码。通过问题分析模块可知，只有编队补偿控制输入是需要求导计算的：

$$\dot{h}_{ivx}(t) = -w^2 r \cos\left(wt + \frac{2\pi(i-1)}{5}\right)g_i(t) - wr \sin\left(wt + \frac{2\pi(i-1)}{5}\right)\dot{g}_i(t) \quad (1)$$

$$\dot{g}_i(t) = \text{sign}\left(\sin\left(\frac{wt}{2} + \frac{\pi(i-1)}{5}\right)\right) \frac{w}{2} \cos\left(\frac{wt}{2} + \frac{\pi(i-1)}{5}\right) \quad (2)$$

符号函数在非 `0` 处求导为 `0`，在 `0` 处不可导，因此规定符号函数导数恒为 `0`，即：

$$\dot{h}_{ivx}(t) = -w^2 r \cos \left(wt + \frac{2\pi(i-1)}{5} \right) g_i(t) \quad (3)$$

$$\dot{h}_{ivy}(t) = -w^2 r \sin \left(wt + \frac{2\pi(i-1)}{5} \right) \quad (4)$$

代码实现

此章节包含将示例代码修改为满足题目要求的解题代码所需要的关键修改步骤：

1. 时间获取：

```
time = timesteps * 0.05
timesteps += 1
```

2. 当前时刻的期望位置和速度：

```
"""g 函数定义"""
def g(self, t, i):
    x = math.sin(w*t/2 + math.pi*i/5)
    if x > 0:
        return 1
    if x < 0:
        return -1
    return 0
self.data[uav]["hpx"] =
    r*(math.cos(w*time + 2*math.pi*i/5) - 1)*self.g(time, i)
self.data[uav]["hpy"] =
    r*math.sin(w*time + 2*math.pi*i/5)
self.data[uav]["hvx"] =
    -w*r*math.sin(w*time + 2*math.pi*i/5)*self.g(time, i)
self.data[uav]["hvy"] =
    w*r*math.cos(w*time + 2*math.pi*i/5)
```

3. 计算时变编队补偿控制输入

```
acc_x += -w**2*r*math.cos(w*time+2*math.pi*i/5)*self.g(time, i)
acc_y += -w**2*r*math.sin(w*time+2*math.pi*i/5)
```

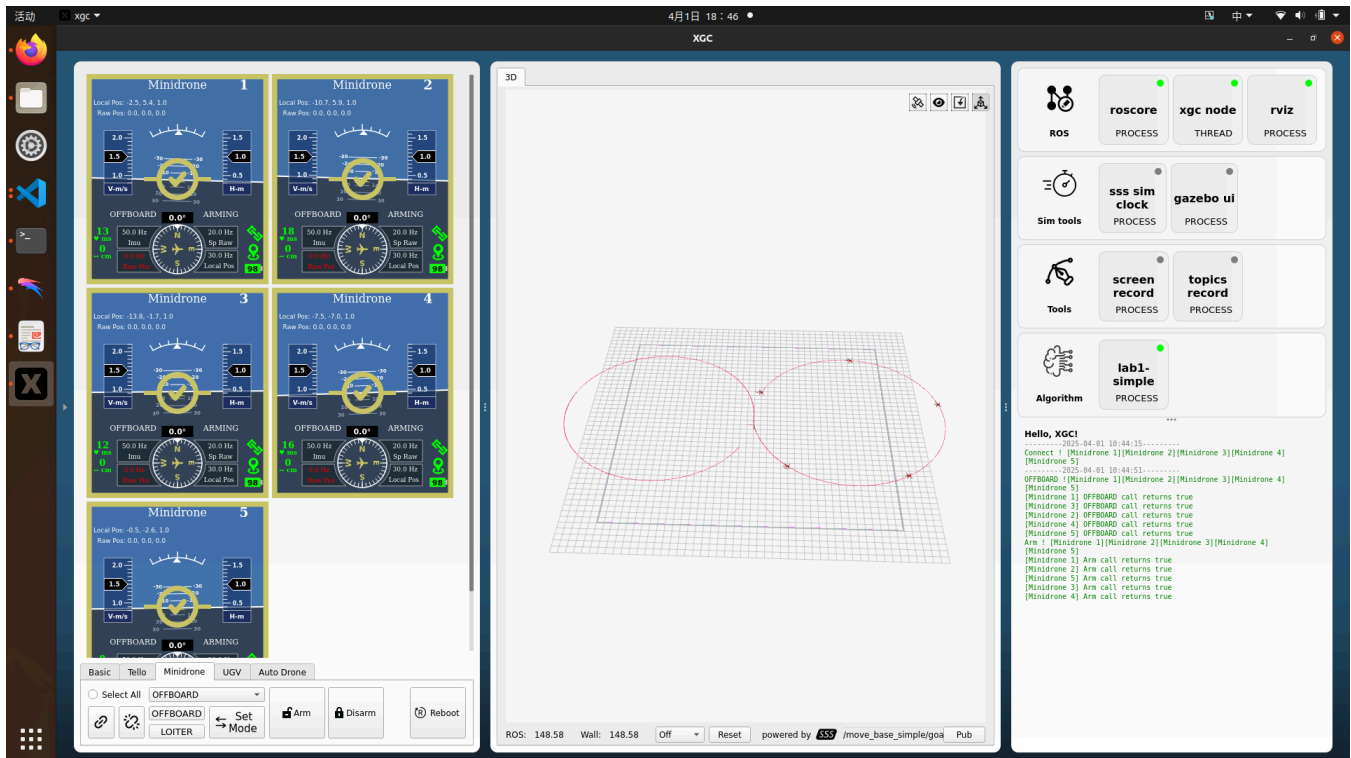
4. 只计算一个其他节点的信息

```
other = i
if other == 0:
    other = 5
other_uav = "uav" + str(other)

if self.data[other_uav]["pose"] is None or
    self.data[other_uav]["velocity"] is None:
    continue
```

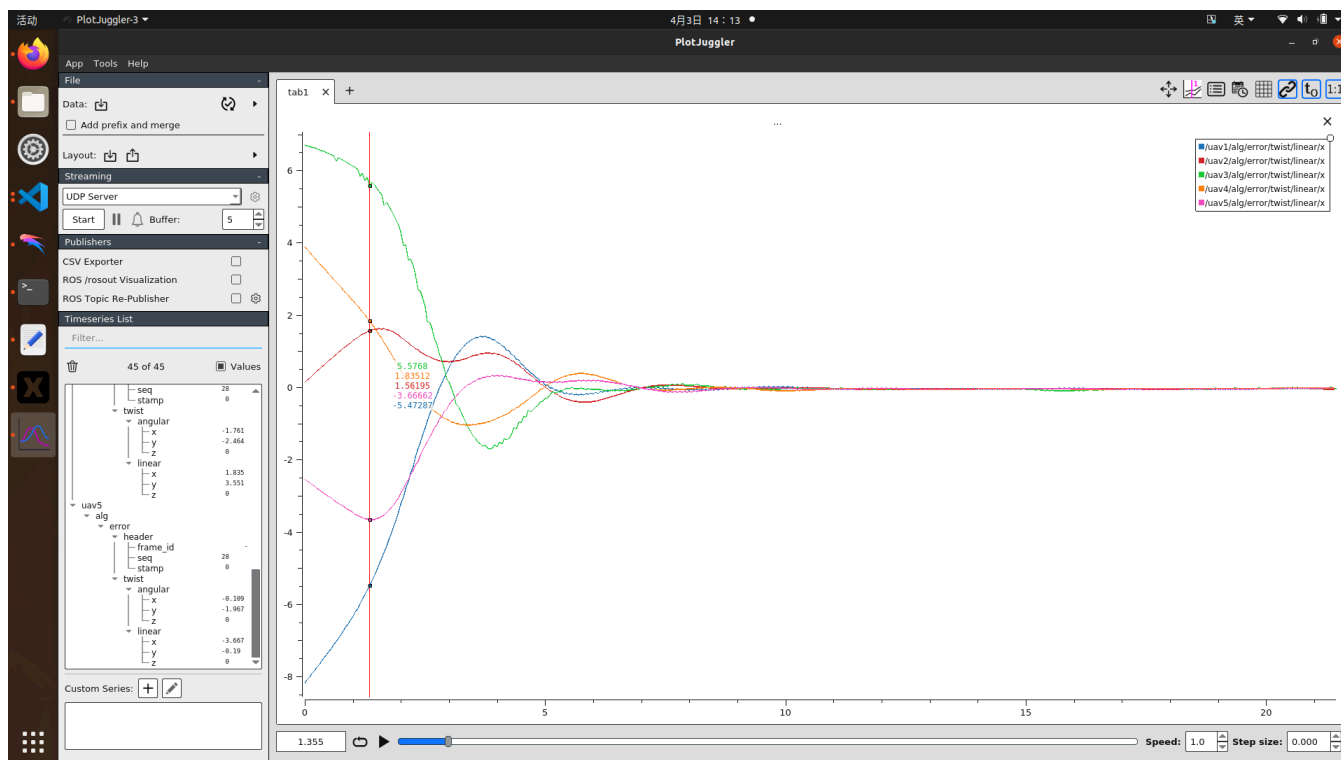
结果展示

此处仅展示截图，详见视频：lab1_result.webm



误差分析

此处仅展示截图，详见视频：lab1_analyze.webm



1. 现象说明：不同无人机误差振荡幅度不同，整体振荡的频率次数少，误差 7s 后趋于 0
2. 现象解释：不同无人机初始位置和期望的位置不同，因此初始误差和振荡幅度不同，K1 和 K2 沿用了 示例代码 ，效果良好