

RflySim集群Simulink-RflyUdpFast接口实验

1. 实验目的

通过调用RflySim集群Simulink-RflyUdpFast接口实现多架无人机Offboard下控制飞行。

2. 实验要求

- 软件要求：Windows 10及以上版本；RflySim工具链^[1]；MATLAB R2022b及以上版本。

①：若使用Pixhawk 6X飞控，平台安装时的编译命令为：px4_fmuv6x_default，推荐PX4固件版本为：1.12.3。其他配套飞控及编译命令请见：<https://rflysim.com/doc/zh/1/Hardware.html>

- 硬件要求：笔记本/台式电脑1台^[2]。

3. 实验地址

例程目录：

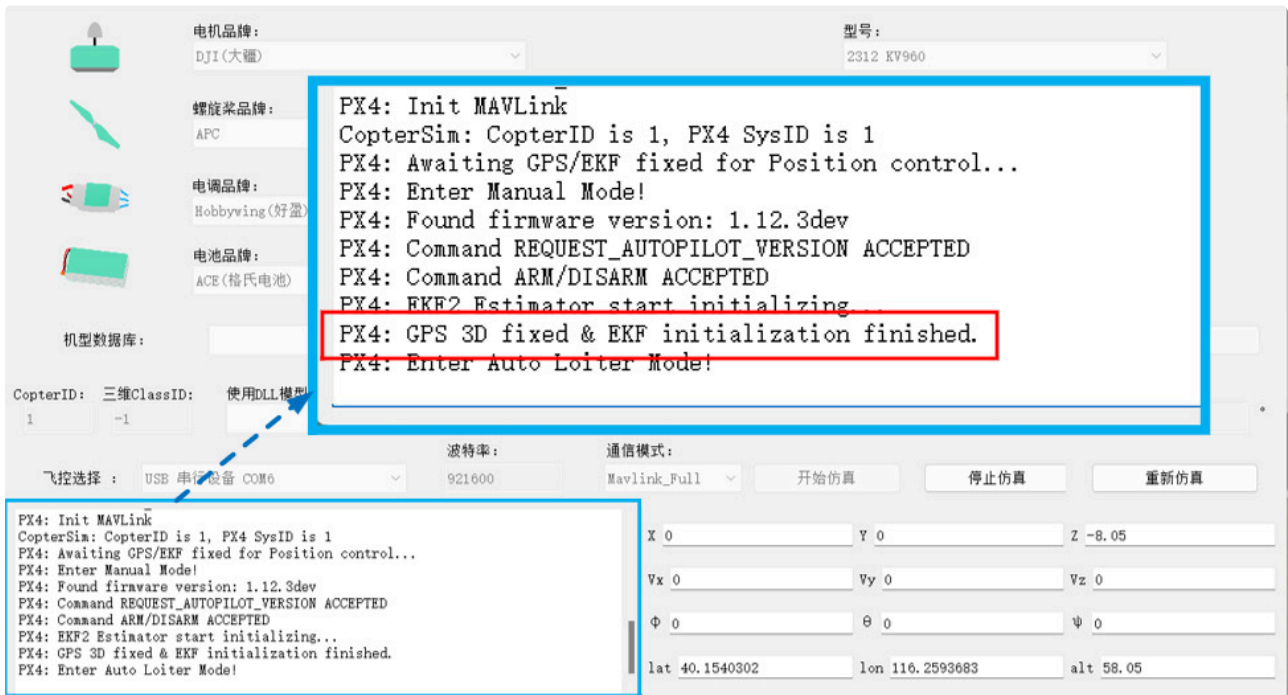
[安装目录]\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\0.ApiExps\e1.MatRflySwarmAPIExps\1.RflyUdpFastAPIExps

- [FourUAVsVelCtrlExp.slx](#)：四机多种模式控制模型文件。
- [FourUAVsVelCtrlExpSILRun.bat](#)：四机多种模式软件在环仿真一键启动脚本。
- [TwoUAVsFullModeExp.slx](#)：两机FullData模式速度控制模型文件。
- [TwoUAVsFullModeExpSILRun.bat](#)：两机FullData模式软件在环仿真一键启动脚本。
- [TwoUAVsSimpModeExp.slx](#)：两机SimpleData模式速度控制模型文件。
- [TwoUAVsSimpModeExpSILRun.bat](#)：两机SimpleData模式软件在环仿真一键启动脚本。

4. 实验内容或步骤

4.1 步骤1：两机SimpleData模式速度控制实验

(1) 双击打开 [TwoUAVsSimpModeExpSILRun.bat](#) 即可自动启动RflySim3D、CopterSim、QGroundControl软件，等待所有CopterSim的状态框中显示：PX4:GPS 3D fixed & EKF initialization finished。



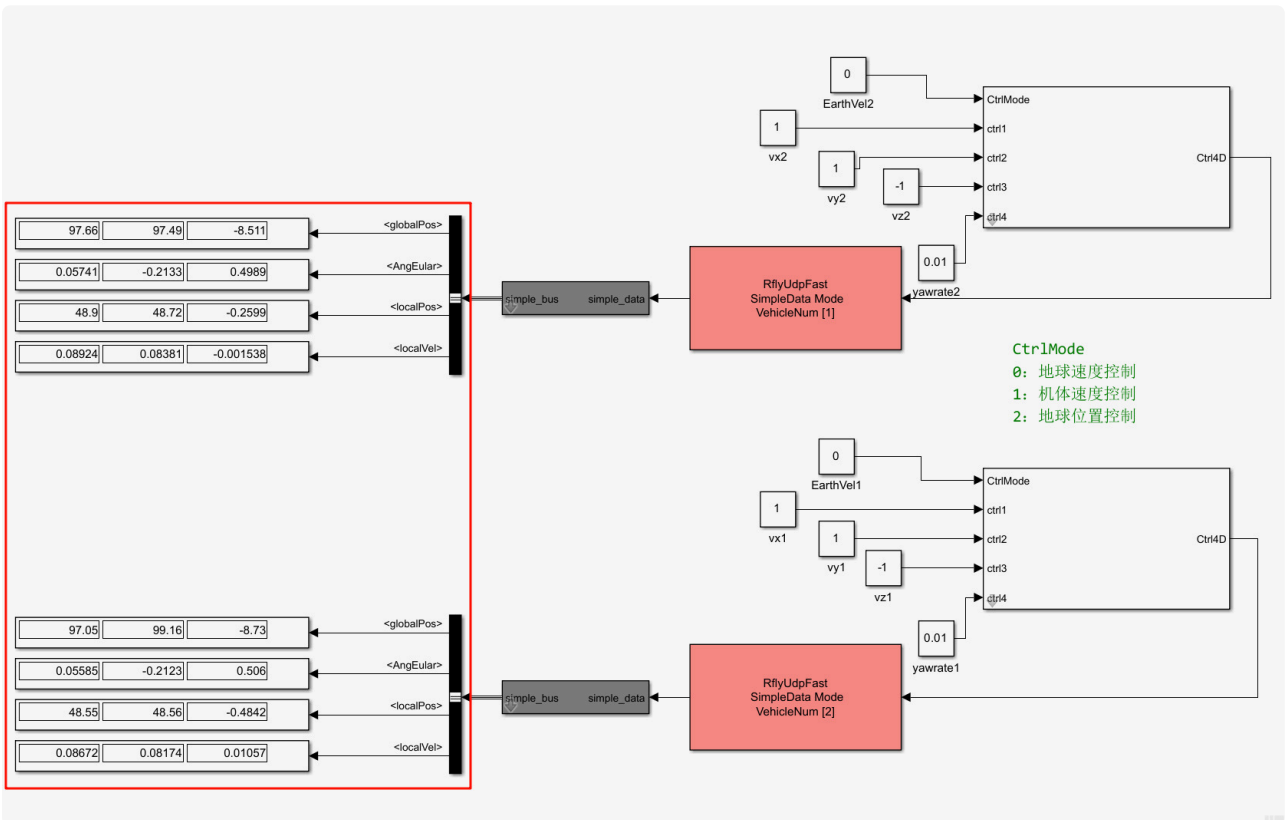
(2) 在MATLAB中打开 [TwoUAVsSimpModeExp.slx](#) 文件，该文件中定义了2架无人机通过Offboard模式下的地球坐标系（北东地）速度接口按照[1,1, -1]进行飞行50s，点击上方运行按钮。



(3) 即可在RflySim3D中显示无人机两架无人机正常起飞并开始飞行，在RflySim3D窗口下按下"D"即可看到飞机的状态量，如下图所示，状态量与Simulink中设置的期望速度相同。



同时，在 [TwoUAVsSimpModeExp.slx](#) 文件中，也可看到无人机的状态反馈量。



4.2 步骤2：两机FullData模式速度控制实验

(1) 双击打开 [TwoUAVsFullModeExpSILRun.bat](#) 即可自动启动RflySim3D、CopterSim、QGroundControl软件，等待所有CopterSim的状态框中显示：PX4:GPS 3D fixed & EKF initialization finished。



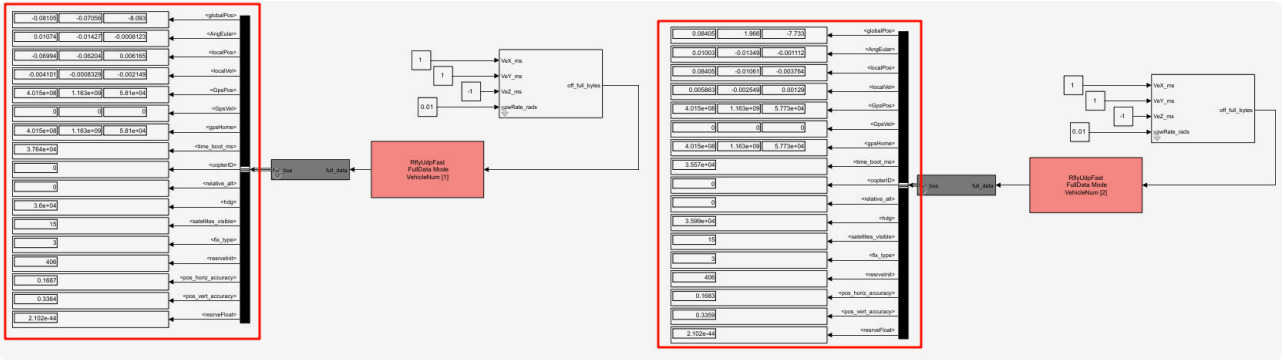
(2) 在MATLAB中打开 [TwoUAVsFullModeExp.slx](#) 文件，该文件中定义了2架无人机通过 Offboard模式下的地球坐标系（北东地）速度接口按照[1,1, -1]进行飞行50s，点击上方运行按钮。



(3) 即可在RflySim3D中显示无人机两架无人机正常起飞并开始飞行，在RflySim3D窗口下按下"D"即可看到飞机的状态量，如下图所示，状态量与Simulink中设置的期望速度相同。

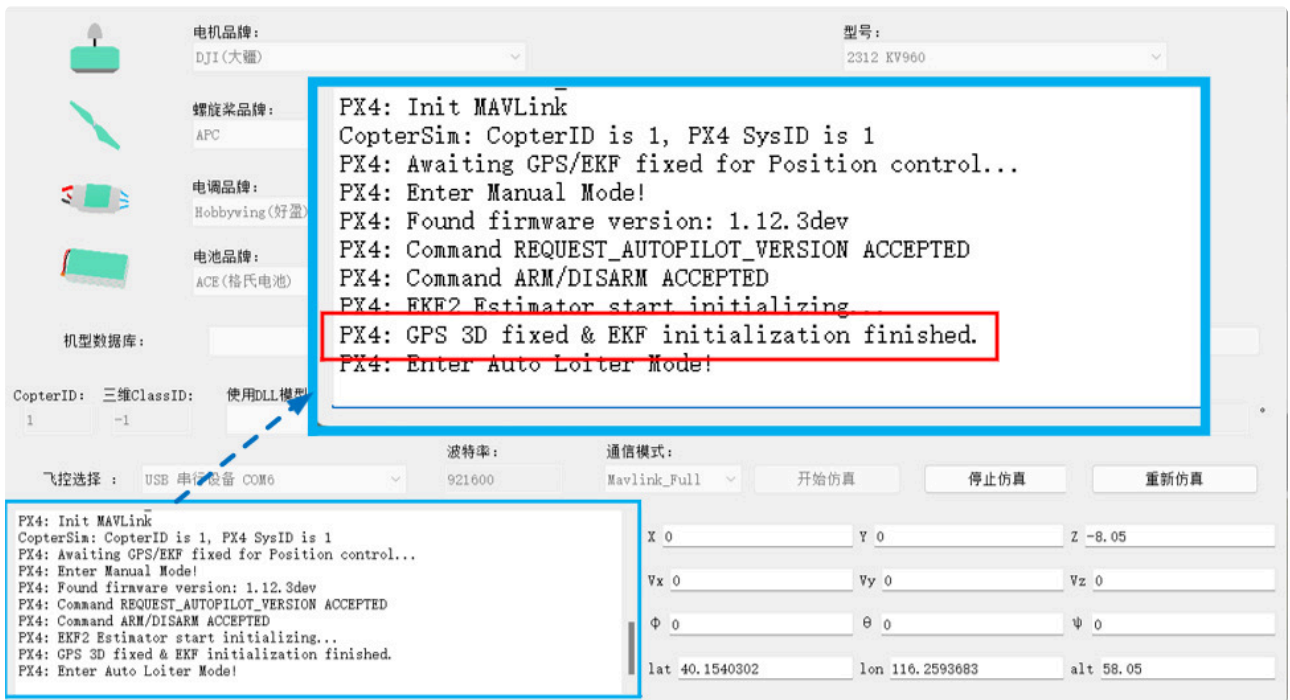


同时，在TwoUAVsFullModeExp.slx文件中，也可看到无人机的状态反馈量。



4.3 步骤3：四机多种模式控制实验

(1) 双击打开FourUAVsVelCtrlExpSILRun.bat即可自动启动RflySim3D、CopterSim、QGroundControl软件，等待所有CopterSim的状态框中显示：PX4:GPS 3D fixed & EKF initialization finished。



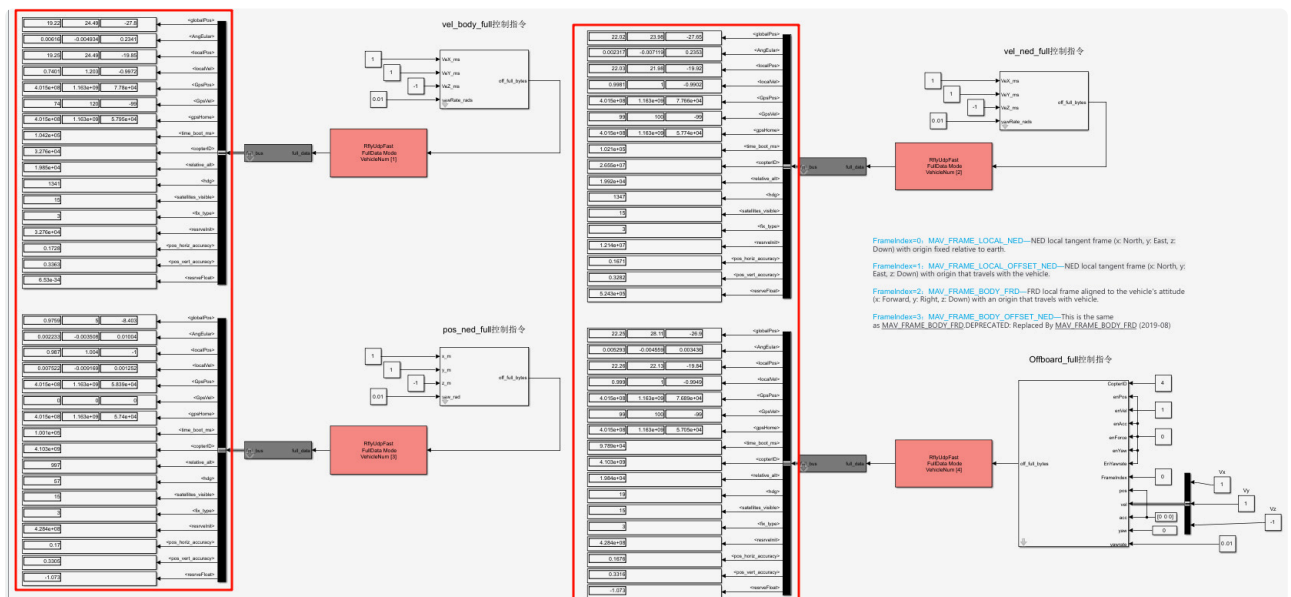
(2) 在MATLAB中打开FourUAVsVelCtrlExp.slx文件，该文件中定义了4架无人机通过Offboard模式发送指定的指令，具体定义如下：

- 1号飞机：Offboard下机体坐标系速度[1,1,-1];
- 2号飞机：Offboard下地球坐标系（北东地）速度[1,1,-1];
- 3号飞机：Offboard下地球坐标系（北东地）位置[1,1,-1];
- 4号飞机：Offboard下地球坐标系（北东地）速度[1,1,-1];

点击上方运行按钮。



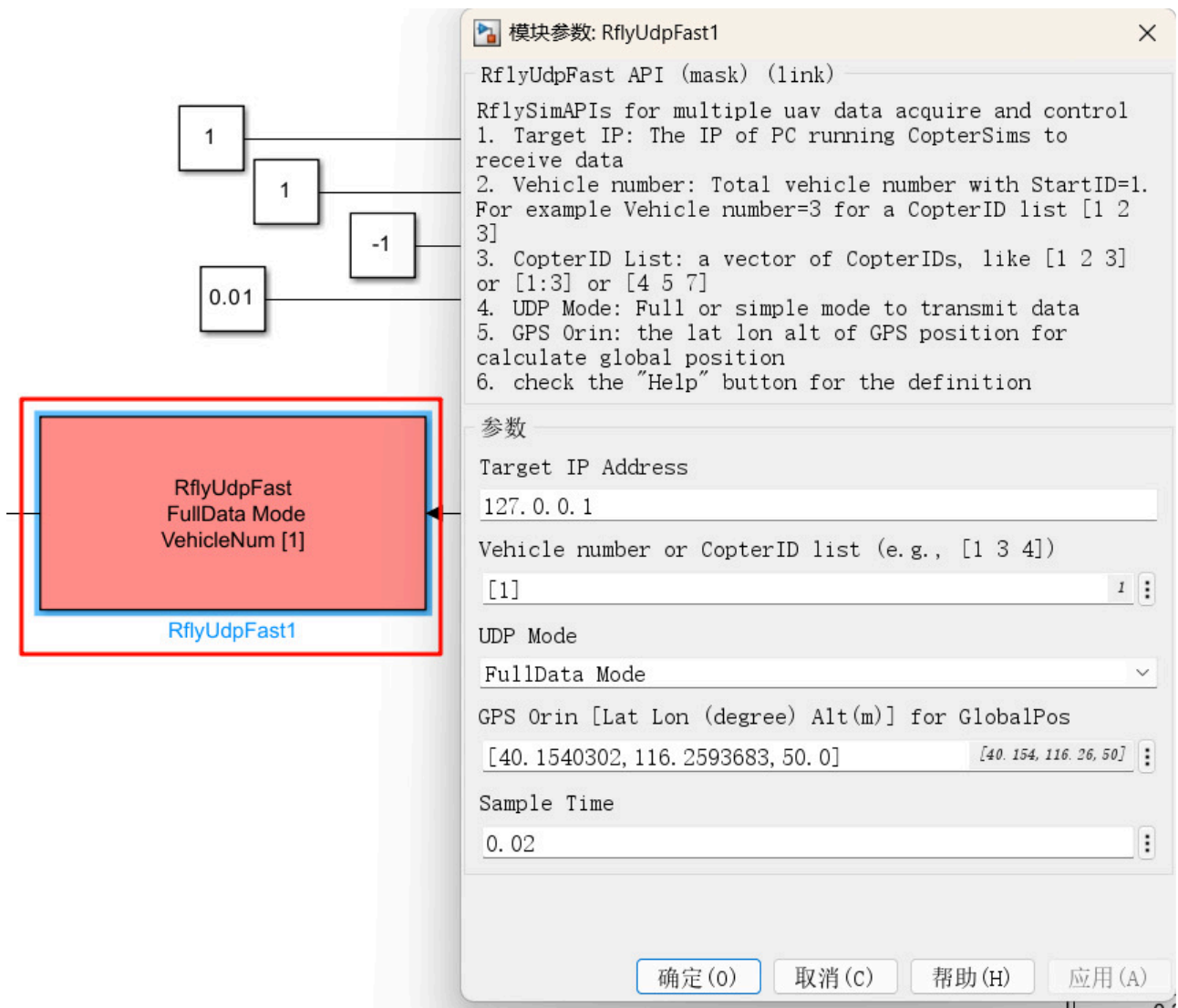
(3) 即可在RflySim3D中显示无人机两架无人机正常起飞并开始飞行，在RflySim3D窗口下按下"D"即可看到飞机的状态量，按下"S"即可看到飞机的编号，如下图所示，状态量与Simulink中设置的期望速度相同。



5. 关键知识点

关键知识点1: RflyUdpFast模块

RflyUdpFast模块提供了两种UDP Mode (通信模式), 分别为FullData Mode和SimpleData Mode, 其中Full模式数据更全, 但是数据量较大, 适合少量飞机时的仿真与控制; Simple模式数据更精简, 适合大规模集群时的控制。本例程前三个飞机使用FullData Mode, 后三个飞机使用SimpleData Mode。



The screenshot shows the 'RflyUdpFast1' module parameter dialog box. The dialog is titled '模块参数: RflyUdpFast1'. It contains the following information:

- RflyUdpFast API (mask) (link)**
 - RflySimAPIs for multiple uav data acquire and control
 - 1. Target IP: The IP of PC running CopterSims to receive data
 - 2. Vehicle number: Total vehicle number with StartID=1. For example Vehicle number=3 for a CopterID list [1 2 3]
 - 3. CopterID List: a vector of CopterIDs, like [1 2 3] or [1:3] or [4 5 7]
 - 4. UDP Mode: Full or simple mode to transmit data
 - 5. GPS Orin: the lat lon alt of GPS position for calculate global position
 - 6. check the "Help" button for the definition
- 参数**
 - Target IP Address: 127.0.0.1
 - Vehicle number or CopterID list (e.g., [1 3 4]): [1]
 - UDP Mode: FullData Mode
 - GPS Orin [Lat Lon (degree) Alt(m)] for GlobalPos: [40.1540302, 116.2593683, 50.0]
 - Sample Time: 0.02

The dialog also includes buttons for '确定(O)', '取消(C)', '帮助(H)', and '应用(A)'.

关键知识点2: IP Address

需要控制飞机的CopterSim所在电脑的IP地址, 通常情况下, 取本机地址"127.0.0.1"即可。如果要在本电脑上控制另一台电脑上的CopterSim, 则可以在此处填入目标电脑的IP地址。

关键知识点3: Vehicle Number (飞机数量)

Vehicle number飞机数量表示需要连接的CopterSim数量，该模块的输入输出端口数量由该选项控制，如果输入10，则模块会自动生成10对输入输出接口。

关键知识点4: CopterID List (飞机ID列表)

用一个向量表示，本模块一共仿真多少个飞机（向量长度），每个飞机的序号是多少（向量数值）

例如，[1:5] 等于 [1 2 3 4 5] 表示前五个飞机，或者[6:10]，或者[1 3 5 6]

关键知识点5: UDP Mode (通信模式)

和CopterSim界面上的"通信模式"下的UDP_Full和UDP_Simple相对应。Full模式数据更全，但是数据量较大，适合少量飞机时的仿真与控制；Simple模式数据更精简，适合大规模集群时的控制。

A. FullData完整模式

模块输入为15维的double型向量，具体定义（实现MAVLink的Offboard消息）如下

第1维: time_boot_ms; %当前时间戳（填0即可，目前没有使用）

第2维: copterID; %飞机ID（填1即可，目前没有使用）

第3维: type_mask; %输入控制模式（同Offboard定义）

第4维: coordinate_frame; %坐标系模式（同Offboard定义）

第5~15维: ctrl[11];

%分别对应了3维的期望位置pos,3维的期望速度vel, 3维的期望加速度acc, 1维的期望偏航角yaw, 1维的期望偏航角速度yawRate。（同Offboard定义）

模块输出为28维的double型向量（全部转发自Pixhawk内部滤波值），具体定义如下

第1~3维: gpsHome[3];

%Home点（上电之后不会变）的经纬高坐标，经纬度需要除以1e7才能得到度为单位的经纬度，高需要除以1e3才能得到m为单位的高（向上为正）

第4~6维: AngEular[3]; %Pixhawk估计得到的姿态欧拉角，单位弧度

第7~9维: localPos[3];

%Pixhawk估计得到的以gpsHome为原点的相对北东地位置向量, 单位m, z轴向下为正

第10~12维: localVel[3]; %北东地的运动速度向量, 单位m/s

第13~15维: GpsPos[3]; %实时的GPS位置, 单位和gpsHome相同, 但是会实时变化

第16~18维: GpsVel[3]; %GPS速度, 需要除以100得到m/s为单位的速度

第19维: time_boot_ms; %上电时间

第20维: copterID; %飞机ID

第21维: relative_alt; % GPS相对高度, 需要除以1000得到m为单位的高度, 向上为正

第22维: hdg; % GPS航向角, 需要除以1000得到0~360度范围的角度

第23维: satellites_visible; %可见卫星数量

第24维: fix_type; %定位精度

第25维: resrvelnit; % int类型的保留位

第26维: pos_horiz_accuracy; %水平定位精度, 单位m

第27维: pos_vert_accuracy; %竖直定位精度, 单位m

第28维: resrveFloat; % float型保留位, 未被启用

第29-31维: GlobalPos [3]; %

CopterSim全局位置, 单位m。根据飞机的GPS坐标解算得到, 以Ue地图的坐标中心为原点, 使用多机控制时, 应该使用本接口。

B. SimpleData精简模式

输入为5维的double型向量, 具体定义 (实现MAVLink的Offboard消息) 如下

第1维: ctrlMode; %第一位为标志位, 0: 表示地球速度控制模式Earth Vel; 1: 机体速度控制模式Body Vel; 2: 地球位置控制模式Earth Pos; 3: 机体位置控制模式Body Pos

第2~5维: 如果ctrlMode

=0, 则这四维对应了地球坐标系 (以解锁时的位置) 下的vx,vy,vz 速度+

yawRate偏航速率信号; 如果ctrlMode

=1, 则这四维对应了机体坐标系 (以解锁时机体姿态和位置) 下的vx,vy,vz 速度+

yawRate偏航速率信号; 如果ctrlMode

=2, 则这四维对应了地球坐标系（以解锁时的位置为原点）下的x,y,z位置+yaw偏航信号；如果ctrlMode=3, 则这四维对应了机体坐标系（以解锁时机体姿态和位置）下的x,y,z位置+yaw偏航信号。

一般ctrlMode=0比较多，直接给定全局速度做轨迹控制。如果做位置和速度的切换，需要实时修改ctrlMode的值，并调整第2~5维信号的定义。

注：如果ctrlMode<0 则不会发送控制指令。

输出为12维double型的向量，顺序定义如下

第1~3维： GlobalPos [3]; %

CopterSim全局位置，单位m。根据飞机的GPS坐标解算得到，以Ue地图的坐标中心为原点，使用多机控制时，应该使用本接口。

第4~6维： AngEular[3]; % Pixhawk估计得到的姿态欧拉角，单位弧度

第7~9维： localPos[3]; %

Pixhawk估计得到的，以gpsHome为原点的相对北东地位置向量，单位m，z轴向下为正。本接口以每个飞机的各自上电GPS坐标为原点，在集群仿真时，不应该直接使用本接口，因为所有飞机起飞时，localPos都是0，但是初始位置在地图上时有区别的。

第10~12维： localVel[3]; % 北东地的运动速度向量，单位m/s。

关键知识点6：GPS Orin（GPS坐标原点）

GPS坐标原点，本值用于解算每个飞机的GlobalPos，通过收到数据的当前GPS坐标，根据统一的GPS坐标原点，可以得到相对坐标原点的xyz坐标，这个坐标就是GlobalPos，和CopterSim软件上的PosE是一致的，对应地图上的全局坐标。

关键知识点7：Sample Time（采样时间）

Sample Time采样时间，该时间应该与Simulink仿真时间对应。

6.参考资料

1. [RflySim官方文档](#)
2. [PX4开发指南](#)

7. 常见问题

Q1: 为什么在RflySim3D中看不到无人机飞行?

A1: 请检查CopterSim是否已成功连接到RflySim3D, 确认所有CopterSim的状态框中显示"PX4:GPS 3D fixed & EKF initialization finished", 并且Simulink模型正在运行。

Q2: 如何区分不同无人机的控制模式?

A2: 在Simulink模型中, RflyUdpFast模块的UDP Mode参数决定了无人机使用的控制模式。FullData模式适用于少量飞机的精确控制, SimpleData模式适用于大规模集群控制。

Q3: 如何修改无人机的期望位置或速度?

A3: 根据所使用的控制模式修改Simulink模型中的输入信号。对于FullData模式, 修改15维向量的对应分量; 对于SimpleData模式, 修改控制模式标志位和对应的5维向量。

1. <https://rflysim.com/> ↩

2. 推荐配置请见: <https://rflysim.com/doc/zh/HowToInstall.pdf> ↩