

1. 实验名称及目的

1.1 实验名称

RflySim集群Simulink-RflyUdpMavlink接口实验

1.2 实验目的

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

1.3 关键知识点

RflyUdpMavlink模块

1. Base IP Address

需要控制飞机的IP地址，通常情况下要取实际局域网中，飞机对应的IP地址。注意：所有飞机应该提前配置静态IP，确保IP规则保持基准IP自+1的模式。例如，基准IP是191.168.151.101，那么1号飞机是191.168.151.101，而5号飞机是191.168.151.105。

2. IP列表，可以指定每个飞机的IP地址。注意，IP列表用过和飞机ID列表相对应。

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。

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]

5. Base Udp

Port：每个飞机的mavlink通信端口，这个端口号要提前在每个飞机上设定，并约定好是基

准端口号自+1的形式。注意：基准端口是15501，则1号飞机需设置成mavlink发送端口15501，而5号端口需设置发送端口15505。

6.

RealflyMode：是否启用真机模式，如果勾选，就会使用上面介绍的IP和端口规则。如果不勾选，则默认使用RflySim平台的端口和Ip规则，即IP地址不会变，端口会自+2。例如，IP地址取127.0.0.1，端口取20100，就会得到和RflyUdpRaw模块一样的效果。

HighLevelMode模式控制模块

模式控制模块在仿真与实飞下使用完全相同，如图

2所示。“模式控制”模块是为初学者进行基本的飞行控制提供一些安全保障，例如在没有切换到Flying模式前，飞机不会接收用户设置的位置和偏航等值，这样即使用户没有按正确操作复原位置也不会在起飞时就发生异常。设计该模块时，同时考虑了兼容一些用户未来可能增长的需求。如初学者用户可能只需要进行位置控制，但随着学习的不断加深，需要进行速度和加速度控制，该模块也支持速度和加速度控制。“模式控制”模块包含5个输入和一个总线输出。

指令输入cmd。指令输入必须通过“模式切换”模块生成。该模块会对输入的命令进行进一步加工，以使得系统更加稳定可靠。如发送Offboard指令、解锁指令、上锁指令，理论上只需要发送一次。但实际发送过程中可能出现丢包等现象，当指令需要发送多次。但如果指令发送的频率过高，可能导致网络拥塞或者触发飞控故障。该模块默认情况下会按1s的时间间隔发送指令，这样既可以保证指令发送的可靠性，又不会造成网络拥塞。结合“模式切换”模块，当旋钮放置在某个模式时，意味着用户想发送该指令。首次将旋钮切换到相应模式时，会立即发送一次指令，下一次发送指令会在1s之后。另一方面，该模块会根据指令的情况决定控制量的值。例如在非Flying模式下，不会接收外部输入的期望位置或速度等。

控制模式mode。当前仅支持三种控制模式，当mode=1时，处于位置模式，输出总线中xd、yd、zd和yawd有效。当mode=2时，处于速度控制模式，输出总线中vxd、vyd、vzd和yawrated有效。当mode=3时，处于加速度控制模式，accxd、accyd、acczd和yawrated有效。

控制输入ctrls。在集群控制中一般期望控制指令尽可能的简短，所以一般情况使用前四位作为输入。但考虑到后期的可扩展性，ctrls总共预留了16维，可支持复杂的控制。用户使用只需指定前4维的值，后面12维指定为0即可。至于前面四维数据如何解析，有mode的值进行控制。如mode=1时，处于位置模式，前四维数据分别解析为xd、yd、zd和yawd。

****起飞高度takeoff_height。****起飞高度是指当用户将“模式切换”模块旋转到起飞时，飞机将自动起飞到的高度。该高度以向下为正，与无人机的NED坐标系兼容。在室内场景下，建议默认高度为1m，即在MATLAB中设置数值为-1。

飞机状态校验是否通过check_pass。在后文即将介绍的RflyUdpMavlink模块中，会自动对无人机的状态进行校验，最终通过一个标志传递给MATLAB程序。check_pass的设计正是为了使用该标志，当无人机没有校验通过时不应该执行任何控制指令。如果check_pass为未通过，该模块的所有输出都将为0。在多机场景下，有一架飞机未校验通过，那么就不会执行任何控制指令。

Offboard PVA模块

Offboard PVA模块在仿真与实飞下使用完全相同，如图 3所示。“Offboard PVA” 模块完整兼容MAVLINK

Offboard控制中的位置、速度、加速度控制，同时支持模拟遥控器信号控制。在集群控制中，常使用四维的控制，所以用户需要指定的输入是四维控制量。

isEnCtrl是否使能控制。该信号可由“模式控制” 模块生成EnableControl，也可自定义。当没有使能控制时该模块所有输出信号都为0。当该模块用作位置控制时，可能需要自定义isEnCtrl而不是使用“模式控制” 模块生成的EnableControl。因为在进入Offboard并解锁后，设为位置0可能让飞机产生运动，这在室内多机时一定有飞机位置不为0。这种情况下，需要在解锁后就使能控制并将飞机当前位置作为指令传递给飞机。所以，在集群控制时建议优先使用速度控制模式，这样上层控制程序更方便操作。

cmd控制指令。该模块一定来自于“模式控制” 模块。该指令传入“Offboard PVA” 模块后，会进一步加工，例如会添加MAVLINK协议中SendPositionTarget相关的标志。

Ctrls四维控制输入。四维控制输入将会被如何解析取决于该模块配置界面的设置。双击该模块可进入配置界面。虽然理论上可以任意勾选各个选项，但为了保持无人机稳定，勾选选项是有约束的。无人机的X、Y、Z和偏航四个自由度中，每个自由度都必须勾选一个量。也就是说，x、vx、ax中必须勾选一个，类似的Y和Z也是如此。对于偏航，必须在yaw和yawrate中选择一个勾选。如果“Simulate Rcc

Direct” 被勾选，那么四维控制信号将被解析为模拟遥控器信号。用户的输入仍然是[-1, 1]，模块会自动映射到1000-2000的PWM波。当使能加速度控制时，如果“Enable Force” 被勾选，那么加速度将被解析为力。

图 3 Offboard PVA控制模块

最后，总结一下该模块的使用要点1) 根据需要在配置界面中勾选合适的控制指令，无人机的X、Y、Z和偏航四个自由度中，每个自由度都必须勾选一个量。2) isEnCtrl在位置控制多机时需要自定义，以保证正确的行为。

2. 实验效果

通过RflySim集群Simulink-RflyUdpRaw接口实现多架无人机Offboard指令。



3. 文件目录

文件夹/文件名称	说明
<OneUAVsMavReal.slx>	单机多种Offboard模式控制模型文件。
<OneUAVsMavRealSILRun.bat>	单机软件在环仿真一键启动脚本。
<ThreeUAVsMavSimp.slx>	3机多种Offboard模式控制模型文件。
<ThreeUAVsMavSimpSILRun.bat>	3机软件在环仿真一键启动脚本。

4. 运行环境

4.1 软件要求

Windows 10及以上版本；RflySim工具链；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_fmu-v6x_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>

4.2 硬件要求

笔记本/台式电脑① 1台。

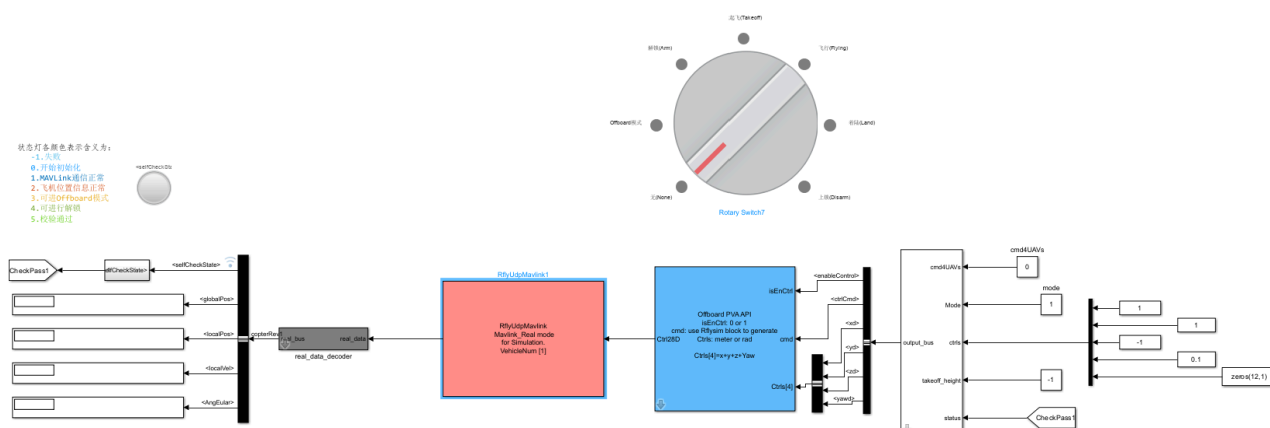
①：推荐配置请见：<https://rflysim.com/>

5. 实验步骤

RflyUdpMavlink接口单机Mavlink_Real模式飞行

(1) 双击打开<OneUAVsMavRealSILRun.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。

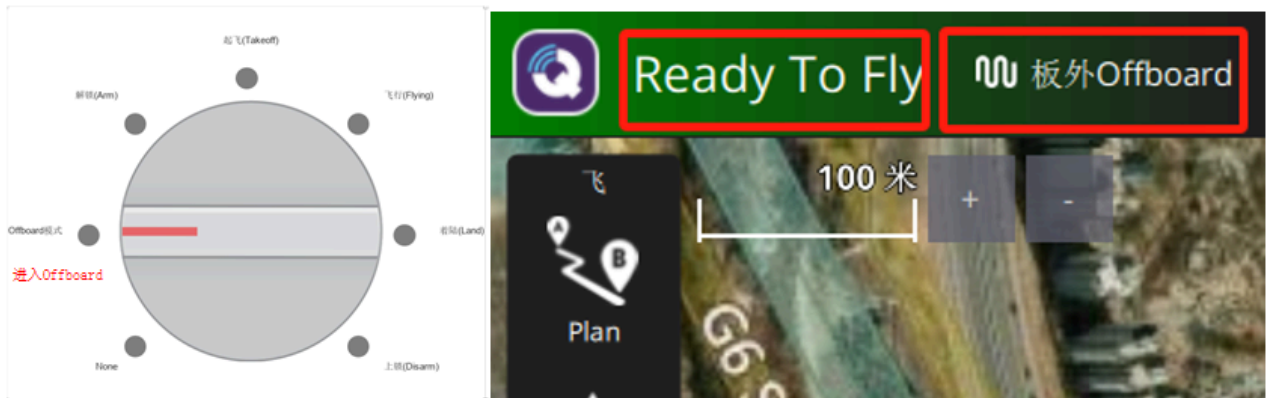
(2) 在MATLAB中打开<OneUAVsMavReal.slx>文件，该文件中定义了1架无人机通过Offboard模式下发送位置指令[1,1,-1]。



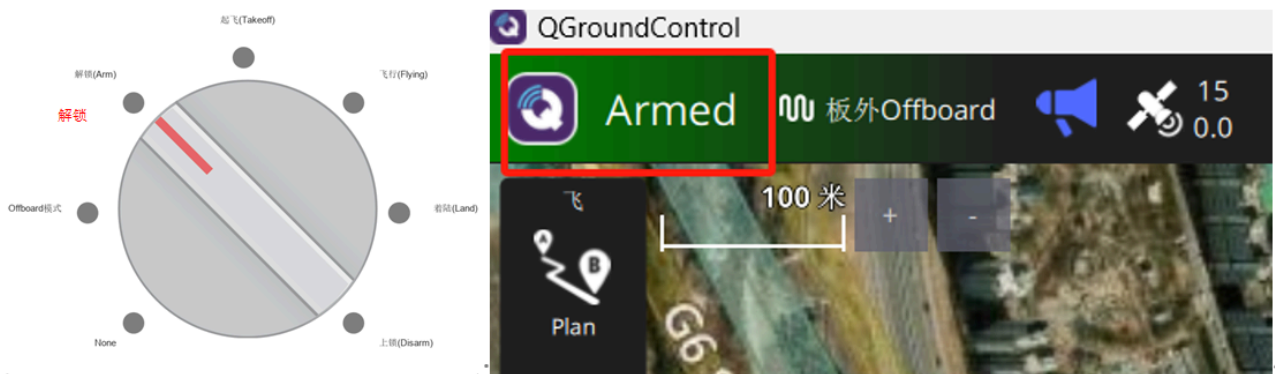
(3) 在Simulink界面上点击“运行”按钮，如下图所示。开始运行Simulink模型，等待所有飞机状态灯变为绿色才可以进行进一步操作。



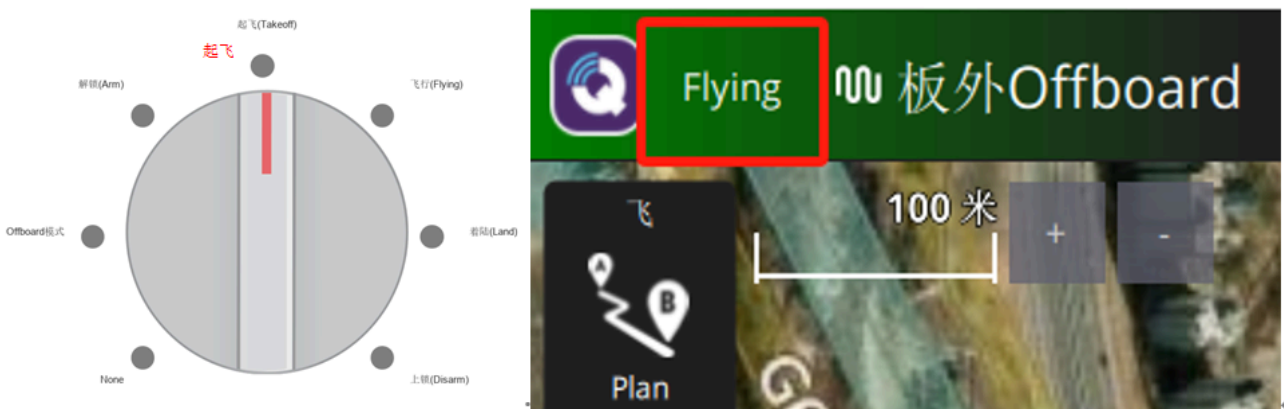
等待状态灯为亮绿色（校验通过），则把模式切换旋钮切至Offboard档，QGC中飞机进入 Ready To Fly 状态，且进入板外Offboard模式。



模式切换旋钮切至解锁(Arm)档，飞机进入Armed状态（解锁状态）。



模式切换旋钮切至起飞(Takeoff)，飞机将起飞并悬停，QGC显示进入Flying状态。



模式切换旋钮切至飞行(Flying)档，QGC显示飞机继续保持Flying状态。

此时可在RflySim3D中看到飞机飞往指定位置[1,1,-1]。在RflySim3D窗口下按下“D”即可看到飞机的状态量。



1 RflyUdpMavlink接口三机Mavlink_Simp模式飞行

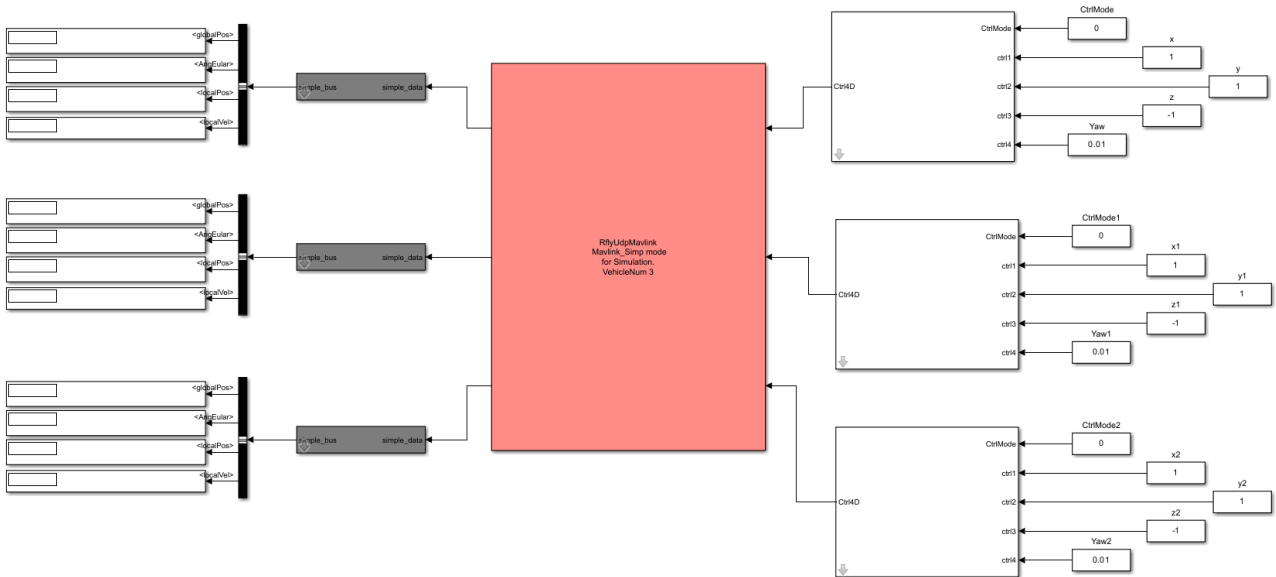
(1) 双击打开<ThreeUAVsMavSimpSILRun.bat>即可自动启动RflySim3D、CopterSim、QGroundControl软件，等待所有CopterSim的状态框中显示：PX4:
GPS 3D fixed & EKF initialization finished。

(2) 在MATLAB中打开<ThreeUAVsMavSimp.slx>文件，该文件中定义了1架无人机通过Offboard模式发送如下指令：

1号飞机：发送地球坐标系（北东地）下速度指令[1,1,-1]；

2号飞机：发送机体坐标系下速度指令[1,1,-1]；

3号飞机：发送地球坐标系（北东地）下位置指令[1,1,-1]。



(3) 在Simulink界面上点击“运行”按钮，如下图所示。开始运行Simulink模型，等待所有飞机状态灯变为绿色才可以进行进一步操作。



(4) 此时可在RflySim3D中看到每架飞机指定的指令开始飞行。在RflySim3D窗口下按下“D”、“S”即可看到飞机的状态量、编号，按下“B”即可切换不同的飞机查看其状态量。



| 6.参考资料

1. 无。

| 7.常见问题

Q1: ***

A1: ***