

| 基于DistSim自定义IP8机实验

| 1. 实验目的

本实验旨在演示和验证基于RflySim平台的分布式仿真系统的工作原理和实施方法。通过该实验，用户可以学习如何在多台计算机上协同运行无人机集群仿真任务，并掌握以下技能：

1. 理解分布式仿真系统的架构设计，包括主节点和从节点的分工协作模式；
2. 学习如何使用Git进行跨节点的代码同步和版本管理；
3. 掌握通过JSON配置文件驱动的仿真系统配置方法；
4. 熟悉基于UDP协议的网络通信配置，实现多机间的仿真相互通信；
5. 了解自动化部署和集中式控制的仿真流程管理技术；
6. 实践无人机集群仿真任务的部署、运行和监控全过程。

通过本实验的学习，用户可以构建和运行复杂的多机协同仿真环境，为实际的无人机集群研发和测试提供有效的仿真平台支持。

| 2. 实验要求

- 软件要求：Windows 10及以上版本；RflySim工具链^[1]。
- 硬件要求：笔记本/台式电脑2，交换机，网线^[2]。

| 3. 实验地址

例程目录：

[\[安装目录\]\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\3.CustExps\e5.DSSwarmCtrls\3.CustIPDS8 UAVs\2.CustIPDS8UAVs](#)

- `./DistSimMasterFlowCtrl.py`：主控制流程脚本，用于控制整个分布式仿真流程
- `./simulation_config.json`：仿真配置文件，定义分布式节点及其执行阶段
- `./Python38Run.bat`：Python运行脚本
- `./LaunchGitBareServer.bat`：启动Git裸仓库服务器，用于代码部署

- ./deploys/PC1：PC1节点文件夹，控制UAV 1-4
- ./deploys/PC1/SITLRunUdpSimple1_4.bat：PC1的SITL运行脚本
- ./deploys/PC1/config.json：PC1节点配置文件，包含节点IP地址
- ./deploys/PC1/OneKeyStartExe.bat：PC1一键启动脚本
- ./deploys/PC1/CloseExe.bat：PC1关闭程序脚本
- ./deploys/PC2：PC2节点文件夹，控制UAV 5-8
- ./deploys/PC2/SITLRunUdpSimple5_8.bat：PC2的SITL运行脚本

4. 实验内容或步骤

此实验需要两台电脑配合完成分布式仿真任务，包括配置IP地址、启动软件在环仿真等步骤。

4.1 步骤1：实验前准备

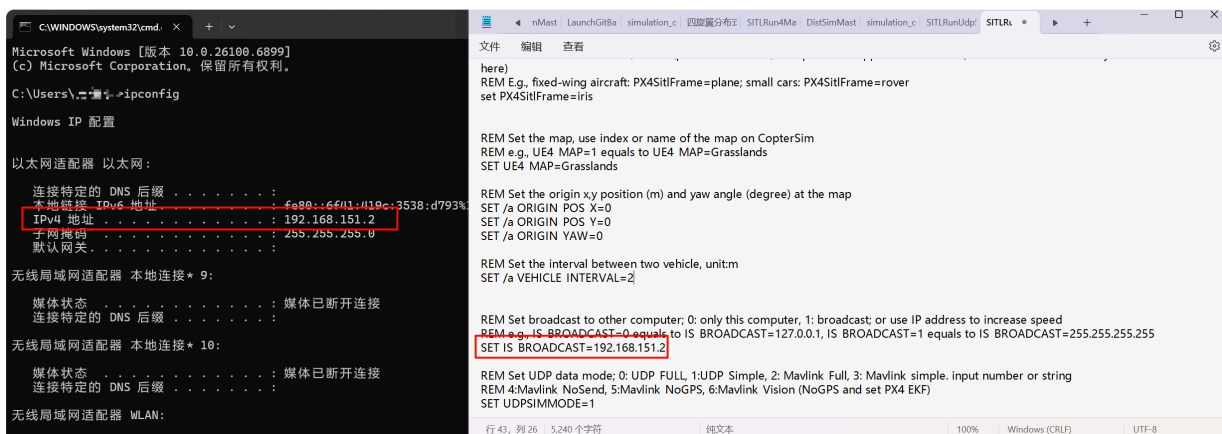
1. 根据

[安装目录]\PX4PSP\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\3.CustExps\e0.CustApiExps\2. DistSimCommAPIExps\1.HelloWorldTestExp\Readme.pdf"

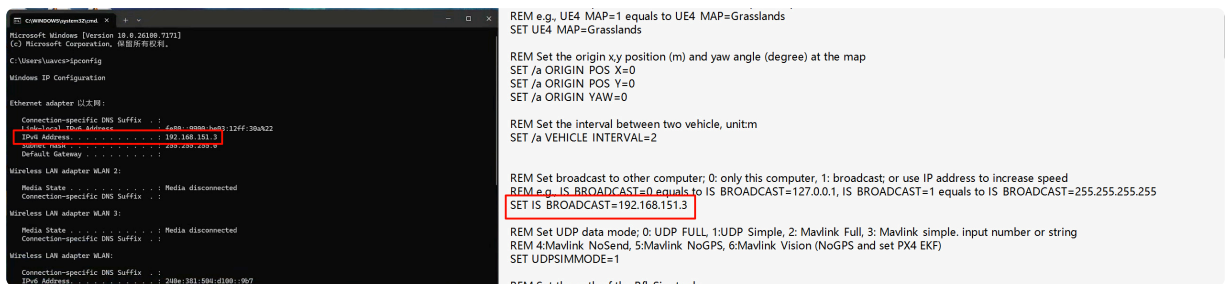
进行配置DistSim软件，保证局域网内电脑可以相互通信，在进行以下操作。

4.2 步骤2：配置IP

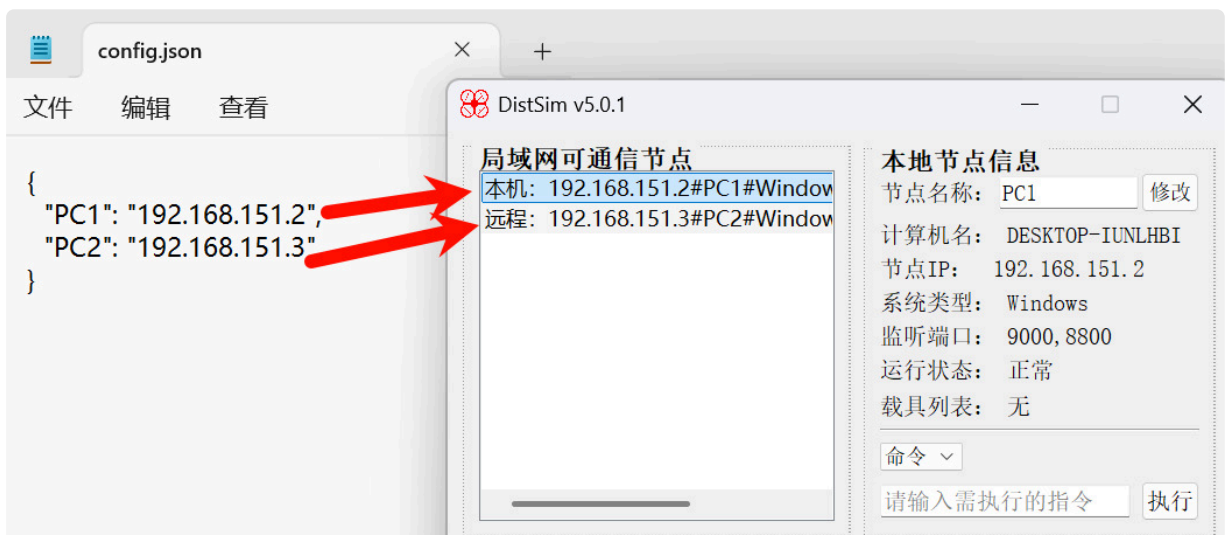
1. 根据步骤1配置成功后，使用电脑A编辑 `deploys\PC1\SITLRunUdpSimple1_4.bat` 脚本，找到 `IS_BROADCAST` 参数，修改为电脑A的局域网IP地址（可通过CMD命令行输入 `ipconfig` 查看IP地址，也可以根据 `distsim` 软件查看本机的节点ip。如果通过使用wifi通信，添加wifi的IP地址，使用以太网，添加以太网IP地址）。



- 使用电脑A编辑 `deploys\PC2\SITLRunUdpSimple5_8.bat` 脚本，找到 `IS_BROADCAST` 参数，修改为电脑B的局域网IP地址（可通过CMD命令行输入 `ipconfig` 查看IP地址，也可以根据 `distsim` 软件查看本机的节点ip。如果通过使用wifi通信，添加wifi的IP地址，使用以太网，添加以太网IP地址）。

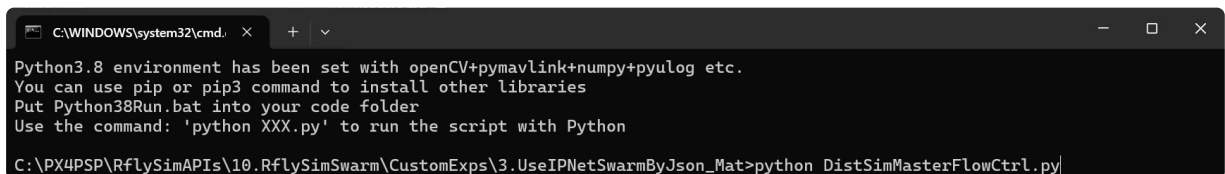


- 使用电脑A打开 `deploys\PC1\config.json` 修改PC1和PC2的ip地址，这里的地址要与修改的 `SITLRunUdpSimple` 脚本对应，`SITLRunUdpSimple1_4.bat`的ip与PC1对应，`SITLRunUdpSimple2_4.bat`的ip与pc2d。



4.3 步骤3：启动软件在环实验

- 打开 `Python38Run.bat` 输入 `python DistsimMasterFlowCtrl.py` 文件并运行。



- 等待执行到部署或重新部署各节点，输入Y，回车运行。

```

C:\WINDOWS\system32\cmd. x + v
Python3.8 environment has been set with openCV+pymavlink+numpy+pyulog etc.
You can use pip or pip3 command to install other libraries
Put Python38Run.bat into your code folder
Use the command: 'python XXX.py' to run the script with Python

C:\PX4PSP\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\CustomExps\3.UseIPNetSwarmByJson_Mat>python DistSimMasterFlowCtrl.py
HostIP is 192.168.31.75
2025-11-19 17:49:17.721: [PC1]执行指令: start /wait %PSP_PATH%\RflySimAPIs\RflySimSDK\swarm\distsim\UdpPortFree.bat 4
2025-11-19 17:49:21.723: [PC2]执行指令: start /wait %PSP_PATH%\RflySimAPIs\RflySimSDK\swarm\distsim\UdpPortFree.bat 8
2025-11-19 17:49:24.418: 预处理: 释放参与分布式仿真的节点已被占用的仿真资源(软件、端口)...
2025-11-19 17:49:24.418: 阶段1, 开始部署...
将重新部署各节点, 若有修改数据, 请先保存备份, 是否要继续? (Y/N): Y
2025-11-19 17:50:25.244: [PC1]执行指令: start LaunchGitBareServer.bat

```

3. 会在电脑A打开4个CopterSim 1个QGC, 1个RflySim 3D, 电脑B打开4个CopterSim, 1个RflySim 3D, 会自动检测所有CopterSim信息栏完成初始化。

```

C:\WINDOWS\system32\cmd. x + v
C:\PX4PSP\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\CustomExps\3.UseIPNetSwarmByJson_Mat>python DistSimMasterFlowCtrl.py
HostIP is 192.168.31.75
2025-11-19 17:55:34.603: [PC1]执行指令: start /wait %PSP_PATH%\RflySimAPIs\RflySimSDK\swarm\distsim\UdpPortFree.bat 4
2025-11-19 17:55:38.701: [PC2]执行指令: start /wait %PSP_PATH%\RflySimAPIs\RflySimSDK\swarm\distsim\UdpPortFree.bat 8
2025-11-19 17:55:41.584: 预处理: 释放参与分布式仿真的节点已被占用的仿真资源(软件、端口)...
2025-11-19 17:55:41.584: 阶段1, 开始部署...
将重新部署各节点, 若有修改数据, 请先保存备份, 是否要继续? (Y/N): Y
2025-11-19 17:55:47.057: [PC1]执行指令: start LaunchGitBareServer.bat
2025-11-19 17:55:52.089: [PC1]执行指令: python %PSP_PATH%\RflySimAPIs\RflySimSDK\swarm\distsim\clone_git_last_version.py
git://192.168.151.2/PC1 PC1
2025-11-19 17:55:54.574: [PC2]执行指令: python %PSP_PATH%\RflySimAPIs\RflySimSDK\swarm\distsim\clone_git_last_version.py
git://192.168.151.2/PC2 PC2
2025-11-19 17:55:55.799: 阶段2, 启动仿真...
2025-11-19 17:55:55.801: [PC1]执行指令: start PC1\SITLRunUdpSimple1_4.bat
2025-11-19 17:55:55.841: [PC2]执行指令: start PC2\SITLRunUdpSimple5_8.bat
2025-11-19 17:55:57.875: 阶段3, 进行参与仿真的CopterSim状态检测...
2025-11-19 17:56:02.876: 正在检测局域网内的CopterID: [ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ]
GetUe4EKFFinit listening on 224.0.0.10:20009, Start check the 3DFixed Status.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 5 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 6 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 7 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 8 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 1 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 2 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 3 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 4 is GPS3DFixed.
All CopterSim is GPS3DFixed. Now we can start the simulation.
2025-11-19 17:56:42.904: 阶段4, 启动仿真对象控制脚本...
2025-11-19 17:56:42.904: [PC1]执行指令: start PC1\OneKeyStartExe.bat
2025-11-19 17:56:44.951: 阶段5, 进入用户操作...

```

4. 所有CopterSim节点初始化完成, 会运行MATLAB控制程序。

```

C:\WINDOWS\system32\cmd. x + v
C:\PX4PSP\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\CustomExps\3.UseIPNetSwarmByJson_Mat>python DistSimMasterFlowCtrl.py
HostIP is 192.168.31.75
2025-11-19 17:55:34.603: [PC1]执行指令: start /wait %PSP_PATH%\RflySimAPIs\RflySimSDK\swarm\distsim\UdpPortFree.bat 4
2025-11-19 17:55:38.701: [PC2]执行指令: start /wait %PSP_PATH%\RflySimAPIs\RflySimSDK\swarm\distsim\UdpPortFree.bat 8
2025-11-19 17:55:41.584: 预处理: 释放参与分布式仿真的节点已被占用的仿真资源(软件、端口)...
2025-11-19 17:55:41.584: 阶段1, 开始部署...
将重新部署各节点, 若有修改数据, 请先保存备份, 是否要继续? (Y/N): Y
2025-11-19 17:55:47.057: [PC1]执行指令: start LaunchGitBareServer.bat
2025-11-19 17:55:52.089: [PC1]执行指令: python %PSP_PATH%\RflySimAPIs\RflySimSDK\swarm\distsim\clone_git_last_version.py
git://192.168.151.2/PC1 PC1
2025-11-19 17:55:54.574: [PC2]执行指令: python %PSP_PATH%\RflySimAPIs\RflySimSDK\swarm\distsim\clone_git_last_version.py
git://192.168.151.2/PC2 PC2
2025-11-19 17:55:55.799: 阶段2, 启动仿真...
2025-11-19 17:55:55.801: [PC1]执行指令: start PC1\SITLRunUdpSimple1_4.bat
2025-11-19 17:55:55.841: [PC2]执行指令: start PC2\SITLRunUdpSimple5_8.bat
2025-11-19 17:55:57.875: 阶段3, 进行参与仿真的CopterSim状态检测...
2025-11-19 17:56:02.876: 正在检测局域网内的CopterID: [ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ]
GetUe4EKFFinit listening on 224.0.0.10:20009, Start check the 3DFixed Status.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 5 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 6 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 7 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 8 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 1 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 2 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 3 is GPS3DFixed.
等待集群所有CopterSim完成初始化..CopterID 4 is GPS3DFixed.
All CopterSim is GPS3DFixed. Now we can start the simulation.
2025-11-19 17:56:42.904: 阶段4, 启动仿真对象控制脚本...
2025-11-19 17:56:42.904: [PC1]执行指令: start PC1\OneKeyStartExe.bat
2025-11-19 17:56:44.951: 阶段5, 进入用户操作...
CopterID list: 1, 2, 3, 4
Udp port list: 20100, 20102, 20104, 20106
Loaded IP for module PC1 from config.json: 192.168.151.2
Loaded IP for module PC2 from config.json: 192.168.151.3
Module Name/Config File: PC2
Loaded IP for module PC2 from config.json: 192.168.151.3
Loaded IP for module PC2 from config.json: 192.168.151.3
** Simulation start and UDP initializing **
* Target UDP IP address is 192.168.151.3
* Start UDP port is 20100
* Total vehicle number is 4
* UDP data transfer mode is 1
CopterID list: 5, 6, 7, 8
Udp port list: 20108, 20110, 20112, 20114
Loaded IP for module PC2 from config.json: 192.168.151.3
Loaded IP for module PC2 from config.json: 192.168.151.3
*** Using a default buffer of size 1024 for logging variable tout
Loaded IP for module PC1 from config.json: 192.168.151.2
bind 192.168.151.2, 20100
bind 192.168.151.2, 20102
bind 192.168.151.2, 20104
bind 192.168.151.2, 20106
Loaded IP for module PC2 from config.json: 192.168.151.3
bind 192.168.151.3, 20108

```

5. 在RflySim 3D中会显示控制程序运行成功。

5. 关键知识点

关键知识点1：分布式仿真架构

本项目采用主从式分布式架构，其中主节点负责集中控制和代码部署，从节点负责运行具体的仿真任务。通过这种架构，可以在多台计算机上分布运行仿真任务，提高系统的可扩展性和性能。

关键知识点2：Git自动化部署机制

项目利用Git作为代码同步和部署工具，通过创建Git裸仓库服务器实现代码的自动推送和拉取。主节点上的代码变更会自动部署到各个从节点，确保所有节点运行相同版本的代码。

关键知识点3：基于JSON的配置管理系统

整个仿真系统的配置通过 `simulation_config.json` 文件进行管理，包括节点定义、阶段划分和执行命令等。该配置文件支持注释，便于理解和维护。

关键知识点4：多阶段仿真控制流程

仿真过程分为6个阶段：部署、启动仿真、状态检测、控制脚本运行、用户操作和结束仿真。每个阶段都可以单独启用或禁用，提供了灵活的流程控制能力。

关键知识点5：UDP网络通信配置

通过在 `SITLRunUdpSimple*.bat` 脚本中配置 `IS_BROADCAST` 参数指定各节点的IP地址，实现基于UDP协议的网络通信。不同节点通过指定的IP地址进行数据交换，支持跨机器仿真。

6. 参考资料

1. [RflySim官方文档](#)
2. [分布式仿真系统说明](#)
3. [软件在环仿真指南](#)

7. 常见问题

Q1: 在运行 `DistSimMasterFlowCtrl.py` 文件时部署代码报错，什么原因？

```
Run Git Command: ['wsl', '-d', 'RflySim-20.04', '-e', 'bash', '-lic', 'git status --porcelain']
成功删除: C:\PX4PSP\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\CustomExps\e4_FourUAVSwarmDistSim\e4_FourUAVSwarmDistSim2win\repos\uavSwarm-win
Run Git Command: ['wsl', '-d', 'RflySim-20.04', '-e', 'bash', '-lic', 'git clone --bare /mnt/c/PX4PSP/RflySimAPIs/10.RflySimSwarm/CustomExps/e4_FourUAVSwarmDistSim/e4_FourUAVSwarmDistSim2win/deploys/uavSwarm-win /mnt/c/PX4PSP/RflySimAPIs/10.RflySimSwarm/CustomExps/e4_FourUAVSwarmDistSim/e4_FourUAVSwarmDistSim2win/repos/uavSwarm-win']
Launch Git Bare Server Success.
Git Server is Running, Do not Close it.
[463] Could not bind to 0.0.0.0: Address already in use
[463] Could not bind to ::: Address already in use
fatal: unable to allocate any listen sockets on port 9418
Launch Git Bare Server Success, Access URL[git://127.0.0.1/xxxx]
C:\PX4PSP\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\CustomExps\e4_FourUAVSwarmDistSim\e4_FourUAVSwarmDistSim2win>
```

A1: 这个报错，不影响实验正常运行，是因为第一次获取代码失败了，在失败后会自动重新获取代码，脚本中是有容错处理的。

I Q2: 在DistSimMasterFlowCtrl.py程序后，在部署代码的cmd命令行出现端口占用如何解决？

```
Run Git Command: ['wsl', '-d', 'RflySim-20.04', '-e', 'bash', '-lic', 'git status --porcelain']
成功删除: C:\PX4PSP\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\CustomExps\e4_FourUAVSwarmDistSim\e4_FourUAVSwarmDistSim2win\repos\uavSwarm-win
Run Git Command: ['wsl', '-d', 'RflySim-20.04', '-e', 'bash', '-lic', 'git clone --bare /mnt/c/PX4PSP/RflySimAPIs/10.RflySimSwarm/CustomExps/e4_FourUAVSwarmDistSim/e4_FourUAVSwarmDistSim2win/deploys/uavSwarm-win /mnt/c/PX4PSP/RflySimAPIs/10.RflySimSwarm/CustomExps/e4_FourUAVSwarmDistSim/e4_FourUAVSwarmDistSim2win/repos/uavSwarm-win']
Launch Git Bare Server Success.
Git Server is Running, Do not Close it.
[463] Could not bind to 0.0.0.0: Address already in use
[463] Could not bind to ::: Address already in use
fatal: unable to allocate any listen sockets on port 9418
Launch Git Bare Server Success, Access URL[git://127.0.0.1/xxxx]

C:\PX4PSP\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\CustomExps\e4_FourUAVSwarmDistSim\e4_FourUAVSwarmDistSim2win>
```

A2: 这个错误是因为端口被其他进程占用，可以通过以下命令查看占用端口的进程：`sudo lsof -i:9418`。如果查询不到端口进程，重新启动端口占用的windows电脑，在重新运行程序。

I Q3: 如何确认网络连接是否正常？

A3: 可以通过ping命令测试两台电脑之间的连通性，同时确保防火墙没有阻止相关端口的通信。另外，可以通过运行简单的网络通信测试来验证UDP通信是否正常。

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