双无人机TF树构建实验

1. 实验目的

本实验旨在学习和实践ROS（Robot Operating System）中的TF（Transform）树构建方法，通过RflySim仿真平台构建双无人机系统的坐标变换关系。实验的主要目的包括：

- 理解TF树在多机器人系统中的作用和意义
- 掌握在ROS环境下构建TF树的基本方法
- 学习如何在双无人机系统中实现坐标变换和空间关系建模
- 了解多无人机系统中传感器数据的坐标系管理
- 掌握使用RflySim平台进行无人机仿真的基本流程
- 理解命名空间（namespace）在多机器人系统中的隔离作用

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1台[2]。

3.实验地址

例程目录：
[安装目录]\RflySimAPIs\8.RflySimVision\2.AdvExps\e15_TFTreeConstruction

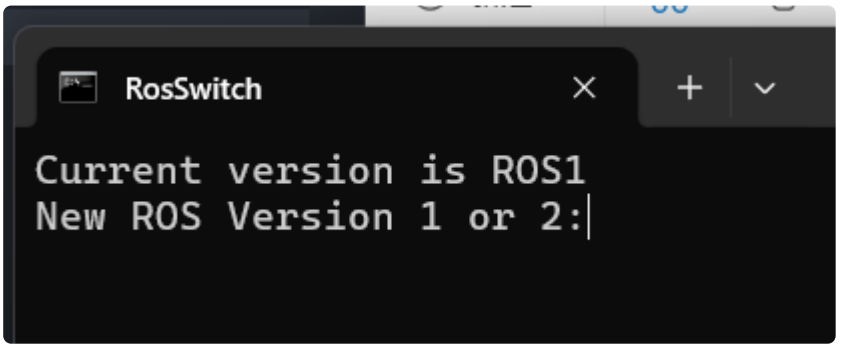
文件目录结构说明(使用代码块格式)：

```
├── Build_src.sh                    # 编译脚本
├── SITLRun.bat                     # 启动SITL仿真环境脚本
├── WinWSL.bat                      # 启动WSL终端脚本
├── WinWSLRunBuildSrc.bat           # 编译源码并启动WSL脚本
├── WinWSLRunTempTry.bat            # 临时运行脚本
├── run_temp_try.sh                 # Linux端运行脚本
├── tf_tree_ws.zip➡️tf_tree_ws/                    # ROS工作空间目录
│   ├── sh/                         # 脚本目录
│   │   ├── kill_ros_pid.sh         # 杀死ROS进程脚本
│   │   └── run_double_uav.sh       # 运行双无人机系统脚本
│   └── src/                        # 源码目录
│       ├── faster_lio/             # Faster-LIO算法包
│       └── sensor_pkg/             # 传感器功能包
│           ├── Config.json         # 传感器配置文件
│           ├── Readme.md           # 传感器包说明文档
│           ├── imu1.py             # 无人机1的IMU数据获取脚本
│           ├── imu2.py             # 无人机2的IMU数据获取脚本
│           ├── lidar.py            # 激光雷达数据获取脚本
│           └── tf_cfg.yaml         # TF配置文件
```

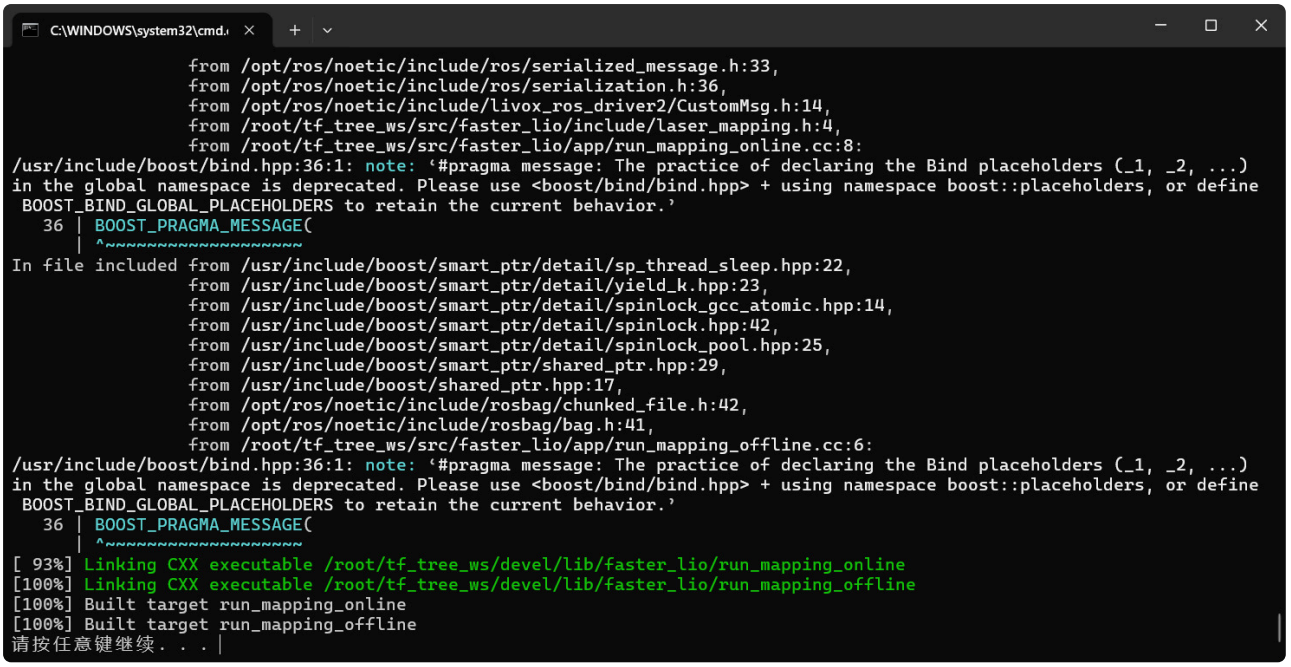
4. 实验内容或步骤

4.1 首次运行编译

首先，请确认WSL子系统为ROS 1环境。可双击`*\Desktop\RflyTools\RosSwitch.lnk`ROS切换脚本，查看显示的是否如下图所示为ROS 1，若不是请输入`1`来切换。



双击运行`WinWSLRunBuildSrc.bat`脚本将复制`tf_tree_ws.zip`压缩包复制到WSL系统的根目录下，并自动开始编译，编译成功后。

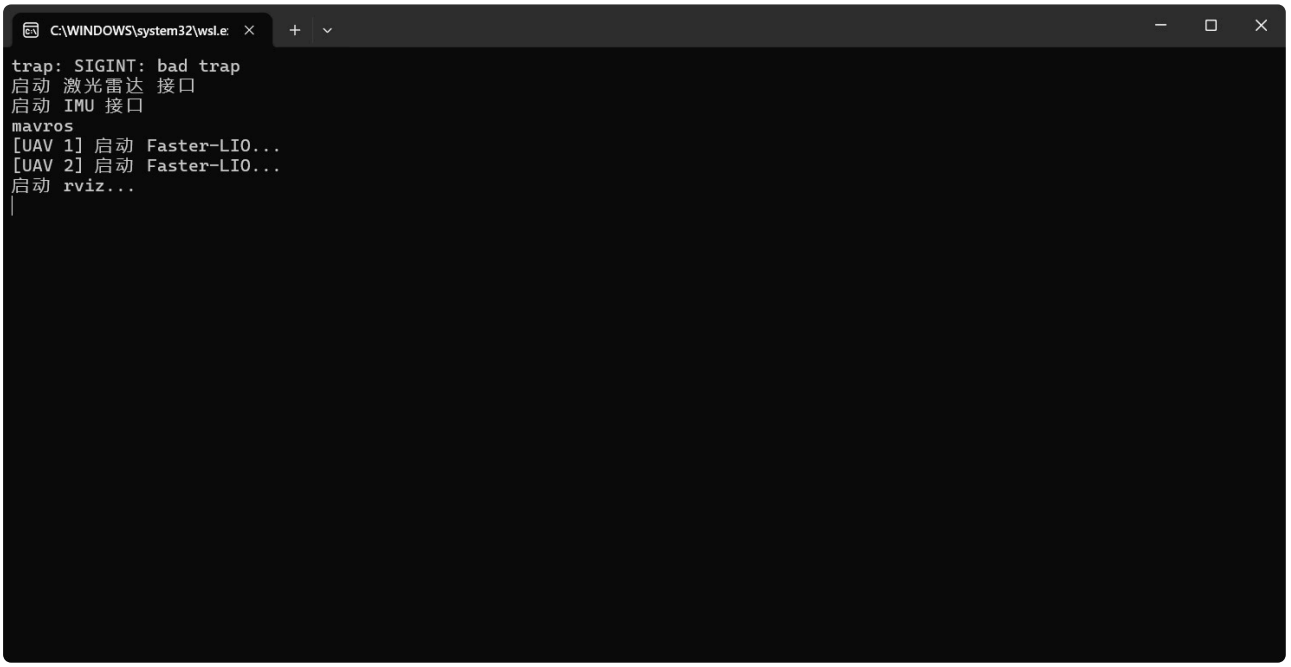


4.2 仿真初始化

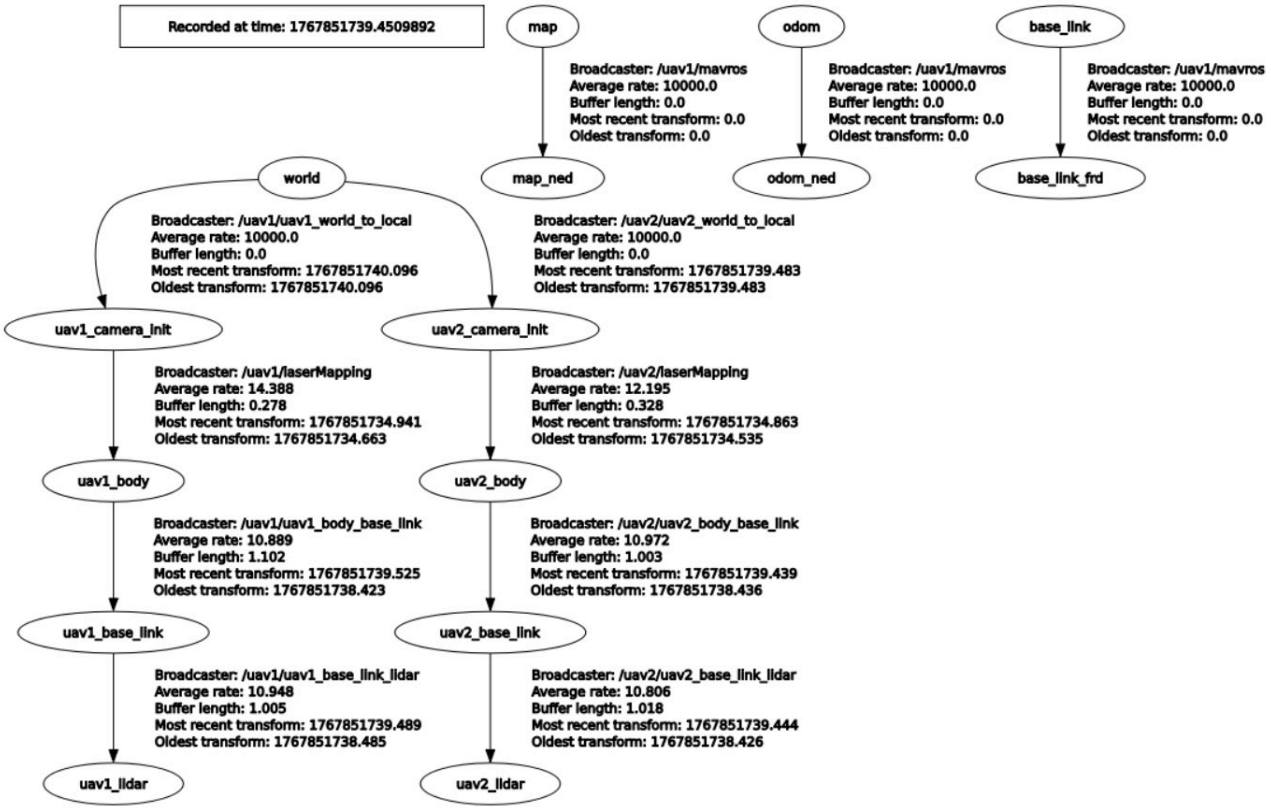
双击 `SITLRun.bat` 脚本将会启动2 个 CopterSim 、1 个 RflySim3D 软件， 等待每个 CopterSim软件启动完成，如下图所示：

4.3 运行程序

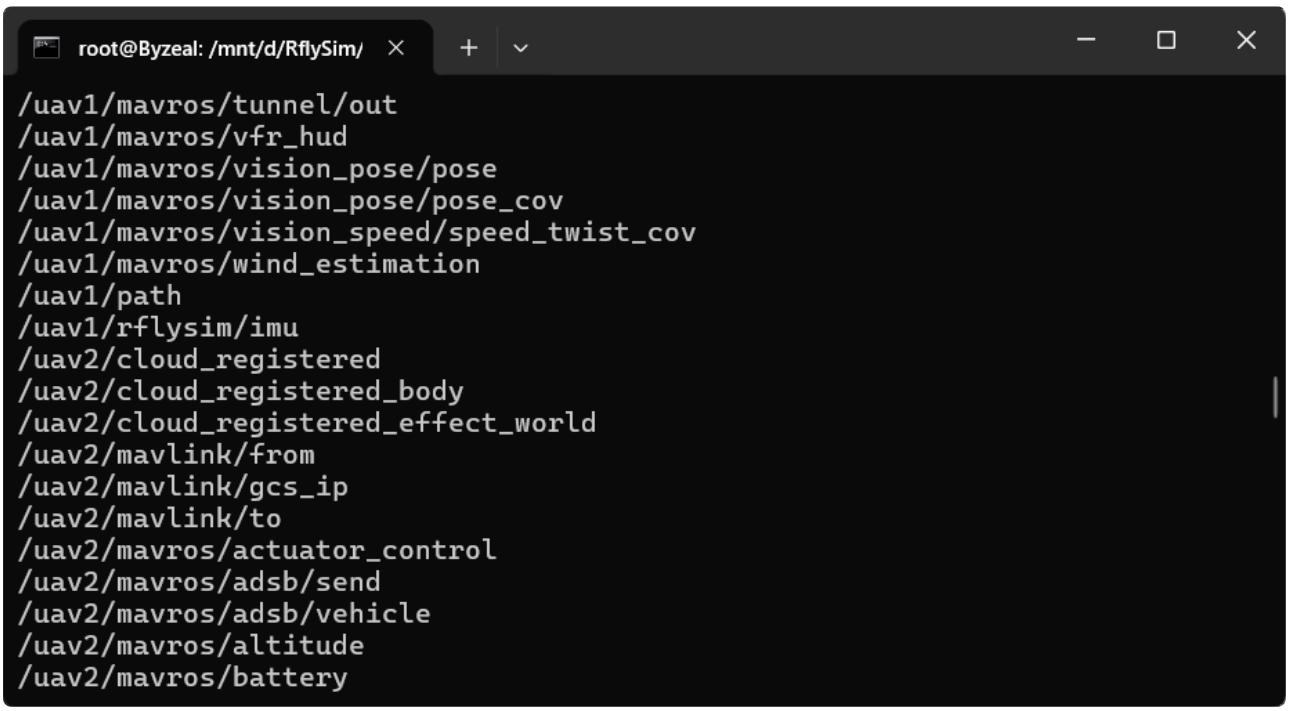
双击运行`WinWSLRunTempTry.bat`脚本，将自动启动所有程序。

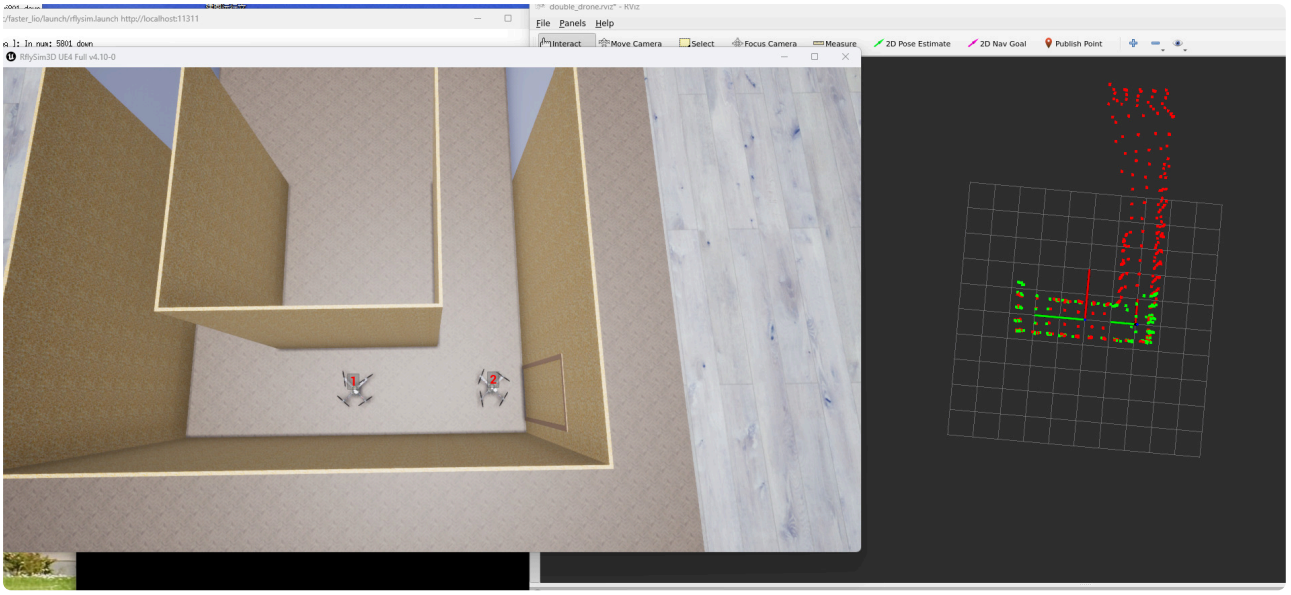


等待几秒可以看到弹出了rqt图形窗口，其中展示了当前的tf_tree；

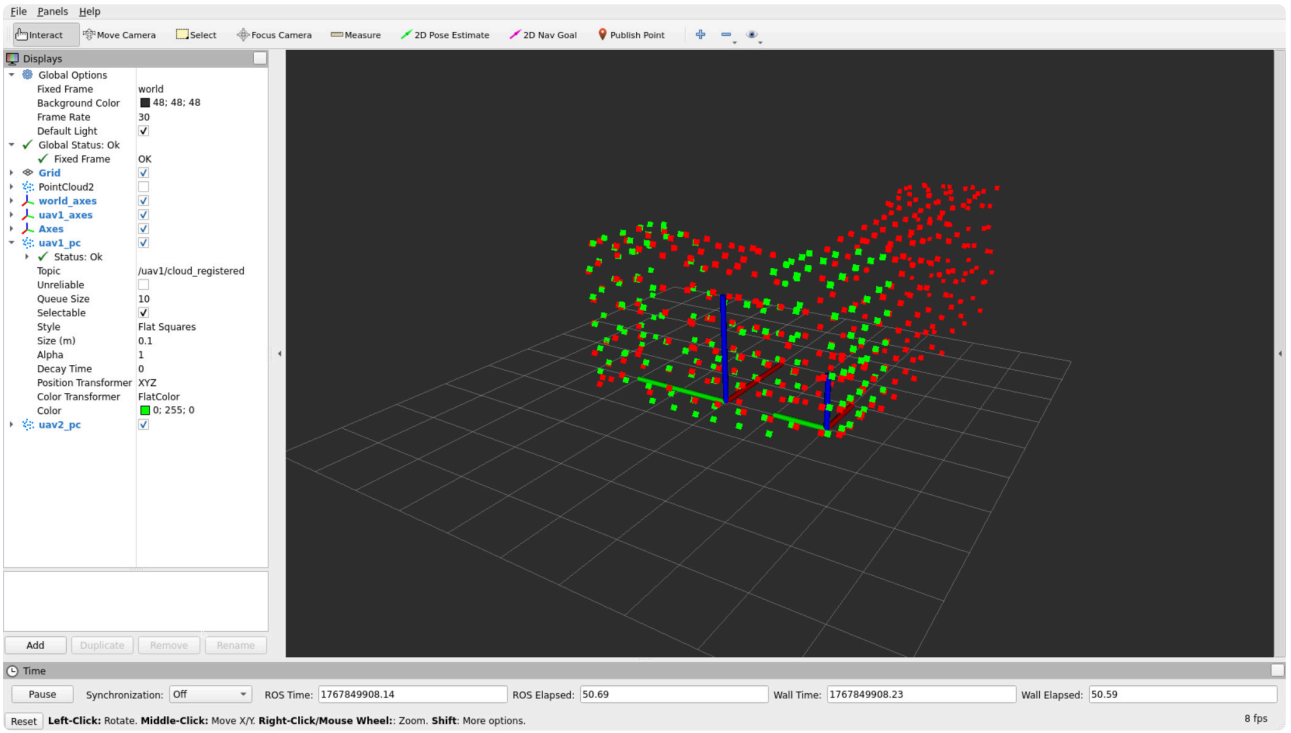


然后，再双击`WinWSL.bat`打开一个终端输入`rostopic list`。可以从打印信息中看到启动了两个mavros，分别在uav1和uav2两个命名空间下。如下图所示：





> 特别说明:程序运行过程中，运行mavros的窗口汇报错误tf连接错误，但是不影响使用。



5. 关键知识点

本实验的核心是构建双无人机系统的TF树，通过ROS的TF（Transform）系统实现坐标变换。整体框架包含两个命名空间（uav1和uav2），每个无人机都具有独立的传感器数据发布系统。

整体思路和框架：

1. 使用RflySim仿真平台提供双无人机SITL仿真环境

2. 通过MAVROS连接仿真无人机与ROS系统
3. 使用Python脚本获取传感器数据并发布到ROS话题
4. 利用TF系统建立各坐标系之间的变换关系

关键Python程序解析：

imu1.py - 无人机1的IMU数据获取脚本：

```
# 启用ROS发布模式
VisionCaptureApi.isEnableRosTrans = True

req = ReqCopterSim.ReqCopterSim()  # 获取局域网内所有CopterSim程序的电脑IP列表
StartCopterID = 1
TargetIP = req.getSimIpID(
    StartCopterID
)  # 获取CopterSim的1号程序所在电脑的IP，作为目标IP
# 注意：如果是本电脑运行的话，那TargetIP是127.0.0.1的本机地址；如果是远程访问，则是192打头的局域网地址。
# 因此本程序能同时在本机运行，也能在其他电脑运行。
# TargetIP = "172.27.144.1"
print(TargetIP)
print("Request CopterSim Send data.")
req.sendReSimIP(StartCopterID)  # 请求回传数据到本电脑

vis = VisionCaptureApi.VisionCaptureApi(TargetIP)

vis.sendImuReqCopterSim(
    StartCopterID, TargetIP
)  # 发送请求，从目标飞机CopterSim读取IMU数据,回传地址为127.0.0.1，默认频率为200Hz
```

此脚本通过VisionCaptureApi接口从CopterSim仿真器获取1号无人机的IMU数据，并启用ROS发布模式，将数据发布到ROS系统中。

imu2.py - 无人机2的IMU数据获取脚本：

```
# 启用ROS发布模式
VisionCaptureApi.isEnableRosTrans = True

req = ReqCopterSim.ReqCopterSim()  # 获取局域网内所有CopterSim程序的电脑IP列表
StartCopterID = 2
TargetIP = req.getSimIpID(
    StartCopterID
)  # 获取CopterSim的2号程序所在电脑的IP，作为目标IP
# 注意：如果是本电脑运行的话，那TargetIP是127.0.0.1的本机地址；如果是远程访问，则是192打头的局域网地址。
# 因此本程序能同时在本机运行，也能在其他电脑运行。
# TargetIP = "172.27.144.1"
print(TargetIP)
print("Request CopterSim Send data.")
req.sendReSimIP(StartCopterID)  # 请求回传数据到本电脑
vis = VisionCaptureApi.VisionCaptureApi(TargetIP)
vis.sendImuReqCopterSim(
    StartCopterID, TargetIP
)  # 发送请求，从目标飞机CopterSim读取IMU数据,回传地址为127.0.0.1，默认频率为200Hz
```

与imu1.py类似，但针对2号无人机获取IMU数据，实现了双无人机系统的数据分离。

lidar.py - 激光雷达数据获取脚本：

```
# 启用ROS发布模式
VisionCaptureApi.isEnableRosTrans = True

req = ReqCopterSim.ReqCopterSim()  # 获取局域网内所有CopterSim程序的电脑IP列表
StartCopterID = 1
TargetIP = req.getSimIpID(
    StartCopterID
)  # 获取CopterSim的1号程序所在电脑的IP，作为目标IP
# 注意：如果是本电脑运行的话，那TargetIP是127.0.0.1的本机地址；如果是远程访问，则是192打头的局域网地址。
# 因此本程序能同时在本机运行，也能在其他电脑运行。
# TargetIP = "172.27.144.1"
print(TargetIP)
print("Request CopterSim Send data.")
req.sendReSimIP(StartCopterID)  # 请求回传数据到本电脑

vis = VisionCaptureApi.VisionCaptureApi(TargetIP)

# VisionCaptureApi 中的配置函数
# vis.jsonLoad() # 加载Config.json中的传感器配置文件
vis.jsonLoad(1)  # 加载Config.json中的传感器配置文件

isSuss = vis.sendReqToUE4(0, TargetIP)
vis.startImgCap()  # 开启取图循环，执行本语句之后，已经可以通过vis.Img[i]读取到图片了
```

此脚本负责获取激光雷达数据，并将其发布到ROS系统中，为后续的SLAM或感知任务提供数据支持。

这些Python脚本共同构成了双无人机系统的传感器数据获取和发布系统，配合tf_cfg.yaml配置文件，形成了完整的TF树结构。

6.参考资料

1. RflySim官方文档
2. ROS官方TF教程： http://wiki.ros.org/tf/Tutorials
3. MAVROS官方文档： https://mavros.readthedocs.io/
4. 无人机协同控制技术文档

7.常见问题

Q1：运行过程中mavros窗口报告tf连接错误，影响使用吗？

A1：根据实验说明，mavros窗口汇报的tf连接错误并不影响整体功能，这是由于系统初始化过程中各节点启动时间差异导致的。在系统完全启动后，tf树会正常建立，可以正常进行实验。

Q2：双击运行脚本后，没有弹出rqt图形窗口怎么办？

A2：首先检查WSL环境是否正确安装ROS，确认tf_tree_ws工作空间已成功编译。其次检查是否正确启动了SITL仿真环境（SITLRun.bat）。如果仍然无法解决，可以在终端中手动运行`roslaunch sensor_pkg tf_tree_view.launch`来启动rqt界面。

Q3：如何确认双无人机的TF树已正确建立？

A3：可以通过以下方式验证：

1. 运行`rosrun tf view_frames`命令生成frames.pdf文件，查看TF树结构
2. 在rqt界面中查看TF树的可视化表示

3. 使用 `rostopic list` 确认/uav1/mavros和/uav2/mavros话题已正确建立
4. 使用 `tf_echo` 命令监听特定坐标系变换是否正常发布

---

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