无人机赛课第3讲

--仿真环境

时间：2021年10月20日

目 录

目 录

1 仿真界面简介

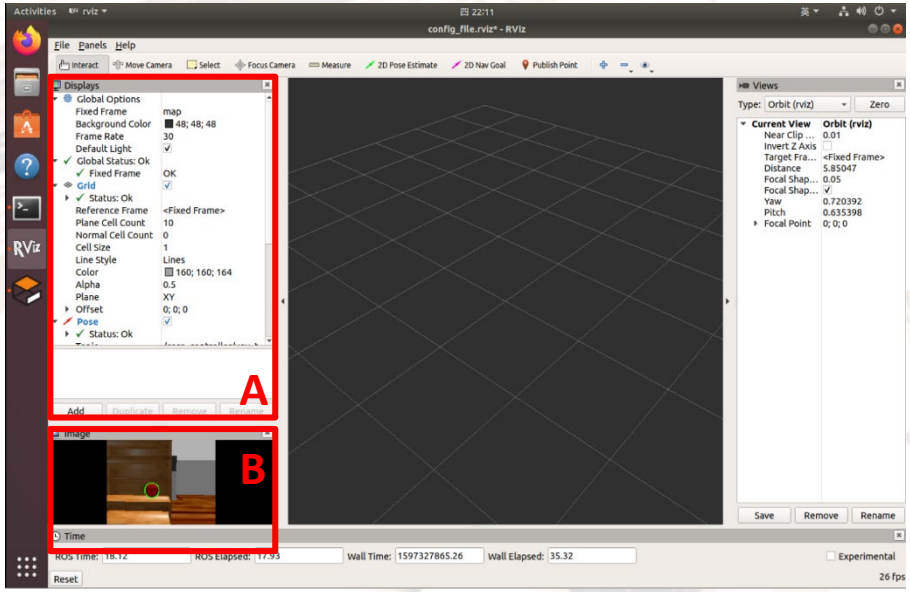
- **环境依赖**
  - 操作系统：Ubuntu 18.04
  - 相关软件：
    - ROS Melodic：机器人操作系统；
    - Gazebo 9.0.0：三维机器人仿真平台，能够模拟室内/室外等各种复杂环境中的机器人；
    - PX4 v1.9.2：自动驾驶仪固件，可用于驱动无人机；
    - MAVLink：消息传输协议，用于地面控制终端（地面站）与无人机之间进行通信。

1 仿真界面简介

- **认识仿真界面**
  - 配置好仿真环境后，可以运行如下命令，先认识仿真界面：

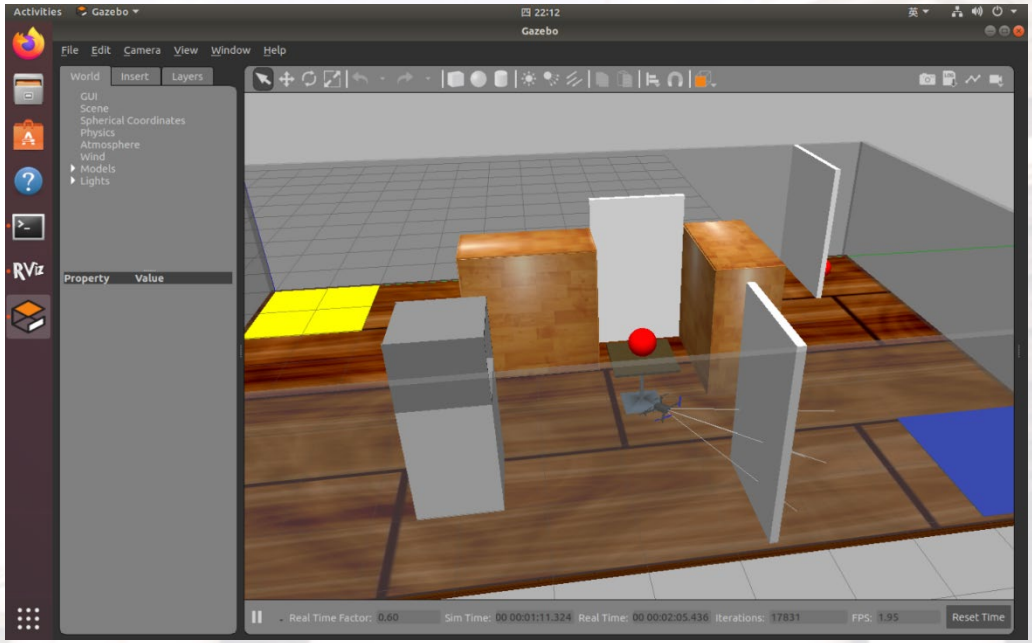
```
roslaunch uav_sim arena_test_py.launch
```

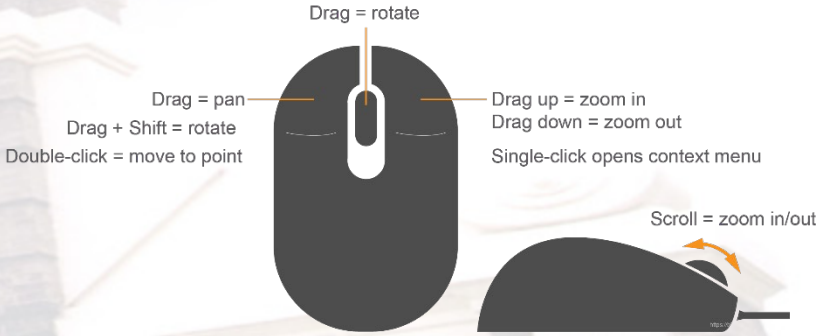
  - 该命令会启动Rviz和Gazebo两个窗口。
  - Rviz为ROS自带的图形化工具，下图中 A 区域为订阅的一些topic信息，B区域为image类型的消息，下图中是对无人机摄像头拍摄图片处理后的图像（比如检测红色的球）。



1 仿真界面简介

- **认识仿真界面**
  - 运行仿真例程后，会启动Rviz和Gazebo两个窗口。
  - Gazebo会显示模拟的仿真场景与无人机飞行状态，可以进行拖动以转换视角。
  - 下图中黄色区域为起飞点，蓝色区域为降落点。

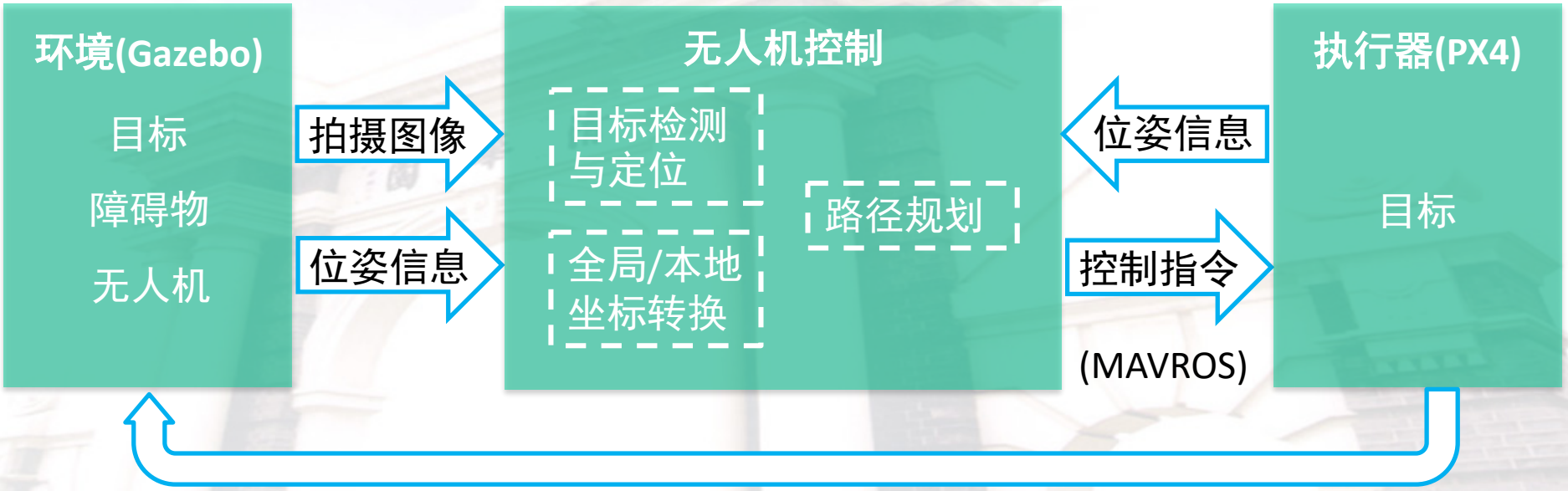




目 录

2 飞行控制流程

- **基本控制流程**
  - 无人机飞行流程如下图所示：
    - Gazebo完成物理场景的模拟，通过发布话题的方式输出场景中各种物体的状态信息，以及无人机的位姿信息和拍摄的图像等；
    - 无人机控制程序需要根据收集的数据进行信息融合并设计控制算法；
    - 控制程序借助于MAVROS向无人机发送飞行指令(但是在仿真环境中，这一部分已经封装为tello的控制接口)，由PX4完成指令的执行。



目 录

2 数据采集

- **数据采集**
  - 无人机的状态和传感器数据发布在一些话题上：
    - **/tello/states**：无人机的位置和姿态信息；
    - **/iris/usb_cam/** 下的几个话题：包括相机参数(/iris/usb_cam/camera_info) 和无人机摄像头原始图像(/iris/usb_cam/image_raw)等。

ROS命令	作用
rostopic list	列出所有话题
rostopic info <topic_name>	获取话题信息，包括消息类型、发布者和订阅者
rostopic type <topic_name>	获取消息类型
rosmsg show <message_type>	获取消息格式

- 要了解消息格式中各项参数的详细含义可以参考官方文档 (http://docs.ros.org/melodic/api/gazebo_msgs/html/msg/ModelState.html)对于不同类型的消息只需要修改对应的关键字即可。

2 数据采集——位姿信息

- **数据采集——位姿信息**
  - Header：包含了序列号、时间戳等信息；
  - Pose：包含了position(三维坐标)和orientation(四元数)；

```
lee@drone:~$ rostopic info /tello/states
Type: geometry_msgs/PoseStamped

Publishers:
 * /env_util (http://drone:36747/)

Subscribers: None


lee@drone:~$ rosmsg show geometry_msgs/PoseStamped
std_msgs/Header header
  uint32 seq
  time stamp
  string frame_id
geometry_msgs/Pose pose
  geometry_msgs/Point position
    float64 x
    float64 y
    float64 z
  geometry_msgs/Quaternion orientation
    float64 x
    float64 y
    float64 z
    float64 w

lee@drone:~$
```

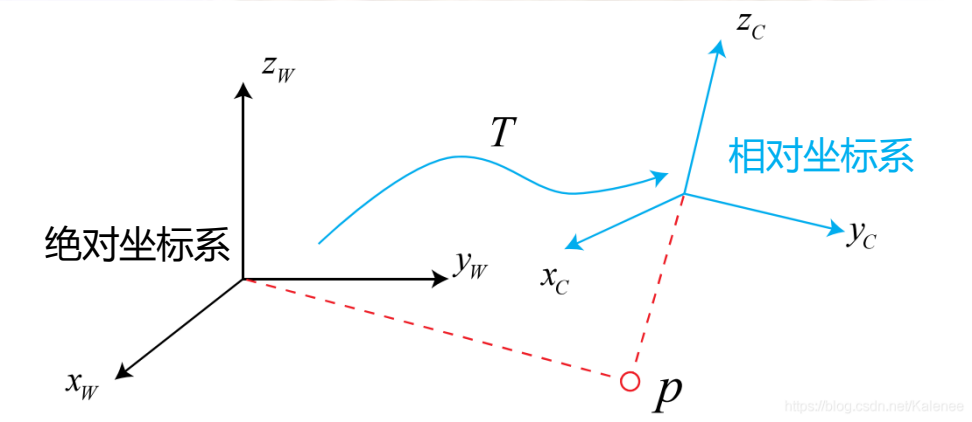
话题/tello/states的消息格式

```
lee@drone:~$ rostopic echo /tello/states
header:
  seq: 1
  stamp:
    secs: 145
    nsecs: 436000000
  frame_id: "map"
pose:
  position:
    x: 0.915806298363
    y: 1.01122386496
    z: 0.0995096131857
  orientation:
    x: 0.000366317560029
    y: 0.000238645090948
    z: 0.709997508496
    w: 0.704204051955
---
header:
  seq: 2
  stamp:
    secs: 145
    nsecs: 440000000
  frame_id: "map"
```

话题/tello/states的实时消息

2 插曲—欧拉角与四元数

- **坐标空间欧式变换**
  - 欧式变换可以分解为：一次平移 + 一次旋转
  - 欧拉角提供了一种非常直观的方式来描述旋转：
    - 绕物体的 Z 轴旋转，得到偏航角yaw；
    - 绕旋转之后的 Y 轴旋转，得到俯仰角pitch；
    - 绕旋转之后的 X 轴旋转，得到滚转角roll。
  - 四元数同样可以描述旋转，并且不具有奇异性（欧拉角有奇异性）
  - 四元数与旋转矩阵、旋转向量均可相互转换




```
from scipy.spatial.transform import Rotation as R

rotate_1 = R.from_quat([0, 0, 0, 1])
rotate_2 = R.from_euler('zyx', [0, 0, 0], degrees = True)

(yaw, pitch, roll) = rotate_1.as_euler('zyx', degrees = True)
(x, y, z, w) = rotate_2.as_quat()
```

2 数据采集——位姿信息

- **数据采集——位姿信息**
  - 以python为例，读取无人机位姿信息的方式为：
    - 首先订阅话题/tello/states；
    - 有消息到来时，取出其位姿信息；
    - 从位姿信息中读出位置和姿态角信息进行处理。

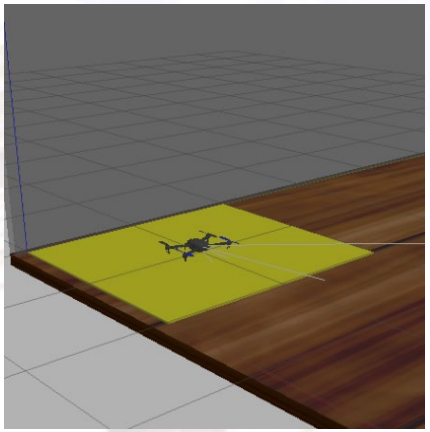
```python
#!/usr/bin/python
#-*- encoding: utf8 -*-

import rospy
import numpy as np
from gazebo_msgs.msg import ModelStates
from scipy.spatial.transform import Rotation as R

def gazeboposeCallback(msg):
    #取出无人机位姿信息
    pose = msg.pose
    position = np.array([pose.position.x, pose.position.y, pose.position.z])
    #将四元数转化为scipy中的对象，便于后续处理
    orientation = R.from_quat([pose.orientation.x, pose.orientation.y, pose.orientation.z, pose.orientation.w])
    print("position ", position)
    print("orientation ", orientation)

rospy.init_node('get_pose_node', anonymous=True)
gazeboposeSub_ = rospy.Subscriber('/tello/states', ModelStates, gazeboposeCallback)
rospy.spin()

```

2 数据采集——图像信息

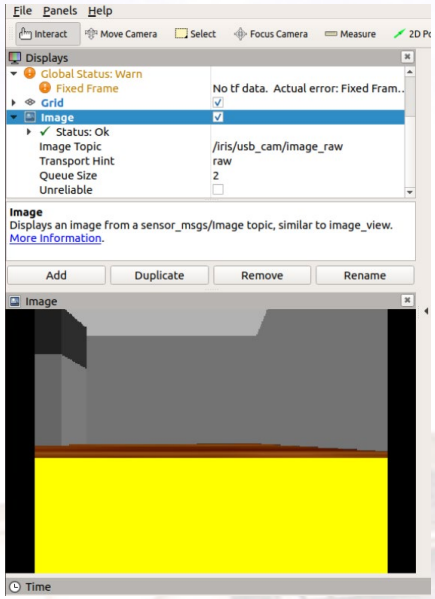
- **数据采集——图像信息**
  - ROS中的图片消息一般并不是单纯的图片，还包括了一些信息头、图像尺寸等信息，因此（以python为例）需要引入包 cv_bridge 进行格式转换；
  - 示例见下一页；

```
lee@drone:~$ rostopic info /iris/usb_cam/image_raw
Type: sensor_msgs/Image

Publishers:
 * /gazebo (http://drone:39389/)

Subscribers:
 * /rviz (http://drone:41567/)


lee@drone:~$ rosmsg show sensor_msgs/Image
std_msgs/Header header
  uint32 seq
  time stamp
  string frame_id
uint32 height
uint32 width
string encoding
uint8 is_bigendian
uint32 step
uint8[] data

lee@drone:~$
```

话题/iris/usb_cam/image_raw的消息格式



Gazebo第三人称视角

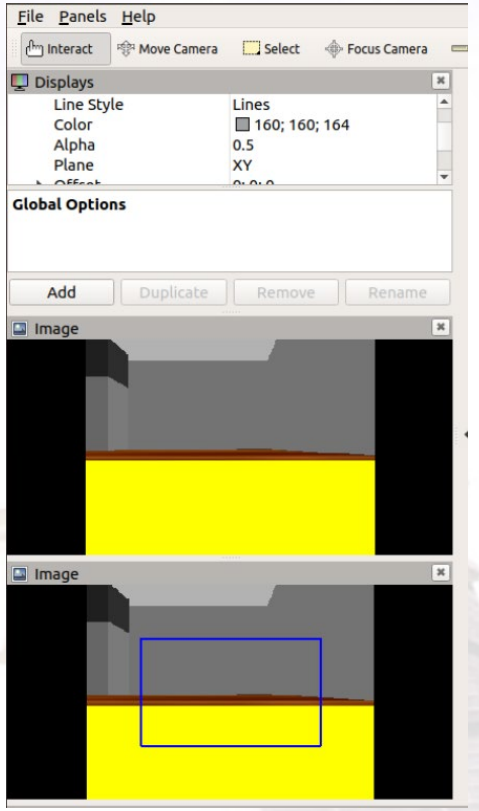


Rviz显示无人机拍摄图像

2 数据采集——图像信息

- **数据采集——图像信息**
  - 以python为例，读取无人机拍摄图片的方式为：
    - 首先订阅话题/iris/usb_cam/image_raw；
    - 有消息到来时，首先用 CvBridge 将消息转换为BGR格式的图片；
    - 对图片进行处理后再发布到指定话题上。
  - 下面的例子中在原始图像中间画了一个蓝色矩形框，rviz中效果如右图：

```python
#!/usr/bin/python
#-*- encoding: utf8 -*-

import rospy
import cv2
from sensor_msgs.msg import Image
from cv_bridge import CvBridge, CvBridgeError

def imagesubCallback(data):
    try:
        bridge_ = CvBridge()
        #将sensor_msgs/Image类型的消息转化为BGR格式图像
        orgFrame_ = bridge_.imgmsg_to_cv2(data, 'bgr8')
        #打印图像尺寸
        orgFrame_copy = orgFrame_.copy()
        print("size of raw image: ",orgFrame_copy.shape)
        #在原始图像上画出矩形框
        cv2.rectangle(orgFrame_copy, (100, 100), (500, 300), (255,0,0), 2)
        #将BGR图像再转换为sensor_msgs/Image消息格式并发布
        image_result_pub_.publish(bridge_.cv2_to_imgmsg(orgFrame_copy))
    except CvBridgeError as err:
        print(err)


rospy.init_node('get_image_node', anonymous=True)
image_sub_ = rospy.Subscriber("/iris/usb_cam/image_raw", Image, imagesubCallback)
image_result_pub_ = rospy.Publisher("/get_image/image_processed", Image, queue_size=10)
rospy.spin()

```



目 录

2 飞行控制

- **飞行控制**
  - 仿真环境中封装了常用的tello命令
  - 向话题 /tello/cmd_string 发布对应的字符串消息即可(控制频率不超过2Hz)

接口	含义
takeoff	起飞
land	降落
up x (20≤ x ≤500, 单位cm)	上升 x cm
down x	下降 x cm
forward x	向前 x cm
back x	向后 x cm
left x	向左 x cm
right x	向右 x cm
cw x (1≤ x ≤360, 单位deg)	顺时针旋转 x deg
ccw x	逆时针旋转 x deg
stop	在当前位置悬停

2 飞行控制

- **飞行控制（命令行演示）**
  - 仿真环境中封装了常用的tello命令
  - 向话题 /tello/cmd_string 发布对应的字符串消息即可(控制频率不超过2Hz)
  - 可以通过命令行直接向无人机发布控制指令

```
rostopic pub -1 /tello/cmd std_msgs/String “takeoff”
```

  - 仿真环境演示 ……

2 飞行控制

- **飞行控制——路径规划**
  - 可以预先为无人机指定路径，飞行过程中只需要逐步到达各个目标节点即可，也可以在飞行过程中动态规划飞行路径，这将涉及到路径规划算法。
  - 若预先规划路径，只需要将关键的节点坐标保存在 /uav_sim/config/config.yaml 文件中，在launch中载入该文件，即可读取为ROS参数：

```
<node pkg="uav_sim" type="core_controller.py" name="core_controller" output="screen">
      <rosparam command="load" file="$(find uav_sim)/config/config.yaml" />
 </node>
```

  - 在python程序中可以通过以下代码获取该参数。

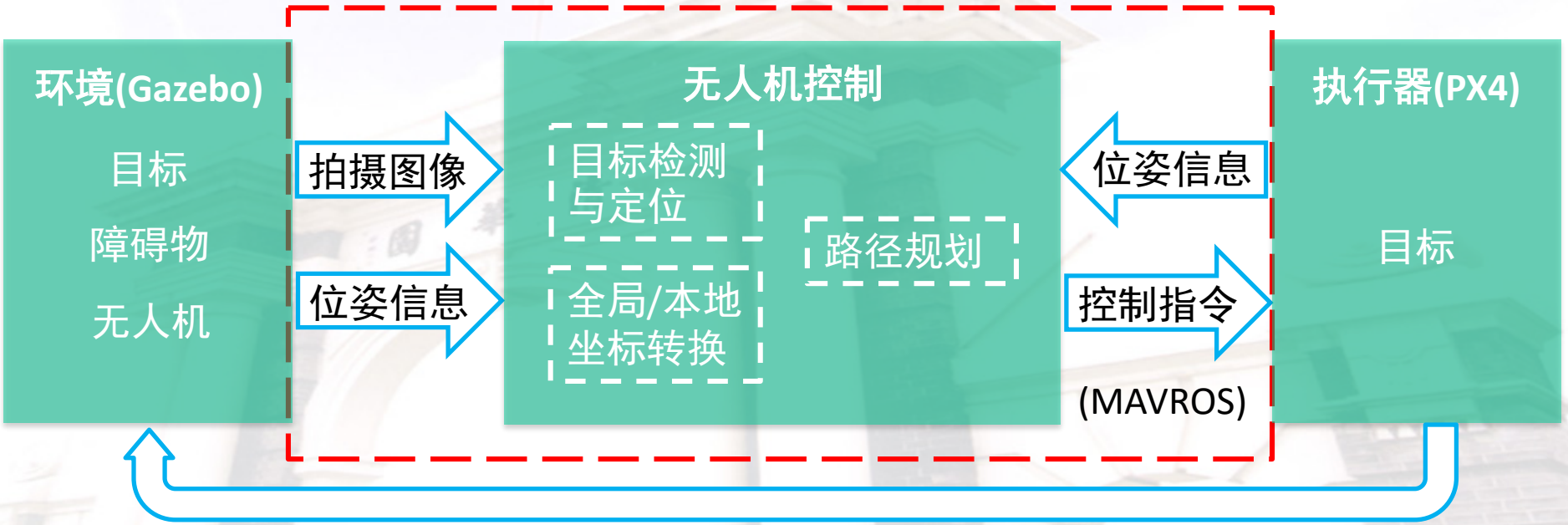
```
rospy.get_param('/core_controller/trajectory')
```

```
trajectory: [[1.,1.,2.,0.],
    [1., 4.5, 1., 0.],
    [1., 4.5, 1., 90.],
    [1., 4.5, 1., 180.],
    [1., 4.5, 1., 270.],
    [1., 4.5, 1., 0.],
    [1., 9.5, 1., 0.]]
```

目 录

3 小结

- **飞行控制流程**
  - 利用前面的基本操作，集成完整的无人机控制流程，下图虚线矩形框中就是我们要做的主要工作：
    - 收集自身与周围环境的目标信息
    - 根据收集信息决定控制指令
    - 发布控制指令并执行



实验要求

- **课上实验要求**
  - 利用前面的基本操作，集成完整的无人机控制流程：
    1. 结合tello的控制接口，控制无人机从指定位置起飞；
    2. 识别模拟火情标记（红色）；
    3. 穿过其下方对应的窗户，并在指定位置降落。

  - Demo
    - 首先补全 scripts/controller.py 文件
    - 命令终端启动launch文件

```
roslaunch uav_sim windows.launch
```

    - 启动新的终端发布开始命令

```
rostopic pub /tello/cmd_start std_msgs/Bool "data: 1"
```

    - 启动controller节点，完成飞行任务。

谢谢！

附录：飞行控制

- **飞行控制——原理**
  - 无人机的飞行控制由PX4自动驾驶仪固件完成，PX4有多种不同的飞行模式(官方文档https://docs.px4.io/v1.9.0/en/flight_modes/index.html)
    - 手动模式(Manual)：通过手动的输入直接产生期望速度（比如摇杆）；
    - 外部控制(Offboard)：外部基于MAVLink通信协议，输入期望的位置、速度或者姿态信息（一般由计算机程序给出）；
    - 自动模式(Auto)：自动模式又包含多种不同子模式，比如起飞、降落等；
    - Others …
  - 我们在仿真实验中多采用外部控制模式，习惯上将控制指令发送方称为地面站，因此就需要地面站与无人机之间通过MAVLink通信协议进行通信。
  - MAVROS则是MAVLink协议在ROS中的封装，因此要想控制无人机，就需要借助MAVROS向无人机发送控制指令，然后由PX4执行。