

---

## 1、实验名称及目的

**无人机区域防守：**采用深度强化学习训练无人机防守模型，使得能够采用更少的无人机抵御攻击型无人机，能够取得很好的防守效果。

## 2、实验原理

本次实验采用改进的深度强化学习 MADDPG 算法实现，其大致流程如下：防守无人机通过 MADDPG 算法进行训练，采取更优的策略来进行防御。算法将环境建模成马尔可夫决策过程，分主网络和目标网络，采用软更新，提高算法稳定性。基于 Actor-Critic 框架，Actor 网络负责根据策略生成动作（神经网络），Critic 网络负责评价动作的好坏，优化 Actor 自身策略。

算法训练过程大致如下：

- 1、初始化每一个智能体的 Actor 网络和 Critic 网络,并创建经验重放缓冲区，对于每个智能体循环执行以下步骤
- 2、根据状态生成动作，执行动作，根据环境反馈，生成下一步状态，以及奖励，将经验样本放入经验回放缓冲区。
- 3、从经验回放缓冲区采集一批经验，计算状态动作值函数，最小化 Critic 网络损失，并更新 Actor 和 Critic 网络参数，最大化 Q 值
- 4、定期更新目标网络参数，可通过软更新实现。
- 5、重复 2-4，直至训练结束。

具体的实现原理需要读者有一些强化学习、机器学习等基础知识的积累，同时可参照论文 [1]。

## 3、实验效果

实验开始后，会创建若干个攻击型无人机和若干个防守无人机，以及以及防守区域。攻击无人机会对防守区域进行逼近攻击，防守无人机追随攻击型无人机，并将其击落，并有攻击和击落的特效。防守无人机将攻击无人机全部击落后，代表防守成功。



## 4、文件目录

文件夹/文件名称	说明
maddpg	Maddpg 算法基础实现类
multiagent	maddpg 环境设置类
OU_noise	添加噪声类
Saveofsimple-defender	训练好的防守模型（需下载，见 Step 1）
display.py	主脚本
Hexacopter	特效模型文件（需下载，见 Step 1）
SITL.bat	启动脚本
version.txt	配置无人机在环境中的起飞位置
seed.txt	参数文件
AR_Drone_Blue.xml	无人机 XML 文件
PX4MavCtrlV4.py	RflySim 平台视觉、集群模块
UAV.py	无人机控制模型文件

## 5、运行环境

序号	软件要求	硬件要求	
		名称	数量
1	Windows 10 及以上版本	笔记本/台式电脑 <sup>①</sup>	1
2	RflySim 平台高级版		

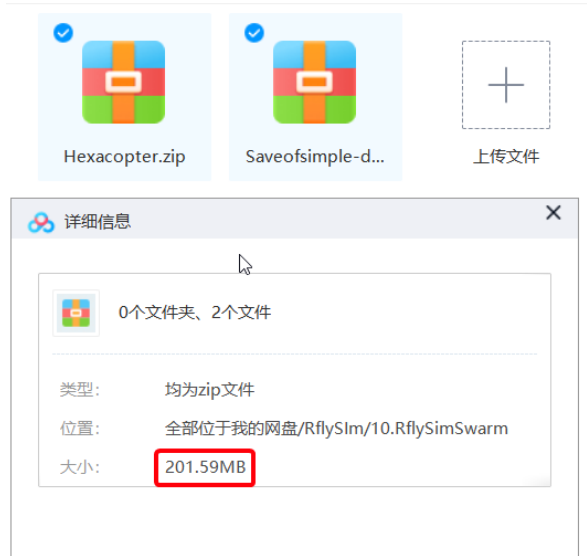
①：推荐配置请见：<https://doc.rflysim.com.html>

## 6、实验步骤

### Step 1:

为了保证 RflySim 平台安装包的大小，本实验中所用到的三维场景、飞机模型等较大文件均已上传至百度网盘中，请在实验前进行下载，下载链接为：<https://pan.baidu.com/s/1-W5Usm9vd9bjPjtCmlAnnQ> 提取码：1234。下载完成后，进行解压放入本例程文件夹中。

注：请勿修改文件夹名称。



## Step 2:

配置障碍物文件，双击运行 CopySceToRflySim3D.bat 文件，该文件运行过程中会将文件夹 Hexacoapter 和 US\_Military 文件 AR\_Drone\_Blue.xml 复制到 RflySim3D 对应的路径下。同时，也会安装本实验所用到的 Python 库包括：pyOpenGL、PySide6、PySide2、PyQt6、PyQt5、pyqtgraph、tf\_slim、gym==0.10.5、tensorflow。

```
C:\WINDOWS\system32\cmd. x + -
Requirement already satisfied: pyparsing>=2.0.2 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from packaging->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (2.4.7)
Requirement already satisfied: cachetools<6.0,>=2.0.0 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from google-auth<3,>=1.6.3->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (5.3.1)
Requirement already satisfied: pyasn1-modules>=0.2.1 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from google-auth<3,>=1.6.3->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (0.3.0)
Requirement already satisfied: rsa<5,>=3.1.4 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from google-auth<3,>=1.6.3->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (4.9)
Requirement already satisfied: requests-oauthlib>=0.7.0 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from google-auth-oauthlib<1.1,>=0.5->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (1.3.1)
Requirement already satisfied: importlib-metadata>=4.4 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from markdown>=2.6.8->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (6.8.0)
Requirement already satisfied: chardet<5,>=3.0.2 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from requests<3,>=2.21.0->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (4.0.0)
Requirement already satisfied: idna<3,>=2.5 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from requests<3,>=2.21.0->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (2.10)
Requirement already satisfied: urllib3<1.27,>=1.21.1 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from requests<3,>=2.21.0->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (1.26.4)
Requirement already satisfied: certifi>=2017.4.17 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from requests<3,>=2.21.0->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (2020.12.5)
Requirement already satisfied: MarkupSafe>=2.1.1 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from werkzeug>=1.0.1->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (2.1.3)
Requirement already satisfied: zipp>=0.5 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from importlib-metadata>=4.4->markdown>=2.6.8->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (3.4.1)
Requirement already satisfied: pyasn1<0.6.0,>=0.4.6 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from pyasn1-modules>=0.2.1->google-auth<3,>=1.6.3->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (0.5.0)
Requirement already satisfied: oauthlib>=3.0.0 in c:\px4psp\python38\lib\site-packages (from requests-oauthlib>=0.7.0->google-auth-oauthlib<1.1,>=0.5->tensorboard<2.14,>=2.13->tensorflow-intel==2.13.0->tensorflow) (3.2.2)
成功安装本实验所需的Python库: pyOpenGL、PySide6、PySide2、PyQt6、PyQt5、pyqtgraph、tf_slim、gym==0.10.5、tensorflow
Press any key to continue . . .
```

注：本步骤只需在 RflySim 平台首次运行本例程时进行，后续运行可跳过本步骤。本步骤是将文件夹 Hexacoapter 和 US\_Military 放在..\PX4PSP\RflySim3D\RflySim3D\Content 路径下；将 AR\_Drone\_Blue.xml 文件放在..\PX4PSP\RflySim3D\RflySim3D\Plugins\Rfly3DSim Plugin\Content\XML 路径下。也可手动进行复制。

### Step 3:

双击运行 SITL.bat 脚本，观察 RflySim3D 左上角出现 “CopterSim/PX4 EKF 3DFixed: 13/13” 即表示初始化完成，在 RflySim3D 中会显示 13 架六旋翼飞机。

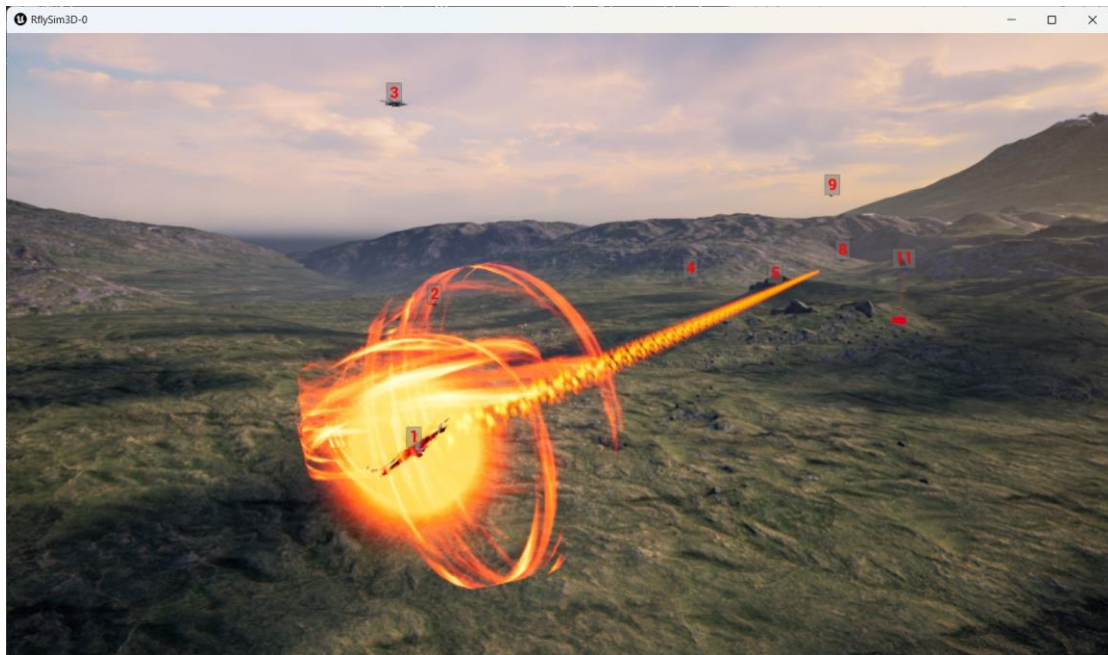


### Step 4:

打开 VS Code，运行程序 display.py，即可在 RflySim3D 中看到无人机起飞，并开始无人机防守和攻击。







## 7、参考资料

- [1] Sun M, Yang Z, Dai X, et al. Deep Reinforcement Learning Based on Curriculum Learning for Drone Swarm Area Defense[C]//International Conference on Autonomous Unmanned Systems. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022: 1119-1128.
- [2] 在\*\*\PX4PSP\RflySim3D\RflySim3D\Plugins\Rfly3DSimPlugin\Content\XML 中改变 AR\_Drone\_Blue.xml 的 Scale 标签，如下图所示，当然也可自行调整无人机大小。

```
<?xml version="1.0"?>
<vehicle>
  <ClassID>3</ClassID>
  <DisplayOrder>1060</DisplayOrder>
  <Name>AR_Drone_Blue</Name>
  <Scale>
    <x>8</x>
    <y>8</y>
    <z>8</z>
  </Scale>
</vehicle>
```

## 8、常见问题

Q1: 打击效果不好看

A1: 飞机大小，会影响展示效果，运行程序最好不要使用 RflySim 的 “;” 这个快捷键，会导致特效出现 BUG