

# 无人机项目研究计划书

Existential Robotics Lab

Copyright 2017

---

# 目录

项目简介	1.1
技术路线	1.2
团队介绍	1.3
参考文献	1.4

---

# 项目简介

## 承办单位

Existential Robotics Lab是由Atanasov教授成立的机器人实验室，隶属于加州大学圣地亚哥分校电子与电脑工程系。目前实验室有多名博士和硕士学生，研究方向包括计算机视觉，控制系统与硬件开发等，涵盖与机器人开发相关的各个领域。

## 行业痛点

无人机可用于航拍，快递，植保等，在许多领域正发挥着日益重要的作用。传统的室外无人机导航主要依赖GPS，但在城市，森林等易受遮挡和干扰的复杂环境中会发生信号丢失。广州一次无人机的表演曾因高楼遮挡影响卫星信号不得不改为纯手动操控，即便是空旷的农田上空无人机也可能丢失GPS信号导致损毁。除了干扰，依赖卫星信号导航也易被欺骗，比如伪造返航点GPS信号使无人机降落。

## 我们的技术优势

由于GPS导航易丢失，易干扰等问题，为了提高无人机的可靠性和飞行的安全性，我们提出一种基于深度学习和增强学习的方法，让无人机能够从模拟环境中学习自主导航，并将这种学习迁移到真实环境中，如下图所示。



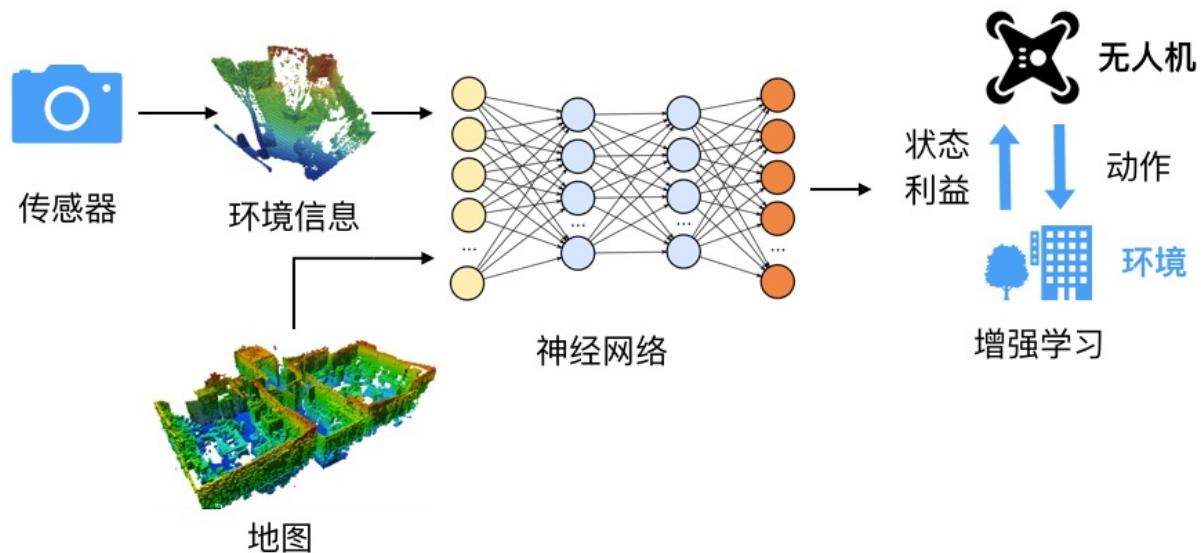
相比于传统导航方式，我们的方法只使用机载传感器，比如相机，惯性陀螺仪，激光雷达等来导航，不会发生信号丢失和被干扰的情况，所以这种导航技术可以应用于多种机器人平台(**兼容性**)，比如旋翼，固定翼等各种无人机类型，还包括无人车等。这种方法还能自动规划出无障碍路径(**安全性**)，不仅能应用于对稳定性要求很高的室外作业，比如城市中的快递运送，还能让无人机或无人车在室内运行，完成仓库内的运输等任务。使用相机等小型传感器还可以减小无人机的尺寸和载重负担，延长续航时间。

# 技术路线

## 算法框架

目前非GPS的导航方式主要为同时定位与地图构建(SLAM)，根据 Gao et al (2017)，SLAM的定义是机器人在没有环境先验知识的条件下于运动过程中建立环境模型，并估计自身的运动。

然而传统SLAM方法需要大量的专家知识来根据不同应用场景设置算法流程和参数，降低了算法的普适性。目前利用深度学习进行端到端的训练方法成为了计算机视觉主流，这种方法直接读取传感器的数据，利用神经网络针对目标任务来提取高度抽象的特征，既能更好的完成任务，又不需要人工设定算法细节。



我们提出的导航方式如上图所示。其输入可以是一种或者多种机载传感器采集的数据，从而降低了算法对某种硬件的依赖，实现了不同机器人平台的兼容性。算法的输出是根据目的地自动规划的，没有障碍物的飞行路径。目前深度学习依靠构建拥有多层非线性变换的神经网络，在图像分类，物体识别等领域取得了巨大的成功。然而有监督的深度学习需要大量人工标注的数据集。增强学习关注机器人如何与环境互动来最大化预期利益，以学习完成任务的最优策略，所以将增强学习和深度学习结合可以消除对标注的依赖。

这种算法首先是用神经网络从传感器收集到的环境信息中提取高级特征，再利用这些特征让无人机完成增强学习，获得能使预期利益最大化的路径规划能力。能获得利益的行为通常包含到达目的地和成功躲避障碍等。

根据Mirowski, et al (2016)，神经网络还可以完成一些辅助任务，比如机器人定位和构建深度地图。通过这些辅助任务，我们可以使用局部获得的环境信息构建一个全局地图，来帮助神经网络更好的完成特征提取，定位等任务。

我们之前的工作 *Atanasov, and Shan, (2017)* 关注了如何使用卷积神经网络，递归神经网络，并引入注意力机制更好的处理场景中存在物体旋转和尺度变化时的视频分类问题。卷积神经网络+递归神经网络+注意力机制同样可以帮助无人机在读取地图时根据当前所视场景只提取地图相关部分，减小提取地图冗余部分消耗的时间。

对于机器人，完成一个任务不仅需要导航与定位，更需要确保行动的**安全性**，避开环境中的障碍。目前的路径规划算法只能从理论上保证无人机可以按照规划的路径飞行，但是不具有自动避障的理论支持。所以我们会开发一种控制算法，让无人机在高速行驶的同时稳定的跟随所规划的路径飞行，并躲避出现的障碍物，确保自身安全。

## 实验规划

### 任务设计

因为躲避障碍是机器人最基本，最简单的任务之一，避障能力成为衡量算法的稳定性的一种方式。我们会在环境中放置一定数量的障碍物，然后通过测量无人机安全飞行的时间和距离来定量的衡量算法的优越性。

直接在现实世界中训练无人机需要耗费大量的资源和时间。我们使用虚拟环境中的场景来训练，既降低了训练过程的成本，又缩短了准备时间。目前有许多开源的无人机的模拟器，比如 *Meyer, et al (2012)* 使用ROS机器人开发平台和Gazebo机器人模拟器开发了 *hector quadrotor* 四旋翼模拟系统，其中无人机可以搭载相机，惯性陀螺仪，激光雷达等传感器，而且可以模拟城市等复杂的环境。*Furrer, (2016)* 最近开发的 *Rotors* 模拟器针对小型无人机，并专注于解决高级任务，如避障，路径规划，和SLAM问题。*Rotors* 演示场景如下图所示。我们计划根据这些现有开源平台，开发适用于我们的算法所需环境来进行避障试验。



由于虚拟环境和真实环境的不同，不能直接把训练好的模型应用到现实当中。为了把知识迁移到底的无人机上，需要生成大量随机的虚拟环境，比如使用不同颜色的墙壁，改变障碍物的大小和纹理等。复杂多变的环境设置可以保证虚拟空间有足够的多样性，以应对现实中可能出现的光照变化，不同物体，多变场景等挑战。依据Levine, and Sadeghi, (2016)的研究，在多样化的模拟环境中训练好的模型可以直接用于真实环境。我们会在UCSD校园内的一个专门用于无人机飞行训练的场地内进行室外和室内环境的测试。

## 测试平台

我们计划使用固定翼和四旋翼无人机进行室内外飞行测试。固定翼无人机购买自[FRAGAX公司](#)，四旋翼无人机由实验室自己搭建。这里主要介绍两款用汽油作为燃料的固定翼无人机。



机型	<b>UAS D3</b>
翼展	2-3米
长度	1.2米
有效载重	0.8千克
续航时间	2-4小时
最大时速	75千米/小时
最大飞行距离	3千米-30千米
预计售价	1-2万美元



机型	<b>UAS D5</b>
翼展	5.4米
长度	3.6米
有效载重	12千克
续航时间	8小时
最大时速	160千米/小时
最大飞行距离	350千米
预计售价	3-4万美元

### 任务清单

- 设计算法
- 构建模拟器, 训练算法模型
- 搭建四旋翼无人机, 购买固定翼无人机
- 进行室内外飞行测试

本项目计划2-3年完成。总共预算大约20-30万美元。

# 我们的团队

---

## 在读博士：单默

2014年毕业于新加坡国立大学电子工程系，获一等荣誉学士学位。2014-2016年在新加坡淡马锡实验室无人机研究组担任研究助理，期间发表多篇论文，参加多项国内外无人机比赛并获奖。现就读于加州大学圣地亚哥分校电子与电脑工程系，攻读博士学位。研究方向是计算机视觉在机器人领域的应用。

---

## 指导老师：Nikolay A. Atanasov 教授

2015年获得宾夕法尼亚大学电机工程系博士学位，同年于无人机领域著名教授Vijay Kumar负责的实验室做博士后。曾在机器人领域顶级期刊IJRR, TRO, 顶级会议RSS, ICRA, 以及计算机视觉顶级会议CVPR, ECCV上发表数篇论文，参与开发的语义定位与重建中的概率数据关联算法获得了2017年机器人顶级会议ICRA的大会最佳论文奖。现为加州大学圣地亚哥分校电子与电脑工程系助理教授，创建并领导Existential Robotics Lab。研究课题包括机器人自主定位与导航，路径规划与控制等。

---

## 所在院校：加州大学圣地亚哥分校

加州大学圣地亚哥分校(UCSD)成立于1960年。虽然建校只有50多年，但已成为美国顶尖的，具有极高学术声望的公立大学。2015年成立Contextual Robotics Institute，汇集了计算机科学工程，电子与电脑工程，认知科学等多个院系的知名教授，致力于打造一个世界领先的机器人研究中心。

---

## 参考文献

Furrer, F., Burri, M., Achtelik, M., & Siegwart, R. (2016). Robot Operating System (ROS): The Complete Reference (Volume 1). In A. Koubaa (Ed.) (pp. 595–625). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26054-9\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26054-9_23)

Gao, X., Zhang, T., Liu, Y., & Yan, Q. (2017). *14 Lectures on Visual SLAM: From Theory to Practice*. Publishing House of Electronics Industry.

Meyer, J., Sendobry, A., Kohlbrecher, S., Klingauf, U., & Von Stryk, O. (2012). Comprehensive simulation of quadrotor uavs using ros and gazebo. In *International Conference on Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots* (pp. 400–411).

Mirowski, P., Pascanu, R., Viola, F., Soyer, H., Ballard, A., Banino, A., ... others. (2016). Learning to navigate in complex environments. *ArXiv Preprint ArXiv:1611.03673*.

Sadeghi, F., & Levine, S. (2016). Real singleimage flight without a single real image. arXiv preprint. *ArXiv Preprint ArXiv:1611.04201*, 12.

Shan, M., & Atanasov, N. (2017). A spatiotemporal model with visual attention for video classification. *ArXiv Preprint ArXiv:1707.02069*.