

本科毕业设计（论文）开题报告

专业：

班级：

学号	2017302429	姓名	王禹	指导教师	布树辉
报告题目	无人机与地面机器人的协同环境感知与控制				
题目来源（划√）	科研 <input checked="" type="checkbox"/> 生产 <input type="checkbox"/> 实验室 <input type="checkbox"/> 专题研究 <input type="checkbox"/> 企业联合 <input type="checkbox"/>				
论文类型（划√）	工程设计类 <input type="checkbox"/> 实验研究类 <input type="checkbox"/> 软件开发类 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
报告日期	年 月 日			报告地点	

开题报告（不少于 1000 字）

一、选题背景与目的

对于现代化战争，后勤物资运输以及前方战术侦察无疑是十分重要的。此二者都需要花费大量的人力，并且这些工作的危险系数都是比较高，稍有不慎就会产生比较大的人员伤亡。而如果使用无人机与机器人来替代此工作将会节省出比较多的人力物力。而这就需要解决无人机与地面机器人的协同环境感知与控制此问题。来良好的协同无人机与机器人职责，完成运输与侦察等任务。

环境感知在机器人和无人机领域已有三十多年的研究，主要的方法是 SLAM，即同时定位与建图,或并发建图与定位。SLAM 最早由 Smith、Self 和 Cheeseman 于 1988 年提出。由于其重要的理论与应用价值，被很多学者认为是实现真正全自主移动机器人的关键。如果是在大范围的野外空间进行高精度的 SLAM，无人机相对于机器人有着更得天独厚的优势，其速度快且不受地形限制，可以使其建图速度更快更精准。所以，若想若能实现，无人机快速建图，为地面机器人创造导航信息，使机器人不再为环境探索发愁，将会对军事领域的后勤运输以及侦察产生深远影响，使其在这两个领域能大大减少人力资源与危险系数。

二、国内外研究现状

对于环境感知(SLAM)的研究发展，SLAM 在国内外机器人、无人驾驶、AR/VR 以及 AGV 等多领域趋于成熟。SLAM 主要分为：激光 SLAM，视觉 SLAM，混合 SLAM 以及新颖 SLAM。

对于激光 SLAM，就是使用激光作为传感器，来进行环境探索即优化。激光 SLAM 又分为单线激光 SLAM 和多线激光 SLAM。

对于单线激光，最经典的算法就是 GMapping，GMapping 基于 RBpf 粒子滤波算法，即将定位和建图过程分离，先进行定位再进行建图。GMapping 在 RBpf 算法上做了两个主要的改进：改进提议分布和选择性重采样。改进提议分布是由于原来的粒子滤波采用里程计运动模型作为提议分布，导致大部分粒子都偏离真实位置。而改进就是在里程计运动模型给出预测后，以该预测为初值进行一次扫描匹配。扫描匹配的实现方式不限，只要能找到一个使当前观测最贴合地图的位姿。选择性重采样就是限制重采样次数，只有在回环发生之后，再进行重采样就能有效地筛选偏离真实值的点。

对于多线激光，就是 google 最近出的 Cartographer。Cartographer 主要理论是通过闭环检测来消除构图过程中产生的累积误差[1]。用于闭环检测的基本单元是 submap。一个 submap 是由一定数量的 laser scan 构成。将一个 laser scan 插入其对应的 submap 时，会基于 submap 已有的 laser scan 及其它传感器数据估计其在该 submap 中的最佳位置。随着时间推移，越来越多的 submap 被创建后，submap 间的误差累积则会越来越大。因此需要通过闭环检测适当的优化这些 submap 的位姿进而消除这些累积误差，这就将问题转化成一个位姿优化问题，即使用闭环检测来消除 submap 之间的误差。对于激光 SLAM 来说优势就是精度高，累积误差小，技术较为成熟。

对于视觉 SLAM，则分为直接法，特征点法，半直接法。

直接法，根据相机的亮度信息估计相机的运动，可以不需要计算关键点和描述子，优化的是光度误差即对于同一个物体，摄像机在不同位置拍摄光度会有所不同的光度误差，根据使用像素数量可分为稀疏、半稠密、稠密三种。常见开源方案有 DSO。

特征点法，特征点法的思路，是先从图像当中提取许多特征，然后在图像间进行特征匹配，这样就得到许多匹配好的点，再根据这些点进行估计相机运动优化的是重投影误差，对光照变化不敏感，是比较成熟的方案。经典算法就是 ORB-SLAM,ORB-SLAM 算法的一大特点是在所有步骤统一使用图像的 ORB 特征。ORB 特征是一种非常快速的特征提取方法，具有旋转不变性，并可以利用金字塔构建出尺度不变性。使用统一的 ORB 特征有助于 SLAM 算法在特征提取与追踪、关键帧选取、三维重建、闭环检测等步骤具有内生的一致性。ORB-SLAM 利用三个线程分别

进行追踪、地图构建和闭环检测。追踪就是使用 ORB 特征点进行初始状态估计，选取关键帧等等。地图构建就是加入关键帧，经过一系列筛选，将关键帧插入地图或删除。而闭环检测就是实时检测是否存在闭环，并且优化。

半直接法。半直接法是结合了基于特征点方法的优点（并行追踪和建图、提取关键帧）和直接法的优点（快速、准确）。主要算法是 SVO。SVO 主要分为两个线程：一个线程用于估计相机位姿：实现了相对位姿估计的半直接方法。一个线程用于建图：为每一个要被估计的 3D 点对应的 2D 特征初始化概率深度滤波器，当深度滤波器的不确定性足够小（收敛）时，在地图中插入相应的 3D 点（更新地图）。而其位姿优化过程就是同时使用直接法和特征点法的过程。就是先使用直接法得到位姿，然后使用特征点法进一步细化直接法的光度误差，使位姿更为准确。对于视觉 SLAM 来说优势就是其成本低，结构简单，受探测距离限制较小。

对于混合 SLAM,则是使用激光+视觉进行 SLAM。由于激光传感器在走廊环境环境中，定位误差较大，而摄像头无法在特征纹理较少的环境发挥作用。所以就在当前帧不存在争议时，采用基于单激光的 ICP 匹配。当前帧存在争议时即判断他在走廊时，结合相机，纠正机器人的位姿。

对于新颖 SLAM，则是深度学习结合 SLAM。深度学习结合 SLAM，则是使用深度学习替换传统 SLAM 一个或者多个模块：特征提取，匹配，深度估计，位姿估计等等。如对于特征提取，匹配的替换就会有面向几何的深度学习 SLAM，其描绘了两个网络：第一个网络，MagicPoint，提取单张图像的显著性 2D 点。这些提取出来的点可以用作 SLAM，因为他们在图像中相互独立且均匀分布。我们比较了这个网络和传统的点检测方法，发现两者在图像有噪声存在是存在明显的性能差异。当检测点是几何稳定的时候，转换估计会变得更简单，我们设计了第二个网络，名为 MagicWarp,它对 MagicPoint 的输出，一系列点图像对进行操作，然后估计跟输入有关的单应性，这两种网络效率更高，更为轻便。并在传统的 SLAM 上加入语义信息。如使用 CNN 的稠密 3D 语义建图，使用卷积神经网络 CNNs 和 state-of-the-art 的稠密 SLAM 系统，以及提供了即使在多圈扫描轨迹时，也能得到室内 RGB-D 视频中帧间的长期稠密 correspondence 对应关系的 ElasticFusion 来解决这一问题。这些对应关系使得 CNN 的多视角语义预测，概率上融合到地图中去。来生成有效的语义 3D 地图。此为语义地图

的一个例子。可以看出深度学习的 SLAM 前景仍十分广阔。

对于机器人控制这一方面，现阶段发展的还是比较完善，有很多的开源平台如 ROS(robot operation system)一种具有高度灵活性的软件架构。提供了很多接口与方法，能让我们对机器人有着更方便更好的控制。作为机器人控制中必不可少的导航，ROS 也是提供了一个官方包 navigation。其内部是一个状态机分为三种状态：路径规划，机器人运动，以及异常修复。

当发布目标点时，move base 第一时间进行路径规划。路径规划是分为两种：全局路径规划，局部路径规划。全局路径规划是最先开始，使用 Dijkstra 或 A*算法来进行一个最短全局路径规划。

等待全局路径规划完成，就要开始机器人运动，而机器人运动其实就是在使用局部路径规划，根据全局规划来算出当前速度，不断贴合全局规划路线。使用的算法是 DWA 算法，它的大概内容是其原理主要是在速度空间 (v, w) 中采样多组速度，并模拟这些速度在一定时间内的运动轨迹，再通过一个评价函数对这些轨迹打分，选出最优速度。控制机器人移动。

异常修复就是在机器人“身陷绝境”之时需要开启的节点。例如，路径规划有障碍物阻隔，或者目标点无法到达，或者自己被障碍物包围等等，就需要修复异常。例如，原地旋转，来刷新被误认为障碍物的点。直到找到一个有效路径。

像导航这样的官方包还有很多，比如操纵机械臂的 move_it, 形容各种位姿变换的 tf 包等等，都非常的使用且简便。

而这些只是针对单个机器人的导航，像类似多机器人协同，空地协同等等。而对于机器人空地协同的领域的研究较少，ROS 目前也是没有一个官方包来进行描述。更多的是无人机对于一些移动或者特征点明显的物体的识别，而让机器人更好的跟踪。而且很多研究都处在理论阶段。目前还没有一个使用无人机大范围建图，并使机器人在此地图上完成一些任务。

二、课题研究目标、研究内容、研究方法及关键技术

2.1 主要目标：

对于无人机：

1. 使用摄像头来对地面进行较为精准的 SLAM，生成高精密的二维、三维地图。

2. 在生成地图的基础上，进行物体识别，从而为地面机器人的路径规划提供障碍物信息。

对于地面机器人：

1. 地面机器人接收无人机信息，并根据自身周围环境以及通过传感器实时修正与精确定位。
2. 根据地图进行加权，判断可达与不可达位置，来进行路径规划与导航

2.2 研究内容：

无人机探测具有隐蔽性强，操作简便等优点，被广泛使用，尤其是对于未知领域的探索方面有着更为突出的优势。而机器人则具有机动性强，大量减轻人员伤亡等优点。本次实验内容就是使无人机与机器人有机融合，实现一套比较成熟的环境探测与控制体系。

研究内容分为两大模块：无人机模块与机器人模块。

无人机模块的主要内容就是要精确快速的重建出清晰的地图。实现它的主要步骤有：

1. 根据拍摄照片进行三维重建，其使用的方法就是三维 slam，根据无人机拍摄图片进行特征点选取，特征点匹配，并进行增量式重建，根据照片逐步增加视角，一点一点进行稀疏重建计算出稀疏点云图。若想进行稠密三维点云，还需深度图估计，深度图估计则需要四个步骤，匹配代价构造，代价累计，深度估计，并将离群点优化掉，深度估计出之后需要对图像去畸变，最后，将深度图一一配准稠密重建完成。这部分我打算使用 colmap 等集成软件来完成。
2. 栅格地图生成。得到了可以描述环境的点云图。还需将其转换为可以使机器人直接使用的栅格地图。这就需要使用 PCL，OpenCV 等知识，来生成二维栅格地图并将可达点与不可达点显示出来。而要完成此目标，首先，需要使用 PCL 成员来进行滤波，减少点云，删除噪点。并依照点云的 Z 轴变化，来判断是否为障碍物，并使用 OpenCV 在二维图片标记出障碍物。生成栅格地图。

机器人模块，则更多的是根据无人机的地图信息，来完成一些任务，主要步骤有：

1. 自身定位。根据无人机拍摄的照片所保存的 GPS 信息，以及照片中心点对于点云图的位置。做一个 sim(3) 的转换，得到 GPS 与点云内的单位的转换。并在机器人上安装 GPS 定位传感器，来顺利得到机器人在点云图的定位。

2. 机器人控制，得到了自身定位，就可以在地图上进行导航了。这里导航就是使用的 ROS 中的 `navigation` 进行导航，只需给出目标点，以及栅格地图，他就可以在此基础上进行导航。

3. 地图修改，虽然，无人机的地图比较精确，但总会有误差，这就需要机器人在导航过程中进行地图的修复。这需要一个激光雷达传感器，并依据激光雷达进行 SLAM 并与无人机所建造的地图比对，若有出入，则以机器人的激光 SLAM 为主。进行地图的修改。

2.3 关键技术

突破以下技术点方能实现：

1. 点云图的生成。想要得知地形全貌，得知很多地图的细节，仅仅要求普通视觉 SLAM 的稀疏点云图是不够的。需要更密集的点云来很好的描述细节或大体框架。则必须使用稠密点云图来描述地图。这需要对 SLAM 的基础知识有一个比较深刻的了解。特别对于针对特征点提取的视觉 SLAM，明白其特征点查找，匹配的原理。以及如何优化重投影误差。优化构建地图使用的回环检测等等。

2. 栅格地图生成。想要更好的操控机器人，直接使用点云图进行导航显然太过冗余复杂，而二维的栅格地图是一个较为轻量级，并且描述精准的地图。所以生成栅格地图就尤为重要，并要分辨可达点与不可达点。

3. 机器人控制策略。想要更好的控制机器人，让机器人在运动的过程中少走弯路，能够正确快速的执行命令，这就需要进行就需要一个相对理想的控制策略来确定例如定位，运动规划等方法。

2.4 研究方法和步骤：

1. 先通读一下主要的参考文献，建立对所研究问题的基本认识，了解基本的方法等。
2. 学习 SLAM 的基础知识，明白其内部原理，如：通过特征点估算运动，后端优化等等，并能手动实现一些 SLAM 工程。并使用无人机拍摄图片进行 SLAM，使用一些集成软件生成点云图。
3. 需要学习 PCL 与 OpenCV 等知识，明白其成员内部原理，并能熟练的使用其成员函数，来完成自己想要实现的作用。并最终完成将点云图转换成机器人可识别的栅格地图的目的。

4. 需要配置 ROS 环境，学习使用 ROS 中的方法。明白其如何进行信息通信以及一些软件接口以及它已经实现的软件包。学习其框架。以便于让机器人在此环境下实现智能导航，实时定位与修改地图。

三、论文所遇到的困难和问题、拟采取的解决措施及预期达到的目标

存在的问题及拟采取的解决措施：

存在问题：

对 SLAM 的数学基础知识了解尚浅。对于编程能力仍较弱。对于 pcl, opencv, ros 等方法，操作不熟练。

解决措施：

努力学习 slam 基础数学知识。对于编程的练习加大力度。并进入 pcl, opencv, ros 的官网学习其主要方法。

预期目标：

1. 无人机生成二维地图完整且准确，障碍物标记较实际距离不大于 5cm 误差。
2. 对于机器人控制完整流畅，且准确。

五、论文进度安排

2021/1/15-2021/1/31：学习 SLAM 算法，明白其大概原理。

2021/1/31-2021/2/14：跑通无人机 slam 代码，能够使用无人机三维重建出点云图。

2020/2/14-2020/2/28：学习 PCL, OpenCV 其成员函数。

2020/3/1-2020/3/21：实现将地图信息转化为深度图像和加权代价地图。

2020/3/21-2020/4/7：制定运动策略，以及实时地图修改。

2020/4/7-2020/5/1：整合代码，实验。

2020/5/1-2020/6/1：论文撰写，准备答辩。

六、参考文献

- Bu, Shuhui, et al. "Map2DFusion: Real-time incremental UAV image mosaicing based on monocular slam." 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE, 2016.
- Wang, Wei, et al. "TerrainFusion: Real-time Digital Surface Model

Reconstruction based on Monocular SLAM.” 2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE, 2019.

- Zhao, Yong, et al. “Real-Time Orthophoto Mosaicing on Mobile Devices for Sequential Aerial Images with Low Overlap.” Remote Sensing 12.22 (2020): 3739.

指导教师意见:

签名:

年 月 日

开题评议小组成员:

开题评议小组意见: (包括对论文的选题、难度、进度、工作量、论文形式意见):

1. 论文选题: ☐ 有理论意义; ☐ 有实用价值; ☐ 有理论意义与实用价值;

☐ 意义不大。

2. 论文的难度: ☐ 偏高; ☐ 适当; ☐ 偏低。

3. 论文的工作量: ☐ 偏大; ☐ 适当; ☐ 偏小。

4. 进度: ☐ 可行; ☐ 不可行;

5. 学生开题报告中反映出的综合能力和表达能力: ☐ 好; ☐ 较好; 一般; ☐ 较差。

6. 论文形式意见: ☐ 可行; ☐ 不可行;

7. 对论文选题报告的总体评价: ☐ 好; ☐ 较好; ☐ 一般; ☐ 较差。

(在相应的方块内作记号“√”)

评 议 结 论	<p>是否同意论文选题报告：<input type="checkbox"/> 同意；<input type="checkbox"/> 需重做 （在相应的方块内作记号“√”）</p> <p>评议小组组长签名：_____年 月 日</p>
----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------