

**学位论文开题报告登记表**

**Thesis/Dissertation Proposal Form**

|  |  |
| --- | --- |
| **学号 Student ID** | 119020910448 |
| **姓名 Name** | 古雪峰 |
| **学生类别 Degree Program** | 专业型硕士生 Professional Master Student |
| **学习形式 Study Mode** | 全日制 Full-time |
| **导师 Supervisor(s)** | 王亚飞 |
| **论文题目 Thesis title** | 深度视觉特征描述符的研究以及在自动驾驶建图与重定位中的应用 |
| **学院 School** | 机械与动力工程学院 |
| **专业 Major** | 车辆工程 |
| **开题日期 Date** |  |
| **开题地点 Venue** |  |

填 报 说 明

**Instruction**

1. 校本部研究生的开题报告应通过[数字交大](http://my.sjtu.edu.cn/)在线提交申请。

The application for thesis/dissertation proposal should be submitted through [My SJTU](http://my.sjtu.edu.cn/).

1. 开题报告为A4大小，于左侧装订成册。各栏空格不够时，请自行加页。

This form should be printed with A4 papers and bound together on the left. If the space left is not enough, please feel free to add extra pages.

1. 博士生导师可以根据博士生学位论文选题情况自行确定是否进行开题查新，博士学位论文开题查新报告应由查新工作站提供。

The supervisor should decide, based on the proposed topics, whether a novelty assessment report is needed or not, which should be conducted by an authorized novelty assessment department.

1. 开题报告通过后，分别由研究生、导师、学科各存档一份。

Upon passing the dissertation proposal, three copies of this form should be prepared, one for each of the doctoral candidate, the supervisor, and the academic discipline.

1. 医学院研究生如果以函评形式开题，开题地点请填写“函评”，专家组组长签名由导师签名。

For students in the School of Medicine, if the dissertation proposal is conducted via peer review, the “Proposal venue” shall be filled with “peer review” and the “Signature of Committee Chair” shall be signed by the supervisor.

1. **开题报告正文 Thesis/Dissertation Proposal Report**

|  |  |
| --- | --- |
| 论文题目  Proposed Title | **基于深度二进制描述符的视觉SLAM系统开发和重定位** |
| 研究课题来源  Source of Research Project | 请在合适选项前画√ Please select proper options by “√”.  国家自然科学基金课题 NSFC Research Grants  国家社会科学基金 National Social Science Fund of China  国家重大科研专项 National Key Research Projects  其它纵向科研课题 Other Governmental Research Grants  企业横向课题 R&D Projects from Industry  自拟课题 Self-proposed Project  其它 Other |

1. **请综述课题****国内外研究进展、现状、挑战与意义，可分节描述。博士生不少于10,000汉字，硕士生不少于5,000汉字。请在文中标注参考文献。 Please review the frontier, current status, challenges and significance of the research topic. The citations should be marked in the context and listed in order at the end of this section. No less than 8,000 words for doctoral students and 4,000 words for master students if written in English.**

1.1 课题意义

近年来，伴随着我国经济的巨大飞跃，人民的生活水平日益提高，汽车拥有数量明显增加，与此同时由汽车引发的各类交通事故数量也明显上升。调查显示，每年有超过100万人死于车祸，死于各种碰撞事故中，而其中95%的事故都与驾驶员有关。而无人驾驶不依赖驾驶员，可以避免由于驾驶员技术不足、分心等人为因素造成的事故。并且无人驾驶汽车间还可以相互学习，代码经过迭代，可以适用到其他的无人驾驶车辆上，完成无人驾驶技术的迁移，让无人驾驶汽车刚开始即为一个“富有经验的”驾驶者。另外像停车、高速驾驶这种极其无聊且费时的，且重复机械的过程，急需无人驾驶来帮助驾驶员节省精力。

无人驾驶主要分为感知、定位、规划、决策四个部分。而在这四个部分中，定位无疑起到至关重要的作用。因为只有自动驾驶汽车知道自己的位置，才为后面的决策，规划，控制提供导向。现在常用的定位方式是利用GPS定位。GPS，全称是the Global Positioning System，即全球定位系统。现在的GPS的定位精度在米级，对于

GPS定位的描述、组合导航的定位

传统SLAM系统、深度学习SLAM系统，里面可以说一下语义SLAM

传统描述子、深度学习描述子、各种描述符的二进制策略

1.2 国内外研究进展、现状

传统的SLAM（同时定位和制图）系统非常重视几何信息。在多视图几何的坚实基础的基础上，进行了许多出色的研究。但是，SLAM系统中没有几何模块会产生问题。为了跟踪摄像机的位置，研究人员通常在跟踪线程中执行像素级匹配操作，并优化少数帧的姿势作为局部映射。毫无疑问，姿势估计和地图评估中的漂移导致的误差会不断累积。同时，数据驱动技术深度学习已在许多计算机视觉任务（例如分类和匹配）中实现了快速发展。这些成就反映出深度学习可能是解决与数据关联相关的问题的最佳选择之一。因此，越来越多的研究人员认为，图像之间的像素级或更高级别的关联（我们上面提到的SLAM系统的瓶颈）也可以借助神经网络来处理。深度学习已证明其在SLAM系统中的优势。许多杰出的研究已经使用它来代替传统SLAM系统中的某些非几何模块[22，21，49，26，12]。这些方法通过仅改进典型流水线的一部分（例如立体声匹配，重新定位等）来增强整个SLAM系统。一些研究者还尝试使用通过深度学习模型获得的高级功能来补充SLAM [37、35、1、6、15]。这些更高级别的功能更有可能推断出语义内容对象功能并提高视觉场景理解的能力。此外，还提出了端到端的学习模型[51，16]。这些方法在特定情况下优于传统SLAM算法，并证明了SLAM中深度学习的潜力。但是，深度学习和SLAM的这种结合存在重大缺陷。大多数深度学习方法严重依赖于用于训练的数据，这意味着它们无法很好地适应未知环境。例如，我们无法确保要探索的房间是否配备了椅子和书桌，也无法保证书桌的语义优先级在这种情况下会有所帮助。而且，大多数深度学习增强型SLAM系统旨在反映深度学习技术的优势，并摒弃SLAM的优点。结果，它们可能会牺牲效率（SLAM算法的重要组成部分）以提高准确性。最后但并非最不重要的一点是，一些基于DL的SLAM技术将传统的SLAM系统作为其基础框架[49、26、12、9]，并进行了大量更改以支持深度学习策略。太多的替换可能会导致SLAM管道的某些有用功能丧失，并使研究人员难以与现有研究进行进一步的比较，更不用说将这些技术移植到其他SLAM系统了。结果，基于DL的SLAM不够成熟，无法胜过传统的SLAM系统。因此，我们努力提出一种简单，便携式和高效的SLAM系统。我们的基本思想是通过深度学习提高局部特征描述符的鲁棒性，以确保帧之间数据关联的准确性。

1.3 课题挑战

参考文献 Reference：

1. Author List, *paper title*, Journal **Volume**, pages, year. （参考格式，可不同，但信息须完整、规范。Reference format, could be different but all necessary information should be provided.）
2. Authors, *book name*, publisher, pages, year. （参考格式，可不同，但信息须完整、规范。Reference format, could be different but all necessary information should be provided.）
3. **课题研究目标、主要研究内容和拟解决的关键问题。 Research objectives, main contents and key issues to be solved.**

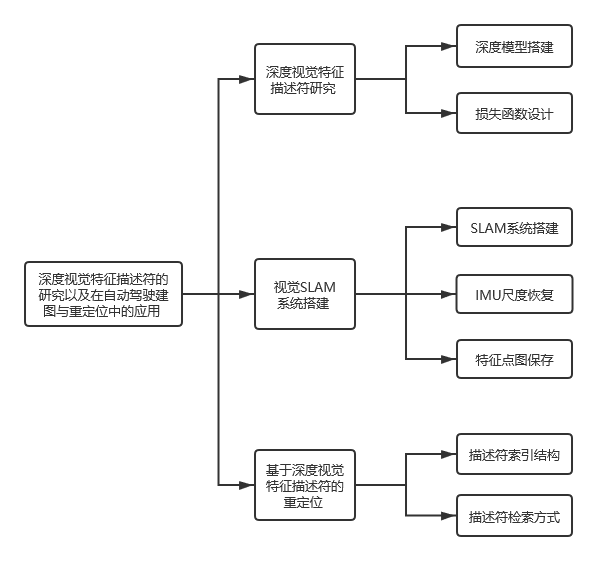
2.1研究目标

2.1.1 研究更加鲁棒、高效、适用于视觉SLAM的深度二进制特征描述符

2.1.2 基于深度特征描述符搭建视觉SLAM系统，并进行自动驾驶场景下的地图构建和车辆重定位

2.2 主要研究内容

本文基于国内外对于车辆定位系统的研究现状，根据现在视觉SLAM系统中的一些瓶颈问题，给出基于实际自动驾驶场景的深度学习描述符的研究，来得到更为鲁棒的定位结果。



2.2.1 深度视觉特征描述符研究

深度学习描述符首先是深度学习模型的搭建。本研究拟采用triplet network网络来搭建描述符模型。网络的输入是一个图片的patch，即对一张图片进行FAST角点检测，然后以每个角点为中心取出64\*64像素的patch输入网络。因为SLAM对于实时性要求比较高，所以我们的网络搭建应该尽可能浅。通过前期的调研，网络在7~8层左右就能大致满足要求。不过网络的深浅是一个效率和精度的平衡，后面具体实现的时候可以根据实验结果来综合考虑。而网络的训练策略也是一个比较关键的因素，所以研究时也需要特别关注这个方面。而损失函数对于描述子的性能影响也比较大，所以需要精心设计损失函数。而传统的深度学习浮点型描述符利用欧式距离计算描述符的相似度，导致计算量大、效率低，所以本研究需要找到合适的二进制策略得到深度二进制描述符。

2.2.2 视觉SLAM系统搭建

当CNN生成描述子的提取模型之后，就需要将其融合到SLAM系统里面，进行深度学习描述子的性能验证。本研究准备采用的视觉SLAM框架是ORB-SLAM2，将ORB描述子替换为深度学习描述子，并且需要根据深度学习描述子的特性对SLAM框架进行一些调整。同时我们也需要对深度学习描述子生成词袋，以做回环检测使用。整个单目SLAM系统搭建好以后，还需要解决单目相机的尺度问题，所以需要利用IMU对单目尺度进行恢复。对于地图点的尺度恢复完成以后，还需要找到一种合适的格式和结构对地图点进行保存。

2.2.3 基于深度视觉特征描述符的重定位

当我们建好视觉地图以后，还需要利用地图进行车辆的重定位。而重定位主要涉及的就是当前图片的特征点描述符与地图里面的特征点描述符进行匹配，而地图点的数量比较大，所以需要对描述符的索引结构进行优化，设计针对此描述符更高效的检索方式。在得到匹配的地图点之后，就需要做PNP，解算出本图像帧的位姿。

2.3 拟解决的关键问题

利用深度二进制描述符解决浮点型深度学习描述符计算量大、效率低的问题，并且保证描述符的匹配精度

利用卷积神经网络解决传统描述符的低鲁棒性，提高SLAM系统的精度

设计合适的地图点索引结构，能够更高效地进行车辆的重定位

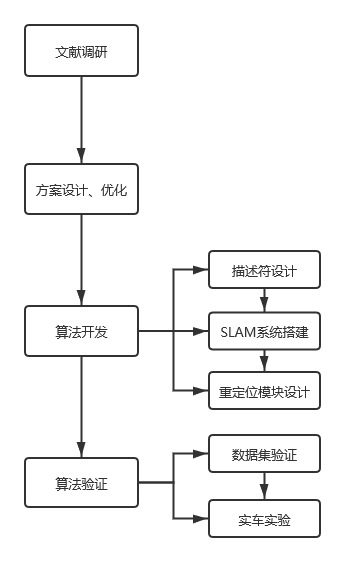
1. **拟采取的研究方法、****研究方案及其可行性分析。Research methods and research scheme to be adopted and feasibility analysis.**

3.1 拟采取的研究方法

文献研究法：首先对于传统描述符的局限性进行调研，然后根据这些局限性寻找深度学习的解决方案。第二是查阅深度学习模型的搭建方法，借鉴好的网络结构，并根据自己的需要进行调整和改进。第三是查看好的对网络的二进制方法，得到一个效果更佳的二进制描述符。

实验法：当生成描述符的网络模型搭建完成以后，需要用数据集对网络的结果进行验证；也需要利用生成的二进制描述符进行两张图片的匹配，验证图片的匹配效果；最后需要将集成好的SLAM系统利用公开数据及和实车试验进行验证，探究设计的描述子是否能满足需求。

3.2 拟采取的研究方案



1)文献调研：首先广泛阅读文献，对已有的深度学习模型、算法进行梳理和比较，找出其中的不足与技术难点，并对其中的问题进行细致的思考和分析，提出自己的解决方案

2)方案设计、优化：对于文献调用发现的已有的模型的不足，提出自己的方案，解决其中的不足。在方案具有一定的创新型的前提下，对方案进行优化设计。

3)算法开发：根据文献调研的结果，以及设计的方案，我们首先对描述符进行设计，这也是整个项目中最关键的部分，描述符的质量决定了SLAM系统的鲁棒性，也决定了重定位的效果。描述符设计好之后需要集成到视觉SLAM系统里面，并且需要对SLAM系统做相应的修改。因为回环检测需要词袋，所以还需要对深度描述符生成词袋的算法进行开发。为了能够进行重定位，还需要开发重定位模块，并进行算法优化，提高重定位的效率和效果。

4)算法验证：描述符设计好以后需要用UBC benchmark数据集进行FPR95的验证，FPR95越小越好。然后还需要设计算法来进行两张相近图片的匹配，验证描述符的匹配效果。深度二进制描述符集成到SLAM系统上之后，首先需要利用公开数据集，如KITTI、Tartanair数据集进行建图算法的验证。最终需要将算法在实车上进行实验，验证建图算法和重定位算法在实际中的效果，验证算法的泛化性。

3.3 可行性分析

1)理论分析：深度学习网络CNN被广泛证明能够更好地提取图片的信息，对图片进行编码，得到特征向量。而描述子的本质也是将一个图片小块的信息编码为一个128维或者256维的向量，本质也是图片信息的提取。所以利用CNN提取描述子的方案是可行的。并且CNN对于图片信息的提取比传统的描述子更加鲁棒，所以用深度学习提取的描述子理论上来说会有更好的效果。

视觉SLAM发展已经比较成熟，好的SLAM框架也有开源的。所以我们只需要根据研究的描述子的特点，对SLAM框架进行修改和调整。

2)实验分析：经过调研，有大量的开源的数据集可以对网络进行训练，以及对算法进行初步验证。实验室也有自动驾驶车辆，后期可以很方便地对算法进行实车实验，验证算法的鲁棒性和泛化能力。

3)研究人的研究经验：研究人在研究生期间主要学习的是自动驾驶算法的开发，对于SLAM算法有一定的了解。并且对于实验室的自动驾驶车辆的操作比较熟悉，实验器材使用熟练，后期做实验比较方便。

1. **课题的创新点 Novelties of the proposed topic.**

4.1 基于triplet network的深度视觉二进制特征描述符的研究

1)设计深度学习网络提取图片的描述符

2)设计新的浮点型描述符的二进制方法

4.2 基于深度二进制描述符搭建SLAM系统和设计重定位模块

1)设计基于深度二进制描述符的前端匹配算法

2)根据深度二进制描述符搭建视觉SLAM系统

3)对单目的尺度进行恢复，并采用合适的格式保存地图

4)研发重定位模块

1. **计划进度、预期成果 Research schedule, and expected outcomes**

5.1 计划进度：

2021.1.1-2021.2.1查阅传统描述符、深度学习描述符的相关算法资料，深入了解技术的原理，设计、确立自己的SLAM系统

2021.2.1-2021.3.1学习深度学习基础知识，并学习使用开源框架Pytorch

2021.4.1-2021.5.1设计搭建深度描述符的模型，并编写相应的训练算法和验证算法

2021.5.1-2021.6.1基于深度学习描述符进行SLAM系统的搭建，并编写IMU恢复尺度的算法，并保存地图

2021.6.1-2021.7.1 完成重定位算法的编写

2021.7.1-2021.8.1 在开源数据集上进行算法验证

2021.8.1-2021.10.1 将算法移植到实验车上进行系统性的验证

2021.10.1- 书写毕业论文，做答辩PPT

5.2 预期成果

1)完成基于triplet network的深度学习二进制描述符的开发，效果要超过ORB等传统的二进制描述符

2)将得到的深度学习二进制描述符集成到SLAM系统上，完成自动驾驶的地图构建和重定位功能，性能对比传统的SLAM系统要有所提升

1. **与本课题有关的工作积累、****已有的研究工作成绩。Prior experience and accomplished achievements related to the proposed topic.**

已经对当前主流的描述符算法进行了较为深入的调研，对于描述符的网络结构也已经有了大体的了解

对于现在主流的视觉SLAM框架也有了较为深入的了解，可以方便后续的SLAM系统搭建

**本人承诺：开题报告中的内容真实无误，若有不实，愿承担相应的责任和后果。****I hereby declare and confirm that the details provided in this Form are valid and accurate.** **If anything untruthful found, I will bear the corresponding liabilities and consequences.**

**学生签字/Signature of Student： 日期/Date：** 2020-12-22

全文字数统计：1559。

**二、开题报告评审 Review of the Thesis/Dissertation Proposal** (注：通过数字交大在线流程进行时，本页及后续内容不用填写、上传；特殊情况下，经研究生院同意，可用此表线下进行开题报告记录汇报时，需填写本页及后续内容。This section does not need to be filled or uploaded to the system if the thesis/dissertation proposal application is submitted through My SJTU.)

1. **课程学习情况 Coursework** （本栏由研究生填写，导师负责核对确认This table shall be filled by the graduate student, and verified by the supervisor.）

|  |  |
| --- | --- |
| 培养计划中是否尚有未通过课程？Is there any unpassed course remained in the training plan? | ○ 是Yes ○ 否No |
| 培养方案要求总学分、GPA学分  Total credits and GPA credits required by the program |  |
| 培养计划总学分、GPA学分  Total credits and GPA credits of the training plan |  |
| 已修课程总学分、GPA学分  Total credit and GPA credits acquired hitherto |  |
| 已修课程GPA（硕士生、直博生）  GPA of the finished courses (if applicable) |  |

1. **导师意见Comments of Supervisor**
2. 请确认课程学习情况信息的准确性 Please confirm if the information provided in the *Coursework* section is valid/accurate or not:

○ 准确无误Valid and accurate ○ 有不确切处Inaccurate

1. 请对研究生开题报告规范性，论文选题的学术性（学术型）、实践性或实用性（专业型）、前沿性，研究方案的可行性等进行评述。Please comment on the thesis/dissertation proposal.
2. 对研究生学业进展、研究能力、治学态度的综合评价。Please comment on the academic progress, research potential, altitude of the graduate student.

**签名/Signature： 日期/Date：** 2020-12-22

1. **专家组评审 Committee Review**
2. 专家组成员 **Review Committee Members**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号**  **Index** | **姓名 Name** | **工号**  **Work ID** | **职 称**  **Title** | **工 作 单 位**  **Affiliation** | **本人签名**  **Signature** |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |
| **秘书** |  |  |  |  |  |

1. **专家组意见Comments**
2. **审查结论/Conclusion：**

○ 通过/Pass ○ 不通过/Fail

（通过票数/Votes for pass: ； 不通过票数/Votes for fail: ）

**组长签名/Signature of Committee Chair： 日期/Date：** 2020-12-22

1. **院系意见School Review**

○ 通过 Pass。

○ 不通过 Fail。

**○** 建议下次重新开题 Retake the thesis/dissertation proposal next semester (仅限第一次开题未通过时)

**○** 建议转为硕士生培养 Transfer to master program (仅限博士生第二次开题未通过时)

**○** 建议退学 Suggest to withdraw from the university

主管领导签字Signature 盖章Stamp 日期Date:

**备注Remarks:**

注：研究生开题报告评审记录应通过数字交大在线流程系统提交，本表格不存档。特殊情况下，经研究生院同意，可用此表格线下进行；在此情况下，本表格由院系研究生教务办负责存档。考核完成后，院系应在一周内将考核结果提交至研究生院。

**附件/Attachment:**

**查新中心站管理编号/ No. of the Novelty Assessment Department:**

**科技查新报告**

**Sci-tech Novelty Assessment Report**

|  |  |
| --- | --- |
| **课题名称 Project Title：** |  |
| **委托单位 Entrusted by:** |  |
| **报告日期 Report date:** |  |
| **认证单位 Certified by:** |  |