

班 级：信工 1603 班
学 号：2016014553



北京化工大学

毕 业 设 计 (论 文)

题 目 基于二维码定位的
仓储机器人系统

专 业 电子信息工程

学 生 任伟

指导教师 胡标

2020 年 5 月 28 日

诚信声明

本人声明：

本人所呈交的毕业设计（论文），是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

作者签名： 任伟 日期： 2020/5/28

毕业设计(论文)任务书

设计(论文)题目：基于二维码定位的仓储机器人系统

学院：信息科学与技术学院 专业：电子信息工程 班级：信工 1603

学生：任伟 指导教师：胡标 专业负责人：尹媵

1. 设计（论文）的主要任务及目标

- (1) 机器人的作界面能够对 AGV 的任务调度和路径显示。
- (2) 建立可视化界面，能够显示机器人的位置并进行路径规划。
- (3) 客户端和机器人建立通信，下达相应指令；
- (4) 机器人端扫描识别铺设在地上的二维码并将位置信息传给客户端。

2、设计（论文）的主要内容

- (1) 客户端完成路径规划、位置显示、并更新及下达命令等功能。
- (2) 机器人端能够发送位置信息和接收客户端指令。
- (3) 撰写毕业论文，翻译一篇 5000 汉字左右的外文文献。

3. 设计（论文）的主要要求

- (1) 用 C#开发客户端界面，用网格坐标系对应现实中的位置，
- (2) 在场地中铺设二维码，二维码中包含对应位置坐标信息。
- (3) 机器人在行走途中识别二维码之后，将位置信息发给客户端。

4. 主要参考文献

[1]于娟.基于 QR 二维码技术的 AGV 系统在仓储中的应用设计[J].天津职业技术师范大学学报,2015,25(03):44-47.

[2]杨友良,胡少辉,赵丽宏,毛志强.基于二维码定位导航的转向 AGV 设计

5. 进度安排

	设计（论文）各阶段名称	起 止 日 期
1	查阅国内外论文，了解国内外研究现状	2019 年 12 月 23 日-12 月 31 日
2	实现操作界面中对机器人路径的实时显示与更新。	2020 年 1 月 1 日-2 月 5 日
3	完成二维码识别、寻迹部分以及路径规划	2020 年 2 月 6 日-3 月 15 日
4	实现多个机器人协同工作	2020 年 3 月 16 日-5 月 19 日
5	撰写毕业论文并准备毕设答辩。	2020 年 5 月 20 日-6 月 5 日

基于二维码定位的仓储机器人系统

摘要

近年来，随着物流行业的兴起，仓储机器人的运用也越来越多，而且大多数已经开始商业化，这些大多采用激光导航和磁导航的方式，尽管这些技术已经偏向与成熟，但是也有着成本高和较难维护的缺点。因此本课题在设计中引入 QR 二维码，在地面铺设二维码阵列用以给机器人定位。

本文用 C#开发桌面端界面，用以给机器人下达命令，并显示机器人的实时位置。在选定机器人的起点和终点后，会运用 A 星算法对机器人进行路径规划。当多个机器人协同作用的时候，如果产生路径冲突，会根据优先级的方式依次通过。在机器人端，利用 QR 二维码，设计了与界面中的坐标对应的实地仓储系统，QR 二维码中包含坐标信息，解决了机器人的定位问题。另外，对于在机器人行进过程可能会出现轨迹偏离问题，本课题采用了寻迹的方法，在实地铺设黑线，并在机器人中加入红外传感器。

关键词：仓储机器人，A 星算法，QR 二维码，寻迹

A STORAGE ROBOT SYSTEM BASED ON QR CODE LOCATION

ABSTRACT

In recent years, with the rise of the logistics industry, the use of storage robots is more and more popular, and most of them have begun to be commercialized, most of which use laser navigation and magnetic navigation. Although these technologies have been biased and mature, they also have the disadvantages of high cost and difficult maintenance. Therefore, QR code is introduced into the design of this project, and QR code array is laid on the ground to locate the robot.

In this paper, I use C# to develop the desktop interface, which can give commands to the robot and display the real-time position of the robot. After selecting the starting point and the ending point of the robot, a star algorithm will be used to plan the path of the robot. When multiple robots work together,

if there are path conflicts, they will pass in order of priority. At the robot, the QR code is used to design the field storage system corresponding to the coordinates in the interface. The QR code contains coordinate information, which solves the problem of robot positioning. In addition, for the trajectory deviation problem that may occur during the robot's moving process, this paper uses the method of tracking, laying black lines in the field, and adding infrared sensors to the robot.

KEY WORDS: Storage robot, A-star algorithm, QR QR code, tracking

目录

前 言	1
第 1 章 概论	3
第 1.1 节 研究目的与意义	3
1.1.1、仓储环境的现状	3
1.1.2、仓储机器人	3
第 1.2 节 仓储机器人的研究现状	4
1.2.1、仓储机器人的发展	4
1.2.2、路径规划的研究现状	5
1.2.3、多个机器人的研究现状	5
第 1.3 节 AGV 导航定位技术.....	6
1.3.1 常见的导航技术	6
1.3.2 各种技术总结	7
1.4 论文结构	8
第 2 章 路径规划与多机协作	9
2.1 人工势场法:	9
2.2 蚁群算法	10
2.3 A*算法.....	11
2.4 多机器人协助	12
第 3 章 仓储机器人的可视化设计	13
3.1 C# 桌面应用程序.....	13

3.1.1 C# winform 简介	13
3.1.2 界面组成以及 winform 控件	13
3.2 界面主要功能	14
3.2.1 设置起点和终点	14
3.2.2 前后端通信与方向控制	15
3.2.3 路径冲突和路径规划	16
3.2.4 位置更新	19
第 4 章 仓储机器人的硬件平台与实地测试	21
4.1 仓储机器人的硬件组成	21
4.1.1 树莓派	21
4.1.2 功能模块	21
4.2 系统与程序	22
4.2.1 树莓派系统安装	22
4.2.2 主要功能	23
4.3 室内布局与实地测试	25
4.3.1 室内布局	25
4.3.2 实际操作	25
结 论	29
参考文献	31
致 谢	33

前 言

近年来，科技对人们的生活方式影响越来越大，同时网络购物的兴起，越来越多的人会选择在网上购物，国内电商比如淘宝，京东等的销售范围几乎可以涵盖人们日常生活的大多数方面。随着网购的增加，快递的数量也随之增加。因此，快递行业的压力也在日益增加，传统的人力搬运货物的方式很难化解这随之而来的巨大压力。所以仓储自动化受到广泛的关注。

仓储自动化主要是在仓储中加入仓储机器人实现仓储的自动化，仓储机器人可以按照设定好的程序，自动完成货物的搬运以及放置等功能。所以在物流行业中，引入仓储机器人能够很好的提高效率以及提高企业的竞争力，还能减少人员的负担。当前比较流行的仓储机器人即为自主导引车（AGV），是指不需要人工来控制，在根据中央处理器的调配下，就可以自动的将货物从原来的地方搬运到指定的地方去，以及完成货物的装卸等操作。并且还带有定位装置，能够根据周围环境的设定信息知道当前的位置。

在 AGV 的移动过程中，主要分为三个部分，分别是定位引导、路径规划以及多机器人协助。定位引导是为了知道机器人的位置，避免机器人偏离设定的路线，以及与障碍物发生碰撞。目前主流的定位引导有激光引导，惯性引导，磁感应引导，视觉引导等，各自有着对应的优缺点。在上述的几种引导方法中，激光引导运用最为广泛，但是其他个人或者集体已经发表或撰写过路径规划成果，对本论文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的提出了很多高效的解决方案。

法律结果由本人承担。
本课题旨在开发一个仓储机器人系统，可视化界面由 C# 开发而成，功能主要是显示机器人的实时信息，并采用 A* 算法对机器人进行路径规划。机器人有树莓派加小车组成，能够与可视化界面建立通信，执行可视化界面的指令以及发送实时位置。
作者签名：_____ 日期：_____
在定位导航上，采用在实际环境中铺设二维码并在机器人上加摄像头的方式，实现机器人的定位功能，另外对机器人可能出现的碰撞采用优先级的方式进行解决。

第 1 章 概论

第 1.1 节 研究目的与意义

1.1.1、仓储环境的现状

目前，随着越来越多的人习惯与在网上去购买商品，物流行业也迎来了极大的挑战，在过去的 2019 年里，国内快递量就已经超六亿件，这意味着对仓储物流的快速性和应急性都提出了更高的要求。与此同时，伴随着人工成本的增加，以及在传统的仓库管理中，如果有着大量的的人工操作，则很有可能会出现繁琐且低效的问题。仓储机器人的出现很好的解决了上述的问题，仓储机器人的特点在于：一，能够代替人工操作，减少人力资源的浪费，并且还能提高物流行业中快递搬运的效率。二，易于管理，而且能够按照设定好的程序持续的工作。因此，物流行业中，在仓储库引入仓储机器人已经成为企业降低成本、提高效率的重要举措，在有仓储机器人的智能仓库中，仓储机器人成为了搬运货物的主要劳动力，从而减少了人员的负担，尤其是在快递的分拣过程中，要移动大量的货物等。

1.1.2、仓储机器人

随着人工以及土地成本的上升，也直接影响到物流按行业的转型，因此为了满足客户的需求并提高物流的效率，物流行业对仓储机器人的需求也越来越大。物流机器人大量涌现，主要运用与拣选、码垛和搬运中。

(1) 码垛机器人：码垛机器人包含关节式机器人和直角坐标式机器人，主要用于纸箱包装等环节，有着结构简单，适应性强占地面积少的特点。此外，码垛机器人的性能也很好吗，无论式质量还是速度都远超人力，能够实现独立控制，并保障工作中的效率以及精度问题，可以非常有效的减少成本。

(2) 分拣机器人：分拣机器人一般拥有着多功能机械手、电子光学系、图像识别系统等。运用图像识别技术观察出货物的形状，并对货物进行分拣，能够显著的提高分拣的效率，不过对于现在的仓储系统来说，应用还不够广泛。

(3) 自主导引车(Automated guided vehicle)：简称 AGV，又被称为移动机器人，

主要运用在货物的搬运，能够在控制系统的操控，自动完成货物搬运与装卸等工作。

第 1.2 节 仓储机器人的研究现状

1.2.1、仓储机器人的发展

目前主流的仓储机器人是自动导引车(Automated guided vehicle)，简称 AGV，主要用途是在仓库中实现货物的移动。仓储机器人一般用蓄电池做电源，并配置相应的传感器用以明确自身的位置信息，有着一个中央控制系统对多个 AGV 统一调控，在控制系统的调配下，机器人可以根据规划好到达路径自动到达目标点完成相应的任务。在各个地方都有着非常广泛的应用。在仓储库中，可以代替人工去做一些货物的搬运，能够自主的行进到目标地点，并对货物进行装卸，然后继续工作，这样就完成了货物的自动运输。

最早出现的时间二十世纪的五十年代，是一种牵引式的导引系统，能够非常便携的与物流系统协同工作，显著的提高效率以及货物搬运的自动化程度。随后英国也研制出了拥有电磁感应导向的自动导引车，并在随后得到了大量的应用。之后，很多国家也相继的开始了 AGV 的研究。美国的亚马逊公司耗费 7.75 亿美元收购了 Kiva System 公司的机器人项目，并且研制出用二维码视觉导航的仓储物流机器人，重三百磅，在其上方有着可以升降的托盘，最大能够搬运的货物为七百磅，并且能够按照订单信息对货物进行正确的搬运。

另外加拿大机器人公司 Clearpath's 也研发了基于激光导航的仓储机器人，该机器人的最大能够搬运约 1.5 吨的货物。OTTO 机器人在前后有着两个激光扫描仪，能够扫到的范围为二十米，以此来实现自主的定位导航。相对来说，在应用方面，比起 Kiva 机器人更加的简便，不需要提前对场地进行一些必要的铺设，比如说铺设二维码，标 RFID 签等，而且有着很高的定位精度以及拥有着实时避障的功能。但是这两个激光扫描仪也极大的提高了机器人成本。智能 AGV 的视觉导航是其导航方式未来发展的趋势，也成为了国内外诸多学者研究的重点方向之一。美国和日本是最早开始研究智能 AGV 的视觉导航技术的国家，并且已经取得相当的成果，美国的斯坦福大学是最早开始研究基本地图构建的视觉导航方式，其所研制的智能 AGV -- Cart，能够通过视觉传感器采集现场景物照片对景物进行重构来获得导航地图。

在如今，视觉导航的方式用的越来越广泛，因为随着科技的发展，视觉传感器能

收集到的信息越来越多，并且造价相对比较便宜。在智能仓储机器人这一方面，我国开展的较晚，虽然智能 AGV 视觉导航方式的研究工作，二十世纪八十年代北京起重运输机械研究所开启了我国的智能 AGV 研究的序幕，经过近三十多年的发展研究，国内的研究学者不仅在智能 AGV 研发设计上有所成就，在视觉导航方式的研究领域也取得了很好的成果。

1.2.2、路径规划的研究现状

仓储机器人的路径规划指的是中央控制器根据机器人所在的位置以及目标点，规划出一条高效且不与障碍物发生碰撞的路径。在机器人的整个流程中，路径规划无疑是至关重要的一环，在得知起点以及终点之后，需要知道怎样根据环境去合理的分配路径。从而提高效率并节约视觉，因此路径规划也是研究重点之一。根据机器人对周围环境的了解程度，可以分成局部路径规划与全局路径规划。局部路径规划指的是机器人不完全了解身边的环境，需要通过自身所带的传感器等装置对周围环境进行摸索，并根据不同的情况去调整路径，因为周围环境是不确定的，所以机器人的路径也不固定，会随着环境的改变而调整，因此实时性强，但是相对来说算法难度较大，所以也会对研究人员有着更高的要求。而全局路径规划是指的从一开始就知道整个工作环境，因此，在已经环境的情况下，结合障碍物的分布以及特点，对整体路径进行规划。因此相对来说规划路径会变得更加简单，但是同时也会有着缺点，就是路径已经规划好，不能随着环境的变化而调整，所以实时性差。目前有着许多关于路径规划的算法：启发式算法，给不同的点给与不同的优先级，距离目标点越近的点优先级越高，存在的问题是容易导致将最早遍历的路径认为成最短路径。Dijkstra 算法，这个算法的主要思想是从多个路径中选取最短的那个路径。A*算法，是结合了 Dijkstra 算法和启发式算法的长处，用起始点到其他点的距离加上那个点到目标点的距离，以此评判这个点的优先级。

1.2.3、多个机器人的研究现状

在实际的仓储环境中，一个机器人往往是不够的，通常需要多个机器人一起执行任务，因此多机器人如何协助也是提高效率的一个重要方面。目前在国内外都对多个机器人协助有着不同程度的研究，不过每个研究都有着不同的侧重点。在当前比较著名的研究有着以下几个。被亚马逊收购的 Kiva 公司，开发了一个 Kiva Systems 的多

机器人系统，很好的运用在仓储环境里，充分的提高了仓储库的效率，受到行业中大多人的认可。对于多机器人自适应问题，田纳西大学的专家团队搭建了 ALLLANCE 的具有分布式结构的系统，可以实现多机器人的集群移动，而且还拥有着学习能力。另外南加利福尼亚大学也对多机合作以及学习有着深入的研究，能够做到多机器人互动并且合作学习。对于多机器人避障的问题，Kito Berg-Taylor 在着方面进行了深入的研究，而且取得了一定的研究成过，不过由于实验平台等关系，不能对避障算法充分验证。

我国相对多个机器人的系统研究相对较晚，不过发展速度快。主要研究方面有路径规划、定位以及多个机器人通信等。其中以中科院的沈阳自动化所为代表，研究了很多机器人产品并且被广泛应用。国内也有着很多大公司如京东、阿里巴巴等都有着自己的多机器人系统。除此之外，国内的很多院校也开始了这方面的研究。

第 1.3 节 AGV 导航定位技术

AGV 在控制台的分配以及路径规划下，能够根据指令运动到目标地点，然后完成货物的装卸，之后再移动到另外一个地方，以此就实现了货物的自动运输。在整个过程中，定位引导是 AGV 的关键部分，目前在市场上用着大量运用的 AGV 有着多种形式的导航技术。比如激光引导，惯性引导，磁感应引导等，尽管有的技术相应成熟，但也有着显著的缺陷。

1.3.1 常见的导航技术

(1) 电磁导航技术：电磁导航技术在目前算是比较传统的导航技术，不过仍然有着许多 AGV 控制系统在运用。它的工作原理是提前将金属导线铺设在 AGV 的工作区域下面，之后对金属导线设定交流的电磁信号，并且在 AGV 中，还会放置一对电磁感应线圈，使得他们处于对称的位置。在此之后，AGV 的控制系统就可以通过电磁感应线圈去检测金属导线上的电磁信号的大小程度，以此完成对应的操作。这个技术的主要优点在于成本低，而且引导稳定，不会受到声音或者光线等外界因素干扰。不足之处在于路径相对固定，并要求地面比较平坦。

(2) 磁带导航技术：磁带导航技术相对更容易理解，它的工作原理是提前在路径中铺设相应的磁带，然后在 AGV 中安装磁场传感器，检测磁带上面的信号并传递

给 AGV 控制器，进而实现了 AGV 的移动。有着灵活性好，容易改变路径的优点。缺点是可靠性较低。

（3）光学导航技术：光学导航技术的原理和电磁导航非常相似。它们的不同之处在于，光学导航技术运用的是有着稳定反光率的色带。AGV 根据提前安装好的光电探头对检测的信息进行对比，以此来调整和规划运动路线。也有着较好的灵活性等特点。但是易污染和磨损。

（4）激光导航技术：与其他的导航技术相比，激光导航的成本更为昂贵，它的工作原理是将激光收发扫描仪安装在 AGV 的上方，并在 AGV 的两边安装一定数量的激光挡板，然后实时调度检测与对比，以此来实现对 AGV 的导引。由于激光发射器不断的发射以及接收反射回来的光束，通过收发光束的时间差及其几何关系计算当前的位置与方向。完成路径的导引。有着可靠性高的优点，但是造价较为昂贵。

（5）惯性导航技术：惯性导航的技术与其他技术不同在于不用借助外在的信息。因此较难受到干扰，主要是通过控制器上的陀螺仪等检测加速度并进行一些计算，然后获得 AGV 的瞬时的位置以及速度信息，然后对应到相应的坐标系。这样即可获得需要的路径等信息。优点在于不需要参照物，但是实时性较差。

（6）视觉导航技术：视觉导航目前的应用是提前铺设路径的一些标识，然后再通过摄像头等传感器识别路径的标识，然后提取想要的信息，然后将其与中央控制器的路径所对比，从而清楚的了解目前所在的位置以及要走的方向。

1.3.2 各种技术总结

由上述的描述可以看出，虽然很多技术已经相对成熟，但是仍然有着一些缺陷，例如磁带引导虽然容易改变路径但容易受到干扰。磁感应引导的鲁棒性好不容易受外界干扰，但路径不容易改变惯性引导中存在误差累计，IMU 等传感器会出现漂移现象，影响定位精度。激光引导需要在应用场景中引入反光板地图路标，通过激光的反射获得外界场景信息从而定位激光的姿态。以上几种导航方式中，激光导航目前应用最为广泛，但激光导航也存在局限问题。在随着机器视觉以及图像处理技术的成熟，并且视觉传感器价格低廉，并且相比于其他传感器而言，能够获得更多的信息。所以也成为了主要研究领域之一。在各个方面都有着突出的贡献。因此本课题选用的是通过视觉传感器即摄像头加 QR 二维码的方式完成机器人的定位引导。通过识别有坐标信息的二维码确定当前的位置信息，并根据规划好的路径进行下一步的操作。

1.4 论文结构

本课题主要研究内容设计机器人的可视化界面，主要用于对 AGV 的任务调度和路径显示，AGV（本课题用的是 Linux 系统的树莓派小车代替）能够根据下达的指令自动进行工作，并依靠自带的视觉系统获取位置信息，用以传达给控制界面显示精确的位置信息，并且在场地中每隔一段距离或特定位置处，铺设二维码以及黑线。然后 AGV 在移动过程中，用摄像头扫描二维码，通过识别当前二维码来确定 AGV 位置和信息。

论文结构如下：

第 1 章：概述。介绍选题的背景以及意义，以及 AGV 现在发展的现状。并列举了当前流行的导引技术。

第 2 章：路径规划与多机协作部分。主要是介绍了现状一些常用的路径规划算法以及所使用到的 A*算法。

第 3 章：机器人的可视化界面部分。主要介绍了客户端界面的路径显示与更新，及其他功能。

第 4 章：仓储机器人的硬件平台以及室内布局。主要介绍了在 AGV 端的硬件组成和功能，以及实地的布置和测试。

第2章 路径规划与多机协作

目前，AGV 的路径规划是智能仓储的核心技术之一，也是国内外研究的热点，引起了很多专家及学者的重视，并提出很多实用的算法。其中包括人工势场法、蚁群算法以及 A*算法。在对机器人分别做出路径规划以后，如果存在多个机器人，则会涉及到另外一个问题，那就是它们的路径之间可能会产生冲突，因此就需要研究另外一个问题也就是多个机器人如何协助，也就是在路径发生冲突的时候如何避免机器人在移动过程中发生碰撞。目前主流方法有着设定优先级通过用以规避碰撞，以及通过改造二维平面，加入角度或者时间等信息来避免碰撞的发生。

2.1 人工势场法：

人工势场法最早又 Khatib 提出，它的原理是，将机器人在环境中的运动，抽象成在人工形成的势场上运动，在这个假想的势场中，有着两种力的存在，一个是由障碍物所产生的排斥力，避免物体与之发生碰撞，另外一个则是来自目标点的引力。在路径上的每一点的合力为它所受到的排斥力与吸引力之和。如图（2.1）所示，在模拟的人工势场中，机器人会沿着更低的方向移动。

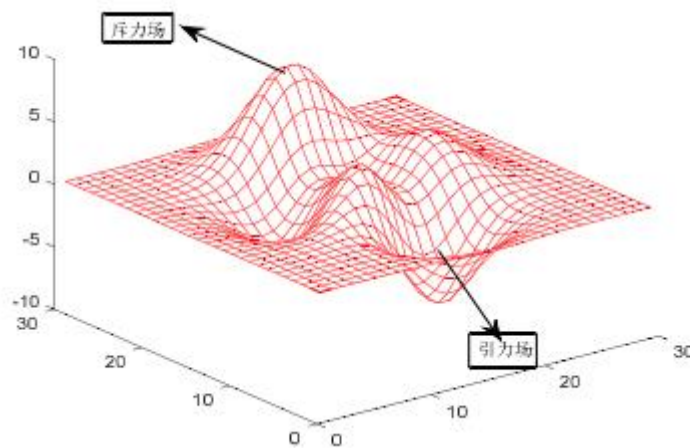


图 2-1 假想势场图

而人工势场法的关键之处在于如何建立引力以及斥力场，也就是构造引力以及斥力函数。目前常见的引力函数如下：

$$U_{att}(X) = \frac{1}{2} k_{att} (X - X_g)^2 = \frac{1}{2} k_{att} \rho_g^2(X) \dots\dots\dots(2-1)$$

在此公式中， x 表示机器人当前位置，而 X_g 则是机器人的目标位置，而最后的 $\rho_g(X)$ 则是机器人的当前位置到达目标位置的欧式距离。在对上述公式作负方向的变换之后并分解。得到公式如下：

$$F_{attx}(X) = -k_{att}(x - x_g) \dots\dots\dots (2-2)$$

$$F_{atty}(X) = -k_{att}(y - y_g) \dots\dots\dots (2-3)$$

在上面的公式中， F 分别为引力在 x 以及 y 方向上的分量。

斥力场：

斥力是使得机器人远离的排斥力，以此保证机器人不会和障碍物发生碰撞，从而保证了机器人的安全。但是在障碍物很远的时候，往往不希望有着斥力存在，因从斥力函数如下所示：

$$U_{rep}(X) = \begin{cases} 0, \rho(X) \geq \rho_0 \\ \frac{1}{2} \eta \left(\frac{1}{\rho(X)} \cdot \frac{1}{\rho_0} \right)^2, \rho(X) < \rho_0 \end{cases} \dots\dots\dots (2-4)$$

在上述公司中，机器人所受到障碍物的斥力的最大距离为 ρ_0 ，所以当 $\rho(X) > \rho_0$ 的时候，机器人则不会受到障碍物的排斥作用，因此斥力就不会影响到机器人的运动，而当其小于这个距离的时候，则机器人受到的排斥力也会和距离成正比。

人工势场算法的缺点一是当机器人距离目标点过远，引力将变得非常大，因此如果在斥力小到几乎可以忽略不计的情况下，可能会导致机器人碰到障碍物，二是当所要到达的目标点时附件有着巨大的障碍物时，由于巨大的斥力作用，机器人可能无法绕过障碍物到达目标位置。三是在人工势场中，如果出现两个距离很近的障碍物，并且斥力的分量与引力分量的大小相等并且方向正好相反，则机器人便容易陷入局部最优解而来回震荡，不知道如何前进。

2.2 蚁群算法

蚁群算法主要是被用来寻找最优路径，是一种概率型的算法。是由意大利科学家 Marco Dorigo 和其同事在长期观察蚂蚁的集体行为和其在寻找食物的特性之后，提出的一种算法。在蚂蚁寻找食物的过程中，会在路径中释放一种分泌物。蚂蚁能

够感应并沿着信息素的轨迹移动。在一段时间后，这个信息素的含量也就是分泌物，会因为挥发而降低，蚂蚁们通过信息素浓度信息的感应从而去选择对应的路径，因此到大量的蚂蚁选择较短的路径后，信息素就会越来越多，而其他较远的路径浓度则会变低。最后就可以通过这种方式去确定最优路径。在这整个过程中，信息素是至关重要的一环，有了信息素这个作为正反馈，在大量的探索中，便确定最优路径。

如果我们将蚁群中的蚂蚁个数设为 m ，第 k 个蚂蚁在地图的 r 节点，则蚂蚁 k 到 s 的转移概率为：

$$P_{rs}^k = \begin{cases} \frac{[\tau_{rs}(t)]^\alpha [\eta_{rs}(t)]^\beta}{\sum_{s \in allowed_k} [\tau_{rs}(t)]^\alpha [\eta_{rs}(t)]^\beta}, & s \in allowed_k \\ 0, & otherwise \end{cases} \dots\dots\dots(2-5)$$

在公式中， P_{rs} 是蚂蚁 k 从 r 节点移动到 s 的概率。而 $\tau_{rs}(t)$ 则表示在时间 t 时路径已经有的信息素浓度，而其中 η_{rs} 则表示该条路径的启发式信息。将已经被蚂蚁走过的路径记录在表中，并且将表中的节点的概率设置为零，以此保证不会出现重复走过相同节点，之后当所有蚂蚁都到达目标点后，就根据表中的节点计算行走的路径长度。之后在下一次的计算式，将表中的节点情况然后重新计算。

存在的问题：

蚁群算法由于有着它独特的反馈机制，所以有着较多的优点，但是也有着一些不足之处，因为在路径的选择中是概率性的，所以有着一定的随机性。另外在蚁群算法开始的阶段，正反馈机制不是很明显，所以会导致路径选取的不确定性，导致浪费很多时间。

2.3 A*算法

A*算法也是本课题所采用的路径规划算法，它是一种非常典型的启发式算法，特点在于在见检查最短路径的每个节点的时候引入全局信息，并对目前节点所在的位置目标位置的距离做出大概的估计，以此成为评价节点的度量。在机器人的路径规划中运用非常广泛，在实际研究中，将场地构建成网格状，并将网格的类型分为可通过与不可通过，在整个路径规划的过程中，每一个网格都代表着一个节点。在 A*算法中，

它的核心是评估函数，往往评估函数不同，所产生的效果也是不同的，通常采用如下评估函数：

$$F(n) = G(n) + H(n) \dots\dots\dots(2-6)$$

在此公式中， $G(n)$ 代表从开始的节点到现在的节点所走的耗费，而 $H(n)$ 则代表当前节点到达终点节点的启发值。在距离的计算中，主要有两种方式，一种是欧式距离，即运用勾股定理去计算两个点的直线距离。另外一个曼哈顿距离，就是分别计算两个点的横纵坐标之差然后相加。在本课题中采用的是曼哈顿距离。在选取路径的时候，为了找到最短的路径，使得 $F(n)$ 能够达到最小。所以在开始进行路径规划时，会有两个集合，一个开集和一个闭集，当节点附近没障碍物的时候，能够计算出周围的节点的 $F(n)$ ，然后将所有被计算过的节点放入开集中，而当前节点则放入闭集，当出现有些节点在整个过程中，会出现多次被计算的情况，算法会去比较不同计算出来的值的大小，以其最小的值为节点。然后以此类推不断的加当前节点附近的点加入开集，然后直到找到目标点，最后通过父节点反向查找即可得到最后的轨迹。

2.4 多机器人协助

对于多个机器人的协助问题，国内外的学者也做出了许多研究，比如对二维平面做出改进，因为一般的路径规划算法多运用于二维平面，但是在普通的二维平面发碰撞的概率较大。其中 Liang J H 和 Lee C H 通过在机器人的位置信息中加入参数，用于角度控制，从而实现多个机器人的自主避障。也有一些学者在机器人的二维位置信息中加入了时间信息，也能在一定程度上解决机器人的碰撞问题，另外还引入了等待和绕道等操作。本课题主要是运用优先级的方式来解决多机器人的碰撞问题，首先在起点和终点的选定后，对路径进行规划，然后检测时否有冲突路径，如果有冲突路径的时候，根据机器人到达冲突路径前一个点的情况来确定优先级，距离近的设定为高优先级，在当高优先级的机器人通过冲突路段之后，优先级较低的再依次通过。规避了机器人可能发生的碰撞问题。

第3章 仓储机器人的可视化设计

3.1 C# 桌面应用程序

本章主要介绍仓储机器人的可视化界面的组成以及功能，本课题的可视化界面主要由 C# 开发而成，界面主要包括地图以及相应的功能，用以机器人的路径规划，位置显示与更新以及下达命令。

3.1.1 C# winform 简介

C# 是微软公司在 2000 年所发布的一种面向对象的编程语言，又叫 C sharp，主要运行与 .NET 框架之上，主要由 Anders Hejlsberg 所主持开发而成，是首个面向组件的编程语言，兼顾了系统开发与应用开发。WinForm 是 .Net 开发平台里面对 Windows Form 的指代。它有着如下特点，一是功能强大，Windows Form 可以用来设计可视化控件以及窗体，用以实现基于 Windows 的桌面应用程序。二是 WinForm 的操作方便且控件灵活，Windows 窗体在最初就提供了一个丰富的控件库，这也是在界面的开发中选择 WinForm 的重要原因，而且还可以根据开发人员的需求自定义有特殊的控件。在应用程序的设计中，可以直接选择想要的模块添加至设计区，每个控件有着它的属性以及方法，属性主要是包括控件的外观以及位置等信息，而方法则是控件能够实现的功能。

3.1.2 界面组成以及 winform 控件

如图（3.1）所示，机器人的可视化操作界面主要由两个部分构成，分别是左侧的地图区域和右侧的功能区。左侧网格地图区域以左上角为坐标原点，建立起与实际地图对应的坐标系。

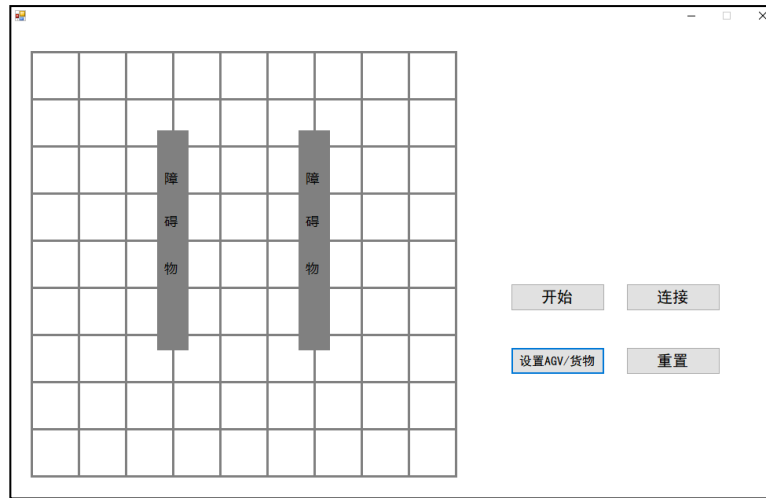


图 3-1

左侧的区域，因为考虑到需要体现出路径规划的作用，因此将右侧的地图区域分为可通行的网格线以及不可通行的障碍物，运用了 C# 中的 Graphics 类，用 FillRectangle 画出矩形障碍物。

右侧功能区主要是四个 Button 控件，它能够在用户单击它的时候触发它的函数中所包含的功能。右上角的区域用于显示机器人的位置信息，在点击连接并输入机器人的 IP 地址等信息之后会弹出机器人的位置显示框，是由 ListBox 控件来显示，并且会在机器人进行位置更新的时候，清楚之前显示的位置并显示新的坐标信息。四个控件的主要功能分别为：

开始：在选定好起点和货物后程序开始执行，轨迹开始更新。

连接：用于连接客户端和机器人端。

设置 AGV/货物：用于在左侧地图标注与实际地图对应的位置。

重置：清空所选的机器人和货物的位置信息。

3.2 界面主要功能

3.2.1 设置起点和终点

机器人系统主要分为界面与机器人端，在机器人开始工作之前，首先需要在可视化界面中选择机器人目前的位置以及它所要去的地方也就是货物位置。在功能区左下角的设置 AGV/货物按钮，单击这个按钮后，会切换现在选择位置的对象。如图所示，

在用鼠标单机左侧界面的时候，会根据现在的状态画出机器人或者货物的位置。其中，蓝色的正方形代表机器人的位置，红色的数字代表对应的货物位置。货物的初始位置会停留在网格的交叉点正中间，货物的位置会在交叉点靠右的位置以免影响机器人位置的显示。

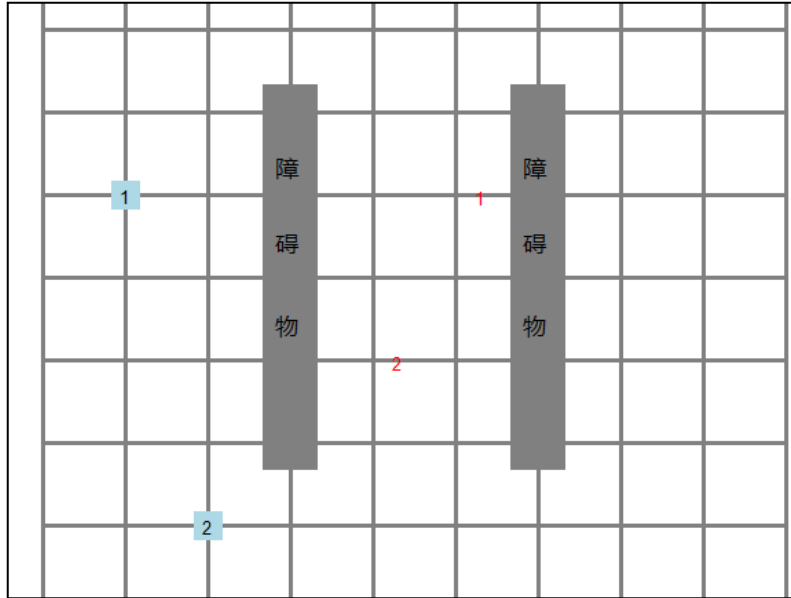


图 3-2

3.2.2 前后端通信与方向控制

(1) 通信

在用户选择了机器人的位置以及对应货物的位置之后，便应该开始连接机器人。如图所示，在点击连接按钮之后，便会弹出 IP 地址的输入框，用以输入多个机器人的 IP 地址和端口号，用以建立连接。

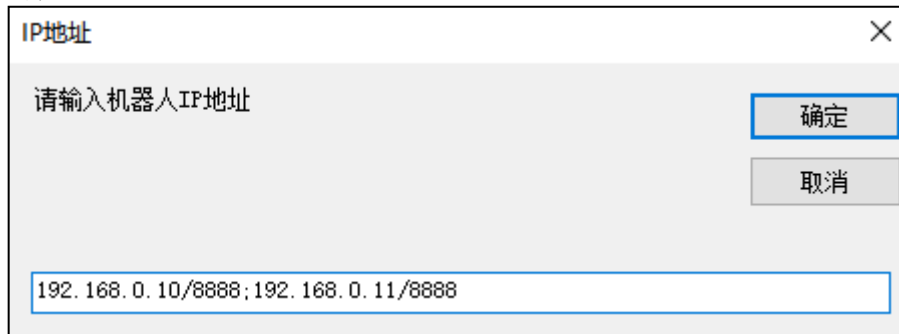


图 3-3

其中 IP 地址以及端口号用斜杠隔开，不同机器人之间用分号加以区分。在确定

之后，则会在界面右上角显示出对应机器人数量的坐标显示框。如图所示

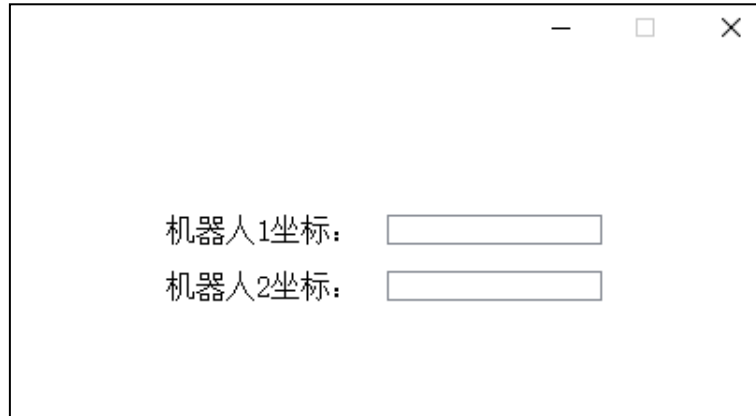


图 3-4

与机器人的通信方式采用的是 TCP 即传输控制协议，传输控制协议目的是在不可靠的网络下能够提供可靠的端到端的字节流。因为在互联网的不同地方有着完全不同的结构以及带宽等，传输控制协议的目的就是为了适应这些网络的特性，保证通信的可靠性。

（2）方向控制。

在机器人的行进过程中，机器人主要的操作有转向，停止，前进等。因此，客户端应该根据机器人的所在的位置以及规划好的路径下达对应的指令。

在客户端的程序中，每当判断机器人更换方向时，则会向机器人发送信号，在机器人受到信号后，会完成对应的操作，例如机器人在受到‘1’或则‘2’时，会开始执行转向操作，在收到‘3’的时候会停止前进，保持原地不动，在收到命令‘0’的时候，重新开始向前行驶。

3.2.3 路径冲突和路径规划

（1）路径规划

因为考虑到实际仓储环境中，会有着货架等障碍物。因此，在机器人的界面设计中加入了两行障碍物，以此表示为机器人不能到达的地方。所以，在选定好机器人以及货物的位置之后，需要进行路径规划。

在本课题中，采用的是 A 星算法进行路径规划，A 星算法是静态路网中求解最短路径最有效的直接搜索办法，首先我们假设从绿点到达红点，蓝点是障碍物，如图（3-5）。

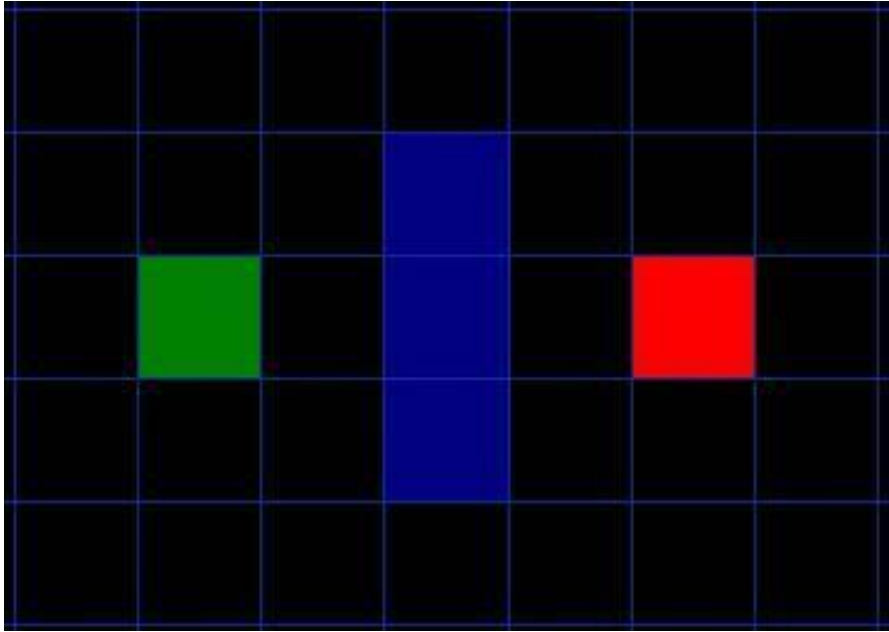


图 3-5

算法的开始阶段，是搜索起点附近的点，检查相邻的方格，然后利用 A 星算法的主要公式 $F = G + H$ ，G 代表从起点到指定的方格的移动代价，H 代表从指定方格移动到终点的估计成本。然后相加即可得到 F 值。如图（3-6）

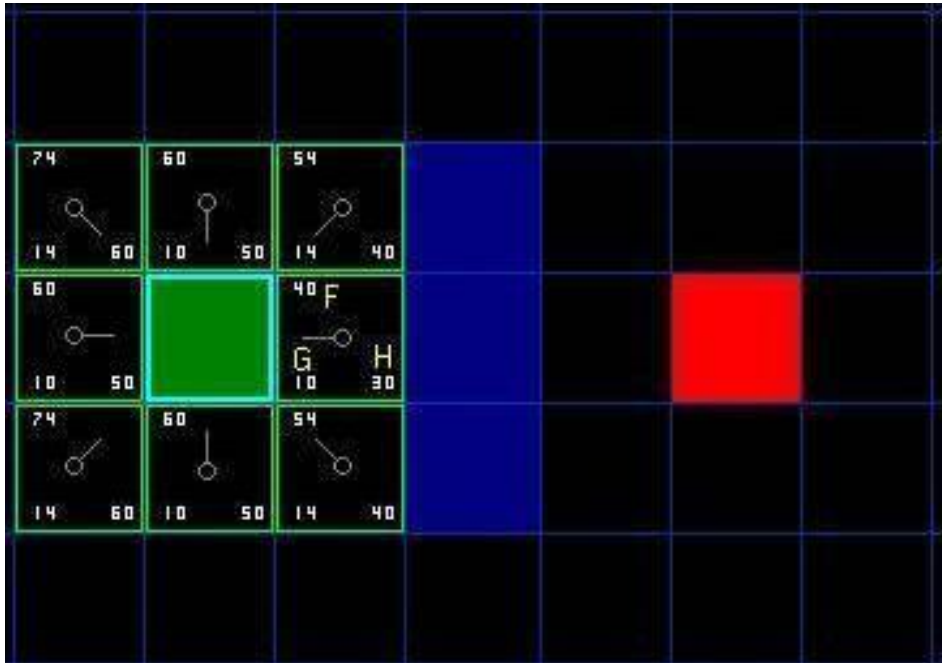


图 3-6

之后比较起点附近的方格的 F 值，选定 F 值最小的方格作为下一个方格，依次类推，

直到到达目标方格。

所以我们首先建立与界面网格所对应的二维数组如下所示，每一个网格的交点代表着一个数字，用‘0’代表可以通行的地方，用‘1’代表障碍物。

```
static int[,] array = {  
    { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 },  
    { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 },  
    { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 },  
    { 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0 },  
    { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 },  
    { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 },  
    { 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0 },  
    { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 },  
    { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 },  
    { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 },  
}; // 1 代表障碍物
```

之后采用 A*算法对路径进行规划，在选定起点和终点之后，规划结果如图（3-7）所示

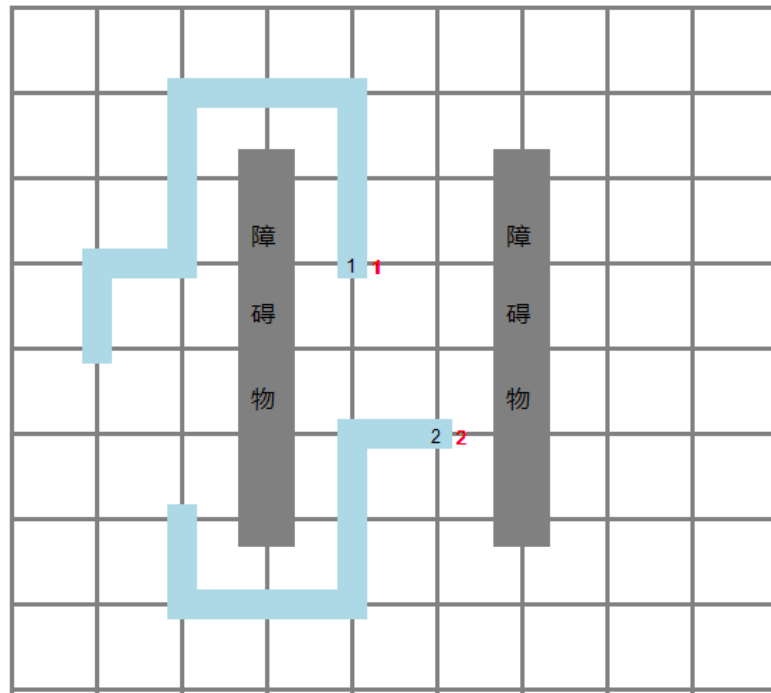


图 3-7

在本课题的设计中，因为不考虑吧机器人在方格中斜向移动，因此所采用的为曼哈顿距离。将上下左右移动的开销值都计为 10，之后采用评估函数：

$F(n) = G(n) + H(n)$ 不断计算每个节点的值，最后得到合适的路径。

（2）路径冲突

当多台机器人协同工作时，容易产生路径冲突，一般有着两种冲突，即超前冲突和相向的冲突，因为在本课题的设计中，拟定了两个机器人的速度相同，所以主要考虑相向冲突。避免这种冲突的方式是在路径规划后，检测多个机器人的路径之间是否有着相同的部分，如果存在并且两个机器人相同时间都会经过此路径，则给不同机器人规划优先级，对于优先级高的机器人，优先通过此冲突路径，之后优先级较低的再依次按照这个规则通过。

如图所示，

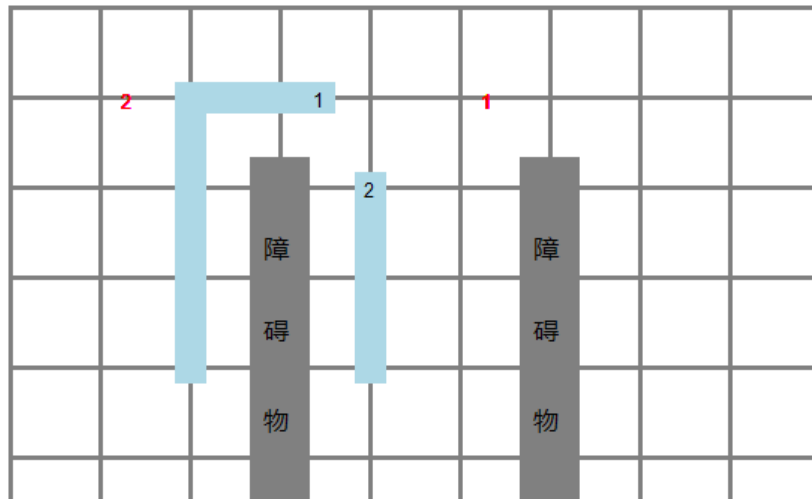


图 3-8

机器人 1 和机器人 2 的路径规划中，坐标点 (2, 1) (3, 1) (4, 1) 发生冲突，此时 1 为高优先级，因此 1 先进入规划好的路径，等到机器人 1 到达 (4, 1) 之后，机器人 2 才开始继续向前行驶。

3.2.4 位置更新

在机器人的可视化界面中，位置更新是十分重要的一环，有了位置更新才能保证位置的正确性以及客户端发出正确的转向等指令。在机器人的路径显示中，原理是通过每隔很短的一段时间就在原来的位置的前面一个单位的距离画出机器人，以此来完

成机器人的路径显示。位置更新可分为二维码识别，和更新位置。首先是二维码识别，在机器人行走的过程中，每经过一个网格点，都会识别实地中铺设的二维码，然后解析二维码中的坐标信息并发送给客户端。二是更新位置，在收到机器人所发来的坐标信息之后，客户端将此坐标信息与客户端显示的位置进行比对，如果不同，则将界面中的位置更新为机器人所发来的坐标。

第4章 仓储机器人的硬件平台与实地测试

4.1 仓储机器人的硬件组成

本章主要介绍仓储机器人的组成和实地测试环境，并运用了两个机器人来完成了实地测试。

4.1.1 树莓派

在本课题中，仓储机器人是由树莓派加小车等相关模块组成。树莓派是只有巴掌大小的微型电脑，系统基于 Linux，在 2012 年由 Eben Epton 发明，它是一个基于 ARM 的小型电脑主板，用 SD 卡作为内存硬盘，有着 USB 接口以及以太网接口，能够连接键盘以及鼠标。我在实地测试中，所用到的是树莓派 3B，有着 1G 的运存，配备了 16G 的 SD 卡，支持 PAL 和 NTSC 制式以及 HDMI。有着 4 个 USB 接口以及一个以太网接口。

4.2.2 功能模块

在小车部分的硬件模块中，由四个直流电机，三个红外反射传感器，一个 CSI 摄像头和一个 L298n 模块组成，由电池供电。

（1）红外反射传感器：红外传感器的原理是利用红外线的反射功能，根据反射的强弱发出不同的信号，有着灵敏度高等优点。在本课题中，红外反射传感器主要有两个作用，一是保证机器人在行进过程中，不会偏离路径。二是保证机器人能够识别到二维码。

（2）L298n 模块：L298N 是一种是双 H 桥的电机驱动芯片，分别能够提供 2A 的电流。本课题所采用的 L298N 模块由 12V 供电，两个输出端，每个输出端控制两个直流电机，用于机器人的行进。中间有着四个排针，分别是 IN1,IN2,IN3,IN4,用以控制电机的正反转以及启动与停止，另外最右边有着两组排针可以用来控制电机的使能。

（3）CSI 摄像头：机器人所用到的摄像头是树莓派的原装摄像头，主要运用与拍摄机器人运动中的二维码，然后由树莓派加以解析。在摄像头的安装使用中，首先需要

将摄像头的电路板通过 15 芯的排线连接树莓派指定的 CSI 口，排线末端的蓝色标记正对电路板。然后在树莓派的 Interfacing option 中开启摄像头的使用。另外，虽然在以上操作之后，就可以通过 `raspistill` 命令直接使用摄像头，但是如果在程序中用 OpenCV 调用的情况下，会出现没有数据的情况，因为这个摄像头是以固件的方式加载而不是标准的摄像头驱动，因此会找不到这个设备，所以在使用过程中，还需要在配置文件里面加入 `bcm2835-v4l2`，用以解决这个问题。

4.2 系统与程序

4.2.1 树莓派系统安装

（1）系统安装

对于树莓派使用的系统，官方推荐的 Raspbian, Raspbian 是一款基于 Debian Linux 的免费操作系统，专门用于树莓派，它在面向树莓派的硬件做了特定的优化，此发行版首次创建在 12 年的六月份，并在后来得到了大量社区人员的开发，旨在提高 Debian 软件包的稳定性以及包的性能。除了 Raspbian 系统外，树莓派也支持很多其他的操作系统：

Ubuntu, Ubuntu 也是基于 Linux 的操作系统能够，它以桌面应用为主。树莓派共支持 Ubuntu 的两个版本，分别是 Ubuntu META 以及 Snappy Ubuntu Core，分别是桌面版以及面向开发者的桌面版。

Windows 10 IoT Core，这个系统是微软特意为了物联网开发而制作的系统，所以对于习惯与 Windows 用户，这个系统是不错的选择

OSMC, OSMC 是一款基于 Linux 内核开发的，特意用于单片机的操作系统。

本课题实地测验选用的是官方推荐的 Raspbian，对于树莓派的操作系统安装，主要有着两种方式，一种在 SD 卡中写入树莓派的安装引导程序，然后在树莓派的启动过程中，直接按照引导安装树莓派。另外一种则是提前将操作系统的镜像写入到 SD 卡中去，在树莓派启动后，就能直接进入操作系统。本课题采用的是第二种方式来进行 Raspbian 的安装，首先需要下载格式化工具 SD Memory Card formatter，将其安装好后用其安装指定要求格式化内存卡，然后下载 etcher 工具，将下载好的系统导入到内存卡之中。至此就完成了树莓派系统的烧录。

（2）配置远程桌面

在系统烧录好之后，因为没有可单独供树莓派使用的键盘以及显示器，因此需要对树莓派配置远程登陆的功能。

ssh 连接：在安装好系统之后，需要开启 ssh 连接功能。ssh 是建立在应用层的协议，相对可靠且安全，是专门为了远程登陆以及其他的网络服务所提供的一种安全性的协议。此协议可以有效的防止在远程登陆的过程中，容易出现的信息泄露等安全问题。因为在新版系统中，考虑到安全问题，默认关闭了 ssh 连接。所以在烧录完系统后，在 SD 卡的 boot 区加入一个 ssh 空文件，则系统就会开启此项连接。在此之后，需要给树莓派连接网络，首先通过网线直接将树莓派连接到笔记本电脑，然后在笔记本电脑上配置网络设置，即与树莓派共享笔记本的网络，此时在 Windows 的控制台中输入 arp 命令，即可查询到树莓派的 IP 地址，有了 IP 地址后，便可用 XShell 工具连接树莓派，输入默认的账户名与密码便可登陆到树莓派的系统中。

远程桌面连接：在使用 ssh 成功登陆到树莓派系统后，为了便于后续的操作，可以用 Windows 自带的远程桌面功能连接树莓派，所以此时需要在树莓派中安装 XRDP 工具。XRDP 是一个开源工具，它的功能是能够让用户通过 Windows RDP 去连接 Linux 远程桌面，另外它也支持其他 RDP 客户端的访问。因此，在登陆之后，通过 yum install xrdp 安装 XRDP 工具。之后在笔记本电脑中打开远程桌面连接，输入树莓派的 IP 地址即可连接。

4.2.2 主要功能

（1）寻迹与识别二维码

轨迹问题：在机器人的运动中，往往会由于一些机械误差或者外在的环境问题比如地面不平坦以及自身的电量等原因，导致机器人实际移动的路线会与客户端规划的路线有所不同，会产生一些轨迹上的偏差。因此，对于上述问题，本课题通过寻迹的方式来解决，也就是在地上铺设黑线轨迹，另外在机器人上面一左一右安装两个红外反射模块，当机器人的前进方向稍微发生偏离的时候，偏离的那一侧的红外探测模块就会探测到底部的黑线，于是机器人就会往另外一个方向调整角度。

```
if GPIO.input(SEr)==1:    right(0.002)
elif GPIO.input(SEl)==1:    left(0.002)
```

二维码识别：

二维码的扫描以及识别是位置更新的关键，只有机器人扫描到二维码的坐标信息并发送给客户端，客户端界面才能正确的显示机器人的位置。在二维码的扫描以及识别中，主要会用到两个库，分别是 OpenCV 以及 Zbar。

OpenCV 是一个跨平台的计算机视觉库，能够运行在各种系统之上，其中包括 Linux，Windows，Android 以及 Mac OS。它是由大量的 C 函数和少量的 C++ 类组成，并有着 matlab，python 等接口，有着很多计算机视觉方面的常用算法。由英特尔公司在 1999 年创建。

Zbar 是一个开源库，它的主要功能是识别并提取二维码中的信息。

因此，本课题通过结合 OpenCV 以及 Zbar 库完成机器人在移动过程中的二维码识别，首先用 cv2.VideoCapture 打开摄像头，然后用 read 函数按帧读取视频的图片，之后在 python 中导入 Zbar 包，用 scan 方法识别之前读取的图片。另外，由于较大的图片在 zbar 的解析很慢，因此在一开始就将摄像头拍摄的图片调整为 320 × 240 的分辨率，这样即能保证能识别到二维码，又能提高识别的速度。

（2）电机驱动与降速

机器人移动是依靠 L298N 芯片驱动四个电机，L298N 是 ST 公司制作的一种高电压以及大电流的驱动芯片。它的主要特点是工作电压高，其内含有两个 H 桥的全桥式驱动器。一般用于步进电机或直流电机，有着两个是能控制端。电机的正转反转可以通过给 L298N 芯片输出端不同的高低电平来实现，进而通过电机的正反转实现机器人的转向以及前后等操作。在机器人的移动中，还有一个环节比较重要，那就是调节速度。因为机器人正常的速度会比较快，对想要识别二维码和完成转向等操作都有着不小的影响，所以需要给机器人进行降速。在最开始的降速中，运用的是间断的走和停下来实现机器人看上去的降速，但是在后面有了二维码的识别模块后，机器人的降速就变得非常不连贯，因为在图像的识别中需要消耗很多时间，影响了机器人的正常降速程序。因此本课题通过脉冲宽度调制即 PWM 来调节机器人的速度，首先在树莓派的输入端连接 L298N 的使能端 ENA 和 ENB，并调节树莓派与之相连的两个引脚的占空比，占空比越小则速度越小。从而实现了机器人的降速操作。

（3）连接与多线程

在机器人中的程序都已经完善之后，运行程序之后即会出现等待连接的界面。此时在客户端输入机器人的 IP 地址以及端口号即可连接到树莓派，设定的端口号为

8888，在与客户端建立连接之后，便机器人便能和客户端发送所在的位置以及接收客户端发来的指令。因为在通信过程中，树莓派接收消息的 `recv` 方法是阻塞的，在没有收到消息的时候，程序会一直在这个方法的地方停顿住。因此采用多线程的方式，将机器人中的程序分为三个线程，分别用以接收客户端发来的命令、控制树莓派的移动以及识别二维码并发送给客户端。

4.3 室内布局与实地测试

4.3.1 室内布局

在实地环境的布局中，主要是需要铺设黑线以及二维码，并且需要考虑到坐标信息需要与客户端相对应。如图（4-1）所示。

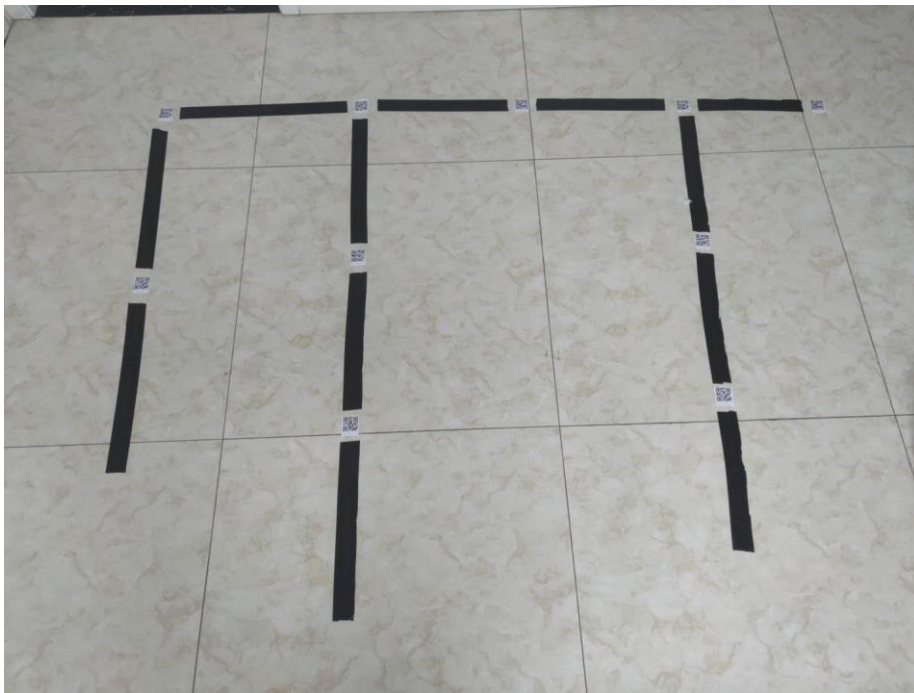


图 4-1

在每个网格的交点铺设对应坐标的二维码，网格线则使用黑色的胶布。

4.3.2 实际操作

（1）连接：在实际操作中，树莓派肯定不能通过网线来连接，因此将连接方式

切换为了 WIFI，但是 WIFI 分配地址是依靠 DHCP 自动分配的。DHCP 是一种局域网协议，用于当服务器控制一段 IP 地址之后，当有着客户机登陆时，可以自动获取服务器分配的 IP 地址以及子网掩码。所以机器人需要有着相关的配置来保证 IP 地址是固定而不是由路由器自动分配。首先需要打开树莓派目录/etc 中的 dhcpcd.conf 配置文件，在这个文件中添加固定 IP 地址，需要注意的是，静态 IP 地址需要与路由器的网段一致，才能保证正常的联网。在本课题中，分别配置两个机器人的静态 IP 地址为 192.168.0.10 和 192.168.0.11，因此在连接机器人的时候，只需输入这两个 IP 地址以及端口号即可建立连接。

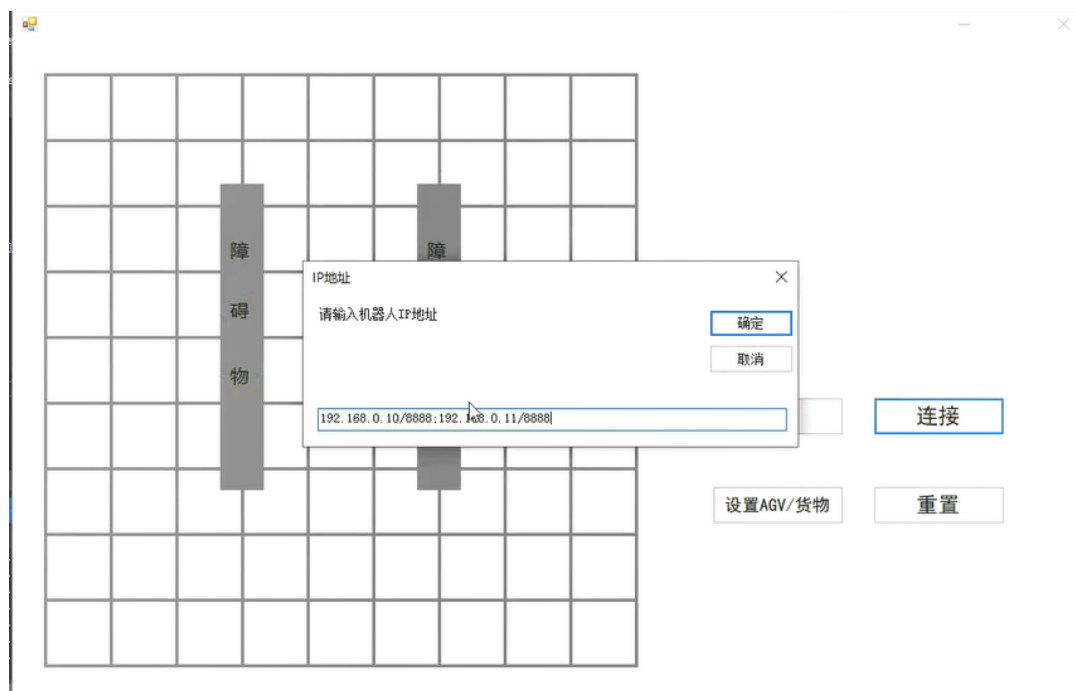


图 4-2

在连接之后，右上角便会出现对应的机器人坐标位置的显示框。用以显示机器人在发来的坐标信息。

(2) 选择位置与开始：在输入完机器人的 IP 地址等信息后，开始在界面上选择机器人的起点位置以及对应终点也就是货物的位置。之后在可视化界面单击开始后，客户端首先会根据机器人对应的起点以及终点用 A*算法规划相应的路径，之后给机器人下达相应的指令。在机器人接收指令行驶的过程中，此时客户端的机器人路径也会不断的变化，客户端路径的显示以及变化时依靠时间计数器来完成的，每隔固定时间，变会向目标方向移动微小的一段距离，通过此方法来形成移动效果。

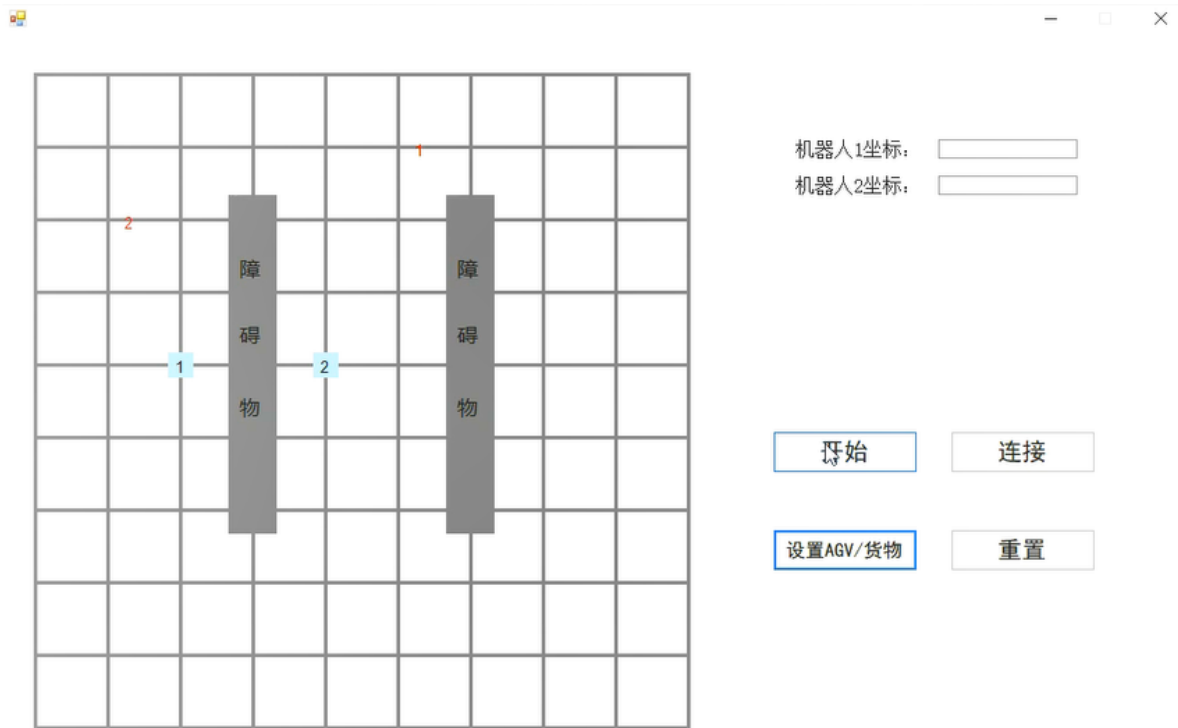


图 4-3

(3) 机器人的移动与位置更新：在机器人移动时，左右两边的红外传感器会探测机器人是否偏离轨道，如果偏离轨道则会按照程序纠正。最中间的红外传感器的目的是检测当在机器人移动到黑线末端也就是二维码的位置时，让机器人停顿一秒，便于机器人识别二维码信息，因为在机器人的移动过程中，安装在机器人上面的摄像头会出现抖动，导致不能很好的识别二维码。因此借助中间的红外传感器去判断是否到了识别区域加停顿的方法，去提高二维码识别的可靠性。在机器人识别到二维码之后，将其中的信息解析并发送给可视化界面（如图 4-4）。

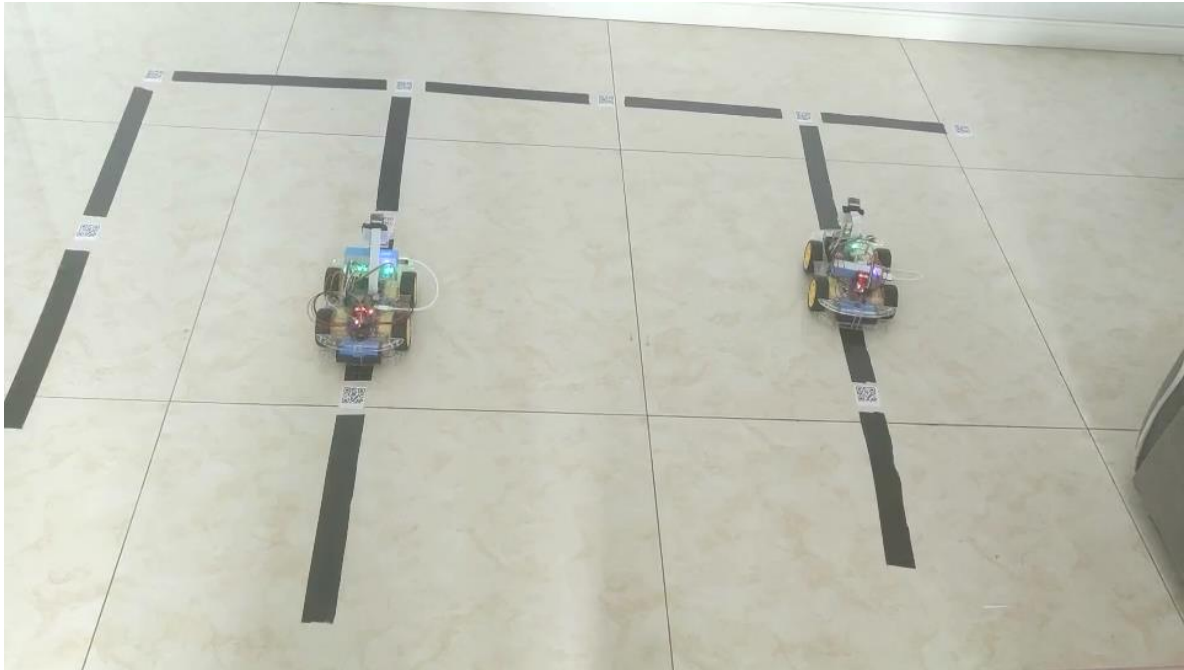


图 4-4

此时，界面根据发来的位置信息更新当前的实时位置。（如图 4-5）

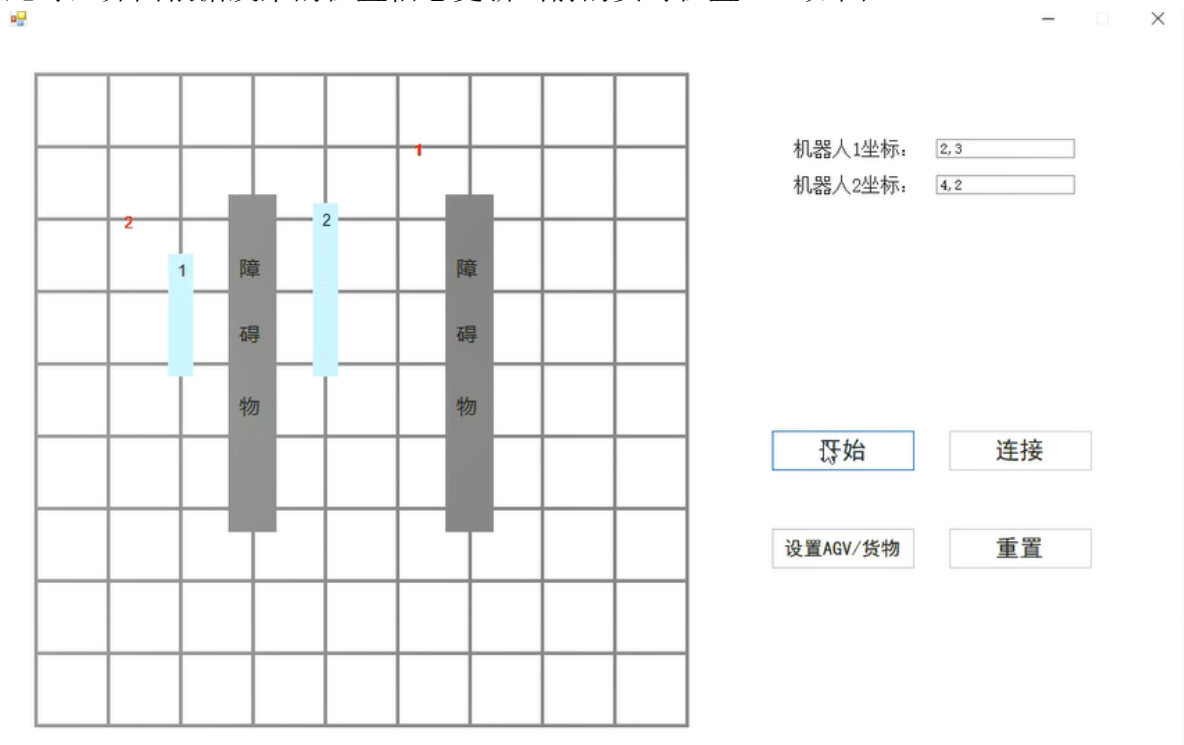


图 4-5

结 论

本课题针对仓储机器人的现状，在分析仓储机器人的国内外现状后，对 QR 二维码的定位导航进行了深入研究。机器人的硬件方面采用了树莓派作为机器人端的控制器，界面是一个桌面应用程序，编写可视化界面以及机器人中的程序以及搭建机器人的硬件平台和环境。主要包括：

（1）在可视化界面方面，用 C#编写客户端，在左侧显示地图，用以显示全局的仓库信息以及机器人目前所在的位置。在界面右侧显示功能区，用于给用户完成相应的操作。

（2）分析了目前常用的路径算法，针对本课题所研究的环境，采用 A*算法对路径进行规划，并对程序进行了编写。在地图上选定机器人以及货物的位置之后，便会自动为机器人规划路线。

（3）对于仓储机器人关于定位导航的方面，在对比目前主流的定位方式后，使用基于 QR 二维码的定位方式，将包含相应位置信息的二维码铺设在实地环境中，用以机器人识别并将其发送给可视化界面，用以了解机器人的实时位置。并用黑线加红外模块的方法，解决了机器人可能会因为误差等原因偏离航线的问题。

（4）针对多个机器人协助可能会发生冲突的情况，当在有冲突发生时，采用给发生路径冲突的机器人分配不通过的优先级并依次通过的方法来规避机器人的碰撞。

（5）在机器人端，通过树莓派加小车以及各种传感器，完成接收指令，扫描识别二维码，发送位置信息等功能。并铺设实地环境加以测试。

参考文献

- [1] 王晓春.机器人在仓储管理中的“货到人”技术浅谈——基于亚马逊物流中心 KIVA 橙色机器人[J].现代经济信息,2017(13):78-80.
- [2]廖丽琴.刍议我国仓储物流机器人发展现状与未来趋势[J].商讯,2019(19):176.
- [3] 任芳.新型智能仓储机器人及其应用[J].物流技术与应用,2018,23(08):80-83.
- [4]杨文华.我国仓储物流机器人发展现状与未来趋势[J].物流技术与应用,2017,22(09):100-102.
- [5] 王荣本,储江伟,冯炎,游峰,纪寿文.一种视觉导航的实用型 AGV 设计[J].机械工程学报,2002,(11):135-138.
- [6] 娄会东. 视觉导引的物料搬运 AGV 关键技术研究[D].华南理工大学,2015.
- [7] Xu Z, Huang S, Ding J. A New Positioning Method for Indoor Laser Navigation on Under-Determined Condition[C]. Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC), 2016 Sixth International Conference on. IEEE, 2016: 703-706.
- [8]于娟.基于 QR 二维码技术的 AGV 系统在仓储中的应用设计[J].天津职业技术师范大学学报,2015,25(03):44-47.
- [9]杨友良, 胡少辉, 赵丽宏,等. 基于二维码定位导航的两轮差速转向 AGV 设计[J]. 物流科技, 2017, 040(010):40-42.
- [10]刘朋飞. 智能 AGV 视觉导航控制系统研究及应用[D].华南理工大学,2013.
- [11]肖载鸿. 基于视觉的 AGV 导航及运动规划方法研究[D].哈尔滨工业大学,2018
- [12]方婧. 应用激光陀螺仪和二维码的 AGV 导航系统研究[D].武汉工程大学,2018
- [13]张涛,马磊,梅玲玉.基于单目视觉的仓储物流机器人定位方法[J].计算机应用,2017,37(09):2491-2495.
- [14]王淼弛. 基于 A*算法的移动机器人路径规划[D].沈阳工业大学,2017

- [15]陈明智. 仓储物流机器人集群协同调度系统研究[D].江汉大学,2019.
- [16]蒋纬洋. 仓储机器人系统多机协作规划问题研究[D].西南科技大学,2016.
- [17]赵宾锋. 智能仓储多机器人的路径规划研究[D].长春理工大学,2018.
- [18]张涛. 仓储物流机器人室内定位与路径规划[D].西南交通大学,2018.
- [19]Liu Yubang, Ji Shouwen, Su Zengrong, Guo Dong. Multi-objective AGV scheduling in an automatic sorting system of an unmanned (intelligent) warehouse by using two adaptive genetic algorithms and a multi-adaptive genetic algorithm.[J]. PloS one,2019,14(12).
- [20] Chuanhong Zhou, Pujia Shuai, Chao Dai. The Application of QR Codes And WIFI Technology in the Autonomous Navigation System for AGV [C] . Proceedings of the 2017 3rd International Forum on Energy, Environment Science and Materials (IFEESM 2017), 2012
- [21] Li C , Cao C , Gao Y . Path Planning for Multiple AGV Systems Using Genetic Algorithm in Warehouse[C]// International Conference on Communications. 2018.
- [22]Puppim de Oliveira Diogo, Pereira Neves Dos Reis Wallace, Morandin Junior Orides. A Qualitative Analysis of a USB Camera for AGV Control.[J]. Sensors (Basel, Switzerland),2019,19(19).

致 谢

在整个毕业设计过程中，我非常感谢胡标老师对我的指导以及帮助。在选题的过程中，胡老师非常尊重学生的想法，在得知我想换课题的时候，主动为我想到了现在的这个课题。另外胡老师对待问题严谨认真，实事求是的精神，也保证了我能够整个毕设过程中完成毕设任务。并且在疫情期间不能返校时，老师也充分考虑到我们的毕业设计情况，多次询问我们是否有东西需要购买以及邮寄。总而言之，胡老师在整个毕业设计中对我的帮助我都会铭记在心。

同时我还要感谢实验室的学长学姐，在最开始接触这个课题的时候，心里有着非常多的疑问，比如不知道树莓派应该如何使用，如何接线，另外在树莓派的连接也遇到了一些问题。我非常感谢他们的耐心指导，在和他们探讨问题的解决过程中，我往往获益良多。另外也感谢我的室友在我毕设过程中对我的帮助与关心，往往在我心情低落的时候给我以鼓励。

最后我要感谢我的家人，感谢你们的辛勤付出，我才能够安心完成学业，在毕业设计的过程中，对我在家中铺设场地等行为等都非常的支持，你们是最坚强的后盾。

最后再次感谢在我人生中帮助过我的人。