

创新实验课

课题立项报告

课题名称： 基于树莓派的智能移动“充电桩”小车

课题名称（英文）： Intelligent mobile“charging station”car based On Raspberry Pi

课题组长： 闫康 2022210566

课题组成员： 苏珈磊 2022210560 孙常鑫 2022210581 薛皓林 2022210571

报告时间：2024 年 8 月 30 日

一、项目背景及意义（Why）

(1)项目背景:

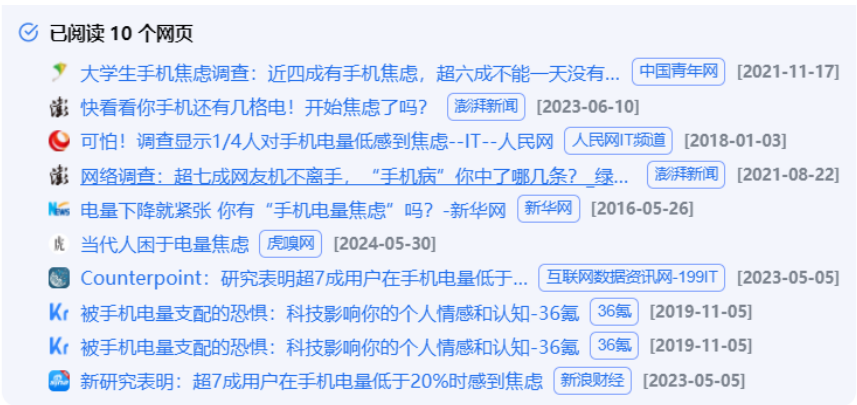
想要了解一种产品或者对于一个项目想要了解为什么去做这个项目，首先需要进行项目调研。我们利用了三种调研方式。下面分别阐述一下：

1. 网络调研:我们利用谷歌浏览器 (Chrome) 搜索根据我们的项目提出的有关问题，“人们对于手机电量下降存在很大程度上的焦虑？”，下面呈现出我们通过此种调研方法得到的结果，我们选取了两个具有代表性，并做已截图。



图 1 通过网络调研得到的具有代表性的结果截图

2. 大模型调研:我们选取的大模型是 Kimichat 大模型，并且通过大模型可以返回得到相关的网站并进行网站内容的相关总结。



根据网络调研的结果，人们对手机电量下降确实存在一定程度的焦虑。这种焦虑被称为“电量焦虑”，在一些调查中显示，有相当比例的人在手机电量低时会感到不安和紧张。

例如，一项针对中国大学生的调查显示，超过70%的受访者有手机电量焦虑，其中电量低于10%后会感到不安的占比28.85%，电量低于20%后会感到不安的占比25.09%，17.37%的大学生在手机电量低于30%后就会感到不安^①。另一项调查显示，四分之一的人处于手机电量耗尽的“持续恐惧”中，接近一半的受访者表示，过去五年来，他们对电量耗尽的“恐惧”变得越来越严重^③。

图 2 通过 Kimichat 进行调研得到的结果并总结截图

3. 参考同学们的意见:我们也通过微信 QQ 等聊天程序或者亲身询问同学们的意见，我们也选取了两个具有代表性的意见。

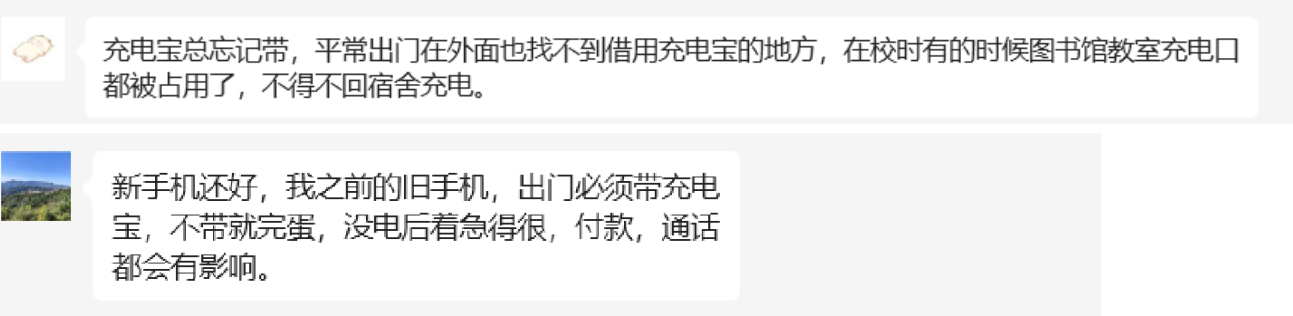


图 3 询问同学们后的调研结果截图

下面总结一下我们的项目背景：

1. 人们在手机和平板等电子设备电量耗尽的且无法及时充电的时所面临的烦恼这一现象是普遍存在的。调研结果显示, 这种情况下人们不仅无法进行信息交流和娱乐, 还可能遭受经济和精神上的损失, 同时, 现代社会对手机电量下降的焦虑感也日益增强。

2. 手机电量焦虑是一个普遍现象, 超过 70% 的用户在电量低于 20% 时会感到不安和紧张。特别是在中国大学生群体中, 这一比例更高, 其中 28.85% 的人在电量低于 10% 时, 以及 25.09% 的人在电量低于 20% 时会感到焦虑。全球范围内, 四分之一的人对手机电量耗尽感到持续恐惧, 且这种恐惧感在过去五年中有所加剧。日常生活中, 人们经常面临手机电量不足的挑战, 如外出时难以找到充电设施或忘记携带充电宝, 这不仅影响了他们的便利性, 也加剧了电量焦虑。

3. 政策背景, 参考网页: [政策背景](#)

(2) 应用场景:

1. 公共场所的充电宝服务: 在商场或者公园等公共场所, 智能小车可以提供移动充电宝服务, 方便用户及时地为自己的电子设备进行充电, 并且我们的小车具有定位服务, 在商场由于人流量巨大, 商铺排位复杂, 公园中树木数量多, 遮挡部分路线, 导致固定的充电桩难以寻找, 小车的定位服务便可以有效解决这一问题。



图 4 位于商场和公园中的固定充电桩 (品牌: 怪兽充电)

2. 校园内的充电服务: 在大学校园内, 智能小车可以在图书馆, 食堂, 教师, 宿舍区, 操场等地点为同学们提供移动充电服务, 由于大学人员较为密集, 并且充电的资源是有限的, “充电桩”小车的引入可以帮助学生解决忘记带充电宝, 充电器或者找不到充电插座的问题。

3. 户外活动或者紧急情况: 在户外活动比如露营, 徒步等场景中, 小车可以提供紧急的电源供应, 为参与者提供充电服务。在紧急情况下, 比如自然灾害或者是突发情况, 小车可以快速部署, 为受影响的人们提供必要的技术支持。

4. 下面介绍一些拓展的应用场景, 小车项目在商业推广和广告领域, 能够通过搭载广告屏幕或宣传材料, 在提供充电服务的同时进行品牌宣传。在安全监控方面, 利用 GPS 和监控摄像头, 智能小车可以在特定区域进行巡逻, 监控安全状况。在旅游景点, 它不仅能为游客提供充电服务, 还能通过内置导航和信息屏提供旅游信息, 提升游客体验。在企业园区和科技园区, 智能小车作为移动充电站, 可以提高员工的工作效率和便利性。而在住宅小区, 它为居民提供便捷的充电服务, 尤其是在休闲和散步时, 增加了居住的舒适度和便利性。这些应用场景展示了智能小车在提供基本充电服务的同时, 还能根据不同环境和需求提供额外的便

利和安全保障。

(3)潜在用户:

受众群体	受众情况分析
使用手机等电子设备的用户	所有依赖手机进行日常通讯、支付、导航等活动的人士，特别是那些经常外出且对电量有较高需求的用户。
大学生	校园内的学生，他们经常需要使用手机进行学习、社交和娱乐，智能小车可以为他们提供便捷的充电解决方案。
商务人士	经常出差或在商务区域活动的专业人士，他们需要保持手机通讯畅通，智能小车可以提供紧急充电服务。
户外活动爱好者	露营、徒步等户外活动参与者，智能小车可以在没有电源的户外环境中提供必要的充电支持。
紧急服务人员	在自然灾害或其他紧急情况下，救援人员可能需要额外的电源来支持通讯设备，智能小车可以提供这种支持。
游客	旅游景点的游客，他们可能需要在游览过程中为设备充电，智能小车可以提供方便的充电点。
物业管理公司	负责住宅或商业区域的物业管理公司，他们可能会引入智能小车作为提升服务质量和居民满意度的一种方式。
活动组织者	举办大型活动或会议的组织者，智能小车可以在活动期间提供充电服务，确保参与者设备的正常使用。

(4)应用价值:

1. 移动“充电桩”小车项目通过提供即时充电解决方案，有效缓解了手机电量不足带来的不便和焦虑。它的移动性让用户在任何地方都能享受到“上门服务”。特别是在传统的充电桩，共享充电宝站不可移动的情况下，用户通过小程序可以轻松地控制小车实现快速定位和充电宝的取用和归还，操作简单快捷。配备的GPS定位和监控摄像头确保了使用的安全性，同时共享充电宝服务为用户提供了一种经济实惠的选择。智能小车还具备强大的环境适应性，能够适应室内外多种场景，并通过数据收集为服务优化提供支持，使得小车能够按照固定的轨迹进行“巡逻”。此外，它还可以作为移动广告平台，为商家提供宣传机会，同时在紧急情况下提供备用电源，增强社区服务功能。集成的先进技术不仅展示了科技在日常生活中的应用，也提升了环保意识，减少了充电宝的购买和废弃。这些综合应用价值不仅提升了用户的生活质量，也为商家和社区管理者带来了新的服务模式和商业机会。

(5)竞品分析:

1. 我们目前仅仅分析市面上比较常见或者是比较热门的品牌。对于固定式的那种常见的充电柜，我们选取了美团充电柜和怪兽充电柜作为竞品分析。



竞品品牌或者名称	竞品情况分析
美团充电柜 	美团充电柜通过便捷、安全、智能的服务，满足现代人的即时充电需求，展现美团点评集团在生活服务领域的创新与品牌实力，不断优化以提升用户体验。与“充电桩”小车相对比，小车能够提供“上门服务”，智能小车以其移动性、安全性和多功能性提供更灵活便捷的充电服务。它能够根据用户需求，通过 GPS 定位直接移动到用户所在位置，尤其在用户难以找到充电设施时更显优势。配备的监控摄像头和智能管理系统确保服务的安全可靠，增强了用户信任。此外，智能小车的环境适应性使其能在室内外多种场景下提供服务，超越了美团充电柜主要在室内公共场所的限制。同时，智能小车还能作为移动广告平台，为商家提供额外的宣传机会，这是固定充电设施所不具备的。
怪兽充电柜 	怪兽充电宝是怪兽充电公司推出的一款便捷共享充电服务，以其广泛的分布网络、多样化的充电接口、简单快捷的操作流程、合理的租赁费用、智能柜机管理、押金退还制度、用户评价反馈、品牌合作推广、以及优质的客服支持而受到用户青睐，满足现代人随时随地为移动设备充电的需求，并通过不断的技术创新提升服务效率和用户体验。这种固定类型的充电桩分析的优缺点其实本质上和美团外卖柜近乎相同，因此我们不在详细地去分析。

图 5 美团充电柜实物图

图 6 怪兽充电柜实物图

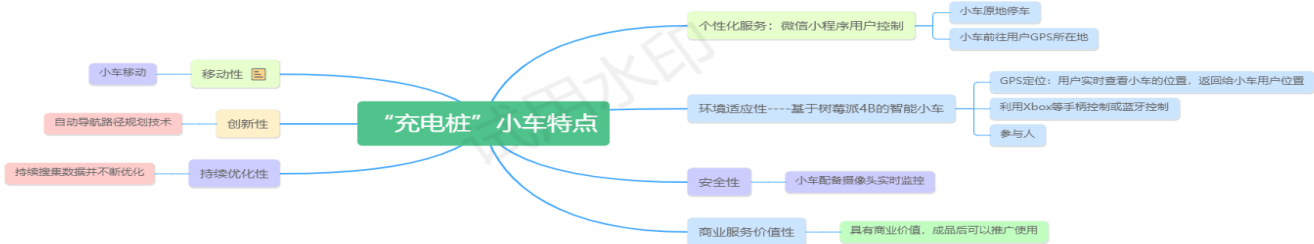
2. 优缺点的总结和评估：

智能小车项目以其创新的“上门服务”、出色的环境适应性、个性化服务和 GPS 定位的核心功能，为用户提供了灵活、安全且具有商业价值的充电解决方案，在某些特殊环境用户不便移动或者寻找不到固定充电桩等环境下还能有效地为用户提供充电宝；然而，该项目也面临着运营成本较高、技术挑战复杂和市场接受度需逐步建立等挑战。

固定式共享充电宝服务如美团充电宝和怪兽充电宝，以其广泛的覆盖率、简便的操作流程、有效的成本控制和强大的品牌影响力，为用户提供了便捷且可靠的充电解决方案；然而，这些服务受限于固定性，缺乏上门服务的灵活性，主要服务于室内环境，且在技术创新和个性化服务方面可能存在局限，并且还会引发一系列无法归还充电宝超时被迫买下，找不到归还充电宝的地方，造成“都是满的，没有空位等一系列问题。”

(6) 项目特点：

图 7 “充电桩小车”小车项目特点导图



项目特点总结:本项目的智能小车,基于树莓派 4B 技术平台,融合自动导航路径规划和 GPS 定位功能,实现个性化服务和移动性,允许用户通过微信小程序控制并实时查看小车位置,同时配备摄像头进行安全监控,保证了服务的安全性和环境适应性。此外,小车还具有商业服务价值,可作为移动广告平台,持续优化并推广使用,展现了项目的创新性和持续优化性。

(7) 商业模式:

名称	具体内容
价值主张	为顾客提供充电宝等电子设备充电服务,解决用户在不同环境下的即时充电问题,包括用户找不到充电桩的情况,室外未配备充电桩等情况。主在增加便利性和安全性。
客户细分和定位	主要针对经常外出、不便寻找充电设施或需要移动电解决方案的用户群体,如商务人士、学生、户外活动爱好者等。
渠道策略	通过微信小程序等移动应用平台,让用户能够方便地租借和操作智能小车服务。
客户关系	通过小程序内的互动功能,以及未来的客服支持和用户反馈机制,建立和维护与客户的长期关系。
收入来源	主要包括充电宝租赁费用,随车广告位收租,数据监控分析费用收取,以及可能的合作伙伴分成。
关键资源	智能小车硬件,树莓派 4B 技术平台(主控板),软件开发, GPS 定位模块,监控摄像头
关键活动	自动导航路径规划、GPS 定位、实时监控、用户交互、数据收集与分析、市场推广等
关键合作伙伴	可能包括商业地产所有者,公共场所管理者,广告商和技术供应商等等
成本结构	包括硬件成本、软件开发和维护成本、运营成本、市场推广费用、人员成本等。
盈利模式	通过租赁服务收费、广告收入、数据监控分析服务等多种方式实现盈利。
扩展策略	通过增加服务覆盖区域、拓展合作伙伴网络、增加服务功能等方式实现业务扩展。
竞争策略	提供一种近乎“上门服务”,个性化服务,技术创新等差异化服务,与固定式共享充电宝服务竞争。

风险管理	包括技术故障风险、市场竞争风险、用户接受度风险等，通过持续优化技术和服务、市场调研、用户反馈等手段进行管理。
------	--

(8) 可行性：

市场需求分析	考虑到现代人对移动电子设备依赖程度高，电量焦虑普遍存在，智能小车提供的即时充电解决方案有明确的市场需求。
技术可行性*(会在下一点详细说明)	项目依赖的技术，自动导航，路径规划，GPS 定位，小程序开发，这些关键技术目前都已经实现并且趋于成熟。
经济可行性	智能小车项目经济可行，初期研发投入虽大，但技术创新带来竞争优势。成本控制得当，规模经济提升利润空间。市场调研支持的收益模型显示正盈利前景，敏感性分析确保收益稳定，持续创新增强竞争力。
运营可行性	智能小车项目运营可行性高，依托高效调度系统和充电站布局，实现小车快速响应和能源自给。用户服务流程简洁，通过小程序优化用户体验，确保服务的持续性和可扩展性。
法律和规范	智能小车项目在法律和规范方面的可行性通过遵守道路使用规定、确保数据安全和隐私保护来实现。项目需获取相应运营许可，并对技术进行合规性设计，以适应法规要求，降低法律风险，确保业务合法顺畅运行。
竞争环境可行性	智能小车项目在竞争环境中展现独特优势，如上门服务的便利性和个性化用户体验。通过创新技术和环境适应性，项目市场中定位明确，满足特定用户需求，同时持续监测竞争动态，确保解决方案的前瞻性和竞争力。
用户接受度可行性	移动“充电桩小车”项目通过市场调研显示高用户接受度，反映在对便捷充电解决方案的强烈需求和偏好。调研结果指导服务优化，确保满足用户期望，从而验证了项目的市场适应性和可行性。
风险评估可行性	移动“充电桩”项目的风险评估涵盖技术故障、市场竞争加剧及用户隐私保护。通过建立技术冗余、市场监测机制和数据加密措施，项目能够降低潜在风险，确保稳健运营和用户信任，增强可行性。
资源可用性可行性	移动“充电桩小车”项目确保资源的高度可用性，通过确保资金筹集、技术采购、专业人才招聘和供应链稳定性。这种全面的资源整合策略为项目的顺利启动和持续运作提供了坚实基础，从而提高了项目实施的可行性。
环境和社会效益可行性	移动“充电桩”项目的环境和社会效益显著，通过减少充电宝的废弃和重复使用，促进了资源节

	约和环保。同时，提供的便利充电服务改善了人们的生活质量，增强了社区的连通性，这些正面影响提升了项目的社会价值和可行性。
可扩展和灵活性可行性	项目很容易添加功能和维护，项目设计考虑了高度的可扩展性和灵活性，能够迅速适应不同环境和市场需求，便于服务升级和区域扩张，确保长期竞争力和可持续发展。
合作伙伴和利益相关者可行性	项目通过战略合作伙伴关系，如商业地产、广告商和技术供应商，增强资源共享和市场渗透力，确保项目成功和多方共赢的可行性。

(9) 技术可行性：

1. 经过上一点对于技术可行性的概括，我们在这一点详细的来分析各个技术点的可行性。

2. 自动驾驶技术已广泛应用于无人驾驶汽车、无人机和智能机器人等领域。该技术利用传感器、摄像头和人工智能算法实现自主导航和避障。在智能小车项目中，自动驾驶技术是核心，确保小车能够安全、准确地移动至目的地，目前不仅仅是智能小车，包括机器人，无人机都应用到了自动驾驶技术，甚至是太空和军事领域这种技术都已经普遍应用。

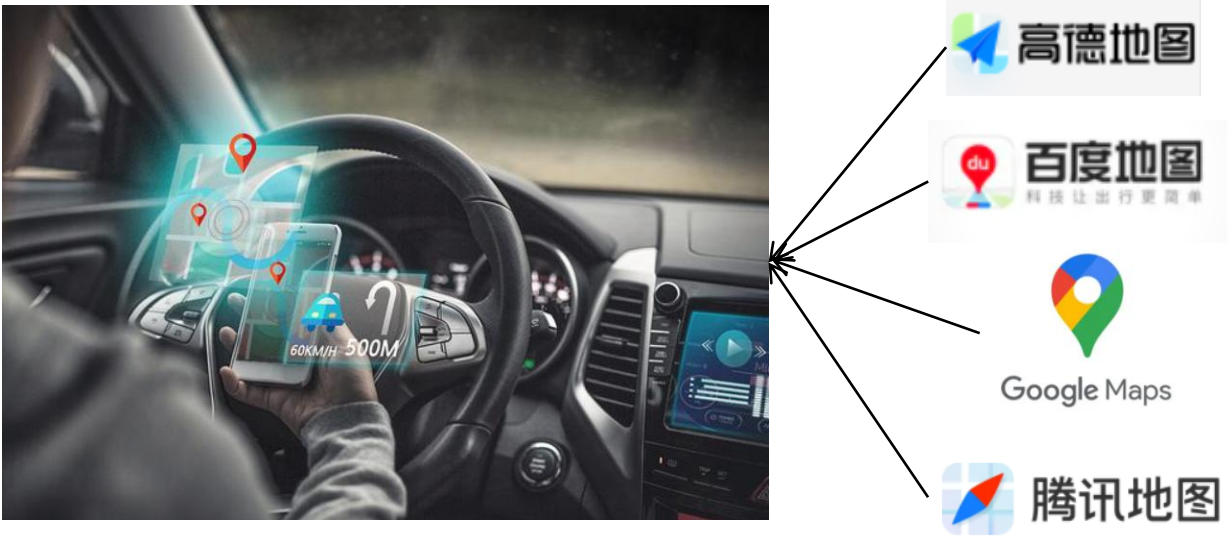
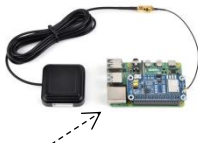


图 8 自动驾驶技术和著名相关公司

3. 对于路径规划技术，路径规划技术通过算法确定从起点到终点的最优路径，考虑障碍物、交通状况等因素。在智能小车项目中，高效的路径规划可以减少行驶时间和能耗，提高服务响应速度。路径规划技术是自动驾驶系统的核心，包括 Dijkstra 算法、A 算法、D 算法、RRT、PRM、B 样条曲线、人工势场法、遗传算法、模糊逻辑控制、深度学习、神经网络和基于模型的预测控制等，这些技术通过不同的方法和策略来计算最优或可行路径，可以单独或组合使用，以适应多变的应用场景和需求，选择合适的技术取决于问题特性、环境复杂度、计算资源和路径优化目标。

4. 下面这个技术是我们本次项目的核心组成部分，就是 GPS 定位技术，GPS 技术已广泛用于全球定位服务，提供精确的位置信息。智能小车通过 GPS 技术实现实时定位和追踪，确保用户和小车之间的准确对接。目前我们手中已有相应的 GPS 模块，微雪树莓派 GPS 定位高精度拓展板和 GPS 天线，搭配树莓派 4B 便可



以获取小车 GPS 位置信息。

5. 微信小程序作为一种轻量级、便捷的应用形式，具有快速开发、易于部署、无需安装和更新的优势，能够为用户提供“即用即走”的体验。依托微信庞大的用户基础和社交网络，小程序便于分享和传播，促进了线上线下服务的无缝连接。当前，随着技术的进步和微信平台的持续支持，小程序在电商、生活服务、教育、娱乐等多个领域得到广泛应用，展现出强大的发展潜力和商业价值，成为企业数字化转型和创新服务的重要工具。

6. 最后进行总结，上述技术均已在不同领域得到验证和应用，显示出较高的成熟度和稳定性。将自动导航、路径规划和 GPS 定位技术集成到智能小车中，需要跨学科的技术和知识。通过模块化设计和系统集成，可以实现技术的高效融合。另外，技术的持续发展要求项目能够进行定期的维护和升级，以适应新的技术变革和市场需求，同时也要兼备软硬件采购，开发和维护的成本并且兼备处理技术风险的能力，包括技术故障、系统安全和数据保护等。通过建立风险评估和应对机制，可以降低技术风险。

二、项目研究主要内容（What）

（1）系统目标

1. 首先是旨在实现用户便利性，提供便捷的移动充电服务，使用户能够在需要时快速获取所需要的移动充电电源；接下来的目标是实现高效率服务，确保小车能够快速的响应用户的指令，提供高效的充电解决方案，从常理上去讲整个完成服务的时间越短肯定是越好，用户满意程度理应是越高；随后是界面友好性，在微信小程序中提供友好并且清晰直观的交互界面。

2. 随后核心的目标是技术集成性，我们的小车是集成了先进的自动导航，路径规划和跟随，以及 GPS 定位技术，确保小车的实时位置可以识别到，并且能够获得数据；同时要保证安全性，通过实时监控和数据保护措施，确保用户和小车的安全。

3. 接下来的系统目标是由基本功能实现之后引出来的其他目标，第一个是环境适应性，小车能够适应不同的地形环境，能够测量出不同路径上的选取的路径点的 GPS 信息，这对所采用的 GPS 硬件的精度以及环境的要求包括小车硬件的调试都要有较高的要求；接下来是经济性和可扩展性的目标，这个需要权衡。比如针对硬件问题，换成更好的设备的话成本也会增加。系统的目标是实现成本效益，通过优化运营，并逐步调试，增强可靠性，确保小车相关硬件运行的高可靠性，减少故障和终端，并确保硬件尽可能少的损坏。对于可扩展性，我们系统无论是小车还是微信小程序都可以在确保原预定的功能完好地实现后，方便地增加额外的基础功能。

（2）系统功能

1. 下面我们来详细地描述一下我们系统内容，在室外时，小车通过 GPS 固定巡逻轨迹，用户通过小程序界面可以实时定位小车的位置，用户可以选择让小车立即原地停车或者是让小车追踪到用户所在位置在停车，待用户从小车悬挂栏取下充电宝后，用户确认后，小车拍照作为记录，并存储，拍照后返回充电桩原待位置，等待人为补充或者归还充电宝，随后再次出发。室内有待商榷，如果时间来得及，我们打算利用室内的灰度寻迹和遥控来模拟小车固定轨迹行驶。

2. 系统功能具有移动充电（提供充电宝）服务，将充电宝这种类型的充电宝

进行移动化，用户可以通过小程序来租赁移动充电宝。自动导航与路径规划功能，小车能够自动规划从当前位置到用户位置的最优路径，并且自主导航和行驶。同时具有实时定位和追踪的功能，通过小车搭载的 GPS 模块用户可以实时查看小车的位置。用户交互功能，提供微信小程序等用户界面，使用户能够轻松控制小车和租借充电宝。具有安全监控功能，配备摄像头和其他传感器，实时监控小车状态和周围环境，确保安全。具有远程控制功能，可以利用小程序来控制小车，也可以在紧急情况通过手柄或蓝牙控制小车，完成停车和用户取充电宝的相关指令。目前完成的是项目的测试阶段，未来可以增加用户身份验证功能，确保只有授权用户才能租借充电宝，保护用户安全和数据隐私。并增加支付与计费系统功能，集成支付功能，方便用户为租借服务付费，并自动计算费用。增加广告与推广平台功能，提供广告位，为商家和品牌提供宣传推广的机会。甚至未来小程序，还会考虑多语言和本地化支持，支持多种语言，满足不同地区用户的需求。

(3) 包含角色

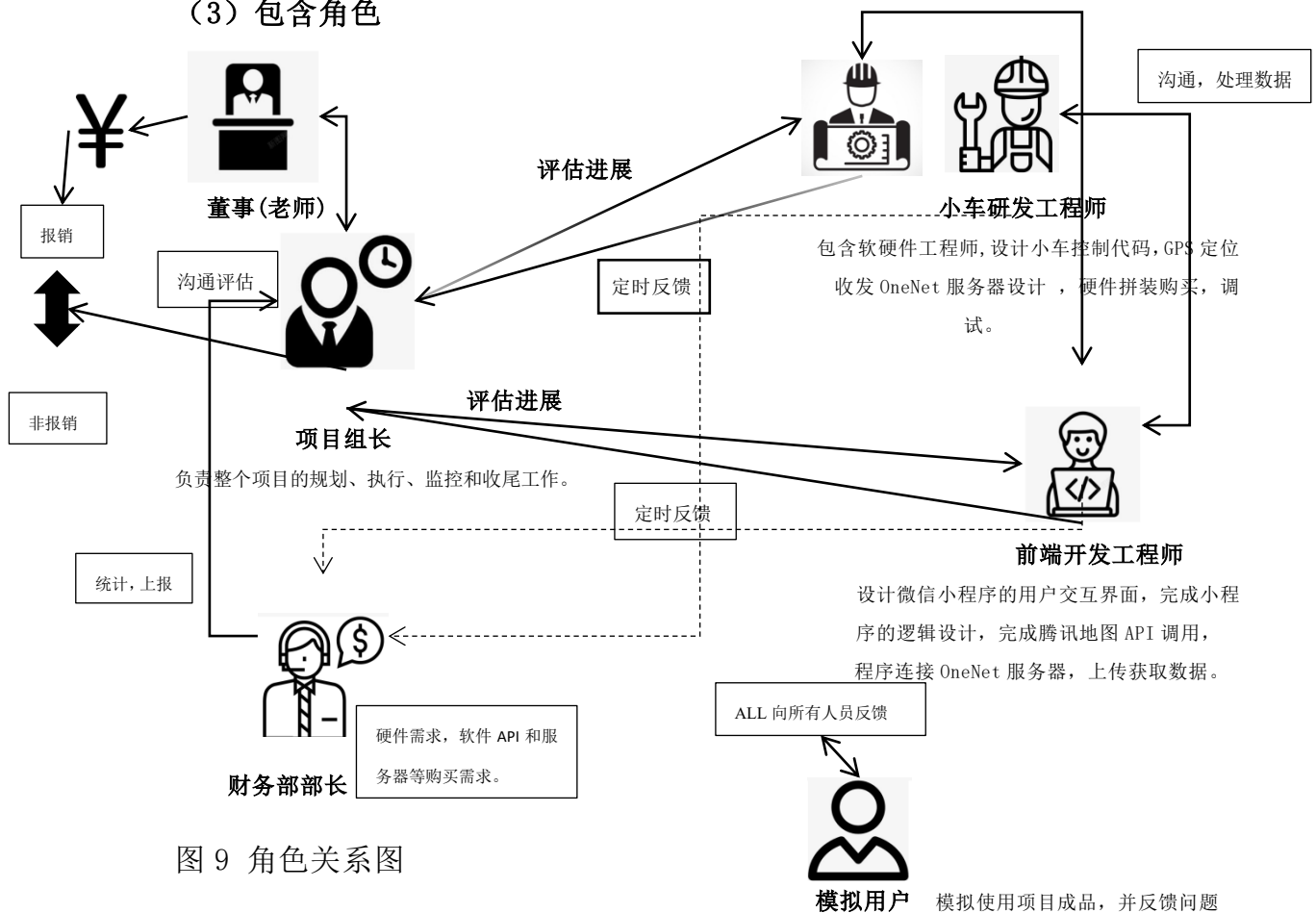


图 9 角色关系图

(4) 工作流程

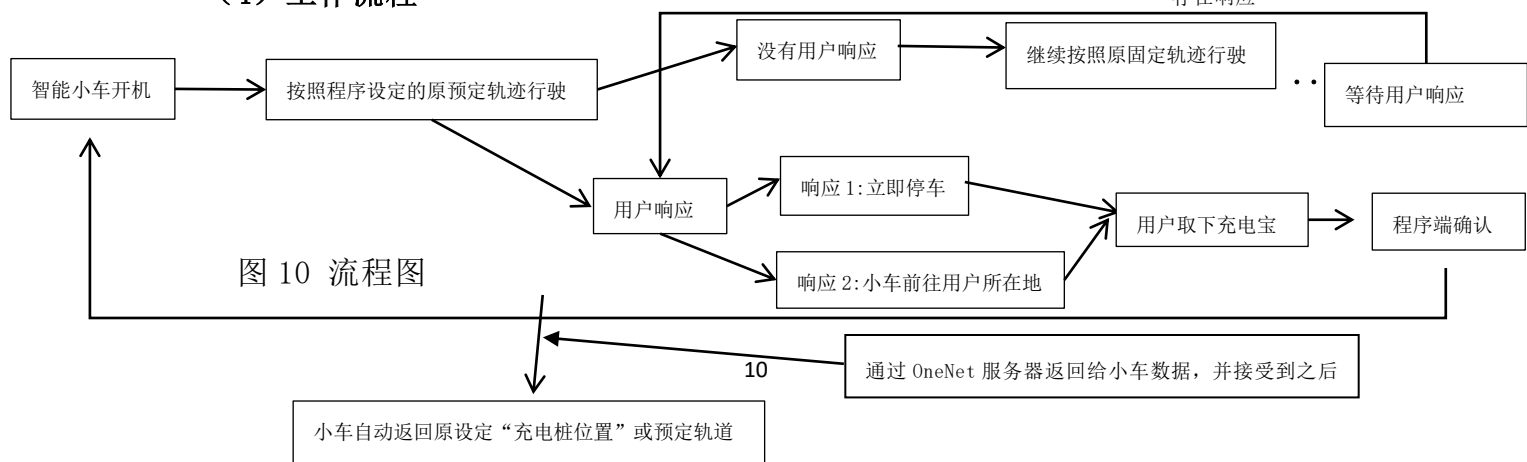


图 10 流程图

(5) 应用场景



1. 这一点在第一大点中的第二小点中已经详细的阐述，主要是移动“充电桩”小车项目在多种场景下提供移动充电宝服务，包括公共场所、校园、户外活动和紧急情况，利用定位服务解决寻找难题。它还能在商业推广中搭载广告屏幕，进行品牌宣传；在安全监控领域，通过 GPS 和摄像头进行区域巡逻；在旅游景点提供充电和导航信息；在企业园区和住宅小区提升充电便利性。这些应用不仅增强用户体验，还为不同环境带来附加价值和安全保障。

(6) 工作用例

1. 工作用例描述了系统与用户以及其他系统交互的场景。

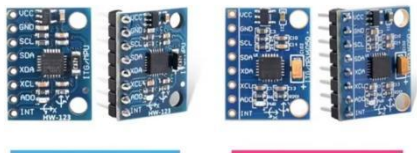
用例	描述
用户租赁充电宝	用户通过微信小程序发出租赁请求，用户可控制小车原地停车或者小车前往用户所在位置，完成此用例。
用户归还充电宝	用户通过小程序发出归还指令，地图显示附近可归还的地点，用户自行前往，或者令小车前往用户所在地，归还充电宝给小车。
小车自动导航与路径规划跟随	小车要和周围地形以及卫星进行交互，并且要调用腾讯地图的 API，根据用户位置和小车自身的位置，自动规划最佳路径并且行驶至最佳位置。
小车远程控制	在紧急情况或者人为搜集数据等特殊情况下，小车和开发者人员进行交互，确保安全，保障数据能够正确地进行搜集。
小车安全监控	小车通过车载树莓派 USB 摄像头与周围环境和地形进行交互，实时监控周围环境，对用户确认充电宝后拍照。
用户账户管理和支付系统管理	用户通过小程序注册账户、更新个人信息、查看租借历史。用户通过小程序完成租借充电宝的费用支付。用户通过小程序提供服务反馈，系统收集并分析这些反馈以优化服务。

(7) 设备硬件

<p>Donkeycar 小车(附手柄)</p>  <p>图 11</p>	<p>Donkeycar 是一个开源的自动驾驶小车项目，使用 Python 编写，兼容树莓派和 Arduino 等硬件平台。它允许用户构建和训练自己的小型自动驾驶车辆，支持多种传感器和硬件扩展，适用于教育、爱好者和研究人员进行自动驾驶技术的研究和开发。</p> <p>DonkeyCar 是开源自动驾驶项目，Xbox 手柄用来手动控制或调试 DonkeyCar 小车。</p>
<p>树莓派 4B</p>  <p>图 12</p>	<p>树莓派 4B 的全称是“Raspberry Pi 4 Model B”。英文名为“Raspberry Pi 4 Model B”。树莓派 4B 是一款由英国 Raspberry Pi 基金会开发的小型单板计算机，具备强大的性能和丰富的接口，支持 4K 视频输出，适用于各种计算和多媒体应用，从教育、游戏到家庭媒体中心和物联网项目，是一款广受欢迎</p>

<p>GPS 天线</p> <p>图 13</p> 	<p>迎的低成本、高性能的微型电脑。</p> <p>GPS 天线是一种用于接收全球定位系统（GPS）卫星信号的设备，它能够捕捉由卫星发射的导航信号，并将这些信号传输给接收器进行定位和导航。高质量的 GPS 天线通常具有高灵敏度和增益，能在多种环境下提供准确的定位数据。它们广泛应用于汽车导航、移动设备、地理信息系统（GIS）和各种跟踪系统。</p>
<p>微雪树莓派 GPS 定位拓展板高精度</p> <p>图 14</p> 	<p>微雪树莓派 GPS 定位拓展板是一款专为树莓派设计的高精度 GPS 模块，支持多种定位系统，如 GPS、GLONASS 和北斗。它提供快速定位和高精度坐标数据，适用于需要精确位置信息的项目，如自动驾驶、地理测绘和户外导航。这款拓展板易于安装，即插即用，能够显著提升树莓派的定位能力和应用范围。</p>
<p>树莓派扬声器 Raspberry Pi4B/3B+小喇叭扬声器印象功放板免驱动</p> <p>图 15</p> 	<p>树莓派扬声器是一款专为 Raspberry Pi 4B/3B+设计的小型功放板，支持即插即用，无需额外驱动。它通过 3.5mm 音频接口或 HDMI 连接，提供清晰的音频输出，适用于创建多媒体中心、小型音响系统或增强树莓派的音频播放功能。这款扬声器体积小，易于集成，是树莓派项目中理想的音频扩展解决方案。</p>
<p>XiaoMi 移动充电宝 (给树莓派供电)</p> <p>图 16</p> 	<p>XiaoMi 移动充电宝是一款便携式电源设备，专为 USB 充电设备设计，如智能手机、平板电脑和树莓派等。它拥有大容量电池，提供持久的电力支持，具备快速充电技术，并通过 USB 接口为树莓派等设备供电。这款充电宝体积小、易于携带，是户外项目或紧急情况下的理想电源解决方案。</p>
<p>树莓派 4B 散热器 铝合金散热风扇</p> <p>Raspberry Pi4B PWM 调速风扇</p> <p>图 17</p> 	<p>树莓派 4B 散热器是一款专为 Raspberry Pi 4B 设计的铝合金散热风扇，具备优良的散热性能。它通过 PWM 调速功能，能够根据 CPU 负载智能调节风扇转速，以实现高效散热并降低噪音。这款散热器安装简便，与树莓派 4B 完美兼容，是确保设备在高负载下稳定运行的必备配件。</p>
<p>USB 笔记本电脑外接摄像头</p> <p>图 18</p> 	<p>USB 笔记本电脑外接摄像头是一种即插即用的设备，通过 USB 接口连接到笔记本电脑，提供高清视频捕获功能。它通常配备有高分辨率传感器和自动对焦功能，支持视频通话、直播、视频录制等应用。外接摄像头相比内置摄像头，往往提供更灵活的视角调整和更高的图像质量，适合商务会议、在线教育和内容创作者使用。</p>

MPU6050 加速度陀螺仪模块	图 19	MPU6050 是一款集成了 3 轴加速度计和 3 轴陀螺仪的传感器模块，广泛用于测量和报告线性加速度和角速度。它能够提供精确的运动跟踪数据，适用于无人机、机器人、手机、VR 设备等需要运动感测的领域。MPU6050 以其高性能、低功耗和易于集成的特点，成为许多运动控制项目的首选传感器。
------------------	------	--



（7）系统软件

软件名称	描述
操作系统	Raspberry Pi OS（原名 Raspbian），为树莓派硬件提供基础的操作系统支持。
驱动程序	用于硬件设备的驱动程序，如 GPS 模块、摄像头、传感器和电机控制器等。
导航和路径规划软件	包括用于自动导航和路径规划的算法和软件库。
用户界面（UI）	微信小程序，允许用户与小车交互，进行租借、控制和监控等操作。
远程控制软件	提供远程控制接口，允许操作人员远程控制小车。
安全监控软件	用于实时监控小车状态和周围环境，以及处理安全警报。
数据分析和处理软件	用于收集和分析小车运行数据，优化性能和用户体验。
通信协议软件	用于处理小车与用户设备、服务器和其他小车之间的数据通信。
电源管理软件	用于监控和管理小车的电池状态和电源消耗。
维护和诊断工具	用于系统维护、故障诊断和性能监控。
固件	嵌入式系统固件，如为电机控制器或传感器特定的固件。
数据库管理系统	用于存储和检索用户数据、交易记录和服务历史。
备份和恢复软件	确保系统数据的安全性和在出现问题时能够快速恢复。
API 接口	提供应用程序接口，允许第三方服务和应用程序与小车系统交互。

（8）系统外观

1. 我们的系统外观也就是我们最后的项目成品是一个基于树莓派 4B 的智能小车以及一个搭配使用的微信小程序。下面给出小车的侧面预览实物图：

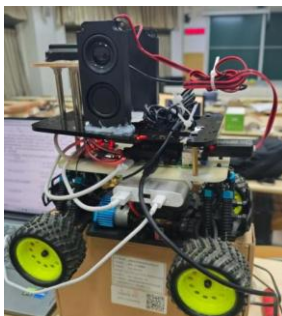


图 20 项目实物小车侧面预览图

2. 具体的车身我们采用的 Donkeycar 一种类似越野车的车型，整体车的体积还是比较大的。小车整体的结构层次分为三层，最底层是四个充气橡胶轮胎，以及舵机和电调等控制驱动设备，和车载供电锂电池，用于给小车的电调和舵机供电；中层是主控板树莓派 4B 和舵机驱动板 PCA9685，以及微雪树莓派 GPS 扩展板，中间一层是主控层，相当于核心，并且有散热系统；最顶层是 USB 摄像头和 USB 音箱都连接在树莓派 4B 上，以及最高处的 GPS 天线，小车模块和层次都十分地清晰。

3. 小车的材料多为塑料或者是金属材质，轮子是采用常见的橡胶轮子。车身所有外设都是用热熔胶或者是螺丝进行了固定。对于微信小程序的界面外观设计目前还没有设计完毕只是一个立项的阶段，因此这里就先不进行展示。

(9) 用户界面

1. 我们的用户界面由一个精心设计的小程序构成，该小程序包含两个主要部分：一个主页面和一个子页面。为了适应多用户共享一辆小车的需求，我们为主页面设计了两不同的视图状态，这取决于小车是否正在使用中。

2. 第一种状态是小车巡航状态。在这种状态下，用户可以直观地看到小车的当前工作状态，包括它与用户之间的距离，以及小车、充电桩和用户在地图上的实时位置。这些信息都通过小程序清晰地展示出来。

3. 第二种状态是小车送宝过程中。在这种模式下，小程序同样会显示小车的工作状态，并在地图上标注小车、充电桩和用户的坐标。此外，用户还可以通过点击“排队”按钮，预约等待小车的服务。

4. 在主页面的底部，我们设置了三个便捷的选项卡：叫车、巡航和停止。用户可以通过这些选项卡轻松地控制小车的状态，实现直观的操作体验。

5. 当用户选择叫车选项时，他们将被引导至子页面。在这个子页面中，小程序会利用外部 API 规划的路线，在地图上绘制出小车到达用户位置的路径，并同时展示小车和用户的坐标，使用户能够轻松掌握小车的行驶路线和预计到达时间。这样的设计不仅提高了用户体验，也使得整个服务流程更加直观和便捷。

三、项目创新点与项目特色 (Why)

(1) 项目创新点

1. 基于 GPS 的智能巡逻与追踪功能，我们所设计的智能小车可以够按照预设的 GPS 轨迹进行巡逻，并且在用户发出指令时，能够智能识别用户与自身的位置，根据路径追踪算法计算最优路径，从而追踪用户当前位置。通过结合静态路径巡逻与动态用户交互的功能，我们的智能小车可以实现了更高层次的智能化。

2. 与微信小程序无缝对接，将智能小车与微信小程序相连接，进行实时定位与控制，这样用户无需专门的应用程序或设备，即可通过常用的社交工具进行操作。这种便捷性将极大提高用户体验和项目的可普及性，是我们项目的一大创新点。

3. 充电宝共享与自动化管理，融合共享经济的精髓，我们的智能小车不仅执行巡逻任务，还兼任移动电源的“使者”，自动化地递送充电宝。它能够准确地记录每一次充电宝的取用行为，并通过拍照功能，将这些事件存档，这样不仅增强了设备使用的透明度，还显著提升了管理的效率和便捷性。

4. 结合树莓派与 DonkeyCar 的多功能开发，我们团队基于树莓派和 DonkeyCar 的开源平台进行开发，使得项目不仅在成本上具有优势，还具备了极

大的扩展性和定制化能力。这种便利使得我们可以根据实际需求进行调整和添加更多功能。

(2) 项目特色

1. 实用性与便利性: 我们的项目汲取了日常生活中对充电宝共享的迫切需求, 因而孕育而生, 其实用性不言自明。用户只需通过微信小程序的简洁界面, 即可轻松地“召唤”小车, 实现追踪定位, 这一过程的便捷性为用户提供了极大的方便。

2. 智能与自动化管理: 我们的智能小车超越了传统的智能巡逻和定位功能, 它还整合了先进的“自动化”设备管理流程。例如, 它能够自动拍照并存档记录使用人员的信息, 以及在完成任务后自动返回充电桩。这些创新功能不仅彰显了项目的高度智能化, 也体现了我们在自动化领域的深度探索, 完美诠释了项目“智能+自动化”的设计理念。

3. 高用户参与度与互动性: 在使用过程中, 用户可以借助微信小程序, 实时追踪小车的精确位置, 进而发送控制指令, 并即时接收反馈信息。这种互动方式不仅极大地增强了用户的参与感, 也显著提升了整个系统的实用性和用户友好度。

4. 成本效益与开源优势: 本项目依托树莓派和 DonkeyCar 作为硬件平台, 在保持低成本的同时, 也确保了极高的灵活性和可扩展性。得益于开源社区的丰富资源和活跃支持, 项目的未来发展和持续改进拥有了坚实的基础和广阔的空间。这种开放的生态不仅促进了技术创新, 也为项目的长期成功提供了有力保障。

四、系统方案和技术路线 (How)

(1) 设计思路

1. 首先设计先选取主控板, 我们的主控板采用的是树莓派 4B, 树莓派 4B 具有很大的优点, 首先符合课程项目的要求, 其次树莓派 4B 是一款功能强大的单板计算机, 具备高速四核处理器和支持 4K 视频输出的多媒体性能。它具有丰富的接口, 包括 USB、HDMI、以太网和 GPIO, 便于扩展和连接各种外设。树莓派 4B 支持广泛的操作系统, 易于编程和开发, 适用于教育、娱乐、媒体中心和物联网项目。其紧凑设计和高性价比使其成为爱好者和专业人士的理想选择。

2. 下面我们来描述我们的设计思路, 首先我们使用树莓派 4B 来控制 HC-05, 蜂鸣器和电调电机, 舵机, LED, 音箱, GPS 模块等外设, 具体的控制逻辑要编写代码, 并且接线合理来实现。我们将这些模块搭载在智能小车上, 通过 GPS 模块就可以实时获取小车的位置信息, 并且通过树莓派将相应的 GPS 位置信息上传到 Onenet 服务器上, 这就需要将树莓派主板和 Onenet 服务器相连接, 由于小车是在固定轨迹行驶, 因此需要实时的将位置信息上传。紧接着用户端通过微信小程序便可以实时查看小车的 GPS 位置, 因此就需要就小程序端和 OneNet 服务器相连接, 同时也要将用户手机的实时 GPS 上传给 OneNet 服务器, 并通过树莓派来获取用户的 GPS 位置信息, 这样小车, OneNet 服务器和用户三者就建立起了联系, 等待用户从程序端进行选择处理模式, 模式一小车原地停车, 模式二小车从所在 GPS 位置前往到用户手机所在 GPS 位置。两个控制按钮分开, 同时控制一个布尔变量来控制巡航和停车, 小程序端通过将控制信号发送到 OneNet 服务器, 也即树莓派 4B 通过 OneNet 服务器和微信小程序端建立起联系。随后用户确认已经取下充电宝, 小车摄像头拍照作为记录, 随后返

回预定固定轨道或者原“待定充电桩处”。

(2)关键技术

1. 控制逻辑编程技术:智能小车项目采用树莓派 4B 作为核心主控板, 利用其强大的处理能力实现小车的智能控制。项目涉及编写精细的控制逻辑代码, 以精确驱动电机、舵机、LED 灯、蜂鸣器和音箱等外设, 确保小车执行复杂任务时的灵活性和响应速度。在 DonkeyCar 平台上实现小车的自动化控制, 包括根据 GPS 数据进行巡逻、追踪用户以及在用户取走充电宝后自动返回充电桩。这部分涉及自动化行为逻辑的设计与实现。

2. 云平台 and OneNet 服务器技术:在智能小车项目中, 云平台服务扮演着至关重要的角色。通过将 GPS 模块获取的定位数据实时上传到 OneNet 云平台, 项目实现了对小车位置信息的存储、处理和远程监控。这种云服务不仅保障了数据的安全性和可访问性, 还支持了数据分析、设备管理和用户交互, 使得小车的操作更加智能化和便捷化。此外, 云平台的可扩展性为未来增加新功能和提供服务提供了可能。

3. 数据传输与处理技术:智能小车项目中的数据传输与处理技术确保了小车与服务器、用户设备之间的高效通信。通过无线网络连接, 小车实时发送 GPS 位置、状态信息到云服务器, 同时接收来自服务器的控制指令。服务器端进行数据处理和分析, 以优化小车运行和响应用户请求。用户设备如智能手机通过应用程序接收小车数据并发送用户操作指令, 实现远程监控和交互。这一流程的实现依赖于稳定的网络协议和高效的数据处理算法, 保障了系统的整体性能和用户体验。

4.GPS 定位技术:我们硬件部分采取微雪树莓派 GPS 定位高精度模块和配套天线接在树莓派主板上来获取 GPS 信号, 具体的连接方式如下所示:



图 21 GPS 定位模块和树莓派 4B 的端口连接

技术难点在于如何在动态环境下进行路径调整和优化, 确保小车能够按照设定轨迹巡逻并实时追踪用户位置。

5. 自动导航和路径规划技术:首先获取 GPS 位点信息, 参考 DonkeyCar 官方文档, 我们可以借助路径跟随算法(先自己使用小车跑一圈数据, 记录位点以及油门值), 再通过 GPS 定位获取车辆当前位置, 搜索并选择最接近当前位置的路径点(已经通过控制跑出来的数据), 因为小车是在, 然后基于该点前后

的若干路径点创建期望轨迹。车辆利用横向偏差测量与轨迹的偏离，并利用PID 控制器调整转向，同时根据路径点的油门值和配置文件中的参数调节油门，以实现精确的路径跟随。

6. 图像处理与数据存储:树莓派摄像头模块被用于拍摄充电宝取走后的关键图像。这些图像通过图像处理技术进行优化，并上传至云端或本地服务器以实现安全存储和有效管理。系统还能对照片进行自动分类和存档，确保记录的可追溯性和便捷访问，从而增强小车操作的透明度和安全性。

7. 微信小程序开发技术:项目中，开发团队设计并实现了一个微信小程序，该程序具备直观的用户界面和功能模块，允许用户实时查看小车的位置、发送控制指令以及确认充电宝的取走。通过与树莓派的通信接口，小程序实现了设备操控和用户反馈的无缝对接，为用户提供了便捷的交互体验，确保了小车服务的高效和用户满意度。

(3) 系统模块图和必要的说明

1. 首先给出我们的系统模块图：



图 22 移动“充电桩”小车系统模块图

2.系统一共分为 4 个主要的模块，这四个主要模块智能小车模块，微信小程序模块，OneNET 服务器模块，用户和开发者模块，四个模块之间都会建立通信，相互联系，不可分割，例如树莓派 4B 和微信小程序建立联系是通过 OneNET 服务器。OneNET 服务器是一个云平台，用于存储和处理小车和用户的位置数据，以及管理设备状态。系统通过微信小程序向用户提供操作反馈，同时向开发者提供必要的调试信息，包括小车的状态、用户的操作指令和环境信息等。

(4) 功能描述(包括子模块的功能)

1. 我们首先描述一下智能小车模块，智能小车模块搭载了 HC-05 蓝牙模块，蜂鸣器，OLED 和 led 和天线音箱等辅助模块以及树莓派 4B，GPS 拓展板等控制

模块，小车的功能是在树莓派 4B 的控制下能够沿着原预定轨迹行驶，接受手柄控制的信号进行人为控制行驶，同时能够行驶时搜集道路的 GPS 位点信息数据，以便为后续的自动导航和路径跟随服务，并且能够获取小车的实时 GPS 位置信息通过树莓派 4B 发送到 OneNET 服务器。

2. 微信小程序模块的主要功能是提供一个用户操作界面，以便用户操作，用户可以通过小程序在小车巡航状态之下，直观地看到小车的当前工作状态，包括它与用户之间的距离，以及小车、充电桩和用户在地图上的实时位置。这些信息都通过小程序清晰地展示出来。在小车送充电宝的情况之下，在这种模式下，小程序同样会显示小车的工作状态，并在地图上标注小车、充电桩和用户的坐标。此外，用户还可以通过点击“排队”按钮，预约等待小车的服务。在页面的底部，具有三个按钮选项，设置了三个便捷的选项卡：叫车、巡航和停止。用户可以通过这些选项卡轻松地控制小车的状态，实现直观的操作体验。

3. 以上介绍的是主模块，下面介绍 OneNET 模块的功能，这是一个云服务器模块，通过这个云服务器来建立微信小程序和树莓派 4B 之间的通信，进而来控制小车的功能状态，相当于是连接我们两个主模块的之间的必不可少的桥梁，例如小车药品将自己自身的 GPS 位置信息上传到云服务器当中，用户也要通过小程序将自己的位置信息上传给云服务器，以方便对方来使用，根据 GPS 数据信息做出相应的操作，同时也要上传用户在程序端按下控制按钮的信号，例如小车停车标志，小车前往用户所在地的标志等。

4. 用户模块的主要功能是测评项目的完成情况，并且向开发者提供项目的开发功能建议。

(5)技术亮点(比如:算法改进、算法创新等)

1. 结合卡尔曼滤波进行 GPS 信号优化:为了解决户外环境中 GPS 信号易受障碍物和天气影响、产生噪声的问题，我们采用了卡尔曼滤波算法对原始 GPS 数据进行优化处理。该算法通过结合实时 GPS 位置与小车的历史位置信息，有效滤除了噪声，提升了定位数据的稳定性和准确性。卡尔曼滤波的引入显著降低了小车在路径跟踪过程中的偏差和抖动，使得小车能够更加平滑且精确地沿预定路径行驶，从而提高了整个系统的导航性能和可靠性。

2. 自适应 PID 控制:在智能小车项目的路径跟随算法中，传统的 PID 控制器由于其固定的参数设置，在多变的路况条件下可能无法提供最佳的控制效果，导致小车运行不稳定。为了解决这一问题，我们研发了一种自适应 PID 控制器，该控制器能够根据实时路况信息，如直线行驶、转弯半径大小、坡度变化等，智能调节 PID 参数，以适应不同的行驶条件。这种自适应机制使得小车在面对复杂多变的地形时，能够实现更加稳定和高效的行驶表现，同时在转弯、爬坡等特殊路段保持精确的路径跟踪，显著提高了小车的适应性和行驶精度。

3. 云端数据同步与分析:在智能小车系统的开发中，传统的解决方案通常局限于本地计算和数据存储，这限制了系统的远程访问和处理能力。为了克服这一局限，我们创新性地引入了 OneNET 云平台，实现了数据的云端同步和分析。通过这一集成，所有的 GPS 定位数据、用户操作指令以及小车的状态信息都被实时上传到云端，使得用户能够无论身处何地都能轻松访问和监控小车的状态。此外，利用云端强大的大数据分析工具，我们能够对收集到的运行数据进行深入的统计和分析，这不仅优化了小车的路径规划算法，还提高了能源使

用的效率。这种云端集成策略极大地增强了智能小车系统的远程监控和管理功能，同时为其在更广泛的应用场景中的部署提供了可能。

4.高精度惯性导航(IMU)集成:针对传统小车导航系统在 GPS 信号不佳的环境中可能遇到的定位问题，我们创新性地引入了高精度惯性测量单元（IMU），内含加速度计和陀螺仪等传感器。这些传感器能够在 GPS 信号弱或丢失的情况下，通过惯性导航原理，对小车的位置和姿态进行短期的精确推算，从而保障小车继续稳定运行。通过将 IMU 与 GPS 数据融合，我们的小车在隧道、室内或城市峡谷等复杂环境中的导航性能得到了显著提升，确保了定位的连续性和可靠性。

五、项目进度安排和人员分工

(1) 项目进度安排

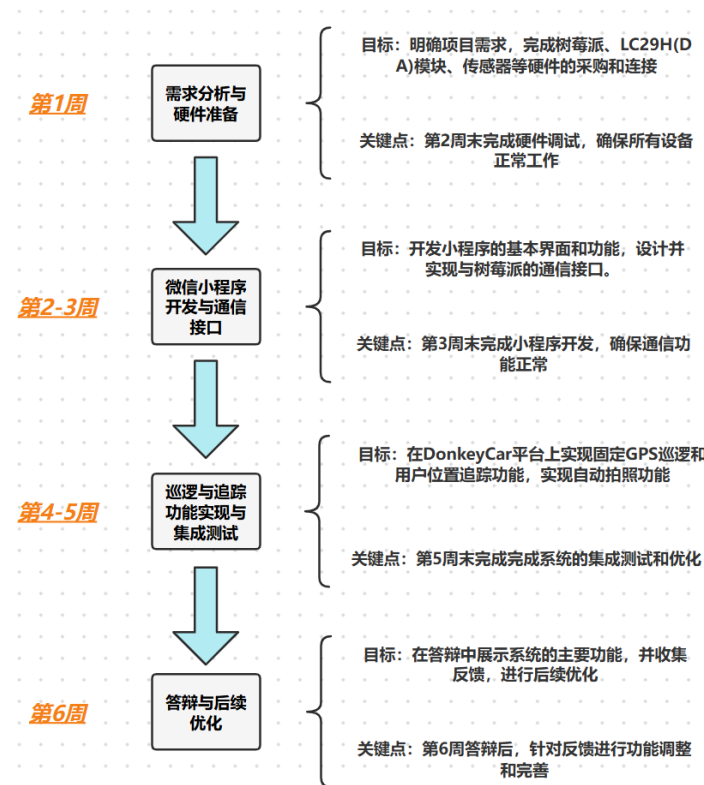


图 23 项目进度安排表以及关键时间点

(2) 已完成的实验情况

1. 我们目前的时间是处于第一周刚刚结束之际，我们下面仅仅说明我们第一周的已完成实验情况，基础部分上，我们完成了树莓派的基础环境配置，成功烧录了系统于 SD 卡当中，并且树莓派成功连接到了电脑热点，笔记本电脑通过 VNC

成功连接到树莓派进行控制，同时完成了 Donkeycar 的全部硬件拼装，这位后续的调试和代码编写和测试打下了基础。

2. 微信小程序部分完成进展比较快速，任务量较小，目前基础页面已经实现，小程序端已经可以调用腾讯地图 API 智能化规划最优路线。微信小程序地图页面能够实时显示小程序的 GPS 位置信息，微信小程序已经成功连接了 OneNET 云服务器，已经能够成功获取树莓派端上传到服务器的 GPS 位置信息。并且页面下方功能键已经实现，小程序可以智能计算小车和用户之间的距离，预计小车到达的时间。目前小程序端重点在优化排队算法，就是用户排队逻辑的实现。

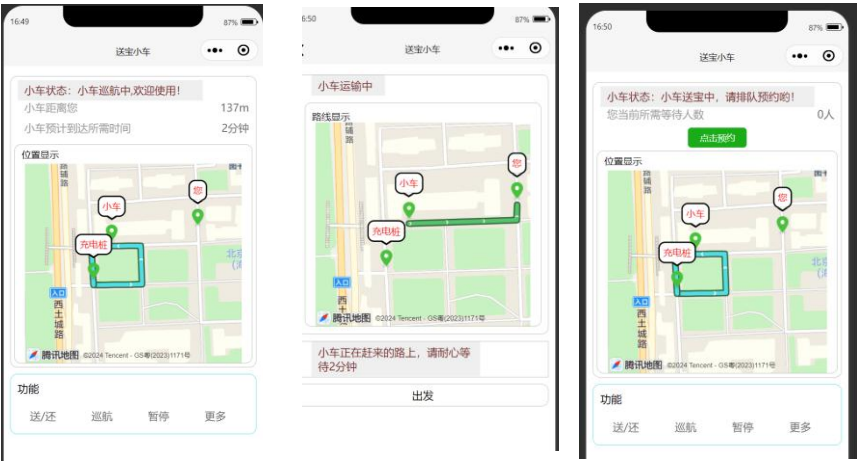


图 24

微信小程序端预览效果图

3. 对于树莓派小车端，小车的远程手柄控制已经没有任何问题，树莓派 4B 主控板已经成功连接到了 OneNET 服务器，并且小车可以实时获取当前位置的 GPS 位置信息并且上传到 OneNET 服务器，接着小车已经能够在人为的控制之下记录行驶道路上的 GPS 位点，并且保存一个文件当中，最后经过调试和训练实现固定轨道巡逻功能，小车能够获取当前 OneNET 服务器中用户的 GPS 位置和经过小程序端调用腾讯地图 API 生成的最优化路径，目前团队成员正在努力实现智能跟随算法的编写和优化。

4. 车载 USB 音箱已经可以做到智能中文播报，可以输出指定的中文。目前仍在完善语音模块和添加摄像头模块，正在逐步完成摄像头拍照功能。

(3)项目人员分工

成员	分工描述
闫康(组长)	负责核心功能的实现，包括 GPS 巡逻、用户位置追踪、自动拍照存档等主要功能的开发。
孙常鑫(组员)	负责系统框架的开发，提供质量保障，同时参与程序的测试和优化，以及，并且负责文档的编写和硬件部分的搭建。
薛皓林(组员)	负责微信小程序的开发，以及小程序与树莓派之间的通信接口设计与实现。
苏珈磊(组员)	负责项目文档的编写，包括技术报

	告、系统设计文档、用户手册等，并且负责硬件部分的搭建。
--	-----------------------------

(4) 风险评估

1. 技术风险:第一, 我们首先需要解决的问题就是 GPS 定位精度的问题, 因为 GPS 定位精度不足可能导致小车偏离预定巡逻轨迹, 从而带来不可控因素。目前设想解决方案是通过使用惯性导航系统(如 MPU6050)辅助定位, 提高定位准确性。第二, 我们需要考虑如何让小车根据我们所规划的 GPS 路径点进行行驶, 实现准确送达。对于这一问题, 我们初步设想通过路径追踪算法对路径点进行处理, 通过当前路径点的前一个点和后一个点计算小车的理想行驶方向, 并给出适合的马力值。

2. 时间管理风险:为应对小车项目中可能出现的软件开发、硬件集成或测试阶段的延期风险, 我们精心制定了详尽的进度计划, 并配备了全面的应急预案, 确保了我们在面临任何不可预见的延误时, 都能够迅速采取行动, 保持项目按计划推进, 从而将潜在的时间管理风险降至最低。

3. 资源分配风险:避免因资源不足或分配不当而影响项目进度, 我们的团队在项目启动初期便进行了周密的人员分工规划, 并指派了经验丰富的项目组长负责全程监督, 确保团队能够高效协作, 及时解决可能出现的任何问题, 从而保障项目能够按计划顺利进行。

4. 需求变更风险:项目过程中需求的变更可能导致额外的工作量和时间延误。对于这一点, 我们的团队指定了详细的应对方案, 我们将整个项目分为“基础功能”和“提高功能”两个部分, 在确保“基础”部分完成后, 我们的团队才会想“提高”部分进军。

5. 隐私安全风险:小车在执行任务时可能会收集用户的个人信息, 如位置数据, 对于这些数据的保密至关重要。这里我们初步设想的是对这些数据进行加密存储, 并明确告知用户数据的使用方式。

6. 用户交互风险:为了减少用户因不熟悉操作界面而导致的误操作风险, 我们计划打造一个直观且用户友好的微信小程序界面。此外, 我们将提供详尽的用户指南和帮助文档, 确保用户能够轻松掌握小车的操作。

7. 测试和部署风险:在项目规划阶段, 我们特别重视测试环节, 并且意识到它可能暴露出需要额外解决的问题。因此, 我们在制定项目进度表时, 特意为测试阶段预留了充足的时间缓冲。这样的安排确保了一旦发现问题, 我们的团队将有时间进行深入的调试和修复, 而不会对项目的整体进度造成影响。

(5) 财务预算

物品名称	价格
微雪树莓派不间断电源扩展板 大容	139¥

量电池供电 UPS 模块 5V	
树莓派正方形 单声道喇叭	21.5¥
树莓派 4B 散热器铝合金散热风扇 Raspberry Pi4B PWM 调速风扇	19.9¥
家用电脑外接 USB 摄像头	35.55¥
DONKEY CAR 小车	1800¥
树莓派 4B(8GB)	467¥
XiaoMi 移动充电宝(给树莓派供电)	66.9¥
微雪树莓派 GPS 定位模块套件	355¥
MPU6050 陀螺仪加速度模块	9.56¥
总预算	2914.41¥

(6) 参考文献

1. 树莓派实验室:<https://shumeipai.nxez.com/>
2. Donkey Car 学习文档:<http://docs.DonkeyCar.com/>
3. 地图坐标系转换:<https://tool.lu/coordinate>
4. GPS-IMU 传感器:<https://cloud.tencent.com/developer/article/2418124>
5. 30 分钟快速入门 OpenCV:<https://www.bilibili.com/video/BV1BT4y1Z7WS>
6. L76X GPS HAT:https://www.waveshare.net/wiki/L76X_GPS_HAT
7. 微信开放文档:<https://developers.weixin.qq.com/miniprogram/dev/framework/>

8.路径规划 API 文档:

<https://lbs.qq.com/service/webService/webServiceGuide/webServiceRoute>

9. 基于 Raspberry Pi 的 Traccar GPS 跟踪系统:

<https://pimylifeup.com/raspberry-pi-gps-tracker/>

10. Raspberry Pi 摄像头集成:

<https://projects.raspberrypi.org/en/projects/getting-started-with-picamera>

11.DonkeyCar 自动驾驶:

<https://medium.com/@johnas.io/building-and-training-donkeycar>

12.Raspberry Pi GPS 模块教程:

<https://learn.adafruit.com/adafruit-ultimate-gps-on-the-raspberry-pi>