

基于语音识别灯光智能控制系统研究

牛瑞坤^{1,2}, 李冬辉¹

¹天津大学电气与自动化工程学院, 天津

²金陵科技学院机电工程学院, 江苏 南京

收稿日期: 2024年9月9日; 录用日期: 2024年10月1日; 发布日期: 2024年10月10日

摘要

近年来, 虽然汽车技术在不断发展, 但控制类汽车电子技术的发展却进步较为缓慢, 从而导致国内汽车产业在电子技术方面存在一些短板。本研究旨在设计并实现一套基于语音识别的汽车灯光控制系统, 以提高驾驶的安全性和操作的便捷性。同时, 现有的汽车电子控制系统多依赖于国外的技术, 这不仅限制了国内技术的发展, 也影响了汽车产业的自主创新能力。本文对语音识别系统进行设计研究, 并对比了普通话和方言在语音识别中的准确率。实验结果显示, 普通话识别模型准确率高, 四川话、广东话和河南话的准确率分别为73.8%、76.2%和59.5%。

关键词

语音识别, 灯光控制, 方言识别

Research on Intelligent Light Control System Based on Speech Recognition

Ruikun Niu^{1,2}, Donghui Li¹

¹School of Electrical and Automation Engineering, Tianjin University, Tianjin

²School of Mechanical and Electrical Engineering, Jinling University of Science and Technology, Nanjing, Jiangsu

Received: Sep. 9th, 2024; accepted: Oct. 1st, 2024; published: Oct. 10th, 2024

Abstract

In recent years, although automotive technology has been continuously developing, the development of control automotive electronic technology has not progressed relatively slowly, resulting in some shortcomings in the domestic automotive industry in terms of electronic technology. This study aims to design and implement a car lighting control system based on speech recognition to improve driving safety and operational convenience. Meanwhile, existing automotive electronic

文章引用: 牛瑞坤, 李冬辉. 基于语音识别灯光智能控制系统研究[J]. 动力系统与控制, 2024, 13(4): 153-159.

DOI: 10.12677/dsc.2024.134015

control systems rely heavily on foreign technology, which not only limits the development of domestic technology but also affects the independent innovation capability of the automotive industry. This article conducts design research on speech recognition systems and compares the accuracy of Mandarin and dialects in speech recognition. The experimental results show that the Mandarin recognition model has high accuracy, with accuracy rates of 73.8%, 76.2%, and 59.5% for Sichuan dialect, Cantonese, and Henan dialect, respectively.

Keywords

Speech Recognition, Light Control, Dialect Recognition

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国新能源汽车行业向智能化的加速转型, 车载交互系统的卓越交互性已成为提升驾驶者体验的关键要素。这关键的交互性往往依赖于系统对驾驶者语音命令的精确理解。因此, 将先进的语音识别技术集成到车载交互系统[1]-[3], 以确保用户能够安全、方便地操控车辆, 成为了电动汽车智能化演进的必由之路。语音识别技术作为当前核心的车载交互技术, 不仅协助用户精确调整汽车的各项复杂功能, 还能通过对语音信息的解析推断用户的需求, 进而提供定制化的个人服务[4]-[7]。因此, 深度整合智能语音识别技术与车载交互系统, 不仅是新能源汽车智能化的必备条件, 也是驱动整个行业走向个性化、高效化和智能化的必然选择[8]。

近年来, 全球研究者对人工智能在汽车驾驶技术领域的应用和进步进行了广泛的研究和实践。关注的焦点包括智能安全监管、智能导航策略、语音操作控制以及智能车载娱乐系统等[8]-[12]。尽管这些领域已取得一定的成就, 但仍面临诸如感知识别、决策规划和控制执行等技术挑战。

本研究针对系统设计中所采用的关键技术进行研究, 通过对语音信号处理、声学模型匹配等进行设计, 并对语音识别的灯光控制部分进行设计, 通过实验获得较好的结果。

2. 控制系统关键技术分析

语音识别技术, 也称为自动语音识别, 是一种将人类语音转换为计算机可理解文本的技术。其核心目标是使机器能够“听懂”人类的语言, 实现人机之间的自然交流。语音识别过程通常分为几个关键步骤: 语音信号的采集、预处理、特征提取、声学模型匹配以及后处理, 其关系如图 1 所示。

2.1. 语音信号采集

语音识别首先采集清晰的语音信号。在车载环境中, 这一步骤尤为重要, 因为车辆内部可能存在各种噪声, 如发动机噪音、风噪、乘客对话等。为了获得高质量的语音输入, 通常需要使用高质量的麦克风, 并采用降噪技术来减少背景噪声的干扰[13]。此外, 麦克风的放置位置和车内的声学设计也对信号质量有显著影响。

2.2. 特征提取

特征提取是将预处理后的语音信号转换为一组参数, 这些参数能够代表语音的声学特性。特征提取

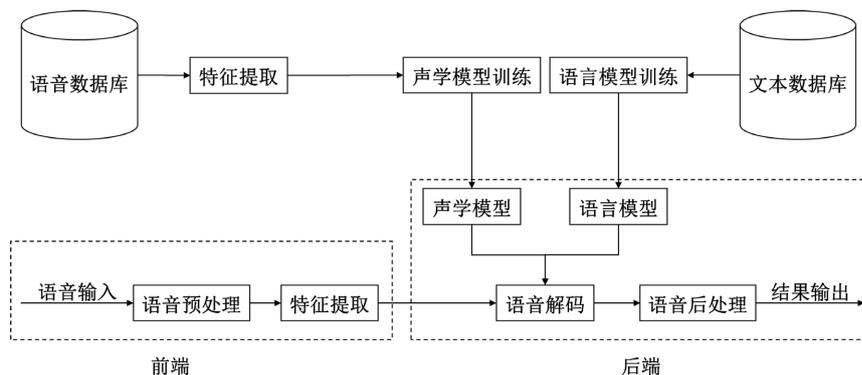


Figure 1. Speech recognition principle
图 1. 语音识别原理

的目的是降低数据维度, 同时保留对语音识别至关重要的信息。常用的特征提取方法包括梅尔频率倒谱系数(MFCC)、线性预测倒谱系数(LPCC)和感知线性预测(PLP)等[14]。这些特征能够捕捉到语音的共振峰、声道特性和声带振动等信息。

2.3. 语言模型

语言模型提供了语言的语法和语义信息, 它帮助系统理解语音中的单词序列在语言中的可能性。语言模型可以是基于规则的, 也可以是基于统计的, 如 N-gram 模型或基于机器学习的模型。在车载语音识别系统中, 语言模型需要考虑到驾驶场景下的特定词汇和命令, 以提高识别的准确性和实用性。

2.4. 后处理与优化

识别出的语音序列可能包含错误, 后处理步骤旨在通过各种策略来纠正这些错误。这包括基于规则的校正、发音词典的辅助以及上下文信息的利用。此外, 系统还可以通过用户反馈进行自我学习和优化, 不断提高识别性能。最后, 语音识别系统需要与车载灯光控制系统进行集成。这涉及到将识别出的语音命令转换为相应的控制指令, 实现对车辆灯光的智能控制。集成过程中需要考虑系统的实时性、稳定性和用户界面的友好性, 确保驾驶员能够方便地通过语音进行操作。

3. 基于语音识别的汽车灯光控制系统设计

3.1. 系统架构与逻辑设计

系统架构设计遵循模块化原则, 主要由两个主要部分组成: 语音识别模块和灯光控制模块。语音识别模块负责处理驾驶员的语音输入, 而灯光控制模块则根据识别结果执行相应的灯光操作。这两个模块通过一个中接口进行通信, 确保信息的高效传递和处理, 如图 2 所示。

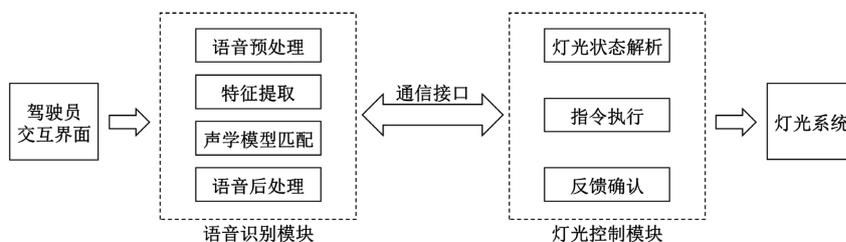


Figure 2. Architecture of vehicle lighting control system based on speech recognition
图 2. 基于语音识别的车载灯光控制系统架构图

语音识别模块是系统的关键部分，它包括语音采集、预处理、特征提取、声学模型匹配和后处理等子模块。语音采集子模块通过车内麦克风阵列捕获驾驶员的语音指令。预处理子模块对采集到的语音信号进行去噪、分帧和加窗等操作，以提高信号质量。特征提取子模块从预处理后的信号中提取关键声学特征，如 MFCC 或 LPCC。声学模型匹配子模块利用这些特征与预训练的语音模型进行对比，以识别出最可能的语音指令。后处理子模块则对识别结果进行优化，如利用语言模型进行语法校正，提高识别的准确性。

灯光控制模块接收来自语音识别模块的识别结果，并将其转换为具体的灯光控制指令。该模块包含灯光状态解析、指令执行和反馈确认等子模块。灯光状态解析子模块负责理解语音指令对应的灯光操作，如“打开近光灯”或“切换到远光灯”。指令执行子模块则负责实际控制车辆的灯光系统，实现灯光的开启、关闭或模式切换。反馈确认子模块通过语音或仪表盘显示向驾驶员提供操作确认，确保驾驶员了解当前的灯光状态。

3.2. 语音识别模块设计

语音采集环节通过车内麦克风阵列实现，特别设计以适应车内噪声环境，确保语音信号的清晰度。特征提取阶段利用梅尔频率倒谱系数算法，提取语音信号的关键声学特征。为适应车载环境，模块设计特别强调环境适应性和实时性。在模型训练时，包含不同驾驶环境下的语音数据，以增强系统的鲁棒性。算法优化确保了语音指令的快速识别和响应。此外，模块支持用户自定义语音指令，提升了系统的个性化和用户友好性。

图 3 展示了模块的整体结构，从语音采集到输出的完整流程。图中清晰标注了各个处理环节，以及它们之间的数据流向。通过这样的设计，语音识别模块能够高效、准确地将驾驶员的语音指令转换为灯光控制指令，为实现智能化的车载灯光控制提供了坚实的技术基础。

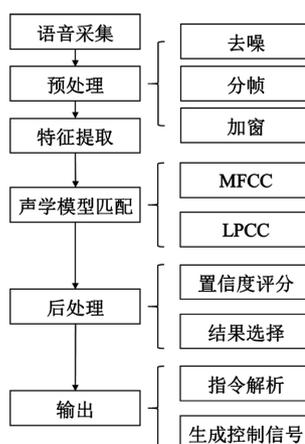


Figure 3. Speech recognition module block diagram

图 3. 语音识别模块框图

3.3. 灯光控制模块设计

灯光控制模块的设计专注于实现基于语音识别的汽车灯光控制系统的核心功能，即根据驾驶员的语音指令精确控制车辆灯光。该模块通过解析语音识别模块输出的指令，执行相应的灯光操作，并在必要时提供反馈。模块的主要功能包括灯光状态解析、指令执行以及与语音识别模块的高效通信。

在控制策略方面, 灯光控制模块支持自动与手动控制的结合。自动控制策略允许系统根据环境条件(如光线强度)自动调整灯光设置, 而手动控制则允许驾驶员通过语音指令进行个性化调整。这种策略的灵活性使得系统能够适应不同驾驶场景和驾驶员需求。灯光控制模块的设计充分考虑了与语音识别模块的集成, 通过标准化的通信协议确保指令的准确传递。模块的响应速度快, 能够及时执行语音识别模块的输出, 从而实现流畅的人机交互。通过这些设计, 灯光控制模块为驾驶员提供了一个高效、便捷的灯光控制解决方案, 同时为后续的系统集成和安全性分析奠定了坚实的基础。

本文主要考虑几种常用汽车灯光, 如近光灯、远光灯、转向灯等, 灯光控制模块框图如图 4 所示。

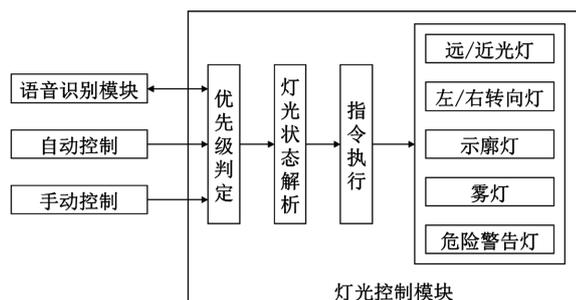


Figure 4. Lighting control module block diagram

图 4. 灯光控制模块框图

3.4. 用户交互与安全性

在基于语音识别的车载灯光控制系统中, 确保用户交互的便捷性和系统的安全性是至关重要的。本节探讨了如何设计一个既友好又安全的交互界面, 以及在语音识别出现误差或驾驶员指令不当时, 如何通过系统提示来保障行车安全。

系统设计中融入了多重安全机制。当语音识别出现误差或驾驶员发出的指令可能导致不安全状况时, 系统会主动介入。在紧急情况下, 如系统检测到车辆即将进入隧道但驾驶员未及时切换到近光灯, 系统会发出语音提醒, 如“建议切换到近光灯以确保安全”, 并等待驾驶员的确认或手动操作。系统具备异常处理能力, 能够在识别到错误指令或系统故障时, 采取适当的措施。这包括重试识别、提示驾驶员手动操作, 或者在必要时, 系统可以自动恢复到安全状态, 如自动关闭远光灯以避免对对向车辆造成眩目。

通过这些设计, 系统不仅提高了用户交互的便捷性, 更重要的是, 它通过智能化的安全提示和异常处理机制, 确保了驾驶员和乘客的安全, 提升了整个车载灯光控制系统的可靠性和实用性。在后续章节中, 我们将进一步探讨系统的测试和优化, 以确保在各种实际驾驶场景中都能稳定运行。

4. 系统实现

4.1. 普通话语音识别

由于该实验旨在探究在基于语音识别的灯光控制系统内, 普通话和方言在语音识别部分的准确率差异, 以及相应的应对策略, 因此该实验分别使用了 5 种普通话模型和 3 种不同方言模型进行了测试。

普通话语音识别实验中, 使用 5 个不同模型进行语音文件的生成, 并使用普通话识别模型对语音文件进行识别, 其语音识别准确率如表 1 所示。

4.2. 方言语音识别

普通话语音识别实验中, 分别使用了四川话、广东话、河南话, 三种模型进行语音文件的生成, 再

使用普通话识别模型对语音文件进行识别, 其识别准确率如表 2 所示。

Table 1. Mandarin recognition accuracy

表 1. 普通话识别准确率

语音模型	正确个数	错误个数	准确率
讯飞小燕(普通话)	41	1	97.6%
讯飞许久(普通话)	40	2	95.2%
讯飞小萍(普通话)	42	0	100.0%
讯飞小婧(普通话)	38	4	90.5%
讯飞许小宝(普通话)	41	1	97.6%

Table 2. Dialect recognition accuracy

表 2. 方言识别准确率

语音模型	正确个数	错误个数	准确率
叶子(四川话)	31	11	73.8%
讯飞小梅(广东话)	32	10	76.2%
讯飞小坤(河南话)	25	17	59.5%

5. 总结与展望

本研究成功设计并实现了一套基于语音识别的汽车灯光控制系统。通过对关键技术的深入分析和系统架构的精心设计, 本文构建了一个模块化、高效且用户友好的系统。在实验部分, 本文采用了科大讯飞的 API 接口, 对普通话和方言的语音识别准确率进行了测试, 并针对方言识别准确率较低的问题提出了改进措施。

实验结果表明, 普通话模型在语音识别方面表现出色, 准确率普遍高于方言模型。通过使用方言识别模型和自定义热词的改进措施, 方言的识别准确率得到了显著提升。这证明了本文的设计和改进策略的有效性, 同时也展示了语音识别技术在汽车灯光控制领域的应用潜力。

参考文献

- [1] 陈艳华. 基于智能交互的车载语音系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2021.
- [2] 丁武. 行驶汽车环境下的语言增强技术研究[D]: [硕士学位论文]. 马鞍山: 安徽工业大学, 2020.
- [3] 徐侥幸, 黄静. 基于 CAN 总线的汽车灯光智能控制系统设计[J]. 电声技术, 2021, 45(11): 33-36.
- [4] Thunder Power New Energy Vehicle Development Company Limited (2020) Patent Issued for Voice Control System with Dialect Recognition. *Energy & Ecology*, **56**, 92-96.
- [5] Kia Motors Corporation (2020) Patent Issued for Voice Recognition Apparatus, Vehicle Having the Same, and Control Method of Voice Recognition Apparatus. *Journal of Engineering*, **41**, 12-15.
- [6] Kia Motors Corporation (2019) Patent Issued for Speech Recognition-Based Vehicle Control Method. *Technology News Focus*, **34**, 68-69.
- [7] Kia Motors Corporation (2019) Speech Recognition-Based Vehicle Control Method in Patent Application Approval Process. *Journal of Engineering*, **11**, 84-87.
- [8] 刘玲. 智能化语音控制车的系统设计与应用[J]. 内燃机与配件, 2019, 54(15): 240-241.
- [9] 李涛涛. 基于 ROS 的智能车语音控制系统设计[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 青岛科技大学, 2021.

- [10] 张杰. 汽车电子与智能化技术的应用与发展[J]. 时代汽车, 2020, 24(22): 30-31.
- [11] 明杰, 殷建磊, 朱厚亮. 电子信息与智能化技术在汽车上的应用[J]. 计算机产品与流通, 2019, 62(2): 72-75.
- [12] 田香玉, 马玉林. 基于 SPCE061A 的车载灯光语音识别系统设计[J]. 农业装备与车辆工程, 2015, 53(1): 28-31.
- [13] 李臻, 朱哲慧, 张立军, 等. 典型车载场景下语音识别算法效果评价与分析[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(1): 67-73.
- [14] 胡耀文. 音频信号特征提取及其分类研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2019.