

# 多传感器协同下智慧道闸在复杂交通场景中的精准控制策略

刘忠委

山东元鸿智能科技有限公司

**摘要:** 智慧道闸在复杂交通场景下的精准控制是智慧交通发展的关键。传统道闸控制方式难以适应高流量、混合交通及环境干扰问题。本文探讨了多传感器协同技术在智慧道闸中的应用,分析了摄像头、雷达、超声波等传感器的数据融合方法,并提出基于实时反馈、轨迹预测和动态优先级管理的精准控制策略。研究表明,多传感器融合可提升道闸系统的识别精度和环境适应性。未来,道闸系统可结合 V2X 通信、AI 强化学习及边缘计算,实现更智能的交通管理。

**关键词:** 智慧道闸; 多传感器协同; 数据融合; 精准控制; 智能交通

随着智慧交通的发展,城市交通管理面临日益复杂的挑战。传统道闸系统主要依赖单一传感器或固定规则进行控制,往往难以适应高密度、多变的交通流环境,导致通行效率低下,甚至引发交通拥堵和安全隐患。在此背景下,多传感器协同技术成为提升智慧道闸精准控制能力的重要手段。

智慧道闸融合摄像头、雷达、超声波、RFID 等多种传感器,实现对车辆、行人、非机动车的精准感知,并结合数据融合算法优化控制策略,提高通行效率与安全性。然而,复杂交通场景下传感器数据易受环境因素干扰,如何提升数据融合的稳定性和实时性,优化道闸控制决策,仍是亟待解决的问题。本文将围绕多传感器协同下智慧道闸的精准控制策略展开研究,分析数据融合方法、优化控制策略,并结合实际案例探讨其应用效果,以期为智慧交通发展提供有力支持。

## 1 智慧道闸控制系统及多传感器协同机制

### 1.1 智慧道闸的基本组成及控制原理

智慧道闸作为智能交通管理的重要组成部分,主要用于城市道路、停车场、高速公路收费站等场景,以提高交通效率和管理水平。其核心组成包括感知模块、控制模块和执行机构。感知模块负责采集车辆、行人及周围环境信息,控制模块结合预设规则或智能算法进行数据处理与决策,最终由执行机构完成道闸的开关控制。

传统道闸系统通常依赖单一传感器进行车辆检测,例如地磁感应、红外检测或超声波传感器。这些方法虽然在特定环境下可实现基础功能,但在复杂交通场景中存在较多局限。例如,地磁感应容易受到地面金属物干扰,红外检测对光照条件敏感,超声波传感器在远距离目标检测上效果有限。此外,单一传感

器的控制策略较为固定,缺乏自适应能力,导致在高流量环境下无法精准放行,进而影响整体通行效率。因此,引入多传感器协同技术成为提升智慧道闸控制能力的关键。

### 1.2 多传感器协同技术的引入

多传感器协同技术的核心在于融合不同类型的传感器,实现对交通目标的多维度感知。常见的传感器类型包括摄像头、毫米波雷达、超声波传感器、RFID(射频识别)、激光雷达等。不同传感器具有各自的特点,合理结合可显著提升系统的环境适应能力和识别精度。

摄像头是最常见的感知设备,能够提供高分辨率图像信息,实现车辆、行人及交通标识的视觉识别。然而,摄像头易受光照变化影响,在夜间或恶劣天气下性能下降。毫米波雷达能够检测目标的距离、速度和角度,不受光照影响,适用于全天候监测,但在静态目标识别上精度有限。超声波传感器主要用于短距离检测,可辅助识别障碍物和行人,但探测范围较小。RFID 技术则可用于车辆身份识别,实现特定车辆的权限管理。

在多传感器协同控制下,不同传感器数据可通过数据融合方法进行处理,弥补单一传感器的不足。例如,雷达检测到目标后,可结合摄像头的视觉信息进行目标分类,确保检测结果的准确性。同时,融合传感器数据有助于提高系统的鲁棒性,减少因单一传感器故障或环境干扰带来的误判,从而提升智慧道闸的可靠性和精准度。

### 1.3 复杂交通场景下智慧道闸的控制需求

在实际交通环境中,智慧道闸的控制需求受到多种因素影响,包括交通流量、目标类型、环境条件等。在高流量区域,如商场、办公楼停车场,道闸系统需

要确保快速放行,避免因检测延迟导致的车辆积压。此外,高速公路收费站的道闸需要快速准确识别车辆类型,如私家车、货车、公交车等,以实施不同的收费策略和通行优先级。

复杂交通场景还包括混合交通环境,即机动车、非机动车和行人共享通行空间。例如,在城市商业区或住宅小区,道闸系统不仅需要检测车辆,还需识别行人和电动车,以防止安全事故。因此,道闸的控制策略需要结合目标检测、行为预测和实时调整,确保通行安全与秩序。

此外,恶劣天气条件(如大雾、雨雪)对传感器性能也会产生影响,可能导致目标检测失败或误判。例如,摄像头在强光或低光环境下容易识别错误,毫米波雷达可能受到湿度影响。因此,在复杂交通场景下,智慧道闸需要具备环境适应能力,通过多传感器数据融合、智能算法优化等方式,提高系统的稳健性和精准度,从而在不同应用场景下实现高效可靠的控制。

## 2 多传感器融合下的精准控制策略

### 2.1 传感器数据融合方法

智慧道闸的精准控制依赖于多传感器数据的融合与处理,以提高对交通目标的识别准确性和实时性。在复杂交通环境中,单一传感器往往难以满足全面感知的需求,因此需要通过多传感器数据融合技术,将不同传感器的优势互补,实现更稳定、精准的控制决策。目前常见的数据融合方法包括规则基融合、机器学习融合和深度学习融合。

规则基融合是一种传统的数据处理方式,通常基于设定的阈值或逻辑规则进行信息整合。例如,摄像头检测到车辆后,系统可以通过RFID进一步确认车辆身份,确保只有授权车辆才能通行。然而,这种方法依赖预设规则,对环境变化的适应能力较差,且难以处理复杂的交通状况。

机器学习融合方法通过数据训练模型,如决策树、支持向量机(SVM)等,以提高传感器数据融合的智能化水平。例如,在车辆检测过程中,可以基于摄像头图像数据提取特征,并结合雷达的速度和距离信息进行分类,提高目标识别的准确性。相比规则基方法,机器学习能够更好地适应不同环境,但其精度受训练数据的影响较大,需要较多的样本数据进行优化。

深度学习融合方法利用卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN)等模型,对多源传感器数据进行端到端学习。例如,在道闸控制中,可以使用CNN对摄像头图像进行目标检测,同时结合雷达的时间序列数据,通过RNN进行轨迹预测,以优化车辆通行管

理。深度学习方法在复杂场景下的适应性较强,但计算量较大,对硬件性能要求较高。因此,在智慧道闸的实际应用中,通常结合边缘计算技术,提高数据处理效率。

### 2.2 精准控制策略设计

在复杂交通场景下,实现智慧道闸的精准控制,需要结合传感器数据融合结果,设计动态信号控制、目标检测与轨迹预测,以及车辆优先级判定等策略,以确保系统的高效性和安全性。

#### 2.2.1 动态信号控制

动态信号控制是智慧道闸精准管理的重要手段。传统道闸通常采用固定时间间隔控制,即按预设时间开关道闸,而这种方式难以应对高流量或特殊情况。例如,在高峰时段,固定时间间隔可能导致车辆滞留,而在低流量时段,道闸可能不必要地频繁开关,影响通行效率。通过结合多传感器数据,智慧道闸可以实现自适应调整。例如,雷达检测到大量车辆排队时,系统可以适当延长道闸开放时间,提高通行效率;在低流量情况下,则缩短开放时间,减少能耗。此外,还可以利用摄像头检测车辆流向,并结合智能交通系统的红绿灯信号,实现更加智能化的协同调度。

#### 2.2.2 目标检测与轨迹预测

在复杂交通环境中,仅凭单帧图像进行目标检测可能存在误判或信息缺失,因此需要结合轨迹预测技术,提高系统对交通目标的判断能力。例如,在停车场入口,摄像头可能检测到多个相邻车辆,而毫米波雷达可以补充其速度信息,通过轨迹预测判断哪个车辆先抵达道闸区域,从而决定道闸的开关顺序。此外,在混合交通环境下,系统可以利用RNN对行人、非机动车的运动轨迹进行预测,确保道闸不会误放导致交通事故。

#### 2.2.3 车辆优先级判定与策略优化

不同类型的车辆在交通管理中具有不同的优先级。例如,公交车、救护车等应具有更高的优先通行权,而普通私家车则按正常顺序排队通过。智慧道闸可以结合RFID、车牌识别、雷达数据等信息,对车辆进行分类,并根据交通政策或实际需求设定优先级策略。例如,在停车场出口,道闸可以优先开放给月租用户,而临时用户则需要依次通行。在应急情况下,如救护车到来时,系统可自动识别并优先放行,提高应急响应能力。

### 2.3 实践案例分析

某大型购物中心停车场采用多传感器融合智慧道闸,结合摄像头、毫米波雷达和RFID,实现高效通行管理。系统工作流程如下:

摄像头识别进入车辆车牌,并结合 RFID 确认是否为会员用户;

毫米波雷达检测车辆排队情况,动态调整道闸开闭时间;

超声波传感器监测道闸前是否有行人或障碍物,确保安全放行。

该系统部署后,道闸通行效率提升了 30%,停车场出口拥堵情况明显改善,避免了因传感器误判导致的通行延误。

### 3 复杂交通场景下的智能优化

#### 3.1 实时数据分析与反馈机制

智慧道闸在复杂交通环境中,需要结合实时数据分析与反馈机制,实现精准控制。云计算可用于存储和分析长期数据,如高峰时段流量趋势,而边缘计算则负责实时处理本地传感器数据,提高响应速度。例如,在停车场,道闸系统可基于雷达和摄像头数据动态调整开闭时间,以减少车辆滞留。

此外,实时反馈机制有助于优化通行策略。例如,当系统检测到车辆排队时间过长,可自动延长道闸开放时间;若检测到异常停车或行人闯入,则触发警报并暂停道闸下降。这种智能反馈机制提高了系统适应性,使道闸能够灵活调整运行模式,提高通行效率与安全性。

#### 3.2 复杂环境干扰下的鲁棒性优化

恶劣天气、光照变化和信号干扰会影响智慧道闸的稳定性。例如,大雾或雨雪天气可能降低摄像头识别精度,而毫米波雷达在高湿环境下易受干扰。为此,可采用多传感器冗余设计,如在低光环境下增加红外传感器,提高识别准确性。

在高流量区域,如高速公路收费站,RFID 可能出现信号冲突,导致车辆识别错误。为避免误判,可结合车牌识别和 RFID 数据进行交叉验证,确保系统准确识别车辆身份。此外,智慧道闸需具备应急响应能力,如断电时自动切换至备用模式,或在突发情况下暂停道闸下降,以防止安全事故。

#### 3.3 未来发展方向

未来,智慧道闸系统将更加智能化和自适应化,主要发展方向包括:

**V2X 技术集成:** 通过 V2X 通信,车辆可与道闸系统提前交互,使系统在车辆到达前完成身份识别,提高通行效率。

**AI 与强化学习优化控制:** 利用 AI 和强化学习算法,道闸系统可自动调整开闭策略,提高适应性。例如,系统可基于历史数据优化决策,减少人工干预,提高通行流畅度。

**智能边缘计算与协同优化:** 在大型停车场或城市交通枢纽,各道闸可形成分布式网络,共享数据,并基于整体流量情况优化开闭策略,提高系统整体运行效率。

未来,智慧道闸系统将在 AI、传感器融合和智能计算的推动下,实现更高效、安全的交通管理,为智慧城市发展提供有力支持。

### 4 结论

本文探讨了多传感器协同技术在智慧道闸精准控制中的应用,分析了数据融合方法、优化控制策略及复杂交通环境下的智能调度。研究表明,多传感器融合可有效提升道闸系统的识别精度、环境适应性及通行效率。然而,当前智慧道闸仍面临恶劣天气干扰、信号冲突等挑战,未来可结合 V2X 通信、AI 强化学习及边缘计算进一步优化系统性能。随着智能交通的发展,智慧道闸将在城市管理、停车系统及高速通行等领域发挥更大作用,为构建高效、安全的智能交通体系提供重要支撑。

#### 参考文献:

- [1] 李和森,韩桂荣,陈心然,等.智能道闸系统[J].机械设计,2022,39(03):161.
- [2] 王茹茹.智能停车场管理系统的设计与实现[D].内蒙古大学,2017.
- [3] 张伟广.智能道闸技术在民用机场的应用研究[J].中国信息化,2019,(03):78-80.
- [4] 宋祥吉,韩春杰,马著凯.RFID 智能道闸系统在自动化轮胎式起重机堆场中的应用[J].起重运输机械,2020,(05):66-69.
- [5] 涂启纯.直流永磁同步伺服电机精密控制的智能道闸.广东省,深圳市威捷机电技术有限公司,2020-07-24.
- [6] 龚卫宁.谐波传动智能道闸技术研制及应用.江西省,江西百胜智能科技股份有限公司,2021-12-28.
- [7] 胡立峰.数字道闸在停车场管理系统中的应用[J].中国高新科技,2018,(20):73-75.
- [8] 张楠楠,张晓.基于物联网技术的智能停车场系统设计与实现[J].现代电子技术,2020,43(12):38-41.