

智能交通信号控制系统的设计与实现

周松¹ 陈承益²

1. 杭州视算数字技术有限公司; 2. 杭州玖珑光电科技有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i12.10863

[摘要] 随着城市化进程的加速, 道路交通拥堵问题日益突出, 对城市的可持续发展和居民生活质量构成挑战。传统的交通信号控制系统在应对复杂多变的城市交通状况时显得力不从心。本文旨在探讨一种基于人工智能技术的智能交通信号控制系统 (ITS-SCS) 的设计与实现方案, 通过实时数据分析、预测算法及自适应调节机制, 提高道路通行效率, 缓解交通拥堵。

[关键词] 智能交通信号; 控制系统; 设计与实现

Design and Implementation of Intelligent Traffic Signal Control System

Zhou Song¹ Chen Chengyi²

1. Hangzhou ShiSuan Digital Technology Co., Ltd

2. Hangzhou Jiulong Optoelectronics Technology Co., Ltd

[Abstract] With the acceleration of urbanization, road traffic congestion has become increasingly prominent, posing challenges to the sustainable development of cities and the quality of life of residents. Traditional traffic signal control systems are inadequate in dealing with complex and ever-changing urban traffic conditions. This article aims to explore the design and implementation of an intelligent traffic signal control system (ITS-SCS) based on artificial intelligence technology. Through real-time data analysis, predictive algorithms, and adaptive adjustment mechanisms, it improves road traffic efficiency and alleviates traffic congestion.

[Keywords] intelligent traffic signal; Control system; Design and Implementation

引言

传统交通信号控制主要依赖于固定时间间隔或简单的感应器触发, 缺乏对实时交通流量变化的灵活响应能力。智能交通信号控制系统则利用物联网、大数据分析、机器学习等先进技术, 实现对交通流的精细化管理, 有效提升道路使用效率, 减少碳排放, 促进绿色出行。

1 系统架构与关键技术

1.1 系统架构

在智慧城市的大潮下, 智能交通信号控制系统作为缓解城市交通拥堵、提高路网通行效率的关键一环, 正扮演着越来越重要的角色。该系统通常被分为三个核心层次: 数据采集层、数据分析层和决策执行层, 每个层级均承担着不可或缺的功能, 共同编织了一张高效、智能的交通管理网络。数据采集层位于整个系统的基础, 负责从各个角度捕获详尽的交通信息。这一层通过部署广泛的传感设备, 如高清摄像头、红外探测器、超声波传感器以及车载 GPS 系统, 实现了对路面车辆密度、行驶方向、速度乃至行人数量等多维度数据的

连续监测。其中, 摄像头不仅能识别车牌号码, 还可以分析车辆类型和颜色, 提供更为丰富的数据视角; 传感器则侧重于捕捉瞬息万变的路面情况, 如突发事件、施工障碍或是紧急服务车辆的通行; 而车辆 GPS 信息则是连接车辆与交通管理系统之间的桥梁, 帮助实时追踪每辆车上路的具体位置和行驶轨迹。数据采集层的目标是尽可能广泛而深入地了解当前的交通态势, 为后续的数据分析提供充足的信息源。数据分析层是智能交通信号控制系统的核心地带, 它接收来自数据采集层的庞大数据流, 通过一系列先进的数据挖掘技术和算法模型, 提炼出有价值的信息, 预测未来的交通流动态。此阶段, 深度学习、神经网络、聚类分析和时间序列预测等方法被广泛应用, 以揭示数据背后的隐含模式。例如, 深度学习模型可以从历史交通数据中学习到特定时间段内交通流量的变化规律, 进而预测下一时刻的车流密集度; 而神经网络则擅长识别复杂的数据关联性, 能够推断出某一事件 (如大型活动、恶劣天气) 对周边区域交通状况的影响。通过这一系列的技术处理, 数据分析层不仅能够描绘出现在的真实

交通画面,还能够洞察即将发生的交通趋势,为下一步的决策制定奠定科学基础。决策执行层是智能交通信号控制系统的行动中枢,它的任务是将前两层产生的洞见转化为具体的控制策略,以实现交通信号的智能调控。基于数据分析层提供的实时路况预测,决策执行层会动态调整红绿灯的开关时机和持续时间,确保每个路口的通行效率最大化,同时兼顾公平性和安全性。比如,在检测到某个方向的车流激增时,系统可能会相应地延长该方向绿灯的时间,以便更多车辆顺利通过,避免拥堵的发生;而在夜间或者车流稀少的情况下,则会适当缩短绿灯时间,以减少空档期的资源浪费。此外,决策执行层还会考虑到行人的过街需求,确保交通参与者的安全。值得一提的是,智能交通信号控制系统并非孤立存在,它还与公交优先系统、应急车辆通道、公共自行车站点分布等其他交通子系统紧密相连,形成了一个互联互通的智慧交通生态圈。通过这样的系统级联动,不仅可以提升单个路口的通行效率,更能优化整座城市的交通布局,实现真正的“智慧”出行。总而言之,智能交通信号控制系统通过数据采集、分析与决策的三级架构,有效地解决了传统静态信号控制下的诸多弊端,展现了科技改变生活的力量。在未来,随着5G、物联网、无人驾驶等前沿技术的融入,智能交通信号控制系统的潜能将进一步释放,为建设绿色、高效、便捷的城市交通体系贡献力量。

1.2 关键技术

在现代城市化进程中,智能交通信号控制系统作为缓解交通拥堵、提升道路通行效率的重要手段,其核心在于实时数据分析、预测算法与自适应信号控制三项关键技术的融合与应用。这三项技术相互依存,共同构成了智能交通信号控制系统的强大心脏,使其能够在复杂的交通环境中保持敏锐的感知能力和高效的决策机制。实时数据分析是智能交通信号控制系统的基础,它依赖于流式计算框架来处理海量的实时交通数据,包括但不限于车辆GPS定位信息、视频监控记录、传感器检测数据等。这些数据源源不断地涌入系统,犹如城市的血液,携带着关于交通状况的即时信息。流式计算框架如Apache Kafka、Spark Streaming等,具备强大的数据吞吐能力和实时处理能力,能在极短的时间内完成数据清洗、聚合与分析,生成可用于决策的有效信息。通过这种方式,系统能够即时感知交通流量的变化,无论是日常上下班高峰期的车流激增,还是突发交通事故引起的局部拥堵,都能被迅速捕捉,为后续的决策提供有力支撑。预测算法是智能交通信号控制系统中的智囊团,它通过机器学习模型,结合历史数据和外部影响因素(如天气预报),对未来一段时间内的交通流量进行预测。这种前瞻性能力对于预防交通瓶颈、优化信号灯配时具有重要意义。常用的预测模型有ARIMA(自回归积分滑动平均)、LSTM(长短时记忆网络)等,它们能够学习过去交通流量的季节性波动、周期性特征,甚至是突发

事件对交通的影响模式。例如,当系统得知即将到来的周末将有一场大型体育赛事时,便能提前预见到场馆周边区域的车流将大幅增加,进而调整信号灯的周期长度和相位顺序,预留足够的通行时间给参赛人员和观众,避免赛后可能出现的混乱场面。自适应信号控制是智能交通信号控制系统最具创新性和实用价值的部分,它基于实时数据分析与预测算法得出的结果,动态调整信号灯的配时策略,以最大限度地提升道路容量,保障交通流畅。不同于传统的定时信号控制,自适应信号控制能够根据当前交通状况和预期变化,智能地延长或缩短绿灯时间,适时启动黄灯预警,甚至在必要时启用红灯禁行,引导车辆分流至相邻道路。这一过程高度自动化且具有自我学习能力,随着时间的推移,系统能够不断优化自身的判断逻辑,逐渐逼近最优解,最终实现对交通流的精细化管理。综上所述,实时数据分析、预测算法与自适应信号控制是智能交通信号控制系统中相辅相成的三大核心技术。它们携手合作,赋予了交通管理前所未有的灵活性和预见性,为打造高效、安全、绿色的城市交通环境奠定了坚实的基础。随着技术的不断进步和应用场景的扩展,我们有理由相信,未来的智能交通系统将更加聪明,更好地服务于人们的出行需求。

2设计原则与目标

设计智能交通信号控制系统需遵循以下原则:

2.1 安全优先:保障生命与财产的基石

在智能交通系统的构想中,“安全”被置于至高无上的位置。这一原则不仅体现了对人类生命的尊重,也是现代城市规划不可或缺核心理念之一。交通安全问题一直是全球性的挑战,每年因交通事故造成的人员伤亡和经济损失令人触目惊心。因此,在智能交通系统的设计与实施过程中,确保行人和车辆的安全成为首当其冲的目标。为了实现这一目标,智能交通系统采用了先进的技术手段。例如,利用物联网(IoT)设备实时监测路况信息,包括但不限于车流量、天气条件、路面状况等,并通过大数据分析预测潜在的风险点,提前采取预防措施,避免事故的发生。此外,自动驾驶技术和车联网(V2X)的应用,使得车辆能够相互之间以及与基础设施进行通信,共享行驶状态和预警信号,从而大大降低了人为操作失误导致的事故概率。更重要的是,智能交通系统还致力于构建全面的安全管理体系,涵盖法规制定、教育培训、应急响应等多个层面,以全方位保障道路交通参与者的安全。

2.2 效率提升:打造畅行无阻的城市动脉

随着城市化进程的加速,交通拥堵已经成为制约城市发展的一大瓶颈。智能交通系统旨在通过对交通流的精细化管理和优化,显著提高道路的整体通行能力和运营效率,为城市“解堵”。首先,基于人工智能的交通信号控制算法可以根据实时交通数据动态调整红绿灯配时方案,有效平衡各方向

的车流压力,减少等待时间。其次,智能交通管理系统可以通过数据分析预测高峰期的交通热点,提前部署资源,引导车辆合理分流,缓解重点区域的拥堵现象。同时,借助于无人驾驶公交、地铁等高效公共交通工具的发展,智能交通系统还能促进出行方式向更加集约化的方向转变,从根本上解决私家车过度依赖带来的效率低下问题。最后,智能导航服务的普及也极大地便利了驾驶者寻找最优路线,避免了盲目行驶造成的额外延误。

2.3 可持续性: 迈向绿色低碳的未来之路

面对日益严峻的环境危机,智能交通系统将节能减排作为其重要使命之一,致力于推动交通运输行业的绿色转型。传统燃油汽车是空气污染和温室气体排放的主要来源之一,而智能交通系统倡导的电动化、共享化和智能化趋势正逐渐改变这一现状。一方面,通过推广电动汽车和氢能汽车,智能交通系统减少了化石燃料的消耗,显著降低了碳排放量;另一方面,智能充电网络的建设确保了新能源车辆的便捷补能需求,促进了清洁能源的广泛应用。此外,智能交通系统还鼓励发展共享经济模式下的交通工具,如共享单车、共享滑板车及拼车服务,这些举措既满足了公众出行需求,又极大减少了个人拥车率,进一步减轻了环境污染。更为关键的是,智能交通系统通过优化物流配送路径和时间安排,提高了运输效率,降低了空驶率,实现了经济效益与环境保护的双赢局面。

2.4 用户友好: 以人为本的智慧出行新体验

智能交通系统的终极目标在于为人创造更美好的生活。它强调用户体验的优化,努力使每一位道路使用者都能享受到便捷、舒适且充满人性关怀的服务。具体而言,智能交通信息系统可以为驾驶者提供实时路况更新、最佳路线建议以及停车场信息查询等功能,帮助他们做出明智决策,减少旅途中的不确定性和焦虑感。对于步行者和自行车骑行者来说,智能人行道和自行车道的设计,结合智能路灯和指示牌的应用,不仅提升了安全性,还增加了互动趣味性,让出行变成一种愉悦的探索之旅。另外,面向老年人、残疾人等特殊群体的无障碍设施改进,更是体现了社会包容性和人文关怀的重要性。最重要的是,智能交通平台整合各类公共交通工具时刻表,配合无缝换乘指南,极大地方便了乘客规划行程,鼓励更多人选择公共交通出行,共同营造低碳环保的生活方式。

3 案例研究与实证分析

近年来,随着城市化进程的加快,人口密集的大城市中心区面临严重的交通拥堵问题,特别是在早晚高峰时段,车辆和行人交织形成的复杂交通网络给城市管理带来了巨大挑战。为了解决这一难题,不少城市开始积极探索和实践智能交通信号控制系统,试图通过科技的力量优化信号灯的配时策略,提高路口的通行效率。以下将以某大城市中心区的实

例,详细阐述实施智能交通信号控制系统前后的显著成效。在实施智能交通信号控制系统之前,该市中心区的交通管理主要依赖于传统的定时信号控制模式,即按照固定的时间间隔来切换红绿灯的状态。这种静态的方法难以适应瞬息万变的交通需求,尤其是在早晚高峰这样的极端情况下,往往导致大量车辆积压,行人过街困难,严重影响了市民的出行体验和城市的运行效率。为此,相关部门决定引进智能交通信号控制系统,旨在通过实时采集和分析交通流数据,动态调整信号灯的配时方案,以期达到缓解拥堵、提高通行速度的目标。自智能交通信号控制系统上线以来,经过一段时间的运行调试和优化升级,其在提高交通效率方面的成果逐渐显现。据统计,在早晚高峰时段,主要交叉口的平均等待时间相比过去减少了约20%,这意味着原本需要长时间等候红灯的司机和乘客现在可以更快地完成路口穿越,大大节省了宝贵的时间成本。与此同时,道路通行量也有了显著提升,大约增长了15%左右。这一数字直观反映了路口承载力的增强,意味着更多的车辆能够在单位时间内顺利通过,有效缓解了以往由于排队过长而导致的次生拥堵问题。智能交通信号控制系统的卓越表现离不开一系列先进技术和算法的支持。其中,最为核心的是基于人工智能的信号优化算法,它能够综合考量历史数据、实时监控视频以及第三方提供的天气预报等多种信息源,快速计算出最优的信号配比方案。此外,系统还配备了高精度传感器和边缘计算节点,用于捕捉即时的交通流量变化,确保信号调控策略能够迅速响应外界环境的变动。值得一提的是,该系统还充分考虑到了行人和非机动车的需求,特别设计了一套人性化交互界面,允许行人通过手机应用程序预约过马路,进一步增强了交通管理的人性化和精细化程度。

结语

智能交通信号控制系统的研发与应用为解决城市交通拥堵提供了新的思路和技术手段。然而,其全面推广还需克服法律法规、公众接受度以及跨部门协作等方面的挑战。未来的研究应进一步探索如何将智能信号控制系统与其他智慧交通组件如自动驾驶汽车、共享出行平台等无缝对接,构建更加高效、安全、绿色的城市交通生态系统。

参考文献

- [1] 车联网环境下连续信号交叉口协同控制模型[J]. 王庞伟; 冯月; 邓辉; 汪云峰; 王力. 交通信息与安全, 2021 (01)
- [2] 一种基于迭代学习的自适应交通信号控制方法[J]. 郑一辰; 张毅; 胡坚明. 交通运输系统工程与信息, 2010 (06)
- [3] 应用进化策略的城域交叉路口分级模糊控制[J]. 李威武, 王慧, 邹志君, 钱积新. 信息与控制, 2004 (03)