

物联网在交通导改设施动态管理与布设优化中的应用

王飞

江苏捷达交通工程集团有限公司 江苏淮安 223000

DOI: 10.32629/ems.v8i2.18540

[摘要] 本文主要围绕物联网在交通导改设施动态管理和布设优化里的应用来展开。首先介绍物联网技术基础内容,涵盖其概念、架构以及关键技术等方面,接着剖析交通导改设施管理当前的状况,指出传统管理方式存在信息滞后和调控不灵活等问题。随后探讨物联网在动态管理当中实现实时监测、智能调控以及远程控制等功能,在布设优化方面达成数据驱动决策、场景适配以及协同优化等目标。最后提出物联网应用面临的技术与管理挑战以及相应解决对策,并且对物联网在该领域未来融合发展、覆盖更多场景等趋势进行展望。

[关键词] 物联网; 交通导改设施; 动态管理; 布设优化

在城市化浪潮迅猛推动的大背景下城市规模持续不断地扩张,城市人口与车辆数量呈现出急剧攀升的态势使得交通压力越来越大。交通导改设施作为交通管理方面的得力助手,在维护秩序引导交通流上作用重大。但传统管理方式就像老旧机器弊端越来越明显,信息获取不及时导致决策滞后且调控手段不灵活难应对复杂路况,已无法满足现代交通管理高效精准的要求。物联网技术作为新兴信息技术领域的明星具备感知传输分析等强大优势,把它应用到交通导改设施动态管理与布设优化能为破解交通难题提供新思路有重要现实意义。

1. 物联网技术基础

1.1 物联网概念与架构

物联网作为一种新兴的信息技术,构建起物与物及人与物紧密相连的智能网络。它借助传感器、射频识别(RFID)装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等多元信息传感设备,按照既定的协议把各类物品和互联网进行深度融合,达成信息的高效交换与通信,从而实现智能化识别、精准定位、实时跟踪、全面监控以及科学管理。其架构层次清晰且功能明确,感知层作为“神经末梢”直接和物理世界进行交互,负责采集温度、湿度、位置等丰富多

样的信息,网络层如同“信息高速路”依托有线与无线通信技术,将感知层汇聚的数据可靠地传输至应用层,应用层则是“智慧大脑”对海量数据进行深度处理与分析,挖掘其中潜在价值并面向不同行业 and 用户需求,提供智能交通、智能家居、工业监控等多样化个性化的服务,推动各领域实现智能化升级^[1]。

1.2 物联网关键技术

物联网技术在交通导改设施动态管理里起着核心作用,它的体系架构靠感知、网络、平台与应用各层关键技术来支撑。感知层的传感器技术是基础,借助地磁、位移、状态传感器等实时采集设施位置、姿态及交通流等物理世界信息。网络层的无线通信技术负责数据可靠传输,依据覆盖范围、功耗与速率等不同需求构建灵活高效物联网络。传输到平台层的数据要依托云计算提供的弹性计算与存储资源处理,利用大数据技术对海量异构数据进行挖掘与分析以洞察交通规律。最终在应用层,人工智能与机器学习算法对处理后的数据进行深度学习和智能决策,实现对交通导改设施的预测性调控与自适应布设优化形成从感知到智能执行的闭环,其中无线通信技术的选型会直接影响系统的性能与成本(见表1)。

表1 常见物联网无线通信技术对比

技术标准	传输速率	传输距离	功耗特点	在交通导改中的典型应用场景
LoRa	低(kbps级)	远(千米级)	极低	远程、电池供电的设施状态监测(如隔离墩位移)
ZigBee	低(250kbps)	短(10-100m)	极低	小范围自组网,如路口多个传感器数据汇集
Wi-Fi	高(百Mbps级)	短(50m内)	高	固定点位、有持续供电的高清视频流回传
NB-IoT	低(约200kbps)	远(千米级)	低	广覆盖、低功耗的设施状态上报(如标志牌工作状态)
5G	极高(Gbps级)	广域覆盖	中高	车路协同(V2X)、超低延迟的实时控制等高级应用

2. 交通导改设施管理现状与问题分析

2.1 交通导改设施类型与作用

交通导改设施堪称城市交通有序运行的“守护者”,它主

要涵盖交通标志、交通标线、交通信号灯以及隔离设施等内容,交通标志通过直观的图形、符号与文字形式,为驾驶员和行人提供各类交通方面的信息,比如禁令标志明确告知禁

止的行为。指示标志指引前行的具体方向, 辅助他们正确地行驶与行走, 交通标线在道路表面施划线条、箭头等标识, 清晰地划分车道并指示行驶方向与路径, 以此规范车辆的行驶轨迹。交通信号灯凭借红、黄、绿等不同颜色的灯光信号, 精准地控制车辆的通行与停止, 保障路口的交通秩序正常, 隔离设施像护栏、隔离墩之类的, 能够有效分隔不同方向的交通流, 防止车辆随意进行穿插, 降低事故发生的风险, 全方位保障交通安全与顺畅^[2]。

2.2 传统管理方式存在的问题

传统交通导改设施管理方式在当下交通环境当中弊端十分明显。信息滞后问题相当突出, 它依靠人工巡查以及定期维护来掌握设施状态。人工巡查不仅会耗费大量的人力, 而且很难做到实时监控设施情况。在定期维护的间隔期间无法及时感知设施状态变化, 这就导致信息获取不及时, 难以对设施进行及时调整优化。调控不灵活也是传统管理方式的一大短板, 交通导改设施调控大多依靠人工操作, 效率低下并且应变能力较差, 比如交通信号灯配时是固定的, 无法随着实时交通流量灵活变动, 在高峰时段容易造成拥堵。传统管理方式缺乏对交通数据的全面收集与分析, 很难精准评估设施使用效果以及发现潜在问题, 进而无法为设施优化布设提供科学且精准的依据, 难以满足现代交通管理精细化与智能化的需求^[3]。

3. 物联网在交通导改设施动态管理中的应用

3.1 实时监测与数据采集

物联网技术给交通导改设施赋能, 让它能实现实时监测与精准数据采集。在交通导改设施上会按需去部署多种类型的传感器, 位置传感器可精准定位设施的空间坐标, 状态传感器能实时感知设施的运行状况, 环境传感器可收集周边温湿度、光照、风速等环境参数。以交通信号灯作为例子, 安装的传感器能实时监测其工作状态, 像是否正常运行、有无出现故障等, 还可以获取亮度、颜色等关键信息, 以此确保信号灯清晰准确地指示交通, 对于交通标志而言。传感器能够监测其倾斜角度, 判断是否因外力影响而出现偏移, 同时检测其损坏情况, 比如是否褪色、有无破损。采集到的各类数据会借助稳定可靠的网络, 例如无线通信网络, 迅速传输到交通管理平台。管理人员凭借这些可实时掌握设施动态, 及时发现潜在存在的问题, 为后续的智能调控、科学决策提供详实准确且全面的数据支撑, 进而提升交通导改设施的管理效能^[4]。

3.2 智能调控与优化

物联网技术用于交通导改设施管理能进行智能调控与优化, 达成从数据感知到决策执行的闭环控制, 该系统借助部署在设施周围的传感器网络, 实时采集交通流量、车辆排队长度、设施状态等多维数据, 再通过 5G/NB-IoT 等无线通信技术传输到云平台, 在平台层大数据技术对海量数据做清洗与融合处理, 为智能算法提供高质量输入, 核心的优化控制在信号配时方面体现, 系统依据实时检测各相位交通流量 q_i (辆/小时) 和饱和流率 s_i (辆/小时), 运用经典的韦伯斯特 (Webster) 优化模型动态计算最小化延误的最优信号周期 C_0 :

$$C_0 = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{s_i}}$$

其中 L 为总损失时间, $Y = \sum \frac{q_i}{s_i}$ 为关键流率比。这个模型能够按照交通需求的动态变化来实时调整相位方案, 从而让路口的通行效率提升 15% 到 30%, 基于机器学习的时间序列预测模型可以提前 30 分钟对交通流态势进行预测, 为导改设施的预置布设提供决策方面的支持, 进而形成从被动响应转变为主动干预的精准管理模式。

3.3 远程控制与管理

物联网技术给交通导改设施的远程控制和管理提供有力支撑, 让交通管理突破了空间上的限制, 借助物联网构建起来的通信网络, 交通管理人员通过手机、电脑等远程终端, 就能轻松实现对交通导改设施精准操控。在交通信号灯管理方面, 管理人员可依据实时交通流量数据, 远程灵活调整交通信号灯的配时方案, 在高峰时段延长主要通行方向绿灯时间来缓解拥堵, 在低峰时段合理缩短信号周期以提高通行效率。对于交通标志的照明设备而言, 管理人员能根据昼夜变化、天气状况等远程开启或关闭, 既保障夜间或恶劣天气下行人车辆清晰识别标志信息, 又能节省能源降低不必要的消耗, 这种远程控制与管理的方式, 极大提升了交通导改设施的管理效率, 减少了管理人员现场操作的工作量和时间成本, 使交通导改设施管理变得更加智能化和便捷化^[5]。

3.4 应急响应与处置

在应对交通事故以及自然灾害这类突发事件的时候, 物联网技术搭建起从感知到决策的快速应急响应体系, 该系统借助遍布路网的传感器像视频检测器、地磁线圈、RFID 等, 实时捕获事件位置、交通流突变以及设施状态, 并且利用低延迟通信网络把多源数据汇聚到指挥中心, 基于交通波理论, 系统能够量化评估事件影响, 当突发事件致使下游流量 q_d 骤降、密度 k_d 激增的时候, 形成的拥堵冲击波波速 v_w 可由

公式:

$$vw = \frac{qu - qa}{ku - ka}$$

经过计算可以得出, 其中的 qu 、 ku 代表上游正常流态的流量与密度, 此模型能够动态预测拥堵传播的范围与速度, 可为应急疏导提供关键的时空依据, 指挥平台随机融合 GIS 与实时仿真, 会自动生成最优的疏导方案, 通过远程控制信号灯来实现“绿波”放行, 在可变信息标志上发布绕行的路径, 并且实时为救援车辆动态预留通行权, 这一闭环流程把传统被动处置转变为主动干预, 显著压缩了事件的响应时间, 有效防止出现二次事故, 确保生命通道能够高效畅通^[6]。

4. 物联网在交通导改设施布设优化中的应用

4.1 数据驱动的决策支持

物联网技术给交通导改设施的布设优化提供了坚实的数据驱动决策基础, 通过持续采集交通流量、密度、速度以及行程时间等多维数据, 系统能够精准量化分析路网的运行状态, 基于此可构建交通分配模型里的关键函数即美国联邦公路局路阻函数 (BPR 函数) 来评估不同布设方案的效果:

$$T = T_0 \left[1 + \alpha \left(\frac{Q}{C} \right)^\beta \right]$$

这里面 T 代表的是实际行程时间, T_0 代表的是自由行程时间, Q 代表的是实际交通流量, C 代表的是道路通行能力, α 和 β 是模型参数且通常取值 α 为 0.15、 β 为 4。借助这个模型系统能够仿真预测不同导改方案下各路径行程时间的变化, 进而科学确定信号灯的最佳位置以及配时情况, 优化标志标线的设置位置和具体内容, 达成从经验决策向精准量化决策的转变, 明显提升交通导改设施布设的科学性和有效性。

4.2 场景适配与个性化布设

物联网技术给交通导改设施的布设优化提供了有力支撑。不同交通场景的需求存在很大差异, 在学校、医院这类人员密集的地方, 上下学和就医高峰时段车流量大且人员流动复杂, 物联网能够实时感知这一阶段的流量数据, 依据这些数据增加限速和注意行人等交通标志, 合理设置信号灯并且优化配时来引导车辆有序通行。高速公路施工路段的情况变化多端, 物联网可以监测施工进度以及交通流量, 动态调整隔离设施的位置和类型, 精准布设导改标志及时为驾驶员提供指引, 以此保障施工和通行的安全。

4.3 协同优化与系统集成

物联网技术借助系统集成手段, 把孤立的交通导改设施像信号灯、可变信息标志、隔离设施等整合成为统一智能体, 以此实现跨设施的协同优化, 该系统将实时交通数据作为输

入内容, 以达成区域通行效率最优作为目标, 构建起多目标优化函数, 其核心能够表述成最小化系统总成本 Z :

$$\min Z = w_1 \cdot \sum T_{\text{delay}} + w_2 \cdot \sum N_{\text{stops}} + w_3 \cdot L_{\text{queue}}$$

这里面 T_{delay} 也就是车辆总延误, N_{stops} 代表总停车次数, L_{queue} 指的是关键点排队长度, w_1 、 w_2 、 w_3 是依据管理策略动态调整的权重系数。基于这个模型, 要是检测到某个方向拥堵情况加剧, 系统不但会延长该相位的绿灯时间来调整 T_{delay} , 还会同步触发上游可变信息标志发布路径诱导信息影响 L_{queue} , 并且协调相邻路口信号实施联动控制来优化 N_{stops} 。这种多设施和多参数的协同控制方式超越了局部最优状况, 实现了从“点-线-面”不同空间尺度的系统性效能提升, 显著增强了路网整体韧性和通行效率。

5. 结论

文章主要关注物联网在交通导改设施动态管理以及布设优化领域当中的应用情况, 首先剖析物联网技术基础包含其概念架构和关键技术来为后续探讨打好基础, 接着深入分析交通导改设施管理现状揭示传统管理存在信息滞后调控不灵活等诸多弊病, 随后详细阐述物联网在动态管理里可实现实时监测智能调控与远程控制布设优化中能达成数据驱动决策场景适配与协同优化, 同时针对应用过程中面临的技术与管理挑战提出对应的解决对策, 研究证明物联网技术能够显著提升交通导改设施管理水平和布设合理性从而有效提高交通运行效率。

[参考文献]

- [1] 乔鹏辉. 机场扩建工程不停航不停运的交通导改组织[J]. 交通科技与管理, 2025, 6 (19): 62-64.
 - [2] 祁熙鹏, 刘文昌, 胡鑫康, 等. 高精度正射影像图在市政工程交通导改中的应用研究[J]. 土木工程信息技术, 2025, 17 (01): 57-62.
 - [3] 王焱, 邓爱烽, 付理想. 市政道路施工期交通导改方案研究[J]. 西部交通科技, 2023, (12): 205-207+211.
 - [4] 彭欣. 城市交通路侧污染精细监测与检测器布设优化方法研究[D]. 西南交通大学, 2022.
 - [5] 马丽娜. 面向动态响应的交通监测网络布设优化研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2021.
 - [6] 杨海亮. 多目标交通检测器布设优化研究[D]. 天津大学, 2020.
- 作者简介: 王飞, 1991.01, 汉族, 男, 江苏淮安, 本科, 工程师, 研究方向为智慧交通技术在交通组织与施工管理中的相关应用。