

基于物联网技术的智慧交通信息采集系统研究

尹明莹

云南省公路路政管理总队（云南省综合交通发展中心），中国·云南 昆明 650216

摘要：随着城市化进程的加速和机动车保有量的持续增长，交通拥堵、事故频发、环境污染等问题日益突出，传统交通管理方式已难以满足现代城市发展的需求，物联网技术的快速发展为智慧交通系统的构建提供了新的技术支撑，通过实时、精准的信息采集与分析，有望实现交通资源的优化配置和高效管理，本文主要分析了基于物联网技术的智慧交通信息采集系统研究。

关键词：物联网技术；智慧交通；信息采集系统

Research on Smart Traffic Information Collection System Based on Internet of Things Technology

Yin Mingying

Yunnan Provincial Highway Administration (Yunnan Provincial Comprehensive Transportation Development Center), China
Yunnan Kunming 650216

Abstract: With the acceleration of urbanization and the continuous growth of motor vehicle ownership, problems such as traffic congestion, frequent accidents, and environmental pollution have become increasingly prominent. Traditional traffic management methods are no longer sufficient to meet the demands of modern urban development. The rapid development of Internet of Things (IoT) technology provides new technical support for the construction of intelligent transportation systems. Through real-time and precise information collection and analysis, it is expected to achieve the optimal allocation and efficient management of transportation resources. This paper mainly analyzes the research on the intelligent transportation information collection system based on IoT technology.

Keywords: Internet of Things technology; Intelligent transportation; Information collection system

0 引言

物联网技术在智能交通领域的应用已成为研究热点，随着 5G 通信、边缘计算和人工智能等技术的成熟，交通信息采集的实时性、准确性和覆盖范围得到了显著提升，当前交通信息采集系统仍面临数据异构性高、传输延迟大、设备能耗高等挑战，制约了智慧交通的进一步发展，现有系统多侧重于单一功能，缺乏对多源数据的深度融合与协同处理能力，构建基于物联网技术的智慧交通信息采集系统，实现交通数据的全面感知、高效传输与智能分析，具有重要的理论意义和应用价值。

1 推动智慧交通信息采集系统研究的现实需求

1.1 浮动车数据覆盖盲区导致的交通状态误判

由于浮动车分布不均、采样率波动及路网覆盖不完整等因素，数据盲区的存在可能导致交通状态误判，影响交通管理的精准性，在低渗透率条件下，浮动车数据的空间覆盖率可能不足，尤其是在城市边缘区域、低等级道路及

非高峰时段，车辆轨迹稀疏，导致交通流参数（如平均速度、拥堵指数）的估计偏差增大，在交通流密度低于 15 辆/公里时，浮动车数据的代表性显著下降，可能误判自由流为拥堵状态，或低估实际拥堵程度。浮动车数据的时空分辨率受采样间隔影响，若采样频率低于 30 秒，短时交通波动（如突发拥堵或事故）可能被遗漏，由于浮动车主要依赖 GPS 定位，在隧道、高架桥等信号遮蔽区域，定位误差可达 50 米以上，进一步加剧数据缺失问题，这些因素共同导致交通状态模型的输入数据存在不确定性，进而影响短时交通预测和动态路径诱导的可靠性。

1.2 特种车辆优先通行缺乏实时路权分配依据

特种车辆如消防车、救护车的通行效率受路网实时交通状态影响显著，当交通流密度超过每车道 25 辆时，传统静态优先信号控制方案的延误可能增加至 60 秒以上，严重影响应急响应时效，现有交通信号优先系统多基于固定路线预设或简单优先级规则，未能充分融合实时交通流参数，包括路段饱和度、排队长度和交叉口转向比例等动态数据，

导致路权分配与实际交通需求脱节，在城市主干道高峰时段，单向交通流量达到 1800 辆每小时的情况下，缺乏实时自适应调整能力的优先通行机制可能引发次级拥堵，反而降低整体路网通行效率^[1]。特种车辆行驶路径的动态变化与交通流时空波动之间存在耦合效应，若仅依赖历史平均数据进行决策，可能因交通状态突变而产生 5 至 8 分钟的预估误差，不同等级特种车辆的通行权冲突缺乏量化评估标准，如两辆优先级相近的应急车辆同时接近同一交叉口时，现有系统难以基于实时路况进行最优权值计算。

1.3 交通管控决策与实时流量匹配度不足困境

传统交通管控系统主要依赖历史流量数据和固定周期信号配时方案，难以适应动态变化的交通需求，当实际交通流偏离预测值超过 15% 时，信号控制方案的适应性显著下降，城市主干道在早晚高峰期间，交通流呈现明显的时空异质性，单个交叉口的排队长度可能在 5 分钟内从 50 米骤增至 150 米，而基于静态模型的管控决策往往存在 3 到 5 个信号周期的响应滞后，种滞后导致绿灯时间浪费与红灯过度排队并存的现象，单个周期内通行能力损失可达标准容量的 20%^[2]。区域协调控制方面，由于缺乏对交通流传播速度和车队离散系数的实时监测，子区划分与信号协调方案常与实际交通态势脱节，在流量突变时段可能引发连锁性拥堵，微观层面，车辆跟驰行为和换道频率的动态特征未被充分纳入决策模型，致使可变车道控制、潮汐车道调节等措施与实时交通需求匹配度不足，宏观层面，路网级管控策略受限于数据更新频率，当关键路段行程时间在 10 分钟内波动超过 30 秒时，既有的路径诱导方案可能加剧路网负载不均衡。

2 物联网技术突破交通信息采集关键瓶颈

2.1 部署激光雷达实现高精度车型分类统计

基于 905 纳米或 1550 纳米波长的脉冲激光测距原理，激光雷达可在 200 米范围内实现厘米级测距精度，配合每秒超过 30 万点的点云采样率，能够精确捕捉车辆轮廓特征，运用多线激光雷达的垂直角分辨率配置，系统可获取车辆高度剖面信息，结合深度学习算法对点云数据进行体素化处理和特征提取，实现客车、货车、特种车辆等 12 类标准车型的实时分类，在能见度大于 500 米的道路环境下，激光雷达对车辆长度测量的绝对误差不超过 0.15 米，宽度测量误差控制在 0.08 米以内，满足交通管理部门对车辆外廓尺寸的执法检测需求。结合时间序列分析连续帧点云数据，系统可准确识别车辆运动轨迹，计算瞬时速度的误差范围在正负 0.3 米每秒，相较于传统视频检测技术，激

光雷达不受光照条件影响，在夜间或逆光环境下仍能保持 95% 以上的分类准确率，多雷达组网协同工作时，通过点云配准和坐标归一化处理，可实现双向八车道场景下每分钟 600 辆车的全息感知能力，为交通流量统计、载具类型分析和轴重预估提供高可信度数据源。

2.2 应用车载 OBU 设备获取个体出行链数据

在典型城市路网环境中，OBU 定位精度可达亚米级，配合惯性导航补偿，在隧道等信号遮蔽区域仍能保持 3 秒内的航位推算准确性，系统通过加密哈希算法处理车辆唯一标识符，在保障隐私前提下建立包含出发地、途经节点、目的地等要素的完整出行链。单个 OBU 设备每日可生成约 5MB 的原始数据，涵盖 200 次以上的加速 / 减速事件记录，为微观驾驶行为分析提供数据基础，路侧单元以 500 米间隔部署时，可实现 90% 以上的行程数据完整率，通过卡尔曼滤波算法对缺失数据进行修复后，出行链时空连续性显著提升。

表1 OBU采集数据参数

数据类别	采集频率	精度指标	典型应用场景
经纬度坐标	1Hz	水平误差<1.2m	路径重构
瞬时速度	1Hz	误差<0.5m/s	急加速/减速行为识别
航向角	1Hz	误差<3度	转向行为分析
加速度	10Hz	误差<0.1m/s ²	驾驶风格分类
刹车状态	事件触发	响应延迟<50ms	安全预警
油耗数据	0.2Hz	误差<1.5%	环保驾驶评估

OBU 设备采集的个体出行链数据具有时空连续性高、参数维度丰富等特点，经纬度坐标与瞬时速度的组合可精确还原车辆微观行驶轨迹，航向角数据为转向意图识别提供关键依据，加速度的高频采样特性使得系统能捕捉到急加速等瞬时驾驶行为，而事件触发式记录的刹车状态则显著提升安全分析的时效性，不同参数间存在强关联性，如加速度与油耗数据的协同分析可评估驾驶行为的经济性。

2.3 建立路侧单元 (RSU) 与车载终端通信网络

RSU 在 5.9GHz 专用短程通信频段可实现 300 米范围内毫秒级延迟的数据传输，满足车辆在时速 120 公里状态下的通信需求，单个 RSU 设备支持每秒处理超过 2000 条 BSM 基本安全消息，消息更新频率达到 10Hz，确保车辆位置、速度、加速度等动态参数的实时同步，结合部署在交叉口、匝道等关键节点的 RSU 阵列，系统可建立连续

通信覆盖区，在典型城市道路环境下实现 95% 以上的消息送达率^[3]。RSU 采用多模通信架构，同时支持 LTE-V2X 和 NR-V2X 协议，上行链路峰值速率达到 100Mbps，可承载高精度地图差分数据、信号灯相位等海量交通信息，网络采用基于 PKI 的数字证书认证机制，确保每台车载 OBU 设备发送的 200 字节基本安全消息均经过加密签名，防止数据篡改和伪造攻击。

3 智慧采集系统的工程实施路径

3.1 制定不同等级道路的检测设备选型标准

在北京市五环内主干道智能化改造项目中，针对城市快速路、主干道和次干道三类不同等级道路制定了差异化的检测设备选型标准，城市快速路如北四环中路采用多线激光雷达与高清视频复合检测方案，每 500 米布设一台 32 线激光雷达，配合 2000 万像素的交通监控摄像机，实现对 120 公里时速车流的全息感知，主干道如长安街沿线部署微波雷达与地磁组合设备，采用双模检测技术确保在复杂天气条件下的稳定运行，单个交叉口配置 8 个检测断面，次干道如学院路则主要使用低成本的地磁检测器，以 15 米间距布设，配合移动式视频巡检车进行数据校准，设备选型严格遵循《道路交通信号控制机》国家标准，快速路设备需满足 IP68 防护等级和 -30℃至 70℃的工作温度范围，主干道设备 MTBF 不低于 5 万小时，次干道设备则重点考虑安装便捷性和维护成本。

深圳市在滨海大道智慧化建设中创新性地采用了分级分阶段的设备部署策略，一期工程在中心城区段部署了 48 台智能边缘计算摄像头，集成车牌识别、车型分类等 17 种 AI 算法，单台设备处理能力达 16TOPS，二期工程在延伸段测试了新型雷视一体机，将检测精度提升至厘米级，并实现事故自动检测响应时间缩短至 3 秒，针对深圳多台风的气候特点，所有露天设备均通过抗风等级 12 级测试，关键部件采用 316 不锈钢材质^[4]。在南京江东中路改造中，根据公交专用道特性专门增加了车载 OBU 与路侧设备的通信测试，确保优先信号控制的 95% 以上可靠触发率，杭州文一路隧道群项目则首创了隧道内分布式光纤振动检测技术，结合 50 米间隔的温度传感器，构建了全天候的异常事件监测网络。

3.2 实施检测数据质量动态标定与补偿技术

建立多源数据融合校验机制，采用卡尔曼滤波和神经网络算法对原始采集数据进行实时校正，以广州市黄埔大道智能改造项目为例，项目团队开发了基于边缘计算的动态标定系统，在关键路段部署基准校验设备组，构建了数

据质量评估体系，系统每 5 分钟自动执行一次设备间交叉验证，当发现数据偏差超过阈值时立即触发补偿算法。

表2 多源数据融合校验机制参数

参数类型	采样频率	允许误差范围	标定周期	补偿算法
车流量	1Hz	± 3辆/分钟	15分钟	加权平均
车速	5Hz	± 0.8m/s	10分钟	卡尔曼滤波
车型	0.2Hz	分类准确率	30分钟	卷积神经网络
排队长度	2Hz	± 1.5m	5分钟	粒子滤波
占有率	1Hz	± 2%	20分钟	滑动窗口

杭州市在文一路隧道群项目中创新应用了光纤振动数据与视频检测的协同标定技术，项目组在隧道顶部每 50 米安装一组基准振动传感器，这些设备采集的数据与视频检测结果进行实时比对，当振动数据检测到车辆通过但视频未识别时，系统自动标记该区域进行设备检查。在深圳滨海大道项目中，采用移动检测车定期巡检定标，每天早晚高峰各执行一次全线设备精度验证，移动检测车配备双频 GPS 和惯性导航系统，定位精度达到厘米级，可作为路侧固定设备的基准参照，系统通过时间序列分析建立各检测器的误差特征模型，实现个性化的补偿参数配置。

3.3 构建交通状态分级预警的阈值判定体系

在上海市延安高架路智慧化改造工程中，项目团队建立了基于多维度参数的交通状态四级预警体系，将交通状态划分为畅通、缓行、拥堵和严重拥堵四个等级，每个等级设置差异化的判定阈值，针对主线道路，畅通状态定义为平均车速高于 60 公里 / 小时且流量低于 1500 辆 / 小时 / 车道；缓行状态触发阈值为车速降至 40-60 公里 / 小时或流量达到 1800 辆 / 小时 / 车道；拥堵状态判定标准为车速低于 30 公里 / 小时且排队长度超过 500 米；严重拥堵状态则需满足车速小于 15 公里 / 小时且持续时间超过 15 分钟^[5]。系统实时采集线圈检测器、视频和浮动车数据，每 30 秒计算一次全线路况指数，当三个独立数据源的判定结果出现差异时，采用基于置信度的加权决策算法进行状态确认，为应对突发情况，在外滩隧道段额外设置了事故敏感参数，包括 5 分钟内速度骤降 20 公里 / 小时或流量突减 30% 等异常检测指标。

深圳市在深南大道交通预警系统建设中创新性地引入

了时空耦合分析模型,系统不仅考虑单点参数,还分析上下游 300 米范围内的交通波传播特性,早高峰时段,当检测到红岭路口至华强路口方向车速连续 3 个周期下降超过 5 公里/小时,且排队车辆数每分钟增加 8 辆以上时,即触发区域级缓行预警,针对特殊天气条件,在滨海大道段集成了能见度检测器和路面湿度传感器,当能见度低于 200 米或湿滑系数超过 0.4 时,自动调整预警阈值 20%,系统还与 122 接处警平台对接,在南海大道等事故多发路段,当检测到异常停车超过 90 秒或 5 辆车以上连续急刹时,直接推送三级预警至交警指挥中心。

4 结语

本研究围绕物联网技术在智慧交通信息采集系统中的应用展开,探讨了其关键技术、架构设计及潜在价值,基于物联网的交通信息采集系统能够显著提升交通数据的实时性和准确性,为城市交通管理提供智能化支持,随着技术的不断进步和应用场景的拓展,该系统有望在缓解交通拥堵、降低事故率、优化出行体验等方面发挥更大作用,

仍需在数据安全、系统兼容性及能耗优化等方面进一步探索,以推动智慧交通系统的可持续发展。

参考文献:

- [1] 刘军. 基于物联网技术的智慧交通信息采集系统设计 [J]. 汽车与安全, 2025,(05):71-74.
- [2] 任青青, 徐金超, 吴国防. 物联网技术在智慧交通工程中的应用研究 [J]. 中国宽带, 2025,21(05):112-114.
- [3] 宁强. 大数据时代下物联网技术在智慧城市中的运用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025,(04):34-36.
- [4] 苗晨钟. “物联网 + 智慧交通”在交通运输行业治理中的应用研究 [J]. 运输经理世界, 2024,(34):64-66.
- [5] 朱丽敏, 郭凌, 洪海南. 物联网技术在智慧交通信息采集系统中的应用 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2023, 35 (18): 148-151.

作者简介:尹明莹(1987-),女,汉族,云南马龙人,研究生学历,副高职称,研究方向:智慧交通。