

数字道路全息业务应用探讨

Discussion on Application of Digital Road Holography Business

许幸荣^{1,2}, 刘琪¹, 梁鹏¹, 王题¹, 郑志扬¹, 曾传鑫¹, 宋蒙¹ (1. 中国联通智能城市研究院, 北京 100048; 2. 重庆大学能源与动力工程学院, 重庆 400044)

Xu Xingrong^{1,2}, Liu Qi¹, Liang Peng¹, Wang Ti¹, Zheng Zhiyang¹, Zeng Chuanxin¹, Song Meng¹ (1. China Unicom Smart City Research Institute, Beijing 100048, China; 2. School of Energy and Power Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

摘要:

数字道路全息应用系统的建设已成为智慧城市建设及长效运营的重要一环, 首先分析了数字道路的发展现状, 并从3个角度分析了数字道路全息应用的关键能力, 进而提出了数字道路全息业务应用的整体解决方案, 最后针对数字道路全息业务应用的长效发展, 给出了发展的策略和建议。

关键词:

数字道路; 融合感知; 数字孪生; 智能交通

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2024.10.017

文章编号: 1007-3043(2024)10-0088-05

中图分类号: TP391

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

The construction of digital road holographic application system has become an important part in the construction and long-term operation of smart cities. It first analyzes the current development status of digital roads, analyzes the key capabilities of digital road holographic applications from three perspectives, and proposes an overall solution for digital road holographic business applications. Finally, from the long-term development of digital road holographic business applications, development strategies and suggestions are given.

Keywords:

Digital road; Fusion perception; Digital twin; Smart transportation

引用格式: 许幸荣, 刘琪, 梁鹏, 等. 数字道路全息业务应用探讨[J]. 邮电设计技术, 2024(10): 88-92.

0 引言

智慧城市是数字中国建设的重要载体, 新一代信息技术的快速发展正加速推进数字道路成为智慧城市的神经系统, 为城市高效运转提供可靠保障。随着我国交通基础设施建设的逐步完善和汽车保有量的迅速增加, 我国智慧交通的发展重心已经逐渐由建设转向如何高效安全地运营管理已有的庞大路网。如

何基于5G、人工智能、数字孪生、大数据等新兴技术实现协同, 构建全域路况感知、人-车-路-环境协同、高效管理决策的数字道路全息应用系统, 是当下构建新型智慧城市、提高交通运行效率的重要任务。

1 发展现状

自2018年在北京、浙江、广东等9个省市开展新一代国家交通控制网和智慧公路试点示范以来, 我国高度重视并加快推进数字道路的建设与发展。近年来, 国家密集出台一系列加快推进数字化和新基建的政策。2021年, 国务院印发的《国家综合立体交通网规划纲要》^[1]提出, 到2035年, 我国交通基础设施的数

基金项目: 国家重点研发计划(2020YFB2104203, 2020YFB2104205)

收稿日期: 2024-09-18

字化率要达到90%。同年,交通运输部制定的《交通运输领域新型基础设施建设行动方案(2021—2025年)》^[2]指出,要提升公路智能化管理水平,推动公路感知网络与公路基础设施建设养护工程同步规划、同步实施,提升公路基础设施全要素、全周期数字化水平。此外,《数字交通“十四五”发展规划》^[3]提出,要部署北斗、5G等信息基础设施应用网络,构建基于北斗、5G的应用场景和产业生态,在交通运输领域开展创新示范应用,助力新一代信息技术产业应用。未来,智能交通市场将更加成熟,应用也将更加广泛,综合宏观规划和交通运输行业细分市场的发展状况,预计到2026年我国智能交通市场规模将突破4 000亿元人民币^[4]。因此,当前智慧交通的发展重点是通过交通基础设施的数字化管理手段,进一步提升通行效率和保障运输安全。基于新型交通基础设施的全息管理将成为数字交通的主要发展方向。

2 关键能力

我国城市交通路网越来越密集,交通主体种类繁多,驾驶环境日渐复杂,城市交通拥堵、交通事故等问题也日益突出,对出行安全与效率提出了更高的要求,现有的数字道路解决方案大都基于单一传感器,以视觉感知为主,很容易受天气、光照条件影响,导致应用场景相对局限。另外城市道路交通流量较大,拥堵路段车辆遮挡严重,同型号车辆全局特征高度相似,导致目标识别尤其是小尺度目标识别准确率低,因此当前交通管理决策大多靠经验决策,这种模式已经难以满足城市快速发展和高效运营的需要。从当前交通管理业务应用需求来看,最核心的需求包括以下6个方面:交通运行态势(例如车流速度、排队长度、排队时间、空间占有率、时间占有率等)、交通主体类型(例如车牌号、车型、颜色等)、交通参与者数据(主体类型、位置、速度等)、违章违法行为(例如行为类型、时间、地点等)、交通事件(拥堵、停车、路障、施工、交通事故、抛洒物、压线、逆行等)、道路环境信息(路面积水、路面结冰、风速、能见度、温湿度等)^[5]。

整体来看,数字道路全息业务应用是利用雷达+摄像机等各种感知设备,融合多传感器融合感知、高精度定位、边缘计算等技术,实现数据道路全息信息采集及汇聚,并构建数字道路的全息业务应用能力,比如道路基础设施监管、道路环境监测、交通目标识别跟踪、交通事件识别预警、交通态势监测等,支撑城

市交通高精度决策。

2.1 基于多传感器的全息感知

现有交通路网信息采集能力偏弱,主要依赖于地磁、线圈、断面雷达及电警感知设备,感知范围有限,感知信息不全,甚至需要投入巨大的人力进行人工采集。而感知系统仅服务于特定业务,导致数据分裂、利用率低、可挖掘分析价值低。基于多传感器的全息感知能力是数字道路全息业务应用系统的基础能力,通过采用高精度多传感器,包括综合使用摄像头、毫米波雷达,甚至是激光雷达等高精度传感器设施,配合高精度地图和高精度定位技术,来实现全时、全域、全量、精准的全方位数据感知。各种全息感知方案能力对比如表1所示。

表1 全息感知方案能力对比

项目	毫米波雷达+视频	激光雷达+视频	激光雷达+视频+毫米波雷达
全天候	支持	雨、雪、雾等恶劣天气效果差	支持
运行速度	精准识别,低速识别能力弱	识别	精准识别
目标尺寸	不支持	支持	支持
目标分类	支持	支持	支持
方位角精度	支持,精度±0.5°	支持,精度±0.05°	支持,精度±0.05°

2.2 基于5G的高可靠通信

基于5G的高可靠通信能力是数字道路全息业务应用的“神经系统”,可实现云平台与路侧计算单元及道路基础设施间的实时通信。该通信系统主要包括2个方面,一方面是道路基础设施与云平台之间的有线、无线(4G/5G)回传网络,另一方面是系统与交通参与者的直连通信网络。在回传网络方面,在不考虑路侧摄像头视频流以及激光雷达/毫米波雷达原始点云数据的回传时,每个点位的单向带宽应不低于15 Mbit/s。如果需要考虑原始感知数据的实时回传,每个路口交换机的带宽应不少于1 000 Mbit/s。至于系统与交通参与者的直连通信网络,基于5G+C-V2X的车联网通信技术,不仅可以实现道路基础设施和交通参与者之间的通信,还能实现交通参与者之间的直连通信。数字道路典型场景的通信需求如表2所示^[6]。

2.3 基于数字孪生的高精度监管

数字孪生技术充分利用物理模型、传感器采集、运行历史等数据,在虚拟空间中完成映射,并通过信息链接,达到虚实联动的效果,从而反映对应实体的全生命周期过程。数字道路全息业务应用,基于数字

表2 数字道路典型场景的通信需求

场景分类	感知距离/m	数据更新频率/Hz	系统延迟/ms	定位精度/m	尺寸精度	速度精度	航向精度
绿波通行	≥150	1	≤100	≤1.5	-	-	-
闯红灯预警	≥150	5	≤100	≤1.5	-	-	-
红绿灯倒计时	≥150	5	≤100	≤1.5	-	-	-
交叉路口/丁字路口碰撞预警	≥150	10	≤200	≤1.5	√	√	√
左转辅助提醒	≥150	10	≤200	≤1.5	√	√	√
匝道汇入汇出预警	≥300	10	≤200	≤1.5	√	√	√
特殊车辆优先通行	≥200	10	≤200	≤1.5	-	-	-
公交优先通行	≥200	10	≤200	≤1.5	-	-	-

孪生技术将道路信息模型、高精度地图和全息感知等能力集成,实现真实道路设施、路网结构、交通业务在云端环境的直接映射,从而反映城市交通的实时状态及发展态势。在数字空间中,我们可以对城市实时交通流量、道路环境、交通主体运行特征间的关系和动态变化过程进行建模和计算分析,并进行模拟仿真和管理效果评价,辅助城市交通管理决策。

3 解决方案

数字道路全息业务应用解决方案,基于多传感器、5G通信、数字孪生等能力实现道路全域路况信息的实时采集和高效汇聚,并通过多传感器融合感知、多目标精准识别、长距离轨迹追踪等算法,实现道路环境全息场景构建、交通态势感知、交通主体识别、交通事件检测等业务功能,可有效提升交通目标识别准确率,缩短交通管理决策时间,为城市交通安全防控、拥堵治理、信息服务提供精细化数据信息服务,有效提升智慧城市交通管理在全域路况感知、实时监控、高效决策等方面的工作效率。数字道路全息业务应用解决方案系统架构如图1所示。目前该项目已在某园区进行示范应用,打造具有“全息感知+高可靠通信+数字孪生建模+高精度监管”特色的全息数字道路应用,有效提升了园区交通业务监管、违法行为识别等管理效率。

3.1 数据接入层

数据接入层基于5G、C-V2X等网络实现感知数据以及其他交通业务数据的接入。其中感知数据包括雷达点云、摄像头视频等感知数据,其他交通业务数据是指地图数据、交通流量、路况信息等基础交通数据。数据接入层为整套系统提供实时的数据源。其

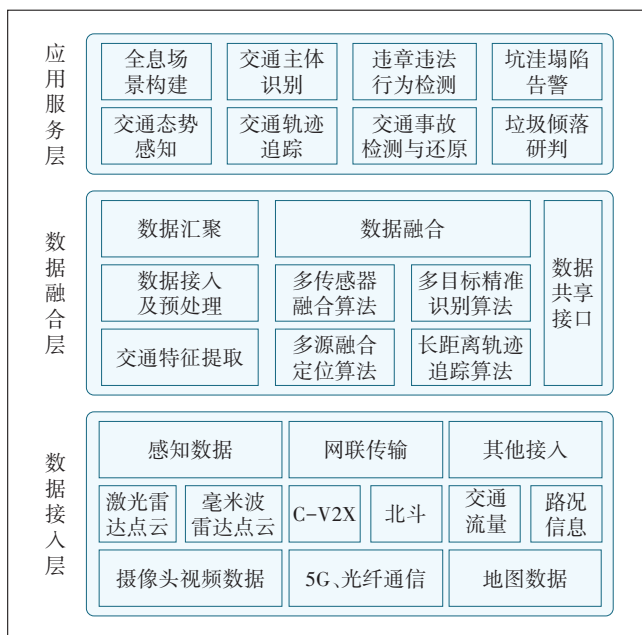


图1 数字道路全息业务应用解决方案系统架构

中路侧感知设备主要包括激光雷达、毫米波雷达和摄像头,实现对道路动静态信息进行采集。一般每个站点包括2台激光雷达、8个摄像头、1台边缘计算单元。这些原始数据经过边缘计算单元融合分析后,被转化为结构化的数据,然后通过5G等网络回传至云平台,支持应用层的全息场景构建、道路环境监管等场景实现。数据接入层示意如图2所示。

3.2 数据融合层

数据融合层实现数字道路多源感知数据的接入、汇聚及融合处理。因为数字道路融合感知设备采集的数据可能受检测器硬件故障、噪声干扰和通信故障等因素的影响,导致数据错误或丢失,所以在对交通数据进行处理之前必须剔除错误数据,并对丢失的数据进行判断,为应用场景打下良好的数据基础。否则,错误数据会大大降低交通预测准确程度,而丢失的数据中也可能包含非常重要的信息,从而导致历史数据库中信息不完整。其中数据汇聚模块负责数据

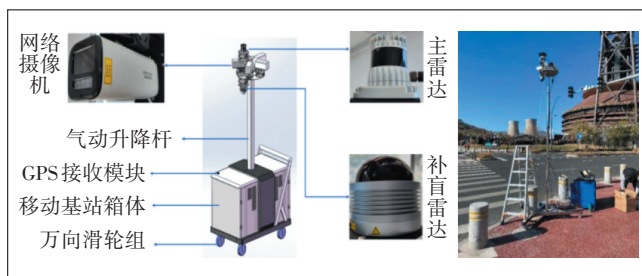


图2 数据接入层示意

层的时间同步等预处理工作,包括数据校准、数据过滤、数据补偿等。数据关联包括基于路段关联、基于时间关联、基于目标关联等功能,数据融合模块通过多传感器融合算法、多源融合算法、多目标精准识别算法、长距离轨迹追踪算法等,实现数据的融合处理,包括数据级融合、特征级融合、动态级融合等。该层能够实时获取交通主体的实时位置、即时速度、车型分类、车道信息、车流量、航向角等交通主体特征信息。数据融合处理层示意如图3所示。

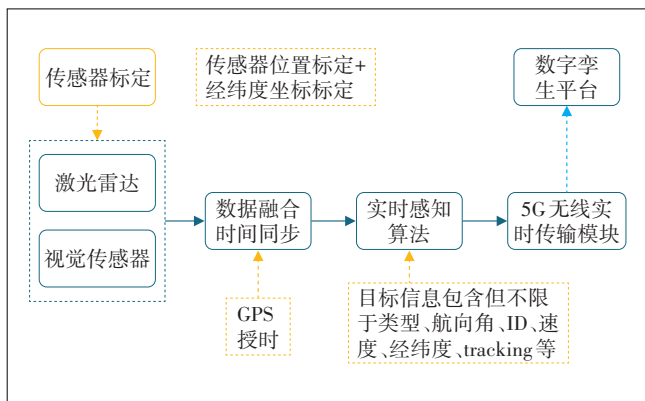


图3 数据融合处理层示意

3.3 应用服务层

应用服务层实现数字道路全息业务应用的实时展示与精细化管理,助力交通管理部门实现精准决策。主要应用场景包括4类:数字道路全息态势、交通目标识别、交通事件监管和道路环境监测。

数字道路全息态势类业务包括全息场景构建、交通态势感知等。该类业务基于高精度地图,实现真实交通路网结构、交通态势在云端环境的一一映射,构建交通全息场景,并对交通路况、车流量、排队情况、拥堵指数等交通态势进行综合研判和展示。数字道路全息场景如图4所示。



图4 数字道路全息场景

交通目标识别类业务包括交通主体识别、动态轨迹追踪等。该类业务通过采集交通主体的运行轨迹和时空信息,实现对多交通参与者的精准识别,包括交通主体的类别、位置坐标、高度、运行方向、速度等,可识别的目标类型包括行人、自行车或骑车的人、摩托车、小型车、厢式货车、卡车等(见图5)。

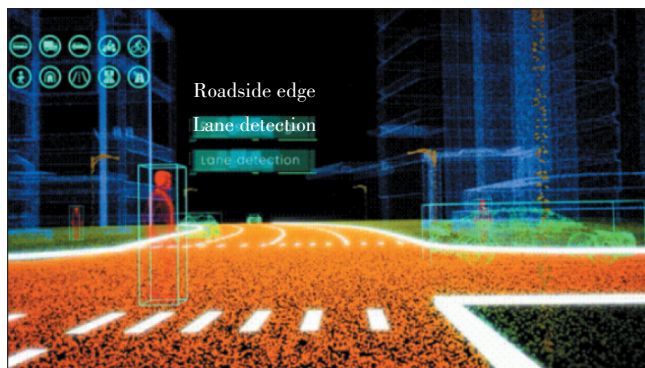


图5 交通目标识别

交通事件监管类业务包括违章违法行为检测、交通事故检测与还原。此类业务可将车辆逆行,非机动车闯红灯、驶入机动车道等违规违法行为进行实时检测与呈现。此外对于路面发生的交通事故,基于数字孪生技术在云端大屏实现三维呈现,并提供一定时段内、固定点位、特定事件的事故信息还原。交通事件检测的意义在于尽早发现道路运行异常情况,便于交通管理部门及时作出反应,从而将交通运行损失降至最低(见图6)。



图6 交通事件监管

道路环境监测包括道路坑洼塌陷告警、抛撒物倾落研判等。路面的坑洼塌陷、抛洒物极易诱发交通事故,道路环境监测类业务可实现对道路环境信息的综合分析,识别路面坑洼塌陷、抛撒物倾落等异常情况并告警,提醒管理部门及时处置,避免发生危险。

4 发展建议

5G数字道路是智慧城市创新业务的典型场景,可

为城市交通监管、行驶安全、拥堵治理等交通管理提供精细化决策支撑,为城市高效运转提供可靠保障,推进智慧城市高质量发展^[7]。但目前还存在着投资成本过高、运营模式不清晰、缺乏统一标准导致的数据不兼容等问题,未来数字道路的发展应该以数据为驱动,依托融合感知能力,从全局交通优化视角实现对智能交通设施、服务资源的整体均衡配置,提升交通治理和运营效率。相关建议如下。

a) 进一步提升道路基础设施的智能化水平,实现边缘侧感知检测能力。目前我国的道路基础设施因只具备基础的图像等信息的采集功能,缺乏相对应的AI识别能力,无法实现对交通数据的重点提取与把握。提升基础设施的智能化水平,并在边缘侧实现智能感知和监测,可实现路面环境信息、道路障碍、交通事故、自然灾害的预警等功能,特别是在夏天可对突发洪水、泥石流等自然灾害进行高级别预警。同时,还可以对道路路面健康进行检测,包括路面结冰、道路起雾、车道线损毁等,为道路养护和管控中心提供实时信息^[8]。

b) 从交通安全保障角度出发,降低事故发生率。交通安全一直是我国城市道路长期面临的严峻问题,注重交通安全及提升安全运行效率是未来数字道路发展的重要方向。通过运用数字孪生等技术来分析之前交通事故成因、规律,从而设计管控策略及主动安全策略,可实现交通安全运行防控一体化。同时,基于5G+C-V2X等车路协同技术,实现车与车、车与路之间的信息交互和实时共享,这不仅是集安全辅助驾驶、路径优化、低碳高效等多目标于一体的新发展路径,还将成为智慧交通行业的发展方向之一。

c) 建立统一标准,构建数据交互长效机制。数字道路数据来源包括路网结构数据、交通运行数据、感知数据、交通设施运行数据、气象数据等,需要实现跨行业、跨区域、跨部门的协同数据交互,但从整个交通行业来看,信息孤岛问题仍较为明显,导致基于数字道路的数据挖掘和分析存在障碍,无法为高级别管理决策提供有效的支撑。因此亟需构建统一的技术标准体系、数据格式标准、接口标准、术语符合标准、信息安全标准,为数字道路系统的建设、管理维护及数据共享提供基础。同时,还需构建数据交互长效发展机制,以促进跨部门、跨行业间协同运行,释放数据潜能,从而最大程度发挥行业信息化智能化的整体效益。

d) 增强道路数据安全保障。目前大部分道路设施的网络系统基本都是自建专网系统,与外部网络的联系很少,受到攻击的可能性较小。而随着数字道路系统的逐渐开放,道路系统与外部网络的信息交互将更加密切,这使得其遭受网络攻击的几率大大增加,一旦遭受攻击,可能造成的损失也将更为严重。因此在实现数字赋能的同时,应加强保护关键基础设施信息、关键数据资源、涉及隐私敏感信息,具有非常重要的意义,亟需构建主动防护、纵深防御、综合防范、确保安全的统一机制^[9]。

参考文献:

- [1] 中共中央,国务院. 中共中央 国务院印发《国家综合立体交通网规划纲要》[EB/OL]. [2024-01-11]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5593440.htm.
- [2] 交通运输部. 交通运输部关于印发《交通运输领域新型基础设施建设行动方案(2021—2025年)》的通知[EB/OL]. [2024-01-11]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/29/content_5639987.htm.
- [3] 交通运输部. 数字交通“十四五”发展规划[EB/OL]. [2024-01-11]. https://www.mot.gov.cn/zhuanti/shisiwujutysfzgh/202201/t20220112_3636131.html.
- [4] 郭梦. 智能交通行业发展现状调查 预计到2026年我国智能交通行业市场规模将突破4000亿元[EB/OL]. [2024-01-11]. <https://www.chinairm.com/news/20230720/164307982.shtml>.
- [5] 吴冬升. 从全息路口到数字孪生路口的技术演进[EB/OL]. [2024-01-11]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/512944619>.
- [6] IMT-2020(5G)推进组. 《MEC与C-V2X融合应用场景》白皮书[R/OL]. [2024-01-11]. <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/201901/P020190123572024553363.pdf>.
- [7] 刘琪,梁鹏,宋蒙. 5G智慧交通[M]. 北京:电子工业出版社,2022.
- [8] 中国联通智能城市研究院. 中国联通新型智慧城市数字化运营服务白皮书[R/OL]. [2024-01-11]. <https://www.doc88.com/p-94359773313966.html>.
- [9] 中国联合网络通信有限公司智能城市研究院. 数字城市安全白皮书[R/OL]. [2024-01-11]. <https://download.csdn.net/download/ge-liang0021/88609955>.

作者简介:

许幸荣,博士在读,主要从事智慧城市、车联网、能源管理相关方向研究工作;刘琪,教授级高级工程师,清华大学博士后,主要从事5G智能车联网关键技术研究工作;梁鹏,博士,主要负责智慧城市的发展研究、政企业务能力建设以及智慧城市、数字政府行业标准编制等工作;王题,教授级高级工程师,享受国务院特殊津贴,主要研究方向为5G、智慧城市、大数据、车联网等;郑志扬,主要从事智慧城市、能源管理等领域研究工作;曾传鑫,毕业于波士顿大学,工程师,主要从事智慧城市等领域研究工作;宋蒙,毕业于南安普顿大学,高级工程师,硕士,主要从事5G技术、V2X技术研究和测试验证工作。