

智能道路标牌系统设计综述

陈瑞东,秦会斌,刘伟

(杭州电子科技大学 电子信息学院 新型电子器件与应用研究所,浙江 杭州 310018)

摘要: 智能标牌系统是实现智能交通和智慧城市快速发展的重要工具。传统的道路标牌只能用固定的文字、符号、颜色向交通参与者单方面传递信息,无法实现对交通流的有效控制和满足人们的出行需求,智能标牌的出现弥补了这些缺陷。首先对传统道路标牌的现状进行了综述,针对智能标牌在人们出行和未来城市道路发展方面的影响,从信息感知、信息通信、低功耗不同角度分析了传统标牌的不足和智能标牌的发展需求,阐述了智能标牌中的关键技术,最后对未来的发展做了展望与总结。

关键词: 智能标牌;智能交通;智慧城市;信息交互;信息通信

中图分类号: U491

文献标志码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.222944

中文引用格式: 陈瑞东,秦会斌,刘伟. 智能道路标牌系统设计综述[J]. 电子技术应用,2023,49(1):1-7.

英文引用格式: Chen Ruidong, Qin Huibin, Liu Wei. Overview of intelligent road sign system design[J]. Application of Electronic Technique, 2023, 49(1):1-7.

Overview of intelligent road sign system design

Chen Ruidong, Qin Huibin, Liu Wei

(Institute of New Electron Device and Application, School of Electronic Information, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Intelligent signage system is an important tool to realize the rapid development of intelligent transportation and intelligent city. Traditional road signs can only use fixed words, symbols and colors to unilaterally transmit information to traffic participants, which cannot effectively control traffic flow and meet people's travel needs. The emergence of intelligent signs makes up for these defects. Firstly, the current situation of traditional road signs is reviewed. In view of the impact of intelligent signs on people's travel and future urban road development, the shortcomings of traditional signs and the development needs of intelligent signs are analyzed from different perspectives of information perception, information communication and low power consumption. The key technologies in intelligent signs are expounded. Finally, the future development is prospected and summarized.

Key words: smart signs; intelligent transportation; smart city; information interaction; information communication

0 引言

在城市道路区域不断扩大的过程中,道路信息也变得越来越复杂,许多十字路口汇聚了不同方向的行人、机动车以及非机动车混合交通流,由于缺少信息采集、数据分析、信息指示为一体的道路标牌设计,不能对混合交通流实现正确的引导和分流,容易造成交通事故。目前80%以上的道路标牌采用了非智能系统,所面临的主要问题为:

(1)道路信息更新较慢,导致驾驶员和行人对路况的感知性降低。

(2)维护频率较高,标牌字体的夜间反光性随着时间的久远而变差,导致驾驶员和行人对标牌的可观性

降低^[1]。

(3)LED点阵式电子标牌通常循环显示固定的道路信息,智能化水平不高,当道路施工或指向信息变动时,标牌没有及时显示,会在高峰通行期间受到较大影响^[2]。

与传统标牌相比,智能标牌的优势主要体现在以下三个方面:

(1)减少标牌的制造成本和人力投入。传统的道路标牌以静态的形式呈现,不能更换标志信息,在道路发生变化的情况下必须对旧标识重新设计,而智能标牌克服了这些缺点,能够实现远程更新信息。

(2)提升交通信息的准确性和实时性。一旦周围路

段发生积水、结冰、塌陷等危险情况,标牌能自动更新显示信息,降低了由于道路异常引起的交通事故^[3-4]。

(3)提升交通的流畅性。传统的标牌无法采集道路信息,智能标牌自动感知道路的变化情况,将一些异常信息上报至后台数据中心做进一步的分析处理,统一调度和发布,引导驾驶员和行人选择合理的路线^[5]。

本文首先阐述了智能标牌在信息感知、信息通信、低功耗不同方面的应用需求,分析了在开发方面用到的一些关键技术:人工智能技术、嵌入式技术、车联网技术、GIS+GPS技术,最后对未来的发展趋势进行了展望和总结。

1 智能标牌的需求分析

1.1 道路信息感知需求

作为智能交通发展过程中的一部分,标牌应该具有对道路信息的感知功能,感知的数据不仅包括道路信息,也包含过往车辆信息,数据采集节点将信息上报至数据管理中心,这些数据将作为交通信息服务的主要依据。

对道路信息的采集主要包含路面状况信息、交通流信息、行人移动轨迹信息,通过位于道路两侧的传感器采集。Dong G 等^[6]提出车速和道路路面是影响交通事故的主要因素,在平坦区域车速较高,或路面湿润时事故的发生率较大,特别是在暴雪的情况下,由于道路表面过于光滑,车辆与路面的摩擦力降低,驾驶员无法准确地控制车速,导致发生重大事故。户建平^[3]通过对不同道路积雪状态的研究,提出了一种能够实时检测三种路面积雪(新积雪、雪板、冰板)的动态限速 LED 指示系统解决方案,文献中分析了道路表面不同的积雪状态和对应的内部结构特征,根据不同的摩擦力并结合人、车、路三要素确定了对应的安全车速限制值,通过超声波检测将限速值传输到 LED 显示屏,最大程度地为驾驶员提供准确的限速值,减少交通事故的发生。设计结构如图 1 所示。

1.2 道路信息通信需求

传统的道路标牌只能采集固定的信息,不利于整个城市交通的智能化发展,车联网技术可以实现车与车之间、车与基础设施之间、车和行人之间的通信。梁柱扬^[5]提出将车联网技术应用到智能标牌系统,通过汽车传感器提供车辆行驶状态信息、道路传感器提供道路环境信息、行人检测器提供人流状态信息,标牌的通信模块从可变情报板和监控中心为主的路况转发设备中获取道路信息,转发设备利用 WiFi 或 GPRS 技术将数据发送到标牌单元,标牌单元汇总后下发给通信范围内的车辆,车载通信单元通过智能终端接收来自标牌单元发送的数据,以语音、图片、文字的形式提醒驾驶员注意安全,当标牌单元获取通信范围内的车辆信息和道路信息

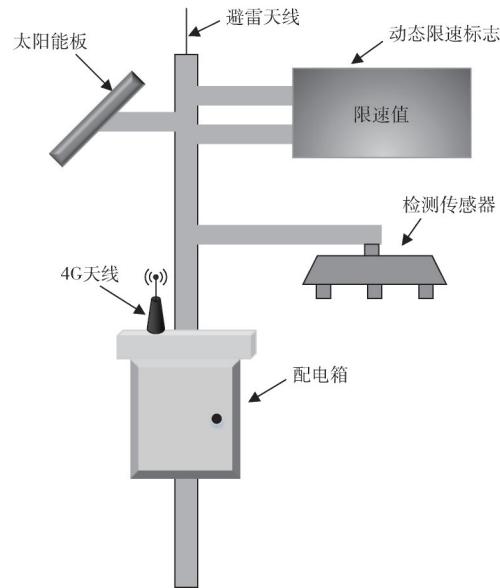


图 1 动态限速标牌设计模型图

后,通过网关单元上报至数据监控中心,统一调度道路异常信息的发布。

InZnak 项目^[7]中提出一种由各种传感器和显示器组成的新型道路标牌,为驾驶员提供准确的道路信息和安全限速值。项目中利用长期演进技术(Long Term Evolution, LTE)、远距离无线电技术(Long Range Radio, LoRa)、车用无线通信技术(Vehicle to X, V2X)的优势,实现不同分组标牌之间的监测数据交换,LTE 连接用于从互连的智能道路标牌组到交通管理中心方向的数据传输;LoRa 技术将智能标牌互连,在 EU863-870MHz 频段实现不同标牌组之间的数据交换;V2X 通信技术将建议的限速值从智能标牌直接发送到有效通信范围内的汽车,通知驾驶员最新的行驶路段信息。为了保证信息在传输过程中的实时性,也存在高质量、低延迟的通信质量需求^[8]。通信系统设计模型如图 2 所示。

1.3 低功耗需求

智能化道路标牌在维护交通正常运行和提高人们

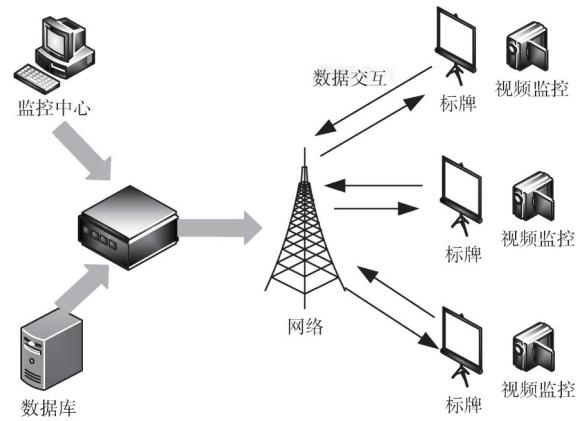


图 2 通信系统设计模型图

出行效率的同时,应考虑电能的消耗问题,电量消耗主要来源于LED显示屏模组、传感器模组、无线通信模组。电子标牌的低功耗设计可从以下几个方面进行:

(1)对显示屏模组低功耗设计可采用电子墨水技术。电子墨水屏有着可读性好和实时切换内容的优点,它利用太阳能供电,功耗低,将其应用在道路标牌的显示系统,免去了挖地布线的成本,同时满足了在大量应用环境中的低功耗需求^[9]。为解决现有的显示牌存在能耗大、成本高、视角范围小、光污染等问题,张志永^[10]提出使用澳大利亚VISIONECT公司开发的电子墨水屏弥补这些缺陷,克服常见的交通信号能见度、供电及连接问题,电子墨水屏标牌通过无线网络实现信息通信,建立基于电子墨水显示技术的智能标牌系统,提升人们出行时的服务质量。

(2)Jeon B C^[11]选用太阳能供电,开发了一种由太阳能转换单元、能量储能单元、充放电控制单元组成的LED道路标牌控制系统,采用锂离子电池充电系统、最大功率点跟踪来提高能量转换效率和电池寿命。测试结果显示太阳能转换效率为94%,待机功率为8.8 mW,有效降低了电能的消耗。

(3)对传感器模组的低功耗设计可参考文献[12]对器件的选型方式,对无线传感器网络进行设计时采用一些低功耗模块^[13],或者在系统程序设计方面增加一些传感器的工作条件,当满足某个阈值时传感器开始工作,否则进入停机模式。

(4)对通信模组进行低功耗设计的时候必须考虑设备的实际运行情况,设备有重要数据传输时,保持通信模组的正常工作状态,当前道路交通正常,没有重要信息需要传递时降低数据发送的频率。使数据传输频率与系统空闲时间成反比,在系统空闲初期尝试进入浅睡眠模式,到了后期直接进入深睡眠模式,有突发情况时直接从睡眠模式中唤醒。傅仁轩等^[14]提出基于窄带物联网低功耗的数据采集与监视控制系统,研究了低功耗下的通信方式,通过周期巡测模式和事件驱动模式相结合,解决了整个系统的功耗问题。

2 智能道路标牌中的关键技术

2.1 人工智能技术

传统的标牌只能静态显示当前交通道路信息,无法对交通运行调度起更多的帮助作用,基于人工智能(Artificial Intelligence, AI)^[15]技术的标牌打破了这种局限性。在智能标牌系统中加入高清摄像头,并放置在城市中的重大路段枢纽,利用深度学习和图像识别技术^[16]对道路上的各个区域进行实时交通流量监控和预测,在信号控制、交通引导、路线规划等各种应用中发挥着基础性作用。将采集到的信息上传至数据管理中心,经分析评估后再下发到各个标牌单元,使驾驶员和行人更清楚

地掌握前方道路状况,从而减少出行时间,提高道路利用率,建立起人工智能指挥交通通行网络^[17]。一些地图平台也积极地开始向公共服务领域发展,通过AI智能算法^[18]和大数据分析^[19],在标牌上实时显示地面的交通状况,给驾驶员和行人提供相对完善的道路交通信息,推荐最合适的出行方案。

另外,人工智能技术在信息传递的过程中也扮演着重要的角色,传统的道路标牌无法与行人进行交互,行人只能被动地了解当前所显示的信息,结合了信息设计与交互设计^[20]的标牌缓解了这个问题。

交互设计研究包括信息构架设计、视觉传达设计、工业设计、用户体验等。吴园园^[21]提出一种基于人机交互的导视系统,利用多点触摸技术^[22]、眼动仪技术^[23]、手势控制技术^[24]、增强现实技术^[25]等引导人们在某一空间中的活动,随着道路空间规模的逐渐扩大,人们对每条道路信息不可能完全熟知,为了指示人们的出行方向,尤其在陌生的道路环境中,具有引导性信息需求的导视系统应运而生。在城市和交通向着智能化发展的过程中,基于语音识别和语义理解的数字化标牌系统逐步诞生^[26],该系统由语音采集模块、语音处理模块、显示模块、导航模块、扬声器组成,过往行人可以直接和标牌进行对话,克服了传统标牌单项信息推送、按钮层次过深、业务繁琐的缺点,满足了行人对某一地点查找和寻路导航方面的需求,能够实现在智能道路标牌应用中全方位的效率提升。交互式标牌设计结构如图3所示。

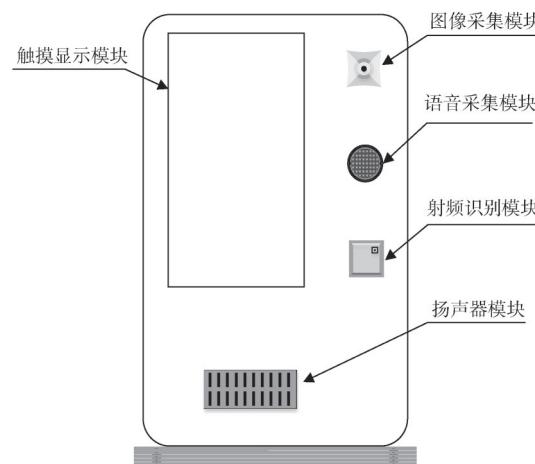


图3 交互式标牌结构示意图

随着部署标牌数量的增加,一个位置可能有多个标牌,SHE等^[27]提出了一种在现有智能标牌基础设施上允许智能手机在一个位置与多个标牌进行交互的新方案,通过智能手机嵌入的方向传感器测量不同的标牌显示器方向,用户只需将智能手机指向目标标牌显示屏,即可与预期的标牌进行交互,利用这种新方法,智能标牌成功地从一对多交互扩展到多对多交互。

2.2 嵌入式技术

嵌入式系统的日益成熟为智能道路标牌的发展提供了一个良好的技术基础和开发环境。翟雄辉^[28]利用终端控制无线通信模块与服务器通信的方法,提出一种基于μC/OS 嵌入式实时操作系统的数字标牌信息发布系统,主要由发布管理系统和信息发布终端组成,发布管理系统负责管理信息和监控终端设备的运行状态,信息发布终端负责发送通过与服务器之间通信所获取到的重要数据。将嵌入式系统应用在道路标牌的研究中,能够实现更强大的功能、精简硬件设计成本、根据需求定制。侯煜明^[29]提出了基于X86架构的嵌入式设计方法,研究了面对复杂的X86嵌入式主板,PCB布局布线如何在结构、散热、电磁兼容、高速信号完整性等方面做权衡和综合考虑的问题。这种方法提高了基于X86嵌入式架构的数字标牌在硬件设计方面的效率,保证主板一次性设计的成功率和工作时的稳定性,解决了从理论设计到实际硬件电路实现过程中的问题,为其他X86嵌入式平台的设计、调试、测试等工作提供了基础模型,具有重要理论和实际意义。

2.3 车联网技术

传统的道路标牌不能将所显示的信息发送出去,当路边的标牌被遮挡时,驾驶员可能会错过前方道路的重要信息,基于车联网技术^[30]的标牌可以将道路信息提前发送给过往的车辆,让驾驶员及时做出反应,避免引发交通事故。车联网技术在道路标牌应用中的模型如图4所示。

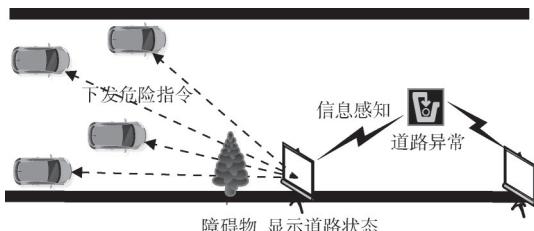


图4 车联网应用模型图

随着智慧城市的快速发展,基于车联网实现的智能标牌系统将会迅速增多,如何有效地在车辆-车辆及车辆-道路标牌之间传送感知数据是研究者关注的热点,这一切离不开车联网中各种技术的支持。

(1) 无线传感器网络技术(Wireless Sensor Networks, WSN)^[31]。传统的传感器正在向智能化、信息化、网络化等方向发展,对过往车辆和行人的服务离不开数据的支持,这些数据主要来源于各种传感器的采集,如车辆位置、路面信息、交通流信息等。Cheung S Y^[32]建立了基于WSN的交通监控系统,系统部署在路边和交叉路口收集交通数据,使用磁性传感器通过地球磁场的干扰

来检测车辆状态。Chen W 等^[33]提出一种用于智能交通的WSN系统,每辆车都配备了一个无线传感器单元,用于测量车辆参数;路侧单元从过往车辆单元收集数据并将其传输到网关单元,网关单元分析收到的信息,并将它们转发到策略子系统,子系统又根据预设的目标计算出适当的道路管理方案。

(2) 射频识别(Radio Frequency IDentification, RFID)技术^[34]。RFID是一种无线非接触技术,应用了此项技术的道路标牌通过射频电磁场以达到自动识别道路和车辆对象,对采集的数据进行分析和计算处理,获取与交通流量、车辆安全行驶有关的信息,有利于交通管理。Unterhuber A R 等^[35]提出一种基于超高频射频识别的车辆识别系统,它无需了解所有系统参数,允许在任意车速下估计特定范围内的车辆读取次数。Zhang Y 等^[36]针对恶劣天气情况下,基于摄像头车载信息提取方法存在算法复杂和成本较高的问题,提出使用RFID定位方法获得车辆的准确位置。

(3) 5G技术^[37]。具有低延迟、多连接的5G网络克服了传统通信网络存在高延迟、通信节点限制等缺陷,将5G车联网应用在城市道路标牌系统中,能够大大提高整个系统的响应能力、增加数据传输的准确性。Vergados D D^[38]提出了5G车载与智能标牌之间的网络框架,实现5G驱动型定制业务之间端到端服务质量(Quality of Service, QoS)配置,使用软件定义网络、网络功能虚拟化、移动边缘计算技术管理无线接入网和核心网络,整体调整了最佳传输带宽,动态自适应瞬时网络负载,以满足关键性任务实时发布的需求。

(4) 云计算技术^[39]。在车联网的应用中,它通过网络“云”将巨大的统计数据、交通信息、网络资源存储在一起,构建道路交通资源共享池网络模型,对道路区域实时监控并将数据上传至“云端”,需要时动态下发云端所存储的信息到不同的道路标牌,综合为驾驶员和行人提供更灵活的服务^[40]。

(5) 信息安全技术^[41]。车联网在道路标牌应用中传输大量数据的同时也增加了隐私信息泄露风险,其安全性决定了道路标牌在车联网应用中的推广程度。由于车联网的开放性强,应增加较多的信息保护措施,例如:加强标牌单元与行人、车辆之间通信的安全性,加强云端数据存储的完整性和管理方面的保密性,提高数据加密算法的鲁棒性,以防止恶意攻击,建立一套高效标准的安全体系。Deng Q 等^[42]为防止恶意车辆对正常数据产生攻击的问题,提出一种移动车辆一致性信任验证方法,包括路由、选择车辆、信任验证三个阶段,确保车辆信息通信的安全性。

2.4 GIS+GPS技术

道路标牌的正常工作对于城市交通秩序的维护起

着重要的作用,但由于缺乏有效的管理措施,使得交通标志牌不能长期地正常工作,目前还存在以下问题:

(1)通过现场勘察、路人反馈等方式实现对道路标牌的监控,维护效率低下。

(2)无法进行24小时实时监控,当道路上某一位置处的标牌移位或被盗窃时,后台管理中心不能快速地定位和记录标牌的丢失轨迹,难以及时找回。

(3)故障统计方式的效率较低,由于标牌自身长期的老化和外部因素的损坏,出现异常故障时不能自动准确地上报故障发生的时间、地点、原因等,导致工作人员无法及时维修,影响交通的正常运行秩序。

地理信息系统(Geographical Information System, GIS)^[43]是一种由硬件、软件、网络、数据组成,并且将显示、计算、存储空间、非空间数据集为一体的地理信息系统技术,它满足传统的标牌管理不能应对路网变化的需求,进一步加强对道路标牌的综合管理。Jian L等^[44]根据GIS的特征,探讨了GIS在交通标牌管理系统的应用,描述了基于GIS的开发模型、空间数据库和属性数据库的构建,基于GIS道路标牌管理系统能够实现路网规划、异地监测标牌状态、远程编辑和查询标牌属性等。刘肖鹏^[45]提出一种基于GIS+GPS技术的解决方案,摆脱落后的传统模式,管理人员通过一张地图就可以实现对城市道路标牌实时有效的管理,文献中研究了高斯-克吕格投影算法,对投影正算算法的应用以及高斯投影反算算法进行了优化,提高了对当前标牌定位的准确性,以判断是否发生偏移现象,利用地理信息数据库构建了GIS道路标牌监控系统,系统管理员直接在地图上远程控制标牌的各项工作状态,当某一位置的标牌发生移动时产生警报,同时记录移动轨迹信息,便于工作人员找回。根据系统的功能需求,采用自上而下的设计思想将系统划分,如图5所示。

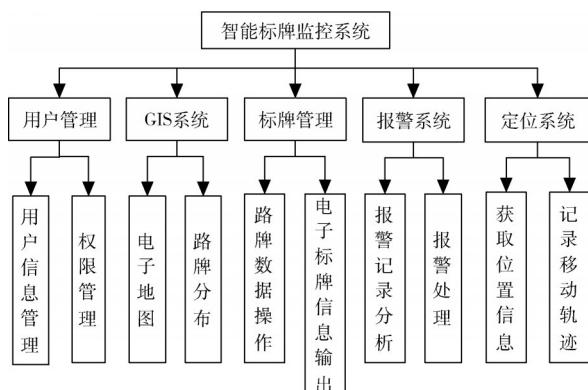


图5 监控系统功能流程图

3 结论

智能标牌系统在传统指示牌的基础上,利用一些前沿技术,例如:语音识别技术、通信技术、动态可视化技

术、人机交互技术、大数据处理技术、道路信息感知技术等,根据交通运行的实际需求,创建多方位、多层次、标准精确的信息指示系统。旧式的道路标牌可视性较低,信息更新慢,在智能交通发展领域存在较大的局限性,而融合了各项新技术的智能标牌将会是未来主要的发展方向,因此今后的研究工作集中在以下几个方面:

(1)3D智能标牌系统设计。现有的道路标牌大多数采用二维普通屏幕将信息传递给驾驶员和行人,在此基础上研发一种3D智能标牌,它将道路信息通过3D立体的方式展现出来。利用增强现实技术,通过建立模型、空间跟踪、视觉捕捉、听觉采集等实现具有交互体验感的虚拟空间,利用计算机的三维图像绘制功能构造真实世界的虚拟场景,为用户提供交互模式。

(2)针对视觉环境的可调亮度标牌设计。视觉环境能影响驾驶员对当前路况信息的提取与判定,当能见度下降时,路况信息的可视度也随之降低,导致驾驶员无法远距离看清楚标牌的内容。针对此问题,设计一种通过视觉环境自动调节显示屏亮度的标牌系统,拟实施方案如下:当存在灰尘、烟、雾霾等对环境可视度的影响因素时,根据能见度检测仪的检测值来调节显示屏亮度;由于在黄昏和傍晚时刻,显示屏的亮度过高会引起驾驶员和行人的视觉不适,应适当降低亮度,以节省电能和避免道路灯光污染。

(3)基于多传感器技术的智能标牌设计。多传感器的使用能够克服传统标牌在智能交通发展中的缺陷,新型智能标牌通过多传感器技术的协调工作,进一步提高对各种道路信息采集和实时信息发布的效率。

参考文献

- [1] 蓝志洋.探讨太阳能LED交通指示牌系统的研制[J].低碳世界,2017(5):235-236.
- [2] 合肥金誉堂文化传媒有限责任公司.一种道路用的多功能智能标牌:CN202010524621.5[P].2020-09-18.
- [3] 户建平.基于公路冰雪路面实时检测的动态限速LED式标志系统研发[D].乌鲁木齐:新疆大学,2020.
- [4] BHATT D P, TIWARI M. Smart traffic sign boards (STSB) for smart cities[C]// 2nd Smart Cities Symposium (SCS 2019), 2019.
- [5] 梁柱扬.智能电子路牌及道路信息交互系统[D].广州:华南理工大学,2016.
- [6] DONG G, JIA H, DONG X, et al. Analysis of influencing factors in traffic accidents of road passenger transport vehicles[J]. IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 2020, 587:012011.
- [7] GOZDECK J, ŁOZIAK K, DZIECH A, et al. Communication system for intelligent road signs network[C]//2019 6th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS),

2019.

- [8] 吕凡顺. 基于多源交通数据的城市动态感知技术研究[D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2020.
- [9] ESHKALAK S K, KHATIBZADEH M, KOWSARI E, et al. Overview of electronic ink and methods of production for use in electronic displays[J]. *Optics & Laser Technology*, 2019, 117:38–51.
- [10] 张志永. 电子墨水技术在智慧城市应用研究[J]. *工业控制计算机*, 2016, 29(3):106–107.
- [11] JEON B C, PARK W K, LEE H Y, et al. Design & implementation of a solar powered LED road traffic sign control system[C]// 2015 International SoC Design Conference (ISOCC). IEEE, 2016.
- [12] 刘蝶, 陈金刚. 基于无线传感器网络的低功耗目标探测系统设计与实现[J]. *航天器环境工程*, 2021, 38(2): 218–223.
- [13] LI C, LI J, JAFARIZADEH M, et al. LEMoNet: low energy wireless sensor network design for data center monitoring[C]// IFIP Networking 2019, 2019.
- [14] 傅仁轩, 王庆华, 陈龙飞. SCADA 系统的低功耗通信模式研究与设计[J]. *电气自动化*, 2021, 43(2):91–93.
- [15] 张立立, 王力. 新一代人工智能交通信号控制器架构研究[J]. *重庆交通大学学报(自然科学版)*, 2019, 38(11): 6–13.
- [16] LI H, ZHANG G. Coastal atmospheric climate and vehicle file management based on high-resolution image recognition[J]. *Arabian Journal of Geosciences*, 2021, 14 (11):1–16.
- [17] 阮雪飞. 人工智能技术在智慧交通领域中的应用[J]. *交通建设与管理*, 2021(1):72–73.
- [18] CHEN X, CAI X, LIANG J, et al. Ensemble learning multiple LSSVR with improved harmony search algorithm for short-term traffic flow forecasting[J]. *IEEE Access*, 2018, 6: 9347 – 9357.
- [19] AROOJ A, FAROOQ M S, AKRAM A, et al. Correction to: big data processing and analysis in internet of vehicles: architecture, taxonomy, and open research challenges[J]. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 2021, 29: 731.
- [20] 上海斐讯数据通信技术有限公司. 智能交互指示牌指示方法及其系统:CN201710202698.9[P]. 2017-08-04.
- [21] 吴园园. 高校导视信息系统交互设计研究[D]. 上海: 东华大学, 2015.
- [22] SANKARADASS V, KHAN Z F, SURESH G. Tracking and recognizing gestures using TLD for camera based multi-touch[J]. *Indian Journal of Science and Technology*, 2015, 8(29).
- [23] MA S, YAN X. Examining the efficacy of improved traffic signs and markings at flashing-light-controlled grade crossings based on driving simulation and eye tracking systems[J]. *Transportation Research Part F Traffic Psychology and Behaviour*, 2021, 81(1):173–189.
- [24] FENG X. Gesture Recognition Control System Based on Raspberry PI[J]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, 1744(4):042019 .
- [25] YU X Y, XIN N Z, ZHENG W, et al. Development overview of augmented reality navigation[J]. *Academic Journal of Computing & Information Science*, 2021, 4,0(2.0).
- [26] 合肥视尔信息科技有限公司. 人工智能数字标牌: CN201911225111.1[P]. 2021-06-04.
- [27] SHE J, CROWCROFT J, FU H, et al. Smart Signage: An Interactive Signage System with Multiple Displays[C]// 2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing, 2013: 737–742.
- [28] 翟雄辉. 基于SIM5320A无线模块的数字标牌信息发布系统终端设计[D]. 南京: 南京理工大学, 2013.
- [29] 侯煜明. 应用于数字标牌的X86架构嵌入式主板硬件设计[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.
- [30] GONG Y, FENG H, ZHANG C. Research on the development strategy of the Internet of vehicles[J]. *Journal of Physics Conference Series*, 2021, 1907(1):012063.
- [31] ELMRINI A, GHACHAM AMRANI A. Wireless sensors network for traffic surveillance and management in smart cities[C]// 2018 IEEE 5th International Congress on Information Science and Technology (CiSt), 2018.
- [32] CHEUNG S Y. Traffic surveillance by wireless sensor networks.[D]. Berkeley :University of California, 2006.
- [33] CHEN W, CHEN L, CHEN Z, et al. WITS:a wireless sensor network for intelligent transportation system[C]// International Multi-symposiums on Computer & Computational Sciences. IEEE Computer Society, 2006.
- [34] CASSEL M, NAVRATIL O, PERRET F, et al. The e-RFIDuino: an Arduino-based RFID environmental station to monitor mobile tags[J]. *HardwareX*, 2021(15): e00210.
- [35] UNTERHUBER A R, ILIEV S, BIEBL E. Estimation Method for High-Speed Vehicle Identification with UHF RFID Systems[J]. *IEEE Journal of Radio Frequency Identification*, 2020, 4(4): 343–352.
- [36] ZHANG Y, MA Y, LIU K, et al. RFID based vehicular localization for intelligent transportation systems[C]// 2019 IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA). IEEE, 2019.
- [37] KHAN A A, ABOLHASAN M, NI W. 5G next generation

- VANETs using SDN and fog computing framework[C]// 2018 15th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC).IEEE,2018.
- [38] VERGADOS D D. Network slicing on 5G vehicular cloud computing systems[J]. Electronics, 2021, 10(12). : 1474
- [39] Chen Xiaogui. Application of cloud computing in network platform[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2021,1927(1):012028.
- [40] SAHBI R, GHANEMI S, DJOUANI R. A network model for Internet of vehicles based on SDN and cloud computing[C]// 2018 6th International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM), 2018.
- [41] Li Mengqi. Data and Information Security Technology in Network Communication[J]. Journal of Networking and Telecommunications, 2020, 2(2):38-41.
- [42] DENG Q, HUANG S, TIAN S, et al. A security trust mechanism for data collection with mobile vehicles in smart city[C]// 2020 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC). IEEE, 2020.
- [43] DERI A. Knowledge layers and resilience application of ArcGIS in building small islands' resilience to climate change[M]. National Institute of Science Communication And Information Resources (NISCAIR) ,2012.
- [44] JIAN L, CHEN B. Research of road traffic signs and markings system based on GIS[C]//2009 Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, 2009.
- [45] 刘肖鹏. 基于 GIS 的公路电子指示牌监控系统研究与设计[D]. 西安: 长安大学, 2018.

(收稿日期:2022-05-07)

作者简介:

陈瑞东(1997-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 电路与系统。

秦会斌(1961-), 通信作者, 男, 博士研究生导师, 主要研究方向: 电子信息材料与电子信息器件以及智能化、集成化传感技术。

刘伟(1996-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能仪器仪表。



扫码下载电子文档

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所