

导读:智能交通系统是对通信、控制和信息处理技术在运输系统中集成应用的统称。5G 赋能智慧交通,将车、路、人、云连接起来,形成一张可随时通信、实时监控、及时决策的智能网络,通过“端”、“管”、“云”三层架构实现环境感知、数据融合计算、决策控制,从而提供安全、高效、便捷的交通服务,因而成为实现智慧交通的必然技术途径。为了促进 5G 通信技术交流,推动我国 5G 通信技术发展,《电子技术应用》杂志 2020 年第 12 期推出“5G 与智能交通”主题专栏,论文内容从智能交通不同应用和部署场景出发,涵盖了边云协同、智能汽车柔性制造、高精地图采集与应用、路测设备运维管理平台以及设备形态创新等应用方案与实践案例等,期待为 5G 时代智能交通行业应用部署提供有益的借鉴。



特约主编:朱雪田,北京邮电大学工学博士,教授级高级工程师,中关村国家自主创新示范区高端领军人才,现就职于中国联通研究院。长期从事 4G/5G 移动通信技术与业务创新研发工作,作为项目组长先后负责多个 4G/5G 领域的移动通信国家重大项目,发表学术论文超过 100 篇,发明专利 100 余篇,个人专著 4 本。

5G 下边云协同的 V2X 技术方案与研究^{*}

熊小敏,沈云,丁鹏,薛裕颖

(中国电信股份有限公司研究院,北京 102209)

摘要:对自动驾驶业务的发展趋势、单车智能的局限性、车路协同的优势进行了介绍;同时,重点阐述了车路协同技术体系架构及系统要求、基于“端边云”的多级多源数据融合感知分析架构以及基于路侧+边缘云+区域/中心云三级/四级边缘部署实现路径;最后给出了基于边云协同多级多源感知融合分析能力组网方案,并对其具体功能、时延等要求进行了详细论述。该研究对车路协同项目规划和设计人员有一定参考价值。

关键词:边云协同;车路协同;V2X;边缘计算;MEC;多源数据融合

中图分类号: TN919.5; U495; TP39 文献标识码: A DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.201069

中文引用格式: 熊小敏,沈云,丁鹏,等. 5G 下边云协同的 V2X 技术方案与研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(12): 19–25, 31.

英文引用格式: Xiong Xiaomin ,Shen Yun ,Ding Peng , et al. V2X technology scheme and research of edge cloud collaboration under 5G[J]. Application of Electronic Technique , 2020 ,46(12): 19–25, 31.

V2X technology scheme and research of edge cloud collaboration under 5G

Xiong Xiaomin ,Shen Yun ,Ding Peng ,Xue Yuying

(Research Institute of China Telecom Corporation Limited ,Beijing 102209 ,China)

Abstract: In This paper, the development trend of automatic driving business, the limitations of single vehicle intelligence, and the advantages of vehicle road coordination are introduced. At the same time, it focuses on the technical architecture and system requirements of vehicle road collaboration, the multi-level multi-source data fusion perception analysis architecture based on "end edge cloud", and the implementation path of three-level/four-level edge deployment based on roadside+edge cloud + regional/central cloud. The networking scheme of multi-level multi-source sensing fusion analysis capability based on edge cloud is then proposed, and its specific functions and delay requirements are discussed in detail. This research is of some reference value to the project planner and designer of vehicle road collaboration.

Key words: edge cloud collaboration; vehicle-road collaboration; V2X; edge computing; MEC; multi-source data fusion

* 基金项目:国家科技重大专项课题(2017ZX03001013-004)

0 引言

车路协同典型应用场景可分为安全、效率、定位、视频、信息服务五大类^[1],每类里面都有多个典型的应用。当前各功能场景多以视频为核心的多源数据融合通过信号处理、视频识别、激光雷达信号识别、信息综合等应用功能对交叉路口周边内的车辆、行人等位置、速度、方向角度等进行分析和预测,但不同场景下信息融合对算力、时延、安全、管控等要求各异,且传统交通信息服务厂商多在路边部署工控机方式来做融合处理,无法满足全场景需求。随着5G、边缘计算的部署发展,车路协同融合成为可能,能更好地满足各场景对算力、存储、时延、安全等需求。本文重点讨论5G下边云协同的V2X技术实现方案等。

1 从单车智能到车路协同的进化

早在20世纪三四十年代,美国就提出了自动驾驶技术概念车理念。1984年,卡内基梅隆大学研发出了自动驾驶原型车。2004年,业内就开始了百万美金的自动驾驶挑战赛。但是一直到现在几十年过去了,仍然没有完全无人的自动驾驶汽车产品出现,没有成功实现商业化落地,其中一个重要的原因是自动驾驶面临技术要求高、运行环境复杂等困难和问题。

另外,在过去的几十年里,研究者都专注于单车智能的研发。单车智能就是希望能让车自身具有感知、决策、控制等能力,能处理路上所有的情况,以实现安全驾

驶。但单车智能系统有其先天局限性:盲区和障碍物遮挡、感知距离局限性、高精度地图不能实时更新、决策规划无法得到完整的信息等。这些问题都是单车智能技术上很难或者根本不可能克服的问题。单车智能的另外一类问题是成本不可控,为了让车智能,需要给它配备非常多且昂贵的传感器单元。

由于单车智能的这些局限,要想打造安全、经济的自动驾驶系统,不仅要研发聪明的车,也离不开研发智慧的路和强大的云网互配合去实现自动驾驶。所以业内开始研发车路协同智能系统。车路协同让自动驾驶由单兵作战转变为有组织的高效协同合作,实现交通参与全要素联接,如图1所示。

车路协同智能系统的好处:首先,从安全角度,很多单车智能很难处理的场景,通过智慧的路和强大的云网设施能非常容易的解决;其次,通过集约式建设智慧道路、智慧云网,可以共享智能能力,让这样的能力被所有跑在路上的车所共享,能给车量减配,降低车的成本,从而降低整个自动系统的成本。再次,从自动驾驶感知、决策和控制三部分来看,单车智能的感知只是基于自身传感器,有盲区,有死角,而车路协同中“智能的看”可以是基于路上的传感器网络,即基于5G“车-路-边-云”的四级融合数据处理系统网络,涵盖车载感知数据,路侧感知数据,边缘、区域、中心云接入的交通/路政数据、环境/公共服务数据,以及其他基础服务平台数据等,无



图1 车路协同让自动驾驶由单兵作战转变为有组织的高效协同合作

死角，超远距离，所以也称之为“上帝视角”；单车智能的决策只能基于自身的不完整信息来做，是无法考虑到别的车辆，所以决策结果是局部最优，而车路协同智能能够综合考虑到所有的车的下一步的运动趋势，从而做出全面最优的决策结果。基于这样的优势，车路协同智能可以实现非常好的驾驶安全性及经济性。

2 智能车路协同体系架构及关键技术要素

车路协同系统是借助 5G、AI、边缘计算、数字孪生、高精定位、三维实景等基础能力，建设智慧交通云控子平台、车路协同仿真子平台、综合测试服务子平台、高精度地图子平台，实现车–车(V2V)、车–路(V2I)、车–人(V2P)、车–云(V2N)等 V2X 实时信息交互，完成“人、车、路、边、云”等要素有效协同，保证交通安全，提高通行效率，从而形成的安全、高效和环保的道路交通系统。

典型的车路协同系统体系架构纵向划分为 4 层，自左向右依次为“车–路–网–云–用”，如图 2 所示。

智能网联汽车(OBU 车侧设备、车载终端等)是交通参与者的代表，是整个系统的主要服务对象，也是基于云控平台的网联应用功能的执行者，包括数据采集、车云通信、云端下发数据/指令的接收。

车路协同体系的路侧部分由部署于路侧、分布于不同地理空间位置的智能协同感知、通信、交通调控设备组网而成，依托边缘计算平台、AI 打造异构多源交通数据感知融合能力，构建高精度全局交通感知、推理预测，并通过灵活的通信方式和准确实时的调控，实现人车路等交通参与者的全面连接。

智能化的先进网络是整个系统的中枢，利用 4G、5G、V2X 构建“车–路–云”三者之间的高速率、低时延、广覆盖的数据连接和传输，并提供高精度定位和授时能力，以及网络切片提供的灵活的垂直端到端专网能力保障，从而具备能够基于实际智能网联驾驶具体应用进行实时调度、管理网络以及保证网络安全的能力，实现全天候、全覆盖、定制化的多网协同。

5G 车路协同云平台是交通大脑云平台的核心。平台融合全域协同、多源融合感知分析、全息仿真、云控体系能力；其中云控平台连接单车、路侧智能与车路协同云端服务，具有实时信息共享、实时云计算、实时应用编排、大数据分析、信息安全等基础服务机制，提供包含车辆运行、交通环境、基础设施在内的实时动态基础数据，以及大规模网联应用实时协同计算环境；基础能力平台提供基础算力、大数据分析、人工智能等能力。上述核心单元形成全域协同决策与控制的交通大脑云平台。

智能服务应用根据不同服务对象主要包括公众商业服务和产业公共服务两大类；按照 V2X 应用场景分类包括安全类、效率类、视频类、定位类、信息服务类五大类。

围绕典型系统总体架构，可以基于“云–管–端”协同布局网络、平台、终端关键研发攻关任务，打造车路协同关键技术体系。

面向车路协同网络研发，重点聚焦 4G/5G/C–V2X 协同智能网络，提供自动驾驶网络需求端到端解决方案。无线侧支持超级上行实现车路协同高速率业务下载。面向 C–V2X 实现 LTE–V 与 5G NR V2X 协同组网。5G 与融合高精度定位满足厘米级要求。核心网侧 MEC 完成多数据源本地数据处理、加密和决策，提供实时、高可靠通信能力。5G 切片提供差异化服务，满足不同车路协同业务需求。网络侧建立 C–V2X 智慧化运营平台，实现跨厂商智慧化网络运营管控。

关键平台攻关研发首先包括车路云一体化融合控制、5G+融合高精定位、基于 AI 的多源异构数据融合、全息仿真与一致性测试公共服务平台等关键技术研发(如图 3 所示)，形成“车–路–边–云”的四级融合数据处理、5G+北斗动态厘米级/静态毫米级的高精度定位，可实时交互和全方位决策管理的车路协同系统。

车路云一体化融合控制将基于当前单车自动驾驶技术、车路协同技术与车联网云服务技术的现状与演进

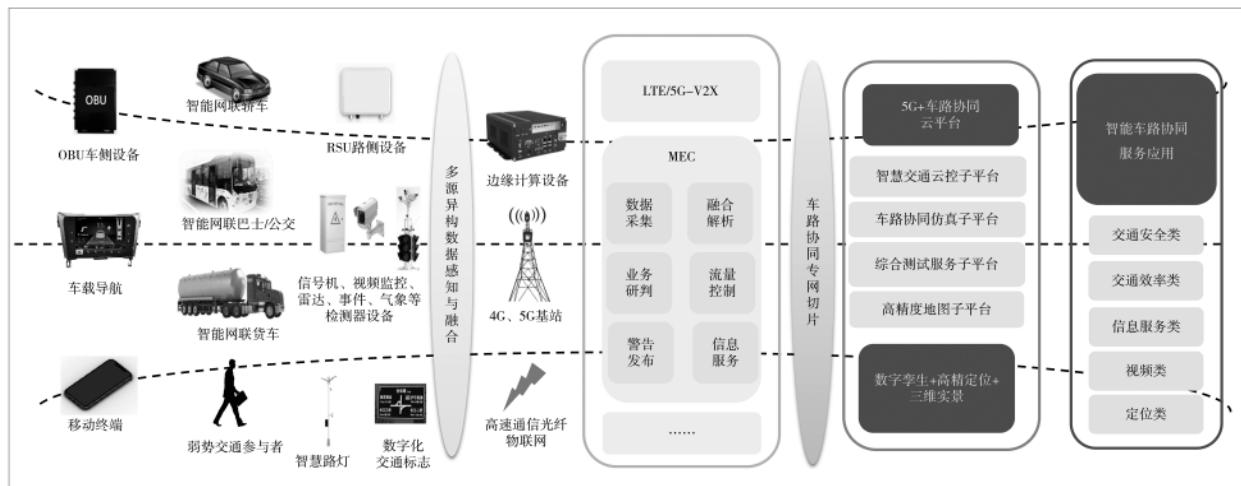


图 2 智能车路协同系统体系参考架构

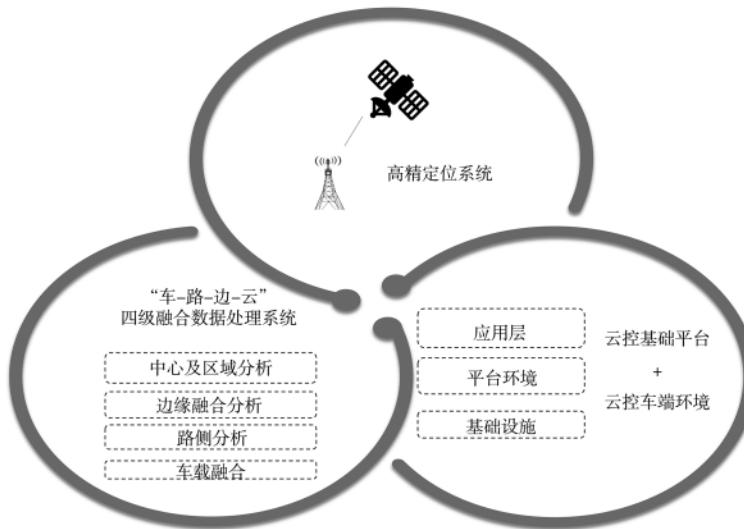


图 3 智能车路协同三大关键系统

趋势,设计车辆、基础设施与云服务无缝协同的交通系统,即智能网联云控平台系统^[2],包括基础平台、车端环境、网联应用几个部分,各部分紧密协同因此作为一个整体任务进行攻关。云控平台具有实时信息共享、实时云计算、实时应用编排、大数据分析、信息安全等基础服务机制,集众多学科领域一体,复杂度、技术难度较大,目前业内暂未形成统一规范标准以及标杆应用案例。

基于AI的多源异构数据融合研发是通过采集位于车载、道路的感知设备数据以及其他相关信息数据,基于AI人工智能技术,实现对多源数据的“硬件级-数据级-算法级”多级智能融合分析研究,为车路协同系统提供更加精准全面的智能决策能力,进一步提升车路协同的智能化水平。

5G+融合高精度定位将针对智能车路协同在不同场景的高精度定位需求,突破5G基站和卫星差分基准站共址布置的高精度定位技术、5G+卫星高精度融合定位算法等关键技术,构建5G与卫星融合的全天时、高精度、高可靠性的融合高精度定位系统,达到动态厘米级/静态毫米级定位精度。

关键平台研发其次还包括智慧公交、智慧物流、无人出租、无人货运车队、园区车辆调度等典型智能应用服务平台攻关研发。

关键终端攻关研发:智能网联汽车执行包括数据采集、车云通信、云端下发数据/指令的接收,需要研究在不同级别的智能网联汽车车载计算平台部署云控操作系统、标准互联中间件以及与之匹配的应用运行环境,从而支撑车端运行的网联应用。因此,需要研究车端环境与传统T-BOX融合关键技术。

从图2、图3可知,基于AI的多源数据智能化融合分析是贯穿整个体系的自动驾驶的核心关键能力之一。

3 边云协同多级多源数据融合感知分析架构及部署实现路径

现阶段,车路协同的感知数据主要以视觉数据和雷达数据为主。这两类感知数据的智能分析技术相对成熟,且各有优劣形成互补。但目前车路协同系统相对来说数据比较独立,未与系统外的第三方系统对接,众多对车路协同场景及典型应用场景下很有价值的数据信息亟待融合应用。如环境/公共服务数据,可通过与气象平台、物联网平台、医疗平台等对接,将获取到的气象、道路、医疗等数据信息与车路协同数据在一定准则下加以自动分析、综合,以完成所需的决策和评估任务。甚至实现系统化的优化提升,实现区域资源有机整合、产业融合发展、社会共建共享,带动和促进一种新的区域协调发展理念和模式。因此需要开展多类型数据信息融合实现多样化应用场景的实现。

实际上交通参与全要素所涉及的众多V2X应用场景,对云网边端能力要求各异,包括安全类、效率类、视频类、定位类、信息服务类五大类近40个应用场景对算力、时延、安全、管控等要求各异^[1],如图4所示。

车路协同端-边-云融合感知形态主要涉及4个端口:车端、路端、边缘端和云端。智能网联车辆端负责车端各类传感数据的采集、融合及上送;智能车路侧系统负责路口端的数据实时处理和多传感器数据融合,实现路口的多元数据融合;边缘端系统负责多路口或边缘区域信息搜集与边缘侧计算,完成对多路口或区域路况的数字化感知和就近边缘端算力部署^[3];中心云平台通过汇聚路端和边缘端,实现中心感知的融合。四者构成智慧交通场景下协同感知与协同决策的闭环。

物理部署架构上,采用车端+路侧+边缘云+区域/中心云四级边缘计算架构,如图5所示,能够确保低时延处理,适应各类场景V2X应用部署,参与各方均有商业模式,边云协同能更好地落地。

同时采用四级融合架构从技术角度仍然有以下考虑:(1)路侧多源智能感知系统具体要求大带宽、低时延、高算力的需求和特点,与边缘计算功能匹配;(2)采用集中式计算、存储、运营、服务,降低分布式计算平台建设和维护成本;(3)汇集一定区域内多感知终端数据,实时多传感器数据融合拼接,实现区域协同;(4)将服务和功能脱离核心网络,能够降低传输时延,优化流量,降低核心网负荷。

典型的基于“端边云”的多级多源数据融合感知分析及部署路径架构如图6所示。

融合分析主要包括:(1)视频编解码、帧数据的分析、人/车/物等标识识别等;(2)雷达数据分析,包括方向角、速度、距离识别等;(3)其他传感器数据分析;(4)各类传

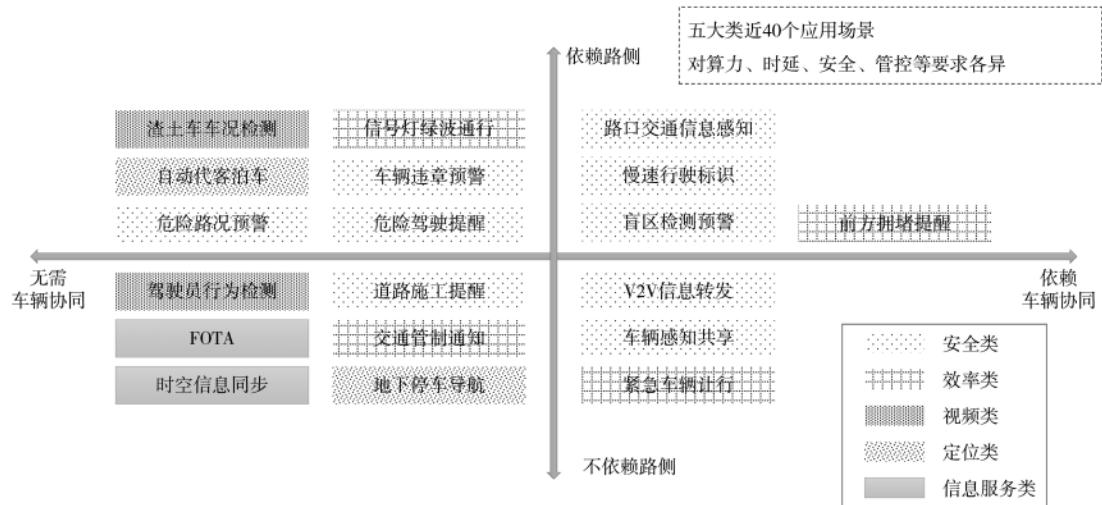


图 4 车路协同 V2X 应用场景众多对云网边端能力要求各异

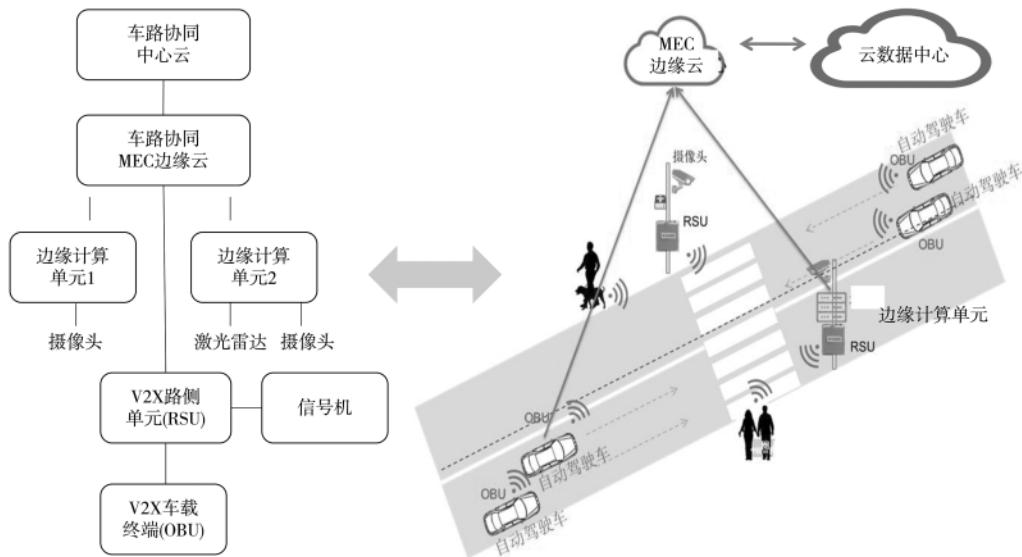


图 5 车端+路侧+边缘云+区域/中心云四级边缘计算架构

感数据融合分析,包括雷达数据与视频数据叠加, OBU 数据与雷达数据、视频数据叠加,以及第三方数据叠加。融合分析层北向提供统一开放接口,提供二次融合能力,提高平台的可扩展性与开放性。V2X 数据分析功能具有可扩展性,可接入端机数据。

4 基于边云协同多级多源感知融合分析能力组网方式

多接入边缘计算(Multi Edge Computing, MEC)技术将计算、存储、业务服务能力向靠近终端或数据源头的网络边缘迁移,具有本地化处理、分布式部署的特性。MEC 与车路协同 C-V2X 的融合是将 C-V2X 业务部署在 MEC 平台上,借助 Uu 接口(蜂窝通信接口)或 PC5 接口(直连通信接口)支持实现“人-车-路-云”协同交互。面向车联网的 MEC 一方面通过将业务部署在边缘节点,减少数据传输路由长度,以降低 C-V2X 网络的端到端通信时延;另一方面 MEC 作为本地服务托管环境,能够

提供强大的计算、存储资源,支持部署本地更具地理和区域特色、更高吞吐量的车联网服务。

MEC 平台的搭建涉及基础设施层、业务能层、应用层及业务编排管理等。平台架构如图 7 所示。

MEC 平台可为车路协同应用提供以下基础能力:

(1)车路协同应用托管与管理: MEC 在网络的边缘提供 IT 基础资源以及虚拟化应用托管环境,车路协同应用可以部署在其中。MEC 可为车路协同应用提供按需的资源规划和编排、应用生命周期管理(例如: 创建、消亡、注册、授权等)、车路协同应用及用户业务上下文信息迁移管理。

(2)能力开放: MEC 通过标准化 API 接口将网络能力开放给车路协同应用。

(3)无线网络信息开放: MEC 下沉至 RAN 侧,可以获取无线网络信息,包括无线测量报告中终端用户的信号强度、位置信息、业务承载等信息,辅助车路协同应用获

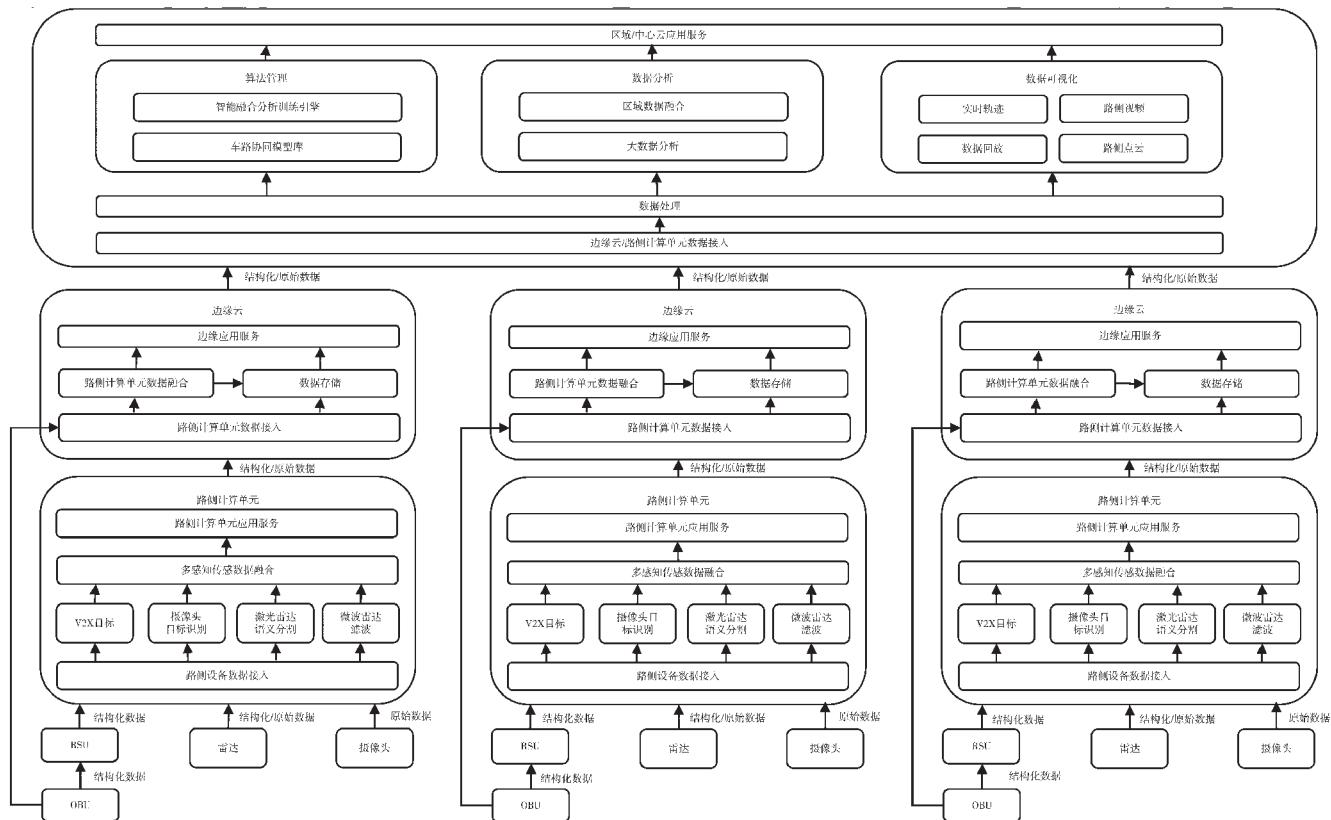
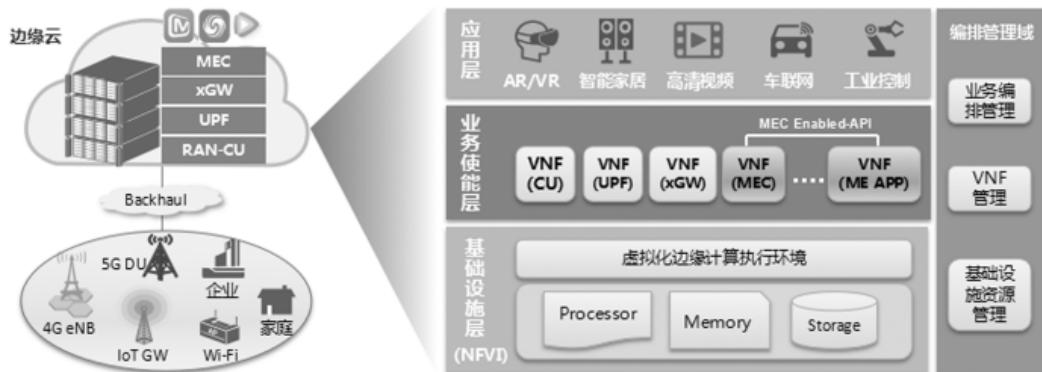


图 6 基于“端边云”的多级多源数据融合感知分析及部署路径架构

图 7 MEC 基础平台架构^[4]

取更精确的用户位置。

(4) 计算能力和存储能力: MEC 在贴近用户的边缘侧提供计算能力和存储能力, 可以为车路协同应用提供高精地图的存储和分析计算以及传感数据的存储和分析计算, 并进一步为各种车路协同应用的决策算法提供计算能力。

车路协同应用以容器化方式部署在 MEC 平台, 如图 8 所示, 借助 MEC 平台提供的位置能力、流量引导能力、视频处理能力、AI 处理能力等, 进行融合感知分析, 为用户提供高精度地图服务、车辆感知共享、车辆在线诊断、辅助驾驶、车载信息增强以及协同调度等一系列能力。

其中, 云端融合感知平台应用是关键应用之一, 需要研发针对道路数字孪生和交通治理多源数据的快速融合感知系统, 基于大数据和 AI 技术, 毫秒级完成交通相关的视频图像、雷达星云图、传感数据、信息服务数据等多源数据的归一化融合, 构建“车-路-边-云”的四级融合数据处理系统, 实现“车、交通、环境”多要素全天候全覆盖全方位精细化分析。

典型车路协同组网方式暨各平台系统与边缘计算关系如图 9 所示。

在边缘计算硬件环境以及 MEC 基础平台上同时部署集成 AI 视频能力和其他计算控制能力的融合感知分析平台、车路协同业务应用系统平台可承载自主

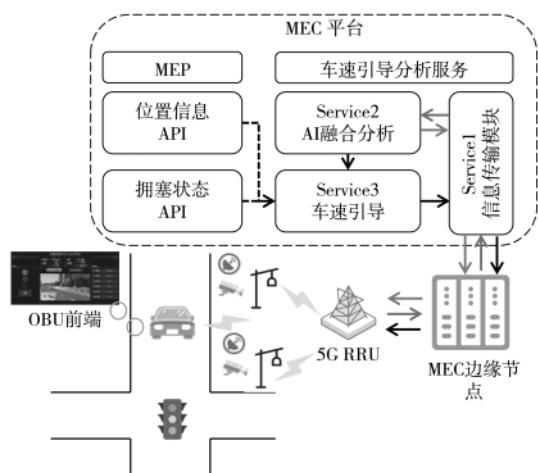


图 8 基于 MEC 的车路协同平台

研发应用,亦可加载第三方应用,以及部署提供可对全部在网 V2X 设备进行管理的 V2X 专网网络运营平台,并为云控平台、视频监控平台、融合定位平台预留

外部接入接口。

边缘计算平台主要服务器资源包括核心业务服务器、设备接入服务器、流媒体服务器、存储处理服务器、GPU 服务器、维护服务器等,一般可同时支持多路视频大流量码流分发,可同时对多路人或车进行结构化分析。

另外,根据众多工程实践,针对不同场景边缘层级需求划分,对计算时延的要求建议如表 1 所示,供实际实施部署人员参考设计对应平台算力、存储、转发能力等资源需求。

5 结论

V2X 车路协同将“人、车、路、云”等交通参与要素有机地联系在一起,不仅可以支撑车辆获得比单车感知更多的信息,促进自动驾驶技术创新和应用;还有利于构建一个智慧的交通体系,促进汽车和交通服务的新模式新业态发展,对提高交通效率、节省资源、减少污染、降低事故发生率、改善交通管理具有重要意义。

本文给出了车路协同技术体系架构以及基于边云

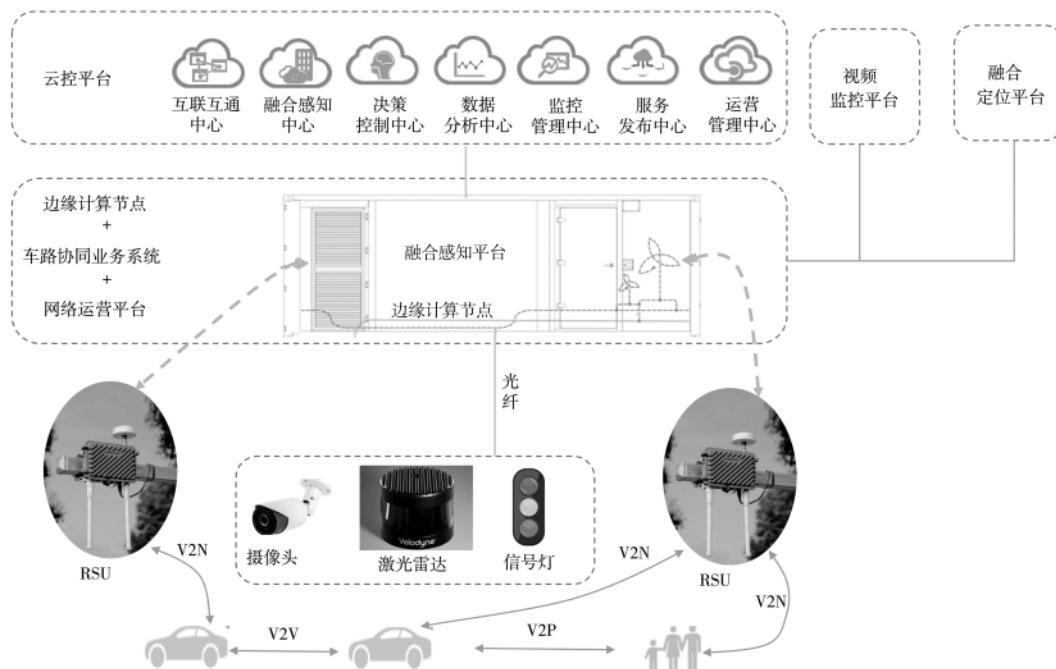


图 9 车路协同云边协同融合分析组网方式

表 1 不同场景边缘层级对应资源需求

边缘计算	带宽资源	覆盖人群或范围/万	覆盖面积/km ²	通信时延要求/ms
路侧边缘	100 Mb/s~1 Gb/s	1~5 个路口		移网:<15 固网:<2
社区边缘	10 Gb/s~100 Gb/s	2~3	2~10	移网:<15 固网:<2
组团边缘	100 Gb/s~1 TGb/s	<100	<1 000	移网:<20 固网:<10
核心数据中心	≥1 TGb/s	≈ 100	≥ 1 000	移网:<25 固网:<15

(下转第 31 页)

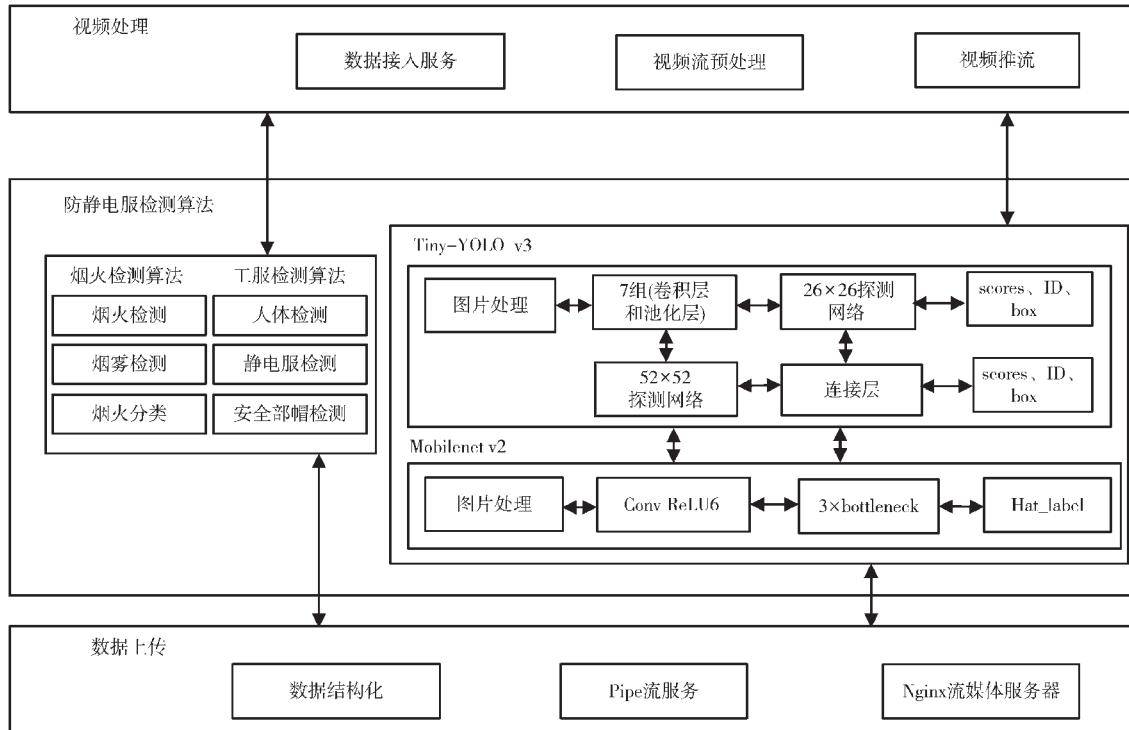


图 7 基于 5G+边缘计算+人工智能的烟火检测与工服检测框架

panies[J].International Journal of Manufacturing Technology and Management , 2004 , 6(5):426–433.

- [7] 沈振宇.面向汽车混流生产线的排产与调度问题研究[D].重庆:重庆大学, 2019.
 [8] 工业互联网产业联盟.基于 5G 和人工智能的产品质量实时检测和优化[EB/OL].(2019-05-28)[2020-11-03].
<http://www.aii-alliance.org/csc/20200430/2069.html>.

(收稿日期: 2020-11-03)

(上接第 25 页)

协同的多级多源数据融合感知分析架构、部署组网方案,为车路协同系统建设、运营提供参考。

参考文献

- [1] 中国电信集团有限公司,中国信息通信研究院,大唐电信科技产业集团,等.面向 C-V2X 的多接入边缘计算服务能力开放和接口技术要求(第一阶段)[Z].2020.
 [2] 智能网联汽车云控基础平台及其实现[EB/OL].(2018-12-17)[2020-11-03].https://www.sohu.com/a/282386768_468661.
 [3] 熊小敏,杨鑫,刘兆璘,等.车路协同的云管边端架构及

作者简介:

丁鹏(1979-),通信作者,男,博士,工程师,主要研究方向:5G 边缘计算、工业互联网、行业数字化,E-mail:dingpeng6@chinatelecom.cn。

薛裕颖(1993-),女,硕士,初级工程师,主要研究方向:5G 边缘计算。

熊小敏(1983-),男,硕士,工程师,主要研究方向:5G 边缘计算、智能交通、互联网金融。

服务研究[J].电子技术应用,2019,45(8):14-18,31.

- [4] 张建敏,杨峰义,武洲云,等.多接入边缘计算(MEC)及关键技术[J].电信科学,2019,35(4):250.

(收稿日期: 2020-11-03)

作者简介:

熊小敏(1983-),通信作者,男,硕士,工程师,主要研究方向:5G 边缘计算、智能交通、互联网金融,E-mail:xiongxm1@chinatelecom.cn。

沈云(1988-),男,博士,工程师,主要研究方向:边缘计算、视频云等。

丁鹏(1979-),男,博士,工程师,主要研究方向:5G 边缘计算、工业互联网、行业数字化。

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