

R-MEC极边缘产品在车联网行业的探索与研究

Exploration and Research of R-MEC Products in Connected Vehicle Industry

董紫淼,孔令楠,徐亚楠,易非,夏小涵(中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033)

Dong Zimiao, Kong Lingnan, Xu Yanan, Yi Fei, Xia Xiaohan (China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China)

摘要:

在车路协同高精地图分发场景中,道路动态变化,稳定获取路况AI感知信息、实现地图数据实时更新与分发至关重要。利用5G边缘计算提升车路协同高精地图分发的实时性、智能化与高效性,助力企业降本增效,已成必然趋势。在自动驾驶场景下,路侧设备采集路况信息,在端侧完成AI推理实现算力卸载,推理结果回传至边缘侧并转换为结构化地图数据,再通过统一边缘协同算网调度管理系统分发给区域内的车辆,确保新驶入车辆可实时获取最新地图数据,高效支撑分布式应用开发与灵活部署,有效解决行业痛点并显著降低成本。

Abstract:

In the scenario of high-precision map distribution for vehicle-road coordination, roads change dynamically, making it critical to stably obtain AI-sensed road condition information and realize real-time update and distribution of map data. It has become an inevitable trend to apply 5G edge computing to improve the real-time performance, intelligence and efficiency of such map distribution, helping enterprises reduce costs and increase efficiency. In autonomous driving, roadside devices collect road data, which is processed by AI inference at the end side to offload computing power. The results are sent to the edge, converted into structured map data, and then distributed to vehicles via a unified edge-end collaborative computing and scheduling system. This ensures newly entered vehicles can acquire up-to-date data, supports distributed application development, and effectively solves industry pain points while greatly lowering costs.

Keywords:

Remote-MEC; Edge collaboration; Vehicle road collaboration; CKS; AI

关键词:

极边缘R-MEC; 边缘协同; 车路协同; CKS; AI
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2026.03.0015
文章编号:1007-3043(2026)03-0080-07
中图分类号:TN915
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID):



引用格式:董紫淼,孔令楠,徐亚楠,等. R-MEC极边缘产品在车联网行业的探索与研究[J]. 邮电设计技术,2026(3):80-86.

0 引言

随着信息技术的飞速发展和企业数字化转型的深入推进,社会各行各业对网络的依赖程度日益加深,5G可灵活配置网络性能,从而满足行业网络的不同需求^[1]。在车路协同高精地图分发场景中,车辆行驶的道路不断变化,如何实时获取实际路况信息进行自动驾驶智能推理并对高精地图数据进行阶段性更新成为自动驾驶场景中必须解决的痛点问题^[2-3]。在

传统车路协同自动驾驶场景中,部署于路侧的监测设备会对路况信息进行采集,采集到的数据回传至边缘云端,在平台管理员将数据编译转换成车端的结构化地图数据后,边缘云端再将数据信息分发给区域内的车辆。以某市的车联网为例,现阶段该市共有交通监控摄像头16万余台,平均每个路口至少有2~3个监控摄像头。对于城市级或区域级的应用来说,针对该需求部署边缘云成本高昂,此时就需要能符合场景基本需求且部署成本足够低的替代方案。

MEC边缘一体化协同技术提供了分层异构计算能力,实现云边缘分层异构,具备算力异构、算力下

收稿日期:2026-01-16

沉、管业分离等优势^[4],云端提供模型训练,边侧承上启下,而端侧更靠近移动终端的边缘位置,为移动用户提供云计算功能和信息计算服务,减少网络延迟并提高应用的性能。因此,探索利用边端一体化协同技术来提升车联网业务的实时化、智能化和高效化,实现企业降本增效,成为行业发展的必然趋势^[5]。

1 基于 Openyurt 技术的多层异构边缘计算框架体系及优势

基于中国联通 5G MEC 架构,研究多层异构边缘计算框架体系(见图 1),打造 MEC—R-MEC 两层边缘技术方案^[6]。其中 R-MEC 极边缘一体机设备,作为中国联通现有 5G MEC 节点面向场景的下沉补充,实现了与中国联通现有 MEC 体系的一体化协同。依托现有 5G 边缘计算集约化业务支撑平台以及低功耗架构硬件、多接入网络能力,开发轻量化 MEP 系统,支持 MEC—R-MEC 两层边缘结构的统一边缘算网调度管理系统,同时构建适配多层边缘计算结构的行业应用孵化环境,高效支持分布式应用开发和灵活部署。R-MEC 设备提供标准容器算力,支持同等硬件条件下的高性能转发(转发面从内核态拉到用户态,减少 CPU 中断)。

R-MEC 极边缘产品具备体积小、对接适配灵活的

优点,可以运行在各类资源受限的边缘设备上,较适合资源投入小成本低、需要近距离操控、保证实时性和数据安全性且要求重数据不出园的边缘侧业务。R-MEC 极边缘产品基于网络侧与端侧 2 层边缘计算架构,适配多层边缘架构的软网关设备(通过多层 MEC 基础设施承载),形成通信增强、安全增值的专网服务能力。在多层异构边缘计算环境下,该方案实现了基于业务感知的智能化算力调度与迁移,制定应用感知监控、边缘服务管理、效能提升策略,输出关键算法;通过资源预测、多层资源分配和智能化调度,实现边缘资源弹性供给,提升资源利用效率和用户感知^[7]。

2 R-MEC 极边缘一体机技术方案

R-MEC 极边缘产品基于边端计算基础架构,其软件平台 CKS—edge(ChinaUnicom K8s Service edge)完全兼容 Kubernetes 生态^[8],提供云、边、端一体的容器应用交付和管控能力。同时,R-MEC 极边缘产品加强了在边缘业务场景下的自治能力,支持边缘计算资源、业务的快速接入、统一管理。在广域车联网场景中,R-MEC 在管理面、业务面均实现了算力分层和能力一体化协同,具有强扩展性,用户可以根据需要进行扩展;同时具备高可用性、安全性、本地数据处理、灵活的部署方式等优点,非常适合边缘计算场景中的容器化应

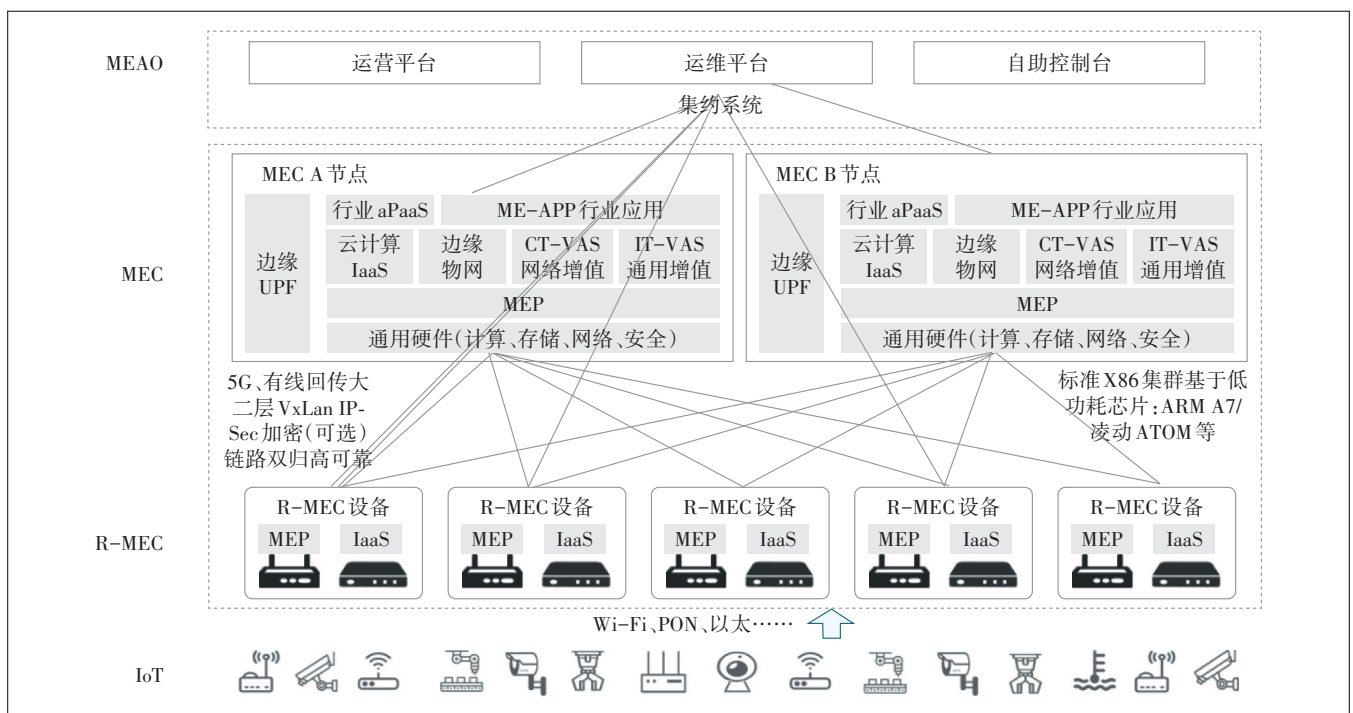


图 1 多层异构边缘计算框架体系

用部署。

CKS-edge支持统一管理和调度边缘资源和端侧资源,能够将云计算的能力下沉到边缘侧,适合运行在各类资源受限的边缘设备上,实现云边端一体化协同,适配边缘下沉类、低成本、大量连接型工业物联网场景。对于智能计算场景,如分布式机器学习、分布式数据分析等,CKS-edge可实现多节点之间的协同计算和数据共享,能够在数据源的边缘节点进行实时处理,降低数据传输延迟并提高隐私保护^[9]。

2.1 R-MEC极边缘一体机硬件设计方案

R-MEC极边缘设备作为5G MEC的下沉算力补充,具备强大的计算能力以供应用服务计算。应用包括车联网数据采集服务、视频信息处理以及AI识别算法服务,其中硬件方案主要包括相关的算力芯片、数据接口、路由功能及数据转发能力。R-MEC极边缘一体机硬件架构如图2所示,硬件框架设计说明如表1所示。

2.2 R-MEC极边缘一体机关键技术

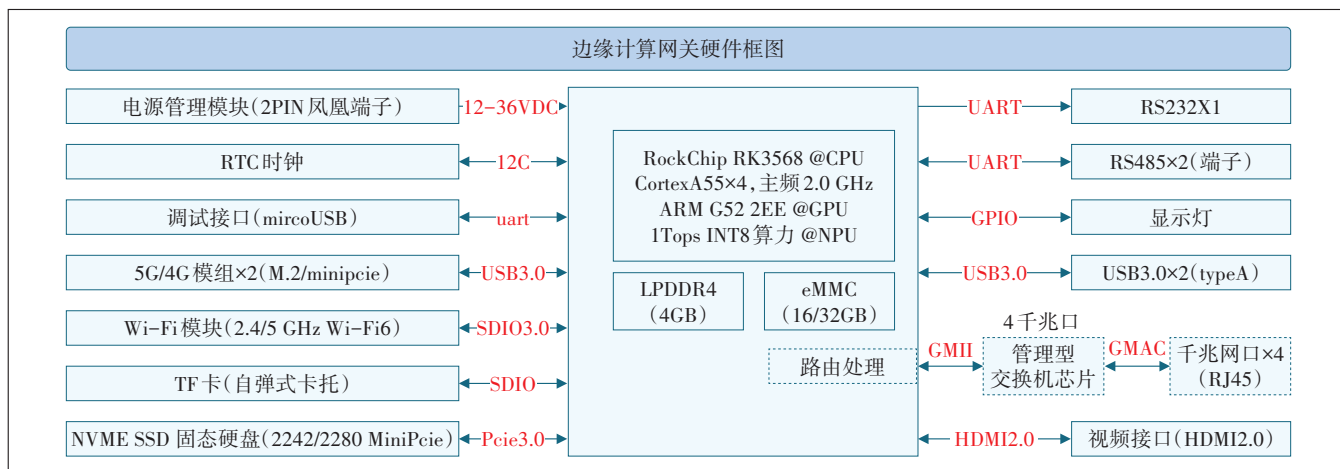


图2 R-MEC极边缘一体机硬件架构

表1 硬件框架参数

名称	说明	
SOC	CPU	RK3568,主频最高2.0 GHz
	GPU: ARM G52 2EE	支持OpenGL ES 1.1/2.0/3.2, OpenCL 2.0, Vulkan 1.1
	NPU: 1Tops@INT8性能,集成高效能AI加速器RKNN NPU	支持Caffe/TensorFlow/TFLite/ONNX/PyTorch/Keras/Darknet主流架构模型的一键转换
	视频处理	支持4K 60 fps H.265/H.264/VP9视频解码;支持1080P 60 fps H.265/H.264视频编码
内存	支持内存4 GB	可支持8 GB选配
存储	支持eMMC 32 GB	-
SSD	支持1个M.2 PCIe 3.0	可支持SSD选配,容量≥256 GB
Wi-Fi	支持Wi-Fi6	-
5G	支持5G	双5G模组,支持全频段
看门狗	内置硬件看门狗	高可靠性硬件看门狗芯片

根据业务需求,项目组研发了R-MEC极边缘产品的软件平台CKS-edge,该平台采用了开放式Openyurt架构,承载边端协同所需的链路聚合转发、应用管

理、消息协同、边缘自治、设备管控等能力。本系统基于EdgeX完成适配开发,解决了贴近用户的下沉场景中大量车载物联网设备的连接与控制问题,适合下沉端侧近距离操控,可保证实时性和数据安全性。操作系统采用Ubuntu 18.04, kernel 5.4,适配了国产操作系统(如中标麒麟 ARM64、鸿蒙 OS等)。此外,桌面(Ubuntu desktop)可使用HDMI连接显示器。R-MEC极边缘一体机软件架构示意如图3所示。

R-MEC极边缘一体机的基础功能模块包含通信处理、网络应用、设备管理、升级维测、Web页面,协议转换等,整体软件架构采用模块化编程(多进程多线程方式实现)。其中,设备采用Websocket方式与Web页面实时交互数据,设备与云平台通过Mqtt/Http等方式进行对接(见表2)。

2.3 创新设计模块

创新设计模块主要包含本次项目定制的边缘计算框架(Openyurt)以及多网通SDK(SoftwareDevelopmentKit)2个功能。两者均需要在linux系统进行移植与适配,其主要版本与操作系统要求如表3所示。

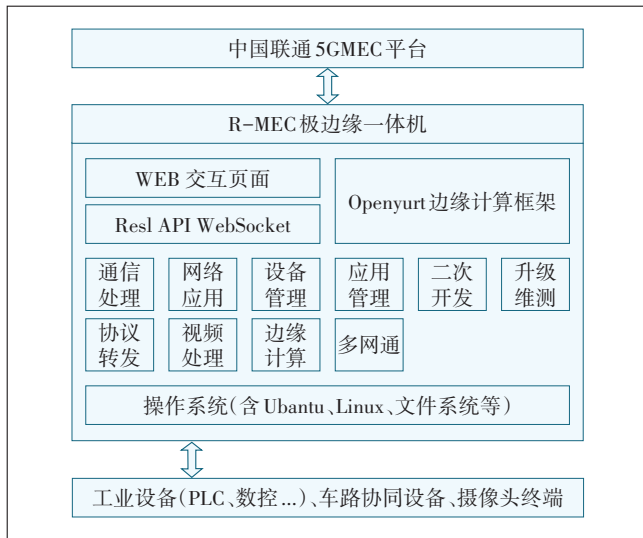


图3 R-MEC极边缘一体机软件架构示意

表2 基础功能模块

序号	功能模块名称	主要功能描述	备注
1	5G模块控制线程	主要控制模组搜网、驻网、拨号、APN参数设置等,实时获取模组的各类状态	主进程(通信处理)
2	Websocket推送线程	定时推送信息到Web页面	主进程
3	Websocket连接线程	Websocket连接建立、心跳保持	主进程
4	Websocket处理线程	处理页面参数设置,上报设备状态到Web页面	主进程
5	设备日志管理线程	设备运行日志记录保存、网络诊断相关	主进程
6	在线监测线程	链路监测、保持,软硬看门狗喂狗	主进程
7	云平台相关进程	对接各类云平台、响应云平台各类设置、OTA(OverTheAir technology)升级	需要时启动
8	数据采集处理进程	RS232/RS485等工业总线的数据采集,协议转换处理功能	需要时启动
9	网络管理进程	Wi-Fi、有线等相关网络处理(如Wi-Fi连接、有线WAN/LAN设置,链路切换)、DMZ(demilitarized zone)、桥接功能设置、VPN配置等	需要时启动
10	工厂生产处理进程	出厂参数设置、出厂参数恢复等	需要时启动
11	隧道功能	支持GRE、VxLAN,可选支持L2TP、IPSec	-

表3 Openyurt及多网通SDK系统与内核要求

序号	定制项目	版本	系统要求
1	边缘计算(Openyurt)	V1.3	Ubuntu18.04/20.04(kernel 5.4、51.5)
2	多网通(Openmtcp)	V0.6	Linux/openwrt(kernel5.4、kernel5.15)

R-MEC极边缘一体机设备所支持Openyurt核心

能力如下。

a) 边缘自治能力。在极边缘计算的场景下,由于网络的不确定性和复杂性,很难保证极边缘设备网络的实时连通和稳定。通过极边缘节点缓存和Pod快速拉起提供极边缘自治能力。YurtHub作为节点上的临时配置中心,在网络连接中断的情况下,持续为节点上所有设备和客户业务提供数据配置服务。

b) 边缘运维通道。在边缘场景,中心管控区域可在无感知环境下自动同边缘节点建立网络连接,YurtTunnel通过在管控与边缘节点之间建立反向通道,并和节点的生命周期完整联动,承载原生运维APIs的流量。

c) 集群转换能力。Yurtctl作为OpenYurt官方命令行工具,提供原生Kubernetes集群支持边缘计算infrastructure的一键式切换^[10]。

d) 边端协同计算共享。采用Openyurt边缘计算框架,与5G MEC调度平台对接,提供边缘自治、高效运维通道、边缘单元化管理、边缘流量拓扑管理、安全容器、设备运行应用管理等能力,可安装多网通SDK。支持根据极边缘计算、存储、网络使用情况调度编排极边缘容器应用,支持以云原生容器的形式将边缘应用快速部署到边缘节点运行。支持镜像预热功能,在极边缘网络不稳定的情况下,支持配置相关规则,预先将业务容器镜像拉取到目标极边缘节点,实现应用快速部署。支持通过云原生模式管控边缘设备,将现实世界中的设备抽象为虚拟化资源,进行统一管理。通过将EdgeX Foundry无缝集成到云原生架构中,支持MQTT、Modbus等不同协议接入方式,实现异构终端设备管理。

R-MEC极边缘一体机设备所支持的MP-QUIC(Multipath QUIC)的技术能力如下。

a) 多路径并发传输:同时在多条路径上发送数据,提高传输速度和网络可靠性。

b) 多个连接ID:允许每个连接使用多个连接ID,这样即使一个路径不可用,数据仍可以通过其他路径进行传输。

c) 连接状态同步:要求多个路径之间同步连接状态,包括加密密钥、流信息等。

d) 流控制:采用类似TCP(Transmission Control Protocol)的流控制机制,控制数据发送的速率。

e) 拥塞控制:使用拥塞窗口来控制数据发送的速率,以避免网络拥塞。

f) 前向纠错(forward error correction, FEC):支持

使用FEC来纠正数据包丢失,提高数据可靠性。

g) 报文分段:数据报文需分段发送,以适应不同的网络路径,提高传输效率。

h) 连接迁移:需支持连接迁移,即在不同的网络路径之间切换数据传输。

i) 重传机制:支持TCP重传机制,以处理数据包丢失或损坏的情况。

j) 智能路径选择:支持根据网络拓扑、性能和负载等因素,选择最优的路径进行数据传输。

2.4 R-MEC极边缘产品常见部署方案

基于5G边缘计算平台,本项目在运营商/客户核心机房“边”侧部署5G边缘算网一体机,R-MEC终端下沉至现场部署,通过智能城域网或专线接入MEC资源池,并将数据传输至核心机房的边缘算网一体机。基于5G边缘计算的“边一端”一体化架构提供的算网编排、调度和运营能力,对实时车路协同数据进行处理和分析,完成高精地图适配调整,以便更好地解决自动驾驶场景中获取实时路况高精地图的问题^[11-12]。

a) 用户在R-MEC硬件终端开通业务时,需要访问边端协同节点集群(Chinaunicom Kubernetes Service,CKS)的镜像服务地址获取应用镜像。

b) 基于故障定位,R-MEC硬件终端将日志写入端边缘集群loki中,需要访问边端协同管理控制平台的loki服务。

c) R-MEC设备在特定场景下需要与CKS集群业务互通。两者之间采用Raven网络进行互联。

d) CKS集群节点纳管需要通过自助控制台或者CFSP能访问CKS集群API。

e) CKS VPC(Virtual Private Cloud)内的Prom通过R-MEC中的exporter获取本地监控数据,MEAO通过federation获取CKS Prom的监控数据

f) 运维人员通过MEAO运维平台登录CKS集群,通过CKS集群访问该集群下的R-MEC终端进行维护。

R-MEC极边缘产品常见的组网方案如图4所示。

3 R-MEC极边缘在车联网行业的应用

多层异构边端协同产品基于轻量化边缘算网底座,完成对网元功能和行业应用的高性能承载和业务高可用,实现算网业能力一站式供给。面向智能车路协同场景的计算需求和业务模型,构建计算负载预测模型、任务优化放置模型及任务调度模型,为未来智能驾驶系统提供多任务算力调度决策,使车端获得高性能云端算力支持,实现车路云一体化协同。面向车联网的多层异构边端一体化协同编排调度示意图5所示。

在自动驾驶场景中,需要实时获取路况信息,并根据获取的信息进行AI推理,不断调整预设的高精地图,使其与实际路况保持完全匹配。本次探索采用边端一体化协同调度编排的框架体系,端侧盒子设备作为现有边缘计算节点面向场景的下沉补充,部署在路侧监测设备近端。路侧监测设备实时采集路况信息,

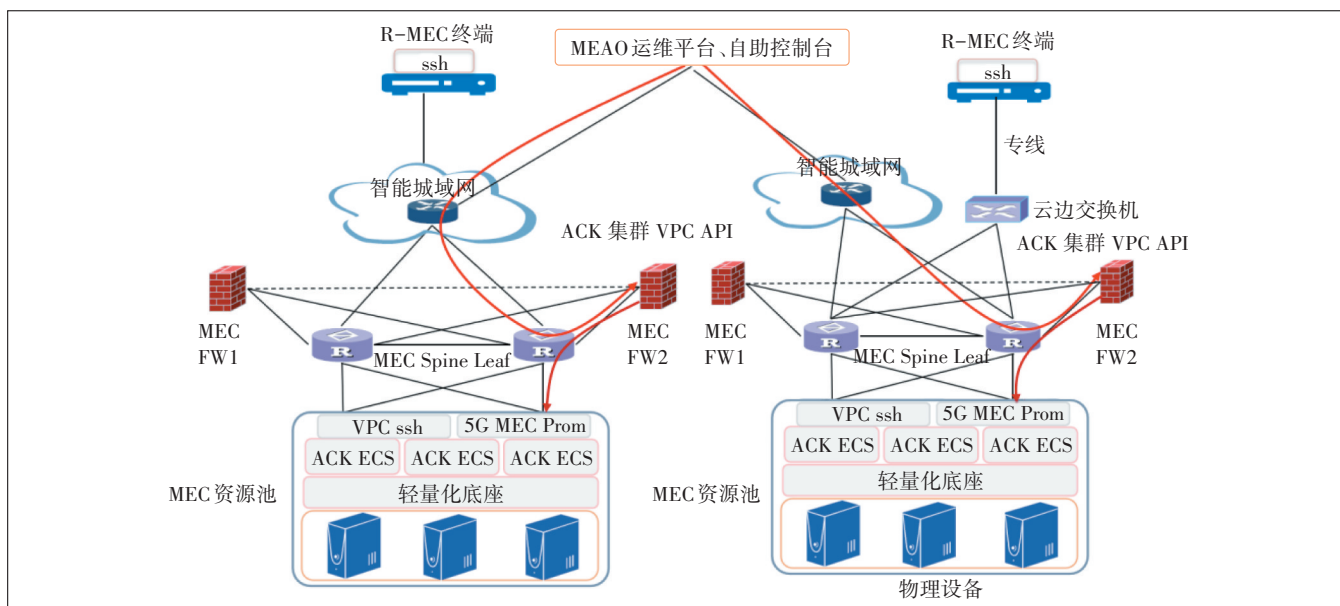


图4 R-MEC极边缘产品常见组网方案

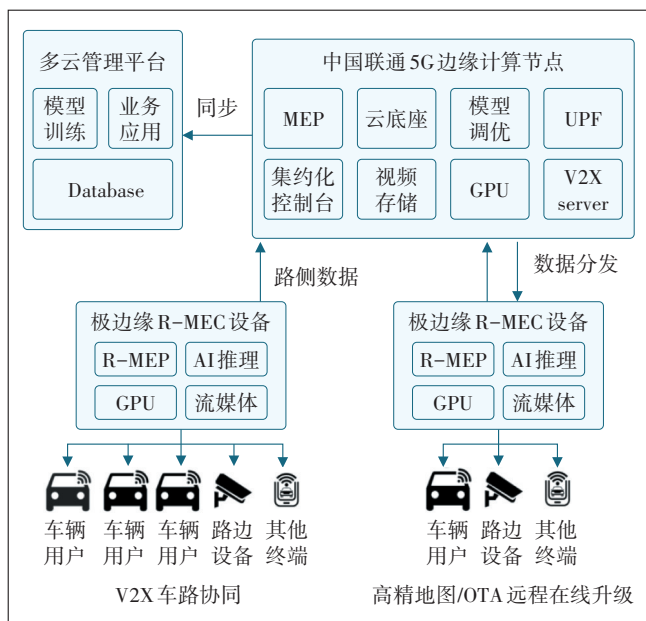


图5 面向车联网的多层异构边缘一体化协同编排调度示意

端边缘设备感知视频信息数据并进行AI推理运算,对实时视频数据进行处理和分析,实现物联网设备管理和算力卸载。数据处理后回传至边缘侧,边缘侧5G MEC设备需实现高精地图大模型训练调优、算网数据编排调度等功能,对数据进行编译,转换成车端的结构化地图数据,完成高精地图适配调整。最后,依托边缘协同算网调度管理系统,通过镜像预热的方式将OTA高精地图分发至端侧,由端侧R-MEC完成最终

的车路设备管理升级。通过云网边端物一体化协同调度,解决车路协同“最后一公里”难题。采用多层异构算力、智算分层部署架构,实现AI模型的推理、调优与训练;利用端侧回传数据完成模型迭代优化,有效解决了自动驾驶场景中高精地图与实时路况获取延迟的问题。边端协同算网调度管理系统示意如图6所示。

在某市的车路协同测试床进行实际部署验证,测试床总长约3.4 km,包括5G MEC边缘侧设备1个、端边缘设备5台、路测传感器(Rate-Sensor Unit, RSU)14个、摄像头34个、毫米波雷达21个、CPE 7个,一比一还原行车路况。边缘计算节点从中心云获取应用镜像,依托边缘一体化协同架构,通过和端边缘设备互通,实现对物联网设备的管控。

a) 端侧设备可汇聚路测多个监测设备的监测数据并回传至边缘。端边缘实时获取RSU、摄像头、雷达、车载网关等多个路测设备上报的数据,形成历史网络质量轨迹及区域网络质量热力图,并通过对其纳管的物联网设备下发指令,实现对车联网基础设施的实时监测与管控。最后由端边缘设备(R-MEC)对获取的数据进行实时汇聚,并上传至对应区域的网边缘一体机中。

b) 边缘平台可以对检测设备进行管理,并实现对地图数据的编译。管理员通过部署在极边缘侧的地图管理平台,对监测数据进行分析与编译,生成结构

DeviceList		DeviceList 实体 实时-最后-分				
Name	Label	active ↓	lastActivityTime	lastConnectTime	lastDisconnectTime	
A	a	●	2024/12/5 12:21:51	2024/12/2 15:18:38	2024/12/2 15:17:31	
B	b	●	2024/12/5 12:21:41	2024/12/2 15:18:37	2024/12/2 15:17:29	
C	c	●	2024/12/5 12:21:44	2024/12/2 09:46:58	2024/12/3 17:52:55	
D	d	●	2024/12/5 12:21:41	2024/12/2 15:18:37	2024/12/2 15:17:33	
E	e	●	2024/12/5 12:21:56	2024/12/2 15:18:37	2024/12/2 15:17:33	
F	f	●	2024/12/5 12:21:25	2024/12/2 15:18:38	2024/12/2 15:17:28	
G	g	●	2024/12/5 12:21:49	2024/12/2 15:18:38	2024/12/2 15:17:28	
H	h	●	2024/12/5 12:21:44	2024/12/2 15:18:41	2024/12/2 15:17:04	
I	i	●	2024/5/31 19:22:13	2024/5/31 18:58:12	2024/5/31 19:22:13	
J	j	●	2024/6/3 14:57:58	2024/6/3 14:51:22	2024/6/3 14:57:58	
K	k	●	2024/9/9 12:59:45	2024/9/9 12:41:17	2024/9/9 12:59:45	
L	l	●	Invalid Date	Invalid Date	Invalid Date	
M	m	●	2024/6/27 15:26:42	2024/6/25 14:56:08	2024/6/27 15:26:42	

图6 边端协同算网调度管理系统

化地图数据,并融合环境数据及网络性能数据,计算决策,同时通过5G/V2X将决策消息下发车端,大大降低了车端的事件响应时间。

c) 端侧设备可以接收边侧的数据,并正确分发给车辆。管理员根据业务实际需要,将展示目标路况的最新地图包分发至所有极边缘侧盒子类设备。

d) 通过镜像预热的方式将OTA高精地图分发至端侧(见图7)。当智慧车辆进入端侧设备覆盖区域时,端侧设备向车辆分发最新的地图包,车辆校验车端的地图数据是否与最新地图数据一致,不一致的则进行数据的更新升级。

```
> POST /apis/kubefledged.io/v1alpha2/namespaces/kube-fledged/image-caches? fieldManager=kubectl-create&fieldValidation=Strict HTTP/1.1
> Host: vip.dev.com:6443
> User-Agent: curl/7.61.1
> Accept: application/json
> Content-Type: application/json
> Content-Length: 377
>
* TLSv1.3 (OUT), TLS app data, [no content] (0):
* We are completely uploaded and fine
* TLSv1.3 (IN), TLS handshake, [no content] (0):
* TLSv1.3 (IN), TLS handshake, Newsession Ticket (4):
* TLSv1.3 (IN), TLS app data, [no content] (0):
* Connection state changed (MAX_CONCURRENT_STREAMS==250)!
* TLSv1.3 (OUT), TLS app data, [no content] (0):
* TLSv1.3 (IN), TLS app data, [no content] (0):
* TLSv1.3 (IN), TLS app data, [no content] (0):
< HTTP/2 201
< audit-id: f5123523-391b-449e-89f1-9b03760d0789
< cache-control: no-cache, private
< content-type: application/json
< x-kubernetes-pf-flowschema-uid: 51a6b0d4-dc11-4755-a687-905d8ba5a3dc
< x-kubernetes-pf-prioritylevel-uid: 70bd26ad-3cee-49be-a291-4539ac805eda
< content-length: 1314
< date: Thu, 25 Apr 2024 02:08:05 GMT
```

图7 边端协同镜像编排预热任务示意

通过边端协同提供高可靠低时延服务,网络带宽需求降低至原本的23%,数据传输速率提高80%,实测端侧边缘到边缘计算节点的访问时延低至4.53 ms,平均抖动小于0.2 ms,丢包率趋于0,大幅提升系统的实时性。

4 总结

本文围绕车联网场景对解决“最后一公里”算力下沉问题的核心诉求,基于多层异构边缘计算体系及基础能力,开展关键技术研究、创新能力研发和应用

验证。依托现有5G边缘计算集约化业务支撑平台,打造支持MEC—R-MEC两层边缘结构的统一边缘算网调度管理系统,研发R-MEC极边缘一体机设备原型,并制定了适合运营商资源禀赋的多层边缘算网架构体系标准。同时,研究基于应用服务感知的智能化边缘调度编排算法,构建适配多层边缘计算结构的行业应用孵化环境和“一点分发”能力,高效支持分布式应用开发和灵活部署。无论是园区场景,还是广域车联网场景,均可在管理面和业务面实现与中国联通现有MEC体系的一体化协同。

参考文献:

- [1] 宋向前. 5G通信传输承载网络框架结构技术浅析[J]. 数字通信世界, 2021(9): 133-134.
- [2] 黄韬,汪硕,黄玉栋,等. 确定性网络研究综述[J]. 通信学报, 2019, 40(6): 160-176.
- [3] 方琰崑,李立平,陈亚权. 5G 2B专网解决方案和关键技术[J]. 移动通信, 2020, 44(8): 1-6.
- [4] 文涛,谭蓓,江晓筠. 5G边缘云网业协同方案研究[J]. 邮电设计技术, 2021(9): 51-56.
- [5] 赵远,辛冰,马洪源,等. 边缘计算商业模式及落地部署关键方案[J]. 电信科学, 2020, 36(9): 160-171.
- [6] 张岳,李晓亮. 5G MEC边缘云组网与业务使能研究[J]. 通讯世界, 2020, 27(9): 9-10.
- [7] 郑毅. 基于边缘计算的高效低时延通信传输技术研究[J]. 数字通信世界, 2023(10): 14-16.
- [8] 中国联通. 中国联通边缘计算平台v3.0:架构升级及创新行业场景应用白皮书[R/OL]. [2025-08-26]. https://www.sohu.com/a/809211277_121880955.
- [9] 冯征,周维,卜忠贵,等. 5G边缘计算组网关键技术研究[J]. 移动通信, 2022, 46(1): 1-9.
- [10] 华为云社区. KubeEdge向左, K3S向右[EB/OL]. [2025-08-26]. <https://bbs.huaweicloud.com/blogs/116815>.
- [11] 阿里云云原生. 重磅! 阿里巴巴开源首个边缘计算云原生项目OpenYurt[EB/OL]. [2025-05-14]. <https://segmentfault.com/a/1190000022801570>.
- [12] 王戈. 基于多接入边缘计算的车联网计算服务关键技术研究[D]. 北京:北京邮电大学, 2024.

作者简介:

董紫淼,毕业于南开大学,工程师,硕士,主要从事5G MEC网络相关产品、边端协同领域、MEC等技术研究与创新业务孵化等工作;孔令楠,工程师,硕士,主要从事公有云/私有云网络相关产品设计、网络IT相关产品创新运营等工作;徐亚楠,工程师,硕士,主要从事5G无线技术、MEC等技术研究与创新产品等工作;易非,硕士,主要从事中国联通边缘计算以及车联网OTA关键技术研究 and 解决方案挖掘工作;夏小涵,工程师,硕士,主要从事中国联通边缘计算和边端协同领域相关工作。