

# 面向车路协同 5G 网络端到端切片技术方案研究

李艳芬,王秋红,袁雪琪

(中国电信股份有限公司研究院,北京 102209)

**摘要:**在车路协同系统聪明的车、智慧的路、强大的网和智慧的云 4 个关键因素中,C-V2X 与 5G 构建的强大的网为现阶段车路协同的主体,是车-路-网-云各个要素有效融合和优势互补的桥梁。基于车路协同的车联网业务场景非常丰富,其对网络性能要求各异,5G 网络切片技术可通过定制化逻辑网络组建,为不同业务场景的车联网业务提供端到端的大带宽、低时延、高可靠的灵活定制化服务,实现业务的快速上线和更极致的用户体验。从面向车路协同的业务场景对网络的需求为切入点,围绕 5G 网络切片技术在车路协同中的应用展开研究。

**关键词:** V2X;5G;切片

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

DOI:10.16157/j.issn.0258-7998.222659

中文引用格式: 李艳芬,王秋红,袁雪琪. 面向车路协同 5G 网络端到端切片技术方案研究[J]. 电子技术应用, 2022, 48(3): 9-12.

英文引用格式: Li Yanfen, Wang QiuHong, Yuan Xueqi. Research on end-to-end slicing technology scheme for vehicle-road collaborative 5G network[J]. Application of Electronic Technique, 2022, 48(3): 9-12.

## Research on end-to-end slicing technology scheme for vehicle-road collaborative 5G network

Li Yanfen, Wang QiuHong, Yuan Xueqi

(Research Institute of China Telecom. Ltd., Beijing 102209, China)

**Abstract:** Among the four key factors of vehicle-road cooperation system—smart car, smart road, powerful network and smart cloud, the powerful network built by C-V2X and 5G is the main body of vehicle-road collaboration at the present stage, and a bridge for effective integration and complementary advantages of various elements of vehicle-road-network-cloud. The business scenarios of Internet of Vehicles based on vehicle-road collaborative are very rich, it has different requirements on the network performance. 5G slice technology can be customized logic network, providing end-to-end large bandwidth, low latency, high reliable and flexible customization service for Internet of Vehicles in different business scenarios, to realize the rapid and online business and more extreme user experience. Starting from the network requirements of the vehicle-road collaboration business scenario, this paper focuses on the application of 5G network slicing technology in vehicle-road collaboration.

**Key words:** V2X;5G;network slicing

## 0 引言

由于交通环境的复杂性,单车智能无人驾驶存在各类传感器的可靠性,以及对突发事件响应能力不足的问题,导致无人驾驶需求难以满足<sup>[1]</sup>。因此,车路协同成为通往自动驾驶和未来城市智慧交通的必由之路。车路协同系统包括聪明的车、智慧的路、强大的网和智慧的云 4 个关键因素。其中,C-V2X 与 5G 融合网络构建车路协同强大的网,是车-路-网-云各个要素有效融合和优势互补的桥梁<sup>[2]</sup>。5G 网络切片是 5G 网络关键技术之一,也是为行业用户提供定制化网络的主要方法<sup>[2]</sup>。面向智能车路协同的车联网业务场景非常丰富,其对网络性能要求各异<sup>[3]</sup>,通过 5G 网络切片可提供特定网络能

力,可以为不同业务场景的车联网业务提供端到端的大带宽、低时延、高可靠的灵活定制化服务,实现业务的快速上线和更极致的用户体验<sup>[4]</sup>。

为了实现 5G 网络切片对车联网应用的定制化服务<sup>[5]</sup>,本文研究从以下几个切入点展开。

### (1)车路协同业务需求分析

不同车路协同业务对网络需求不同,通过将车路协同业务进行分类,研究不同业务对网络带宽、时延等特殊化需求。

### (2)车路协同端到端网络切片技术方案

网络切片是贯穿无线网、承载网、核心网端到端网络。本文将通过各个网络切片技术研究,实现对车联网

业务端到端的服务保障。

## 1 车路协同业务需求分析

围绕当前行业中车路协同应用场景,以及各场景对网络指标的需求,可将车路协同业务场景分为远程遥控类、信息服务类、效率类、安全类4类<sup>[6]</sup>。

### 1.1 远程遥控类场景特性及通信需求

典型的远程遥控类场景包括远程遥控自主泊车、矿山遥控作业、物流园遥控作业、港口远程遥控作业等。该类业务对实时性、可靠性要求非常高,对数据传输延时与丢失有严格要求,要求通信信道具备较高的安全防护等级。

### 1.2 信息服务类场景特性及通信需求

典型信息服务类场景包括车载娱乐信息下载、场站路径引导服务和高精地图动态更新等。该类业务场景通常都属于连续性有大带宽需求的场景,需满足高速移动性需求,部分场景对时延和计算要求较高。

### 1.3 效率类场景特性及通信需求

该类业务场景又可以细分为两小类场景,一类为车辆编队类场景,对时延要求比较低,可靠性高,消息发送频率比较高,业务连续性需求较低;另一类场景为动态车道管理以及汽车近场支付等,该类场景则对时延和可靠性要求较低一些,对连接数要求要高一些。

### 1.4 安全类场景特性及通信需求

典型场景有协作式车辆汇入和协作式交叉路口通

行等。该类业务场景通常通信范围较小,可靠性高,业务连续性需求低,平台需求普遍较低,除部分感知需求的场景外,其他场景计算和存储能力需求都不高。

### 1.5 典型场景特性及通信需求

下面针对上述4类场景中的典型场景进行通信性能需求<sup>[7]</sup>的介绍,如表1所示。

## 2 车路协同端到端网络切片技术研究

智能车路协同应用场景对应于3GPP定义的4种类型,即eMBB(enhanced Mobile Broadband)、URLLC(ultra-Reliable and Low Latency Communications)、mMTC(massive Machine Type Communications)和V2X(Vehicle to Everything)<sup>[8]</sup>。对于远程遥控类场景、信息服务类场景、效率类场景、安全类场景业务,由于每个业务传输的数据包括控制指令、状态量、图片、视频等,相应的对网络的带宽、时延、可靠性、移动性、覆盖范围和用户数等都有不同的要求。

为了满足这些需求,需要通过5G网络切片技术实现。5G网络切片是将5G物理网络切分为多个逻辑网络以实现一网多用,从而构建多个专用、虚拟、隔离、按需定制的逻辑网络,满足不同业务对网络能力的不同要求(如低时延、高带宽、大连接等)。5G网络切片实现统一基础设施网络适应多业务需求,从而提供更好的用户体验。5G网络切片涉及无线网、承载网、核心网和终端端到端技术方案。

表1 典型场景通信需求

场景类别	典型场景名称	通信性能需求
远程遥控类	远程遥控自主泊车	(1)业务移动性要求:支持业务移动性,终端不固定,车速在0~15 km/h范围内; (2)消息发送频率:10 Hz; (3)业务上下行峰值速率要求:上行峰值速率在25 Mb/s,下行峰值速率在1 Mb/s; (4)业务容忍最大时延要求: $\leq 5$ ms; (5)可靠性要求:99.999%
	高精地图动态更新	(1)业务移动性要求:终端不固定,支持业务移动性,车速范围在0~120 km/h; (2)消息发送频率: $\geq 1$ Hz; (3)业务上下行峰值速率要求:上行 $\geq 150$ Mb/s,下行 $\geq 20$ Mb/s; (4)业务容忍最大时延要求: $\leq 100$ ms; (5)可靠性要求: $\geq 99.9$ %
信息服务类	协作式车辆汇入	(1)业务移动性要求:终端不固定,支持业务移动性,速率在0~120 km/h; (2)消息发送频率:10 Hz; (3)业务容忍最大时延要求: $<100$ ms
安全类	协作式交叉口通行	(1)业务移动性要求:终端不固定,速率在0~70 km/h; (2)消息发送频率:10 Hz; (3)业务容忍最大时延要求: $<100$ ms
	协作式车辆编队	(1)业务移动性要求:终端不固定,速率在0~120 km/h; (2)消息发送频率:50 Hz; (3)业务上下行峰值速率要求:上行 $\geq 10$ Mb/s,下行 $\geq 1$ Mb/s; (4)业务容忍最大时延要求: $\leq 50$ ms; (5)可靠性要求:上下行均要求 $\geq 99.999$ %
效率类	动态车道管理	(1)业务移动性要求:终端不固定,速率在0~70 km/h; (2)消息发送频率:10 Hz; (3)业务容忍最大时延要求: $<100$ ms

## 2.1 无线网切片技术方案

由于 V2X 相关切片标准尚未制定完成, mMTC 暂时还没有规模应用。车路协同业务目前考虑用 uRLLC 和 eMBB 切片来分别承载, 根据不同的网络性能需求, 无线网子切片基于 PRB 资源预留或切片级 QoS 调度来做优先保障。

(1) 资源保障策略: 采用 PRB 资源保障策略, 给特定切片组分配部分独占资源, 网络拥塞时也能保障切片业务体验。PRB 资源保障分为静态和动态模式。静态模式下, 业务需求完全独占 PRB 资源; 动态模式下, 保障一定独占 PRB 预留资源, 其他资源按调度策略。

(2) 切片级的调度优先级管理: 在传统 QoS 优先级调度基础上, 无线新增支持切片 ID+5QI 的调度优先级配置, 实现不同切片下相同 5QI 的差异化保障。如 5QI 9 对应的调度优先级配置为 13, 为了实现切片 1、2、3 的差异化保障, 可以设置切片 1 的调度优先级为 12, 切片 3 的调度优先级为 14, 此时无线资源调度顺序为切片 1>切片 2>切片 3。

(3) 切片级接入控制: 根据 SLA 设置每切片允许接入的用户数以及每切片的 DRB 接入独占门限, 实现切片级的接纳控制, 保障每切片上已接入用户的业务体验。

基于每个切片业务特性区分, 无线子切片可以参考表 2 所示资源调度策略。

表 2 车联网切片无线资源策略

场景类别	切片类型	RB 资源
安全效率类切片	PRB 资源预留	基于切片组完全预留
安全效率类切片	QoS 调度	共享资源优先调度
远程遥控类切片	PRB 资源预留	基于切片组完全预留
远程遥控类切片	QoS 调度	共享资源优先调度
信息服务切片	QoS 调度	共享资源优先调度

## 2.2 承载网切片技术方案

承载网可以分为硬切片和软切片。硬切片采用 FlexE (Flexible Ethernet)/MTN (Metro Transport Network) 接口隔离或 MTN 交叉隔离两种技术; 软切片通常指采用 VPN (Virtual Private Network)+QoS 实现多个业务在一个物理基础网络上的相互隔离。

对于安全性要求高的车联网业务(如局域远程遥控类切片等), 建议采用硬切片, 其他对时延不敏感的业务建议采用软切片。

对于安全隔离性要求不高业务, 一般采用承载软切片方案。

软切片可以基于现有传输网, 提供 VPN 通道即可, 连接非常灵活。承载网络按照 2B 和 2C 设置两类切片, 采用 VPN 软切片方式, 车联网切片内部采用 PQ 队列调度, 2C 业务采用 WFQ 队列调度, VLAN 内通过 5QI 到 DSCP 映射来保证各专线业务的优先级。

## 2.3 核心网切片技术方案

5G 核心网基于网络功能虚拟化 NFV 技术, 使其可以按需选择不同隔离策略。根据实际业务需求和网络情况选择隔离方案, 包括 3 种方式:

- (1) 控制面网元和用户面网元全共享方式;
- (2) 控制面网元共享、用户面网元 UPF 新建, 满足本地分流、低时延和高隔离的要求;

(3) 控制面网元和用户面网元均新建, 这种方案对于建设成本、组网复杂度、管理运维都带来压力, 多数情况下不推荐。

对于时延要求比较低的业务, 车联网应用服务器建议放在 MEC。如果应用服务器放在云上或远处的 IDC, 则 UPF 到应用服务器之间是入云专线或 STN 等有线专线。

## 2.4 终端切片技术方案

终端将协助网络选择无线网、承载网以及核心网络的切片方案, 从而面向不同车路协同业务实现在 5G 网络内端到端切片服务的目标。

5G 终端切片基本方案包括基于 APPID、IP 三元组、DNN 等多种业务颗粒度的切片基本服务能力。

5G 终端涉及消费者终端(智能手机)和行业终端(行业 CPE 等), 对于切片的支持, 在使用场景、业务标识获取、实现方案上存在一定差异。

受限于终端自身操作系统、芯片等因素, 5G 终端切片能力成为 5G 网络切片技术在车路协同业务商用的主要瓶颈。目前 5G 终端对多业务场景多切片的支持较弱, 商用消费者终端尚未支持单终端多切片。

## 3 结论

5G 网络切片是 5G 网络设计中引入的原生技术, 是为垂直行业而生的 5G 新能力, 车路协同产业已经成为垂直行业中研究人员重点关注的热点之一。本文将车路协同业务分为 4 个大类, 基于不同场景业务给出网络需求, 并论述了无线网、承载网、核心网、终端切片技术方案, 为实际的示范落地和产品落地提供了技术支撑。

## 参考文献

- [1] KUNZ A, NKENYEREYE L, SONG J. 5G evolution of cellular IoT for V2X[C]//IEEE Conference on Standards for Communications and Networking. IEEE, 2018.
- [2] HAKEEM S, HADY A A, KIM H. 5G-V2X: standardization, architecture, use cases, network-slicing, and edge-computing[J]. Wireless Networks, 2020, 26(6): 1-27.
- [3] CAMPOLO C, MOLINARO A, IERA A, et al. 5G Network Slicing for Vehicle-to-Everything services[J]. IEEE Wireless Communications, 2018, 24(6): 38-45.
- [4] ETSI TS 138 300-2021.5G; NR; NR and NG-RAN overall description; stage-2(V16.5.0; 3GPP TS 38.300 version 16.5.0 Release 16)[S]. 2021.
- [5] MEI J, WANG X, ZHENG K. Intelligent network slicing for V2X services toward 5G[J]. IEEE Network, 2019, 33(6):

196-204.

- [6] BOBAN M, KOUSARIDAS A, MANOLAKIS K, et al. Connected roads of the future: use cases, requirements, and design considerations for vehicle-to-everything communications[J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2018, 13(3): 110-123.
- [7] 张龙, 周秀杰, 王秋红. 面向车路协同的端到端切片实践[J]. 移动通信, 2021, 45(6): 4.
- [8] ALBONDA H, PEREZ-ROMERO J. An efficient RAN slicing strategy for a heterogeneous network with eMBB and V2X services[J]. IEEE Access, 2019, 7: 44771-44782.

(收稿日期: 2022-02-20)

## 作者简介:

李艳芬(1983-), 通信作者, 女, 硕士, 主要研究方向: V2X、5G、核心网、天线, E-mail: liyanfen@chinatelecom.cn。

王秋红(1985-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: V2X、5G、核心网。

袁雪琪(1991-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: V2X、5G、天线。



扫码下载电子文档

(上接第 4 页)

中国新通信, 2015, 17(17): 99-100.

- [10] 辛冉, 高深, 阮博男. 5G 核心网网元服务异常检测[J]. 信息通信技术与政策, 2021(11): 89-96.
- [11] 陈庆勇, 桑建, 刘朋, 等. 5G 智慧校园专网方案研究[J]. 通讯世界, 2020, 27(6): 7-8.
- [12] Kashif Sultan. 5G 移动通信网络中的呼叫记录分析[D]. 北京: 北京科技大学, 2019.
- [13] 张宏庆, 贾利. 基于人工智能与 5G 通信的医疗检测设备管理系统设计[J]. 电子设计工程, 2021, 29(11): 113-116, 121.
- [14] 全文革. 5G 时代, 设备信息化管理迎来新模式[J]. 中国设备工程, 2020(5): 9-11.

- [15] 张敏, 李昆仑. 5G 网络能力开放及平台部署研究[J]. 电信技术, 2018(12): 30-35.

(收稿日期: 2022-02-17)

## 作者简介:

冯毅(1976-), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 主要研究方向: 5G 行业专网、5G 边缘计算、移动网新技术及应用。

秦小飞(1988-), 通信作者, 男, 本科, 工程师, 主要研究方向: 5G 行业专网、5G 专网数字化运营, E-mail: qinxf9@chinaunicom.cn。

张勍(1987-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 5G 行业专网、移动网新技术及应用。



扫码下载电子文档

(上接第 8 页)

电子测试, 2021(12): 59-60, 81.

- [8] 张平, 陈昊. 面向 5G 的定位技术研究综述[J]. 北京邮电大学学报, 2018, 41(5): 1-12.
- [9] 潘品鑫. 5G 移频 MIMO 室内覆盖的改造与实现[J]. 电信快报, 2021(7): 22-24.
- [10] 丁远, 王楚锋. 4.4\*4 MIMO 实现 5G 室分系统的研究[J]. 信息技术与信息化, 2019(4): 141-143, 147.

(收稿日期: 2022-02-17)

## 作者简介:

张勍(1987-), 通信作者, 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 5G 行业专网、移动网新技术及应用, E-mail: zhangq49@chinaunicom.cn。

冯毅(1976-), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 主要研究方向: 5G 行业专网、5G 边缘计算、移动网新技术及应用。

秦小飞(1988-), 男, 本科, 工程师, 主要研究方向: 5G 行业专网、5G 专网数字化运营。



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