



专题：车联网与安全

基于车联网远程驾驶的虚拟资源智能协同管理技术

彭新玉¹, 周扬², 董振江³

(1. 南京未来网络产业创新有限公司, 江苏 南京 211000;

2. 耀维科技南京有限公司, 江苏 南京 210008;

3. 深圳市人工智能行业协会, 广东 深圳 518000)

摘要: 从车联网远程驾驶应用场景入手, 分析远程驾驶对网络通信的具体需求, 系统提出技术分析方案。首先, 在终端侧引入移动边缘计算 (mobile edge computing, MEC) 技术, 提供低时延、大带宽和高可靠的边缘计算服务; 其次, 在网络侧进行虚拟资源协同调度和智能故障预测技术分析, 完成远程驾驶所需网络资源的全局管理; 最后, 在平台侧对智能车辆集成控制服务和与 SDN 云控制中心相关的技术进行分析, 从而实现远程驾驶车辆的智能应用。

关键词: 远程驾驶; 移动边缘计算; 网络资源调度; 智能协同管理; 车辆集成控制

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020123

Intelligent collaborative management technology of virtual resources based on internet of vehicles remote driving

PENG Xinyu¹, ZHOU Yang², DONG Zhenjiang³

1. Nanjing Future Network Industry Innovation Co., Ltd., Nanjing 211000, China

2. Ztebright Technology Nanjing Corporation, Nanjing 210008, China

3. Shenzhen Artificial Intelligence Industry Association, Shenzhen 518000, China

Abstract: Starting from the application scenario of internet of vehicles remote driving, the specific requirements of remote driving for network communication were analyzed. The technical analysis scheme was put forward systematically. First of all, mobile edge computing technology was introduced on the terminal side to provide, low latency, large bandwidth and high reliability edge computing services. Secondly, virtual resource cooperative scheduling and intelligent fault prediction technology were analyzed on the network side, to complete the global management of network resources for remote driving. Finally, the related technologies of the intelligent vehicle integrated control service and SDN cloud control center were analyzed on the platform side, so that the intelligent application of remote driving vehicle was realized.

Key words: remote driving, mobile edge computing, network resource scheduling, intelligent collaborative management, vehicle integrated control

收稿日期: 2020-02-20; 修回日期: 2020-04-02

基金项目: 江苏省战略性新兴产业重大载体项目 (No.2014NFG52301)

Foundation Item: Major Carrier Projects of Strategic Emerging Industries in Jiangsu Province (No.2014NFG52301)



1 引言

随着智能控制、网络通信和边缘计算等技术的快速发展,远程驾驶越来越趋于成熟,并逐步由实验测试走向现实应用。而实现车辆的远程高精度控制、高可靠性驾驶和群体协同调度等,对支撑网络虚拟资源智能协同管理等提出更高的要求。

本文重点针对车联网远程驾驶应用场景进行需求分析。远程驾驶业务应用对网络通信的即时响应、虚拟资源调度、故障智能检测和智能车辆控制等方面提出更高要求,现有网络难以满足远程驾驶应用服务需求,亟需对在云边端的通信技术和架构做针对性的改进,以更好地推动远程驾驶稳步发展^[1]。

本文首先分析远程驾驶应用对网络通信的具体需求,引入移动边缘计算技术,针对远程驾驶应用场景进行虚拟资源智能协同管理系列关键技术分析,以解决远程驾驶需求带来的技术难题。

2 远程驾驶应用需求分析

危险、有毒、艰苦的特殊性场景,如矿山、化工和油田等区域,不适宜驾驶人长期工作,采用远程驾驶更高效和安全。远程控制云平台通过车联网向目标车辆发出远程操作请求,同时车辆将相关系列数据上报云平台;形成群体车辆的全网视图,生成车辆整体调度策略,以实现智能车辆集成控制;云平台实时监控车辆行驶轨迹和运行状态,并实时响应行驶车辆发出的相关请求,从而达到远程驾驶的目的。

通过车联网的智能路测感知系统,对道路周边交通参与者的相关参数进行智能感知,对目标车辆的即时位置、相对速度、轨迹属性和异常数据等进行实时跟踪。目标车辆需要有效地应对瞬时变化的路况,并对随时出现的异常状况做出即时反应。远程驾驶应用对实时性要求很高,支撑

网络通信需要极短的接入时延。通过现有集中云计算中心无法实现上述低时延要求,需要进行技术改造实现整体系统的毫秒级时延。

由于远程驾驶占用的网络跨度较大,可能产生的局部网络拥塞,会极大地影响远程驾驶信息交换的系统时延和安全性,系统需充分保障远程驾驶所需网络的低时延、高可靠和高安全需求。

远程驾驶云平台提供智能车辆调度系统,综合云平台获取的全局信息(如个体车辆的状态信息、其他车辆的状态信息、路况、车辆距离、参数优化等)形成全网视图,生成车辆整体调度策略,以实现目标车辆的远程驾驶^[2]。

综上所述,远程驾驶应用需要极高的智能性、可靠性、稳定性和灵敏性,车路网协同处理各种场景,并需要协同调度和优化车辆的运行,对车联网方案的时延、稳定性和可靠性提出了极高的要求,具体需求描述如下。

(1) 低时延、大带宽和高可靠的网络需求

远程驾驶对车辆操控的实时性要求很高,在一般远程驾驶应用中,端到端的时延要求控制在1 ms以内。同时,需要大带宽和高可靠的网络支撑,以确保远程驾驶的视频和雷达等信息及时回传,实现准确把握和即时操控。

(2) 网络满足资源的弹性需求

在远程驾驶应用中,目标车辆的所属类型、运行状态和行驶速度均有所不同,同时目标车辆所处的环境也不可能完全一样,所以,车辆数据将呈现多域、多模态和复杂化。为了确保驾驶员对目标车辆进行远程稳定操控,系统需要弹性网络资源按需分配,以适应复杂多变的车辆运行环境和多域多模车辆数据处理。

(3) 快速检测 and 智能预测故障需求

对于远程驾驶应用而言,车辆和关联系统安全尤为重要,所以需要对异常状况进行快速检测,并能够对常见故障进行智能预测,通过提前自动

避障和人工干预等来减少远程驾驶的安全事故。

(4) 车辆智能协同全局调度需求

随着远程驾驶业务的逐渐普及, 关联车辆的数量也将逐步增多, 驾驶员需要对群体车辆的整体运行状态、队列情况和行驶轨迹等全局掌握, 从而对区域内的目标车辆进行智能调度, 协同远程驾驶。

(5) 系统安全应急处置预案需求

远程驾驶需要对业务死锁等系统安全性问题提供应急解决方案, 通过静态方式为业务调度资源, 并通过智能学习逐步优化安全处置预案。

3 虚拟资源智能协同管理技术架构

针对远程驾驶应用对网络通信提出的上述需求, 对远程驾驶应用场景的云边端虚拟资源智能协同管理技术进行研究。引入移动边缘计算提供低时延、高可靠的网络环境; 引入虚拟资源协同管理平台实现虚拟资源协同管理和智能预测网络故障; 建设远程驾驶云控制中心, 通过智能车辆集成控制服务实现相关决策在目标车辆执行。基于车联网远程驾驶的虚拟资源智能协同管理技术

架构如图1所示。

本文主要从3个层面进行相关技术分析。

(1) 边缘计算层

远程驾驶涉及目标车辆大量的连接设备, 而多种设备之间、多台车辆之间的协同都需要实时进行。为了有效地解决网络带宽的限制、降低数据传输带宽、减少时延、确保系统即时性, 引入移动边缘计算技术。

移动边缘计算提供车辆设备端的异构计算和边缘存储能力, 具有极高的可靠性和可用性。通过移动边缘计算技术, 大量的数据在边缘侧分析、处理和存储, 无须全部上传到中心管理平台, 从而最大限度地实时响应。移动边缘计算一方面支持多样性异构终端的灵活接入; 另一方面保护隐私数据, 降低敏感数据和隐私数据的泄露风险。

后面继续围绕移动边缘计算中的资源优化调度与管理问题展开分析。

(2) 协同管理层

边缘计算层除了提供低时延和高可靠性的边缘环境, 还需要在网络侧进行虚拟资源管理和智能故障预测技术分析, 从而全局协同调度远程驾

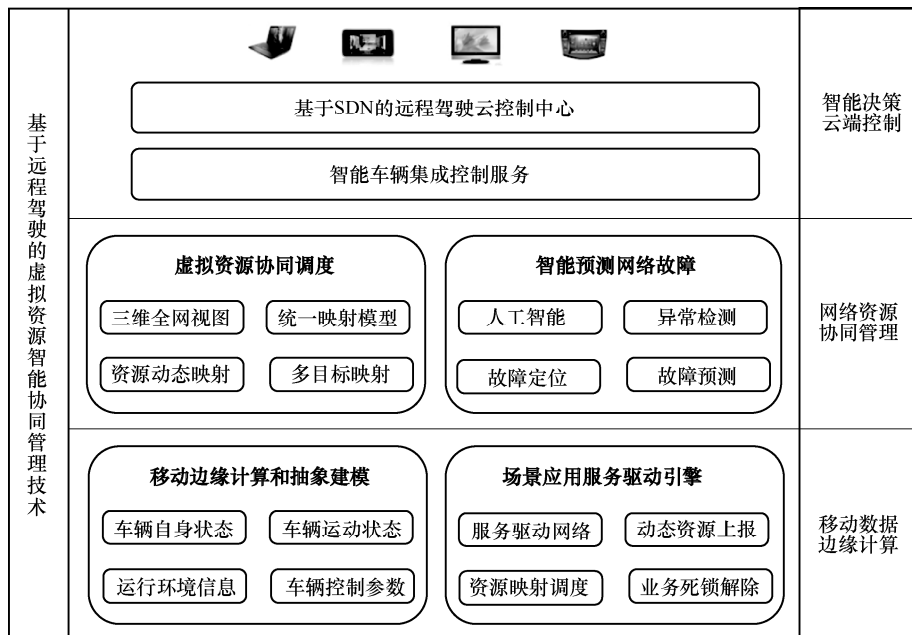


图1 虚拟资源智能协同管理技术架构



驶所需的网络资源。

通过全局协同调度技术对全网进行资源虚拟化,并形成全局调度视图,对网络资源进行统一调配,实现群体车辆协同调度;对业务进行抽象,生成服务组件库,实现业务快速交付。

通过智能故障预测技术:一方面,实现网络异常的快速检测;另一方面,对多种网络故障进行积累、记忆、学习和训练,从而形成网络故障智能预测机制。

(3) 云端控制层

实现远程驾驶的智能应用,还需要智能车辆集成控制服务和远程驾驶云控制中心等相关技术的支撑。

系统接收边缘计算层传来的目标车辆综合数据和各类服务信息等,并结合协同管理层对网络资源调度和智能网络故障预测信息进行综合分析,形成群体车辆的全网视图,生成车辆整体调度策略,以实现智能车辆集成控制。

通过建设基于 SDN (software defined networking, 软件定义网络) 技术的远程驾驶云控制中心,对相关技术进行测试和验证。

4 关键技术实现方案

本文主要分析基于车联网远程驾驶的虚拟资源智能协同管理技术,建立一套完善、高效、可

扩展、实用性强的云边端虚拟资源智能协同管理平台,该平台为远程驾驶人员管理人员提供网络全局视图,提高管理效率。

4.1 移动边缘计算和抽象建模技术

针对远程驾驶应用的车辆数据接入和预处理的相关需求,在车辆终端侧建立边缘计算环境,提供低时延和高可靠性的网络环境;同时,进行车辆数据抽象建模工作,方便上层平台灵活调用。

通过引入移动边缘计算技术,在靠近网络边缘的基站中部署边缘计算服务器。在车辆终端侧部署智能网关,就近从车辆环境获取数据,边缘计算服务器车辆大数据进行预处理,就近提供边缘智能服务,不需要将大量数据上传到远端的中心管理平台,移动边缘计算系统架构如图 2 所示。

移动边缘计算技术为远程驾驶应用提供低时延、大带宽的网络服务。移动边缘计算服务在靠近车辆的终端设备上运行,大大地降低了系统时延,最大限度地达到车辆终端的即时响应、随机应变。同时,通过移动边缘计算,将业务应用下沉到本地化近端部署;移动边缘计算对与采集车辆相关的数据进行过滤和筛选之后再上传,从而可以尽量减少回传数据量,有效降低对网络回传带宽的要求,减少传输网络的堵塞,相应的网络速率也会因此大大增加^[3]。

远程驾驶的车辆在高速运动过程中,位置信

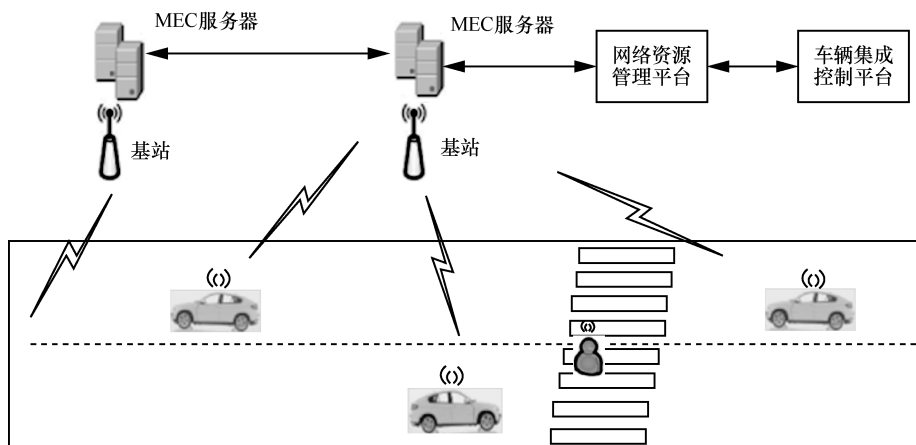


图 2 移动边缘计算系统架构

息会快速地变化。通过移动边缘计算服务,能够很精确地实时感知目标车辆的位置变动信息,为系统协同调度和可靠安全提供支撑。

为了缩短整体系统的时延和提高上层管理平台的调用效率,本文需要进行多域多模态复杂数据分类与数据表征。远程驾驶环境下,底层不同车辆传输的数据在形式上存在很大的异构性,因此需要对这些车辆底层数据进行建模,即对底层数据进行组织与抽象,以便于下一步应用。本文拟采用基于本体模型的数据表征方法,通过对各式各样的车辆底层数据建立统一的抽象逻辑模型,使数据易于表达、推理和共享。

车辆数据抽象建模工作在边缘计算环境中完成。同时,车辆底层数据的抽象逻辑模型将在边缘计算数据中存储,由上层管理平台根据需要灵活地进行调用。

4.2 服务驱动的虚拟资源平台映射调度技术

本文采用服务驱动网络的设计思路,在车辆终端侧建设边缘计算环境。一方面,车辆终端根据自身的应用服务,对网络侧提出具体的资源需求,并建立相应的虚拟化映射保障应用服务质量;另一方面,提出资源限制或由业务冲突引起的业务死锁的解决方案,提供高效灵活的资源适配方法。

远程驾驶应用场景的不同导致网络虚拟资源请求复杂多样:时间敏感的请求需要尽量少的跳数;高带宽请求可以允许时延,但是要尽量利用空闲带宽;有的业务请求属于计算密集型,需要根据工作负载动态伸缩、调整虚拟机数量。这些业务请求在真实情况下可能一起到达并被映射,所以应分析多目标联合映射技术,具体分析方案是:在不同的映射目标下使用不同的训练函数,对网络资源进行排序和分配,同时,考虑优化目标之间的相互影响权值,实现多目标下的综合优化映射^[4]。

虚拟化映射模块将基于底层状态感知、虚拟

化抽象模型和切片隔离技术,对整个网络的资源进行优化调度。三维资源需要统一分配,实现网络虚拟化映射和计算存储虚拟化的相互联系和配合,因此要对三维资源映射问题进行建模,并在此基础上进行映射问题分析。

本文建立统一的资源调度模块,为上层到达的业务请求提供业务适配,保证资源的高利用率,防止资源分配不当而引起的业务死锁。在业务运行过程中,网络资源可能会存在临时受限、业务冲突等现象,进而引起业务应用死锁的情况;此时需要通过静态方式为业务调度资源,从而为远程驾驶应用业务提供高效灵活的资源适配方法。

4.3 网络虚拟资源平台全局调度视图技术

为了实现群体车辆的网络资源协同调度,需要对全网进行资源虚拟化,并形成全局调度视图,对网络资源进行统一调配。本文提出了网络虚拟资源平台全局调度视图技术。

边缘计算环境将目标车辆的融合数据和服务引擎的资源需求上报之后,虚拟资源的协同调度成为重要任务。本技术分析远程驾驶应用服务-物理资源-虚拟资源的三维视图构建,在已有物理资源全局视图的基础上,感知各项远程驾驶应用服务请求在各物理设备上的虚拟化资源使用状态,构建服务请求到物理设备再到虚拟化资源的三维映射模型,方便网络管理者进行快速的远程驾驶应用业务部署、资源分配和故障定位,提高网络可维护性,降低网络维护成本^[5]。

为了更好地实现业务在适配层注册,提出了多业务感知机制(即一种统一的业务注册接口)以完成业务注册并提供后续流程的入口。通过对业务情景的感知,将情景与业务所请求的服务相映射,动态适应业务对资源的使用;通过对业务的感知,设置网络传输策略,提高数据的传递效率。

随着远程驾驶应用场景的增加,用户对业务需求也将多样化。快速的业务交付机制是适配层



对上层业务支持的重要部分,本文支持采用多级抽象方法,首先将资源进行第一级抽象、细化,分解成独立、不可再分的基础逻辑资源;其次将基础逻辑资源按照逻辑上的概念组合成逻辑对象作为第二级抽象,从而形成可被服务组件操作的逻辑对象;最后第三级抽象通过将这些逻辑对象以及其操作组合抽象成服务组件,以满足上层业务对资源的灵活使用需求。

4.4 基于人工智能的虚拟化资源协同运维技术

目前大部分异常检测算法的性能会受到训练集无法包含足够多的远程驾驶网络异常情况的影响,而异常在实际发生的频率很低,任意训练集都不太可能覆盖足够多的网络异常情况,从而导致无法检测新的未知异常情况。因而,本文结合模糊分类理论和在线学习理论,赋予异常检测器在变化分类情况下进行网络异常检测的能力。

针对网络属性搜索空间巨大、不能及时进行异常定位的问题,本文提出一种结合自适应搜索算法和分层剪枝策略的方法以克服搜索空间巨大的问题。然后,针对难以对海量异常报警的空间和时间特征进行聚合的问题,提出了快速分层聚合的方法。

本文在长期人工智能技术积累的基础上,对整个车辆网络系统的故障和异常情况进行智能预测和提前告警,通过长短期记忆神经网络等手段来对系统现有状态以及过往数据进行学习,完成对短期内系统错误的预测^[6]。这种短期错误预测对于发现潜在风险和降低错误的危害性有很大的帮助。通过与远程驾驶故障溯源能力的结合,对缩短故障恢复时间起到重要的作用,为运维系统对故障的快速反应提供基础。

4.5 基于综合数据分析的智能车辆集成控制云服务系统

按照本文的整体架构,在边缘计算层实现目标车辆数据的智能感知和汇聚接入,进行抽象建模,将相关数据存储到边缘计算数据库中,各应

用场景中也会将多个服务通过引擎上报;在协同管理层,一方面通过虚拟资源协同调度技术实现网络资源统一调配、群体车辆协同调度等,另一方面通过人工智能技术实现网络异常的快速检测,形成网络故障智能预测机制;最终需要建设云服务平台以实现智能车辆集成控制。

系统平台接收边缘计算层传来的目标车辆综合数据和各类服务信息等,并结合协同管理层对网络资源调度和智能网络故障预测信息进行综合分析,形成群体车辆的全网视图,生成车辆整体调度策略,以实现智能车辆集成控制。车辆调度策略通过网络侧下发到边缘计算端,进而加载到目标车辆上,执行车辆调度策略,实现群体车辆协同工作^[7]。

智能车辆集成控制云服务系统包含以下 4 个子系统。

(1) 目标车辆实时数据采集子系统

本文中通过边缘计算环境的数据智能感知和接入模块实现。

(2) 车辆大数据分析子系统

平台接收边缘计算层传来的目标车辆综合数据和各类服务信息等,并结合协同管理层对网络资源调度和智能网络故障预测信息进行综合分析,优化控制参数。

(3) 智能车辆调度子系统

综合云平台获取的全局信息(如个体车辆的状态信息、其他车辆的状态信息、路况、车辆距离、参数优化等)形成调度策略,下发至车辆传感器接收模块,控制车辆行驶。

(4) 智能车辆集成控制子系统

分析实现先进车辆底盘控制的各个控制子模块(如防抱死制动/驱动防滑、车身稳定控制、四轮转向和电子助力转向系统等)之间以及其与无人驾驶自主车辆的纵向、横向运动控制及紧急状态控制的协调架构。

智能车辆集成控制云服务系统架构如图 3 所示。

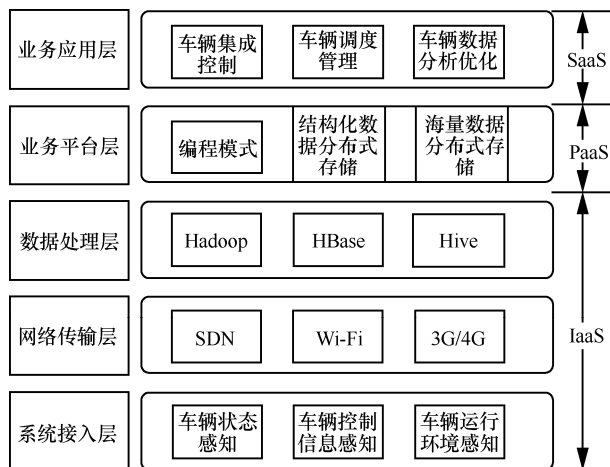


图3 智能车辆集成控制云服务系统架构

4.6 基于 SDN 技术的远程驾驶云控制中心

本文通过SDN技术搭建的远程驾驶云控制中心将计算、存储、网络资源虚拟化，同时开放可编程接口，可以更好地支撑多种远程驾驶业务用户隔离、网络资源按需分配、网络架构灵活调整和网络配置集中管理等^[8]。基于SDN技术搭建的远程驾驶云控制中心架构如图4所示。

本文将在数据中心及端局部署内容调度与分发网络系统，有效地缓解骨干网络的带宽压力。基于VxLAN（virtual extensible local area network，虚拟扩展局域网）技术构建跨域的虚拟专网，并

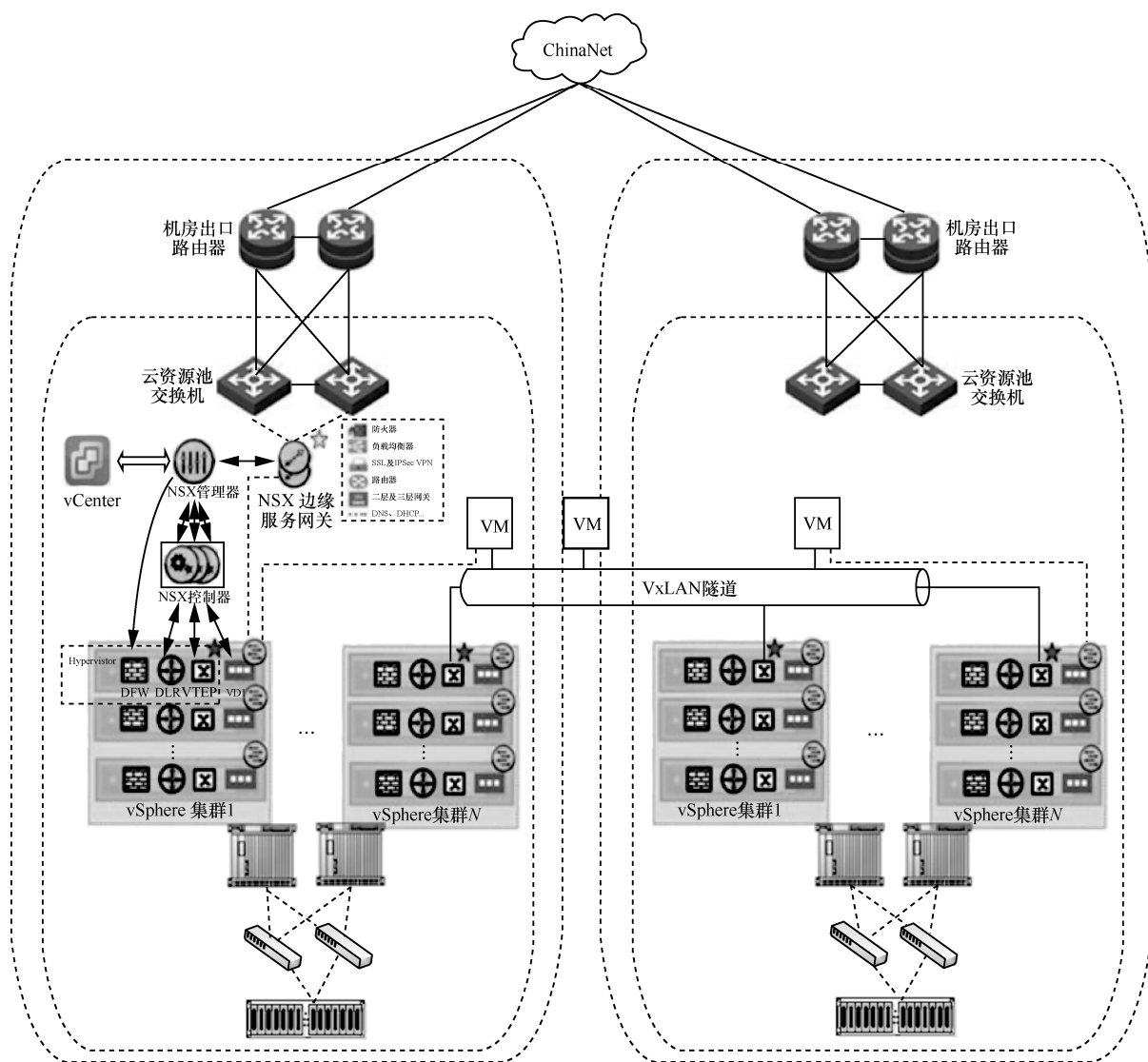


图4 基于SDN技术的远程驾驶云控制中心架构



通过基于SDN的混合云实现私有云和公有云间的无缝衔接。

5 结束语

本文从车联网远程驾驶应用场景入手,分析远程驾驶对网络通信的具体需求,系统地分析基于车联网远程驾驶的移动边缘计算、资源协同管理和云端智能控制等技术。在终端侧引入移动边缘计算技术,提供低时延、大带宽和高可靠的边缘计算服务;在网络侧进行虚拟资源协同调度和智能故障预测技术分析,完成远程驾驶所需网络资源的全局管理;在平台侧对智能车辆集成控制服务和与SDN云控制中心相关的技术进行分析,从而实现远程驾驶车辆的智能应用;形成一个完备闭环的基于车联网远程驾驶的虚拟资源边缘网络虚拟化资源平台。

后续需要围绕以下几个方面开展深入分析、研究和实践:研究远程驾驶细化的业务应用场景,并深入分析不同业务对网络的差异化要求;深入研究远程驾驶端到端的安全机制,考虑引入可信计算和区块链的技术;从发送、接收、存储和使用等层面综合考虑如何保护远程驾驶车辆的隐私数据,降低终端敏感数据隐私泄露的风险;与通信厂商、运营商一起推动远程驾驶网络通信领域的标准制订工作;在未来网络试验设施创新应用平台上,开展关键技术的测试实验和方案验证工作,以推动相关技术方案尽快成熟商用,支撑远程驾驶应用创新,推动车联网产业稳步发展。

参考文献:

- [1] 李苑玮, 武迎迎, 曹石. 车辆远程控制技术的发展现状和趋势[J]. 装备制造技术, 2018(3): 86-88.
LI Y W, WU Y Y, CAO S. Present situation and trend of vehicle remote control[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2018(3): 86-88.
- [2] 姚垠国, 段敏, 张恒. 基于GPS的智能驾驶汽车循迹控制研究[J]. 汽车实用技术, 2019(20): 26-27.
YAO Y G, DUAN M, ZHANG H. Research on tracking control of intelligent driving vehicle based on GPS [J]. Automobile Applied Technology, 2019(20): 26-27.
- [3] 张建敏, 谢伟良, 杨峰义, 等. 移动边缘计算技术及其本地分流方案[J]. 电信科学, 2016, 32(7): 132-139.
ZHANG J M, XIE W L, YANG F Y, et al. Mobile edge computing technology and its local offloading scheme [J]. Telecommunications Science, 2016, 32(7): 132-139.
- [4] 尹浩, 乔波. 大数据驱动的网络信息平面[J]. 计算机学报, 2016(1): 126-139.
YIN H, QIAO B. Big data driven network information plane[J]. Chinese Journal of Computers, 2016(1): 126-139.
- [5] 冶忠林, 赵海兴, 张科. 基于多视图集成的网络表示学习算法[J]. 计算机科学, 2019, 46(1): 117-125.
YE Z L, ZHAO H X, ZHANG K. Network representation learning algorithm based on multi-view integration [J]. Computer Science, 2019, 46(1): 117-125.
- [6] 蔡珩, 戈磊. 智能化网格电信系统的故障预测方法[J]. 电信科学, 2018, 34(6): 189-197.
CAI H, GE L. Fault prediction method for intelligent grid telecommunication system[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(6): 189-197.
- [7] 程军, 崔继波, 徐光辉, 等. 车辆控制系统集成开发系统[J]. 汽车工程, 2000, 22(2): 109-114, 108.
CHENG J, CUI J B, XU G H, et al. Vehicle control system integrated development system [J]. Automotive Engineering, 2000, 22(2): 109-114, 108.
- [8] 林园清. 剖析SDN在云数据中心的应用与部署[J]. 信息通信, 2019(3): 235-236.
LIN Y Q. Analysis of the application and deployment of SDN in cloud data centers [J]. Information Communications, 2019(3): 235-236.

[作者简介]



彭新玉(1973—), 男, 南京未来网络产业创新有限公司项目总监、高级工程师, 长期从事与网络通信相关的工作, 主要研究方向为网络通信、工业互联网和人工智能等。



周扬(1979—), 男, 耀维科技南京有限公司研发总监, 主要研究方向为人工智能和物联网, 取得多项发明专利, 曾获得南京市科学技术进步奖一等奖。

董振江(1970—), 男, 博士, 深圳市人工智能行业协会会长, 国务院特殊津贴专家, 中国人工智能学会常务理事, 中国计算机学会理事, 长期从事通信、云计算、大数据和人工智能等研究开发工作, 主要研究方向为人工智能与车联网。