

面向车联网基于边缘计算的点对点信息传输

沈大港¹, 范鹏飞², 周慧娟¹, 周艳芳³, 高博文⁴

(1. 北方工业大学, 北京 100144;

2. 中国科学院 计算机网络信息中心, 北京 100190;

3. 交通运输部公路科学研究院, 北京 100088;

4. 中国联通北京市分公司, 北京 100035)

摘要:随着车联网的快速发展, 交通信息的传输需求也随之增长。然而在当前的车联网信息传输系统中, 不仅因为物理距离过长、传输流程复杂而容易造成丢包、传输过慢和网络堵塞的问题, 而且用户进行的信息操作工作流程也比较繁琐, 不利于车联网的信息传输系统的发展。为此, 针对车联网交通信息传输, 引入移动边缘计算技术 (mobile edge computing, MEC), 提出面向车联网的高效点对点信息传输机制。首先, 优化交通传输系统场景, 在其网络信号基站中引入 MEC 服务器, 并分析在其传输系统中加入 MEC 服务器后的传输特点并设计出对应的点对点传输系统。然后, 为同时满足车与车和车与路之间的信息传输, 分别编写用户设备间数据传输子系统和数据传输辅助服务子系统。编写完成后对标之前分析的传输特点进行优化, 设计并实现了系统优化的关键技术。实验结果显示, 新机制可显著降低服务响应时延, 提升车联网信息传输效率。

关键词:车联网; 边缘计算; 信息传输系统; 场景分析; 点对点传输

中图分类号: TP305

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2021)08-0139-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2021.08.024

Point-to-point Information Communication Based on Edge Computing for Internet of Vehicle

SHEN Da-gang¹, FAN Peng-fei², ZHOU Hui-juan¹, ZHOU Yan-fang³, GAO Bo-wen⁴

(1. North China University of Technology, Beijing 100144, China;

2. Computer Network Information Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

3. Research Institute of Highway Science of Ministry of Transport, Beijing 100088, China;

4. China Unicom Beijing Branch, Beijing 100035, China)

Abstract: With the rapid development of Internet of vehicles, the demand of traffic information transmission is also increasing. However, in the current information transmission system of Internet of vehicles, it is not only easy to cause packet loss, slow transmission and network congestion due to the long physical distance and complex transmission process, but also tedious information operation workflow for users, which is not conducive to the development of information transmission system of Internet of vehicles. For this reason, aiming to the traffic information transmission of the Internet of vehicles, the mobile edge computing (MEC) is introduced and an efficient point-to-point information transmission mechanism for Internet of vehicles is proposed. First, the traffic transmission system scenario is optimized and MEC server is introduced into its structure. Then, the transmission characteristics of MEC server are analyzed and the corresponding point-to-point transmission system is designed. In order to satisfy both vehicle-to-vehicle and vehicle-to-road direct information transmission, the data transmission subsystem and the data transmission auxiliary service subsystem are respectively written. After the preparation, the transmission characteristics of the analysis before the standard are optimized, and the transmission optimization technology for system optimization is designed and realized. The experiment shows that the new mechanism can significantly reduce the service response delay and improve the efficiency of vehicle Internet information transmission.

Key words: Internet of vehicles; edge computing; information transmission system; scene analysis; point-to-point transmission

收稿日期: 2020-08-28

修回日期: 2020-12-29

基金项目: 国家自然科学基金 (U1909204); 北京市科技计划项目 (Z191100007519007); 北京市“实培计划”项目 (京教高[2016]3号)

作者简介: 沈大港 (1997-), 男, 研究方向为交通设备与控制工程; 通讯作者: 范鹏飞 (1982-), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为边缘计算技术与应用、移动通信网络技术与应用。

0 引言

随着智能交通的快速发展,安装有车联网设备的机动车数量不断增加,而且车联网设备的种类数量也获得了发展。这些情况的出现,使车联网技术具备了获得大发展的应用基础,使得如今移动车载终端的业务环境更加复杂,消息的类型更加繁多。移动边缘计算由 ETSI 国际标准组织提出并制定,是基于 5G 架构将基站与互联网业务相融合的技术;是利用无线接入网,将就近电信用户所需的服务融于云计算能力,所搭建的电信级服务环境^[1]。无线资源有限,如何在有限的带宽资源下,确保车辆和乘客的需求均能得到满足,及确保带宽资源的合理分配及利用,提高空口带宽利用效用,成为一个有待解决的问题^[2]。一方面是有限资源的竞争会增加消息处理的时延,另一方面是对车载终端设备造成较大的能量消耗^[3]。现有的信息传输过程主要有以下 3 点不足:

(1) 当控制方案与实际交通需求出现不适应时,传统的反馈至总控制云端(即总控中心)进行运算工作,处理后再下发控制的方案无疑会造成一段时间内的交通资源浪费。

(2) 通常情况下,总控中心与具体交通设备的物理距离相对较远,所以会使交通信息在传输过程出现丢包、延时等情况。

(3) 大量数据流汇集云端或者总控中心,加重服务器负担的同时,挤占处理能力与方案下发能力,进一步削弱方案的时效性。

目前车联网的发展重点已逐渐从核心网转向边缘网,在靠近车载终端的网络边缘分布式地部署各类网络资源,以尽可能地将各类消息任务从云平台迁移到边缘侧进行响应实现^[4]。边缘计算在国内外,在交通方面被研究应用于轨道交通之中,以满足铁路信息化的高速发展。铁路网络对移动通信提出了越来越高的要求,高铁网络中、车地之间的数据通过无线进行传输。而边缘计算技术在车路协同应用场景分为以用户体验为核心的信息服务类应用、以车辆驾驶为核心的汽车智能化类应用和以协同为核心的智慧交通类应用三大类型^[5]。如今在国内,车联网的发展正由核心网转变为边缘网。现在关于边缘网的研究主要集中在园区的局内网处理与计算。根据各大研究机构的预测,车联网将是 5G 最先落地、也是最大的应用^[6]。而边缘计算则是支持 5G 网络低延时、高信息通道和低丢包的关键技术。目前在国内外,如何边缘部署 MEC 平台以支持车联网应用是研究的重点。

文中的研究意义在于将 MEC 移动边缘计算的思想融入车联网。研究内容旨在针对具体的车联网交通信息传输系统,借助 MEC 边缘计算环境,帮助其提高

工作效率。针对具体的交通传输系统场景,在其结构中加入 MEC 服务器。分析在其传输系统中加入 MEC 服务器后的传输特点并设计出对应的点对点传输系统。针对同时满足车与车和车与路直接的信息传输这一目的,分别编写了用户设备间数据传输子系统和数据传输辅助服务子系统,形成了一种新的传输系统机制。编写完成后对标之前分析的传输特点进行优化,设计并实现了对传输过程优化的关键技术。从而达到降低服务响应时延,优化现有车联网信息传输系统的目的。

1 车联网传输系统现状分析

为进一步找出传统车联网场景下交通信息传输的问题,本研究利用 Veins 仿真平台对传统的车联网信息传输系统进行仿真。Veins 仿真平台是由 OMNET++ 网络模拟器和 SUMO 道路交通模拟器组成的仿真器^[7]。其为车联网环境下的仿真提供了一套开源的仿真架构^[8]。

经发现,直线道路的车辆分布简单,能比较直观地反映不同的车辆密度下的路由跳数参数对通信情况的影响。利用 Veins,该文设计了一段 5 km 的双向四车道直线道路仿真场景。并且将仿真实验设计为一般城市场景,采集 2 500 m×2 500 m 的城市道路区域的实时仿真数据。车辆是以每秒钟给定的概率随机生成,且生成的道路位置和速度均为随机,生成的车辆服从泊松分布。网络应用层方面使用了 UdpApp,车辆在道路生成后以 0 s~5 s 的随机时间周期地发送信息,每个数据包的长度设置为不大于 5 mb。网络层格式为 Ipv4 报文格式。MAC 层为 802.11p 标准,节点的有效通讯范围设置为 300 m。仿真运行的时间根据车流密度和道路长度设计为 300 s~600 s,仿真结果评价网络的通信性能指标为车辆密度、最大路由数对应的投递率和端到端延迟。

由图 1、图 2 可以看出,传输的信息量与端到端延迟量之间几乎成正比,即车辆密度越大,信息量越大,

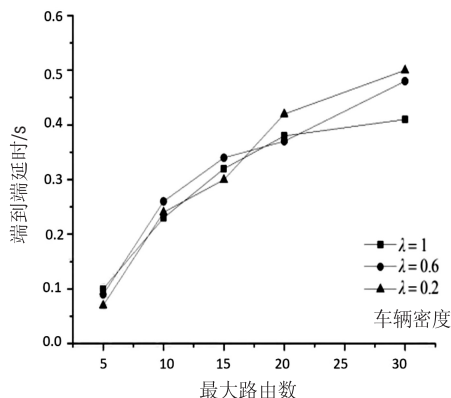


图 1 不同车辆密度和最大路由的端到端延时

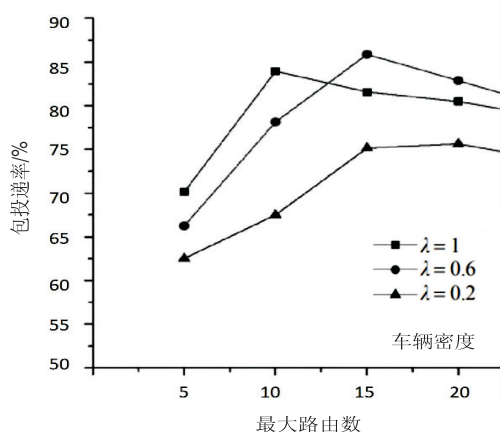


图2 不同车辆密度和最大路由的包投递率

则延迟越大。当延时过大时,用户的网络体验越差,同时交通信息的时效性也会丧失^[9]。而由包投递率则可以看出,当基站服务器与道路车联网端的比值越多时,其丢包率就越小。而当基站高于一个阈值时,便会出现网络资源过剩的情况,因文中主要解决网络资源不够的问题,故不讨论阈值以后的情况。综上所述,车联网传输的过程中需对以下问题进行改善:

(1)解决车辆通信端增多而造成的网络堵塞现象;

(2)在不降低信息量的情况下降低丢包率;

(3)解决延时大、信息量多情况下的交通信息的时效性问题。

2 基于边缘计算技术的车联网传输系统设计与实现

2.1 基于边缘计算技术的车联网信息传输系统结构设计

由上文可知,现今,传统车联网的信息传输系统存在丢包、延时、信息堵塞和时效性差等问题。随着交通领域研究的不断发展,利用车联网治理交通拥堵的理论及实践研究越来越多,但交通拥堵不是短期就可以解决的,要真正解决好城市交通拥堵问题,还需要进行大量和细致的研究工作^[10]。MEC (multi-access edge computing) 边缘计算产业联盟对边缘计算下的定义是在靠近端或者数据源头的网络边缘侧,通过部署融合了网络、存储、计算、应用核心能力的开放平台,就近提供边缘智能服务,满足行业数字化在敏捷联接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求^[11]。如果将边缘计算技术的思路引入车联网的信息传输系统中,情况将大为改观。故为解决上述问题,针对现实情况下传统的车联网传输系统,在其汇聚节点前加入 MEC 服务器以下沉处理与计算工作。设计了一套利用边缘计算技术思想,应对当前车联网传输系统各类问题的新机制。

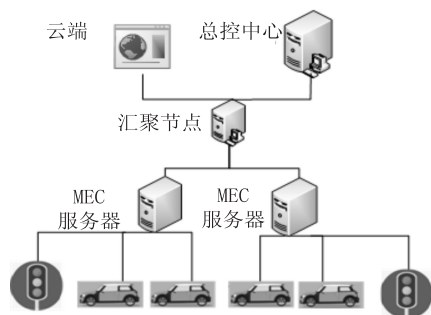


图3 基于边缘计算的车联网信息传输结构

如图3所示,将 MEC 服务器架设至总控中心与具体管理设施之间,其现实交通场景中通常表现为具有 MEC 服务器功能的网络信号基站^[12]。由于 MEC 服务器具有存储、计算和处理数据的功能^[13],所以,原本需要在总控中心进行的计算现在下沉到 MEC 服务器。而在新机制下,加载 MEC 服务器的车联网信息传输系统相较于传统的交通信息传输系统有三点优势:

(1)降低了信息传输的时延性,提高了数据传输的速度与稳定性;

(2)将处理工作下沉,减少了总控中心的工作量;

(3)提高了控制方案的时效性,实现控制系统更加灵敏,直接减少了交通资源的浪费。

2.2 点对点传输系统的设计与实现

在以上新机制下的系统架构下,进一步设计了一套改进的基于边缘计算技术,应用于此机制下的点对点传输系统。系统组成结构与运行逻辑如图4所示。

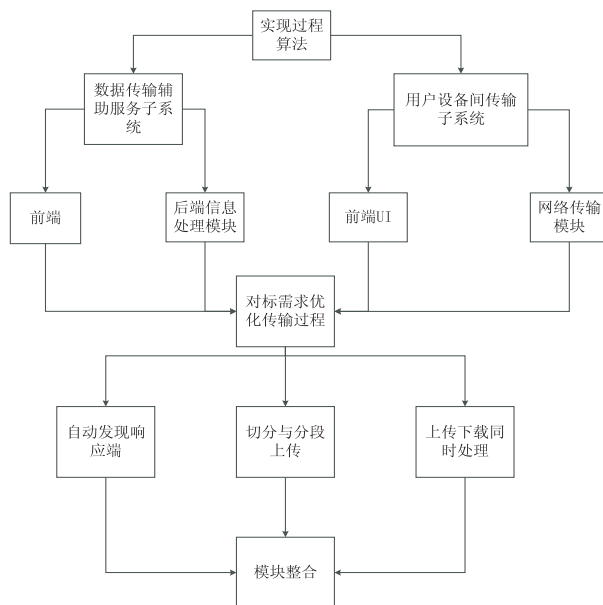


图4 点对点传输系统结构

这一套系统主要由两个分工明确的子系统组成——用于用户设备间信息传输的子系统用于数据传输辅助服子系统。其中前者进行信息传输的两端均为用户端,所以,此子系统的设计核心为提高用户体验。而数据传输辅助服子系统主要面向的是服务器对

用户端或者另一服务器端之间的传输,所以,此子系统的设计核心为优化传输过程。两个子系统的系统结果如图5、图6所示。

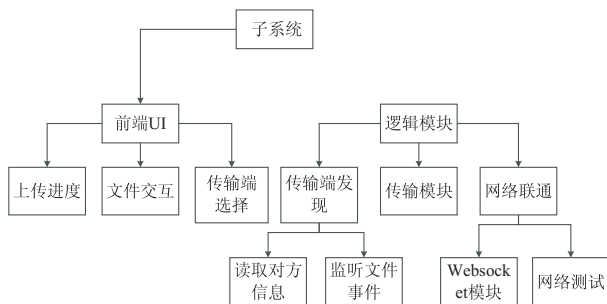


图5 用户设备间信息传输的子系统结构

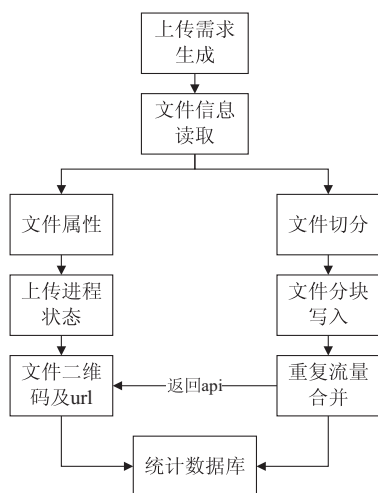


图6 数据传输辅助服务器子系统结构

2.3 传输系统优化

根据第一节的仿真实验结果和现实中实际情况发现,在具体的边缘计算下的交通场景中,常常会涉及到大文件的传输。如何保证大文件传输过程的稳定性和速度不可避免地成为一个待解决的重要问题。而通过研究发现,如若在其信息的传输过程中,采用边缘计算技术中的信息分片、并发上传技术,可以大大地优化其传输速度并提高稳定性。因此,该文针对具有切分信息能力的用户端和服务器,设计了具有切分式并发上传和断点续传功能的传输模块。本程序的切分上传步骤主要分为三个部分:确定切分数量、上传切分文件块和合并切分文件块。

第一步:上传的文件会首先被读取信息,并读取数据库检测是否为已上传。若不是,文件在后端读取到的信息会放入数据库等地方。若是则停止上传并提醒用户。

第二步:后端会得到根据已读取到的文件信息预计总分块个数,并开始对文件进行切分。切分的分块大小可根据文件的大小进行调整。

第三步:后端会首先检测当前分块文件数量是否为预计数量(即检测是否上传完毕),并根据当前时间

已上传的分块文件个数,返回上传文件的总进度。如此循环直至上传完毕。当用户上传中想要停止上传请求时,可通过点击前端停止按钮,如此,后端会停止上传剩余待上传的分块文件并删除缓存文件夹中现有的分块文件。

信息分片化实现后,经车联网仿真实验发现,当一个区域内车联网用户端达到一个比较大的值时,大量的交通数据汇集在当地基站将出现网络堵塞的问题^[14],上传会耗费较多的时间,而上传过程若耗费太多时间相当于耽误了 MEC 服务器后台处理或用户分享这些交通数据的时间。为解决此问题,该子系统基于信息分片技术设计并实现了信息上传、下载和信息处理同步进行的方式。上传下载同步的实现过程主要采用了文件块合并进度与下载进度指针联动的方式。

第一步:当待上传文件存入 tmpfile(apache 临时文件夹)时,后端会生成三个下载链接,分别是:平常的下载链接、二维码化的下载链接和下载指针与合并进度联动的特殊下载链接。

第二步:当用户对未上传完成的文件发出下载请求时,后端会将这一特殊下载链接返回给用户,用户在下载的时候,下载目标并不是最终存放文件夹 upload 中的文件,而是 uploading 文件夹中与原文件属性相同的特殊文件。这一特殊文件原为拥有上传文件相同的属性的空文件,并不断地接受来自自己上传文件块的文件合并,在合并的同时返回 \$blod_num 序号,依此来控制用户下载的进度。

本功能实现后,大大提高了文件处理与分享的效率。

3 实验及结果分析

3.1 实验环境

实验环境主要设置如下:

(1)传输平台。

服务器端:

--windows 下的 Google chrome 浏览器。

用户端:

--windows 下的 Google chrome 浏览器。

--Android 手机上的 Google chrome 浏览器。

--Ios 手机上的 Safari 浏览器。

(2)平台扩展模块。

模块1:apache 开发与浏览支持模块,包括:apr-util-1.6.1、apr-1.7.0、pcre-8.43、httpd-2.4.41。

模块2:websocket 与 webrtc 的扩展 api。

模块3:mysql 数据库平台。

模块4:浏览器内置 php 编译器。

(3)网络传输主要协议。

协议 1:http 协议。

协议 2:websocket 协议。

3.2 实验内容

第 1 个要验证的实验问题为在边缘计算中利用多线程并发传输技术的加入是否改善了传输过程,同时对边上传边下载功能对传输过程的改善设计实验验证。采用的方法为控制变量法,不变的量为文件名、所用软件、均在局域网等客观因素。变量为传输的过程是否采用并发传输技术,实验过程为对照传输相同的文件,分析传输的速度与质量。对边上传边下载功能的验证为生成一个内容由特定字符组成,大小为 10M 的记事本文件并上传,分别下载其上传进度为 20% ~ 40%、100% 时的文件,对照原文件检测文件是否有存在丢包或损害。实验中,传输两端设定为 pc 发起端与服务器响应端。

第 2 个要验证的实验问题为边缘计算技术的加入是否改善了车联网的传输过程。本实验采用控制变量法,其中不变的量为文件、传输方式、使用软件等客观因素。变量为传输的两端是否在为同一网络下进行传输。实验过程为对照 chrome 浏览器下分片传输相同的文件,并分别对局域网下和互联网下传输的过程进行记录并分析。实验中,局内网设定为未连接互联网的网,其传输过程需通过局内网络,但不需通过云端。而互联网传输则由发起端通过互联网上传中间端,再通过中间端下载至响应端。实验过程中,两传输端的物理距离始终为定量。图 7 为部分实验过程网络示意图。

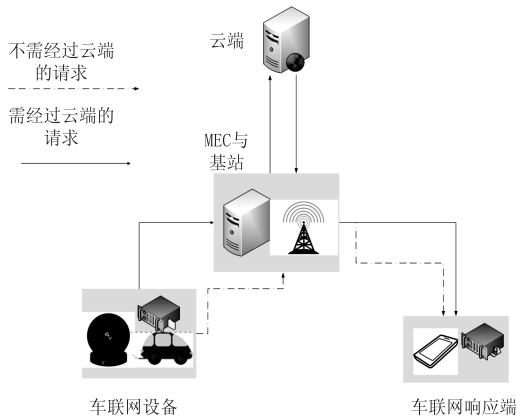


图 7 网络示意图

3.3 实验结果分析

表 1 实验 1 pc 端下的网络传输结果

传输方式	文件大小/kB	传输总时/ms
整片上传	1 164	414
切分后多线程上传	1 164	341

如表 1 所示,传输为整块,单个传输所花时间较慢,总体传输时间也偏慢。而若服务器切分之后进行

传输,单个传输比较快,且总体传输比起前者来说,同样较快。

可以看出,传输的文件块多线程并发上传情况下,无论是传输速度还是总的传输时间,均比在整体上传情况下进行传输要有一定改善。同时,经检测得知,上传下载功能对记事本文件的内容不存在丢包或者损害,且其能够改善用户传输效率。综上所述,在 pc 端下,多线程网络分片化技术运用于车联网内在改善网络传输过程的同时,还能带来诸如断点续传和上传下载同时进行等附加功能。而在手机端下,由于其端性能制约,带来的传输改善并不明显,其功能主要体现在防丢包与断点续传两项上。而同时上传下载的功能,无疑将大程度地改善用户的使用体验即总效率。

在测试的过程中,互联网测试的速度与网络质量有关系,且相比于局内网传输,互联网传输测试更依赖于传输两端的性能、网速和测试软件环境等因素。而局内网,通常情况下只与网络质量有关,传输两端的性能、测试软件环境等因素影响不大。

表 2、表 3 为传输测试结果的主要参数。可以看出,传输的文件块边缘计算技术在局内网内进行传输,无论是传输速度的稳定性,还是总的传输时间,均比在互联网情况下进行传输要快。其中,pc 端的改善相较于手机端更加明显。综上所述,边缘计算技术运用在车联网内将极大地改善网络传输过程。

表 2 实验 2 pc 端下的网络传输结果

传输方式	文件大小 /kB	传输总时 /ms	平均传输速度 / (MB/s)
互联网	16 349	7 202.2	2.27
局内网	16 349	3 205.2	5.10

表 3 实验 2 手机端下的网络传输结果

传输方式	文件大小 /kB	传输总时 /ms	平均传输速度 / (MB/s)
互联网	16 349	11 121.7	1.47
局内网	16 349	7 046	2.32

3.4 实验结论

由以上设计的实验及其结果可以看出,边缘计算技术的加入对于改善车联网情况下用户的网络体验和传输效率有很大提升。其使得在具体的交通场景中,网络信息可以具有更好的时效性与稳定性。同时使得总控中心和云端的运算工作与网络需求均得到了明显的降低。由此可以看出,车联网场景下的计算与处理工作边缘化是今后车联网想要进一步获得更大发展的方向与措施^[15]。

当边缘计算技术应用于车联网下的交通后,如何设计其 MEC 服务器的系统部署就显得尤为重要。而

由文中设计部署于 MEC 服务器的传输系统及其子系统,并进行实验验证后的结果可以明显看出,边缘计算技术中的信息分片并发传输与上传、下载、处理同时进行可以很明显地加快传输速度和提高传输稳定性。可以说,今后边缘计算系统的部署,这一方面的技术将在改善网络情况和传输过程方面显得尤为重要。

综上所述,新机制可以显著降低服务响应时延,提升车联网信息传输效率。

4 结束语

针对车联网下利用边缘计算技术进行交通之间的信息传输,提出了一套从架构部署到系统设计的完整的机制。充分利用了 MEC 服务器边缘部署的优势,将信息的处理与传输下放,并采用与之相适应的专门设计的系统支持,并通过设计实验进行验证,证明了其相较以往大大提高了交通信息传输的效率。该文的最大创新点是将边缘计算的思想应用于车联网的信息传输系统中,通过仿真具体分析了车联网信息传输的特点与传输需求。得到这些特点后,对标算法,提出解决方案,并设计实验验证,完美解决了传输中出现的问题。

未来该系统还需要进一步完善,方向可以是对前后端代码进行精简优化,使得系统能够更加稳定高效地运行。并且也可以在当前的基础上进一步开发更多功能,如:用户端算法中更全的功能、服务器算法中更高的处理效率、更加细分化的管理功能等。

参考文献:

- [1] 戴 晶,陈 丹,范 斌. 移动边缘计算促进 5G 发展的分析[J]. 邮电设计技术,2016(7):4-8.
- [2] TANG Shanjiang, LEEB S, HE Bingsheng. Fair resource allocation for data-intensive computing in the cloud[J]. IEEE Transactions on Services Computing, 2018, 11(1):20-33.
- [3] 李福昌,李一喆,唐雄燕,等. MEC 关键解决方案与应用思考[J]. 邮电设计技术,2016(11):81-86.
- [4] 郜城城,周 旭,范鹏飞,等. 移动边缘计算技术在高铁通信网络中的应用[J]. 计算机系统应用,2018,27(8):56-62.
- [5] 周 鹏,徐金城,杨 博. 工业物联网中基于边缘计算的跨域计算资源分配与任务卸载[J]. 物联网学报,2020,4(2):96-104.
- [6] KERRACHE C A, AMADEO M, AHMED S H, et al. Future internet of vehicles[J]. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 2020, 31(5):182-210.
- [7] 俞一帆,任春明,阮磊峰,等. 移动边缘计算技术发展浅析[J]. 电信网技术,2016(11):59-62.
- [8] 张 蕾,朱雪田,李金艳. 5G 网络切片在车路协同系统中的应用研究[J]. 电子技术应用,2020,46(1):12-16.
- [9] 贾晓千,陈 刚,李白冰. 边缘计算在视频侦查中的应用[J]. 计算机工程与应用,2020,56(17):86-92.
- [10] 高 爱,王庆涛. 国内车联网治理交通拥堵文献研究的现状分析与趋势思考——2011-2020 年中国知网文献内容分析[J]. 科技视界,2020(27):185-188.
- [11] HOOGENDOOM S P, WAGENINGEN-KESSELE F V, DAAMEN W, et al. Continuum theory for pedestrian research[J]. Part C Emerging Technologies, 2015, 56:195-209.
- [12] 洪学海,汪 洋. 边缘计算技术发展对策研究[J]. 中国工程科学,2018,20(2):20-26.
- [13] 梁 灏. Vue.js 实战[M]. 北京:清华大学出版社,2017.
- [14] 杨雅舒,史心玥,余一鑫. 5G 背景下移动边缘计算驱动车联网应用发展[J]. 数码世界,2020(10):33-35.
- [15] SOMMER C, GERMAN R, DRESSLER F. Bidirectionally coupled network and road traffic simulation for improved ivc analysis[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2011, 10(1):3-15.