



专题：5G 组网与 6G 展望

基于 5G 网络技术的移动卒中单元的研究

盛煜, 刘志衡, 单丽雅, 冯毅

(中国联合网络通信有限公司网络技术研究院, 北京 100048)

摘要: 5G 移动卒中单元利用先进的物联网、移动互联网、云计算、5G 等新一代信息通信技术, 将在脑卒中急救过程中的医生、急救车、医院连接起来并实现信息共享, 可保证患者得到及时救治。论述了 5G 移动卒中单元的组成设计、功能模块、实现架构和创新服务模式, 着重分析了 5G 网络技术与移动卒中单元的结合点, 并结合具体案例分析了 5G 移动卒中单元的网络要求。

关键词: 脑卒中; 移动卒中单元; 5G 网络

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020014

Research on mobile stroke unit based on 5G network technology

SHENG Yu, LIU Zhiheng, SHAN Liya, FENG Yi

China Unicom Network Technology Research Institute, Beijing 100048, China

Abstract: The 5G mobile stroke unit uses advanced next-generation information and communication technologies such as the Internet of things, mobile Internet, cloud computing, 5G, etc., to connect and achieve healthy interaction with people, equipment, and resources related to health care, which can guarantee people's timely access to preventive and therapeutic medical services. The composition design, functional modules, implementation architecture, and innovative service models of 5G mobile stroke units were discussed. The combination of 5G network technology and mobile stroke units were analyzed, and the network requirements of 5G mobile stroke units was analyzed with specific cases.

Key words: stroke, mobile stroke unit, 5G network

1 引言

5G 网络在无线空口技术、承载网传输技术和核心网技术等方面的突破和快速发展使得移动医疗模式逐渐深入各类诊疗场景。传统医疗呈现出的痛点和问题, 在新技术驱动下催生了众多的创新移动医疗应用, 改变着传统医疗就诊模式, 更

加重要的是借助移动通信技术的发展逐步实现了以远程医疗应用为代表的新型医疗模式, 将医疗服务延伸到了院外。其中, 针对脑卒中院前急救的移动卒中单元在 5G 网络下进一步优化结构升级改造成为 5G+智慧医疗结合的创新应用模式。

急性缺血性脑卒中的救治具有极强的时间依

赖性(时间窗 3.5~4.0 h),脑卒中患者发现越早救治越及时,康复的概率越高,其中关键的是及时进行头部 CT 扫描,明确是出血性或是缺血性卒中,为 rt-PA 静脉溶栓治疗提供确定性的参考依据^[1-2]。研究表明,在中国发病 3 h 内到达急诊科的卒中患者仅占 21.5%,适合溶栓治疗者仅为 12.6%,而接受溶栓治疗者仅有 2.4%,病人从进入急诊科到接受溶栓治疗的间隔时间平均为 116 min,可见时间成为制约溶栓治疗的“瓶颈”,而 CT 诊断延迟是导致治疗滞后的关键因素^[3]。

2010 年德国洪堡一家医院评估了院前医疗急救系统,建立了第一辆移动卒中单元(MSU)^[4-5],移动卒中单元的救护车除常规设备外,还配备了由蓄电池驱动的移动 CT、远程医疗设备系统和即时护理系统。德国洪堡 MSU 的卒中管理示例表明,MSU 不仅具有提高急性缺血性中风的治疗效率,还可以使用远程医疗与医院专家联系,管理生理变量,改善医院运输决策,并促进加快其他神经系统紧急情况的紧急护理。脑卒中患者的神经治疗和医疗优化研究将 MSU 与常规急救车治疗进行了比较,研究表明,使用基于移动卒中单元的溶栓治疗减少了治疗时间,而没有增加不良事件。在洪堡和柏林取得令人鼓舞的成果之后,2014 年美国首个 MSU 于休斯顿诞生并获得了广泛推广^[6-7]。移动卒中单元除了移动 CT 之外,移动通信系统在数据传输方面发挥了重要作用。

5G 移动卒中单元利用物联网、移动互联网、云计算、5G 等新一代信息通信技术,将移动卒中单元、急救中心、脑卒中中心和医院连接起来。利用 5G 高速率、低时延、大连接的特性,将急救的部分工作前移,实现“上车即入院”,抢占抢救的黄金时间^[8-9]。5G 移动卒中单元院前通知可有效缩短患者入院至血管溶栓时间,基于 5G 网络传输患者高速传输生命体征、移动 CT 扫描的患者影像等数据使得医院医生在第一时间掌握患者病情,提前制定急救方案,实现院前急救与院内

救治的无缝衔接。

2 5G 移动卒中系统架构设计

5G 具备高速率、低时延、大连接三大特性,分别对应三大应用场景:增强移动宽带(eMBB)、高可靠低时延(uRLLC)和低功耗大连接(mMTC)。5G 移动卒中单元正是基于 5G 网络的三大应用场景的构建实施。其中,eMBB 场景给急救车提供广域连续覆盖,实现患者“上车即入院”的愿景,通过 5G 网络高清视频回传现场的情况;还可以完成病患以及老人的可穿戴设备数据收集,实现对用户的体征数据做 7×24 h 的实时检测。uRLLC 场景主要应用在无线监护、远程检测应用等低时延应用场景,采集病患体征以及病情等大量生命信息实时回传到后台指挥中心。mMTC 场景主要集中在医疗器械设备的连接、实现医疗器械的统一管理和设备数据联网。

5G 移动卒中单元整体架构可分为终端层、网络层、平台层和应用层 4 部分架构。终端层实现持续、全面、快速的信息获取。网络层实现实时、可靠、安全的信息传输。平台层实现智能、准确、高效的信息处理。应用层实现成熟、多样化、人性化的信息应用。移动卒中单元总体架构如图 1 所示。

基于 5G 的应用场景和脑卒中的救治流程,5G 移动卒中单元(5G mobile stroke unit 5G MSU)^[4-7]将移动 CT(mobile computed tomography, MCT)和相关的检验仪器装配在救护车上,在 5G 网络下,形成集神经症状学检查、CT 诊断和静脉溶栓治疗、远程会诊为一体的救治单元。5G 移动卒中单元采用了移动医疗创新技术,包括移动 CT 急救车、必要配套医疗设备、信息化采集与数据传输系统。主要包括小型移动 CT 扫描仪、具有信息传输功能的检验与监测医疗设备、5G 网络、会诊中心、远程脑卒中救治中心等移动医疗技术和辅助设备。卒中医师可以在 5G 移动卒中车上进

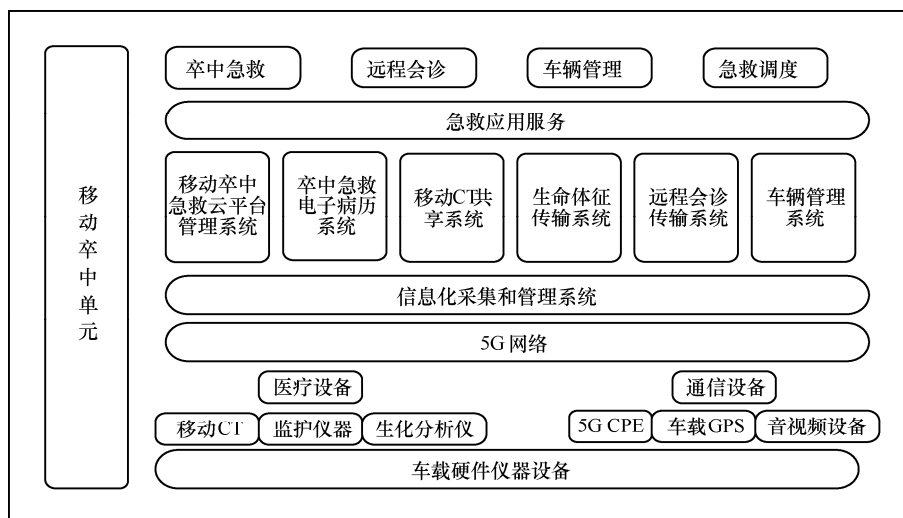


图1 移动卒中单元总体架构

行神经症状学评估、血糖及凝血指标检测和头部CT扫描，将患者CT扫描影像数据和生化检测等数据通过5G无线网络即时传输到院内相关专科科室，并与高级卒中中心或卒中专家远程移动端网络链接，实时获得卒中专家团队的技术支援与救治指导。

2.1 5G 移动卒中单元功能

5G 移动卒中单元针对脑卒中转运和救治的流程结合5G网络的三大应用场景主要具有以下功能：在途检测和治疗、生命体征远程传输、移动CT影像共享、4K超高清视频远程辅助诊断与指导和AI卒中地图&影像辅助决策等。

在途检测和治疗在5G移动卒中单元救治过程中，卒中医师可以在急救车上进行神经症状学评估、血糖及凝血指标检测和头部CT扫描，将患者CT扫描影像数据和生化检测等数据通过5G无线网络实时传输到院内脑卒中科室，实时获得卒中专家团队的技术支援与救治指导。一旦确定AIS适合溶栓者，可及时给予rt-PA静脉溶栓治疗，以赢得卒中救治的“黄金时间”。

生命体征远程传输系统通过5G网络接入大量医疗监测设备，通过心电图仪、呼吸机、智能手环、血压计等监护设备采集患者心率、呼吸等体征数据，并回传至监控中心；实现心电图等生命体

征信息协同，通过实时5G网络传输，将医疗设备采集的数据实时传输到平台服务器，实时诊断并记录保存相关数据，做到患者未到信息先到。方便快捷地通知医院急救中心、相关专家、急诊科专家、手术室等协同对患者进行救治与提前手术准备。

移动CT影像共享功能主要实现移动CT上的PACS影像同步到急救平台，医生可以通过终端来访问，随时了解患者的情况，并可在平台系统填写检查报告，支持移动CT救护车上远程打印检查报告。基于5G网络保证4K高清视频的无卡顿高质量传输，远端医生通过基层医生端传输的高清监护视频、实时会诊视频以及从医疗边缘云下载的医疗影像图片、电子病历，全方位了解患者病情，实时指导现场救援人员对患者施救。

移动卒中单元救护车配备有车辆位置跟踪系统和定位设备，可基于5G网络进行车辆定位，方便医院和急救中心掌握救护车位置和动态，对急救过程中所涉及的急救车等进行实时状态跟踪，车辆信息在急救信息系统中可实时查看。在远程急救环节，根据患者位置利用基于规则的AI专家系统，基于卒中急救地图实现智能转运决策。CT影像分析在脑卒中救治决策中尤为关键，基于5G网络并利用卷积神经网络等深度学习技术可以快

速识别定位缺血半暗带,辅助医生进行溶栓取血栓诊断决策。

2.2 5G 移动卒中单元设计

移动 CT 急救车作为 5G 移动卒中单元的硬件设备载体,主要包括移动 CT 工作舱、多功能移动 CT 扫描仪及配套组件等同时搭载多参数监护仪、便携式血糖检测仪、便携式 B 超、便携式生化分析仪、便携式血常规分析仪、全自动输液泵、车载急救箱、便携式急救设备等必要配套医疗设备。其中移动 CT 扫描仪探测器的阵列数为 16 排或以上,CT 的规格为:外形尺 $\leq 1\,250\text{ mm}$ (长) $\times 1\,000\text{ mm}$ (宽) $\times 1\,350\text{ mm}$ (高),重量 $\leq 300\text{ kg}$;满足小型专项作业运载车辆安装使用空间,多排螺旋减震器消除振动。图像噪声不大于 0.35%(中心剂量不大于 40 mGy)。

移动卒中单元信息化系统是急性脑卒中救治信息的采集、传输与连接中心,既是脑卒中急救实现急救前移、院前院内一体化移动脑卒中急救的医疗平台,也是对车辆管理的行驶数据管理平台。5G 移动卒中单元信息化系统主要包括移动卒中急救云平台、生命体征远程传输系统、移动 CT 影像传输系统、卒中电子病历同步系统、AI 智能影像决策系统、急救电子病历系统和车辆管理系统等组成,如图 2 所示。

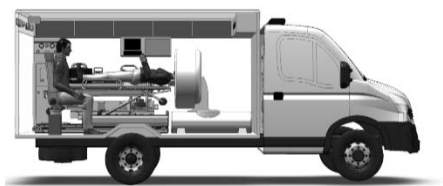


图 2 移动卒中单元示意图

在移动卒中急救平台上,通过使用移动卒中急救云平台及平台管理系统采集急救现场信息。生命体征远程传输系统采集患者的生命体征数据,实现心电等生命体征信息协同,通过实时网络传输,将医疗设备采集的数据实时传输到平台服务器。移动 CT 影像传输系统主要实现移动 CT

上的 PACS 影像同步到急救平台(含 PC 端与 App 端),医生可以通过终端来访问获取 CT 影像数据。

卒中急救电子病历系统提供标准卒中急救专用电子病历,包括病人病情和治疗流程。卒中急救电子病历系统提供标准卒中急救专用电子病历,标准化结构化患者个人信息以及医生在急救现场对患者进行的急救项目和卒中专用病历信息,支持移动端与 PC 端实时同步。卒中急救电子病历系统依照电子病历基础模板与数据集标准,并且诊断按照遵循国际 ICD-10 疾病分类标准进行编码,将大幅提高 5G 移动卒中单元和医院信息系统的数据交换效率。

3 5G 移动卒中单元网络要求

5G 移动卒中单元基于 5G 网络承载的不同应用类型,对 5G 无线接入网络应满足的技术配置指标不同。对于影像传输诊断类(单场景单设备),网络配置要求为典型数据(4K 视频,图像(GB 级))上行速率 $>50\text{ Mbit/s}$,下行速率 $>80\text{ Mbit/s}$,网络时延 $<80\text{ ms}$;对于视频交互类(单场景单设备):典型数据(4K 视频,图像(GB 级)),上行速率 $>20\text{ Mbit/s}$,下行速率 $>20\text{ Mbit/s}$,网络时延 $<100\text{ ms}$;重症监护类(单场景单设备):典型数据(4K 视频,图像(GB 级),体征数据),上行速率 $>20\text{ Mbit/s}$,下行速率 $>5\text{ Mbit/s}$,网络时延 $<100\text{ ms}$;动态监测类(单场景单设备):典型数据(心电数据),上行速率 $>10\text{ Mbit/s}$,下行速率 $>10\text{ Mbit/s}$,网络时延 $<200\text{ ms}$ 。5G 移动卒中单元在满足以上网络配置指标的 5G 网络下可高效完成院前急救诊治和转运流程。

5G 移动卒中单元在实地测试效果显著,实测 5G 网络下载速率上值 821 Mbit/s,上传速率均值 60 Mbit/s,如图 3 所示,一套 CT 图像(约 500 MB)只需要 1 min,比 4G 快 20~30 倍,极大地提高效率抢救生命。对于移动卒中单元视频的传输,5G 保证 4K 高清视频无卡顿无时延传输。对于生



命特征数据的传输, 5G 保障心电监护仪、呼吸机等多路数据高速无时延传输。

4 5G 移动卒中单元应用场景和案例

根据脑卒中疾病特点, 移动卒中单元的应用场景如图 4 所示, 主要分为两大类: 第一类是院前急救类的应用, 基于医学影像检查、血液检验等, 快速确诊脑卒中, 依托远程会诊和实时生命体征监控的急救现场脑卒中救治方案制定与实施。移动卒中单元到达急救现场后可立即检查、检验, 确诊脑卒中病情, 与卒中中心专家实时远

程会诊, 制定脑卒中抢救策略, 或就地实施静脉溶栓, 或在实时监测患者生命体征和提供生命支持前提下, 立即就近转运至卒中中心施救。除此之外, 移动卒中单元还与其他应急响应单元的结合与联动应急救援、重大活动保障应用, 主要用于重大事件或突发紧急状态下移动医院的构建与保障应用。第二类是筛查防控类的应用, 5G 移动卒中单元深入基层社区或边远地区的常态化巡诊与高危筛查、体检, 对高危群体开展一级、二级预防, 对普通群众的健康教育与科普应用。5G 移动卒中单元转运溶栓过程如图 5 所示。

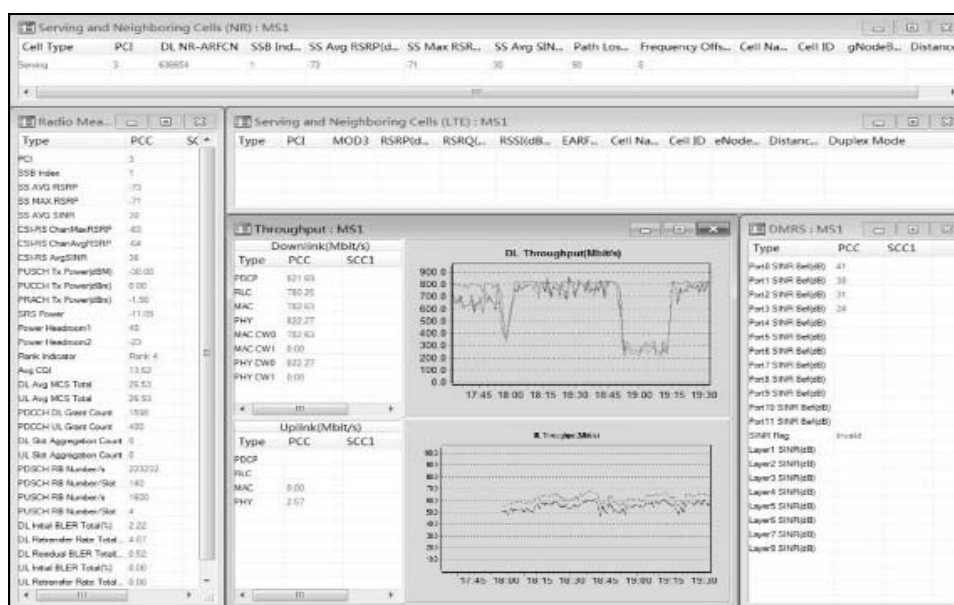


图 3 5G 移动卒中单元网络传输速率

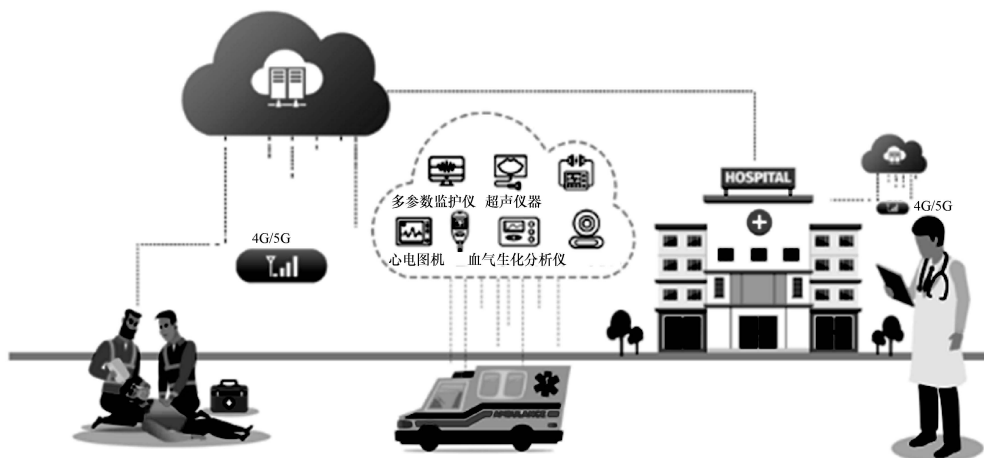


图 4 移动卒中单元应用场景示意图

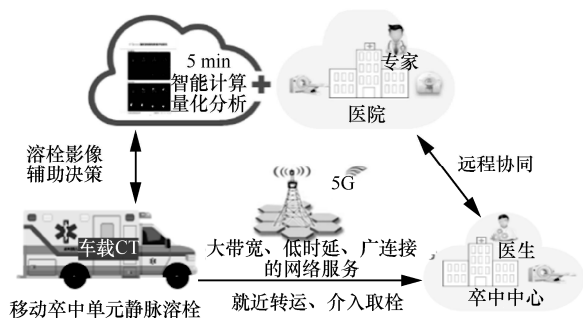


图5 5G移动卒中单元转运溶栓过程

2019年5月16日,中国联合网络通信有限公司、首都医科大学宣武医院与河北北方学院第一附属医院联合实现了基于5G技术的车载CT移动卒中单元的应用落地。本次示范应用基于5G网络及其关键技术对急性脑卒中中进行紧急救治及静脉溶栓、动脉取栓治疗的快速远程指导,为前移急性脑卒中溶栓窗提供快捷、稳定、精准的技术保障。经过实地演练,医疗人员圆满完成了病患的急性脑卒中溶栓指导和救治,这标志着全国第一个基于5G的移动卒中单元正式建成。

通过5G网络将位于崇礼赛区移动卒中车内的4K高清视频、CT影像信息、电子病历信息、心电图、呼吸机、监护仪等数据实时传输到会诊现场,由河北北方学院第一附属医院神经内科的专家进行远程急救指导,疑难问题由首都医科大学宣武医院专家进行远程实时指导。

在5G移动卒中单元实施转运溶栓救治过程中,实测5G网络下载速率上值821 Mbit/s,上传速率均值60 Mbit/s,CT图像(约500 MB)只需要1 min,极大程度提高效率抢救生命。基于5G网络使得患者在转运过程中就能及时获得诊断治疗方案,将救治工作由院内转到院外,治疗“前移”,极大地保障了患者的生命安全,降低了死亡率和致残率,体现了5G移动卒中单元中5G网络的低延时特性。

5 结束语

5G快速发展带来的超大带宽、高可靠、低时延以及海量连接的强大网络能力,为移动卒中单元的

快速应用和落地提供了可靠的技术支持,通过移动卒中单元与5G网络能力的深度融合,为卒中急救的快速发展提供了更多可能性。超大带宽支持实时高清视频、海量数据高速传输,解决目前远程会诊视频分辨率低、视频卡顿的问题,为卒中急救中的远程指导提供有效支持。低时延保障急救途中患者生命体征、视频影像等信息的实时传输,让分秒必争的卒中急救更有效。海量连接支持更多车载医疗设备和媒体设备的接入。同时,5G网络利用边缘云将处理能力下沉,对数据进行灵活分流、降低数据处理和分析时延。利用网络切片技术保障涉及患者隐私医疗数据的安全传输,实现医疗数据的可靠传输。

参考文献:

- [1] 黄镔,宋海庆,吉训明,等.院前预通知对急性缺血性卒中患者静脉溶栓治疗院内延误的影响[J].中国脑血管病杂志,2016,13(4):182-186.
HUANG Q, SONG H Q, JI X M, et al. Relationship between pre-notification and the in-hospital delay of intravenous thrombolysis for acute ischemic stroke[J]. Chinese Journal of Cerebrovascular Diseases, 2016, 13(4): 182-186.
- [2] 王陇德,王金环,彭斌,等.《中国脑卒中防治报告2016》概要[J].中国脑血管病杂志,2017,14(4):217-224.
WANG L D, WANG J H, PENG B, et al. Summary of China stroke prevention report 2016[J]. Chinese Journal of Cerebrovascular Diseases, 2017, 14(4): 217-224.
- [3] 张忠波,田丽,武一平,等.完善改进绿色通道对急性缺血性卒中患者溶栓率影响的研究[J].临床和实验医学杂志,2016(2):188-190.
ZHANG Z B, TIAN L, WU Y P, et al. Study on significance of establishment of green pathway for raising the rate of intravenous thrombolysis in patients with acute ischemic stroke[J]. Journal of Clinical and Experimental Medicine, 2016(2): 188-190.
- [4] PARKER S A, BOWRY R, WU T C, et al. Establishing the first mobile stroke unit in the united states[J]. Stroke, 2015(46): 1384-1391.
- [5] FASSBENDER K, GROTTA J C, GRUNWALD I, et al. Mobile stroke units for prehospital thrombolysis, triage, and beyond: benefits and challenges[J]. Lancet Neurology, 2017, 16(3): 227-237.
- [6] WANG S, LEE S B, PARDUE C, et al. Remote evaluation of acute ischemic stroke: reliability of national institutes of health stroke scale via telestroke[J]. Stroke, 2003, 34(10): 188-191.
- [7] HANDSCHU R, LITTMANN R, REULBACH U, et al. Tele-



medicine in emergency evaluation of acute stroke: interrater agreement in remote video examination with a novel multimedia system[J]. Stroke, 2003, 34(12): 2842-2846.

- [8] 张亚文, 王淼, 王凌豪, 等. 基于未来应用的未来网络固定特征[J]. 电信科学, 2019, 35(8): 65-73.

ZHANG Y W, WANG M, WANG L H, et al. Fixed features of future networks based on future applications[J]. Telecommunications Science, 2019, 35(8): 65-73.

- [9] 董培养, 赵军辉, 邹丹, 等. 一种新型卸载方案: 基于停泊车辆中继的车载边缘任务卸载方案[J]. 电信科学, 2019, 35(3): 53-59.

DONG P Y, ZHAO J H, ZOU D, et al. A new offloading paradigm: vehicular edge task offloading based on parked vehicles relay[J]. Telecommunications Science, 2019, 35(3): 53-59.

[作者简介]



盛煜 (1978-), 男, 博士, 中国联合网络通信有限公司网络技术研究院高级工程师, 主要从事移动通信新技术、新业务研究工作。



刘志衡 (1992-), 男, 中国联合网络通信有限公司网络技术研究院工程师, 主要从事人工智能、智慧医疗研究工作。



单丽雅 (1990-), 女, 中国联合网络通信有限公司网络技术研究院工程师, 主要从事 5G 新业务研究工作。



冯毅 (1976-), 男, 中国联合网络通信有限公司网络技术研究院高级工程师, 主要从事无线技术及业务创新研究工作。