5G 与区块链技术在智慧医院建设中的应用研究*

刘迷迷 王 瑶 满坚平

张武军

(中山大学中山医学院 广州 510080)

(中山大学附属第一医院 广州 510080)

罗育泽

周 毅

(广州中大数字家庭工程技术研究中心有限公司 广州 510006) (中山大学中山医学院 广州 510080)

〔摘要〕 介绍 5G 与区块链技术在智慧医院建设中的应用概况及关键问题, 从电子病历数据共享、医疗处方流转、医学影像智能辅助诊断等方面阐述 5G 与区块链技术在智慧医院建设中的应用前景。

〔关键词〕 5G; 区块链; 智慧医院; 智慧医疗; 电子病历; 处方流转; 医学影像

〔中图分类号〕 R-058 [文献标识码] A [DOI] 10.3969/j.issn.1673-6036.2022.04.003

Study on the Application of 5G and Blockchain Technology in the Construction of Smart Hospital LIU Mimi, WANG Yao, MAN Jianping, Zhongshan School of Medicine, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China; ZHANG Wujun, The First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China; LUO Yuze, Guangzhou Zhongda Digital Home Engineering Technology Research Center Co. Ltd., Guangzhou 510006, China; ZHOU Yi, Zhongshan School of Medicine, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China

〔Abstract〕 The paper introduces the application status and key issues of 5G and blockchain technology in the construction of smart hospital, and expounds the application prospect of 5G and blockchain technology in the construction of smart hospital from the aspects of Electronic Medical Record (EMR) data sharing, medical prescription circulation, intelligent medical imaging assisted diagnosis, etc.

〔Keywords〕 5G; blockchain; smart hospital; smart medical care; Electronic Medical Record (EMR); prescription circulation; medical imaging

〔修回日期〕 2021-12-24

〔作者简介〕 刘迷迷, 博士研究生; 通讯作者: 周毅, 教授, 研究员, 博士生导师。

〔基金项目〕 国家重点研发计划“养老助残友好智慧健康人居环境体系构建与应用示范”(项目编号: 2021YFC2009400); 国家自然科学基金项目“基于非线性动力学驱动的癫痫发作预测深度学习研究”(项目编号: 61876194); 广东省重大科技专项“膀胱癌人工智能一体化精准诊断平台的研发”(项目编号: 2018B010109006); 广东省科技创新战略专项“泌尿系常见病智能诊疗与健康关键技术研究及示范”(项目编号: 202011020004); 广东省自然科学基金项目“基于机器学习的癫痫发作预测脑电及多模态数据模型研究”(项目编号: 2021A1515011897)。

1 引言

1.1 智慧医院发展概况

我国公共医疗卫生系统还不够完善,存在医疗成本高、覆盖面低和医疗资源分配不均衡等问题^[1-2],看病难、看病贵的现象依然存在^[3]。智慧医院建设是缓解这些问题的有效途径^[4]。智慧医院的概念源于2009年IBM提出的智慧地球战略,主要解决医疗卫生资源分布不均衡、医疗服务效率低及高质量患者看护人员短缺等问题。国外智慧医院建设起步较早^[5]。随着“互联网+医疗”的不断推广与发展,2012年我国智慧医院建设探索起步^[6],掌上医院APP、“超级医生沃森”等建设与引入带来了智能化、智慧化的医疗服务^[7-8]。2015年我国公布第1批智慧医院试点单位名单,各地逐步开展智慧医院示范建设,全国智慧医院建设进入快速发展时期。2017-2019年,国家先后发布《关于推进医疗联合建设和发展的指导意见》《医院智慧服务分级评估标准体系(试行)》和《关于进一步完善预约诊疗制度加强智慧医院建设的通知》等,强调创新建设完善智慧医院系统,提高医院治理现代化水平,为患者提供高质量、高效率 and 安全的医疗服务^[9-11]。至此我国推进智慧医院建设的基本框架初现,智慧医院建设在全国推广开来,开始蓬勃发展。

1.2 智慧医院建设存在的问题

我国智慧医院建设发展至今,数量已得到较大提升,但建设过程中仍存在较多共性问题。例如不同医疗机构或同一医疗机构在不同信息化时期采用的标准和规范不一致,信息孤岛问题依然存在;医院间信息集中程度低,跨机构数据共享与交换困难;多源异构数据汇聚融合不足,数据质量不高,有效利用率低;智能化和智慧化系统应用较少,机构内智慧医疗水平不高,跨机构医疗业务协同不足;医疗数据安全和可信网络风险严峻,患者信息安全与隐私保护困难等^[12-13]。

1.3 解决思路

5G与区块链技术在健康医疗领域的不断应用与发展,为解决智慧医院建设相关问题带来新思路。结合5G与区块链技术在实现数据高效、稳定传输的同时可保障数据的可信度与安全性,实现智慧医院建设中信息的标准规范统一、协同交互、高效利用、安全可靠,是智慧医院建设的重要方向,将具有广阔的应用前景^[14-17]。

2 5G与区块链技术在智慧医院建设中的应用概况

2.1 5G技术应用概况

5G是基础通信技术,具有用户体验速率、连接数密度、端到端时延、峰值速率和移动性等关键性能指标,可实现数据的高速传输,大大提升了数据传输效率,为传递海量数据和信息提供了可能^[18],能够推动健康医疗领域数字化、智能化、网络化发展,促进智慧医疗服务创新升级及相关产业加速发展^[19]。国内外已经在一些医疗场景初步应用5G,包括远程手术、远程会诊、远程超声、急救服务等。例如:如诺基亚公司与芬兰奥卢大学合作开展基于5G网络环境的移动急救^[20];中国移动帮助解放军总医院完成首例5G远程人体手术,并与中日友好医院合作开展5G远程急重会诊;广东省人民医院与高州市人民医院基于5G完成首例远程心脏病手术^[21];四川省第四人民医院基于5G开展分诊导诊机器人、增强现实(Augmented Reality, AR)远程针灸、虚拟现实(Virtual Reality, VR)远程超声、智慧医疗服务端等智慧医疗应用^[22]。这些应用一定程度上提高了医疗服务的效率和质量,但还未充分发挥5G的技术优势。5G在智慧医院中的应用将越来越广泛和深入,能够有效构筑智慧医院所需物联基础设施^[23-24],尤其在远程示教等更多远程医疗、紧急救援、智慧导诊、人工智能(Artificial Intelligence, AI)辅助诊断等智慧医疗场景,以及在VR病房探视、移动查房、智能输液监控、远程慢病及健康监护等智慧管理场景中应用前景明朗^[25]。

2.2 区块链技术应用概况

区块链是一种分布式、去中心化、隐私保护的技术工具,是实现机构间数据安全、可信的交互与共享的关键技术,目前正逐步从商业应用进入医疗领域,其研究与应用备受关注^[26]。区块链利用去中心化、防篡改、可溯源等技术优势保护患者隐私,可保障医疗机构间数据共享的安全性和可信性,促进各医院医疗协同与优势互补^[27-28]。国内外已初步将区块链技术应用用于医疗卫生领域,包括利用区块链技术创建跨机构的医疗数据管理系统^[29-30],实现机构间医疗业务数据互联互通和医联体内互联网远程专家联合诊疗^[31-32],以及在电子病历等临床数据及个人健康数据共享、医保审核、药品及处方防伪、医疗器械与医疗用品跟踪、疫情防控等方面的应用^[33-35]。可见利用区块链保障数据安全可信的技术特点有望重塑医疗卫生事业信任格局^[36]。

2.3 5G 与区块链技术应用的关键

目前国内外正逐步将 5G 与区块链技术应用用于智慧医院建设,实现了部分电子病历、影像和诊疗信息等大量健康医疗数据的跨机构快速传输、同步共享调阅及智慧医疗等应用,一定程度上缓解了大量数据传输费时费力、“信息孤岛”和数据安全等问题。与此同时,5G 与区块链技术在健康医疗领域应用中还存在一些问题与挑战。一方面,5G 技术在医疗领域应用和发展还处于早期探索阶段,存在基站组网和运行费用昂贵,相关行业标准不完善,信息安全和隐私保护困难等问题与挑战^[37];区块链技术在医疗领域应用实践经验少、数据存储空间需求大、大规模数据交流负荷大,大规模推广运行存在阻力,区块链网络在患者隐私保护和数据安全方面仍存在薄弱环节^[26]。另一方面,当前对于利用 5G 与区块链技术加强智慧医院建设和改善医疗服务主要体现在单项技术应用方面,没有很好地融合 5G 和区块链技术,兼顾数据传输共享的效率及安全性与可信性;数据跨机构共享范围仅限于极少数机构,可共享数据量较小,不能真正实现海量医疗数据的共享利用。因此,当前 5G 与区块链技术在智慧医院建设中应用

的关键在于解决单项技术在健康医疗领域应用中的问题与挑战,以及进一步探索两项技术在智慧医院建设领域的融合应用。例如有学者提出建设基于“5G+区块链”的远程协同诊疗平台、智慧医疗网络安全应用体系及物联网数据共享方案等设想^[38-40]。在保持大量数据高速传输与共享的同时,解决当前建设中存在的数据传输共享的安全与可信问题,发掘出更多智慧医疗、智慧健康的应用场景,引导智慧医院沿着功能实用、信息共享、服务智能的方向建设,为智慧医疗发展带来新的机遇。

3 5G 与区块链技术在智慧医院建设中的应用前景

3.1 电子病历数据共享及效率、安全、可信保障

医院电子病历数据最大的特点是数据体量巨大,并且具有很强的隐私性和安全性,极大地限制了跨机构电子病历交互共享,制约着我国智慧医疗体系发展。这主要体现在医联体和分级诊疗的智慧医疗体系中,各医院间电子病历数据的验证、存储、传输、访问、共享、分析与挖掘利用等过程中都存在数据交互标准、效率、安全性和可信性等问题。对此可在顶层架构和系统设计上建立基于 5G 的通信网络,以实现不同医疗机构、信息系统、医疗设备和智能终端之间电子病历数据的高速传输,提高电子病历数据互联互通和共享利用的效率。同时利用区块链的数据结构、分布式节点共识算法、密码学和智能合约等技术来验证、存储、生成、更新、编程和操作数据,同时保证数据传输和访问的安全。将这种分布式组织架构与计算范式融入智慧医疗体系建设,保障多源、多模态患者电子病历数据的不可篡改性和可追溯性。利用区块技术将电子病历进行分级分层保护,保障各医院需要共享的数据保存在本地,确定电子病历主索引等数据上链的边界,所有数据参与方维护 1 份数据账本;利用数据沙箱和安全多方计算技术解决各医院间数据交互的稳定、准确、完整、安全和可信问题,保障各医院的权利,防止患者隐私泄露;通过身份认证与用户授权等方式控制数据访问以保障患者个人隐私和电子病历数据协同交互的安

全性,防止数据滥用。此外,区块链技术在跨医疗机构和数据量大的情况下存在大规模的数据交流,时间成本较大,因此也需要结合5G技术来提高电子病历数据交互共享和利用的效率。

3.2 医疗处方流转的关键应用

针对智慧医院的处方流转需求,将5G和区块链关键技术应用于医院现有处方流转业务流程,优化和提升现有处方流转平台的安全性、可信性、可追溯性和效率。在当前智慧医院电子处方流转的业务流程中,处方真实性来自于开立医院的背书,社会药房无法验证处方的真实性;此外处方内容与剂量是医生对患者病情准确评估后开具的,每张处方仅应核销1次。利用5G和区块链技术优化处方流转平台,实现医生开立纸质或电子处方后,处方信息快捷接入流转平台,并由医院进行数字签名,形成医院对处方真实性、有效性的背书;社会药房通过资质审核后,利用可信终端接入流转平台;患者前往药房购药或将电子处方流转至药房时,药房通过流转平台核验处方真实性、有效性,并通过数字合约核销后予以配药。处方开立、流转、核销的全流程记入区块链账本,实现处方流转的流程可追溯性和易于监管;利用零知识证明、同态加密及安全多计算等密码学与区块链关键技术,防止处方内容被篡改和重复使用,保障药品追溯和用药安全。在此过程中,将5G技术应用于处方流转的全流程,即使终端设备类型多样,患者开具处方的医院距离药房甚远,以及患者在多家开具处方的医院和多家药房取药等情况下,需要处理和传输的数据量大、过程复杂,也能实现处方的快速流转。如此,提高医院内医护人员及药房药师间处方流转效率,保障患者用药安全、可信和取药方便快捷。

3.3 医学影像智能辅助诊断创新应用

5G和区块链技术为医学智能影像辅助诊断带来了创新应用,将改造现有医学影像智能辅助诊断业务流程。尤其在医联体和分级诊疗模式下,针对远程医疗和移动人工智能疾病辅助诊断应用需求,利用上级医院临床与科研数据中心、互联网医院、远

程医疗平台、分级诊疗体系及移动CT等已构建的医学影像智能辅助诊断系统,结合5G提高医学影像数据传输速率及系统容量、减少延迟。区块链技术保障远程数据传输、共享和业务协同的完整性、安全性和可信性。同时集成机器学习、模式识别、图像与图形学、深度学习、强化学习等人工智能相关算法与工具集,对患者的医学影像数据进行深度挖掘和学习,提升现有系统诊断的准确性。以5G与区块链技术支撑远程疾病诊疗的数据协同交互和有效利用,实现远程医学影像、移动CT检查同智能辅助诊断流程的无缝对接。具体来说,在医学影像辅助诊断方面,将没有部署辅助诊断系统的医院或基层医疗机构的医学影像实时传输到上级医院,利用智能辅助诊断系统进行诊断并实时反馈诊断结果,辅助医生开展疾病诊断、筛查、分级和风险预测等。在移动CT方面,通过5G网络切片技术和区块链技术实现移动CT设备、检查工作站与医院内网络的端对端连接,保证影像传输通道的快速、稳定和安全以及数据的完整性和可信性,海量移动CT影像实时传回医院内医学影像存储与传输系统(Picture Archiving and Communication System, PACS)和智能辅助诊断系统进行诊断,实时反馈诊断结果,供远程会诊、急救会诊等场景使用;同时将影像文件与检查报告纳入医院诊疗资料体系,用于后续诊疗行为,形成完整电子病历档案。此外,在以上两个场景中可使用实时图像、语音、视频等技术高效地开展远程会诊、双向转诊和急救会诊等,保障医生与医生、医生与患者之间在诊疗方法与思路上的良性互动,从而更好地进行决策,以提高诊疗效率和准确度。

4 结语

5G与区块链技术在智慧医院建设中的融合应用将不断深入发展,实现电子病历等医疗数据快速、稳定上链和传输共享,同时保障数据不被泄露、不可篡改和可追溯。利用5G高速率的技术优势实现患者生命体征信息、医学影像等大容量电子病历数据跨医院高速传输和共享;以5G低延时、稳定传

输的技术优势实现远程会诊、远程手术、远程急救诊疗等快速、优质和安全的智慧医疗服务,提升医院服务能力与医疗资源利用率,推动优质医疗资源下沉。同时将区块链作为去中心化、隐私保护的技术工具,实现患者诊疗数据和医院管理数据的保护与共享,解决智慧医院建设时数据共享的安全问题。5G 与区块链技术在智慧医院建设中的应用不断推广,将连接越来越多医疗机构及相关政府管理部门和企业,通过高清视频通讯系统、数字智能终端及区块链核心技术部署,实现机构间信息系统与业务对接、信息流转的可信认证与访问控制,缓解当前智慧医疗体系建设中效率低、不可信和信息泄露等关键问题。此外进一步推广和扩大到分级诊疗、远程医疗、应急救援、双向转诊、移动医护和人工智能辅助诊断等智慧医疗场景,可实现决策支持、智能辅助诊断、无线监护、远程影像、移动医疗、远程手术直播、公共卫生应急指挥与调度、患者信息采集与健康管理、检查预约、处方服务、电子病历服务、药品供应链、咨询科普、商保理赔等多种具体智慧医院建设场景的功能应用。促进各医疗机构、相关政府管理部门和企业提供多层次、全方位、实时交互、安全可信的智慧医疗、智慧管理和智慧服务,推动基于 5G 与区块链技术的全感知、全联接、全融合、全智能的智慧医疗体系建设,最终实现统一高效、资源整合、互联互通、信息共享、安全可信的智慧医疗体系建设。

参考文献

- 1 陈婷, 闵锐, 乐曲, 等. 健康中国建设背景下大型公立医院动态能力初探 [J]. 中国医院管理, 2017, 37 (6): 1-4.
- 2 方鹏骞, 谢俏丽, 胡天天. 论互联网与医疗服务的关系 [J]. 中国卫生政策, 2019, 9 (12): 65-68.
- 3 赵霞, 李小华, 周毅, 等. 基层医疗卫生信息系统标准体系研究 [J]. 医学信息学杂志, 2018, 39 (8): 47-50, 57.
- 4 俞乐欣, 王健, 孟彦, 等. 我国智慧医院发展的 PEST 分析 [J]. 智慧健康, 2019, 5 (19): 1-3.
- 5 张建忠, 李永奎, 曹玲燕, 等. 国内外智慧医院建设研究 [J]. 中国医院管理, 2018, 38 (12): 64-66.
- 6 赵霞, 李小华, 周毅. “互联网+医疗”的服务特色

- [J]. 中国数字医学, 2016, 11 (1): 26-28.
- 7 蒙华, 李立峰, 李浪, 等. 基于“互联网+”智慧医院的医联体建设 [J]. 现代医院, 2017, 17 (12): 1720-1724.
- 8 姬军生. 研究型医院智慧化建设的实践探索 [J]. 中华医院管理杂志, 2016, 32 (1): 61-63.
- 9 国务院办公厅. 关于推进医疗联合体建设和发展的指导意见 [EB/OL]. [2021-05-03]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-04/26/content_5189071.htm.
- 10 国家卫生健康委办公厅. 关于印发医院智慧服务分级评估标准体系(试行)的通知 [EB/OL]. [2021-05-03]. <http://www.nhc.gov.cn/cms-search/xxgk/getManuscriptXxgk.htm?id=9fd8590dc00f4feeb66d70e3972ede84>.
- 11 国家卫生健康委办公厅. 关于进一步完善预约诊疗制度加强智慧医院建设的通知 [EB/OL]. [2021-05-03]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-05/22/content_5513897.htm.
- 12 张晓丽, 李超红, 侯旭敏, 等. 基于改善患者就医体验的智慧医院建设实践 [J]. 中国医院, 2018, 22 (4): 62-64.
- 13 胥婷, 崔文彬, 于广军. 我国智慧医院建设现状及发展路径 [J]. 中国医院, 2020, 24 (3): 1-3, 10.
- 14 Radanovi Igor, Liki Robert. Opportunities for Use of Blockchain Technology in Medicine [J]. Appl Health Econ Health Policy, 2009 (16): 583-590.
- 15 刘金鑫, 靳泽宇, 李雯雯, 等. 5G 远程医疗的探索与实践 [J]. 电信工程技术与标准化, 2019 (6): 83-86.
- 16 周剑明. 基于 5G 与区块链构建智慧医疗网络安全应用体系 [J]. 张江科技评论, 2021 (1): 26-28.
- 17 李华才. 智慧医院建设战略定位若干问题的探讨 [J]. 中国数字医学, 2019, 14 (8): 1.
- 18 叶东鑫, 陈木子. 5G 时代的智慧医院建设 [J]. 中国医学装备, 2019, 16 (8): 150-153.
- 19 李锋. 推动 5G 及相关产业发展 [J]. 宏观经济管理, 2020 (6): 23-31.
- 20 Heeser A. Smart Hospital: Forward Thinking: Produkte und Lösungen für die Patienten von morgen [J]. kma - Klinik Management aktuell, 2019, 24 (9): 46-47.
- 21 梁凤玲. 基于 5G 技术的智慧医院建设探讨 [J]. 信息系统工程, 2020 (4): 33-34.
- 22 《通信与信息技术》编辑部. 四川移动携手四川省第四人民医院打造 5G 智慧医院 [J]. 通信与信息技术, 2019 (4): 13.
- 23 冯国斌, 刘艳婷. 5G 移动网络技术结合现有医疗应用

- 探索 [J]. 医学信息学杂志, 2019, 40 (10): 25 - 29.
- 24 蒋雅丽. 5G 如何赋能医疗 [J]. 通信世界, 2018 (28): 22.
- 25 杨敬, 葛涵涛, 陆焯晔. 5G 技术在智慧医疗领域的应用场景浅析 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2020, 17 (6): 804 - 808.
- 26 赵延红, 原宝华, 梁军. 区块链技术在医疗领域中的应用探讨 [J]. 中国医学教育技术, 2018, 32 (1): 1 - 7.
- 27 朱岩, 甘国华, 邓迪, 等. 区块链关键技术中的安全性研究 [J]. 信息安全研究, 2016, 2 (12): 1090 - 1097.
- 28 吴蜜, 涂玉麟, 彭俊玮. “区块链 + 智慧医疗” 面临的机遇与挑战 [J]. 科技经济导刊, 2020, 28 (15): 203 - 204.
- 29 Fabris P. Smart Hospital' on the Horizon [J]. Building Design & Construction, 2019, 60 (7): 42, 44.
- 30 Esmailzadeh Pouyan, Mirzaei Tala. The Potential of Blockchain Technology for Health Information Exchange: Experimental Study From Patients' Perspective [J]. J Med Internet Res, 2019, 21 (6): e14184.
- 31 郑序颖. 区块链首次落地医疗场景: 常州医联体破解信息孤岛困境 [J]. 科技新时代, 2017 (4): 61.
- 32 贺永超, 任虹旭, 于丽, 等. 探讨移动互联网结合区块链技术在新冠肺炎疫情下医联体联合诊疗中的应用价值 [J]. 卫生职业教育, 2021, 39 (9): 145 - 146.
- 33 向菲, 张柏林, 范伯男. 区块链技术在海外医疗卫生领域中的应用 [J]. 中华医学图书情报杂志, 2018, 27 (8): 31 - 37.
- 34 Yue X, Wang H, Jin D, et al. Healthcare Data Gateways: Found Healthcare Intelligence on Blockchain with Novel Privacy Risk Control [J]. J of Med Sys, 2016, 40 (10): 218.
- 35 姚国章, 薛新成. 区块链技术在应急管理中的应用现状及未来发展研究 [J]. 改革与开放, 2021 (10): 43 - 49.
- 36 扈维浩, 张艳. 区块链有望重塑医疗卫生事业信任格局 [J]. 中国电信业, 2020 (4): 72 - 75.
- 37 陈越, 陈敏. 5G 技术在医疗卫生领域应用探讨 [J]. 中国数字医学, 2020, 15 (1): 14 - 15.
- 38 蔡丽君, 陈松长, 徐晨明, 等. “5G + 区块链” 赋能植入前遗传学检测技术用于罕见病的精准防控 [J]. 中华生殖与避孕杂志, 2021, 41 (6): 486 - 495.
- 39 周剑明. 基于 5G 与区块链构建智慧医疗网络安全应用体系 [J]. 张江科技评论, 2021 (1): 26 - 28.
- 40 乔康, 游伟, 王领伟, 等. 基于区块链的 5G 物联网数据共享方案 [J]. 网络与信息安全学报, 2020, 6 (4): 45 - 55.

(上接第 13 页)

操作、乱操作等问题。因此面向急救人员开展 5G 医疗设备操作培训、研发更加友好的交互界面、简化设备操作流程等仍值得深入研究。

6.2.3 趋势 3: 聚焦下一代网络研发 尽管 5G 网络能满足绝大部分急救医疗场景, 但其在传输速率和移动性上仍有一定局限。如缺乏支撑持续超清视频流的能力、不能保障稳定的全息通信服务、无法充分保证在高速移动状态下 (如高速救护车) 急救设备的实时连接等。

6.2.4 趋势 4: 医疗设备能量耗散研究 用于急救医疗服务的设备尺寸有限, 同时还与一系列传感器实时联络, 而驱动相关设备需要提供源源不断的能源, 这对于电池寿命以及置换成本提出严峻挑战, 然而目前仍没有解决上述问题的有效方法。

6.2.5 趋势 5: 患者数据安全及隐私保护研究 用于采集、传输、存储患者数据的传感器、通信链路、数据库可能缺乏隐私性和安全性。未来亟待解决的问题包括: 一是在大数据分析时应注重对患者隐私保护; 二是必须建立面向患者敏感信息的数据保密机制; 三是用于采集、传输、存储的相关技术

工具需经过详细的风险评估。

参考文献

- 1 Nayak S, Patgiri R. A Vision on Intelligent Medical Service for Emergency on 5G and 6G Communication Era [J]. EAI Endorsed Transactions on Internet of Things, 2020, 6 (22): 1 - 13.
- 2 Hka F, Swk B, Ep C, et al. The Role of Fifth - generation Mobile Technology in Prehospital Emergency Care: An Opportunity to Support Paramedics [J]. Health Policy and Technology, 2020, 9 (1): 109 - 114.
- 3 Nanda S, Panigrahi C R, Pati B. Emergency Management Systems Using Mobile Cloud Computing: A Survey [EB/OL]. [2020 - 11 - 03]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/dac.4619>.
- 4 Nayak S, Patgiri R. 6G Communication Technology: A Vision on Intelligent Healthcare [M]. Singapore: Springer, 2021: 1 - 18.
- 5 Otoum S, Ridhawi I A, Mouftah H T. Preventing and Controlling Epidemics Through Blockchain - Assisted AI - Enabled Networks [J]. IEEE Network, 2021, 35 (3): 34 - 41.