

导读:随着 5G 市场的快速发展,通信学术界、产业界以及标准化组织均启动了 6G 在愿景、需求和技术上的研究。6G 一定是一个对 5G 不足不断增强,并满足新的需求而顺势发展的系统,将在 5G 基础上全面支持整个世界的数字化,并结合人工智能等技术的发展,实现智慧的泛在可取、全面赋能万事万物。为了促进 6G 通信技术交流,推动我国 6G 通信技术发展,《电子技术应用》杂志 2021 年第 3 期推出“面向 6G 的网络与业务需求”主题专栏,论文内容针对 6G 需求、愿景与应用场景展开讨论,重点涵盖 6G 典型业务和应用场景、6G 网络指标体系、6G 网络架构以及在内生智能和立体多维覆盖方面的发展趋势等多个领域,期待为 6G 技术研究和提供有益的借鉴。



特约主编:朱雪田,北京邮电大学工学博士,教授级高级工程师,中关村国家自主创新示范区高端领军人才,现就职于中国联通研究院。长期从事 5G/6G 移动通信技术与业务创新研发工作,作为项目组长先后负责多个 5G/6G 领域的移动通信国家重大项目,发表学术论文超过 100 篇,发明专利 100 余项,个人专著 4 本。

6G 需求、愿景与应用场景探讨*

王瑜新^{1,2,3},章秀银¹,徐汗青^{2,3},唐杰¹,陈真¹

(1.华南理工大学 电子与信息学院,广东 广州 510641;

2.中兴通讯股份有限公司,广东 深圳 518055;

3.移动网络和移动多媒体技术国家重点实验室,广东 深圳 518055)

摘要:随着 5G 网络在全球的大规模商用,很多机构和组织开始启动对 6G 研究。在分析目前 5G 通信系统所面临的挑战的基础上,探讨了 6G 需求、愿景和应用场景,并对 6G 的性能指标进行了探讨。

关键词: B5G/6G;需求;愿景;人工智能(AI)

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.211374

中文引用格式: 王瑜新,章秀银,徐汗青,等. 6G 需求、愿景与应用场景探讨[J].电子技术应用,2021,47(3):1-4,17.

英文引用格式: Wang Yuxin, Zhang Xiuyin, Xu Hanqing, et al. Discussion of requirement, version and application scenarios toward 6G communications[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(3): 1-4, 17.

Discussion of requirement, version and application scenarios toward 6G communications

Wang Yuxin^{1,2,3}, Zhang Xiuyin¹, Xu Hanqing^{2,3}, Tang Jie¹, Chen Zhen¹

(1.School of Electronics and Information, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China;

2.ZTE Corporation, Shenzhen 518055, China;

3.State Key Laboratory of Mobile Network and Mobile Multimedia Technology, Shenzhen 518055, China)

Abstract: While 5G network is currently being deployed around the world, number of reserchers and organizations have begun to study 6G. This paper analyzes the challenge of 5G network firstly, and then discusses the requirements, version and application scenarios toward 6G, and predicts the key performance indicators of 6G.

Key words: B5G/6G; requirement; version; AI

* 基金项目: 国家科技重大专项课题(2018ZX03001-020)

0 引言

回顾移动通信 40 年来的发展历程,可以发现移动通信网络基本上是以 10 年为周期进行迭代升级,如图 1 所示。历经第一代模拟语音通信、第二代数字语音通信、第三代简易多媒体通信和第四代的移动宽带多媒体通信移动通信,目前处于第五代大规模商用的起始阶段。随着人类社会化和智能化需求的不断提升,5G 也将会出现性能和应用方面的瓶颈。正如 10 年前启动 5G 的研究,现在开始 6G 的研究符合移动通信系统的发展规律^[1]。

国内外产学研已于 2019 年开始启动 6G 研究,涵盖愿景需求、场景、网络架构和关键技术等诸多研究内容。在国际方面,国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)在 2020 年 2 月瑞士日内瓦召开 ITU-R WP5D 工作组会议,会议决定启动未来新一代移动通信(6G)的研究工作。美国在 2019 年初宣布启动 6G 研究,联邦通信委员会(Federal Communications Commission, FCC)为 6G 研究开放了太赫兹频段。2019 年 9 月,芬兰奥卢大学与参会的 70 位世界顶尖通信专家共同发布全球首份 6G 白皮书——《6G 泛在无线智能的关键驱动因素及其研究挑战》^[2]。在国内方面,中国工业与信息化部在原有的 5G 推进组(IMT-2020)基础上,成立 6G 推进组(IMT-2030),开展关于 6G 愿景、需求、关键技术及其标准化的可行性研究。中国科技部于 2019 年 11 月成立国家 6G 技术研发推进工作组和总体专家组。中国移动于 2019 年 11 月发布了《6G 愿景与需求白皮书》,提出“数字孪生,智慧泛在”的 6G 愿景^[3]。综上所述,虽然国内外已经启动 6G 的前瞻性研究,产业界或研究机构也提出了关于 6G 方面的初步设想,但关于 6G 需求、愿景、应用场景及其性能指标方面还远未达成共识。但基本的研究方法依然一脉相承,即:依据 5G 发展情况,一方面分析现有系统的不足和挑战,另一方面分析未来的潜在业务需求,从而总结出未来移动通信系统的特征,设计未来移动网络需求愿景,并进一步探讨频率需求、技术和运营挑战、潜在创新机会等问题。6G 一定是一个对 5G 不足不断增强,并满足新的需求并顺势发展

的系统。以此为基本出发点,本文从 5G 通信系统面临的挑战和不足入手,通过分析 6G 阶段可能出现的典型业务,对 6G 愿景和应用场景进行探讨,初步给出 6G 网络性能指标体系。

1 5G 通信系统面临的挑战

随着社会的不断进步,人们对通信的需求也将不断提升,5G 移动通信系统将面临如下挑战:

(1) 数据速率

增强现实(Augmented Reality, AR)和虚拟现实(Virtual Reality, VR)被认为是 5G 高数据率最重要的需求之一,未来 AR/VR 和混合现实(Mixed Reality, MR)将融合到扩展显示(Extended Reality, XR)中。同时,高保真 XR 交互或全息交互将替代现有的平面多媒体的交互形式,该类型业务将至少需要 Tb/s 级别以上的峰值速率。目前的 5G 系统难于实现如此高的数据速率。

(2) 时延与可靠性

当前 5G 系统可达到低至 1 ms 时延特性,并提供 10^{-6} 的可靠性能力。而未来的工业控制、远程医疗和自动驾驶等应用,对移动通信的时延和可靠性能力将提出更高的要求。例如:时延需要缩减至亚秒(<1 ms)级甚至是微秒(μ s)级,可靠性则要达到 10^{-7} ,这必将为 5G 系统的演进带来挑战。

(3) 万物互联

万物互联的大规模机器通信 mMTC 是 5G 标准定义的三大应用之一,但运营商考虑到 4G 中的物联网 NB-IoT 收入非常有限,而且目前物联网应用还处于初级阶段,因此对物联网的投入兴趣不大。同时,3GPP 国际标准组织在 R15 版本之后并未对 mMTC 空口技术进行持续增强和演进。因此,万物互联的愿景在目前的 5G 系统中并未得到很好的实现。为了实现这一愿景,需要进一步解决物联网终端的深度覆盖、廉价成本及电池寿命的问题。此外,随着传感器技术和物联网应用的发展,设备连接密度的需求将大于现有 5G 网络中的每平方米一个连

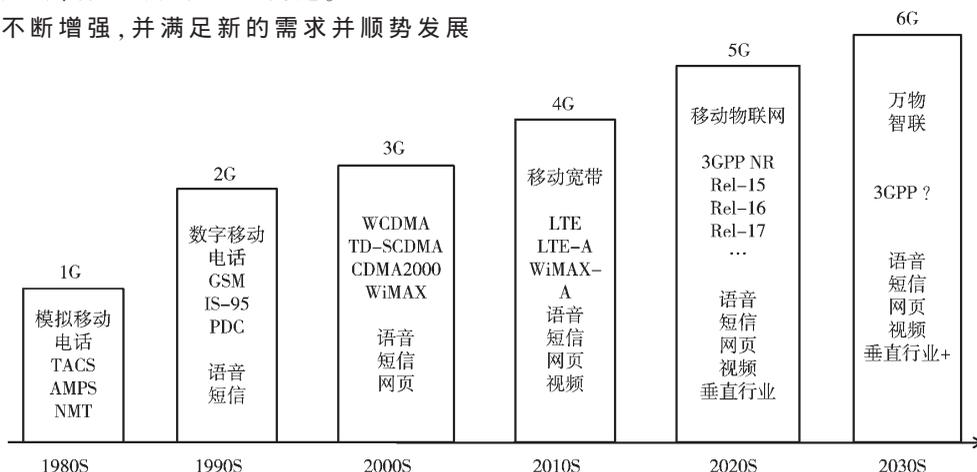


图 1 移动通信的发展历程

接设备。如何在 6G 研究中找到更好的突破口,真正实现万物互联,也将会是现有移动通信系统的研究方向和重要挑战。

(4) 通信网络空间范围

目前 5G 系统的通信范围主要还是以基站为中心的覆盖,而在人口密度低的偏远地区、海洋、太空等区域,5G 网络无法进行有效覆盖,进而形成信号盲区。随着人类在野外科考探险、太空及航海、航空活动的日益频繁,人们对随时随地宽带通信的需求也不断增加,如何构建空天地海一体化网络,实现真正意义上全球无缝覆盖,将是未来 B5G 或 6G 研究的重要方向。

(5) 能源效率

为了保证覆盖范围与 4G 网络基本相同,现有 5G 基站采用增加基站发射功率的方式,实现 5G 大带宽下的功率密度与 4G 基站的一致性,但也导致运营商在电费方面的运营成本明显增加。未来 6G 通信将朝着更大通信带宽的方向发展,为了提高功率效率,在发射端采用更大规模的天线阵来聚焦发射功率,在接收端采用更先进的处理算法来高效利用接收功率,或采用其他多跳技术和智能反射面板技术等,都是未来 6G 可以研究的方向。

(6) 网络融合

5G 通信定义增强型移动宽带(eMBB)、超可靠低时延通信(uRLLC)以及大规模机器通信(mMTC)三大应用场景。但目前除了 eMBB 获得大规模商用,其他两大应用场景并未有实现较好的产业化回报,主要是由于 5G 网络向垂直行业和互联网发展时,遇到了网络融合方面的难题,包括移动通信网络与家庭宽带固网的融合、移动网络与卫星网络的融合、移动网络与工业控制网络/医疗网络/物联网的融合等。网络融合问题需要在后续 B5G 或 6G 系统研究中认真考虑。

(7) 人工智能与通信网络的结合

人工智能(Artificial Intelligence, AI)在其他领域的成功,使得人们开始考虑在 5G 系统中使用 AI 技术^[4-5]。但由于 5G 通信网络设计之初对 AI 的考虑较少,以及目前的 AI 算法在无线通信领域的局限性^[6-9],5G 与 AI 的结合并不是真正以 AI 为基础的全新智能通信网络系统,仅是利用 AI 算法对传统通信网络架构进行优化改造。移动通信网络最核心最有价值的部分在于无线空口接入网,目前 AI 与 5G 网络的结合主要体现在网络维护和提高网络灵活度方面,AI 赋能移动网络的作用还极其有限。

综上所述,目前 5G 通信系统所面临的各种挑战,将会是后续 6G 技术研究和标准制定过程中要重点解决的关键性问题。

2 6G 愿景与应用场景

2.1 6G 愿景

在 5G 研究初期,IMT-2020 推进组确立 5G 愿景为

“信息随心至,万物触手及”^[10],其目标是使得人类社会从 4G 的移动互联网过渡到 5G 的万物互联时代。6G 目标是满足 2030 年之后的信息社会需求,进一步提升移动网络数据速率、可靠性、能源效率的同时,降低通信时延,扩展通信网络空间,并结合 AI 打通虚实空间,实现万物智联。因此,6G 愿景可以概括为 4 个关键词:“智慧连接”、“深度连接”、“全息连接”、“泛在连接”,并共同构成“一念天地,万物随心”的 6G 总体愿景^[11]。

2.2 6G 主要应用场景展望

(1) 全息通信

随着通信技术的发展和人们对网络沟通需求的不断提升,未来 AR/VR 和 MR 将融合到 XR 中,高保真 XR 交互或全息交互将替代现有的平面多媒体的交互形式,人们可以随时随地享受沉浸式的全息技术所带来的体验^[11-12]。全息技术利用干涉和衍射技术来将物体的三维图像高清展示在人们的面前,可以裸眼或通过 XR 等技术来进行全息交互。为了实现全息通信的目标要求,至少需要 Tb/s 以上的峰值速率。

(2) 数字孪生

随着先进传感器、AI 和通信等技术的不断发展,6G 将在 5G 的基础上支持世界的全面数字化。将物理世界向虚拟世界复制,包括人、器件、目标物体、系统、地方等各种要素,这就是数字孪生的概念。预计在 6G 及以后的时代,世界将存在物理世界和虚拟的数字孪生世界,人们可以不受时间或空间限制,通过数字孪生世界去探索和感知世界,从而去发现问题或预测世界的变化,及时对物理世界进行纠正。例如:通过在体内外密集部署传感器(>100 个/人)进行数据收集、分析与建模,生成“数字孪生人”,医生可以进行精确的远程手术、人体健康管理,科学家可以进行高效的病毒机理研究、器官研究等^[3]。数字孪生技术对通信网络提出了更高的要求,以再现 1 平方米区域的三维世界为例,像素数量的需求将大于 1 万亿像素,假定传输周期为 100 ms,以 1/300 的比例进行压缩,需要的传输速率至少为 0.8 Tb/s^[13]。

(3) 自动驾驶

随着人口的不断增长和经济的快速全球化,即使可以通过“数字孪生”技术呈现远端世界,现实世界的人员或货物的流动仍然不可避免。自动驾驶技术的使用将会使得运输和物流更加高效。自动驾驶技术是采用车路协同的方式,众多的传感器将嵌入到每辆车之中,道路也会安装大量传感器,通信网络需要将车上传感器感知信息、道路传感器获取信息与云端进行联网交互,实现协同决策,并发出动作指令实现自动驾驶。因此,为了实现自动驾驶,需要完整的系统配套,包括雷达传感器、云端智能交通控制中心以及实现端到端、端到控制中心通信的车联网技术。车联网将控制枢纽与大量的远端自动驾驶汽车紧密相连,组成一张庞大的智慧交通网络,这对

车联网通信的传输可靠性和时延提出非常高的要求。预计 6G 通信网络可实现低于 1 ms 的时延和 10^{-7} 可靠性，将有力加快自动驾驶时代的到来。

(4)空天海地通信

随着科技的进步和人类对活动空间需求的提高，人类在野外科考探险、太空、航海航空活动的日益频繁，人们对随时随地宽带通信的需求也不断增加^[14]。6G 移动通信网络覆盖将从陆地扩展到天空和海洋，将空间、陆地以及海洋无缝连接，实现空天海地一体的全球信号覆盖。对于其组网方式，地面基站与低轨卫星、高轨卫星、地面的直放站、水下基站等共同组网，进行全方位的深度覆盖。在 6G 时代，人类将可实现随时随地的“泛在连接”。

3 6G 性能指标

随着时代的发展，预计 2030 年以后的 6G 网络将催生更多的应用业务，与 AI 的结合更加紧密，对数据访问的安全等级也会有更细的量化指标，6G 全球信号的立体覆盖也会对定位提出更高的要求。因此，对于 6G 网络性能指标体系，除了传统的峰值数据率、用户体验数据率、能源效率、频谱效率、空口时延、移动速度、连接密度、可靠性指标之外，还需要定义通信终端的智能等级、可信安全等级、定位精度等指标，例如：L4 的智能等级、超可靠的安全等级、厘米级别的定位精度。为了方便对比 6G 和 5G 的性能指标，图 2 给出了传统的网络性能指标对比。

(1)峰值数据率

峰值数据率是历代通信系统一直追求的关键技术指标之一。5G 网络系统最重要的一个应用是 eMBB，意味着高速的数据率，下载一部高清的电影视频只需几秒。预测未来十年的发展趋势，利用太赫兹和光谱频段的大带宽优势，可知 2030 年可能达到 Tb/s 峰值速率。

(2)用户体验数据率

在高频段大带宽下，用户体验数据率可达 Gb/s。

(3)能源效率

全球超大规模的移动通信网络为人们的工作生活带来极大便利的同时，也消耗了大量的能源电量。未来将搭建更多的基站和发射大量的卫星来共同组网，实现遍布全球的 6G 网络信号覆盖，将对能耗带来前所未有的巨大挑战。预计 6G 的能源效率是 5G 的 2 倍。

(4)频谱效率

增加传输带宽以实现更高的峰值速率的同时，为了达到相比 5G 更高的能源效率，预计 6G 的频谱效率是 5G 的 2 倍。

(5)空口时延

无论是全息交互，还是自动驾驶、工业互联网、远程医疗，都需要较低的交互时延，预计 6G 要实现 100 μs 的级别。

(6)移动速度

随着超高速列车的使用以及航空通信的需求，在 5G 的 500 km/h 基础上，预计移动速度要达到 1 000 km/h。

(7)连接密度

随着智能传感器的大量使用，利用超密集网络、更大规模天线阵列和更大带宽，6G 的连接密度可望达到 5G 的 2 倍。

(8)可靠性

随着 5G 或 6G 不断广泛应用到垂直行业，如工业控制互联网、远程医疗等，对 6G 可靠性的需求有望达到 10^{-7} 。

4 结论

本文首先分析了目前 5G 通信系统所面临的挑战，探讨了 6G 需求、愿景和应用场景，并对 6G 的性能指标进行了预测。6G 一定是一个对 5G 不足不断增强，并满足新的需求并顺势发展的系统。6G 的“智慧连接”、“深度连接”、“全息连接”、“泛在连接”关键特性，共同构成“一念天地，万物随心”的 6G 总体愿景。

参考文献

[1] 张平,牛凯,田辉,等.6G 移动通信技术展望[J].通信学报,2019,40(1):141-148.
 [2] University of Oulu.Key drivers and research challenges for 6G ubiquitous wireless intelligence[R].2019.
 [3] 中国移动.2030+愿景与需求报告[R].2019.
 [4] YOU X H,ZHANG C,TAN X S,et al.AI for 5G:research directions and paradigms[J].中国科学,2019,62(2):1-13.
 [5] KIBRIA M G,NGUYEN K,VILLARDI G P,et al. Big data analytics, machine learning, and artificial intelligence in next-generation wireless networks[J].IEEE Access,2018,6:32328-32338.

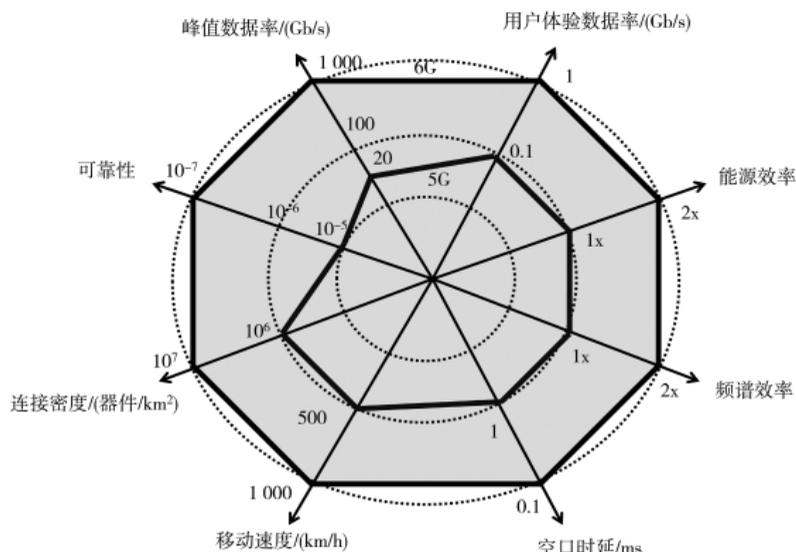


图 2 6G 与 5G 的性能指标对比

(下转第 17 页)

- [2] 李晓丹.基于数据驱动的博物馆展陈智能中控系统建设的思考[J].信息与电脑(理论版),2018(12):122-124.
- [3] 谭德坤,付雪峰,赵嘉.基于异常数据驱动的WSN簇内数据融合方法[J].传感技术学报,2017(2):306-312.
- [4] 李轩衡,孙怡,王洁,等.数据驱动下基于感知频谱的物联网数据传输[J].物联网学报,2019(2):35-46.
- [5] 朱林,方胜良,吴付祥.基于动态数据驱动的电子战仿真系统[J].电子信息对抗技术,2013(2):52-57.
- [6] 焦克莹,李新.一种基于数据驱动的多树方式视频系统设计[J].中国电子科学研究院学报,2018(1):91-96.
- [7] 李明维.无线传感器网络跨层拥塞控制优化算法研究[D].沈阳:东北大学,2014.
- [8] 杨敏杰.基站功率的分布式多目标协同优化方法研究及应用[D].北京:北京邮电大学,2019.
- [9] 张学阳.改进的数据驱动时频分析方法及其应用[D].长沙:国防科学技术大学,2012.
- [10] 覃华.大数据驱动的车联网信息物理融合系统的分析与设计方法[D].广州:广东工业大学,2016.
- [11] 汤冰,樊忠洋,张校东.大数据驱动下如何实现5G网络与服务优化[J].信息记录材料,2020,21(8):202-203.
- [12] 刘永超,焦鹏.5G通信网络中数据传输可靠性的优化策略[J].卫星电视与宽带多媒体,2020(12):87-88.
- [13] 耿元芳.基于5G网络的即时配送效率提升研究[J].江苏商论,2020(5):36-38.
- [14] 贾嵩,杨晓霞.5G+智慧泰山一体化管控平台及应用[J].数码设计(上),2020,9(7):62-63.
- [15] 许德.5G通信技术及应用场景研究[J].信息通信,2020(3):261-262.
- [16] 杜金.5G网络时代背景下混合教学模式的探索与实践[J].产业与科技论坛,2020,19(7):207-208.
- [17] 曹舒雅,姚英英,常晓林.5G超密集网络的认证方案综述[J].网络空间安全,2020,11(4):35-43.
- [18] 霍振龙,张袁浩.5G通信技术及其在煤矿的应用构想[J].工矿自动化,2020,46(3):1-5.
- [19] 周旭,李琢,覃毅芳.面向5G/B5G的智能云化网络架构[J].电信科学,2019,35(10):21-30.
- [20] 葛芳民,李强,林高兴,等.基于5G技术院前-院内急诊医疗服务平台建设的研究[J].中华急诊医学杂志,2019,28(10):1223-1227.

(收稿日期:2020-10-27)

作者简介:

阚一夫(1999-),男,本科,主要研究方向:通信工程。

张拓(1974-),男,硕士,高级工程师,主要研究方向:科技情报及信息技术。

(上接第4页)

- [6] CARBONELL J G, MICHALSKI R S, MITCHELL T M. An overview of machine learning[M]. Machine Learning. Belrin: Springer, 1983.
- [7] HAGAN M T, DEMUTH H B, BEALE M H, et al. Neural network design[M]. Boston: Martin Hagan, 2014.
- [8] SCHAPIRE R E. The boosting approach to machine learning: an overview[M]. Nonlinear Estimation and Classification. Belrin: Springer, 2003.
- [9] SCHMIDHUBER J. Deep learning in neural networks: an overview[J]. Neural and Evolutionary Computing, arXiv: 1404.7828, 2014.
- [10] IMT-2020(5G)推进组.5G愿景与需求白皮书[Z].2014.
- [11] 赵亚军,郁光辉,徐汉青.6G移动通信网络:愿景、挑战与关键技术[J].中国科学:信息科学,2019(8):963-987.

(上接第13页)

物联网学报,2020,4(1):72-79.

- [14] ZHANG S, LIU J, GUO H, et al. Envisioning device-to-device communications in 6G[J]. IEEE Network, 2020, 34(3):86-91.
- [15] 项弘禹,肖扬文,张贤,等.5G边缘计算和网络切片技术[J].电信科学,2017,33(6):54-63.
- [16] 尹博南,彭木根,刘晨熙.无人机无线网络覆盖与切换

- [12] BASTUG E, BENNIS M, MEDARD M, et al. Toward inter-connected virtual reality: opportunities, challenges, and enablers[J]. IEEE Communications Magazine, 2017, 55(6):110-117.
- [13] Samsung. The next hyper connected experience for all[Z]. 2020.
- [14] 田开波,方敏,杨振,等.从5G向6G演进的三维连接[J].移动通信,2020,44(6):96-103.

(收稿日期:2021-02-05)

作者简介:

王瑜新(1980-),通信作者,男,博士研究生,副高,主要研究方向:5G/6G通信标准,E-mail:scutwyx@126.com。

章秀银(1978-),男,博士,教授,主要研究方向:无线通信技术。

徐汗青(1983-),男,硕士,工程师,主要研究方向:无线通信技术。

性能分析[J].通信学报,2020,41(11):22-29.

(收稿日期:2021-02-08)

作者简介:

孙耀华(1992-),男,博士,助理研究员,主要研究方向:5G试验平台、人工智能驱动的网络优化。

王则予(1997-),女,硕士研究生,主要研究方向:智能内生网络架构。

彭木根(1978-),男,博士,教授,主要研究方向:6G传输组网理论、云雾无线网络。

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