

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 的不足不断增强,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。6G 需要更多新技术、新思维,涉及相关理论、软硬件技术上的突破。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 12 期推出“面向 6G 的关键技术”主题专栏,论文内容针对 6G 潜在关键技术展开讨论,本期重点围绕面向 6G 的微服务化无线网架构以及通信感知一体化、太赫兹、6G 室内覆盖关键技术等领域探讨,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。

面向 6G 的微服务化无线网架构研究

宗佳颖,刘 洋,刘海涛,杨峰义

(中国电信研究院 5G 研发中心,北京 102209)

摘要:随着云原生、人工智能、大数据等信息技术的发展以及云网融合趋势的推进,面向 6G 的无线网络正走向软件化、智能化、开放化和服务化,实现通信与计算、感知、控制的深度融合。服务化是无线网络实现云网服务深度融合、赋能无线网络智能内生特性的重要特征。在分析无线接入网微服务化的驱动力的基础上,借助 5G 核心网既有理念,提出了面向 6G 微服务化的无线接入网逻辑架构,并分析了未来可能的技术演进方向。

关键词:6G;服务化架构;无线接入网;服务化接口

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

DOI:10.16157/j.issn.0258-7998.212317

中文引用格式:宗佳颖,刘洋,刘海涛,等.面向 6G 的微服务化无线网架构研究[J].电子技术应用,2021,47(12):1-4,14.

英文引用格式:Zong Jiaying, Liu Yang, Liu Haitao, et al. Research on 6G microservice-based wireless network architecture[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(12): 1-4, 14.

Research on 6G microservice-based wireless network architecture

Zong Jiaying, Liu Yang, Liu Haitao, Yang Fengyi

(5G R&D Center, China Telecom Research Institute, Beijing 102209, China)

Abstract: With the development of cloud native, artificial intelligence, big data and other information technologies and the advancement of the trend of cloud-network integration, 6G-oriented wireless networks are moving towards software, intelligence, openness and servitization, achieving in-depth integration of communication and computing, perception and control. Servitization is an important feature of wireless networks to realize the deep fusion of the cloud and networks in services and to empower the endogenous intelligent characteristics of the wireless network. Based on the analysis of the driving force of microservice-based wireless access network, this paper proposes the logical architecture of 6G microservice-oriented wireless access network by drawing support from the existing concepts of 5G core network. And then the paper analyzes the possible future technological evolution directions.

Key words: 6G; service based architecture(SBA); radio access network(RAN); service based interface(SBI)

0 引言

为实现网络功能灵活快速部署和维护,适应不同场景的多种业务需求,5G 核心网已经引入服务化架构(Service Based Architecture, SBA),网络功能(Network Function, NF)间采用轻量级服务化接口(Service Based Interface, SBI),利用 SBA 模块化、无状态、独立化、扁平化、自主化的优势,推动网络走向开放化、虚拟化^[1]、软件化和服务化。但目前无线接入网(Radio Access Network, RAN)依旧采用传统的点对点结构,针对未来沉浸式云 XR、全息通信、感官互联、数字孪生、元宇宙等新型应用^[2],无法很好地支持 6G 无线网络的业务需求和技术演进。6G RAN 的微服务化技术研究是实现网络高效弹性、内生设计、开放生态的重要一环,受到学术界和产业界越来越多的重视。由奥卢大学科学基金会领导的 6G Flagship 指出未来网络向真正端到端基于服务的架构演进趋势,后续可能会为 RAN 开发类似于 5G 核心网的 SBA 框架^[3]。欧盟 5G 基础设施协会认为借助 6G, SBA 有望实现全网全平面、端到端的扩展,包括核心网、RAN 和终端,提供更大的部署和操作灵活性,支持网络的系统和系统的系统概念,以便于子系统集成和可扩展性^[4]。中国 IMT-2030(6G)推进组则将基于服务化的体系结构、云原生实现的网络虚拟化、微服务架构等作为可编程网络的重要使能因素,构成面向 6G 的控制面可编程和用户面各网元端到端可编程网络架构,增强敏捷性和灵活性,为消费者提供创新的通信服务^[5]。因此,有必要深入研究面向 6G 的微服务化 RAN 架构及关键技术,综合来看其必要性如下:

第一,移动通信网元软件架构无法支持未来网络异构化及服务多样化。未来无线网络需融合多种异构网络,且公网、专网以及面向垂直行业的定制化网络业务需求多样化。但电信网元自身的软件架构变革程度不高,未能充分利用缓存、消息队列、数据库、编排自动化等云中间件能力无法支持灵活快速部署、弹性伸缩和高效管理,限制了无线网络提供差异化、高性能业务的能力。

第二,无线网络内生设计需求。无线网络具有强大连接能力、控制面/用户面网元功能、分布式计算架构等方面的特殊性,且未来对云原生、智能化、安全、编排管理等具备内生设计需求。因此,接入网需要从烟囱式的协议栈架构转为基于服务的架构,促进云网在部署、架构和服务上的深度融合,赋予 6G 通信网络在传统通信连接之外的计算、感知、智能、安全等内生能力。

第三,构建无线网络开放生态的需求。无线网络开放是未来发展的重要方向,目前 5G To B 类应用还在初步探索,基于 5G 的平台(即服务能力)尚未完全服务各行各业数字化转型升级^[6]。因此,下一代无线网络需做出变革,来满足服务提供商、应用程序开发商、终端用户(包括消费者和垂直用户)对模块化架构、开放系统和解决方案的需求。

从目前研究进展来看^[7-9],微服务化特别是无线接入网的微服务化将是未来有显著应用价值的技术之一,但目前对于微服务化 RAN 的研究还处于初步探索阶段,对微服务化 RAN 架构及技术方向尚未达成统一共识。本文首先介绍 5G 服务化网络,包括架构、网络功能和服务化框架以及服务化接口,并指出短期可能的演进方向;进一步地提出面向 6G 的微服务化 RAN 参考逻辑架构和未来可能的技术演进方向。

1 5G 服务化网络架构

在 5G 系统定义阶段,结合 4G 网络架构和业务发展,借鉴成熟的面向服务架构、微服务、云原生等技术理念,5G 核心网(5G Core, 5GC)采用服务化架构重构了 4G 核心网功能,从固定功能和连接转向基于软件和云的开放平台。其通过灵活性、虚拟化和可编程等特性,希望能够更好地支持各行各业多种服务。

1.1 5G 核心网服务化架构

图 1 为 3GPP 定义的 5G 核心网服务化架构^[10]。5GC 将控制面和用户面分离,用户面功能(User plane function, UPF)负责连接外部数据网络,包括路由和转发、用户面服务质量处理等。控制面采用 SBA 提供一组互连网络功能实现 5G 网络控制平面和公共数据存储能力,互连网络功能包括接入和移动管理功能(Access and Mobility Management Function, AMF)、会话管理功能(Session Management Function, SMF)、网络开放功能(Network Exposure Function, NEF)、网络存储功能(Network Repository Function, NRF)、策略控制功能(Policy Control Function, PCF)、统一数据管理(Unified Data Management, UDM)等。网络功能间通过两种方式交互:(1)服务化方式,即服务化接口,如 Namf、Nsmf、Nnef、Nnrf 等;(2)参考点方式,即专用接口,例如 AMF 和 SMF 可通过点对点的参考点接口 N11 进行交互。

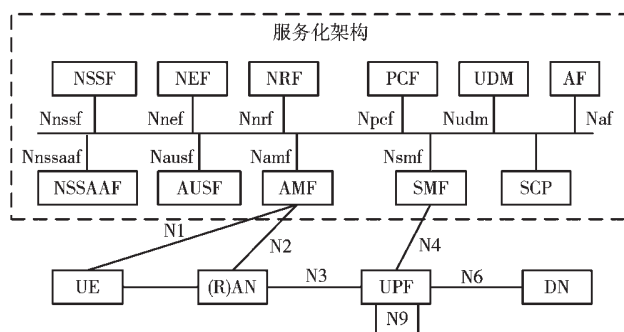


图 1 5G 核心网服务化架构

无线接入网通过点对点 N2 接口与 5GC 控制面网元 AMF 交互,通过点对点 N3 接口与 5GC 用户面网元 UPF 交互。

1.1.1 网络功能和服务化框架

在服务化架构 5GC 中,主要网络功能描述如下。

AMF:负责网络与设备之间的认证、连接、移动性、可达性管理。它接收来自终端的连接和会话相关信息等。

SMF: 处理会话管理(建立、修改、释放以及 UPF 与 AN 间隧道维护)、IP 地址分配和策略执行控制等。

PCF: 支持统一策略框架管理网络行为, 为控制面功能提供策略, 访问统一数据存储库(Unified Data Repository, UDR)中与策略决策相关的订阅信息。

NEF: 向第三方、应用功能、边缘计算等安全开放 NF 功能和事件。

NRF: 支持服务发现功能, 维护可用的 NF 实例及其支持服务的 NF 配置文件等。

UDM: 用户识别处理、UE 服务的 NF 注册管理等, 如为终端存储服务 AMF, 为终端协议数据单元(Protocol Data Unit, PDU)会话存储服务 SMF。

NF 服务是由 NF(NF 服务生产者)通过基于服务的接口向其他授权 NF(NF 服务消费者)开放的一种功能。NF 包括多个 NF 服务, 通过服务化框架进行服务注册/注销、消费者鉴权、服务发现和服务间通信等。NF 服务可以直接在服务消费者和服务生产者之间进行通信, 也可以通过服务通信代理(Service Communication Proxy, SCP)进行间接通信。

无论是直接通信还是间接通信, 消费者和生产者之间的端到端交互遵循两种机制。

(1) 请求-响应机制: 两个网络功能(消费者和生产者)之间的通信是一对一的, 生产者应该在一定的时间范围内完成消费者请求的一次性响应。

(2) 订阅-通知机制: 控制平面可以有多个服务消费者订阅服务生产者提供的 NF 服务。服务生产者将 NF 服务的结果通知已订阅的服务消费者。订阅请求应包括通知端点, 即通知目标地址和服务消费者的通知关联 ID(如通知 URL)。

NF 服务的管理和发现主要通过 NRF 进行。NRF 中存储各个 NF 信息和 NF 服务信息, 其主要由两个 NF 服务组成: Nnrf_Discovery, 用于向各个 NF 提供服务发现功能; Nnrf_NFManagement, 对各个 NF 服务进行管理, 包括

服务注册、更新、注销、订阅, 保障 NF 动态上线和下线。

1.1.2 服务化接口

图 2 给出了服务化接口协议栈在 3GPP 中的定义^[11]。服务化接口使用 HTTP/2、TCP 等通用化协议, 以 JavaScript 对象表示法(Javascript Object Notation, JSON)作为序列化协议。3GPP 规定所有 NF 都应支持 TLS 以实现传输层安全^[12]。SBI 接口摒弃了核心网之前使用的 Diameter、GTP 等协议, 创新性应用 HTTP/2、JSON 等互联网技术, 使得网元接口开发、维护、管理更加高效灵活^[13]。

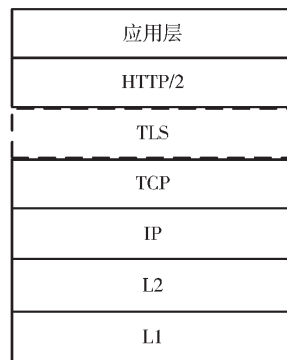


图 2 SBI 协议栈

1.2 5G 服务化网络演进方向

5G 网络只在核心网控制面引入服务化架构, 其服务化架构目前并未向用户面以及无线接入网扩展。基于 5G 网络若考虑针对服务化架构的持续演进方向, 并结合具体需求, 可聚焦控制面接口的服务化, 包括 F1-C 接口(基站集中单元与分布单元控制面间接口)和 N2 接口(基站集中单元与 AMF 间接口)。如图 3 所示, 将点对点的专用接口替换为通用的服务化接口, 可灵活快速部署, 实现弹性扩缩容。并基于无状态化等特点, 可进一步在网元故障时考虑如何快速恢复, 保证用户数据不中断。

2 6G 微服务化 RAN 架构及关键技术

云原生、人工智能技术的发展推动云网融合、网络

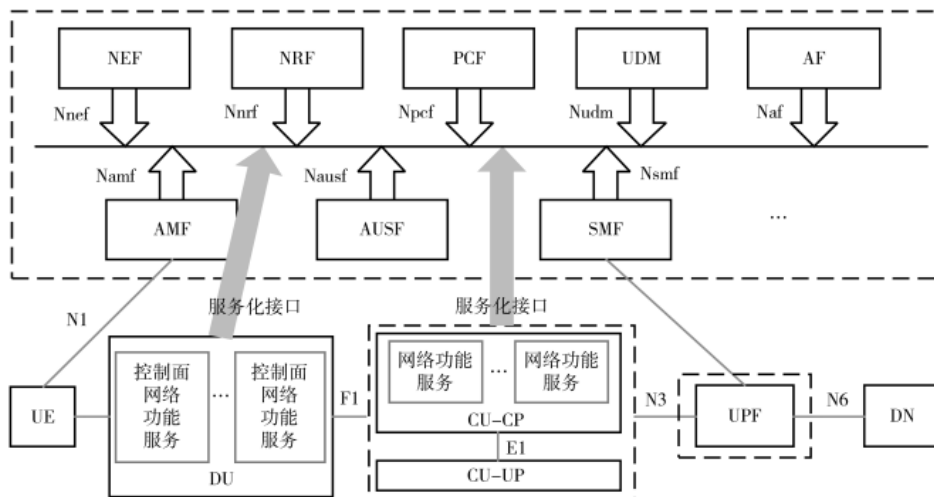


图 3 控制面接口服务化

智能化进程,促进 6G 无线网络基础设施全面云化,将云的思维、架构、技术、特性融合到无线网络体系架构中,实现弹性伸缩、敏捷运维和智能开放,满足电信业务多样性需求。而微服务化 RAN 是实现这一愿景的关键环节,促进 RAN 架构变革,支持云和人工智能(Artificial Intelligence, AI)等技术的融合演进。

2.1 面向 6G 的微服务化 RAN 架构

本文提出了一种 6G 微服务化 RAN 逻辑参考架构,如图 4 所示。最底层为终端接入层,包括多种类型的接入终端,如手机、传感器、智能机器人、无人驾驶车辆、无人机、高铁等。终端接入层之上为基础资源层,包括计算、存储、交换设备、驱动、操作系统以及 RAN 侧需要的加速器和时钟资源。

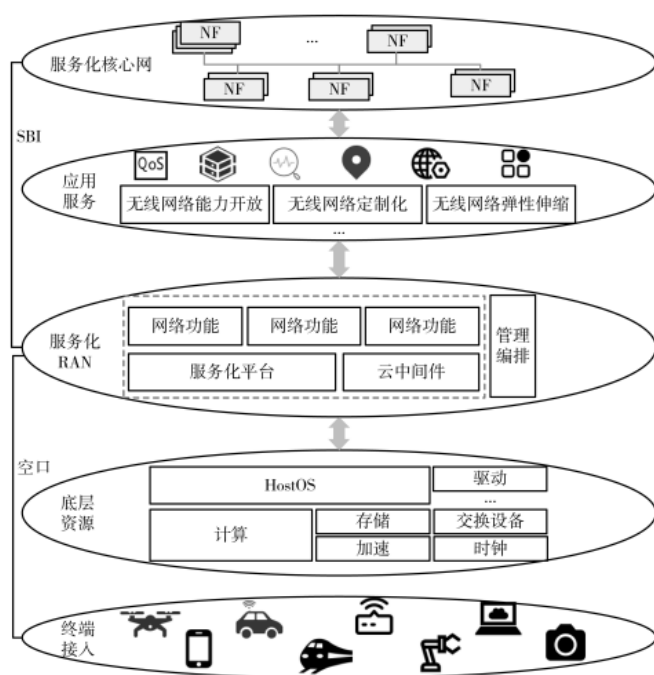


图 4 面向 6G 的微服务化 RAN 架构

服务化 RAN 在基础资源层之上,包括服务化平台、云中间件、多个网络功能、管理编排模块等。服务化平台与云中间件(如缓存、消息、数据库等)为 RAN 侧网络功能服务提供基础,管理编排则负责网络功能管理及资源调度等。应用服务层包括多种应用,例如无线网络能力开放、无线网络定制化、无线网络弹性伸缩、内生无线 AI 等,应用可通过通用的应用程序接口(Application Programming Interface, API)快速调用 RAN 侧网络功能或向 RAN 侧下发策略。核心网依旧沿用服务化架构,通过 SBI 与服务化 RAN 进行信令数据交互。

2.2 面向 6G 的微服务化 RAN 关键技术

结合当前应用需求及未来技术演进方向,本文列出了 6G 微服务化 RAN 可能的关键技术。

(1)在基于云原生的 6G 微服务化 RAN 整体架构方面的技术,包括:

①面向 6G 的微服务化 RAN 网络架构设计、网络功能重构及模块化设计、内部交互接口设计。需要考虑整体架构对目前协议栈有多大影响,对控制面/用户面、物理层/高层如何进行服务化,内部服务化接口是否沿用现有 3GPP 定义的协议栈。

②微服务化 RAN 网络功能服务调用机制及流程设计研究,包括服务注册、发现、鉴权等。在 5GC 中,由 NRF 提供服务发现、服务管理功能,需考虑 RAN 侧如何实现以及对目前信令交互流程有多大影响。

③微服务化 RAN 网络功能的灵活按需部署、弹性扩缩容机制设计和关键技术研究。例如,微服务化 RAN 天线模块可灵活部署大规模多输入多输出等,并对基础资源进行相应调整。

(2)在 6G 端到端的微服务化无线网络技术方面,包括:

①服务化 RAN 与外部(核心网、基站)接口服务化架构设计、服务发现、注册、调用机制研究。

②服务化 RAN 基站内部(E1、F1)接口服务化架构设计、服务发现、注册、调用机制研究。

③端到端的服务化无线网络框架融合设计及编排管理研究。需要考虑微服务化 RAN 与服务化核心网如何统一框架。

(3)在面向 6G 的云网服务融合应用技术方面,包括:

①基于微服务化的无线接入网络能力开放架构和 API 接口定义、鉴权和交互机制研究。例如针对网络节能、定位等应用,开放无线网络能力,并结合 AI/机器学习(Machine Learning, ML)实现智能管理。

②面向特定业务的微服务化无线网络定制化研究。依托微服务化 RAN 定制面向特定行业、场景、业务的服务化无线网络,实现网络智能可编程。

3 结论

微服务化 RAN 是满足未来各种应用业务性能,实现云原生、智慧、智能、安全等内生需求,构建开放无线网络生态的重要技术之一。依托 6G 研究浪潮,微服务化 RAN 已日益受到学术界和产业界重视,但目前并未有统一的 6G 微服务化 RAN 架构及明确的技术研究方向。本文首先指出微服务化 RAN 研究驱动力,其次介绍了现有 5G 服务化架构,并指出基于 5G 系统可能的演进方向。针对 6G 微服务化 RAN,本文提出了参考逻辑架构,并指出其关键技术。短期来看,可聚焦接口服务化以及控制面高层服务化研究,未来需要设计基于云原生的整体微服务化 RAN 架构,并达到端到端融合贯通,实现网络多种内生能力,构建开放生态,赋能千行百业。

参考文献

- [1] 刘海涛,刘洋,杨峰义.基于 5G 小基站的虚拟化场景与应用分析[J].电子技术应用,2020,46(7):29-32.
- [2] IMT-2030(6G)推进组.6G 总体愿景与潜在关键技术白皮书

(下转第 14 页)

- technologies for 6G mobile communications[J].Science China (Information Sciences), 2020, 63(8): 217-235.
- [9] Zhang Ping, Xu Xiaodong, Qin Xiaoqi, et al. Evolution toward artificial Intelligence of Things under 6G ubiquitous-X[J]. Journal of Harbin Institute of Technology(New Series), 2020, 27(3): 116-135.
- [10] 刘秋妍, 李铭轩, 吕轩, 等. 面向 6G 网络的可信需求与应用场景研究[J]. 电子技术应用, 2021, 47(3): 5-7.
- [11] 杨林瑶, 陈思远, 王晓, 等. 数字孪生与平行系统: 发展现状、对比及展望[J]. 自动化学报, 2019, 45(11): 2001-2031.
- [12] 靳欣欣, 戴英豪. 5G 赋能云 VR 直播迎来新一轮发展契机[J]. 通信世界, 2020(14): 21-23.
- [13] 靳欣欣. “新冠”疫情防控战 信息消费再升级[J]. 通信世界, 2020(4): 22-23.

- [14] WAN M, WANG Q, WANG R, et al. Platelet-derived porous nanomotor for thrombus therapy[J]. Science Advances, 2020, 6(22): aaz9014.
- [15] SCHLEICH J M, DILLENSEGER J L, LOEUILLET L, et al. Three dimensional reconstruction and morphologic of human embryonic hearts: a new diagnostic and quantitative method applicable to fetuses younger than 13 weeks of gestation[J]. Pediatric and Developmental Pathology, 2005, 8(4): 463-473.

(收稿日期: 2021-11-11)

作者简介:

靳欣欣(1992-), 女, 硕士研究生, 工程师, 主要研究方向: ICT 产业发展与技术应用。



扫码下载电子文档

(上接第 4 页)

- 书[EB/OL].(2021-06-xx)[2021-11-11].http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/ztbg/202106/P020210604552572072895.pdf.
- [3] 6G Flagship, University of Oulu. White paper on 6G net-working[EB/OL].(2020-06-xx)[2021-11-11].http://julti-ka.oulu.fi/files/isbn9789526226842.pdf.
- [4] The 5G Infrastructure Association. European vision for the 6G network ecosystem[EB/OL].(2021-06-xx)[2021-11-11].https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2021/06/WhitePaper-6G-Europe.pdf.
- [5] IMT-2030(6G)推进组. 6G 网络架构愿景与关键技术展望白皮书[EB/OL].(2021-09-17)[2021-11-11].http://221.179.172.81/images/20210917/16141631860877816.pdf.
- [6] 未来移动通信论坛. 面向云网融合服务的 6G 网络技术[EB/OL].(2020-11-26)[2021-11-11].http://www.future-forum.org/dl/201126/whitepaper/70J.pdf.
- [7] 中国联合网络通信有限公司研究院. 中国联通 6G 白皮书[EB/OL].(2021-03-22)[2021-11-11].http://221.179.172.81/images/20210322/30691616408868127.pdf.
- [8] 东南大学, 紫金山实验室, 上海科技大学, 等. 6G 无线网络: 愿景、使能技术与新应用范式[EB/OL].(2020-08-14)

[2021-11-11].http://www.future-forum.org/cn/leon/a/updates/file/202104/20210409170967466746.pdf.

- [9] 方敏, 段向阳, 胡留军. 6G 技术挑战、创新与展望[J]. 中兴通讯技术, 2020, 26(3): 61-70.
- [10] 3GPP TS 23.501. System architecture for the 5G system, V16.5.1[S]. 2020.
- [11] 3GPP TS 29.500. Technical realization of service based architecture, V16.9.0[S]. 2021.
- [12] 3GPP TS 33.501. Security architecture and procedures for 5G system, V16.7.1[S]. 2021.
- [13] 刘超, 王丹. 5G 服务化网络架构研究[J]. 信息通信技术与政策, 2018, 44(11): 31-35.

(收稿日期: 2021-11-11)

作者简介:

宗佳颖(1994-), 女, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向: 5G、6G 无线接入网技术等。

刘洋(1983-), 女, 博士, 高级工程师, 主要研究方向: 无线网络开放、5G 室内小基站等。

刘海涛(1992-), 男, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向: 5G 接入网、开源网络技术



扫码下载电子文档

(上接第 8 页)

- [13] 东南大学, 紫金山实验室, 上海科技大学, 等. 6G 无线网络: 愿景、使能技术与新应用范式[EB/OL].(2020-08-14)[2021-11-18].http://www.future-forum.org/cn/leon/a/updates/file/202104/20210409170967466746.pdf.
- [14] IMT-2030 (6G)推进组. 6G 网络架构愿景与关键技术展望白皮书[EB/OL].(2021-09-17)[2021-11-18].http://221.179.172.81/images/20210917/16141631860877816.pdf.

(收稿日期: 2021-11-18)

作者简介:

刘海涛(1992-), 男, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向: 无线接入网、开源网络技术等。

刘洋(1983-), 女, 博士, 高级工程师, 主要研究方向: 无线网络开放、5G 室内小基站等。

宗佳颖(1994-), 女, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向: 5G、6G 无线接入网技术等。



扫码下载电子文档

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