



专题：5G 行业应用

5G 能力魔方赋能 5G 定制网规模化发展

曹磊¹, 李丽², 胡圣焯², 钟致民², 甘志辉¹, 董晓冬², 马伯骄¹, 张涛³

(1. 中国电信集团有限公司, 北京 100033;

2. 天翼物联科技有限公司, 广东 广州 510308;

3. 中国电信股份有限公司研究院, 广东 广州 510630)

摘要: 电信运营商在当前 5G 定制网规模化发展的过程中面临行业客户定制化需求难以实时响应、标杆经验难以快速规模复制等困境。创新提出了 5G 能力魔方的概念, 通过需求、能力、产品的模块化和标准化, 形成可组合创新的能力体, 将行业客户需求快速转变为定制网配置参数, 实现对客户 5G 定制化需求的实时响应。同时, 通过 5G 能力魔方将智能化技术应用到 5G 方案即时封装的过程中, 形成在线的 5G 定制网智能专家, 引领 5G 定制网规模发展新路径。

关键词: 5G 系统; 5G 定制网; 能力魔方; 云原生

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022095

5G X-Cube enables the large-scale development of 5G customized network

CAO Lei¹, LI Li², HU Shengye², ZHONG Zhimin², GAN Zhihui¹,

DONG Xiaodong², MA Bojiao¹, ZHANG Tao³

1. China Telecom Group Co., Ltd., Beijing 100033, China

2. E Surfing IoT Tech Co., Ltd., Guangzhou 510308, China

3. Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China

Abstract: In the current process of large-scale development of 5G customized networks, telecom operators are facing with difficulties such as difficulty in real-time response to customized needs of industrial customers and difficulty in quickly replicating benchmarking experiences on a large scale. The concept of 5G X-Cube was innovatively proposed. Through the modularization and standardization of requirements, capabilities, and products, a capability body that could be combined and innovated was formed. Industrial customer needs were quickly transformed into customized network configuration parameters to achieve real-time response to 5G customization needs. As an online 5G customized network intelligent expert, 5G X-Cube applies intelligent technology to the real-time packaging of 5G solutions, leading a new path for the scale development of the 5G customized network.

Key words: 5G system, 5G customized network, X-Cube, cloud native

收稿日期: 2022-04-10; 修回日期: 2022-05-15

通信作者: 胡圣焯, husy3@chinatelecom.cn

0 引言

5G 是当前最先进的商用蜂窝移动通信技术, 采用了新型多址接入、大规模多输入多输出 (multiple input multiple output, MIMO)、超密集组网等前沿技术^[1-4]和新协议标准^[5-9]。与前几代蜂窝移动通信技术相比, 5G 在传输带宽、端到端时延、设备连接数等指标上都有突破性的进展, 被誉为“新基建之首”, 在钢铁、煤矿、港口、文旅等行业数字化转型升级中有重要的引领作用^[10-15]。2021 年 7 月, 工业和信息化部与中央网络安全和信息化委员会办公室、国家发展和改革委员会等十部门联合印发《5G 应用“扬帆”行动计划(2021-2023 年)》, 明确提出到 2023 年建成超过 3 000 个 5G 行业虚拟专网的工作目标^[16]。为接应 5G 行业虚拟专网的建设目标, 本文创新推出“网定制、边智能、云协同、X 随选”融合协同的 5G 定制网, 为行业客户提供一体化定制融合服务。

当前各行业 5G 定制网的建设需求旺盛, 但同时企业客户对 5G 定制网的业务诉求存在巨大的差异^[17-19]。以包括白色家电、3C 制造、大型机械等工业制造行业为例, 该行业内企业生产的主要特点是按订单、按库存开展多品种、小批量生产, 生产、物流、质量管理的复杂性较高, 同时注重多个生产单位的信息流通和分工协作。在过去落地的案例中, 交付的典型 5G 业务场景包括高清质检、云化可编程控制器 (programmable logic controller, PLC)、自动导引车 (automated guided vehicle, AGV) 调度、增强现实 (augmented reality, AR) 等, 这些场景网络能力的要求呈现出较大差异, 高清质检重点关注 100% 的可靠性要求、单路视频传输上行 30~150 Mbit/s 的高带宽要求, 云化 PLC 重点关注 10 ms 以内的单向端到端低时延要求, AGV 调度除了远程实时控制的较低时延要求, 还需要满足 0.5 m 以内的高精度定位要求。

电信运营商如何快速、高效、标准地满足同一细分行业内差异巨大的网络能力需求, 是当前 5G 业务走向规模化发展、落实工业和信息化部扬帆行动工作目标的主要障碍。

中国电信在 2021 年 11 月对外发布了“5G 能力魔方”, 在 5G 端、网、云、边、用、服全方位的基础原子能力进行积木式组合的基础上, 创新性构建钢铁、矿山等行业场景需求解析模型, 实现定制化需求到标准化能力的自动匹配, 实现多路径贯穿业务场景到交付运营全流程, 实现对定制化需求的即时封装交付, 创新 5G 定制网规模化发展的新路径。

1 5G 能力魔方

1.1 5G 能力魔方系统定位

5G 能力魔方是中国电信 5G toB 网络能力汇聚中心, 与商机系统、客户关系管理 (customer relationship management, CRM) 系统对接, 实现一站式售前支撑、产品和服务的自动受理, 与新一代运营管理系统对接, 完成网络设备的自动配置, 与中国电信天翼智能物联网开放平台 (AIoT) 对接, 实现终端设备的自动纳管, 总体上贯通售前支撑到项目交付的全流程服务。5G 能力魔方在中国电信 5G 定制网体系中的定位如图 1 所示。

1.2 5G 能力魔方体系架构

1.2.1 核心功能

5G 能力魔方包括业务需求面、技术参数面、原子能力面、标准产品面、业务方案面和商业模式面, 5G 能力魔方体系结构示意图如图 2 所示。5G 能力魔方的目标是通过六维积木式组合, 实现场景精准适配、能力多维构建以及方案快捷交付, 缩短 5G 定制网项目拓展周期。

- 业务需求面: 对重点行业典型场景进行解析, 建立覆盖估算模型、容量估算模型、时延估算模型, 将定制化、差异化的需求逐步收敛为关键能力参数, 从而实现将差异化的

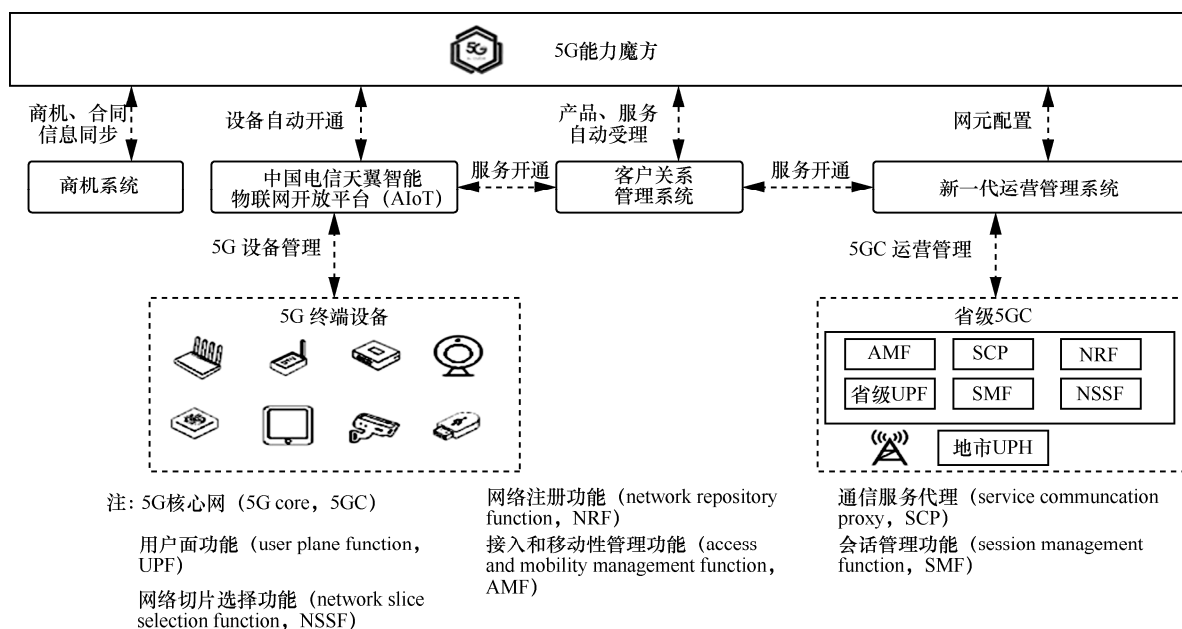


图1 5G能力魔方在中国电信5G定制网体系中的定位

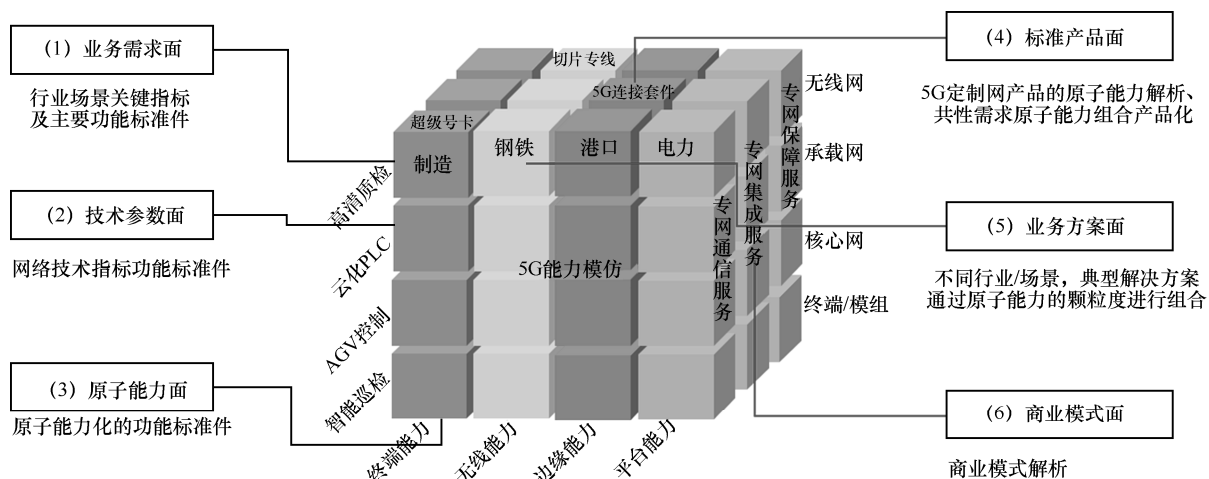


图2 5G能力魔方体系结构示意图

业务需求转化为标准化的能力需求。

- 技术参数面：能力水平的评价标准，包括终端（模组）、无线网和承载网等方面的30多个网络关键量化参数。
- 原子能力面：能力的全视图，包括终端、号卡、无线网、承载网和平台等9个维度的90多个原子能力项，这些能力项与业务需求面能力估算模型中的能力一一对应。
- 标准产品面：超级号卡、切片专线等标准化5G产品。

- 业务方案面：从需求场景、原子能力、设备、产品的组合/封装，输出建设方案和成本估算。
- 商业模式面：依据报价要素、投资利润要求，形成推荐报价组合。

5G能力魔方的6个面，在业务需求、原子能力、产品、方案、商业模式等层面实现标准化和模块化，是下一步面对客户定制化需求，在多维度空间上完成灵活组合的基础。这个标准化和模块化的过程，依赖大量的5G标杆项目基础

数据和实践经验，也是一个不断发展、扩充、成长的持续迭代过程，因此要求 5G 能力魔方的体系架构具备足够的开放性，建设与运营要形成良性循环。

1.2.2 云原生特性

5G 能力魔方系统从设计到研发都充分融合了云化、容器化的理念，展示层基于渐进式前端框架实现，组件服务层基于微服务 SpringBoot 框架搭建，基于中国电信容器云服务引擎（Container Cloud Service Engine, CCSE）实现整个系统的负载均衡、注册发现、弹性伸缩、限流熔断、灰度发布，集成 Server Mesh 服务网格及 Pinpoint 调用链追踪。5G 能力魔方已经完成了基于天翼云的容器化部署。

1.3 5G 能力魔方关键流程和组合模式

在完成 6 个维度上的需求、能力、功能原子化和标准化后，需要进一步贯通从业务需求到方案封装、业务交付的全流程，并提供多种可选的贯通过路，从而在六面的立体空间上，探索能力组合模式规范化、模板化，5G 能力魔方全流程贯通方案如图 3 所示，关键设计原则如下。

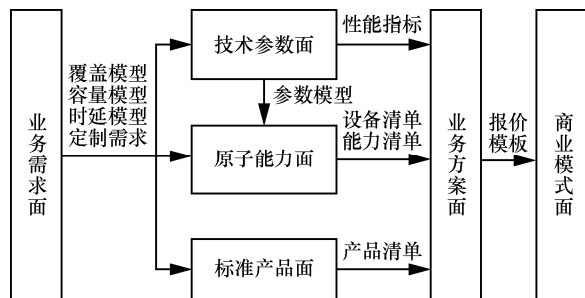


图3 5G能力魔方全流程贯通方案

- 各面的输入和输出基于量化模型落实可操作性，例如，量化细分行业可复制场景和典型需求、量化构成的关键能力清单、量化设备清单、量化能力和设备的成本估算。
- 依托行业经验，设计覆盖终端、号卡、无线、承载、核心网、边缘的端到端网络能

力组合模板，实现同类场景下的能力快速组合，兼顾灵活性和标准化。

基于全流程贯通的框架，支持多种组合路径，具体说明如下。

- 商机引导阶段，贯通业务需求面和原子能力面，在线展示 5G 助力企业完成数字化转型的能力、价值，加快商机转化。
- 项目签约阶段，贯通六面，输出建设方案和成本估算，辅助客户和电信运营商完成成本估算和效益评估。
- 实施交付阶段，基于原子能力面，向业务支撑系统和运营系统，同步项目所需号卡、网元的设备信息，实现自动化开通，提升业务运营效率。

以矿山行业某 5G 定制网项目为例，该项目的采煤机远控、无人机巡检、传煤带煤质识别等 5G 应用场景具有时延敏感性特征，并体现出差异化的网络保障需求。通过应用 5G 能力魔方，对以上 5G 应用场景的业务需求进行模块化解析，明确其带宽、时延、可靠性、定位精度、数据不出园区等业务需求及网络关键性能，进一步匹配服务质量（quality of service, QoS）、上行增强、数据分流、定制数据网络标识（data network name, DNN）、多接入边缘计算（multi-access edge computing, MEC）等原子能力及产品，快速形成 5G 定制网组网拓扑架构及端到端解决方案，并结合商业模式提供项目报价建议。5G 能力魔方输出的 5G 定制网项目组网拓扑示意图如图 4 所示。

能力、产品、设备之间组合的最佳实践，在 5G 能力魔方中沉淀为细分行业的模板知识库。面向细分行业同类项目，基于知识库智能化地完成能力组合，同时开放基于模板的二次定制，从而兼顾成本、效率和质量，达到“一人千面”的效果，5G 能力魔方也成为在线的 5G 定制网智能专家。

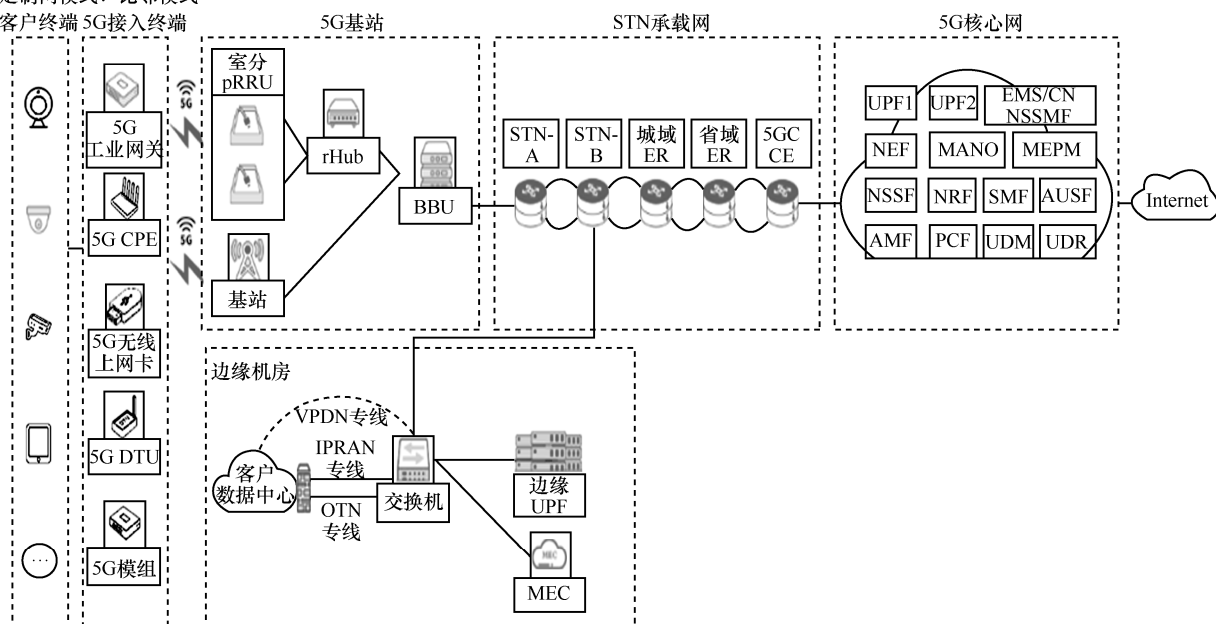
定制网模式：比邻模式
客户终端 5G接入终端

图4 5G能力魔方输出的5G定制网项目组网拓扑示意图

2 5G 能力魔方的应用创新

2.1 行业场景需求解析模型

5G 能力魔方创新性地构建行业场景需求解析模型，实现了业务需求的标准化和模块化，这是跨越定制化的行业需求与标准化的能力供给之间鸿沟的关键。首先，基于大量的 5G 标杆项目基

础数据和实践经验，将差异化、定制化的业务需求逐步收敛、聚焦到终端设备层、接入网络层；其次，在终端设备层提炼出设备类型、设备数量等关键参数，在接入网络层提炼出覆盖面积等关键参数，构建了行业场景需求解析模型。

以钢铁、港口行业为例，从场景需求到宏基站原子能力的解析模型为：

$$\text{宏基站站点数} = \frac{\max(\text{业务覆盖面积需求} \div \text{单扇区覆盖面积}, \text{设备上行业带宽} \times \text{设备数量} \div \text{小区上行典型值})}{\text{单站点扇区数}}$$

(1)

该模型建立后，在钢铁、港口行业 5G 定制网项目拓展中得到验证，均能够有效完成标准化能力估算。

5G 能力魔方是服务交付模式上的创新，基于需求、能力、功能的模块化和标准化，通过组合能力体系快速输出方案，低成本、规模化地满足定制化业务需求。以某电子制造企业为例，针对客户临时提出的“用户面下沉本地+专用室分+专用宏基站”的非标准组网需求，基于 5G 能力魔方实时完成能力组合、封装解决方案、估算建设成

本，将原有 2~3 日“收集需求、封装方案、客户确认”的工作周期缩短至即时交付，改变了电信运营商的方案交付模式。

5G 能力魔方是智能化技术在售前支撑工作的应用，将前端的标杆案例、典型场景、报价模型与后端的网络参数、自有能力、运营服务等以一体化方案的形式触达一线业务拓展单元，同时会根据项目实战过程中实时反馈的参数纠偏、能力要求等持续迭代。

2.2 存在的优势

5G 云化是 5G 发展的主流趋势之一，无论云

服务提供商还是电信运营商,都在积极探索 5G 云化的发展路径。

2021 年 7 月, AT&T 宣布将其 5G 核心网迁移至微软 Azure for Operators 云端。微软借此形成全球范围的电信云基础设施提供商, 向市场推出电信级的 Azure for Operator 解决方案, 加上微软其他通信领域的收购包括 Affirmed Networks 和 Metaswitch Networks, 微软的服务范围可媲美运营商。但是, 微软提供的连接服务是否能达到为客户提供高安全高可靠通道、兼容多样性的设备、满足定制化需求等运营商级别的服务质量, 仍需要进一步验证, 微软完成了 5G 云化的初级探索。

2021 年 12 月, AWS 宣布推出 5G 专网解决方案 AWS Private 5G。AWS Private 5G 是一个集成化的方案, 在最短的时间内可以快速搭建起一个简单的 5G 专网, 可以自动设置和部署网络, 并按需根据额外设备和网络流量的增长扩容^[20]。AWS Private 5G 在设计理念上与 5G 能力魔方的相通之处是聚焦在降低方案设计和交付的难度、提升项目拓展效率、促进规模发展, 但是二者也存在着发展路径上的巨大差异, AWS Private 5G 受限于频谱资源、网络连接的运营维护经验, 只能基于 AWS 庞大的互联网客户基数从中低端客户的轻量化、基础通用网络建设需求切入, 无法将网络建设与企业生产流程紧密关联起来, 5G 建网模式虽然标准化了, 但无法覆盖企业的数字化转型需求, 无法实现基于 5G 促进跨界技术融合, 无法发挥 5G 引领作用带动全行业技术进步。5G 能力魔方有效地跨越了业务需求多样性到解决方案快速交付之间的鸿沟, 按细分场景完成需求模块化、能力标准化, 沉淀能力组合的模板, 与属地化的支撑力量形成联动, 与企业业务特性紧密相关, 充分契合了国内电信运营商属地化的现状, 在推动企业数字化转型、推动数字中国的建设中必将发挥更大的作用。

3 结束语

5G 能力魔方已经贯通了业务需求到解决方案, 下阶段将进一步贯通解决方案到交付运营, 完成与 5G 定制网运营管理平台等业务受理和运营系统的对接, 为 5G 行业客户提供由售前到交付的全流程自动化服务, 进一步赋能 5G 定制网的规模发展。

5G 能力魔方下阶段也将重点提升智能化水平, 将结合知识图谱技术加快自身迭代步伐, 实现基础现有知识库组合成图数据库, 基于人工智能技术实现基于知识图谱的智能推理, 实现从场景需求到方案报价的知识体系的智能生成。

参考文献:

- [1] 屈德华, 张琦, 杨鹏, 等. 5G 移动通信发展趋势与若干关键技术分析[J]. 中国新通信, 2018, 20(11): 39.
QU D H, ZHANG Q, YANG P, et al. Development trend of 5G mobile communication and analysis of some key technologies[J]. China New Telecommunications, 2018, 20(11): 39.
- [2] 曹磊, 赵晔, 熊尚坤, 等. 一种 5G 上行链路增强技术方案[J]. 移动通信, 2019, 43(9): 24-27.
CAO L, ZHAO Y, XIONG S K, et al. 5G uplink enhancement solution based on TDD/FDD coordination[J]. Mobile Communications, 2019, 43(9): 24-27.
- [3] GARCIA M H C, MOLINA-GALAN A, BOBAN M T, et al. A tutorial on 5G NR V2X communications[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2021, 23(3): 1972-2026.
- [4] 张平, 陶运铮, 张治. 5G 若干关键技术评述[J]. 通信学报, 2016, 37(7): 15-29.
ZHANG P, TAO Y Z, ZHANG Z. Survey of several key technologies for 5G[J]. Journal on Communications, 2016, 37(7): 15-29.
- [5] 3GPP. Technical specification group radio access network; study on new radio access technology; radio access architecture and interfaces: TR 38.801[S]. 2017.
- [6] 3GPP. Technical specification group radio access network; study on new radio access technology; radio interface protocol aspects: TR 38.804[S]. 2017.
- [7] 3GPP. Technical specification group radio access network; NR; physical layer; general description: TS 38.201[S]. 2022.
- [8] 3GPP. Technical specification group services and system aspects; security architecture and procedures for 5G system: TS 33.501[S]. 2022.
- [9] 3GPP. Technical specification group services and system aspects; feasibility study on new services and markets technology enablers; stage 1: TR 22.891[S]. 2016.
- [10] 高万春, 陈明珠, 黄明广, 等. 基于 5G 技术的 VR-定制旅游-沉浸式服务新型平台设计[J]. 无线互联科技, 2021, 18(1): 75-76.



- GAO W C, CHEN M Z, HUANG M G, et al. Design of VR-customized tourism-immersion service new platform based on 5G technology[J]. Wireless Internet Technology, 2021, 18(1): 75-76.
- [11] 何家泉, 张超俊. 5G 技术的煤矿智能化开采关键技术分析[J]. 长江信息通信, 2021, 34(2): 226-228.
- HE J Q, ZHANG C J. Analysis on key technologies of intelligent coal mining based on 5G technology[J]. Changjiang Information & Communications, 2021, 34(2): 226-228.
- [12] 文华. 5G+智慧钢铁解决方案 助力华菱湘钢转型升级[J]. 通信世界, 2021(2): 48.
- WEN H. 5G + smart steel solution helps Valin Xianggang transform and upgrade[J]. Communications World, 2021(2): 48.
- [13] 瞿谨. 5G 技术发展与未来应用[J]. 数字通信世界, 2020(4): 167.
- QU J. 5G technology development and future application[J]. Digital Communication World, 2020(4): 167.
- [14] 闻磊, 张海涛, 陈力. 5G 智慧医疗应用场景研究[J]. 广东通信技术, 2019, 39(7): 21-23, 55.
- WEN L, ZHANG H T, CHEN L. Research on 5G intelligent medical application scenario[J]. Guangdong Communication Technology, 2019, 39(7): 21-23, 55.
- [15] 曾勇. 5G 技术助推文化产业创新发展的作用分析[J]. 中国宽带, 2021(11): 51-52.
- ZENG Y. Analysis on the role of 5G technology in promoting the innovation and development of cultural industry[J]. China Broadband, 2021(11): 51-52.
- [16] 工业和信息化部, 等. 关于印发《5G 应用“扬帆”行动计划(2021-2023 年)》的通知[EB]. 2021.
- Ministry of Industry and Information Technology, et al. Notice on printing and distributing 5G application "sailing" action plan (2021-2023) [EB]. 2021.
- [17] 王志全, 司鼎. 5G 典型行业应用与网络需求分析[J]. 电子技术与软件工程, 2020(15): 34-36.
- WANG Z Q, SI D. 5G typical industry application and network demand analysis[J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2020(15): 34-36.
- [18] 高大远. 5G 垂直行业网络需求与组网探析[J]. 通信电源技术, 2021, 38(4): 216-217, 220.
- GAO D Y. Analysis of 5G vertical industry network demand and networking[J]. Telecom Power Technology, 2021, 38(4): 216-217, 220.
- [19] 伍秀梅. 浅析 5G 的典型行业应用需求[J]. 数字通信世界, 2019(12): 119, 137.
- WU X M. Analysis on the application requirements of 5G in typical industries[J]. Digital Communication World, 2019(12): 119, 137.
- [20] 全球 TMT. 亚马逊云科技宣布推出 Amazon Private 5G[EB]. 2021.

Global TMT. Amazon cloud technology announced the launch of Amazon private 5G [EB]. 2021.

[作者简介]



曹磊 (1968-), 男, 博士, 中国电信集团有限公司政企信息服务事业群副总经理, 主要研究方向为现代移动通信及计算机网络技术。



李丽 (1976-), 女, 天翼物联科技有限公司解决方案部 5G 业务总监, 长期从事 5G 网络、物联网数字化平台的规划/研发和重点项目拓展等工作。



胡圣辉 (1996-), 男, 天翼物联科技有限公司解决方案部 5G 项目经理, 主要研究方向为 5G 行业应用、计算机工程等。

钟致民 (1976-), 男, 天翼物联科技有限公司解决方案部总经理, 主要研究方向为通信工程、5G 与物联网大数据等。

甘志辉 (1980-), 男, 中国电信集团有限公司政企信息服务事业群高级项目经理, 主要研究方向为 5G、物联网。

董晓冬 (1993-), 男, 天翼物联科技有限公司解决方案部 5G 平台运营经理, 主要研究方向为 5G 行业应用、采矿工程等。

马伯骄 (1993-), 女, 中国电信集团有限公司政企信息服务事业群中级项目经理, 主要研究方向为 5G 网络、物联网等。

张涛 (1973-), 男, 中国电信股份有限公司研究院工业互联网技术研发部总监, 主要研究方向为物联网、5G 定制网、工业互联网及终端的研发等。