

6G网络典型场景和网络特征研究

Research on Typical Scenarios and Network Features of 6G Network

邹树战,张俊强,曹玉军,徐超(中国联通天津分公司,天津 300230)

Zou Shuzhan,Zhang Junqiang,Cao Yujun,Xu Chao(China Unicom Tianjin Branch,Tianjin 300230,China)

摘要:

基于5G网络在ToB及ToC领域的应用部署现状,深入分析了其规划、建设、运维及优化过程中存在的问题,并梳理了商用场景中的痛点。通过挖掘5G网络在ToC业务场景中的不足及ToB场景应用中的痛点问题及挑战,对下一代6G网络的需求、场景及潜在关键技术进行研究分析及展望。

关键词:

6G;NR演进;场景方案

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2026.02.005

文章编号:1007-3043(2026)02-0021-07

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

Based on the current application deployment status of 5G networks in both ToB and ToC fields, it conducts an in-depth analysis of the issues existing in their planning, construction, operation, maintenance and optimization processes, while systematically sorting out the pain points in commercial scenarios. By identifying the shortcomings of 5G networks in ToC service scenarios as well as the pain points and challenges in ToB scenario applications, it carries out research analysis and prospects on the requirements, scenarios, and potential key technologies for the next-generation 6G network.

Keywords:

6G;NR evolution;Scenario solutions

引用格式:邹树战,张俊强,曹玉军,等. 6G网络典型场景和网络特征研究[J]. 邮电设计技术,2026(2):21-27.

1 概述

随着5G网络的广泛建设与深入部署,以及各行各业数字化转型的加速推进,5G商用在民生改善与行业革新方面展现出强大的应用示范效应与探索活力,逐步释放出其巨大的商业潜力与社会价值。与此同时,全球范围内关于6G技术的讨论也十分热烈。6G网络作为5G的演进与全面升级,将不仅局限于现有领域的深化应用,而是在此基础上大幅拓宽其融合应用的边界,继续赋能信息消费、实体经济、民生服务等方

面,实现跨领域、跨行业的全面渗透与融合。

以面向消费者的传统终端设备应用为起点,6G的发展将继续拓展应用的广度与深度,全面覆盖并赋能千行百业,推动产业数字化向更深层次、更广范围迈进。在技术层面,6G新网络的发展将深度融合ODICT技术体系,进而跨越至空天地海一体化、通信感知计算一体化等前沿领域,助力构建起一个集通信、感知、计算、智能、信任于一体的全产业生态支持平台。这一平台将不仅为各行业提供更为高效、智能、安全的信息传输与处理解决方案,还将促进产业链上下游的紧密协同,加速形成数字经济时代下的全新产业生态体系。

收稿日期:2026-01-05

2 5G难点问题挖掘

在5G技术从传统ToC业务场景向千行百业的ToB应用扩展时,决定ToB应用效果的因素越来越多,从对单纯的通信性能指标的需求,逐步扩展至受到产业生态、政策、整体解决方案的多维度影响,对于网络系统的要求也随之增加。这对于网络技术的应用在行业适配性、演进性、绿色发展、商业模式等多维度均提出挑战。在5G的实际部署及应用中,其具体痛点问题包括ToC感知方面、端网业务发展方面、ToB业务发展瓶颈、能耗及运营成本等问题^[1]。

2.1 ToC感知问题

ToC感知问题主要包括如下几种。

a) 特殊场景弱覆盖。受限于现网建设情况,对室内、地下停车场、低空等复杂及特殊场景的网络覆盖不够全面,存在弱覆盖问题,客户感知较差。

b) 干扰问题加剧。随着5G站址密度增加,城区内系统内干扰问题较为明显,优化难度呈指数级上升。同时3家运营商的主力承载频段均为TDD制式,存在大气波导干扰问题,使5G干扰问题加剧。

c) 性能未达客户预期。在性能上,5G网络速率依旧不够快,相较4G网络感知速率提升效果未达到客户预期。

2.2 端网及业务发展

端网及业务发展方面存在如下问题。

a) 用户换机欲望不强烈。5G用户主要集中在具备一定消费能力的年轻用户,4G用户的升级换机欲望不强烈,缺乏现象级应用引导。

b) 物联网产业缺乏新生态。NB网络需求与4G相同,缺乏物联网产业的新生态;由于5G RedCap终端模组价格较贵,与传统3G/4G物联网模组价格相差接近百倍,针对智能电表、共享单车等物联网需求,业界使用的主流技术是NB-IoT。目前全网5G RedCap应用终端及用户较少。

c) 拓展NTN网络需求。目前无人机已应用在各个消费领域,包括航拍、农业、植保、自拍、快递运输、灾难救援、观察野生动物、监控传染病、测绘、新闻报道、电力巡检、救灾、影视拍摄、制造浪漫等。2023年底,我国民用无人机注册数量就已经达到了126.7万架。在工业领域,随着技术的不断成熟,无人机在工业领域的应用也不断增长。2024年底,工业级无人机市场规模突破1500亿元。无人机、航空等控制数据

前传、业务数据回传、机上ToC服务等业务需求的出现,对NTN网络需求将迅猛增加。

2.3 ToB业务瓶颈

ToB业务的发展主要存在如下问题。

a) 应用场景受限。5G主要应用在视频监控场景,仅作为传输技术备份,难以进入生产的核心环节^[2]。

b) 可靠性不被认可。特殊场景5G传输没有明显的优势,RTG远控大多作为备份链路,可靠性还需市场检验。

c) 模组成本高。5G产业生态不成熟,模组成本高且产品类别少^[3]。

d) 架构间兼容问题。5G网络架构与常用的工业网络不同,对接、交付等过程较为复杂。

2.4 能耗及运营成本

在能耗及运营成本方面,主要存在如下问题。

a) 设备功耗大。5G设备功耗较大,运营成本压力大;相较传统4G设备功耗,5G AAU单设备功耗预计是传统RRU的4倍以上(4G设备功率约为148W,5G约为610W),电力成本相较4G提高明显。

b) 基站规模大。根据链路预算测算,与传统4G打底网频段FDD1800相比,5G主流频段N78需要3倍规模的基站数量才能满足相同连续广覆盖需求。同步考虑城区建筑物穿损,城区5G基站相较4G密度进一步加大,导致后续维护成本较高。

c) 选址难度大。随着网络信息开放,民众更加关注电磁辐射问题,居民区附近现网选址困难,极易引发扰民,建设维护难度加大。

d) 运维数据庞大。随着网络复杂度提升,网络与业务数据关联,数据量呈指数级增长,5G增加波束优化维度,相较4G更为复杂,现场优化人员能力还需进一步学习提升,随着AI技术发展,后续基于大数据的自智运维方向还需继续探索创新。

3 6G网络需求及场景

3.1 6G网络的目标与趋势

根据国际电信联盟(ITU)发布的《IMT面向2030及未来发展的框架和总体目标建议书》,6G网络的七大目标包括实现包容性、泛在连接、可持续性、创新、安全性、隐私性和弹性、标准化和互操作、互通性,将为构建一个更加包容的信息社会奠定坚实基础,并助力联合国实现可持续发展的目标^[4]。

6G将融合人、机、物,连通物理与虚拟世界,并集成感知与AI能力,成为新用户与新应用的数字基石。其应用趋势包括泛在智能、泛在计算、沉浸式多媒体与多感官通信、数字孪生、智能工业、数字医疗、泛在连接、感知通信融合及可持续性九大方向^[5]。

3.2 6G网络的六大场景

6G在5G IMT2020的三大场景基础上进行增强和扩展,包含沉浸式通信、超大规模连接、极高可靠低时延、人工智能与通信的融合、感知与通信的融合、泛在连接等六大场景。6G系统的设计原则包括可持续性、安全性、隐私性、弹性、连接未连接的用户及提高整体系统性能的泛在智能^[6]。

3.3 6G网络的15个能力指标

ITU建议书中定义的15个能力指标包括连接数密度、移动性、时延、可靠性、定位精度、峰值速率、用户体验速率、频谱效率、区域流量密度、感知相关指标、AI相关指标、安全隐私韧性性能指标、可持续性性能指标、覆盖、互操作。这些能力指标包括了9个增强能力和6个新能力。

4 6G潜在关键技术

为满足未来6G更加丰富的业务应用以及极致的性能需求,《6G总体愿景与潜在关键技术白皮书》提出了当前业界广泛关注的6G十大潜在关键技术方向,包括内生智能的新空口和新型网络架构,增强型无线空口技术、新物理维度无线传输技术、新型频谱使用技术、通信感知一体化技术等新型无线技术,分布式网络架构、算力感知网络、确定性网络、星地一体融合组网、网络内生安全等新型网络技术。上述及其他潜在关键技术在6G中的应用,将极大提升网络性能,满足未来社会发展新业务、新场景需求,服务智能化社会与生活,助力实现“万物智联、数字孪生”6G愿景。

4.1 新架构及组网技术

IMT2030推进组发布的《6G网络架构愿景与关键技术展望白皮书》指出,未来6G网络架构将遵循创新和兼容的理念,具有智慧内生、安全内生、算网一体、多域融合等特征。在6G网络的架构设计时,需要考虑兼容、智简、分布化转变、内生、空天地海泛在接入等因素。其架构类的潜在技术包括:

a) 分布式网络技术。通过空天地海覆盖以及异构网络共存设计,满足多样化的场景业务需求。分布式相关的潜在技术包括网络间的共享、同步及复制的

分布式账本技术(DLT)、分布式数据存储技术(IPFS)、网络功能的分布式技术等以及网络与网络协同共享所涉及到的服务流转协议和可信安全保障等。

b) 空天地一体化组网技术。6G时代卫星、低空飞行器等新型网络将与地面传统网络进一步深度融合,以实现广域的立体覆盖以及满足用户随时随地按需接入的需求;其中涉及到的潜在技术包括跨域的QoS保障技术、跨域服务流转、移动性保障技术和移动性、会话管理及动态路由技术等。

c) 网络AI内生相关技术。未来网络需要满足ToC及ToB网络的智慧内生需求,会对现有的网络架构设计范式产生转变,包括从云化到分布式网络智能的转变,数据处理从中心到边缘处的转变,其中会涉及到如AI在网络管理和编排的应用,AI工作流的运营、管理和部署以及相关的接口协议设计等。

d) 数字孪生网络技术。数字孪生网络作为物理实体在数字世界的镜像,具有虚实结合、闭环控制等特征,全流程、全业务数据能够进行虚实世界的实时交互及迭代;产业界和学术界在进一步讨论数字孪生的需求场景的同时,也需要明确数字孪生网络的统一架构及定义,包括相关数据采集、存储、建模及接口标准化技术。

4.2 连接技术

4.2.1 毫米波技术及应用场景

一网催生万业,各种新业务迎来井喷式发展。新业务应用驱动无线网络能力从Gbit/s向10Gbit/s迁移。Sub6G中低频频谱资源有限,难以承接Gbit/s级别的业务;毫米波连接稳定性差,上行覆盖能力弱,Sub6G与毫米波在带宽和覆盖能力上可实现互补。毫米波通过大带宽和大容量使能垂直行业应用^[7-10](见图1)。

4.2.2 NTN网络架构及应用场景

如图2所示,NTN网络存在3种架构,第1个为透明模式,后2个为可再生模式,几种架构的对比如表1

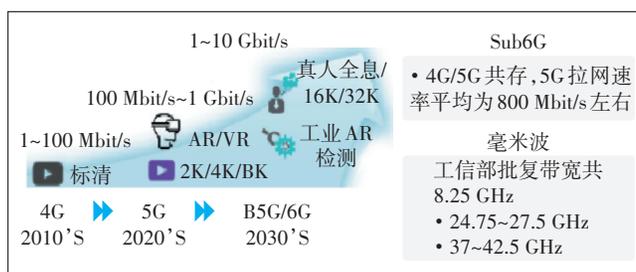


图1 毫米波使能垂直行业应用

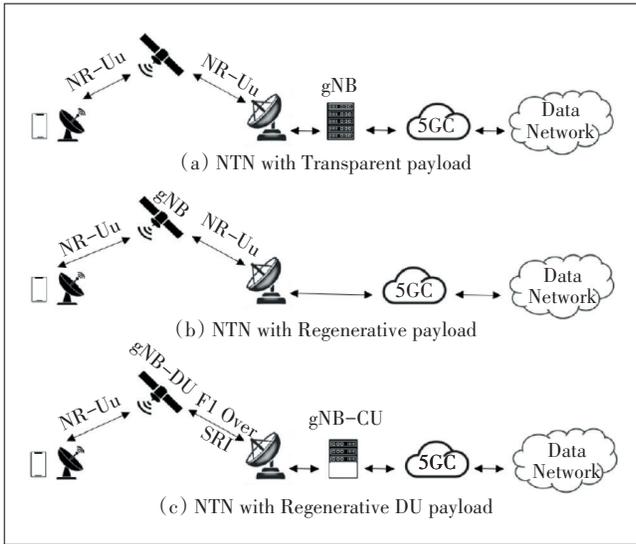


图2 NTN网络模型

表1 网络架构对比

模式	基站位置	卫星任务	优点	缺点
透明模式	基站在地面	频率转换, 无线功率放大	简单, 卫星和基站间耦合度低, 对卫星要求低	对星间通信使能网络兼容性差
可再生模式	基站上星	频率转换, 无线功率放大, 全协议栈处理(如接入网侧)和路由	性能更优, 包括时延、吞吐量等, 和星间链路支撑的大星座方式匹配	卫星和基站间耦合度高, 需要卫星和基站联合设计
	基站部分上星 (DU)			除了基站上星模式的缺点外, 依赖 CU-DU 分离架构, F1 时延有挑战

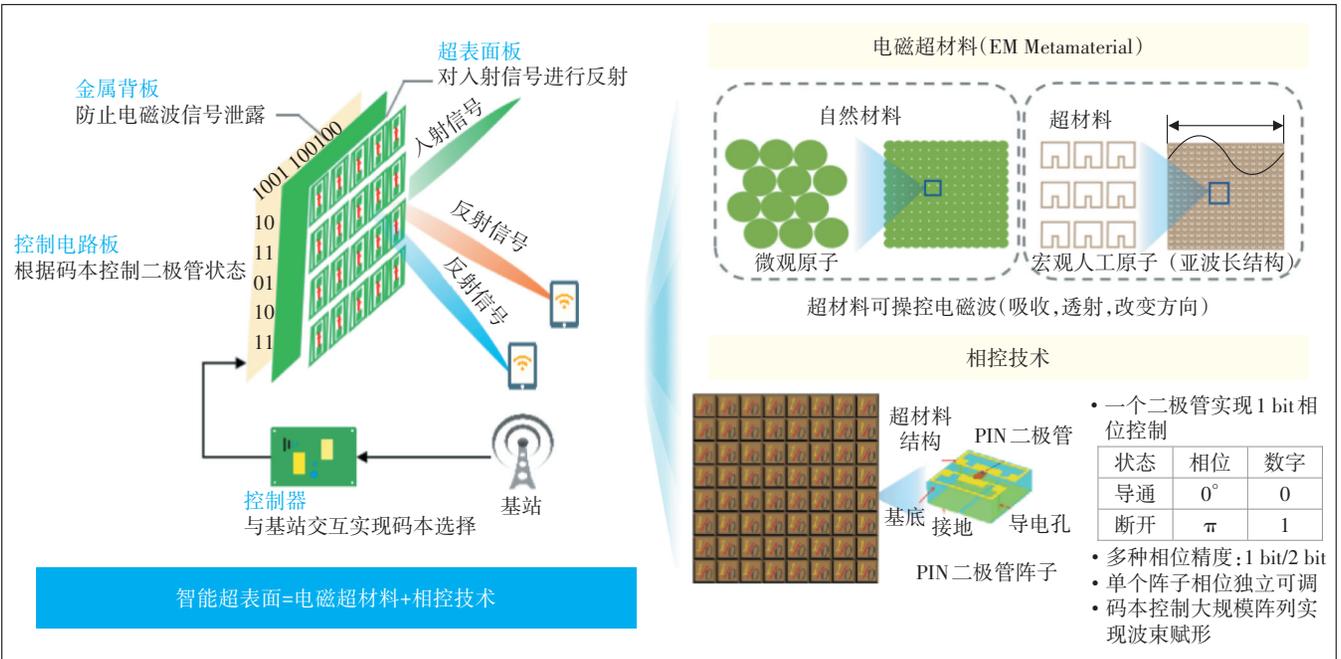


图3 RIS技术特性^[11]

所示。

NTN网络通过深度融合卫星、无人机、空基平台等多种接入方式,构建ToB的全域物联网+ToC的应急通信。

4.2.3 智能超表面(RIS)技术

RIS技术结合电磁超材料和相控技术,实现智能调控大规模低成本的无源天线单元(见图3)^[11],重构无线环境,实现最佳的覆盖,更优的用户体验^[12]。

根据RIS技术的可重构、易部署、低功耗、低成本等特点,RIS技术主要有反射型和透射性2种典型应用场景(见图4)^[13]。

4.3 应用创新

4.3.1 TSC技术打造确定性网络

TSC是一种“确定性网络”技术,能够提供时延、抖动、丢包率、可靠性等指标的确定性业务保证能力^[14]。

a) 和TSN工业网络对接,作为TSN的桥接点(见图5)。

b) 具备高精度时间同步、确定性转发、TSN协同管理、网络拓扑发现、层2以太网数据转发等功能。

TSC通用功能技术包括低时延类[上行免授权、mini slot、多模(Multi-Mode, MO)等uRLLC技术、DS帧结构]、可靠性类(PDCP重复、lowSE、slot重复、双发选收FRER,双PDU、双N3/N9等技术)、低时延抖动(基

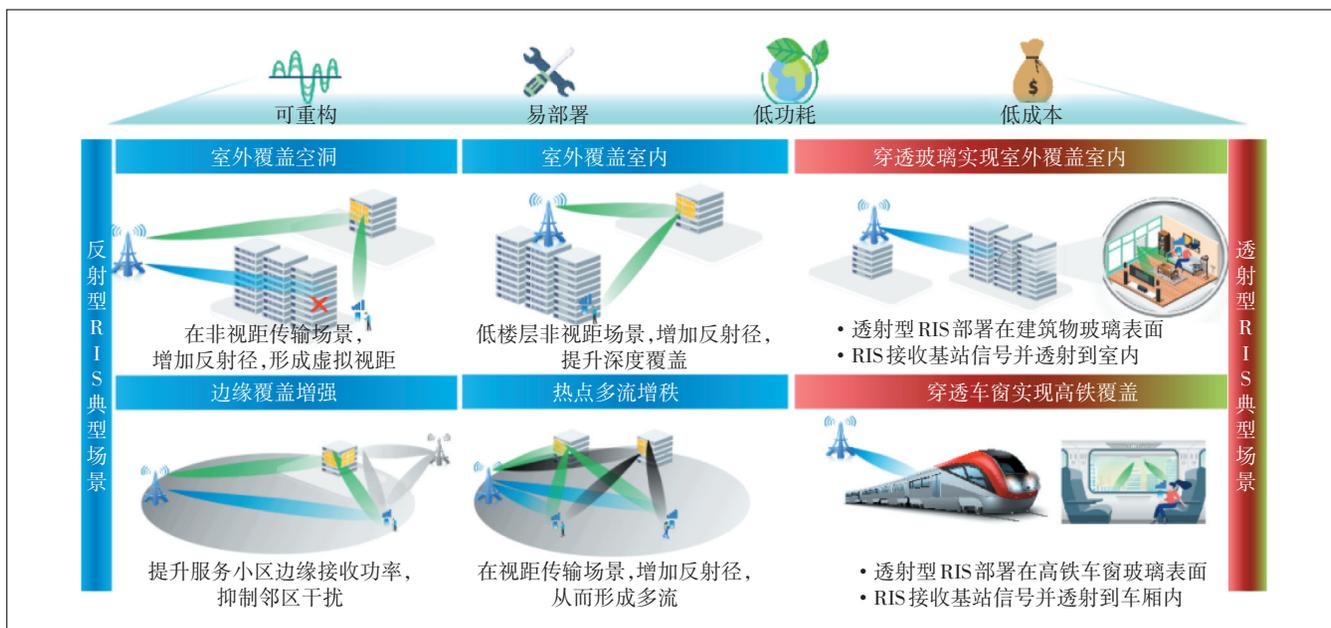


图4 RIS应用场景

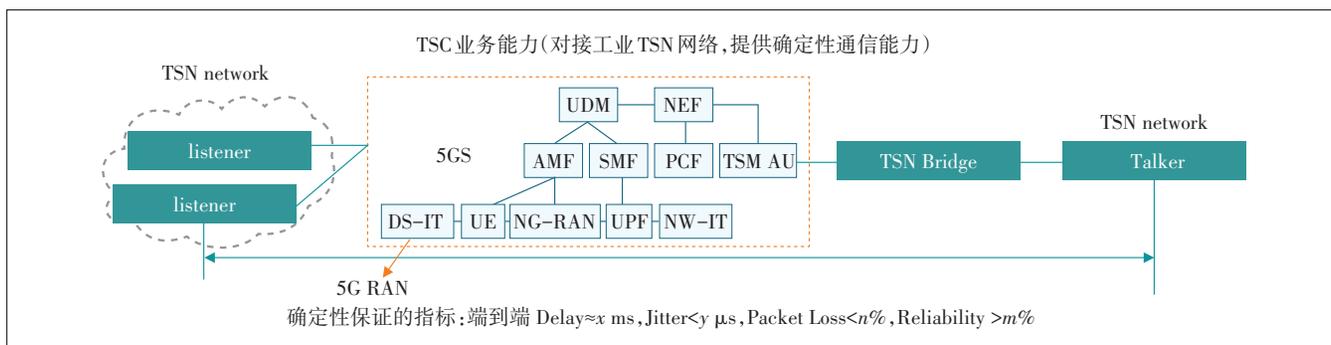


图5 TSC业务能力

于TSN时间门控的调度转发,实现消除微秒级抖动)。

4.3.2 uRLLC技术应用展望

uRLLC聚焦ToB行业应用的低时延和高可靠需求:时延在1ms内,可靠性达到99.999%,主要包含如下技术^[15]。

a) mini-slot。在slot基础上引入更小粒度的符号级数据处理和发送,降低空口传输时延(见图6)。

b) 免授权(configured grant)。通过上行免授权调度降低上行数据发送等待时延^[16]。

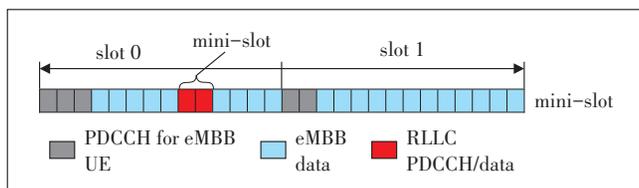


图6 mini-slot结构

c) 低码率MCS/CQI。引入低频谱效率MCS调度,提升传输可靠性。

d) PDCP复制。基于CA/DC的多载波场景,利用冗余重复传输提升可靠性,降低时延。

e) slot重复。PUSCH/PDSCH支持连续多时隙重复发送(见图7),提升可靠性。

4.3.3 UTDOA室内高精度定位

上行到达时间差(UpLink Time Difference of Arrival, UTDOA)是上行基于TDOA的定位方法,使用多pRRU测量UE发送的上行参考信号SRS的到达时间,计算多个RSTD(参考信号时间差)测量量解算UE的

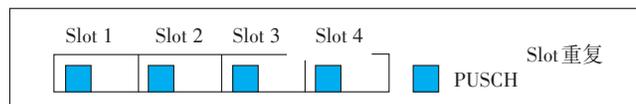


图7 slot重复

位置坐标(见图8)。

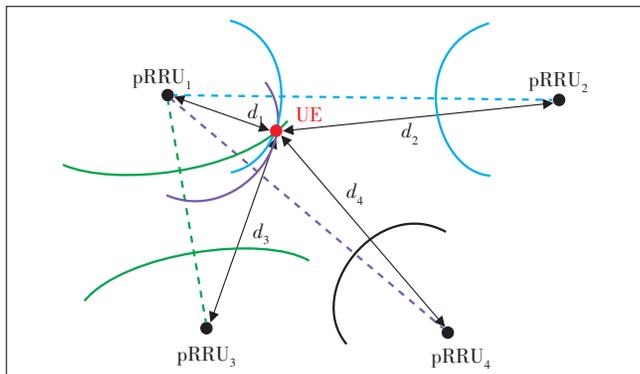


图8 UTDOA室内高精度定位

UTDOA技术特点及方案如下。

- a) 基于现网基站的简单安装和软件升级,大大降低网络建设成本,缩短网络部署周期,提升网络性能。
- b) 无需和核心网网元对接,定位引擎部署在本地NodeEngine,即插即用,部署灵活。
- c) 终端无特别要求,对站间距不敏感,时钟同步要求高。
- d) LBS将位置坐标信息开放给定位业务平台,为企业提供服务。

4.3.4 通感算控一体化展望

面对未来智慧低空、智慧交通、智慧生活、智慧网络等多种场景的感知需求,通过打破原有边界,形成

通信、感知、算力、控制融合的全新系统,实现通感算控一体化(见图9),提供全新业务感知,推进行业数字化纵深发展。

4.3.5 XR业务保障

与现网高清视频业务相比,XR业务对时延和速率有较严格的要求,对网络传输的需求更大,网络面临更大的挑战。

a) 时延保障的挑战。现网平均RTT有约40 ms的波动,波动范围较大,与XR的时延需求有一些差距。

b) 带宽保障挑战。现网单用户下行45~150 Mbit/s的保障基本能够满足,但上行1~4 Mbit/s的保障在小区边缘区域^[3]有难度,多用户条件下带宽保障难度更大^[17]。

c) XR业务保障方案。从业务智能识别、智能调度、性能评估、基站算力、终端节能等维度入手,打破现实和虚拟的边界,提供沉浸式全新业务体验。

4.3.6 RAN智能化展望

随着低碳环保理念的进步,6G将通过RAN内生智能在智能节能、智能体验保障、意图驱动及自治网络方向探索创新,打造高性能网络^[18]。

RAN智能化可借鉴互联网人工智能应用经验,通过思考互联网人工智能化发展的原因,探索RAN智能化的发展方向。

通过数据治理、算力网络、数字孪生三大智能底

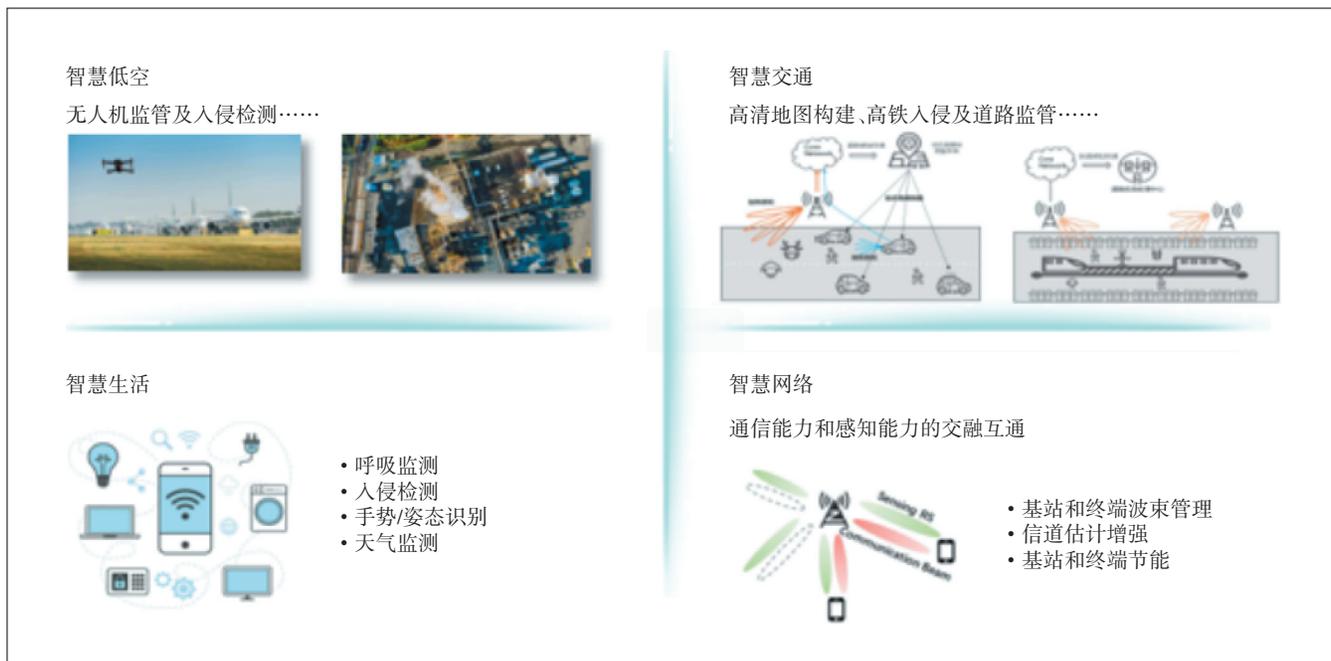


图9 通感一体化应用

座,实现无线能力拓展。

a) 数据治理。统一建模标准,减少数据访问和容量阻抗。

b) 算力网络。算力成池,让算力资源流动起来。

c) 数字孪生。网络数字化,通过虚实映射降低试错成本,加速创新。

RAN智能化无线关键技术主要包括意图驱动、智能用户引导、智能帧结构、智能节能等方面。

5 总结

未来6G时代,随着各行业数智化转型的加速推进,以及人工智能、区块链、大数据、元宇宙等前沿技术的日益成熟与深度融合,ODICT产业正迎来前所未有的变革浪潮与广阔发展机遇。这一趋势不仅驱动着通信网络向绿色低碳、全面数字化、高度智能化、安全互信及合作共赢等多重维度迈进,还提出了更为严苛的要求。在此背景下,6G技术有望依托这些新兴技术的强大支撑,构建起契合各行业多样化需求的新范式架构体系^[19]。

6G不仅将实现技术层面的深度革新,更将促进跨行业间技术、应用场景及商业模式的深度融合与相互渗透,从而孕育出一个全新的生态融合系统。这一系统将极大提升各行业的数字化能力,促进协同创新与共同发展,为“数字中国”等国家顶层战略规划提供坚实的技术支撑与核心基础设施,助力构建更加智慧、绿色、安全、高效的社会经济体系。

通过全方位提升6G目标网络的能力量级,实现网络应用的更多维度的拓展,以支持更丰富的场景用例,全面解决当前5G网络中遇到的ToC感知、端网业务、ToB业务以及能耗和运营方面的各种问题与瓶颈。

通过连接创新、应用创新、体验创新、网络创新四大维度,结合毫米波、NTN网络、智能超表面、TSC、uRLLC、RedCap、UTDOA、通感算控、XR业务保障、智能化运维等多项创新技术,针对6G未来潜在的应用场景进行全方位展望,共绘6G时代网络及典型应用业务蓝图,推动通信产业端网业协同发展^[20]。

参考文献:

- [1] 杨立. 5G-NR蜂窝系统功能演进趋势分析[J]. 无线电通信技术, 2020,46(3):310-314.
- [2] 杨立,李大鹏. 网络切片在5G无线接入侧的动态实现和发展趋势[J]. 中兴通讯技术, 2019,25(6):8-18.
- [3] 杨立,方琰崑,谢峰. 论5G时代ToB领域应用拓展困境和6G突破

之策[J]. 邮电设计技术, 2022,556(6):30-34.

- [4] 王其朝,金光淑,李庆,等. 工业边缘计算研究现状与展望[J]. 信息与控制, 2021,50(3):257-274.
- [5] 段向阳,杨立,夏树强,等. 通感算智一体化技术发展模式[J]. 电信科学, 2022,38(3):37-48.
- [6] 任震,杨立,谢峰,等. 基于5G-NR演进浅析和展望未来6G系统中去蜂窝化技术的应用[J]. 信息通信技术, 2021,15(2):65-71.
- [7] 谢峰,王菲,刘汉超. 面向6G的多频段智能融合组网[J]. 中兴通讯技术, 2022,28(4):25-30.
- [8] 韩书君,董晴,许晓东. 面向6G全场景的多频段协同覆盖扩展技术[J]. 中兴通讯技术, 2022,28(4):31-35.
- [9] 杨立,谢峰,高波. B5G毫米波通信无线接入网络的架构设计[J]. 移动通信, 2020,44(8):21-27.
- [10] 杨立,窦建武. 未来卫星通信和5G-NR深度融合架构设计[J]. 中兴通讯技术, 2021,27(5):60-66.
- [11] Cui T J, Qi M Q, Wan X, et al. Coding Metamaterials, Digital Metamaterials and Programming Metamaterials[J]. Light: Science & Applications, 2014,3(10):e218.
- [12] 杨立,赵亚军,方琰崑. 从容量和覆盖升级到连接和品质——论未来无线技术的盈利拓展[J]. 信息通信技术, 2020,14(6):57-62.
- [13] 王丽萍,杨立,何哲. 面向未来6G网络更低成本灵活覆盖方案之技术探讨[J]. 长江信息通信, 2021,34(10):1-3, 11.
- [14] 梁广俊,王群,辛建芳,等. 移动边缘计算资源分配综述[J]. 信息安全学报, 2021,6(3):227-256.
- [15] 3GPP. 3GPP TS 36.300: E-UTRA; Overall description; Stage-2 (Release 10) [S/OL]. [2025-06-23]. <https://www.3gpp.org/specifications-technologies>.
- [16] 3GPP. 3GPP TS 37.340: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and NR; Multi-connectivity; Stage 2 (Release 17) [S/OL]. [2025-06-23]. <https://www.3gpp.org/specifications-technologies>.
- [17] 陶耀东,徐伟,纪胜龙. 边缘计算安全综述与展望[J]. 计算机集成制造系统, 2019,25(12):3043-3051.
- [18] 李兴,侯伟,杨宇,等. 论电力基建业务中边缘计算的应用与实践[J]. 电气工程学报, 2020,15(4):153-160.
- [19] 赵喆,王菲,杨立,等. 未来无线接入网组件化探究和实践[J]. 无线电通信, 2022,289(5):885-890.
- [20] IMT2030(6G推进组). IMT2030 6G无线网络架构和功能研究报告[R]. 北京:IMT2030(6G)推进组, 2022.

作者简介:

邹树战,毕业于南京邮电大学,工程师,主要从事网络规划、共建共享、新技术新业务研究等工作;张俊强,毕业于天津城建学院,工程师,主要从事网络维护、共建共享、平台数字化研究等工作;曹玉军,毕业于北京邮电大学,高级工程师,主要从事网络资源管理、工程管控、数据规划等工作;徐超,毕业于南京邮电大学,高级工程师,主要从事网络规划、共建共享、新技术新业务研究等工作。