



运营技术广角

## 6G 愿景需求及技术趋势展望

魏克军, 胡泊

(中国信息通信研究院, 北京 100191)

**摘要:** 随着全球 5G 网络进入商用部署的关键阶段, 部分国家已经启动了对下一代移动通信技术(6G)的研究。首先分析了网络信息技术未来的发展趋势, 在此基础上探讨了 6G 的愿景需求及主要特征, 之后对 6G 潜在的技术趋势进行了分析, 以期对后续展开 6G 研究提供方向性建议。

**关键词:** 6G; 愿景需求; 技术趋势

**中图分类号:** TN929.5

**文献标识码:** A

**doi:** 10.11959/j.issn.1000-0801.2020035

## 6G vision requirements and technology trend prospect

WEI Kejun, HU Po

China Academy of Information and Communications Technology, Beijing 100191, China

**Abstract:** As 5G enter the critical phase of commercial deployment, some countries launched research of the next-generation mobile communication technologies (6G). The development trends of information communication technology was analysed firstly, on this basis, the 6G vision and main features of 6G were discussed, and then the potential technology trends of 6G was analysed, in order to provide direction suggestions for the subsequent 6G research.

**Key words:** 6G, vision and requirements, technology trend

### 1 引言

移动通信发展遵循 10 年一代的演进规律, 每一代移动通信从概念研究到商业应用基本上都需要 10 年左右的时间。当上一代移动通信进入商用阶段, 将会启动对下一代移动通信愿景和关键技术的研究。2018 年 6 月, 3GPP 发布了第一版本 5G 国际标准, 全球主要国家纷纷加快 5G 商用步伐。美国 and 韩国已于 2019 年 4 月率先启动了 5G

商用服务。我国于 2019 年 6 月 6 日向中国移动、中国电信、中国联通和中国广电 4 家单位发放了 5G 商用牌照。据不完全统计, 截至 2019 年 12 月, 全球已有 33 个国家/地区的 61 家运营商开始提供 5G 业务, 全球正式跨入 5G 商用元年。

伴随着全球 5G 商用的启动, 部分国家和组织已经启动了对 6G 愿景及关键技术的前期探索。美国联邦通信委员会(FCC)于 2019 年 3 月开放了部分太赫兹频段用于 6G 技术试验使用; 欧盟

收稿日期: 2019-09-03; 修回日期: 2019-02-07

基金项目: 国家科技重大专项资助项目(No.2018ZX03001024)

**Foundation Item:** National Science and Technology Major Project(No.2018ZX03001024)

2017年发起了6G技术研发项目征询,旨在研究下一代移动通信关键技术;日本在2019财政年度提出10亿多日元的预算,着手研究6G;IEEE于2019年3月在荷兰召开了全球第一届6G无线峰会,探讨6G愿景及技术挑战。虽然业界已经启动了6G的前瞻性研究,各方也提出了一些关于6G的畅想,但关于6G愿景需求及关键技术远未达到共识,6G研究尚处于探索的初期阶段。

## 2 网络信息技术的未来发展趋势

网络信息技术作为全球创新最活跃、应用最广泛、影响力最大的技术领域,是经济社会发展的重要基础和关键支撑。当前,移动通信技术与人工智能、大数据、云计算等新一代网络信息技术加速融合,工业互联网、车联网、物联网等新型应用空间持续拓展,融合、智能、开放、泛在将成为未来网络信息技术的发展方向。

(1) ICDT深度融合将催生网络信息技术的突破

网络信息技术各领域加速创新与融合,信息技术(IT)、通信技术(CT)、数据技术(DT)间的耦合度和关联性显著增强,数字化、网络化、智能化不断催生新的技术方向和发展空间。ICDT的深度融合将形成新一代网络信息技术创新的倍增效应,带来感知、存储、计算、传输等环节的群体性突破,加速孕育颠覆性重大技术变革,最终将带来网络信息技术的代际跃迁。

(2) 人工智能将推动网络进入智能化时代

随着网络传输能力、数据计算效能、信息存储容量的快速提升,人工智能技术将渗透到各行各业,并开始与实体经济深度融合,成为技术融合创新、产业转型升级的新动力和新引擎。当前,人工智能技术在网络领域正在从辅助运维扩展到网络性能优化、网络模式分析、网络部署管理、网络架构创新等多个领域,正在引发网络信息技术的全方位创新。

(2) 开源开放将释放网络信息技术的创新活力

“开源”改变了网络信息技术创新的路径和模式,当前,围绕网络能力的开放,网络领域的开源项目发展迅猛,ONF、ETSI、IETF、ITU-T等越来越多的国际组织,纷纷开展开源项目的研究工作,技术领域涉及云计算、大数据、网络通信、计算机操作系统等诸多方向,开源将对网络信息技术的创新模式、创新方向、创新效果产生积极而深远的影响。“开放”是产业链成熟和良性发展的重要标志,开放可以提高技术创新活力、降低创新成本、优化产业链条,网络信息技术架构和技术体系的开放是新一代网络信息技术和产业必然趋势。

(3) 天地一体化将拓展网络信息技术的发展空间

未来的移动信息网络将实现全球深度覆盖,通过无线通信技术将空间、陆地紧密无缝连接。在网络连接形态上,可通过蜂窝、低轨星座、低空飞行器、定位卫星、近距离通信等形成多层覆盖、多网络融合的无线通信网络。

## 3 6G 愿景及关键特征

5G实现了从移动互联到万物互联的拓展,6G将在大幅提升移动通信网络容量和效率的同时,进一步拓展和深化物联网应用的范围和领域,并与人工智能、大数据等ICT新技术相结合,服务于智能化社会和生活,实现万物智联。展望以6G为代表的新一代移动通信,可能具备以下特征。

(1) 更强性能

与以往新一代移动通信类似,空中接口性能指标将实现十到百倍的提升,预计6G的峰值速率可达1 Tbit/s;空中接口时延低至0.1 ms;连接数密度支持1 000万连接/km<sup>2</sup>;定位精度可达厘米级。与5G的10~20 Gbit/s峰值速率相比,1 ms空中接口时延,100万连接/km<sup>2</sup>以及米级定位精度,性能提升10~100倍。



### (2) 更加智能

引入人工智能、大数据等技术,使网络节点具备智慧能力,网络实现全面的自组织和自优化,面向个人、行业等用户提供高度个性化场景连接的智慧服务,满足精细化要求。

### (3) 更加绿色

在网络性能提升的同时,实现成本和能耗的有效降低,提升每比特系统能效十倍甚至百倍,支撑绿色发展理念,实现可持续发展。

### (4) 更广覆盖

网络覆盖将从陆地扩展到天空甚至海洋,将空间、陆地以及海洋紧密无缝连接,实现全球深度覆盖,未来的移动网络覆盖将像阳光空气一样无所不在。

### (5) 更加安全

通过物理信号设计、架构设计、协议设计以及区块链、量子通信等新技术的应用,确保网络安全,提高通信可靠性和信息安全。

### (6) 开源开放

6G 网络将实现去中心化和扁平化,网络设备和终端产品将实现平台化、软件化、IP 化、开源化,将构建更加开放、公平竞争的产业生态环境。

## 4 6G 关键技术趋势展望

当前,全球业界已经提出了一些关键技术方向,但并未形成共识。从当前全球业界重点关注的技术方向来看,重点聚焦在以下领域。

### (1) 基础理论

长期以来,以概率论为基础的香农经典信息论在指导移动通信技术发展方面取得巨大成功。新一代移动通信技术的发展有赖于基础理论的突破,其中认识论中的语义信息将成为未来广义信息论研究的重点方向。面向 6G 移动通信的广义信息论主要研究内容包括融合语法和语义特征的信息定量测度理论;基于语义辨识的信息压缩理论和构造技术、信息传输理论与设计技术以及信息

网络优化理论与实用化技术等<sup>[1]</sup>。

### (2) 无线技术

- 传统无线通信技术增强。研究突破香农信道容量的超大规模天线阵列与协作传输技术、超高速信道编码及调制技术、先进波形技术、增强双工技术等,进一步提升 6G 频谱效率。
- 新的物理维度和信息载体。探索轨道角动量等新的物理维度以及量子通信等新的信息传输载体,进一步拓展无线传输技术的范围和内涵,对于满足 6G 频谱效率和容量以及保证信息传输安全具有重要意义。
- 新的频谱资源技术。研究太赫兹、可见光通信等技术,进一步扩展移动通信的工作频段,为满足 6G 超高速率(达到 Tbit/s)传输所需的超大带宽(载波带宽大于 1 GHz)提供新的思路。此外,进一步研究在现有频段上利用认知无线、区块链和频谱共享等技术实现更灵活的频谱使用,提升频谱的利用效率。

### (3) 网络架构

- ICDT 深度融合的智能、开放、自治网络。面对未来通信系统多场景、多频段、多制式的差异化性能需求,未来网络将实现深度的 ICDT 融合,从而推动网络实现自治化和智能化。智能化网络将通过网络数据、业务数据等多维数据感知,结合大数据、人工智能等技术,实现高效的控制、灵活的数据分发、全局优化的资源利用,由以人驱动为主的人治模式,逐步演进为网络自我驱动的自治模式。
- 多网融合、全域覆盖的新一代宽带移动网络。在传统蜂窝网络基础上,将卫星通信、短距离通信等非蜂窝网络进行系统架构、通信协议和信息的融合,建立起空天地一体化多网互联融合,覆盖太空、空中、陆地等自然空间,实现多层覆盖、多网融合的高速宽带无线网络。

- 构建新一代高强度、多层次的智能安全网络。通过网络架构的设计以及引入区块链、量子通信等关键技术,确保网络的通信可靠性大幅提升。重点开展满足云化和海量微小终端安全需求的自主、灵活的新型密码算法研究以及面向行业用户和特殊用户的新型安全保密通信技术等。

#### (4) 产业形态

- 6G 推动新材料、新工艺革新。新一代无线通信宽带化、高速率、低功耗等需求,将进一步推动芯片和器件在材料工艺、器件设计、封装集成等领域的系统性革新。石墨烯、纳米材料等新型材料在通信设备上广泛应用,将进一步提升功率效率,降低能耗。新的集成电路设计、加工工艺和封装技术需要满足超大规模逻辑、超高精度制造的要求。面向未来通信高频段的射频芯片和元器件等的研究和开发。
- 设备通用化、特性软件化、算法 IP 化。随着射频器件性能和基带处理能力的提升以及网络的云化,SDR(软件无线电)和 SDN(软件定义网络)技术将得到广泛应用;网络和终端设备的通用性和灵活性将得到进一步提升,系统特性主要靠软件来实现,采用软件升级方式进行网络部署和参数灵活配置;为了应对系统开发的复杂性,算法开发将采用 IP 化方法。
- 开源开放构建未来移动通信创新生态。软件开源可以有效降低研发门槛和成本,有助于各方实现真正开放的多元业务创新。6G 将采用基于开放网络架构,构建标准化、公共化的网络基础设施,实现敏捷的开发和快速的网络功能部署。

## 5 结束语

随着全球 5G 网络进入商用部署的关键阶段,

部分国家已经启动了对下一代移动通信系统(6G)的探索,但目前仍处于探索早期阶段。本文在总结分析网络信息技术发展趋势的基础上,提出 6G 将实现从“万物互联”向“万物智联”的演进,并将具备更强性能、更加智能、更加绿色、更广覆盖、更加安全以及开源开放等特征,为实现 6G 愿景,需要在通信基础理论、无线技术、网络技术及产业形态等领域实现突破。

## 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.  
ZHANG P, NIU K, DIAN H, et al. Technology prospect of 6G mobile communications[J]. Journal of Communications, 2019, 40(1): 141-148.
- [2] 陈亮,余少华. 6G 移动通信发展趋势初探[J]. 光通信研究, 2019(4): 1-8.  
CHEN L, YU S H. Preliminary study on the trend of 6G mobile communication[J]. Study on Optical Communications, 2019(4): 1-8.
- [3] 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.  
ZHAO Y J, YU G H. 6G mobile communication network: vision, challenges and key technologies[J]. Science China (Information Sciences), 2019(8): 963-987.
- [4] RAGHAVAN V, LI J. Evolution of physical-layer communications research in the post-5G era[J]. IEEE Access, 2019(7): 10392-10401.
- [5] SHAO S H, LIU D L, DENG K. Analysis of carrier utilization in full duplex cellular networks by dividing the co-channel interference region[J]. IEEE Communication Letter, 2014(18): 1043-1046.
- [6] 陈晓贝,魏克军. 全球 5G 研究动态和标准进展[J]. 电信科学, 2015, 31(5): 121-125.  
CHEN X B, WEI K J. Global research and standardization progress of 5G[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(5): 121-125.

## [作者简介]



魏克军(1973—),男,博士,中国信息通信研究院技术与标准研究所主任工程师, IMT-2020(5G)推进组无线技术工作组副组长,主要研究方向为 LTE/LTE-Advanced、5G、6G 等移动通信技术。

胡泊(1981—),女,中国信息通信研究院技术与标准研究所高级工程师,主要研究方向为 LTE/LTE-Advanced、5G、6G 等移动通信技术。