

全球 6G 研究发展综述

Overview of Global 6G Research and Development

刘 珊,黄 蓉,王友祥(中国联通研究院,北京 100176)

Liu Shan,Huang Rong,Wang Youxiang(China Unicom Research Institute,Beijing 100176,China)

摘 要:

随着 5G R16 标准的完成以及商用规模的不断扩大,针对 6G 的研究也逐步开展起来,旨在为 2030 年的需求提供服务。尽管 5G 被赋能给社会带来多方面变化,但未来随着需求不断升级以及新兴技术、新型材料及各学科融合的促进,移动通信系统仍有很大的变革空间。针对已开展 6G 研究的组织机构及国家进行了介绍,包括背景、相关的进展及未来布局,同时分析了面向 6G 潜在的使能技术及网络架构,最后根据目前研究现状总结了 6G 的愿景及未来发展方向。

关键词:

6G;研究组织;潜在技术

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.03.004

文章编号:1007-3043(2021)03-0016-05

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:

With the completion of 5G R16 standard and the ever-expanding scale of commercial deployment, research on 6G is also gradually carried out, which aims to serve the needs of 2030. Although 5G is empowered to bring comprehensive changes to society, with the continuous upgrade of demand and promotion of emerging technologies, new materials and the integration of various disciplines, there is still a lot of room for change in mobile communication systems in the future. It introduces the organizations and countries that have carried out 6G research, including the background, related progress and future layout. At the same time, it analyzes the potential enabling technologies and network architecture for 6G, and finally it summarizes the 6G vision and the future research direction.

Keywords:

6G; Research organization; Potential technologies

引用格式:刘珊,黄蓉,王友祥.全球 6G 研究发展综述[J].邮电设计技术,2021(3):16-20.

1 概述

移动通信技术目前已演进到第 5 代(5G),纵观其发展历程,2G/3G 实现了基本的移动连接,而部署最广泛的 4G 通过智能终端的普及带来了巨大的数据吞吐量,改变了用户的生活方式。5G 更是在还未全面商用就备受关注,其目标不仅仅要提高传统用户的业务体验,更是将移动通信与垂直行业结合,大大拓展移动通信业务领域。虽然全球范围而言,5G 部署目前仍处

于部署初级阶段,与垂直行业的合作也刚刚开始推进,但未来随着部署及业务的不断成熟,定能带来移动通信市场的繁荣,加速各个行业甚至整个社会的数字化进程。

尽管 5G 的系统指标及能力有了大幅提升,应用场景也逐渐多元化,但是仍然存在局限。面向未来,仍然有巨大驱动力推动移动通信网络不断演进。一方面是新兴技术的驱动,比如人工智能、区块链、云计算等 ICT 技术以及新型材料,天线等工艺。另一方面则是由于需求的不断演进,随着多样化终端的发展及各行业数字化水平的提高,全息类、沉浸式 XR、触觉互联

收稿日期:2020-12-25

网、智慧工厂等业务被提出,不仅要求速率、时延、连接数、覆盖范围等传统性能指标要求提升,还将带来对感知、定位、安全等全新维度的需求。因此针对下一代移动通信的愿景、需求及技术研究逐步开展起来,而由于5G给社会带来的巨大变革及附加经济价值,使得全球具备竞争力的国家及产业链高度重视移动通信技术,不仅各大标准组织、学术界甚至很多国家相关机构、产业界都纷纷展开预研,旨在2030年到来时,能够具备成熟的技术体系,满足新型业务需求,同时提高自身竞争力。

本文针对下一代移动通信即6G系统,梳理了全球各大标准组织、地区及国家组织、高校研究机构的研究背景及相关进展,分析了目前潜在的无线侧及网络侧技术方向及技术优势,最后总结了6G进展,提出了针对6G愿景及整体发展方向的思考。

2 全球6G研究现状

2.1 国际组织及区域组织

2.1.1 国际电信联盟(ITU)

国际电信联盟下设的电信标准化部门第13研究组(ITU-T SG13)致力于未来网络研究,并于2018年7月成立了NET-2030网络焦点组,旨在探索面向2030年及以后的网络服务需求。该焦点组下设3个子组,包括应用场景与需求,网络服务与技术以及架构和基础设施,并于2019年发布2本白皮书,它们分别关注应用场景以及2030网络的新服务能力,提出了全息、触觉互联网等多种新型场景,以及目前网络Gap和未来网络最需关注的服务。

此外,ITU下设的无线电通信部门5D工作组(ITU-R WP5D)于2020年2月在瑞士日内瓦召开的会议上,启动了面向2030及未来(6G)的研究工作。会议形成初步的6G研究时间表,包含未来技术趋势研究报告、未来技术愿景建议书等重要计划节点。本次会议上,ITU启动“未来技术趋势报告”的撰写,计划于2022年6月完成。该报告描述5G之后IMT系统的技术演进方向,包括IMT演进技术、高谱效技术及部署等。此外,还计划2021年上半年启动“未来技术愿景建议书”,到2023年6月完成。该建议书包含面向2030及未来的IMT系统整体目标,如应用场景、主要系能力统等。目前,ITU尚未确定6G标准的制定计划。

2.1.2 电气电子工程师协会(IEEE)

IEEE于2018年8月启动了目标为“实现5G及更

高版本”的未来网络研究。2019年3月25日,IEEE赞助的全球第一届6G无线峰会在芬兰召开,工业界和学术界众多参会代表发表了对于6G之最新见解和创新,探讨了实现6G愿景需要应对的理论和实践挑战。该会议的论文及报告涉及对6G的场景畅想、毫米波及太赫兹、智能连接、边缘AI、机器类无线通信等多项技术,第2届6G无线峰会于2020年在线上举行,由业界、运营商、研究机构学者及利益相关者进行主题演讲、技术会议及相关展示等,6G峰会属于全球范围内技术盛会,目标是通过各行业群策群力,明确6G愿景及发展方向。

2.1.3 第3代合作伙伴计划(3GPP)

3GPP目前的在研版本R17仍然是5G特性的演进及增强,但需求组SA1已启动未来业务的相关立项,包含智能电网、触感通信等,有较大可能平滑过渡到下一代移动通信系统。根据目前进展及计划,3GPP大概率会在R19(2023年)开始6G愿景、技术、需求方面的工作,在R21或以后阶段开始进行6G标准化工作。

2.1.4 6G Flagship

由芬兰财团赞助,奥卢大学(Oulu University)主导的6G旗舰计划(6G Flagship)于2019年成立,致力于提供“近即时、无限无线连接”的标准化通信技术,并于2019年9月发布白皮书《Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence》,白皮书初步回答了6G怎样改变大众生活、有哪些技术特征、需解决哪些技术难点等问题,其内容包括6G愿景、驱动力、应用及服务,无线研究方向集中在人工智能、新的免授权接入、信号成型、模拟调制、大型智能表面等,同时针对无线硬件的进展和难度进行了分析,网络研究方向则集中在信任链的建立。

2.2 国家观点与布局

2.2.1 欧盟

欧盟在2017年发起第6代移动通信(6G)技术研发项目征询,旨在2030年商用6G技术。同时,欧盟已启动为期3年的6G基础技术研究项目,主要任务是研究可用于6G通信网络的下一代前向纠错编码技术、高级信道编码以及信道调制技术。欧盟Horizon 2020组织也将启动“智能网络与服务”的6G研究项目,目前正在前期论证预研阶段。

此外,欧盟积极资助大学和研究机构,包括芬兰国家技术研究中心、奥卢大学等,关注未来应用场景及太赫兹、无线宽带接入、边缘智能、编解码等技术方

向。

2.2.2 美国

美国政府十分重视 6G 技术,且在太赫兹及空天地一体化技术领域持续发力。FCC 于 2019 年 3 月颁布美国在 THz 频段上频谱分配:95 GHz~3 THz,认为 6G 将迈向太赫兹频率时代,随着网络越加致密化,基于 THz、区块链的动态频谱共享技术、空间复用技术等 3 大类技术正在变成新的技术趋势。美国纽约大学、加州大学及弗吉尼亚理工大学都在进行太赫兹及其他 6G 方向的预研工作。此外,Space-X、OneWeb、Amazon 等纷纷推出卫星互联网计划,作为后续 6G 的潜在赋能技术。

2.2.3 日本

日本政府计划通过官民合作的方式制定未来 6G 的综合发展战略。经济产业省设立总额 2 200 亿元的基金,建立一个关键国家优先项目,启动 6G 研发。由东京大学校长担任主席,东芝等科技巨头提供技术支持。日本目前在太赫兹领域独占优势,并将太赫兹技术列为“国家支柱技术十大重点战略目标”之首。NTT 集团就曾经宣传开发出了太赫兹和轨道角动量两项 B5G 和 6G 技术。此外,日本还将把“光半导体”作为支撑 6G 的信息处理技术。NTT 表示将与 65 家企业合作,力争 2030 年之前实现用于 6G 的光半导体量产。

2.2.4 韩国

韩国的 6G 研究主要集中在企业及高校研究机构,包括三星、SK、LG 电子、韩国高级科学技术研究院等,其中 LG 电子与韩国高级科学技术研究院合作建立了 6G 研究中心;电子和电信研究院已与芬兰奥卢大学签署了一项备忘录,以开发 6G 网络技术。SK Telecom 与芬兰诺基亚公司和瑞典爱立信公司签署了协议,以加强在 6G 网络研发方面的合作。2019 年 6 月,三星成立高级通信研究中心,开始对 6G 网络进行研究,2020 年 7 月,三星发布 6G 愿景白皮书《6G: The Next Hyper Connected Experience for All》,其内容涵盖了三星的 6G 愿景、演进趋势、应用场景、指标需求、候选技术及预期的标准化时间表。

2.2.5 中国

2019 年 11 月,科技部召开 6G 技术研发工作启动会,宣布成立国家 6G 技术研发推进工作组和总体专家组,其中,推进工作组负责推动 6G 技术研发工作实施;总体专家组负责提出 6G 技术研究布局建议与技术论证,为重大决策提供咨询与建议。工信部也于 2019 年

成立 6G 研究组,后又更名为 IMT-2030,聚集工业界和高校等各方力量,研究内容涵盖需求、无线及网络技术,加强前瞻性愿景需求及技术研究,目标在于明确 6G 推进思路和重点方向。

3 潜在研究方向

针对下一代移动通信的研究离不开对新技术及新型网络架构的探讨,本章梳理了各大组织、高校及研究机构目前研究方向的重点,并从新型频谱、新型无线侧技术以及新型组网架构及网络能力 3 个方面,介绍了技术特点及面向 6G 系统的必要性,为后续更丰富、系统的研究工作提供基本参考。

3.1 新型频谱

未来业务类型及用户都将向更加多样化发展,对网络性能要求越来越高,而目前低频频率资源已逐渐被完全占用,因此向更高频段延伸将成为 6G 的探究方向,目前较受业界关注的频谱包括太赫兹和可见光频段。

太赫兹指的是从 100 GHz 到 10 THz 的频段,波长范围为 0.03~3 mm,介于无线电波和光波之间的电磁辐射,具有携带信息丰富、亚皮秒量级脉宽、高时空相干性、低光子能量、穿透性强、使用安全性高、定向性好、带宽高等特性。太赫兹通信类应用可根据覆盖距离分为长距离覆盖应用和短距离覆盖应用。长距离覆盖应用包括大容量无线前传/回传、无线数据中心、空间应用等,覆盖距离约为百米到千米的量级;短距离覆盖应用包括近距离点对点通信、芯片通信、健康监测及纳米级物联网等,覆盖范围为毫米到米。目前关于太赫兹研究的关键问题是核心器件的研发及灵活态的空口设计。

可见光波段频谱在 420~780 THz,波长范围为 380~780 nm,无需授权即可使用,而可见光通信又具有照明和通信结合、无电磁干扰、绿色环保等优势,因此,VLC 作为解决近距离家庭介入重要手段,被认为是未来通信系统可选技术。VLC 的主要应用场景包括室内无线接入、室内定位、室内导航、智能交通、在航空领域应用、设备间数据共享、高速率信息传输、水下通信、信息安全领域等,但目前可见光通信产业链不够成熟,瓶颈在于移动终端的可见光收发器件。

3.2 新型无线侧技术

3.2.1 大型智能表面

在以前的移动系统中,很多无线单项技术致力于

更好地适应不断变化的无线信道环境,利用优化收发机的设计(如波形方案、编码方案、时频空传输机制等)来提高系统容量。以前对电磁波的控制力仅局限在发射机和接收机上,而近年来智能超表面的出现,使得信道环境的电磁特性能够被灵活控制,引起了学术界和业界的广泛关注。智能超表面是一种具有可编程电磁特性的人工电磁表面结构,通常由可编程新型超材料构成。智能超表面可以通过数字编码对电磁波进行主动的智能调控,形成幅度、相位、极化和频率可控制的电磁场。这一机制提供了智能超表面的物理电磁世界和信息科学的数字世界之间的接口,智能超表面技术优势还包括低能耗、低硬件成本、无自干扰、配置灵活、应用广泛,能够根据不同应用场景,通过反射、透射、散射等方式实时调控电磁波束,改变无线环境,增强有用信号质量,进而达到增强覆盖、提升系统容量、简化设计的目的,对于未来移动通信的发展具有巨大吸引力。

3.2.2 新型编码与波形

在移动系统演进过程中,从4G到5G,峰值速率增长了10倍以上,可以预测,到下一代移动系统,速率增长趋势仍然会保持,甚至可能加速。译码的吞吐量需求达到百Gbit/s以上,需要对译码算法、纠错码重新设计,提高译码并行度。同时可靠性要求也逐渐提高,要求编码要有更低的差错平层,优化相关设计。目前研究比较多的编码技术包括Spinal编码技术、索引调制技术、非线性预编码,同时人工智能用于编码也逐渐受到关注。此外,5G系统中,波形设计能够灵活适配不同应用场景,而未来6G支持的场景及业务更为复杂,性能指标也将大幅提升,新波形的设计及引入势在必行。目前研究包括基于非正交波形设计,变换域波形设计等。新型编码及波形都将在未来系统中发挥重要作用,是需要重点探究的技术方向。

3.3 新型组网架构与网络能力

3.3.1 天地空海一体化

卫星通信在改善当今数字经济生活中起着至关重要的作用,与地面网络相比,卫星网络具有完整的地球表面覆盖、先进的移动性、高安全性和可靠性、远距离传输的时延保障等优势。将卫星、飞行器与地面网络结合实现立体和异构网间互联,可以实现广范围、大容量、巨连接的信息分发与交互,满足存在局限的农村地区连接、空域海域连接、灾害管理等特殊场景,实现全球无缝覆盖及无感知切换,为下一代移动

通信覆盖要求、连接要求提供保障。目前技术体系面临的技术挑战包括传输链路高动态变化、网络时空行为复杂、异质业务尺度差异大,同时空天地一体化组网、传输理论、优化调度、智能协同等技术层面也需要很大的技术突破。

3.3.2 确定性网络

确定性网络(DetNet——Deterministic Networking)原本是一项帮助实现IP网络从“尽力而为(best-effort)”到“准时、准确、快速”,控制并降低端到端时延的技术,最初主要针对工业、能源、车联网等对网络低时延、可靠性和稳定性要求极高的垂直行业。目前IEEE制定的TSN标准提供了以太网的确定性,IETF成立的确定性网络工作组则致力于将TSN中开发的技术扩展到路由器,扩展网络规模。未来随着移动终端及所搭载业务类型更加多样化,高精度时间同步,绝对的端到端上限时延,超可靠零丢失的数据包传递等“确定性”的需求将成为下一代移动系统的要求。而无线侧是实现移动系统端到端确定性的关键,无线传输容易受到环境影响,传输质量难以保障。在5G时代,3GPP标准制定了TSN与5G融合的方案,将5G系统作为TSN桥,以黑盒子的方式进行架构融合,但两者仍是独立的系统,难以充分保障TSN的性能。在下一代移动通信系统中,将充分考虑业务特性,使6G原生支持确定性,相关的技术方案和架构体系需要进一步完善。

3.3.3 云原生

云原生是指应用部署在云端服务器,且具备容器化、微服务、持续交付和DevOps几大特征,这些技术能够构建容错性好、易于管理和便于观察的松耦合系统。5G时代,核心网基于服务化架构,使得网络功能更易于利用通用化服务器实现,在数据中心达到云化效果。但目前5G核心网部署仍未具备容器化、微服务等特性。未来为了构建灵活性、可扩展性,快速创新及上线的网络服务,云原生可作为适合的解决方案。尽管移动网传统无线设备一直以来封闭性程度高,且网络功能对实时性等要求极高,但对于移动网云原生相关研究及探索一直在推进,相信随着技术及产业不断成熟,未来能够充分发挥其优势构建灵活、弹性的新型网络架构。

3.3.4 泛在智能

人工智能的不断繁荣正在彻底改变科技的每一个分支,将人工智能与下一代移动网络结合已成为不可阻挡的趋势。目前通信领域与智能化的结合方式

大多是在完成系统部署后,利用数据搜集和人工智能算法对业务进行优化,但其应用的程度及范围较低。未来随着网络架构不断演进,以及泛在连接的发展,人工智能能够更密切地与网络的每一个环节结合,不仅仅部署在云端,还将深入到边缘侧、终端侧,不仅仅用于特定业务的智能优化,还将更广泛与系统设计结合,包括网络部署、算法设计、算力分配,将智能化更广泛地植入在网络中,实现真正的智能泛在,全面提升未来移动网络能力。

3.3.5 内生安全

未来新型业务愿景和网络架构,包括沉浸式XR、全息、空天地一体化泛在连接、AI等,将会引入更多的攻击点,为安全带来更多的挑战。传统的安全防御模式为补丁式,即在系统构建完成后,通过孤立的安全设计、堆叠、加固,是被动的防护模式,存在低效、不经济的问题。因此,未来移动网络要探索新型的安全模式。内生安全基于内聚、协同、原生等属性,使安全具备原生创建、共生演进的属性。通过对不同安全协议与安全机制的聚合来对网络进行安全治理,同时使安全防护能力具备自主驱动力,使其能同步甚至前瞻性地适应网络变化,以衍生网络内在稳健的防御力,不再是对安全威胁进行被动的应对,在未来6G网络中发挥重要的作用。

4 总结

6G网络将是面向2030年及以后的网络,虽然目前处于研究的初级阶段,但仍然可以从业务及技术的演进趋势初步窥探,6G网络需要支持未来业务的更高带宽、更严格的确定性,更广更深程度的覆盖,同时考虑提供更智能、更安全、更灵活的网络服务。本文梳理了研究机构对6G的研究进展及潜在技术方向,尽管目前6G路线尚不明确,潜在方向也存在理论、物理实现以及组网等各方面的问题,但随着科研的不断投入及产业界持续推进,相信下一代移动通信系统将带来更多维度的改变及更深层次的颠覆!

参考文献:

[1] DANG S, AMIN O, SHIHADA B, et al. What should 6G be? [J]. Nature Electronics, 2020(3): 20-29.
[2] KLAUS D, HENDRIK B. 6G Vision and Requirements: Is There Any Need for Beyond 5G? [J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2018, 13(3): 72-80.
[3] YASTREBOVA A, KIRICHEK R, KOUCHERYAVY Y, et al. Future

Networks 2030: Architecture & Requirements [C]// International Congress on Ultra Modern Telecommunications & Control Systems & Workshops. 2019.

[4] Key drivers and research challenges for 6G Ubiquitous wireless intelligence [EB/OL]. [2020-12-22]. https://www.researchgate.net/publication/335698064_KEY_DRIVERS_AND_RESEARCH_CHALLENGES_FOR_6G_UBIQUITOUS_WIRELESS_INTELLIGENCE
[5] 高芳,李梦薇. 芬兰奥卢大学发布白皮书初步提出6G愿景和挑战[J]. 科技中国, 2019(12).
[6] 刘峻峰,刘硕,傅晓建,等. 太赫兹信息超材料与超表面[J]. 雷达学报, 2018.
[7] 刘杨,彭木根. 6G内生安全:体系结构与关键技术[J]. 电信科学, 2020(1): 11-20.
[8] ZHANG X, WANG J, POOR H V. Interference Modeling and Mutual Information Maximization Over 6G THz Wireless Ad-Hoc Nano-Networks [C]// GLOBECOM 2020 - 2020 IEEE Global Communications Conference. IEEE, 2020.
[9] 谢莎,李浩然,李玲香,等. 面向6G网络的太赫兹通信技术研究综述[J]. 移动通信, 2020(6): 36-43.
[10] YU M, TANG A, WANG X, et al. Joint Scheduling and Power Allocation for 6G Terahertz Mesh Networks [C]// 2020 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC). 2020.
[11] 李新,王强. 6G研究进展及关键候选技术应用前景探讨[J]. 电信快报, 2020, No.593(11): 10-13.
[12] YOU X, WANG C X, HUANG J, et al. Towards 6G wireless communication networks: vision, enabling technologies, and new paradigm shifts [J]. Science China. Information Sciences, 2021, 64(1).
[13] CHEN S, LIANG Y C, SUN S, et al. Vision, Requirements, and Technology Trend of 6G: How to Tackle the Challenges of System Coverage, Capacity, User Data-Rate and Movement Speed [J]. IEEE Wireless Communications, 2020.
[14] GUANG Y, LIU Y, HUANG N, et al. Vision, Requirements and Network Architecture of 6G Mobile Network beyond 2030 [J]. 中国通信, 2020, 17(9): 100-112.
[15] ROUT S P. 6G Wireless Communication: Its Vision, Viability, Application, Requirement, Technologies, Encounters and Research [C]// 2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT). 2020.
[16] ZHANG Z, XIAO Y, MA Z, et al. 6G Wireless Networks: Vision, Requirements, Architecture, and Key Technologies [J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2019 (99): 1-1.
[17] CHOWDHURY M Z, SHAHJALAL M, AHMED S, et al. 6G Wireless Communication Systems: Applications, Requirements, Technologies, Challenges, and Research Directions [J]. IEEE Open Journal of the Communications Society, 2020(99): 1-1.

作者简介:

刘珊,毕业于北京交通大学,硕士,主要从事5G移动通信系统及未来网络相关研究工作;黄蓉,毕业于北京邮电大学,高级工程师,博士,主要从事移动通信相关技术研究及标准化工作;王友祥,高级工程师,博士,主要从事5G新技术研究及试验工作。