

6G 网络的一些思考

Reflections on 6G Networks



杨峰义 /YANG Fengyi, 刘洋 /LIU Yang, 杨蓓 /YANG Bei

(中国电信研究院, 中国 北京 102209)
(China Telecom Research Institute, Beijing 102209, China)

摘要: 业务需求的不断演进促使移动通信网络做出相应转变。6G 网络将成为一个能实现服务资源动态调整、计算资源合理分配、业务与网络深度协同的融合型网络。从 5G 网络发展和 6G 业务特征的角度阐述 6G 网络的发展趋势。预期 6G 网络将以网络与计算的深度融合为引擎, 向着云、网、边、端、用协同与融合的方向发展和演进, 实现全频域、全场景、全业务的灵活适配与资源协同。

关键词: 6G; 网络结构; 云网边端融合

Abstract: The continuous evolution of service requirements promotes corresponding changes of mobile communication network. 6G network will become an integrated network to realize dynamic adjustment of service resources, reasonable allocation of computing resources, and coordination of service and network. The development trend of 6G network from the perspectives of 5G network development and 6G service characteristics is introduced. It is expected that 6G network will take the deep integration of network and computing as the engine, develop and evolve in the direction of cloud, network, edge, user and application, and realize the flexible adaptation and resource collaboration of full frequency domain, full scenarios and full services.

Keywords: 6G; network architecture; cloud-network-edge-user convergence

DOI: 10.12142/ZTETJ.202102002

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20210401.1532.008.html>

网络出版日期: 2021-04-01

收稿日期: 2021-02-05

近两年, 随着 5G 标准的成熟和商业应用的逐步展开, 6G 迅速进入业界视野。很多机构和组织发布了与 6G 技术相关的白皮书, 为未来 6G 技术指标和技术应用指明了方向。然而, 目前 5G 尚处于商业应用的初级阶段, 5G 在支持各种垂直应用时仍存在很大的不确定性, 相关技术尚未成熟, 商业模式仍需要不断探索。任何一代系统在无线接入技术或网络架构方面, 都有着革命性的变化。移动通

信的发展具有延续性的特点。因此, 在探讨 6G 的同时, 我们更应该思考如何在 5G 的基础上, 有效地延续移动通信的发展, 同时持续吸收先进技术, 以不断提高移动网络的技术含量, 降低使用成本。

目前, 5G 管道化问题比较严重, 同时距离各种业务应用还太远, 且深受传统消费互联网的影响, 因此 5G 无法更好地支持各种垂直应用。在移动通信网络的研究中, 我们不能仅关

注如何将网络的管道指标再提高一个数量级, 而是要将网络与基础性的业务应用相结合, 以满足垂直应用的实际技术需求。

6G 网络是什么? 很显然, 它是未来 5G 应用的升级版。然而, 5G 网络的应用是不断发展变化的, 未来 6G 网络的应用仍需要不断探索。

1 典型 6G 应用

目前, 业界讨论比较多的 6G 愿

景主要集中在 3 个方面^[1-7]:

(1) 数字孪生

数字孪生是指, 首先对物理世界中的实体进行建模, 然后将模型映射到虚拟世界中, 从而展现对应实体的全生命周期过程。数字孪生可应用于众多领域。基于物理世界, 数字孪生能够生成一个数字化的孪生虚拟世界。通过引入人工智能(AI)和大数据分析, 数字孪生可以进行多领域大量的物理模型建立、信息数据处理、多维度综合结果推演等。这将对基础通信系统的传输速率、实时性和连接规模提出新的挑战。同时, 网络系统也将借助网络模块的数字孪生体进行网络性能的优化。

(2) 扩展现实(XR)与全息通信

作为 5G 的重要应用场景之一, 虚拟现实(VR)与增强现实(AR)将在 6G 时代全面演进到 XR。得益于新的显示技术、传感和成像设备, 以及低功耗专用处理器的飞速发展, 可穿戴设备将使物理现实扩展到数字空间。此外, 借助 XR 技术, 全息 3D 投影技术可广泛应用于各个领域, 例如医疗、娱乐、教育和工农业生产。基于对物理环境的捕捉和虚拟世界的高保真度, 全息 XR 将与 AI、分布式云计算紧密结合, 以满足无线网络的高性能需求——高传输速率、低时延、高可靠和高精度定位。

(3) 全域万物智联

在未来, 6G 频谱将扩展到太赫兹。在覆盖的广度上, 6G 将借助卫星通信、无人机通信, 以及新空口技术等, 来实现空、天、地、海全域无缝覆盖的通信网络和人、机、物全球业务层面的广域智能连接。因此, 6G 网络需要与计算进行深度融合, 以完成海量异构网络的融合接入和全时频空域资源的分配协作, 进而满足 6G 空天地海与人机物全域无缝覆盖通信对智慧连

接、泛在连接和安全连接的需求。

2 从 5G 网络与应用角度看 6G

2.1 云网边端融合成为发展趋势

在 5G 时代, 高速率和低时延是网络的主要技术特征, 它们使无线接入的地位在整个移动通信网络中变得更高。这促进了移动边缘计算的发展, 并使业务的产生、处理和应用都可以在本地完成。在 6G 应用中, 接入侧的影响也会越来越深远, 业务应用的速率和时延要求会越来越高, 移动边缘计算的作用也会更加凸显。同时, 随着业务应用对网络性能要求的不断提高, 管道化的网络已不能有效支撑业务应用的发展。因此, 我们必须对网络形态的改变和业务应用进行整体考虑, 以满足接入侧边缘云、网、用融合的需求。云、网、用的融合不仅可以在统一的基础设施上同时实现基础网络能力、计算能力、业务处理能力, 实现网络对业务应用的有效支持, 还可以基于业务属性对网络形态或者技术参数进行调整。

在接入侧网络与计算能力提升的同时, 未来很多终端的能力可以获得进一步优化。一些基础性的通用业务都可以卸载到边缘计算平台上。这将大大简化终端实现环节, 降低业务实现难度和运营成本。届时, 6G 网络将会在接入侧发展为云、网、边、端、用融合的一体化网络。

2.2 支持垂直应用的网络能力增强

在移动通信系统中, 独立分隔的上下行链路通过频分双工(FDD)或者时分双工(TDD)实现双向通信。理论上, 虽然空中接口的物理资源在上下行链路间的分配比可以灵活配置, 但在工程实践中, 这些分配比一旦被设定就很难改动。这是因为改动可能

会带来严重的系统内或者系统间干扰, 从而导致网络性能降级, 甚至系统瘫痪。过去, 移动互联业务基本都是以下行速率为主, 不存在动态调整资源配置比的需求。然而, 在进入 5G 时代以后, 各种垂直应用的业务不再以下行速率为主, 例如高清视频直播、视频质量检测、视频监测控制等。上下行的资源配比就需要动态调整。

在 TDD 模式下, 频谱资源是充足的。设置不同频段的上下行转换比就能轻松实现动态资源的配置。然而, 在实际应用中, 频谱资源往往是缺乏的, 同时资源灵活配置的需求又是比较迫切的。为解决这一问题, 我们需要寻找新的技术手段。此外, 在一定范围的垂直应用环境(尤其是室内环境)中, 链路损耗相对较小, 用户数量较少, 干扰问题不突出。在这种情况下, 全双工技术成为一种有效的技术手段, 可以用来提供服务。因此, 我们可以将全双工技术与上下行资源配置比的动态调整结合起来, 以灵活满足上行业务量的需求。

2.3 应用场景扩展

目前, 5G 和 5G 增强技术的演进主要围绕增强移动宽带(eMBB)、海量机器类通信(mMTC)、超可靠低时延通信(URLLC)三大应用场景进行。然而, 随着各类垂直应用的不断丰富, 增强网络组合特性将会是下一个重要的技术演进方向。组合特性的演进可以使 5G 三大场景扩展为 6 个, 甚至更多, 以形成多边形的应用场景。这些典型的组合演进方向主要包括: (1) eMBB 与 URLLC 组合。这种组合可以满足高速率、高可靠环境的应用需求, 比如 XR 类业务。(2) eMBB 与 mMTC 组合。这种组合可以满足密集场景下的高速数据需求, 比如智慧工厂和智慧城市环境中的视频传感器。

(3) mMTC 与 URLLC 组合。这种组合可以满足工业控制过程中控制单元的信息传递需求。这些不同场景的组合技术有助于人们探索 6G 初期的技术路线和相关技术指标,为实现未来万物智联提供良好基础。

2.4 无线接入网络架构的演进

5G 网络的单位比特功耗远远低于 4G 网络,但由于工作频段的关系,在覆盖同样区域时,5G 网络的基站数量是 4G 基站的数倍,5G 网络的整体功耗远高于 4G 网络。此外,5G 网络并不能带来明显高于 4G 的业务收入。很显然,这样的发展是不可持续的。6G 时代无线网络的工作频率将向着更高的工作频段推进。传统的集中化组网方式将面临更大的挑战。因此,我们必须探索新型的无线网络架构,而不是在原有网络的基础上进行简单叠加。值得一提的是,在集中化组网架构的基础上,6G 与分布式组网模式的结合可以降低链路损耗,提高能量效率和频谱效率。当然,这一过程会存在基础设施和业务疏导方面的问题。因此,我们需要关注如何在多频段、多空口的环境下构建能够进行业务疏导的统一架构。

2.5 无线网络开放化

在全球运营商和制造商的共同努力下,无线网络白盒化、开放化逐步成为一个热门话题。虽然很多非技术因素使这个技术本身变得十分敏感,但是在面对垂直应用的需求时,白盒化/软硬解耦的解决方案无疑具有广阔的市场前景。垂直应用的场景强调的是服务提供快速、架构灵活可变、网络能力完全开放、网络与服务定制化等。然而,这些都不是传统产品的强项,而是对传统产业的新挑战。正视这一挑战并使之形成自主可控的优

势是我们的努力方向。

3 云、网、边、端协同与融合的 6G 网络

从 5G 开始,移动信息网络将逐步进入万物智联时代。万物智联意味着连接能够高效地适应业务应用,灵活地改变相关模式和参数,柔性地改变网络形态,并且具备足够的安全性。一方面,6G 网络架构的构建由新的业务需求与应用场景共同驱动,例如对传输速率、用户体验和全域无缝覆盖等的需求;另一方面,AI、大数据分析、云计算等新兴技术,为解决现有网络问题和应对未来网络挑战提供了新的思路。6G 将会以网络与计算的深度融合为引擎,突破传统针对个人通信设计的移动网络架构瓶颈,从云、网、边、端、用的协同与融合的角度出发,实现全频段、全场景、全业务的灵活适配与资源协同,最终实现一体化的网络架构目标。

3.1 多层次深度融合

6G 网络凭借强大的 AI 与大数据分析计算,将成为聚合云、网、边、端、用于一体的计算型、数据型网络。这种一体化的 6G 网络涉及以下几个层次的融合:

(1) 网元融合

随着移动网络功能云化程度的逐渐提升,网络功能正在由当前的接入、控制、转发“三朵云”的形态,逐步过渡到基于云原生的接入、转发和控制全融合的网络形态。在 6G 网络中,硬件方面可分别依托专用硬件平台、通用硬件平台、开源硬件平台等。采用不同程度的开源开放策略,将网元、网络功能、资源进行深度解耦,有助于构建面向定制化服务的通用、开放的网络架构,支持 6G 网络的可重构与即插即用,满足电信运营商对高效

可扩展网络、灵活多样化业务、开放行业生态的需求,进而促进垂直应用的业务发展。

(2) 资源协同

为支持智慧化业务的应用,网络层需要对应用层业务进行感知,以完成网络各部分计算资源的智能化和自动化的管理、调度和分配。在 6G 时代,网络也许会通过构建统一的云网融合操作系统,实现对物理机、虚拟机、容器等云网基础设施资源的统一纳管;构建统一的网络和应用编排系统,实现网络功能和业务应用的按需编排与调用;结合边缘计算和边缘人工智能能力,实现智能化的数据分析与治理。

(3) 端云协同

6G 将实现终端与网络的协同发展,利用边缘计算平台来满足众多智能终端和应用服务对计算、存储及服务的需求。泛在终端侧存在高智能、强算力、微服务的能力需求。端云协同可以将这一需求转移到边缘计算平台上,以降低 6G 泛在智能终端的制造成本和持有成本,进而有效提高 6G 应用与服务的普及率。端云协同的发展应以应用场景为导向。在云网边端深度融合、紧密协同的大背景下,业界不仅要加快端云协同标准体系的建设,还要从 6G 整体布局出发,以网络为基础,在中心云、边缘云与 6G 泛在智能终端协同的框架下进行研究与设计。

(4) 边缘 AI

边缘 AI 是指位于边缘基础设施中的 AI 能力。边缘相关资源的全系统数据的使用及其在整个部署环境中的共享,可以为边缘侧系统性能优化、业务质量保证等提供支持。这些数据可能包括关键的系统性能数据、业务数据、服务质量(QoS)/体验质量(QoE)参数等。在边缘 AI 领域中,用于建模、

学习、进一步预测和优化系统行为的指标还需要业界做进一步研究^[8]。

(5) 安全内生

在 6G 网络中,传统的“外挂式”和“补丁式”的网络安全机制将不再适用,需要升级为以安全内生为主导的安全体系架构^[9]。作为 6G 网络的典型特征,安全内生将渗透到网络的基础架构与空口设计、资源调度与协同、网元云化部署与运维、网络与业务应用能力融合的各个层级中。

3.2 网络对业务的适配

6G 网络架构将实现空、天、地、海全维度通信的资源协同,包括对全频谱资源的灵活使用和云网边缘资源的灵活调配,以及地面与非地面网络的深度融合^[10]。6G 网络的构建将基于微服务架构进行。对基本服务单元来说,网络不仅需要满足垂直行业的差异化需求,还要结合网络能力开放、云边协同以及智能化分析,来实现不同程度的能力开放与网业融合。6G 网络架构的主要特征是:能够开放业务需求和特征导入,拥有支持基于业务需求和业务特征定制的无线网络服务能力;能够对无线网络数据进行调用,具备无线资源感知的业务优化和增值能力。通过支持更高水平、更深程度、更广范围的网络开放能力来赋能 6G 千行百业,并基于强大的 AI 算法和数字孪生技术,业务应用与网络、计算、存储的协同优化将会逐步实现,智能内生也将随之实现。

同时,更多的新型应用对网络提出更高的要求。针对不同的业务需求,如何保障用户体验是 6G 通信系统需要解决的核心问题。一方面,移动通信网络内部存在对基于业务 QoS 感知的智能精细化资源适配的需求,而 5G 网络的整个 QoS 机制仍旧存在一些问题,例如:业务区分颗粒度较粗,优

化调整的周期较长,空口资源配置无法灵活适配网络与业务的实时动态变化等。另一方面,移动网络侧与业务传输侧割裂,导致业务在进行传输时无法与移动侧的网络能力较好地实时匹配,造成 QoE 下降。

因此,6G 网络一方面需要基于业务 QoS 智能感知的端到端通信机制,实现端到端通信网络与应用传输能力的一致性,减少端到端通信中的短板对用户负面影响的负面影响;另一方面需要实现业务应用与网络能力的深度融合,在端到端通信的各个节点引入 AI 与机器学习,借助数字孪生来辅助网络资源与业务需求的精准调配,在安全机制内建立精准测量、快速反馈与智能预调整的机制,真正做到端到端通信的网随业动。同时,网络能力开放接口可以支持网业协同的订阅与业务智能感知的标准化通信,以丰富电信运营商商业模式,繁荣 6G 网络业务协同发展。此外,在 6G 时代,通信网络将与算力网络相结合,实现算力节点与网络的动态变化与实时更新,并针对不同网络需求建立确定性服务的算力网络体系。

4 结束语

根据移动通信产业发展周期的特点,业界预期在 2030 年左右 6G 可以实现商用。目前,移动通信产业尚处于 5G 商用和 6G 研究的初步阶段。现阶段,构建面向 6G 的网络架构具有重要意义。本文中,我们从 5G 网络出发,探讨 6G 的技术发展路径和网络架构,并阐述云、网、边、端、用深度融合的一体化网络。我们相信,6G 网络将逐步经历概念成型、技术方案明晰、标准规范制定等过程,在成为协同、融合、一体化的网络后,将以新的架构形态来满足多频谱、全覆盖、全应用的网络要求。

参考文献

- [1] 陶飞,程颖,程江峰,等.数字孪生车间信息物理融合理论与技术[J].计算机集成制造系统,2017,23(8):1603-1611. DOI: 10.13196/j.cims.2017.08.001
- [2] 紫光展锐.6G:无界,有AI[R].2020
- [3] AAZHANG B, AHOKANGAS P, ALVES H, etc. Key drivers and research challenges for 6G ubiquitous wireless intelligence [R]. 2019
- [4] 刘超,陆璐,王硕,等.面向空地一体多接入的融合 6G 网络架构展望[J].移动通信,2020,44(6):116-120. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1010.2020.06.017
- [5] ITU-T FG Net 2030. A blue print of technology, applications and market drivers towards the year 2030 and beyond [R]. 2019
- [6] 张琳峰,彭莉,龙彪,等.6G 核心网架构的研究方向探讨[C]//5G 网络创新研讨会(2020).北京,中国:TD 产业联盟,2020:5
- [7] University of Oulu. 6G white paper on validation and trials for verticals towards 2030's - 6G research visions, No. 4 [R]. 2020
- [8] University of Oulu. 6G white paper on edge intelligence - 6G research visions, No. 8 [R]. 2020
- [9] 刘杨,彭木根.6G 内生安全:体系结构与关键技术[J].电信科学,2020,36(1):11-20. DOI: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020011
- [10] University of Oulu. White paper on broadband connectivity in 6G - 6G research visions, No. 10 [R]. 2020

作者简介



杨峰义, 中国电信研究院教授级高工、国家 6G 技术研发总体组专家、国家科技重大专项“新一代宽带无线移动通信网”总体组专家、国家重点研发计划“宽带通信与新型网络”总体组专家;长期从事移动通信领域的技术与研发工作;发表论文 10 余篇,出版专著 10 本。



刘洋, 中国电信研究院高级工程师;主要从事无线接入网开放等 5G/6G 关键技术标准化及研发工作;出版专著 3 本。



杨蓓, 中国电信研究院工程师;主要研究领域为 5G/6G 移动通信网络关键技术,包括接入网能力开放、边缘计算等。