

从 4G 通信技术发展看 5G

摘要 全球移动用户数量的增加以及用户对速度和通信质量要求的提高，直接促进了通信技术的飞速发展。追溯 4G 通信系统的兴起，通过对 5G 技术和当前新型网络架构的总结分析，预估未来 5G

网络的发展方向。虽然目前业界对 5G 的候选技术仍有争议，但总体来看，5G 的未来机遇大于挑战，具有巨大的发展前景，同时，4G 的日趋成熟也会为 5G 的发展奠定良好的基础。

关键词 4G;5G;5G 网络框架

Abstract The global number of mobile users is increasing, as well as users' requirements for improving the speed and quality of communication, which directly contributed to the rapid development of communication technology. The rise of 4G communication systems was traced, 5G technology and current new network architecture were summarized and analyzed, and the future direction of 5G networks was predicted. Although the 5G technologies were disputed, there were more opportunities than challenges in the future. 5G has great prospects for development, while maturing 4G will lay a good foundation for the development of 5G.

Key words 4G, 5G, 5G network architecture

1 4G 通信系统的兴起

追溯通信系统的发展，从最初的模拟蜂窝通信

(1G)到以 GSM(全球移动通信系统)和 IS95 为代表的第二代通信 (2G)，随后又到 TD-SCDMA、WCDMA 和 cdma2000 三足鼎立的第三代移动通信系统(3G)，人们已经不能满足 3G 所带来的信息冲击，只有发展新技术才能满足用户更加多样化的需求，因此，第四代移动通信系统(4G)应运而生。随着 2013 年 4G 牌照的下发和各大运营商对 4G 业务的逐渐推进，一个更快的 4G 时代已经逐渐渗透进人们的生活中。从 1G 到目前商用的 4G，接入网的数据传输速率提升了一万倍，其演进过程是有迹可循的，接入网在不同通信系统下的数据传输速率如图 1 所示。

4G 通信目前正处在发展高峰期，其主流标准 LTE-Advanced(long term evolution-advanced)包括 LTE

TDD (time division duplexing) 和 FDD (frequency division duplexing)LTE 这 2 种制式。目前，中国三大运营商拿到的都是 LTE TDD 制式的 4G 牌照。

4G 的异构蜂窝网络基于 IP，可以支持不同的接入技术，其凭借高速率、高智能性以及高覆盖性的特点正在逐渐取代 3G 时期的传统蜂窝网络。其核心支撑技术，如 OFDM、MIMO、软件无线电、智能天线等，保证了

4G 用户在各种网络场景下的数据速率、可靠性和节能等要求。更快的速度和更高的安全性给用户带来了更好的通信体验。我国正处于 4G 技术商业应用的高速发展阶段，4G 网络的巨大投资给网络优化行业带来了广阔的市场空间。

2 5G 候选通信技术

移动通信技术随着用户需求的飞速膨胀，也在不断地更新换代。全球 4G 建设部署方兴未艾，5G 也随着

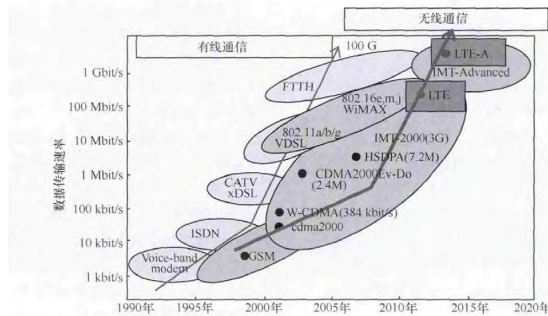


图 1 接入网在不同通信系统下的数据传输速率

新型技术和网络架构的研究开发在全球开启大幕。

IMT-Advanced (international mobile telecommunications-advanced) 提出, 5G 在提高接入速率和连接能力、降低时延等方面会提升不止一个台阶, 其网络承载力将是 4G 的 1 000 倍。1 000 倍这个数字振奋行业上下, 三星提出未来 5G 系统的上下行峰值速率能够达到 50 Gbit/s 和 25 Gbit/s, 小区频谱效率提升到 10 bit/s/Hz, 端到端时延降低到 1 ms, 而且用户速率、移动性、能量效率和业务流量等性能指标也会比 4G 时期更加优化。华为也指出: 在速率方面, 5G 依赖超容量的带宽, 短距离传输速率将达到 10 Gbit/s, 是 4G 的 100 倍; 在应用方面, 要构建 1 000 亿海量连接世界。5G 技术使用可以拓展到 90 GHz 的频谱, 大大释放频谱资源。另外, 中兴提出: 5G 能实现“人与人”、“人与物”及“物与物”之间的无缝高速连接。5G 网络不仅要提升速度, 更应该着重建设一个网络社会, 这些网络应该能够以低成本、多样化的服务来支持庞大的数据流量。

不断发展的通信技术是拥有更高速率和更高用户体验的 5G 系统的核心支撑力, 为其奠定了坚实基础。下面对 5G 候选技术进行分析和讨论。

2.1 Massive MIMO

Massive MIMO 基于传统的 MIMO 技术, 基站配置的天线数目达到传统天线数目的 100 倍。其多天线的特点不仅降低了发送功率, 还减缓了干扰, 让网络的容量增加了 10 倍, 同时, 百倍地提高了网络的能量效率。除此之外, 该技术还有低成本、低时延、简化 MAC 层、高健壮性等特点。

Massive MIMO 技术的提出可以很好地提高网络的有效性和可靠性。但是, 如果要在实际应用上开发

出更多潜能, 还有很多问题需要考虑, 如计算的复杂性、分布式处理算法的实现、天线单元的同步问题等。所以, 无论是在科研理论方面, 还是在商用方面,

Massive MIMO 都还有很长一段路要走, 但其潜能很大, 前景需拭目以待。

2.2 认知无线电技术

认知无线电(cognitive radio, CR)的核心思想是系统具有学习能力, 能够感知授权用户的存在, 机会式地接入可用资源, 并限制和降低冲突的发生。如果将认知无线电应用在蜂窝异构网络中, 低功率节点就可以伺机占用宏基站的可用资源, 无需授权, 灵活高效。

认知无线电技术被认为是继软件无线电之后, 无线通信技术的“下一件大事”, 因此受到了极大关注。目前, 认知无线电技术虽然仍处于研究阶段, 技术和应用方面都有很多难题需要解决, 但随着研究的深入, 认知无线电技术凭借其在动态频谱使用方面的优势以及与蜂窝异构网络场景结合所带来的巨大潜能, 一定能在 5G 无线通信领域里大展拳脚。

2.3 SON 技术

自组织网络(self-organized network, SON) 技术是一种智能的自动化网络运维技术。SON 的主要功能是自配置、自优化、自治愈。

SON 技术可以缓解由于多制式网络共存所带来的网络运维效率低、网络成本加大的难题, 并优化网络覆盖面积、容量和通信质量。未来, SON 技术将继续成为业界关注的重点, 应对多样化新需求和新应用的出现。但同时也带来了难题, 如 SON 能否满足 5G 系统中异常复杂网络架构的运营、管理和优化需求, 这将会对 SON 的发展和部署构成很大的挑战。

2.4 MTC 技术

机械通信(machine to machine, M2M)属于物联网的重要应用。在 3GPP 的定义中, M2M 也称为机器类型通信(machine-type communications, MTC)。MTC 技术凭借其低成本、低功耗和窄带宽的优势, 在智能家居、智能电网、车联网、灾难场景等业务场景中如鱼得水。虽然目前还有一些技术问题有待解决, 例如, 如何降低机器类终端的成本, 如何解决低成本 MTC 终端的覆盖问题, 但 MTC 的特点和优势决定了其必然是未来 5G 通信网络发展的主要驱动力之一。

在未来 5G 网络中, MTC 应用的研究目标应该着重在继续降低终端低成本以及实现 20 dB 覆盖增强方面。

2.5 同频同时全双工技术

同频同时全双工技术由北京大学在 2006 年正式提出^[1], 其原理是将发射信号和接收信号设置在同一频率和时隙上, 使得资源开销相比传统双工模式减半, 从而提高频谱效率, 但在此过程中引入了由本基站发射信号带来的干扰。目前的干扰消除方法分为天线抑制法、射频干扰消除法和基带干扰消除法 3 类。为了更好地抑制干扰, Rice 大学尝试将这几种方法联合使用。研究表明, 当射频干扰技术能足够好地消除干扰时, 再加入基带干扰消除, 不仅不会让联合消除干扰能力随之增强, 反而可能导致残余干扰加大。所以, 关于如何结合射频与数字技术, 使得联合干扰消除能力最大的问题, 尚需进一步研究。虽然干扰消除技术还未成熟, 但同频同时全双工技术的应用无疑为 5G 网络中贫乏的频谱资源松了松筋。

除此之外, 非正交多址接入、频谱共享、绿色通信、新波束赋形、D2D(device-to-device)等技术也是 5G 技术的核心组成部分, 它们的发展都势必为未来通信网络做出巨大的贡献。总之, 5G 通信将引领下一代移动通信技术, 把用户带进更方便、快捷的全球化信息平台。

3 5G 候选网络架构

随着互联网业务的发展, 用户对网络应用提出了越来越高的要求, 现有的网络架构无法应付这种多样化的需求, 这成为了网络应用成长的瓶颈。自适应是未来 5G 网络的发展趋势, 可控、可管、可信和可扩展是实现自适应特性应满足的基本指标, 新型网络架构的研究对于未来 5G 网络是必不可少的。

下面从原理、功能和前景方面对当前比较热门的 2 种新型网络架构进行讨论分析。

3.1 CRAN 架构

CRAN 是由中国移动在 2010 年提出的一种基于集中式基带处理、协作式无线网络、云计算技术的绿色接入网络架构。其中, 集中化处理技术实现了网络负载均衡, 协作化无线电模式可以减少干扰, 提高频谱效率, 实时云架构实现了基带处理。这种绿色化的网络架构势必会减少无线网络的资源开销, 提高系统能量效率。

CRAN 网络架构可以和 5G 的频谱共享技术相结合, 根据话务量为小区动态分配资源, 实现无线容量与用户移动特性之间紧密相关, 从而解决话务潮汐问题。由此可见, CRAN 在 5G 网络中的发展空间很大。

鉴于 CRAN 的种种优势, 国际和国内各研究机构把 CRAN 列为重要研究课题, 如 NGMN、Green Touch、欧盟 FP7 项目、国家重大专项等。除此之外, CRAN 也吸引了众多运营商的眼球, 如 KT、SKT、DoCoMo 等。CRAN 得到了通信业界的积极响应, 但目前 CRAN 框架内还有一些技术问题有待解决, 如要求高效的前端传输技术、虚拟化的应用等。由于其为 5G 技术提供了更加宽阔的通信平台, 所以, CRAN 很可能为将来移动通信市场开辟新的发展空间。

3.2 CCN 架构

内容中心网络(content center network, CCN)体系结构的外形是沙漏模型^[2], 用 Content Chunk 代替了 IP, 数据成为网络中新的命名对象。另外, 网络中的存储功能可以缓存数据分组, 加快用户访问缓存资源的响应时间, 减缓网络中流量拥塞问题。CCN 的主要优点是安全、高性能、绿色环保, 应用部署和流量调节简单。

CCN 网络是信息中心网络(information centre network, ICN)的主要架构之一, 已有研究证明:ICN 能够更好地解决当今互联网中存在的问题^[3], 能够克服现有的 TCP/IP 网络体系架构中存在的种种弊端, 在未来网络的演化中将发挥更大的作用。

3.3 SDN 架构

软件定义网络(software defined network, SDN)技术是由斯坦福大学提出的一种新型网络架构, 其核心思想是利用 OpenFlow(转发面开放协议)技术将网络设备控制面与数据面分离, 实现网络业务的可编程, 从而使得网络在虚拟化方面更进一步。SDN 代表网络的发展方向, 业界逐渐把关注焦点放在其核心技术 OpenFlow 上。目前, 包括 IBM、HP、Cisco 以及华为和中兴等在内的制造商都对 OpenFlow 技术表示大力支持。

IETF(Internet engineering task force)也开始研究 SDN, 不仅成立了 SDN BOF, 还提出了自定义 SDN 架

构。2012 年初，开放网络基金会（open networking foundation, ONF）发布了 OpenFlow 管理和配置协议的第一个版本（OF-CONFIG 1.0 & 1.1）。在国内，中国通信协会（CCSA）已经开始将 SDN 纳入未来网络的研究目标中，并开始启动 SDN 相关标准项目的预研工作^[4]。

虽然 SDN 还处于起步阶段，但其潜能巨大，必然会促进未来网络的发展，值得各方加以重视。

这些新型网络架构凭借各自的特点和优势，会和未来的 5G 网络接轨，给用户提供一个更快、更好的新 5G 通信时代。

4 5G 的发展前景

5G 作为未来通信发展的趋势，要应对不断增长的需求，不仅要创新，还要有极强的兼容性。根据 5G 技术的发展走向，未来的 5G 技术应该可以兼容 2G、3G、4G 中所有的通信协议，并且在现有接入技术的基础上，集成多种新型接入技术，形成真正的无缝融合网络。因此，在 5G 时代，全球将有望共用一个标准。针对未来复杂网络架构的运营维护，这种统一的标准无疑是锦上添花。

5G 系统的演进和技术的创新，将会促使它逐渐走向智能化和虚拟化，从而带给公众一个更加人性化和方便的高速通信时代。

5 结束语

本文首先分析了 4G 通信系统的兴起和发展现状，然后根据 5G 通信系统的特点，对 5G 候选技术和网络架构进行了总结，最后预估了 5G 的发展前景。通信技术只有不断地突破瓶颈，才能向更好的方向发展。4G 在发展过程中面临的机遇和挑战都会为 5G 的发展奠定良好的基础，总体来看，5G 的未来机遇大于挑战，具有巨大的发展前景。

参考文献

- 1 Lee W C Y. CS-OFDMA: a new wireless CDD physical layer scheme. IEEE Commun, 2005
- 2 闵二龙, 陈震, 许宏峰等. 内容中心网络 CCN 研究进展探析. 信息安全, 2012(2): 6~10, 22
- 3 Dirk T, Mikko S, Karen S. Arguments for an information-centric internetworking architecture. ACM Computer Communications Review, 2010, 40(4): 26~33
- 4 刘露, 陈清金, 张云勇. 对 SDN 技术的研究与思考. 互联网天地, 2013(3): 1~3

作者简介



肖亚楠

北京邮电大学电子工程学院硕士研究生，主要研究方向为蜂窝异构网络和认知无线电。



滕颖蕾

北京邮电大学电子工程学院副教授，主要研究方向为蜂窝异构网络的性能优化。



宋梅

北京邮电大学电子工程学院教授，主要研究方向为未来通信和下一代网络。

微信扫描以下二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。

