

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2018.01.001

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20180116.0835.002.html>

[摘要] 分析了2017年5G标准进展、各国5G频谱规划以及主流运营商的5G商用时间表等,认为5G产业链正在加速成熟,5G商用越来越近。5G相关的关键技术已经得到充分验证,如:大规模多输入多输出(Massive MIMO)在Pre5G中商用,基于网络功能虚拟化(NFV)架构的云化网络方案在4G网络中商用,5G承载的软件定义网络(SDN)架构、灵活以太网(FlexE)/灵活光传送网(FlexO)等趋于成熟,5G端到端(E2E)网络切片、自动化运维、人工智能(AI)等关键技术也将助力5G网络运营。分析了中国在5G产业进程中发挥的作用,并展望了5G未来的发展进程。

[关键词] 5G; SDN/NFV; 网络切片; 自动化运维; AI

[Abstract] The standardization progress, wireless spectrum planning and the updated timetable for 5G of some advanced countries are analyzed in this paper. The commercial 5G is regarded much closer to the market with an accelerating industrial chain. The 5G technologies have been fully verified in many fields, such as massive multiple input multiple output (Massive MIMO) application in Pre5G, network function virtualization (NFV)-based cloudification deployment in 4G network, software defined networking (SDN) architecture for 5G bearing, flexible Ethernet (FlexE)/flexible optical transport network (FlexO) application and 5G smart operation aided by end-to-end (E2E) network slicing, automatic operation and maintenance (O&M), and artificial intelligence (AI). The important role of China is also analyzed in the progress of 5G industry development, and finally the commercial 5G timetable is proposed with an aspiring expectation.

[Key words] 5G; SDN/NFV; network slicing; automatic O&M; AI

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2018) 01-0002-04



徐慧俊, 1998年毕业于清华大学电子工程专业,获得工学硕士学位,同年加入中兴通讯股份有限公司。自2016年4月起担任中兴通讯执行副总裁、首席技术官(CTO),是公司系统产品负责人;2004—2016年3月任中兴通讯高级副总裁,先后负责本部事业部、工程服务经营部、无线产品经营部工作;1998—2003年,历任中兴通讯北京研究所系统工程师、项目经理、副所长、所长。在有线、无线及工程服务等领域有超过19年的管理经验。

收稿日期: 2017-12-20
网络出版日期: 2018-01-16

5G 商用, 蓄势待发

Commercial 5G, Ready to Take Off

徐慧俊/XU Huijun

(中兴通讯股份有限公司, 广东 深圳 518057)
(ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China)

“4G 改变生活, 5G 改变社会。”5G 不仅仅是带宽的提升, 而且是一次颠覆性升级, 是人与人通信向万物互联的转变, 是整个社会数字化转型的基石。移动超高清视频、增强现实(AR)/虚拟现实(VR)等大视频应用推动网络带宽需求大幅提升; 工业自动化、无人驾驶、网联无人机、远程医疗、智能交通、智能电网等行业应用逐步兴起, 也对网络提出了超高可靠性、超低时延、海量连接等特殊场景需求。5G 将开启万物互联、无限遐想的新时代, 整个社会对5G时代充满期待。

1 5G 产业环境趋于成熟

1.1 5G 标准化进程不断加速

自4G产业走向成熟时起, 国际

标准组织和主流运营商逐渐将产业发展重心聚焦到5G的标准制定上, 第3代合作伙伴计划(3GPP)、国际电信联盟(ITU)、下一代移动通信网络联盟(NGMN)等标准组织分别在2015年先后启动了5G相关的标准制定工作^[1-3]。2017年12月21日, 3GPP的5G新空口(NR)首发版本——R15非独立组网(NSA)核心标准正式冻结。这是5G标准的重要里程碑, 标志着不久的将来将进入5G网络建设的规模验证和预商用阶段。

5G标准比前面的1G、2G、3G、4G标准都更为统一。业界吸取了移动通信技术发展的经验教训, 合力推动形成统一的5G标准, 避免了各种利益集团之间的纷争。这是5G标准能够不断提速的重要原因, 也使得未来5G在基站、终端、芯片等各方面都能

够更为统一,5G产业链将更加容易成熟。

1.2 各国政府陆续出台5G频谱规划

各国政府均将5G网络建设提升到信息化产业的战略高度,从全球5G试验进度来看,美国、韩国、日本、中国将成为首批部署5G网络的国家,欧洲紧随其后。中东地区部分国家也有快速部署5G网络的需求,如阿联酋将在2020年举办世博会,卡塔尔将在2022年举办世界杯,这些都将是刺激5G网络部署需求。非洲大多数国家4G普及率仍较低,5G部署计划将相对滞后。

以中、美、日、韩、欧为代表的多个国家和地区分别发布了3.5 GHz、4.9 GHz附近的中频段以及26 GHz、28 GHz附近的高频段的5G频谱规划,抢占5G发展先机。中国在2017年11月确定将3.3~3.6 GHz和4.8~5 GHz中频段作为5G频段。

3.5 GHz已经成为大多数运营商首选的5G建网频段,未来可以应用于全球网络漫游的5G频段。5G网络建设需要同时兼顾覆盖和容量,3.5 GHz频段借助大规模多输入多输出(Massive MIMO)等天线技术,覆盖范围可以媲美1 800 MHz,运营商可以复用现有站点来建设5G网络。高频段具有大量连续频段,频谱资源丰富,但网络覆盖存在挑战。

1.3 主流国家和运营商纷纷明确5G商用时间表

5G已经成为全球运营商发展的焦点,全球51家运营商积极开展5G技术验证和部署试验,以中、日、韩为主的亚太地区最多,共有22家,欧洲16家,北美7家。其中有23家运营商已经发布5G网络商用时间表,亚太10家,欧洲5家,北美4家。从发布时间表来看,美国、韩国将率先推出5G商用服务。

• 中国三大运营商2017年分别在北京、上海等10多个城市启动5G

试验。中国移动2017年6月提出服务化架构(SBA)正式纳入3GPP 5G核心网统一架构,2017年底制定切片分组网(SPN)企业标准,并与中兴通讯等厂家完成SPN第1阶段测试。中国电信2017年8月发布《中国电信5G创新示范网白皮书》。中国联通于2017年6月完成首个5G在3.5 GHz和1.8 GHz的双频试验,并联合中兴通讯在深圳开通5G NR外场测试。中国三大运营商的5G试验网已经全面启动,2018年将启动面向商用的大规模组网试验,2019年进入预商用阶段,2020年进入规模商用阶段。

• 美国规划到2020年为1亿家庭提供无线宽带服务,两大运营商在2016年初就启动了在高频段面向固定场景的5G测试工作。2017年,AT&T在印第安纳波利斯的部分地区推出5G演进网络;Verizon向亚特兰大、达拉斯等11座城市的特定用户提供高速5G网络。两个运营商均计划在2018年面向全美推出固定5G通信服务。

• 韩国成立“5G Forum”,推动5G移动通信进展,计划2020年推出全面的5G商用服务。SKT在2017年6月成功展示3.5 GHz频段的5G通信,在2017年底前进行规模预商用5G网络部署,计划在2018年冬奥会期间开启5G试验网商用服务。

• 日本计划在2020年东京奥运会前商用5G移动通信服务。Softbank在2016年9月宣布启动5G项目,并于2017年6月与中兴通讯开展了基于4.5 GHz的5G外场试验,且成为全球首家将Massive MIMO技术正式投入商用的运营商。

• 德国发布了5G国家战略,借助于5G建设,拉动电网、智慧城市等数字基础设施建设。DT在2015年2月成立了5G创新实验室,2017年在柏林成功部署了基于最新3GPP标准的5G NR网络连接,并计划在2018年试运行5G网络,为广泛商用部署做准备。

从目前开展5G测试的情况来看,各国运营商对5G应用场景的关注点存在明显差别。中、日、韩运营商重点关注增强型移动宽带(eMBB)场景,欧洲运营商关注5G在垂直行业的应用,美国运营商更关注固定无线接入场景应用。

综合5G标准进展、各国5G频谱规划、主流运营商公布的5G商用时间表来看,2017年在5G标准、频谱规划、5G关键技术验证等方面均取得了突破性进展,整个5G产业链正加速成熟,2018—2019年将成为5G预商用阶段和小规模商用阶段,2020年将逐步进入5G规模商用阶段。5G正向我们走来。

2 5G关键技术已经开展广泛的实践和验证

5G网络建设理念已经从传统“业务适配网络”向“网络适配业务”转变。5G网络需要构建为面向eMBB、超可靠低时延通信(uRLLC)、大规模机器类通信(mMTC)等典型场景服务的综合性网络。除了通过天线阵列化、组网密集化、非正交等无线关键技术进一步提升无线网络带宽能力外,还需要覆盖到核心网、前传/回传网络、运维系统等,包括网络云化(软件定义网络(SDN)/网络功能虚拟化(NFV))、端到端(E2E)网络切片、运维自动化等方面的关键技术,以便灵活适应更多垂直行业应用场景的差异化需求和商业模式。

2.1 无线网络向天线阵列化、非正交、组网密集化发展

无线频谱资源始终是有限的、稀缺的,提升频谱效率始终是一代代移动网络升级中的关键。多天线的空分技术是唯一可成倍提升频谱效率的技术,Massive MIMO作为最重要的空分技术,支持更为精准的波束控制和更高的并发流数,已经成为5G最核心的关键技术。Massive MIMO技术已经被提前应用来解决4G网络容量

问题。在全球很多市场,频谱资源非常有限,而流量增速很快,产生了4G网络与流量需求之间的矛盾,将Massive MIMO技术应用到4G网络,小区吞吐量提升了4~6倍,成功解决了市场的痛点问题。中兴通讯创新地提出Pre5G,将Massive MIMO技术提前应用于4G网络,获得全球移动通信系统协会(GSMA)颁发的“突破性创新奖”和“CTO选择奖”两项殊荣,并成功将其推向商用。Pre5G Massive MIMO的成功商用,大幅度加速了5G Massive MIMO的商用进程。

非正交技术是5G很有前途的一个技术方向。从1G到4G均基于正交通信技术,具有简单高效的特点,然而对于超大数量连接、小带宽需求,正交技术带来较大的开销,且不能有效应对远近效应。5G提出非正交通信技术,可以针对远近效应进行优化,部分非正交技术可以实现完全的免调度,例如:中兴提出的多用户共享接入(MUSA)技术,可大幅度提升小数据包的性能和效率,并使连接数量提升6倍以上。

超密集组网(UDN)可以进一步提升5G网络单位面积的网络容量和用户体验速率,但UDN提升容量的同时,也面临着同频干扰、移动性管理、多层网络协同等技术问题。国际移动通信(IMT)-2020专门成立了UDN工作组,针对UDN可能面临的问题提出了一系列解决方案,包括干扰管理、小区虚拟化等方案。干扰管理通过网络侧多天线技术形成的空域自由度,从频域、时域、码域、功率域和空域等角度进行干扰规避;通过终端侧干扰对齐技术,利用干扰信道信息设计编码和译码矩阵,把多个干扰信号抑制到较低的干扰空间。小区虚拟化以用户为中心,将多个实体小区虚拟为一个逻辑小区,通过传输节点间协作,为用户提供一致、连续的服务,并通过控制层与数据层分离,避免了用户频繁切换,降低小区内控制信道干扰,改善了移动性和用

户体验。

2.2 网络功能云化

为了适应业务的灵活快速发展,云化部署和分层解耦已经成为5G网络建设的基本需求。中国移动牵头的SBA架构已经成为3GPP的5G核心网统一架构。遵循互联网软件架构发展历程和NFV架构,电信网络功能从软硬件解耦、云化部署/多层解耦,进一步向云原生架构发展。5G核心网和5G集中单元(CU)将遵循NFV技术架构,采用云原生技术构建,并基于虚拟化/容器化的基础设施灵活部署。

NFV技术架构已经在4G网络的虚拟演进分组核心网(vEPC)、虚拟IP多媒体子系统(vIMS)等建设中得到了规模商用验证。中国移动、中国电信、VDF、AT&T等主流运营商均已经在云化基础设施、核心网虚拟化、三层解耦等方面进行了充分的验证,积累了丰富的经验。中兴通讯已经为VEON提供了架构领先、面向5G演进的SDN/NFV云化网络解决方案,可实现端到端网络切片和软硬件解耦,2G/3G/4G同时接入,总体拥有成本(TCO)降低达30.4%。

2.3 承载网络弹性化

5G建设,承载先行,5G承载网的技术和标准变得越来越重要。面对5G无线接入网络(RAN)侧灵活切片、核心网云化等架构转变,承载网可以采用分组传送网(PTN)、无线接入网IP化(IPRAN)、光传送网(OTN)、波分复用点对点无源光网络(WDM-PON)、微波等灵活构建前传、中传和回传网络,并引入SDN架构、灵活以太网(FlexE)、灵活光传送网(FlexO)、分段路由(SR)、超高精度时间同步等关键技术,来构建统一弹性承载网络,满足5G网络超大带宽、超低时延、灵活连接等关键需求。例如:FlexE技术实现媒体接入控制(MAC)层与物理(PHY)层解耦,可以

通过多个物理链路捆绑来扩展网络容量,满足5G的大带宽和灵活组网需求;中兴FlexE Tunnel技术进一步将FlexE从接口级技术扩展到网络级技术,更好地满足5G网络前传/中传/回传的虚拟切片和低时延传送需求。

在5G外场测试和组网验证中,5G承载技术已得到充分的试验和验证。2017年底中国移动发布了5G承载SPN企业标准,并完成了SPN第1阶段验证工作。2017年世界移动大会(上海)期间,中兴通讯进行了FlexE Tunnel现场测试,支持端到端连通性检测、时延测量等操作管理维护(OAM)功能,故障倒换时间小于1ms,单节点转发时延最低小于0.5us。

2.4 E2E网络切片化

5G E2E网络切片化是5G网络支撑行业数字化转型的关键。相对传统无线网络主要面向公众用户提供接入服务,5G网络需要面对接入速率、连接数量、传输时延等业务服务等级(SLA)指标迥异的不同垂直行业场景的差异化需求,不同商业模式在统一的5G网络架构下共存。5G网络建设需要贯穿5G RAN、核心网和承载网络,构建E2E切片网络,面向行业客户提供快速定制交付、自动化闭环保障、安全隔离的虚拟专网。

基于CU/分布单元(DU)分离的无线接入网、云化的核心网、弹性的承载网的分布式部署、网络可编程的能力,可以面向eMBB、uRLLC、mMTC等SLA迥异的行业应用场景,快速定制具备独立关键业绩指标(KPI)、安全隔离的E2E 5G网络切片,交付给各个垂直行业数字化转型所需的虚拟专网。3G/4G网络实现从语音经营向流量经营转变,在5G时代,网络切片将成为电信运营商面向垂直行业可运营的产品,使5G网络能更灵活地支撑各个垂直行业的数字化转型。

2.5 AI赋能5G网络

5G时代依靠人工进行参数配置

和通过专家经验形成策略的方式越来越难以满足业务的动态变化要求,在5G网络中引入智能引擎,通过人工智能(AI)技术提升网络智能化水平,实现智能的策略生成和参数自动配置已经成为趋势。

AI赋能5G网络的典型场景有基于AI的5G波束赋形/移动负荷均衡、承载网流量预测和路径优化、虚拟化资源的智能动态分配、智能运维等。例如:基于AI的5G移动负载均衡(MLB)是利用射频指纹库,通过机器学习(ML)/深度学习(DL)算法对负荷提前预测,精选切换用户和目标小区,使得负荷快速降低并达到均衡状态,平均用户吞吐量提升10%以上。

AI技术的引入,将大幅提升5G网络的智能化水平,有效降低运维人力需求,提升5G系统的整体性能和综合效率。

2.6 运维自动化

5G网络中,连接类型的泛化、业务的多样性使得网络向着更加复杂多样的异构化方向发展,网络的参数配置越来越多,各类网络策略也愈加复杂,运维自动化已经成为5G网络建设和运营的关键。以编排为核心,借鉴DevOps理念提升电信网络运营效率,以控制、编排、管理、策略、分析(COMPA)为关键技术要素,构建自动化闭环运维系统;并实现E2E切片的快速定制开通、自动化闭环保障等全生命周期管理,通过能力开放向行业客户提供E2E网络切片的自服务、自运营门户。结合大数据/AI技术,将进一步增强运维系统的自动化能力,包括故障自愈、网络自优化、智能策略生成、网络规划预测等能力。

2017年底,开放网络自动化平台(ONAP)开源社区发布了针对云化网络建设的自动化运维第1个开源版本——Amsterdam。欧洲电信标准化协会(ETSI)专门设立了零接触网络和服务管理行业规范组(ZSM ISG),致力于面向5G网络与服务,实现灵

活、高效地管理、服务、运营自动化系统的标准化工作,实现5G网络全生命周期的所有操作流程和任务(包括交付、部署、配置、保障、优化)的自动执行,包括E2E网络切片的管理和运营。中兴通讯在2017年底协助中国移动在广州部署OSS4.0系统,实现vEPC、家宽业务、窄带物联网(NB-IoT)等多场景网络下的统一自动化闭环运维管理。

3 中国正在领跑全球5G发展

中国在全球标准制定中经历了“2G跟随,3G突破,4G同步,到5G引领”的过程,在5G标准制定中充分彰显了中国元素。3GPP定义5G物理层的工作组中,华人专家占到60%,其中服务于中国通信企业的达到70%;中国通信企业贡献到3GPP关于5G的提案,占全部提案的40%。如中兴通讯在3GPP针对5G的标准提案有3500多篇,承担了3个核心规范编辑人的角色,同时也参与了ITU、电气与电子工程师协会(IEEE)、IMT 2020、NGMN、ETSI等40多个主流标准组织、联盟和行业论坛。

中国在5G产业成熟方面功不可没。截至2017年底,中国已经完成5G技术试验的两阶段测试,并全面启动第3阶段测试,验证5G关键技术,推进商用前的互联互通工作。中国已经建成全球最大的5G外场试验环境,在北京怀柔外场完成30个站址规划,可满足多厂家的外场组网性能测试需求;2018年将进一步扩大5G外场测试规模。

中国将成为5G率先规模商用的国家之一,快速发展的垂直行业数字化转型和巨大的用户规模都将推动中国5G产业快速健康地发展。中国三大运营商和设备商已在5G产业合作和垂直行业场景验证方面开展了很多工作。中兴通讯已开展了与多个垂直行业标杆企业的深入合作,在VR/AR、车联网、工业无线、远程控

制、智能电网、远程医疗六大领域的云VR直播、无人驾驶、工业机器人、远程挖掘机、无人机电网巡检、远程手术等典型场景,不断探索未来5G的创新应用,优化5G基础网络产品。

4 未来5G发展展望

2017年,在整个5G产业的共同努力下,5G标准、关键技术、产业环境都取得了突破性的进展,预计2018年将进入规模的外场测试和预商用阶段。但运营商面临着营收增长的压力,在垂直行业应用未出现明显增长的情况下,运营商对5G投资将相对谨慎。这也将导致5G的建设周期拉长,未来5G发展将经历3个阶段。

●2018—2019年,5G外场测试和预商用阶段:标准和技术将进一步完善,大规模外场测试持续进行,早期的5G小规模商用将在中、美、日、韩、欧等国家和地区不断涌现。同时,Massive MIMO等5G相关的核心技术应用到4G网络中,Pre5G将成为现阶段移动网络建设的主旋律。

●2020—2021年,5G规模商用初期阶段:这个阶段5G网络建设的主要目标是分流4G网络的压力,进一步提升无线网络带宽,eMBB是核心场景。中国将率先大规模部署5G网络,成为全球最大的5G市场。

●2022年以后,5G商用持续深入和拓展:这个阶段的主旋律是通信业与垂直行业的跨界融合。5G作为未来数字经济时代的关键使能技术和基础设施,uRLLC和mMTC场景将快速发展,支撑垂直行业的数字化转型,如智慧城市、环境检测、工业自动化、无人驾驶、智能机器人等,新的场景应用将层出不穷。

5G商用,蓄势待发!

参考文献

- [1] ITU-R. IMT愿景:5G架构和总体目标. ITU-R M.2083[S]. ITU, 2015
- [2] Study on Architecture for Next Generation System: TR23.799[S]. 3GPP, 2016
- [3] NGMN 5G White Paper V1.0[R]. Frankfurt: NGMN Alliance, 2015