



综述

5G 网络技术研究现状和发展趋势

王胡成^{1,2}, 徐 晖¹, 程志密¹, 王 可¹

(1. 无线移动通信国家重点实验室(电信科学技术研究院) 北京 100191;

2. 北京邮电大学 北京 100876)

摘 要:首先分析了 5G 网络中的新需求对移动通信网络的挑战,从而说明进行 5G 网络技术研究的必要性。随后,介绍了目前国内外研究组织在 5G 网络相关技术的研究进展,包括 NGMN、5GPPP、IMT-2020 等,同时也介绍了国内外标准化组织对 5G 网络技术的标准化研究进展。基于对 5G 网络中的新需求、新挑战的分析,结合国内外关于 5G 网络技术研究现状的总结,预测了未来 5G 网络技术的发展趋势并给出了相关的技术发展方向。最后对 5G 网络的发展进行了总结和展望。

关键词:5G;网络技术;以用户为中心;SDN/NFV

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015218

Current Research and Development Trend of 5G Network Technologies

Wang Hucheng^{1,2}, Xu Hui¹, Cheng Zhimi¹, Wang Ke¹

(1. State Key Laboratory of Wireless Mobile Communications (China Academy of Telecommunications Technology), Beijing 100191, China; 2. Beijing University of Post and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: The challenges for mobile communication network raised by new requirements in 5G were analyzed, and then the necessity of researching 5G network technologies was explained. After that, the research situation of global research organizations was introduced, such as NGMN, 5GPPP, IMT-2020 and so on, regarding 5G network technologies, moreover, the standardization status of global standards development organizations on 5G network technologies were introduced. According to the analysis on new requirements and new challenges in 5G network, and current research of 5G network technologies, the development trend of 5G network technologies was predicted and some specific network technologies for the future network were provided. At last, the development of 5G network was concluded and forecasted.

Key words: 5G, network technology, user-centric, SDN/NFV

1 移动通信网络中的新需求

每一代移动通信系统都是在一定的技术基础上,因特

定的业务/用户需求而诞生的。第一代移动通信系统出现在蜂窝系统理论提出之后,主要满足人们无线移动通话的需求;随着数字蜂窝技术的发展与成熟,为了进一步

收稿日期:2015-06-20;修回日期:2015-09-06

论文引用格式:王胡成,徐晖,程志密等. 5G 网络技术研究现状和发展趋势. 电信科学, 2015218

Wang H C, Xu H, Cheng Z M, *et al.* Current research and development trend of 5G network technologies. Telecommunications Science, 2015218

提高移动通话的质量,推出了实现数字化语音业务的第二代(2G)蜂窝移动通信系统;20 世纪末,IP 和互联网技术的快速发展改变了人们的通信方式,传统的语音通信的吸引力下降,人们期望无线移动网络也能够提供互联网业务,于是出现了能够提供数据业务的第三代(3G)移动通信系统;21 世纪飞速发展的信息技术为人们提供了更多的移动通信业务,这对 3G 系统的服务能力提出挑战,因此实现无线网络宽带化的第四代(4G)移动通信系统应运而生。4G 网络是全 IP 化网络,主要提供数据业务,其数据传输的上行速率可达 20 Mbit/s,下行速率高达 100 Mbit/s,基本能够满足各种移动通信业务的需求,然而移动互联网技术和物联网技术的快速发展又几乎颠覆了传统的移动通信模式,这些新型移动通信业务,例如社交网络、移动云计算、车联网等,对移动通信网络的发展提出了新的需求。

根据对未来移动通信网络中典型的通信场景的研究可知,未来移动通信网络将服务于人们居住、工作、休闲和交通等各种场所,涵盖了住宅区、办公室、体育场、露天集会、高速铁路等多种场景。这些不同场景下的移动通信具有不同的特征,例如超高的流量密度、超高的连接数密度、超低时延、超高的移动性等,因此,国内外的科研组织机构都对未来移动通信网络中的通信场景进行了分类研究,例如国内 IMT-2020 网络工作组将这些通信场景分为以下比较典型的 4 类^[1]。

- 连续广域覆盖场景:最传统的通信场景,以保证用户的移动性和业务连续性为目标,为用户提供 100 Mbit/s 以上无缝的高速业务体验。
- 热点高容量场景:主要面向局部热点区域,为用户提供极高的数据传输速率(1 Gbit/s),满足网络极高的流量密度(数十 Tbit/s/km²)需求。
- 低功耗大连接场景:针对物联网中部署大量终端的应用场景,要求网络支持超千亿设备连接,满足百万/km² 连接数密度指标要求,还要保证终端的超低功耗和超低成本。
- 低时延高可靠场景:主要面向车联网、工业控制等垂直行业的极端性能需求,为用户提供毫秒级的端到端时延和/或接近 100%的业务可靠性保证。

显然,现有的服务于传统通信业务的移动网络难以适用于这些新的通信场景,因此需要面向新需求的移动通信技术展开研究。

2 LTE 网络的发展现状和存在的问题

基础的 LTE 网络主要由 eNB、MME、SGW 和 PGW 构成,eNB 负责空口信令和数据的传输,并与 MME 进行信令面交互,与 SGW 进行数据转发;MME 作为 LTE 网络中的控制面节点,负责移动性管理和会话管理的控制;SGW 和 PGW 既有控制面功能,又有用户面功能,控制面功能主要包括数据传输隧道的建立和管理,用户面负责数据传输。LTE 网络采用集中式的控制面管理机制,所有的移动性管理和会话管理的信令都需要由网络中的集中控制节点 MME 来处理。LTE 网络的用户面也采用集中式的数据路由,终端的所有上下行数据都必须经过 PGW 路由^[2]。

随着移动互联网业务和物联网业务的发展,LTE 网络逐渐难以适应新业务的需求或者网络运营的新需求,具体表现为集中式的移动性管理机制决定需要在接入网和核心网之间存在大量的信令交互,当网络中存在海量终端或者存在密集组网场景时,核心网将面临信令拥塞的风险;集中式的路由方式降低“本地数据”的传输效率,使得内容的边缘缓存难以部署;保持终端“永远在线”可能导致网络资源被大量闲置的 PDN 连接消耗,例如物联网终端;网络节点的逻辑与硬件紧耦合使得网络的扩展性受到制约,网络运营的成本增高。

近几年来,LTE 的标准化组织 3GPP 一直致力于 LTE 网络的演进和增强,使得 LTE 网络既能够满足用户需求又能够提高网络运营的效率。从 3GPP R8 阶段 LTE 标准的正式提出到 R13 阶段标准项目的冻结,针对 LTE 网络的特性增强可以分为以下几类。

- 提高网络容量:为了提高热点区域的系统容量,3GPP 分别在 R9 提出的 femto cell 技术,在 R12 提出 small cell 技术,这有效地提高了 LTE 网络本身的系统容量;而在 R11 提出的 WLAN_NS,又是利用 WLAN 的补充覆盖,间接地增加了整个 3GPP 系统的容量。
- 提高数据传输效率:针对 LTE 系统中单个用户的数据传输,3GPP 提出了在 R10 的 LIPA/SIPTO(local IP access/selected IP traffic offload) 和 R11 的 LIMONET (LIPA mobility and SIPTO at the local network) 技术,将用户设备的上下行数据通过更靠近用户位置的网关节点进行传输,从而缩短数据传输路径的长度,提高传输效率;而针对向一组用户



进行下行数据传输的情况,3GPP R12 阶段提出的 GCSE_LTE (group communication system enabler)项目改造了 eMBMS 技术,使得相同的消息可以通过多播的方式进行传输。除此之外,3GPP 在 R12 的 ProSe (proximity service)项目中还提出了邻近通信技术,实现了邻近终端之间的直接通信,有效地提高了邻近终端间的数据传输效率。

- 降低系统信令开销:由于 LTE 网络可能被用于服务机器类型通信(machine type communication,MTC)的终端,而 MTC 终端与手持终端相比,具有一定的特殊性或规律性,例如不频繁数据传输特性、时延容忍、低移动性等,因此 3GPP 针对这类具有特殊规律的终端,在 R13 的 HLCOM (high latency communication)和 eDRX 项目中提出了信令过程优化的方法,降低这类终端的信令开销。
- 提高网络的运营能力:网络的运营能力包括对业务的支撑能力和对网络资源优化调度的能力,3GPP 在 R13 中提出了 AESE (architecture enhancements for service capability exposure)和 MONTE (monitoring enhancement)项目,实现了将网络状况和服务能力向第三方开放,提高了网络业务应用的支撑能力;在网络资源优化调度方面,3GPP 在 R10 中提出 NIMTC 项目,实现了对网络中系统信令的有效控制,为更高优先级业务的有效运行提供保障。

虽然 3GPP 针对 LTE 网络做出一系列的优化和增强,然而 LTE 网络的设计原则和网络中基本的工作机制决定了优化和增强并不能完全地解决 LTE 网络所面临的问题。因此,新的移动通信网络需要重新设计网络架构和工作机制,从根本上解决 LTE 网络难以应对的问题。

3 5G 网络相关的技术研究

目前已经掀起了 5G 系统研究的高潮,各科研组织、产业联盟或实力厂商纷纷发布了 5G 相关的白皮书,介绍了与 5G 技术相关的研究状况。

3.1 NGMN 的白皮书

2014 年 12 月,世界运营商联盟组织 NGMN (Next Generation Mobile Network)发表了 5G 白皮书^[3]。白皮书指出 5G 系统将是一个端到端的生态系统,能够实现网络高度融合,是一个由多种接入技术、多层网络、多种设备和多种用户类型交互的异构网络环境,能够提供跨越时间和空

间的、无缝的、连续的用户体验。NGMN 从 6 个方面进行了需求分析,包括用户体验、设备、商业模式、管理和运营、增强服务和系统性能,指出 5G 系统将实现一个完全移动的、万物互联的社会,能够针对客户和参与者创造价值,传递连续的体验和实现持续的商业模式。

根据对 5G 的需求分析,NGMN 给出了 5G 网络的设计原则,具体可归结为以下几点:

- 采用成本高效的密集布置;
- 支持动态的无线拓扑;
- 简单化核心网络,例如采用 SDN (software defined networking,软件定义网络)技术;
- 采用网络切片提高系统的柔性功能和能力;
- 鼓励价值创造,降低新业务部署的复杂度;
- 保护用户的隐私;
- 简化运维和管理。

基于这些设计原则,NGMN 提出了基于 SDN、NFV (network function virtualization,网络功能虚拟化)和云计算等先进技术的 5G 网络架构,实现了以用户为中心的更灵活、智能、高效和开放的 5G 新型网络。

3.2 5GPPP 对 5G 的分析

2014 年,5GPPP (5G Public-Private Partnership)提出了下一代通信网络和服务,主要从以下 5 个方面进行分析和研究^[4]。

(1) 5G 发展的驱动力分析

- 为用户提供新的服务能力,保证用户体验的连续性,促进新业务的发展,例如物联网;
- 资源整合的需求,将通信、计算和存储资源整合到可编排的、统一的基础设施中;
- 用户和社会对可持续和可扩展的网络新技术的需求;
- 对技术和商业创新的生态环境的需求。

(2) 5G 中关键性能指标分析

包括网络容量、低时延、高移动性、较准确的终端位置信息以及系统的可靠性和可用性。

(3) 5G 的设计原则分析

要确保灵活、快速地适应多样化的应用需求以及数据传输时的安全性和隐私性。

(4) 5G 的关键技术分析

- 异构接入技术的融合;
- 软件驱动网络,比如采用 SDN、NFV、MEC (mobile edge computing)等技术保证网络性能,提高系统的

- 可扩展性和敏捷性;
- 最优化网络管理操作。

(5) 5G 的频谱分析

5G 将提供从几百 MHz 到 GHz 范围的频谱,以提高整体系统容量。

3.3 4G America 的建议书

当全球范围布置 4G 技术时,工业界已经开始了对 5G 的研究。同样地,美国也开始了 5G 相关的研究工作。2014 年 10 月,4G Americas 颁布了 5G 需求和解决方案的建议书,阐述了下列问题:什么是 5G 时代的关键应用,存在什么样的挑战和需求,什么是新的关键技术和方案^[5]。

4G Americas 认为 5G 无线接入不仅仅是关于无线接口技术,而且是指未来的全面解决方案,能够提供人与设备的无缝宽带接入,因此,4G Americas 针对 5G 的市场驱动、应用情况、需求、规则和技术进行了详细地调研分析。

(1) 市场驱动和应用情况

未来的移动网络应该提供任何人和任何物的无线接入服务,例如物联网、社交网络和 M2M 通信等,不仅能够给人们提供所需的信息,比如语音、视频、医疗和娱乐等,还能够创建个人网络以供人们娱乐和协作,甚至实现机器与机器之间的交流学习,完成报警监视、家庭健康、车队管理等方面的应用。因此,运营商最好的客户范围不再局限于人与人之间的通信,还包括物与物之间的通信。

(2) 5G 的需求

5G 的需求驱动将来自用户和网络自身。用户的需求驱动来自于对用户的 QoE 提升,具体表现为连接的可靠性

和传输速度、移动性支持、无缝的用户体验和对应用上下文感知;网络的需求驱动包括自动化网络运维管理的需求和实现灵活高效的系统架构的需求。

(3) 5G 潜在的网络技术

多 RAT 协同和管理、终端直通、高效的小数据传输、无线回路(backhaul)/接入整合、灵活的网络、灵活的移动性支持、上下文感知、信息中心网络。

3.4 IMT-2020 推进组关于 5G 的研究

IMT-2020(5G)推进组是在 2013 年 2 月由工业和信息化部、发展和改革委员会、科学技术部共同支持下,集合国内产学研界多方技术力量,共同成立的 5G 移动通信技术研究组织。IMT-2020 需求组于 2014 年 5 月发布了《5G 愿景与需求》的白皮书,明确了 5G 网络中的业务可分为移动互联网业务和物联网业务,并描述了不同业务在不同场景下的需求特征,由此启动了国内关于 5G 网络架构和关键技术的研究^[6]。2015 年 5 月,IMT-2020 网络组发布了《5G 网络架构》的白皮书,提出 5G 网络架构的设计原则,包括控制转发分离、控制功能重构、简化核心网结构、灵活高效的控制转发、支持高智能运营和开放网络能力;确定 SDN 和 NFV 技术为实施 5G 新型设施平台的基础;给出了由接入平面、控制平面和转发平面共同组成的 5G 网络逻辑架构,图 1 为参考文献[1]中给出的架构。

根据 IMT-2020 网络组对 5G 网络架构的设计,接入平面包含各种无线接入设备,并能够对无线接入进行协同控制,提高无线资源的利用率;控制平面通过网络功能重构,实现控制的集中化,从而对接入资源或转发资

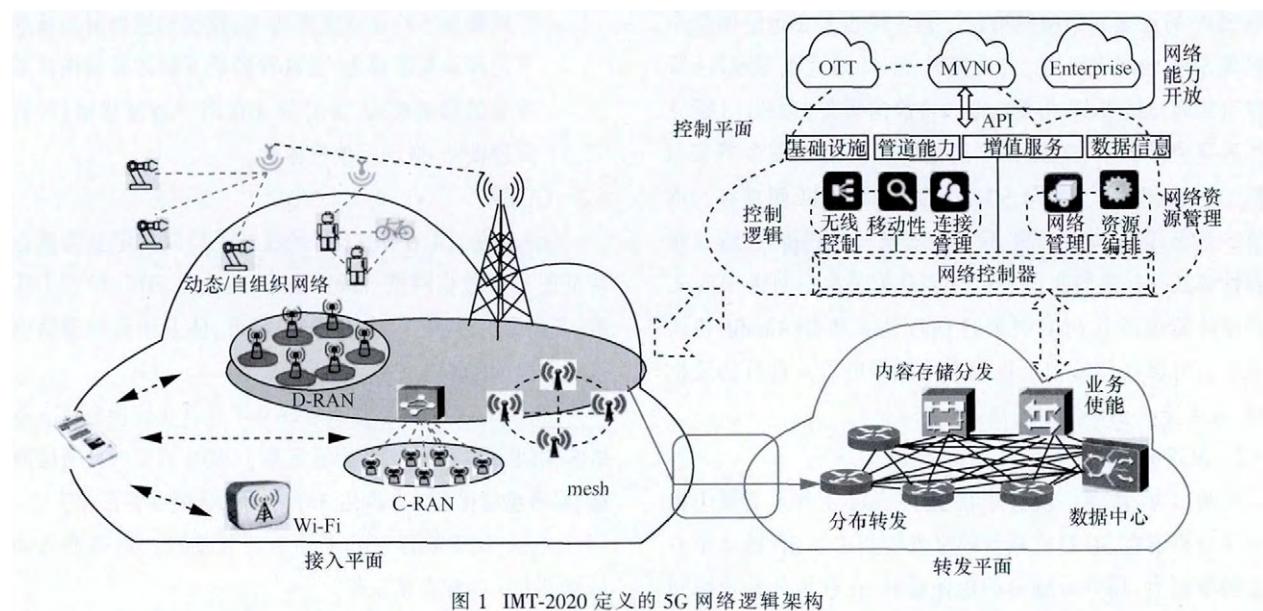


图 1 IMT-2020 定义的 5G 网络逻辑架构



源进行全局调度。通过对控制平面功能的按需编排,可以实现面向用户/业务需求的定制化服务。另外,基于控制平面之上的网络能力开放层可以实现对网络功能的高效抽象,从而屏蔽底层网络的技术细节,实现运营商的网络能力向第三方应用友好开放;转发平面包括网络中的转发功能、用户面下沉的分布式网关、边缘内容缓存等,转发平面接受集中的控制平面的统一控制,能够有效提高数据转发效率和灵活性。

4 5G 网络技术相关的标准化研究

4.1 ITU

国际电信联盟(ITU)从2012年开始了5G愿景、技术趋势等前期研究,以凝聚全球对5G的共识。随着前期研究工作逐步进入尾声,ITU-R近期对外发布了IMT-2020工作计划^[7],计划于2016年初启动5G技术性能需求和评估方法的研究,2017年底启动5G候选提案征集,2020年底完成标准制定。在5G时代,ITU除了关注无线空口技术和无线接入网络的发展之外,还对网络架构给予了更多的关注,为此,ITU-T在SG13工作组下面新成立了一个焦点小组,专门研究IMT-2020网络架构所面临的问题、场景和需求,从而确定2020年及之后的国际移动通信5G部署的网络标准化要求。

由于SDN对网络技术的重大影响,5G网络中难以避免SDN技术的融合,因此ITU-T在2012年年中也开始了SDN与电信网络结合的标准研究,下一代网络(next generation network,NGN)研究组SG13首先启动了电信网络SDN的需求和架构的项目,初步提出了在电信网络中实现SDN的网络架构。与此同时,SG11研究组与SG13研究组共同开展NGN相关信令和协议的研究。在SG13研究组的研究基础上,SG11研究组主要进行SDN信令需求和框架的研究工作,并与SG13协商明确SG11侧重对SDN信令需求、信令参考架构、信令的实现机制和协议、协议兼容性测试等标准的制定。SG11组研究的电信网络SDN架构中的信令将与ONF制定的OpenFlow和OF-Config协议兼容,并将在其基础上根据通信网络的需求进行协议扩展,或者定义不同层面的协议标准。

4.2 3GPP

2014年11月,沃达丰在3GPP SA1工作组会议上提交了一份潜在5G研究项目的报告^[8],指出了5G的4个方面的驱动力:用户可感知的性能提升,在数据传输速率和

时延上提供连续一致的用户体验;作为新业务的运营支撑平台,提供更有价值的网络服务,例如保证通信的低时延、高可靠性等;降低运营成本,提高能效;提供按需服务的能力,向用户提供差异化、定制化的网络服务。由于国内外很多研究组织都已经启动了5G相关的研究,因此这份报告得到了绝大多数公司的支持,2015年2月,沃达丰在3GPP SA1工作组第69次会议上提出在R14阶段进行SMARTER(new services and markets technology enablers)的立项。世界各研究组织在3GPP组织进行5G需求的输入,包括4G America、NGMN、国内IMT-2020等,标志着3GPP开始了对5G系统的标准化研究。截至目前,SMARTER项目共搜集了20种典型用例,这些用例按照不同的需求场景大致可以分为以下几类^[9]。

- 网络架构与组网:主要针对不同的业务需求进行按需组网,通过对网络的切片,实现在一个物理网络上划分出多个虚拟网络切片,分别服务于不同的业务需求。
- 低时延高可靠通信:主要为了满足对时延极其敏感、对通信可靠性要求极高的新型移动业务,例如自动驾驶、工业控制、飞行控制、远程医疗等。
- 低时延高速率通信:虚拟现实或增强现实类业务要求低传输时延和高数据传输速度,以保证用户的体验。
- 热点区域移动宽带通信:典型的热点高容量区域的通信场景,例如商场、写字楼、办公区等,需要满足人们通过Gbit/s速率的移动宽带接入进行娱乐或办公的需求。
- 广域覆盖下的移动宽带接入:传统的室外覆盖场景下的移动宽带接入,在这种场景下仍然要提供百兆带宽的移动接入,并且保证在用户高速移动(例如高速铁路)时的一致性体验。

4.3 CCSA

CCSA的TC1在2012年底成立了以软件定义为核心特征的未来数据网络(future data network,FDN)特别工作组,开始研究FDN的应用场景、需求、体系架构和通信协议等方面的标准化工作。

CCSA TC3 WG1工作组也成立了软件化智能型通信网络S-NICE子工作组,开始研究基于SDN的智能型通信网络、网络虚拟化和未来网络3个方面的研究和标准化工作。

CCSA TC5 WG5工作开始针对移动通信网研究移动软网络方向的标准化工作。

5 未来网络的发展趋势

通过分析目前广泛研究的 5G 网络中的通信场景和 LTE 网络的不足可以发现,未来 5G 网络中存在的多种不同的通信场景分别具有不同的性能要求,而 LTE 网络因为其自身的工作原理,并不能适用于这些新的通信场景,也无法满足通信的性能要求。因此未来需要重新定义 5G 网络架构和支撑 5G 网络架构的关键技术。

5G 网络发展的驱动力源于 5G 网络中的需求,根据现有 5G 网络的研究,例如 3GPP SMARTER 项目的需求划分,5G 的需求可分为业务自身的需求和网络运营的需求两个方面,因此,5G 的网络架构和关键技术需围绕这两个方面的需求进行设计。由于 5G 网络中需支持多种不同类型的业务,存在多种不同的通信场景,因此 5G 的网络架构不应该是静态统一的,而应该能够根据业务和通信场景的特点呈现不同的形态,实现以用户为中心的目的,提高用户体验,例如针对移动云计算业务,采用分层架构以实现边缘计算,从而降低信令开销和减少业务传输时延;而对于物联网业务,采用更加简化的架构以降低网络管理的复杂度,从而降低网络成本,进而节省物联网用户的成本。此外,从网络运营的需求考虑,为了实现 5G 网络中用户需求和网络资源的匹配,保证用户体验并降低运营成本,提升业务感知能力和加强网络能力开放,也是 5G 网络的重要发展趋势。综合分析未来 5G 网络技术的发展趋势,可以总结为以下几点。

(1) SDN 和 NFV 成为平台支撑技术

SDN 对网络技术产生了变革性的影响。传统移动通信网络的控制平面与转发平面没有完全分离,网络的控制平面无法集中化,这使得网络无法通过集中的平台来统一控制和调度网络硬件资源,因此网络难以做到网络资源的动态调整,无法实现根据用户需求进行可编程操作的目的,也无法基于网络的特性进行开放创新,从而难以做到网络资源的按需分配,并且造成网络中的新业务部署的周期很漫长。而 SDN 恰好具有控制与转发分离、控制逻辑集中和网络可编程三大特征^[10],因此成为新型网络架构的支撑技术之一。

在传统移动通信网络中,网络设备的逻辑和硬件紧耦合造成网络的可扩展性差、扩容缩容困难、新业务的部署成本很高的问题。为了解决这些问题,电信产业界开始借鉴 SDN 的技术思想。2012 年 11 月,AT&T、德国电信、中国

移动等 13 个主流运营商牵头在 ETSI 成立了 NFV 行业规范组 (Industry Specification Group, ISG), 研究利用 IT 虚拟化技术改造运营商网络,使得网络中的各节点的功能可以通过软件实现,并实现功能的重构和网络的智能编排;使得网络的硬件基础设施可以采用符合业界标准的高容量服务器、交换机和存储设备,降低了设备的成本^[11]。这样的改造改变了运营商组建网络的方式,提高了网络的智能化运营水平,有利于网络创新。因此 NFV 技术也是未来 5G 网络的平台支撑技术之一。

(2) 网络实现动态切片

多种类型的业务和多样化的通信场景对 5G 网络提出了多样化的性能需求,而这些多样化的性能需求显然无法通过统一的网络架构来保证,因此 5G 网络需具备虚拟化切片的能力,使得每个网络切片能够适配不同的业务和通信场景,以提供合理的网络控制和高效的资源利用。

网络切片是指将物理网络通过虚拟化技术分割为多个相互独立的虚拟网络,每个虚拟网络被称为一个网络切片,每个网络切片中的网络功能可以在定制化的裁剪后,通过动态的网络功能编排形成一个完整的实例化的网络架构。通过为不同的业务和通信场景创建不同的网络切片,使得网络可以根据不同的业务特征采用不同的网络架构和管理机制,包括合理的资源分配方式、控制管理机制和运营商策略,从而保证通信场景中的性能需求,提高用户体验以及网络资源的高效利用,例如在超密集场景下引入本地化的控制管理机制和数据传输机制,降低网络中的信令开销和传输路径的跳数。

(3) 网络能力深度开放

目前提出的 5G 网络的需求都着重强调了用户体验,体现了以用户为中心的理念。而用户体验的提高依赖于用户需求与网络服务的高度匹配,因此要求 5G 是一个开放的网络,能够实现业务信息与网络服务信息的有效交互,促进用户、网络服务和业务应用之间的信息共享,提升网络的服务水平和用户的体验。

目前 3GPP 在 R13 完成的 AESE/MONTE 项目已经实现了部分网络能力的开放,比如将终端位置信息、终端状态信息、网络负载信息等上报给第三方应用以及接收第三方应用提供的终端通信模型来优化网络。这种能力开放还比较初级,网络和应用之间的信息交互程度有限,例如网络还不能对业务应用进行大数据分析,业务应用也无法获取网络实时全面的资源信息。未来 5G 网络将更程度地



实现能力开放,使得网络和应用实现更紧密的互动、更深度的信息共享,使得应用可以基于网络的资源状况(基础设施、管道能力、网络服务、网络数据)提供更优质的服务,网络也可以基于应用层的用户信息(业务特征、用户状态)进行资源的定制和优化调度,从而共同提高用户体验,实现用户、网络和应用三方共赢。

6 结束语

移动互联网和物联网的发展推动了移动通信技术的更新,当 LTE 系统不能完全满足新型移动通信业务的需求时,第五代移动通信网络的研究已经启动。从需求层面上讲,5G 网络的需求指标突出了用户体验;从架构层面上讲,受到 IT 产业的冲击,5G 网络技术烙上明显的 IT 印记,SDN 和 NFV 的技术思想影响了 5G 系统架构的设计,例如控制转发分离、网络虚拟化等。

未来的 5G 网络将以用户为中心,注重用户体验,因此 5G 网络将更加开放、智能、灵活。通过采用 SDN 和 NFV 作为平台支撑技术,5G 网络可以实现更加开放的 API,完成对用户需求和业务特征的感知以及接受应用层的编程管理;基于对需求和通信场景的深度感知,5G 网络能够完成对网络功能的智能编排,灵活地完成网络资源的高效调度,保证用户体验。

参考文献

- 1 IMT-2020. 5G 网络技术架构, 2015
IMT-2020. 5G Network Technology Architecture, 2015
- 2 3GPP TS 23.401. General Packet Radio Service (GPRS) Enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) Access, 2014
- 3 NGMN Alliance. NGMN 5G White Paper, 2015
- 4 5GPPP. The 5G Infrastructure Public Private Partnership: the Next Generation of Communication Networks and Services, 2015
- 5 4G Americas. 4G Americas' Recommendations on 5G Requirements and Solutions, 2014
- 6 IMT-2020. 5G 愿景与需求白皮书, 2014
IMT-2020. 5G Vision and Demand White Paper, 2014

- 7 ITU-R. ITU Towards "IMT for 2020 and Beyond", 2015
- 8 Vodafone. S1-144361. Overview of Potential 5G Study Item, 2014
- 9 3GPP TR 22.891. Feasibility Study on New Services and Markets Technology Enablers, 2015
- 10 ONF White Paper. Software-Defined Networking. The New Norm for Networks, 2012
- 11 ETSI GS NFV 002. Network Functions Virtualization (NFV), 2013

[作者简介]



王胡成,男,电信科学技术研究院标准部高级工程师、北京邮电大学博士生,主要研究方向为移动通信网络架构、组网以及协议。



徐晖,女,博士,电信科学技术研究院教授级高级工程师,主要研究方向为移动通信核心网、物联网及安全,已主持和参加基金项目 10 余项,获得中国通信标准化协会科学技术奖 3 项。



程志密,女,电信科学技术研究院博士后,主要研究方向为未来网络架构及移动性管理技术。



王可,男,电信科学技术研究院标准部总经理、高级工程师,长期从事 4G/5G 无线接入技术研究和标准化,主要研究方向为未来网络需求和架构研究、5G 网络接入关键技术研究等。