



# 关于 5G 的十点思考

## Ten Reflections on 5G

邬贺铨 /WU Hequan

(中国信息通信科技集团有限公司, 北京 100083)  
(China Information Communication Technologies Group Corporation, Beijing 100083, China)

DOI: 10.12142/ZTETJ.202001002

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20200115.1606.002.html>

网络出版日期: 2020-01-16

收稿日期: 2019-12-27

**摘要:** 面向工业互联网和智慧城市的高可靠、低时延等要求, 5G 以用户服务为本的理念代替了互联网的网络效率优先原则; 为适应未来业务的不确定性, 5G 将从传统电信网的封闭性转为业务开放化和协议互联网化。5G 试图兼具互联网与电信网的优势, 但在实现上仍面临诸多挑战。文章提出了在网络建设与业务组织上需要重视的十个问题。

**关键词:** 5G; 软件定义网(SDN); 网络功能虚拟化(NFV); 网络切片; 基于服务的架构(SBA); 移动边缘计算(MEC)

**Abstract:** 5G takes the concept of service-oriented architecture to replace the priority principle of network efficiency in the Internet to meet the requirements of the industrial Internet and smart cities, such as high reliability and low latency. On the other hand, in order to adapt to the uncertainty of future business, 5G features the openness of services and the Internet protocols, different from the closeness of traditional telecommunication networks. Although 5G tries to have the advantages of both the Internet and telecommunication network, its realization still faces many challenges. In this paper, ten major issues concerning 5G networking and service offering are discussed.

**Keywords:** 5G; software defined networking (SDN); network functions virtualization (NFV); network slices; service-based architecture (SBA); mobile edge computing (MEC)



邬贺铨

中国工程院院士, 曾任中国工程院副院长, 现任国家信息化专家咨询委员会副主任、国家标准专家委员会主任、国家“互联网+”专家委员会主任、国家物联网专家组组长、国家新一代宽带无线移动通信网重大科技专项总工程师、中国互联网协会咨询委员会主任, 以及 IEEE 高级会员等; 长期从事数字和光纤通信系统的研究开发工作, 近十多年来负责中国下一代互联网示范工程和 3G/4G/5G 等研发项目的技术管理及重要工程科技咨询项目研究; 曾获全国科学大会奖、国家科技进步二等奖、邮电科技进步一等奖等多个奖项; 出版专著 1 部。

2019 年 5G 开始商用。除中国外, 目前已经开始 5G 商用的其他国家的运营商都基于非独立组网 (NSA) 方式起步, 即沿用 4G 核心网, 仅增加了 5G 基站。5G 终端从而可获得比 4G 更高的宽带能力。中国决定 2020 年要直接采用独立组网 (SA) 方式建设 5G 核心网<sup>[1]</sup>。SA 能够提供 NSA 不具备的高可靠、低时延和广覆盖、大连接能力, 在增强移动宽带能力方面也比 NSA 方式有更高的效率。因此, 可以说 2020

年才是真正的 5G 元年。

为了适应多业务、低时延、高可靠的业务要求, 与 4G 相比, 5G 核心网采用基于服务的架构 (SBA)<sup>[2]</sup>, 从而实现业务开放性和切片化、网络功能虚拟化 (NFV)<sup>[3]</sup>、计算能力边缘化、协议互联网化等特点。从 50 年前互联网诞生到现在, 互联网协议如传输控制协议 / 因特网互联协议 (TCP/IP) 是基于无连接模式逐包选路转发的; 而

现在 5G 核心网具有面向连接的能力, 第三层的 IP 包不再是唯一的转发单元。如上所述的网络体系变革之大是互联网诞生以来从未有过的, 5G 大规模应用要达到预期的性能将面临诸多挑战。

(1) 5G 将要大规模使用软件定义网络 (SDN)。SDN 实现传送与控制分离, 利用网络操作系统集中管理网络, 并基于大数据和人工智能为每一个业务流计算出端到端的路由, 再

将路由信息嵌入源节点的 IPv6 扩展报头的标签栈,并沿路径传递到各节点,实现源选路(SRv6)<sup>[4]</sup>。中间节点只须转发,无须选路,减少或省去了排队时间,以面向连接模式保证低时延转发。我们虽然期待能够通过 SDN 对所有业务流和节点实时优化,但大规模网络低时延响应的多目标优化是难题——路由可能冲突或不收敛。有两种方法可以解决该难题:一种方法是分区域设置 SDN,但跨区域的路由组织需要 SDN 间交换业务流与网络资源数据,增加实现的复杂性;另一种方法是仅对部分业务流按面向连接转发,对其他业务流将仍按无连接方式处理,以降低对 SDN 处理能力的压力。

(2) 5G 颠覆传统网元的构成方式。通过硬件通用化(白盒化)和软件定义网元功能,NFV 可以根据业务流的需要灵活采用 1.5 层、2 层或 3 层转发,提高转发效率并显著降低时延。针对不同业务,NFV 要求网元在同一时间呈现不同功能,且这些功能随业务变化而变化。这就需要 NFV 对全局业务流和网络资源数据实现精准获取。NFV 通过虚拟化实现软硬件解耦,并向硬件资源池化和软件微服务重构发展;但微服务架构缺乏标准,无法实现开放和互操作的初衷,且 SDN 与 NFV 同时操作难以避免网络资源冲突问题。另外,与专用设备相比,白盒化的转发时延可能还要大一些。更大的问题在于当白盒化网元与原有网元共存于一个网络时,NFV 的效果将很难体现。

(3) 网络切片是 5G 网络与业务的一大特色。网络切片<sup>[5]</sup>按照业务流的带宽、时延、可靠性等需求,在集

中的网络运维系统管理下组织网络资源,为各业务流提供与其业务属性相对应的虚拟专用网络(VPN)通道,支持个性化服务,尤其适应不同垂直行业的需求。虽然 VPN 服务在电信网中早就存在,但过去都是预约建立而非实时提供的,且仅对极少数业务流开通。现在 5G 网络切片面临着 VPN 海量规模、实时性、端到端通道组织等特点,对业务流进行逐一切片未免太理想化了,如 30 年前的异步传输模式(ATM)就是前车之鉴。如果网络切片从核心网扩展到接入网,则端到端的切片要随用户移动而变更,这就增加了切片管理的复杂性。至于将 VPN 开放给客户以发现、选择、生成、管理并提供按需实时动态调整权限,是前所未有的挑战。跨运营商网络建立 VPN 连接更是难以想象的任务,这需要运营商间相互开放网络资源与业务数据,但这基本没有可操作性。可取的办法是仅对时延、丢包率和可靠性等有较严格要求的业务流提供网络切片。与现有 4G 网络的 VPN 相比,以上方法可以使 VPN 实时生成而无须预约。另外,在流量计费的模式下,仅对高端用户提供能够保障服务质量(QoS)的 VPN 服务,但对一般用户有失公平性,因此需要考虑采用以用户价值为中心并考虑 QoS 计费模式。

(4) SBA 是 5G 的重要创新。SBA 构建了一个业务开放平台,承接各种业务智能单元,像手机上的应用程序(APP)那样实现按需添加。通过智能单元的组合可以产生相应的智能,通过业务的解耦和模块化可以实现灵活调用网络服务,以此来适应 5G 新业态的不可预见性。SBA 与电话网

中的智能网类似,在海量用户且网络资源有限的环境下,同样会出现智能网中各业务智能单元组合可能冲突的问题。与智能网不同的是,SBA 是开放的平台,极大丰富了业务智能 APP 的来源;但与传统运营商封闭的业务能力相比,SBA 的业务平台开放性存在安全风险。与 SBA 相配合,5G 移动通信协议全面互联网化,这样一来互联网上的应用可以直接移植到 5G,增强了业务能力。但与过去移动通信采用的专用协议相比,5G 移动通信协议互联网化为互联网上的病毒和木马留了方便之门。为此,5G 在网络安全与信息安全的防护方面需要比 4G 下更大的功夫。

(5) 移动边缘计算(MEC)与 5G 相伴而行。MEC 实现了云计算能力部分下沉,包括存储与内容分发能力,以适应时延敏感业务的快速处理。在工程上如何合理设置 MEC 的粒度是实践中需要探索的问题。移动终端、机器人、网联车等应用需要在 MEC 间切换,这就涉及 MEC 间协同以及 MEC 与中心云间功能合理分配的问题。它不仅可能会产生 MEC 间大量的开销、MEC 与中心云的大量交互,还会引入时延。MEC 特别适合于面向垂直行业的应用,因为垂直行业希望运营商开放 MEC 能力。为此,需要为 MEC 配置开源平台与容器等轻量级云技术以支持第三方边缘应用。另外,开放 MEC 能力对运营商网络管理与信息安全的影响也难以估量。

(6) 5G 对同步提出严格要求。SDN/NFV 都需要获得所有网元的业务流和网络资源的大数据,各网元的数据需要同步和绝对时间对齐。如果各

网元上报的数据时间不够精准，就不可能得到全局视觉。如此一来，按不那么精准的数据来做出网络调度的决策可能更糟糕。现有电气与电子工程师协会标准（IEEE 1588）的同步机制也难以保证所需要的精度，在实际应用中很难满足 IEEE 1588 假定双向信道的传输时延相同的前提。

（7）5G 推动运营支撑系统的变革。5G 需要实时地对网元实行 NFV 功能的指配，对业务实现切片的组织及生命周期的管理。5G 运营支撑系统（OSS）需要基于业务与网络资源大数据的统计与智能分析，自动生成通信设备与服务的编排方案。为了实时响应，不可能再采取人工网管操作而必须依靠信令控制。全网集中一个 OSS 有利于全局掌控，但处理能力与处理时延难以满足要求。如果按区域设置 OSS，则各 OSS 需要互通数据，且还需要有上层中央 OSS 来协同。

（8）车联网是 5G 全新的应用场景。为此，5G 专门在无线接入和核心网两个方面都考虑保证低时延的措施。但面向个人的通信与车联网有很大的不同：前者平均经过十多个节点；而后者可能只是一两跳，在多跳的环境下对控制时延有显著作用的 NFV 和网络切片及 SRv6 在车联网场景下并不显优势。车联网通常是短包，而传统的 TCP/IP 协议对短包的传输效率不高。传统的个人通信在接入段通常是点对点方式，而车联网在车到车

（V2V）场景下是点到多点以及多点到多点方式，甚至是广播方式。这将增加频率安排的难度，因为难以采用设备到设备（D2D）连接，需要借助网络转接即车-网-车（V2N2V），但时延会略有增加。对于面向个人的通信，目前中国多个省公用一个网间直连点来实现运营商间互通；但车联网对时延特别敏感，归属不同运营商的汽车间的通信需要就近实现网间直连，至少不宜跨出城市范围。也就是说，需要为车联网专门设置城市内的网间直连点。

（9）大连接是 5G 应用的一个重要特征。5G 能够实现每平方公里可接入上百万物联网（IoT）连接，端到端传输时延不超过 10 s，丢包率不高于 1%。对海量的物联网终端需要使用群组认证，否则会引发信令风暴。安全算法和协议也要考虑轻量级，以免引入不必要的时延和增加物联网终端的能耗。鉴于物联网终端的多种类型，5G 的用户身份管理要适应从全球用户识别卡（USIM）向灵活多样的方式转变。

（10）工业互联网催生 5G 专网。产业数字化首先需要将企业的生产装备联网。为了能使机器人、物料小车和生产线上的工件实现联网，需要使用无线技术；但已有无线技术的可靠性、可扩展性与抗干扰能力不适应工业互联网要求。5G 将工业互联网应用视为己命，企业可以利用 5G 作为企业内网或广域网的传输手段，5G 运营

商可为企业提供网络切片，但运营商的 5G 网络主要是面向公众用户而设计的。考虑到公众通信特别是视频业务的下行数据流规模远高于上行，在时分双工（TDD）模式的同一载频中时隙数的分配是上行少下行多；但工业互联网中传感器通常上报数据多而接受网络指令的数据少，对应的 TDD 上下行时隙是上行多下行少。如果 TDD 上下行时隙两种不同的分配方案共处同一运营商基站中，那么需要设置在不同载频以避免互相干扰，但这又限制了载频配置的灵活性和有效性。另外，从管理和安全角度考虑，大企业希望建设 5G 专网，频率主管部门需要为企业建设 5G 专网划出专用频率。

综上所述，建设 SA 网络和开发 SA 应用可以说是 5G 新一轮创新的起点。中国率先走 SA 之路会面临试错的风险，也有很多值得思考的问题。5G 创新之路还很长。

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国工业和信息化部. 明年我国将大规模投入建设独立组网的 5G 网络 [EB/OL]. (2019-09-21)[2019-12-23]. [http://www.cac.gov.cn/2019-09/21/c\\_1570598110843638.htm](http://www.cac.gov.cn/2019-09/21/c_1570598110843638.htm)
- [2] 中华人民共和国工业和信息化部. 5G 移动通信网核心网总体技术要求：YD/T 3615—2019[S]. 北京：人民邮电出版社，2019
- [3] ETSI. Network Functions Virtualisation (NFV); Virtual Network Functions Architecture: GS NFV-SWA 001 V1.1.1 [S]. 2014
- [4] IETF. Segment Routing IPv6 for Mobile User Plane [EB/OL]. (2019-11-04) [2019-12-23]. <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-dmm-srv6-mobile-uplane/>
- [5] 3GPP. Study on Management and Orchestration of Network Slicing for Next Generation Network (Rel-15): 3GPP TR 28.801 V15.1.0[S]. 2018