

对网络体系变革的思考

(来源:《中兴通讯技术》, 2019-04-19)

摘要: 互联网已走过了 50 年, 其发展远远超越了初衷, 各类新业务与应用加大了网络体系变革的压力, 对网络体系颠覆性的探索和演进创新一直在进行。近年来关于 5G 网络体系的演进方向逐渐明朗, 从传送模式创新、虚拟化和云化 3 个方面, 分析了网络体系变革给运营商带来的机遇与挑战, 指出变革将开拓网络技术与业务应用创新的空间。

关键词: 互联网; 网络体系; 5G 传送模式; 虚拟化; 云化

从 1969 年美国 APARNET 算起到 2019 年, 互联网走过了 50 年, 全球互联网普及率超过 55%。中国全面接入互联网也有 25 年, 普及率高于全球平均水平^[1]。互联网设计之初主要考虑的是抗毁性和异构设备互联及效率; 但现在互联网的应用已经超越初衷, 从学术研究到商业应用, 从数据到语音、视频, 从固定业务到移动业务, 从面向人的通信到物联网, 现在又从消费互联网进入到产业互联网。以支持固定终端尽力而为数据业务为出发点设计的互联网体系, 其承受能力超出了我们的想象; 但面对产业互联网对高可靠和低时延性及高安全性的要求, 现有互联网体系还能够继续适应应用的扩展吗? 关于下一代互联网的研究从 20 年前就开始了, 现在以国际电信联盟 (ITU) 为代表的机构又开启了面向大数据、人工智能、云计算和 5G 的未来网络

研究^[2]。

关于互联网体系的研究一直以来有 2 条路线，即演进路线与革命路线。前者针对新出现的问题以修补或新增协议的方式来应对，但会增加网络的复杂性而难于管理，或带来过多的开销而失去效率。革命路线以颠覆现有互联网体系为目标，例如：2005 年美国的全球网络环境创新（GENI）计划本希望创造新的网络和分布系统体系；但其追求过于完美，试图解决互联网出现的所有问题，至今已过去了十多年，却与很多类似的研究项目一样尚未能取得实质性进展。GENI 现在将关注点回到软件定义网络（SDN）和网络功能虚拟化（NFV）^[3]。因为对互联网流量流向的研究未能得出接近实际的数学模型，仿真还不能反映实际应用环境，产品性试验床有实际用户但变化不够，研究性试验床有较多的变化但缺少实际用户；因此，与现有互联网规模和应用多样性及随机性相比，试验网难当此任。

面对互联网体系研究的两难境地，我们有必要回顾互联网的发展历史。在互联网概念提出之前有 X.25 面向连接的分组网，但只考虑支持数据传输。在互联网出现之后的 80 年代初，异步传输模式（ATM）被提出，它使用的是面向连接的分组通信，固定包长，可支持语音、视频与数据。ATM 很理想，但在当时看相当复杂，输给了不理想但简单的 IP。IP 设计之初仅考虑支持无连接的数据通信，这是原有通信网络的弱项，而且在当时的网络中数据流量占比很少。另外，IP 开放的架构可在数字化的任何网络上（包括电路交换的程控电话网）运行，对底层通信设施没有特别的要求，生存空间广阔，而且互联网开

始规模不大，也没有商业化的压力，从单一应用切入站住了脚。互联网于 90 年代才开始探索支持基于 IP 的语音传输（VoIP），逐渐渗透到电信网的所有业务，成为传统电信网技术的成功颠覆者。现在互联网规模大、应用广，要想通过革命性方式解决现有互联网的问题难度太大，难以验证所提出的全盘改造互联网的方案；因此探讨从某一点改进互联网也许是合适的切入点。

5G 应用场景所要求的超宽带、大连接、低时延和高可靠对现有网络体系带来了新的挑战，加速了对网络体系研究的进程。按照思科的报告^[4]，2018 年移动 IP 流量占全网 IP 流量之比为 11.03%。从流量看，移动网占全网比例不算高，移动网体系的改造对全网影响不大。从这一角度看，5G 适合于作为切入点探讨互联网体系的变革或演进。

5G 在网络体系方面^[5-6]的一个特点是转发模式的创新。在网络层引入分段选路（又称为源选路）的概念，源节点按照每次通信首个 IP 包的特征来配置流表，用于指示报文的转发路径；该次通信的后续 IP 包被抽象为同一流，中间的节点无需再感知业务状态，只需维护拓扑信息并按流表执行转发功能，相当于面向连接分组通信。这与传统的 IP 网络按无连接方式工作不同。在无连接模式下，对具有相同源地址和相同目的地地址的同属一次通信的各 IP 包独立处理而不考虑它们前后的关联，而且各 IP 包在沿途各节点均独立选路。这是在互联网之初的网络可靠性不高的情况下，以时延和效率为代价换取灵活性和生存性。5G 的新转发模式还表现在以 64 B/66 B 码块为单位的以太网中继，可代替小颗粒性的 IP 包作为单元来选路，即以 1.5

层的交叉连接代替第 3 层的选路，转发效率更高，时延更短，特别适合支持宽带视频业务。以太网技术还被应用到 5G 的前传网络。前传如继续使用时分复用同步数字体系（SDH）技术，其传送带宽是固定的，不会随实际业务负荷而变，而且大规模多输入多输出（MIMO）下的带宽太高而难以承受，基于以太网的统计复用可动态适应业务流量并降低带宽压力。为了克服传统以太网的不确定性，利用以太网报头虚拟局域网（VLAN）中的服务类型指示来区分高优先级流量和后台流量，为高优先级的帧提供抢占功能，这被称为时延敏感网络（TSN）。

5G 网络体系的另一个特点是虚拟化。基于 SDN 实现数据面与控制面分离，基于 NFV 从黑盒设备中解耦出网络功能软件，支撑了数据面与用户面的分离，并实现了硬件的白盒化。5G 还将采用基于服务架构（SBA），借鉴 IT 领域的微服务理念，将软件分解为细粒度的模块化组件。每个微服务可独立地进行部署、升级和扩展，这相当于传统电话网中智能网的思路；但不同的是 5G 通过开放应用程序编程接口（API）来实现微服务的集成，以提升应用开发的整体敏捷性和弹性。在上述基础上 5G 进一步发展到网络业务切片。5G 既需要支持峰值高达 20 Gbit/s 的视频也要应对大量千比特每秒级的物联网连接，5G 既要支持高铁类高速移动业务也有大量固定或低速移动业务，各类业务对可靠性和时延的要求有很大差异。在不改变物理基础设施的情况下，针对用户的不同业务需求通过网络控制面的协同编排，动态地将相应的网络资源组成切片，即为每一种业务建立逻辑上的 VPN，各切片间业务隔离。5G 的网络虚拟化还表现为异构接入组网，在密

集微蜂窝的情况下，为了避免用户信令的频繁切换，信令接入到宏蜂窝而用户数据接入微蜂窝，即控制面与用户面分离。在 5G 的情况下，则取决于信道性能，用户的上下行可能不在同一个微蜂窝，甚至下行在 5G 而上行在 4G，将过去的以小区为中心发展到以用户为中心。

5G 网络体系特点之三是云化。5G 的核心网有云平台，实现数据中心的互联和大数据的分析，支持无线资源管理、能力开放和网络资源编排等与控制面有关功能，以及支持各业务流共享高速存储与防火墙及视频转码等业务转发功能。5G 特别重视移动边缘计算（MEC），可以部署在基站的集中单元（CU），为多个与微蜂窝对应的分布单元（DU）所共享。MEC 配备缓存与计算能力，负责收集与分析用户空时行为的上下文信息，实现对数据整合、压缩与加密。具有缓存能力的基站使大众内容或需要就近处理的工作尽可能靠近用户，改进用户体验并减轻回传网的负载，支撑车联网和虚拟现实（VR）/增强现实（AR）等高可靠低时延业务应用。

上述 5G 网络体系的理念可概括为通信与计算的融合、硬件与软件的解耦、云管端功能的协同，它们源于业务发展的需要也得益于 IT 特别是云技术的进步。5G 网络虽然目前还是基于 IP 体系但又不局限于 IP 体系，可以应用到其他类型的第三层协议。这些理念也可以用在信息中心网（ICN）、数据感知网（DAN）或内容中心网（CCN）。这些网络体系的变革并非对互联网现有问题的全面改进；但部分演进也不会是一帆风顺的，任何网络体系的变革都会涉及到产业链上下游各方利益的博弈，对运营商来说也是艰难的抉择。总体上，运营商对

上述演进方向寄予很大的期望，希望通过白盒化摆脱对设备供应商的依赖，希望以服务化架构（SBA）提升业务生成能力，不被网络内容服务商（ICP）所隔离，希望通过边缘计算避免管道化。不过很多技术都是双刃剑，白盒化使运营商不依赖电信设备供应商但可能倒向IT企业，或更方便ICP自建网络设施；SBA有利于运营商开放业务能力，但业务外包有使运营商坐实管道化的风险；边缘计算有可能为非运营商的接入网企业所建设和管理，增加了争夺“最后一公里”的机会，把运营商推向产业链的更加边缘化位置。总之，网络业务发展至今，网络体系不变是没有出路的，变革又将面临技术与管理流程再造的挑战，但变革将开拓网络技术与业务应用创新的空间。

上述对网络体系变革的思考虽然是以5G为对象考虑的，但对固网来说也有重要的意义。在互联网50年的新起点和5G移动通信元年之初，面对网络体系变革的机遇与挑战，我们对网络体系的变革创新充满着期待！

参考文献

[1] Internet World Stats.Internet Users in the World by Regions-June 30,2018[EB/OL].(2018-06-30)[2018-12-18].<https://www.internetworldstats.com/stats.htm>

[2] ITU.SG13: Future Networks, with Focus on IMT-2020, Cloud Computing and Trusted Network Infrastructures [EB/OL] [2018-12-18].<https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-2020/13/Pages/default.aspx>

[3] GENI(Global Environment for Network Innovations).About GENI[EB/OL].[2018-12-18].<https://www.geni.net/#>

[4] Cisco Global Cloud Index:Forecast and Methodology, 2016-2021,

White Paper [EB/OL]. (2018-11-19) [2018-12-18].
<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/white-paper-c11-738085.html>

[5] 3GPP.5G Phase 1 Underway in CT Groups , TR 24.890[EB/OL].(2017-06-13)[2018-12-18].http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1873-rel_14

[6] WEISSBERGER A.ITU-T SG15 Technical Report Transport network Support of IMT-2020/5G Network [R/OL]. (2018-11-05) [2018-12-18].<http://techblog.comsoc.org/2018/11/05/itu-t-sg15-g-mtn-for-packetslicing-network-transport-networksupport-of-5g/>

作者：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、国家标准化专家委员会主任、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师、中国互联网协会理事长，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。

原 文 链 接 :

<https://www.zte.com.cn/china/about/magazine/zte-communications/2019/cn201901/guestpaper/001>，转载请注明。