



核心网未来网络架构演进

王计艳, 李赞, 董勋, 沈蕾, 蚁静斌

(中国移动通信集团设计院有限公司网络所, 北京 100080)

摘要: 针对移动数据流量爆发式增长现状, 基于移动通信网络向 NFV/SDN、5G 技术的发展演进趋势, 提出了核心网未来网络架构的演进方向, 主要介绍了业务发展、技术演进对核心网的需求, 核心网的网络架构现状和未来演进方向, 对核心网未来的发展和网络建设具有指导意义。

关键词: 大流量; NFV; SDN; 网络架构; 网元架构

中图分类号: TN915.02

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015365

Evolution of the future network architecture of core network

WANG Jiyan, LI Yun, DONG Xun, SHEN Lei, YI Jingjian

Division of Network, China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China

Abstract: At present, the mobile data traffic is growing rapidly. Based on the evolution trend of mobile communication network to 5G and NFV/SDN technology, the evolution direction of core network future architecture was presented. The demand for the core network of the service development and technical evolution, the core network status and future evolution direction of core network architecture were introduced. The result has guiding significance for the future development of the core network and network construction.

Key words: large flow, NFV, SDN, network architecture, core network element architecture

1 蓬勃发展的业务需求

1.1 流量的爆发式增长

通过宏观环境、行业环境以及业务需求分析, 未来 5 年, 移动数据流量仍有较大提升空间, 预计 2020 年移动数据流量出现爆发式增长, 其中移动数据流量主要承载在 4G 网络, 数据流量收入将成为增长核心, 以某公司为例, 2014–2020 年, 预计移动数据流量复合增长率达到 75%, 2020 年移动数据流量将达到 2014 年的 18 倍, 如图 1 所示。

1.2 业务的多样化

网络接入速度的提升大大催生了移动互联网业务, 未

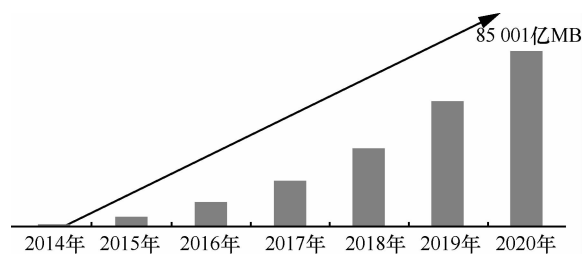


图 1 移动数据流量爆发式增长

来移动视频、在线游戏将成为移动流量占比的主要来源。未来随着资费的下降, 用户对大流量的需求将进一步释放, 目前受限于流量资费等因素, 用户的大流量业务需求受到抑制。以某公司圣诞免流量活动为例, 免流量活动高

峰期间, LTE 用户对下载和流媒体资源需求飙升, 视频和下载类的流量占比翻倍, 免流量过后回归原来的流量占比情况, 浏览类流量占比重新成为主流, 如图 2 所示。参考国外流量发展轨迹, 预计移动数据流量结构将由现在的以下载类、网页浏览类和社交类流量为主向视频、下载流量为主转变, 未来视频流量占比将超过 50%。

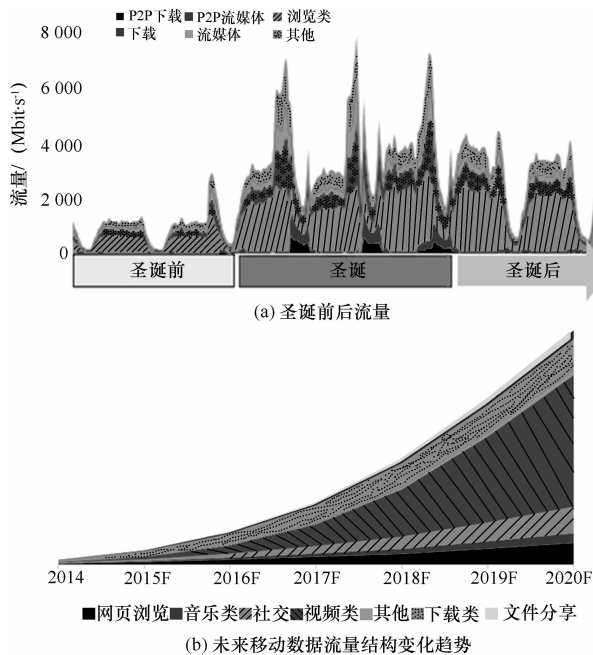


图 2 视频流量占比将提高

随着 4K 视频业务的快速发展, 对带宽的需求也不断增长, 比如 1080P 视频业务的带宽需求仅为 4 Mbit/s, 而 4K 视频业务的带宽需求达到了 20 Mbit/s, 未来虚拟现实 (VR) 业务的带宽需求将达到 100 Mbit/s 以上。进入宽带时

代, 低时延成为决定用户体验的关键指标, 时延差异造成的用户感知差异非常大, 如图 3 所示。

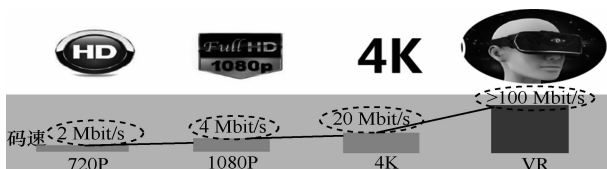


图 3 视频业务带宽需求越来越高

在以 LTE 网络为代表的宽带网络和云计算的推动下, 终端的互联从个人基本需求开始, 逐渐扩展至个人生活外延的方方面面, 物联网等将为移动网络带来大量的用户连接。预计 M2M 连接数呈现指数型增长, 到 2020 年将达到 10 亿元规模, 如图 4 所示。

物联网由于应用场景众多, 由于涉及的产业众多, 因此不同场景下对网络有着不同的连接需求, 因此对于运营商而言, 网络需适应多样化、个性化、复杂通信的需求。

1.3 用户结构的变化

随着 4G 网络的部署、VoLTE 业务的商用和物联网业务的发展, 未来用户结构将发生较大变化, 未来 5 年 2G/3G 用户将快速下降, 直至下降为 0; 4G 用户将快速增长, 5 年后全部为 4G 用户 (终端用户); VoLTE 用户将平稳增长, 物联网用户将快速发展。

1.4 对网络能力的要求

为了满足业务大流量、大带宽、低时延和多样性的要求, 移动通信网均需提升网络能力: 4G 无线网络接入能力需提升 10 倍, 单用户带宽由 2 Mbit/s 提升至 10 Mbit/s, 需考虑 4.5G 乃至 5G 部分技术的应用; 传送网容量提升约 8 倍,

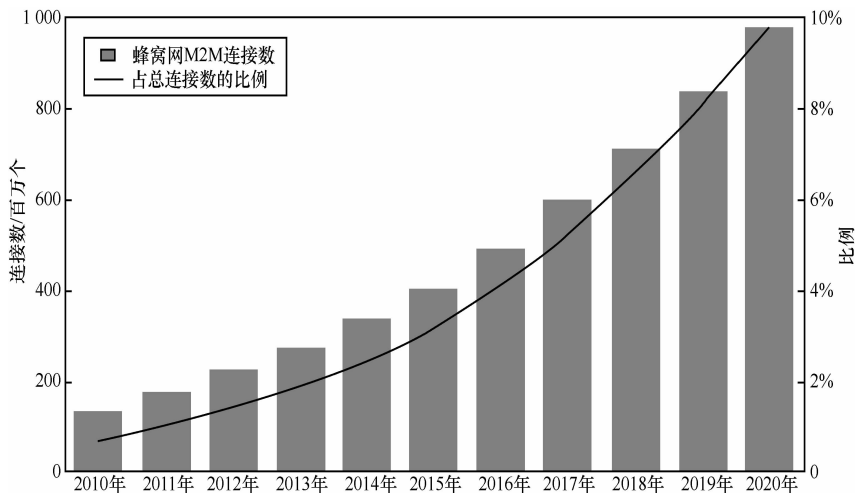


图 4 物联网业务发展迅猛



其中有线接入网络接入能力需提升 10 倍, LTE 基站带宽提升至 320 Mbit/s 以上, 家宽用户带宽提升至 100 Mbit/s 以上, 需考虑引入更大容量的传送网技术和设备, 如 400 Gbit/s OTN、100 Gbit/s PTN 甚至更高容量技术; CMNet 容量提升约 9 倍, 需引入更大容量的设备以及更加有效的流量疏导手段。

而对于核心网来说, 由于 4G 用户、VoLTE 用户和物联网用户与 2G/3G 用户的业务模型差异较大, 对网络资源的需求差异也很大, 因此核心网首先需要满足 4G 用户、VoLTE 用户、物联网用户的容量需求, 其次是满足用户的数据流量增长的承载需求以及低时延要求、多样化等性能需求。

2 热闹非凡的技术炒作

2015 年巴塞罗那电信博览会上, 各全球厂商、运营商几乎无一例外地把 SDN(软件定义网络)/NFV(网络功能虚拟化)作为未来网络演进的主要关注点, 如图 5 所示。

- AT&T: 发布 DOMAIN2.0 战略, 宣布了数字化目标, 计划到 2020 年底前, 75% 网络设备基于云和 SDN 技术, 目前 40% 的战略性 IT 应用已经实现虚拟化, 比使用专有硬件效率提升 50%。
- Telefonica: 计划到 2016 年底前, 30% 的基于 UNICA 架构的新建网络实现虚拟化。
- NTT DoCoMo: 计划 2016 年商用 VPEC 网络。
- 中国移动: 已开始进行 NFV 和 SDN 技术的现网试点。

2.1 SDN

SDN 是一种新型网络创新架构, 是网络虚拟化的一种

实现方式, 其核心技术 OpenFlow 通过将网络设备控制面与数据面分离开, 从而实现了网络流量的灵活控制, 使网络作为管道变得更加智能。

传统 IT 架构中的网络, 根据业务需求部署上线以后, 如果业务需求发生变动, 重新修改相应网络设备(路由器、交换机、防火墙)上的配置是一件非常繁琐的事情。在互联网/移动互联网瞬息万变的业务环境下, 网络的高稳定与高性能还不足以满足业务需求, 灵活性和敏捷性反而更为关键。SDN 所做的是将网络设备上的控制权分离出来, 由集中的控制器管理, 无须依赖底层网络设备(路由器、交换机、防火墙), 屏蔽了来自底层网络设备的差异。而控制权是完全开放的, 用户可以自定义任何想实现的网络路由和传输规则策略, 从而更加灵活和智能。

2.2 NFV

NFV 通过软硬件分离, 使用 x86 等通用性硬件以及虚拟化技术, 实现硬件资源的共享和功能软件化, 从而降低网络昂贵的设备成本。NFV 的引入, 使网络设备功能不再依赖于专用硬件, 资源可以充分灵活共享, 实现新业务的快速开发和部署, 并基于实际业务需求进行自动部署、弹性伸缩、故障隔离和自愈等。

现有核心网络采用的电信级设备硬件繁多, 每类网元都有专用硬件; 部署运维复杂, 专用硬件要求维护人员具备专用技能, 且网元的数量巨大, 导致组网拓扑复杂, 问题的定位和解决越来越困难。基于现有的硬件投资模式, 网元的上线周期很长, 通常需要以年计算, 很难适应移动互联网业务快速而多样化的需求。现有设备均采用专用的硬

供应商	参展主题口号	关键展点
	2014年: 你的网络社会的向导 2015年: 我们是网络社会的变革使者	5G、云&IP(SDN/NFV)、模块化的电信通信系统、Backhaul汇聚路由器、ICT、管理业务、OSS/BSS、专家分析系统、电视和媒体
	2014年: 世界一直在变化中 2015年: 扩展人类技术可能性	电信云、物联网、大数据、位置服务、LTE-Advanced/载波聚合/小站
	2014年: 当移动遇上云 2015年: 商业成功需要网络支持	5G、LTE-Advanced、NFV(vRAN/vIMS)、VoLTE、小站验证项目、未授权的频段、客户体验管理工具
	2015年: 通过创新转型	统一-Wi-Fi、voice over Wi-Fi、物联网、分布式云、基于5G架构的虚拟化、VNF-M、USC 8000小站系列
	2014年: 离你更近 2015年: 时不我待	准5G、SDN/NFV、超宽带接入网、创新业务云(数据中心和管理业务)
	2014年: 与IBM一起创新 2015年: 通过数字转型业务	SDN/NFV、物联网、云计算、垂直行业移动性、交互式购物体验
	2015年: 网络新的商业模式	大数据、NFV、移动运营开发、行业应用

图5 全球厂商、运营商在 2015 年巴塞罗那电信博览会上的观点

件和同厂商专用软件,系统封闭,第三方业务引入难度很大,业务创新困难。

NFV 的引入实现软硬件解耦,硬件的通用化对网络架构和网元布局将产生较大影响,使得按专业独立配置资源转变为统一配置、按需分配硬件资源,将有效提升核心网络的业务上线速度,并通过硬件资源的共享,提升设备利用率,有效降低投资。

NFV 标准进展情况是需求和架构基本稳定,接口未完全确定,SDN 已进入商用部署期。

NFV/SDN 技术可简化业务的部署,加快业务上线速度,实现硬件的统一管理、资源共享,网络资源的灵活调度,对运营商的价值如图 6 所示。

2.3 5G

在未来的 5G 系统中,网络将被进一步抽象为一片片的网络切片,可以非常灵活地根据用户需求进行资源分配和资源再分配。这种连接服务通过许多定制软件实现的功能定义,这些软件功能包括地理覆盖区域、持续时间、容量、速度、时延、可靠性、安全性和可用性等。5G 网络有众

多核心技术,其中之一就是 SDN 和 NFV。

5G 将是实现按需接入、按需分配网络资源,满足万物互联不同需求的目标架构网络,如图 7 所示。

3 波澜不惊的稳定架构

3.1 核心网网络架构现状

从网元架构来看,核心网目前的设备采用高性能的专用设备,网元功能与硬件板卡均由设备厂商集成,不同的功能采用不同类型板卡,软件功能与硬件板卡相辅相成,稳定性高、效率高,有效保障了高安全、高可靠性等电信级要求。

从核心网各域的结构和功能来看,经过一年多的改造,目前核心网 CS(circuit switch,电路交换)、PS(packet switch,分组交换)、IMS(IP multimedia core network subsystem,IP 多媒体子系统)、信令网各域已基本完成了 VoLTE 改造工作,也按需求部署了智能管道的策略,现有网络已支持 VoLTE 功能以及智能管道等功能。VoLTE 业务部署初期,因考虑到 2G/3G 与 VoLTE 的互通、CSFB(circuit switched fallback,电路域回落)等问题,核心网各

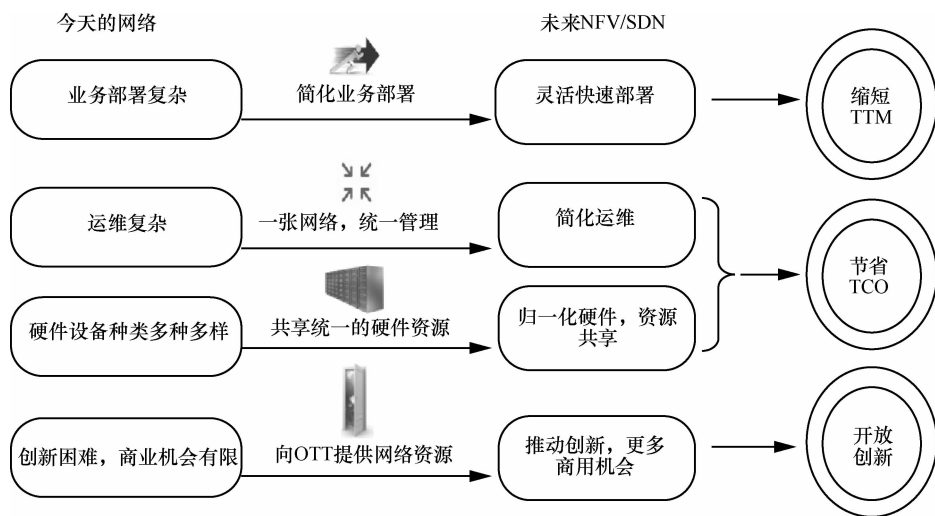


图 6 NFV/SDN 对运营商的价值

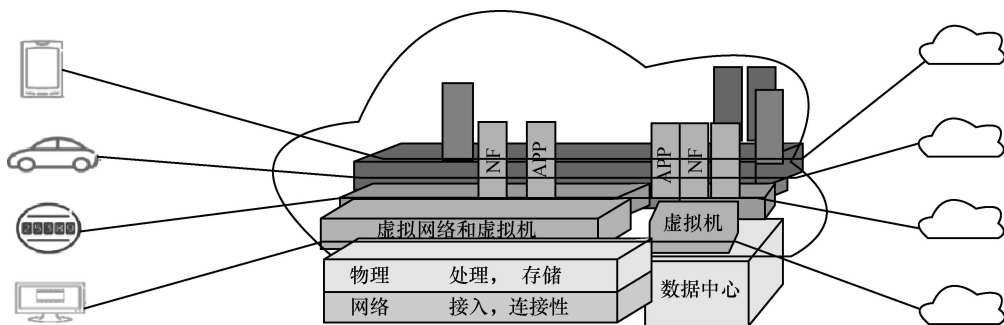


图 7 5G 网络切片示意



域流程交互复杂,接口繁多,但核心网自身网络架构已基本稳定,如图8所示。

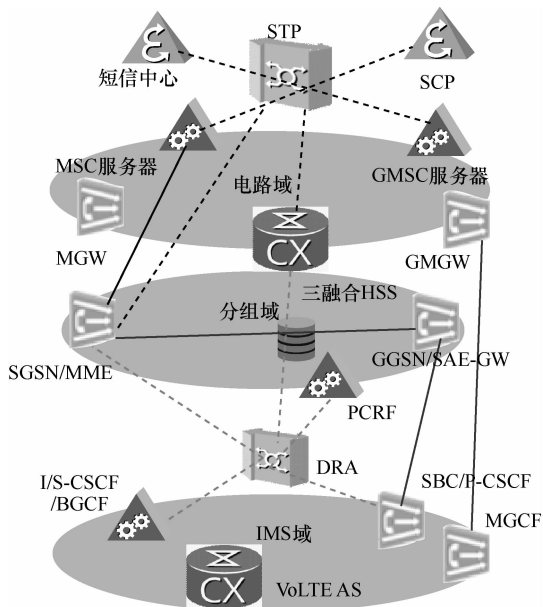


图8 核心网结构现状示意

从与其他系统的组网架构看,目前核心网和其他系统如PTN、IP承载网、CMNet、传送网协同建设,除省内内容资源网(CDN/cache)在进行规划建设阶段外,其他架构基本稳定,如图9所示。

3.2 传统核心网网络架构扩容

3.2.1 核心网的容量需求

针对4G数据业务、物联网和VoLTE的业务发展,核心网容量按需扩容满足需求,同时考虑老旧设备退网以及VoLTE业务的灾备方案提升,如图10所示。

3.2.2 核心网的数据流量承载需求

影响核心网配置的参数是单用户带宽和总带宽(吞吐量)。根据预测,4G数据流量增长约18倍,单用户DOU(discharge of usage,每客户户月均流量消费额)增长10倍,若假定忙时集中系数不发生太大变化,单用户带宽约增长10倍。

- 对于单用户带宽:一般在采购设备(即集采)时的模型已考虑流量影响,保障购买的设备能满足单用户带宽的需求,目前以某省为例,单用户带宽为6~7 kbit/s,

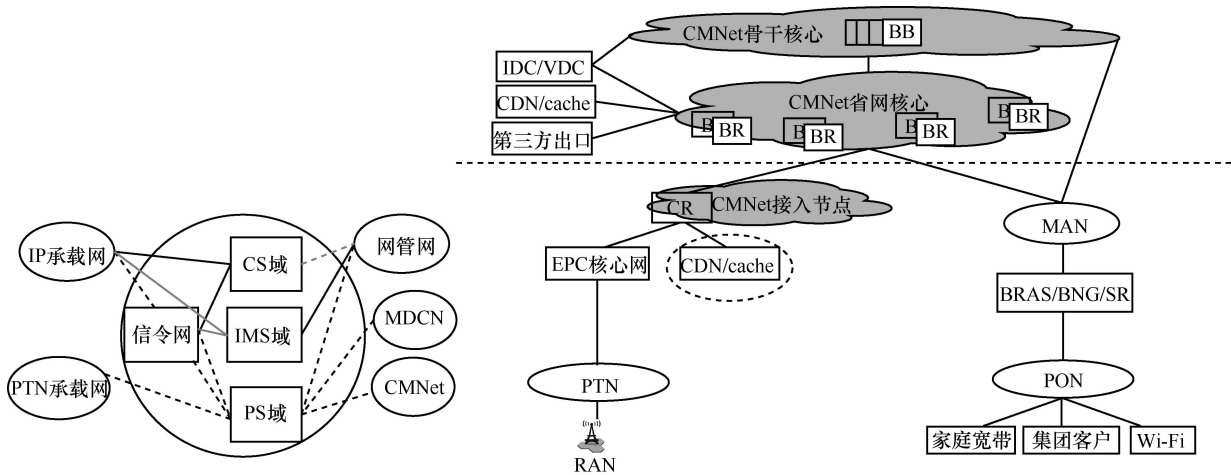


图9 核心网与其他系统组网架构

	2G/3G用户下降	4G用户增长	VoLTE用户增长	物联网用户增长
	总用户基本持平,略有下降			
电路域	HSS基础容量无需扩容 老旧设备退网	HSS 4G容量扩容	HSS VoLTE容量扩容	
分组域		分组域容量总体扩容	分组域容量总体扩容	MME和SGW扩容
IMS域			IMS VoLTE容量扩容	
信令网		信令网DRA容量扩容	信令网DRA容量扩容	信令网DRA容量扩容

图10 核心网容量扩容满足需求

但目前集采要求 30 kbit/s, 大大超出现网的单用户带宽, 因此, 核心网配置仅需考虑 PDP(packet data protocol, 分组数据协议)激活数的需求。

- 预计规划期末单用户带宽增长至 60 kbit/s, 经调研, 主要厂商的处理能力均可在 30 kbit/s 的基础上提升 2~3 倍, 可满足单用户带宽的需求。
- 总带宽需求增长: 按 PDP 激活数的需求配置设备的规模, 因要求的设备单用户带宽会比预测单用户带宽大, 因此, 总的设备吞吐量可以满足总带宽的需求。

核心网设备可通过单点升级和扩容提升设备能力, 满足大流量需求。根据调研, 升级/引入的新设备能力可达现有能力的 2~3 倍, 如图 11 所示。

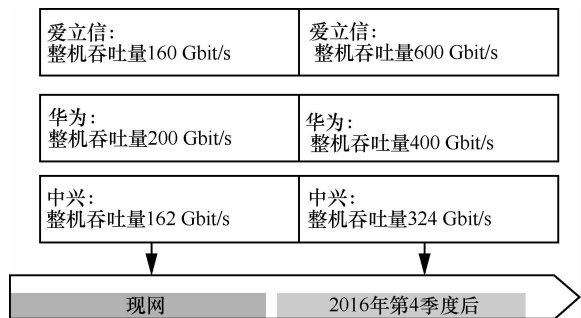


图 11 主流厂商核心网设备能力提升情况

因此, 核心网可以通过新设备的引入和扩容, 解决流量增长的需求。

3.2.3 核心网网络架构演进需求

从话务量上来看, CS 域业务量将逐步减少, 未来 CS 域除了考虑关口局与 MGCF (media gateway control function, 媒体关口局控制功能) 融合之外, 将不再继续扩容, 因此 CS 架构已经稳定, 部署方式维持现有架构不会改变。

从数据流量来看, 目前有 8 个省的 GGSN/SAE-GW (gateway GPRS support node/system architecture

evolution gateway) 部署在区域中心, 其他各省的 GGSN/SAE-GW 均部署在省中心。从流量流向来看, 因现有内容源位置相对集中 (省级 IDC、第三方出口、CMNet 国干), 各地市流量经层层汇聚送至省中心/区域中心, 核心网采用相对集中的设置方式 (如图 12 所示) 优点如下:

- 可提升 SAE-GW 设备利用率, 节省机房、动力等配套资源;
- SAE-GW、内容源、IMS 核心网和业务平台均集中设置, 路由高效, 节省 CMNet 和 IP 专网资源。

其缺点如下:

- 本地呼叫需经过省/区域中心, 占用省干 PTN (packet transport network, 分组传送网), VoLTE 话务存在路由迂回, 产生时延, 但 VoLTE 语音业务不到数据业务的 5%, 影响较小;
- PTN 调度复杂, SAE-GW 需要同时接入本地 PTN 和省干 PTN。

随着 P2P、M2M 应用的增长, 流量将显著增加, 同时视频业务、在线手游、网上购物、网页下载加速等业务对用户的要求越来越高。为了尽可能地将流量在 Gi 口疏通, 避免对承载网、传送网的压力, 同时为了减少承载网的时延, 提高用户体验, 各省 CDN (边缘节点) 根据内容源引入策略和核心网 EPC 部署的情况, 下沉到区域中心甚至进一步下沉到本地。经估算, 若内容源靠近 Gi 侧部署, 用户访问的内容源在 CDN 命中的情况下, 可减少 60% 的传输时延, 大大提升用户体验, 如图 13 所示。

综上, 为了进一步满足时延和带宽需求, SAE-GW 部署方式需要与省内 CDN 协同组网, 建议采用以下步骤进行, 如图 14 所示。

第一阶段, 对于已经部署在区域中心的 SAE-GW 根据业务量分布情况, 初期可考虑将省内 CDN 部署在 Gi 口侧, 靠近核心网, 减少流量迂回, 减少承载网和传送网压

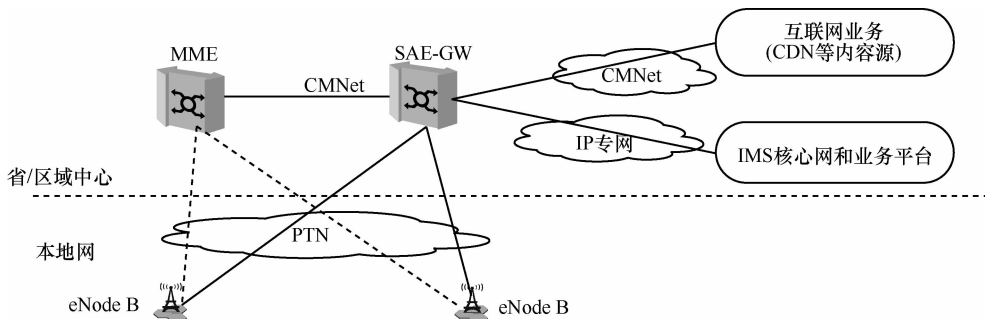


图 12 现有 SAE-GW 部署架构示意

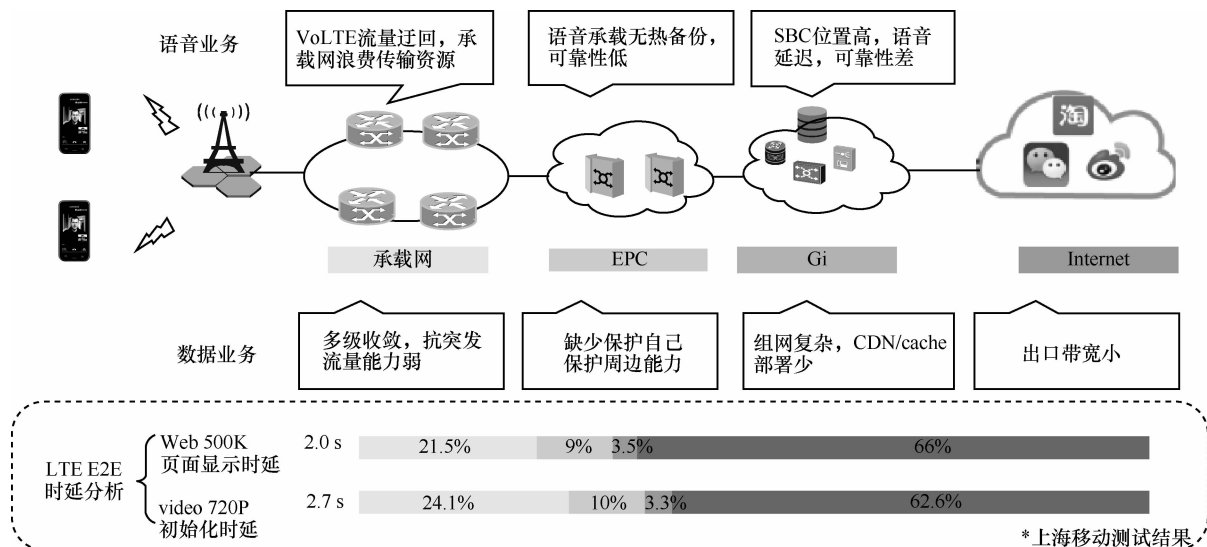


图 13 视频和浏览业务时延分析

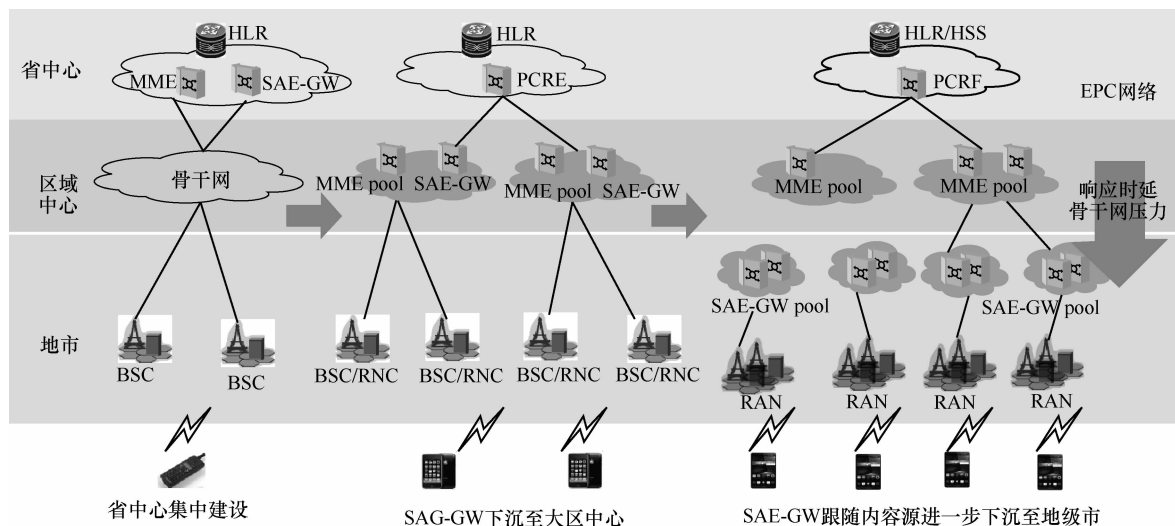


图 14 SAE-GW 下沉的步骤

力;对于部署在省中心的 SAE-GW,若近期不考虑 CDN 的下沉,可维持现有结构。

第二阶段,根据业务需求调整 CDN 的部署,对于流量较大的本地,可考虑 CDN 下沉的本地网,同时考虑 SAE-GW/SBC 的下沉,但需要综合机房动力、传输等配套条件,慎重进行。

根据以上分析,得出如下结论:

- 现有核心网通过扩容、提升设备能力/引入新设备,可满足用户、流量增长的需求;
- 考虑到提高网络疏通效率和降低时延,需结合 CDN 的建设策略考虑 SAE-GW/SBC 的下沉,需要调整 SAE-GW/SBC 部署架构,对网络组织结构进行

微调;

- 由于网元结构本身的限制(软硬件不分离,资源无法灵活调配,PCC 架构的限制),现有架构无法满足网络灵活调度、业务多样性的需求,无法满足未来万物互联,连接多样化、个性化、复杂通信的需求。

4 虽痛犹进的演进变革

4.1 NFV/SDN 不是满足业务增长的必选之路

传统网元和现有网络架构可以满足未来 5 年甚至更长时间的业务需求,NFV/SDN 并不是满足业务增长的必选之路,且由于 NFV/SDN 技术本身还处于研究、完善和验证之中,特别是 NFV 使网元架构变化较大,是 IT 产品替

代 CT 产品的变革,需要对设备(集成方案、成熟度、性能)、产业链、运营、网管等诸多方面进行重构,难度很大。

4.2 NFV/SDN 是未来网络演进的方向

虽然 NFV/SDN 并不是满足业务增长的必选之路,但从运营商长远发展来看,现有的设备/网络架构虽然稳定但不够灵活,无法根据需求定制化网络功能,只能通过叠加 PCC(policy control and charging,策略控制和计费)、增强 SAE-GW 功能,甚至在 Gi 口后部署一系列增值业务来满足具体的业务需求,通过叠加运营平台和增值平台来协助制定策略,但需求是多变的,现有架构复杂固定,并不能满足未来业务多样化、运营商对资源灵活配置的需求,若要向前发展,实现智能网络,灵活配置,5G 将是网络发展目标,而 NFV/SDN 则是关键技术和基础之一。只有网元功能虚拟化才能实现资源的统一调配、功能的定制化和灵活配置,只有网络部署了 SDN,才可以真正做到灵活定义网络连接,优化网络路由,从而才可能实现网络切片,按需分配资源。因此,虽然 NFV/SDN 对网络影响巨大,技术不甚成熟,但引入 NFV/SDN 将是大势所趋,是未来网络演进的方向。

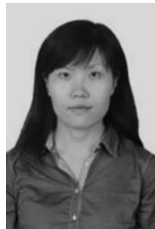
5 结束语

未来是继续使用传统网络设备和架构,依靠缓慢叠加功能的方式来满足爆炸式发展的业务需求,还是积极试点新技术,用 IT 的思路重构 CT 网络?这是一个痛苦的决策,正如韦乐平教授所述,网络架构的变化最重要的就是从垂直架构向水平架构的转变,这是根本性的转变,是网络的重构,是 IT 和 CT 的深度融合,其难度巨大,是一场关乎工程师甚至是“一把手”的深度变革,通过本文的分析,在网络建设和演进过程中有如下建议供参考。

- 引入 NFV/SDN 并不影响现有网络部署架构,现有网络结构(包括与其他系统的组网方式)可维持基本不变,必要时考虑 SAE-GW 与 CDN 协同组网策略。
- 充分验证 NFV 技术,验证网元功能、集成策略、组网方式等。
- 深度试点 NFV 技术,参考 VoLTE 试点的进度,必要时可考虑长时间试点,根据成熟度和改造难度选择试点网元,逐步扩大试点,并考虑资源池的建设等。
- 做好长期战斗准备,慎重考虑现网部署、NFV 引入

的时间点、传统设备扩容和 NFV 设备建设的关系到未来网络将长时间维持现有网络架构,后续 3~4 年在控制面引入 NFV 网元,考虑控制面网元的云化部署,媒体面将长期维持现有组网架构,支持媒体面云化。

[作者简介]



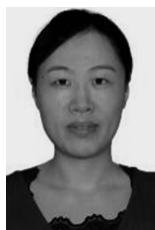
王计艳(1978-),女,中国移动通信集团设计院有限公司网络所高级工程师,主要研究方向为核心网、流量经营。



李赟(1978-),女,中国移动通信集团设计院有限公司网络所高级工程师,主要研究方向为核心网、大数据。



董勋(1987-),男,中国移动通信集团设计院有限公司网络所工程师,主要研究方向为核心网、流量经营。



沈蕾(1980-),女,中国移动通信集团设计院有限公司网络所高级工程师,主要从事核心网及互联网领域的方案设计和规划咨询工作。



蚁静绒(1988-),女,中国移动通信集团设计院有限公司网络所高级工程师,主要研究方向为核心网、智能管道。