

M-ICT 时代下的有线网络

The Wireline Network in M-ICT

柯楚/KE Chu
王翔/WANG Xiang

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

在 M-ICT 时代下, 随着 IT 与 CT 的不断融合, 互联网化取得了巨大成功。以“服务无处不在”、“体验至上”为重要标签, M-ICT 时代的互联网不仅仅作为信息的网络中介, 同时还与各种传统行业相互结合, 充分发挥了其在社会资源配置中的优化和集成作用。将互联网的创新成果深度融合于经济、社会各领域之中, 可以提升全社会的创新力和生产力, 形成更广泛的以互联网为基础设施和实现工具的“互联网+”的经济发展形态^[1]。

作为信息社会的基础设施, 有线网络在 M-ICT 时代也需要适应这一变革。我们认为, M-ICT 时代下的有线网络将呈现出“极速、简单、开放”三大特征。

1 网络“极速”的需求

带宽的增长一直是通信网络发展的源动力。在 M-ICT 时代下, “无处不在的服务”使得信息总量不断快速增长, 而“极致的体验”又要求信息的数字洪流在整个有线网络高速公路中能够顺畅快捷的传输。具体来说, 当前推动有线网络升级提速的主要动力在于: 4G、4K 与云计算。

收稿日期: 2015-08-20
网络出版时间: 2015-09-20

中图分类号: TN929.1 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2015) 05-0035-07

摘要: 在 M-ICT 时代, 有线网络需要适应 IT 与 CT 融合的技术变革, 总体上呈现出“极速、简单、开放”的三大特征: “极速”表现为网络各层次、各部分的全面提速; “简单”体现于网络架构的简单化、网络虚拟化以及网络的智能化; “开放”的目的是为了促进网络业务创新, SDN 与 NFV 是实现网络开放的关键技术, 两者间互为补充, 最终实现有线网络的互联网化创新环境。

关键词: 有线网络; 接入网; 承载网; 网络虚拟化; 网络功能虚拟化; 软件定义网络

Abstract: In the M-ICT era, with the convergence of IT and CT, “fast, simple and open” are the three characteristics. “Fast” refers to the comprehensive speedup of the network layers and segments; “simple” refers to simplification, virtualization and intelligence of network; “open” refers to drive network service innovation, and software defined network (SDN) and (NFV) are the key technologies. These two technologies complement each other and eventually achieve the innovation environment of wireline network.

Key words: wireline network; access network; bearer network; network virtualization; NFV; SDN

• 相较 3G 移动通信而言, 4G 技术为移动终端提供了 10X 以上的带宽, 而后续的 pre5G、5G 网络则进一步实现移动网络的速率提升, 给后面的承载网络带来了巨大的带宽容量压力。

• 对最终用户而言, 视频目前仍是产生最大信息量的业务。围绕着“极致体验”, 视频的清晰度不断上升 (目前已经超越 1 080 P 的 FHD 画质并朝向 4 K 进发), 传送视频信息所需的带宽也急剧上升, 这些都对网络端到端的超高清视频传输能力提出更高的要求。

• 云计算的发展使得云计算中心成为网络的关键节点。随着计算能力的不断提升、云计算范围不断扩展, 云计算中心内部的信息交换容量迅速增长, 数据中心互联网络也得到

快速发展。

每一次的带宽提速都会使得一部分计算、存储被转移到云端, 南北向的流量增长率终将迎来拐点, 而东西向的流量则仍然将维持指数级的增长。

数字的洪流对有线网络提出了更高的要求, 包括更高的线路速率、更长的传输距离、更大的交换容量、更高的集成度以及容量能耗比, 而这些一并构成了所谓的网络“极速”的涵义。网络极速体现在网络的各个层次, 需要有线网络中的光网络、分组承载网络、宽带接入网络全面同步演进。

1.1 光传送网络

光传送网络作为最基础的网络传输通道, 以努力挖掘光纤信道传输

能力、降低单位 bit·km 的传送成本为永恒目标。在成本/收入难以增加甚至逐步下降的情况下,速率、容量的持续提升并超过需求是光传送网络发展唯一的出路。

在传输容量上,单通道速率由过去单纯的不归零码(NRZ)调制的 10G 系统,转向如今偏振复用矢量调制的 100 G 系统,即将商用的超 100 G 系统则以灵活调制结合多载波技术实现给定场景的最高速率,单端口速率也不再局限于固定的 400 G,而是 $N \times 100$ G 灵活可配置的系统。未来单纤总传输容量的提升则由单纯的波分复用(WDM)转向空分(少模/多芯)复用 SDM+WDM 传输,这可实现单纤传输容量阶跃式的提升。预计未来可以实现单纤 Pbit 级传输。

在交换容量上,单纯的光传送网(OTN)电交换难以匹配传输容量的提升,集群交换虽可实现交换容量大幅增加,但体积和功耗惊人。未来,我们一方面需要努力探索新型的光电组合或融合的交换技术,充分利用光交换的低功耗与电交换的灵活性;另一方面我们需要通过以硅光技术为代表的光器件创新及应用,逐步实现高集成度、低功耗、低成本的极速光传送网络。

1.2 分组承载网

在 M-ICT 时代,业务的 IP 化已经基本完成,分组承载网当前包括 3 部分:以分组传送网(PTN)/IPRAN 设备构建的城域分组网络、以核心路由器构建的骨干 IP 网络、以互联网数据中心(IDC)交换机/路由器构建的数据中心网络(含云内网络与云间网络)。

对各种分组承载网设备而言,极速体现在线路接口速率的提升、分组交换容量的增长、转发表容量与查表效率的增长。

M-ICT 时代的分组承载网络物理接口朝向以太网接口统一,随着 IC 工艺水平的不断升级,接入设备组网带宽从 1 G 快速发展至 10 G,而核心

与汇聚设备线路速率已规模商用 100 GE 并向 400 GE、1TE 演进;单卡容量从 200 G、400 G 向 1 T、2 T 不断发展,整机容量从 Tbit/s 向上百 Tbit/s 至 Pbit/s 不断延伸。

1.3 宽带接入网络

作为信息高速公路的“最后一公里”,宽带接入网连接终端与网络,其发展受终端业务带宽需求影响。

无源光网络(PON)由于具有传输容量大、可靠性高、便于维护等一系列优势,已占据宽带接入网的主流,并形成一系列光纤接入(FTTx)的宽带接入方案。PON 技术朝向更高线路速率、更大分光比、更长传输距离进行演进。当前 EPON/GPON 技术已可为用户提供几十(Mbit/s)/户的接入带宽,10G PON 技术可为每户提供 100 Mbit/s 以上接入带宽。采用单波长 NRZ 技术进一步提速遇到技术瓶颈;下一代无源光网络(NG-PON2)选择采用结合 WDM 技术进一步提速,提供单纤 40 Gbit/s 以上容量,并支撑 GE 到桌面的能力。进一步的速率提升将朝向密集波分 PON 以及采用正交频分复用(OFDM)调制技术的方向不断发展。

“光进铜退”持续深化,但受用户入户资源限制等原因,铜线仍将长期存在。铜线挖潜也是传统运营商的重要战略,并逐步向用户侧推进的方向演进,从而提供更高的带宽。第 2 代超高速数字用户线路技术(VD2)是当前主流的数字用户线路(DSL)部署技术,可以提供最高 100 M 的接入速率。通过 Vectoring 技术,可显著提升 VD2 接入速率和高速业务的普遍覆盖,传统 DSL 市场的格局基本确定,Vectoring 技术的引入,是市场重新洗牌的机会。作为当前最新的铜线接入技术 G. fast,可以为“最后一百米”提供 1 Gbit/s 的接入速率,并可在相当长的一段时间内满足接入带宽需求。在光纤到户(FTTH)部署场景下,纯 FTTH 与光铜混合 FTTH(G.

fast)将长期存在,G. fast 解决最后一段接入的难题,将有效推进 FTTH 的建设,是 FTTx 解决方案的重要组成部分。

2 网络“简单化”的主要趋势

“简单”的涵义比较广泛,体现在基础设施、网络架构、运营体系以及交互界面上。M-ICT 时代下,网络简单化的主要趋势有:网络融合、虚拟化、智能化。

2.1 网络融合

M-ICT 时代的有线网络融合体现在两种纬度:

(1)网络架构横向层面,接入、汇聚、骨干之间的界限模糊、设备融合。接入光线路终端(OLT)设备容量不断增长,L3 功能进一步增强,并逐渐与汇聚交换机结合,直连宽带远程接入服务器(BRAS);BRAS 的控制面功能被虚拟化至电信城域网之后,其转发面功能则有可能向 OLT 侧转移,形成融合的接入节点。

(2)网络架构纵向层面,光与分组不同层次网络的协同与融合。OTN 本身在适应业务分组化的趋势,其设备的内部交换也逐步采用分组交换技术,与分组化的 PTN/IPRAN 传送设备采用统一的交换架构,形成融合的 P-OTN 设备,并通过多层网络优化(MLO)技术实现对 P-OTN 融合网络的统一控制。未来光分组交换(光突发交换(OBS)、光分组交换(OPS))技术不断成熟后,光与分组网络进一步深度融合,形成统一的光分组传送网络。

2.2 网络虚拟化

网络的虚拟化趋势既包括将多个物理网络设备虚拟为一个网元的“多虚一”虚拟化技术趋势,也包含着将一张物理网络虚拟化为多个逻辑网络的“一虚多”技术趋势。这两种技术趋势分别面向不同的网络简单化诉求,在不同的网络层次采用不同

的虚拟化技术。网络虚拟化一直是网络发展的重要方向,在 M-ICT 时代下,软件定义网络(SDN)技术与网络功能虚拟化(NFV)技术得到发展,成为网络虚拟化的重要支撑,同时也给网络虚拟化带来与传统不一样的新特色。

通过网络“多虚一”的虚拟化技术,多个物理的网络设备被视为一个逻辑设备进行控制管理,大大简化网络的控制管理复杂度。M-ICT 时代一些典型的虚拟化技术方案有:

- 中兴通讯发布的 SDN-based IP-RAN 虚拟化技术方案。在该方案中,在 SDN 控制器的控制下,海量远端接入层 IP-RAN 设备被虚拟成汇聚 IP-RAN 设备的板卡进行管理,汇聚层和接入层设备组成大的虚拟集群系统,使得接入层组网成为设备内部处理,大大简化了由于接入层引入 L3 处理后大量的业务配置复杂问题,提高网络自动化部署、运维和管理能力,提高网络服务能力。

- 中兴通讯发布的接入网虚拟化方案。在该方案中,首先通过虚拟远端网关设备(vRG)功能将光网络单元(ONU)的功能上移到 OLT 之上,使得在 FTTH 场景下,通过管理 OLT 设备即可实现对下挂 ONU 的管理;其次通过虚拟光网络单元(Vonu)功能将多用户居住单元(MDU)逻辑上虚拟为多个 ONU,使其可以与 ONU 一样来进行 MDU 的管理。vRG + vONU 功能可以整体实现在 FTTH/光纤到楼(FTTB)场景下,将整个接入网络虚拟化为以 OLT 为核心的单一网络转发设备。

网络的“一虚多”虚拟化主要需求来源于将网络分割为不同区域应用,如将网络提供给不同的运营商运维,提供给运营商不同的业务部门运营,按不同的安全性要求隔离网络,以网络即服务(NaaS)的形式提供给不同的用户使用等。“多虚一”与“一虚多”的虚拟化技术互为补充,往往首先实现网络“多虚一”后,再通过

“一虚多”实现业务应用隔离。M-ICT 时代下,“一虚多”的功能主要由 SDN 控制器完成,一些典型的虚拟化技术方案包括:

- S-PTN 技术方案。在该方案中,在 PTN 网络中引入集中 SDN 控制器架构,通过 SDN 控制器将网络分割为两张不同的网络,分别承载移动 Backhaul 业务与集团客户的专线业务,再交给运营商不同的业务部门进行分别运营。

- 接入网虚拟化方案。在该方案中,先将接入网“多虚一”虚拟化为一个网元后,由 SDN 控制器实现对该接入网元的“一虚多”虚拟化,不仅可以以不同板卡、不同 PON 口为虚拟化粒度,也能实现基于 ONU 端口甚至虚拟局域网(VLAN)为粒度的虚拟化分割,由不同的运营商运维或根据不同的业务实现不同的网络控制。

- 逻辑路由器技术方案。在该方案中,通过专用的操作配置接口配置独立的硬件资源如物理接口、线卡槽位等到不同逻辑路由器, Fabric、电源、冷却系统、硬件转发引擎、Host CPU 进程、路由表数据库等资源也将限制在不同的逻辑路由器内。旨在保护用户投资并最大限度提供灵活的方法映射物理资源到不同的虚拟设备来简化管理,并按需部署专用设备,保证不同虚拟设备之间的隔离,从而提高用户数据的安全性。

- 虚拟化数据中心(VDC)虚拟化数据中心技术方案。在该方案中,以虚拟可扩展 LAN(VXLAN)作为底层转发技术,以 NFV 方式进行安全服务编排,SDN 控制器收集数据中心物理网络拓扑,统一管理,虚拟化为多个独立的逻辑网络,每个逻辑网络可以单独进行配置和管理。这使得每个用户可以对计算、存储和网络资源统一管理,就像管理一个真正的数据中心一样管理这些资源。

无论是“多虚一”还是“一虚多”的虚拟化,都是为了实现网络的“按需服务”,屏蔽了网络内部复杂的各

种细节,给网络用户提供简单、方便的使用体验。

2.3 网络智能化

网络的智能化进程类似于生物智能进化过程。传统的承载接入网络的智能体现在各个网络层次,形成独立、互不协调的网络智能,例如自动交换光网络(ASON)/基本波分系统的自动交换光网络(WASON)的智能仅局限于同步数字体系(SDH)/波分复用(WDM)光网络,多协议标签交换(MPLS)则通过一系列的分布式协议实现了 IP 网络的智能。这样的智能化水平使得网络各区域间难以保持统筹,也难以实现端到端的业务质量保障。

M-ICT 时代下网络智能进一步“进化”,从低等生物“脑神经节”智能向高等生物“脑”智能发展,最终形成网络整体的智能,构建整体电信网络的“大脑”。

M-ICT 时代下网络智能有两方面的趋势:一方面,有线网络只是作为电信网络的“躯干”,在网络智能化进程中主要是向“大脑”提供信息并接受“大脑”的控制。在网络 SDN 化的趋势下,有线网络的控制逐步集中,越来越多的受到电信网整体的智能“大脑”控制,从另一个角度看也可以说,有线网络本身的智能化水平在下降。但有线网络本身仍将会保留一部分低等级的智能,如实现快速的保护倒换,类似于生物的“条件反射”系统。另一方面,在朝向“大脑”进化的过程中,有线网络本身的“感知”系统则进一步进化发达。以往一些网络单元也纷纷被加入“智能感知”环节,如光接入网络中无源的光配线网络(ODN)朝向智能光配线网络(eODN)发展,通过内置的光时域反射仪(OTDR)、电子标签等技术,使无感知能力的 ODN 能实现智能监测。另外,除传统的操作、管理、维护(OAM)机制外,网络中也会增加各类业务探针(内置或外置)的部署,实现

端到端的监测感知网络质量^[2]。

这种类似高等生物智能的新型网络架构,再加上智能组织的编排器,共同指挥多个智能实体相互协调,打通了从上到下、从局部到全局的智能通道,使得所有业务行为都由软件自动在全网实现,实现真正意义上的简单。

3 网络“开放”的技术支持

相比 IT 业,CT 业环境一直比较封闭,为了获得高性能与电信级业务水平,采用垂直一体的“烟囱式”网络设备结构,设备间的互通依靠电信标准组织形成统一标准。新业务出现时,往往需要等待新的电信标准出现,业务创新周期以“年”为单位。在 M-ICT 时代,IT 与 CT 日益走向融合,CT 在保持高性能与电信级可靠性的同时,利用 IT 的开放思路对电信网络进行重构,形成互联网化的电信设备研发与网络运营体系。

在 M-ICT 时代下,SDN 与 NFV 技术形成网络开放的技术基础。SDN 定位在网络转发功能的集中控制和调度,而 NFV 定位在网络业务功能的虚拟化、云部署。在城域网的范畴,原企业用户终端设备(CPE)、宽带网络网关(BNG)、运营商级的网络地址转换(CGN)等设备的控制面上移,集中放置在数据中心部署,可以更好地共享资源,加快业务部署速度,也有利于新业务的快速、灵活开发。因此,未来在城域网汇聚层引入云设施是一个重要的发展趋势。对于光传输、核心路由器来说,NFV 需求尚不迫切。

转发面是否放在数据中心进行虚拟化部署还存在不同意见,一是服务器作为高速转发设备是否合适;二是对服务质量(QoS)功能的支持方面当前仍比较欠缺。因此,传统的高性能转发设备在相当一段时间有可能继续存在,但会接受 NFV 管理面的统一调度^[3-4]。

SDN 与 NFV 两种技术互为补充,

最终形成芯片→网络设备→网络操作系统→网络应用的类 IT 产业架构。各层之间接口开放,容纳产业链,同时不同开发者根据自己所擅长的方面,快速实现各种网络业务创新,从而能够实现互联网化的快速业务创新。

当前 ONF 所倡导的 Openflow 协议是网络设备控制接口开放的最重要协议标准。我们需要看到,目前的 Openflow 还存在一些不足,如其主要针对网络转发行为的抽象,对网络 OAM 等非转发行为的抽象不够;另外 Openflow 仍是网络协议相关的,随网络协议变化 Openflow 协议本身不断进行增补,限制了网络协议的创新。为了保持对大量已有传统网络转发芯片的兼容,Openflow 采用了表类型模式(TTP)的方式对已有的网络转发芯片进行抽象,能尽快对已有的有线网络进行 SDN 化集中控制,这是当前网络向 SDN 化演进的必经阶段。随着 SDN 的发展,Openflow 必将继续解决网络其他行为的抽象,并实现协议独立,使得网络能够实现真正软件定义^[5]。

在有线网络领域,还有另一种设备的开放,即类似于 Facebook 的开放计算项目(OCP)计划中的 OCP 交换机架构。OCP 开放结构实现交换设备板卡通用、交换机软件的第三方加载,实现类似于兼容机的白盒设备架构,原则上与 Openflow 的 SDN 化思想并不矛盾,但在采用 Openflow 的网络集中控制之后,Openflow 转发设备本身白盒化,业务创新通过 Openflow 接口实施,对交换机上软件创新的压力将大大减轻。两种开放技术存在一定的竞争关系。当 SDN 技术深入发展后,OCP 的白盒架构意义表现得并不突出。

4 结束语

总之,在 M-ICT 时代,“极速、简单、开放”贯穿于有线网络的技术、架构与产业链的发展全程。数字的洪

流促使网络容量不断增长,驱动网络的各层次全面提速;网络架构走向简洁扁平,同时运用软件工程技术,网络的内部复杂度被屏蔽,网络的智能化能力持续提升;SDN 与 NFV 技术深刻影响有线网络的各个层面,通过网络软件化、接口抽象,最终实现完全开放的网络生态环境,获得如同 IT 一般的互联网化网络创新能力。

参考文献

- [1] 孙枕戈. ICT 行业未来趋势:拥抱 ICT 的 M (Mobile)时代[J].中兴通讯技术, 2014,12(1): 2-4. doi: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.001
- [2] 周磊. 智能 eODN 的先进运维能力[EB/OL]. [2014-05-23]. <http://www.cww.net.cn/cwwMag/html/2014/5/23/201452314146951.htm>
- [3] NFV White Paper [EB/OL]. [2015-01-3]. <http://portal.etsi.org>
- [4] 赵慧玲,解云鹏,史凡. 网络虚拟化及网络功能虚拟化技术探讨[J].中兴通讯技术, 2014, 20(3):8-11. doi: 10.3969/j.issn.1009-6868.2015.04.009
- [5] Open Networking Foundation. Openflow Switch Specification V1.4.0[S], 2013

作者简介



柯楚,中兴通讯股份有限公司高级工程师,有线规划部副部长,中兴通讯技术与战略专家委员会专家成员;主要研究方向为宽带通信网络及关键技术;通信设备相关专利 10 余项。



王翔,中兴通讯股份有限公司副总裁,有线规划部部长;承担多项国家及省市重大项目;主要研究方向为有线网络、业务软件、核心网及其关键技术。