SDN&NFV的接入网技术及应用场景探析

Access Network Technology and Application Scenario of SDN&NFV

李家京[1]，郭丙峰[1]，杨　彪[2]（1. 北京电信规划设计院有限公司，北京 100048；2. 中国联合网络通信集团有限公司，北京 100033）
Li Jiajing[1]，Guo Bingfeng[1]，Yang Biao[2]（1. Beijing Telecom Planning&Designing Institute Co.，Ltd.，Beijing 100048，China；2. China United Network Communications Group Co.，Ltd.，Beijing 100176，China）

摘　要：
随着互联网服务驱动网络架构的变革，人们对光接入网提出了新的要求，需要进一步具备智能、开放、服务化等特点，而传统的接入网架构与技术难以满足需求。在研究PON技术的发展趋势、分析国内外各标准化组织、权威机构的未来基于SDN/NFV的PON标准架构的基础上，将新技术切实地落实在应用场景和建设策略上，指导未来光接入网的业务发展和建设部署实施，以降低宽带和无线建设的总投资、降低能耗及更有利于未来运维的模式。

关键词：
网络管理；综合接入；网络资源共享；虚拟化
doi：10.12045/j.issn.1007-3043.2020.11.016
文章编号：1007-3043（2020）11-0080-05
中图分类号：TN913
文献标识码：A
开放科学（资源服务）标识码（OSID）：

Abstract：
With the change of Internet service-driven network architecture，people put forward new requirements for optical access networks，which need to be further intelligent，open，service-oriented and so on，and the traditional access network architecture and technology is difficult to meet the demand. On the basis of studying the development trend of PON technology and analyzing the future of SDN/NFV based PON standard architecture of standardization organizations and authoritative institutions at home and abroad，it will effectively implement the new technology in the application scenario and construction strategy，guide the business development and construction deployment implementation of the future optical access network，which can reduce the total investment in broadband and wireless construction，and reduce energy consumption and more conducive to the future mode of operation and maintenance.

Keywords：
Network management；Integrated access；Network resource sharing；Virtualization

引用格式：李家京，郭丙峰，杨彪. SDN&NFV的接入网技术及应用场景探析[J]. 邮电设计技术，2020（11）：80-84.

0 前言

随着以Internet为代表的信息通信技术的迅猛发展和普及，社会信息化程度的不断提高以及各种新型多媒体业务，如4K/8K高清视频、VR/AR及物联网等不断涌现，宽带用户数仍呈持续增长趋势，同时用户对QoS的需求也不断提升。当前国内外运营商的固定光纤宽带网络普遍存在资源利用率低，固定宽带、无线室内、政企专线、大客户等多种业务存在重复建设问题，建设效率和投资效益低，为加强对商务楼宇综合接入的全过程管控，实现管理的规范化和投资效益的最大化，对现有网络所存在的问题提出SDN/NFV技术解决思路。研究软定义和虚拟化的接入网系统架构，实现多运营商共享驻地网宽带网络资源的技术方法，探索SDN/NFV化的无源光网络的建设部署及运营管理模式。

收稿日期：2020-09-28

1 SDN/NFV接入网产生和发展的驱动力

软件定义网络（SDN）是一种新型的网络架构，旨在将网络的控制与转发分离，并对底层设备实现可编程化控制，从而达到网络开放与灵活配置的目标。SDN从架构上打破了传统依赖专有网元形成的封闭、

僵化的控制体系，为接入网发展提供了新的思路。网络功能虚拟化（NFV）是一种以软件实现网络功能的方式，能够部署在虚拟环境以及通用的标准硬件上。这能够满足运营商及企业多样化的网络要求，这也是应用服务器和储存这些基础设施所依赖的。NFV 能将网络服务与具体的硬件分开，这就为网络服务的设计、部署和管理带来了很大灵活性和弹性。

目前各种智能终端设备、各种云服务 APP 以及庞大的光纤网络和无线通信网络共同构成的全球互联网爆发式发展，极大地刺激了网络业务的日益多样化与复杂化。同时随着用户对综合业务通信需求的与日俱增以及定制化、差异化需求的出现，光网络的数据转发面朝着超长距离、超大容量、超高速率的方向发展，控制管理面则朝着智能灵活、软件定义、用户交互、安全可靠、高效节能的方向发展；开放化和低成本成为未来网络发展的核心目标，而传统的接入网架构与技术难以满足需求。

2 SDN/NFV 关键技术的分析

2.1 SDN 接入网关键技术

2.1.1 网络建模和开放 API

随着接入网网络规模不断扩大，网络复杂性不断增加，采用传统网络配置管理协议 SNMP 进行业务配置繁琐且易出错，难以满足网络业务自动化部署的需求。采用 SDN 技术实现自动化主要依赖于 SDN 控制器，通过逐层向上抽象网络建模以屏蔽下层技术实现细节，基于网络模型的多层开放 API 接口来分解 SDN 软件系统复杂性和简化可编程的相关问题。网络建模是对网络抽象的过程，网络模型因其抽象层次、抽象目标的不同而形成不同的网络抽象模型。而面向用户需求的网络业务模型提供了统一的开放框架与网络抽象，使开发者在一致的业务抽象模型基础上根据需求开发应用与服务，能够描述网络维护配置需求和业务发放的需求，适应多厂商、跨平台的要求，消除因厂商差异化实现带来的困惑和障碍。业务模型是 SDN 开放网络能力的核心要素，也是基于 SDN 的接入网的关键技术。

2.1.2 可编程的转发面

控制与转发分离后，与传统接入网转发平面相比，SDN 转发平面具有更简单的硬件结构和更精细的流控能力以及更开放的配置接口等特点。以 FTTx 为例，在基于 SDN 的接入网中，OLT 或者 ONU 都需要具备可编程的转发平面。并且通过南向接口协议和控制器进行交互，成为类似于软件定义交换机的设备。这里的交换机是一种逻辑概念，可以由硬件实现，也可以由软件实现。

2.1.3 接口协议

转发层和控制层之间通过南向接口协议互通。控制层和业务编排层之间通过北向接口进行协议互通。目前南向接口的协议有：Open flow、SNMP、NETCONF 等。控制器通过南向接口协议直接控制转发面设备，即 Access Controller。Access Controller 存在于控制面中，是接入网一系列物理和虚拟功能的控制器，使得接入网设备更易于管理和部署。南向接口方面，仍然以 OpenFlow 这一占据主导地位的接口协议进行分析；控制器与业务编排之间及业务编排对外的北向接口将采用 OPEN API 的方式，具体规范有待进一步研究。

2.1.4 接入点的架构

SDAN 架构如图 1 所示，其中有 2 个与控制功能相关的重要选件。

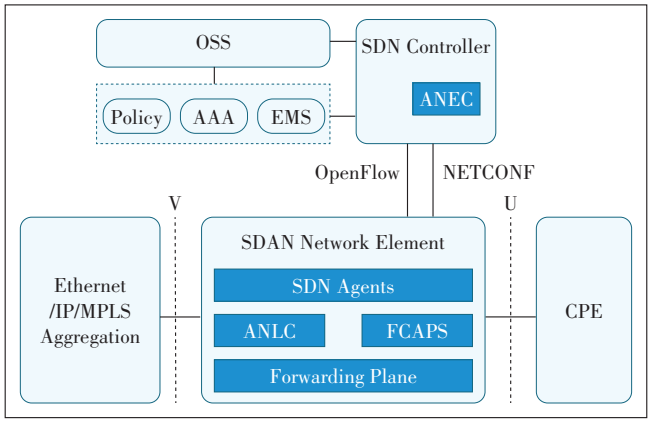

图 1　软件定义的接入节点架构

a）接入节点本地控制（ANLC）。SDN 控制器可将部分控制功能授权给设备本身来实现，控制器仅需了解状态及结果。

b）接入节点外部控制（ANEC）协议。SDN 控制器可通过适宜的控制协议与域外的节点进行通信。这些控制协议可在控制器内部实现，或者作为 SDN 应用实现。

2.2 NFV 接入网关键技术

2.2.1 虚拟网络功能

VNF 是一个网络功能的虚拟化的实例，它可以部署在虚拟化或非虚拟化的网络中。这些网络功能可

以共同形成一个网络服务，既可以部署在单个VM上，也可以跨多个VM部署，这取决网络本身采用的架构。在某些情况下，VNF也可以运行在物理服务器上，并通过物理服务器的监控管理程序进行管理。

对于接入网，VNF的传统管理功能可以通过EMS（Element Managemen System）进行。所以，EMS的管理功能（安装、监控、错误日志记录、配置、记账、性能和安全等）和VNF如何配合成为核心。另外，EMS与网管系统通过北向接口相连，与VNF通过南向接口相连，接口的确定也是值得考虑的问题。

2.2.2 网络功能虚拟基础设施

NFVI是搭建运行VNF环境的所有硬件和软件资源的总和。需要注意的是NFVI包括不同物理位置之间的网络连接（如数据中心和公有/私有/混合云的连接）。将NFVI进一步划分，可以分为3个区域，即计算域（包括存储）、管理程序（Hypervisor）域以及基础设施网络域。

NFV架构可以利用现有的虚拟层技术（如Hypervisor）的标准功能，进行硬件资源的抽象，并分配给VNF。在没Hypervisor的情况下，企业也可以利用非虚拟化服务器的操作系统来提供虚拟化层，或者将VNF当作一个应用程序来部署。

3 SDN/NFV分场景的应用模式探析

3.1 多业务承载和差异化批发

随着光纤宽带接入网络规模建设，宽带接入逐渐演进为承载家庭用户、政企专线网络规模建设，宽带接入逐渐演进为承载家庭用户、政企专线网络、移动基站回传等各种业务类的全接入，宽带接入网络面向不同客户、不同种类业务，需要支持差异化的服务质量SLA要求，提供独立隔离的业务转发功能和设备管理功能，并规避不同业务运营中由于资源耦合的资源竞争和抢占。引入SDN和NFV技术，将物理网络虚拟分片，使单一物理OLT设备逻辑分为多个虚拟分片设备，并采用虚拟分片来承载独立多业务，从而满足多业务在业务规划、业务运行、业务维护等多种场景下的隔离和差异化要求，也可以在批发虚拟分片时满足第三方应用的差异化要求。在多业务运营的场景下，VLAN等网络资源冲突，多业务之间资源竞争和抢占，直接影响业务发放和高价值业务的SLA和体验。基于切片的业务接入承载的部署模式如图2所示。

在支撑多业务承载和差异化批发时，可以按PON

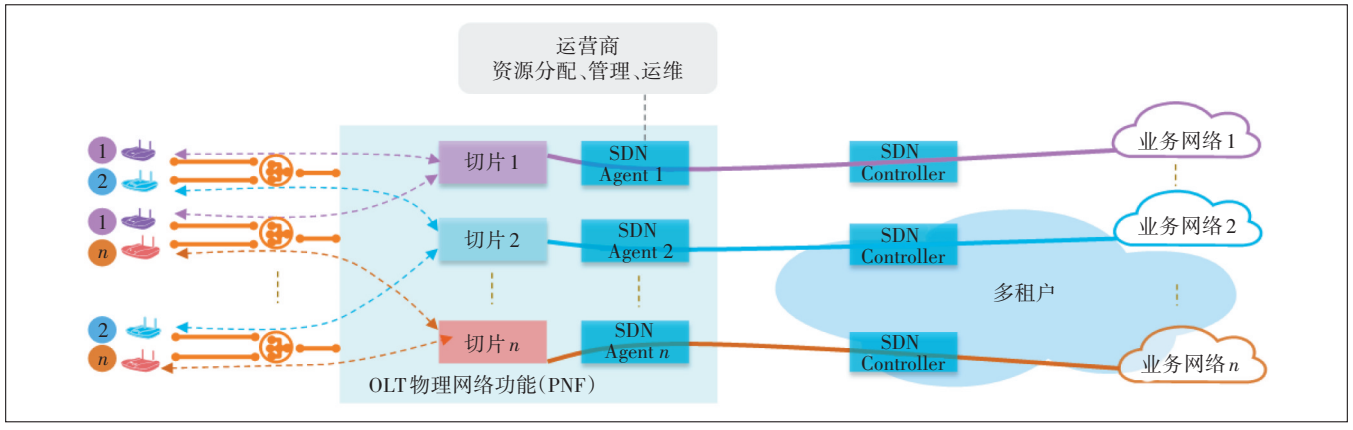

图2　基于切片的业务接入承载的部署模式示意图

或ONU，甚至ONU的UNI口进行切片用户侧按需接入不同的用户业务。每个网络切片均有独立的转发面、管理面和控制面，切片独享实例化资源，业务互不影响。每个网络切片具有独立的上联、下联端口资源，可对资源按需切分多租户共享接入网资源，弥补烟囱型网络的缺陷。

3.2 小基站移动回传应用场景

随着移动流量需求的不断提高，为了满足容量和覆盖的要求，通过部署越来越多的移动小基站来解决问题，小基站是成本相对较低、部署位置需要更加灵活的解决方案。为解决灵活性问题，需要为小基站提供动态的移动回传资源，回传的解决方案有很多，PON是其中一种成本较低的可选项。PON引入SDN/NFV，提高资源管理能力，可以达到所需要的灵活性和可扩展性。

由于基站回传在业务质量、业务安全性和可用性等方面都比常规的宽带接入用户的要求高，在管理上也是由不同的部门进行维护管理，因此可以通过引入

SDN/NFV使接入网支持资源共享和逻辑分片，组建接入网层面的虚拟专网，保障基站回传业务的独立性和质量。利用SDN和NFV可以实现灵活的端到端的跨网络协同，提升小基站承载通道的开通效率，灵活应对传输拓扑层面的变化，保障基站回传业务的畅通。

3.3 为分布式边缘计算节点提供网络连接

未来的网络中除了集中部署的云计算服务，针对部分时延要求低或者有本地隐私需求的应用等场景，可以将原有集中部署的云计算扩展到分布式的边缘计算和存储节点。比如：将人脸识别用于安检时，人脸特征信息存储在靠近安检设备的边缘计算节点，可以加快识别的速度，防止漏检。摄像头回传的人脸图像采用IPSec等技术加密传输，识别前需要解密IPSec，需要在边缘计算节点部署支持IPSec的虚拟网络功能。出于隐私的考虑，云端存储的是加密的特征信息，只授权将解密的特征信息存储在边缘计算节点，云端可按需推送相关信息到边缘。

接入网SDN控制器可以控制OLT等宽带接入网设备，为这些分布式边缘计算节点提供传感器、摄像头等用户终端的接入控制服务，并支持从用户终端到云存储平台的专线连接。OLT灵活部署在SDN控制的EDC网络如图3所示。

以DC为中心网络是今后发展方向，集中管控，数据中心内架构保持一致。EDC/DDC机房提前规划好，

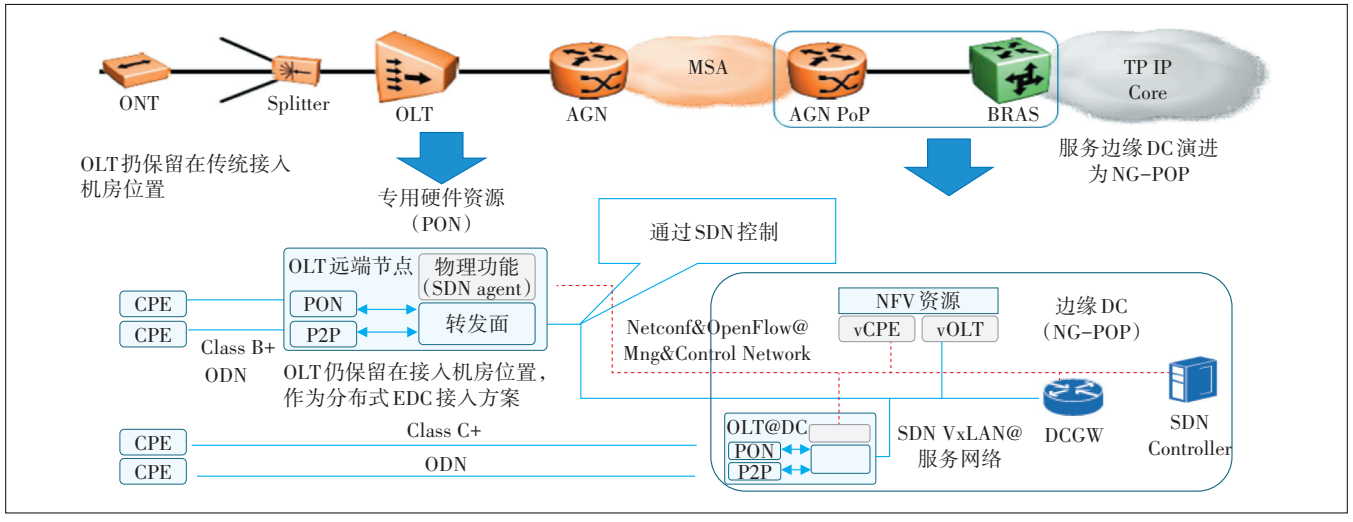

图3　OLT灵活部署在SDN控制的EDC网络

机房和管线新建，可以考虑OLT直接放在EDC，部署光纤成本较低。OLT功能模型如图4所示。

3.4 以OLT分界的多运营商共享场景

光分配网ODN部分仍借鉴住宅区2项国家规范的思路，实现各家公平进入、资源共享、用户自由选择的目标，因此采用切片技术，将共享分界点上移到OLT。设置驻地网运营商或由现有的驻地网主导运营商负责OLT及以下资源建维。OLT分界共享方式宽带网结构如图5所示。

采用OLT为界的网络资源共享，优点是网络资源由OLT至ONU以上全部可共用，不需手工跳接，租用方可完全利用驻地方的全部覆盖资源。能大幅缩短业务开通时限，降低建、维成本，避免误接故障。

目前，各大、中型运营商均以5~10年内基本实现光纤宽带全覆盖为目标，并以此基础进行核算。根据全国7.5亿城镇人口，约3.05亿商住户（小型商户按住

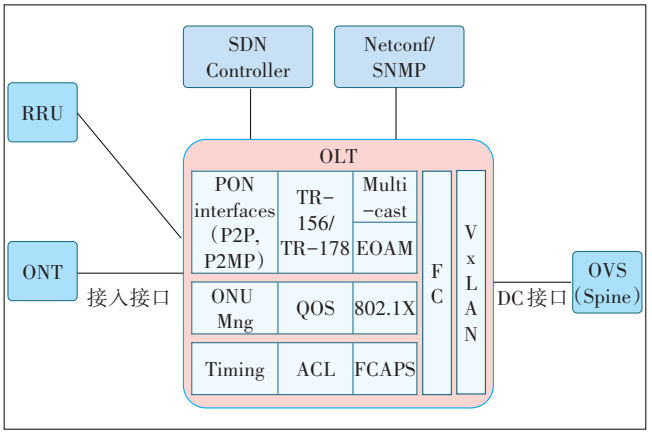

图4　OLT功能模型

宅10%计取），业务渗透率约70%计算。传统模式光分配网约300%重复建设，初步核算采用创新模式与传统建设模式相比，投资比例是1:35，可节省1 850亿元。

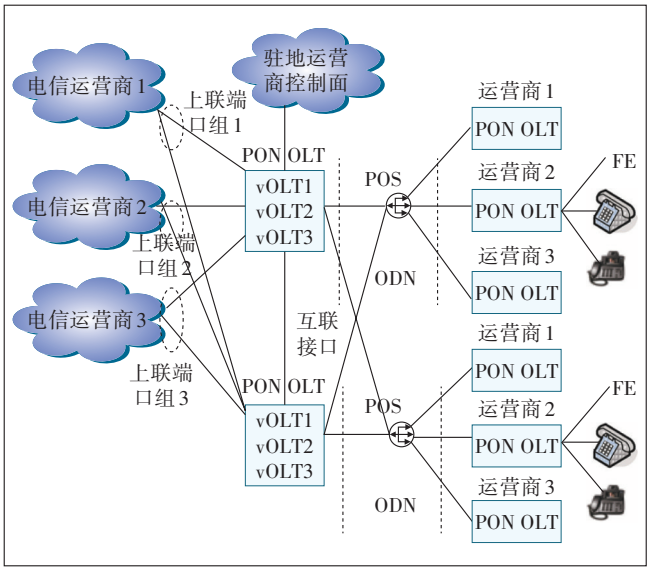

图5　OLT分界共享方式宽带网结构示意图

4 基于SDN/NFV的接入网的挑战

SDN和NFV是通信网络发展的新方向，是通信网络为满足日益增长的互联网、云计算、物联网等不断涌现的新型动态应用需求而不断演进、革新的新阶段。SDN的核心是控制与转发分离且控制集中化、接口开放和转发行为可编程以及网络虚拟化。而NFV则将网络功能软件化，使其能够运行在标准服务器虚拟化软件上，通过标准的IT虚拟化技术，把网络设备统一到工业化标准的高性能、大容量的服务器，交换机和存储平台上。SDN/NFV接入网力求通过网络转发功能与控制功能分离、网路功能的虚拟化，实现软件定义的接入网网络架构，构建更灵活、高效、低成本、开放的接入网网络。

5 总结及建议

随着宽带中国战略的出台，固定宽带和移动宽带加速发展，各大网络运营商都大力推进FTTH、高速光传输和移动回传网络建设，光通信网络特别是光接入网已经成为我国最重要的通信基础设施之一。

接入网设备和业务的强耦合方式导致业务部署复杂，业务发放周期长。新业务的提供往往需要开发新设备，无法适应业务及使用模式的快速变化和创新需求。运营商的接入网规模、数量庞大，厂家数量众多，海量网络设备的维护和管理复杂，难以满足云计算、数据中心互联、大客户专线的业务动态调度需求。运营商逐渐认识到软件定义网络技术是实现运营商转型的重要突破方向和应对量收剪刀差持续扩大的有效手段，从过去的观望态度转变为积极推进。然而，虽然SDN和NFV作为对网络具有重大影响的新技术，其价值已经被业界普遍认可；但是在接入网领域，如何准确评估和分析投资回报率仍然是一个较大的问题。一方面SDN/NFV技术的引入对接入网整体价值格局会产生影响，传统的网络都是由具有特定功能的专用硬件和软件组成，其中硬件的价格在网络成本中占有很大的比重，而SDN/NFV采用标准化硬件，通过加载不同的软件来实现网元的各种功能，因此硬件的成本会得到降低，而软件的价值会显著提升。另一方面，由于缺少大规模成功部署的案例，在评价接入网引入SDN/NFV技术对节省投资成本和运维复杂度问题上，缺乏足够的数据支撑。需要充分认识到当前SDN/NFV在接入网领域的这些问题和现状，寻求SDN/NFV与接入网结合的最佳契合点，才能创造价值，推进网络发展。

目前我国运营商对SDN接入网方面的应用场景分析、北向接口和信息模型，NFV接入网方面的虚拟家庭/企业网关的应用场景，虚拟网络功能分析、网络模型的共存和演进等已经提出了迫切需求，而国际标准组织在这些方面的工作还比较薄弱，有必要联合国内运营商、制造企业和科研机构，提升我国在新技术新领域标准实体，推进自主创新技术的国际化，增强国际标准化话语权。

参考文献：

[1] 住宅区和住宅建筑内光纤到户通信设施工程设计规范：GB 50846-2012[S]. 北京：中国计划出版社，2012.
[2] 住宅区和住宅建筑内光纤到户通信设施工程施工及验收规范：GB 50847-2012[S]. 北京：中国计划出版社，2012.
[3] Open Network Foundation. Software Defined Networking: The New Norm for Networks[R]. OPF，2012.
[4] D. Stiliadis. Software Driven Networks：Use Cases and Framework [R]. IETF，2011.
[5] D.Abgrall. “Virtual Home Gateway，How can Home Gateway virtualization beachieved”[R]. Eurescom，Tech. Rep，2011：2055.

作者简介：
李家京，毕业于北京邮电大学，高级工程师，学士，主要从事宽带政企业务咨询、规划工作；郭丙峰，毕业于西安电子科技大学，高级工程师，硕士，主要从事宽带政企业务咨询、规划工作；杨彪，毕业于北京邮电大学，高级工程师，学士，主要从事中国联通宽带政企网络规划、建设管理工作。