



中华人民共和国通信行业标准

YD/T XXXXX—XXXX

基于 SDN 的宽带接入网 总体技术要求

Broadband access network based on SDN—General requirements

(报批稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 定义、术语和缩略语..... 1

 3.1 术语和定义..... 1

 3.2 缩略语..... 2

4 基于 SDN 的宽带接入网需求和能力概述..... 3

 4.1 基于 SDN 的宽带接入网新需求..... 3

 4.2 基于 SDN 的宽带接入网核心能力..... 3

5 基于 SDN 的宽带接入网参考架构和接口..... 4

 5.1 参考架构..... 4

 5.2 接口..... 4

6 接入节点..... 5

 6.1 数据面功能..... 5

 6.2 基于 NETCONF/YANG 的管理控制..... 6

 6.3 网络遥测功能..... 8

7 控制器功能..... 8

 7.1 概述..... 8

 7.2 设备管理功能..... 8

 7.3 抽象和视图..... 9

 7.4 控制面协议处理..... 9

 7.5 控制器设备及部署..... 9

8 协同编排功能..... 9

9 其他要求..... 9

参考文献..... 10

前 言

本标准是基于SDN的宽带接入网系列标准之一，该系列标准的预计名称和结构如下：

- 基于SDN的宽带接入网 总体技术要求；
- 基于SDN的宽带接入网 OLT设备；
- 基于SDN的宽带接入网 控制器；
- 基于SDN的宽带接入网 基于PON设备YANG模型的控制器南向接口。

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：中国信息通信研究院、中国电信集团有限公司、华为技术有限公司、上海诺基亚贝尔股份有限公司、中国信息通信科技集团有限公司、中兴通讯股份有限公司。

本标准主要起草人：程强、张德智、林薇、张立新、王志军、田洪亮。

基于 SDN 的宽带接入网 总体技术要求

1 范围

本标准规定了基于软件定义的宽带接入网的核心能力、网络架构、网元功能要求、控制器功能要求、协同编排功能要求和其它要求等。

本标准适用于公众电信网环境下宽带接入网，专用电信网也可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

IETF RFC 5277 NETCONF事件通知（NETCONF Event Notifications）

IETF RFC 6241 网络配置协议（Network Configuration Protocol（NETCONF））

IETF RFC 7950 YANG 1.1数据模型语言（The YANG 1.1 Data Modeling Language）

IETF RFC 8040 RESTCONF协议（RESTCONF Protocol）

IETF RFC 8341 NETCONF接入控制模型（NETCONF Access Control Model）

3 定义、术语和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

网络配置协议 NETCONF

一种简单的基于RPC的机制进行NETCONF客户端和服务端之间的通信协议。客户端一般是一个运行在网络/网元管理器上的脚本或APP；服务端一般是被管网元。NETCONF的客户端和服务端均可发起会话。

3.1.2

YANG 数据模型 YANG data model

一种抽象的数据模型语言。NETCONF用YANG来模型化配置和状态数据。

3.1.3

配置数据区 configuration datastore

使设备可以由初始缺省状态进入所需的工作状态的完整的配置数据的集合。配置数据区不包括状态数据和操作命令。

3.1.4

网络遥测 network telemetry

测量、收集、记录和分发关于网络行为的信息的过程。网络遥测数据可用于策略和SLA检验、故障根因分析、网络优化、事件跟踪和预测等目的。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

API: 应用编程接口 (Application Programming Interface)
 CPE: 客户驻地设备 (Custom Premise Equipment)
 DHCP: 动态主机配置协议 (Dynamic Host Configuration Protocol)
 EMS: 网元管理系统 (Element Management System)
 EPON: 基于以太网方式的无源光网络 (Ethernet Passive Optical Network)
 GPON: 吉比特无源光网络 (Gigabit-Capable Passive Optical Network)
 GW: 网关 (Gateway)
 HGU: 家庭网关单元 (Home Gateway Unit)
 IGMP: 互联网组管理协议 (Internet Group Management Protocol)
 IP: 互联网协议 (Internet Protocol)
 KPI: 关键性能指标 (Key Performance Indicator)
 MDU: 多住户单元 (Multi Dwelling Unit)
 NE: 网元 (Network Element)
 NFV: 网络功能虚拟化 (Network Function Virtualization)
 NT: 网络终端 (Network Terminal)
 OAM: 操作、管理和维护 (Operation, Administration & Maintenance)
 ODN: 光分配网 (Optical Distribution Network)
 OLT: 光线路终端 (Optical Line Terminal)
 OMCI: ONU管理控制接口 (ONU Management and Control Interface)
 ONF: 开放网络基金会 (Open Networking Foundation)
 ONU: 光网络单元 (Optical Network Unit)
 OSS: 运营支撑系统 (Operation support system)
 PPP: 点到点协议 (Point to Point Protocol)
 PPPoE: 以太网承载PPP (PPP over Ethernet)
 QoS: 服务质量 (Quality of Service)
 SDN: 软件定义网络 (Software Defined Network)
 SLA: 服务等级协议 (Service-Level Agreement)
 SNI: 业务节点接口 (Service Node Interface)
 SSH: 安全外壳 (协议) (Secure Shell)
 TLS: 传输层安全 (Transport Layer Security)
 UNI: 用户网络接口 (User Network interface)
 VLAN: 虚拟局域网 (Virtual Local Area Network)

4 基于 SDN 的宽带接入网需求和能力概述

4.1 基于 SDN 的宽带接入网新需求

随着整个电信网络架构的演进和业务需求的变化，网络运营者对接入网的各方面提出了新的需求，包括：

- a) 新业务快速开发和部署：运营商利用接入网提供的可编程能力，对需要接入网支撑的新的业务功能进行快速开发、验证和部署。在此过程中不需要设备商对网元以及网管等软硬件进行升级改造，缩短新业务上市时间。
- b) 端到端自动配置和开通：接入网作为端到端网络的一部分，为全局业务管理和编排功能提供自动化配置接口，实现业务快速的端到端配置，对业务需求做出即时响应。接入网通过与城域网/业务节点以及终端管理系统的协同联动，减少网络开通等待时间。
- c) 灵活的网络切片：网络切片是指允许在一个公共物理基础设施上部署多个逻辑的、自包含的网络，允许资源隔离和定制的网络操作。网络切片实例是实现网络切片概念的核心，它是一个端到端的逻辑网络，包含了一系列的网络功能、资源和连接关系。接入网的切片是端到端网络切片实例中的一部分。
- d) 业务质量区分和质量保证：接入网应根据其承载的不同业务，按需提供不同的业务质量保证。应支持在接入网SNI到UNI之间的业务和/或用户通道的软隔离和硬隔离。软隔离是指不同通道之间进行逻辑隔离，通过优先级机制区分不同业务质量。硬隔离是指不同的通道通过预先配置进行资源的预留，实现预留资源（例如：波长、时隙、带宽等）的独享。
- e) 智能化网络运维：随着网络业务更加复杂，网络灵活性不断增强，对网络的高效运维提出了挑战。接入网应增强网络运维的智能化能力，提供网络可视、故障预测、故障定位等运维辅助功能，降低运维难度，节省运维人工。

4.2 基于 SDN 的宽带接入网核心能力

SDN即软件定义网络。ONF定义的SDN架构提出了软件定义网络的三个原则：

- a) 控制和转发分离；
- b) 网络业务可编程；
- c) 集中化控制。

通常把满足以上三个原则的网络称为SDN。而随着SDN的研究的深入，目前往往把向上开放资源接口，可实现软件编程控制的各类基础网络架构也称为SDN，即广义SDN。本标准基于广义的SDN概念进行规定。

接入网的网络位置、架构、业务和管理运维方式等有其自身的特点，SDN技术在接入网中应用时需要结合接入网特点，适应接入网体量庞大、复杂度敏感和平滑演进的特性。

基于SDN的新一代宽带接入网应具备如下能力：

- a) 基于模型驱动的网络和网络配置管理能力：基于SDN的网元和网络配置管理应支持基于数据模型的配置管理能力。控制器功能通过获取的网元配置参数模型，对网元配置进行读取和修改。协同编排功能通过获取控制器配置参数模型，对网络配置进行读取和修改。
- b) 网络功能的可编程能力：基于SDN的接入网网元通过控制器功能南向接口开放能力给控制器，控制器通过编程和调用这些接口对网元行为进行控制，实现特定的网络服务功能。控制器功能通过控制器北向接口开放能力给协同编排功能，协同编排功能通过编程和调用控制器功能北向接口实现在网络能力范围内对业务逻辑的可编程。协同编排功能提供北向接口向应用或端到端协同编排功能提供可编程能力。
- c) 协议报文的灵活处理能力：基于SDN的接入网网元具备按照控制器功能的指令将数据面中特定的协议报文分离并转发到控制器功能。控制器功能可以按需将该报文转发至协同编排功能。控制器功能和/或协同编排功能具备对特定协议报文的处理能力。

- d) 网络资源和状态的全局视图能力：接入网应实现集中化控制，便于业务的端到端快速部署和运营。接入网应支持网络资源的抽象和对网络状态的采集或测量；接入网应提供网络全局视图，方便对网络性能的预判和故障的智能化分析，提升网络的保障能力，提升运维功效。
- e) 利用统一基础设施提供政企客户业务和家庭消费者业务等多承载的能力：基于SDN的接入网应支持通过网络切片对多种客户和业务的灵活承载，并对不同的切片提供符合SLA的业务质量保证。

5 基于 SDN 的宽带接入网参考架构和接口

5.1 参考架构

基于SDN的宽带接入网的网络架构按照功能划分，由“基础设施层”、“管理控制层”和“协同编排层”三个层面构成，如图 1所示。

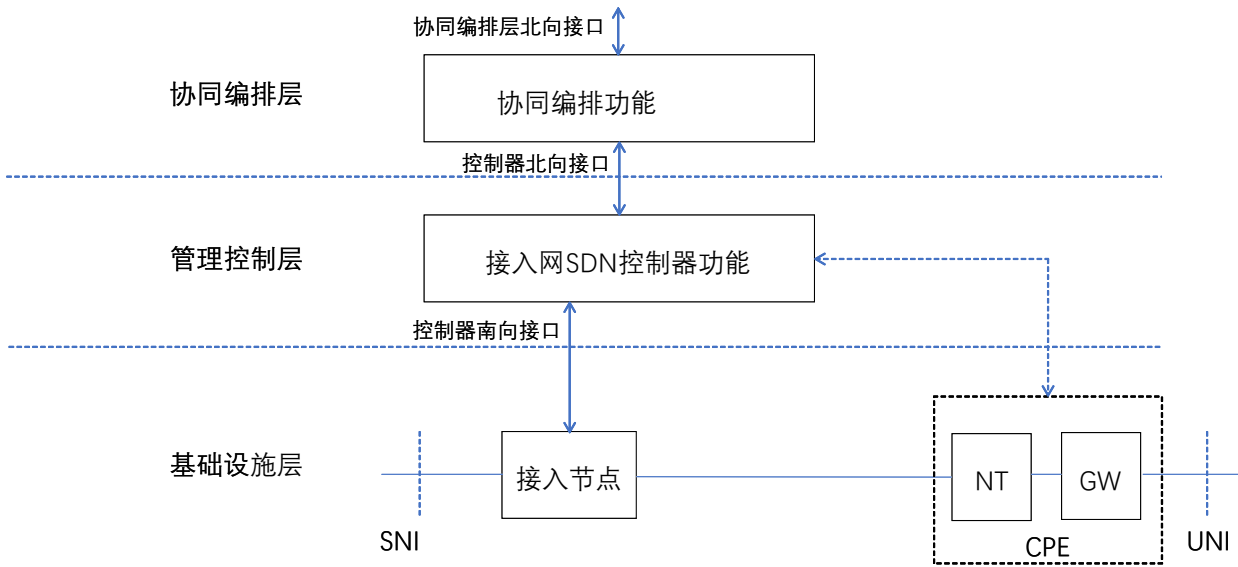


图 1 基于 SDN 的宽带网络参考架构

基础设施层中包含支持 SDN 的接入节点（本标准仅考虑 OLT 及 MDU）、CPE（例如：家庭/企业网关）等实体网络设备以及 ODN，主要完成报文的传送、调度、感知、监测等功能。支持 SDN 的接入节点提供用户接入和二/三层转发功能，接受接入网 SDN 控制器功能的管理和控制，并保留本地管理和本地控制功能（故障管理、性能管理、OAM/OMCI 等）。

管理控制层中包含接入网 SDN 控制器，通过统一的控制器南向接口、基于标准化的信息模型管理和控制支持 SDN 的接入设备，通过控制器北向接口接受协同编排层的协同管理，实现灵活的业务配置和网络管控。

协同编排层提供接入网内部跨厂商的协同、接入网与其他网络的协同，实现业务端到端编排，并通过开放 API 支持外部应用的调用。

5.2 接口

5.2.1 控制器北向接口

控制器北向接口位于协同编排功能与控制器功能之间。

控制器功能通过该接口向协同编排功能提供接入网网络服务的抽象,该抽象网络服务功能由YANG模型来描述。协同编排功能利用该接口通过RestCONF（见IETF RFC8040）等协议对接入网网络功能进行编排控制。

控制器北向接口可提供数据面协议报文（例如，DHCP和PPPoE等）的传送功能，宜采用gRPC协议对协议报文进行封装。

5.2.2 控制器南向接口

控制器南向接口位于控制器功能与接入网网元之间。控制器功能通过该接口对接入网网元功能进行编排控制。

控制器南向接口应支持NETCONF 1.1协议(见IETF RFC 6241)。

基于SDN的宽带接入网网元通过该接口向控制器功能提供接入网网元功能的抽象，该抽象网元功能由YANG模型来描述, YANG模型语言见IETF RFC 7950。接入网控制器南向接口的YANG模型应包含对接入网网元下挂的家庭/企业网关等CPE设备的管理，见6.1。

控制器南向接口可选提供数据面协议报文（例如，DHCP和PPPoE等）的传送功能，宜采用gRPC协议对协议报文进行封装。

5.2.3 协同编排功能北向接口

待定。

6 接入节点

6.1 数据面功能

6.1.1 基本功能

基于SDN的宽带接入网接入节点应支持MAC地址学习、以太网业务二层线速转发、超长以太网帧、二层隔离、环路检测功能、以太网生成树、以太网流量控制、以太网链路聚合、近端和远端环回、基于IPv4和IPv6的可控组播等功能。

6.1.2 VLAN 功能

基于SDN的宽带接入网接入节点应支持单层VLAN和双层VLAN功能，支持VLAN标签的增加、删除和替换。

6.1.3 QoS 功能

基于SDN的宽带接入网接入节点应支持流分类和标记功能、多个优先级队列以及不同的优先级调度算法、支持流限速、支持流量整形功能。

6.1.4 安全功能

基于SDN的宽带接入网接入节点应支持远端设备认证、MAC地址数量限制、协议报文速率限制、数据包过滤、PPPoE中继代理和DHCP中继代理、MAC地址防欺骗等功能。

6.1.5 切片功能

基于SDN的宽带接入网应支持网络切片功能。每个切片的数据面和管理面功能应独立。每个切片的数据面资源应相互独立，互不影响。

基于SDN的宽带接入网宜对每个切片的KPI指标进行持续监测，保障切片性能符合切片SLA的要求。

基于SDN的宽带接入网应支持数据分流，实现数据流到切片的自动映射。

6.2 基于 NETCONF/YANG 的管理控制

6.2.1 管理模式

6.2.1.1 概述

接入网主要由接入节点和CPE（例如：家庭网关、企业网关）设备组成。由于CPE设备数量众多，为了减少网元管理器或控制器的管理链路和管理实体的数量，优化管理方式，通常采用接入节点作为CPE设备的管理代理，称为集成管理模式（见6.2.1.2）。在一些特殊的场景下，比如服务于个性化客户或具有定制化的功能的企业网关，或网关部分功能被虚拟化后部署在云上时，接入节点的代理管理模型可能无法满足这些场景下的管理需求，可以采用分离模式对设备进行管理（见6.2.1.3）。

6.2.1.2 集成管理模式

集成管理模式把接入节点和下挂的CPE设备视为一个单一的组网元，YANG模型和NETCONF管理服务接口由接入节点来实现。如图 2所示，以GPON OLT为例，OLT提供一个统一的NETCONF管理接口，由OLT代理对ONU的管理，OLT将针对ONU的NETCONF/YANG配置转化为OMCI消息配置到ONU上。

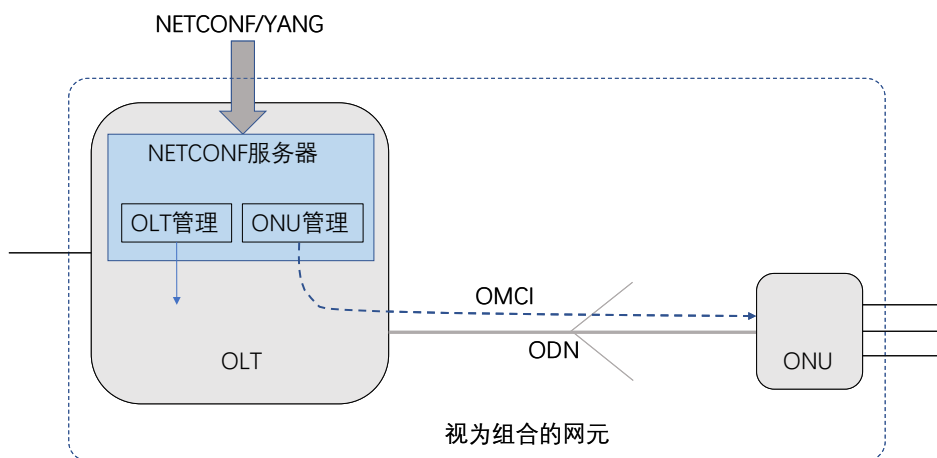
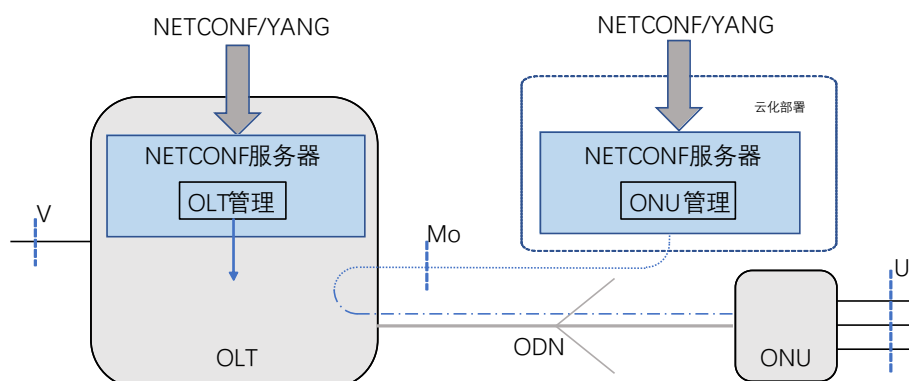


图 2 集成管理模式示例

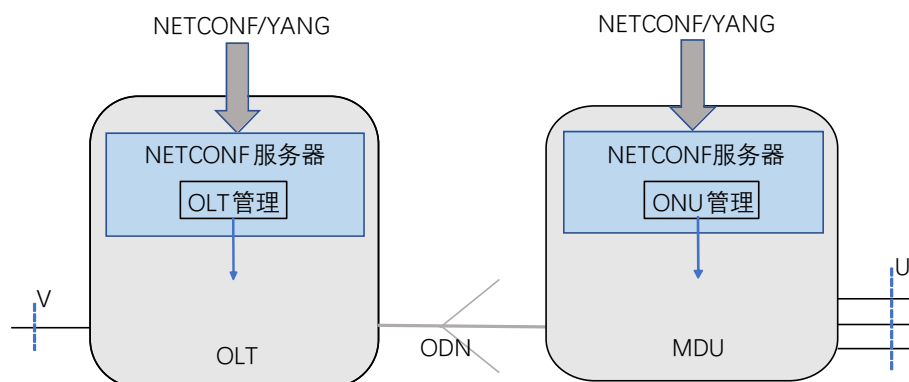
6.2.1.3 分离管理模式

分离模式下，不同节点（例如：OLT、MDU、CPE）作为独立的网元，分别具有自己的NETCONF管理接口，提供NETCONF服务。以GPON为例，图 3给出了分离管理模式的示例。需要注意的是，对于PON网络来说，PON层管理数据需要在OLT和ONU之间保持同步，因此通过NETCONF下发的配置触发的PON层管理数据的改变需要通过额外的方式在OLT和ONU间同步，该同步方式不在本标准范围内。



注：Mo 参考点的定义不在本标准范围内。

a) ONU 云化部署时的分离管理模式



b) OLT 与 MDU 设备的分离管理模式

图 3 分离管理模式示例

6.2.2 管理功能要求

基于SDN的宽带接入节点应支持通过NETCONF/YANG对设备进行管控，支持基于YANG的宽带接入网OLT/ONU信息模型，包含对以下能力的支持：

- 资源配置能力，实现对网元资源的调度；
- 业务控制能力，包含VLAN、QoS、隧道专线类业务等；
- 实时上报宽带接入网设备的告警和事件；
- 与管理控制层的数据一致性处理，实现管理控制层和基础设施层的资源准确性。

宽带接入网OLT/ONU信息模型中应包含支持OLT设备管理（设备管理，线卡管理、性能管理、切片管理等）、PON接口管理、业务功能管理（如VLAN配置、QoS配置、VxLAN配置等），以及ONU管理的数据模型。

支持SDN的OLT应支持基于宽带接入网OLT/ONU信息模型中实现ONU管理功能的数据模型，实现对ONU管理协议（例如：OMCI、OAM等）之间的协议代理和转换。

6.2.3 管理通道

基于SDN宽带接入节点应支持NETCONF1.1和YANG1.1。接入节点应实现NETCONF服务器功能，该服务应支持IPv4和IPv6，并允许多条并发的NETCONF会话。

6.2.4 NETCONF 配置数据区

6.2.4.1 概述

接入节点和控制器应至少支持对本节下列数据区的操作。

6.2.4.2 候选配置数据区

候选配置数据区是用于创建和编辑配置数据的工作区，可以通过NETCONF协议对本区配置数据进行增加、删除和修改，可以在任何时候通过确认(commit)操作将候选配置数据区设置为网元的运行配置。

6.2.4.3 运行配置数据区

运行配置数据区持有当前网元所有正在运行的有效配置。

6.2.4.4 启动数据区

启动数据区是设备上电或重启时自动载入的配置数据。当设备的启动配置数据不同于运行配置数据时，需要该区。

6.2.4.5 远程数据区（可选）

远程数据区存储了指向配置数据的URL，可以用于配置数据保存到文件或从文件恢复。

6.2.5 NETCONF 安全

基于SDN的宽带接入节点应支持NETCONF/YANG访问控制安全，对不同的NETCONF用户提供受限的NETCONF操作和YANG模型的子集，见IETF RFC 8341。

基于SDN的宽带接入节点应支持NETCONF over SSH，可选支持NETCONF over TLS。

6.2.6 告警与事件上报

基于SDN的宽带接入节点应支持通过NETCONF进行告警和事件的订阅和异步上报，见IETF RFC 5277。

6.3 网络遥测功能

基于SDN的接入网网元应支持对网元数据面、控制面和管理面的遥测(Telemetry)功能。支持遥测数据的采集、过滤、订阅和推送。

7 控制器功能

7.1 概述

接入网 SDN 控制器应支持基于 YANG 的宽带接入网 OLT/ONU 信息模型，实现资源管理功能，为控制器中的管理和控制功能提供统一和抽象的网元资源和网络资源信息。通过控制器南向接口，以及相应的接口协议功能，接入网 SDN 控制器连接接入节点获取宽带接入网中的资源数据，并根据业务诉求为基于 SDN 的宽带接入设备生成控制数据，并下发到宽带接入设备，实现对 OLT 的控制和管理操作；接入网 SDN 控制器也通过控制器南向接口获得网元设备告警、性能统计数据 and 事件上报。

7.2 设备管理功能

接入网 SDN 控制器应支持宽带接入网设备的管理功能，主要包含：

- a) 配置管理：包含对网络侧和用户侧接口参数的配置、上下行业务流参数的配置、板卡和

PON 端口的配置、VLAN/帧过滤/组播等以太网功能的配置、PON 系统功能的配置、软件升级功能等；

- b) 性能管理：包含针对 OLT 的上联口、PON 端口、ONU 等对象启动性能测量功能、采集和处理测量数据、分析测量结果；
- c) 故障管理：包含对 PON 系统指定的部分进行持续的或间断的测试、观察和监测、接收并处理告警。

7.3 抽象和视图

接入网 SDN 控制器应实现对接入网元的抽象，包括：

- a) 隔离与网元设备无关的控制器功能，在接入网元变化演进过程中，保持控制器核心功能的稳定；
- b) 提供统一的网元功能抽象平台，支持设备离线配置，在接入网元故障更换等场景实现业务快速恢复。

接入网 SDN 控制器应支持基于宽带接入网 OLT/ONU 信息模型建立宽带接入网的拓扑架构和抽象模型，为编排器提供所属网络的资源、拓扑的全局视图，以及提供网络编程服务。

7.4 控制面协议处理

接入网SDN控制器功能可选实现对DHCP、PPPoE、IGMP、MLD等协议的交互功能。可选实现控制协议对等实体或代理功能，接收并应答控制面协议，并根据策略下发相应的配置流程。

接入网SDN控制器可选支持根据策略转发控制面协议到控制器北向接口或将控制器北向接口接收到的协议报文转发到网元设备。

7.5 控制器设备及部署

接入网SDN控制器应支持对自身软硬件的管理能力，包含告警、性能、安全管理和日志查询功能。

接入网 SDN 控制器应具备防攻击设计，包括控制信道的安全性、接入认证、操作记录和攻击预防等，应配置防火墙防止外部网络或客户对网络的攻击。

接入网 SDN 控制器宜支持分布式架构和开放的软件平台，支持功能和接口以插件形式扩展。

控制器设备宜支持通过网络遥测协议上报设备软硬件的运行状态、性能数据等。

8 协同编排功能

协同编排层应支持向上对业务需求的网络语言翻译及能力的封装适配，向下通过控制器北向接口从管理控制层获取网络数据和网元数据，并下发网络管理和控制命令，实现宽带接入网业务的协同。

协同编排层应能提供支持SDN的宽带接入网和其他支持SDN的网络、以及不支持SDN的传统网络之间的交互能力，实现全网业务的协同和编排功能。

协同编排层应支持API开放接口，将网络资源、网元资源以及业务能力，提供给第三方应用进行定制和订购。协同编排层应能为第三方应用提供各自独立的网络拓扑和业务管理平面视图，支持第三方应用自身独立配置、管理和维护。

9 其他要求

基于SDN的宽带接入网的工作环境要求、电源要求、电气安全要求和可靠性要求等参见YD/T 2402.1-2012第10章的要求。

参考文献

- [1] YD/T 2402.1-2012 接入网技术要求 10Gbit/s无源光网络（XG-PON） 第1部分：总体要求
 - [2] IETF draft-ietf-opsawg-ntf-02 Network Telemetry Framework
 - [3] ONF SDN Architecture issue 1.1
 - [4] gNMI - gRPC Network Management Interface
-