

全光接入网业务规划设计

5.1 设计原则

F5G 全光接入网规划设计应该遵循以下设计原则。

(1) 最优投资回报(Return on Investment, ROI)投资原则：选择接入技术,确定演进策略,制定成本基线(包含 OPEX),然后进行测算,选择合适的建网方案。

(2) 分地区规划原则：潜在用户密度、竞争程度、用户意愿、社区和政府支持程度、入户难易决定未来网络渗透率,要先选择高价值区域进行投资,最后慢慢扩展到低价值区域。

(3) 分层规划原则：分层解耦,按照无源设施、有源 OLT、自动化发放系统、智能化系统分层规划。

(4) 分层建设原则：各层可以分步骤实施,逐步叠加(但是要考虑 IT 系统演进所带来的成本)。

(5) 平滑演进原则：现有网络可以平滑演进到 F5G 全光接入网,并且未来可以在网络容量、接入技术、自动化和智能化程度上持续演进。

(6) 多业务承载原则：单一光网承载多业务,并且要考虑未来移动承载、物联网、云专线的扩展要求。

(7) 场景化建站原则：集中部署 OLT 会带来 ODN 部署成本的增加,但是局点少维护难度低,全部采用室外站点(杆、室外柜、挂缆等)虽然离最终用户近,ODN 建设成本低,但是会带来局点数增加维护难度升高的问题；所以选择 OLT 站址需要根据人口密度、光纤资源、机房成本灵活选择,依据场景建设 OLT,密集城区、机房资源丰富区域采用大 CO 方式建设 OLT,竞争区域、偏远农村、机房缺乏区域采用室外站点建设 OLT。

(8) 多接入技术原则：支持多接入技术以及未来的演进,包含 GPON、XG-PON、XGS-PON、50G PON、GE 和 10GE。

(9) 生命周期原则：网络设计需要考虑全生命周期,包括网络的规划、设计、建设、发放、运维和演进。

(10) 质量属性原则：网络设计需要考虑质量属性,需要考虑网络的利用率、可靠性、多业务承载能力、规格可扩展性、安全性、操作效率、运维效率、开放性以及可演进性。

(11) 数字化原则：从规划、设计、建设、验收、开通到维护、运营和演进都有数字化的工具或者平台支撑,数字化是自动化、智能化的基础。

(12) 标准化原则：只有标准化才能做到简化,才能实现互通,所以应使用标准化的协议和接口。

5.2 网络规划

5.2.1 规划方式

1) 分地区规划

如图 5-1 所示,根据潜在用户密度、竞争程度、用户意愿、社区和政府支持程度、入户难易、行政区域划分和机房资源划分出中心局(Zone)和接入端局(District),一个 Zone 覆盖 10 万~30 万用户,将会部署完整的业务网关功能,并连接边缘数据中心(Edge Data Center,EDC)和骨干网。District 则代表一个接入端局,覆盖大约 1 万用户。

2) 自顶向下分层规划

如图 5-2 所示,先 Overlay 业务层容量规划,后 Underlay 网络层容量规划,首先根据业务发展规划计算出每种业务(Internet、IPTV、语音、专线等)在未来某个时间点的用户数、每业务带宽,然后计算出业务层连接数量和流量要求,最后根据业务层流量要求,计算出网络层所需要的设备配置、设备个数、隧道数量以及物理链路数量。

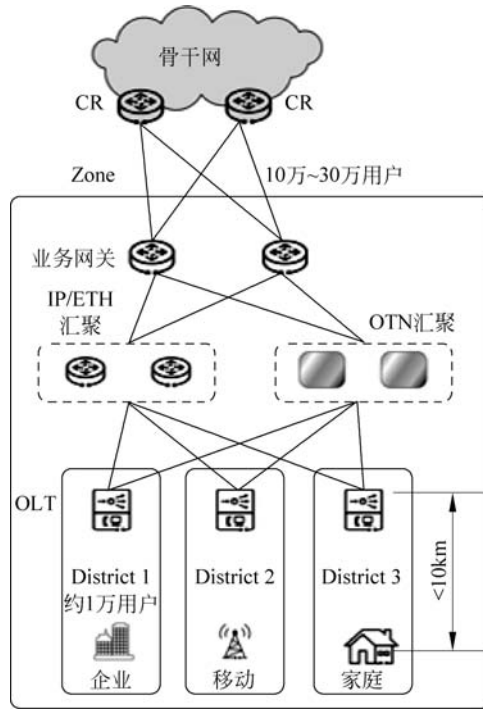


图 5-1 基于中心局(Zone)和接入端局(District)的容量规划

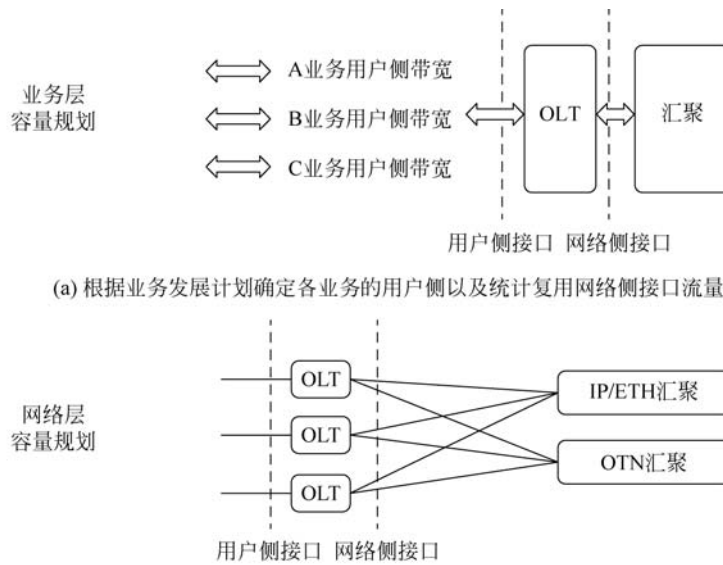


图 5-2 分层规划网络容量

5.2.2 OLT 位置规划

OLT 规划的总体原则如下:

(1) FTTH 建网成本最优。

FTTH 网络整体建设成本主要由 OLT 站点机房建设成本和 ODN 光缆建设成本构成(ONT 属于按需建设,所以暂不考虑)。OLT 的站点越少,OLT 站点机房的建设成本就越少,但是同时 OLT 离最终用户的距离就越远,导致 ODN 光缆长度越长,光缆投资和 ODN 施工的成本就越高。所以对于某个特定的待规划区域而言,理论上存在一个最优的 OLT 站点分布方案,可使 FTTH 整体的建设成本最低。

(2) OLT 维护成本最优。

密集城区采用“大站点少局所”的原则,偏远区域灵活分布,尽量采用融合站点(光纤到路边(Fiber to the Curb,FTTC)+室外 OLT,基站射频拉远单元(Remote Radio Unit,RRU)机房+OLT)。OLT 设备是有源设备,需要考虑有源设备的供电、散热、噪声、故障部件的快速更换维护等,站点越多,运维成本越高。

对于固网本地交换运营商(Incumbent Local Exchanger Carrier,ILEC)或者城市等用户密集地区,可考虑采用 OLT 站点集中,以及 ODN 采用二级分光实现用户的厚覆盖(二级分光器离用户较近,可支持快速入户放号);对于有竞争力的本地交换运营商(Competitive Local Exchange Carrie,CLEC)或者乡村等用户稀疏的广覆盖地区,可考虑采用分散 OLT 站点,以及 ODN 采用一级分光实现用户的薄覆盖(一级分光器离最终用户有一段距离,以减少 ODN 的建设费用)。

针对不同的国家或者地区,可根据该国家或者地区的 OLT 站点机房建设成本(机房站址获取难易程度、机房改造/建设成本等)以及 ODN 施工成本和光缆成本,再考虑 OLT 维护成本最优的大站点少局所原则,规划出符合自己国家或地区的 OLT 站点分布情况。

(3) OLT 站点覆盖的用户数。

对于用户密集的城区和一些发达乡镇,建议将 OLT 部署在汇聚机房,考虑覆盖用户数为 5000~10 000,建议采用大容量的 OLT 设备,预留灵活扩容的空间。

对于用户数量稀疏的乡镇及乡村,考虑到覆盖范围等因素,可将 OLT 部署在简易机房或者室外柜中,覆盖用户数建议控制在 2000 以内,可以考虑选择小容量的 OLT 设备。

(4) PON 的覆盖距离。

OLT 站址选择还需要考虑 PON 口的传输距离,一般而言,OLT 的覆盖半径应小于 15km,如果有个别的用户大于 15km,可以考虑采用小型 OLT 拉远覆盖,或者采用更高光功率预算的光模块支持。

ITU-T 标准定义的 PON 线路逻辑传输距离(和 PON MAC 芯片相关)为 20km,一般的 OLT 厂家可以支持更长的逻辑传输距离(如 40km)。但是实际上 PON 可达的传输距离除了和逻辑传输距离相关,还受到 ODN 光纤链路衰减的影响。正常情况下应该将 PON 覆盖距离控制在 15km 以内。

ODN 光纤链路如图 5-3 所示,光纤链路的总衰减包含 ODF/FDT/FAT/ATB 等使用活动接头引入的衰减、光分路器引入的衰减、光纤熔接点引入的衰减以及光纤引入的衰减等。

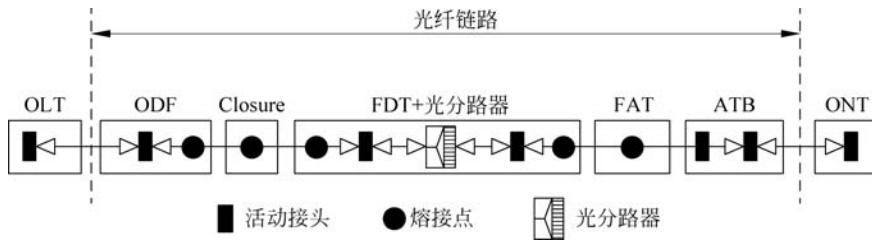


图 5-3 光纤链路各节点示意图

光纤链路总衰减 = 光纤引入衰减 + 光分路器引入衰减 + 光纤活动接头引入衰减 + 光纤熔接点引入衰减

- ① 光纤引入衰减 = 光纤长度(km) × 光纤衰减系数(dB/km);
- ② 光分路器引入衰减 = 光纤链路中所有光分路器引入衰减值的总和(dB);
- ③ 光纤活动接头引入衰减 = 光纤活动接头个数 × 光纤活动接头平均衰减值(dB);
- ④ 光纤熔接点引入衰减 = 光纤熔接点个数 × 光纤熔接点平均衰减值(dB)。

常见光纤链路各节点衰减如表 5-1 所示。

如果要计算 PON 信号的最大传输距离,可根据 OLT 配置的光模块光功率预算来进行计算。以 GPON 为例,GPON OLT Class B+光模块的光功率预算为 28dB。Class C+光模块的光功率预算为 32dB,Class D 光模块的光功率预算为 35dB。

假设一个 ODN 网络采用 1 : 64 分光,ODN 中间有 1 个现场快速连接头、9 个室内连接头和 6 个热熔点,考虑预留 2dB 的维护余量(由于光纤在长时间使用之后可能出现老化等现象,所以需预留部分余量)。

表 5-1 常见光纤链路各节点衰减表

项 目	描 述	典型衰减值	项 目	描 述	典型衰减值
光纤(G. 652)	1310nm 光纤	0.35dB/km	熔接点	热熔点	0.05dB
	1490nm 光纤	0.25dB/km		分光器	1:2
	1550nm 光纤	0.21dB/km	1:4		7.2dB
	1270nm 光纤	0.4dB/km	1:8		10.4dB
活动接头	冷接头	0.2dB	1:16		13.6dB
	室内连接器	0.3dB	1:32		16.8dB
	现场快速连接头	0.5dB	1:64		20.3dB

① 如果采用 GPON Class B+光模块,可传输的距离为:(28dB 光功率预算-20.3dB (1:64 分光引入的衰减)-0.5dB×1(现场快速连接头引入的衰减)-0.3dB×9(室内连接器引入的衰减)-0.05dB×6(热熔点引入的衰减)-2dB(维护余量))÷0.35dB/km (光纤引入衰减系数)≈6.3km。

② 如果采用 GPON Class C+光模块,可传输的距离为:(32dB 光功率预算-20.3dB (1:64 分光引入的衰减)-0.5dB×1(现场快速连接头引入的衰减)-0.3dB×9(室内连接器引入的衰减)-0.05dB×6(热熔点引入的衰减)-2dB(维护余量))÷0.35dB/km (光纤引入衰减系数)≈17.7km。

如果有更长距离的要求,可以考虑采用比 Class C+更高光功率预算的光模块。

综上所述,对于密集城区,综合考虑“大站点少局所带来的维护成本减少”“覆盖距离越长带来的光纤资源消耗和 ODN 建设成本增加”“光功率预算”的影响;建议覆盖距离控制在 15km 以内的前提下尽量集中部署 OLT。对于乡村等用户稀疏的广覆盖地区,可考虑采用分散 OLT 站点,采用简易机房或者室外机柜。

5.3 组网设计

根据 OLT 是否参与网络层组网可以区分出两个大的方案,核心区别就是 OLT 网络侧出的是业务级接口还是网络级接口,如图 5-4 所示。A 方案是一个比较传统的方案,OLT 只出业务级接口,不参与网络层组网设计。B 方案 OLT 出的是网络级接口,网络级承载隧道将会延伸到 OLT。

两种方案各有利弊,A 方案 OLT 功能简单,工程部署也简单,但是承载隧道没有

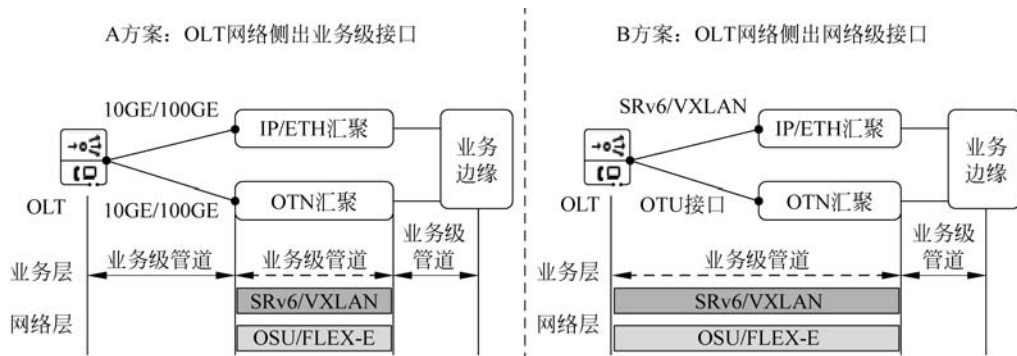


图 5-4 OLT 组网设计方案

办法做到端到端保护、OAM 和 QoS 保证,B 方案 OLT 实现和部署复杂,但是可以实现端到端的隧道级保护、OAM 和 QoS,比较适合于比较大的城域网。运营商可以根据自己的实际情况进行选择。

如图 5-5 所示,B 方案中,OLT 既是传统接入业务的汇聚点,又是网络层组网的边缘节点,需要识别业务流并引业务流入隧道,需要重点关注网络层的组网设计以及引流入隧道的策略。

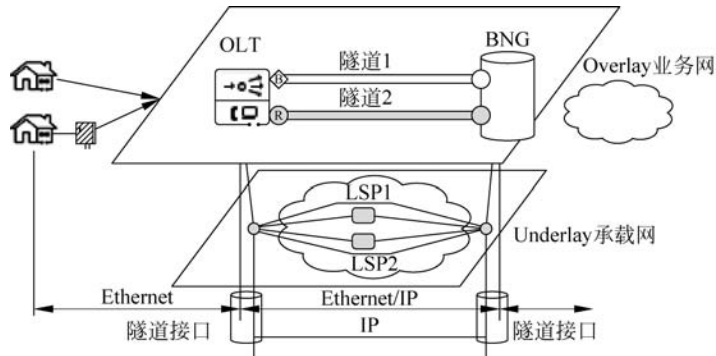


图 5-5 OLT 网络侧出网络级接口方案

5.3.1 业务层组网设计

1) 传统的业务组网设计

传统情况下,OLT 只出业务接口,OLT 的业务组网设计遵从 BBF TR-156、TR-178 等标准推荐的模型。业务模型设计最重要的是确定业务的 VLAN 模型以及

VLAN 的分配和转换规则。对于接入业务组网设计而言,VLAN tag 是接入网可控可管可运营的关键。单层或多层 VLAN ID 既可以用于标识用户,又可以用于标识业务,而且 VLAN tag 中服务类别(Class of Service, CoS)域可标识业务处理的优先级,对 QoS 处理非常关键。用户侧上行流量携带的 VLAN tag 通常在进入 OLT 设备后会进行转换,转换的目的通常是标识用户以及标识业务并把流量引导到不同的业务转发域中。接入侧最常见的 VLAN 转换模型有两类:1:1 和 N:1。N:1 模型常用于普通的 Triplay 业务流量汇聚组网,1:1 模型常用于企业专线或 wholesale VULA 业务。由于大的以太二层广播域会带来广播流量带宽浪费、环网广播风暴等一系列棘手的问题,因此,一般可通过分配多个业务 VLAN 并限制每个业务 VLAN 接入的用户来限制以太二层广播域的范围。

如图 5-6 所示,家庭宽带有 4 种业务,语音、上网、IPTV 单播和 IPTV 组播。从 ONT 携带上来的用户侧 VLAN 标识分别是 CVLAN1、CVLAN2、CVLAN3,在 OLT 上可以按照 N:1 VLAN 规则转换为 SVLAN1、SVLAN2 和 SVLAN3,SVLAN 是业务侧 VLAN 的简写,它的 VLANID 标识一种业务类型;也可以按照 1:1 VLAN 转换规则转换为 SVLAN1+C'VLAN、SVLAN2+C'VLAN 和 SVLAN3+C'VLAN,报文里面填写两层 VLAN,外层 SVLAN 代表业务,内层 C'VLAN 标识用户。家庭宽带用户的 IPTV 组播业务比较特殊,是一个从网络侧到用户侧的单向组播流,采用组播 VLAN(Multicast VLAN, MVLAN)来标识。

图 5-6 中也展示了企业 VPWS 专线情况,接入网需要透传用户所有的比特流,此时就可以采用 TR-156 里面定义的透明 LAN 业务(Transparent LAN Service, TLS)方式,在企业用户的原始报文中插入一个 SVLAN,不去修改用户原始的 VLAN 信息。

在移动回传场景下,一般都要求 IP 路由节点下沉到 OLT,OLT 需要创建虚拟路由转发实例(Virtual Routing and Forwarding, VRF)提供 VPN 三层转发,此时 OLT 和 BNG 之间使用的是 L3 VPN 承载业务。

2) 以太网 VPN(Ethernet VPN, EVPN)业务组网设计

当网络级承载隧道延伸到 OLT 时,可以考虑采用统一的 EVPN 技术来统一所有的业务级管道,简化网络协议并提升效率。

在 OLT 和业务边缘(Provider Edge, PE)节点上部署 MP-BGP 协议并形成邻居关系,通过 BGP 多协议扩展(Multiprotocol Extensions for BGP, MP-BGP)协议来实现 EVPN 的自动发现和建立,同时相互交换 EVPN 的 MAC/IP 路由信息,从 OLT 学习用户侧 MAC 地址/IP 地址及路由并传递给业务边缘,从业务边缘学习网络侧远端

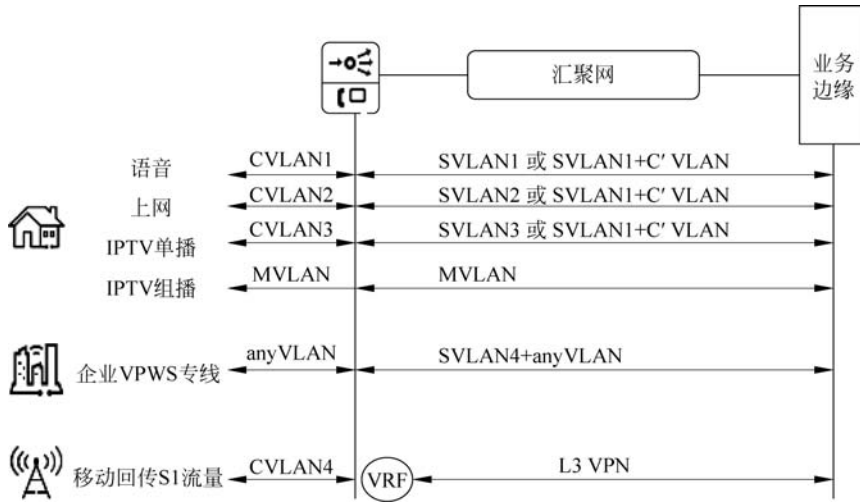


图 5-6 传统业务组网设计

MAC 地址/IP 地址及路由并传递给 OLT,从而在 OLT 和业务边缘生成二、三层报文转发表项指导数据面的报文转发。EVPN 可以统一家庭宽带、互联网专线、组网专线以及移动回传的各种业务的管道技术,很好地满足了可用性、可扩展性、带宽利用率和运维简化方面的需求。

如图 5-7 所示,OLT 将家庭、专线和移动承载业务统一封装在 EVPN 中,实现多拓扑(P2P,P2MP,多点到多点(Multipoint-to-Multipoint,MP2MP))的 L2 和 L3 业务连接,使用 MP-BGP 作为控制面协议。在网络层上,使用 ISISv6(ISIS version 6)作为控制面协议,使用虚拟扩展局域网(Virtual Extensible LAN,VXLAN)、SRv6 和 OTN 隧道作为承载隧道。

3) 业务层基于业务品质要求进行分流

随着 VR、高品质政企专线、5G 承载等新业务的快速发展,如何在保护现网资产投资和已有业务的情况下快速且最优成本地部署新业务并赢得商机,是运营商当前面对的挑战之一。OLT 支持一机 IP+OTN 双平面是平衡投资和业务发展、保证业务和网络平滑演进的技术方向,如图 5-8 所示。

对时延、抖动、丢包要求低的传统业务流在 OLT 上继续走现有的多级汇聚的 IP/ETH 城域网;对时延、抖动和丢包要求高的新业务流可以通过直连 OTN 的业务接口分流到 OTN 城域网,通过 OTN 承载隧道一跳直达业务边缘,这样不但可以保证新业务的服务体验,也可以卸载 IP 平面的流量,避免其进一步拥塞导致原有业务质量的

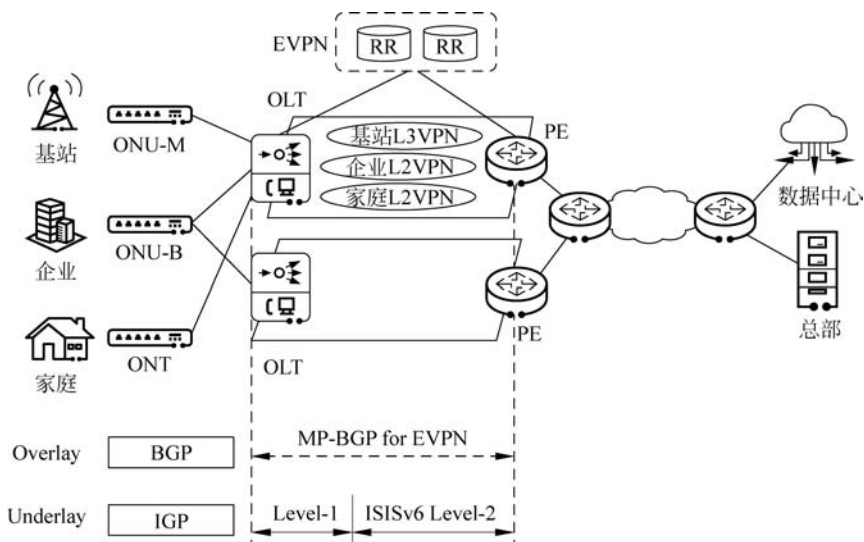


图 5-7 OLT 通过 EVPN 提供多业务统一承载

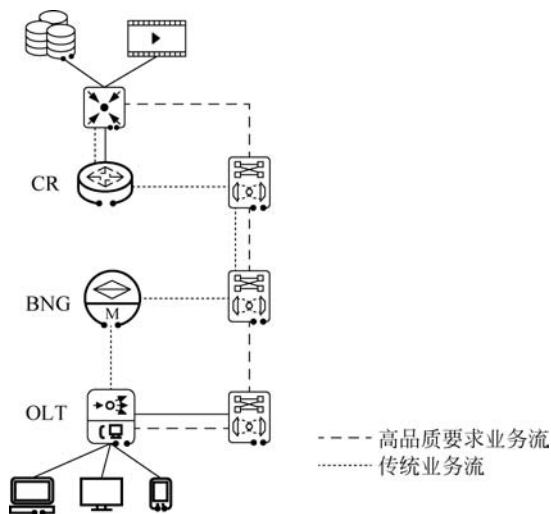


图 5-8 OLT 双上行基于业务要求导流到不同平面

劣化。

当 OLT 上行出业务接口连接 IP/ETH 汇聚和 OTN 城域时，根据业务的品质要求限定业务管道绑定特定的物理上行口。

当 OLT 上行出的是网络级接口连接 IP/ETH 汇聚和 OTN 城域时，根据业务的

品质要求映射业务到对应 SLA 等级的隧道来实现分流。如高品质的政企专线业务要求 SLA 等级 6,则可以绑定提供 SLA6 等级服务的一个 OTN 隧道;而普遍的家庭宽带上网业务 SLA 等级要求是 0,则可以映射入只能提供 SLA 等级 0 的一个 VXLAN 隧道。

4) 引业务流入隧道设计

当承载隧道延伸到 OLT 时,OLT 是 Overlay 业务层和 Underlay 网络层的融汇点,而这两层的纽带就是隧道接口。隧道接口可以静态创建也可以自动生成。

在 Overlay/Underlay 交汇点设计的关键就是如何把业务流量导引到隧道中。举例来说,用户侧从 ONT 上行到 OLT 的以太流量根据配置的 VLAN 切换策略完成 VLAN 切换,同时也确定了以切换后 SVLAN 标识的 Overlay 业务层转发域。在业务转发域内根据目的 MAC 地址查转发表得到业务管道的出接口。如果出接口是隧道接口,则以太网业务流将进行隧道封装经 Underlay 网络层到达对端。

下面就以 SR L3VPN 为例说明隧道引流的多种可以选择的策略。

(1) SR-BE 的引流方式。

① 静态路由:配置静态路由指定下一跳,根据下一跳迭代 SR-BE 隧道。

② 隧道策略的优先级选择方式:按照配置的隧道类型优先级顺序将 SR LSP 选择为 VPN 的公网隧道。

③ IP 路由入隧道:IP 路由根据目的地址自动迭代 SR-BE 隧道。

(2) SR-TE 的引流方式。

在 SR-TE 隧道建立成功以后,需要将业务流量引入 SR-TE 隧道。

① 静态路由:SR-TE 隧道上的静态路由工作方式和普通的静态路由一样。配置静态路由时,路由的出接口设置为 SR-TE 隧道的接口,即可将按照该路由转发的流量导入 SR-TE 隧道。

② 隧道策略的优先级选择方式:按照配置的隧道类型优先级顺序将 SR-TE 隧道选择为 VPN 的公网隧道。隧道绑定方式:将某个目的地址与某条 SR-TE 隧道进行绑定。

③ 自动路由:自动路由是指将 SR-TE 隧道看作逻辑链路参与 IGP 路由计算,使用隧道接口作为路由出接口。根据网络规划来决定某节点设备是否将 LSP 链路发布给邻居节点用于指导报文转发。

④ 策略路由:SR-TE 的策略路由的定义和 IP 单播策略路由完全一样,可以通过定义一系列匹配的规则和动作来实现,即将 Apply 语句的出接口设置为 SR-TE 隧道

的接口。如果报文不匹配策略路由规则,将进行正常 IP 转发;如果报文匹配策略路由规则,则报文直接从指定隧道转发。

5.3.2 网络层组网设计

当 OLT 网络侧出网络级接口时,OLT 需要参与网络层组网设计,本节简单介绍 IP/ETH+OTN 双汇聚平面的组网设计。

1. IP/ETH 网络组网设计

OLT 参与 IP/ETH 网络层组网要基于 IP 路由来进行 Underlay 网络层拓扑连接和转发路径的维护,因此 IGP 设计首先要选择适当的协议。智能型排程与信息系统(Intelligent Scheduling and Information System, ISIS)协议和开放式最短路径优先(Open Shortest Path First, OSPF)协议都是比较常用的路由协议。

ISIS 实现简单,如指定路由器(Designated Router, DR)选举简单直接、邻居建立中间过程简化、非骨干区域无精确路由、区域以设备粒度划分等;而 OSPF 协议实现更加精细化,如 DR 选举过程要考虑邻居稳定、非骨干区计算精细路由、区域划分以接口为单位。这样就导致 OSPF 支持的应用场景更加丰富,路由计算更加精确,实现考虑诸多方面因素,同时也带来了实现复杂性。广域骨干 IGP 仅需要基本路由功能,建议采用 ISIS;而园区局域网 IGP 应用场景丰富,建议采用 OSPF 协议。

ISIS 支持区域内增量最短路径优先(Incremental Shortest Path First, ISPF),更适合于大型单区域 IGP 网络,如运营商的骨干路由或城域路由网络、大型数据中心网络、广域数据中心互连网络。而 OSPF 协议仅支持部分路由计算(Partial Route Calculation, PRC),比较适合中小型 IGP 网络,如园区局域网部署。

ISIS 运行在链路层,安全性高于 OSPF 协议运行的 IP 层,更适合城域网。

当 OLT 参与组网时,不管采用哪种 IGP 协议,都需要注意 IGP 区域的划分要匹配 OLT 支持的路由容量和路由计算能力。一般建议 OLT 所在区域的路由节点数量不超过 400 个。

承载隧道的关键需求就是保证能够满足各类业务质量属性的要求,其中包括 QoS 指标(流量工程)和业务中断指标(保护路径)。为了提供某些有特殊质量属性要求的业务,有必要严格或松散指定流量转发路径。为了简化运维难度,建议使用进行集中算路的解决方案,例如图 5-9 所示的 PCE+ 解决方案。

PCE+ 流量调优的主体部件是 PCE Server、调优 App、路径计算客户端(Path

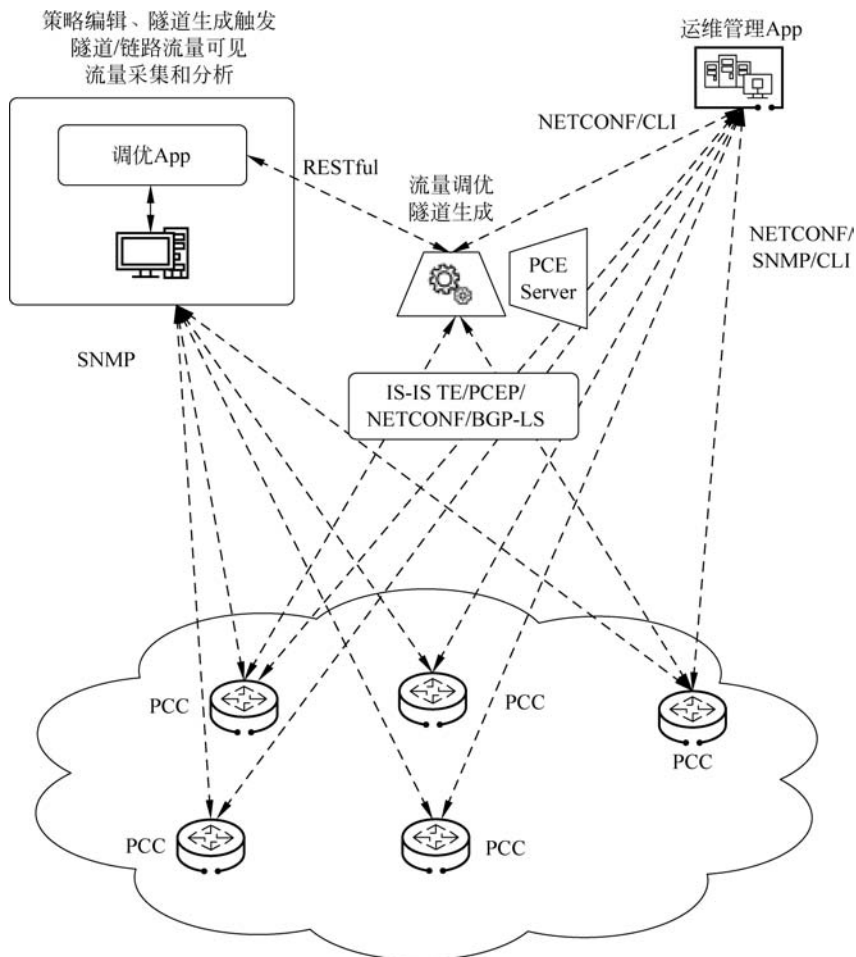


图 5-9 PCE+ 解决方案

Computation Client, PCC), 并结合管理 App 做运维, 进行基础配置(除了隧道、调优策略和拓扑属性的修改, 性能检测的部署, 其他的都算作基础配置)和告警处理。

(1) PCE Server: 调优隧道生成, 调优路径计算, 隧道链路状态协议(Link State Protocol, LSP)数据下发, 网络拓扑、LSP 数据收集。

(2) 调优 App: 流量调优策略编辑, 隧道生成触发, 流量采集、分析, 隧道/链路流量可视化呈现、路径呈现, 调优模拟。

(3) SNMP: 从 PCC 采集隧道(LSP)流量信息。

(4) RESTful(JSON): 从 PCE Server 获取业务/隧道信息、网络拓扑信息, 发送周期实时流量信息、隧道生成约束信息、带宽隧道日历信息。

(5) 文件传输协议(File Transfer Protocol,FTP)/安全文件传输协议(Secure File Transfer Protocol,SFTP): 发送历史流量数据(文件形式)的北向接口。

(6) 内部网关协议(Interior Gateway Protocol,IGP): 从 PCC 收集 TE 拓扑信息。

(7) PCEP: 收集/下发 LSP 信息,生成隧道(initiated LSP/PCE for SR LSP)。

(8) NETCONF: 下发标签栈(路径计算单元集中控制(Path Computation Element Central Control,PCECC)for SR LSP),下发检测配置。

(9) BGP-LS: 从 PCC 收集 TE 拓扑信息。

2. OTN 网络组网设计

OTN 技术(含传统 MS-OTN 和创新 Liquid OTN)应用于城域网络能够解决带宽和光纤不足的问题,同时提供更高的业务传送品质。

OTN 在城域宽带网络中的典型应用方案如表 5-2 所示。

表 5-2 城域宽带 OTN 典型应用方案

方案名称	设备功能类型		特点
	接入点	汇聚点	
OTN 透传	OTN 透传	OTN 透传	接入点和汇聚点业务完全透明传送,仅提供大带宽的纯管道,解决光纤不足的问题
OTN 透传 + PKT	OTN 透传	PKT	接入点业务完全透明传送,简化接入点设备部署和运维。在汇聚点通过统一集中交换完成业务汇聚,提供一级带宽收敛,降低 BNG 的端口需求并解决光纤不足的问题
WDM 承载的以太网(Ethernet over WDM, EoW)+PKT	EoW	PKT	接入点通过容量小的板级交换汇聚业务,逐点汇聚,成本低。汇聚点经过统一集中交换汇聚业务,设备容量大,灵活高效

1) OTN 透传方案

图 5-10 所示的 OTN 透传方案中,OTN 提供对业务完全透明的管道。OLT 通过双发的两个端口接入 MS-OTN 设备,MS-OTN 设备在 OLT 和 BRAS 之间建立独立的点到点透传管道,两条独立的管道实现业务的双归保护。

2) OTN 透传+PKT 方案

如图 5-11 所示 OTN 透传+PKT 方案中,在接入点对业务完全透明传送,在汇聚点使用分组(PKT)交换实现业务汇聚。此时汇聚点 MS-OTN 设备起到了汇聚交换机的作用。

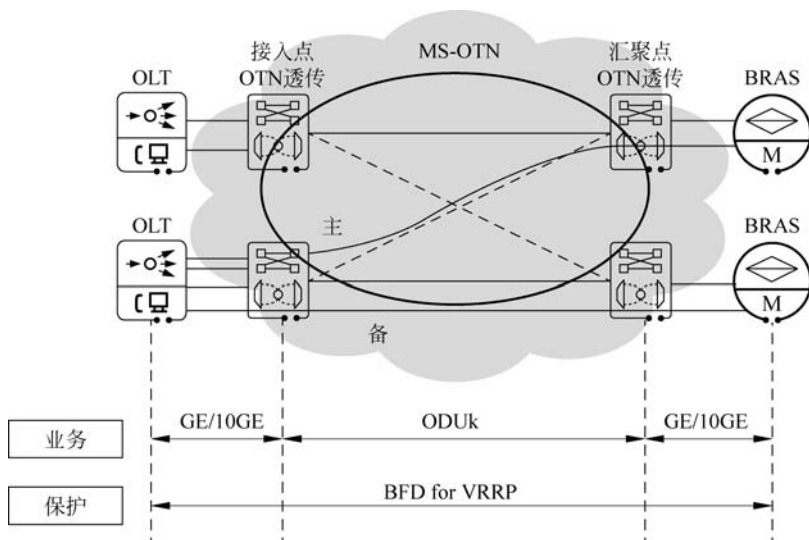


图 5-10 OTN 透传方案

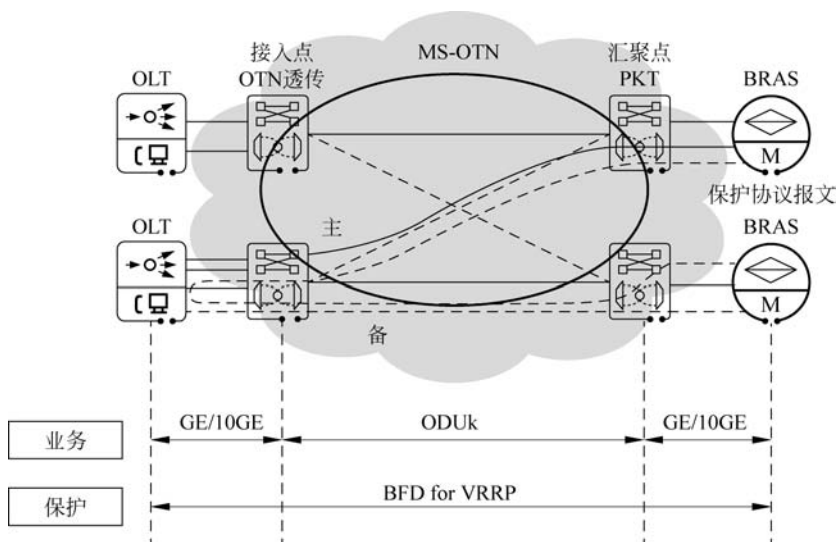


图 5-11 OTN 透传+PKT 方案

3) EoW+PKT 方案

如图 5-12 所示 EoW+PKT 方案中,在接入点使用容量小、成本低的板级交换对业务进行汇聚,OLT 通过一个端口接入 OTN,业务通过 VLAN 区分,经 Native ETH 方式承载。这种情况,边缘 MS-OTN 替代了汇聚交换机的作用。

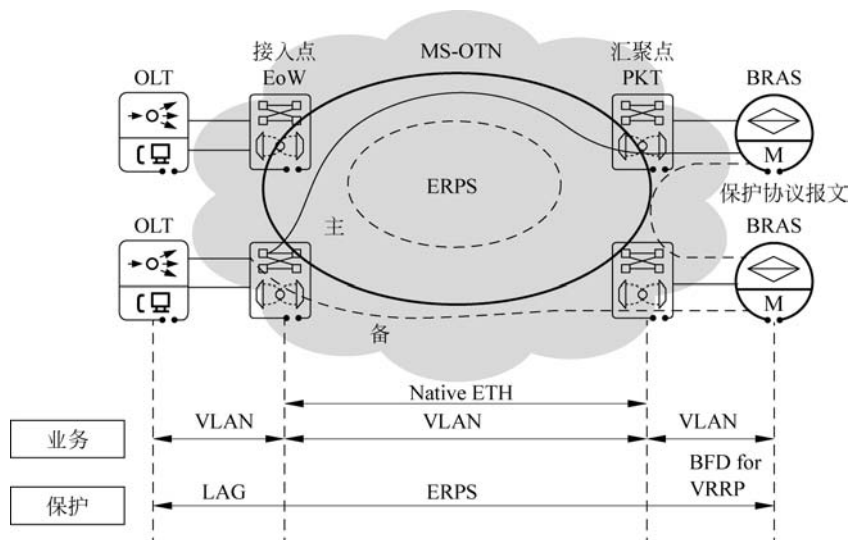


图 5-12 EoW+PKT 方案

5.4 QoS 设计

QoS 是指网络通信过程中,允许用户业务在带宽、时延、抖动和丢包率等方面获得可预期的服务水平。衡量 QoS 的指标包括带宽、时延、抖动和丢包率。

实现 QoS 的目的是为用户设置报文的优先级,提供带宽保证,调控 IP 网络的流量,减少报文的丢失率,避免和管理网络拥塞,为不同的用户业务提供差异化服务。

5.4.1 业务层 QoS 设计

如图 5-13 所示,在 PON 接入网的入口处(上行方向在 ONT,下行方向在 OLT)进行流分类和报文 802.1p 优先级重标记。

ONT 基于 UNI 端口或者不同的 VLAN ID 区分业务报文:对于 GPON 系统基于 VLAN ID 进行 GEM port 映射,保证不同业务报文进入不同 GEM port,每个 GEM port(每种业务)对应一个 T-CONT 或所有 GEM port 共用一个 T-CONT。

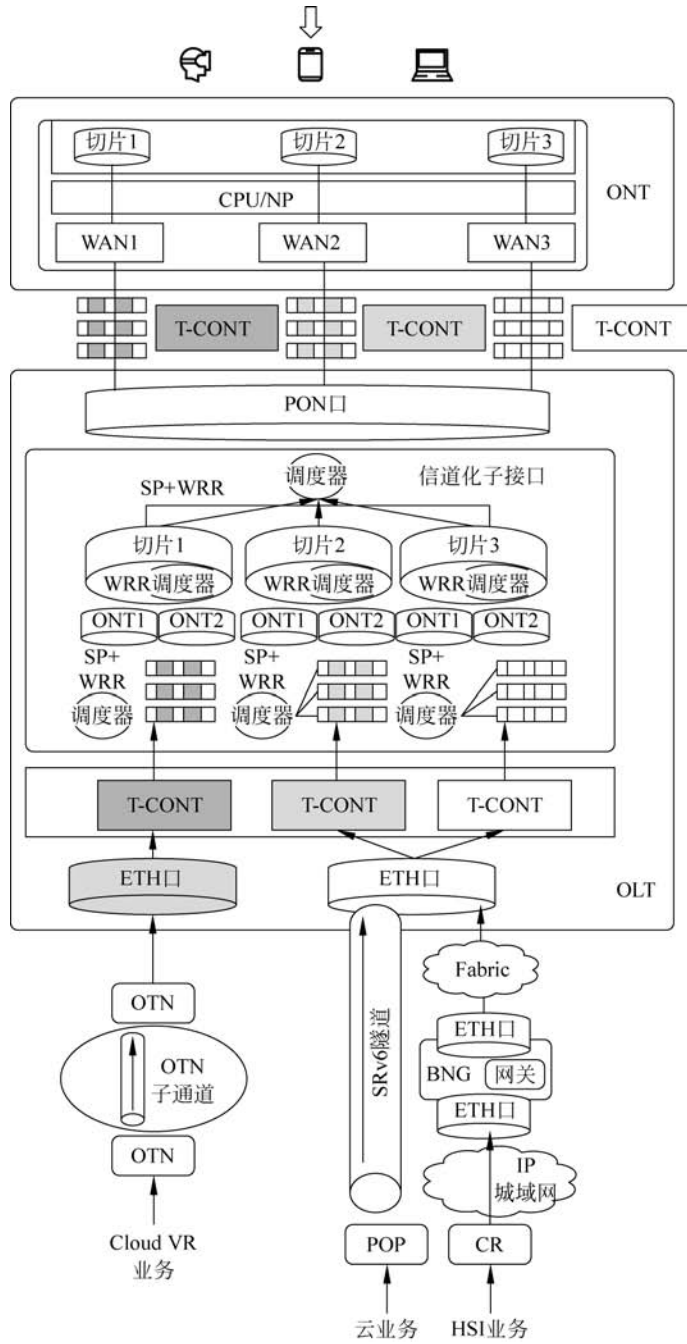


图 5-13 业务层 QoS 模型

OLT 上按照用户“带宽套餐”类型设置不同的 DBA 模板,业务发放时根据用户申请的“带宽套餐”选择相应的 DBA 模板,DBA 类型推荐 Type3(保证带宽+最大带宽),在保证用户固有带宽的同时,还允许用户有一定带宽的抢占,但带宽总和不会超过配置的最大带宽。ONT 的 T-CONT 上行优先级调度方式采用“基于报文 802.1p 的优先级调度”。一个 PON 口下所有 ONT 的保证带宽与 OMCI 管理通道固定带宽之和应小于 PON 上行带宽,并适当预留一定带宽用作后续扩展。

推荐所有 ONT 采用相同的 VLAN 配置,统一在 OLT 进行 VLAN 切换,保证相同类型和相同“带宽套餐”的 ONT 使用同一个线路模板和业务模板。

建议 OLT 内部基于 802.1p 优先级按照 PQ 调度方式进行拥塞控制。在业务配置中,管理业务优先级最高,建议配置 802.1p 优先级为 6;语音业务优先级次高,建议配置 802.1p 优先级为 5;IPTV 视频业务优先级中等,建议配置 802.1p 优先级为 4;普通上网业务优先级最低,建议配置 802.1p 优先级为 0。

5.4.2 网络层 QoS 设计

当 OLT 网络侧出网络级接口时,需要考虑网络层 QoS 设计。

在 Underlay 网络层中,如图 5-14 所示,隧道中间节点看不到 Overlay 业务层的信息,只会根据 Underlay 网络层的优先级信息进行 QoS 调度。对于 SRv6 隧道的 IPv6 报文来说,优先级信息是 IPv6 头中的流量等级(Traffic Class, TC)(区分服务编码点(Differentiated Services Code Point, DSCP))字段和以太 VLAN 头里面的 CoS。隧道中间节点一般依赖 Underlay IPv6 TC(DSCP)进行调度。所以上行方向需要将 Overlay 业务层的优先级映射到 Underlay 网络层的优先级,下行方向需要将 Underlay 网络层 IPv6 报文的优先级映射到 Overlay 业务层。

理论上,下行方向需要做的优先级映射处理与上行方向正好相反,但是因为报文出隧道时报文 IPv4 头是保留的,里面的 DSCP 信息也仍然存在,故一般只需要支持 Underlay IPv6 TC 到 Overlay 层 ETH CoS 的映射即可。

(1) 上行方向。

将 Payload 的 IPv4 报文的 IPv4 DSCP 映射到 Underlay IPv6 TC(DSCP),或者将 Payload 的 IPv4 报文的 ETH CoS 映射到 Underlay IPv6 TC(DSCP)。

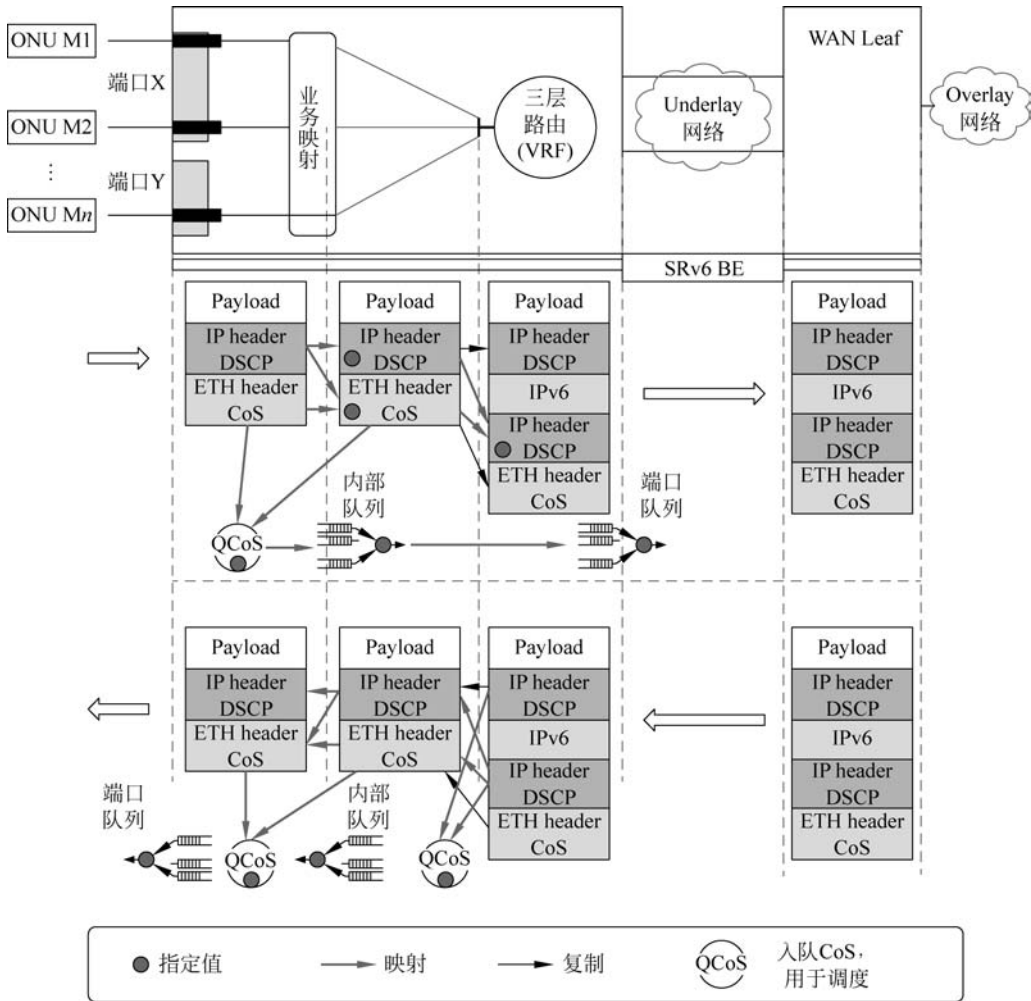


图 5-14 Underlay 网络层的 QoS 模型

(2) 下行方向。

将 Underlay IPv6 TC(DSCP)映射到 Payload 的 IPv4 报文的 ETH CoS。

OLT 自身设备报文入队列是根据 QCoS 来入队列,所以建议优先级映射和 OLT 本设备的 QCoS 保持一致。

(1) 上行方向: 将 Payload 的 IPv4 DSCP 映射到 QCoS,或者将 Payload 的 ETH CoS 映射到 QCoS。

(2) 下行方向: 将 Underlay IPv6 TC 映射到 QCoS。

5.5 可靠性设计

在全光接入网中,不仅接入的用户非常多,而且接入网需要支持多种业务接入(如企业专线业务、移动承载业务等),这些业务又都对可靠性的要求非常高,如果设备出现故障而没有保护措施,就会导致相关业务出现中断,影响非常大,所以 PON 接入网需要考虑完善的可靠性方案。包括 Overlay 业务层和 Underlay 网络层的可靠性。

5.5.1 业务层可靠性设计

对于大、中容量的 OLT 设备,需要支持设备内重要部件的可靠性备份,如图 5-15 所示。当某个重要部件发生故障时,可以快速切换到备份部件上,确保整个系统的正常工作。

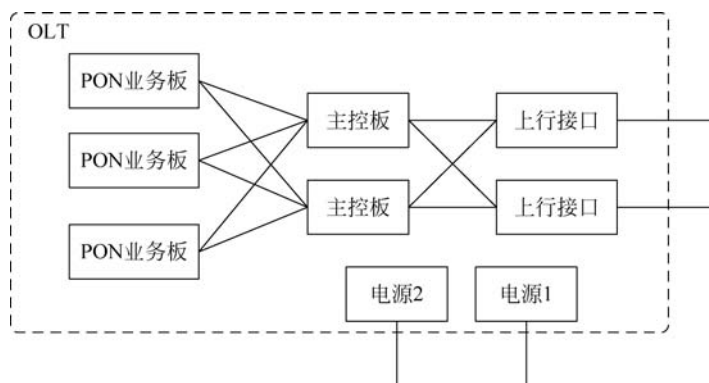


图 5-15 OLT 内部的部件冗余备份

PON 线路侧的保护可根据具体的业务进行设计和配置。对于企业专线业务以及移动承载业务,建议采用 Type B 双归属或者 Type C 双归属组网进行保护,如图 5-16 所示。OLT 的上行通过链路聚合控制协议(Link Aggregation Control Protocol, LACP)和 SR 相连,进行链路的保护。

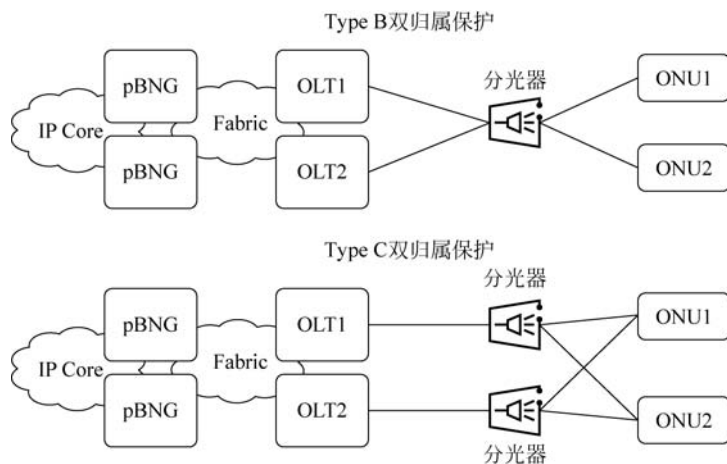


图 5-16 Type B 和 Type C 双归属保护

5.5.2 网络层可靠性设计

当采用 Underlay 网络承载 Overlay 三层业务 (Native IP, L3 VPN) 时, Underlay 网络通过 IP-FRR 和 ECMP 保护, Overlay 通过 ECMP 保护, 如图 5-17 所示。

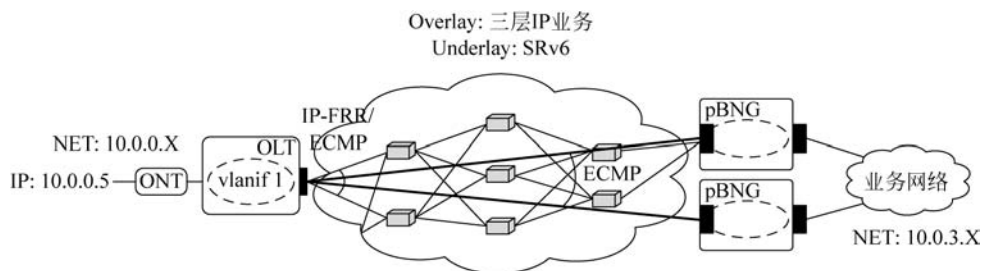


图 5-17 基于 SRv6 的 L3 业务保护方案

当采用 Underlay 承载 Overlay 二层业务 (Native Ethernet, EVPN) 时, Underlay 网络通过 IP-FRR 和 ECMP 保护, Overlay 则通过 EVPN 协议形成 VPWS 主备保护。

OLT 所在的 Leaf 节点作为业务接入点, 在高可靠性场景下, 需要支持 Type B 双归属接入, 通过 Type B 来定主备, 如图 5-18 所示。

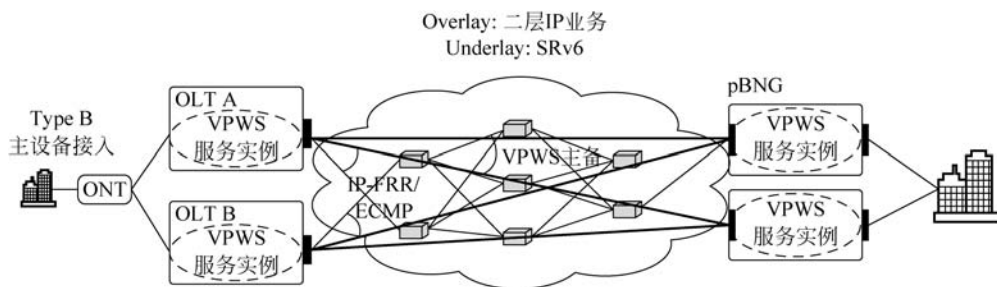


图 5-18 基于 SRv6 的 L2 业务保护方案

5.6 OAM 设计

全光接入网由于需要支持多业务的接入,所以需要提供比较完善的操作管理维护(Operations Administration & Maintenance, OAM)功能,提供线路上的故障检测和性能监控。可以使用 OAM 手段保证网络可以提供不同 SLA 的通道,提供差异性的服务。

需要区分网络层和业务层,分层独立地对网络进行故障检测和性能监控。同一分层中,不同的网络技术相应地也要求不同的 OAM 技术进行检测。

5.6.1 业务层 OAM 设计

1. 二层业务的 OAM 方案

Y. 1731 的典型 CFM 组网如图 5-19 所示,为用户、业务提供商和运营商 3 个维护等级设置了不同的维护域。

如图 5-19 所示,Y. 1731 的 CFM 组网中,分为 3 个维护等级和 4 个不同的维护域,运营商 A 和运营商 B 分别维护各自从 BNG 到 ONT 的运营商域,业务提供商维护 2 个 ONT 之间的业务域,用户可以维护 2 个家庭网关之间的用户域。可以实现从多个不同的维度进行连接连通性的检测。

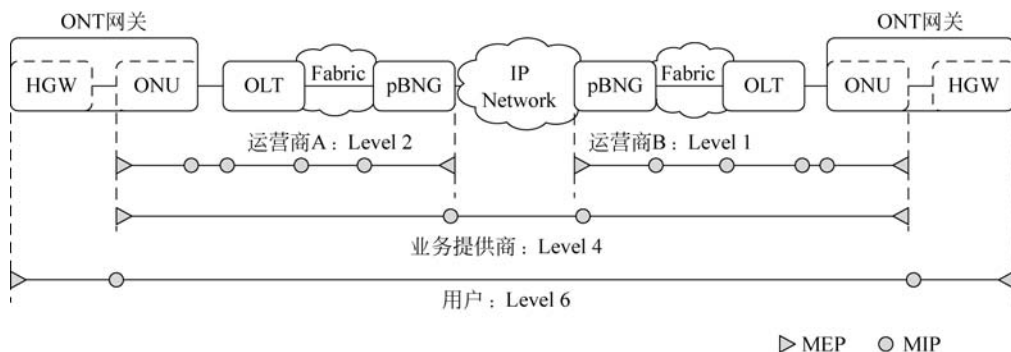


图 5-19 Y.1731 CFM 组网

Y.1731 的性能监控 (Performance Monitoring, PM) 功能可使用在移动承载专线中, 移动承载专线网络对链路可靠性要求较高, 需要启动 PM 功能。

如图 5-20 所示, 在移动基站的上行端口、ONU 的用户端口、OLT 的上行端口、BNG 的用户侧端口保护组或下行链路聚合组上部署维护终端点 (Maintenance End Point, MEP), 可分段检测各维护实体组 (Maintenance Entity Group, MEG) 内链路的性能。

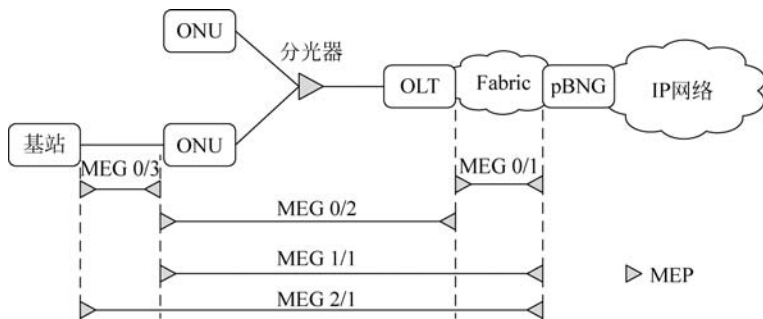


图 5-20 Y.1731 PM 方案

如图 5-21 所示。对于一些专线 (如光纤到办公室 (Fiber to the Office, FTTO) 的视频监控专线), 也可以采用 Y.1731 的 PM 功能进行检测和监控。

FTTO 视频监控专线的 Y.1731 PM 功能存在以下两种场景。

(1) 在 OLT 上联的 BNG 的用户侧接口 (User-Network Interface, UNI) 和 ONU 的 UNI 建立维护实体 (Maintenance Entity, ME), 检测连通性以及单向的丢包、时延、抖动。

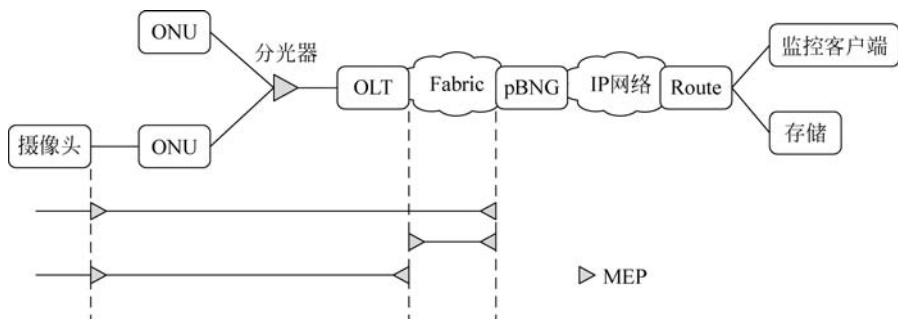


图 5-21 视频监控专线使用 Y.1731 PM

(2) 在 OLT 的网络侧接口 (Network-to-Network Interface, NNI) 和 ONU 的 UNI 建立 ME, 检测连通性以及单向的丢包、时延、抖动。

二层 VPWS 业务的 OAM 方案如图 5-22 所示。ETH OAM 对 Overlay 的二层业务进行质量检测, 发送端发送检测报文, 监控链路质量, 发送告警。

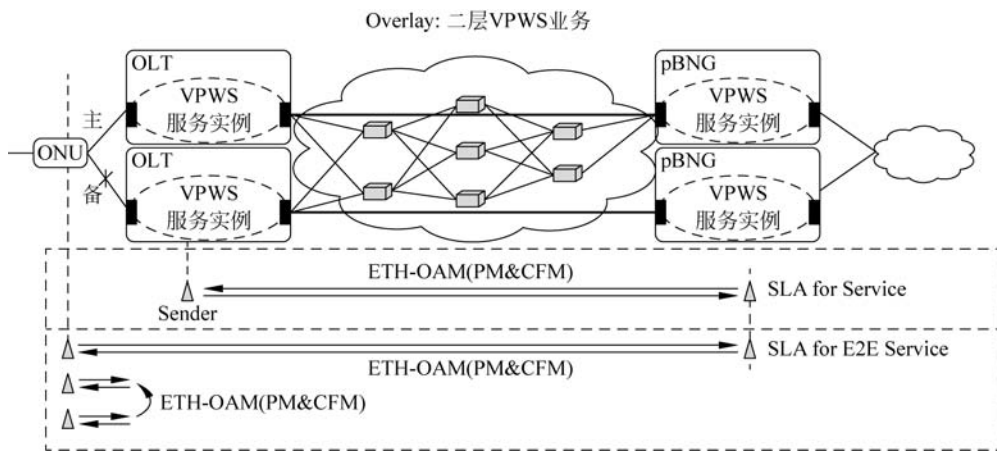


图 5-22 二层 VPWS 的 OAM 方案

2. 三层业务的 OAM 方案

承载 L3 VPN 或者 Native IP 时, BNG 作为 PE 设备, OLT 只做桥接转发, 将业务封装到 S+C VLAN 或者 EVPN 中送到 BNG, BNG 将 L3 VPN 引入对应的 VPN 实例进行处理。

虽然 OLT 对于 L3 VPN 和 Native IP 只做桥接转发,但是可以在 OLT 部署该业务的一个 IP host,用于 OAM 测试。

双向主动测量协议(Two-Way Active Measurement Protocol, TWAMP)定义了一种用于 IP 链路的性能测量技术,是一种可测量网络中任意两台设备之间往返 IP 性能的灵活方法。

如图 5-23 所示, TWAMP 使用 UDP 数据包测量网络时延、抖动和丢包。利用 TWAMP,可以通过已经部署的网络设备之间的合作,有效地测量传输的完整 IP 性能。TWAMP 技术包含两个物理设备,分别是 Controller 和 Responder。Controller 作为起端,由其他设备或测试仪器承担; Responder 作为反射端,由 OLT 或 OLT 下挂的 ONT 承担。

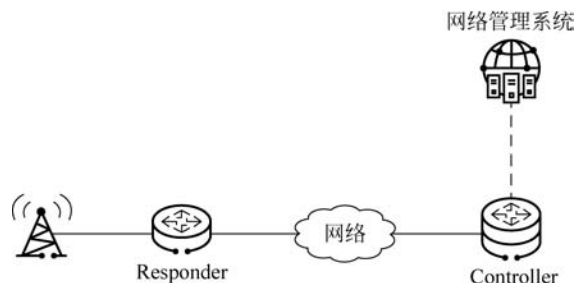


图 5-23 TWAMP 通信模型

Controller 和 Responder 有如下功能。

(1) Controller: TWAMP 测试的客户端,作为主动发起方,完成测试会话报文的发送和接收、性能数据的采集和计算,并将最后结果上送给网管平台。

(2) Responder: TWAMP 测试的服务器,作为被动接收方,只负责反射测试会话报文,不涉及测试结果的计算和上报。

在 TWAMP 统计方式中,网元设备无须生成和维护统计数据,性能管理系统只需管理网络内性能统计发起节点(即 TWAMP 客户端)即可获取整网的性能统计数据,实现快速、灵活地部署 IP 网络的性能统计。与传统的 IP 网络性能统计工具相比, TWAMP 具有如下特点。

(1) 对网管能力要求低,与网络质量分析(Network Quality Analysis, NQA)相比, TWAMP 具有统一的检测模型和报文格式,配置方式简单,不需要设计测试用例。

(2) 不要求时钟同步,与 IP 流性能测量(Flow Performance Measurement,FPM)相比,TWAMP 可获得性、可部署性较强。

鉴于 TWAMP 协议自身的特点,当期望能够比较快速、灵活地部署 IP 性能统计,并且对统计数据的精度要求不高时,可以采用该种方式。

TWAMP 的测量数据如下。

(1) 时延:数据包第一比特进入路由器到最后一比特从路由器输出的时间间隔。

(2) 抖动:时延变化,由于网络拥塞、队列不当、配置错误等原因,导致连续数据流中均匀的数据包在接收侧接收到数据包的时间间隔不一致,该时间间隔的变化称为抖动。

(3) 丢包率:测试中所丢失数据包数量占所发送数据包的比率。

如图 5-24 所示,使用 TWAMP 对 Overlay 的三层业务进行质量检测,发送端发送检测报文,OLT 和 ONU(假设 ONU 是用户边缘设备(Customer Edge,CE))只作为反射器反射报文供发射端进行参数检测。还可以在 OLT 上直接针对业务层 IP 进行 Ping 和 Tracert。

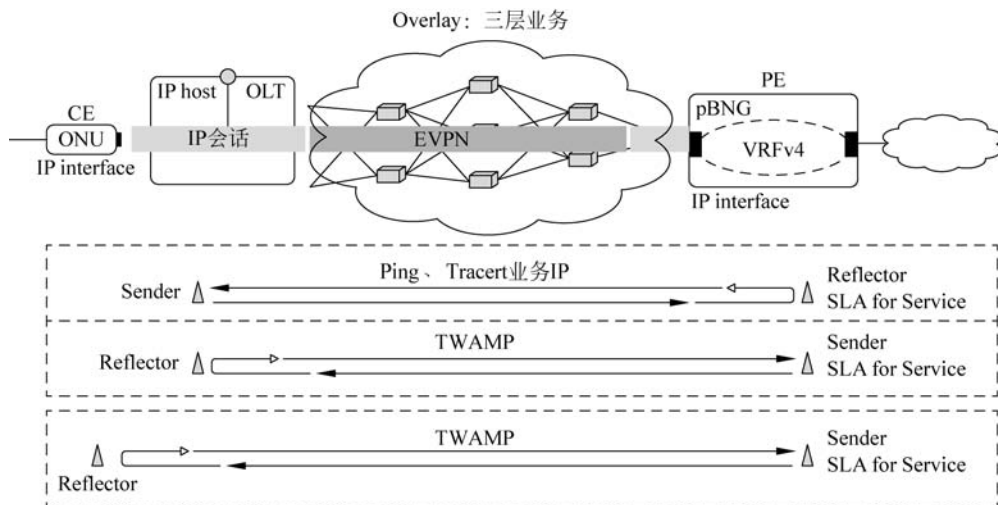


图 5-24 L3 业务的 OAM 方案

5.6.2 网络层 OAM 设计

如图 5-25 所示,针对 VXLAN 隧道,可以通过双向转发检测(Bidirectional Forwarding Detection,BFD)隧道对端 IP 来检测隧道状态,如果状态为 Down,则联动

相应的隧道置 Down, 并引发隧道上层的 Overlay 业务 VPWS 发生切换。还可以通过域内路由协议会话的 BFD 检测来进行 Underlay 网络层的 IP-FRR 或者 ECMP 快速切换。

针对 Underlay 网络层的 IP 的 Ping, Tracert, TWAMP 测试可以检测链路的质量。

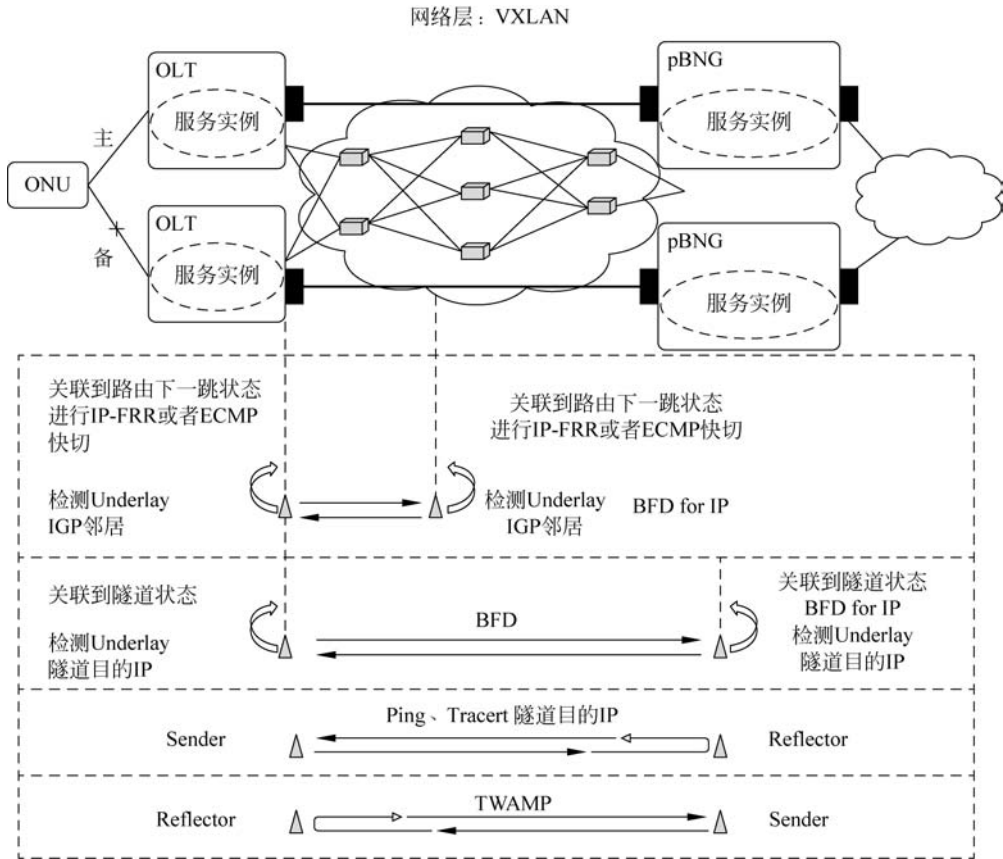


图 5-25 网络层 VXLAN 隧道的 OAM 方案

如图 5-26 所示, SRv6 隧道暂不支持通过 BFD 检测隧道终点 IP 来检测隧道状态 (标准正在制定中)。可以通过 BFD 检测隧道下一跳 IP 来进行网络层的 IP-FRR 或者 ECMP 快速切换。

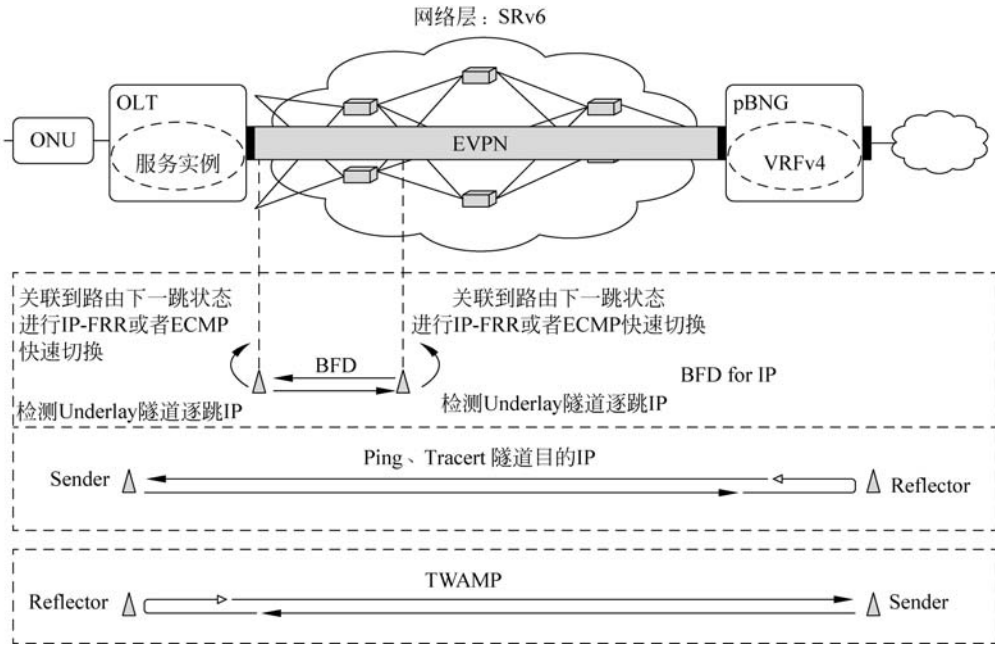


图 5-26 网络层 SRv6 隧道的 OAM 方案