



基于PON上行SD-WAN融合运营平台研发与应用

廖文昭, 曹雪莹, 吉明桦, 闻华

(中国电信股份有限公司上海分公司, 上海 200085)

摘要: 介绍了基于PON上行SD-WAN融合运营平台的研发与应用。在客户侧将两个终端功能合二为一, 打造PON上行SD-WAN网关, SD-WAN通过Overlay方式一跳入云, 支持固定IP地址、拨号两种方式, 将SD-WAN业务与互联网业务捆绑, 一台终端设备同时承载用户上网、组网、入云。将政企网关和SD-WAN设备进行结合, 可极大地优化电信业务开通流程, 提高用户感知。

关键词: PON; SD-WAN

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2025088

0 引言

运营商传统政企业务中, 政企网关主要解决客户访问互联网业务诉求, 软件定义广域网(SD-WAN)主要解决客户分支机构上云及组网(含跨域、跨境)诉求, 且与用户互联网业务形成天然的绑定关系。为此考虑将SD-WAN业务与互联网业务捆绑, 通过一台终端设备同时承载用户上网、组网、入云。将政企网关和SD-WAN设备进行结合, 可极大地优化业务开通流程, 提高用户感知。上网(underlay)和组网(overlay)的结合以统一终端交付, 是运营商中的首次创新。对设备硬件的升级支持, 可以保持存量市场的稳步升级。无源光网络(PON)上行SD-WAN网关(以下简称“PON SD-WAN”)技术是通过将PON和SD-WAN技术结合起来, 实现对企业、组织和服务提供商等网络的安全、高效、灵活管理的新型网络架构。随着数字化转型、云计算、物联网等新兴技术的快速发展, PON-SD-WAN技术在未来将会有更广阔的应用前景。

1 发展前景与总体目标

1.1 发展前景分析

首先, PON-SD-WAN技术具备高速传输、低时延和大带宽等特点, 能够满足企业、组织和服务提供商等不同用户群体对于快速数据传输和高性能网络的需求。其次, 由于PON-SD-WAN技术基于软件定义网络, 因而可针对各类企业分支机构的网络需求进行定制化配置, 以适应各种不同场景下的应用需求。再次, 由于PON技术的光纤传输方式可以实现长距离无损传输, 也可以将SD-WAN技术多重链接中的流量调度最优化, 从而为客户带来更高质量的网络传输服务。最后, 随着5G等新兴技术的快速发展, PON SD-WAN技术还可以与其他新兴技术的技术相互融合, 实现更为智慧化的网络部署。

总体来说, PON SD-WAN技术在企业、组织和服务提供商等领域中拥有广泛的应用前景, 将



随着数字化、智能化和无线化的发展趋势不断得到推动和加强。

1.2 总体目标

在政企客户省内上网需求的基础上，对新增的 overlay 增值能力需求（如上云、组网、安全等）通过单一硬件进行融合补充，通过相关开放 API，实现用 underlay、overlay 融合场景的运营平台，提供服务受理、业务组网、运营支撑等服务能力。

首先，实现商务宽带+翼惠联融合套餐的受理，完成 overlay 产品在融合、非融合场景下的产品设计、加装，实现商务宽带和翼惠联产品的受理及开通。

其次，构建一个能够支持售前流程并强化售后服务的综合管理服务框架。该框架下不仅支持售前开通的工单管理，能够接收产品订单并完成组网产品的下单激活，同时提供售前售后的资源管理及配置功能。此外，还融合了监控、诊断与远程修复功能，针对用户上网和组网问题提供全

面的判障服务。为了简化用户组网开通流程并优化展示方案，还具备组网方案能力。为满足运营管理需求，特别还开发了客户管理、系统管理等基础功能。

接着，提供嵌入天翼云门户的用户自服务功能，实现可视化 SD-WAN 组网方案设计自助开通、用户对终端可视化管理、自助诊断修复及用户信息管理功能。

最后，制定天翼云 PON SD-WAN 设备技术要求，以上海电信实际业务需求为导向，参考目前翼惠联终端设备情况，完成天翼云 PON SD-WAN 设备技术规范，用以指导本期及后续商务宽带+翼惠联产品业务的发展。

2 技术实现方案

2.1 总体方案架构

总体架构设计如图 1 所示。基于 PON 上行 overlay SD-WAN 能力需要提供运营服务支撑及客户自服务门户，包括访问门户入口及服务，以满

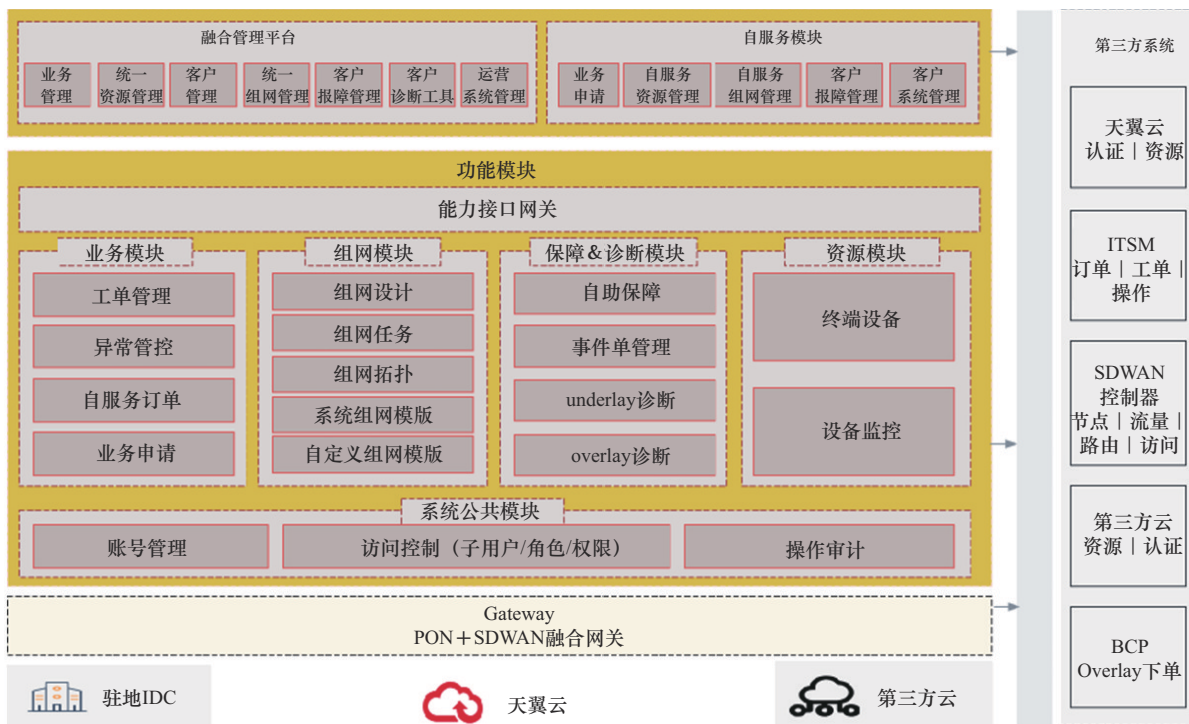


图 1 总体架构设计

足用户多类型上网及组网业务。

(1) 融合管理平台。对接服开、CRM、云BCP, 实现云BCP翼惠联产品本地化受理运营; 对接省ITMS、云公司SD-WAN控制器系统, 实现终端underlay+overlay融合监控、判障修复等运维支撑能力; 对接天翼云, 实现用户上网、组网、入云的全业务。

(2) 自服务模块。对接天翼云门户、CRM、天翼云等开放接口, 实现上网+组网融合业务开通受理, 实现企业上网、组网、入云、云间组网业务及设备自服务判障运维。

基于本地ITMS、SD-WAN控制器、BCP、天翼云等系统提供相关开放API, 实现对接打通, 实现业务完整闭环。

2.2 融合管理平台产品功能设计

2.2.1 业务管理

业务管理提供工单接收、开通、回单等一系列工单生命周期流程。

(1) 工单接收

工单接收提供工单列表查询、展现功能及详情展现。能够接收来自上游的underlay和overlay工单, 实现工单的入库、关联, 并建立完整的工单模型, 工单类型涵盖新装、改性能、移机、过户、拆机等。同时, 平台提供按条件查询展现功能, 便于用户快速定位所需工单。在工单详细呈现方面, 平台通过展现页面展示工单基础信息, 并实时接收客保系统、ITMS以及BCP系统的开通进展, 包括终端安装情况、underlay配置下发情况以及overlay下单、配置下发、终端激活情况等, 从而统一展现工单的流转情况。

(2) 工单自动开通

工单自动开通提供依据工单类型, 对overlay部分实现开通。针对underlay+overlay新装工单, 平台会根据内容分类处理, 并在underlay订单加装子产品或新装时等待overlay订单下发, 针对新装PONSD-WAN的overlay工单, 会自动发起天

翼云SD-WAN下单程序, 其他情况则仅记录并回单。对于仅overlay新装、改性能、移机、过户及拆机工单, 平台同样根据内容分类, 并分别针对PONSD-WAN设备自动发起相应的下单、修改或拆机程序, 而对于其他设备或无设备的情况, 则仅记录工单并回单。

(3) 工单回单

工单回单提供依据工单完工情况, 实现回单。当工单正常完工时, 系统会自动发起overlay和underlay订单的回单流程。若工单出现异常, 平台则提供人工干预能力, 以便在修改后使工单恢复正常流转。

2.2.2 终端管理

终端管理提供终端监控及展示、终端自动激活、终端配置管理等功能。

(1) 终端监控及展示

终端监控及展示提供固网终端查询、展现、监控功能。通过采集overlay设备的在线状态、内存、磁盘、CPU使用情况、流量、POP在线状态以及隧道时延、抖动、丢包率等关键指标, 以及underlay设备的在线状态, 平台能够实时监控并展示这些采集到的数据, 从而实现对固网终端的全面监控和管理。

(2) 终端自动激活

终端自动激活提供依据终端新装或更换请求, 对终端overlay部分实现终端激活或替换激活。在售中环节, 接收客保系统传递的overlay设备信息及CRM订单信息, 将智能网关信息与天翼云SD-WAN订单绑定并传递给下游, 同时获取ITMS下发的underlay配置信息, 生成无冲突的overlay配置信息, 并通过BCP进行天翼云SD-WAN智能网关的自动激活。在售后环节, 接收来自客保/ITMS的维护材料信息, 提供新老终端的替换能力, 并在替换过程中调用BCP接口, 触发老终端配置自动下发至新终端, 实现替换激活。



(3) 终端配置管理

终端配置管理提供依据设备激活配置情况的查询、修改功能。用户可以按条件查询终端的 underlay 和 overlay 配置现状，同时，还支持用户手动修改 overlay 配置。此外，平台还具备一键迁移终端配置的功能，用户可以轻松地将旧终端的配置迁移至新终端。

2.2.3 客户管理

(1) 省BSS客户信息管理

省BSS客户信息管理提供省BSS客户信息查询，包括以列表形式展现BSS客户信息以及展示客户信息的详细内容和监控情况。

(2) 云BCP客户信息管理

云BCP客户信息管理提供云BCP客户信息查询，包括以列表形式展现BCP客户信息以及展示客户信息的详细内容和监控情况。

(3) 客户信息管理

客户信息管理提供企业用户信息及关联管理，包括企业信息列表的展现与查询、新增、修改及删除操作。同时，在接收省BSS工单时，客户信息管理能够智能判断是否需要自动新建省账号及云账号，并实现云BCP账号与省账号的自动关联，以及各省账号间的自动关联。此外，还支持客户账号的手动关联及修改，以满足多样化的管理需求。

2.2.4 组网方案

(1) 组网方案管理

在组网方案管理方面，它支持以列表形式查询并展示用户组网方案，同时具备新增、修改、删除组网方案以及同步天翼云SD-WAN组网的能力。在QoS管理方面，它同样支持列表形式查询并展示用户QoS，并提供新增、修改、删除QoS以及同步天翼云SD-WAN QoS的能力。在访问控制管理方面，它支持列表形式查询并展示用户访问控制方案，并具备新增、修改、删除访问控制以及同步天翼云SD-WAN访问控制的能力。

(2) 组网方案幕布

组网方案幕布提供用户组网方案幕布展现及修改能力。在组网幕布展现方面，它能够获取并可视化展示天翼云SD-WAN组网现状、用户天翼云SD-WAN设备详情及组网隧道详情。在组网幕布修改方面，它提供了用户设备图标、组网连线及连线修改功能，并支持用户对现有组网进行新增、删除设备操作，以及对组网隧道性能、天翼云SD-WAN设备配置、QoS、访问控制进行编辑。此外，该平台还能够结构化记录用户组网方案中的天翼云SD-WAN设备配置信息、互联配置信息、QoS信息、访问控制信息及隧道配置信息，以使用户更好地管理和维护其组网方案。

(3) 组网方案开通

组网方案开通提供组网方案完成后的自动开通功能，用户可以选择开通的组网方案，平台随后会对比现有的SD-WAN组网情况，自动完成网络内的新增/删除设备、设备配置信息的修改、新增/删除互联信息、新增/删除隧道信息以及修改隧道配置信息。此外，平台还会自动完成QoS和访问控制的加载更新，并可视化展现组网方案的开通情况，以使用户随时了解组网进度和状态。

2.2.5 诊断及修复

(1) 诊断工具

诊断工具提供用户终端在线检测能力，包括远程检测固网终端是否联网、是否在线，以及 underlay 和 overlay 是否在线和符合开通要求。同时，它还能够远程检测固网终端配置是否存在冲突，远程获取固网终端 underlay 和 overlay 的配置，并检测是否存在配置冲突。最终，会生成终端在线检测报告，可查询该报告以了解终端的在线状态和配置情况。

(2) 终端一键恢复

终端一键恢复能够依据诊断结果自动完成终端的远程重启、远程重置以及远程配置修改并重新下发。此外，还支持将这些恢复操作进行组合

使用,以满足不同场景下的恢复需求。当远程诊断无法解决终端问题时,还会提供报障途径,确保用户问题能够得到及时解决。

2.2.6 系统功能

(1) 角色管理

角色管理提供运营平台角色管理功能,此功能在运营平台实现,允许运维人员查询、新增、修改和删除平台用户的角色。

(2) 用户管理

用户管理提供运营平台用户管理功能,此功能在运营平台实现,运维人员可以通过该功能查询、新增、修改和删除平台用户,并且平台还提供了对用户角色和权限的校验功能,以确保用户管理的准确性和安全性。

(3) 权限管理

权限管理提供运营平台用户权限管理功能,此功能在运营平台实现,运维人员可以通过该功能查询、新增、修改和删除平台用户的权限,以满足平台对用户权限管理的需求。

(4) 消息服务功能

消息服务功能提供运营平台用户消息服务管理、消息推送功能,此功能在运营平台实现。运维人员可以查询、新增、修改和删除平台上的消息服务,以满足消息管理的需求。同时,平台还具备告警消息和配置消息的推送功能,确保用户能够及时接收重要的通知和提醒。

(5) 安全日志

此功能在运营平台实现。运维人员可以通过该功能查询安全日志和操作日志,以确保平台的安全性和操作的可追溯性。

2.2.7 系统接口

系统集成了多个关键接口。省BSS接口中的南向接口,用于获取客户基本信息。省网编接口实现工单进度和订单信息的交互。省客保/智慧营维接口提供新料完工、维护料完工反馈及overlay订单查询等能力,并接收维护料替换和overlay串

码等信息的请求。省ITMS接口则涵盖了从underlay串码获取overlay串码、固网终端信息查询、网络故障检测、设备状态及操作原子能力,以及overlay配置查询的北向服务。此外,BCP接口作为核心,提供了与天翼云SD-WAN相关的全功能,如下单、订单与设备绑定、配置下发、设备激活、移机、组网创建与删除、设备状态查询(包括在线状态、内存、磁盘、CPU及流量情况)、POP和隧道性能监控等南向能力,并具备天翼云SD-WAN订单回单的北向接口。这些接口共同构成了平台强大的运营、管理和维护能力。

2.3 自服务模块功能设计

2.3.1 业务管理

业务管理提供客户工单列表展现和详情展现信息。overlay工单展现功能支持按条件查询,涵盖新装、改性能、移机、过户、拆机等多种工单类型。工单详细呈现则展示了工单的基础信息,并接收来自客保系统的开通进展以获取终端安装情况,同时接收ITMS的开通进展以获取underlay配置下发情况,以及接收BCP系统的开通进展来获取overlay的下单、配置下发和终端激活情况。最终,统一展现了工单的流转情况,为用户提供全面的工单管理视图。

2.3.2 终端管理

终端管理提供终端信息查询、终端监控、终端配置管理等功能。

(1) 终端监控及展示

终端监控及展示提供固网终端查询、展现、监控功能。通过固网终端信息列表,用户可以以列表形式查看固网终端的基础信息。同时,还提供了固网终端的详细信息展示,并能够对固网终端overlay智能网关的流量使用情况和带宽利用率进行监控和展示,为用户提供全面的固网终端管理体验。

(2) 终端配置管理

终端配置管理提供依据设备激活配置情况的



查询、修改功能。用户可以通过条件查询，获取终端的 **underlay** 和 **overlay** 配置现状。此外，还支持用户手动修改 **overlay** 配置，并提供了一键迁移终端配置的功能，以满足用户对设备配置的灵活管理需求。

2.3.3 组网方案

组网方案提供用户组网方案呈现、组网方案幕布、组网方案自动开通。

(1) 组网方案管理

组网方案管理包括以列表形式查询并展示用户组网方案，以及新增、修改、删除组网方案的功能。同时，还支持 **QoS** 管理，允许用户以列表形式查询并展示 **QoS** 设置，并具备新增、修改、删除 **QoS** 的能力。此外，还提供访问控制管理功能，用户可以通过列表形式查询并展示访问控制方案，同样支持新增、修改、删除访问控制方案，以满足用户对网络管理的多样化需求。

(2) 组网方案幕布

组网方案幕布提供用户组网方案幕布展现及修改能力。首先，用户组网方案幕布展现可以获取并可视化展现天翼云 **SD-WAN** 组网现状，包括设备详情、组网隧道详情等信息。在幕布展现的基础上，还允许用户对组网进行修改，包括添加设备图标、修改组网连线、新增或删除设备、编辑组网隧道性能、编辑 **SD-WAN** 设备配置、编辑 **QoS** 以及访问控制等功能。此外，还提供了组网方案的结构化记录功能，能够记录组网方案中的 **SD-WAN** 设备配置信息、互联配置信息、**QoS** 信息、访问控制信息以及隧道配置信息等，为用户提供全面的组网方案管理支持。

(3) 组网方案开通

组网方案开通提供组网方案完成后，基于方案的自动开通功能，可视化展现组网开通情况。用户可以选择需要开通的组网方案，系统随后会自动对比现有的 **SD-WAN** 组网情况，完成包括新增/删除设备、修改设备配置信息、新增/删除互

联信息、新增/删除隧道信息、修改隧道配置信息等一系列操作。此外，系统还会自动完成 **QoS** 和访问控制的加载更新。整个开通过程完成后，会以可视化的方式展现组网方案的开通情况，使用户能够直观地了解组网状态。

2.3.4 诊断及修复

诊断及修复提供用户对固网终端 **underlay** 与 **overlay** 融合诊断及修复能力。

(1) 诊断工具

诊断工具提供用户终端在线检测能力。终端在线检测通过远程检测功能，能够判断固网终端是否联网、是否在线（包括 **underlay** 和 **overlay** 两层网络），并检测终端是否符合开通要求（同样涵盖 **underlay** 和 **overlay**）。此外，还能远程获取固网终端的 **underlay** 和 **overlay** 配置，检测是否存在配置冲突。检测完成后，会生成终端在线检测报告，用户可以随时查询该报告以了解终端的在线状态和配置情况。

(2) 终端一键恢复

该功能能够依据诊断结果自动完成多项恢复操作。具体而言，平台可以自动进行终端远程重启、终端远程重置，以及终端远程配置修改并重新下发。此外，平台还提供组合恢复能力，允许用户根据实际需求选择多种恢复操作进行组合执行。若远程诊断无法解决终端问题，平台还会提供报障途径，确保用户能够及时获得技术支持。这一功能旨在提高用户终端的稳定性和可用性，降低因终端故障带来的不便和损失。

2.3.5 系统功能

平台集成了个人信息管理功能，其中企业信息管理允许用户修改企业基本信息，并可以对云 **BCP** 账号与省 **CRM** 账号的关联关系进行新增、修改、删除及查询操作。此外，平台支持通过天翼云 **token** 实现跳转登录至自服务平台的功能，同时用户也能接收平台推送的告警消息，确保信息的及时传递与处理。

3 结束语

本文介绍了构建基于 PON 上行 SD-WAN 融合运营平台开发与应用,并阐述了实现该能力建设产品功能的技术及设计的方案。

在政企客户省内上网需求的基础上,对于新增的基于 PON 上行 Overlay SD-WAN 能力需求(如上云、组网、安全等)通过单一硬件进行融合补充,通过相关开放 API,实现用 underlay、overlay 融合场景的运营平台,提供服务受理、业务组网、运营支撑等服务能力,实现总体目标如下。实现商务宽带+翼惠联融合套餐受理;新增 PON SD-WAN 融合运营管理平台、客户自服务模块,参考中国电信研发云通用部署规范,实现系

统上云要求;制定天翼云 PON SD-WAN 设备技术要求。

参考文献:

- [1] 中国电信天翼云. 中国电信天翼云 PON SD-WAN 技术白皮书[R]. 2023.

[作者简介]

廖文昭 (1976-), 男, 中国电信股份有限公司上海分公司正高级工程师, 主要研究方向为 IT 架构设计和云计算。

曹雪莹 (1996-), 女, 中国电信股份有限公司上海分公司软件工程师, 主要研究方向为信息管理与信息系统。

吉明桦 (1991-), 男, 中国电信股份有限公司上海分公司工程师, 主要研究方向为云网产品创新和平台架构设计。

闻华 (1977-), 男, 中国电信股份有限公司上海分公司高级工程师, 主要研究方向为云网平台 IT 架构设计与开发。