



一种融合 VC 交叉功能的 OTN 系统技术应用

林何平¹, 王澄², 张金亮², 曹济娴³, 高志英¹, 康帅¹

(1. 中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080;

2. 中国移动通信集团江苏有限公司, 江苏 南京 210003;

3. 中国移动通信集团江苏有限公司连云港分公司, 江苏 连云港 222000)

摘要: SDH 网络具有刚性管道的优点, 在高等级业务承载时不可替代, 但由于设备老化等问题, 面临退网。针对 SDH 网络面临的现状, 提出了一种融合 VC 交叉功能的 OTN 技术方案, 在利用 OTN 系统大带宽的同时, 节约了机房空间、能耗及纤芯资源, 降低了运维风险, 为 SDH 替换改造提出了新的思路。经试点及测试后, 系统工作正常, 指标满足技术规范要求。

关键词: SDH 网络; VC-OTN; 试点; 测试

中图分类号: TN914

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2018039

Application of integrating VC cross-connecting function with OTN system

LIN Heping¹, WANG Cheng², ZHANG Jinliang², CAO Jixian³, GAO Zhiying¹, KANG Shuai¹

1. China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China

2. China Mobile Group Jiangsu Co., Ltd., Nanjing 210003, China

3. China Mobile Group Jiangsu Co., Ltd., Lianyungang Branch, Lianyungang 222000, China

Abstract: Due to the advantage of rigidity pipeline, SDH is irreplaceable in carrying high priority service circuit. However, it will withdraw because of equipment ageing. A solution of OTN system with VC cross-connecting function was proposed for the situation which SDH network faced, which could minimize space requirements, conserve energy, save the resource of optical fiber and reduce the operational risk while keeping the advantage of OTN high bandwidth transmission. Pilot testing proves that the system works well and accords with correlative criterion.

Key words: SDH network, VC-OTN, pilot, testing

1 引言

随着电信业务的全面 IP 化^[1], 弹性管道分组传输技术在应对突发流量、统计复用及总体使用成本 (total cost of ownership, TCO) 方面有更大

优势, 而 SDH (同步数字体系) 技术虽然后期在接口上引入对以太网业务的支持, 但其在本质上仍为刚性管道技术^[2], 已不再适应业务的发展需要, 传统 SDH 承载网向 IP 化网络演进势在必行。以江苏某运营商为例, 各传输系统承载现状见



表 1 业务承载现状

业务	承载技术和网络	说明
2G	SDH/分组传输技术	SDH 逐步退网
3G	分组传输技术	
4G	分组传输技术	
WLAN	PON	WLAN 业务以 PON 为主，部分节点根据网络资源情况采用分组传输网络回传
数字/数据专线	SDH/分组传输技术	以分组传输技术为主，部分银行、公安等专线采用 SDH
高等级集团客户大颗粒业务	OTN	大颗粒低等级业务采用 PON、光纤直驱等多种方式
家庭宽带、普通集团客户互联网专线/宽带	PON	

表 2 刚性管道与弹性管道承载特性比较

性能要求	刚性管道	弹性管道
业务隔离	基于光纤、波长、空分、时分技术实现物理隔离，私密性高、QoS 好、网络安全性高	MPLS 标签逻辑隔离，端到端参数配置复杂
带宽保障	带宽配置后即固定，带宽资源不能抢占，独享硬件资源	带宽采用统计复用方式，通过 QoS 机制控制业务优先级；很难保证端到端的带宽
承载性能	时延、抖动小；有相应的误码检测机制和纠错机制，不主动丢帧	流量模型复杂，在拥塞或突发的情况下，难以保证时延、抖动、分组丢失率等指标要求

表 1，SDH 设备在近几年内还会进一步退网。

虽然现网的大部分业务已经不再使用 SDH 作为其承载平台，但一部分政企、金融类集团客户的高价值专线，对业务隔离、带宽保障和承载性能的要求较高，需要采用刚性管道技术予以保障。刚性管道与弹性管道承载特性比较见表 2。

2 SDH 网络的两难境地

现阶段，SDH 作为中小颗粒高价值业务的承载仍是必然之选，现网中大量专线业务主要由 SDH 网络承载，当前还需要维系 SDH 端到端的专线承载，局部甚至还有扩容的需求。端到端的 SDH 承载如图 1 所示。

尽管现网对 SDH 仍有需求，但 SDH 网络本身面临着各种问题^[3]，具体如下。

- SDH 系统已不再发展，不适应高带宽的需求。现网老旧 SDH 设备速率都在 10 Gbit/s 以下，其中 2.5 Gbit/s 以下占 50%，承载 100 Mbit/s 以上颗粒的专线业务非常吃力。

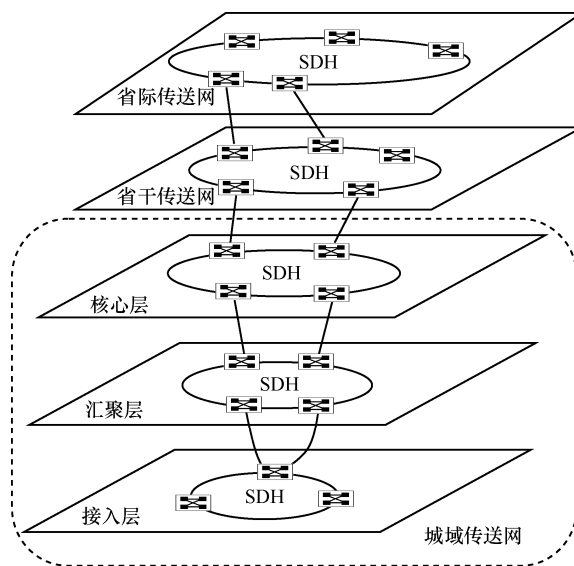


图 1 端到端的 SDH 承载

- 由于 SDH 系统容量只发展到 10 Gbit/s，因此单纤容量最大仅 10 Gbit/s，光纤利用率不高。
- 老旧 SDH 设备运维成本高。由于网络的爆发式增长，机房与电源等配套资源已无法满足快速业务发展需求，成为制约网络发展的一大因素。老旧 SDH 设备容量偏小，单机架功耗虽然不大，但单比特功耗却比

较大,同时占用着宝贵的机房面积。

- SDH 网络已进入生命尾期,设备厂商已经逐步开始停止服务(end of service, EOS),不在对设备进行研发和投入,老旧设备的备件也逐渐减少,现网设备剩余槽位及剩余带宽面临枯竭,网络扩容变得越来越困难;同时存量设备在网年限不断增长,设备故障率不断升高。

总之,现有的 SDH 网络及设备扩容变得越来越难,如何满足少量的刚性带宽业务需求成为网络建设和演进的一大难题。

3 OTN 与 SDH 的融合

光网络的体系结构已经经历 3 次重大变革^[4], OTN (optical transport network, 光传输网) 技术继承了 SDH 刚性管道和帧结构等方面特性,具有和 SDH 类似的网络性能^[5],但其颗粒远大于 SDH 技术,因此考虑如何利用 OTN 来延续 SDH 承载的业务需求成为一种很好的解决方案;同时随着 OTN 不断建设,其覆盖范围不断扩大,设备容量也在逐步提高,通过 OTN 融合 SDH 部分特性,可以解决高价值业务的刚性带宽承载需求,相应 SDH 面临的问题将迎刃而解,同时减少了网络层次和设备类型,减少了故障率,整体上提高了维护效率^[6]。

目前业界已有 MS-OTN^[7] (multi-service optical transport network, 多业务光传输网) 方案,其核心理念是 “All in One”, 具有如下四大特点。

- 多业务接入: 能接入任意速率的任意业务 (SDH、SONET、PDH、ETH、FC、PON 等)。
- 统一交叉: 融合多种技术, 可提供基于波长、分组业务、VC 和 ODU 的统一调度。
- 统一传送: 各种业务可以映射到最匹配的管道中, 汇聚到大容量的波长中统一传送。
- 统一维护: 统一的网络管理系统, 实现对 VC、分组及波长的统一可视化运维。
- VC-OTN (融合 VC 交叉功能的 OTN 系统)

是 MS-OTN 的子集, 主要是将 VC 融合到 OTN 系统中, 集成 VC 交叉调度能力, 实现多业务统一承载。

3.1 VC-OTN 技术介绍

3.1.1 业务承载

VC-OTN 根据业务属性提供不同粒度的处理方式, 最终匹配到最合适的 ODU_k ($k=0,1,2,2e,3,3e,4,\text{flex}$) 管道中传送, 为各种业务提供承载方案, 满足多业务发展需求。VC-OTN 多业务处理如图 2 所示。

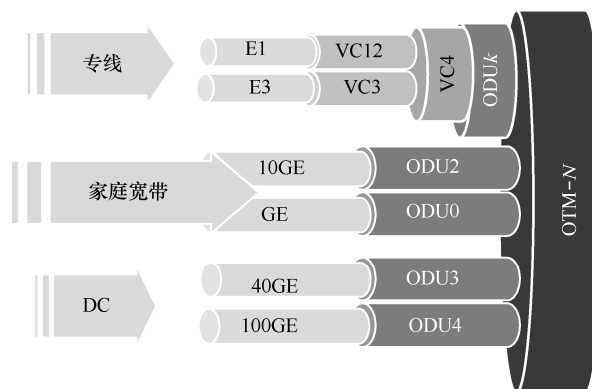


图 2 VC-OTN 多业务处理

3.1.2 系统架构

VC-OTN 技术基于 OTN 架构, 通过定义 VC 适配 ODU 帧结构, 采用统一线卡进行封装映射, 并通过同时支持 ODU 和 VC 两种交叉颗粒, 实现了同时对 OTN 和 SDH 业务的承载。VC-OTN 系统架构如图 3 所示。

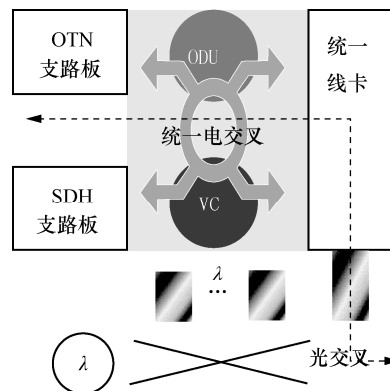


图 3 VC-OTN 系统架构



3.1.3 统一线卡功能模型

统一线卡是 VC-OTN 实现统一传送的关键部件,其不仅能像常规线卡一样提供波长级别的线路速率,而且具有更加灵活的业务适配方式和交叉颗粒,确保对各种业务的接入和承载。统一线卡功能模型如图 4 所示,统一线卡模块功能见表 3。

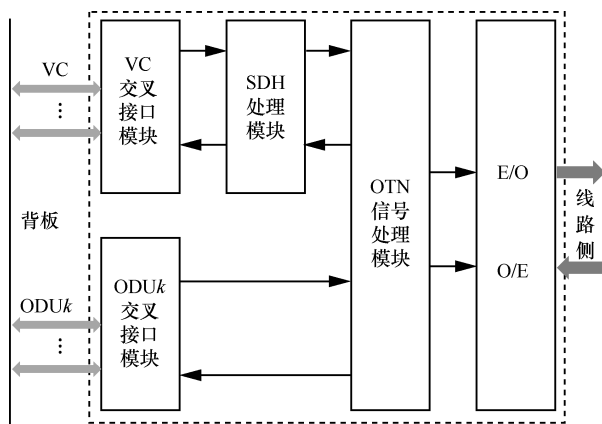


图 4 统一线卡功能模型

3.1.4 保护方式

在保护方式上,电层将根据业务承载方式不同分别采用 ODU 和 VC 的保护技术,在光层上延续了 OTN 的保护方式^[8],对各种业务采用统一的保护模式。VC-OTN 保护方式如图 5 所示。

3.2 网络演进

为了解决 SDH 系统面临的诸多问题,有必要引入 VC-OTN 技术。VC-OTN 的网络演进可分为以下两个步骤。

(1) 在核心层和汇聚层引入 VC-OTN,解决汇聚、核心 SDH 设备老化问题,并增加汇聚核心容量。100 Mbit/s 以上的集团客户电路优先割接至 VC-OTN (接入侧不变)。

(2) 随着 OTN 覆盖范围的扩大,逐步向接入层推动替换改造,按需将承载业务量较大的接入层 SDH 设备替换为 VC-OTN 设备,从而彻底解决 SDH 系统承载问题。VC-OTN 的网络演进如图 6 所示。

4 VC-OTN 试点及测试情况

2016 年江苏某运营商决定在 A 市启动 VC-OTN 试点的建设。

4.1 SDH 现状

A 市现网 SDH 网络采用核心、汇聚和接入分层架构,其网络容量如下。

- 核心层:核心节点 STM-64 双环,其中枢纽楼配置有扩展子架,用于小颗粒接口汇

表 3 统一线卡模块功能

序号	模块名称	主要功能
1	VC 交叉接口模块	与交叉板配合实现 VC 信号的交叉调度
2	SDH 处理模块	实现 SDH 信号的映射、复用及开销处理
3	ODU _k 交叉接口模块	与交叉板配合实现 ODU _k 信号的交叉调度
4	OTN 信号处理模块	实现 VC 业务向 ODU _k 的封装及 OTN 信号的映射、复用及开销处理

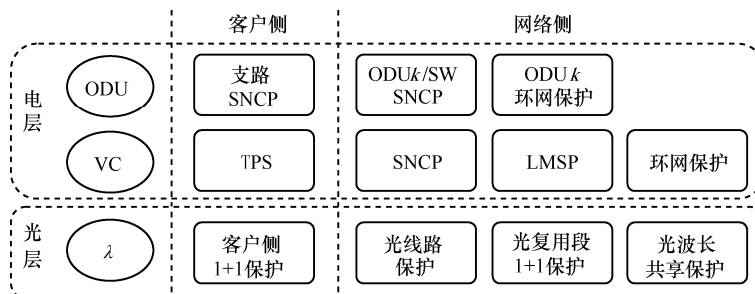


图 5 VC-OTN 保护

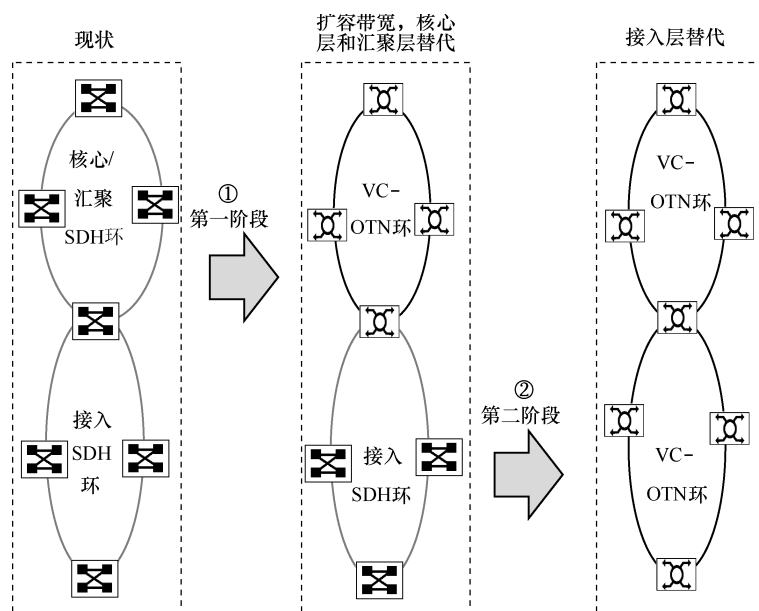


图6 VC-OTN 的网络演进

聚使用。

- 汇聚层：城区和市县各有6个汇聚环，包括STM-64和STM-16环系统。
- 接入层：在汇聚节点下挂STM-4/STM-1接入环或下挂链。

根据项目实施难度和对业务的影响程度，试点项目暂且对某地区两个四点汇聚环（城区10 Gbit/s环、市县2.5 Gbit/s环各一个）进行割接替换。改造前汇聚环现状如图7所示。

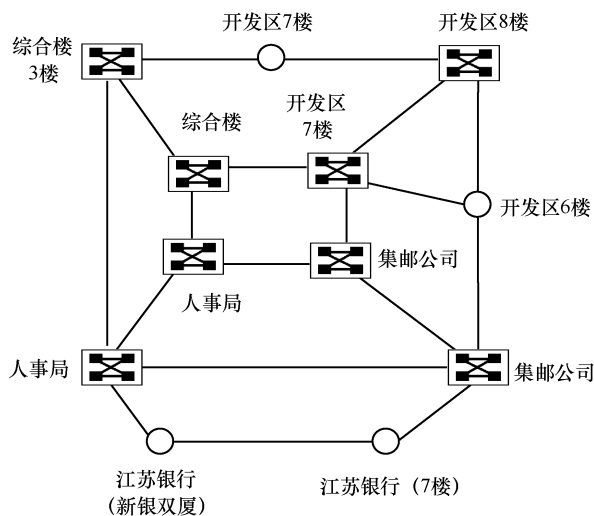


图7 改造前汇聚环现状

4.2 改造方案

改造过程按照如下两个阶段进行。

第一阶段：10 Gbit/s 汇聚环 SDH 下挂线路侧割接，即将 OTN 设备插入 10 Gbit/s 汇聚环 SDH 设备与接入侧之间。建设过程按站点进行逐站割接，割接平滑，回退容易，原市区 10 Gbit/s 汇聚环原有 MSP 保护不受影响。试点项目割接第一阶段方案如图8所示。

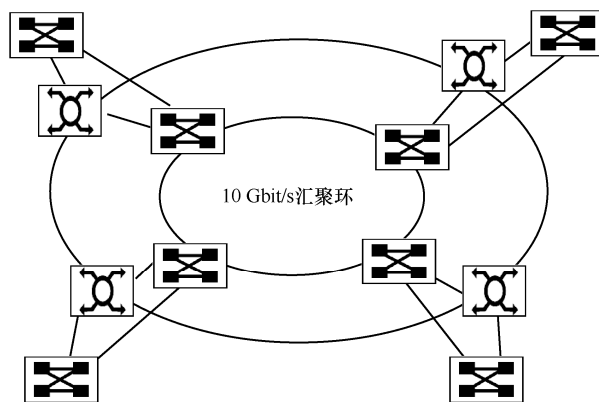


图8 试点项目割接第一阶段方案

以综合楼站点为例，割接步骤如下：

- (1) 下发 OTN 设备穿通交叉脚本；
- (2) 拔出 SDH 线路侧光口尾纤，插入预布放

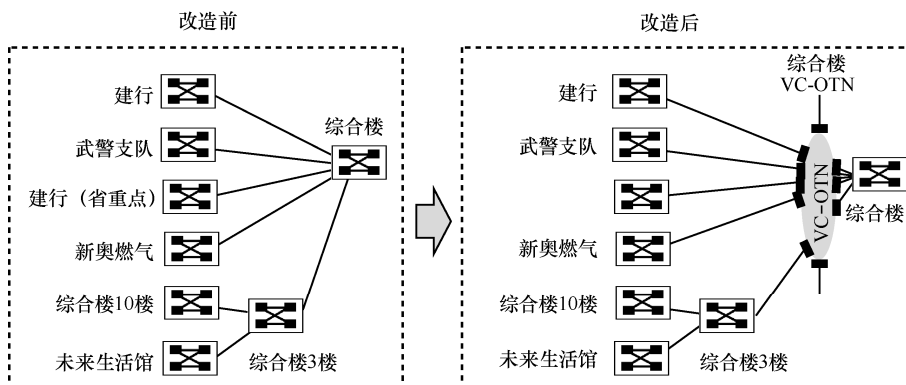


图9 试点项目单节点第一阶段割接过程示意

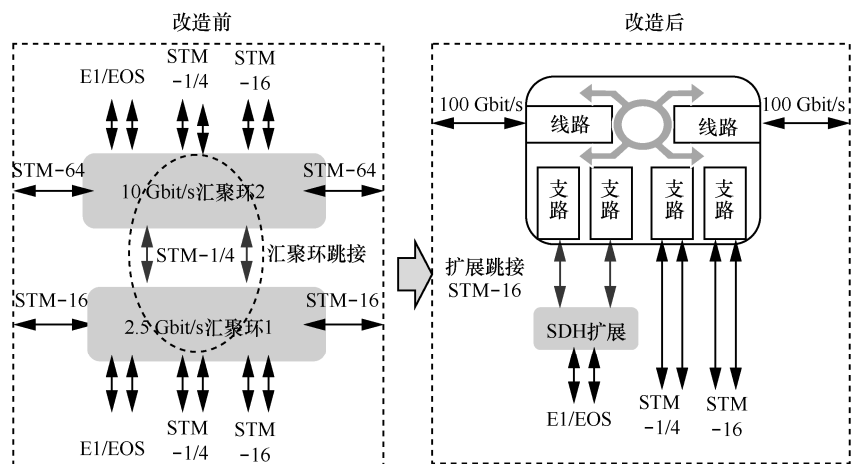


图10 试点项目单节点改造前后架构示意

的尾纤连接至 OTN 设备支路光口；

(3) 确认业务是否正常。

试点项目单节点第一阶段割接过程示意如图9所示。

通过部署 VC-OTN，替代 SDH 汇聚环现有 10 Gbit/s 和 2.5 Gbit/s 设备，汇聚节点按物理站点合并，两个汇聚环也相应合并，业务完成后拆除原有 10 Gbit/s 环和 2.5 Gbit/s 环。对于汇聚环接入业务（E1/EOS），目前保留低阶交叉扩展子架用于小颗粒业务汇聚。试点项目单节点改造前后架构示意如图10所示。

第二阶段：SDH 设备下挂 STM-N 业务，按业务逐条割接至 OTN 平面。第二阶段按业务进行搬迁，业务影响小，割接平滑，最大程度减少业务中断时间；进站次数可控，基本可以保证每晚

一次进站，业务调整基本在中心网管进行（如果本地上下业务数量多，可能需要多次进站）。

试点项目割接第二阶段方案如图11所示。

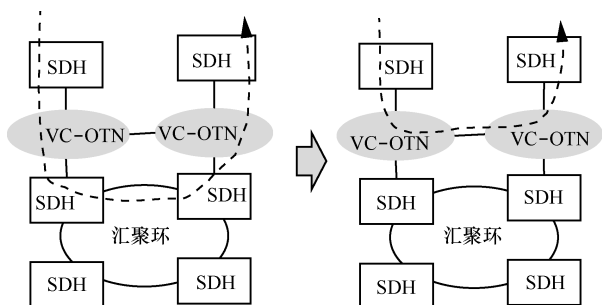


图11 试点项目割接第二阶段方案

4.3 改造后网络

本次 VC-OTN 试点项目顺利完成了近千条业务（含城区 700 余条集客专线电路）的平滑割接，共涉及 6 个站点（2 个核心节点，4 个汇聚节点），

后续还将完成其他区域汇聚环及核心环的试点工程,进一步验证端到端业务迁移能力。改造后汇聚环拓扑如图12所示。

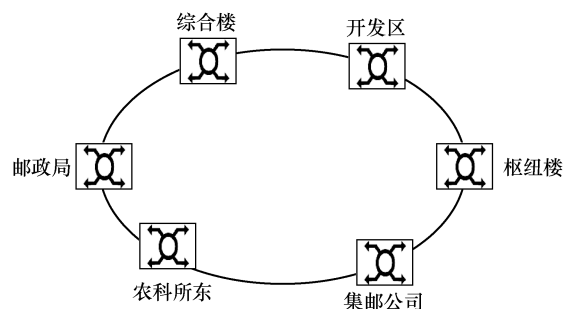


图12 改造后汇聚环拓扑

4.4 业务时延及保护倒换时间测试

为了保证承载业务的安全,同时为了测试新的VC-OTN网络承载业务运行指标,需要对该网络进行测试,以获取不同速率的业务颗粒的时延以及保护倒换时间等指标^[9]。

测试业务速率选取10 Gbit/s、155 Mbit/s和2 Mbit/s,通过网管配置测试业务,采用源端挂表、宿端环回的方式进行测试,测试结果符合预期。VC-OTN系统测试结果见表4。

5 结束语

通过对VC-OTN技术的试点应用,在较好满足TDM业务承载的基础上对SDH系统退网有了新的思路,并具有以下特点。

- 节省机房空间、降低能耗:按物理点设备合并,将10端SDH汇聚层老设备退网拆除,节省了宝贵的机房空间资源,降低了机房能耗。

- 提升了原SDH汇聚层承载容量:原汇聚环为10 Gbit/s+2.5 Gbit/s,试点工程后提升为100 Gbit/s,后续可扩容至200 Gbit/s。
- 节省了汇聚层光缆纤芯资源:原2个汇聚环为同址叠加建设,割接后实现1个OTN环代替承载,光缆纤芯节省一倍。
- 大大降低了网络运维风险:SDH设备已基本停产、运行年代久、备件缺乏,在网风险逐渐凸显,VC-OTN融合承载新技术降低了网络运维风险。
- 开拓了高等级集团业务融合承载新方式:VC-OTN继承了SDH硬管道优势,并改善了SDH低带宽的劣势,实现了高带宽、高可靠性、高稳定性、低时延的技术优势,可完美满足高等级金融业务的全部需求。
- 指明了SDH替换改造新方向:在集团内首次实现了VC-OTN技术的融合应用,将SDH现网业务整体融入OTN,成为SDH替换改造的新方向。

目前业界VC-OTN设备初始配置已经达到了现网大型SDH设备的VC交叉容量,并且还能进一步扩展,可以满足替换核心层及汇聚层SDH设备的需要,后续在支持复用段保护和引入紧凑型设备终端E1业务后,可以大规模应用VC-OTN设备。

总之,对于即将到来的SDH退网大潮,VC-OTN提供了一种很好的解决方案和思路,后续在厂商设备不断完善情况下,该方案将更方便实施和落地,为网络演进提供更好的解决方案。

表4 VC-OTN系统测试结果

测试项目	测试方法	预期结果	业务速率	测试结果/ms
业务时延	配置业务路径,创建VC通道及ODUk通道	仪表业务正常,无异常告警和性能	10 Gbit/s	1.033
			155 Mbit/s	1.105
			2 Mbit/s	1.68
SNCP 保护倒换时间	在业务配置的基础上,配置工作及保护路径,关闭工作路径激光器,检查保护倒换状态及倒换时间	倒换正常,业务中断时间小于50 ms	10 Gbit/s	27
			155 Mbit/s	26
			2 Mbit/s	6



参考文献:

- [1] 陈红艳, 袁辉, 张向东. OTN 与 PTN、SDH 技术在电力通信网的应用[J]. 光通信研究, 2013 (4): 24-27.
CHEN H Y, YUAN H, ZHANG X D. Applications of OTN and PTN and SDH technologies in electric power communication networks[J]. Study on Optical Communications, 2013 (4): 24-27.
- [2] 张国新, 李昀, 叶春. OTN 技术与组网应用[J]. 光通信技术, 2010, 34(40): 86-89.
ZHANG G X, LI Y, YE C. OTN technology and networking applications[J]. Optical Communication Technology, 2010, 34(40): 86-89.
- [3] 刘冰. 电信运营商的 SDH 设备退网策略分析[J]. 电信工程技术与标准化, 2014 (8): 62-65.
LIU B. Analysis on the problem of telecom operators' SDH logout[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2014 (8): 62-65.
- [4] 华楠, 郑小平. 智能光网络发展历程的回顾和展望: 从 ASON 到 PCE; 再到 SDON[J]. 电信科学, 2014, 30(2): 88-98.
HUA N, ZHENG X P. Review and outlook of the development course of intelligent optical networks: from ASON to PCE and then to SDON [J]. Telecommunications Science, 2014, 30(2): 88-98.
- [5] 王闯. 电信本地网中 OTN 与 SDH 技术融合方案研究[D]. 长春: 吉林大学, 2014.
WANG C. Research on technology integration of OTN and SDH in telecom local network[D]. Changchun: Jilin University, 2014.
- [6] 孙茜. OTN 设备电交叉连接技术的研究与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2010.
SUN X. The implementation of OTN ODUk cross-connecting function [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2010.
- [7] 荆瑞泉, 胡骞, 赵国永. 基于传送 API 的 POTN 设备建模方法研究和实践[J]. 电信科学, 2017, 33(3): 100-106.
JING R Q, HU Q, ZHAO G Y. Research and practice of POTN equipment modeling method based on transport API[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(3): 100-106.
- [8] 邓泽荣, 刘雁斌, 侯全心. 接入层 OTN 建设的必要性分析[J]. 电信科学, 2013, 29(9): 145-150.
DENG Z R, LIU Y B, HOU Q X. Necessity analysis of access layer OTN construction[J]. Telecommunications Science, 2013, 29(9): 145-150.

- [9] 高丽丹, 孙凤杰, 刘国军, 等. 基于电力应用的 PTN 安全综合评价[J]. 电信科学, 2015(S1): 90-94, 145-150.

GAO L D, SUN F J, LIU G J, et al. Power PTN security comprehensive evaluation based on power application[J]. Telecommunications Science, 2015(S1): 90-94, 145-150.

[作者简介]



林何平 (1978-), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师, 主要从事有线传输系统设计咨询方面的工作。



王澄 (1972-), 男, 中国移动通信集团江苏有限公司规划技术部副总经理, 主要从事通信网络规划管理方面的工作。



张金亮 (1965-), 男, 中国移动通信集团江苏有限公司规划技术部承载网室经理, 主要从事承载网络规划管理方面的工作。

曹济娴 (1985-), 女, 中国移动通信集团江苏有限公司连云港分公司助理工程师, 主要从事传输网络规划及设计方面的工作。

高志英 (1981-), 女, 中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师, 主要从事有线传输系统设计咨询方面的工作。

康帅 (1991-), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司助理工程师, 主要从事有线通信设备及线路勘测和设计、路由的选择勘测、线路形式的采用方面的工作。