



分组增强型 OTN 设备实现及组网研究 *

程 明¹, 周 洲¹, 朱 俊², 张 军²

(1. 中国电信股份有限公司上海研究院 上海 200122; 2. 中国电信股份有限公司上海分公司 上海 200120)

摘 要: 分组增强型光传送网(OTN)技术作为一种融合技术,能够满足快速增长的带宽和多业务差异化的承载需求。介绍了分组增强型 OTN 技术的标准进展,分析了分组增强型 OTN 设备架构和可能的实现方式,探讨了分组增强型 OTN 技术在城域网的组网架构。

关键词: 分组增强型光传送网;网络架构;光传送网

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.11.027

Research on Packet Enhanced OTN Equipment and Networking

Cheng Ming¹, Zhou Zhou¹, Zhu Jun², Zhang Jun²

(1. Shanghai Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200122, China;

2. Shanghai Branch of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: As a converged technology, the packet enhanced optical transport network (POTN/PE-OTN) technology is able to meet the rapidly growing demand for bandwidth and multi-service bearing with differentiated quality of services. The statuses of POTN/PE-OTN technology standards were introduced. The architecture of POTN/PE-OTN equipment and the possible implementations were analyzed. The architecture of networking with POTN/PE-OTN technology in the metropolitan area network was discussed.

Key words: packet enhanced optical transport network, network architecture, optical transport network

1 引言

随着互联网应用和政企专线业务的快速发展,城域网流量保持了高速增长的势头,这使得运营商承受着巨大的网络扩容压力。由于城域范围内光纤资源扩容受到市政规划、设计、施工等方面因素的限制,简单增加设备端口数量和提高端口速率的方式已很难满足业务高带宽和差异化的承载需求。分组增强型 OTN(optical transport network, 光传送网)是近年来发展起来的融合技术,它通过整合 OTN、以太网、MPLS-TP(multi-protocol label switching transport profile, 多协议标记交换传送子集)及 SDH(synchronous

digital hierarchy, 同步数字体系)等技术,增加层间适配,形成了层次化的架构,能够较好地应对业务大带宽、分组化、差异化的承载需求,是城域传输网技术发展的重点方向。

本文将介绍分组增强型 OTN 技术的标准进展情况和设备架构,分析不同设备实现方式的优缺点,介绍厂商设备研发情况,针对城域网业务发展需求和分组增强型 OTN 技术的特点,提出了分组增强型 OTN 技术在城域网的组网架构。

2 分组增强型 OTN 技术相关标准

在国内主流运营商及传输设备商的推动下,分组增强型 OTN 技术的国内标准进展较快。技术报告 YDB

* 国家高技术研究发展计划(“863”计划)基金资助项目(No.2011AA01A104)



076-2012《光传送网(OTN)多业务承载技术要求》和行业标准 YD/T 2484-2013《分组增强型光传送网(OTN)设备技术要求》分别于 2012 年和 2013 年正式发布,行业标准《分组增强型光传送网网络总体技术要求》正处于征求意见阶段。

其中,《分组增强型光传送网(OTN)设备技术要求》规定了分组增强型光传送网设备的技术要求,包括设备功能模型、节点功能、业务处理流程、接口适配、分组处理功能、同步、性能、保护、网元管理和控制平面等。《分组增强型光传送网网络总体技术要求》主要规定分组增强型光传送网的网络总体技术要求,包括网络分层模型及层间映射技术、多业务传送功能和性能、网络保护功能和性能、操作管理维护(OAM)能力、服务质量(QoS)、频率同步和时间同步、网络接口和互通、网管功能、控制平面功能以及数据通信网络(DCN)等。

分组增强型 OTN 技术国际标准的制订主要由国内运营商和设备商推动。2011 年,ITU-T SG15 全会上通过了 G.798.1(OTN 设备类型及功能),该标准对 OTN/PTN(packet transport network, 分组传送网)混合设备的功能模型进行了定义,该设备在连接分组端口时,将先经过分组处理和映射到 ODU(optical channel data unit, 光通路数据单元)。2013 年,ITU-T 对 G.798.1 进行了更新,其中 OTN/PTN 混合

设备类型增加了分组交换功能块(包括以太网交换和 MPLS-TP 交换)和分组网络—网络接口(NNI)映射到 ODU,其功能模型如图 1 所示。此外,G.798.1 在附录 V 中增加了一种分组和光融合型传送设备类型,其功能模型如图 2 所示,该型设备相对于 OTN/PTN 融合设备,增加了对同步数字体系网络接口和准同步数字体系固定比特率用户网络接口的支持,支持 SDH 交叉连接功能。

3 分组增强型 OTN 设备实现现状

根据国内行业标准的要求,分组增强型 OTN 设备在调度能力上应支持分组交换和 ODU_k(optical channel data unit-*k*, 光通路数据单元 *k*)交叉,可选支持 VC(virtual container, 虚容器)交叉和 OCh(optical channel, 光通路)交叉,从而具备对不同类型业务进行统一调度和承载的能力。从功能描述上,分组增强型 OTN 设备与 G.798.1 中的分组和光融合型传送设备基本相同。

在设备系统架构方面,分组增强型 OTN 设备主要基于 OTN 设备,并对传送平面进行了功能扩展,增加了分组处理、分组交换、VC 交叉、层间适配、层间保护协调等功能。其中,分组处理和交换功能参照了以太网和 PTN 设备技术要求,主要提供以太网/MPLS-TP 业务的处理和交换

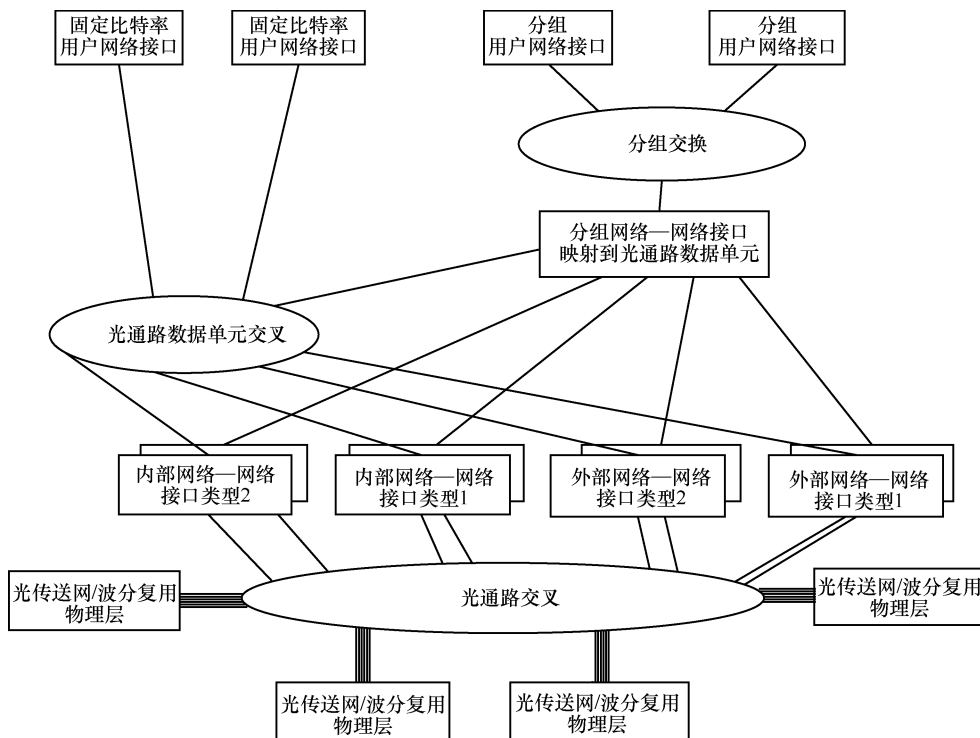


图 1 OTN/PTN 混合设备功能模型

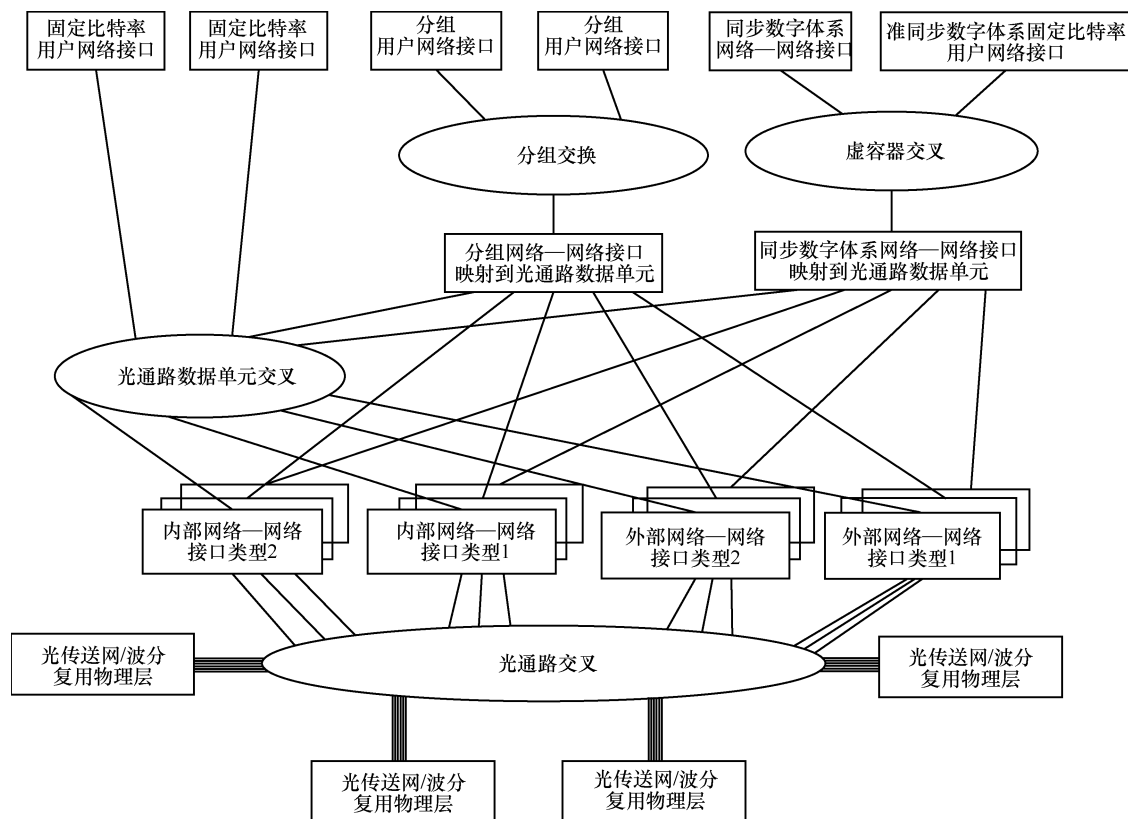


图2 分组和光融合型传送设备功能模型

能力;VC交叉功能参照了SDH设备技术要求,主要提供VC4颗粒的调度和级联条件下的VC通道交叉处理能力;层间适配功能是多种技术融合的基础,主要实现分组、VC到ODUk的适配功能;保护协调功能增加了基于以太网、MPLS-TP和VC4的保护以及多种保护之间的协调能力。

根据业务场景和功能需求,行业标准将分组增强型OTN设备分为两种类型:板卡式和集中交叉式。

板卡式分组增强型OTN设备的设计思路与SDH设备向MSTP(multi-service transport platform,多业务传送平台)设备演进的思路类似,其逻辑功能模型如图3所示。设备增加的分组处理、分组交换、层间适配、VC适配/交叉等功能被放置在支路侧上完成,不涉及对OTN设备原有架构、背板总线、交叉板卡和线路板卡的调整。因此,OTN设备只需通过网管升级并加载支持相应功能模块的支路板卡,即可实现向板卡式分组增强型OTN设备的演进。

板卡式分组增强型OTN设备主要针对快速增长的大带宽以太网业务,响应其在带宽限速、LAG(link aggregation group,链路聚合组)保护、VLAN(virtual local area network,虚拟局域网)处理、流量监控等方面的要求。目前,主流传输设备厂商都已经推出了较为成熟的支持以太网处理、二

层交换和层间适配的分组支路板卡。相关支路板卡对以太网QoS和OAM支持较好,能够满足以太网接入用户的大部分功能需求。但受限于二层交换芯片的集成度和原有OTN设备架构,分组支路板卡与以太网交换机相比,在功能和性能方面仍存在一定的差距,单块分组支路板卡之间不能共享分组交换容量,不支持板卡之间的LAG保护,从而限制了其对以太网业务调度的灵活性。此外,受限于现网业务需求和OTN架构的演进,支持MPLS-TP处理和VC交叉功能的支路板卡研发进展较慢,设备厂商暂未推出相关支路板卡。

集中交叉式分组增强型OTN设备的逻辑功能模型如图4所示。集中交叉式分组增强型OTN设备将ODUk交叉、分组交换和VC交叉等调度功能集中放置在交叉板卡上完成。与板卡式设备相比,集中交叉式设备在业务调度方面更加灵活,也更具可扩展性。根据集中交叉功能具体实现方式的不同,集中交叉式分组增强型OTN设备可分为两种类型:基于多核的交换结构和基于信元的统一交换结构。

基于多核的交换结构是对现有交换技术的整合,其ODUk交叉、分组交换和VC交叉功能由不同的独立交换

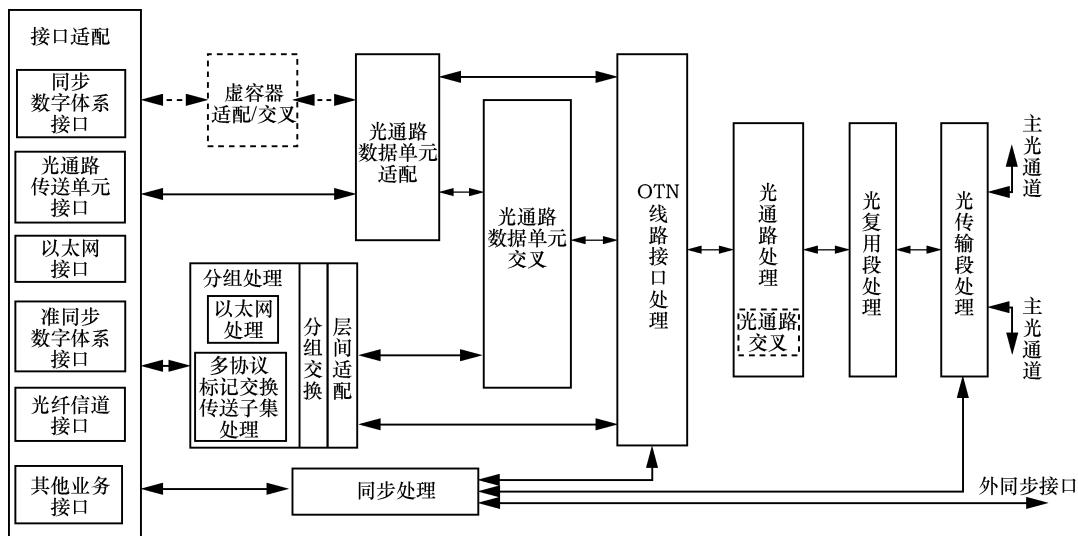


图3 板卡式分组增强型 OTN 设备功能模型

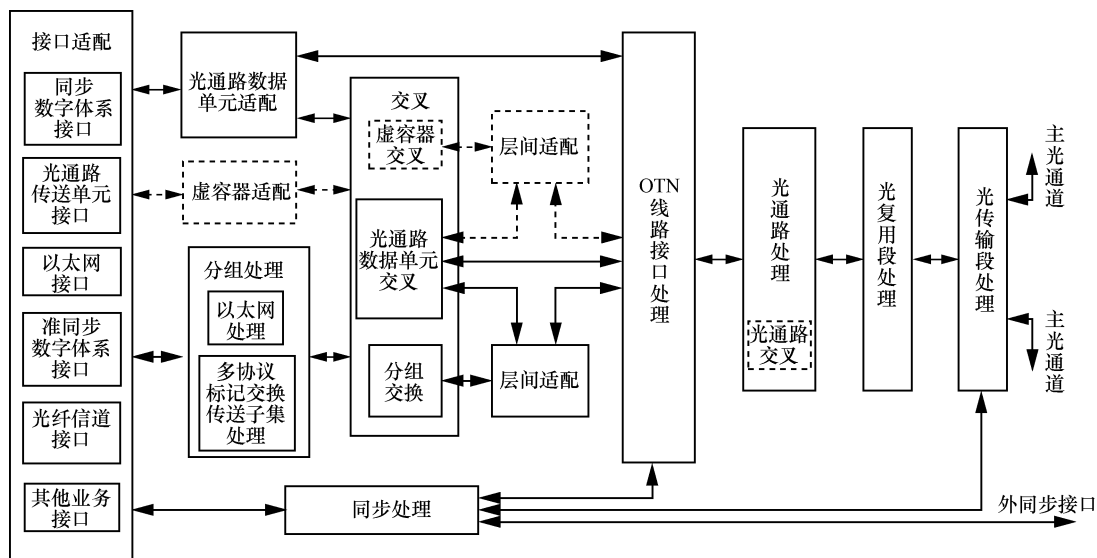


图4 集中交叉式分组增强型 OTN 设备功能模型

芯片完成。其优点在于可以不重新开发设备平台，只对 OTN、PTN 或 SDH 设备平台进行改造升级和更换交换板卡即可，能够较好地兼容原有 OTN、PTN 和 SDH 设备板卡；缺点在于原有 OTN、PTN 和 SDH 设备的背板总线需要调整，交换芯片利用率低，设备平台的演进空间有限，难以同时满足分组交换和 TDM (time division multiplexing, 时分复用) 交叉容量的增长需求。

基于信元的统一交换结构设备对 TDM 和分组业务完成适配和处理后进行统一切片，然后根据业务和链路的调度信息，由网管控制实现不同层面的交换调度。其优点在于该设备平台能够同时满足分组技术和 TDM 技术的需求，有效提高了交换容量的利用率，具备良好的通用性、可扩展性

和组网灵活性，适应于不同类型的应用场景和业务承载需求；缺点在于设备前期研发投入巨大，需要规划和设计新的通用设备平台架构及基于该平台的各种业务板卡，不兼容原有 OTN、PTN 和 SDH 板卡，TDM 交叉的时延将增加。

集中交叉式分组增强型 OTN 设备除了在交换结构上存在差异，在层间适配功能的具体实现方面也有不同的解决方案。

第一种实现方式是通过板间跳纤将 PTN 或 SDH 板卡与 OTN 支路板卡互联，在 OTN 支路板卡上实现层间适配，其实是 OTN 设备与 PTN 或 SDH 设备的简单堆叠。这种实现方式的优点在于可以利用原有 OTN、PTN 和 SDH 设备及板卡，在 ODUK、分组和 VC 层面的处理和调度能力完整；

缺点在于严重浪费板卡和槽位资源,网管操作配置复杂,设备整体功耗大,不是严格意义上的分组增强型 OTN 设备。

第二种实现方式是严格按照设备功能模型的描述,在专门的适配板卡上实现层间适配,通过背板总线进行相应的调度。这种实现方式的优点在于具有良好的业务调度和协同保护的灵活性,其线路板卡可沿用原有 OTN 线路板卡的架构,只需要对 ODUk 和 OTU 信号进行处理;缺点在于适配板卡会占用一定的槽位资源,其适配能力要求较高,可能存在容量瓶颈。

第三种实现方式是在线路板卡上实现层间适配功能。这种实现方式的优点在于可根据业务调度需要选择不同类型的板卡,而不需要专门的适配板卡;缺点在于业务在单节点一般只能进行一次分组集中交换或 TDM 集中交叉调度,在业务调度能力及多层保护方面存在一定的限制。设备在承载分组业务或 SDH 业务时,先通过支路板卡完成接口适配、分组处理或 SDH 处理;然后在交叉板上完成分组交换或 VC 交叉;最后在线路板卡上完成层间适配和 OTN 线路接口处理。而不支持业务在交叉板中分组交换或 VC 交叉后,再进行 ODUk 交叉,故在承载分组业务或 SDH 业务时,开启端到端的 ODUk 与分组或 SDH 协同保护较为困难。

目前,第三种实现方式是分组增强型 OTN 设备厂商采用的主流模式。而为了解决调度灵活性和多层保护协同的问题,部分厂商采用了板卡式与集中交叉式设备混合使用的解决方案,其设备架构如图 5 所示。该方案将层间适配功能分解到支路板卡和线路板卡上实现,使得设备具备

二次交换/交叉的能力,部分解决了无法实现端到端的 ODUk 与分组或 SDH 协同保护的问题,但在实际使用时,仍受限于支路板卡的交换/交叉能力。

已有部分厂商推出了基于多核交换结构的集中交叉式分组增强型 OTN 设备,该设备在现网得到了商用。其主要对交叉板卡和设备背板总线进行了改造,较好地兼容了原有 OTN 设备和 PTN 设备的板卡,通过开发增强型的支路和线路板卡拓展其设备功能,主要定位为过渡时期的增强型 OTN 或 PTN 设备。该型设备在架构上不支持专门的适配板卡进行层间适配,其分组和 VC 到 ODUk 的层间适配功能主要在线路板卡上实现。实际设备的分组支路板卡和线路板卡类型较少,分组业务处理能力较弱,支持层间适配的线路板卡也有待完善,但已不是厂商的主要研发方向。

基于统一交换结构的集中交叉式分组增强型 OTN 设备硬件平台具备通用性和良好的可扩展性,是传输设备厂商的重点研发方向。目前,部分厂商能够提供商用设备,其设备整体硬件架构已基本成熟,但相关业务板卡类型较少,规模商用板卡以支持传统 OTN 或 PTN 应用为主,层间适配功能主要在线路板卡或支路板卡上实现,支持分组或 VC 处理的相关板卡还有待在实际网络中进行规模商用的检验。

4 分组增强型 OTN 在城域网的组网研究

相比于长途干线层面的业务承载特点,城域网业务对灵活调度、差异化服务、快速响应等方面的要求更加突出,因此,现阶段分组增强型 OTN 技术将主要在城域网或本

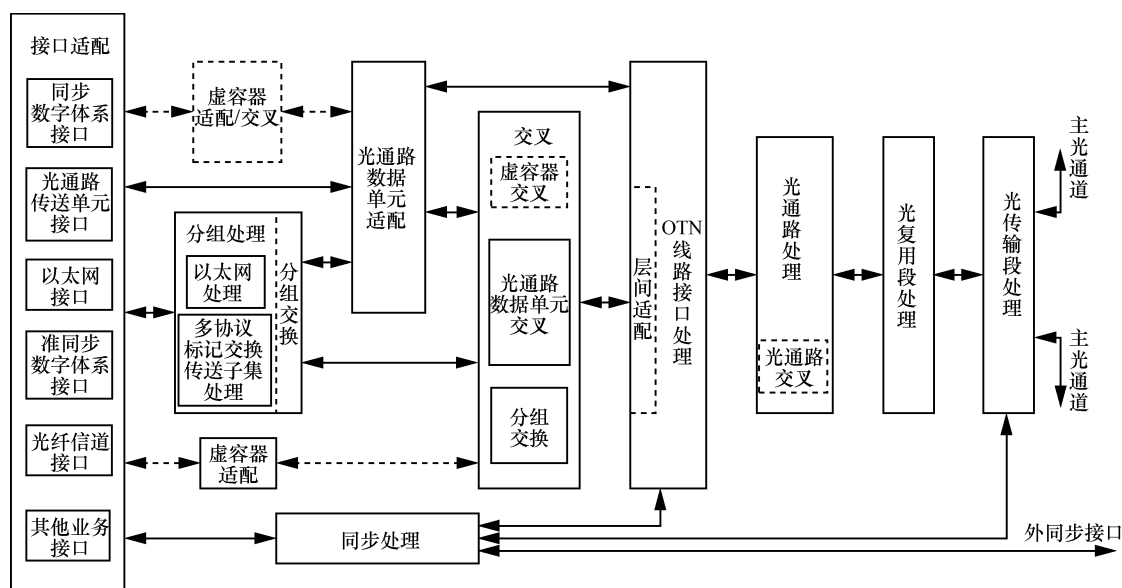


图 5 分组增强型 OTN 设备实际采用的实现方式



地网范围内应用。

分组增强型 OTN 融合了光层、OTN 电层、SDH 层和分组传送层(以太网/MPLS-TP)的网络功能,具有对 TDM、分组和波长的交换调度能力,支持多层间的层间适配和映射复用,实现对分组和 TDM 业务的统一和灵活传送功能,具备传送特征的 OAM、保护和管理功能。分组增强型 OTN 的分层架构如图 6 所示。

由图 6 可知,分组增强型 OTN 在层间适配上采用以太网、PTN/MPLS-TP 或 SDH over OTN 的层次化模式,继承了 OTN 的电传送层、光波长传送和物理层,在线路上沿用了 OTN 和 WDM (wavelength division multiplexing, 波分复用)技术,具备大容量组网的能力。

针对城域网汇聚型的流量及底层 WDM 技术的特点,分组增强型 OTN 在组网方面将首先参照 OTN 在城域网的组网模式,采用层次化的网络架构。综合考虑光缆拓扑和资源,分组增强型 OTN 在核心层适合采用 mesh 或部分 mesh 的结构,汇聚层可采用环网或部分 mesh 上挂,以减少业务转接点,提升业务调度灵活性和网络生存性。根据城域网的范围和业务的接入需求,可增加接入层,通过环网方式上挂到汇聚层。

分组增强型 OTN 能够满足以太网专线业务承载、IP 城域网承载和基站回传承载等多种业务需求,但网络范围

上要求覆盖较大。在实际网络建设时,分组增强型 OTN 一般将分阶段进行部署,首先覆盖核心层主要节点,然后向汇聚层和接入层延伸。受限于网络投资成本和线路波分部署的复杂度,分组增强型 OTN 的部署周期相对较长。城域网内已经部署的 SDH 或 PTN,可以作为分组增强型 OTN 的接入层,采用 SDH 或 PTN over OTN 的模式进行互联,以提升业务接入的网络覆盖范围。分组增强型 OTN 组网方案如图 7 所示,对于同厂商设备,可考虑采用 NNI 方式对接,在统一网管下进行配置操作;对不同厂商的设备,主要考虑采用用户网络接口(UNI)方式对接,进行分段网管配置操作。

随着业务带宽的不断增长,PTN 和 SDH 在技术演进和网络容量方面的局限性将逐渐凸显,而分组增强型 OTN 技术和设备则在日趋成熟和完善。分组增强型 OTN 技术对 OTN、PTN 和 SDH 技术有良好的兼容性,能够实现不同网络与分组增强型 OTN 的互通,保证现有 OTN、PTN 和 SDH 的后续演进性,保护了已有网络的投资。

5 结束语

分组增强型 OTN 技术通过对多种技术进行融合,适应了业务高带宽和分组化的趋势,具备提供差异化服务的能力。随着大带宽分组业务需求的快速增加和应用场景的更加明确,城域传输网演进方向的选择显得尤为迫切。分组增强

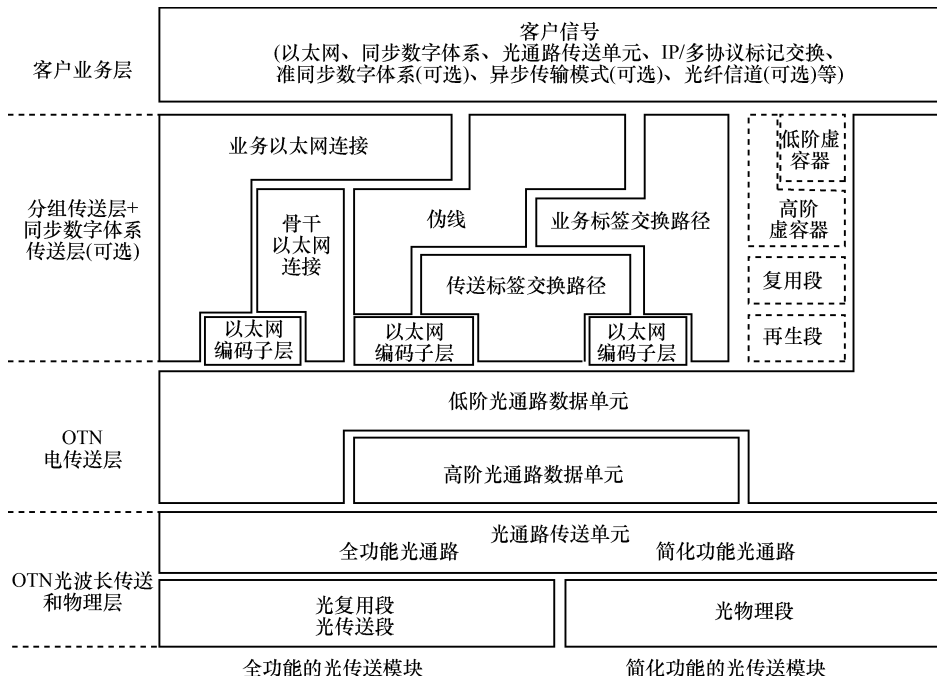


图 6 分组增强型 OTN 的分层网络架构

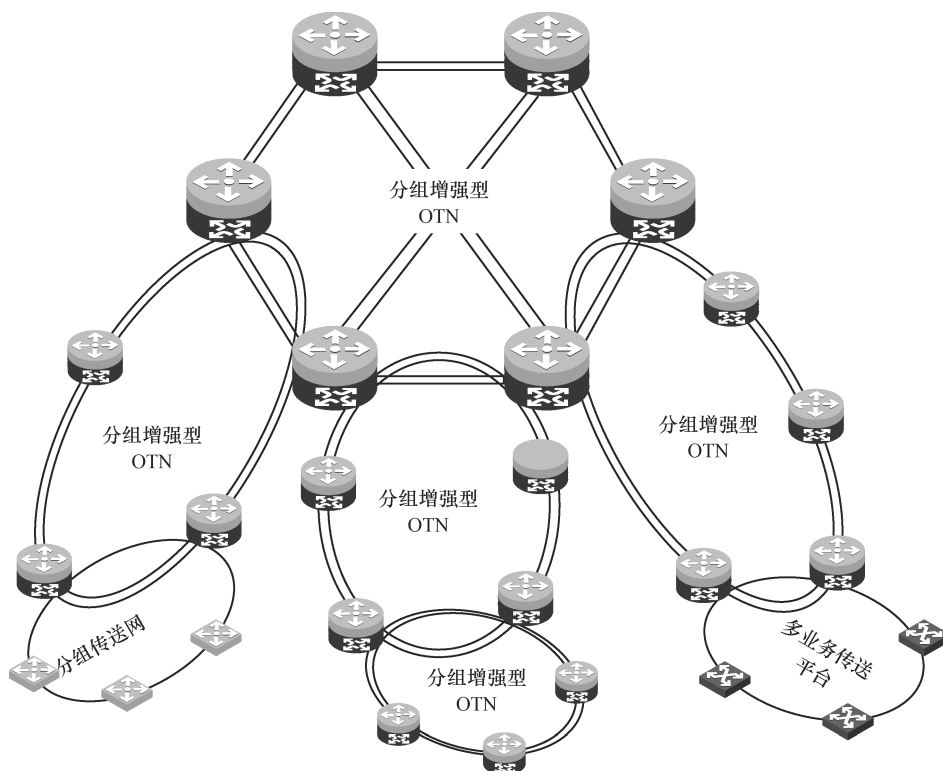


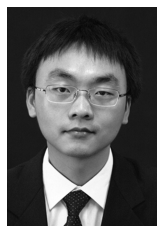
图 7 分组增强型 OTN 组网方案

型 OTN 技术在设备形态和板卡类型上逐渐丰富, 在设备功能和性能方面日趋完善, 将在未来的城域网内发挥重要作用。

参考文献

- 1 程明, 蒋铭, 朱俊等. 分组增强型 OTN 技术现状及其在城域网中的应用. 电信科学, 2013, 29(9):127~131
- 2 霍晓莉, 荆瑞泉. 分组增强型 OTN 设备在城域传送网中的应用探讨. 现代电信科技, 2013(4): 70~78
- 3 荆瑞泉. OTN 多业务承载技术和标准进展. 现代电信科技, 2011(10): 12~16
- 4 CCSA YD/T 2484-2013. 分组增强型光传送网(OTN)设备技术要求, 2013
- 5 ITU-T G.798.1. Types and Characteristics of Optical Transport Network Equipment, 2013

[作者简介]



程明, 男, 中国电信股份有限公司上海研究院工程师, 主要从事光传输专业的技术研究工作。



周洲, 男, 中国电信股份有限公司上海研究院工程师, 主要从事网络技术方面的研究工作。



朱俊, 男, 中国电信股份有限公司上海分公司高级工程师, 主要从事光传输和接入专业的技术研究工作。



张军, 男, 中国电信股份有限公司上海分公司副总工程师、教授级高级工程师, 主要从事光传输、宽带接入和线路专业的研究和技术管理工作。

(收稿日期: 2014-06-16)