



分组增强型 OTN 技术现状及其在城域网中的应用 *

程 明¹, 蒋 铭¹, 朱 俊², 杨炜杰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 OTN 技术的发展是为了满足快速增长的带宽和多业务承载需求。介绍了分组增强型 OTN 技术的特点和发展现状, 分析了分组增强型 OTN 技术在城域网中的主要应用场景, 探讨了可能的解决方案。

关键词: 分组增强型光传送网; 应用分析; 光传送网

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.09.025

Status of Packet Enhanced Optical Transport Network Technology and Its Application in Metropolitan Area Network

Cheng Ming¹, Jiang Ming¹, Zhu Jun², Yang Weijie²

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

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

Abstract: The development of packet enhanced optical transport network (POTN/PE-OTN) technology was put forward to meet the rapid growth of bandwidth demanding and multi-service providing. The features and development status of POTN/PE-OTN technology were introduced. The main application scenarios of POTN/PE-OTN technology in the MAN were analyzed. And the possible technical solutions were also explored.

Key words: packet enhanced optical transport network, application analysis, optical transport network

1 引言

近年来,随着宽带、移动数据、专线、IPTV、OTT 等业务的快速发展,城域网承受着流量高速增长带来的巨大压力。根据 Cisco 的研究报告,2012-2017 年亚太地区公众用户互联网流量的 CAGR(compound annual growth rate,年均复合增长率)为 27%,移动数据流量增长最快,CAGR 将达到 76%,而商业用户流量的 CAGR 也将有 23%。为了更好地适应流量的快速增长和多业务承载的差异化需求,一些主流运营商在对数据网络进行扩容和对网络架构进行优化的同时,开始探索传输网技术的演进及其对整体网络架构的影

响。分组增强型 OTN(optical transport network,光传送网)技术通过整合 OTN、以太网、MPLS-TP (multi-protocol label switching transport profile,多协议标记交换传送子集)和 SDH (synchronous digital hierarchy,同步数字体系)等技术,增加层间适配,形成层次化的结构,成为传输方向的研究热点。

2 分组增强型 OTN 技术发展现状

目前,分组增强型 OTN 技术的国内标准研究进展较快,主要由 CCSA TC6 WG1 传输网组研究和制定相关标准,现已发布行业标准 YD/T 2484-2013《分组增强型光传送网(OTN)设备技术要求》和技术报告 YDB 076-2012《光

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



传送网(OTN)多业务承载技术要求》。主流运营商和传输厂商均参与了相关标准的制定和讨论。

分组增强型 OTN 技术的国际标准进展较慢。2011 年,多家运营商和设备商向 ITU-T 提出 OTN 分组交换功能的应用场景及多层融合网络的研究需求,IEEE 进行了 OTN 与以太网融合技术(E-OTN)可行性的讨论。2012 年,ITU-T 同意在 G.798.1 (OTN 设备类型及功能)中引入分组增强型 OTN 等 OTN 融合技术的相关内容,并邀请更多文稿进行讨论。

根据行业标准定义,分组增强型 OTN 设备是指具有 ODU_k (optical channel data unit-*k*, 光通路数据单元 *k*)交叉、分组交换、VC (virtual container, 虚容器)交叉和 OCh (optical channel, 光通路)交叉等处理能力,可实现对 TDM 和分组等业务统一传送的设备。

分组增强型 OTN 设备由传送平面模块、控制平面模块、管理平面模块和 DCN (data communication network, 数据通信网)模块组成,其系统架构如图 1 所示。相比 OTN 设备,分组增强型 OTN 设备主要增加了以下功能。

- 层间适配功能:提供 VC、分组到 ODU_k 的适配功能。
- 分组处理功能:包括以太网处理或和 MPLS-TP 处理功能,提供分组业务的适配、QoS 和 OAM 处理等功能。
- 分组交换功能:提供基于以太网端口、VLAN 和 MAC 地址的交换能力,或者基于 MPLS-TP LSP 和 PW 的交换能力。
- VC 交叉功能:支持高阶通道 VC4 级别的调度功能,并提供级联条件下的 VC 通道交叉处理能力。
- 保护功能:提供基于以太网、MPLS-TP 的分组业务

保护功能和基于 VC4、ODU_k、OCh 的通道层保护功能以及层间保护协调能力。

根据传送平面不同的具体实现,分组增强型 OTN 设备可分为两种类型:板卡式和集中交叉式。

板卡式分组增强型 OTN 设备的逻辑功能模型如图 2(a)所示。相较于 OTN 设备逻辑功能模型,板卡式分组增强型 OTN 设备在支路侧增加了 VC 适配/交叉、分组处理、分组交换和层间适配等功能模块,提升了设备对 SDH 和以太网业务进行精细调度和处理的能力。由于板卡式分组增强型 OTN 设备基本不涉及对现有 OTN 设备背板总线架构、交叉板卡和线路板卡的调整,因此 OTN 设备可以通过加载支持分组处理、交换、适配功能或 VC 适配、交叉功能的支路板卡,实现向板卡式分组增强型 OTN 设备的平滑演进(部分设备需要进行软件升级)。

主流传输厂商基本都能提供支持以太网处理、分组交换和层间适配的支路板卡。支持分组功能的支路板卡对以太网 QoS 的支持能力较好,但对以太网 OAM 的支持能力有待加强。受限于分组交换芯片的集成度,相关支路板卡的分组交换能力基本小于 100 Gbit/s,背板总线不大于 40 Gbit/s。部分厂商支持板内 LAG (link aggregation group, 链路聚合组)保护,支持通过设定延时实现对不同层次保护的协调。

集中交叉式分组增强型 OTN 设备的逻辑功能模型如图 2(b)所示。其主要特点在于 ODU_k 交叉、VC 交叉和分组交换功能集中在交叉板上完成。相较于板卡式设备,集中交叉式设备在功能和性能方面更加强大,业务调度更加灵活。根据交叉功能的不同实现方式,集中交叉式分组增强型

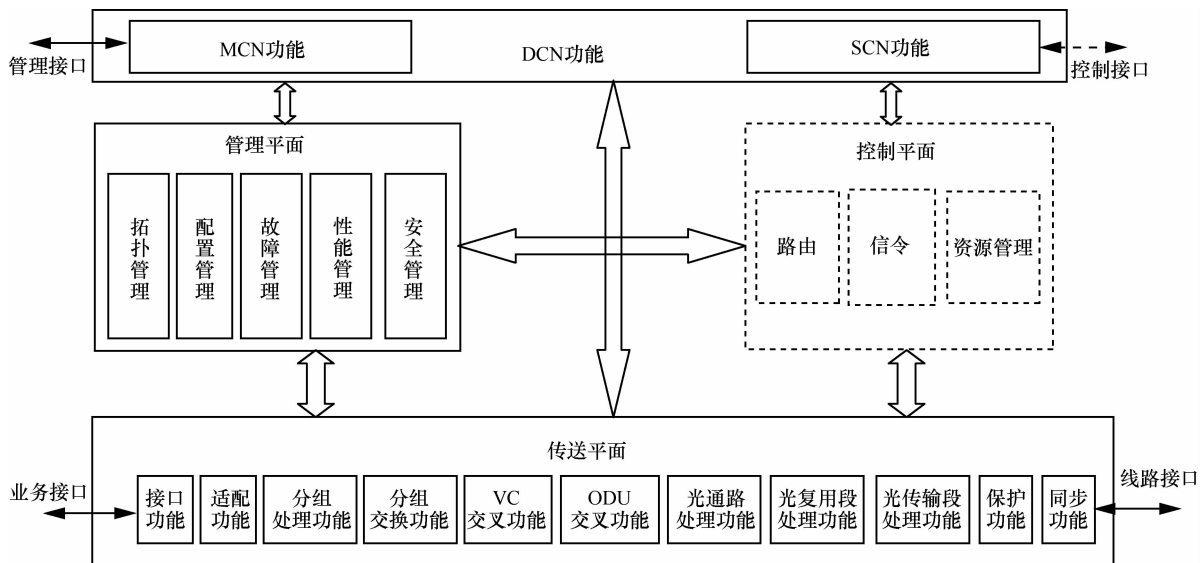


图 1 分组增强型 OTN 设备系统架构

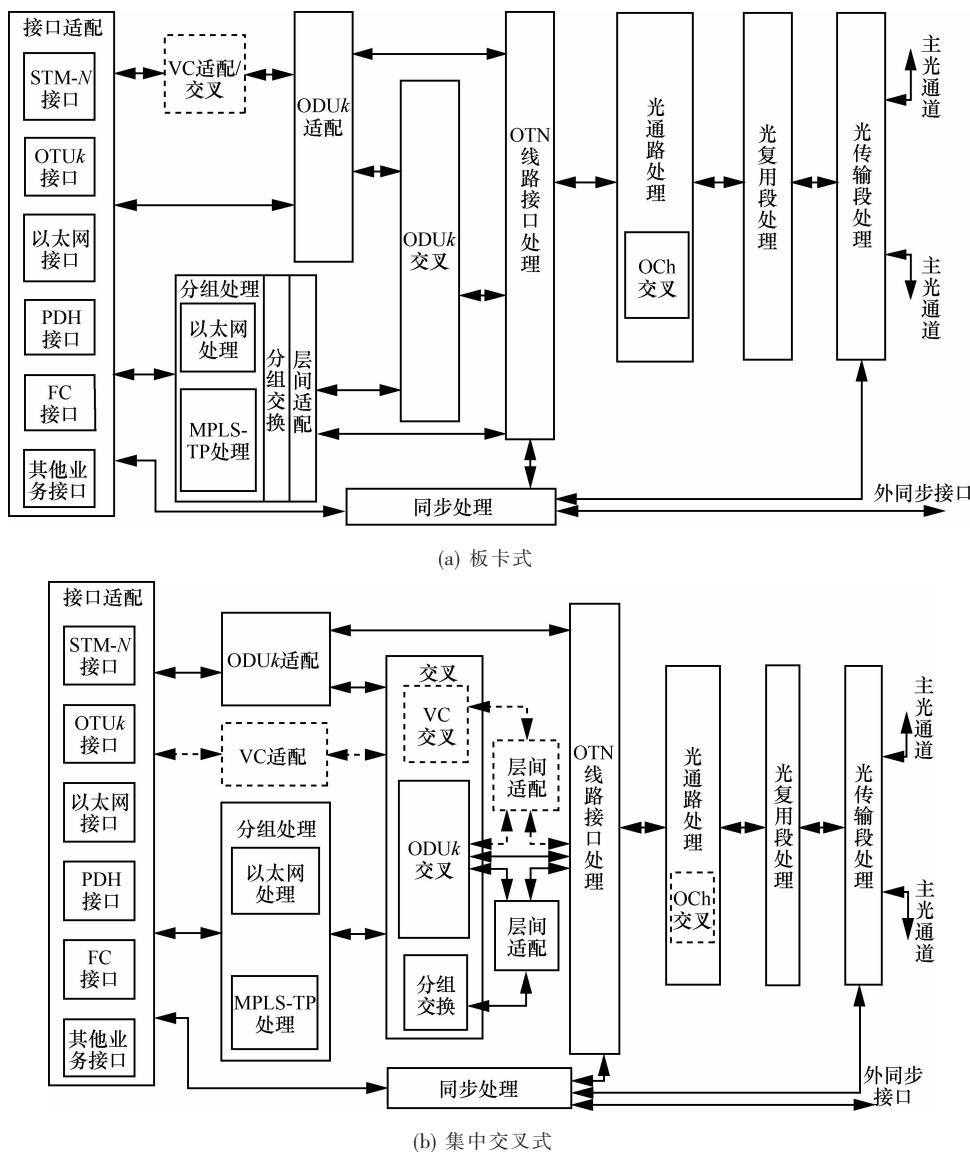


图 2 两种分组增强型 OTN 设备功能模型

OTN 设备可分为两种类型:一种采用多核交换结构,即分组交换、ODU k 交叉和 VC 交叉由不同的交换芯片完成,是对现有交换技术的整合;另一种采用基于切片的统一交换结构,对 TDM 业务和分组业务进行统一的切片处理,然后根据控制管理信息实现交换,其特点是分组交换和 TDM 交叉的容量比例可以任意调整,具有良好的组网灵活性,能较好地适应业务的发展。

基于多核交换结构的集中交叉式分组增强型 OTN 设备仅有个别厂商能够提供商用版本,基本继承了原有 OTN 设备架构,主要对背板总线和交叉板进行了改造,交叉板卡同时支持 ODU k 交叉、VC 交叉和分组交换功能,能够兼容原有 OTN 设备的支路、线路板卡。经过实验室验证,该

型设备支持以太网和 MPLS-TP 处理,对以太网及 MPLS-TP 的 OAM 和 QoS 功能支持较好。由于该型设备在线路板卡上实现分组与 ODU k 的层间适配功能,其对分组业务进行分组处理和交换后不能直接通过背板总线进入交叉板卡进行 ODU k 交叉,故在承载需要进行分组处理的业务时,只能使用特定的分组合、线路板卡。该型设备现有的分组合、线路板卡类型较少,受限于支路板卡的分组业务接入能力,其实际有效处理分组交换的能力小于 1 Tbit/s。虽然该型设备支持 VC 交叉,但并无实现 VC 与 ODU k 层间适配的线路板卡,因此在进行 VC 处理时并不完全符合标准定义的架构。

基于切片的统一交换结构的集中交叉式分组增强型 OTN 设备已有部分厂商能够提供商用设备,但支持分组处



理的相关板卡仍处于研发阶段,现有商用的支路、线路板卡只支持传统 OTN 功能。

目前,板卡式分组增强型 OTN 设备在整体架构和以太网 QoS 处理方面已经比较成熟,后续将主要提升板卡的分组交换容量,完善对以太网 OAM 的处理,并根据实际业务需求实现对 MPLS-TP 功能的支持。集中交叉式分组增强型 OTN 设备的整体架构已基本成熟,但相关支路、线路板卡类型需要进一步丰富,其分组处理能力也有待加强。

3 分组增强型 OTN 在城域网中的应用

分组增强型 OTN 技术重点增加了分组处理、分组交换和层间适配等特性,能够同时满足精细化的业务调度和大带宽的业务承载及保护需求,能够满足城域网业务分組化和 IP 网络扁平化的发展趋势,其在城域网中的主要应用场景包括以太网专线业务承载、IP 城域网承载和基站回传承载。

3.1 以太网专线业务承载

近年来,以太网专线业务需求在数量和带宽上均呈现快速增长的趋势。目前,城域网内 GE 以下带宽的专线业务多采用 MSTP(multi service transport platform,多业务传送平台)、PTN(packet transport network,分组传送网)或路由器承载;而 GE 及以上带宽的专线业务则主要采用光纤出租或 WDM/OTN 承载。现有承载方式面临的主要问题包括:MSTP 和 PTN 设备容量有限,难以满足大带宽专线业务的快速发展要求;路由器承载成本较高,大带宽专线业务承载对网络的冲击较大;光纤出租使得运营商对出租电路难以进行有效的管控和保护;WDM/OTN 调度颗粒较大,业务开通和调整不灵活。

分组增强型 OTN 技术同时具备了 OTN 技术对大带宽业务的端到端传送能力以及以太网和 MPLS-TP 技术对分组业务的精细化调度和 QoS 处理功能,比较适用于 FE 及以上以太网专线业务的承载。在承载以太网专线业务时,可根据业务发展和网络现状采用以下不同模式。

(1)对现有 OTN 设备进行改造

OTN 设备通过增加分组支路板卡,平滑升级成为板卡式分组增强型 OTN 设备。其中,分组处理支路板卡进行以太网交换、QoS 和 OAM 处理,主要用于以太网专线业务接入,对用户接入带宽进行限速或升速调整,线路侧采用 ODUk 封装、调度和保护。该模式可以为用户提供更丰富的带宽业务选择,并能提升 OTN 承载以太网业务的传送效率。

(2)引入集中交叉式分组增强型 OTN 设备

在用户接入的 OTN 节点引入支持 MPLS-TP 处理功能的分组板卡或小容量集中交叉式分组增强型 OTN 设备,主要用于 MPLS-TP 的 QoS 和 OAM 处理。在核心调度节点引入大容量的集中交叉式 OTN 设备,主要进行 LSP 或 PW 交换处理。该模式通过在核心调度节点进行分组处理,可以有效提升网络传送效率。通过设置保护拖延时间,能够实现 PW、LSP、ODUk 或 OCh 等不同层次的保护协同。

3.2 IP 城域网承载

分组增强型 OTN 技术在 IP 城域网中的主要应用场景包括:承载 OLT(optical line terminal,光线路终端)上联 BRAS(broadband remote access server,宽带远程接入服务器)/SR(service router,业务路由器)链路和承载 BRAS/SR 上联 CR(core router,核心路由器)链路。分组增强型 OTN 承载 IP 城域网相关链路后的总体网络架构如图 3 所示。

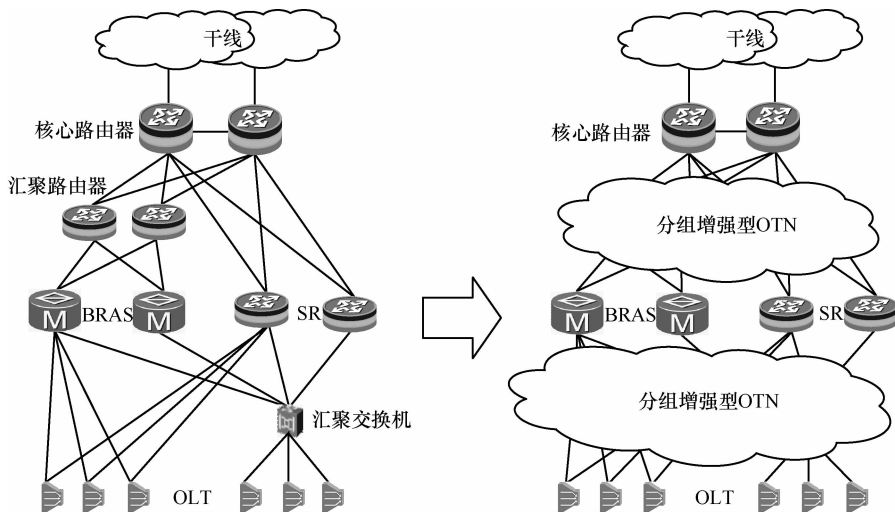


图 3 分组增强型 OTN 承载 IP 城域网

3.2.1 分组增强型 OTN 承载 OLT 上联 BRAS/SR

IP 城域网内 OLT 上联 BRAS/SR 主要有如下两种模式。

(1) OLT 直连 BRAS/SR

OLT 通过上联端口区分到达不同 BRAS/SR 的业务。该模式主要适用于单台 OLT 流量较大、上联的 BRAS/SR 数量较少的应用场景。

OLT 直连 BRAS/SR 存在的问题包括:占用大量光纤资源,无法进行带宽收敛;占用大量 BRAS/SR 的端口资源,上联链路扩容周期长,链路保护困难。

(2) OLT 通过汇聚交换机上联 BRAS/SR

OLT 通过 VLAN 区分不同业务,汇聚交换机进行 VLAN 分流、多播复制和流量汇聚。该模式适用于单台 OLT 带宽收敛比较大、承载业务类型较复杂、上联的 BRAS/SR 数量较多的应用场景。

OLT 通过交换机上联 BRAS/SR 存在的问题包括:占用大量光纤资源(当 OLT 与交换机不在同一局点时),上联链路扩容周期长,增加 IP 城域网网络层次和故障点。

分组增强型 OTN 能够快速提供 OLT 上联链路,实现对相关链路的监控和保护。通过分组交换,可以节省 BRAS/SR 端口资源的消耗,并能够完成端口匹配(如 OLT 上联 GE 端口,而 BRAS/SR 下联可以采用 10GE 端口)。

对于 OLT 直连 BRAS/SR 的模式,分组增强型 OTN 可以在靠近 BRAS/SR 侧进行分组处理,通过流量汇聚减少 BRAS/SR 的端口占用,通过端口汇聚实现端口匹配。

对于 OLT 通过交换机上联 BRAS/SR 的模式,分组增强型 OTN 可以在靠近 OLT 侧进行 VLAN 分流和统计复用,以提升网络传送效率,在靠近 BRAS/SR 侧进行端口汇聚实现端口匹配。

由于板卡式分组增强型 OTN 设备交换容量较小,不支持板间 LAG 保护,难以在中间节点进行分组处理和有效带宽收敛,在承载 OLT 上联 BRAS/SR 链路时宜采用集中交叉式分组增强型 OTN 设备。

3.2.2 分组增强型 OTN 承载 BRAS/SR 上联 CR

IP 城域网内 BRAS/SR 上联 CR 有两种模式:BRAS/SR 通过汇聚路由器上联 CR 和 BRAS/SR 直连 CR。

随着 IP 城域网流量模型的变化,BRAS/SR 上联带宽的收敛比越来越小,汇聚路由器的流量汇聚功能不断减弱,网络扁平化成为发展趋势。但网络扁平化过程中,BRAS/SR 的 GE 上联端口与 CR 的 10GE 下联端口进行匹配的问题需要解决。与此同时,城域网网络流量的快速增

长,使得 40GE/100GE 等高速端口开始得到部署。当高速端口用于 CR 下联链路时,也将面临端口匹配的问题。

分组增强型 OTN 用于承载 BRAS/SR 上联 CR,不仅可以快速开通链路并提供链路保护,而且可以在靠近 CR 侧进行端口汇聚,实现 BRAS/SR 上联端口与 CR 下联端口的匹配(BRAS/SR 上联采用 GE/10GE 端口,CR 下联可以引入 10GE/40GE/100GE 端口)。

3.3 基站回传承载

早期的基站回传主要采用 MSTP 技术,其能够较好地满足 2G 时代以语音为主的低带宽、高质量保障业务要求。随着智能移动终端的普及和移动互联网的快速发展,回传网络向分组方向快速演进,3G 基站回传带宽需求达到 30~50 Mbit/s。传统的以 MSTP 为主的无线回传网络难以适应新时期高速带宽、灵活组网、高效运营等要求。在快速临近的 LTE 时代,基站回传带宽需求将达到 100~300 Mbit/s,这将对基于 IP 路由器或 PTN 的回传网络造成压力。

分组增强型 OTN 能够通过 OTN 技术提供大带宽的链路承载,通过以太网技术解决 OTN 接入分组业务效率低的问题,也可以采用 MPLS-TP over OTN 模式进行精细化的分组处理。通过设置保护拖延时间,完成 PW、LSP 或 ODUk 等不同层次的保护协同。分组增强型 OTN 具有时钟集中处理模块,支持定时输入和输出接口,可以通过物理层方式恢复定时信号,完成频率同步信号的传递。同时,可以通过 OSC 净荷传送 IEEE 1588-2008 报文,完成时间同步信号的传送。

分组增强型 OTN 进行基站回传承载主要有以下模式。

(1) 配合承载基站回传链路

由 IP 路由器或 PTN 的回传网络完成基站回传流量的接入,分组增强型 OTN 提供回传网络的链路承载,并可按需为基站或回传网络提供时间/频率同步信号。其中,对于 PTN 回传方案,在完成 MPLS-TP 互通后,分组增强型 OTN 也可采用 MPLS-TP over OTN 的模式进行承载,实现 MPLS-TP 层的端到端管理、维护与保护。

(2) 独立承载基站回传信号

当基站采用 BBU (base band unit, 基带处理单元)与 RRU(remote radio unit, 射频拉远模块)分离的架构,RRU 部署在基站或天线,BBU 集中部署在局站机房时,单局站回传流量可能突破 GE。此时分组增强型 OTN 可以发挥其端到端、精细化调度、大带宽传送的优势,采用 MPLS-TP over OTN 的模式进行承载,由 MPLS-TP 技术解决回传业务的承载和保护,中间节点可以进行分组处理,OTN 层则为

(下转第 136 页)