

多业务承载环境下 分组化 OTN 的全面应用

新型业务的不断涌现以及以多媒体和 IPTV 为代表的业务带宽需求不断提升，对运营商宽带接入网络的发展提出了诸多挑战。现有的宽带接入网络架构已经越来越不能满足其所承载业务的发展。特别是 BRAS/SR 基本上采用光纤直连的形式，其传输的能力、可靠性以及经济性已经成为制约宽带接入网络发展的重要因素。

传统的基于 TDM 交换为核心的 OTN 技术已经从原先面向 MSTP 网络或者干线传输等定位，逐步向支持多业务的分组交换为核心的方向发展。目前基于分组交换的 OTN 已经成为了国内外的研究重点，得到了众多的运营商、设备厂家以及芯片厂家的关注。运营商期待将新型的分组化 OTN 设备部署至现有网络中以满足多业务大带宽传输的需求，而设备厂家在芯片厂家推出其统一交叉等关键技术的解决芯片之后，已经发布了基于分组化交换的 OTN 设备的原型机，并且正在积极地寻求试商用场景。

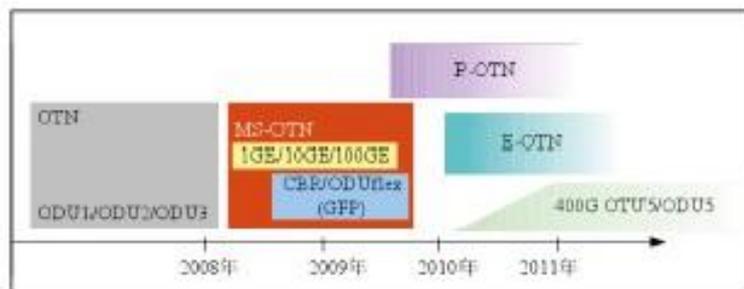


图1 分组化OTN演进方向

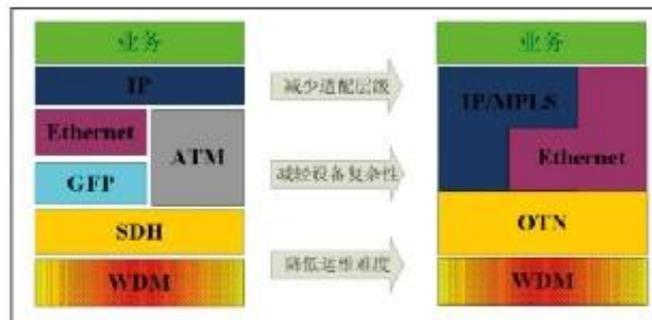


图2 分组化业务承载的演进趋势

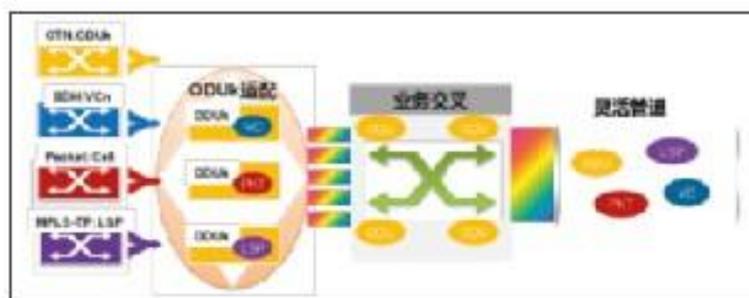


图3 分布式交叉

分组化 OTN 标准的演进

随着通信技术的发展，新涌现的网络业务类型逐渐多样化，众多厂商和运营商开始关注面向多业务的 OTN 技术。2005 年业界提出了面向 GE 业务新增 ODU0 解决方案的建议，并在 2007 年 2 月再次提出了面向 GE/10GE/100GE 等多种业务的全方位解决方案。随着多业务接口的应用，现有的 OTN 容器以及传统的映射方式（AMP 和 BMP）已经不能满足 OTN 全业务承载要求。2007 年 6 月的全会上，ODUflex 的概念被首次提出，其能够使光传送网成为多业务承载的统一平台。并且逐步通过了包含分组化 OTN 关键技术特征（ODU0、ODU4、ODUflex、GMP）的 G.709 V3 标准，标志着新一代 OTN 技术的诞生，之后，除了针对以太网业务 1GE/10GE/40GE/100GE 新定义了 ODU0/ODU2e/ODU3e2/ODU4 外，还定义了 ODU flex 容器，以支持力量任意速率的客户业务。

表1 各种OTN技术

名称	技术特点
MS-OTN	支持SDH/FC/Eth/CPRI等多业务处理功能、支持MPLS-TP/VC/ODUk调度是MS-OTN的关键特征 ● 基于WDM的大带宽传输层； ● 面向多业务OTN统一承载层； ● 支持多层次、大颗粒的OTN大容量交叉调度； ● 具备业务精细颗粒的交叉调度单元。
P-OTN	对现有OTN进行改造，支持MPLS-TP功能，使得OTN网络适应业务层面的分组化 ● 引入了任意固定比特率的映射方式GMP； ● 引入了ODU0、ODU2e、ODU4等新的容器以适应1GbE、10GbE以及100GbE的透明传送； ● 引入了ODUflex以应对其他任意恒定比特率业务的传送； ● 定义单级复用架构，可以在电层实现灵活ODU调度等。
E-OTN	ITU-T在G.798.1标准讨论中引入的新概念，E-OTN是在OTN基础上对802.1Q定义的以太网功能进行扩展，具有流量工程特性，支持P2P、P2MP、RMP和MP2MP以太网业务。
P-OTS/ P-OTP	● 结合各种技术体制的优势，同时支持光层、电路和分组层的光传送设备，具备优秀的可扩展性和组网灵活性。 ● 利用ROADM可以实现光层业务重构； ● 可以利用ODU电层交叉和数据分组交换实现业务和组网灵活性； ● P-OTS/P-OTP的各个技术组件继承了原有传输网络的稳定性和可靠性，再加上利用光层和电层动态恢复能力，可提升了网络业务生存能力。

在国内，为了满足业务和网络发展对 OTN 多业务承载的要求，CCSA 在 2010 年开始立项研究 OTN 多业务承载技术。2011 年 3 月，《OTN 多业务承载技术报告》在宜昌的 CCSA 会议上提交送审稿，国内下一代 OTN 技术标准方面的工作自此拉开帷幕。在此基础上，由中国电信和中国联通牵头提出了《支持多业务的光传送网（OTN）设备技术要求》（行标），是国内第一份针对下一代 OTN 技术所立的设备技术规范，其规定了 OTN 多业务承载的接口适配处理、分组业务处理功能、VC 调度功能、OTN 时钟同步和频率同步要求、OTN 多业务承载性能要求及保护、网络管理、控制平面要求等，预计将会在 2012 年底之前提交送审稿。

分组化 OTN 的关键技术

为了适应以 IP 为代表的分组业务量大规模增长趋势，传送网需要减少层级划分，融合承载技术类型，城域传送设备演进的主要趋势为多业务统一承载：由 IP over Eth/GFP/ATM over SDH over WDM 承载走向 IP/MPLS over OTN over WDM 承载。

目前国内外已经提出了多种分组化 OTN 技术，例如 MS-OTN、P-OTN、E-OTN、P-OTS/P-OTP 等，其具有各自的技术特点，表 1 对比了各种分组化 OTN 技术。

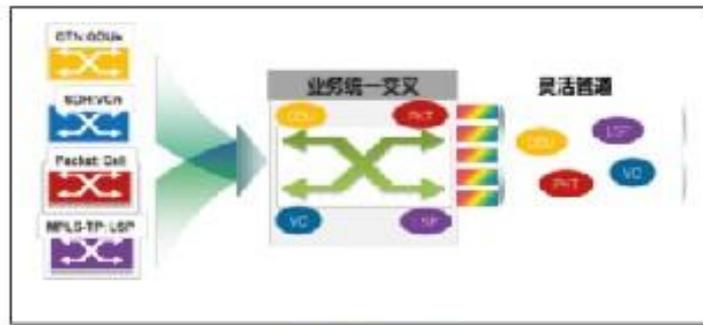


图4 集中式交叉

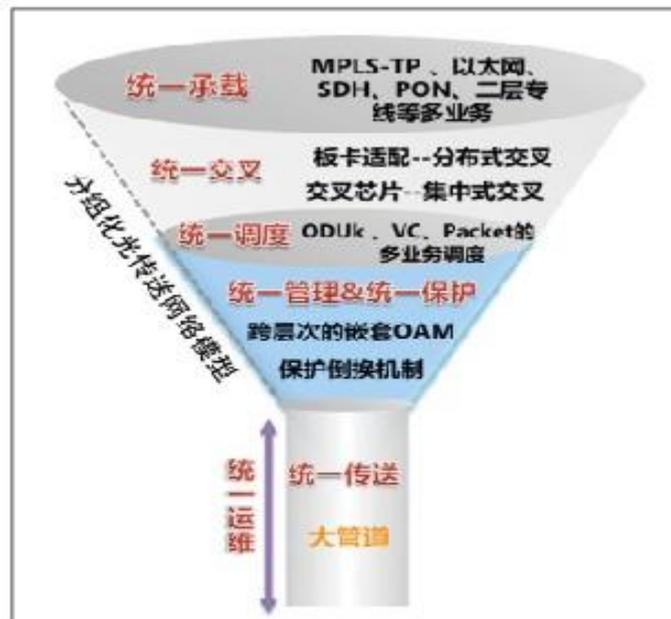


图5 分组化OTN的功能模型

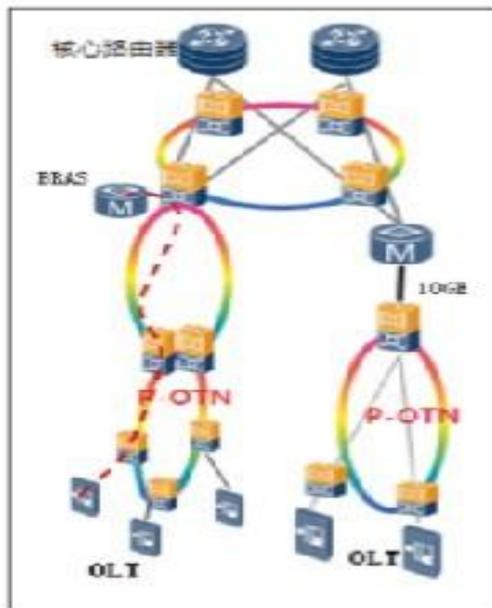


图6 分组化OTN在接入层用于宽带业务承载

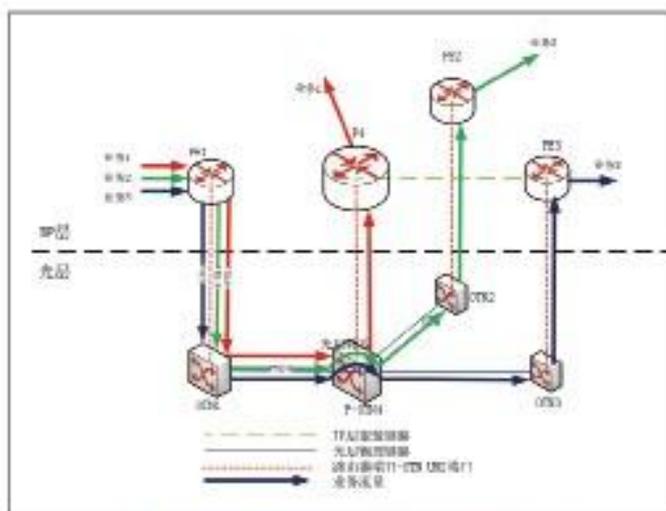


图7 骨干网中利用分组化OTN实现Bypass机制

OTN 的主要设备形态

就节点功能而言，分组化 OTN 应具备以下功能，如图 3 所示。

- 基于 DWDM 大带宽传输层，包括光复用段处理模块、光传输段处理模块；
- 面向多业务 OTN 统一承载层，包括 ODUk 接口适配处理模块、OTUk 线路接口处理模块；
- 大颗粒的 OTN 交叉调度核心，包括 ODUk 电交叉调度模块、OCh 光交叉调度模块。

对于分布式交叉的分组化 OTN 设备而言，SDH 的不同大小的 VC 颗粒，不同速率的以太网业务和 MPLS 业务通过所对应的业务由板卡实现处理，然后在 ODUk 交叉板卡实现集中式数据业务交叉，之后进入 OTN 的线路侧，完成业务分组化的高速传输。现网部署的 OTN 设备可以通过升级板卡实现分组功能，见图 4。

对于集中式交叉的分组化 OTN 设备而言，通过一块板卡支持分组交换和业务处理，主要用于实现对以太网业务的汇聚和二层交换功能；对于传统的二层业务，比如 SDH、MPLS 和以太网业务，不必再适配成 ODUk 的颗粒，其交换均可以通过统一的 L2 层和 ODUk 交叉矩阵完成，目前还未有成熟的商用芯片。因此，集中式交叉在应对多业务接入方面调度更加灵活，分组化集中度高，二层交换能力和多业务承载能力更强，但是无法从现有的 OTN 设备直接升级演进。

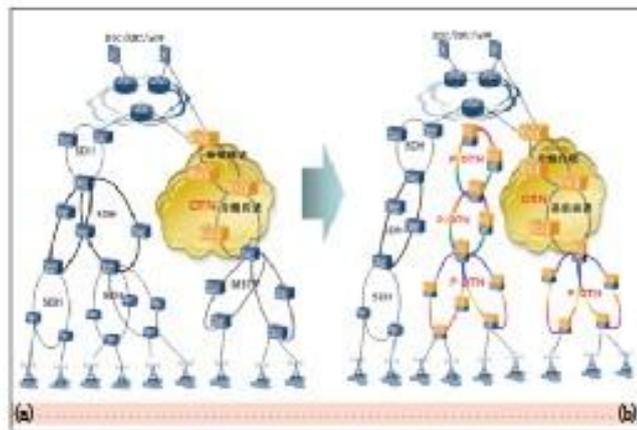


图6 接入汇聚层利用分组化OTN实现移动基站回传

分组化 OTN 的功能模型

基于分组化包交换的光传送网络支持多种业务的综合承载。通过 GMP 封装，对于现有的以太网、SDH 和宽带互联网业务等业务统一传输，适用于未来多场景下，不同协议的多种业务综合承载，分组化兼容多种骨干、城域、接入业务，适应不同业务场景的部署需要。

分组化 OTN 的功能模型如图 5 所示，引入统一交叉矩阵，支持 Packet、SDH 的 VC 以及 ODUk 的统一交叉和调度，而设备形态上从目前基于二层板卡业务适配和业务交叉向统一交叉矩阵演进，对于不同的业务颗粒进行灵活统一的调度，实现分组化传送的核心功能，未来光传送网络中 MPLS-TP、以太网、SDH 等不同业务多层次的 OAM 和保护倒换机制，以及统一协调机制；对于 MPLS-TP 的隧道和伪线保护、SDH 中的线性和环网保护方式以及以太网中 LAG 收敛保护等，实现统一的多层次化调度。

另一方面，分组化 OTN 的显著特点是统一的超大传输管道，支持 $80 \times 100G$ 以上的超强传送能力，并且逐渐向超 100G 技术过渡，系统的吞吐量满足云计算、移动回传网、IP 城域网以及宽带接入网络的综合承载需求，实现统一云化管道的传送。在系统的客户侧支持(超)100GE、OTU4/5、STM-等大颗粒的业务调度，而在线路侧采用 OTN 接口模型，一方面实现有效的长距离大管道传输，同时还可以尽可能地使整个系统的管理简化统一，方便运营和维护。

应用场景

目前，网络趋于宽带化和分组化，因此网络设备逐渐具备了分组处理功能，分组化 OTN 是未来 OTN 技术的发展方向，因此针对宽带接入业务、分组化 OTN 在骨干网和城域网提出了相应的应用场景。

接入层实现 OLT 与 BRAS 的互通

随着接入层带宽升级，宽带接入设备 FTTx OLT、DSLAM 消耗大量的 GE 接口，此外，集团 GE 专线用户不断增多，所以，城域网内 GE 接口数量会大量增加。大量 GE 业务需要传送到局端的 BRAS 及 SR 上，因此将分组化 OTN 引入到接入环中，用以实现 OLT 与 BRAS 之间的互通，避免了光纤直连引起的光纤资源的快速消耗，实现子波长级业务汇聚。

骨干网实现 IP 与光层协同

通过对骨干网络流量的分析发现，在经过核心路由器的业务流量中，大约有 50% 以上属于“过境”的转发流量。这些“过境”流量大大加重了核心路由器的负担，如果使用昂贵的路由器线卡处理这类流量，造成了网络成本和功耗的快速增长。而利用光层和 IP 层的协同组网调度机制，可以在光层旁路 IP 层的“过境”流量，将其通过光传送管道进行旁路，利用光层大颗粒的调度、疏导和链路保护能力，降低核心路由器的处理压力，可以降低对骨干路由器的容量与复杂度要求，减少核心路由器的功耗，从而降低 CAPEX 和 OPEX。这种 IP 层与光层之间的融合与统一调度将成网络演进的方向之一。

为了实现此 Bypass 机制，可以通过在光传送层引入 P-OTN，由光层来转发部分由 IP 层转发的“过境”业务流量，降低核心路由器的转发压力，从而节约核心路由器的端口。如在图 7 所示，业务流在 PE1 被打上不同的标签，在 P-OTN4 设备上根据不同的标签，业务 1 被下载到客户侧 UNI 至核心路由器 4，业务 2 和业务 3 被分别交叉到 OTN2 和 OTN3，然后业务流量 1 在 P4 继续转发，业务 2 和业务 3 分别到 PE2 和 PE3 之后，根据需求剥去标签，然后下路。利用这种方式，可以旁路部分 IP 层核心路由器的转发流量，这种方式对现有 IP 层影响较小，在一定程度上依赖于 IP 层的协议。

实现 LTE 移动基站回传

新增基站和带宽需求不断增加，接入容量成倍增长，目前 OTN 的部署已经被引入到汇聚层。而在接入层，则主要采用 MSTP 等分组传送设备实现 3G 业务的移动基站回传。

随着 LTE 的到来，基站带宽需求预计在 300Mbit/s 以上，10Gbit/s 速率汇聚层带宽已经不能满足业务的要求，MSTP 将无法满足网络带宽需求，通过将 P-OTN 引入到接入层面，对 GE/10GE/40GE 甚至 100GE 业务进行汇聚收敛，实现全业务灵活接入，为接入层多业务提供统一的传送平台。

随着基于统一交换、多层次 OAM 技术的不断成熟，新型的分组化 OTN 逐渐在宽带接入网络、移动回传网络、骨干路由器 offloading 等方面展现出在传送带宽、多业务承载和调度、层次化 OAM 和管理能力等方面的优势。特别是在网络扁平化和宽带业务流量快速增长的大

背景下, 分组化 OTN 在解决宽带接入网络边缘流量快速灵活汇聚和 BRAS/SR 向 CR 大容量传送等方面具有天然的优势, 并且能进一步地提升宽带接入网络整体的传送质量以及运维和管理的性能。另一方面分组化 OTN 在分担骨干网路由器流量压力方面也体现出自己的优势, 在光传送层引入包交换, 即实现大容量灵活转发, 又降低了 Bypass 机制的成本。对于 LTE/LTE-A 对接入层的带宽以及综合业务承载的需求, 分组化 OTN 在光传送层下沉的背景下, 可以提供更大的吞吐量和灵活的分组交换、统一承载。