

基于软件定义的 OTN 网络探讨

目前,业界在超 100G 方面也已经展开了广泛的研究,在可以预见的几年内,400G 也将拉开商用的帷幕,技术上面,多载波复用和多电平调制是其相对于 100G 的重要变化。

但是,目前的尴尬现状是网络建设投入和产出之间的剪刀差越来越大,因此在 400G 乃至 1T 的时代,如何提升多载波技术的频谱利用效率,以及怎样通过资源的灵活调整提升网络整体频谱利用效率就具有重要意义。

此外,传统 OTN 的特点是刚性带宽管道、固定速率接口。这与当前的众多新业务实时变化、具有突发性的流量模式并不匹配,“刚性”特征不够灵活,无法根据流量需求适时进行网络资源的动态调整,因此,需要更灵活,更开放的网络架构,即时调整,按需分配。

SDN (Software Defined Network) 的理念是让软件来控制网络,其主要特征是控制与转发分离、逻辑集中控制和开放 API。基于 SDN 架构的 OTN,通过软件就可以对光传输资源进行动态调整,因此能够更好地适应业务的需求,提高网络的利用效率,OTN 的 SDN 化将成为 400G 时代的重要演进趋势。

基于 SDN 的 OTN 网络分析

可编程的 SDN 传送层:可编程意味着可根据需要而改变,传送层的可编程能力和特征是以组件的可编程能力为基础,从而使得节点设备具备灵活的可编程特性,并将这些可编程能力向上层开放,使得整个光传送网络具备更强的软件定义特征,提升光网络整体性能和资源利用率,支持更多的光网络应用。

组件可编程体现在 SDO(Software Defined Optical)和 Flex Grid(Tunable Mux/Demux, WSS)器件上面。

基于前者,可实现频谱效率可编程和补偿算法可编程,频谱效率可编程意味着子载波复用方式和调制方式可变;补偿算法可编程意味着损伤补偿算法可变以及 FEC 类型和格式可变。即线路侧根据不同的链路状态选择不同的频谱效率和补偿算法。通过对带宽、距离和复杂度的权衡,SDO 光模块实现最佳的频谱利用效率,从而更好适应业务和场景的变化。

基于后者,可以实现栅格宽度可编程($N \times 12.5\text{GHz}$)和光谱形状可编程(可编程光滤波),即可以根据不同的信号谱宽和级联数量选择不同栅格宽度和滤波形状,灵活可变的栅格可以更好适应 400G(400G 将不再是固定的 50GHz 间隔)的需求。

节点可编程体现在传送容器大小可编程,交换粒度可编程,光路资源可编程以及节点规模可编程,即可以实现 $N \times 100\text{G}/200\text{G}/400\text{G}$ 传输,也能够基于任意带宽颗粒度的子载波和信道进行交换,还可以支持连续频谱和非连续频谱以及把一

个物理节点虚拟化为多个逻辑节点，或者把多个物理节点组合为一个逻辑节点，从而提供了极大的灵活性，实现对业务灵活、高效率的承载。

网络可编程体现在将一个网络根据不同的用户需要虚拟出多个不同的逻辑子网，向不同的客户提供服务；并可以根据全网频谱资源利用情况和线路损伤进行资源调配与优化，比如可以实现信道间和信道内非线性联合补偿，提升传输性能，也可以进行基于频谱资源的路由算法和频谱碎片整理，提升频谱利用率，而网络层的这种可编程特性则需要基于 SDN Controller 实现。

SDN Controller: Controller 可以认为是整个 SDN 系统的大脑，Controller 有多种实现方式，一是 SDN 和 OPENFLOW 协议完全取代 ASON 及 GMPLS 和 PCE 架构，打破现有分布式控制模式，取代所有域间域内横向控制技术和相关协议；二是直接使用 PCE 机制，可将信令等分布式控制功能统一到 PCE 实现，相关接口使用 PCEP 协议；三是 SDN 和 OPENFLOW 协议兼容 ASON 及 PCE 相关功能，可以利用 ASON 及 PCE 的已有成果，使用部分模块或者功能作为 Controller 的一个组件，从而平滑的向 SDN 架构演进。

该方案由现有控制平面/PCE 基础上进一步开放接口和集中管控逐步演进实现，是控制平面的增强而非替代，这也是 SDN 在光传送网领域的应用和部署的共识和必由途径，可以有效维护电信产业链的自身利益。

基于 SDN 的 OTN 价值

基于 SDN 的 OTN，可以实现任意业务接入，任意粒度交换，任意带宽传输，可以实时根据业务需求，依据集中统一的网络控制和管理，以及拥有的全局网络视图，对全局网络资源进行动态调整与优化，实现对设备与光纤网络资源最大化利用，提高利用效率，减少网络建设成本。

基于 SDN 的 OTN，通用硬件架构可以通过软件灵活配置，可以综合权衡各种因素选择最佳传输方案，并且减少了单板类型，从而减少了备品备件成本和维护成本。同时，也降低了对工程和维护人员的技术要求，有利于业务的快速开通、部署和后续的维护。

在新业务流量暴增和流量突发，流向复杂化的情况下，传统 OTN 网络除了要面临巨大的带宽压力外，其刚性特征也难以适应业务的动态需求，基于软件定义的 OTN 采用 IT 化、软件化的思路和架构来改变网络，可编程光传送网络可以大幅提升现有 OTN 设备的传输效率和能力，灵活对全局网络进行优化，是传送平面技术发展到 400G 的必然趋势。