

OXC技术及应用策略要点

魏 澎 李 果 王克信

普天信息工程设计服务有限公司 北京 100088

摘要: 本文从OXC的优势、应用场合和设计要点等多个方面论述了OXC技术特性和工程设计要点,并揭示在算力网络时代,为满足全光底座系统的泛在接入、高速互联且灵活调度的要求,基于OXC/ROADM+OTN光电联动的全光底座系统将成为新一代传输网络。

关键词: 算网; 全光底座系统; ROADM; OXC

Key points of OXC technology and application strategy

Peng Wei, Guo Li, Kexin Wang

Potevio Information Engineering Design Service Co., Ltd, Beijing, 100088, China

Abstract: This article elaborates on the technical characteristics and engineering design principles of Optical Cross-Connect (OXC) technology from various perspectives, including its advantages, application scenarios, and design essentials. It highlights that in the era of algorithmic networks, to meet the requirements of ubiquitous access, high-speed interconnection, and flexible scheduling in an all-optical infrastructure system, the OXC/ROADM+OTN optical-electronic integrated system will become the next-generation transmission network.

Keywords: Computing Power Network; All-Optical Infrastructure System; ROADM; OXC

引言:

随着2021年5月国家发改委等四部委联合发布《全国一体化大数据中心协调创新体系算力枢纽实施方案》,我国算网时代的序幕正式拉开。我国三大运营商近两年也相继发布了中国移动《算力网络白皮书》^[1]、中国电信《云网融合2030技术白皮书》^[2]、和中国联通《中国联通建设新型数字信息基础设施行动计划》,标志着三大运营商开始对算力网络布局建设,而作为承载算力数据的全光底座系统优先开始在全省建设,其中三大运营商均视OXC设备组成的全光网络是全光底座系统的重要组成部分。

一、OXC设备技术演进

OTN解决了低于100G速率以下颗粒的电交叉交换问题,但是对于大于100G颗粒以上的光波道业务交换还需要OXC设备完成。OXC光交换是指不经过任何光/电转换,将输入端光信号直接交换到任意的光输出端口。光交换是全网络的关键技术之一,全光网可以克服电子交换在容量上的瓶颈限制;同时提高了网络的灵活性和可靠性。

光交换的概念早在2000年初就已提出,但基于当时的技术,波长级的交叉连接只能采用OTM背靠背跳纤进行光电光波长转接,直到WSS器件成熟,ROADM设备才于2010年代初开始逐步商用,特别是近几年开始云网融合后,ROADM和OXC开始逐渐开始大规模商用。在ROADM和OXC技术成熟并大规模商用后,干线传输网将由线性结构、升级到具有保护功能的环形结构,乃至具有灵活保护功能的Mesh网状网结构,可以充分适配云网协同下业务保护等级多,需求灵活多变的业务特性。

传输系统在光波交换上先经历了传统波分系统和ROADM两个阶段,直至光背板商业化,才进入到OXC阶段。

1. 传统波分复用系统 (OTM)

传统波分复用系统(OTM)在每个OTM站点全部上话/下话,中间穿通一般需要采用业务板卡点中继;调度是通过光纤跳接调度,并且调度必须经“光-电-光”的转换,业务端口速率基本上就是线路速率或定制好的更小速率的TMUX支路。

2. 可调光分插复用设备 ROADM

光分插复用器 ROADM, 可分为方向无关的可调光分插复用设备 (D-ROADM)、波长和方向无关的可调光分插复用设备 (CD-ROADM) 和波长、方向和竞争无关的可调光分插复用设备 (CDC-ROADM), 三者均在线路侧则采用 WSS 实现方向无关, 便于方向灵活调度^[5]。

3. 光交叉设备 OXC

由于 WSS 之间连接跳纤数量是维度的平方级别, 所以当维度较大时, ROADM 跳纤数量将极为庞大, 无论施工维护布线还是后期增加维度的扩容都会造成很大的困难。采用光背板代替跳纤的光交叉设备 OXC 不仅减少了繁杂的跳纤, 而且还节省了所需机位空间。OXC 是通过集成背板代替跳纤的 ROADM, 从本质上来说仍然属于 ROADM 的范畴, 可以认为光交叉设备 OXC 是可调光分插复用 ROADM 的进一步升级。

二、OXC 设备的优势

OXC 设备相较于传统 OTM 和 ROADM 有四大显著优势, 分别体现在空间能耗、光纤布放、运维智能和业务调度效率方面。

1. 节省空间和能耗

OXC 设备采用了高度集成的电路板, 一个槽位对应一个线路维度, 相当于传统 OTM 或 ROADM 的一个子架, 空间占用只有原来的 1/9, 功耗只有原来的 40%, 符合节能减排的要求。

2. 光纤布放简化

传统 ROADM 完全依靠单板堆叠, 通过 ODF 架人工跳纤搭建光交换 ROADM 系统, 维度越高连纤数量越大且越复杂, 光纤部署和运维效率都较低, 在后期增加新的光维度时布线难度极大。

以 n 维线路为例, ROADM 每个维度都要与其他维度和本地上下维度连纤, 则跳纤数量为 $2 \times C_{2n}^n = n(n+1)$, 当 n=32 时, 跳纤数量为 1056 根, 远期若有更高的维度, 其复杂性将以 n 的平方级别倍增。

OXC 设备采用了光背板替换了 ROADM 不同维度间的跳纤, 即以光背板代替了各维度间的跳纤, 实现了各维度间“0”跳纤。

3. 智能运维

传统 ROADM 的数据信息并非实时网络信息, 仅来自网管数据库, 故障难精确定位, 也无法验证路由的正确性 (如配置错误、连纤错误等)。

OXC 设备可做到波长资源端到端可视和波长路由端到端可视, 各维度间状况可视, 且增加了波长标签, 进

行光层 OAM, 可以实时监测分析具体链路的光功率、OSNR 值和中兴频率等网络状况, 实时分析出链路参数、信号质量、波长路径和网络资源等关键信息。

4. 运维效率提升

传统 ROADM 系统的开通链路时除了网管调配外, 还需到站布放光纤, 因此效率不高, 特别是新增平面或设备时, 所需时间均以月计算, 难以满足算网快速开通业务或测试业务的时间要求。

OXC 设备的网络相当于用光背板提前把所需跳纤一次性全部布放完成, 后期开通链路只需在网管配置即可, 链路测试只需几分钟即可, 光层维度扩容也不过几个小时, 新增网络几天即可完成。

三、OXC 设备应用场合

OXC 设备具有快速连接各个维度的能力, 因此主要部署在枢纽机房以连接各个线路维度, 本阶段 OXC 设备在城域网和干线网络中部署略有不同。

在城域网中, 地市的局楼有多个环路和链路通达, 这些环路和链路之间的业务转接在传统网络中采用跳纤进行连接, 由于地市大部分业务具有集中在核心 1-3 个局楼的特性, 因此核心局楼内的跳纤量非常大。若采用一台 OXC 设备替换核心局楼内多台 OTM/ROADM 传输设备, 所有环路和链路的业务转接和落地均集中到 OXC 设备内, 大大节省了机房空间和功耗。后期随着 OXC 设备价格的下降, OXC 设备可逐步下沉到各个传输节点, 完成各区域节点的泛在接入。

在省际和省内干线网络中, 传统网络中各地市的局楼可能有多条环路和链路经过, 业务转接通过跳纤方式进行, 调度复杂, 特别是当跨异厂家平面时, 需进行光电光转接, 且两个地市间的业务很可能是通过省会或其他中心城市进行转接, 无法做到最短路径和最小时延^[3], 还浪费了更多的支线路板卡, 一旦平面间出现故障, 故障定位也较复杂, 经济上和运维上均不便利。当采用 OXC 设备组成的全光底座系统后, 任意两个地市之间可选择最便利的路由而不必再经过省会等重大枢纽局楼进行转接, 只要在 OSNR 门限内无需光电光转换, 时延也小, 更不会浪费转接用的支线路板卡。同时由于采用全光网络, 性能检测按需设置, 故障定位简单方便, 在预留端口充足情况下配置和更改链路只需网管上操作, 不需新布放光纤。

为满足全光底座系统的泛在接入、高速互联且灵活调度^[1]的要求, 采用 OXC/ROADM+OTN 替代传统 WDM 进行光电联动的方式是目前最佳匹配云网融合的光电联

动传输网络结构, 其中100G及以下业务颗粒转接通过OTN电交叉完成, 100G及以上的业务颗粒通过OXC光波道交叉连接完成。

四、OXC设备组网的全光底座系统设计要点

OXC设备组成的全光底座系统对时延、安全性、灵活性、智能性都有较高要求, 特别是一跳入云, 网随云动的特性要求在网络设计时就需提前规划好网络指标, 以满足全光承载和全光传输等要求。

1. 链路OSNR规划

为满足全程全网, 一跳直达的无电再生和转接光路要求, 在网络设计之初就必须规划所有链路在寿命终了时仍需满足OSNR门限值, 这样才能保证全寿命期任意两点一跳直达的要求。笔者在2022年设计某省运营商省干全光底座系统时, 在选用OXC设备时就测算了全省任意两个局楼间各种参数下寿命终了时的OSNR值, 通过QPSK和16QAM的OSNR性能对比, 波道间隔选择, 200G和400G波道速率比较, 为保证全光一跳直达, 经过均衡比选, 最终选择了QPSK 75GHz波道间隔的200G的配置^[4]。

2. 预留资源规划

在传统WDM网络中, 为了满足突发的业务需求, 各运营商都预留一部分网络资源应对突发需求, 对应环形和链型的一维网络结构, 一般在业务量较大的段落预留一些链路。

OXC设备组成的全光底座系统是Mesh结构的网状网, 升级为二维平面网络结构, 开通业务在分钟级别就可以完成, 后期开通业务只要业务链路间有未占用波道和空闲端口即可, 因此OXC设备的全光底座系统若链路利用率不到100%全占用状态, 只要在源宿节点预留一定数量的线路和支路端口即可快速满足突发业务需求。端口预留方式比链路预留方式显然更加灵活可调, 在前期可根据各站业务量统计情况预留端口, 这些预留端口后期根据实际突发业务需求进行调整, 因具有统计复用的特性, 因此整体预留端口资源占比要比传统的预留链路占用资源更少。

3. 扩容方式的改变

在传统WDM的一维环形和链型网络结构中, 若局部段落资源满配并使用完后(比如开满了80波), 则很难通过单独局部段落扩容解决容量问题, 这是因为局部新增的光复用段与原段落之间的需求未定, 所以跳纤转接数量方案不好确定, 故新增光复用段无法很好融入原WDM一维网络中, 通常不得不再全程新建一个环路或链路解决需求。

OXC设备组成的全光底座系统是二维Mesh结构的网状网, 因此当局部链路资源开满耗尽时, 只要在这局部链路上新增开一个线路维度链路, 就可将新增的链路无缝融入到二维的全光底座系统网络中。

相对于传输OTN网络, OXC设备组成的全光底座系统网络扩容方式由新建整套环路改为局部复用段链路新增光线路维度方式解决资源紧张问题, 节省了建设投资, 又便于网络的平滑扩容。

五、结束语

随着云网融合来临和东数西算格局的形成, 基于OXC/ROADM+OTN光电联动的全光高速互联、全光灵活调度的全光底座系统将成为新一代传输网络的标配。

参考文献:

- [1] 中国移动通信集团有限公司《算力网络白皮书》: 2023-7-5. <https://www.digitalelite.cn/h-nd-1936.html>.
- [2] 中国电信集团公司《云网融合2030技术白皮书》: 2023-7-5. <https://max.book118.com/html/2021/0812/8140014022003133.shtm>.
- [3] 中国联通研究院, 华为技术有限公司《云时代的全光底座白皮书》: 2023-7-5. <https://www.mofile.net/item/b2bcaf57bb864ec38fea7a2b89809879.html>.
- [4] 中华人民共和国工业和信息化部.YD/T 3783-2020 N×400Gbs光波分复用(WDM)系统技术要求[S]: 北京: 人民邮电出版社, 2021年.
- [5] 中华人民共和国工业和信息化部.YD/T 2003-2018可重构的光分插复用(ROADM)设备技术要求[S]: 北京: 人民邮电出版社, 2019年.