

超大容量集群光交换技术解析

1、需求与挑战

随着互联网迈入 web2.0 时代，用户不仅仅只是内容的消费者，也是内容的创造者，人人可以参与互联网内容的创造，UGC（用户创造内容）已经成为主流。目前所有的数码录像机都达到了高清的水平，UGC 和高清的结合，产生了海量的数字内容，信息进入一个爆炸式增长阶段，未来 10 年，信息量会增长 270 倍，需要巨大的计算和存储能力来处理这些庞大的信息；与此同时，移动宽带用户将达到 50 亿的规模，每个用户流量增长每年超过 50%，网络流量将增长 500 倍。信息爆炸和数字洪水给运营商网络提出前所未有的挑战。



图 1 全球信息化带来业务流量的迅猛增长

随着路由器端口速率从 100GE 向 400GE，甚至 1TE 发展，端口速率也从 400G 向 4T 发展，IP 流量增长对传送网提出了新要求：需要 T 比特级的光传输管道，需要 P 比特级的业务交换能力。

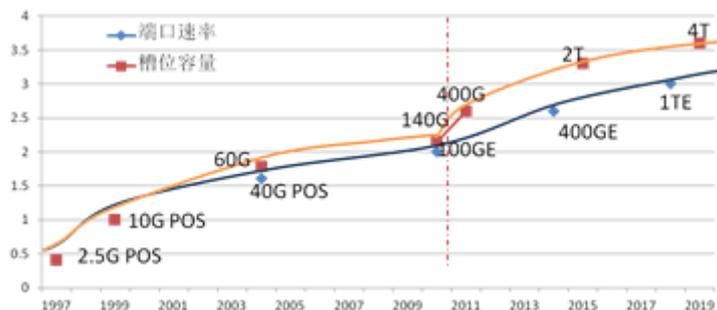


图 2 IP 流量增长

针对上述新要求，传统传送网在交换容量、节能减排、设备空间体积等方面面临着的重重困难。根据Nielsen定律，对未来5~10年的传送网络节点容量进行预测，2015年可运行OTN交换集群容量60~120T，理论容量240T~2.4P；2020年可运行OTN交换集群容量450T~800T，理论容量为1.8P~16P；

面对新要求与新挑战，未来传送网将向超大容量集群光交换和多层融合方向发展，光层将同时实现传输和交换，L0~L2完全融合，提升交换容量，减少O/E/O和电交换环节，降低成本，实现节能减排。



图3 未来传送网的演进趋势

2、全光交换解决方案

针对未来大容量光传送要求，华为提出全光交换解决方案，在边缘节点实现O/E转换，核心节点在光层实现子波长的动态线路交换，IP bypass到光层，降低核心路由器的容量和功耗，同时，OB(Optical Burst)通道可以实现和ODUk/VC通道相同的配置灵活性。

由光突发子波长交换和超大端口OXC构建超大容量的核心交换节点，可实现10P级别的超大容量交换，既支持未来全光交换网络，也兼容现有DWDM传送网。

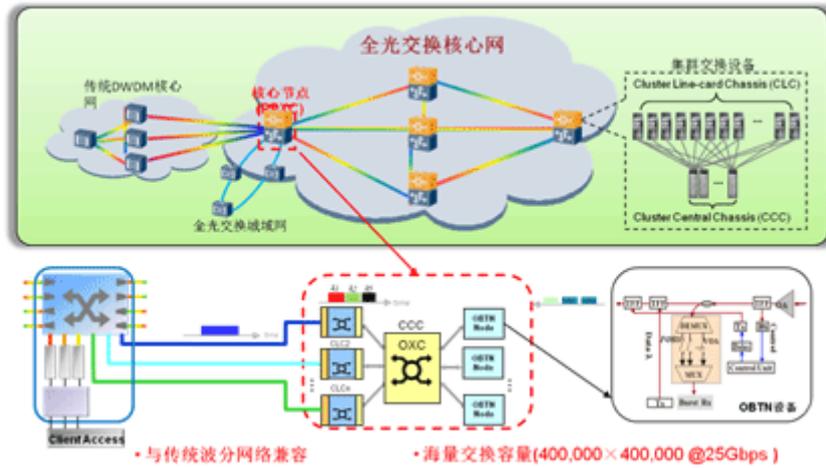


图 4 超大容量核心光交换节点

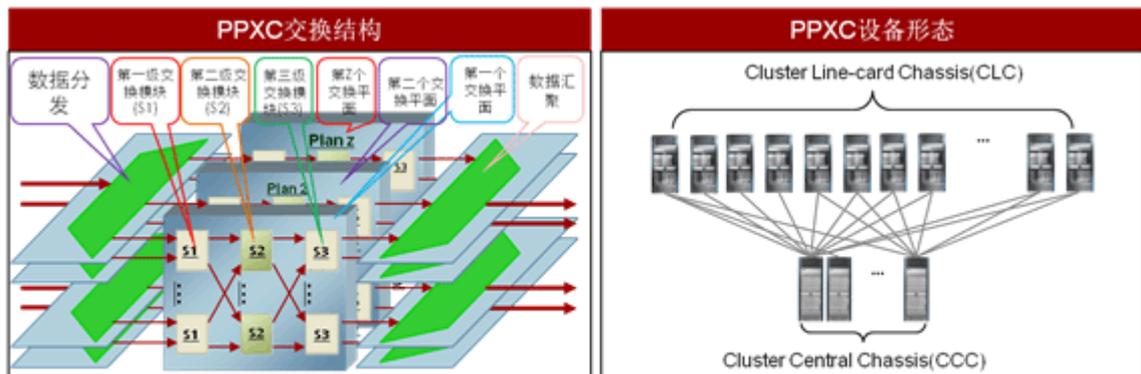
3、PPXC-超大容量集群光交换技术

3.1 PPXC 技术介绍

PPXC 包括 2 大部分，第一部分叫做线路框（Cluster Line-card Chassis，简称 CLC），第二部分叫做集中交换框（Cluster Central Chassis，简称 CCC）。如图 5(b) 所示

线路框主要包括线卡和交换卡。交换卡主要用来进行线路框和交换框之间的互联。交换框是用来把多个线路框连接成集群的产品，其本身不是一个 OTN 交换机，而是一个非常快速的全光交换设备。

PPXC 是一个多平面 3 级 CLOS 网络交换结构。其中，数据分发和汇聚位于线路框，第一级和第三级交换单元位于线路框，第二级交换单元位于交换框，PPXC 交换阵列由多个交换平面所组成，交换平面之间是并行，没有依赖关系的，系统通过交叉配置算法来决定使用哪一个交换平面。PPXC 交换结构如图 5(a) 所示。



(a) PPXC 交换结构

(b) PPXC 设备形态

图 5 PPXC 交换结构与设备形态

PPXC 采用 OBTN (Optical Burst Transport Network) 技术, 实现光层子波长交换, 交换阵列中交换的粒度是大小固定的光包 (OB)。在经过交换阵列之前, 线卡把数据分解为多个 ODU0, 然后在交换卡上完成基于 ODU0 粒度的第一级交换, 接着将一个 ODU0 封装成一个 OB, 并在“属于自己”的时隙由 FTL 突发到第二级交换模块 OXC 进行交叉, 最后在宿端交换卡上完成 OB 接收 (BMR)、OB 解帧、第三级交换以及数据重组, 如图 6 所示。

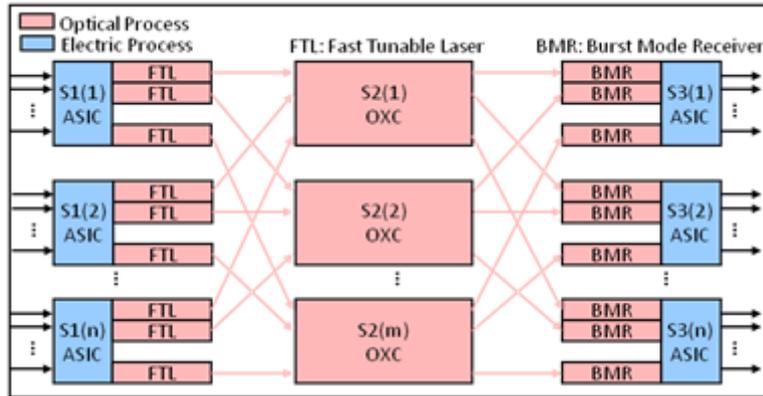


图 6 PPXC 交换原理示意图

交换结构的第二级交换模块实现全光处理, 模块由快速光开关和 AWG 组成大端口的光交换矩阵, 交叉结构如图 7 所示。

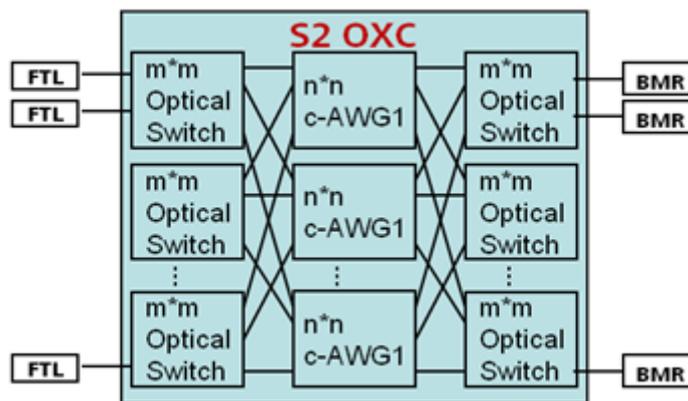


图 7 PPXC S2 级 OXC 交换原理示意图

另外, 在每个时隙内, 一个波长 λ_n 承载一个 OB; 不同的时隙, 承载的波长 λ_n 可以是 $\lambda_1 \sim \lambda_{80}$ 中的任意一个, PPXC 通过交叉配置算法决定在哪个时隙使用哪个波长。

3.2 PPXC 关键器件

PPXC 实现大容量的光交换节点的核心是一个或多个光交换单元，而且全光子波长交换需要交换时间越短越好，以缩短每个光突发之间的保护时间 (guardtime)，提高带宽利用率，涉及到的关键器件包括快速可调激光器 (FTL)、大端口波导阵列光栅 (AWG) 和快速光开关 (FOS)，如图 8。其中，快速可调激光器 (FTL) 可在 20us 内实现 80 个波长的切换，线路速率可以到 12.5Gbps 以上，且使用的是当前可获得的商用器件，整体性能业界领先。

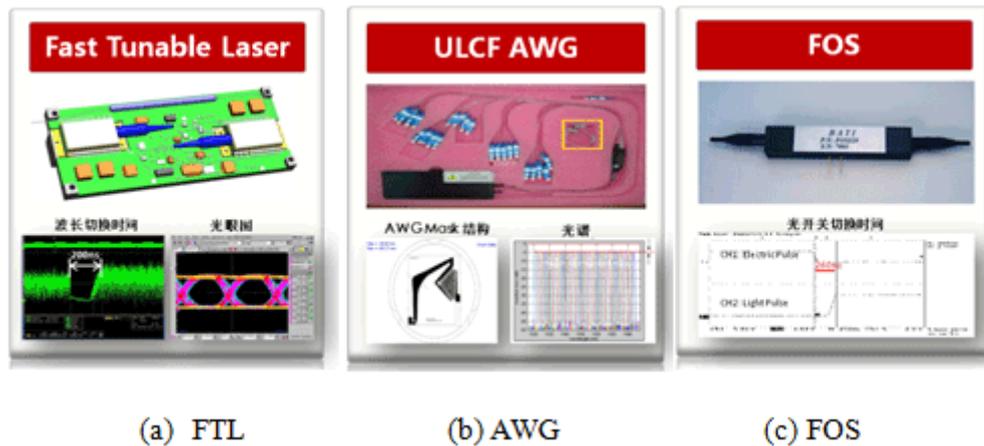


图 8 PPXC 中关键器件

3.3 PPXC 原型机

2012 年 3 月，在全球规模最大、影响力最强的美国光纤通讯展览会及研讨会 (OFC/NFOEC) 上，华为全球首发容量达 10P (10,000T) 的全光交换原型机 (PPXC)，是目前业界最大容量的 10 倍，展示期间，吸引了 DT、AT&T、BT、TDE、NTT、IEEE fellow、Light Reading、OVUM 等业界大 T、知名专家与媒体前往参观、交流，并给予了高度评价。PPXC 的推出标志着华为掌握了超大容量光交换系统核心技术，保持了在该研究领域的持续领先，为未来超宽网络实现奠定了坚实基础。此次发布包含了样机演示、技术论文宣讲、专题视频访问等。

Light Reading、OVUM、Heavy Reading 等知名媒体机构纷纷前来现场采访，认为华为的 PPXC 技术是本届 OFC 展会最大的一个亮点。PPXC 的新闻进入 Light Reading 当日头版，OVUM 专业分析师也给出了极高的评价：“it is innovative and stands out as one of the most interesting concepts I saw at the conference this year.”，是在今年 OFC 会议上看到的极具创新、在众多最吸引人的概念中脱颖而出一个。

4、结论

全光交换技术通过在光层进行子波长粒度的交换和疏导，可以将部分的一层二层的电域交换功能在光上进行，大幅降低功耗，同时可与现有 WDM/OTN 网络可以兼容，支持平滑升级，与传统 OPS/OBS 相比实用性大大加强，有潜力将全光子波长交换的实际应用提前。

作者：冯志勇（华为技术有限公司，传送技术研究部）