

云网络时代，业务呈现出多样化，高效、灵活、开放已然成为光网络演进的关键。软件定义OTN在弹性管道的基础上提供即时带宽管理、集中式控制的虚拟化网络资源、开放的标准化应用接口，可让光网络更好地服务于业务，帮助运营商降低运营成本、开拓新的盈利模式。

- 44 软件定义OTN
- 47 MOCN: 通过网络共享低成本快速建网
- 50 实现高可靠的PTN环网保护



# 软件定义OTN

## 揭开下一代光传送网的面纱

文/冯志勇

### 传统光传送网面临挑战

#### 流量快速增长，单载波容量逼近极限

**近**年来，随着互联网的发展，互联网用户数、应用种类、带宽需求等都呈现出爆炸式的增长。以中国为例，未来4-5年干线网流量的年增长率会高达60-70%，骨干传输网总带宽将从64Tbps增加到150Tbps左右，甚至200Tbps以上。面对巨大的数字洪流，超高速光接口需求大量涌现，线路传输速率逐渐向40G/100G/400G/1T+发展。而超100G之后多载波技术是趋势，怎样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，提升网络整体的频谱利用效率，成为运营商下一步发展所需面对的首要问题。

#### 新应用层出不穷，动态业务如何泄洪

随着云计算、数据中心的广泛应用，各种不同

类型的新业务、新应用层出不穷，传送网除了面临巨大的数字洪流，还将面临洪流的动态性和不可预知性。而传统的光传送网络基于固定速率的OTN接口、光层固定的频谱间隔以及逐层分离式管控，其“过设计”（over provisioning）和“静态链接”（static connectivity）等特性在这种状况下显得效率低下，需要建立一个灵活、开放的新架构，实现“自动部署”和“瞬时带宽调整”。

### 软件定义OTN的架构

软件定义的光传送网，是通过硬件的灵活可编程配置，实现传送资源可软件动态调整的光传送架构。其核心技术包括：具有灵活可变的光、电功能模块，可构建高速、低功耗可编程的光系统；支持Openflow标准控制接口以及开放式应用接口（API），利用可编程传送控制器（Programmable Transport Controller）实现光网可编程化以及资源云化，从而为不同的应用提供

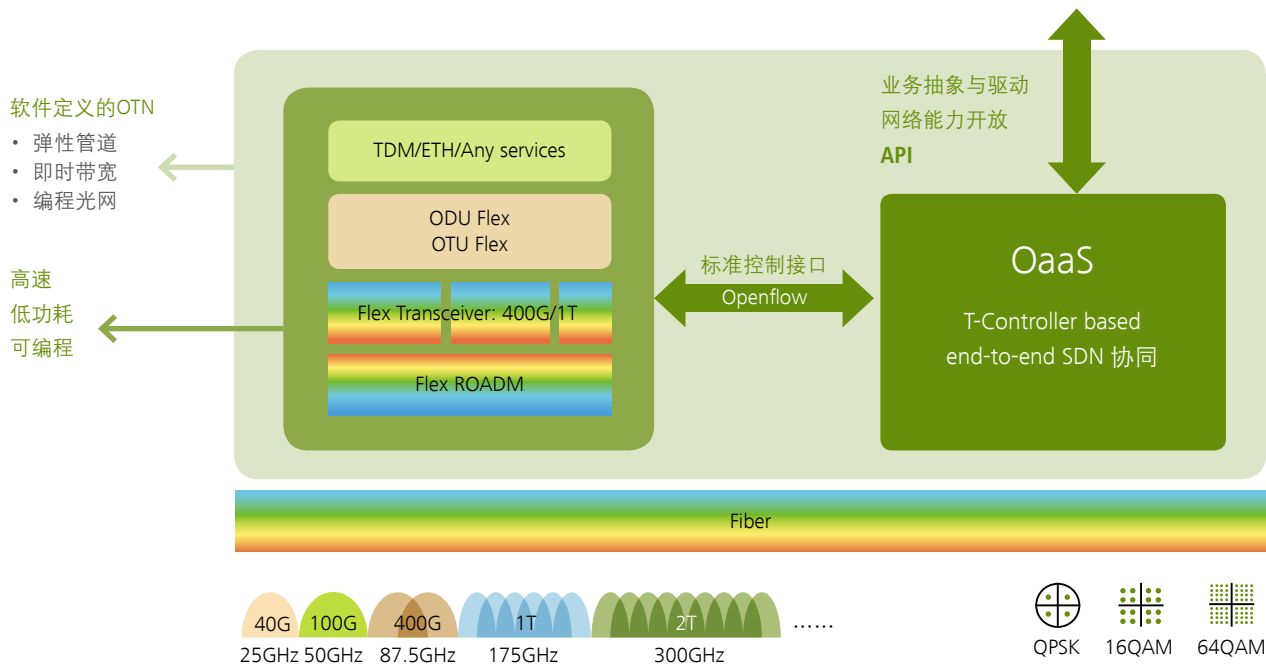


图1 软件定义OTN系统架构

高效、灵活、开放的管道网络服务。系统架构如图1所示。

软件定义OTN具备“弹性管道”、“即时带宽”、“编程光网”三大特性，可以满足未来不同业务快速部署、带宽按需分配、网络易维易管等要求，能够有效降低运营商TCO，提升盈利水平。

## 软件定义OTN的关键技术

软件定义OTN包含Flex OTN、Flex Transceiver、Flex ROADM以及Programmable Transport Controller四大关键技术。

### Flex OTN技术

传统的OTN通过GMP技术实现对TDM/IP等多业务的封装和承载，但随着业务速率的提升，基于固定速率OTUk接口的映射、封装、成帧处理，愈发不能满足运营商对超宽带和灵活可配置带宽的需求，且不同的OTUk需要不同的硬件与之对应，同时，也无法与具备可软件编程的光物理层（Flex Transceiver）单元适配。Flex OTN在原有OTN的基础上，引入灵活的OTN处理技术，与可编程光层完美结合，既扩展了OTN的灵活

性，又可与现网兼容，很好地满足了对未来多业务灵活高效的承载。

### Flex Transceiver技术

Transceiver即实现电信号与光信号相互转换的单元，传统的Transceiver由于硬件结构单一，不同的应用场景需不同调制码型、线路速率的板卡或者光模块。而Flex Transceiver采用通用硬件结构，基于业界领先的flex-ODSP技术，只需通过简单的软件配置，一套硬件系统即可满足多种应用场景。Flex Transceiver与Flex OTN以及Programmable Transport Controller技术相配合后，用户可根据实际业务情况，对光层带宽资源进行合理优化分配，实现流量的精细化运营，同时降低网络整体功耗。类似于可调激光器对光网络的推动，Flex Transceiver势必带来更大的变革。

### Flex ROADM技术

ROADM即可配置的OADM单元，是光网络中不可或缺的重要光层物理单元，能够在光层实现波长通道的交换和上下路。随着400G/1T+的出现，为了进一步提升频谱资源利用率，原有固定通道间隔被打破，Flex ROADM应运而生。Flex ROADM可以实现极小的带

宽间隔，实现任意带宽任意光通道之间的无损交换（hitless）；更进一步，结合Flex OTN和Flex Transceiver技术，在光层可实现更精细的子波长调度，通过光层直接旁路，减少昂贵的上层交换设备的使用，降低运营商TCO以及网络整体功耗。

## Programmable Transport Controller技术

Programmable Transport Controller是一种新型的网络控制单元：通过网络设备层的标准化Openflow控制接口，可提供跨多设备形态的统一控制，实现从动态云业务到基于Flex OTN、Flex Transceiver、Flex ROADM的弹性管道端到端统一控制，方便增值业务的快速及时提供；通过应用层的开放式API接口，使应用可以驱动网络，快速及时重构网络硬件系统，实现可编程化的光网络，满足用户的动态实时性以及个性化服务需求；通过集中式的控制理念，使业务多层流量疏导更加智能、可控，全网资源利用率得以最大化提升，业务端到端质量得到有效保证，让用户得到最完美的体验。这种基于集中式管理、标准化控制以及开放式API的软件定义管理方式，使传送网从哑管道转变成智能管道，可为运营商提供OaaS（Optical as a Service）增值服务。

## 软件定义OTN的价值

### 运维“易”，运营“细”

传统网络中单板类型种类繁多，使备件成本及运维成本增加，加大了运营商的CAPEX和OPEX。而软件定义OTN中Flex OTN、Flex Transceiver、Flex ROADM均采用通用硬件架构，可实现单板硬件归一化；同时，由于光模块可软件编程，自定义速率、码型等，给网络运维以及运营也带来诸多好处。例如，在工程开局阶段，可以减少备件数量，降低对开局工程师的技术要求，加快开局速度，有利于业务的快速开通和部署；在维护优化阶段，光纤和光器件老化导致传输性能下降时，可以通过改变调制码型，优化系统性能；单板的灵活可配置还可以为运营商带来更加灵活的带宽销售模式，使其营收进一步提升。

### 带宽资源“零浪费”，带宽价值“零残留”

软件定义OTN所具备的“弹性管道”，让精细化

带宽资源管理和使用成为可能，实现带宽资源“零浪费”。网络控制器通过标准控制接口，根据上层业务流量，对光层硬件设备进行重构，调整管道大小。这一方面可以节约网络带宽资源，提升带宽利用率，以100G/400G/1T混传系统为例，软件定义OTN可以提高40.3%–67.14%的带宽利用率；另一方面，也可以降低设备的整体功耗，带来绿色光网络。

软件定义OTN所具备的“即时带宽”，除了带来不一样的用户体验，更实现了带宽价值的“零残留”。传统光传送网从用户发出一个带宽请求到最后业务开通，需要经历多个部门、多人处理，开通时间最长可达数月。而通过统一端到端控制，结合灵活光物理层技术，减少了人的参与，业务开通时间可减少至数小时，甚至数分钟，同时也减少了带宽闲置的时间，使带宽资源可滚动使用，提升了每比特营收。

软件定义OTN所具备的“编程光网”，使得光网针对不同的应用可以提供不同的网络资源，为运营商提供增值服务。通过提供开放式API，将网络能力抽象给应用层，同时，应用层业务驱动网络根据个性化需求来建立连接，使得运营商基于标准化接口实现自动化网络定制，并降低网络维护管理的复杂度。

### 流量、距离自适应

软件定义OTN，可以根据传输距离灵活选取适当的调制格式以及频谱资源，短路径可以选择满足OSNR要求的高阶调制格式，而传输距离长的光路，可以采用占用带宽大、但是在低OSNR下能够正常工作的低阶调制格式，从而更有效利用线路频谱资源，提高频谱效率。

## 软件定义OTN是演进的必然

云网络时代，业务呈现出多样化，传统的光传送网已无法满足新的需求，高效、灵活、开放已然成为光网络演进的关键。在变革的转折点，华为提出软件定义OTN，在弹性管道的基础上提供即时带宽管理、集中式控制的虚拟化网络资源、开放的标准化应用接口，为新业务提供高效、灵活、开放的管控，让光网络更好地服务于业务，服务于用户体验，帮助运营商不断降低运营成本、开拓新的盈利模式，构筑更健康、更和谐的产业链。[5]

责任编辑：潘陶 pantao@huawei.com