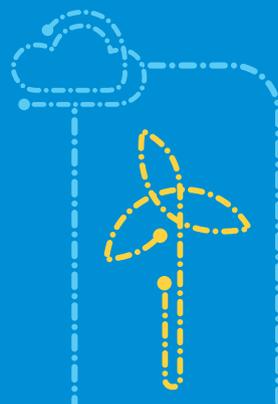


# ZTE中兴

## 提供更加智能化、虚拟化、云化服务的 软件定义光网络技术

中兴通讯软件定义光网络（SDON）技术白皮书



# 目 录

引言 .....	3
发展趋势分析 .....	4
解决方案剖析 .....	6
典型应用场景 .....	8
技术挑战 .....	9
附录 .....	10



## <<< 引言

随着AI&VR时代的到来，业务的数据量爆炸式增长使骨干网的带宽需求压力越来越大，同时业务量的增长，新型业务的随机性、突发性、多变性让业务的管理控制更加复杂。业务的多样性和时变性要求传送网具有更加灵活的带宽接入能力，这就意味着未来传送网需要提供多种粒度的业务接口，并能够通过智能控制灵活地为高动态化的业务提供适配的带宽需求。同时，光网络本身仍旧面临着一定的服务扩展性问题，即如何保证端到端的业务服务性能，包括路由可得性、路径计算收敛时间、建路时间、生存性和资源利用率等方面；如何在保证在满足光传输性能前提下，尽可能满足多

用户对专有网络的定制化服务需求等。现有光网络功能的智能化程度及服务多样性还远远不能满足用户要求，网络运营商们正面临着巨大机遇与严峻挑战。

在上述背景下，“下一代软件灵活控制光网络”——即软件定义光网络SDON的技术路线，越来越成为业界在光网络控制技术领域的关注热点。软件定义光网络SDON的架构实现了由控制功能与传送功能的紧耦合到控制功能与运营功能的紧耦合、以连接过程为核心的闭合控制到以组网过程为核心的开放控制的模式转变，使得光网络控制技术与应用朝着更加智能、虚拟化、云化的方向上发展。

### SDON技术的主要优势：

- SDON方案能够有效地解决异构网络之间的互联互通问题。随着融合网络技术的发展，不同类型的业务和网络资源交织叠加在一起，形成了异构化的网络互联环境，加剧了全网业务控制与资源管理的实现难度。该方案通过对OpenFlow等相关协议进行扩展，开发面向对象的交互控制接口，可以实现异构网络信息抽象化和跨层网络控制集成化，从而在接入网与核心网、数据网与光网络、有线网和无线网之间建立起具备统一控制能力的新型异构网络架构体系。
- SDON可以满足用户对光网络编排使用的云化需求，实现“service on-demand”、“plug-in-use”，从而在网络设备的使用方式、操作方式和销售方式上实现灵活性，并能够使得用户以更快的速度获得想要的服务功能，无需等待设备商把这些功能纳入到专有产品设备中。
- SDON能够带来对光网络资源的虚拟化管理，虚拟化管理的网络设备范围可覆盖全部OTN产品；网络资源的虚拟化提供技术可以更好地发挥网络基础设施资源的优势，通过开放的统一资源管理平台，使得对网络资源的利用达到最优化。基于虚拟化的网络体系结构，能够根据不同业务各自的应用需求，在保证服务质量前提下快速有效地接入与控制网络资源。

## <<< 发展趋势分析

目前，光网络的管控技术已经逐步形成了从最初的网管集中手工配置，到分布式控制平面（包括GMPLS、PCE），再到未来的集中式软件定义光网络SDON的发展趋势，如图1所示。

网管集中配置	分布式控制（带PCE）	SDN控制
适用于环网、链型等简单组网模型	适用于MESH等复杂组网模型	基于柔性的可编程控制网络
网络组成机构较为固定	广电两层调度可重配置	开放的标准化应用接口，支持第三方管控
采用手工方式静态配置业务通道	将于连接相关的配置管理功能从光网络的管理平面分离出来	云化集中式控制，多层异构网络统一调度和优化
难以适应突发性的业务请求	业务开通响应较快，提供服务等级、动态恢复等特性	开放式管控技术，让网络层设备更贴近用户体验
采用规划软件支撑静态路径计算	采用OCE实现集中动态计算路径和资源分配	采用网络虚拟化技术实现网络动态集中路径计算

图 1 光网络控制技术演进

当前分布式GMPLS控制平面技术已在全球广泛应用，该技术基于OTN/WDM网络，实现动态的基于信令和策略驱动的分布式控制，它将与连接相关的配置管理功能从光网络的管理平面分离出来，构成了GMPLS控制平面，它能够根据用户实时的需求动态地创建、拆除和修改连接，提供动态的连接管理，具有基于网状拓扑的保护和恢复能力，具有更强的抗毁能力的新型光网络结构。

但在实际应用中，GMPLS控制平面通常采用分布式和面向过程的设计，控制协议和被控制的交换对象一般集成在闭合的节点设备内部，智能性由设备自身提供，从而难以站在全局的角度控制网络的整体行为。这时候PCE技术应运而生，路径计算和资源分配功能从GMPLS控制平面中分离出来，从而具备全局视野，能够实施全网资源统一管理，路由集中控制，有效提升网络整体效率。

在光网络中，控制平面和PCE在多层多域异构网络路由计算、资源分配以及流量工程信息发现和同步等方面的积累为SDN解决方案打下了平滑演进的技术基础，是光网络朝向新一代SDN架构演进的重要里程碑。如图2所示，控制平面和PCE架构和SDN控制器架构的实现技术紧密关联。

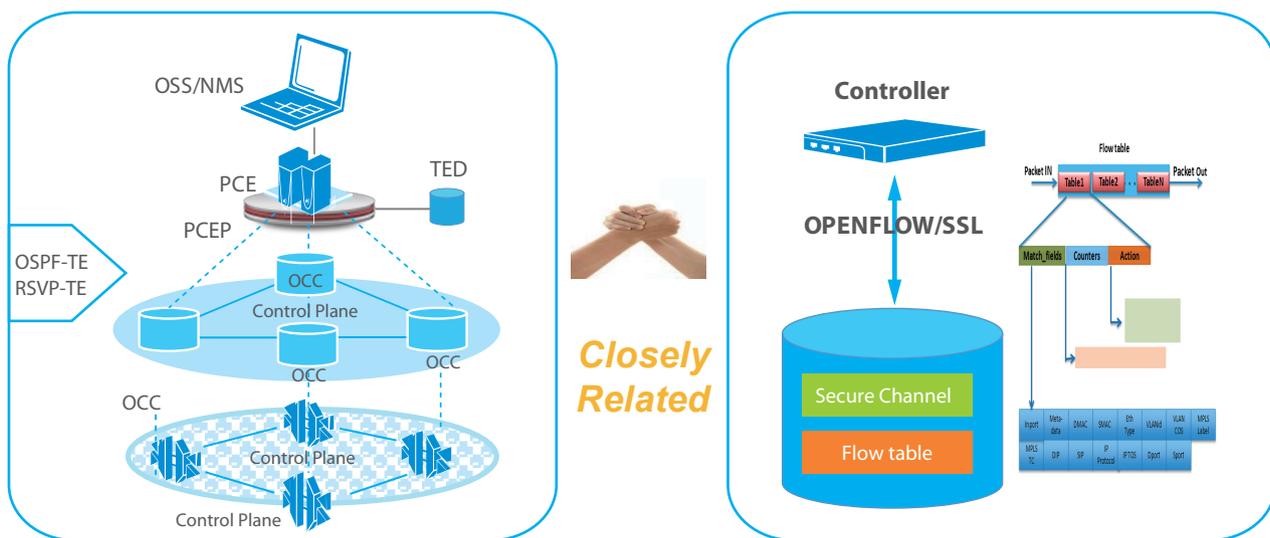


图 2 控制平面及PCE架构和SDN架构

当前PCE技术已经成熟并产品化，中国移动和工信部传输所联合开展了多OTN域的PCE互通测试，验证了光网络PCE集中式控制系统，多域多层多PCE协同的路径计算、资源分配技术，多域业务调度、保护恢复等功能。试验充分证明PCE系统为构建新一代SDN光网络打下了平滑演进的技术基础，是光网络朝向新一代SDN架构演进的重要里程碑。具体实现可以将原有控制平面的信令、自动发现等功能逐步迁移到PCE，加强PCE的管控能力，并进一步开放光网络功能，统一异构网络的控制接口，逐步实现SDN整体架构。

## <<< 解决方案剖析

如图3所示，层次化控制器架构的多域SDON技术方案的特点。

SDON的实现方式可以将传统的控制平面划分为两部分，一部分功能是与业务控制紧耦合，包括各种丰富的业务策略和各种资源配置协议。另一部分功能是与交换控制紧耦合，主要指实现节点交换必须具备的控制功能。其中，公共功能部分可从控制平面中分离出来，构成集中式的网络控制器，向下通过开放的接口协议与设备节点相连，向上相当于一个“网络操作系统”，了解全网资源信息，支持全网业务策略，在此基础上可灵活实现控制平面功能的可重构性，以及分组与光层的集成控制，能够很方便地扩展各种业务应用和网络运营功

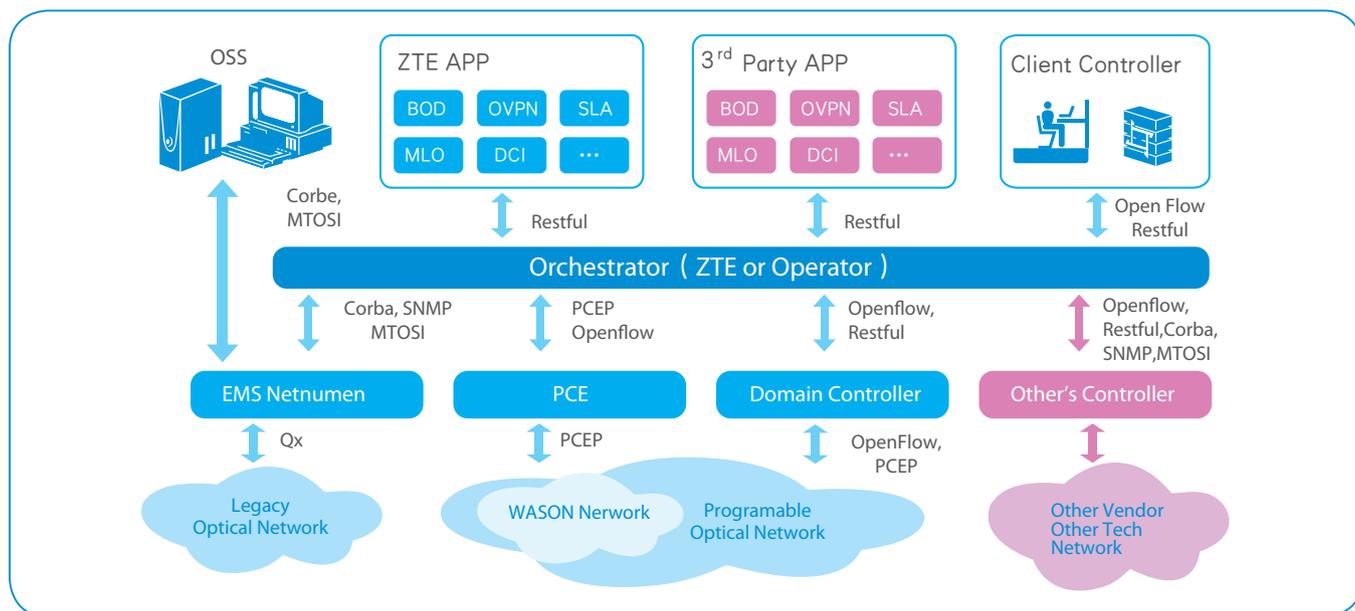


图3 层次化控制器架构的多域SDON解决方案

能。在SDN架构中，该网络操作系统即controller转发平台，使用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，以满足信息承载灵活性和扩展性的要求。

### 层次化控制器架构的多域SDON技术方案的特点如下：

- 整个架构自上向下分为四个层面：APP应用层、Orchestrator总控制器层、单域控制器层，和Optical Network设备层。
- APP应用层与Orchestrator总控制器之间的NBI接口重点采用Restful接口机制。Restful机制借鉴了WEB服务的架构风格，具备无状态、面向资源、实现简单高效、松耦合、可伸缩等

技术优势，从而为北向接口NBI实现SDON的开放控制、可编程、可定义等技术特点，提供了天然的技术支撑。

- 单域控制器层与Optical Network设备层之间的SBI接口尽量兼容WASON及较早部署的OTN网络，确保SDON网络与这些网络设备的互联互通，更好地满足运营商对业务部署的平滑升级、渐进式演进思路。

## <<< 典型应用场景

从承载网多层优化角度可以看到，当前骨干网分为两层：骨干路由器IP承载网（IP层）和骨干光传送网（光层），两层一直分别独立封闭地发展。两者的联系局限在光层为IP层提供静态配置的物理链路资源，IP层向光层触发点到点的带宽请求，其它的互动却很少。随着业务的迅速增长，IP层的路由器面临着巨大的扩容与处理压力，降低网络成本和功耗是当前网络亟待解决的一个问题。当前多层网络也可通过UNI接口互通协同，进行过境转发，如图4所示，层间和域间靠信令驱动连接建立模式，可减少骨干路由器的转发资源。但由于当前数据中心业务对互联网业务增长贡献率较高，跨IDC业务类型多样，带宽需求大，业务量突发性强，部分业务QOS要求较高。为了更好的承载IDC之间的业务，传输网络应具备更开放更灵活的架构，即时适应大颗粒突发业务需求。

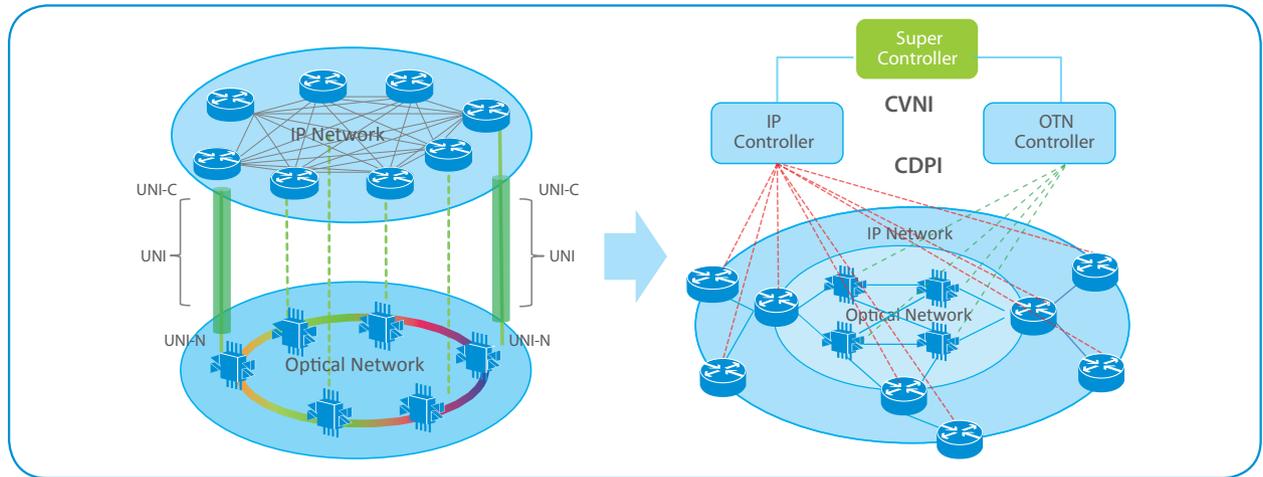


图4 SDN典型应用IP+光协同

云服务是未来互联网服务的主流模式，而云服务数据中心通过通信网络将数量众多的服务器和存储设备进行互联，并实现它们之间的高效协同工作，从而提供海量信息数据的存储和高性能处理，成为实现云服务的信息基础设施。运营商采用城域网或骨干网组成数据中心间互连架构实现城市内部或城市之间的数据信息高速互连。但这些连接的成本十分高价格昂贵，连接的资源没有得到充分的利用，不同颗粒度的用户带宽需求和时隙分配没有实现灵活调

度。这使得数据中心之间光互连成为巨大挑战。如数据中心间的数据定期备份时需要额外的带宽传输，但是在其他时间大量的带宽就会被浪费。因此，需要通过软件定义方式实现DC数据中心之间带宽的动态调整和灵活调度。如图5所示，在软件定义的数据中心间互连架构中，运营商将数据中心内部资源统一管理（如计算资源、存储资源等），再根据网络中资源状态和业务粒度，将数据中心资源与网络带宽资源统一分配，实现实时调度和可编程化控制。

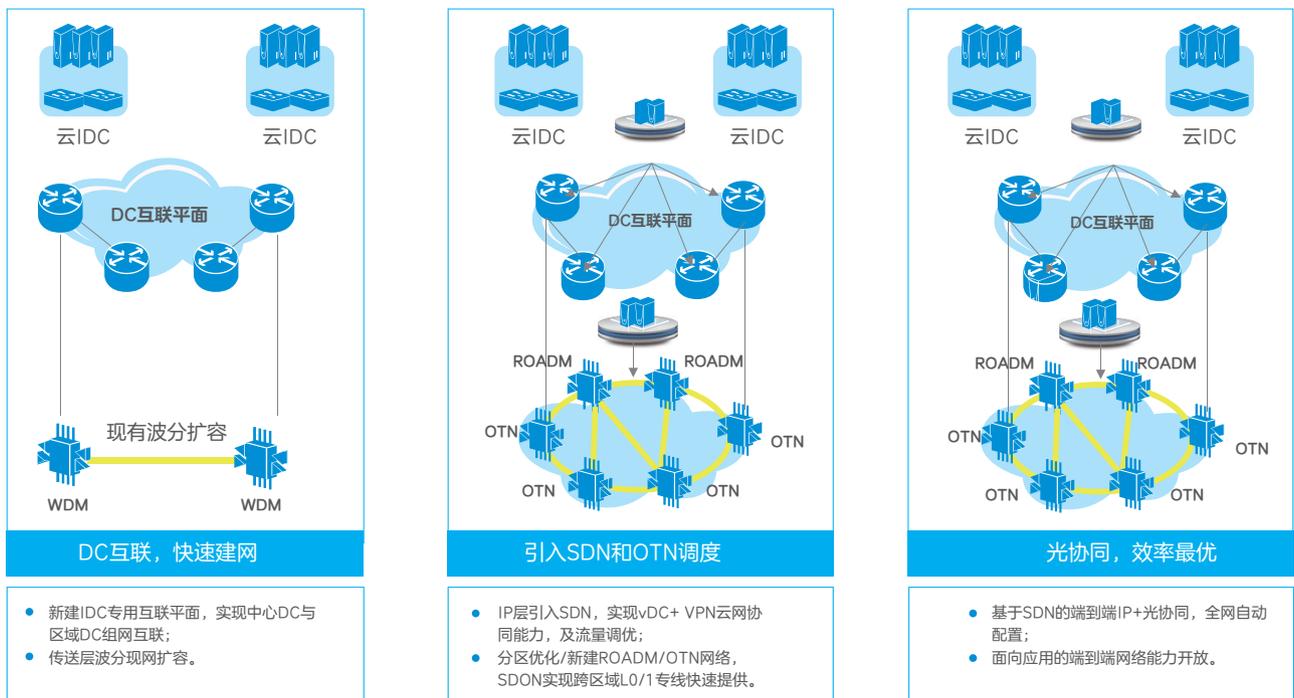


图5 SDN典型应用——DC数据中心互联



## <<< 技术挑战

到目前为止，虽然光网络虚拟化作为SDON的关键技术，被业界厂商和科研机构普遍重视，但由于面临着诸多技术难点，仍处于理论分析及实验研究阶段。主要包括：

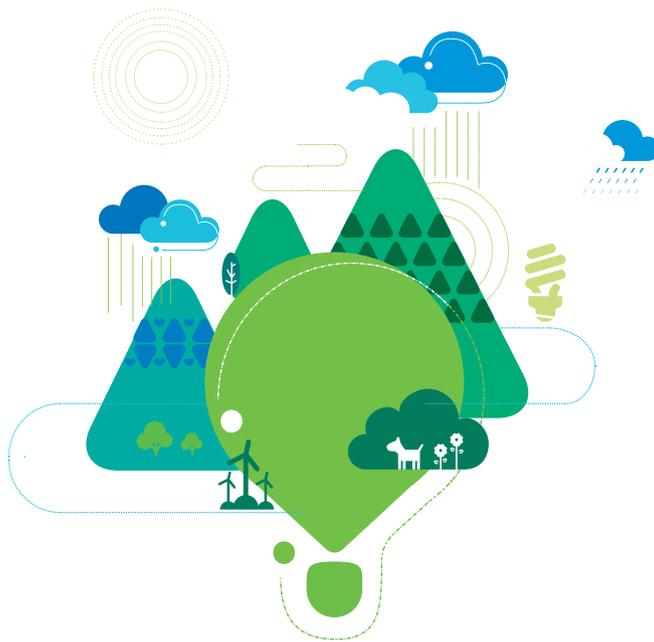
- 如何提供可扩展的、灵活的、可配置的网络应用服务，包括：跨多个管理域实现对端到端业务连接及OVPN的控制；如何根据用户需求提供动态连接服务，即BoD业务；如何提供端到端的连接—保证低抖动，低延迟等QoS；具有按需分配带宽的能力，达到波长级或子波长级，时间可控（几分钟，几小时，或者数天）；如何将网络资源同其他重要的网络资源进行协调，如CPU、存储和可视化的显示设备等；广播/多播能力等。
- 对光网络资源实现抽象封装，即如何将光网络物理层资源模型进行数学模型抽象化的提取，特别需要考虑光网络资源与传输模式有自身的物理特性限制，比如区别于其他网络的光网络物理层损耗：由于光信号传输本身的特性，色散、偏振模色散以及增益抖动等各种物理层光信道损伤的累积等，如何将这光网络物理层损耗抽象提取到光网络虚拟层中。
- 虚拟化的光网络资源映射问题，为虚拟光网络服务VONS中的虚拟节点和虚拟链路分配运行时所需的物理资源，设计出针对不同映射分配策略的优化求解目标函数（如基础设施资源负载均衡、网络货币收益最大化、最大化资源的使用效率、可服务质量最优化、终端用户数量最大化等）、优化数学模型及优化算法等，满足用户对光网络使用的个性化、性能、效益等需求。

以上都是光网络虚拟化技术亟待解决的问题。光网络虚拟化技术研究任重道远，但它所能带来的效益和价值是不可估量的，代表了SDON技术发展的前进方向，随着中兴通讯对其关注程度和研究深度的不断提高，相信在不久的将来必将实现飞跃性的进展。

## <<< 附录

### 缩略语说明

- BoD——Bandwidth on Demand 需求带宽
- IDC——Internet Data Center 互联网数据中心
- AI——Artificial Intelligence 人工智能
- DC——Data Center 数据中心
- GMPLS——General Multi-Protocol Label Switch 通用多协议标签交换
- OVPN——Optical Virtual Private Network 光虚拟专网
- PCE——Path Computation Element 路径计算单元
- SDN——Software Defined Network 软件定义网络
- SDON——Software Defined Optical Network 软件定义光网络
- VR——Virtual Reality 虚拟现实



ZTE中兴

深圳市科技南路55号 邮编: 518057  
网址: [www.zte.com.cn](http://www.zte.com.cn) 电话: +86-755-26770000 传真: +86-755-26771999