



菲尔·贝达德
首席工程师, 思科

Follow

思科路由光网络

□30分钟阅读

家/ 博客/思科路由光网络

□在本页面

修订记录

解决方案组件软件版本

什么是路由光网络?

关键驱动因素

路由光网络解决方案概述

使能技术

路由光网络用例

路由光网络架构硬件

路由光网络自动化

路由光网络服务管理

ROUTED OPTICAL NETWORKING ASSURANCE

CISCO IOS-XR MODEL-DRIVEN TELEMETRY FOR ZR/ZR+ MONITORING

ADDITIONAL RESOURCES

APPENDIX A

修订记录

版本	日期	注释
1.0	2022 年 1 月 10 日	最初的路由光网络出版物

解决方案组件软件版本

元素	版本
IOS-XR	7.3.2
IOS-XR (NCS 540)	7.4.1
NCS 2000 SVO	12.2
思科光网络控制器	1.1
交叉网络控制器	3.0

Crosswork分层控制器	5.1
思科 EPNM	5.1.3

什么是路由光网络？

路由光网络作为思科融合 SDN 传输架构的一部分，为物理网络基础设施带来了网络简化，正如 EVPN 和分段路由简化了服务和流量工程网络层一样。路由光网络将复杂的技术和网络层整合到一个具有成本效益且易于管理的网络基础设施中。在这里，我们展示了思科路由光网络架构和经过验证的设计。

Network Element	Legacy Networks		Converged SDN Transport with Routed Optical Networking
xVPN Services	LDP	BGP	✓ BGP for all L2VPN/L3VPN
IP Network Scaling	BGP-LU		
TE, FRR	RSVP-TE		
MPLS Overlay Protocol	RSVP-TE	LDP	
IPv6 Transport Overlay	None		
IP to DWDM Transition	Transponder or Muxponder		
Private Line Services	Dedicated OTN	Dedicated Ethernet over DWDM	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Circuit-style Segment Routing ✓ Private Line Emulation over Converged SDN Transport

关键驱动因素

改变网络

在过去十年中，互联网流量的复合年增长率达到了 30% 或更高，因为连接的设备越来越多，最终用户带宽速度提高，应用程序继续迁移到云端。移动运营商和回程提供商引入 5G 也是一个破坏因素，必须构建网络来处理与 5G 相关的高级服务和流量增加。网络必须不断发展，这样基础设施层才能跟上服务层的步伐。400G 以太网是 SP IP 网络基础设施的下一轮演进，我们必须使其尽可能高效。

网络复杂性

其基础的计算机网络是一组互连的节点，用于在两个端点之间传递数据。最初，这些网络是使用分层方法设计的，用于分离功能。OSI 模型是功能分离如何通过允许不同的标准机构在每一层并行工作而导致创新的一个例子。在某些情况下，甚至这些 OSI 层也被进一步拆分为不同的层。虽然这些层可以带来一些成本效益，但它也带来了额外的复杂性。每一层都有自己的管理、控制平面、规划和运营模型。

网络层之间的低效

OTN 和 IP 网络流量必须转换为波长信号才能穿越 DWDM 网络。传统上，这需要专用的外部硬件，即转发器。所有这些都带来了复杂性，而今天，其中一些层，例如 OTN，在效率或附加价值方面几乎没有带来什么好处。OTN 交换与以前的 ATM 一样，由于硬件非常复杂，无法满足流量需求。与以太网/IP 不同，OTN 也没有可广泛互操作的控制平面，将供应商长期锁定在单一供应商或解决方案中。

操作复杂性

涉及不透明层的网络难以规划、构建和操作。IP 和光网络通常有重复的团队负责类似的任务。网络保护和恢复通常也因跨层独立运行的不同方案而变得复杂。几十年来，业界已经尝试使用 GMPLS 等复杂的控制平面来解决其中的一些问题，但我们现在正处于一个演进点，即简化物理层并降低光层中的控制平面复杂性可以自然地发展到单一控制-平面和保护/恢复层。

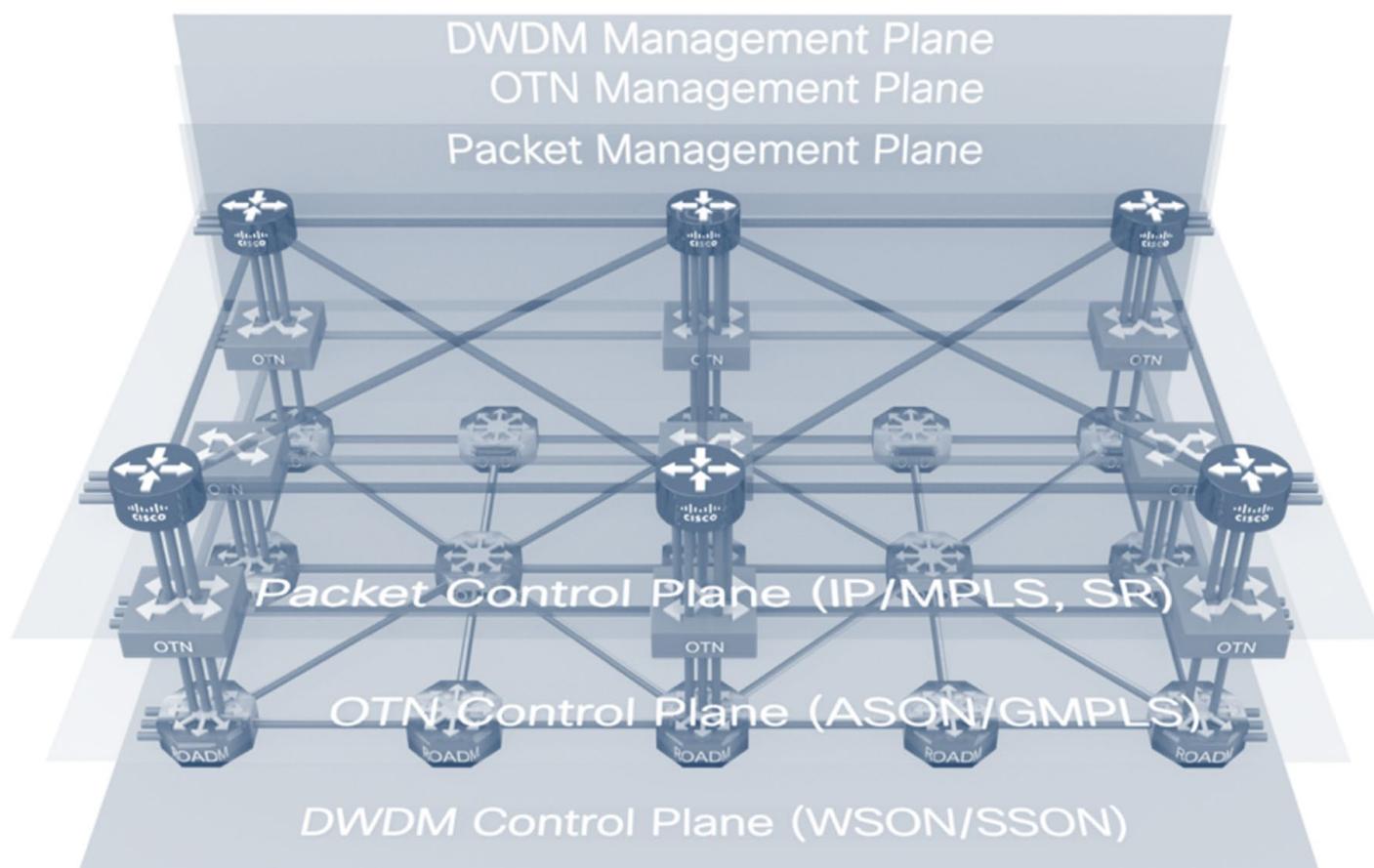
网络成本

简化网络可以减少资本支出和运营支出。随着我们转向 400G，网络成本从路由器和路由器端口转移到光纤。任何可以减少网络上 400G 互连数量的方法都将大大降低成本。使用 400ZR 和 OpenZR+ 光学器件代替传统转发器和复用转发器的网络建模几乎在任何网络场景中都显示了这一点。它还可以减少空间和功耗。

路由光网络解决方案概述

作为融合 SDN 传输架构的一部分，路由光网络扩展了网络简化的关键原则。路由光网络通过简化基础设施和运营来应对构建和管理网络的挑战。

当今复杂的多层网络基础设施



多波分复用

大多数现代 SP 网络都从物理光纤层开始。在物理光纤之上是允许多个光子波长穿过单根光纤并在连接点进行切换的技术，我们将其称为 DWDM 层。

OTN

在某些网络中，在此 DWDM 层之上是 OTN 层，OTN 是传统 SONET/SDH 网络的演进。OTN 将低速 TDM 服务整理到更高速的容器中，如果涉及 OTN 交换，则允许在网络的中间点交换这些服务。OTN 主要用于网络承载有保证的带宽业务。

以太网/IP

在当今所有的高带宽网络中，都有一个以太网层供 IP 服务穿越，因为当今几乎所有的数据流量都是 IP。使用以太网和 IP 是因为它能够支持统计多路复用、拓扑灵活性以及不同供应商之间基于明确定义的标准广泛互操作性。在当今承载互联网流量的大型网络中，以太网/IP 层通常不穿过 OTN 层，OTN 层主要仅用于业务服务。

使能技术

可插拔数字相干光学

简单的网络更容易构建和操作。随着网络规模扩大以应对流量增长，网络复杂性水平必须下降或至少保持平稳。

IPoDWDM 已尝试将转发器功能移至路由器中，以移除转发器并提高网络效率。在较低带宽的应用中，这是一种非常成功的方法。CWDM、DWDM SFP/SFP+ 和 CFP2-DCO 可插拔收发器多年来一直用于构建接入、聚合和低速核心网络。向 400G 的演进和技术的进步为在更高速网络中释放这种潜力创造了机会。

转发器或复用转发器通常用于将多个 10G 或 100G 信号聚合到单个波长中。然而，由于范围限制，以及转发器仍以 400G 波长速度运行的事实，转发器成为网络中 1:1 的输入到输出级，没有任何好处。

由于相干可插拔技术的进步，路由光网络架构为各种规模的网络解锁了这种效率。

QSFP-DD 和 400ZR 和 OpenZR+ 标准

如前所述，业界看到了通过将一致的 DWDM 功能转移到路由器可插拔来提高网络效率的关键。技术进步已将 DCO 组件缩小为标准 QSFP-DD 外形尺寸，这意味着无需专用硬件并且能够使用当今可用的最高容量路由器。ZR/OpenZR+ QSFP-DD 光学器件可用于与最高速 400G 非 DCO 收发器相同的端口。



已经出现了两种行业光学标准，以涵盖各种用例。OIF 创建了 400ZR 规范 <https://www.oiforum.com/technical-work/hot-topics/400zr-2> 作为城域相干光学的 400G 互操作标准。业界看到了这种方法的好处，但希望覆盖更长的距离并在波长速率方面具有灵活性，因此创建了 OpenZR+ MSA, <https://www.openzrplus.org>。下表概述了每个标准的规格。ZR400 和 OpenZR+ 收发器可在 ITU C 波段 196.1 至 191.3 THz 范围内进行调谐。



Reach	< 120km	> 120km
Client	400GbE Only	100-400GbE
Application	Campus, Metro, Edge DCI	DCI, Metro, Regional, Long Haul
FEC	C-FEC	<u>oFEC</u>
Max. Power Consumption	15W	~20W
Multi-vendor Interop	Yes	Yes
Standards	OIF	<u>OpenZR+</u> MSA

以下部件号用于 Cisco 的 ZR400 和 OpenZR+ MSA 收发器

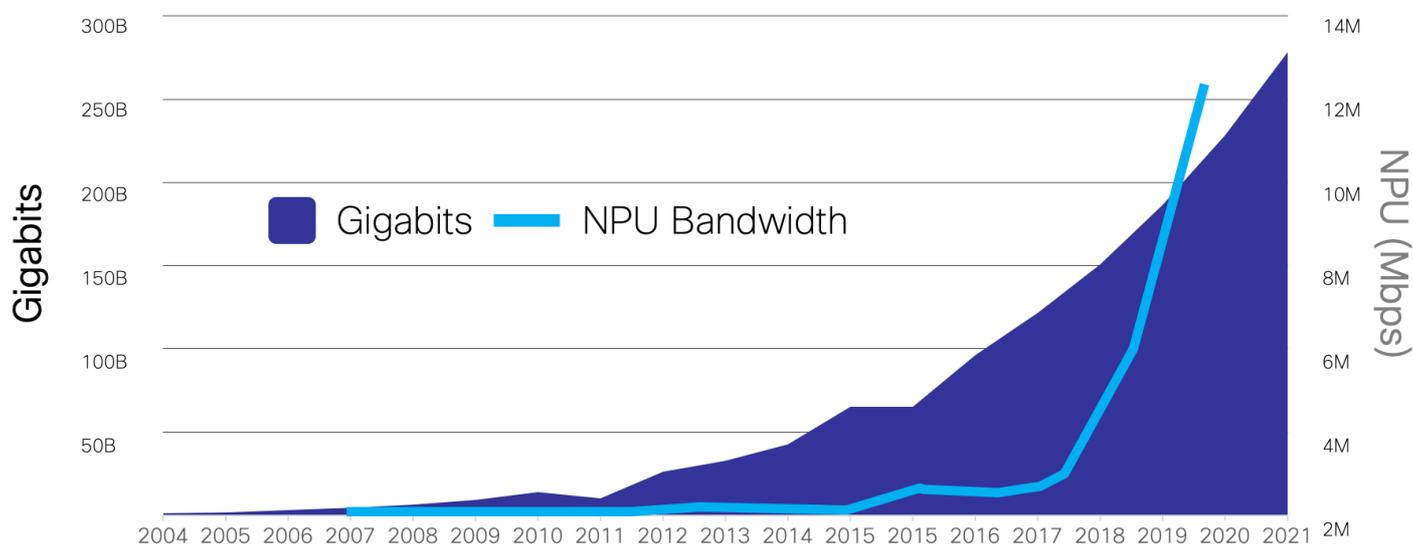
标准	部分
400ZR	QDD-400G-ZR-S
OpenZR+	QDD-400G-ZRP-S

这些收发器的思科数据表可在<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/interfaces-modules/transceiver-modules/datasheet-c78-744377.html> 找到

思科路由器

我们正处于 NPU 发展的阶段，NPU 带宽的增长速度已经超过了网络流量的增长。单个 NPU（例如 Cisco 的 Silicon One）在单个 NPU 封装中具有超过 12.8Tbps 的容量，而不会牺牲灵活性和丰富的功能支持。这种 NPU 容量的增长也带来了成本的降低，这意味着在 IP 层转发流量比经常发生层转换的网络更具优势。

Cisco 在 NCS 540、NCS 5500、NCS 5700、ASR 9000 和 Cisco 8000 系列路由器上支持 400ZR 和 OpenZR+ 光纤。这使提供商能够在其端到端基础设施中以各种路由器角色利用该架构。看



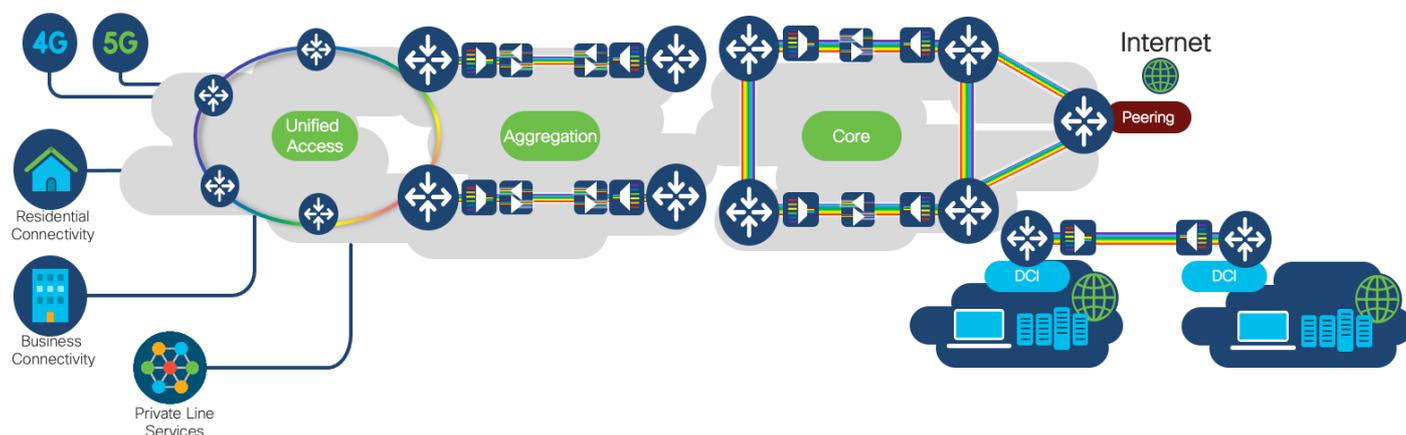
Internet Gigabits per Month vs. NPU BW

思科 DWDM 网络硬件

路由光网络将昂贵且现在通常是冗余的转发器功能转变为可插拔收发器。但是，为了最有效地利用宝贵的资源，即底层光纤网络，我们仍然需要一个 DWDM 层。路由光网络足够灵活，可以跨点对点、基于 ROADM 的光网络或两者混合工作。Cisco 多路复用器、放大器和 ROADM 可以满足任何网络需求。有关详细信息，请参阅经过验证的设计硬件部分。

路由光网络用例

思科在每个 SP 路由器角色中都采用了路由光网络。接入、聚合、核心、对等、DCI 甚至 PE 路由器都可以通过高速 DCO 光学器件启用。路由光网络也不仅限于 SP 网络，还有跨企业、政府和教育网络的应用。



在哪里使用 400ZR，在哪里使用 OpenZR+

OIF 400ZR 和 OpenZR+ MSA 标准有重要区别。

400ZR 仅支持 400G 速率，目标是长达 120 公里的地铁距离点对点连接。400ZR 也要求 15W 的严格功耗。在小于 120 公里的距离上仅需要 400G 的网络可能会受益于使用 400ZR 光学器件。DCI 和第 3 方对等互连是 400ZR 的良好用例。

如果供应商需要灵活的速率和距离，并希望能在单一光学类型上实现标准化，OpenZR+ 可以满足需求。在可能不需要 400G 的网络区域，OpenZR+ 光学器件可以以 100G 或 200G 运行。此外，具有 QSFP-DD 100G 端口的硬件可以在 100G 模式下使用 OpenZR+ 光学器件。这对于高密度接入和聚合网络来说是理想的。

支持的 DWDM 光学拓扑

对于不熟悉 DWDM 硬件的人，请参阅附录 A 中的 DWDM 网络硬件概述

网络的未来可能是一个扁平的 L3 网络，具有简单的点对点互连，但迁移到这种类型的架构需要时间。路由光网络通过在大多数现代光子 DWDM 网络上工作来支持架构的演进。下面仅给出了一些支持的光学拓扑，包括点对点和 ROADM 网络。

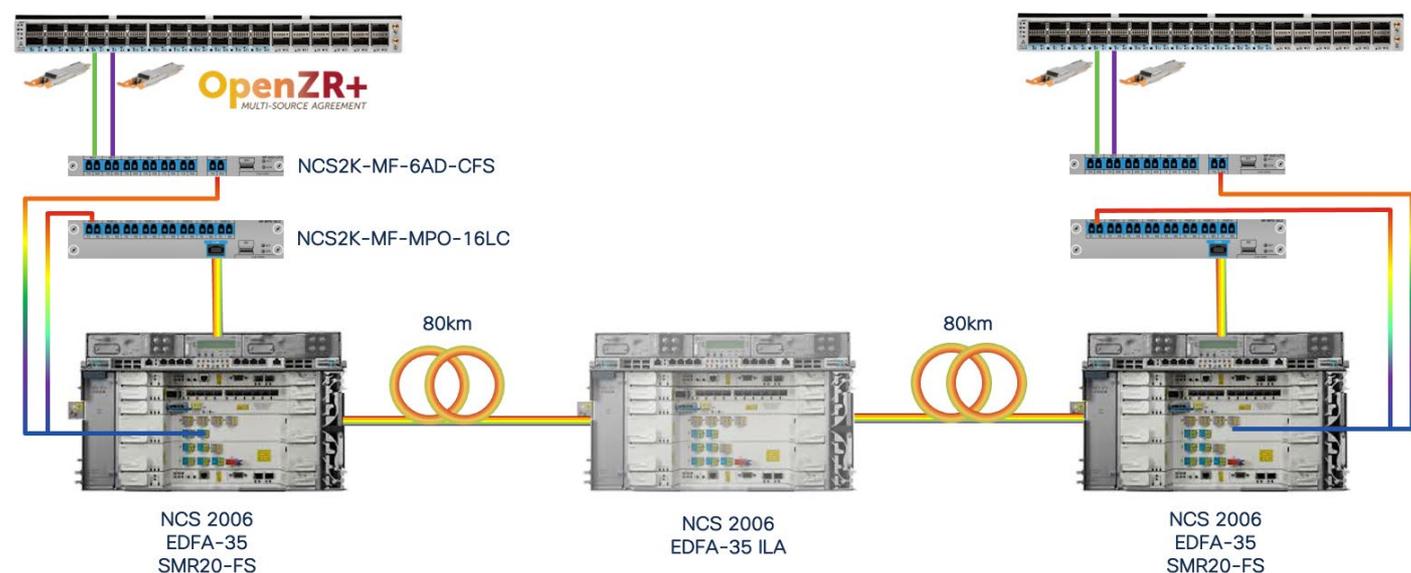
64 通道 FOADM P2P 部署

此示例在单个网络跨度上提供高达 25.6Tb 的容量，并突出了路由光网络解决方案的简单性。包括 ZR/ZR+ 配置在内的网络“光学”部分可以在几分钟内完成。



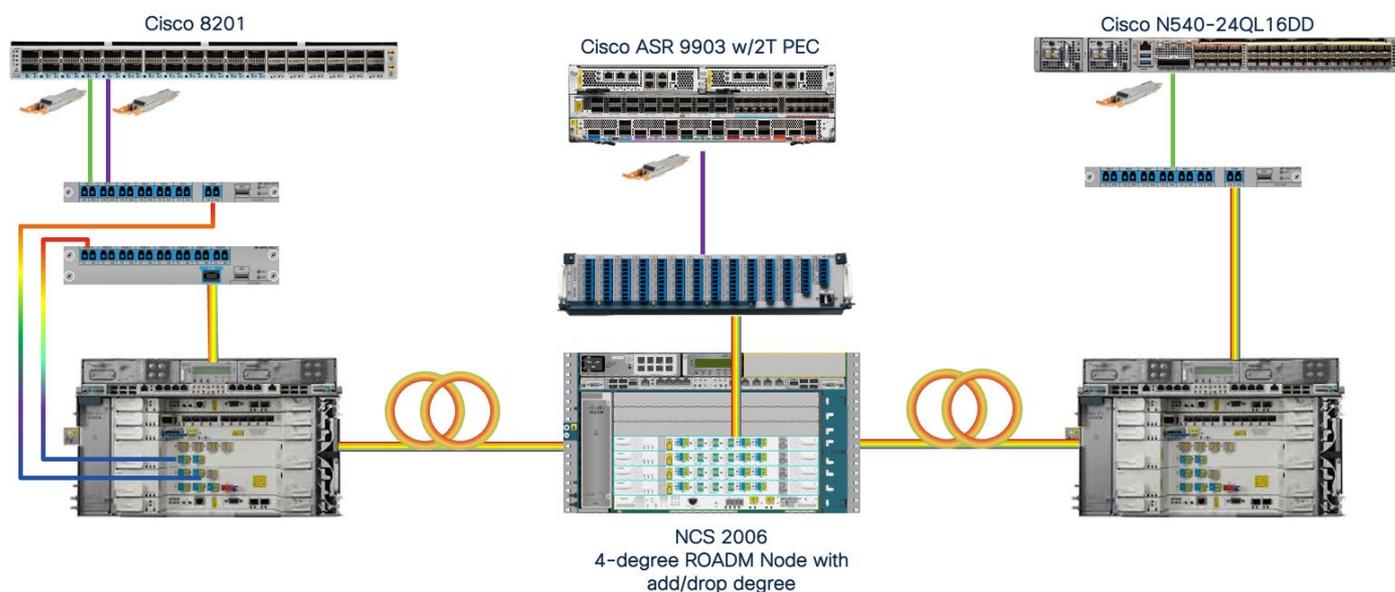
无色添加/删除部署

使用 NCS2K-MF-6AD-CFS 无色 NCS2K-MF-LC 模块以及 LC16 LC 聚合模块和 SMR20-FS ROADM 模块，可以部署可扩展的无色分插复合体以支持 400ZR 和 OpenZR+。



多度 ROADM 部署

在这个例子中，一个 3 度 ROADM 节点显示为具有本地添加/删除度。路由光网络解决方案完全支持带有光旁路的基于 ROADM 的网络。网络的流量需求将决定最有效的网络构建。在现有或新建需要 DWDM 交换能力的情况下，ZR 和 ZR+ 波长可轻松通过基础设施进行配置。



长途部署

思科在物理实验室中展示了使用 NCS 2000 光线路系统在 1200 公里范围内提供的 400G OpenZR+ 服务。300G、200G 和 100G 信号可以达到更远的距离。OpenZR+ 不仅适用于较短距离的应用程序，它在大多数提供商网络中的带宽和覆盖范围方面实现了理想的甜蜜点。

核心网络

长途核心网络也受益于转向路由光网络所节省的资本支出和运营支出。与具有复杂底层光学基础设施的网络相比，迁移到更简单的支持 IP 的融合基础设施使网络更易于管理和操作。旅程中最容易开始的地方是用 OpenZR+ QSFP-DD 收发器替换外部转发器。在 400G 时，将 400G 灰色以太网端口连接到具有 400G 或 600G 线路侧的转发器既不经济也不环保。思科可以帮助您对核心网络进行建模，以确定路由光网络与传统方法相比的 TCO。

地铁聚合

将枢纽位置连接到更大的聚合站点或数据中心的分层区域或城域网也可以从路由光网络中受益。无论是部署在中心辐射型拓扑中还是逐跳 IP 环中，路由光网络都能以比传统方法更低的成本满足供应商的增长需求。

使用权

环形或点对点拓扑中的接入部署是路由光网络的理想选择。暗光纤上的较短距离可能不需要有源光学设备，并且每个跨度高达 400G 可以提供多年增长所需的带宽，而无需使用额外的多路复用器。

DCI 和第 3 方位置互连

在此用例中，路由光网络通过消除有源转发器、降低终端位置之间的功率、空间和布线要求来简化部署。使用 64 400G 波长和简单的光放大器和多路复用器在单根光纤上提供 25.6Tbps 的带宽，在初始开通后无需额外配置。

路由光网络架构硬件

所有路由光网络解决方案路由器均由 Cisco IOS-XR 提供支持。

路由光网络验证路由器

以下是经过验证可与 ZR 和 OpenZR+ 收发器一起使用的平台的非详尽快照。Cisco 在 NCS 540、NCS 5500/5700、ASR 9000 和 Cisco 8000 路由器系列中支持路由光网络。覆盖的广度使该解决方案能够覆盖网络的所有区域。

8201



8201-32FH



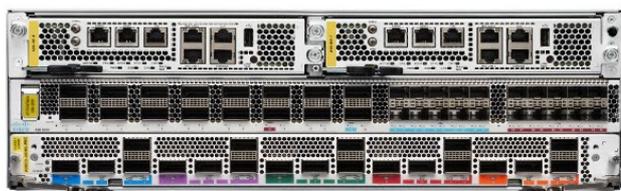
8202



NC57-18DD-SE



ASR 9903



A9K-20HG-FLEX-SE



NCS57B1-6D24H



N540-24Q8L2DD-SYS



NCS-57C3-MOD (R2.0)



思科 8000 系列

Cisco 8000 及其 Silicone One NPU 代表了下一代路由器，以最低的功耗提供前所未有的容量，同时支持适用于多种网络角色的丰富功能集。

在<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/8000-series-routers/datasheet-c78-742571.html> 上查看有关 Cisco 8000 的更多信息

有关 ZR/ZR+ 支持的具体信息，请访问

问<https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/iosxr/cisco8000/Interfaces/73x/configuration/guide/b-interfaces-config-guide-cisco8k-r73x/m-zr-zrp-cisco-8000.html>

Cisco 5700 系统和 NCS 5500 线卡

Cisco 5700 系列固定和模块化系统和线卡足够灵活，可以在网络中的任何位置使用。该平台已在对等网络、核心网络和聚合网络中得到广泛使用。

在<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/network-convergence-system-5500-series/datasheet-c78-736270.html>和<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/network-convergence-system-5500-series/datasheet-c78-744698.html>

有关 ZR/ZR+ 支持的具体信息，请访问

问<https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/iosxr/ncs5500/interfaces/73x/configuration/guide/b-interfaces-hardware-component-cg-ncs5500-73x/m-zr-zrp.html>

ASR 9000 系列

ASR 9000 是业界部署最广泛的 SP 路由器。它拥有近 20 年的丰富传统，但思科继续在 ASR 9000 平台上进行创新。ASR 9000 系列现在在各种线卡和 ASR 9903 2.4Tbps 3RU 平台上支持 400G QSFP-DD。

如需了解有关 Cisco ASR 9000 的更多信息，请访问https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/asr-9000-series-aggregation-services-routers/data_sheet_c78-501767.html

有关 ZR/ZR+ 支持的具体信息，请访问https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/asr9000/software/asr9k-r7-3/interfaces/configuration/guide/b-interfaces-hardware-component-cg-asr9000-73x/m-zr-zrp.html#Cisco_Concept.dita_59215d6f-1614-4633-a137-161e794673

NCS 500 系列

1Tbps N540-24QL16DD-SYS 高密度路由器将 QSFP-DD 和路由光网络 ZR/OpenZR+ 光纤带入灵活的接入和聚合平台。使用 OpenZR+ 光学器件，当用于聚合角色时，它允许从 100G 到 400G 接入环或上行链路的迁移路径。

在<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/network-convergence-system-500-series-routers/ncs-540-large-density->上查看有关 Cisco NCS 540 的更多信息[路由器-ds.html](#)

路由光网络光硬件

下面概述了一些用于构建路由光网络解决方案的 DWDM 层的支持设备。

NCS 2000 (SVO 12.2)

NCS2K-MF-MPO-16LC

NCS2K-MF-6AD-CFS

NCS1K-MD64-C

EDFA-17 EDFA-35 SMR20-FS

NCS 1001

This is what is tested in the solution lab, not an exhaustive list of supported hardware

Also fully supported:
MD-48-EVEN/ODD mux/demux,
RAMAN, and EDRA amplifiers

网络融合系统 2000

NCS 2000 光线路系统是一个灵活的平台，支持所有现代光拓扑和部署用例。作为路由光网络的一部分，简单的点对点多级 CDC 部署都受支持。

如需了解有关 NCS 2000 系列的更多信息，请访问<https://www.cisco.com/c/en/us/products/optical-networking/network-convergence-system-2000-series/index.html>

网络融合系统 1000 多路复用器

NCS1K-MD-64-C 是一款专为 400G 75Ghz 400ZR 和 OpenZR+ 波长设计的新型固定多路复用器，单根光纤允许高达 25.6Tbps 的速率。

网络融合系统1001

NCS 1001 在点对点网络跨度中用作放大器和可选的保护开关。NCS 1001 现在特别支持 75Ghz 间隔的 400ZR 和 OpenZR+ 波长，能够监控输入波长的功率。1001 能够根据所需的用户功率电平确定适当的放大器增益设定点。

在<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/optical-networking/network-convergence-system-1000-series/datasheet-c78-738782.html> 上查看有关 NCS 1001 的更多信息

路由光网络自动化

概述

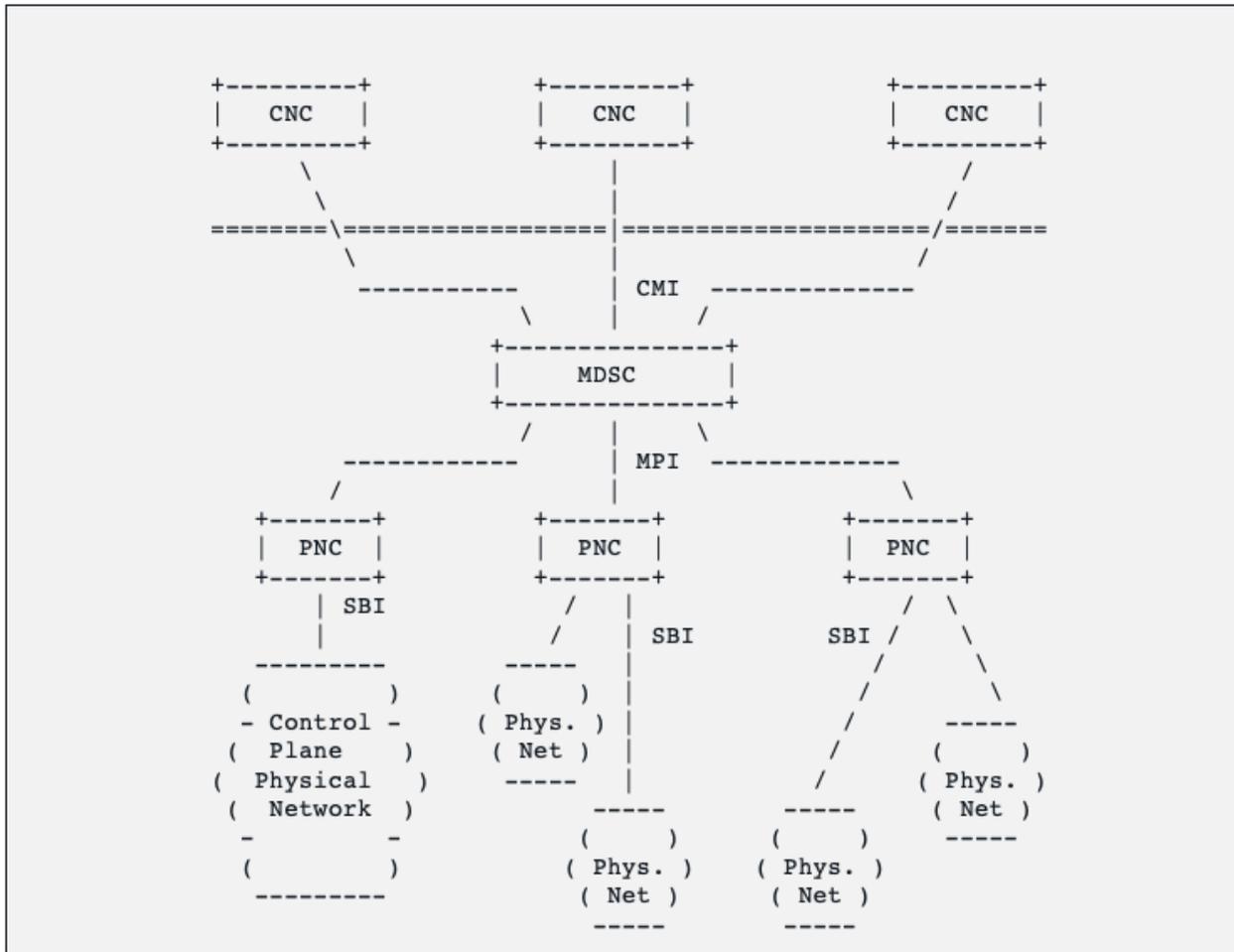
根据定义，路由光网络是一种分解的光解决方案，通过在路由器中移动相干端点来提高效率。该解决方案需要一种新的网络管理方式，将 IP 层和光层统一起来，取代过去使用的传统孤立工具。真正的运营转型来自于统一团队和 workflows，而不是试图让现有工具适应它最初设计的角色。思科基于标准的分层 SDN 解决方案允许供应商使用标准接口和 YANG 模型管理多供应商路由光网络解决方案。

IETF ACTN SDN 框架

IETF 行动和流量工程网络控制组 (ACTN) 定义了一个分层控制器框架，以允许供应商根据需要组件插入框架。最低级别的控制器，即供应网络控制器 (PNC)，负责管理物理设备。这些控制器通过标准模型公开其资源并与分层控制器 (HCO) 接口，在 ACTN 框架中称为多域服务控制器 (MDSC)。

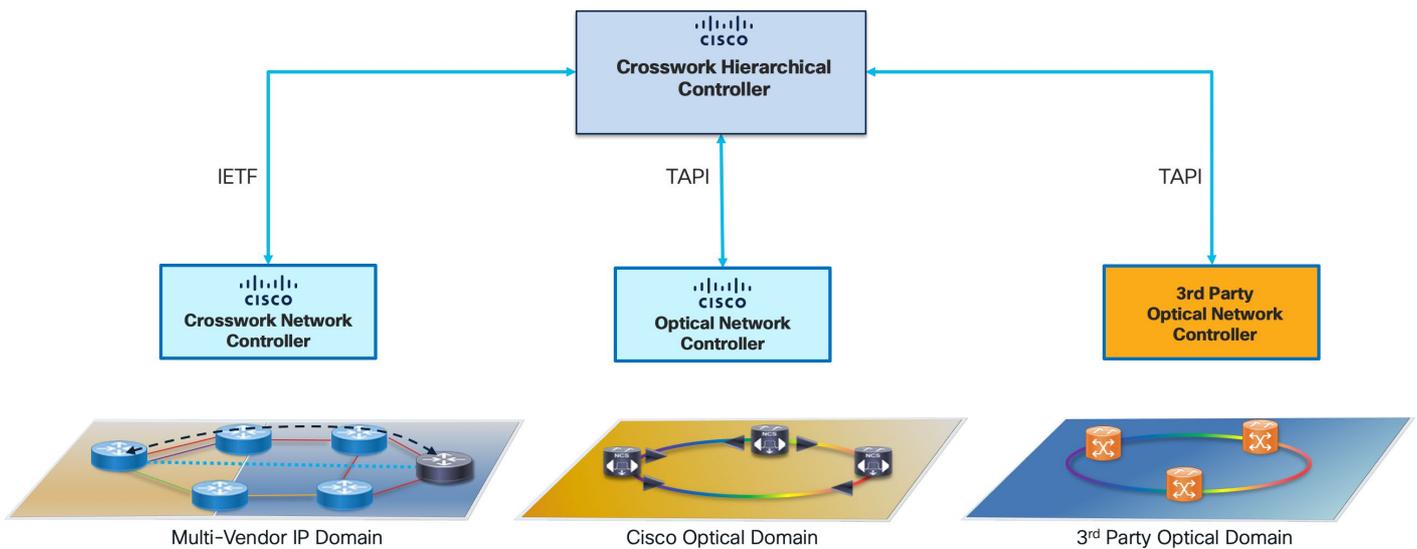
请注意，虽然思科遵守 RFC8453 中提出的 IETF 框架，但思科支持最广泛支持的控制器到控制器通信和服务定义的行业标准。在光方面，事实上的标准是来自 ONF 的传输 API，用于管理光线路系统网络和光服务。在数据包中，我们尽可能利用 Openconfig 设备模型和用于数据包拓扑 (RFC8345) 和 xVPN 服务 (L2NM 和 L3NM) 的 IETF 模型

ACTN SDN Control Framework



思科的 SDN 控制器自动化堆栈

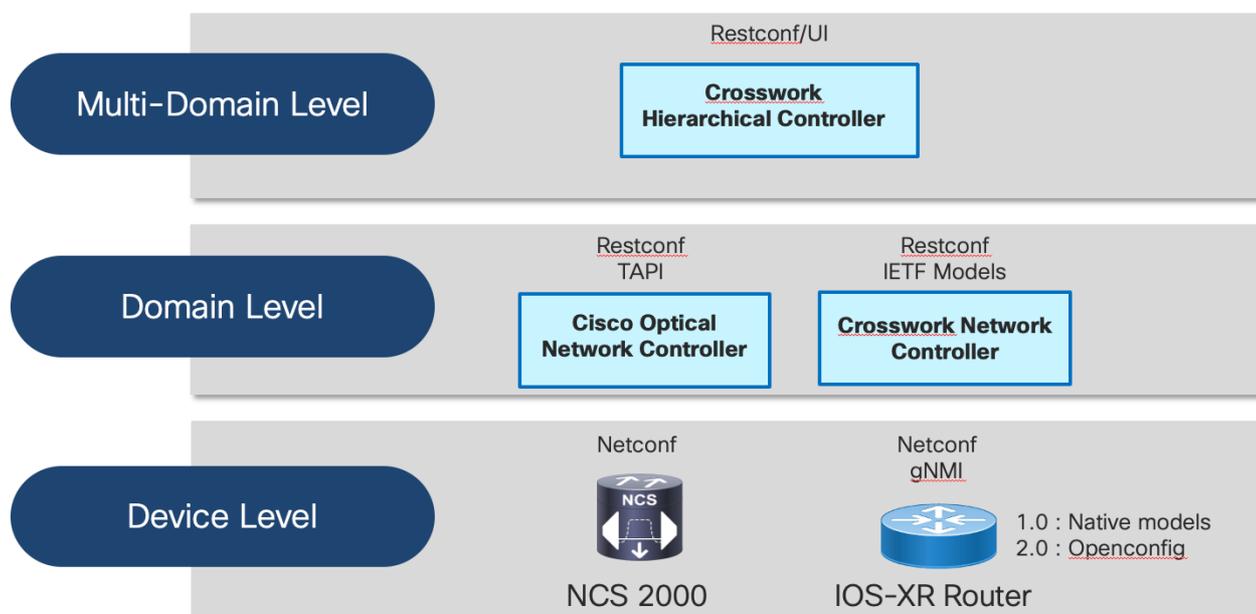
与 ACTN 框架一致，思科的自动化堆栈包括多供应商 IP 域控制器 (PNC)、光域控制器 (PNC) 和多供应商分层控制器 (HCO/MDSC)。



思科开放自动化

思科认为，并非所有提供商都以相同的方式使用自动化，因此我们致力于确保我们在网络堆栈的每一层都有开放接口。在设备级别，我们使用标准的 NETCONF、gRPC 和 gNMI 接口以及本地、标准和公共联盟 YANG 模型。今天，YANG 模型没有涵盖 Cisco IOS-XR 路由器的任何方面。在域级别，我们有思科的网络控制器，它们使用相同的标准接口与设备通信并公

开基于标准的 NBI。我们的多层/多域控制器同样使用相同的标准接口。

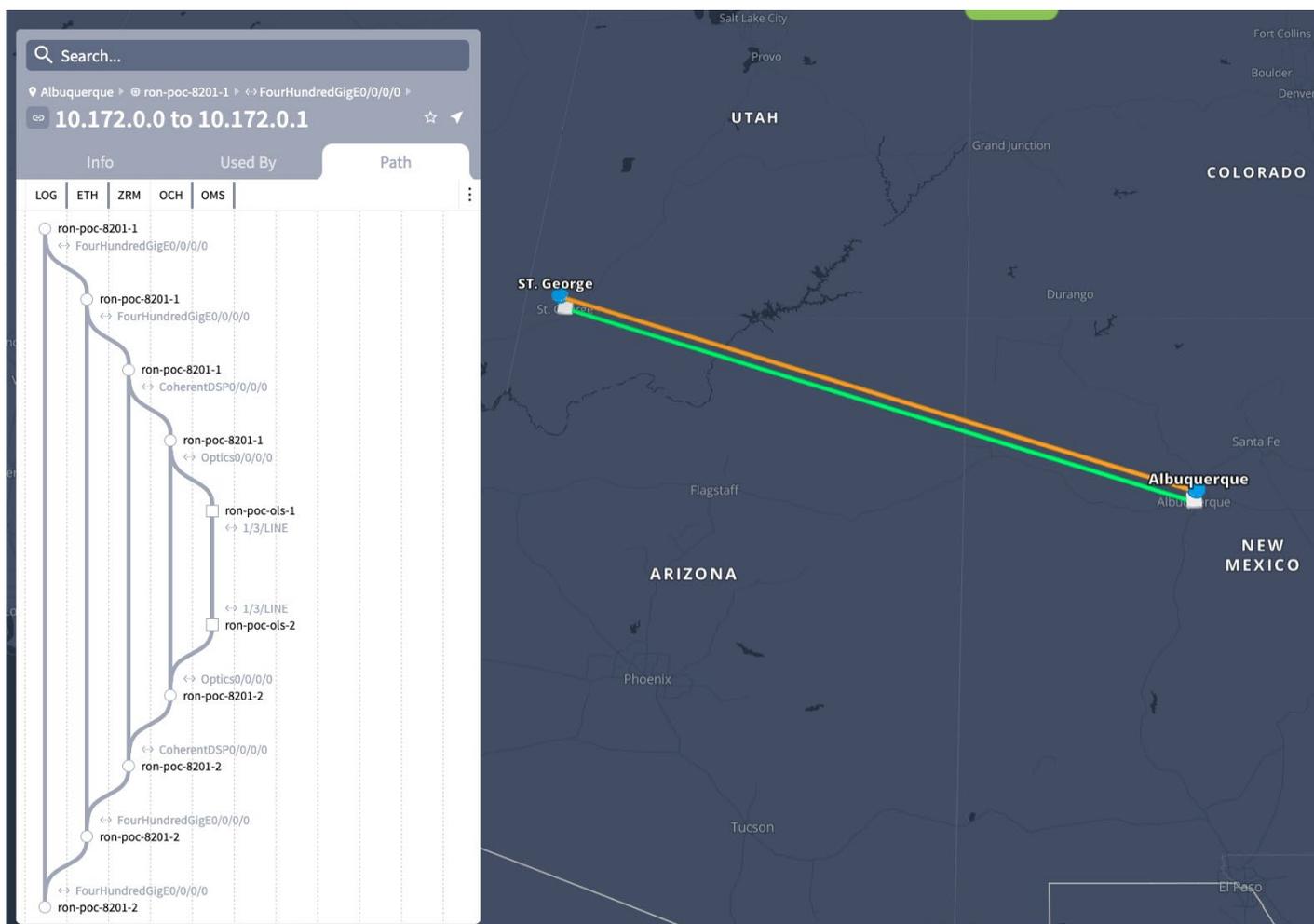


Crosswork分层控制器

负责多层自动化的是 Crosswork Hierarchical Controller。Crosswork Hierarchical Controller 负责以下网络功能：

- CW HCO 将来自 IP 和光网络的数据统一到一个单一的网络模型中。HCO 将行业标准 IETF 拓扑模型用于 IP 和 TAPI 用于光学拓扑和服务信息。HCO 还可以利用传统的 EMS/NMS 系统或设备询问。
- 负责使用单个 UI 管理多层路由光网络链接。
- 在单个工具中提供 IP 和光学层的保证。网络模型允许用户快速关联故障并识别发生了哪些层故障。
- 其他 HCO 应用程序包括根本原因分析工具，能够快速将上层故障与根本原因相关联。

有关 Crosswork HCO 的更多信息，请参阅以下资源。<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/cloud-systems-management/crosswork-network-automation/solution-overview-c22-744695.html>



交叉网络控制器

Crosswork 网络控制器是一个多供应商 IP 域控制器。Crosswork Network Controller 负责以下 IP 网络功能。

- 为内部应用收集以太网、IP、RSVP-TE 和 SR 网络信息，并通过 IETF RFC 8345 拓扑模型公开北向
- 从网络收集交通信息，用于 CNC 的交通优化应用程序 Crosswork Optimization Engine
- 通过 UI 或北向 API 使用标准行业模型（IETF TEAS-TE、L2NM、L3NM）执行 SR-TE、RSVP-TE、L2VPN 和 L3VPN 配置
- SR-TE、RSVP-TE 和 xVPN 服务的可视化和保证
- 使用额外的 Crosswork 应用程序来执行遥测收集/警报、零接触配置以及自动化和保证网络更改

有关 Crosswork 和 Crosswork 网络控制器的更多信息，请访问<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/cloud-systems-management/crosswork-network-automation/datasheet-c78-743456.html>

思科光网络控制器

思科光网络控制器 (Cisco ONC) 负责管理思科光线路系统和电路服务。Cisco ONC 公开了一个 ONF TAPI 北向接口，这是事实上的光网络管理行业标准。Cisco ONC 作为应用程序在与 CNC 相同的 Crosswork 基础设施上运行。

有关 Cisco ONC 的更多信息，请访问<https://www.cisco.com/c/en/us/support/optical-networking/optical-network-controller/series.html>

思科网络服务编排器和路由光网络 ML 核心功能包

Cisco NSO 是服务编排和设备配置管理的行业标准。RON-ML CFP 可用于在使用 Cisco ONC 的 Cisco 光线路系统上使用 400ZR/OpenZR+ 光学器件完全配置路由器之间的 IP 链路。这包括 IP 寻址和添加到现有以太网 LAG 的链接。CFP 还可以

支持路由器上的仅光学配置，以适应现有的光学配置工作流程。

路由光网络服务管理

支持的配置方法

我们支持基于现有提供商工作流程的多种方式来提供路由光网络服务。

- 使用 **Crosswork** 分层控制器统一 IP 和光纤
- 使用 **Cisco NSO** 路由光网络多层功能包的统一 IP 和光纤
- 使用 **IOS-XR CLI** 的 **ZR/ZR+** 光学器件
- 使用 **IOS-XR Netconf** 的 **ZR/ZR+** 光学

OpenZR+ 和 400ZR 属性

ZR/ZR+ 支持的频率

Cisco ZR/ZR+ 收发器的频率可以设置在 191.275Thz 和 196.125Thz 之间，增量为 6.25Ghz，支持弹性频谱应用。为了最大化可用的 C 波段频谱，这些是推荐的 64 个 75Ghz 间隔通道，也与 NCS1K-MD-64-C 固定通道分插复用器对齐。

196.100	196.025	195.950	195.875	195.800	195.725	195.650	195.575
195.500	195.425	195.350	195.275	195.200	195.125	195.050	194.975
194.900	194.825	194.75	194.675	194.600	194.525	194.450	194.375
194.300	194.225	194.150	194.075	194.000	193.925	193.850	193.775
193.700	193.625	193.550	193.475	193.400	193.325	193.250	193.175
193.100	193.025	192.950	192.875	192.800	192.725	192.650	192.575
192.500	192.425	192.350	192.275	192.200	192.125	192.050	191.975
191.900	191.825	191.750	191.675	191.600	191.525	191.450	191.375

支持的线路侧速率和调制

根据 OIF 规范，OIF 400ZR 收发器仅支持 400G。OpenZR+ 收发器可以支持 100G、200G、300G 或 400G 线路侧速率。有关支持的速率，请参阅路由器平台文档。调制由线路侧速率确定。400G 将使用 16QAM，300G 8QAM 和 200G/100G 速率将使用 QPSK。

Crosswork 分层控制器 UI 配置

可以使用 **Crosswork Hierarchical Controller** 的 GUI IP 链路配置来完成端到端 IP+光纤配置。熟悉用于服务管理的传统 GUI EMS/NMS 系统的人会有非常熟悉的体验。**Crosswork Hierarchical Controller** 供应将供应路由器光学和底层光学网络以支持 ZR/ZR+ 波长。

层间链路定义

端到端配置需要首先定义路由器 ZR/ZR+ 光学器件和光线路系统分插端口之间的层间链路。这是使用 **Crosswork HCO** 中基于 GUI 的 NMC（网络媒体通道）交叉链接应用程序完成的。下面的屏幕截图显示了定义的 NMC 交叉链接。

NMC Cross Connections

Router OCH port	Optical NMC port	+ Add		
Name	Router Port	Router Device	Optical Port	Optical Device
2 ITEMS MATCHING FILTER				
ron-poc-8201-2/Optics0/0/0/0 to ron-poc-ols-2/2/PORT-1	Optics0/0/0/0	ron-poc-8201-2	2/PORT-1	ron-poc-ols-2
ron-poc-8201-1/Optics0/0/0/0 to ron-poc-ols-1/2/PORT-1	Optics0/0/0/0	ron-poc-8201-1	2/PORT-1	ron-poc-ols-1

IP 链路配置

一旦创建了层间链路，用户就可以继续配置端到端电路。配置 UI 将两个路由器端点、关联的 ZR/ZR+ 端口以及链路的 IP 寻址或捆绑成员资格作为输入。光线路系统配置从用户那里抽象出来，简化了端到端的工作流程。频率和功率由 Cisco 光网络控制器根据分插端口自动导出，并作为参数返回，用于路由器光学配置。

The screenshot shows the 'IP Link Creation' dialog in the Services Manager. It includes a table of existing links and a form for creating a new one. The form fields are as follows:

Name	P2P Type	Configura State	Creation Time
ron-8201-4_ _FourHundred...	IP Link	OK	09-11-...
ron-poc-8201-1_ _FourHund...	IP Link	OK	09-11-...
ron-ncs540-2dd-1_ _FourHu...	IP Link	OK	09-11-...
ron-8201-1_ _FourHundredG...	IP Link	OK	09-11-...

IP Link Creation

1 ENDPOINTS 2 PATH 3 SUMMARY

ron-poc-8201-1 Router B*
ron-8201-2

Direct Optical Requests

Add to LAG Create new link

Create as LAG
 Let NetFusion allocate IP addresses

IP Subnet*
10.172.0.0/31

Router A IP Address*
10.172.0.0

Router B IP Address*
10.172.0.1

操作发现

Crosswork Hierarchical Controller 供应过程还执行发现阶段，以确保服务在考虑供应完成之前可操作。如果操作发现失败，端到端服务将被回滚。

NSO RON-ML CFP 配置

熟悉使用 Cisco Network Service Orchestrator 的提供商可以选择利用 NSO 来执行路由光网络服务的 IP+光配置。思科创建了路由光网络多层核心功能包 RON-ML CFP 来执行端到端的服务配置。前面提到的 Crosswork HCO 配置使用 RON-ML CFP 来执行终端设备配置。

请参阅 Cisco Routed Optical Networking RON-ML CFP 文档，位于

路由光网络层间链路

与 CW HCO 配置的用例类似，在执行端到端配置之前，必须在光 ZR/ZR+ 端口和光线路系统分插端口之间配置层间链路。这是使用“层间链路”NSO 服务完成的。光学端点可以定义为 TAPI SIP 或 TAPI 设备清单标识符。仅路由器配置不需要层间链路。

RON-ML 端到端服务

RON-ML服务负责端到端IP+光开通。RON-ML 支持完整的端到端配置、仅路由器配置或仅执行路由器 ZR/ZR+ 配置的光学配置。频率和发射功率可以手动定义，也可以在执行端到端配置时由 Cisco ONC 提供。

RON-ML API 供应

使用以下 URL 进行 NSO 配置：`http://<nso host>/restconf/data`

层间链路服务

```
{
  "data": {
    "cisco-ron-cfp:ron": {
      "inter-layer-link": [
        {
          "end-point-device": "ron-8201-1",
          "line-port": "0/0/0/20",
          "ols-domain": {
            "network-element": "ron-ols-1",
            "optical-add-drop": "1/2008/1/13,14",
            "optical-controller": "onc-real-new"
          }
        }
      ]
    }
  }
}
```

配置 ZR+ 光学器件并将接口添加到 Bundle-Ether 100 接口

```
{
  "cisco-ron-cfp:ron": {
    "ron-ml": [
      {
        "name": "E2E_Bundle_ZRP_ONCS7_2",
        "mode": "transponder",
        "bandwidth": "400",
        "circuit-id": "E2E Bundle ONC-57 S9|chan11 - S10|chan11",
        "grid-type": "100mhz-grid",
        "ols-domain": {
          "service-state": "UNLOCKED"
        }
      },
      {
        "end-point": [
          {
            "end-point-device": "ron-8201-1",
            "terminal-device-optical": {
              "line-port": "0/0/0/11",
              "transmit-power": -100
            }
          },
          {
            "ols-domain": {
              "end-point-state": "UNLOCKED"
            }
          }
        ],
        "terminal-device-packet": {
```

```
    "bundle": [
      {
        "id": 100
      }
    ],
    "interface": [
      {
        "index": 0,
        "membership": {
          "bundle-id": 100,
          "mode": "active"
        }
      }
    ]
  },
  {
    "end-point-device": "ron-8201-2",
    "terminal-device-optical": {
      "line-port": "0/0/0/11",
      "transmit-power": -100
    },
    "ols-domain": {
      "end-point-state": "UNLOCKED"
    },
    "terminal-device-packet": {
      "bundle": [
        {
          "id": 100
        }
      ],
      "interface": [
        {
          "index": 0,
          "membership": {
            "bundle-id": 100,
            "mode": "active"
          }
        }
      ]
    }
  }
]
}
```

IOS-XR CLI 配置

配置路由光网络链路的路由器部分非常简单。所有与 ZR/ZR+ 光学配置相关的光学配置都位于与面板端口相关的光学控制器下方。默认配置，光学器件将使用 193.10THz 的频率处于向上/向上状态。

具有特定频率 195.65 THz 的基本配置位于下方，唯一需要的组件是粗体频道频率设置。

ZR/ZR+ 光学配置

```

控制器光学0/0/0/20
发射功率 -100
dwdm-载波100MHz-电网频率1956500
记录事件链接状态

```

IOS-XR NETCONF 配置

今天在 IOS-XR 中执行的所有配置也可以使用 NETCONF/YANG 完成。以下有效负载展示了用于执行路由器光学配置的模型和配置。这是一个更完整的示例，显示了 FEC、功率、调制和线路侧速率 (200G) 配置。

```

<data xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:netconf:base:1.0">
  <interface-configurations xmlns="http://cisco.com/ns/yang/Cisco-IOS-XR-ifmgr-cfg">
    <interface-configuration>
      <active>act</active>
      <interface-name>Optics0/0/0/20</interface-name>
      <description> Managed by NSO .58, do not change manually</description>
      <optics xmlns="http://cisco.com/ns/yang/Cisco-IOS-XR-controller-optics-cfg">
        <optics-transmit-power>-100</optics-transmit-power>
        <optics-performance-monitoring>>true</optics-performance-monitoring>
        <optics-modulation>16qam</optics-modulation>
        <optics-fec>fec-ofec</optics-fec>
        <optics-dwdm-carrier>
          <grid-type>100Mhz-grid</grid-type>
          <param-type>frequency</param-type>
          <param-value>1956500 </param-value>
        </optics-dwdm-carrier>
      </optics>
      <breakout xmlns="http://cisco.com/ns/yang/Cisco-IOS-XR-optics-driver-cfg">2x100</breakout>
    </interface-configuration>
  </interface-configurations>
</data>

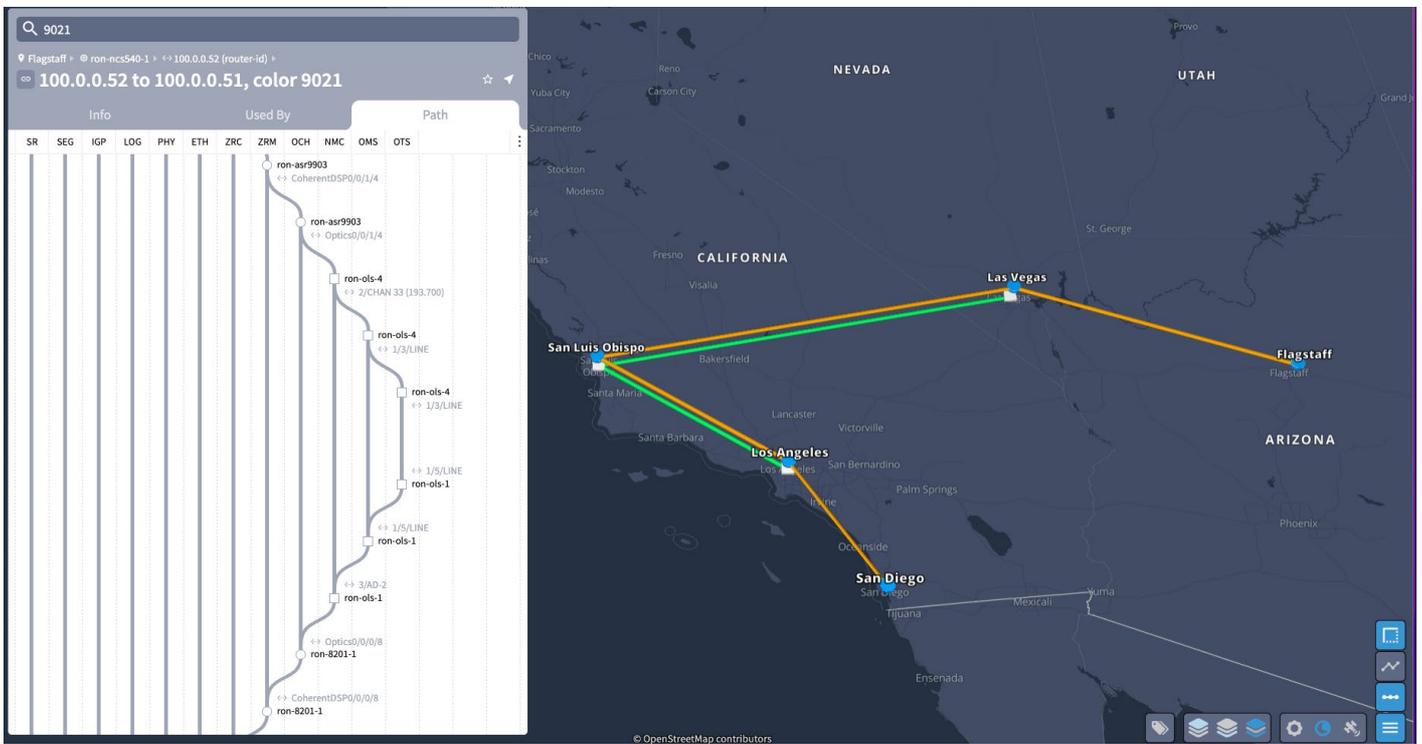
```

路由光网络保障

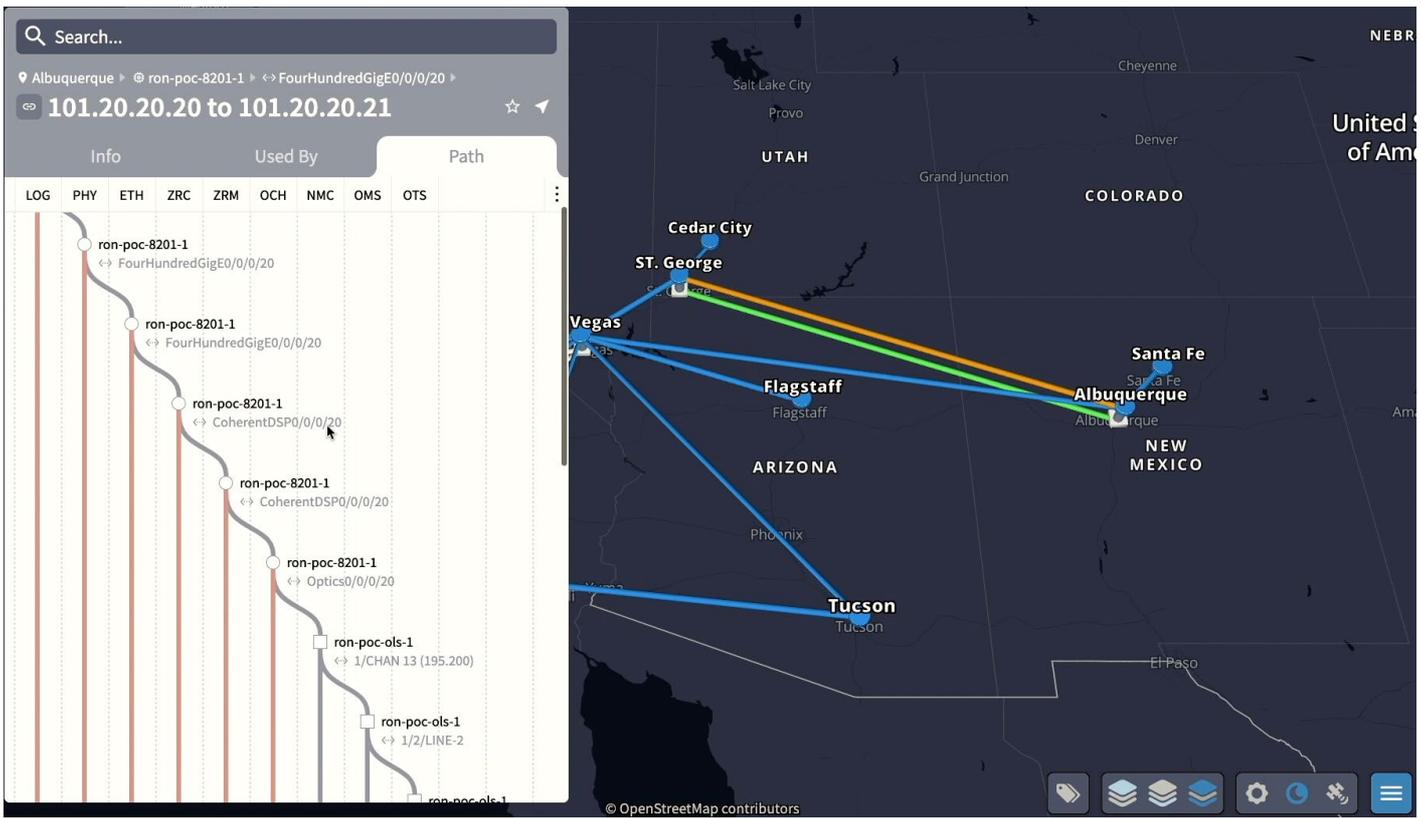
Crosswork 分层控制器

多层路径追踪

使用来自 IP 和光网络 CW HCO 的拓扑和服务数据可以显示从 IP 服务层到物理光纤的完整服务。下面是从 OTS (光纤) 层到跨所有层的 Segment Routing TE 层的“瀑布”跟踪视图的示例。CW HCO 使用 ZR/ZR+ 光学器件识别特定的路由光网络链路，如 400ZR 规范中的 ZRC (ZR 通道) 和 ZRM (ZR 媒体) 层所见。

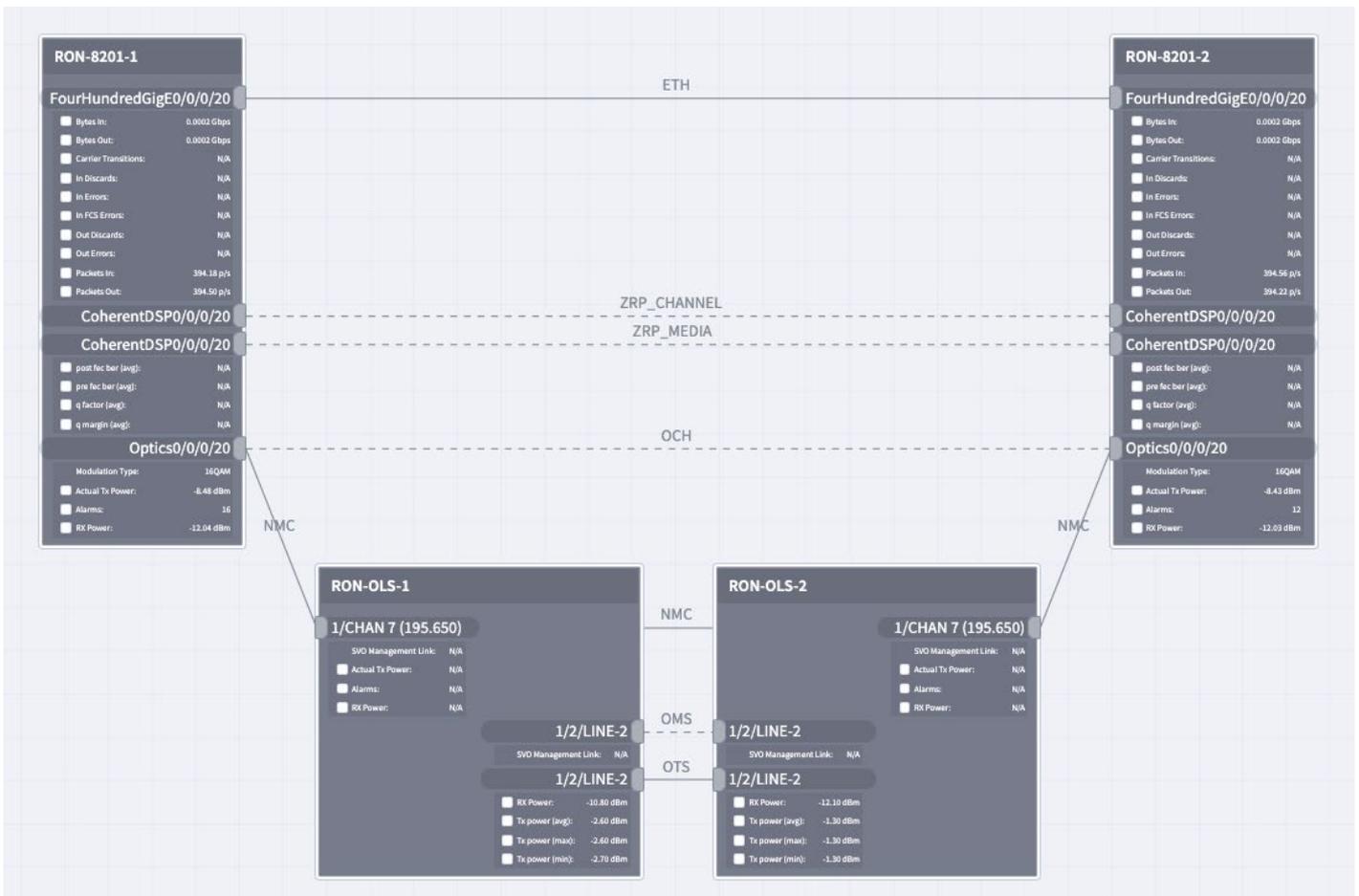


当特定层发生故障时，故障将以红色突出显示，快速识别发生故障的层。

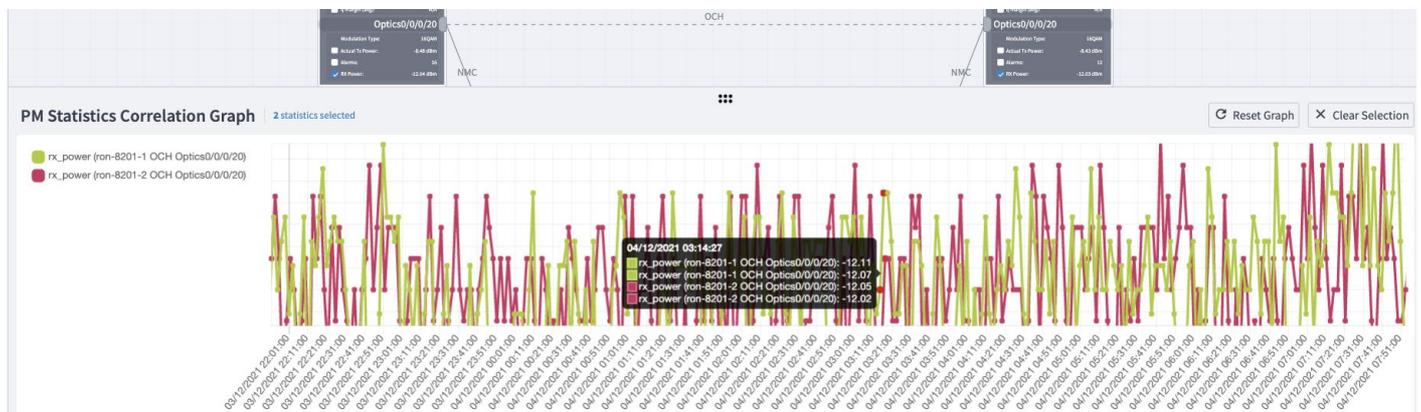


路由光网络链路保证

Link Assurance 应用程序隔离单个路由光网络服务的多层路径，同时显示路由器终端点和光层。来自 ZR/ZR+ 光学器件和光链路系统节点的遥测数据进一步增强了该信息。



可选地，用户可以查看收集的遥测数据图表，以快速识别特定操作数据的趋势或变化。



IOS-XR CLI 监控 ZR400/OpenZR+ 光学器件

光学控制器

光学控制器代表光学的物理层。对于 ZR/ZR+ 光学器件，这包括频率信息、RX/TX 功率、OSNR 和其他相关的物理层信息。

```
RP/0/RP0/CPU0:ron-8201-1#show controllers optics 0/0/0/20
Thu Jun 3 15:34:44.098 PDT

Controller State: Up
Transport Admin State: In Service
Laser State: On
LED State: Green
```

```
FEC State: FEC ENABLED
```

Optics Status

```
Optics Type: QSFPDD 400G ZR
```

```
DWDM carrier Info: C BAND, MSA ITU Channel=10, Frequency=195.65THz,
Wavelength=1532.290nm
```

```
Alarm Status:
```

```
-----
```

```
Detected Alarms: None
```

```
LOS/LOL/Fault Status:
```

```
Alarm Statistics:
```

```
-----
```

```
HIGH-RX-PWR = 0          LOW-RX-PWR = 0
```

```
HIGH-TX-PWR = 0          LOW-TX-PWR = 4
```

```
HIGH-LBC = 0            HIGH-DGD = 1
```

```
OOR-CD = 0              OSNR = 10
```

```
WVL-OOL = 0            MEA = 0
```

```
IMPROPER-REM = 0
```

```
TX-POWER-PROV-MISMATCH = 0
```

```
Actual TX Power = -7.17 dBm
```

```
RX Power = -9.83 dBm
```

```
RX Signal Power = -9.18 dBm
```

```
Frequency Offset = 9 MHz
```

```
Baud Rate = 59.8437500000 GBd
```

```
Modulation Type: 16QAM
```

```
Chromatic Dispersion 6 ps/nm
```

```
Configured CD-MIN -2400 ps/nm CD-MAX 2400 ps/nm
```

```
Second Order Polarization Mode Dispersion = 34.00 ps^2
```

```
Optical Signal to Noise Ratio = 35.50 dB
```

```
Polarization Dependent Loss = 1.20 dB
```

```
Polarization Change Rate = 0.00 rad/s
```

```
Differential Group Delay = 2.00 ps
```

绩效测量数据

```
RP/0/RP0/CPU0:ron-8201-1#show controllers optics 0/0/0/20 pm current 30-sec optics 1
```

```
Thu Jun 3 15:39:40.428 PDT
```

```
Optics in the current interval [15:39:30 - 15:39:40 Thu Jun 3 2021]
```

```
Optics current bucket type : Valid
```

	MIN	AVG	MAX	Operational Threshold(min)	Configured Threshold(min)	TCA (min)	Operational Threshold(max)	Configured Threshold(max)	TCA (max)
LBC[%]	: 0.0	0.0	0.0	0.0	NA	NO	100.0	NA	NO
OPT[dBm]	: -7.17	-7.17	-7.17	-15.09	NA	NO	0.00	NA	NO
OPR[dBm]	: -9.86	-9.86	-9.85	-30.00	NA	NO	8.00	NA	NO
CD[ps/nm]	: -489	-488	-488	-80000	NA	NO	80000	NA	NO
DGD[ps]	: 1.00	1.50	2.00	0.00	NA	NO	80.00	NA	NO
SOPMD[ps^2]	: 28.00	38.80	49.00	0.00	NA	NO	2000.00	NA	NO
OSNR[dB]	: 34.90	35.12	35.40	0.00	NA	NO	40.00	NA	NO

PDL[dB]	: 0.70	0.71	0.80	0.00	NA	NO	7.00	NA	NO
PCR[rad/s]	: 0.00	0.00	0.00	0.00	NA	NO	2500000.00	NA	NO
RX_SIG[dBm]	: -9.23	-9.22	-9.21	-30.00	NA	NO	1.00	NA	NO
FREQ_OFF[Mhz]	: -2	-1	4	-3600	NA	NO	3600	NA	NO
SNR[dB]	: 16.80	16.99	17.20	7.00	NA	NO	100.00	NA	NO

相干 DSP 控制器

相干 DSP 控制器代表光学器件的成帧层。它包括误码率、Q-Factor 和 Q-Margin 信息。

```
RP/0/RP0/CPU0:ron-8201-1#show controllers coherentDSP 0/0/0/20
Sat Dec  4 17:24:38.245 PST

Port                               : CoherentDSP 0/0/0/20
Controller State                    : Up
Inherited Secondary State          : Normal
Configured Secondary State        : Normal
Derived State                       : In Service
Loopback mode                      : None
BER Thresholds                     : SF = 1.0E-5  SD = 1.0E-7
Performance Monitoring             : Enable
Bandwidth                          : 400.0Gb/s
```

Alarm Information:

```
LOS = 10      LOF = 0  LOM = 0
OOF = 0  OOM = 0  AIS = 0
IAE = 0  BIAE = 0      SF_BER = 0
SD_BER = 0      BDI = 0  TIM = 0
FECMISMATCH = 0  FEC-UNC = 0      FLEXO_GIDM = 0
FLEXO-MM = 0      FLEXO-LOM = 3  FLEXO-RDI = 0
FLEXO-LOF = 5
Detected Alarms                    : None
```

Bit Error Rate Information

```
PREFEC BER                          : 1.7E-03
POSTFEC BER                         : 0.0E+00
Q-Factor                            : 9.30 dB
Q-Margin                            : 2.10dB
```

```
FEC mode                            : C_FEC
```

绩效测量数据

```
RP/0/RP0/CPU0:ron-8201-1#show controllers coherentDSP 0/0/0/20 pm current 30-sec fec
Thu Jun  3 15:42:28.510 PDT
```

```
g709 FEC in the current interval [15:42:00 - 15:42:28 Thu Jun 3 2021]
```

```
FEC current bucket type : Valid
```

```
EC-BITS   : 20221314973      Threshold : 83203400000      TCA(enable) : YES
UC-WORDS  : 0                Threshold : 5                  TCA(enable) : YES
```

	MIN	AVG	MAX	Threshold	TCA	Threshold	TCA
--	-----	-----	-----	-----------	-----	-----------	-----

				(min)	(enable)	(max)	(enable)	
PreFEC BER	:	1.5E-03	1.5E-03	1.6E-03	0E-15	NO	0E-15	NO
PostFEC BER	:	0E-15	0E-15	0E-15	0E-15	NO	0E-15	NO
Q[dB]	:	9.40	9.40	9.40	0.00	NO	0.00	NO
Q_Margin[dB]	:	2.20	2.20	2.20	0.00	NO	0.00	NO

用于 ZR/ZR+ 监控的 Cisco IOS-XR 模型驱动遥测

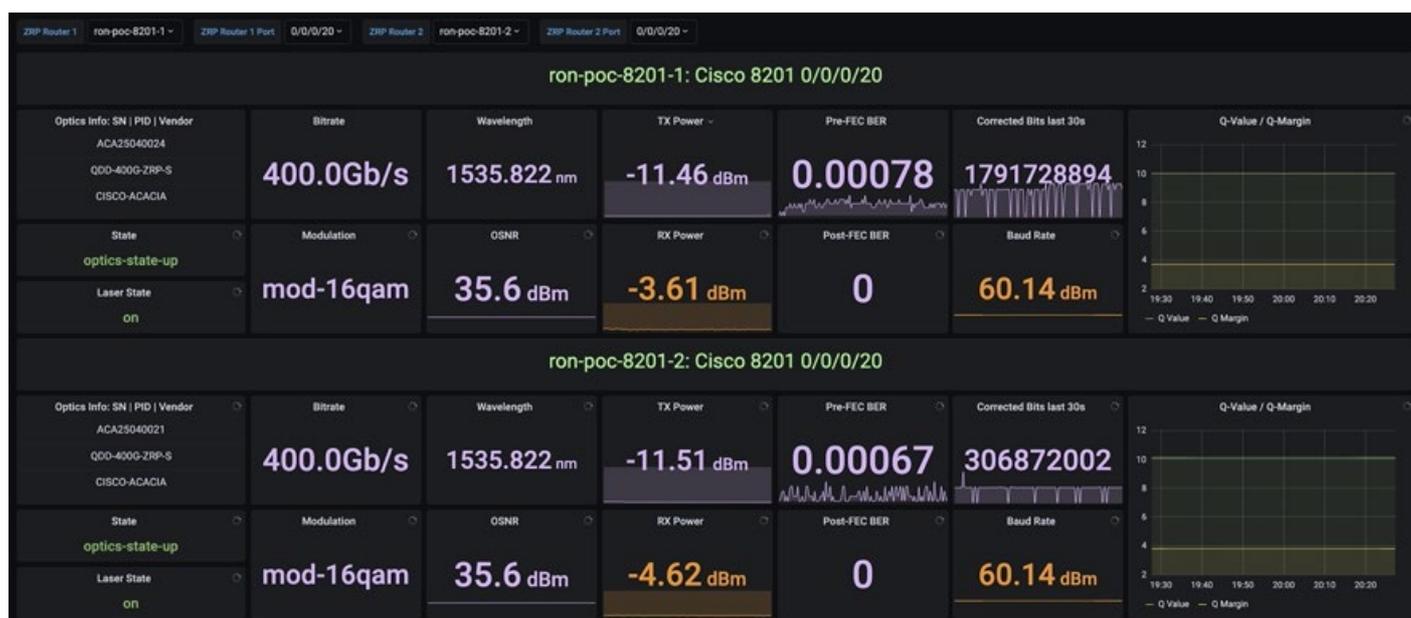
可以使用基于 YANG 模型的流式遥测监控 IOS-XR 路由器上的所有操作数据。路由光网络也不例外，因此可以以低至 5 秒的间隔从路由器传输大量信息。

下面列出了经过验证的传感器路径列表，这些路径可用于监控 IOS-XR 中的 DCO 光学器件以及这些传感器路径中可用的数据字段。注意除了下表中显示的 30s 路径之外，PM 字段还支持 15m 和 24h 路径。

传感器路径	字段
Cisco-IOS-XR-controller-optics-oper:optics-oper/optics-ports/optics-port/optics-info	警报检测、波特率、dwdm 载波频率、控制器状态、激光状态、光信噪比、温度、电压
Cisco-IOS-XR-controller-optics-oper:optics-oper/optics-ports/optics-port/optics-lanes/optics-lane	接收功率、接收信号功率、发射功率
Cisco-IOS-XR-controller-otu-oper:otu/controllers/controller/info	带宽, ec 值, post-fec-ber, pre-fec-ber, qfactor, qmargin, uc
Cisco-IOS-XR-pmengine-oper: 性能管理/光学/光学端口/光学端口/光学当前/光学-second30/光学-second30-光学/光学-second30-光学	dd__average, dgd__average, opr__average, opt__average, osnr__average, pcr__average, pmd__average, rx-sig-pow__average, snr__average, sopmd__average
Cisco-IOS-XR-pmengine-oper: 性能管理/otu/otu-ports/otu-port/otu-current/otu-second30/otu-second30fecs/otu-second30fec	ec-bits__data, post-fec-ber__average, pre-fec-ber__average, q__average, qmargin__average, uc-words__data

开源 ZR/ZR+ 监控

思科模型驱动遥测与开源收集器 Telegraf 和开源仪表板软件 Grafana 可用于快速构建功能强大的仪表板以监控 ZR/ZR+ 性能。



其他资源

思科路由光网络家庭

- <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/service-provider/routed-optical-networking.html>

思科路由光网络技术现场日

- 解决方案概述: <https://techfieldday.com/video/build-your-network-with-cisco-routed-optical-networking-solution/>
- 自动化演示: <https://techfieldday.com/video/cisco-routed-optical-networking-solution-demo/>

思科冠军播客

- 面向未来十年的思科路由光网络解决方案<https://smarturl.it/CCRS8E24>
- 使用 Crosswork 分层控制器简化网络操作: <https://smarturl.it/CCRS8E48>

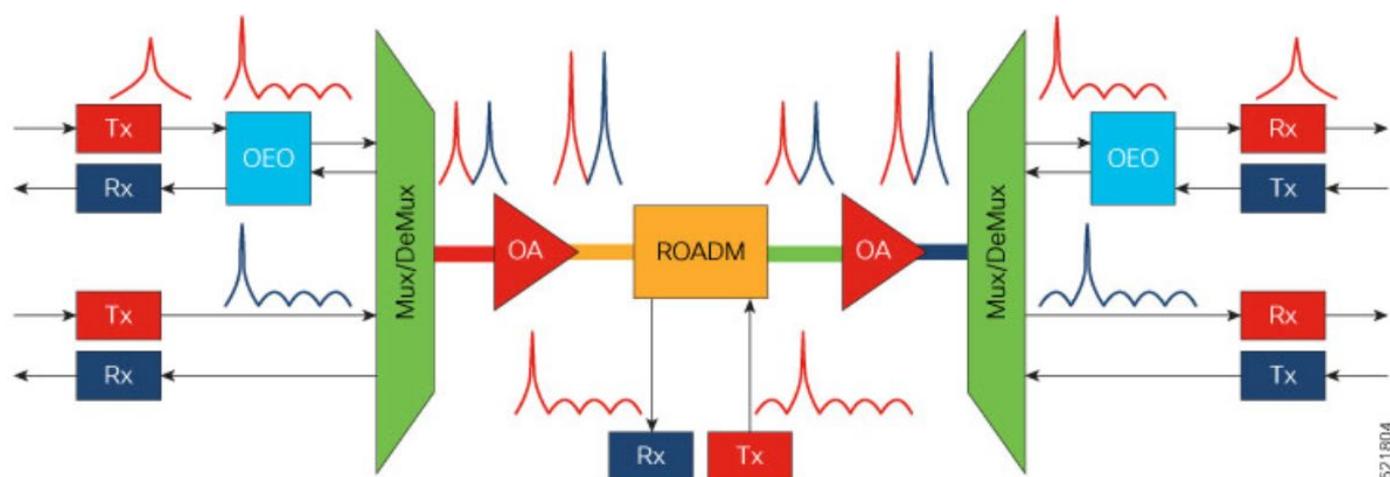
思科路由光网络 1.0 解决方案指南

附录 A

首字母缩略词

多波分复用	密集波分复用
OADM	光分插复用器
泡沫塑料	固定光分插复用器
ROADM	可重构光分插复用器
DCO	数字相干光学
前向纠错	前向纠错
光信噪比	光信噪比
误码率	误码率

DWDM 网络硬件概述



光发射器和接收器

光发射机提供通过 DWDM 网络传输的源信号。它们将数字电信号转换为特定波长的光子光流。光接收器检测光脉冲并将信号转换回电信号。在路由光网络中，路由器中的数字相干 QSFP-DD OpenZR+ 和 400ZR 收发器用作光发射器和接收器。

复用器/解复用器

多路复用器在单独的光纤上获取多个波长，并将它们组合成单根光纤。多路复用器的输出是复合信号。解复用器采用兼容的复用器生成的复合信号并将各个波长分离到各个光纤中。

光放大器

光放大器放大光信号。光放大器增加了光信号的总功率，以实现更长距离的信号传输。如果没有放大器，较长距离上的信号衰减使得无法连贯地接收信号。我们在光网络中使用不同类型的光放大器。例如：前置放大器、升压放大器、内联放大器和光线路放大器。

光分插复用器 (OADM)

OADM 是能够将一个或多个 DWDM 通道添加到承载多个通道的光纤中或从光纤中分出它们的设备。

可重构光分插复用器 (ROADM)

ROADM 是 OADM 的可编程版本。使用 ROADM，您可以更改添加或删除的波长。ROADM 使光网络灵活且易于修改。

□ 标签:

设计

iosxr

光学的

罗恩

路由

□ 更新: 2022 年 1 月 7 日

分享

□ 推特

□ Facebook

□ 谷歌+

□ 领英

发表评论

跟随: [□ 推特](#) [□ GITHUB](#) [□ 喂养](#)

本网站由 Cisco Systems, Inc. 员工维护。由Jekyll & Minimal Mistakes提供支持。