



# 400G IP-optical 解决方案

400G IP-optical 解决方案

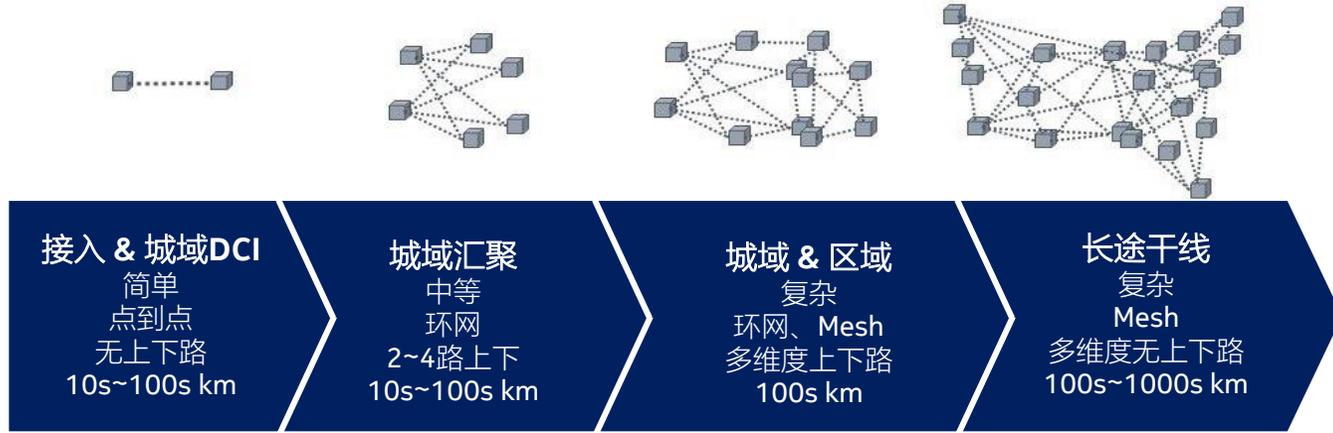
新的400GE标准和可插拔光模块技术使得IP-optical的融合真正触手可及。为了实现400G Anywhere的愿景，有哪些用例可供参考，有哪些组成是必须的？

## 用例和构建模块

IP和光传输技术的新发展重新引发了关于IP-optical融合的讨论。作为高带宽路由器连接的新“货币”，400GE协议的标准引领行业拥抱400G。为400G可插拔光模块设计的路由器端口现在也可以配备可插拔WDM相干光模块，将高速连接扩展到穿越广域网的更长距离，不必另在WDM传输设备上使用波长转换器。

所有这些都引出了两个关键问题：IP-optical融合的用例是什么？需要哪些IP和光网络网元来实现端到端解决的方案，而不仅仅是把各部分叠加一起？

有多少网络运营商就有多少网络类型，但是我们可以将它们缩小为几种典型的情况，如下图所示，这些情况根据其业务连接的复杂性和网络范围的不同而不同。第一类是需要路由器之间使用多个400GE端口进行简单的点到点连接的应用，它包括校园网、高带宽接入和城域DCI，并可能扩展到距离更远的区域DCI，以实现数据中心虚拟化部署。在这些情况下，IP-optical融合方案的需求主要是多个400G接口的WDM简单汇聚，以及当链路距离超过几十公里时的光信号放大。



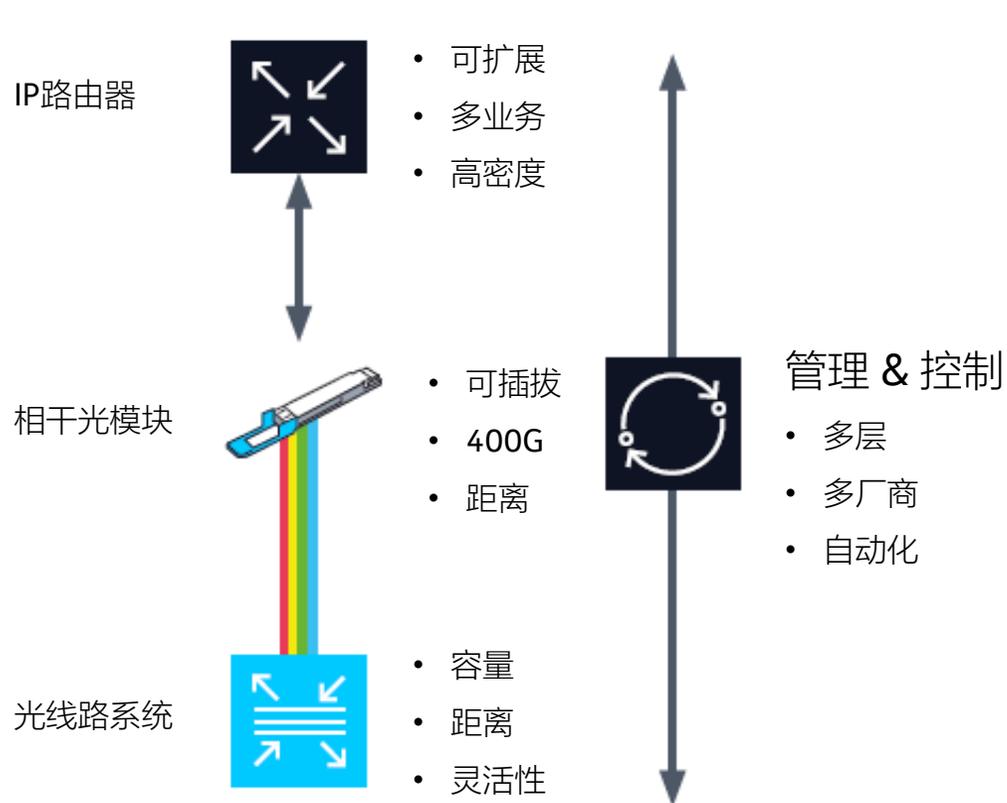
最佳的IP-optical方案应当适用于各种网络类型

除了点到点的应用，可行的IP-optical方案还必须适应广泛的更复杂的网络用例，包括：

- 城域和区域的汇聚环，从接入节点和局点汇聚流量到一个或多个汇聚节点
- 城域核心网络，连接局点、互联网交换点和托管机房之间的任意方向流量
- 地区和长途核心骨干网，连接城市、地区和不同的数据中心与互联网对等站点

在更复杂的网络拓扑中，IP流量并不是简单地每个路由节点上开始和终结。它由复杂的、网状的、端到端业务需求组成，产生大量的转发流量。有效的IP与光网络方案应该提供多种连接和距离选择，以高性价比的方式支持去往不同目的地的业务的上下，并支持中间节点的流量贯通，尽量避免IP路由层和光传输层之间的接口转换。为了实现这一目标，网络运营商需要考虑IP-optical方案的四个关键组成部分，为400G网络应用提供最优和通用的解决方案：

1. 不同接口标准的可插拔相干WDM光模块满足成本和连通性目标
2. 适合支持可插拔相干光模块的路由器
3. 连接复用波长的光线路系统
4. IP-optical的跨层管理和控制软件，支持无缝的端到端操作



完整的、优化的IP-optical方案优于各组件的拼装

## 路由器 - 可插拔相干光模块

可插拔DCO光模块可以直接安装在路由器端口上，为大容量路由器的连接提供可扩展的WDM传输，这些光模块具有如下特性：

- 400ZR支持最大120公里的短距离传输
- 400ZR+支持多种速率和更远传输距离
- 400G多跨光模块进一步提升容量-距离能力，增加面向业务提供商的功能，支持多个ROADM节点的流量穿通

400G多跨DCO光模块的不断增长的能力使其成为IP-optical解决方案中的一个重要组成部分。它更远的传输距离将IP-optical应用扩展到城域和区域网络，还能穿通中间节点实现路由器旁路，允许端到端的流量传递以避免不必要的路由器处理。

## 为IP-optical融合方案优化的路由器

对路由平台性能优劣的评判涉及许多方面，但都与光传输无关。然而，路由器集成可插拔400G DCO光模块的能力是IP-optical解决方案的成功的关键。诺基亚贝尔领先的业务路由器基于可扩展、可编程的FP4处理器，首个实现400GE接口的商用部署。它在设计之初就考虑到了IP-optical融合需求，满足集成400G DCO光模块的两个重要要求：热管理和接口多样性。

400G可插拔相干光模块的功耗和散热要求都高于短距光模块。因为路由器在设计上要追求大容量的交换和高密度端口数量，因此线卡的供电和冷却可能会成为一个较大的问题，所以400G线卡的散热设计是相干IP-optical融合方案的关键因素，它决定了路由器是否能够有效冷却包括可插拔400G相干光模块在内的所有端口。

诺基亚贝尔的路由器设计优先考虑高效的热管理，例如线卡使用双面印刷电路板（PCB）避免端口的堆叠，为每个端口配备一个大尺寸的专用散热器改善冷却，以及均匀和畅通的空气导流。这些设计意味着诺基亚贝尔路由器可以完全支持可插接400G DCO光模块，不受槽位和配置的限制，不必留出一些空余端口。

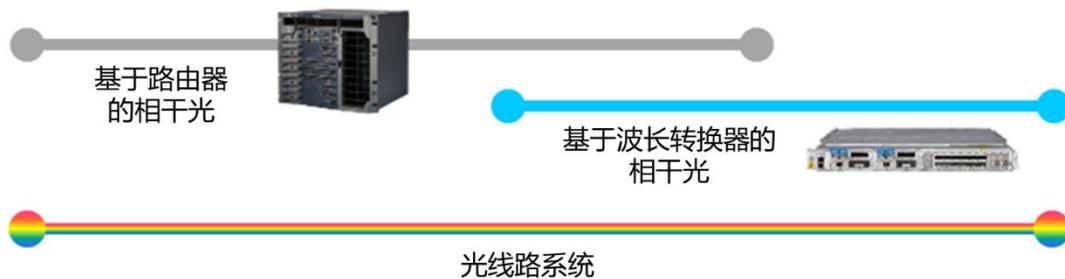
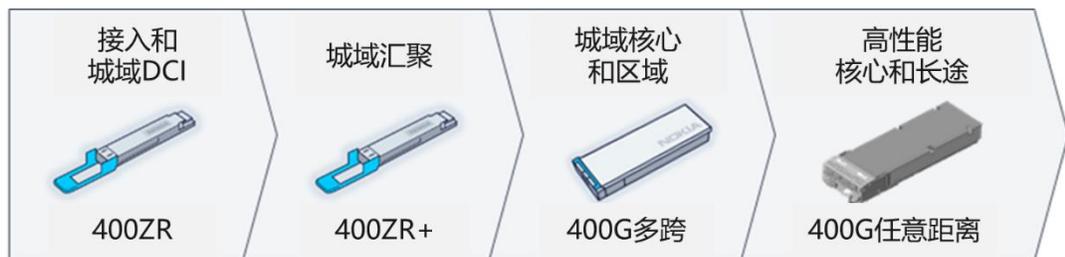
路由器需要支持所有的400G可插拔接口，保证IP-optical解决方案适用于所有网络。虽然QSFP-DD接口的400ZR和400ZR+可以作为短距客户侧光学模块安装在相同的路由器端口上，但是它们的容量-距离性能限制了在接入和城域DCI应用中的中短距离点到点传输。



诺基亚贝尔路由器也支持CFP2标准的接口卡，这使得运营商能够使用可插拔的400G多跨光模块，为城域和区域应用提供优异的容量-距离性能，并在中间站点穿通多个ROADM节点。

此外，诺基亚贝尔路由器允许路由器上的可插拔相干光模块与传输设备上的波长转换器互通，从而根据端到端业务需求做进一步优化。通过混合使用不同接口规格的相干技术，诺基亚贝尔的设备平台使运营商能够在所有网络应用中把400G作为单一网络“货币”最优地使用。

### 丰富的400G相干光模块类型让400G无所不在

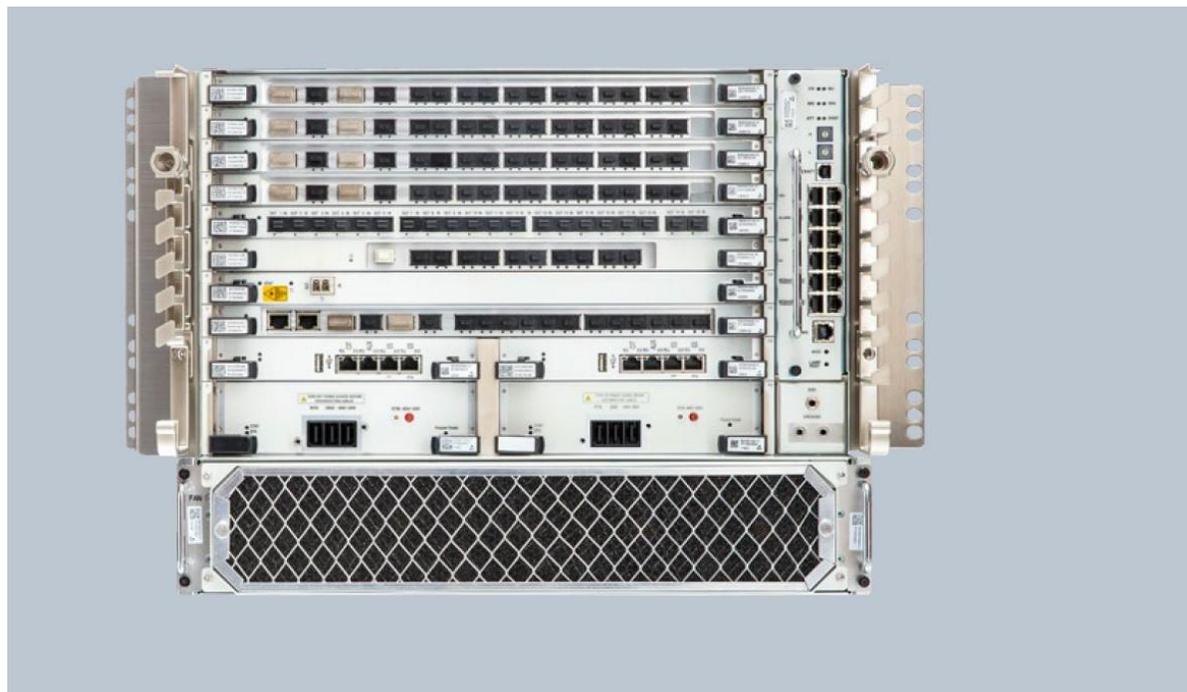


## 对应用优化的光线路系统

下一步要考虑的是如何在光纤网络上用400G相干光技术更好地连接路由器，这是光线路系统的使命，它实现了一系列重要的功能，包括：

- 在一根光纤上复用/解复用多个WDM通道
- 在源宿和中间站点对光信号放大，提高光功率水平实现更远的传输
- 支持400G相干波长路由和交换的ROADM，在光层旁路中间的路由节点，避免转发流量占用路由器容量

1830 PSS系列产品提供多种线路系统选择，实现IP-optical网络所有场景的最佳配置。WDM 复用/解复用器和光放大器可以为DCI和其他简单的点对点应用提供紧凑的和经济高效的解决方案。对于更复杂的网络，可以使用ROADM结构，在城域汇聚环处实现光的旁路，或在高维度节点提供大量的上下路方向。



1830 PSS对于路由器的旁路能力使得IP-optical网络的优化变得更加容易，从而有效地应对网络的增长、需求模式的变化，以及计划内或计划外的网络中断。

将路由器、可插拔相干光和线路系统结合在一起，创建一个可部署的IP-optical解决方案的关键是将它们集成在一个统一的端到端网络管理、控制和自动化平台之下。



## IP与光的管理

优秀的400G IP-optical解决方案离不开完整的硬件和软件构建模块。这些软硬件模块围绕400G新网络“货币”进行优化，具体包括可插拔相干光器件、为400G可插拔相干光模块优化的路由平台、多功能线路系统和跨层的端到端管理平台。

当组合和协同部署时，这些构建模块为网络运营商提供了灵活的选择，适用于各种网络用例，无需在成本或性能方面进行妥协。运营商可以避免在短距、点对点接入和城域链路上过度设计IP-optical方案，或在建设更复杂的城域、区域和核心网络时因为低效的架构或传输性能欠佳而导致投资超支。通过方案的正确选择和组合，适时地演进、扩展和升级，最终运营商可以确保IP-optical融合的预期效益。

# 400G和光通信技术的领导者

可插拔400G DCO技术是400G时代优化IP-optical网络设计的游戏规则改变者。通过路由器灰光接口与线路系统中集成式WDM波长转换器的结合使用，这些紧凑、模块化的400GE光模块能提供低成本、高密度的替代方案。

我们的IP路由与光传输系统整体产品组合提供了丰富的平台和工具使您能从可插拔DCO中受益，在400G时代取得成功。我们QSFP56-DD和CFP2线卡的创新供电和散热设计使得在现有的诺基亚贝尔路由器上安装400GE可插拔相干模块变得十分容易。

我们在相干光元器件和线路系统方面也处于领先地位。最先进的硅光子技术和第五代数字信号处理器PSE-V的结合把传输性能、成本效益和接口密度提升到新的高度。Nokia optical systems光传输产品组合为丰富400G生态系统提供了新的组件和子系统，满足5G和云不断增长的需求。

