

Edge OTN 解决方案

技术白皮书

文档版本 V1.1
发布日期 2021-03-20

华为技术有限公司



版权所有 © 华为技术有限公司 2021。保留一切权利。

未经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明



HUAWEI和其他华为商标均为华为技术有限公司的商标。

本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

注意

您购买的产品、服务或特性等应受华为公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，华为公司对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

华为技术有限公司

地址： 深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼 邮编：518129

网址： <https://www.huawei.com>

客户服务邮箱： support@huawei.com

客户服务电话： 4008302118

目 录

1 FMEC 网络融合的趋势与挑战	4
1.1 品质业务需求快速增长.....	4
1.2 融合业务成为趋势.....	6
1.3 FMEC 网络建设面临的挑战.....	7
1.4 总结.....	8
2 Edge OTN 方案是 FMEC 融合建网的最佳选择	9
2.1 Edge OTN 架构.....	9
2.2 基于价值区域的精准布局建网方式.....	10
2.3 总结.....	12
3 Edge OTN 关键技术	13
3.1 环境适应性增强技术.....	13
3.2 灰光彩光混合传输.....	13
3.3 Liquid OTN 技术.....	14
3.4 高精度时间同步.....	15
4 华为 Edge OTN 解决方案	16
4.1 精准规划工具.....	16
4.2 全场景部署能力.....	17
4.3 光层电层创新方案.....	19
4.3.1 极简光层.....	19
4.3.2 X+Y 分布式电层.....	20
4.3.3 创新线路速率.....	22
4.3.4 平滑演进典型方案.....	22
4.4 智慧运维.....	23
4.4.1 NCE 智能管控.....	23
4.4.2 光层自动调测.....	24
4.4.3 智能光纤管理.....	24
4.4.4 智慧光性能管理.....	24
5 总结	26
A 缩略语	27

1 FMEC 网络融合的趋势与挑战

1.1 品质业务需求快速增长

宽带成为人们生产、生活必需的基础资源。当基本的连接需求得到满足后，用户越来越关注业务体验和服务质量。相应的，运营商也从关注连接转向关注业务品质。

品质专线

政企专线的收益率远高于移动业务和家庭宽带业务，成为运营商争夺的价值高地，同时对基础网络也提出了更高的品质要求。不同行业对专线业务品质的要求也各有侧重点，比如金融行业会重点关注时延，政府政务会重点关注可靠性，大型企业/互联网OTT则会重点关注自助式服务体验。

运营商需要提供五星级专线来满足各行业用户的需求。五星级专线指标由 NGOF（下一代光网络论坛）研究和发布，从高可用率、可保证带宽、低时延&低抖动、业务敏捷、在线自管理五个维度重新定义企业专线的网络 KPI 指标。

图1-1 品质专线五星级指标

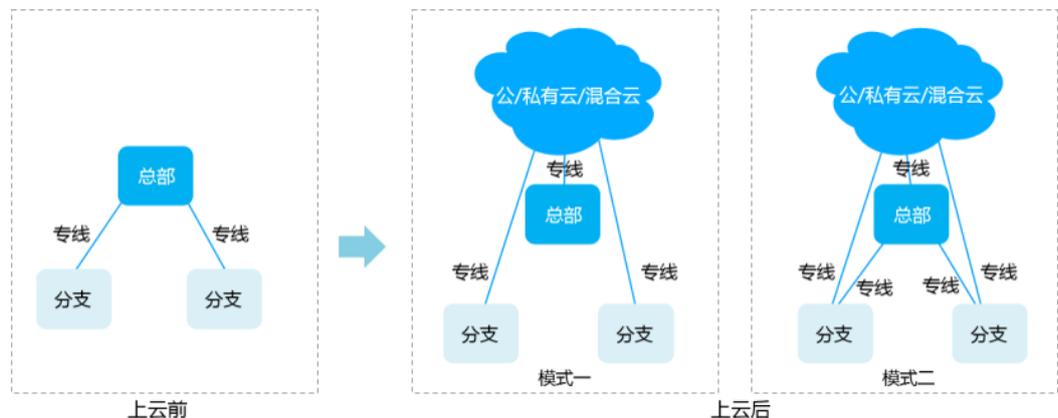


品质入云

随着行业数字化转型加速，企业将本身的生产核心系统逐渐搬迁上云。此外，新冠疫情的出现，远程办公、在线教育等服务的普及，进一步加速了企业上云的进程。根据 Gartner 的预测，全球云计算市场规模到 2023 年将超过 3500 亿美金。

企业专线业务从传统的总部-分支结构，逐步走向总部-云-分支的混合结构。企业入云业务的需求日益增多，为运营商服务更多的中小型企业提供了可能。高端行业客户对入云业务的高可靠性、安全隔离、低时延、便捷性和灵活提供等指标都提出了很高的要求。

图1-2 入云专线需求



品质家宽

视频业务已成基础业务，随着 4K、8K、VR、AR 蓬勃发展，超高清和互动化趋势明显。据 Omdia 最新预测，到 2022 年，将有 82% 的带宽流量是视频流量，每秒将产生 1 亿分钟时长的视频流量。

高清视频具有高流量、高品质和高感知的“三高”特性，对承载网的要求体现在带宽、时延和丢包率三个方面，要求承载网络采用更低收敛比架构，业务一跳直达，具有稳定低时延，保证视频的播放流畅。

表1-1 高清视频品质要求

指标	起步阶段，4K			舒适体验阶段，8K		理想体验阶段，12K	
	4K 直播	弱交互 VR	强交互 VR	弱交互 VR	强交互 VR	弱交互 VR	强交互 VR
带宽	54Mbps	≥60Mbps	≥80Mbps	≥120Mbps	≥130Mbps	≥420Mbps	≥540Mbps
时延	20ms	≤20ms	≤20ms	≤20ms	≤20ms	≤15ms	≤8ms
丢包	1E-6	≤1E-5	≤1E-6	≤1E-5	≤1E-6	≤1E-6	≤1E-7

品质移动承载

当前的移动网络主要提供语音通话和 MBB 接入，以个人业务为主，带宽提速是关注的焦点，但随着运营商基础设施网络的加快部署，以及新商业机会的发掘和商业模式创新，未来的移动网络将会在垂直行业得到发展和应用。相比于个人业务，垂直业务对网络的上下行带宽、时延、可靠性等有更高要求，需要网络提供更高等级的保护和更好的网络性能及自动化运维管理能力。

品质移动业务对承载网的要求体现在：

- 带宽：带宽需求持续增长，10G 接入环是品质移动承载网的基本要求，10G 到站是移动业务持续发展的坚实保障。
- 同步：移动通信 TDD 制式要求亚微秒级的时间同步，未来的业务协调，精确定位等新兴垂直行业应用都要求更高精度的时间同步。
- 时延：在距离一定的情况下，减少转发是降低时延的关键因素，一跳直达可以大幅降低转发时延。

1.2 融合业务成为趋势

随着个人、家庭和企业对移动、固定通信需求边界的打破，以及企业在通信、IT 和云服务需求的不断融合，越来越多的运营商为了扩大业务边界，吸引高价值客户，相继推出 FMEC（Fixed Mobile Enterprise Convergence, 固定、移动和企业融合）融合业务。融合业务包括向个人和家庭提供移动通信、固定通信和娱乐融合绑定的业务，向企业提供通信、IT 和云服务绑定的业务，以满足全连接时代的用户需求。

- 个人用户普遍追求无处不在的连接能力，打破了移动通信固定通信需求的传统边界。单一业务无法提供足够的粘性，难以降低用户换网率。MBB 流量、家庭宽带和视频业务打包的套餐具备明显的吸引力。
- 企业用户云化转型，通信、IT 和云服务需求的不断融合，当业务系统迁移上云后，通信连接的重要性进一步提升，移动办公、远程办公、云化作业成为新的工作习惯，高价值用户需要统一的 ICT 服务。

从全球来看，仅能提供单一业务的运营商在市场上的竞争优势越来越少，运营商发展融合业务成为全球主流趋势。到 2025 年，全球 TOP 运营商 FMEC 建网占比将会超过 90%，几乎所有 TOP 运营商都将发展 FMEC 业务。

图1-3 全球 241 个 TOP 运营商 FMEC 建网比例



Source: Huawei survey and forecast for global Top241 operators

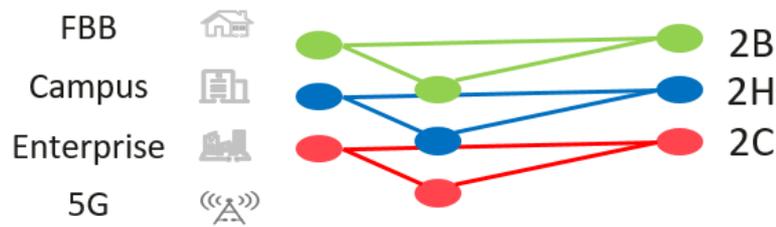
提供融合业务能为运营商带来明显的运营优势：

- **拓展商业边界，增加收入：**在饱和市场中寻找新的商业机会点，移动运营商大力发展宽带业务，固网运营商大力发展专线业务，成为综合运营商，拉动收入持续增长和提升企业抗风险能力。
- **提升客户体验，增加客户粘性：**从单一业务服务到全业务融合的一站式打包服务可以有效增加客户粘性和忠诚度，提升客户体验。
- **提升运营效率，降低运营成本：**利用已有基础设施，一网多用，充分发挥运营商网络价值，有效提升网络资源利用效率，降低网络运营成本。

1.3 FMEC 网络建设面临的挑战

由于历史原因，运营商在由单一业务向全业务 FMEC 发展的过程中，往往采用分离建网方式：面向移动业务、企业专线业务、家宽业务基本上是各自发展、独立成网。

图1-4 传统 FMEC 分离建网模式



随着网络规模增大，业务发展到一定阶段，传统分离建网方式存在以下几个方面的挑战：

- **网络建设成本高**
 分离建网需要消耗大量光纤和机房资源，光纤和机房不足时会导致无法覆盖，新部署/租用光纤和机房成本高昂。多套设备组网也带了更高的功耗。
- **网络维护难度大**
 分离建设导致资源缺乏统一管理，资源难共享，运维响应时间长。同时多张网络的维护和运营困难，维护工作量大，运维成本高。
- **承载和覆盖难协同**
 业务发展的不确定性，价值区域难以精准识别，网络覆盖难以匹配。例如，热点区域业务发展快，网络流量大，频繁升级和扩容，导致机房、光纤、供电等配套设施无法同步，影响业务的长期发展和用户体验。

随着 FBB/MBB/专线业务的规模发展，若依然采用分离建网方式，不仅对于投资是极大的浪费，也会严重制约网络建设和业务接入的灵活性和可扩展性，无法满足用户对业务品质的要求。

1.4 总结

随着业务对大带宽、低时延、低抖动、高可靠、高安全等品质的要求提升以及运营商发展融合业务的需要，对运营商的基础网络提出了新的挑战，受成本、预算和运营的限制，几乎不可能为每种业务提供一张基础承载网络。运营商需要建设一张面向固定、移动和企业融合的（FMEC, Fixed Mobile Enterprise Convergence）高品质可弹性扩展的承载网，从而可以快速的发展综合业务，并提供高品质体验，保持在全连接时代的竞争力。

2 Edge OTN 方案是 FMEC 融合建网的最佳选择

2.1 Edge OTN 架构

组网架构

Edge OTN 由 AGG（汇聚）站点，ACC（接入）站点以及相应的管控系统组成，支持多业务承载和 ACC 到 AGG 一跳直达，构建弹性的承载网络。

- **组网架构要求**

Edge OTN 需要采用 ACC 到 AGG 一跳直达的网络架构，这种架构的主要优势在于：

- 实现按需带宽精准扩容

当部分热点站点随着业务发展带宽不够时，只需要对热点站点进行扩容，其他中间节点无需整改，从而可以快速的对网络进行扩容以及保护投资。

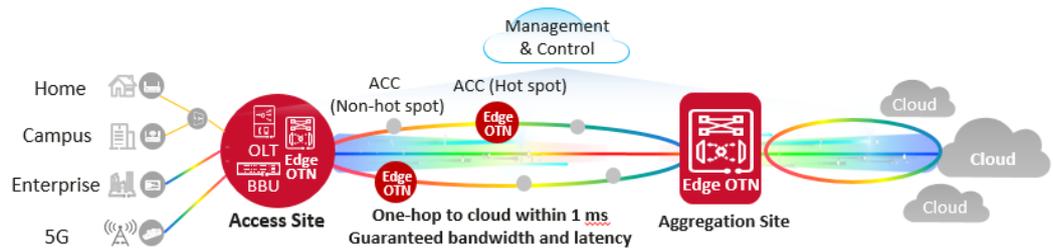
- 最优的时延路径

对于金融/证券/DC 双活类的时延敏感型的专线业务，时延是核心竞争力。而时延是由光纤+设备转发跳数组成，一跳直达的架构可以减少设备转发跳数从而做到最优时延。

- **承载技术要求**

Edge OTN 采用 OTN/Liquid OTN 承载技术，负责将多种接入技术协议转换到统一的 ODU/OSU 管道，简化网络侧承载技术和组网架构，提供 2M~100G+的物理管理的高品质承载通道，最大化接入站点和光纤的价值。

图2-1 Edge OTN 架构



ACC 站点功能

ACC 定义为业务接入点，支持如下的功能：

- 任意环境的部署能力：ACC 站点网络位置比较低，机房环境获取不便，需要支持室内/室外的部署能力。
- 超高集成度的设备：ACC 站点机房空间不足，需要光电集成在同一个子架以减少子架类型，从而节约空间。
- 任意业务的接入能力：专线业务带宽跨度大，通常以小颗粒居多，90% 小于 100M，部分业务是传统 E1 接口即 2M 业务，随着企业上云的发展，大颗粒 GE/10GE 专线越来越多，另外随着数据中心的下移，DC 间同步采用 100GE 高速率的端口。因此 Edge OTN 需要具备 2M~100G 的接入能力以匹配不同的业务带宽诉求。
- 高效率可靠承载管道：部分业务（比如专线）带宽<100M，需要解决小颗粒承载效率的问题；同时需满足高品质业务的刚性隔离要求。
- 简化运维：ACC 站点多，需要支持智能自动化运维能力以降低 OPEX。

AGG 站点功能

AGG 定义为业务汇聚点，支持如下的功能：

- 超高环境适应性：具备无机房的室外部署能力。
- 大容量调度能力的设备：根据站点位置的不同，AGG 节点通常会带几个甚至几十个 ACC 环，平均一个 ACC 环一跳直达到 AGG 的带宽通常在 50G~100G，部分密集区域甚至到 200G/400G。
- 线路上行 100G+能力：满足大带宽 DC 互联和长期业务发展需要。
- 具备带宽汇聚的能力：支持把环上多个小带宽端口业务汇聚到大带宽端口上行，以降低上层设备的端口密度要求

2.2 基于价值区域的精准布局建网方式

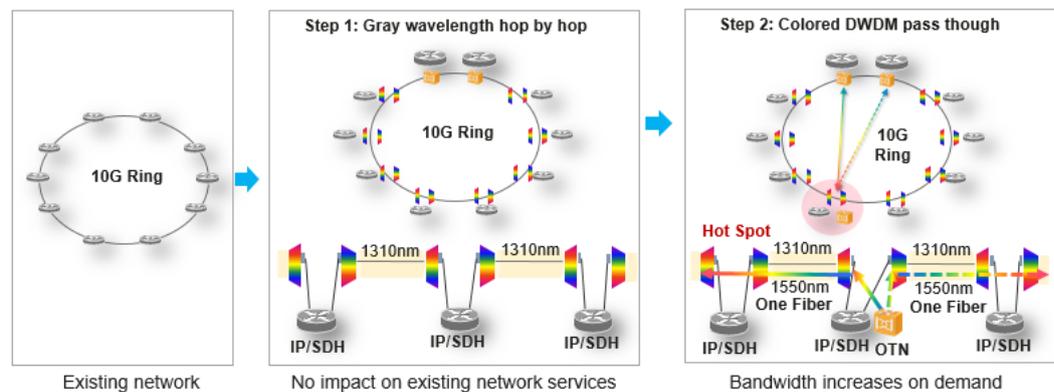
如果对所有的站点一次性部署 OTN 设备，可以快速的提供任意站点的 FBB/MBB/专线的接入能力，但成本相对较高。因此 Edge OTN 提供一种“先光后电、基于价值区域建网”的部署策略，早期投资可以节约 40% 以上，大幅降低资金压力，提高投资回报率。

FMEC 融合建网的目标是灵活适应全业务发展的需求，并不是要把现网企业全量割接到新的承载网。运营商要求新网络能充分保护存量网络的投资。同时，发展 FMEC 进入新的业务领域，面临不确定性的风险，运营商希望能够精准投资，弹性面对未来的业务需求。

传统的 OTN 建网，需要在每个站点都部署光层和电层。但实际上对于移动运营商来说，接入环带宽升级的主要流量来源于家宽和专线的业务，而家宽/专线业务对于接入环来说是冷热不均的。在一个接入环上，根据人群/商务楼宇的分布，只有部分区域的站点存在需要家宽/专线覆盖的接入点，这些站点可以称之为综合业务接入区（即 Sub-CO），这些综合业务接入区在接入环上占比仅 20~30% 左右。

因此 Edge OTN 应采用全新的“先光后电”的建网方式，在建网初期先仅部署光层，让存量的 IP/SDH 业务穿通，从而利旧存量设备保护投资，仅在需要新发展 AirPON、超宽带 MBB 和 OTN 专线等热点价值站点上，按需叠加电层。通过这种建网方式可以匹配业务发展趋势进行网络分步投资，拉长运营商的投资周期，实现 PAYG（Pay As Your Growth），大幅度的降低了初期投资门槛，提升了投资效率。

图2-2 Edge OTN 先光后电建网策略



Edge OTN 方案让运营商可以根据不同时期网络建设要求和业务规划，选择不同的建网模式。

投资考量	光电同步部署策略	先光后电部署策略
建网成本	初期投资高，一次性投资	初期投资低，按需扩容
业务发展	任意站点都可以发展综合业务	需要规划综合业务接入站点（即热点站点）
业务发展时期	推荐全新建网时采用。存量网络改造采用此方式需要对现有业务进行改造。	全新建网和存量网络改造均可采用，现网业务完全无感知

2.3 总结

在网络架构上，Edge OTN 基于一跳直达的架构，支持任意环境部署及任意业务接入，可以提供最优的时延和按需平滑扩容的能力，应对未来 10 年带宽 10 倍甚至 100 倍的带宽增长。在建网方式上，Edge OTN 通过“先光后电、基于价值区域建网”的模式，有效降低初期投资，以网络架构的弹性，应对业务发展的不确定性，是 FMEC 融合建网的最优选择。

3 Edge OTN 关键技术

3.1 环境适应性增强技术

针对接入层站点机房条件差，缺少空调等环境控制措施等特点，Edge OTN 设备需要在环境适应性上进行加固和增强，以应对温度、湿尘、硫化等导致设备腐蚀的挑战。

为了增强设备的防腐能力，需要对电子器件和 PCB 板腐蚀失效机理有深入的研究，从隔绝破坏腐蚀关键因子、阻断腐蚀发生条件入手，在机柜、插框、单板及器件等多个层次构建防护措施。

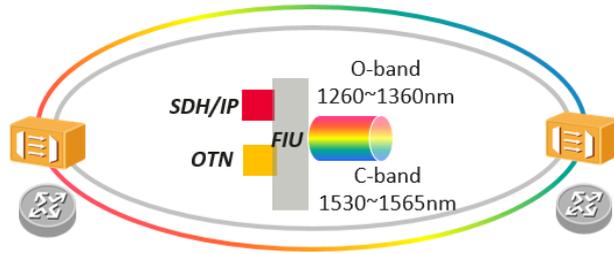
- 智能散热：通过模糊 PID 智能调速算法降低风扇转速来减少单板上灰尘、盐雾等腐蚀物的附着。
- 防腐处理：对背板/连接器/风扇/电源等敏感部件进行镀膜或涂覆，以隔绝腐蚀物的侵入。
- 精确控温：通过精准控制设备/单板温升，降低器件微环境湿度，使腐蚀难于发生。

3.2 灰光彩光混合传输

为了平滑 FMEC 网络的投资，最大化的利旧现网，Edge OTN 需要能够支持现网灰光穿透。通过对 FIU 的波长进行针对性设计，让 O-band（灰光）和彩光（C-band）可以在同一对光纤中传输。

现网的存量 IP/SDH 灰光环可以通过 O-band 直接穿透，现网“0”改造，保护存量设备投资，无需对存量业务做任何的改动和迁移，避免海量存量业务的割接，减少 90% 业务中断时间，大幅降低业务迁移的风险和成本，真正实现网络的平滑演进。

图3-1 灰光和彩光混合传输

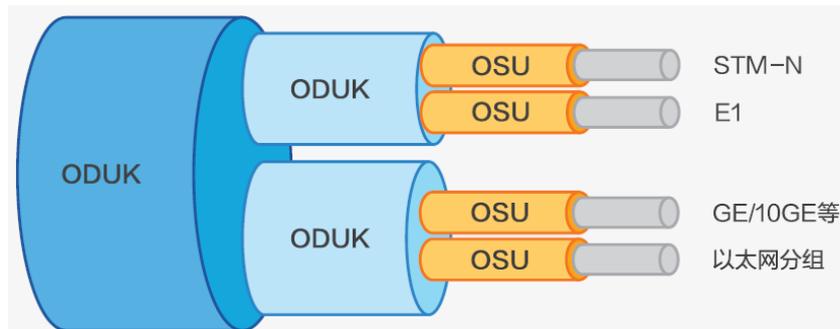


3.3 Liquid OTN 技术

传统 OTN 建构管道粒度大，复接层级多，Edge OTN 需要支持 Liquid OTN 技术，提供高品质承载管道，满足 FMEC 融合业务对灵活带宽统一传送的需求。

Liquid OTN 新增 OSU (Optical Service Unit) 容器，将 ODU 划分成更小的带宽颗粒，实现 2M~100G 带宽可调的灵活 OSUflex 管道，支持多业务混合高效传输。

图3-2 基于 ODU/OSU 承载技术



Liquid OTN 作为下一代光传送技术，具有四大关键价值：

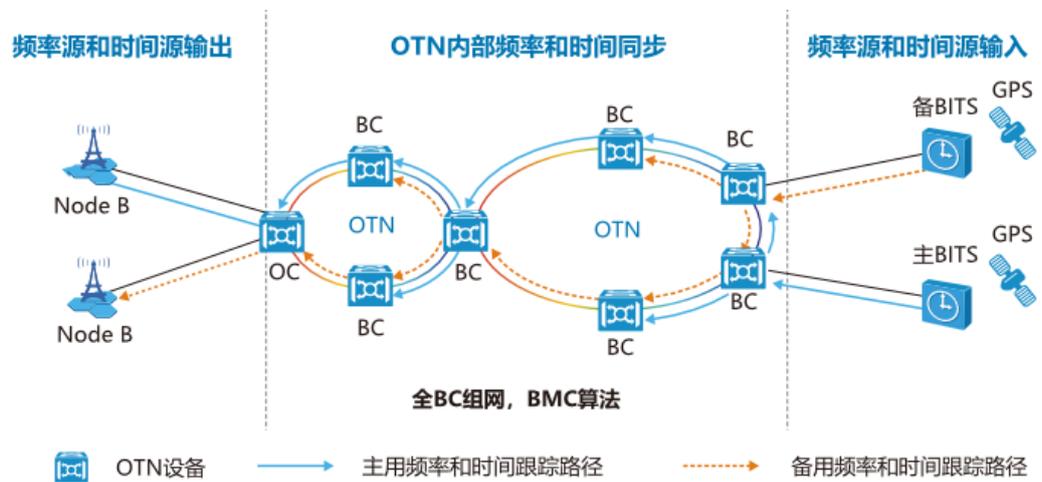
- **极简架构：**多业务、多平面承载向多业务接入统一承载的极简架构演进，基于 ODUk/OSUflex 硬管道实现物理隔离，可以针对不同的管道分片定义不同的承载质量要求。
- **高效承载：**高弹性 OSUflex 管道，实现网络硬切片的颗粒度从 ODU0 的 1.25G 缩小到 OSU 的 2M，灵活性提高 500 倍。支持的基础管道数从 80xODU0 到 1000xOSUflex，提升 12.5 倍，带宽利用率几乎达到 100%。
- **超低时延：**Liquid OTN 简化映射机制、减少处理层级，提供差异化分级时延，单站时延降低 70%。因此运营商可以基于不同业务诉求提供更丰富的时延套餐，支撑其网络时延资源的销售和商业变现。
- **灵活高效：**Liquid OTN 支持无极业务变速、无损带宽调整，带宽利用率 100%，可满足业务临时性、计划外的带宽需求，实现精细化的带宽资源管控，提供按需随选的带宽消费服务。

3.4 高精度时间同步

对于 TDD 制式的移动网络，同一个通信频段划分成不同时隙用于上行和下行，要求上下行时隙精确对齐，即需要时间同步。如果基站时间不同步，将会造成基站间干扰，导致大量用户无法连接网络或降低服务质量。TDD 基站本身要求 $\pm 1.5\mu\text{s}$ 时间同步精度，而面向未来的 SMP（Separated Multiple Point）等协同业务，则需要端到端 $\pm 350\text{ns}$ 的同步精度才可以满足要求。

Edge OTN 需要能够支持高精度的时间同步，为 TDD 网络提供地面时间同步支持。为满足同步精度要求，Edge OTN 应采用全 BC 时钟模式组网，满足每站点 $10\sim 30\text{ns}$ 的同步精度要求。传统的双纤双向同步技术，收发两个方向的光纤会因为长度不一致而导致时间偏差，由此带来大量的逐站时间偏差测试和补偿设置工作。因此，Edge OTN 需要支持 OSC 单纤双向的时间同步方式，避免收发的光纤的非对称传输补偿，提高了时间同步网络的部署和运维效率。

图3-3 时间同步方案



4 华为 Edge OTN 解决方案

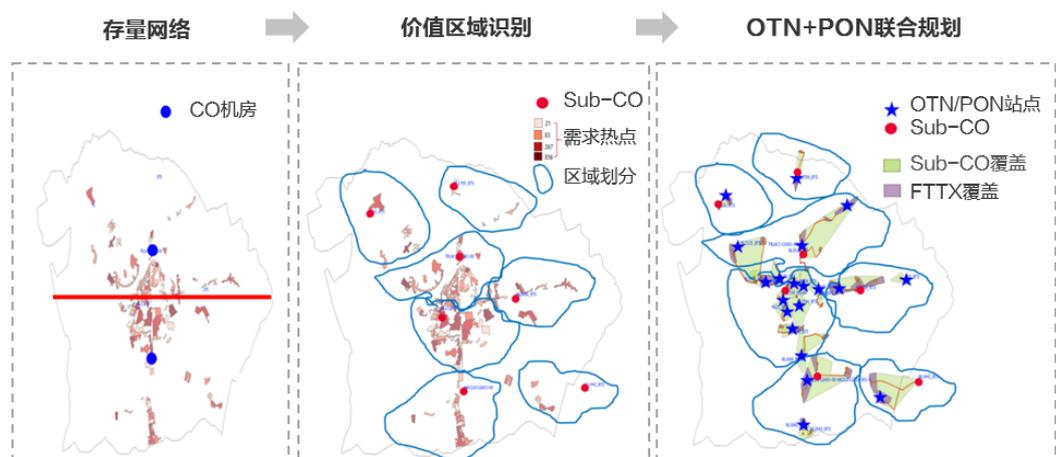
4.1 精准规划工具

移动运营商 FMEC 融合建网，不像固网运营商那样具有丰富的 FBB/专线运营经验，因此规划设计是关键。

华为 Edge OTN 解决方案提供 uNetBuilder 自动规划工具，可以帮助客户识别价值区域（综合业务接入区），精准建网，支持和家宽 AirPON 及企业专线接入点联合规划。从而采用“先光后电”的精准建网策略，在热点区域（价值区域）同步部署光层和电层，非热点区域只需要部署光层，有效平滑投资。

- uNetBuilder 基于 GIS 大数据，采用区域价值指数等模型，通过住户数、楼房类型、房屋租赁率、房屋价格、建设年限、无线流量等多维度分析识别价值用户。通过价值用户的聚类，可以进一步识别价值区域类别。
- uNetBuilder 支持自动精准还原路由和 CTC 算法，自动从海量的站点中选择综合成本最优的站点规划，形成综合成本最优的综合业务接入区规划。

图4-1 综合业务接入区规划



4.2 全场景部署能力

华为 Edge OTN 采用超高集成度和全场景环境适应性的 Optix OSN 1800 系列产品，利旧站点基础设施为客户提供快速低成本建网解决方案。其中 ACC 采用 OSN 1800 II TP 或 OSN 1800 II Pro 2U 子架，AGG 采用 OSN 1800V Pro 5U 子架，实现“一环一纤、一站一盒、一维一板”超高集成度。

室外柜方案

Edge OTN 方案的室外柜满足 IP55 防水防尘要求，采用专利热交换技术，提升散热效率 30%，支持高温环境的稳定运行。采用 2 层 2 面防护和 23 轮喷涂以实现高防腐，在离海 500 米的海边使用寿命可达 20 年。

表4-1 室外柜介绍

名称	外观	说明
M500 室外机柜		<ul style="list-style-type: none"> 尺寸：1600mm(H) x 650 mm(W) x 480 mm(D)，带增强散热模块是高度为 1850mm。 场景：AGG 站点 机柜能力：一柜最大安装 2 个 5U 子架，支持 OTN 与 OLT 共柜安装，散热最大支持 2300W。
M50 Pro 室外柜		<ul style="list-style-type: none"> 尺寸：650mm(H) x 220 mm(W) x 380 mm(D) 场景：ACC 站点 能力：一柜最大安装 1 个 2U 子架和 1 个 1U 子架，支持 OTN 与 miniOLT 共柜安装，散热最大支持 1000W。

AGG 站点方案

AGG 站点部署 OSN 1800 V Pro 设备，光层支持 1D2S（1 维度 2 槽位）上下 40 波，电层支持单槽位 400G，光电融合平台支持子架、槽位灵活规划。

表4-2 OSN 1800 V Pro 子架介绍

名称	外观	说明

名称	外观	说明
1800 V Pro		<ul style="list-style-type: none"> • 5U 高机盒，14 个业务槽位 • 电层单槽位最高 400G • 光层 1D2S，上下 40 波

OSN 1800 V Pro 支持室内室外站点灵活部署。

- 室内站点部署：支持 21 英寸/19 英寸机柜安装，最大支持一柜六框，实现高密度汇聚，机柜空间利用率提升 100%。
- 室外站点部署：采用 M500 室外柜满足机房部署要求，支持与 OLT/BBU 共柜安装。

图4-2 AGG 站点方案



ACC 站点方案

ACC 站点部署 OSN 1800 II TP/OSN 1800 II Pro 设备，光层支持 1D1S（1 维度 1 槽位）上下 4 波，电层支持单槽位 400G，光电融合平台支持平滑扩容。

表4-3 OSN 1800 II TP/OSN 1800 II Pro 子架介绍

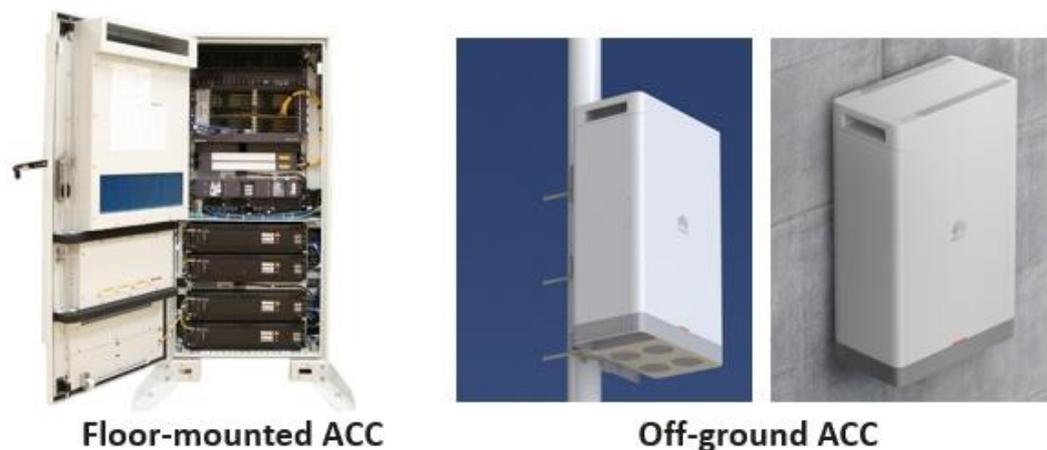
名称	外观	说明
1800 II TP		<ul style="list-style-type: none"> • 2U 高机盒，6/7 个业务槽位 • 电层板单槽位最高 400G • 光层 1D1S，上下 4 波 • 支持分布式电层交叉
1800II Pro		<ul style="list-style-type: none"> • 2U 高机盒，6 个业务槽位 • 电层板单槽位最高 400G

名称	外观	说明
		<ul style="list-style-type: none"> 光层 1D1S, 上下 4 波 支持集中式电层交叉

OSN 1800 II TP/OSN 1800 II Pro 支持安装在 M500 或 M50 Pro 室外柜中。

- M500 室外柜部署：支持与 BBU 或 OLT 共柜安装，充分利旧，快速扩容。
- M50 Pro 室外柜部署：支持抱杆安装、壁挂式安装，支持与 BladeBBU/BladeOLT 共站安装，实现 Zero-footprint。

图4-3 ACC 站点方案



4.3 光层电层创新方案

4.3.1 极简光层

华为 Edge OTN 采用 5 合 1 高集成度光层板和创新灰光彩光混传技术实现极简光层。

传统光层需要 5 个单板才能实现一个光方向的传输，华为 Edge OTN 通过对光放/OTDR/FIU/合分波/光监控的极致小型化的设计，把一个方向的光层模块全部集成到一个单板上。

- ACC 站点采用 1 维度 1 槽位（1D1S）单板，支持 4 波上下。
- AGG 站点采用 1 维度 2 槽位（1D2S）单板，支持 40 波上下。

5 合 1 光层板空间占用降低 80%，光层板间连纤降低 70%，支持一键式连纤校验，降低调测时间 80% 以上，单站交付成本降低 20% 以上。

图4-4 高集成度光层

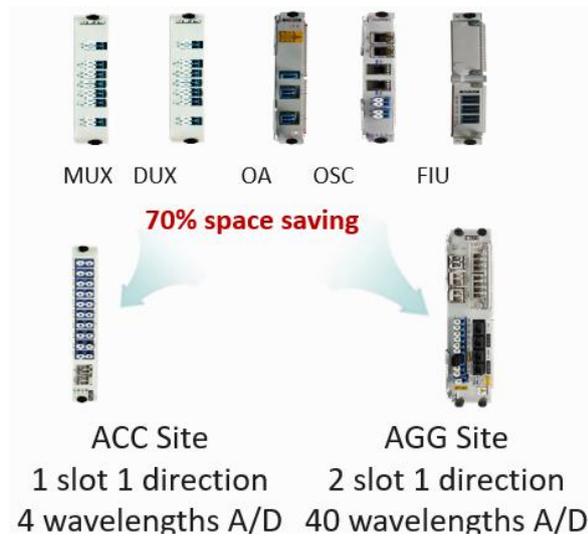


表4-4 关键光层单板介绍

名称	外观	说明
MD40AFS		<ul style="list-style-type: none"> • 1D2S 光层板，40波上下 • 集成 OSC/OTDR/OA/FIU/MUX-DEMUX • 双槽位
MR4AFS		<ul style="list-style-type: none"> • 1D1S 光层板，4波上下 • 集成 OSC/OTDR/OA/FIU/MUX-DEMUX • 单槽位

4.3.2 X+Y 分布式电层

华为 Edge OTN 采用创新的 X-Mesh 背板和 Y-Ponder 电层板支持 ACC 站点的灵活调度和扩容需求。

- Y-Ponder 电层板采用“支路-线路-背板”三通的 Y 型架构，可以同时支持客户侧和背板侧业务接入，从而提升线路带宽利用率，降低电层成本和功耗。
- X-Mesh 背板可以降低初期部署的成本和功耗，通过合理的槽位规划，不需要部署高成本高功耗的集中交叉板，即可支持支路板和线路端口间的业务交叉调度能力，为后期的电层扩容做了预留。

X+Y 创新分布式电层可以支持多种业务模型，早期的 FBB/MBB 业务从 Y-Ponder 板的客户侧直接接入，汇聚到线路端口传输。后续扩容时，只需要新增支路单板来接入专线等新增业务，通过 X-Mesh 背板调度到线路端口传输，有效解决 Ponder 板端口数量不

足的问题，充分利用线路侧剩余的带宽。可提升线路带宽利用率 40%，降低功耗约 15%。

图4-5 X-背板+Y-ponder 架构

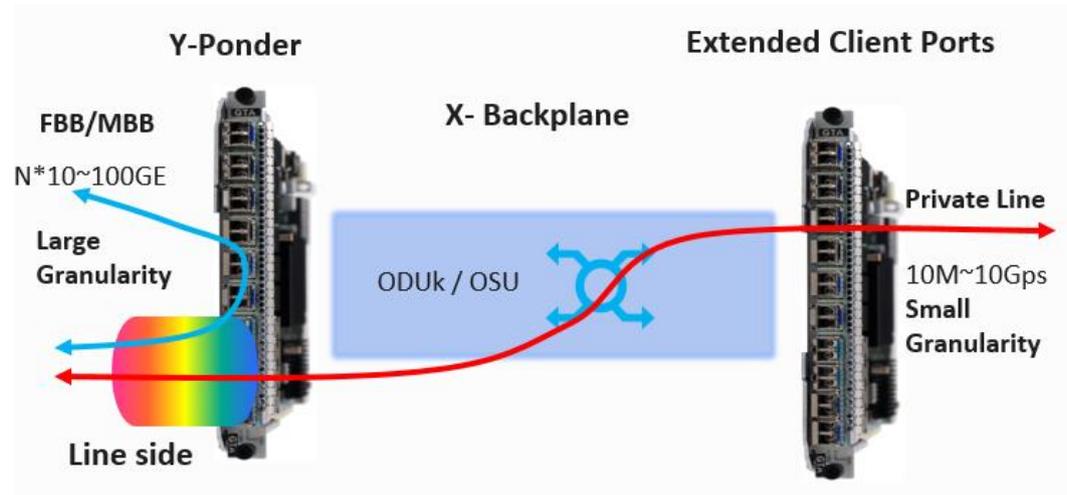


表4-5 关键电层单板介绍

名称	外观	说明
MTA		<ul style="list-style-type: none"> 4*25G Y-Ponder 板 线路侧支持 4*10G/25G，客户侧支持 6*10GE 单槽位
MDC		<ul style="list-style-type: none"> 50G Y-Ponder 板 线路侧支持 1*25G/50G，客户侧支持 1*40GE/50GE 单槽位
MDCA		<ul style="list-style-type: none"> 200G Y-Ponder 板 线路侧支持 1*200G，客户侧支持 2*100GE+10*10GE 双槽位
LDCD		<ul style="list-style-type: none"> 2*200G Ponder 板 线路侧支持 2*200G，支路侧支持 4*100GE 单槽位

4.3.3 创新线路速率

华为 Edge OTN 支持 10G/25/50G/100G/200G 多种波分侧速率，灵活匹配不同类型的站点带宽模型。

早期的 10G 接入环带宽已难以满足业务需求，但是一步扩容到 100G 网络又存在早期投资太高的问题。FMEC 网络亟需合适的中等速率线路口来满足平滑建网的需求。

25G 和 50G 线路速率对应的 OTU25/OTU50 已经于 2020 年 3 月在 ITU G.709.4 建议中标准化发布，成为接入层网络的新选项。相对 10G 速率，25G 速率可实现单 Bit 成本降低 50%，功耗降低 50%。

表4-6 光模块介绍

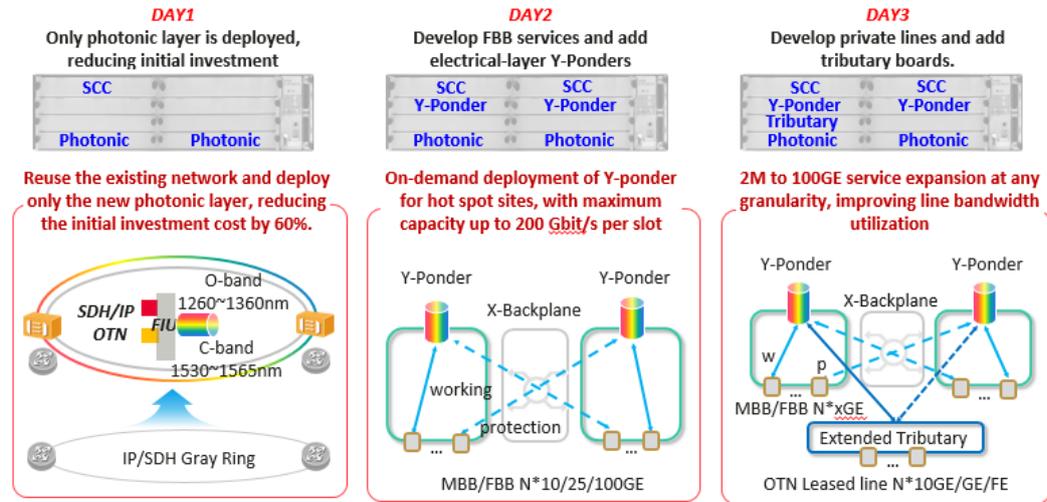
光模块类型	外观	说明
10G SFP+		线路侧彩光，非相干
25G SFP28		线路侧彩光，非相干
50G QSFP28		线路侧彩光，非相干
100G/200G CFP2		线路侧彩光，相干

4.3.4 平滑演进典型方案

华为 Edge OTN 支持创新的灰光彩光混传方案，通过对合分波模块的优化设计，让 O-band（灰光）和彩光（C-band）可以在同一对光纤中传输，光纤容量提升 800 倍，同时最大化存量网络价值。

- 现网的存量 IP/SDH 灰光环可以通过 O-band 直接穿通，现网“0”改造，保护存量设备投资，无需对存量业务做任何的改动和迁移，避免海量存量业务的割接，减少 90% 业务中断时间，大幅降低业务迁移的风险和成本，真正实现网络的平滑演进。
- 新增彩光传送能力，支持一跳直达按需扩容，ACC 环可以支持从 40 波*10G->40 波*200G 演进。配合 X+Y 创新分布式电层技术，可以持续平滑扩容，Pay As Your Growth。

图4-6 持续演进, PAYG



4.4 智慧运维

4.4.1 NCE 智能管控

华为 iMaster NCE 自动驾驶网络管理与控制系统是业界首个集管理、控制、分析功能于一体的网络自动化与智能化平台，实现了物理网络与商业意图的有效连接。向下实现全局网络的集中管理、控制和分析，面向商业和业务意图使能资源云化、全生命周期网络自动化，以及数据分析驱动的智能闭环；向上提供开放网络 API 与 IT 快速集成。通过引入增强 AI 算法、大数据、强大算力和自动化等关键技术，构建智能化的全光网络。

图4-7 智能化运维



4.4.2 光层自动调测

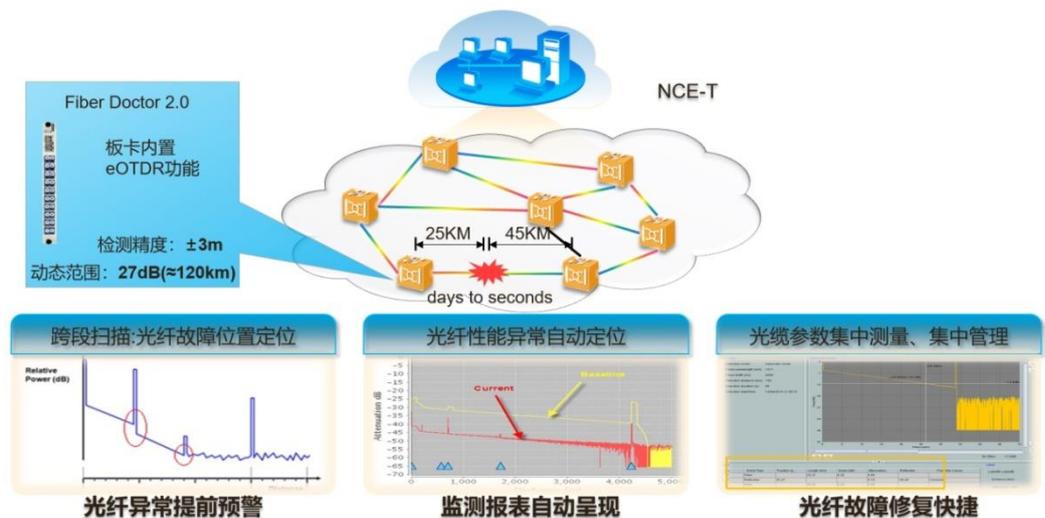
华为 Edge OTN 光层单板内置 Optical Sensor，支持光层自动调测，极大的简化了开局步骤。

- 自动连纤检测：在开局阶段，硬装人员完成安装和设备上电后，通过按钮一键式操作，软件自动检测单板间的物理连纤正确性，并自动生成逻辑连纤配置、自动配置 OTU 单板波长，实现一键式自动开局，减少了大量人工操作，避免二次进站。
- 自动光功率调测：通过内置光线路 Sensor 和可调衰减器，自动调测工具可以按照组网拓扑，自动调平上下波长和穿通波长光功率，降低了对操作人员的技能要求，网络调测时间从天级提高到分钟级。

4.4.3 智能光纤管理

华为 Edge OTN 支持智能光纤管理系统（Fiber Doctor System，简称 FD），实现对网络中线路光纤的监控管理，FD 系统通过将 OTDR 探测信号调制在光监控信号中，利用光纤瑞利散射及菲涅尔反射原理探测光纤损耗变化的大小和位置，并将检测数据上报网管，及时把握线路健康状况，实现对光纤连接状态的精准检测和在线监测（不影响业务），协助维护人员分析光纤接口、熔纤点质量，快速定位光纤质量问题，节省光纤现场维护成本和方便工程实施。

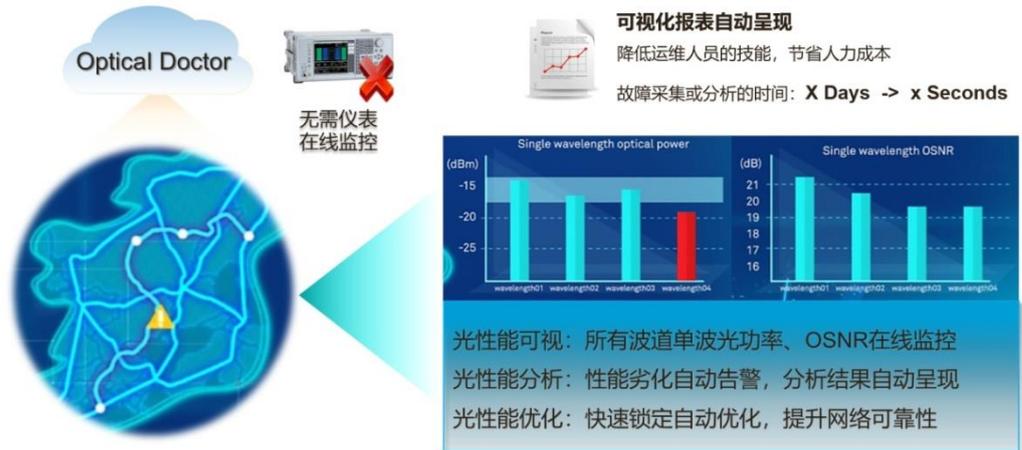
图4-8 FD 系统



4.4.4 智慧光性能管理

华为 Edge OTN 支持智能光层管理系统（Optical Doctor 系统，简称 OD），实现对波分网络光层性能端到端、精细化、数字化管理。依托于 OD 系统，华为 Edge OTN 可实现对光层参数集中式配置以及各种速率波长的 OSNR 在线监测和图形化显示，能够对网络性能自动化监控、分析、调测和优化，使得 OSNR 检测变得非常方便，极大的提升了日常光层维护的便捷性和节省 OPEX。

图4-9 OD 系统



5 总结

随着品质业务的快速发展和运营商发展 FMEC 业务的需要，为了降低运维成本，传统的分立建网方式向 FMEC 融合建网方式转变成为必然。

Edge OTN 通过灵活全场景站点能力、极简光层技术、ODU/OSU 电层调度能力以及自动化运维技术的结合，提供创新 FMEC 融合建网解决方案；通过一跳直达的架构和按需部署的策略，支持 OTN 快速部署到 CO 以及 CO 以下的价值站点，支持与 RRU/AirPON 共站点、共抱杆，可以大幅降低建网成本，加快业务开通时间。

A 缩略语

Number

1D1S	One Direction One Slot	1 维度 1 槽位
1D2S	One Direction Two Slots	1 维度 2 槽位

A

ACC	Access	接入
AGG	Aggregation	汇聚
AI	Artificial Intelligence	人工智能
API	Application Programming Interface	应用编程接口
AR	Augmented Reality	增强现实

B

BBU	Baseband Unit	基带单元
BC	Boundary Clock	边界时钟

C

CFP	centum form-factor pluggable transceiver	100G 封装可插拔光模块
CO	Central Office	中心局
CTC	Center&Tree Cover	

D

DC	Data Center	数据中心
-----------	-------------	------

F

FBB	Fixed BroadBand	固定宽带
FD	Fiber Doctor System	智能光纤管理系统
FIU	Fiber Interface Unit	光纤接口单元
FMEC	Fixed, Mobile, and Enterprise Convergence	固定、移动和企业融合

G

GIS	Geographic Information System	地理信息系统
------------	-------------------------------	--------

I

ICT	Information and Communications Technology	信息和通信技术
ITU	International Telecommunication Union	国际电信联盟

K

KPI	Key Performance Indicator	关键性能指标
------------	---------------------------	--------

M

MBB	Mobile BroadBand	移动宽带
MUX-DEMUX	Multiplexer/Demultiplexer module	合分波器

N

NCE	Network Cloud Engine	网络云化引擎
NGOF	Next Generation Optical Transport Network Forum	新一代光传送网发展论坛
NR	New Radio	新空口

O

OA	Optical Amplifier	光放大器
OD	Optical Doctor System	智能光层管理系统
ODU	Optical channel Data Unit	光通道数据单元

OLT	Optical Line Terminal	光线路终端
OPEX	OPerating EXpense	运营支出
OSC	Optical Supervisory Channel	光监控信道
OSN	Optical Switch Node	光交换节点
OSNR	Optical Signal-to-Noise Ratio	光信噪比
OSU	Optical Service Unit	光通道业务单元
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer	光时域反射仪
OTN	Optical Transport Network	光传送网
OTT	Over The Top	
OTU	Optical Transponder Unit	光转换器单元
P		
PAYG	Pay As You Grow	随成长付费
PCB	Printed Circuit Board	印制电路板
PID	Proportional-Integral-Derivative	比例积分微分
PON	Passive Optical Network	无源光网络
Q		
QSFP	Quad Small Form-factor Pluggable	四通道 SFP 接口
S		
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字体系
SFP	Small Form-factor Pluggable	小型可插拔
SMP	Separated Multiple Point	
T		
TDD	Time Division Duplex	时分双工
V		
VR	Virtual Reality	虚拟现实