

The VIAVI logo is positioned in the top right corner of the page. It consists of the word "VIAVI" in a bold, white, sans-serif font, where the letters are slightly spaced out. The background of the page is a photograph of two technicians on a rooftop working on a complex array of cables and equipment. The image is overlaid with a blue and purple geometric design on the left and top right.

VIAVI Solutions

应用指南

# 5G 网络部署手册

第二版



## 目录

简介 .....	第	无线网络测试 .....	24
光纤在 5G 中的角色 .....	4	– 射频特征分析和符合性测试 .....	25
光纤测试 .....	6	– 5G 波束分析 .....	26
– 光纤端面检测 .....	6	– 5G 载波聚合 (x8) .....	26
– OTDR 测试 .....	7	– 余晖实时频谱验证 .....	27
WDM (波分复用) .....	8	– 5G 覆盖范围分析 .....	28
– xWDM 测试 .....	11	– RF over CPRI 测试 .....	29
– 信道检查 .....	11	天线指向校准 .....	31
– WDM OTDR 测试 .....	12	劳动力和资产管理 .....	36
– PON OTDR 测试 .....	12	结论 .....	37
光功率测量 .....	14	解决方案指南 .....	38
光纤监控 .....	14		
前传传输网络 .....	16		
– 同步测试 .....	17		
– FTN 测试 .....	19		
– GPS 测试 (GPS 信号/卫星覆盖范围测试) ...	20		
– PTP 测试 (PTP 定时误差测试) .....	21		
– 以太网测试 .....	21		
– 网络性能测试 (OTN 测试) .....	22		
– 虚拟网络性能测试 .....	23		

## 简介

在 5G 从实验室中的概念转变为现场中的部署的过程中，现场工程师、技术人员和安装人员要努力克服许多难题，以确保成功部署。在实验室中验证 5G 是一回事，但将其扩展到现场是另一回事，需要可靠、高效和可扩展的 5G 测试及验证解决方案。因为 [5G 技术](#) 贯穿网络的各个方面，也就是说核心网络、传输网络、无线电接入网络 (RAN) 以及共同承载该网络的基础光纤网络，因此，如果有高效、易于使用和通用的现场验证和保障解决方案，将可帮助服务提供商成功启动 5G 技术，同时维护现有的 4G 基础设施。让我们分析一下 5G 及其相关技术中引入的一些网络变化。

5G 的一个主要使用案例是增强的移动宽带 (eMBB)，其通过空中接口提供的带宽将达到数十 Gbps。这种高吞吐量要求网络基础设施在目前服务水平的基础上进一步发展，从而促使全球各地的服务提供商升级他们的光纤基础设施来支持 5G 流量需求。5G 的一项关键特征是，能够提供 eMBB 服务的同一网络将足够灵活，也可提供超级可靠的低延迟通信 (uRLLC)，这意味着某些传输和射频功能能够以虚拟方式位于不同位置。网络功能虚拟化和网络切片使运营商能够在同一网络上提供不同的应用程序和服务，从而帮助他们可针对 5G 的不同使用案例提供相应的应用和服务。但是，这种技术转变会增加网络部署和管理的复杂性。

一些关键的 5G 挑战归纳如下：

1. 新的复杂技术（毫米波 (mmWave)、下一代无源光网络 (NGPON)、自适应天线系统、前传功能拆分、针对延迟优化的帧结构、虚拟化和网络切片等）
2. 光纤和承载基础设施升级
3. 升级的规模（小站数量扩增 20 到 30 倍）
4. 管理多种 RAN 技术
5. 管理复杂工作流程的需要更高的技能
6. 管理资本支出和运营支出

如同每种 3GPP 技术一样，5G 也将覆盖多个版本。在 5G 的第一个阶段（版本 15）中，将支持非独立 (NSA) 选项，从而允许早期的采用者将其 4G 核心与 3GPP NR 无线电结合使用来提供 5G 服务。版本 15 的第 1 阶段将主要讨论 eMBB、uRLLC 和大规模 MIMO。

版本 15 的第 2 阶段将实现独立 (SA) 操作，从而在下一代核心上实现 5G 服务。尽管在版本 15 的第 2 阶段中将支持网络功能虚拟化和网络切片，但要一段时间之后我们才会看到这些技术在现场实现。在版本 16 及更高版本中，我们将看到对工业物联网、车用无线通信技术 (V2X)、免执照频段和更高频谱 (>52.6 GHz) 的支持得到增强，该版本将可能在稍后阶段（2020 年以后）进行商用部署。

## 光纤在 5G 中的角色

在谈到 5G 时，光纤受到的关注很少，但事实上，为了让 5G 取得成功，传送 5G 服务的有线网络基础设施将发挥重要作用。大多数情况下，整个网络将由光纤组成。这将促使服务提供商投资数十亿来进行新光纤部署和/或升级光纤基础设施。当今的网络基础设施无法处理 5G 的所有使用案例，其中包括千兆字节的数据吞吐量、增强现实、大规模机器类型通信和互联汽车等。所有这些都必须在同一物理网络上得到支持，并且具有不同的延迟、吞吐量和可靠性 SLA 要求。根据 [Ericsson 的微波展望报告](#)，到 2023 年，包括东北亚在内，接近三分之二的回传网络将为光纤网络（请参见图 1）。

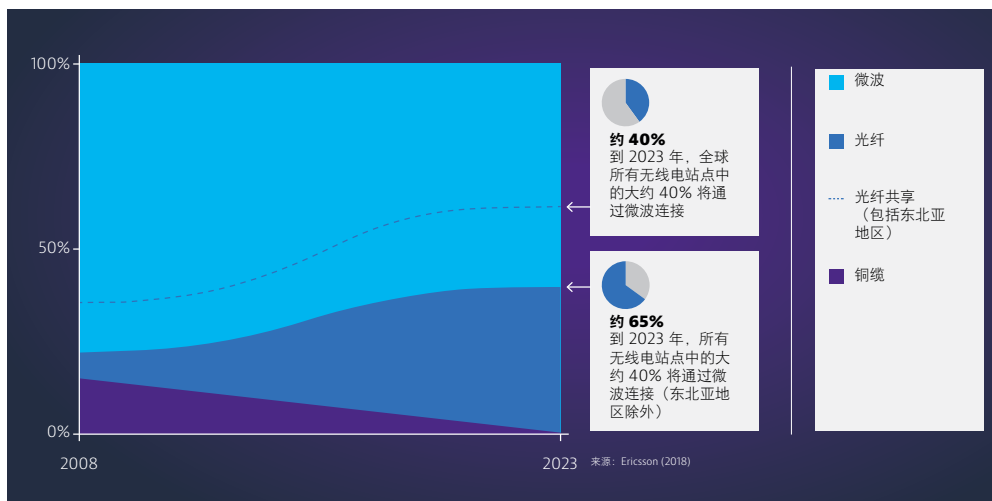


图 1: 全球回传介质分布情况

1243.900.0922

但所有这些光纤升级都要求运营商拥有具备适当技能的资源，以及用于部署和维护光纤基础设施的测试解决方案。不这样做可能会显著影响 5G 服务的质量，并且将增加服务提供商的资本支出和运营支出。

如图 2 中所示，数据中心中下一代核心 (NGC) 与具备 5G NR 功能的有源天线系统 (AAS) 之间的所有连接都包含光纤物理接口。为连接 AAS 而采用的技术可能会有所不同，比如 NGPON、CWDM、DWDM、eCPRI、ORAN 等；但用于验证每个光纤连接的基本要求仍然有效。



图 2: 典型 5G 网络体系结构

1244.900.0922



图 3: 典型网络生命周期

1245.900.0922

任何网络提供的服务的质量都取决于网络生命周期的每个阶段执行的特定操作。从网络建立伊始，直到逐步淘汰，网络运营商都一直忙于确保其资本支出和运营支出投资能实现最佳回报。花点时间来了解图 3 中所示的不同网络生命周期阶段，以及为确保网络提供尽可能最佳的服务质量所需的操作，将是值得的。

## 规划

精心规划是实现最佳无线网络的关键。确定应用级别的关键覆盖区域和容量要求可帮助服务提供商找到适用于其网络的正确解决方案和体系结构。网络组件和基础设施需要设计为可满足将来的网络增长需求，并可在符合目标服务水平协议 (SLA) 的情况下交付，以及满足关键绩效指标 (KPI)。

## 安装和调试

在实施阶段安装网络基础设施时，服务提供商、其供应商和承包商需要确保每个物理接口（光纤、铜缆和射频连接）得到适当测试和验证，然后调试团队才能验证呼叫处理和服务确认。不这样做可能会导致上市时间 (TTM) 过长和收入损失，并导致在将来要花费大量的运营支出。

## 验收

不管整个网络是同时启动还是以部分群集方式启动，都必须在部署商用流量之前执行集成和验收测试。必须验证诸如吞吐量、断开的连接、接入故障、切换等 KPI。在升级或采用新技术的情况下，还需要验证与传统网络的交互情况。如果任何这些验收标准要求未得到满足，商业服务和收入顶线同样会受到负面影响。

## 维护

验收之后，服务提供商或托管服务合作伙伴负责网络的维护和保障。任何问题，不管是硬件、软件还是配置相关问题，都需要得到快速隔离和修复，否则服务的网络质量将受到影响，从而导致客户流失。服务质量真正取决于网络的整个生命周期中测试和测量实践。

### 需要测试什么？

如前所述，不管服务提供商是在部署新技术还是启动绿场网络，都需要对作为整个网络一部分的所有射频和光纤组件、连接和无线电传输基础设施进行测试。在此部分中，我们将讨论对成功和及时启动 5G 必不可少的一些关键光纤、以太网和射频测试，特别是为 5G 升级或部署的组件和技术。

## 光纤测试

在 5G 升级过程中，我们希望看到在现场部署更多的多光纤推接 (MPO) 连接器，从区域数据中心一直部署到集中式的无线接入网 (C-RAN)。由于部署规模的原因，拥有正确的工具在几秒钟内快速检测 [MPO 连接器](#) 的所有光纤现在比以往更加重要。

### 光纤端面检测

被污染的连接器的首要原因。混入到光纤纤芯中的一颗微粒即可造成严重的后向反射和插入损耗，甚至会损坏设备。运营商应遵守“[先检测，后连接](#)”流程，在连接器对接前确保光纤端面保持洁净。



1246.900.0922

图 4：“先检查，后连接”过程



图 5: VIAVI FiberChek Probe 和 Sidewinder

## OTDR 测试

[光时域反射仪](#) (OTDR) 允许技术人员检测、定位和测量光纤链路上的事件（例如对接的连接器、熔接、弯曲、末端和中断），并且可通过仅访问光纤的一端（单向测试）来测量以下属性：

- 衰减 – 光纤跨度沿线两个点之间的光功率或信号损耗或者损耗率。
- 事件损耗 – 某个事件前后光功率电平的差异。
- 反射系数 – 反射功率与某个事件的入射功率之比。
- 光回波损耗 (ORL) – 反射功率与某条光纤链路的入射功率之比。

有了 VIAVI [SmartOTDR](#) 和 [4100 系列 OTDR 模块](#)，任何技能水平的技术人员都能执行所有必需的光纤测试。智能链路映射 (SLM) 应用程序以图标形式显示每个事件，从而可为技术人员提供整个链路的示意图，帮助他们更高效地使用 OTDR，而不需要能够解读和理解基于 OTDR 轨线的结果。

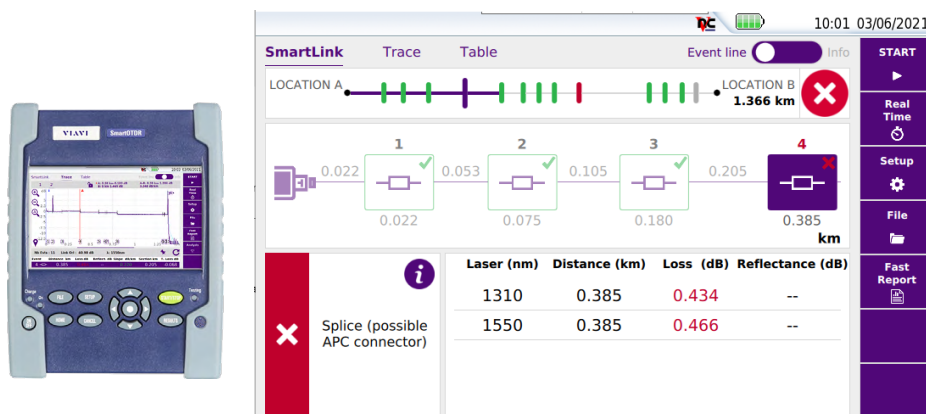


图 6: SmartOTDR 和 SmartLinkMapper 应用程序

使用针对特定类型应用（例如 xWDM、无源光网络等）的具有 OneAdvisor-800™ 的正确 OTDR 模块，技术人员可以快速执行插入损耗、光回波损耗测试，并定位光纤链路上的任何异常，如接头、弯曲和断裂。OneAdvisor-800 是完美的基站现场维护解决方案，具有模块化测试功能，可对所有类型的基站性能问题进行故障排查。



图 6a: 具有 OTDR 模块的 OneAdvisor 800

为了更准确地对光纤链路和单独的事件进行特征分析，并在进行单向测试时尝试揭示出可能已被 OTDR 自己的盲区性能隐藏的其他事件，暗纤供应商或光纤所有者/运营商可以执行**双向测试**。这样可以更准确地测量事件（损耗和反射等），并确认它们在两个方向上都是相同的，由于光纤的公差，不匹配或熔接，可能会导致光损耗过多或不同（或从不同方向观察时的表现收益）。

请记住，在安装光纤时，您绝对不可能 100% 确定该光纤将用于哪个方向的服务。许多应用都是包含一条发射光纤和一条接收光纤的双光纤，但还有一些由单光纤实现，在同一光纤上使用不同的波长实现方向相反的发射和接收。

VIAMI **FiberComplete PRO™** 是一种全功能自动化单一测试端口解决方案，可测试双向插入损耗 (IL)、光回波损耗 (ORL) 和 OTDR。

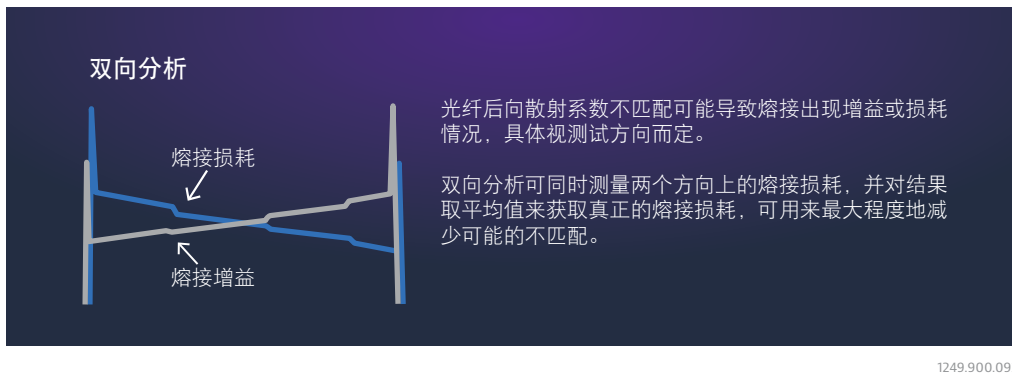


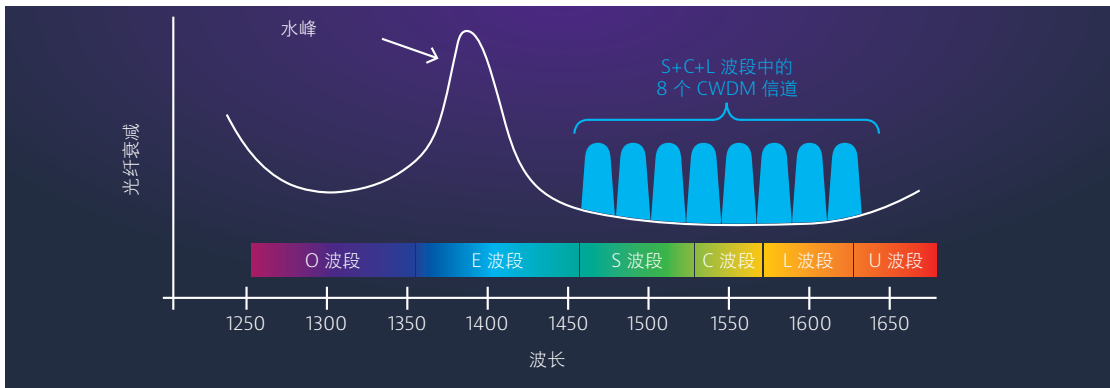
图 7: FiberComplete 应用

## WDM（波分复用）

WDM 允许服务提供商在光纤束的任一端添加新设备来增加容量，并合并单一光纤束上的多个波长/信道。多路复用器用于将波长合并到单一光纤上，解复用器用于分离另一端上的波长。采用了四种主要技术：

**粗波分复用 (CWDM)** 可在单一光纤上提供多达 18 个信道（或波长），从而实现更高的容量。为了节省成本和降低复杂性，并且由于信道间隔较宽的原因，CWDM 网络通常是没有有源放大器的无源网络，它可以利用比较便宜的组件（SPF 发射/接收收发器、多路复用器/解复用器以及滤波器），从而进一步降低其部署成本。请记住，接入网络的关键驱动因素是价格/成本之比。此外，由于只有 18 个信道，因此管理和维护起来更容易（部署和维护期间只有 18 种 SFP 器件要管理）。无源 CWDM 通常仅用于最长 80 千米的距离。不过，对于 40 到 80 千米之间的距离，可用的信道数会减少到最多 8 个，这是因为光纤在承载 1470 纳米以下波长信号时由于水峰的原因会出现衰减。所有传输波段中每个波长的损耗称为光纤的衰减特征 (AP)。不同光纤和光纤类型的 AP 不同，并且将部分指示可用信道数，后者会对容量可扩展性产生影响。低水峰光纤已经上市一段时间了，但除非您对导管中的光纤有把握，否则最好进行检查。最终，对于无源链路，收发器的光预算、无源元件损耗、熔接/连接器损耗和光纤的 AP（即每千米每波长的光损耗）将定义可达到的最大链路长度。



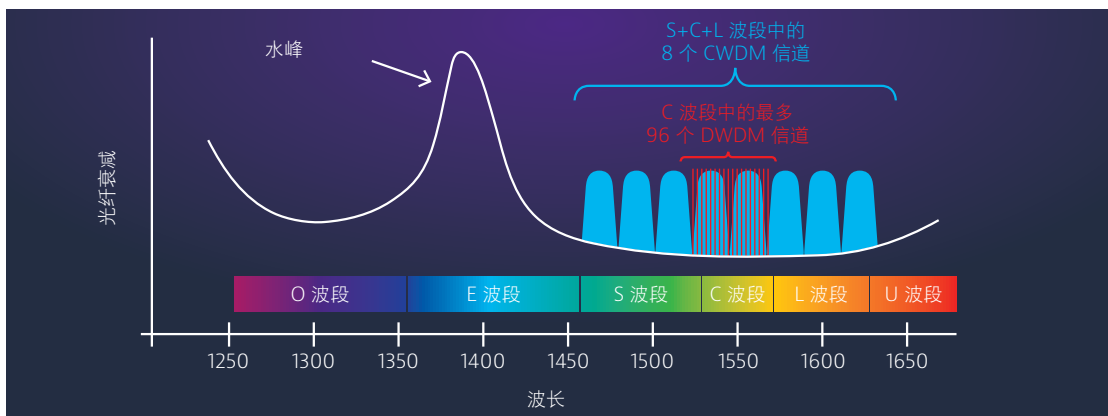


1252.900.0922

图 8: S + C + L 波段中的 CDWM 信道

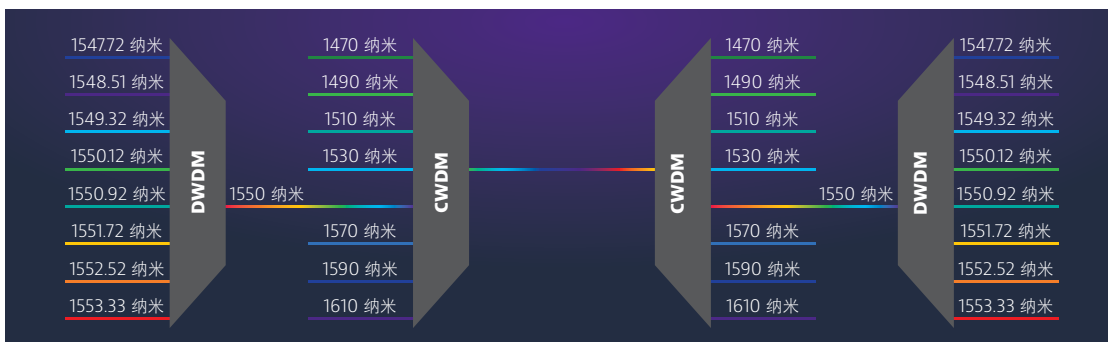
**密集波分复用 (DWDM)** 可使每条光纤提供最多 96 条信道，具体视所使用的间隔而定。100 GHz 的间隔仍然最常用，但当今的 DWDM 系统可支持 50 GHz (0.4 纳米) 甚至 25 GHz 的间隔，并最多可提供 160 个信道。考虑到这个问题，WDM 每个信道的间隔为 20 纳米。DWDM 网络可以为无源或有源，具体使用哪种方法主要取决于所涉及的距离、当前数据要求以及将来的容量需求。对于无源 WDM，无源 DWDM 的最大距离将取决于收发器的光预算以及每个波长每千米的光纤损耗 (即 AP)。

**混合 CWDM 和 DWDM (xWDM)** 提供了一种可能性，能够通过使用适当的 CWDM 信道来适应多种 DWDM 波长，从而扩展 CWDM 基础设施的容量。在这种混合环境中，DWDM 波长通常使用 100 GHz 间隔，原因有两个：第一是为了使传输的波长中的漂移较小，以便滤波不会影响其他服务，第二是最大程度地降低收发器、滤波器以及多路复用器/解复用器的成本，从而能够利用更便宜的、具有更宽容差的组件。



1250.900.0922

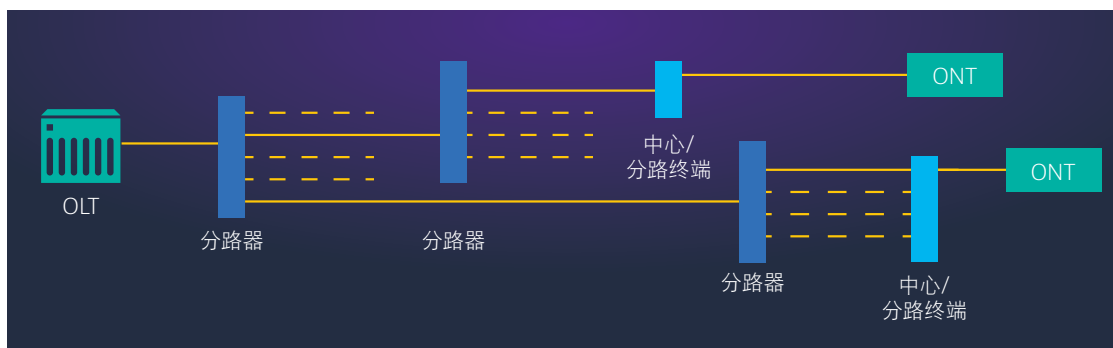
图 9: 混合 CWDM 和 DWDM



1251.900.0922

图 10: 现有 8 信道 CWDM 网络中增加的 8 个 DWDM 信道 (100 GHz 间隔) 的示例

**无源光网络 (PON)** 是一种使用无源分光器为中传（中央单元 (CU) 至分布单元 (DU)）中的更多终端设备提供服务的点到多点体系结构。但包含单节级联分光器的网络体系结构是可行的，实际分路比将因所涉及的距离以及发射器/接收器 (OLT/ONT) 的光损耗预算而异。



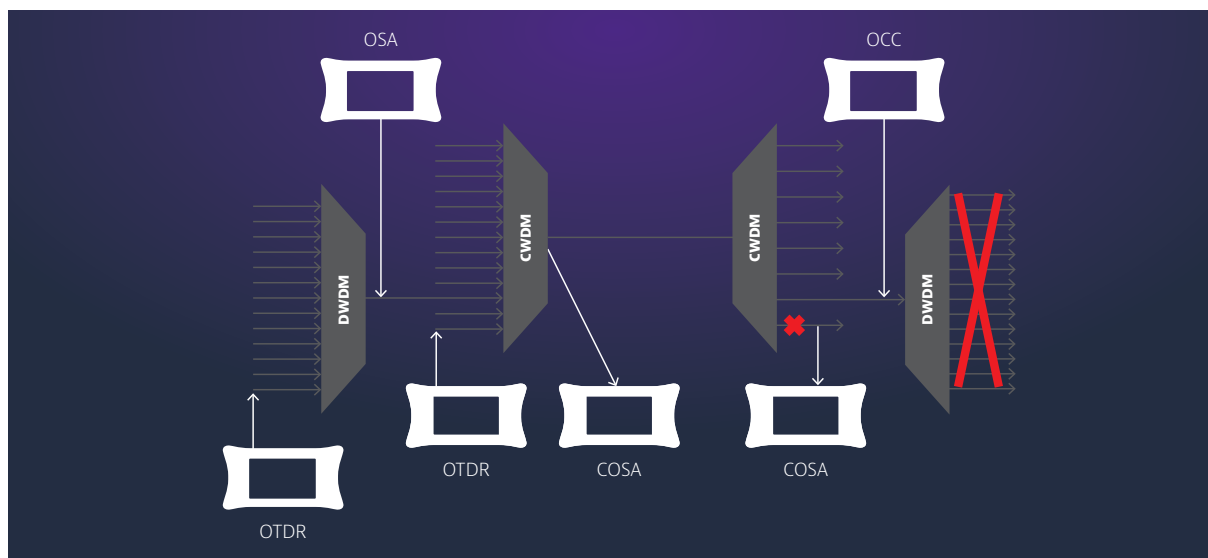
1253.900.0922

图 11: 级联分路 PON 体系结构

或许对分路比的最大影响将归结到每个 DU 所需的数据容量以及使用的 PON 标准 – 请记住，PON 服务是共享服务。举一个粗略的例子，XGS-PON 可提供对称 10Gbps 服务，如果每个 DU 需要固定的 1Gbps，则一个 XGS-PON 服务可支持 10 个 DU，因此是 10 路分路。事实上，实际情况要更复杂些，在考虑了每个 DU 平均与峰值数据要求（加上余量）后，以及通过使用像动态带宽分配这样将来的 PON 功能，您也许能够使用一个 XGS-PON 服务来支持更多 DU。可以达到 40-60 千米的距离，并且像 NG-PON2 这样更新的 PON 标准可通过使用多个上行和下行 10G 波长来提供对称 40Gbps 容量。这对于中短期而言应已足够。然后，根据 eCPRI 的情况（根据所使用的射频调制架构），从中长期来看，将需要更高容量的 PON 标准，例如被认为是 25G PON 的那些标准，单一波长现在将提供 25G，而不仅仅是 10G。PON 还可实现某些点对点 WDM 服务。

## xWDM 测试

预计大多数光纤网络基础架构将会升级，以利用更高的复用技术来提供更高的吞吐量。但是，测试 xWDM 网络却并不那么简单，特别是，因为 DWDM 信道靠得如此之近，所以 DWDM 发射器需要精确的温度控制来维持波长稳定性和正确操作，并且波长滤波器必须要完成传递正确的波长，同时阻止其他波长的任务。这意味着，一个信道的问题可能很容易造成另一端上的信道出现问题，从而使测试和维护 DWDM 网络更加复杂。必须测试 DWDM 网络的损耗、连接器洁净度和频谱质量。必须对 xWDM 网络执行以下测试。



1254.900.0922

图 12: xDWDM 测试

### 信道检查

CWDM 或 DWDM 功率计（又名光信道检查仪 (OCC)），如 VIAVI OCC-55 (CWDM) 和 OCC-56C (DWDM) 可用于执行波长存在和功率电平的基本检查，以验证正确的波长路由。

也可以使用小型 CWDM 或 DWDM 光谱分析仪/光信道检查仪；MTS-2000、4000、4000 V2 和 5800 V2 主机的 [COSA \(CWDM\)](#) 及 [OCC-4056C \(DWDM\)](#) 4100 系列模块来执行相同的波长存在性和功率电平检查。不过，利用新增的 ITU-T 信道数量报告功能，技术人员可以快速测量实际波长来检查是否有漂移或偏移，并报告实际信道间隔（对于 DWDM 特别重要）。同时，双集成 SFP 隔区允许技术人员验证彩色可调 SFP 的波长/信道，这些 SFP 还提供了成为可调光源（可用于链路路由/插入损耗测试）的选项。



图 13: OCC-55

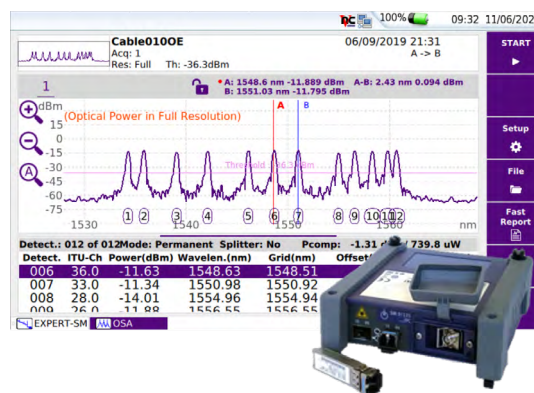


图 14: OCC-4056C DWDM 光信道检查仪模块

## WDM OTDR 测试

可以使用 MTS-2000、4000、4000 V2 和 5800 V2 主机的 CWDM 或 DWDM OTDR（例如 VIAVI 4100 系列 CWDM 和 DWDM OTDR 模块）来验证核心光纤在版本认证过程中以及 WDM 多路复用器/解复用器连接之前传输所有 xWDM 波长的能力。也可以在多路复用器/解复用器连接之后使用它们来验证特定波长的波长路由和损耗，或者进行维护和故障排查，以便发现并定位任何弯曲、中断、坏连接器或熔接。由于多路复用器/解复用器设备中实施的波长滤波的原因，使用传统 1310/1550 纳米波长进行测试的标准 OTDR 无法用于这种二级测试。

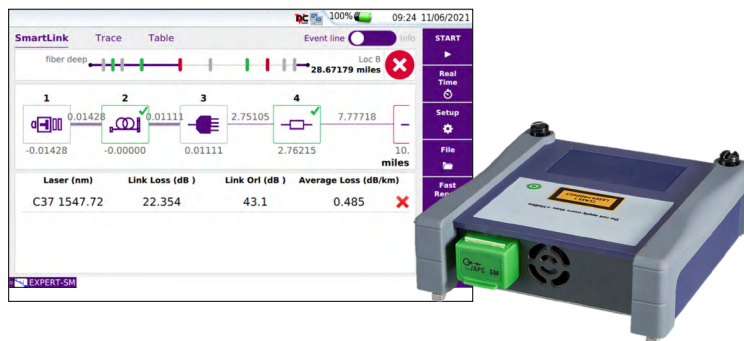


图 15: DWDM OTDR 模块

## PON OTDR 测试（在光纤构建/铺设/施工过程中）

在连接到分路器之前，至少需要对馈送光纤和分布光纤的 IL、ORL 和长度进行双向认证。检查是否存在高损耗连接器或不良熔接需要执行 OTDR 测试，而检查是否存在弯曲则需要多个波长处进行 OTDR 测试。技术人员应至少使用 2 个波长（通常为 1310 和 1550 纳米）来进行弯曲检测，最好使用第三个波长（1625 或 1650 纳米），因为这可以改善弯曲检测，并为技术人员提供了一个解决方案，可用于在激活 PON 后进行在线故障排查 1490 纳米测试下的 OTDR 测试不会产生比 1550 纳米测试更好的结果（见白皮书）。此外，对较长的波长（例如 1625 纳米或 1650 纳米）进行认证可为诸如 NG-PON2 等 PON 业务的 PON 网络提供未来保障。在 PON 网络中，较长的波长位于 L 波段中，更容易受到弯曲所导致的损耗的影响。

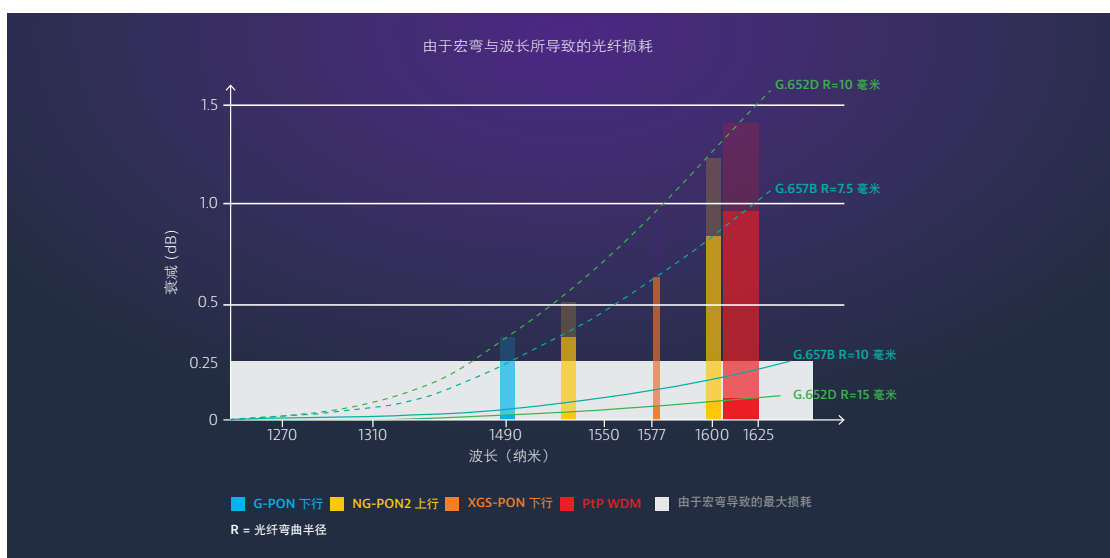


图 16: 弯曲损耗 - 针对最小弯曲半径的波长与光纤类型对比

为了提高 OTDR 结果的准确性，强烈建议执行双向测试。这样，技术人员将能确定可能被 OTDR 盲区隐藏的潜在故障。双向测试将对两个方向上的光纤性能进行认证（请记住，PON 光纤会在上行和下行两个方向上传送光）。自动完成双向测试和报告过程、以易读的格式提供结果（智能链路分析），以及通过单一测试端口执行测试将能显著缩短测试时间、改善测试 workflow 并减少复杂性（即错误和重新测试的风险）。VIAMI FiberComplete 解决方案可自动完成双向 IL、ORL 和 OTDR 光纤认证。

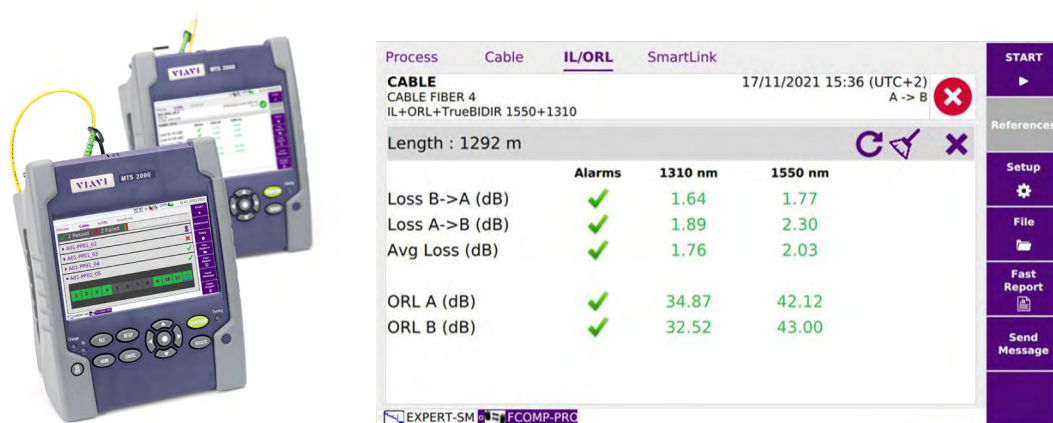


图 17: 适用于 MTS-2000、-4000 V2、-5800 V2 和 OneAdvisor 800 的 FiberComplete

连接分路器之后，需要进行 OTDR 认证来确认最终 PON 版本。技术人员需要检查端到端总损耗，包括分路器损耗。这种检查通常以单向方式从网络的 ONT（光网络终端）/ONU（光网络单元）端进行，回溯到本地局或中心局。使用的 OTDR 利用与专用 PON/FTTx 测试应用程序相结合的多脉冲采集技术，以便通过分路器（单一或级联）进行测试，并对 PON 的所有部分进行特征分析。包含 FTTH-SLM 应用程序的单一 FiberComplete 单元或包含 FTTH-SLM 应用程序的 SmartOTDR 具有这些功能。



图 18: SmartOTDR

智能链路映射 (SLM) 应用程序以图标形式显示每个事件，从而可为技术人员提供整个链路的示意图，帮助他们更高效地使用 OTDR，而不需要能够解读和理解基于 OTDR 轨线的结果。FTTH/PON 的专用 SLM 版本使用 PON 环境独有的特定命名、标签和图标。

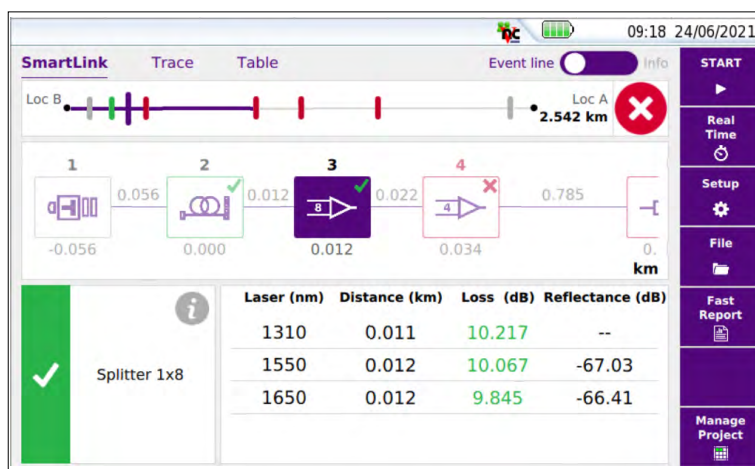


图 19: 光纤到户-SLM

## 光功率测量（在网络激活过程中）

在 PON 网络激活过程中，技术人员必须在最终连接 ONT/小区/无线电之前验证下行和上行光功率电平是否在预期范围内。对于 5G，在 ITU-T 和 IEEE 标准小组考虑诸如 25G-PON 等未来标准的同时，预期将先后采用 XGS-PON 和 NG-PON2。对于 G-PON 以及 XGS-PON 或 NG-PON2，[OLP-87 PON 功率计](#)可执行波长选择性功率电平测量。它还支持直通模式操作和上行突发模式测量，从而同时实现上行和下行功率电平测量。它还可检查设备是否处于活动状态并响应 PON 网络设备（OLT [光线路终端]），从而帮助验证 ONT/ONU 设备。



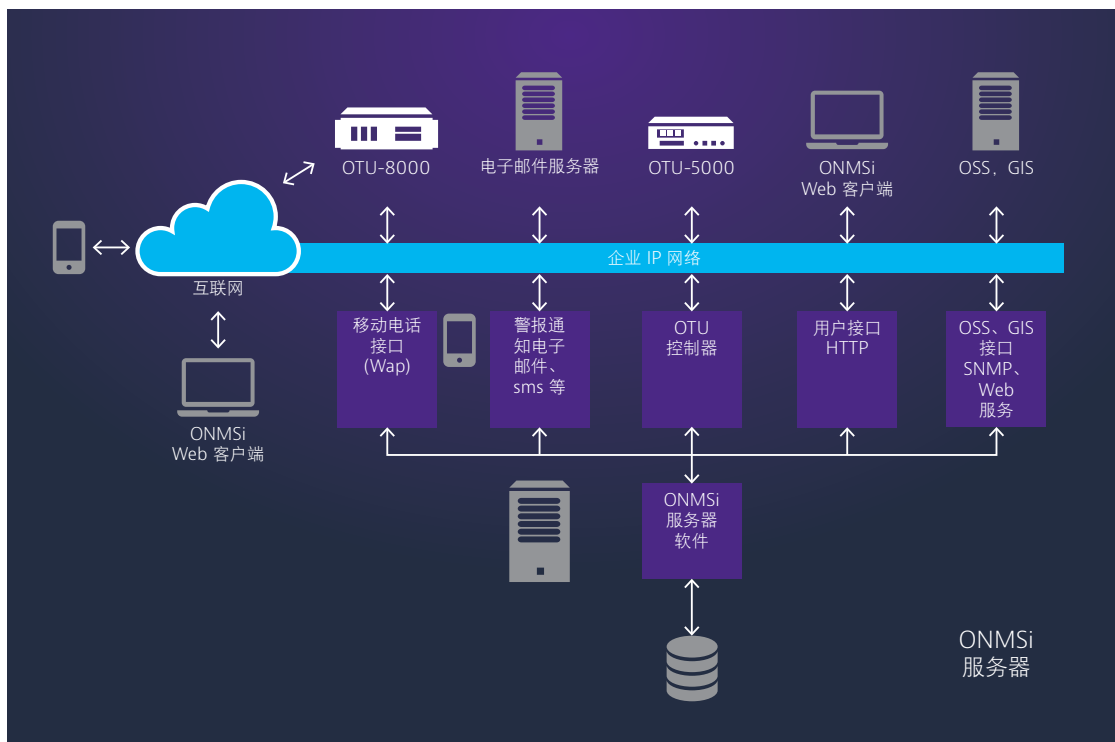
图 20: OLP-87 G 和 XGS-PON 或 NG-PON2 选择性 PON 功率计

## 光纤监控

如前所述，PON 及其变体将在 5G 的光纤基础设施中使用，并且，随着 PON 网络的规模的增大，对故障排查和维护的需求也会增加。通过从诸如移动电话交换局 (MTSO) 等集中位置自动执行 PON 系统的物理层测试，将可缩短预置时间和降低维护成本，并可改善网络服务质量。如前所述，OTDR 可准确找出光纤链路中的故障位置，并对安装中涉及的工艺进行认证。VIAVI ONMSi ([光网络监控系统](#)) 可在构建和建造阶段对 PON 进行测试和认证，然后在多个 PON 网络的操作阶段转而对这些网络进行持续监控。使用 ONMSi，只需一名技术人员便可在安装期间对网络进行测试。服务激活后，系统可准确地检测和定位光纤基础设施老化，向运营商和管理员发出提示，并告知其详细的故障信息。

随着越来越多光纤被部署，服务提供商由于光分布网络安装不正确（高损耗熔接/连接器/分路器、宏弯、错误的分路器/端口连接等）所导致的服务激活故障率高达 25-30%。考虑到这一点，光纤监控功能可最大程度地提升对光纤诱发故障和所导致网络中断的响应能力。

VIavi ONMSi 可基于 OTDR 轨线比较实现连续的全天候故障监控、检测和定位。通知通过 SNMP/SMS/电子邮件生成，附件中包含 OTDR 轨线及光纤地图 (OFM) 上的地理位置，或者所选 FTTx 拓扑的外部 GIS。ONMSi 可帮助大规模部署和维护光网络。此解决方案还可以采用单点解决方案 SmartOTU 的形式提供，其所有硬件和软件均安装在单一机箱中。



1256.900.092

图 21: ONMSi 解决方案体系结构



图 22: 仪表板和链路示意图视图

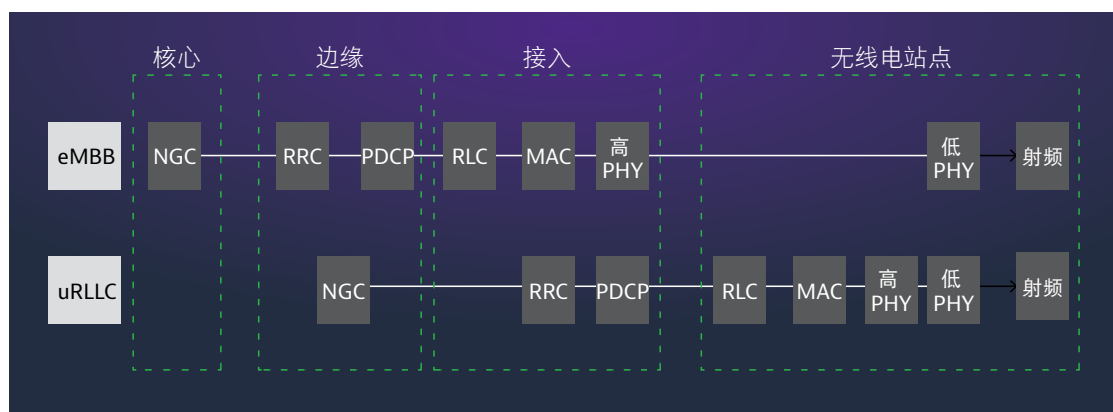


图 23: OTDR 详细轨线视图和 SLM 视图

## 前传传输网络

目前，通用公共无线接口 (CPRI) 提供专为在 RRU 和 BBU 之间传输无线电波形设计的专用传输协议。CPRI 框架会随着无线电信道带宽和天线元件数的增加而扩展。CPRI 在进行统计多路复用时不是十分有效，并且无法扩展来满足 5G 的需求。作为一种传输媒介，以太网非常具有吸引力，因为它可实现与 CPRI 其他新的数据包技术（比如 eCPRI 和 ORAN）的向后兼容。但是，同步可能非常困难。可以使用 GPS、精确时间协议 (PTP)、同步以太网或类似技术来克服这一难题。标准机构正在致力于针对不同的 5G 流量类型提供管理此问题的新要求。使用以太网进行传输很有意义，因为它可以向后兼容、考虑到了商品设备、使接入网络更加融合，并能实现统计多路复用，从而可帮助降低集合位率要求。使用标准 IP/以太网网络交换/路由也将使得功能虚拟化和整体网络编排可以轻松完成。

网络切片和网络功能虚拟化 (NFV) 允许运营商在公用的共享物理网络上提供具有各种各样服务要求的不同类别的服务。利用它还可以将不同的数字和无线电功能拆分点放在不同的地理位置。

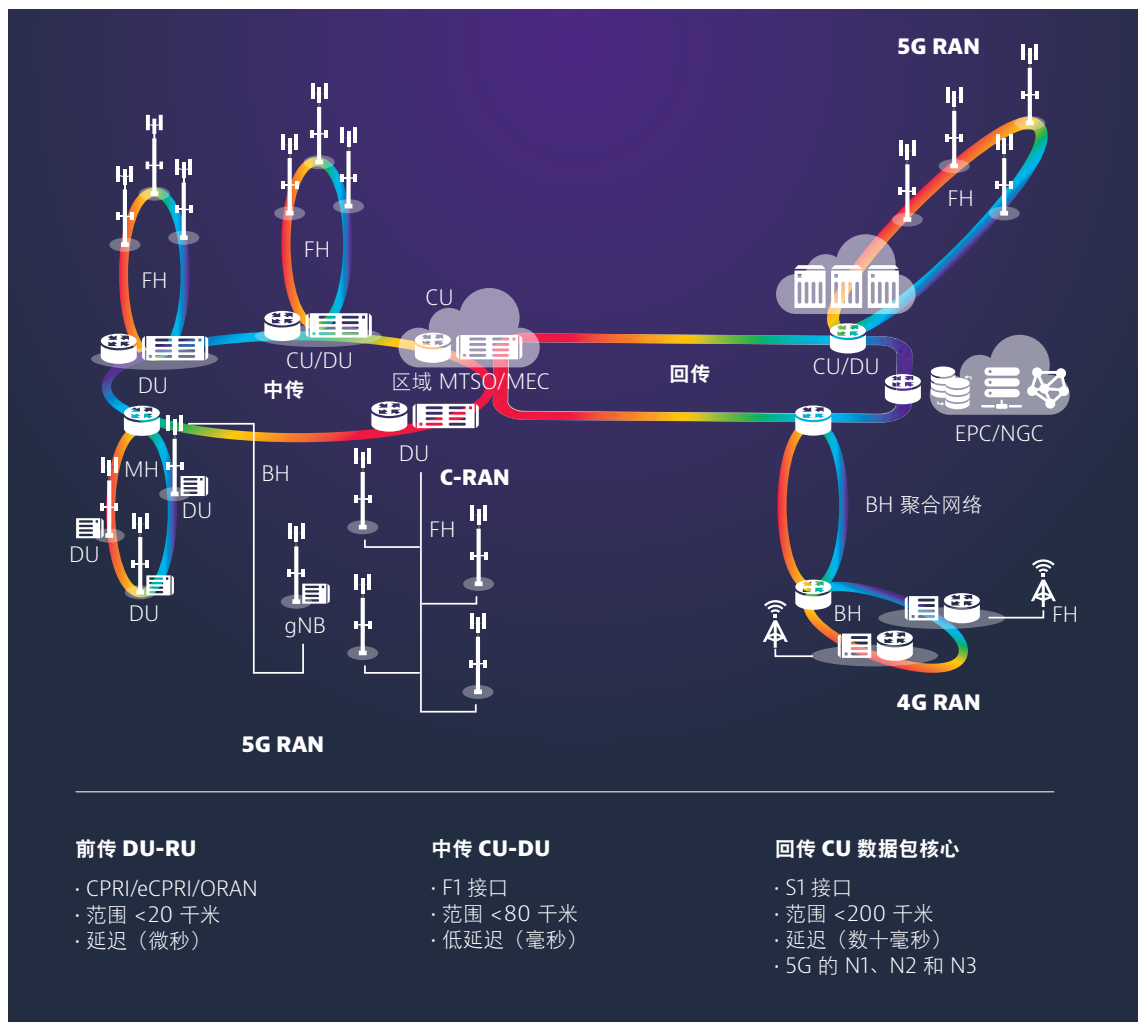


1257.900.0922

图 24: 适用于 eMBB 和 uRLLC 应用的网络切片

图 24 展示了部署一个物理网络来同时为 eMBB 和超低延迟应用提供服务的示例。尽管前者必须在 5G 核心 (NGC) 和天线之间使用双拆分 (选项2 和7) 体系结构，但后者需要将核心功能放在更靠近边缘的位置以满足严格的延迟要求。这种灵活的体系结构将需要一种灵活的前传网络，该网络支持多种类型具有不同延迟要求的流量，以及可靠近或远离（具体情况视带宽要求和延迟预算而定）无线电的协议功能。CU 和 DU 功能所在网络的拓扑将因 SP 和它们提供的应用而异。





1258.900.0922

图 25: X 传演变

## 同步测试

如前所述，定时和同步在无线网络的性能中起到关键作用。在 5G 中，由于基于时分双工 (TDD) 和协作无线电技术的网络对相位和时间敏感，这些要求进一步提高。以前的移动网络主要需要频率同步来对准信号，而单单频率同步对于 5G 而言并不够。

同步要求来源于若干机构，其中包括第三代合作伙伴计划 (3GPP)。3GPP 技术规范 36.104/38.104 代表两个关键文档，这些文档描述基站无线电传输和接收要求。更具体地，第 6.5 节 (传输信号质量) 列出了对于同步网络设计至关重要的若干要求，其中包括时间对准误差 (TAE)。TAE 定义为属于不同天线或发射器组的任意两个信号之间的最大定时差异。这些要求根据无线使用案例 (表 1) 进行分类。将为这些使用案例分配从 A+ 到 A、B 和 C 的唯一类别。该表底部的使用案例是目录正在开发的使用案例，尚未分配有类别。

3GPP 功能	RAN	
	LTE	NR
MIMO 或 TX 多样性传输	类别 A+	类别 A+
带内邻近载波聚合	类别 A	BS 类型 1: 类别 B BS 类型 2: 类别 A
带内非邻近载波聚合	类别 B	类别 C
带间载波聚合	类别 B	类别 C
TDD	类别 C	类别 C
双连接	类别 C	类别 C
COMP	在 3GPP 中未指定	在 3GPP 中未就绪
补充上行链路	对于 LTE 不适用	在 3GPP 中未就绪
带内频谱共享	在 3GPP 中未就绪	在 3GPP 中未就绪
定位	在 3GPP 中未指定	在 3GPP 中未就绪
MBSFN	在 3GPP 中未指定	在 3GPP 中未就绪

表 1: 定时精度类别 (eCPRI 传输要求)

类别 A+ 需要最严格的同步要求 (表 2) ; 类别 C 的要求与当前 LTE 回传网络一致。这些要求用相对和绝对时间误差 (TE) 来表示。相对 TE 指定任意两个 RU (或 eRE) 之间的时间误差。绝对 TE 是指与对照主参考时钟 (PRTC) 的时间误差。大多数情况下, 绝对 TE 要求是对各自相对 TE 要求的补充 (类别 A+、A 和 B)。

类别	时间误差
A+ (相对)	20-32 纳秒
A (相对)	60-70 纳秒
B (相对)	100-200 纳秒
C (绝对)	1100 纳秒

表 2: 时间误差要求

## FTN 测试

引入前传传输网络节点 (FTN) 是为了管理以太网接入环，后者可提供支持传统 CPRI 和 5G eCPRI 的融合前传，如图 26 中所示。

这解决了一些拓扑难题，但务必要确保 FTN 网络未产生任何过度延迟，并且符合接入网络的延迟和同步预算。下表中介绍了一些 eCPRI 传输要求。



1259.900.0922

图 26: FTN 网络体系结构

这解决了一些拓扑难题，但务必要确保 FTN 网络未产生任何过度延迟，并且符合接入网络的延迟和同步预算。下表中介绍了一些 eCPRI 传输要求。

Cos 名称	示例应用	单向最大数据包延迟	单向数据包损耗率
高	用户面	100 微秒	$10^{-7}$
中	用户面（慢）、 C&M 面（快）	1 毫秒	$10^{-7}$
低	C&M 面	100 毫秒	$10^{-6}$

表 3: 分割 E 和分割  $I_b$ 、 $I_o$ 、 $I_u$  要求

VIAVI [MTS-5800 \(100G\)](#) 可执行 eCPRI 测试，并且可帮助测量吞吐量、延迟和数据包抖动。工程师可依据 eCPRI 规范配置 eCPRI 报文类型，测量每种报文类型的带宽，并以小于 5 纳秒的精度测量往返延迟 (RTD)。通过执行 FTN 测试，工程师可验证 FTN 的延迟和同步要求，并可确保其符合设计的网络规范。

VIAVI MTS 可对 5G 前传网络执行以下测试：

- 生成和分析 eCPRI 信号 (10/25GE)
- 生成/过滤 eCPRI 子标头
- 单向延迟测量
- C&M、SNMP/UDP/TCP 测试
- 测试 PTP/SyncE/GPS 是否同步
  - 仿真 PTP 从时钟/主时钟
  - 测量时间误差、漫游、PDV、MTIE/TDEV
  - GPS 信号强度、轨迹
- 测试以太网 OAM (环回、LoC、轨线)

#### GPS 测试 (GPS 信号/卫星覆盖范围测试)

务必要在安装时检查 GPS 天线位置的 GPS 信号稳定性和适用性，并在安装之后定期检查，因为站点周围的情况可能会改变。VIAVI MTS-5800 使用集成 GPS 接收器测试 GPS 信号，并提供以下结果：

- 可见卫星数
- 信号强度
- CNO 地图光谱图绘制一段时间内卫星在视线内沿轨道运行的轨迹

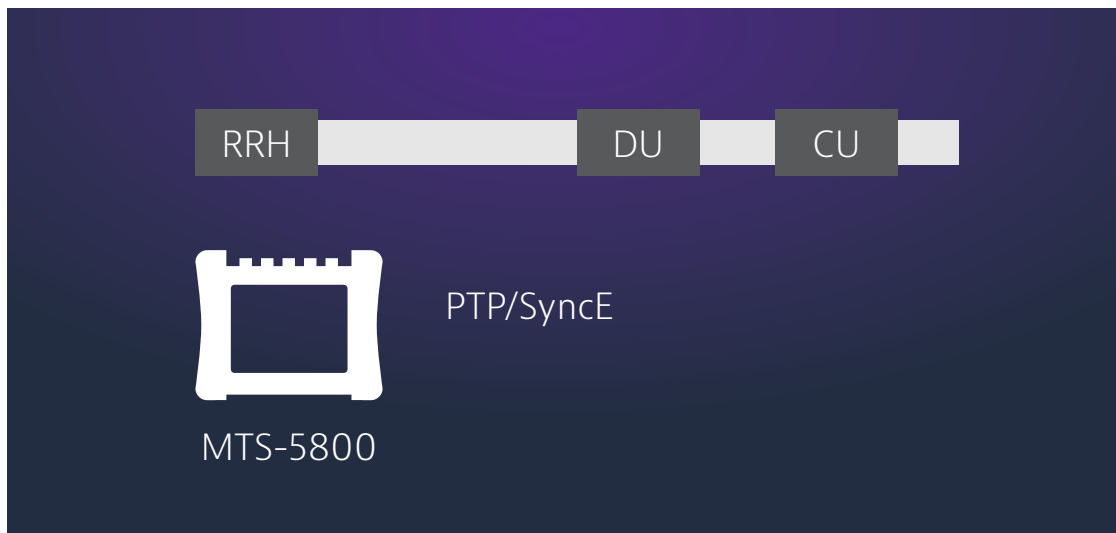


1261.900.0922

图 27：使用 VIAVI MTS-5800 进行 GPS 测试

## PTP 测试 (PTP 定时误差测试)

如前所述，无线服务依赖于可靠的同步。为了使 PTP 可靠地工作，PTP 从时钟 (RIU) 需要能够连接到为其分配的 PTP 祖时钟，并符合诸如数据包百分位下限等 PTP 频率剖面网络限制。此外，PTP 时间/相位剖面需要符合时间误差网络限制。使用作为 PTP 从时钟工作的 VIAVI MTS，工程师可检查与 PTP 祖时钟的连通性，并通过使用分步指南检查定时误差是否符合要求。



1260.90C

图 28: 使用 VIAVI MTS-5800 进行 PTP 检查

## 以太网测试

验证回传网络从核心到虚拟中央单元 (vCU) 的性能，以确保正确的配置以及数据面和控制面的高质量传输。RFC 2544 和 Y.1564 测试方法在以太网或 IP 级别验证端到端配置，并确保诸如承诺突发尺寸 (CBS)、承诺信息速率 (CIR)、延迟、数据包抖动和帧丢失等关键性能目标得到满足。网络运营商能够选择 RFC 2544 或 Y.1564 来测试单一服务或选择 Y.1564 来测试多类别服务。

可在单端或双端测试拓扑中执行测试。后者需要两个测试单元，但可确保在两个方向上对网络进行适当的特征分析，并可检测两个方向之间的潜在不对称。也可以执行单向延迟测量来确定由网络设备、组件或光纤长度导致的不对称。VIAVI MTS-5800-100G 提供最高可达 100G 的下列 2 端口测试：

- 吞吐量/单向和环回延迟/帧丢失/抖动
- RFC2544 测试
- Y.1564 测试

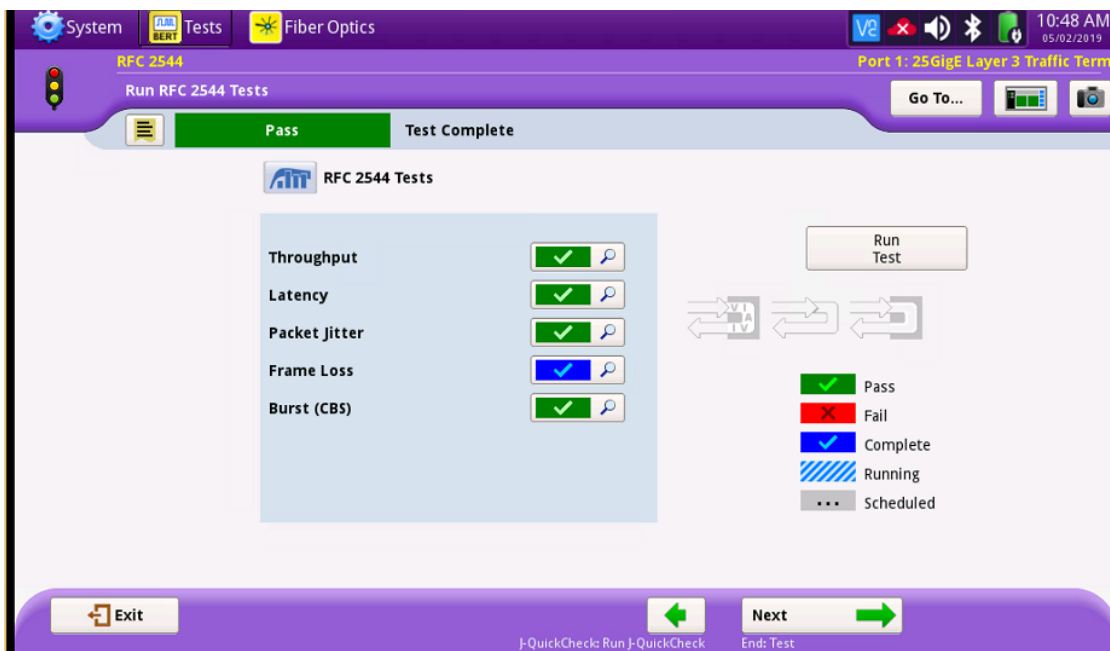


图 29: MTS-5800 使用方便的 RFC2544 测试

### 网络性能测试（光传输网络 (OTN) 测试）

国际电信联盟 (ITU)-T 标准定义以下四项 OTN 测试。

- 净荷比特误码率
- 时延/往返延迟
- 通用通信通路 (GCC) 透明度
- 服务中断

FAS			MFAS	SM	GCC0	RES	OPUk OH
RES	PM 和 TCM	TCM ACT	TCM6	TCM5	TCM4	FTFL	
TCM3	TCM2	TCM1	PM	EXP			
GCC1	GCC2	APS/PCC	RES				

图 30: OTN 开销

VIAVI MTS-5800 提供了一个可测试上面所有参数的 OTN 检查应用程序，从而确保工程师不必是 OTN 技术专家。

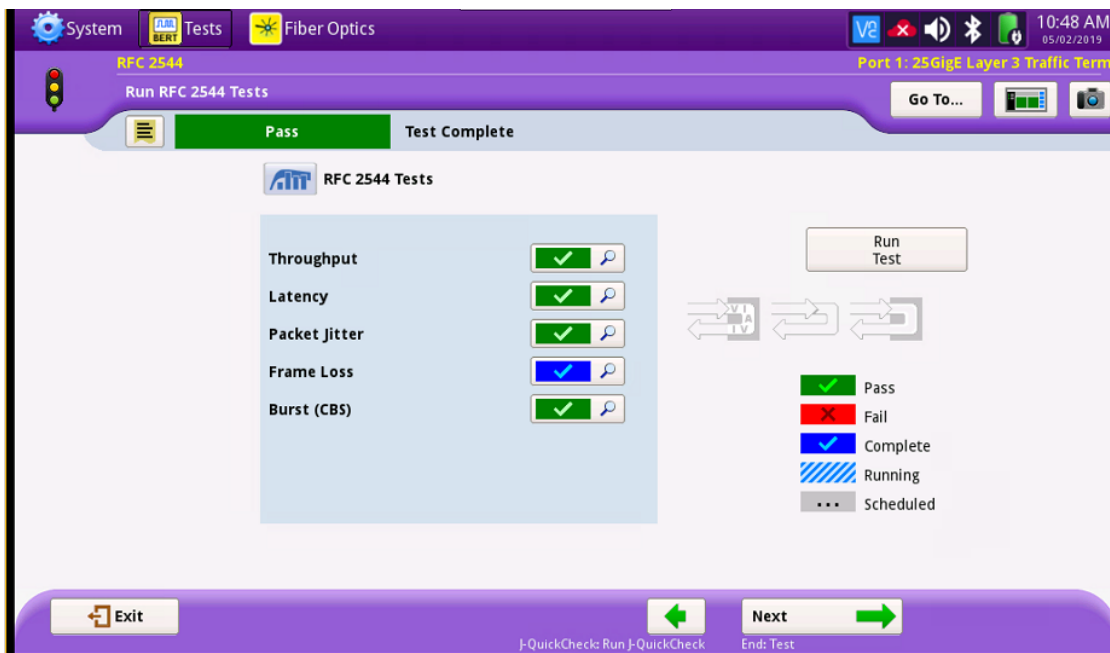
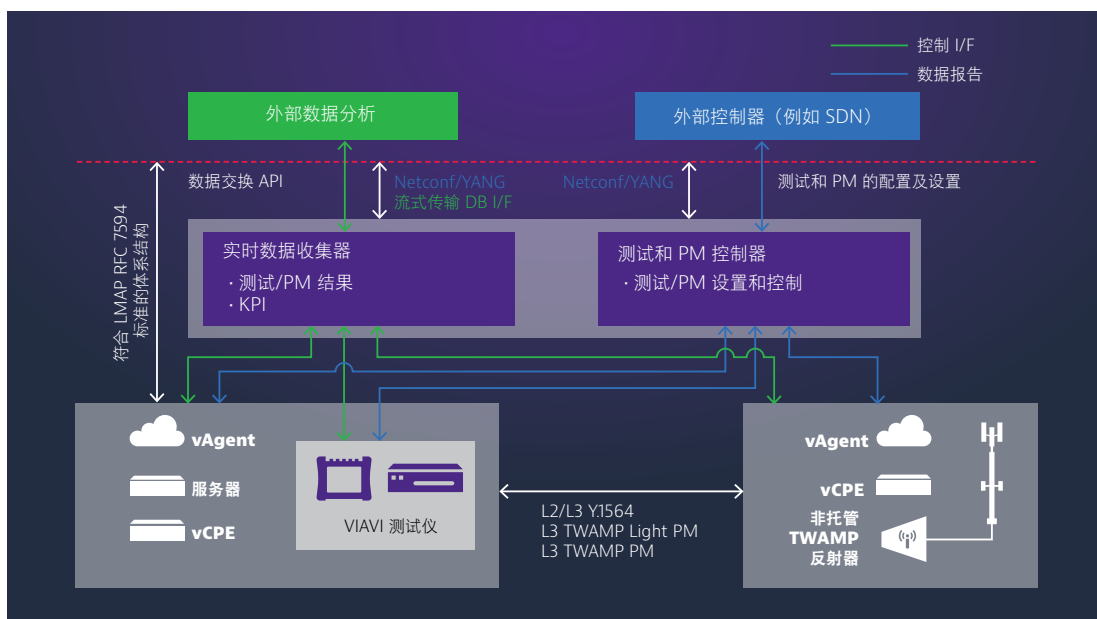


图 31: MTS-5800 OTN 检查应用程序

### 虚拟网络性能测试

利用网络功能虚拟化 (NFV)，网络将从以硬件为中心的专有网络基础设施转变为基于标准的开放式软件模型，这种软件模型正在彻底改变网络的设计、实施和运作方式。

VIAMI Fusion 将基于软件的代理与基于标准 (RFC7594) 的数据收集方法相结合，使运营商能够（为虚拟网络功能）利用他们已在部署的非专有计算平台。



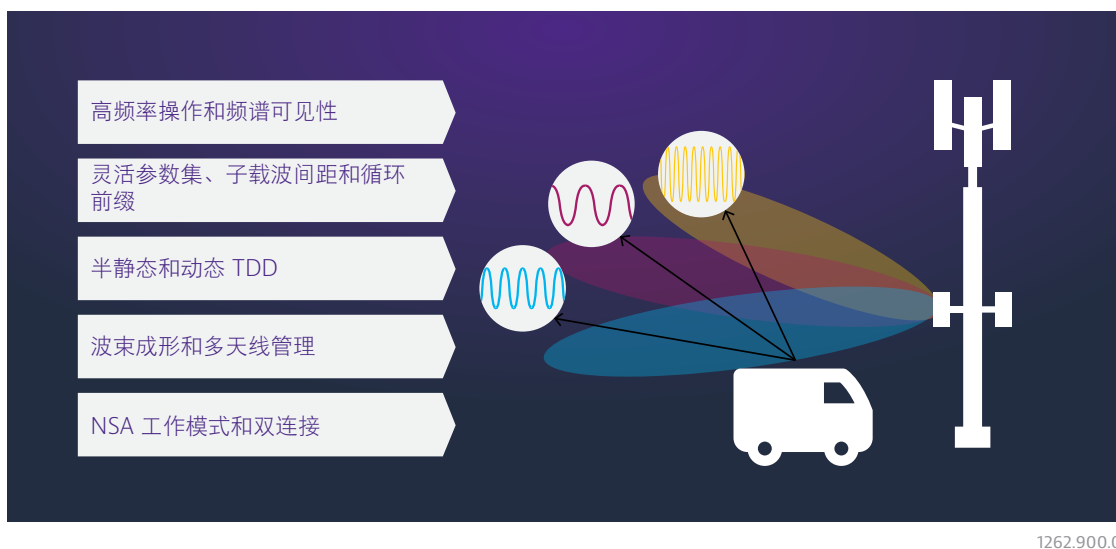
1262.900.0922

图 32: Fusion 体系结构

利用 Fusion 虚拟解决方案，运营商可在需要时随时随地向网络中添加虚拟测试和性能监测探针。同时，他们可以利用 VIAVI 物理测试设备和 HW 测试探针来进行高性能测试。

x86 服务器或计算平台上运行的虚拟探针可为网络层 2-4 提供测试功能，从而构成了解决方案的基础。使用 Y:1564/RFC6349 技术，Fusion 可测量网络性能和吞吐量，并评估整体网络质量。Fusion 还能够使用双向主动测量协议 (TWAMP) 监测实时服务。

## 无线网络测试



1262.900.05

图 33: 5G RAN 演变

5G NR 是将在 3GPP 的多个阶段和版本中实现的新空中接口。如前所述，诸如 eMBB、URLLC 和 mMTC 等 5G 使用案例只能通过这种空中接口实现，它具有以下关键特征：

1. 支持高带宽，可提供千兆位吞吐量（诸如毫米波等更高频率提供非常宽的传输带宽，数百 MHz）。
2. 较低波段和较高波段中的联合操作（补足要用于容量的传播受限较高波段，同时使用较低波段扩展 5G 覆盖范围）。
3. 大规模 MIMO，可通过使用波束成形增加覆盖范围，特别是较高频率波段中的覆盖范围。
4. 超精益设计，可最大程度地减少不间断传输，从而使网络和设备更加高效。
5. 子载波间隔为 15 KHz 到 240 KHz 的灵活参数集，它在循环前缀持续时间内将按比例变化。
6. 微型插槽传输，可支持低延迟，并抢先以基于插槽的方式将数据持续传输到另一台设备，从而可实现延迟极低的数据传输。
7. 动态 TDD，作为计划人员改进延迟的决策的一部分，可在其中将插槽（或其中的一部分）动态分配给上行链路或下行链路。



在 5G 无线电增强功能将提供灵活可触知网络的地方，它们也将给服务提供商带来严峻挑战，即需要管理大量复杂技术（例如毫米波、大规模 MIMO、波束成形和双连接），以及具有不同性能需求的多种应用。我们都认为，网络的规模将大幅增大。从服务提供商的角度来看，能够将资源扩展到这个不断发展的网络至关重要。传统的服务激活和网络维护方法将不会扩展。在安装和验收阶段使用正确的解决方案验证所有这些技术将是成功高效地部署网络的关键。

## 射频特征分析和符合性测试

射频特征分析和符合性测试是成功部署 5G 网络的关键。确保 5G NR 无线电的行为符合 3GPP 性能建议将有助于消除射频干扰和无线性能问题。通过使用 VIAVI [OneAdvisor 800](#) 验证信道功率、占用的带宽、邻信道泄漏比和杂散辐射屏蔽，技术人员可以快速验证无线电性能。

VIAVI OneAdvisor 800 无线射频现场测试解决方案是便携式模块化仪器，使蜂窝基站技术人员和射频工程师能够使用单个仪器测试光纤、射频和 CPRI/以太网，取代多种独立工具（OTDR、天馈线测试仪、光纤显微镜），从而显著降低总拥有成本。

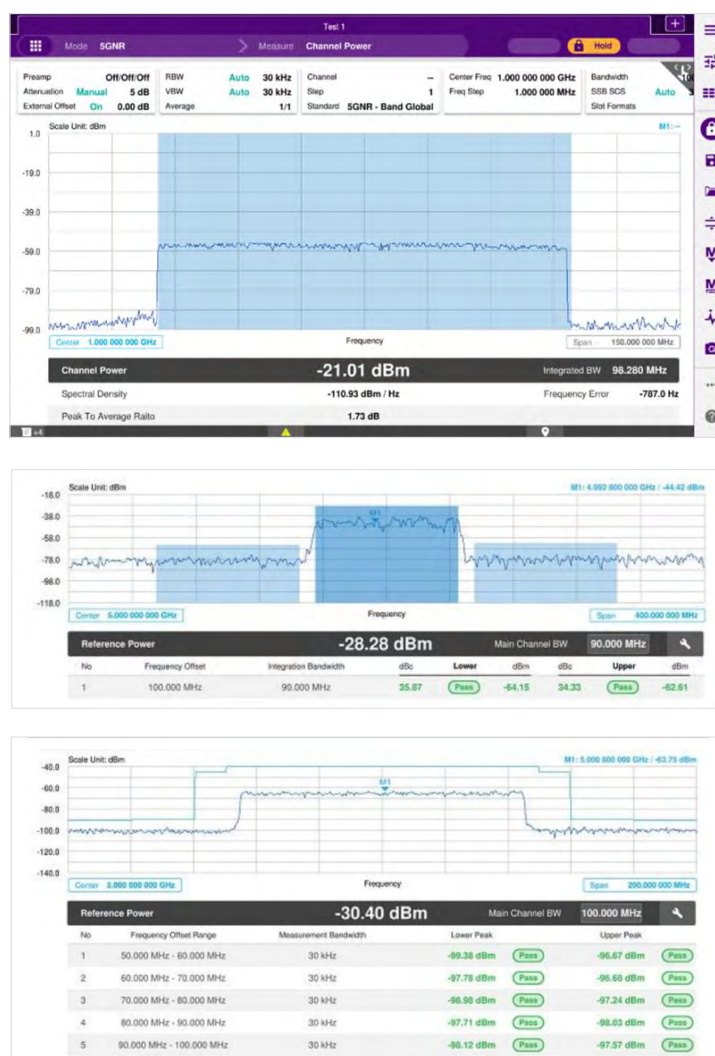


图 34: 5G 符合性测试

## 5G 波束分析

大规模 MIMO 和天线波束成形是实现 5G 的关键技术，这些技术会将 5G 无线接入网络从以小区为中心的静态覆盖范围更改为基于用户的动态范围。波束成形技术是指使用一个很大的天线阵列，通过操控阵列单元信号的相位和振幅以生成多个波束并使波束成形，从而将能量定向到用户所在的特定业务区域。

在毫米波等较高频率下，可以很容易地将较大的天线阵列集成到相对较小的外形中。毫米波的利用对于大规模 MIMO 和波束成形至关重要，但也带来了额外的障碍，因为这些频率更容易受到环境条件的传播损耗和建筑材料的穿透损耗的影响。验证空中传输 (OTA) 性能对于确保最终用户设备可执行波束跟踪和在这种充满挑战的射频环境中进行切换至关重要。

对于需要执行以波束为中心的无线电规划和优化，以及需要进行快速故障排查来确定大规模 MIMO 和波束成形性能不佳的根本原因的运营商，验证波束性能是一项难题。[OneAdvisor 800](#) 允许工程师轻松地验证波束性能，并确保他们利用大规模 MIMO 和波束成形。

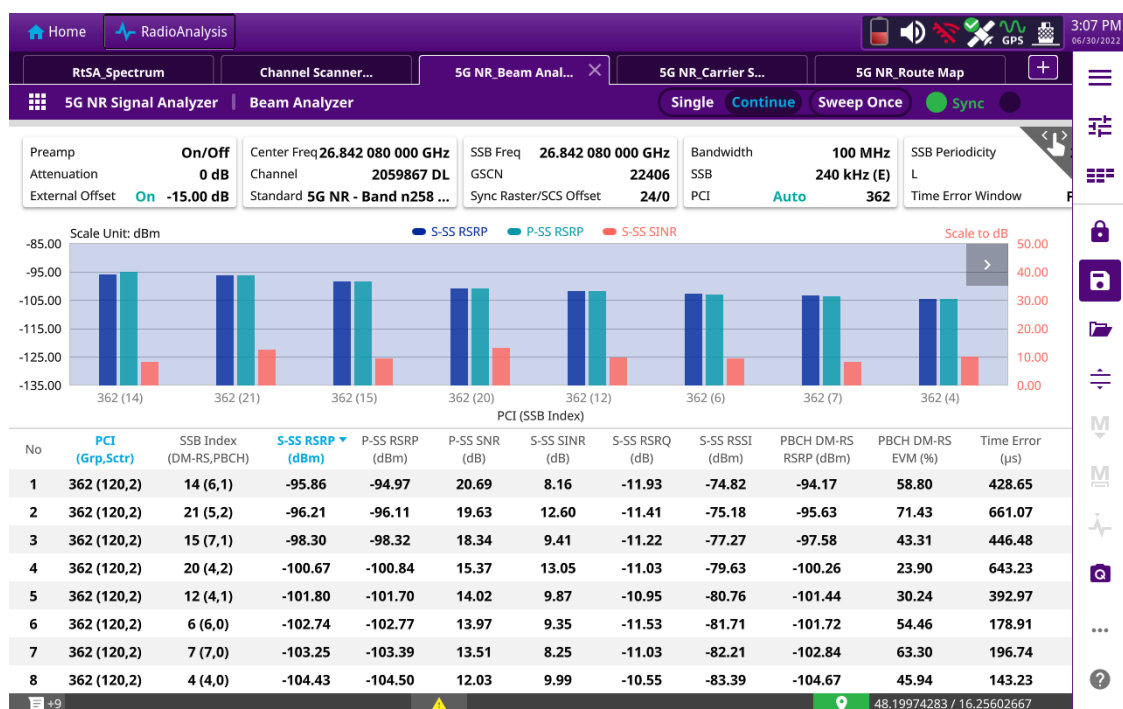


图 35: 5G 波束分析仪 (8 个最强波束)

## 5G 载波聚合 (x8)

载波聚合 (CA) 的概念是在 LTE Release 10 中引入的，指的是从多个载波获得的额外带宽。这可以增加带宽，并连续提高系统的数据速率。5G NR 支持包含多达 16 个分量载波 (CC) 的载波聚合。也可以进行 LTE 载波和 5G NR 载波的载波聚合；这称为双连接。连续和非连续 CC 都支持 CA，并且载波可以使用不同的数字 (即 SCS、时隙等)。

通过使用 OneAdvisor 800，蜂窝技术人员和射频工程师可以验证 8 个聚合载波的毫米波频谱损伤，每个载波可以设置为任何带宽大小，从 5 MHz 到 100 MHz，它还可以帮助验证所有载波的无线电功率性能。

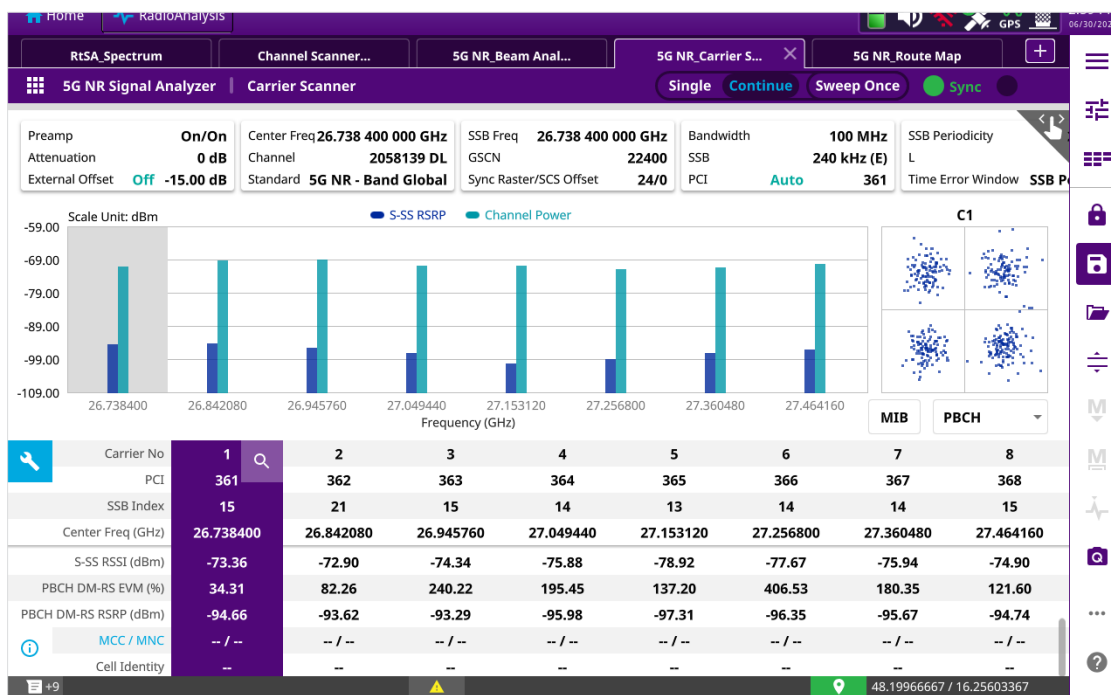


图 36: 5G 载波扫描仪 (8 个分量载波)

## 余晖实时频谱验证

5G 新无线电 (NR) 的物理层继续使用正交频分复用 (OFDM); 然而, 在 NR 中支持的双工选项包括频分双工 (FDD)、时分双工 (TDD), 其中下行链路 (DL) 和上行链路 (UL) 使用相同的频率, 但被分配在用于发送和接收的不同时隙。

在这种情况下, 使用常规频谱分析仪识别干扰信号极其困难。为了克服这一难题, 我们使用了一种仅在上行链路传输期间测量信号的门控扫描功能。

在与 5G NR 信号重叠的快速变化干扰信号出现时, 实时频谱分析仪 (RTSA) 也可检测其信号电平和频率, 从而克服此难题。实时频谱分析仪也可以更快地捕获瞬态信号和快速信号。传统频谱分析仪以顺序的方式执行数据采样和快速傅里叶变换 (FFT) 处理, 同时通过每次捕获频谱的一小部分并按时间不断叠加, 构建成完整频谱图。作为这一顺序过程的结果, 传统频谱分析仪在对一个区域扫频时将检测不到其他频谱区。如果频谱的一个部分中出现事件 (干扰信号), 而这时频谱仪正在检查频谱的其他部分时, 该事件将被错过。另一方面, 实时频谱分析仪则以并行方式执行数据采样和 FFT 处理, 在理论上可以捕获每个间歇信号, 而不会错过整个频谱范围内的任何信号。

实时频谱分析仪每秒可处理数千至数十万个频谱数据, 但视觉可感知的屏幕更新率大约为每秒 30 帧。为了克服这一点, RTSA 使用一种称为持续频谱显示的查看方法, 该方法在屏幕上显示数百或数千个频谱数据, 但根据信号存在的时间或持续时间以及频率和功率电平使用不同的颜色。

持续显示能够区分具有所有不规则性的 UL 流量和重复性较高干扰信号，从而检测干扰信号。

**OneAdvisor 800** 实时持续频谱的瞬时带宽为 100 MHz。通过在屏幕上累加显示超过 15000 条轨线并用颜色索引表示每个信号的持续时间和饱满率，提供用于确定间歇性干扰源信号的最适当条件。

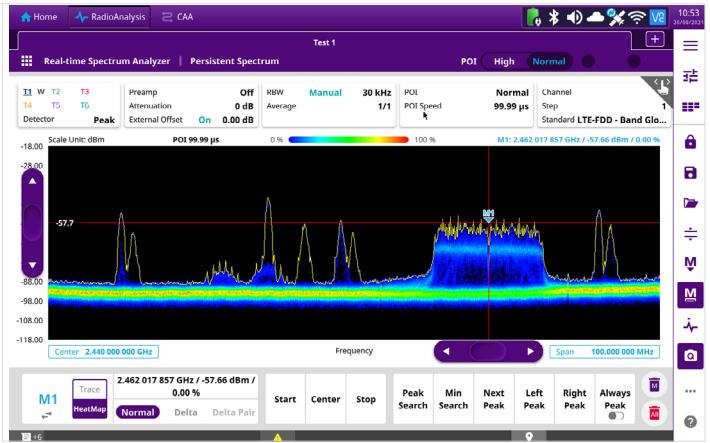


图 37: 显示 2.4 GHz 频段中的干扰信号的余晖显示

## 5G 覆盖范围分析

**OneAdvisor 800** 路径图功能提供一个基本射频覆盖范围地图，描绘了通过步行测试或驱车测试确定的业务覆盖。位置通过集成的 GPS 接收器跟踪，热图测量数据通过使用专用全向天线和 OneAdvisor 800 5G 信号分析仪功能捕获。除了持续更新的显示结果外，OneAdvisor 800 还会捕获一个日志文件，该文件可导出到离线覆盖范围分析工具。

现场技术人员使用 5G 路径图来验证和测量：

- **小区覆盖范围**：标识每个数据点的物理小区 ID
- **波束可用性**：为每个数据点赋予波束指数属性
- **波束传播**：提供每个数据点处测量出的波束功率和波束信噪比 (SNR)

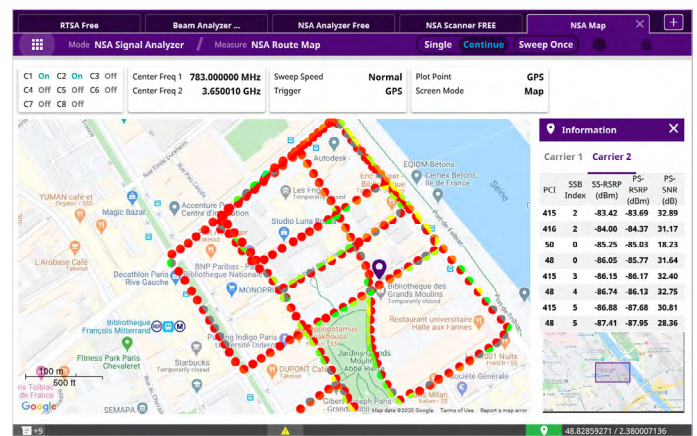
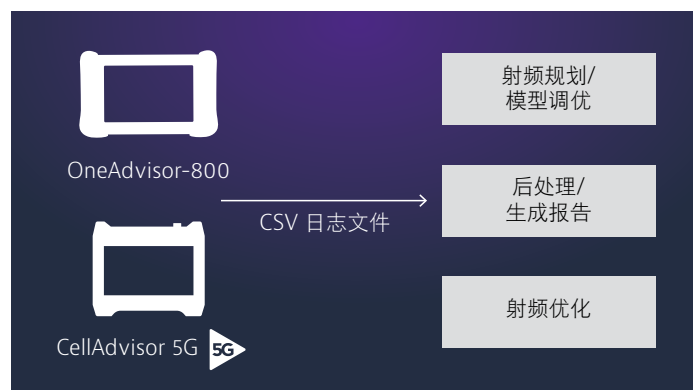


图 38: CellAdvisor 5G 覆盖范围地图分析



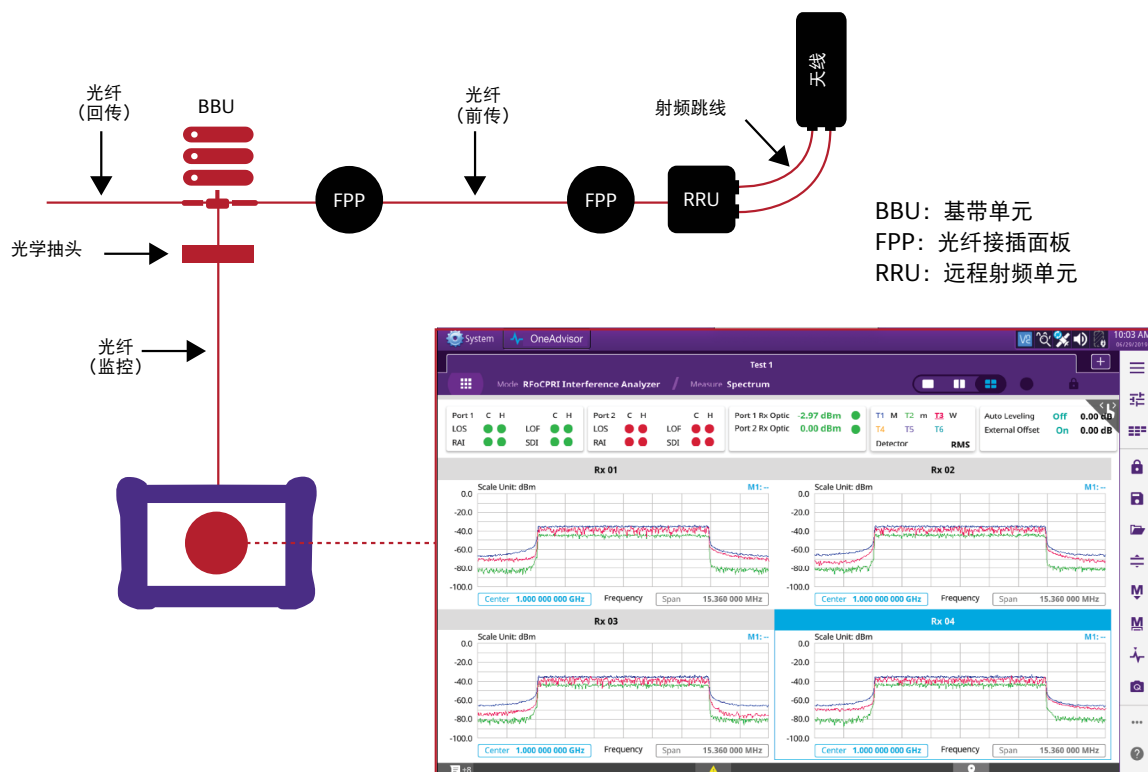
1264.900.092

图 39: CellAdvisor 5G 覆盖范围地图分析

## RF over CPRI 测试

现代蜂窝基站采用分布式架构，其中无线电元件分为两大主要元件：基带单元 (BBU) 在数字基带域上执行无线电功能，并且位于蜂窝基站的底部或者甚至远离基站。远程射频头端 (RRH) 或远程射频单元 (RRU) 在模拟域上执行射频 (RF) 功能，位于蜂窝塔顶部的天线旁边，或者完全集成在现代智能有源天线中。

这两个元件 (BBU 和 RRU) 通过标准接口 (通用公共无线接口, CPRI) 通信。分布式基站架构的优势在于，它几乎可以用光纤馈线取代同轴馈线，从而显著减少信号损耗、反射和互调等问题。

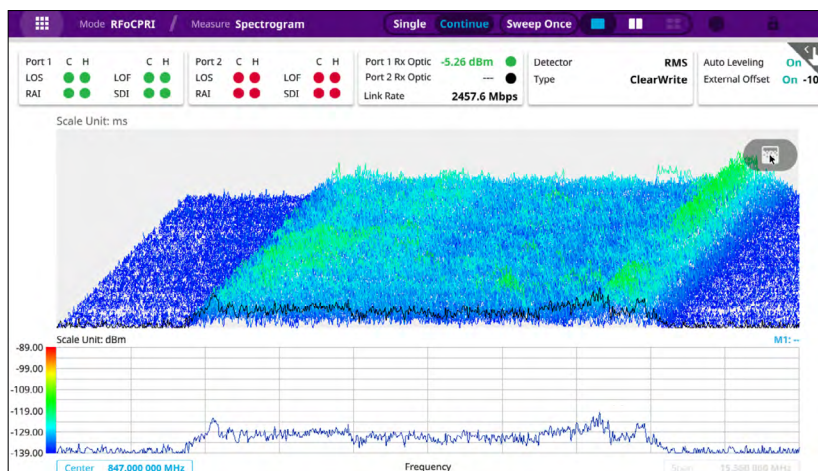


1068.900.0122

RFoCPRI 测试技术验证 CPRI 控制信号，并提取 BBU 和 RRH 之间传输的射频 (IQ) 数据，允许监控上行链路 (移动设备) 频谱，执行外部或内部源的干扰分析，包括 PIM 检测。

一旦测试设备通过 CPRI 链路连接到蜂窝基站 RRU，基站的天线就成为测试工具的天线，允许对基站接收/发射元件所看到的射频环境进行全面分析。

这是识别上行链路中以其他方式很容易被忽略的干扰源的理想方法。



RF over CPRI 测试程序还为负责网络故障排查和优化的射频工程师提供了其他几个主要优势：

- 非侵入性，甚至可以在实时流量站点上执行
- 不再需要攀爬发射塔，提高了安全性
- 单个测试集可支持所有现有 CPRI 速率，最高速率为 8 (10.1 Gbps)
- 大幅缩短维护时间并减少运营开支
- 只需一个测试集即可简化任何频段基于 CPRI 的无线电上的 PIM 检测！

### 使用 RFoCPRI 分析的 PIM 检测

传统的无源互调 (PIM) 隔离方法包括断开无线电与其馈线的连接，并设置一个专用的音调发生器，以通过无线电的工作频段执行 PIM 分析。然而，专用音调生成器（也统称为 PIM 分析器）有几个缺点，如它们的大小和成本，以及依赖于频率的限制。

相比之下，VIAMI OneAdvisor 800 或 MTS-5800 等测试设备可以通过 RFoCPRI 测试程序从地面执行有效的 PIM 检测，在蜂窝基站在线时执行上行链路的射频分析。如果需要，可以增加 RRH 功率以触发更多 PIM。请注意，这种实时看到的“真实”PIM 通常是任何单口或双口 PIM 信号发生器无法模拟的多种来源的结果。

RFoCPRI PIM 检测实时比较 MIMO 系统的射频上行链路信号，提供对 PIM 源的额外特征分析。同样的测试集还允许检查受影响天线的前后是否有潜在的外部 PIM 源，摇动、轻敲、拧紧或盖住潜在的 PIM 源，并在仪器显示屏上查看对 PIM 信号的瞬时影响。

该测试程序的主要优势在于，单个测试集可以支持任何频段，减少攀爬发射塔的次数，覆盖 2x2 和 4x4 MIMO 系统的频谱轨迹，并允许生成相当简单和容易的收尾报告。



VIAMI OneAdvisor 800 检测 PIM 的存在



VIAMI OneAdvisor 800 显示无 PIM

## 天线指向校准

### 3Z RF Vision

3Z RF Vision 是一种创新的天线指向校准工具，可帮助用户对平板天线和微波点对点天线进行准确的天线指向校准。一旦实现指向校准，该工具提供独特的报告功能，允许用户在离开工作现场之前即可检索和共享自动视距报告。



## 为何天线指向校准如此重要？

在无线网络安装期间，天线指向校准非常重要。公司花费数百万美元来规划和设计无线和微波网络。如同您规划覆盖范围目标一样，在安装期间准确地进行天线指向校准也是非常重要的。否则，它将导致覆盖范围出现空隙、网络性能下降，进而导致收入损失。

为安装人员配备有效和可靠的专业天线指向校准工具（比如 VIAVI 3Z RF Vision）也同样重要。这样能使您确信已按照射频设计规范中的要求执行了工作。

### 优点

- 对定向天线（平板天线、微波天线以及 5G 圆柱形天线）准确地进行指向校准
- 可靠的、自动化的视距传播测量
- 对天线指向校准，使其与射频规划匹配
- 最大程度地提升语音质量和数据流量
- 改善数据用户吞吐量和 KPI
- 降低客户流失和运营支出成本

### 主要特性

- 内置摄像头
- 借助增强现实技术实现靶眼目标对准
- 双频技术
- 耐冲击的 5 英寸触摸屏显示屏
- 手机 App 分享测量结果
- 坚固耐用，适用各种气候

## 5G 就绪

5G 将主要采用高频段毫米波 (mmW) 频率以小型基站形式部署。高增益毫米波天线将产生铅笔状波束，需要 LOS（视距）或 NLOS（近视距）才能达到高数据速率。

为了最大限度地利用高频段 mmW 频率和 Massive MIMO 波束成形天线的性能，在安装期间精确地对天线进行指向校准和进行 LOS 测量至关重要。3Z RF Vision 天线指向校准工具随时准备帮助您服务 5G 网络。

### 基于视距测量的指向校准

VIAVI 3Z RF Vision 不仅可以对天线进行指向校准，还可以提供视觉引导来显示天线指向的位置。视距图像提供了清晰的天线指向的背景，简化了校准过程。天线周围的环境在不断发生变化，而 VIAVI 3Z RF Vision 使您能够捕捉到这些变化。新的建筑，不断生长的林木线等会降低您的覆盖目标，并造成客户不满。只有 VIAVI 3Z RF Vision 才能让您看到这些障碍物，并使工程师能够优化天线的指向。





## 双频 GNSS 技术

双频 GNSS 技术使 3 RF Vision 可以对卫星进行两次测量，总共可观测到 174 个卫星信号（是竞争对手产品的 3 倍）。即使在高密度的城市和拥挤的高楼大厦之间，它也能提供更准确、更快的读数。

## 易于使用

VIAMI 3Z RF Vision 的增强现实技术集成了摄像头和触摸屏取景器，可在 5 英寸的液晶触屏显示器上显示靶心目标。现在，塔工只需通过一个简单的步骤——移动十字准星来对齐靶心——即可完美地校准天线指向。触摸屏显示屏能够对戴着大多数工作手套进行的触摸做出响应，让您的双手在寒冷的环境中也保持温暖和得到保护。

## 安全可靠的报告生成器

无需进行后期处理！3Z RF Vision 将为每个校准的基站创建一份完整的报告（PDF 或 CSV）。通过内置的 Micro-USB 端口轻松检索报告，使用我们的移动应用程序或从 StrataSync 云数据库发送报告。报告内容包括目标坐标和最终测量的校准数据、基站扇区标识符、地理编码、地理位置、日期和时间戳，以及用于验证的视距照片。

3Z RF Vision 现已完全集成到基于云的资产、数据和工作流管理系统 VIAMI StrataSync 中，通过简化工作分配到支付的周期，进一步提高了运营效率。端到端工作流允许管理人员在办公室定义和分配新的工作，然后通过 VIAMI 移动技术应用程序将它们从云中推送到技术人员的 RF Visions，并从单个界面监控所有 VIAMI 仪器结果：

## 适合大多数天线类型



小型基站



平板



微波

## 天线校准和监测

VIAVI IoA – IoT for Antennas 是一种 IoT 天线姿态传感器，用于监测三个维度中的方位：方位角、倾角和横滚角。当被监测的所有天线发生意外变化时，IoA 利用 LTE CAT-M1/NB-IoT 提醒用户。

### 实时天线姿态监测

IoA 可对所有无线网络天线阵列上的天线指向进行实时监测。通过IoA专利技术捕获的天线姿态数据可传送至云端，从而允许运营商以远程方式查看所有天线物理姿态变化的历史记录。

### VIAVI IoA 产品功能

- LTE CAT-M1/NB-IoT 就绪
- 可通过无线电接口升级的固件
- 在电子墨水屏上显示状态和提醒
- 电池续航时间 5 年以上<sup>1</sup>
- IP67 防水等级
- 具备告警功能
- 抗风化的粘合剂
- 无需维护
- 云数据存储



### 从现场到桌面

可以在一个发射塔上或整个网络中对每个天线进行单独标识。利用 IoA，运营商可以为方位角、倾角和横滚角的变化设定阈值。超过这些阈值时，系统即会生成告警，运营商将立即得到通知。在紧急情况下，可以使用可用的天线姿态数据轻松创建优先级列表，从而实现更快的灾难恢复。



### 易于设置

安装 IoA 的过程是一个专为技术人员设计的快速过程。只需插入具备 IoT 功能的 SIM 卡，并将 IoA 粘贴到天线的背面，即可开始向云端报告天线校准数据。使用软件来设置阈值。

### 易于管理

借助基于云的 IoA 管理器解决方案，管理大量 IoA 传感器也是一项非常简单的任务，该解决方案允许按不同区域、集群和站点组织您网络中的所有传感器，并可轻松配置每个传感器的设置。IoA 管理器将提供每台设备的当前状态，包括传感器信息和基于位置的测量值，以及收集的所有指标的历史记录，以便于分析和数据导出（如果需要）。

## 劳动力和资产管理

网络升级由服务提供商或网络设备制造商 (NEM) 或者为其提供支持的承包商进行管理。将使用议定的方法步骤 (MOP) 来确保网络升级的各个方向均采用标准过程，同时利用经过批准的具有正确软件版本的仪器，并以标准化格式交付报告。但是，并非所有技术人员都能胜任，并且随着当前网络升级和工作负载的猛增，技术人员流动率也很显著。这些难题进一步增加了总体网络升级过程的复杂性。如果未采用正确的测试过程，并且测试结果未正确或未及时交付，上市时间可能会受到影响。VIAVI 一直与服务提供商携手合作，帮助他们克服这些困难，并最大程度地减少升级和网络管理活动期间的混乱情况。使用一致的过程和测试报告将供应商、员工和分包商作为一个团队进行管理对于实现灵活的劳动力和在升级期轻松进行新员工培训至关重要。

VIAVI [StrataSync™](#) 是一种支持云的软件解决方案，它可帮助服务提供商让其员工和测试设备资产具备能力，以快速有效的方式解决网络测试的难题。StrataSync 提供 VIAVI 仪器的资产管理、配置管理和测试数据管理功能，以及非 VIAVI 仪器的资产跟踪功能。StrataSync 使服务提供商能够实时查看其资产和测试数据，并能够更进一步进行控制和合规性监控，从而提高网络测试和维护的效率。

下面这些 StrataSync 关键功能可简化整个测试过程，并帮助服务提供商和网络设备制造商加快其工作流程：

1. 作业定义和分配：分配作业并将其同步到仪器，以避免手动交接、丢失作业单和派遣作业后准备不足。
2. 测试过程实施：MOP 直接传递到仪器，从而使技术人员能够轻松地按照测试流程进行操作并执行正确的测试。
3. 实时报告及测试数据存储：自动收集和整理测试报告及 KPI，从而加快网络验收和问题解决速度。
4. 测试资产管理：无需通过邮件管理库存，避免测试工具丢失，放置购买额外的工具。

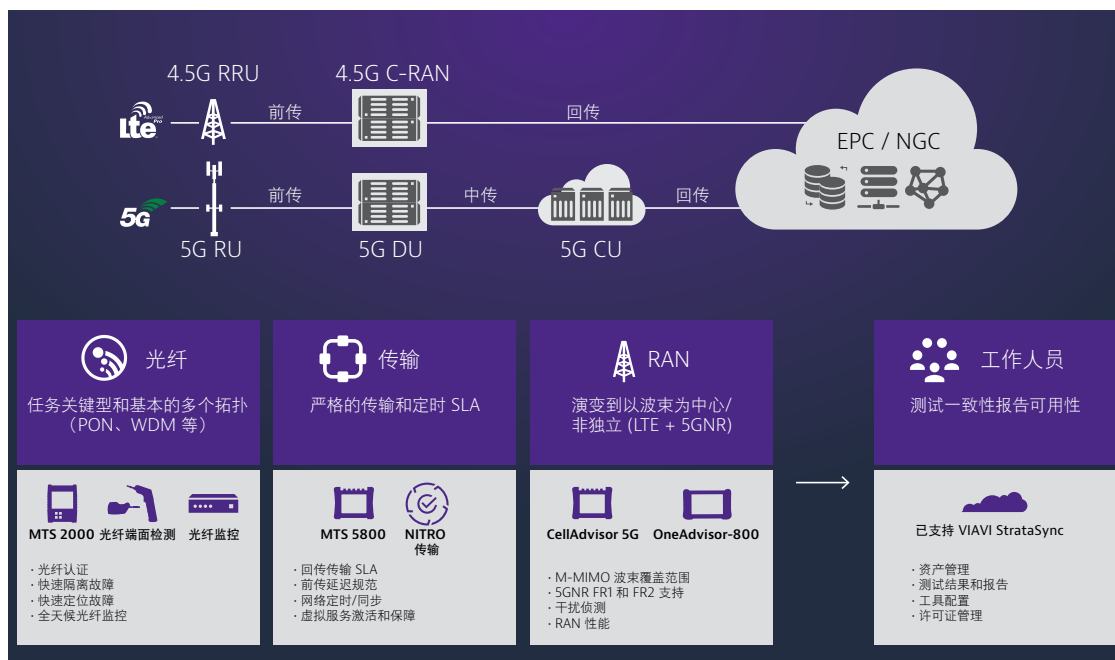


1264.900.0922

图 40: StrataSync 工作流

## 结论

5G 将使服务提供商能充分把握市场机会，并动态地满足不断变化的消费者和业务需求。但是，部署 5G 的复杂技术和网络架构并为其提供支持并不是一件轻松的工作。上市时间和网络质量将取决于网络的整个生命周期中测试和测量的严密性。VIAVI 在测试及测量领域占据行业领先地位，并能够提供**最全面的端到端网络测试解决方案**。利用 VIAVI 完全整合的支持云的仪器和系统、软件自动化以及网络测试服务、性能优化和服务保障产品组合，运营商及其合作伙伴可顺利地完网络部署并实现可持续发展的网络生命周期。



1266.900.0922

图 41: VIAVI 网络 5G 服务实现解决方案

## 解决方案指南

解决方案	描述	5G 测试活动
VIAVI <a href="#">FiberChek Probe</a>	用于光纤检测和分析的手持设备	光纤端面检测
VIAVI <a href="#">FiberChek Sidewinder</a>	适用于多光纤连接器（例如 MPO）的“多功能”手持式检测和分析解决方案	光纤端面检测（多光纤）
VIAVI <a href="#">SmartOTDR</a>	具备光时域反射测量、光纤端面分析、光损耗测试和可视故障定位仪的单一设备	OTDR 测试
VIAVI <a href="#">FiberComplete PRO</a>	自动双向插入损耗 (IL)、双向光回波损耗（使用 OCWR 方法的 ORL）、距离和双向 OTDR 或故障探测器	用于改进光纤链路特征分析的双向测试
VIAVI <a href="#">SmartClass OCC-55(CWDM)/OCC-56C (DWDM)</a>	CWDM 光信道检查仪/DWDM 光信道检查仪	针对存在性和功率的信道检查
VIAVI <a href="#">COSA-4055 (CWDM)</a> 和 <a href="#">OCC-4056C (DWDM)</a>	CWDM 光谱分析仪/DWDM 光信道检查仪	测量实际波长、偏移和漂移，以及信道间隔
VIAVI <a href="#">OLP-87 PON 功率计</a>	用于激活 B-PON、E-PON 和 G-PON 以及下一代高速 XGS-PON 和 NG-PON2 并对其进行故障排查的 FTTx/PON 功率计	网络激活期间的功率测量
VIAVI <a href="#">ONMSi</a>	用于核心、城域、接入和 FTTH 网络的光网络远程测试和监控系统	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 在构建和建造阶段测试和认证 PON</li> <li>· 操作阶段中针对多个 PON 网络的持续监控</li> </ul>

VIAVI <a href="#">MTS-5800 (100G)</a>	用于测试、服务激活、故障排查和维护的手持双端口 100G 仪器	<ul style="list-style-type: none"> <li>· eCPRI 测试（吞吐量、延迟、数据包抖动）</li> <li>· 验证 FTN 的延迟和同步要求</li> <li>· GPS 测试</li> <li>· PTP 测试（PTP 定时误差测试）</li> <li>· 以太网测试（回传）</li> <li>· OTN 测试</li> </ul>
VIAVI <a href="#">Fusion</a>	基于软件的测试、服务激活、性能监控和故障排查生命周期管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 虚拟化测试</li> <li>· 虚拟化服务激活</li> <li>· 虚拟化性能监控</li> <li>· 虚拟化故障排查</li> </ul>
VIAVI <a href="#">CellAdvisor 5G</a>	用于对 5G 基站部署、维护和管理的各个方面进行验证的现场便携式基站分析仪	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 射频特征分析和符合性测试</li> <li>· 5G 波束分析</li> <li>· 5G 载波聚合 (x8)</li> <li>· 余晖实时频谱验证</li> </ul>
VIAVI <a href="#">OneAdvisor 800</a>	OneAdvisor-800 允许基站技术人员通过单个仪器来测试光纤、射频和 CPRI/以太网，取代多种独立工具（OTDR、天馈线测试仪、光纤显微镜），从而显著降低总拥有成本	<ul style="list-style-type: none"> <li>· OTDR 测试</li> <li>· 线缆和天线测试</li> <li>· 5G 波束分析</li> <li>· 5G 载波聚合 (x8)</li> <li>· 余晖实时频谱验证</li> </ul>
VIAVI <a href="#">StrataSync</a>	支持云的平台，用于 VIAVI 仪器的资产管理、配置管理和测试数据管理，以及非 VIAVI 仪器的资产跟踪	在所有 5G 网络部署活动期间将供应商、员工和分包商作为一个团队进行管理