

将现场测试引入 5G 实验室系统验证生命周期

概述

5G 将带来出色的宽带容量、千兆速度、极高的可靠性、低延迟以及海量机器间通信，让互联的世界发生翻天覆地的变化。总体而言，5G 预期将成为一个创新平台，培育出一个使新业务成为可能并能快速将其引入市场的环境。这样，服务提供商将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（商业）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。5G 正在使整个网络发生翻天覆地的变化，涉及从高度灵活的 RAN 架构和 3D 波束成形有源天线，到软件定义的网络组件，随之而来的是严格的时钟和延迟要求。任务关键型应用要求网络不能出现故障，并且，确保网络质量将是部署的核心所在。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；在实验室验证阶段执行全面的验证将确保网络得以顺畅高效地部署和投入使用。

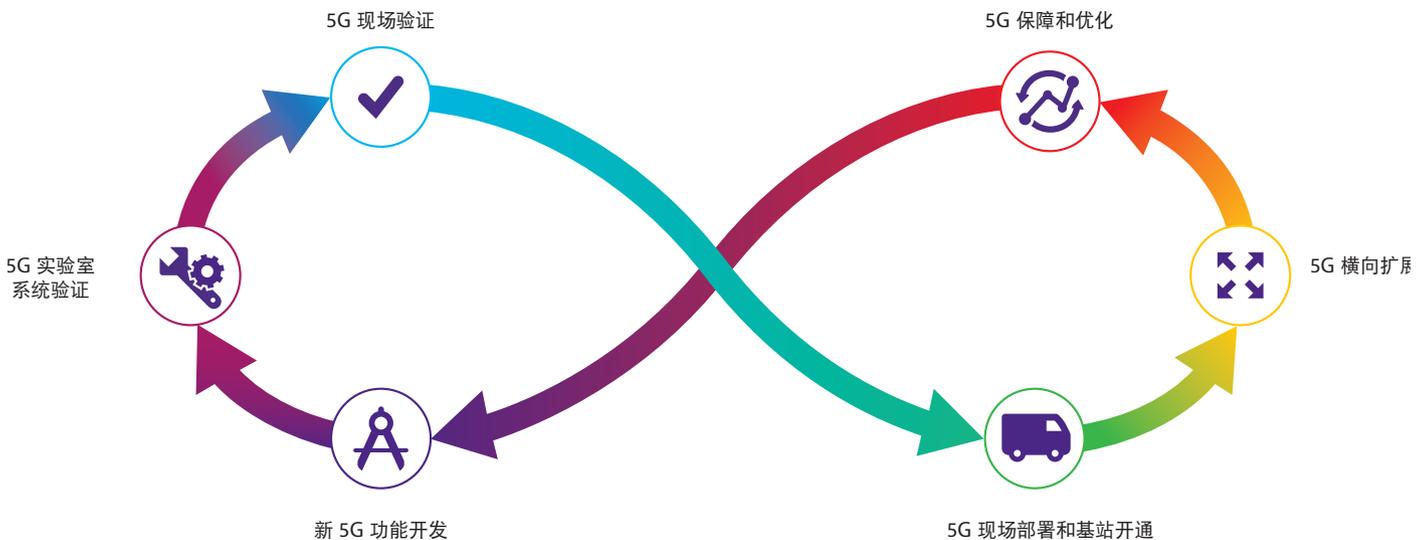


图 1: 5G 实验室到现场验证周期?

3D 波束成形的最新进展，以及毫米波和大规模 MIMO 有源天线的引入，意味着在实验室中测试和优化 5G 基站的整体系统性能变得越来越复杂和充满挑战。基站制造商面临着在实验室中准确并可延伸地测试和验证集成 5G 新架构的挑战。引入现场测试体验，以及扩展实验室配置和测试工具来考虑真实现场场景不仅能加快上市时间，而且还能在运营商为推广其 5G 业务选择使用哪种设备和供应商及其部署和配置方式时提供差异化评估。5G 服务提供商也可以实现同样的好处，将现场试验验证和实验室测试相结合，从而高效地规划经过优化的部署，同时保证首次采用者能够获得最佳网络质量。

拥有广泛的实验室和现场测试及优化解决方案的 VIAVI 一直在与网络设备制造商 (NEM) 和服务提供商 (SP) 密切合作，帮助它们在不对当前客户产生负面影响的情况下简化在实验室和现场验证新技术的复杂流程，并高效地部署和开通新技术，同时还使服务提供商能够按时提供新的业务和增强功能，从而提高其营收收入。

在这篇短文中，我们将讨论 VIAVI 无线实验室测试解决方案 (TM500 和 TeraVM) 与最佳现场测试和优化解决方案相结合，改善总体实验室到现场交付，同时自动完成整个实验室到现场验证流程的使用案例。

行动纲要

5G 正在使电信行业发生翻天覆地的变化，使具有高利润收入机会的创新和新的垂直行业成为可能。但是，为实现这些收益而需要进行的网络演进也带来了巨大的挑战。VIAVI 拥有得天独厚的优势，可提供解决方案来应对这些挑战，同时实现高可见性和优化新的 5G 收入流。

5G New Radio (NR) 以及 3D 波束成形天线和大规模 MIMO 的引入使得进行系统性能测试以及在实验室优化算法和在现场验证无线电性能更加复杂。

VIAVI 在实验室和现场测试及测量领域占据行业领先地位，并能够提供最全面的实验室到现场测试解决方案。VIAVI 的集成 5G 实验室和现场测试及验证解决方案将减少这种复杂性，并能实现最佳上市时间以及更高的质量和测试覆盖范围。这些解决方案可帮助 5G 网络设备制造商 (NEM) 模拟真实现场问题。

这些解决方案还可帮助移动业务服务提供商进行现场试验和初始 5G 部署，在部署到现场之前即可在实验室发现问题。

新的 VIAVI Lab to Field 测试和验证解决方案正在帮助领先的 5G 网络设备制造商提供更高质量的 5G 网元，并确保网络顺利部署。

随着 5G 网络的演进和扩展，VIAVI 5G 集成解决方案可提供满足未来需求、保护当前和未来投资的实施方案。

在实验室环境中验证 RAN 性能

在实验室或现场验证新技术一直是一项艰巨的任务，但有了 VIAVI TM500，再结合使用 TeraVM，网络设备制造商可以在实验室中运行一系列核心测试用例，从而在加载的网络环境中评估各项网络功能的性能。TM500 还可以利用复杂测试场景（包括 HetNet、C-RAN、小型基站部署以及 FDD/TDD 融合）下的真实行为来测试用户体验的质量。

在 5G 环境中，下行链路验证要求能够验证有源天线波束配置以及信道性能和质量。如果缺少此类信息的可见性，实验室测试花费的时间将更长，并且要花费数小时来进行根本原因和分类分析。VIAVI CellAdvisor 5G 是业界最具创新性和综合性的现场便携式解决方案，用于对实验室和现场 5G 基站部署、维护和管理各个方面进行验证，并且是唯一能够在实验室测试过程中提供这种增强可见性的解决方案。

为了使用波束成形实现 5G 吞吐量和增强的基站性能，用户设备 (UE) 应能够执行波束跟踪和切换。CellAdvisor 5G 的波束成形分析仪功能可对 FR1 和 FR2 中的整个 5G 载波进行分析，并且可对有源天线波束提供准确的特征分析，从而快速进行故障排查，并确定射频性能不佳的根本原因。

通过将 TM500 和 CellAdvisor 5G 的强大功能相结合，网络设备制造商和服务提供商可在实验室中快速确定任何下行链路 (DL) 异常情况，例如下一代 Node B (gNB) 行为变化、DL 信道功率、DL 调制质量降级、波束成形性能，或者任何天线和线缆问题。这使它们能够以最高效及时的方式执行全面的系统验证，并减少不必要的手动根本原因分析步骤。

利用 CellAdvisor 5G，实验室工程师可在执行 TM500 测试之前快速检查射频链路，确保测试环境干净，并且 gNB 所用的子载波及数量，以足够的功率在正确的载波上发射信号。工程师还可以实时监视 DL 射频链路性能，从而允许他们调整测试参数和射频环境，确保测试在真正受控的环境中完成。

借助 CellAdvisor 5G，可以对以下 DL 配置和性能指标进行监视

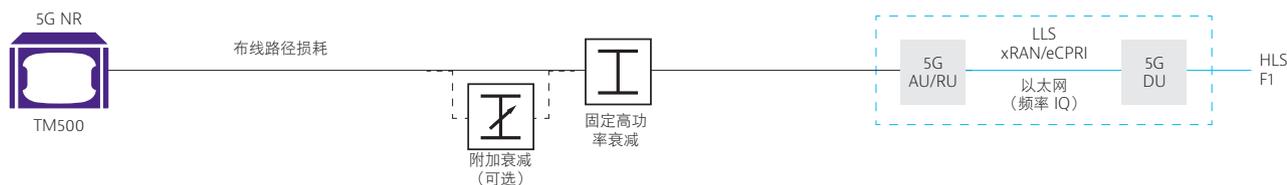
- g/eNB 信道带宽
- 信道中心频率
- 正确的基站 ID
- 调制质量
- 接收功率
- 有源天线波束性能
- 信道稳定性

通过将 CellAdvisor 5G DL 波束分析仪和载波分析仪功能集成到 TM500 实验室解决方案中，客户将能够在实验室中分析 xRAN 性能和系统异常现象之间的关系，从而进一步缩短验证周期时间。该集成解决方案具有以下优点：

- 实验室验证数据更加直观
- 可在实验室中测试有源天线波束设计和性能
- 可对影响射频链路性能并从而影响 TM500 测试结果的各个因素进行有效的管理
- 结果通过统一的仪表板汇集在一起，从而可识别适用于 TM500 和 CellAdvisor 5G 的选定 关键性能指标。



捕获下行链路射频异常情况
 ✓ gNB 下行链路信道功率异常变化
 ✓ 下行链路调制质量降低



波束成形性能
 ✓ 公用信道波束功率
 ✓ 公用信道波束质量
 ✓ 预期物理信道 ID
 ✓ 预期公用信道波束 ID



用户配置的路径损耗
 ✓ 固定高功率衰减器允许使用低功率线缆来铺设长距离射频线缆
 ✓ 可变路径衰减针对明显不同长度的射频线缆铺设进行调整
 ✓ 出现故障的线缆/连接器带来可变/过多的路径损耗和噪声

图 2: TM500 和 CellAdvisor5G Lab to Field 解决方案

CellAdvisor 5G 还可在受控的现场试验以及基于早期广告活动的试验中使用，用于测量和记录现场波束成形特征、质量和损伤。这些结果可存储在云中，以便进一步分析，并与实验室测试系统集成来自动创建新的实验室测试用例和配置，模拟接近真实的现场场景。

隔离前传、中传和回传问题

由于管理 5G 部署的成本与复杂性的需要，要求能够托管可在远离网络边缘的聚合点集中管理的网络功能。同时，还需要将无线电设备放在电力和空间有限的场所。这些需求导致了新的 5G 架构选件的诞生，包括将中央单元 (CU) 与分布式单元 (DU) 连接在一起的中传较高层拆分 (HLS)，以及将较低层拆分中央单元 (IIS-CU) 与无线电单元 (RU) 连接在一起的前传较低层拆分 (LLS)。再加上这些经济压力和后勤保障压力，就表明了一个事实，即 5G 网络将需要最大程度的带宽，而且对于某些使用案例（例如远程手术、联网汽车和任务关键型应用），超可靠低延迟通信 (URLCC) 将是关键。必须对这些存在冲突的需求加以平衡，并且网络设计必须利用可用场所、电力和光纤传输的特性，同时满足低延迟和其他性能目标。这意味着，必须测量和了解网络中前传、中传和回传的性能、它们对系统操作和性能的影响，以及对进行特征分析的应用程序 关键性能指标的影响。

因此，在实验室中对 LLS 和 HLS 的影响进行有系统的测试有助于在链路出现损伤时捕获 5G RAN 行为，以及对延迟和时钟同步参数进行特征分析来确保在现场以最佳方式部署 5G。服务提供商及其部署团队也可以使用实验室中的这些程序和测试用例在开通和调试期间认证这些链路。

演进的通用公共无线电接口 (eCPRI) 规范和 Open-RAN (O-RAN) 联盟解决了针对前传链路上的定时稳定性、同步和容量的严格要求。O-RAN 联盟正在推动将 RAN 元件分解为具有指定接口的组件，从而实现灵活性和创新。在实验室和现场环境中，这种开放、规格化和标准化接口的举措对 5G 测试和验证都具有影响。

通常，会在开始执行 TM500 UE 配置文件测试之前对实验室环境中无线电单元 (RU) 和中央单元 (CU)/分布式单元 (DU) 之间的以太网连接 (eCPRI) 进行验证。不过，在执行 TM500 测试之前和测试期间解除这些 UE 配置文件的性能与 LLS 链路定时稳定性、同步和容量之间的依赖关系可以缩短验证和了解测试结果及错误的时间。不同的应用程序组合（特别是任务关键型应用程序）将需要工程师持续监控 RU 和 CU 之间的链路，确保无线电和应用程序性能不会因为数据包/帧丢失和相对大的延迟而遭受负面影响。

VIAVI MTS-5800 现场测试仪使工程师能够轻松地使用解决方案来测量和验证 gNB/eNB 连接及定时同步。利用 MTS 5800，工程师可通过分析 RU 和 DU/CU 之间的 eCPRI 链路来快速验证性能，确保 xRAN 用户面、控制面、同步面和管理面配置正确并保持正常性能。工程师可运行 RFC 2544 或 Y.1564 来验证以太网或 IP 等级的端到端配置（依据回传网络特性），以确保符合关键性能目标，例如吞吐量、延迟、数据包抖动和帧丢失。工程师可以选择 RFC 2544 或 Y.1564 来测试单一服务或选择 Y.1564 来测试多级别服务。通过分析 eCPRI 链路，工程师可以使用 eCPRI 和实时控制数据包（报文类型 #2）确定任何问题，从而使他们能高效地对服务/网络质量问题进行特征分析。

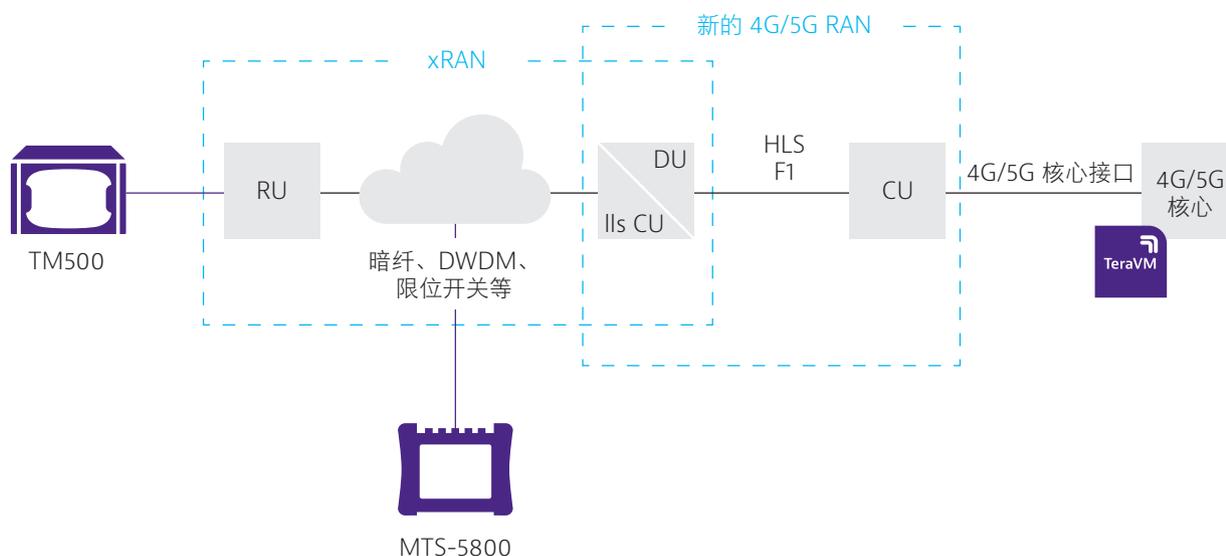


图 3: MTS-5800 和 TM500 xRAN 故障排查

通过将 MTS-5800 xRAN 工作流与 TM500 相结合，实验室工程师可以使用 TM500 上的 MTS-5800 仪表板来检测数据包是否延迟或丢失（用户面、控制面、管理面或同步面），并快速标记错误。MTS-5800 将对 xRAN 进行解码，并将经过分析的测试结果自动传输到 TM500，以便进行长期捕获和推迟分析。该集成解决方案将提供同时由 TM500 和 MTS-5800 捕获的更全面视图，帮助工程师更高效地研究实验室系统性能，从而缩短进行特征分析并了解 xRAN 性能与系统故障之间的关系所需的周期时间。

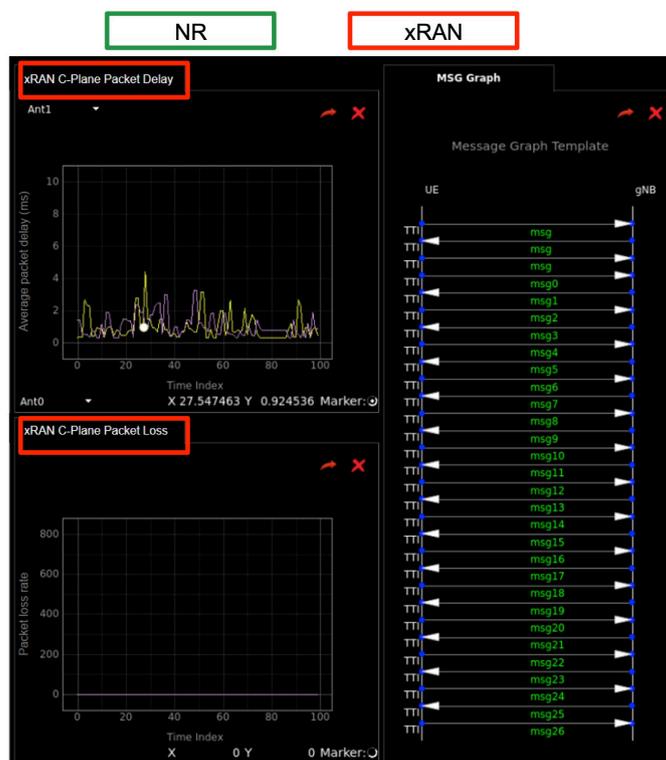


图 4：显示数据包丢失和延迟的 TM500 Lab to Field 仪表板

双重连接故障排查

5G 的 3GPP 规范首次对非独立 (NSA) 架构进行了标准化，而首次部署的 5G 网络预期将使用此架构，这意味着现有 4G 基础结构将支持早期 5G 网络。因此，启用 5G 功能的设备将为实现数据吞吐连接到 5G 频率，但仍将在诸如系统访问和移动性等方面使用到 4G。具备双重连接能力的用户设备将必须在连接过程中确定这一点，如果功能受支持，则能够实现 eNB 和 gNB 之间的互操作。由于 eNB 和 gNB 通常将并置使用，因此可能会带来射频环境方面的难题。确保实验室和现场环境中没有射频难题是验证 5G 性能的关键。

在运行 TM500 测试用例的同时使用 CellAdvisor 5G 来验证射频环境可帮助检查射频互操作性问题，并可缩短总体验证时间。通过将 TM500 和 CellAdvisor 5G 的强大功能相结合，网络设备制造商和服务提供商可以快速确定任何射频异常情况，并可对 4G eNB/5G gNB 和 TM500 之间的链路预算进行调整。未来的 CellAdvisor 5G 整合将包括将现场射频信息传输到 TM500 仪表盘的功能，从而进一步实现流程自动化，并缩短实验室中的验证时间。

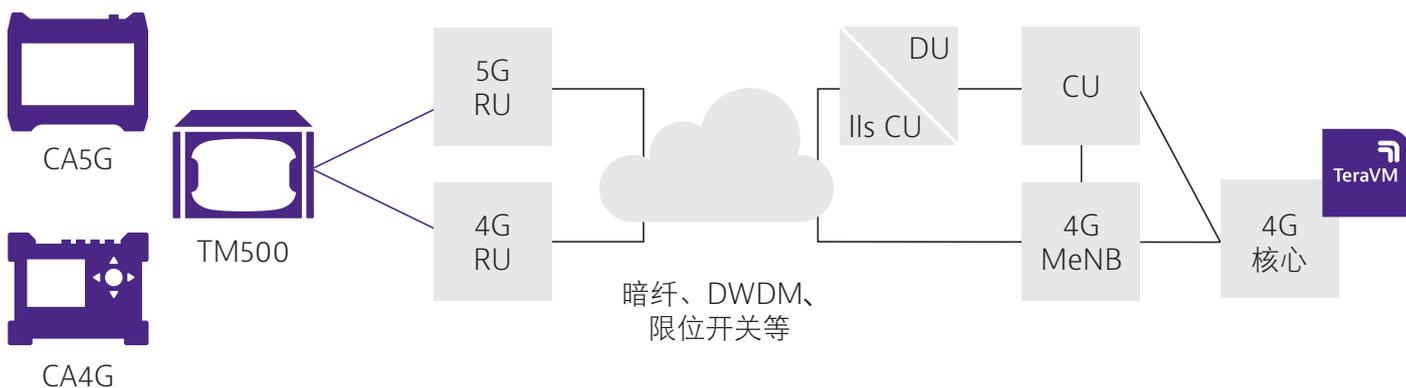


图 5: 架构选项 3 - NSA 双重连接测试用例



图 6: NSA 双重连接 TM500 仪表盘

结论

随着 5G 从实验室发展到现场部署，服务提供商和网络设备制造商必须能够信心十足并且及时、具有成本效益地在实验室中验证所有用户场景。在对射频、延迟和可靠性具有不同且更加严格的需求的应用程序的驱动下，5G 网络更加复杂。在实验室中使用正确的解决方案将能确保快速顺畅地实现商业网络部署，同时减少现场故障和客户投诉。VIAVI TM500 和单点解决方案可帮助网络设备制造商实现这一目标。VIAVI Lab to Field 解决方案是最全面的解决方案，让网络设备制造商和服务提供商能够在实验室中快速执行全面的网络验证，从而快速顺畅地实现现场部署。



VIAVI 是全球 5G 标准机构、协会和联盟的积极参与者