



VIAVI

VIAVI Solutions

Nota de aplicação

Guia de implementação de rede 5G

Segunda edição



Índice

Introdução	3	Teste de rede de rádio	24
Função da fibra em 5G	4	– Teste de caracterização e conformidade de RF	25
Teste de fibra	6	– Análise de 5G beam	26
– Inspeção de fibra	6	– Agregação de portadora 5G (x8)	26
– Teste com OTDR	7	– Validação de espectro em tempo real persistente	27
WDM (multiplexação por divisão do comprimento de onda)	8	– Análise de cobertura do 5G	28
– Teste de xWDM	11	– Teste de RF sobre CPRI	29
– Verificação de canal	11	Alinhamento de antenas	31
– Teste de WDM com OTDR	12	Força de trabalho e gestão de ativos	36
– Teste de PON com OTDR	12	Conclusão	37
Medição de potência óptica	14	Guia da solução	38
Monitoramento de fibras ópticas	14		
Rede de transporte fronthaul	16		
– Teste de sincronização	17		
– Teste de FTN	19		
– Teste do GPS (teste de cobertura do sinal/satélite de GPS)	20		
– Teste de PTP (teste de erro de temporização de PTP)	21		
– Teste de Ethernet	21		
– Teste de desempenho de rede (teste de OTN)	22		
– Teste de desempenho de rede virtual	23		

Introdução

À medida que o 5G avança de um conceito de laboratório para a implementação em campo, os engenheiros, técnicos e instaladores de campo estão enfrentando muitos desafios para garantir o êxito de uma implementação. Validar o 5G em laboratório é uma coisa, mas ampliar sua escala de aplicação em campo requer soluções de teste e verificação de 5G robustas, eficientes e escaláveis. Como a [tecnologia de 5G](#) cobre todos os aspectos da rede, como core, transporte, rede de acesso via rádio (RAN) e a rede de fibra subjacente que une todos os elementos, ter soluções de validação em campo e de garantia eficientes, fáceis de usar e versáteis pode ajudar os provedores de serviço a lançar a tecnologia 5G com sucesso, mantendo ao mesmo tempo a infraestrutura 4G existente. Vamos analisar algumas das mudanças em redes introduzidas em 5G e suas implicações.

Um dos principais casos de uso do 5G é aprimorar a banda larga de telefonia celular (eMBB), em que dezenas de Gbps serão oferecidas através da interface aérea. Esta taxa de throughput elevada requer infraestrutura de rede para evoluir do nível de serviço atual, o que está forçando os provedores de serviço de todo o mundo a atualizar sua infraestrutura de fibra óptica para suportar os requisitos do tráfego em 5G. Uma característica-chave da tecnologia 5G é que a mesma rede que oferece serviço eMBB será rápida o suficiente para oferecer também comunicações ultraconfiáveis de baixa latência (uRLLC), e isso significa que algumas das funções de transporte e de RF podem ser localizadas em locais diferentes, possivelmente de forma virtual. A virtualização da função da rede e o fatiamento da rede permitem que os operadores ofereçam aplicações e serviços diferentes na mesma rede, ajudando-os a oferecer diversos casos de uso de 5G. Entretanto, essa mudança da tecnologia aumenta a complexidade da implementação e gerenciamento da rede.

Alguns dos principais desafios do 5G podem ser resumidos em:

1. Novas tecnologias complexas (onda milimétrica (mmWave), próxima geração rede óptica passiva [NGPON], sistema de antena adaptativo, divisões funcionais para fronthaul, estrutura de quadros otimizada para latência, virtualização e fatiamento de rede etc.)
2. Atualização da infraestrutura de fibra e de suporte
3. Escala de grandeza da atualização (de 20 a 30 vezes a quantidade de small cells)
4. Gerenciamento de múltiplas tecnologias RAN
5. Falta de capacitação para gerenciar fluxos de trabalho complexos
6. Gerenciamento de CapEx e OpEx

Como ocorre em todas as tecnologias do 3GPP, o 5G será dividido em vários releases. Na primeira fase, release 15 da tecnologia 5G, será suportada a opção não-autônoma (NSA), permitindo que empresas inovadoras usem seu core 4G com rádio 3GPP NR para oferecer serviços em 5G. A primeira fase do release 15 tratará principalmente de eMBB, uRLLC e MIMO massivo.

A fase 2 do release 15 permitirá a operação independente (SA), que habilitará o serviço 5G no core da próxima geração. Embora a virtualização da função da rede e o fatiamento da rede sejam suportados na fase 2 do release 15, vai demorar um pouco antes que possamos ver sua implementação em campo. A partir do release 16, veremos melhorias para suportar aplicações como IoT industrial, veículo para tudo (V2X), bandas não licenciadas e espectro mais elevado (> 52,6 GHz), que provavelmente será implementado comercialmente em um estágio posterior (depois de 2020).

Função da fibra em 5G

A fibra recebe pouca atenção quando se trata do 5G; entretanto, na realidade, para que a tecnologia 5G tenha sucesso, a infraestrutura da rede de telefonia fixa que transporta os serviços 5G terá um papel vital. Na maioria dos casos, a rede completa será composta de fibra. Isso está impulsionando os provedores de serviços a investirem bilhões em novas implantações de fibra e/ou na atualização da infraestrutura de fibra existente. A infraestrutura de rede atual não pode lidar com todos os casos de uso de 5G, em que taxa de transmissão de gigabytes de dados, realidade aumentada, comunicação massiva do tipo máquina e carros conectados etc., todos devem ser suportados na mesma rede física com diferentes requisitos de SLA para latência, taxa de throughput e confiabilidade. De acordo com [um relatório da Ericsson sobre o cenário de micro-ondas](#), incluindo o nordeste da Ásia, por volta de 2023 aproximadamente dois terços do backhaul será via fibra (veja a Figura 1).

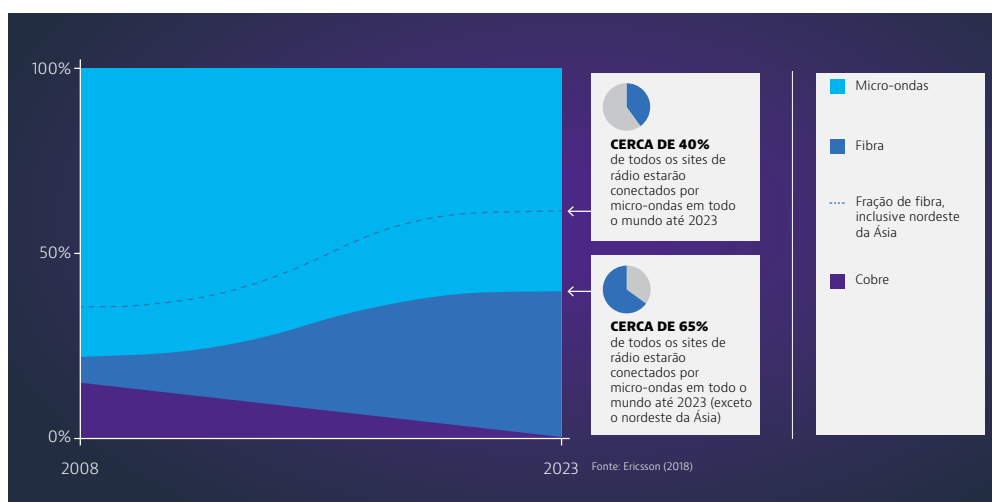


Figura 1: Distribuição da mídia para backhaul global

1243.900.0922

Entretanto, todas essas atualizações de fibra exigem que as operadoras tenham recursos com capacidades adequadas e soluções de teste para implantar e manter a infraestrutura de fibra. Se isso não for feito, a qualidade dos serviços 5G pode ser significativamente afetada, aumentando o CapEx e o OpEx dos provedores de serviço.

Conforme mostrado na Figura 2, todas as conexões entre o core da próxima geração (NGC) em um data center e o sistema de antena ativa com capacidade 5G NR (AAS) envolvem uma interface física de fibra óptica. As tecnologias empregadas para obter o AAS podem variar, como NGPON, CWDM, DWDM, eCPRI, ORAN etc.; porém o requisito fundamental para validar todas as conexões da fibra continua válido.

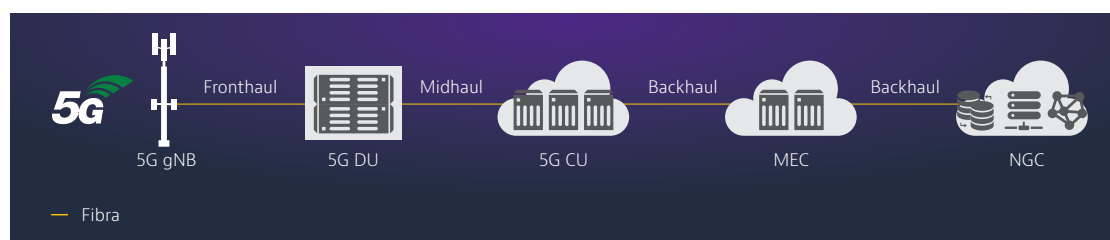


Figura 2: [Arquitetura de rede 5G](#) típica

1244.900.0922

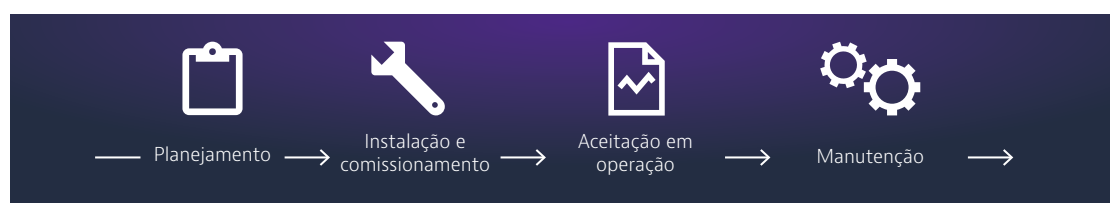


Figura 3: Ciclo de vida típico da rede

1245.900.0922

A qualidade do serviço oferecido por qualquer rede depende de determinadas ações executadas durante cada estágio do ciclo de vida da rede. Desde o ponto de concepção de uma rede até a fase de desativação, os operadores de redes estão constantemente empenhados em assegurar que os seus investimentos em CAPEX e OPEX estejam proporcionando o melhor retorno do investimento. Vale a pena dedicar um pouco de tempo a entender os diferentes estágios do ciclo de vida de uma rede, conforme mostrado na Figura 3, e as ações necessárias para garantir que a rede esteja oferecendo a melhor qualidade de serviço possível.

Planejamento

O planejamento meticuloso é fundamental para proporcionar uma rede sem fio de alta qualidade. Identificar as principais áreas de cobertura e os requisitos de capacidade no nível da aplicação ajuda os provedores de serviço a encontrar a solução e a arquitetura correta para suas redes. Os componentes da rede e a infraestrutura precisam ser projetados para permitir o crescimento futuro da rede, atender os contratos de nível de serviço (SLAs) e os principais indicadores de desempenho (KPIs) desejados.

Instalação e comissionamento

Na fase de implementação, quando a infraestrutura da rede está sendo instalada, os provedores de serviços, seus fornecedores e contratados precisam realizar um grande esforço para garantir que todas as interfaces físicas (fibra, par metálico e conexões de RF) sejam devidamente testadas e validadas antes que as equipes de comissionamento possam validar o processamento das chamadas e a validação do serviço. Se isso não for feito, o tempo de comercialização (TTM) pode ser excessivo e pode ocorrer perda de receita com despesas operacionais (OPEX) significativas no futuro.

Aceitação

Independentemente de a rede inteira ser lançada de uma só vez ou em agrupamentos parciais, é necessário fazer os testes de integração e aceitação antes que o tráfego comercial seja implantado. É essencial validar KPIs como taxa de throughput, queda nas conexões, falha de acesso, transferências etc. No caso de uma atualização ou nova tecnologia, a interação da operação com a rede antiga também precisa ser validada. Se algum dos requisitos dos critérios de aceitação não for atendido, novamente o serviço comercial e a linha superior de receita sofrerão um impacto negativo.

Manutenção

Após a aceitação, os prestadores de serviços ou os parceiros de serviços gerenciados são responsáveis por manter e garantir a rede. Quaisquer problemas, sejam de hardware, software ou de configuração, precisam ser isolados e reparados rapidamente – caso contrário, a qualidade de serviço da rede será afetada, resultando em perda de clientes. A qualidade do serviço, na realidade, depende de testes abrangentes e efetivos e de práticas de medição durante o ciclo de vida completo da rede.

O que precisa ser testado?

Conforme analisado anteriormente, se os provedores de serviço estiverem implantando uma nova tecnologia ou lançando uma rede do zero, toda a infraestrutura de componentes de RF e fibra, conexões e transmissão de rádio como parte da rede geral precisa ser testada. Nesta seção, abordaremos alguns dos principais testes de fibra, Ethernet e RF essenciais para um lançamento 5G bem-sucedido em tempo hábil, especialmente os componentes e tecnologias que estão sendo atualizados ou implementados para 5G.

Teste de fibra

Como parte das atualizações da 5G, esperamos ver mais conectores push on multifibra (MPO) sendo implementados em campo, de data centers regionais à RANs centralizadas (C-RAN). Ter a ferramenta certa para inspecionar rapidamente todas as fibras de um [conector MPO](#) em questão de segundos é mais importante agora do que nunca, devido à escala de implementação.

Inspeção de fibra

Conectores contaminados são uma das principais causas dos problemas em redes de fibra óptica. Uma única partícula inserida no core de uma fibra pode causar refletância de retorno significativa, além de perda de inserção e até danos ao equipamento. As operadoras devem seguir o processo “[Inspeção antes de conectar](#)” para garantir que os conectores ópticos estejam limpos antes de acoplá-los.



1246.900.0922

Figura 4: Processo “Inspeção antes de conectar”



Figura 5: FiberChek Probe e Sidewinder da VIAVI

Teste com OTDR

Um [reflectômetro óptico no domínio do tempo](#) (OTDR) permite que os técnicos detectem, localizem e meçam eventos nos enlaces de fibra, como conectores acoplados, emendas, curvas, extremidades e quebras. As seguintes propriedades podem ser medidas tendo acesso a apenas uma extremidade da fibra (teste unidirecional):

- Atenuação – a perda da potência óptica ou do sinal ou a taxa de perda entre dois pontos ao longo do trecho de fibra.
- Perda de evento – a diferença no nível de potência óptica antes e depois de um evento.
- Refletância – a razão entre a potência refletida em relação à potência incidente de um evento.
- Perda do retorno óptico (ORL) – a razão entre a potência refletida em relação à potência incidente de um enlace óptico.

O [SmartOTDR](#) e os [módulos OTDR da série 4100](#) da VIAVI permitem que técnicos de qualquer nível de capacitação façam todos os testes básicos de fibra. A aplicação Smart Link Mapper (SLM) exibe cada evento como um ícone, oferecendo aos técnicos uma visão esquemática de todo o enlace, ajudando-os a usar um OTDR de forma mais eficaz, sem a necessidade de interpretar e entender os resultados baseados nos traços do OTDR.

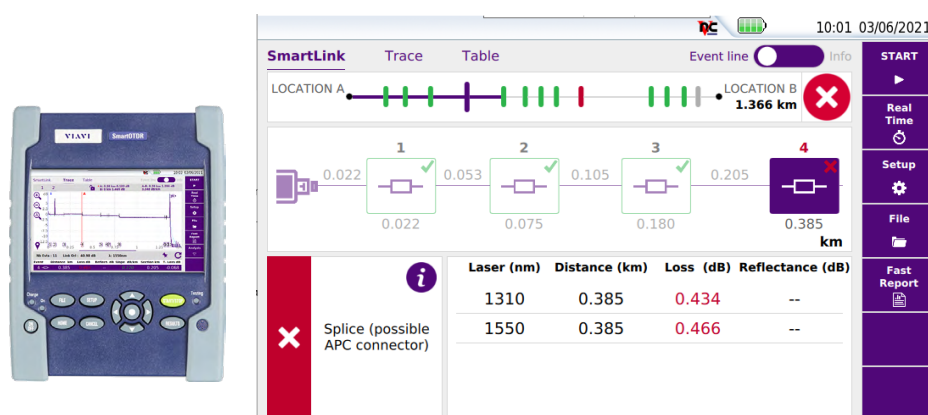


Figura 6: SmartOTDR e aplicação Smart Link Mapper

Usando o módulo OTDR correto com o OneAdvisor 800™ com o tipo específico de aplicação, por exemplo, xWDM, rede PON, etc., os técnicos podem realizar rapidamente a perda de inserção, perda de retorno óptico e localizar quaisquer anomalias em um enlace de fibra, como emendas, dobras e quebras. O OneAdvisor 800 é a solução perfeita para manutenção de campo de cell-site com capacidade de teste modular para troubleshooting de todos os tipos de problemas de desempenho de rede móvel.

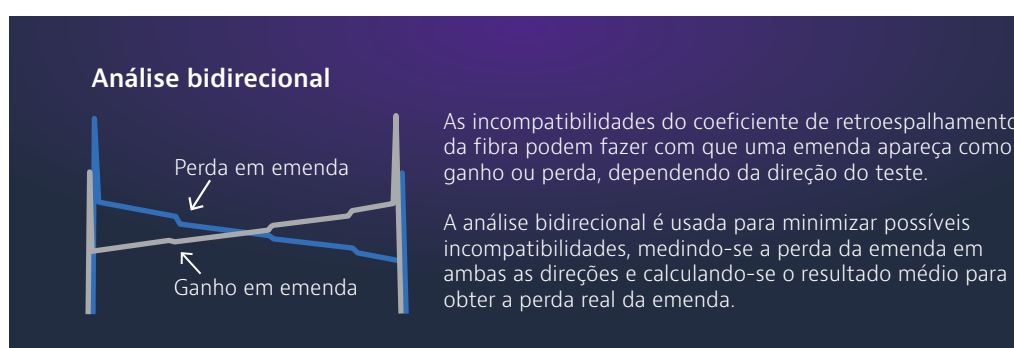


Figura 6a: OneAdvisor 800 com módulo OTDR

Para caracterizar enlaces de fibra e eventos individuais de forma mais precisa e tentar descobrir eventos adicionais que podem ter ficado ocultos pelo próprio desempenho de zona morta de um OTDR ao testar unidirecionalmente, os fornecedores de fibra apagada (dark fiber) ou o proprietário/a operadora da fibra pode fazer [testes bidirecionais](#). Isso permite uma medição mais precisa dos eventos (perdas e reflexões etc.) e a confirmação de que eles são os mesmos nas duas direções. Entretanto, há situações devidas às tolerâncias da fibra, incompatibilidades ou emendas que podem resultar em perdas ópticas excessivas ou diferentes (ou ganhos aparentes) quando visualizadas a partir de direções diferentes.

Lembre-se de que você nunca pode ter 100% de certeza da direção de serviço para a qual uma fibra será usada quando estiver instalada. Muitas aplicações são de fibra dupla com uma fibra Tx e uma Rx; entretanto, também existem implementações de fibra única com diferentes comprimentos de onda sendo utilizadas para Tx e Rx na mesma fibra, em direções opostas.

O [FiberComplete PRO™](#) da VIAVI é uma solução de teste portátil completa, única e automatizada, que testa perda por inserção bidirecional (IL), perda do retorno óptico (ORL) e OTDR.



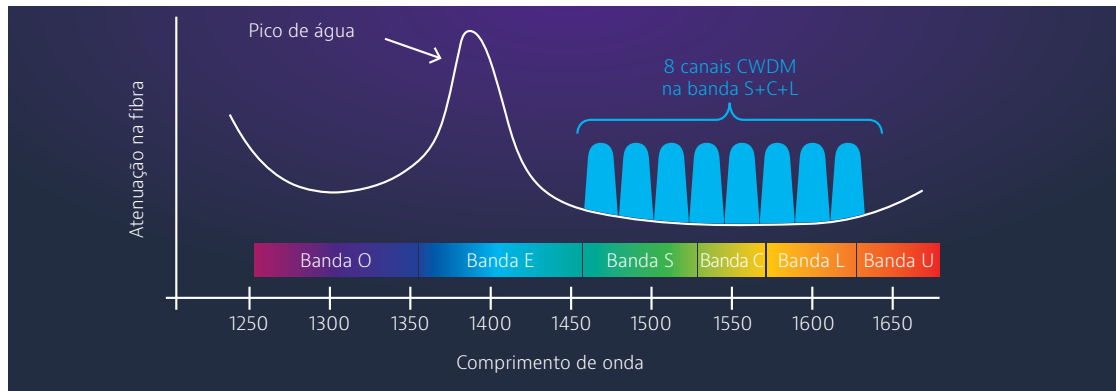
1249.900.0922

Figura 7: Aplicação FiberComplete

WDM (multiplexação por divisão do comprimento de onda)

A WDM permite que os provedores de serviço aumentem a capacidade, adicionando novos equipamentos em qualquer extremidade de um fio de fibra, combinando múltiplos comprimentos de onda/canais em um único fio de fibra. Multiplexadores são usados para combinar comprimentos de onda em uma única fibra e demultiplexadores são usados para separar os comprimentos de onda na outra extremidade. Há quatro tecnologias principais utilizadas:

A multiplexação por divisão de onda bruta (CWDM) proporciona até 18 canais (ou comprimentos de onda) em uma única fibra para permitir maior capacidade. Redes CWDM são tipicamente passivas, sem amplificadores ativos, para reduzir custo e complexidade e, devido aos espaçamentos de canais mais amplos, essas redes podem utilizar componentes mais baratos (transceptor Tx/Rx, MUX/DeMUX e filtros para SPF) o que, novamente, torna a implementação mais barata. Lembre-se que um fator fundamental para redes de acesso é o preço/custo. Além disso, com apenas 18 canais, é mais fácil de gerenciar e manter (há apenas 18 variações de SFP a gerenciar durante a implementação e a manutenção). Tipicamente, a rede CWDM passiva é usada apenas para distâncias de até 80 km; entretanto, para distâncias entre 40 a 80 km pode haver uma redução no número de canais utilizáveis para apenas o 8 superior, isso se deve à atenuação da fibra de comprimentos de onda abaixo de 1470 nm devido a coisas como picos de água. As perdas por comprimento de onda em todas as bandas de transmissão são conhecidas como perfil de atenuação da fibra (AP). O AP varia entre fibras e tipos de fibra e ditará parcialmente a quantidade de canais utilizáveis, o que trará um impacto na escalabilidade da capacidade. A fibra de pico de água baixo está disponível há algum tempo, mas a menos que você tenha certeza sobre a fibra nos dutos, é melhor verificar. Em última análise, para enlaces passivos, os cálculos do balanço óptico dos transceptores, perdas de elementos passivos, perdas em emendas/conexão e AP da fibra (ou seja, a perda óptica por comprimento de onda por km) definirão o comprimento máximo do enlace que é possível atingir.

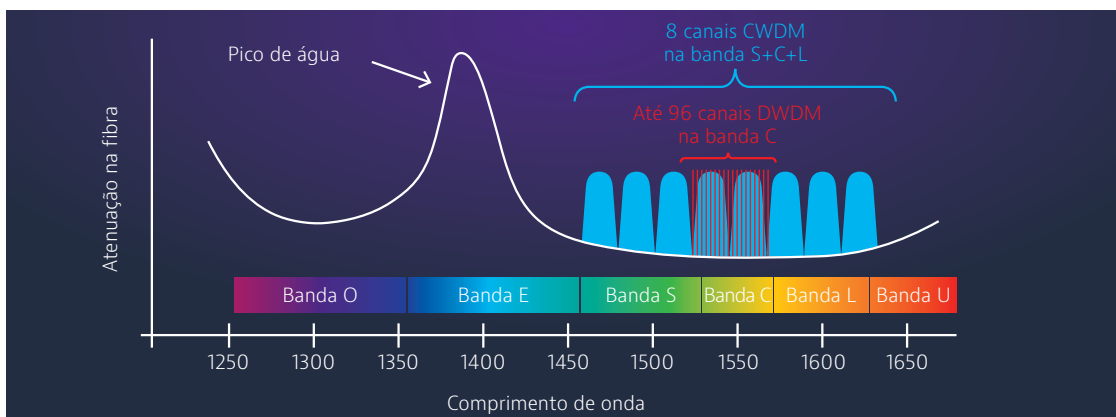


1252.900.0922

Figura 8: Canais CDWM na banda S + C + L

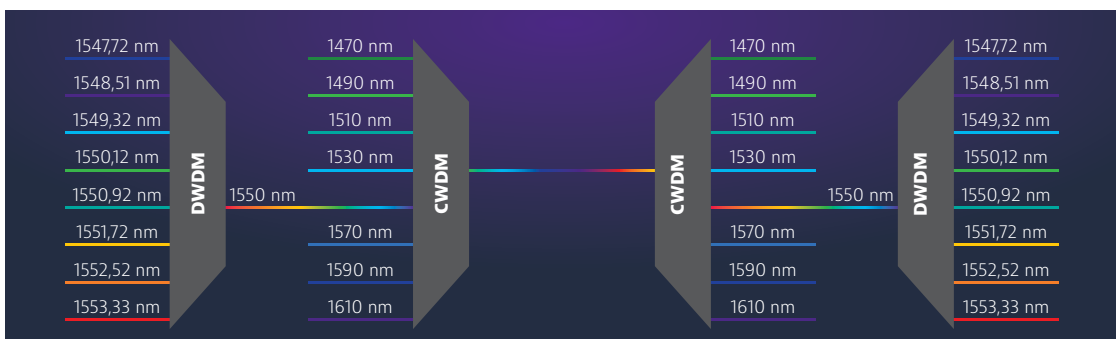
A multiplexação por divisão de onda densa (DWDM) proporciona até 96 canais por fibra, dependendo do espaçamento utilizado. O espaçamento de 100 GHz ainda é o mais comum, entretanto os sistemas DWDM atuais podem suportar 50 GHz (0,4 nm) e espaçamento de até 25 GHz, sendo possível até 160 canais. Para fins de comparação, a WDM tem um espaçamento de 20 nm por canal. Redes DWDM podem ser passivas ou ativas, e a abordagem a ser usada dependerá principalmente das distâncias envolvidas, dos requisitos de dados atuais e da necessidade de capacidade futura. Quanto à WDM passiva, sua distância máxima dependerá dos cálculos do orçamento óptico do transceptor e da perda da fibra por km para cada comprimento de onda (seu AP).

As redes CWDM e DWDM híbridas (xWDM) oferecem a possibilidade de expandir a capacidade da infraestrutura CWDM usando um canal CWDM apropriado para acomodar diversos comprimentos de onda DWDM. Neste ambiente híbrido, os comprimentos de onda DWDM usam tipicamente espaçamento de 100 GHz, por duas razões: primeiro, para permitir pequenas variações nos comprimentos de onda transmitidos, para que a filtragem não afete outros serviços e, segundo, para manter o custo dos transceptores, filtros e MUX/DeMUX no mínimo, permitindo a utilização de componentes mais baratos, com tolerâncias mais amplas.



1250.900.0922

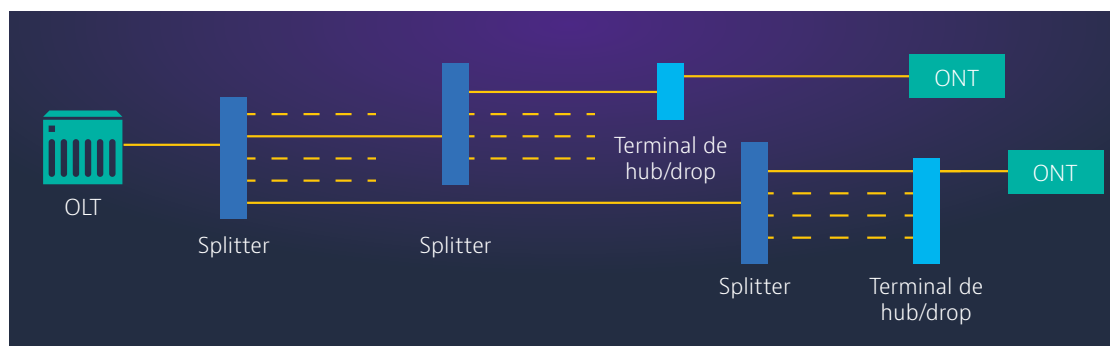
Figura 9: CWDM e DWDM híbridas



1251.900.0922

Figura 10: Exemplo de 8 canais DWDM (espaçamento de 100 GHz) adicionados a uma rede CWDM de 8 canais existente

Rede Óptica Passiva (PON), é uma arquitetura do tipo ponto a múltiplos pontos que usa divisores passivos para atender a mais dispositivos de extremidade em midhaul (Unidade Central (CU) para Unidade de Distribuição (DU)). É possível ter arquiteturas de rede com splitters simples e também em cascata; entretanto, as razões de divisão reais vão variar de acordo com as distâncias envolvidas e os cálculos do balanço de perda óptica para transmissores/receptores (OLT/ONT).



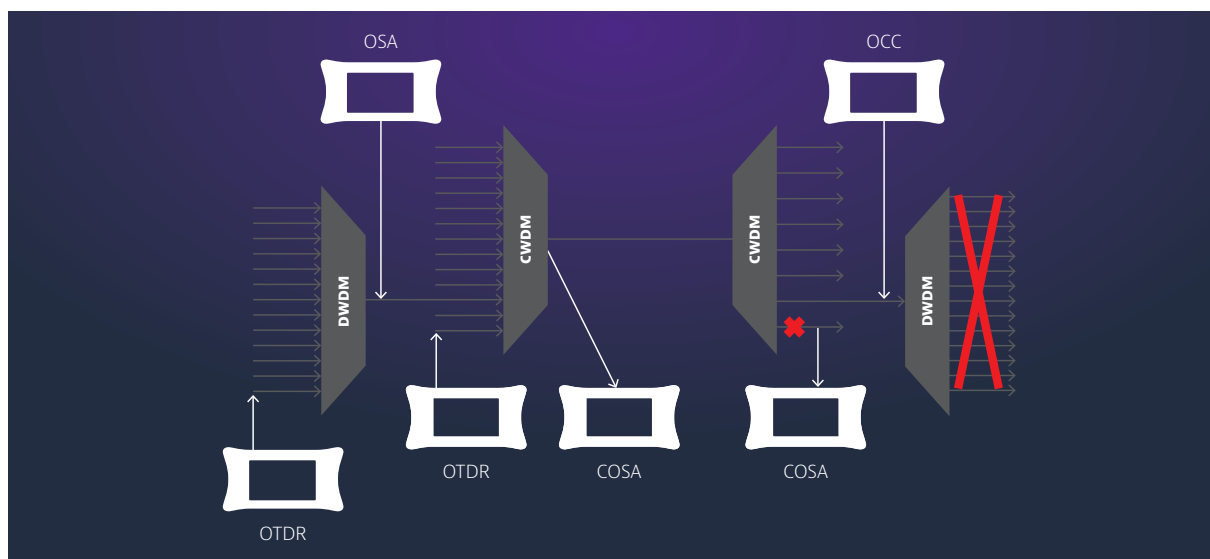
1253.900.0922

Figura 11: Arquitetura rede PON dividida em cascata

Provavelmente, o maior impacto na proporção de divisão será a capacidade de dados necessária para cada DU e o padrão PON usado – tenha em mente que os serviços PON são serviços compartilhados. Como exemplo simplificado, a XGS-PON pode oferecer um serviço de 10 Gbps simétrico; se cada DU exigir um 1 Gbps fixo, então um serviço XGS-PON pode suportar 10 DUs, portanto, uma divisão de 10 vias. Na realidade, é um pouco mais complicado do que isso. É possível suportar mais DU com um serviço XGS-PON quando se considera os requisitos de dados médios x dados de pico por DU (mais folgas) e com o uso de recursos rede PON futuros como alocação de largura de banda dinâmica. Distâncias entre 40 e 60 km podem ser obtidas e normas mais recentes para rede PON, como NG-PON2, podem fornecer uma capacidade simétrica de 40 Gbps por meio do uso de múltiplos comprimentos de onda de 10 G tanto upstream quanto downstream. Isso deve ser suficiente para prazos curtos e médios. Assim, baseado no que é visto com o eCPRI (baseado na capacidade dos esquemas de modulação de RF utilizados), normas rede PON de maior capacidade, como aquelas consideradas como 25 G rede PON, com um único comprimento de onda entregando agora 25 G em vez de apenas 10 G, serão necessárias em médio a longo prazo. A rede PON também permite alguns serviços WDM de ponto a ponto.

Teste de xWDM

É esperado que a maior parte da infraestrutura para rede de fibra seja atualizada para aproveitar as tecnologias de multiplexação mais elevadas e oferecer uma taxa de throughput maior. Entretanto, testar redes xWDM não é tão trivial, especialmente porque, como os canais DWDM estão muito próximos, os transmissores DWDM requerem controle preciso da temperatura para manter a estabilidade do comprimento de onda e para operar corretamente. Os filtros de comprimento de onda devem fazer sua função de passar o comprimento de onda correto e bloquear os outros comprimentos de onda. Isso significa que um problema em um canal pode facilmente criar problemas nos canais adjacentes, tornando o teste e a manutenção de redes DWDM uma tarefa mais complexa. Redes DWDM devem ser testadas quanto a perdas, limpeza do conector e qualidade espectral. Os testes a seguir são essenciais para redes xWDM.



1254.900.0922

Figura 12: Teste de xWDM

Verificação de canal

Um medidor de potência CWDM ou DWDM (também conhecido como verificador de canal óptico (OCC)) como o OCC-55 (CWDM) e o OCC-56C (DWDM) da VIAVI pode ser usado para realizar verificações básicas da presença de comprimento de onda e níveis de potência para validar o roteamento correto do comprimento de onda.

Um analisador de espectro óptico/verificador de canal óptico para CWDM ou DWDM de tamanho pequeno, [COSA \(CWDM\)](#) e o módulo [OCC-4056C \(DWDM\)](#) da série 4100 para os instrumentos MTS-2000, MTS-4000, MTS-4000 V2 e MTS-5800 V2 também podem ser usados para fazer as mesmas verificações de presença de comprimento de onda e do nível de potência. Entretanto, com a capacidade adicional para informar os números de canal ITU-T, os técnicos podem medir rapidamente o comprimento de onda real para verificar se há desvio ou deslocamento e informar o espaçamento real do canal (especialmente importante para DWDM). As baias SFP duplas integradas permitem que os técnicos verifiquem o comprimento de onda/canal de SFPs coloridos e sintonizáveis, que também oferecem a opção de se tornar uma fonte de luz sintonizável que pode ser usada para teste de perda de roteamento/ inserção de enlace.



Figura 13: OCC-55

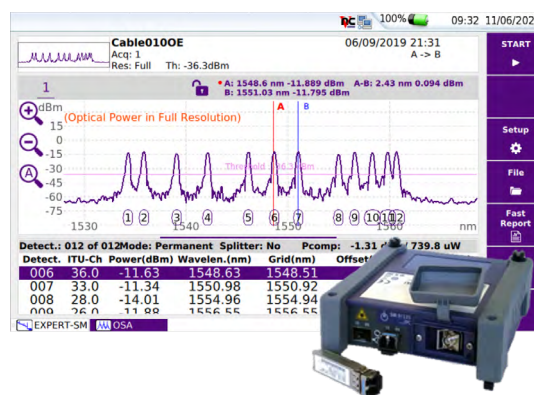


Figura 14: Módulo verificador de canal óptico OCC-4056C DWDM

Teste de WDM com OTDR

Um OTDR para CWDM ou DWDM, como os módulos OTDR CWDM e DWDM da série 4100 da VIAVI, para os instrumentos MTS-2000, MTS-4000, MTS-4000 V2 e MTS-5800 V2, pode ser usado para validar a capacidade de um core de fibras para transportar todos os comprimentos de onda xWDM durante a certificação de construção e antes da conexão do MUX/De-MUX da WDM. Ele também pode ser usado depois da conexão do MUX/De-MUX para validar o roteamento do comprimento de onda de ponta a ponta e as perdas em comprimentos de onda específicos ou para manutenção e troubleshooting, a fim de expor e localizar quaisquer curvas, quebras, emendas ou conectores defeituosos. Os OTDRs padrão que usam comprimentos de onda tradicionais de 1310/1550 nm para teste não podem ser usados para este segundo nível de teste devido à filtragem de comprimento de onda implementada nos dispositivos MUX/DeMUX.

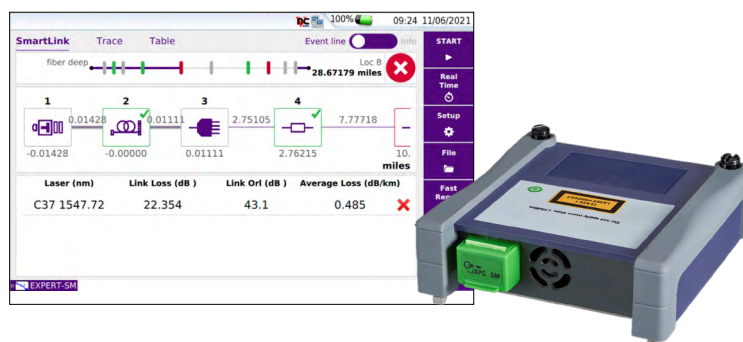


Figura 15: Módulo OTDR para DWDM

Teste de rede PON com OTDR (durante as etapas de desenvolvimento/instalação/construção da fibra)

Um requisito mínimo antes de se conectar aos splitters é ter uma certificação bidirecional das fibras alimentadoras e das fibras de distribuição para IL, ORL e para o comprimento. Para verificar se há conectores com perda elevada ou emendas ruins é necessário um teste com OTDR e para verificar as curvas é necessário um teste com OTDR em vários comprimentos de onda. Os técnicos devem usar no mínimo 2 comprimentos de onda para detecção de curvas, tipicamente em 1310 e 1550 nm, preferivelmente com um terceiro comprimento de onda de 1625 ou 1650 nm, pois isso melhora a detecção das curvas e também oferece ao técnico uma solução que pode ser utilizada para troubleshooting em redes ativas assim que a PON é ativada, o teste OTDR a 1490 nm não produz resultados melhores do que o teste de 1550 nm ([consulte o artigo técnico](#)). Além disso, certificar comprimentos de onda mais longos, como 1625 nm ou 1650 nm, protege a rede PON contra obsolescência, para serviços de rede PON como NG-PON2, em que os comprimentos de onda mais longos na Banda L são muito mais suscetíveis a perdas induzidas por curvas.

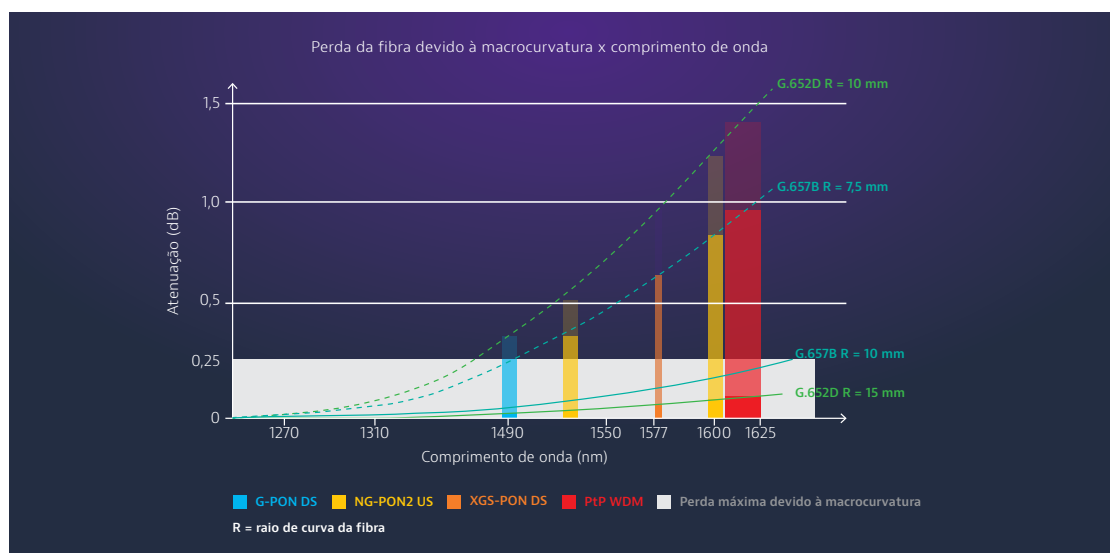


Figura 16: Perdas em curvas – comprimento de onda vs. tipo de fibra para raio de curva mínima

1255.900.0922

Para melhor exatidão dos resultados com o OTDR, é altamente recomendável fazer testes bidirecionais. Isso permite que os técnicos identifiquem possíveis falhas que poderiam estar ocultas pelas zonas mortas do OTDR. Testes bidirecionais certificarão o desempenho da fibra nas duas direções (lembre-se que fibras rede PON podem transportar a luz em duas direções, upstream e downstream). A automação do teste bidirecional e do processo de relatórios apresenta resultados em um formato de leitura mais fácil (Smart Link Mapper) e a realização dos testes através de uma única porta de teste reduz significativamente o tempo de teste, melhora o fluxo de trabalho e reduz a complexidade (ou seja, o risco de erros e de novos testes). A solução FiberComplete da VIAVI automatiza a certificação de fibras bidirecional para IL, ORL e OTDR.

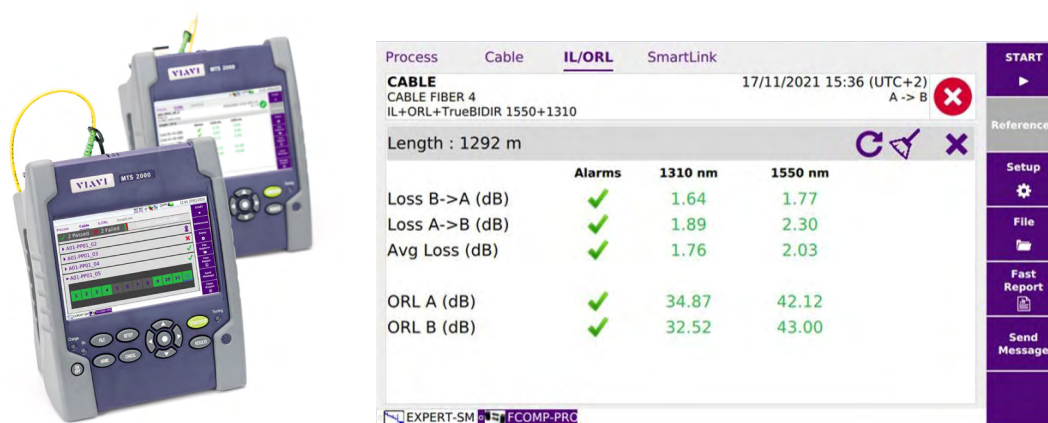


Figura 17: FiberComplete para MTS-2000, MTS-4000 V2, MTS-5800 V2 e OneAdvisor 800

Após a conexão dos splitters, a certificação por OTDR é necessária para confirmar a construção de rede PON final. Os técnicos precisam verificar as perdas totais de ponta a ponta, incluindo as perdas em splitters. Isso é realizado geralmente de forma unidirecional no lado do ONT (terminal de rede óptica)/ONU (unidade de rede óptica) da rede, observando o escritório local ou central, usando um OTDR que utiliza uma técnica de aquisição de múltiplos pulsos acoplado a uma aplicação de teste de rede PON/FTTx dedicada para testar os splitters (simples ou em cascata) e caracterizar todas as seções da rede PON. Uma única unidade FiberComplete com a aplicação FTTH-SLM ou um SmartOTDR com a aplicação FTTH-SLM oferece tais recursos.



Figura 18: SmartOTDR

A aplicação Smart Link Mapper (SLM) exibe cada evento como um ícone, oferecendo aos técnicos uma visão esquemática de todo o enlace, ajudando-os a usar um OTDR de forma mais eficaz, sem a necessidade de interpretar e entender os resultados baseados nos traços do OTDR. A versão dedicada do SLM para FTTH/rede PON utiliza nomenclatura, rótulos e ícones específicos para os ambientes de rede PON.

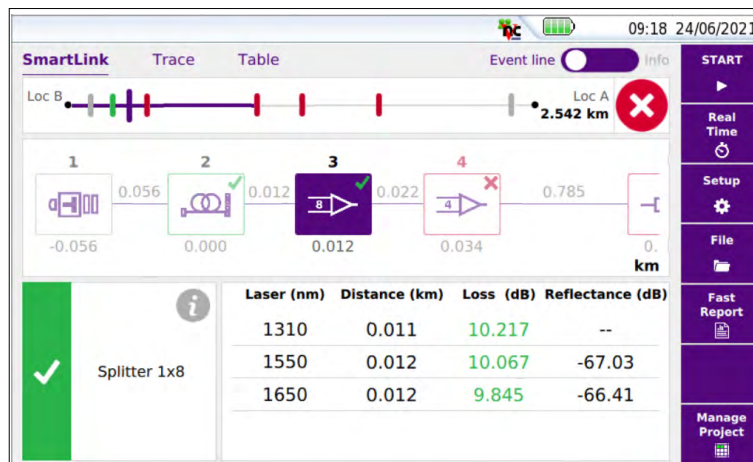


Figura 19: FTTH-SLM

Medição da potência óptica (durante a ativação da rede)

Como parte da ativação da rede PON, os técnicos devem confirmar que os níveis de potência óptica nas direções downstream e upstream estão dentro dos ranges esperados antes da conexão final do ONT/célula/rádio. Para o 5G, prevê-se que sejam adotadas a XGS-PON e a NG-PON2, e normas futuras como a 25G-PON são consideradas pelos grupos de normas da ITU-T e IEEE. Para G-PON e XGS-PON ou para NG-PON2, o [medidor de potência de rede PON OLP-87](#) pode fazer medições seletivas do nível de potência do comprimento de onda. Ele também suporta a operação through-mode (operar em série com a rede) e medição em modo de rajada upstream, permitindo as duas medições do nível de potência, em upstream e em downstream. E também ajuda a validar o dispositivo ONT/ONU, verificando se o dispositivo está ativo e respondendo aos equipamentos da rede PON (terminal de linha óptica ou OLT).



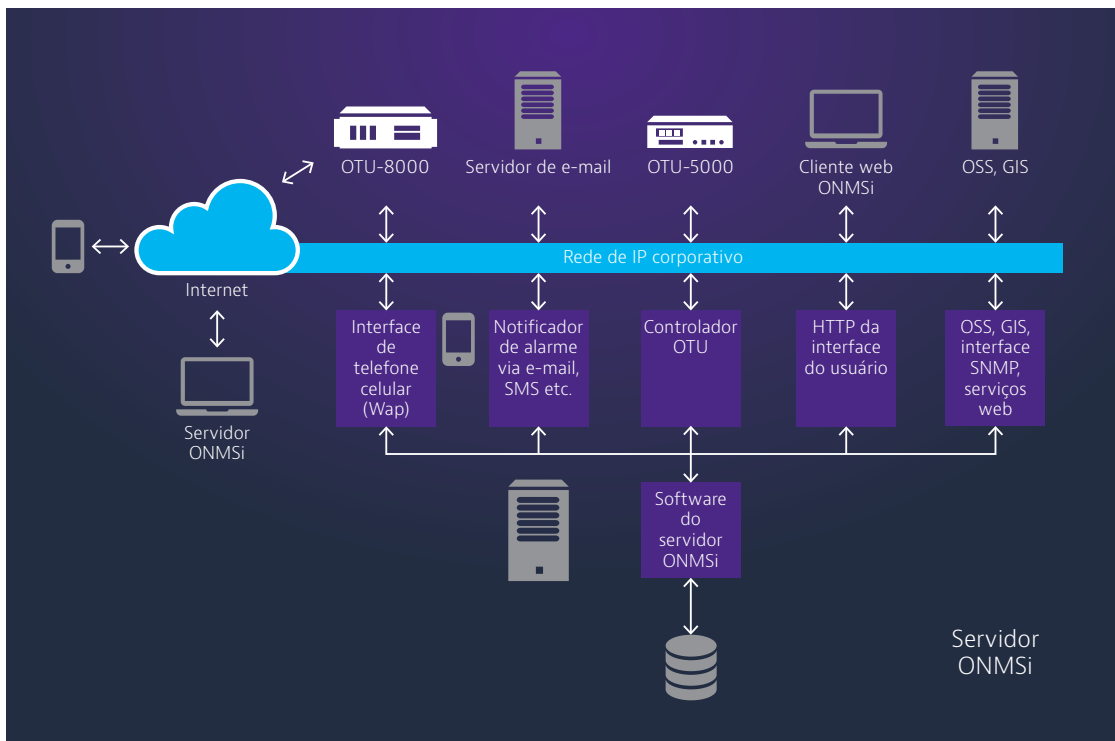
Figura 20: OLP-87 G e XGS-PON ou medidor de potência de rede PON seletiva NG-PON2

Monitoramento de fibras ópticas

Conforme analisado anteriormente, a rede PON e suas variações serão usadas na infraestrutura de fibra para 5G e como a escala da rede PON vai aumentar, a demanda por troubleshooting e por manutenção também vai aumentar. Automatizar os testes da camada física de um sistema de rede PON a partir de um local centralizado, como um escritório de comutação de telefonia móvel (MTSO), pode reduzir o provisionamento de tempo e manutenção e pode melhorar a qualidade do serviço da rede. Conforme analisado anteriormente, um OTDR pode identificar o local das falhas em um enlace de fibra e certificar o tipo de mão de obra envolvida em uma instalação. O ONMSi ([sistema de monitoramento de rede óptica](#)) da VIAVI pode testar e certificar a rede PON durante a fase de montagem e construção e, em seguida, mudar para o modo de monitoramento contínuo de várias redes PON durante sua fase operacional. O ONMSi permite que um único técnico teste a rede durante a instalação. Depois da ativação, o sistema detecta e localiza com precisão a degradação na infraestrutura da fibra e alerta os operadores e gerentes com os detalhes das falhas.

Com mais e mais fibras sendo implementadas, os provedores de serviços estão vendo uma taxa de falha de ativação da ordem de 25 a 30% devido à instalação incorreta de redes de distribuição óptica (emendas/conectores/splitters com perda elevada, macrocurvaturas, splitter incorreto/conexão de porta errada etc). Levando isso em conta, ter um recurso de monitoramento de fibras ópticas maximiza a capacidade de resposta às falhas induzidas pelas fibras e às interrupções resultantes na rede.

O ONMSi da VIAVI permite monitoramento contínuo, detecção e localização de falhas com base na comparação dos traços do OTDR 24 horas por dia, 7 dias por semana. As notificações são geradas por SNMP/SMS/e-mail com anexos dos traços do OTDR com a geolocalização no mapeamento de fibra óptica (OFM) ou GIS externo para as topologias FTTx selecionadas. O ONMSi ajuda a implementar gradualmente as redes ópticas e fazer sua manutenção. Essa solução também pode ser fornecida como uma solução pontual, o SmartOTU, com todo o hardware e software instalado em um único chassi.



1256.900.092

Figura 21: Arquitetura da solução ONMSi



Figura 22: Painel de instrumentos e vista esquemática do enlace

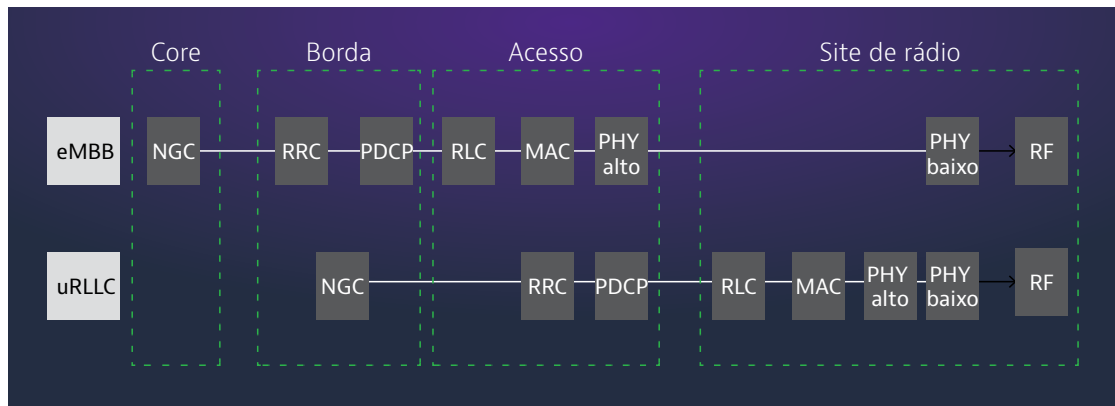


Figura 23: Visualização de traço detalhado do OTDR e visualização SLM

Rede de transporte fronthaul

Atualmente, a interface de rádio pública comum (CPRI) fornece protocolos de transporte dedicados, especificamente projetados para transportar ondas de rádio entre a RRU e a BBU. Os quadros CPRI expandem-se com maior largura de banda do canal de rádio e o número de antenas. A CPRI não é muito eficiente em multiplexação estatística e não pode crescer gradualmente para atender as demandas do 5G. A Ethernet, como meio de transporte, é muito atraente, pois pode permitir compatibilidade com versões anteriores com CPRI e outras novas tecnologias de pacotes, como eCPRI e ORAN. Entretanto, a sincronização pode ser um desafio. Pode ser usado GPS, protocolo de tempo de precisão (PTP), Ethernet síncrona ou algo semelhante para vencer esse desafio. Entidades normativas estão trabalhando para fornecer novos requisitos para lidar com esse problema nos diferentes tipos de tráfego do 5G. Usando ethernet para transporte faz muito sentido, pois ela pode ser compatível com versões anteriores, permitindo o uso de equipamentos convencionais, permitindo maior convergência de redes de acesso e a multiplexação estatística, o que ajudará a reduzir os requisitos agregados de taxa de bits. O uso de comutação/roteamento de rede IP/Ethernet padrão também facilitará a virtualização funcional e a orquestração geral da rede.

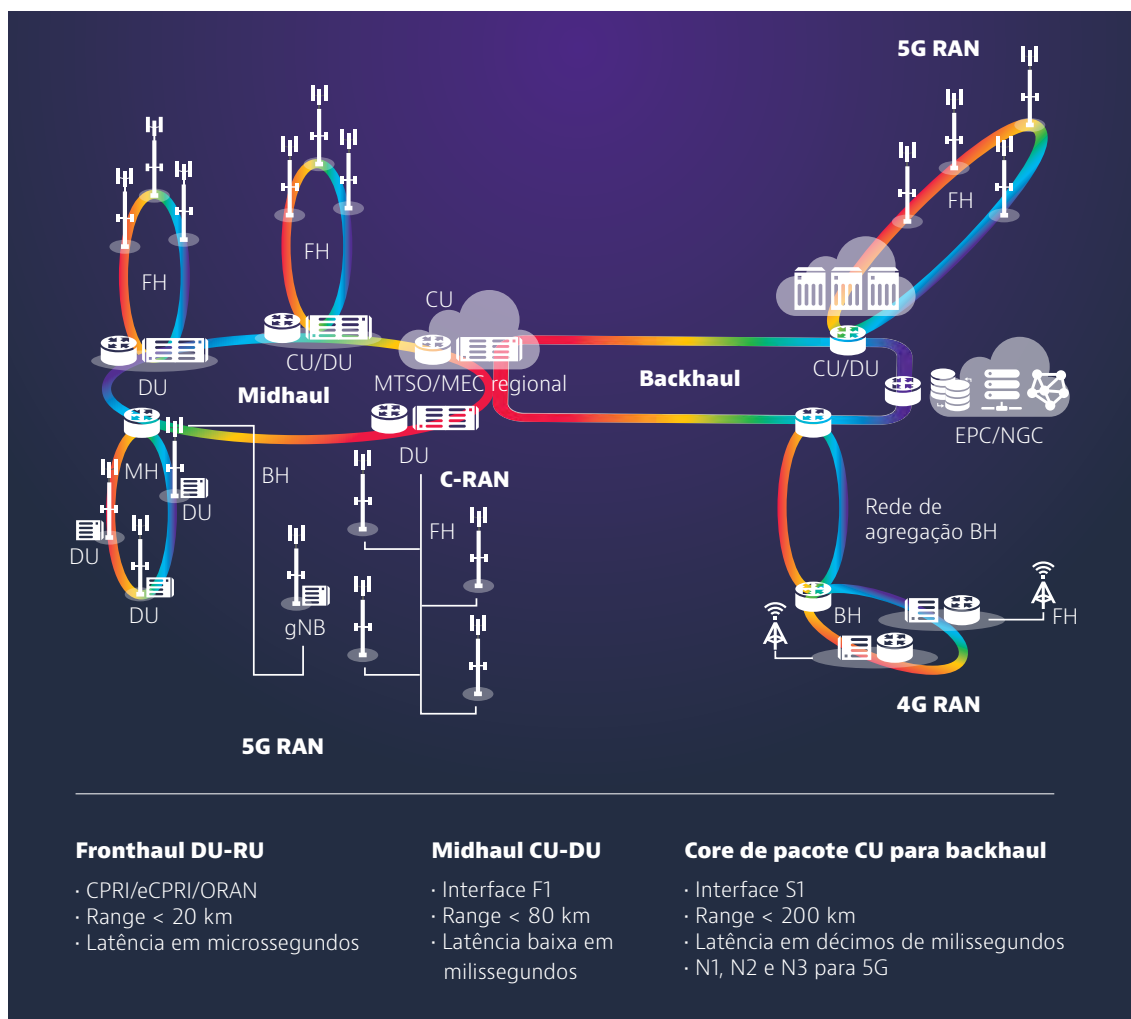
O fatiamento da rede e a virtualização da função de rede (NFV) permitem que as operadoras ofereçam diferentes categorias de serviço, com uma ampla gama de requisitos de serviço, em uma rede física comum compartilhada. Também permitem que diferentes divisões para as funções digitais e de rádio sejam colocadas em diferentes locais geográficos.



1257.900.0922

Figura 24: Fatiamento da rede para aplicações eMBB e uRLLC

A figura 24 ilustra o exemplo de implementação de uma rede física para atender a uma aplicação de eMBB e de latência ultrabaixa ao mesmo tempo. Enquanto a primeira requer o uso de uma arquitetura de divisão dupla (opções 2 e 7) entre o core 5G (NGC) e a antena, a segunda precisa colocar as funções do core mais próximas da borda para atender aos requisitos precisos de latência. Essa arquitetura flexível exigirá uma rede de fronthaul flexível que possa suportar vários tipos de tráfego com diferentes requisitos de latência e funções de protocolo que pode ser movido para perto ou para longe do rádio, dependendo dos requisitos de largura de banda e do orçamento de latência. A topologia da rede na qual as funções CU e DU residem vai variar de acordo com o SP e as aplicações que elas oferecem.



1258.900.0922

Figura 25: Evolução do x-haul

Teste de sincronização

Conforme analisado anteriormente, a temporização e a sincronização desempenham um papel vital no desempenho de uma rede sem fio. Em uma rede 5G, esses requisitos são aprimorados ainda mais devido às demandas de fase e de tempo em redes baseadas na duplexação por divisão de tempo (TDD) e técnicas de rádio coordenadas. Redes celulares anteriores exigiam principalmente a sincronização de frequência para alinhar os sinais, entretanto a sincronização da frequência apenas não será suficiente para o 5G.

Os requisitos de sincronização são derivados de várias entidades, incluindo o 3rd Generation Partnership Project (3GPP). As especificações técnicas 36.104//38.104 do 3 GPP representam dois documentos importantes que descrevem os requisitos de transmissão e recepção de rádio da estação base. Mais especificamente, a seção 6.5 (qualidade do sinal de transmissão) lista vários requisitos essenciais para o projeto de rede de sincronização, incluindo o erro de alinhamento de tempo (TAE). O TAE é definido como a maior diferença de tempo entre quaisquer dois sinais pertencentes a diferentes antenas ou grupos de transmissores. Os requisitos são categorizados dependendo do caso de uso sem fio (Tabela 1). Esses casos de uso recebem atribuição de categorias exclusivas, de A+ a A, B e C. Os casos de uso na parte inferior da tabela estão sendo desenvolvidos neste momento e não receberam a atribuição de uma categoria.

Característica do 3GPP	RAN	
	LTE	NR
MIMO ou transmissão com diversidade TX	Categoria A+	Categoria A+
Agregação de portadora contígua entre bandas	Categoria A	BS tipo 1: Categoria B BS tipo 2: Categoria A
Agregação de portadora não contígua entre bandas	Categoria B	Categoria C
Agregação de portadora entre bandas	Categoria B	Categoria C
TDD	Categoria C	Categoria C
Conectividade dupla	Categoria C	Categoria C
COMP	Não especificado no 3GPP	Não está pronto no 3GPP
Enlace complementar	Não aplicável para LTE	Não está pronto no 3GPP
Compartilhamento de espectro entre bandas	Não está pronto no 3GPP	Não está pronto no 3GPP
Posicionamento	Não especificado no 3GPP	Não está pronto no 3GPP
MBSFN	Não especificado no 3GPP	Não está pronto no 3GPP

Tabela 1: Categorias de precisão de temporização (requisitos de transporte para eCPRI)

A categoria A+ exige os requisitos de sincronização mais rigorosos (Tabela 2); o requisito da categoria C está de acordo com as redes atuais de backhaul LTE. Os requisitos são identificados em termos de erro de tempo (TE) relativo e absoluto. O TE relativo especifica o erro de tempo entre quaisquer duas RUs (ou eRE). O TE absoluto é o erro de tempo em relação à referência de um relógio de tempo de referência principal (PRTC). Na maioria dos casos, os requisitos de TE absoluto são adicionais àqueles dos respectivos requisitos de TE relativo (categorias A+, A e B).

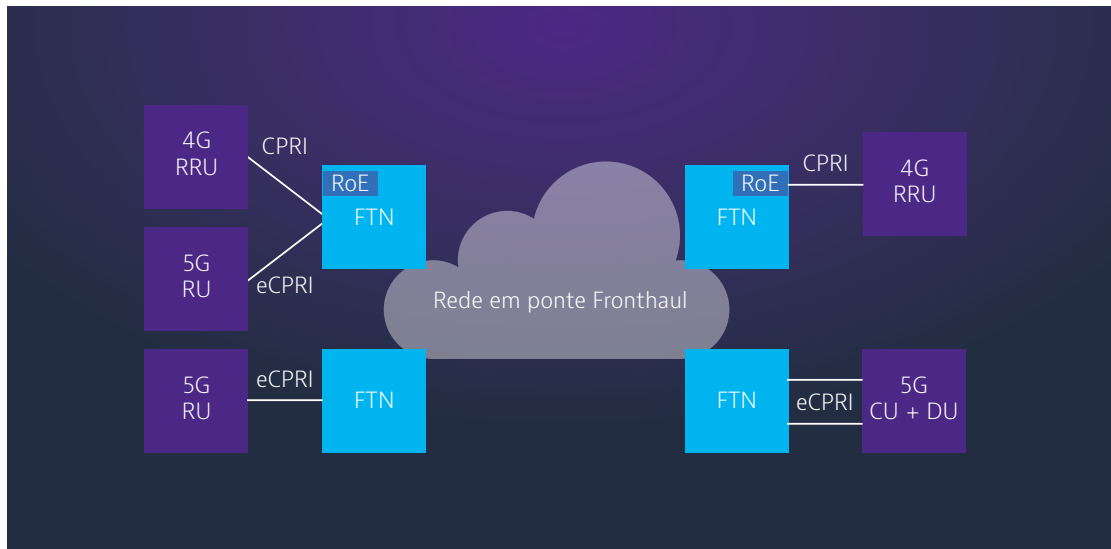
Categoria	Erro de tempo
A+ (relativo)	20 a 32 ns
A (relativo)	60 a 70 ns
B (relativo)	100 a 200 ns
C (absoluto)	1100 ns

Tabela 2: Requisitos de erro de tempo

Teste de FTN

Um node de rede de transporte fronthaul (FTN) é introduzido para gerenciar o anel de acesso Ethernet que pode fornecer um fronthaul convergente que suporta CPRI antigo e 5G eCPRI, conforme mostrado na Figura 26.

Isso resolve alguns desafios da topologia, porém é importante certificar-se de que as redes FTN não estejam criando retardos excessivos e estejam atendendo os cálculos do balanço de retardo e sincronização da rede de acesso. Alguns dos requisitos de transporte eCPRI são explicados na tabela abaixo.



1259.900.0922

Figura 26: Arquitetura de rede FTN

Isso resolve alguns desafios da topologia, porém é importante certificar-se de que as redes FTN não estejam criando retardos excessivos e estejam atendendo os cálculos do balanço de retardo e sincronização da rede de acesso. Alguns dos requisitos de transporte eCPRI são explicados na tabela abaixo.

Nome Cos	Exemplo de uso	Retardo máximo de pacote unidirecional	Razão de perda de pacote unidirecional
Alta	Plano do usuário	100 μ s	10^{-7}
Médio	Plano do usuário (lento), Plano C&M (rápido)	1 ms	10^{-7}
Baixa	Plano C&M	100 ms	10^{-6}

Tabela 3: Requisitos de divisão E e divisões_D, _D, _U

O [MTS-5800 \(100G\)](#) da VIAVI pode executar testes para eCPRI e ajudar a medir a taxa de throughput, retardos e o jitter de pacotes. Os engenheiros podem configurar tipos de mensagem eCPRI de acordo com a especificação eCPRI, medir a largura de banda para cada tipo de mensagem e medir o retardo de ida e volta (RTD) com precisão abaixo de 5 ns. Ao realizar os testes FTN, os engenheiros podem validar os requisitos de retardo e sincronização da FTN e podem garantir que estejam dentro das especificações da rede projetada.

O MTS da VIAVI pode executar os seguintes testes para redes 5G fronthaul:

- Gerar e analisar os sinais eCPRI (10/25GE)
- Gerar/filtrar subcabeçalhos eCPRI
- Medir o retardo em uma direção
- Testar C&M, SNMP/UDP/TCP
- Testar PTP/SyncE/GPS para sincronização
 - Emular escravo/mestre PTP
 - Medir o erro de tempo, Wander, PDV, MTIE/TDEV
 - Intensidade dos sinais de GPS, trilhas
- Testar de Ethernet OAM (Loopback, LoC, Traço)

Teste do GPS (teste de cobertura do sinal/satélite de GPS)

É importante verificar a estabilidade e a adequação do sinal do GPS para o local da antena GPS no momento da instalação e periodicamente depois da instalação, pois as condições ao redor do local podem ter mudado.

O MTS-5800 da VIAVI testa sinais de GPS usando um receptor GPS integrado e fornece os seguintes resultados:

- Número de satélites visíveis
- Intensidade do sinal
- O espectrograma de mapa do CNO traça uma linha de visão até os satélites à medida que eles se movem ao redor da órbita ao longo do tempo

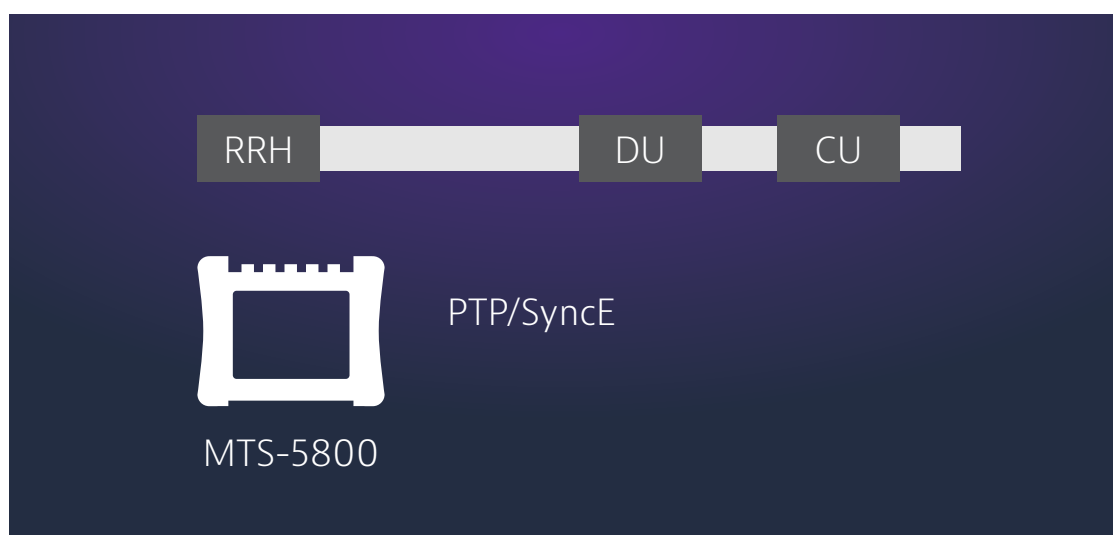


1261.900.0922

Figura 27: Teste de GPS usando o MTS-5800 da VIAVI

Teste de PTP (teste de erro de temporização de PTP)

Conforme analisado anteriormente, o serviço sem fio depende de uma sincronização confiável. Para que o PTP funcione de forma confiável, o escravo PTP (RIU) precisa ser capaz de conectar-se ao grande mestre PTP designado e estar em conformidade com os limites da rede de perfil de frequência PTP, como o percentil base de pacotes. Adicionalmente, o perfil de tempo/fase do PTP precisa estar em conformidade com os limites de erro de tempo da rede. Usando um MTS da VIAVI, que funciona como escravo PTP, um engenheiro pode verificar a conectividade com o grande mestre PTP e verificar se o erro de tempo está dentro dos requisitos, usando um guia passo a passo.



1260.90C

Figura 28: Verificação de PTP usando o MTS-5800 da VIAVI

Teste de Ethernet

Valide o desempenho da rede de backhaul a partir do core para a unidade central virtual (vCU) para garantir uma configuração correta e transporte de alta qualidade do plano de dados e do plano de controle. As metodologias de teste RFC 2544 e Y.1564 validam a configuração de ponta a ponta em nível de Ethernet ou IP e asseguram que os principais objetivos de desempenho, como o tamanho comprometido das rajadas (CBS), rate de informações consolidada (CIR), latência, jitter de pacotes e perda de quadros, sejam atendidos. Os operadores de rede podem selecionar o RFC 2544 ou o Y.1564 para testar um único serviço ou selecionar o Y.1564 para testar múltiplas classes de serviço.

Os testes podem ser realizados em uma topologia de teste de terminação única ou dupla. Este último requer duas unidades de teste, porém pode garantir a caracterização adequada da rede nas duas direções e pode detectar possíveis assimetrias entre as duas direções. A medição do retardo unidirecional também pode ser feita para identificar assimetrias causadas por equipamentos, componentes ou comprimentos de fibra da rede. O MTS-5800-100G da VIAVI oferece os seguintes testes em 2 portas até 100G:

- Taxa de throughput/unidirecional e loopback de latência/perda de quadros/jitter
- Testes RFC2544
- Testes Y.1564

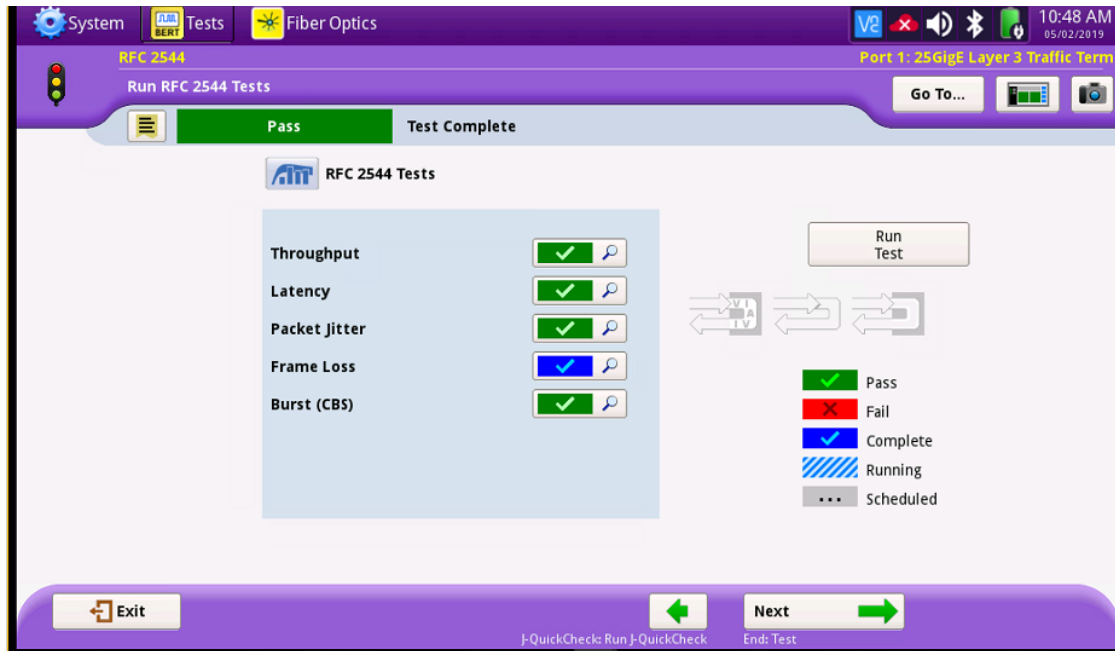


Figura 29: MTS-5800 fácil de utilizar em testes RFC2544

Teste de desempenho da rede (teste de rede de transporte óptico ou OTN)

As normas da ITU-T (International Telecommunication Union) definem os quatro testes a seguir para a OTN.

- Taxa de erro de bit de carga
- Latência/retardo de ida e volta
- Transparência do canal de comunicação geral (GCC)
- Interrupção do serviço

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

Figura 30: OTN aéreo

O MTS-5800 da VIAVI fornece uma aplicação de verificação de OTN que testa todos os parâmetros acima, permitindo que o engenheiro não tenha que ser um especialista em tecnologia OTN.

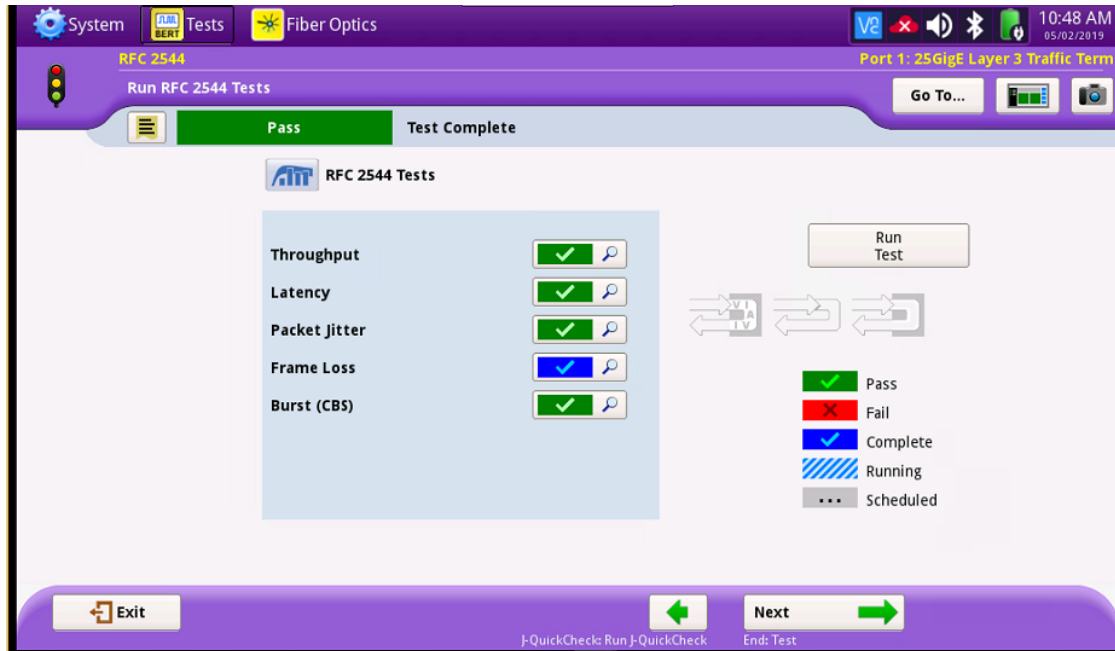
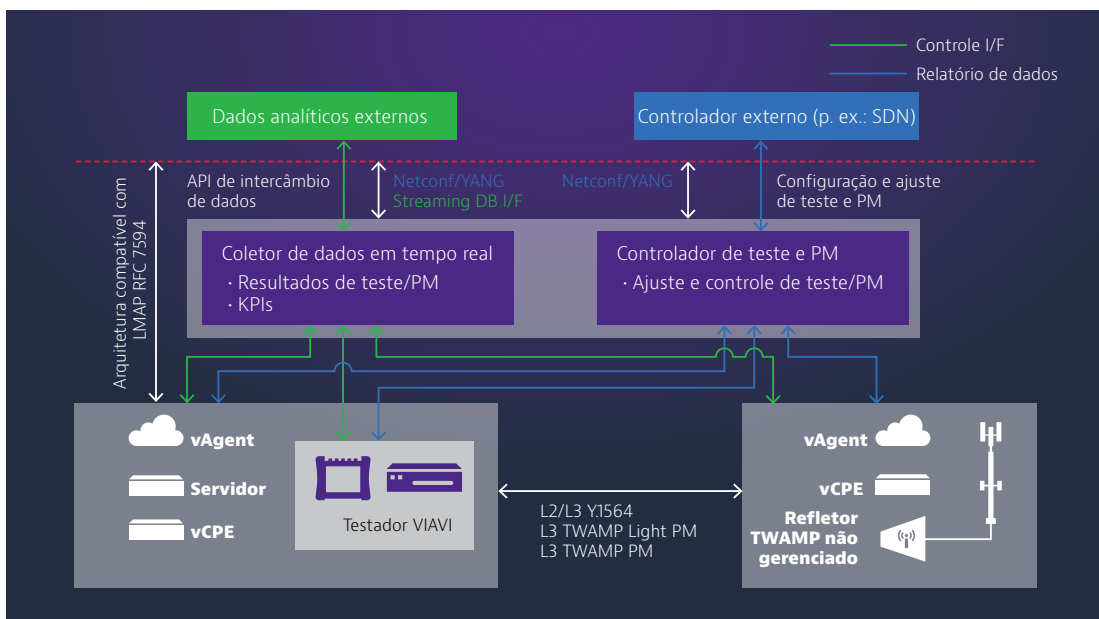


Figura 31: Aplicação de verificação de OTN com MTS-5800 OTN

Teste de desempenho de rede virtual

Com a virtualização da função de rede (NFV), a rede está afastando-se de uma infraestrutura de rede proprietária, centrada em hardware, para aproximar-se de um modelo de software aberto e baseado em normas que está revolucionando a forma como as redes serão projetadas, implementadas e operadas.

O VIAVI [Fusion](#) combina agentes baseados em software com metodologias de coleta de dados baseadas em normas (RFC7594) para permitir que as operadoras aproveitem as plataformas de computação não proprietárias que já estão implementando (para funções de rede virtual).



1262.900.0922

Figura 32: Arquitetura do Fusion

Com a solução virtual Fusion, as operadoras podem adicionar testes virtuais e probes para o monitoramento de desempenho de suas redes, sempre e quando necessário. Ao mesmo tempo, elas podem aproveitar os conjuntos de testes físicos e probes de testes de hardware da VIAVI para testes de alto desempenho.

As probes virtuais operando em servidores x86 ou em plataformas de computação constituem a base da solução, fornecendo a funcionalidade de teste para as camadas de rede de 2 a 4. Utilizando as tecnologias Y.1564/RFC6349, o Fusion mede o desempenho e throughput e a taxa de transmissão da rede, e avalia a qualidade geral da rede. O Fusion também é capaz de monitorar um serviço ao vivo usando o protocolo de medição ativo bidirecional (TWAMP).

Teste de rede de rádio



Figura 33: Evolução do 5G RAN

A 5G NR é a nova interface aérea que será implementada em múltiplas fases e releases do 3GPP. Conforme analisado anteriormente, os use case de 5G, como eMBB, URLLC e mMTC, somente podem ser obtidos por meio dessa nova interface aérea, que tem as principais características a seguir:

1. Suporte para largura de banda ampla para fornecer taxa de throughput da ordem de gigabit (frequências mais elevadas, como mmWave, fornecem uma largura de banda de transmissão muito ampla, centenas de MHz)
2. Operação conjunta na banda inferior e superior (complementando a propagação em bandas limitadas mais elevadas a serem utilizadas para capacidade, estendendo ao mesmo tempo a cobertura 5G usando bandas mais baixas)
3. MIMO massivo para aumentar a cobertura, especialmente em bandas de frequência mais elevadas usando beamforming.
4. Projeto ultraenxuto para minimizar a transmissão sempre ativa, tornando a rede e os dispositivos mais eficientes.
5. Numerologia flexível com espaçamento de subportadora variando de 15 KHz a 240 KHz, o que seguirá uma mudança proporcional na duração do prefixo cíclico.
6. Transmissão em pequenos slots para suportar baixa latência e para prevenir uma transmissão baseada em slot contínuo para outro dispositivo, permitindo a transmissão imediata de dados com latência muito baixa.
7. TDD dinâmica, em que (partes de) um slot pode ser alocado ao uplink ou downlink como parte da decisão do agendador para melhorar a latência.

Ao mesmo tempo que os aprimoramentos de rádio 5G vão promover uma rede tátil flexível, eles também criarão desafios significativos para os provedores de serviços gerenciarem uma ampla gama de tecnologias complexas, como mmWave, MIMO massivo, beam forming e conectividade dupla, juntamente com múltiplas aplicações com demandas de desempenho variáveis. Todos podemos concordar que a escala da rede será bem maior. Do ponto de vista do provedor de serviços, será essencial poder dimensionar recursos para essa rede de redes em constante evolução. Os métodos tradicionais de ativação de serviço e manutenção de rede não crescerão gradualmente. A validação de todas essas tecnologias com as soluções corretas durante as fases de instalação e aceitação será fundamental para uma implementação de rede bem-sucedida e eficiente.

Teste de caracterização e conformidade de RF

A caracterização de RF e o teste de conformidade são fundamentais para implementações bem-sucedidas de redes 5G. Garantir que os rádios 5G NR estejam funcionando de acordo com as recomendações do 3GPP ajudará a eliminar problemas de interferência de RF e de desempenho do rádio. Ao validar a potência do canal, a largura de banda ocupada, a taxa de fuga do canal adjacente e a máscara de emissão espúria usando um [OneAdvisor 800](#) da VIAVI, os técnicos podem validar rapidamente o desempenho do rádio.

As soluções de teste de campo OneAdvisor 800 wireless da VIAVI são instrumentos portáteis e modulares que permitem que técnicos de redes móveis e engenheiros de RF testem fibra, RF e CPRI/Ethernet a partir de um único instrumento, substituindo várias ferramentas independentes (OTDR, CAA, Fiber Scope) e reduzindo significativamente o custo de aquisição.



Figura 34: Testes de conformidade de 5G

Análise de 5G beam

O MIMO massivo e o beamforming da antena são as principais tecnologias que habilitam o 5G, que mudará da cobertura centrada em célula estática para cobertura dinâmica baseada no usuário para redes de acesso via rádio 5G. Beamforming é a capacidade de gerar e conformar múltiplos feixes usando um conjunto de antenas muito maior, manipulando a fase e a amplitude desse conjunto, direcionando assim a energia para a área de serviço específica de um usuário.

Em frequências mais elevadas, como uma onda milimétrica, facilita a integração de uma matriz mais ampla em um fator de forma relativamente menor. A utilização da onda milimétrica é essencial para MIMO massivo e beamforming, mas apresenta obstáculos adicionais, pois essas frequências são muito mais suscetíveis à perda de propagação devido às condições ambientais e perda de penetração através de materiais de construção. Validar o desempenho over-the-air (OTA) é extremamente importante para garantir que os dispositivos do usuário final possam fazer o rastreamento e a comutação do beam nesse ambiente de RF desafiador.

Validar o desempenho do beam é um desafio para as operadoras que precisam fazer o planejamento e a otimização de rádio centrados no beam e precisam fazer o troubleshooting rapidamente e identificar a causa raiz de MIMO massivo deficiente e o desempenho do beamforming. O [OneAdvisor 800](#) permite que os engenheiros validem facilmente o desempenho do beam e garantam que estão aproveitando o MIMO massivo e o beamforming.

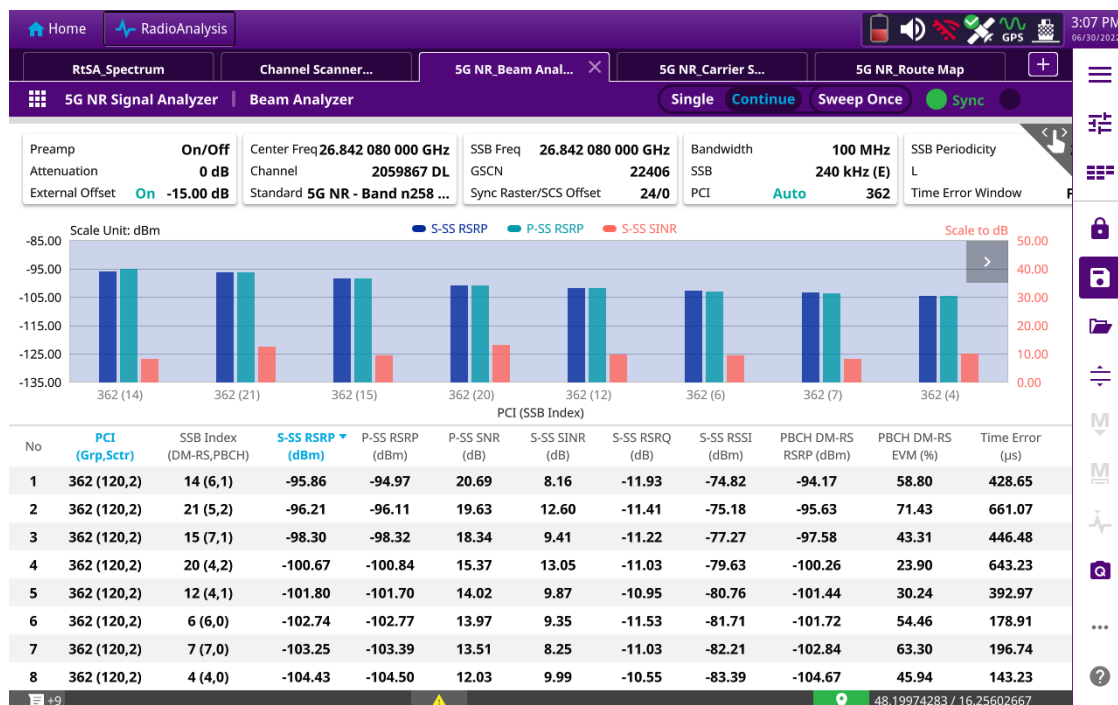


Figura 35: Analisador de 5G Beam (os 8 beams mais intensos)

Agregação de portadora 5G (x8)

O conceito de agregação de portadora (CA) foi introduzido na LTE Versão 10 e se refere à largura de banda adicional obtida de várias portadoras. Isso aumenta a largura de banda e consecutivamente a taxa de dados do sistema. A 5G NR suporta a agregação de portadora com até 16 portadoras de componentes (CCs). A agregação de portadora de LTE e de portadora 5G NR também é possível – isso é conhecido como conectividade dupla. A CA é suportada para CCs contíguos e não contíguos e os portadores podem usar numerologias diferentes (ou seja, SCS, slots etc.).

Usando o OneAdvisor-800, os técnicos de celular e engenheiros de RF podem validar as deficiências espectrais em mmWave para 8 portadoras agregadas, cada uma pode ser configurada para qualquer tamanho de largura de banda, de 5 MHz a 100 MHz, e também pode ajudar a validar o desempenho de energia do rádio em todas as portadoras.

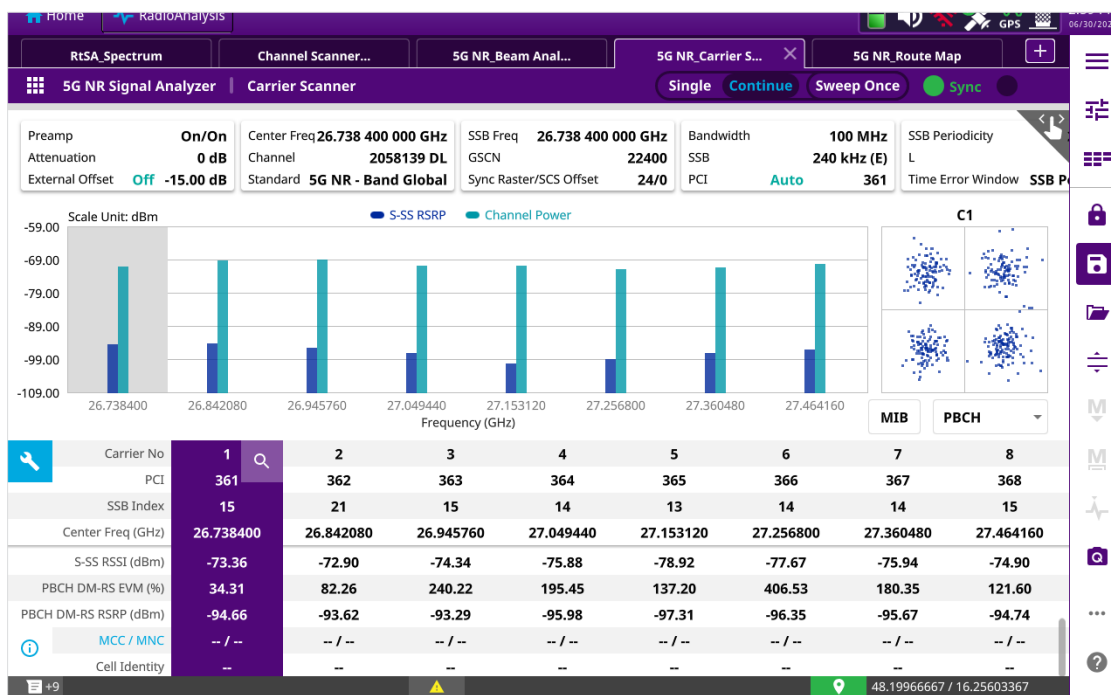


Figura 36: Scanner de portadora 5G (8 portadoras de componente)

Validação de espectro em tempo real persistente

A camada física do Rádio Novo 5G (NR) continua a usar multiplexação por divisão de frequência ortogonal (OFDM); no entanto, as opções de duplexação suportadas em NR incluem duplex por divisão de frequência (FDD), duplex por divisão de tempo (TDD), onde tanto downlink (DL) quanto uplink (UL) usam a mesma frequência, mas são alocadas em diferentes intervalos de tempo para transmissão e recepção.

Nesse cenário, a identificação de um sinal de interferência é extremamente difícil com analisadores de espectro convencionais. Para superar esse desafio, é usada uma funcionalidade de sweep controlada para medir apenas os sinais durante o período de transmissão UL.

Um analisador de espectro em tempo real (RTSA) também pode superar esse desafio, pois pode detectar o nível e a frequência do sinal de ocorrência de sinais de interferência que mudam rapidamente sobrepostos ao sinal 5G NR. Um analisador de espectro em tempo real também pode capturar sinais transitórios e rápidos mais rapidamente. Os analisadores de espectro tradicionais fazem a amostragem de dados e o processamento da transformada rápida de Fourier (FFT) de modo serial, varrendo o espectro e capturando pequenas partes do espectro por vez e montando uma imagem completa ao longo do tempo. Como resultado desse processo serial, um analisador de espectro tradicional fica cego em relação a outras regiões espectrais durante o tempo de sweep. Se um evento (sinal de interferência) ocorrer em uma parte do espectro enquanto uma parte diferente do espectro está sendo examinada, o evento não será notado. Por outro lado, um analisador de espectro em tempo real pode fazer a amostragem de dados e o processamento da FFT em paralelo e, teoricamente, pode capturar todos os sinais intermitentes sem perder nenhum sinal em toda a faixa do espectro.

Um analisador de espectro em tempo real pode processar de centenas a milhares de dados de espectros por segundo, entretanto o rate de atualização da tela visualmente perceptível é de cerca de 30 quadros por segundo. Para superar essa situação, um RTSA usa um método de visualização chamado exibição de espectro persistente, que mostra centenas ou milhares de dados do espectro em uma tela, porém com uma cor diferente com base na quantidade de tempo ou persistência em que o sinal está presente em frequência e nível de potência.

A exibição persistente pode distinguir o tráfego UL com todas as irregularidades e sinais de interferência com repetibilidade relativamente alta, detectando assim os sinais de interferência.

O espectro de persistência em tempo real do [OneAdvisor 800](#) tem uma largura de banda instantânea de 100 MHz. Acumulando mais de 15.000 traços em uma tela com um índice de cores que representa a duração do tempo e o rate de saturação de cada sinal, fornecendo a condição ideal para identificar a assinatura das fontes de interferência intermitentes.

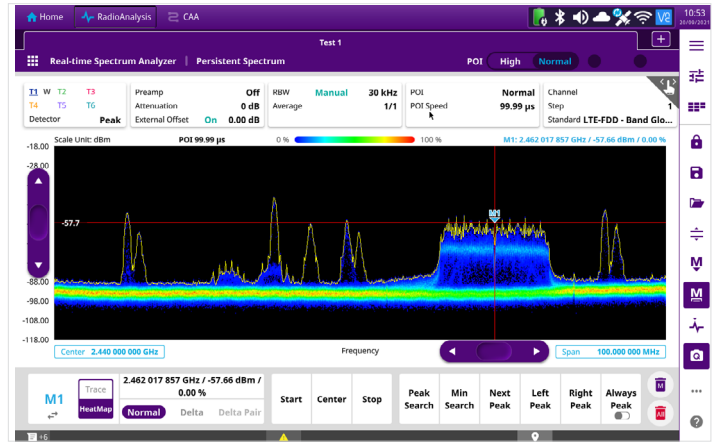


Figura 37: Monitor persistente mostrando sinais de interferência na banda de 2,4 GHz.

Análise de cobertura do 5G

A funcionalidade do mapa de rotas do [OneAdvisor 800](#) fornece um mapa básico de cobertura RF, descrevendo a disponibilidade de serviço desenvolvida a partir de um teste de caminhada ou em um veículo. O local é rastreado por meio de um receptor GPS integrado e as medições do mapa de dados são capturadas usando um sistema de antena onidirecional e a função de analisador de 5G do CellAdvisor 800. Além dos resultados de exibição continuamente atualizados, o OneAdvisor 800 também captura um arquivo de log que pode ser exportado para módulos de análise de cobertura off-line.

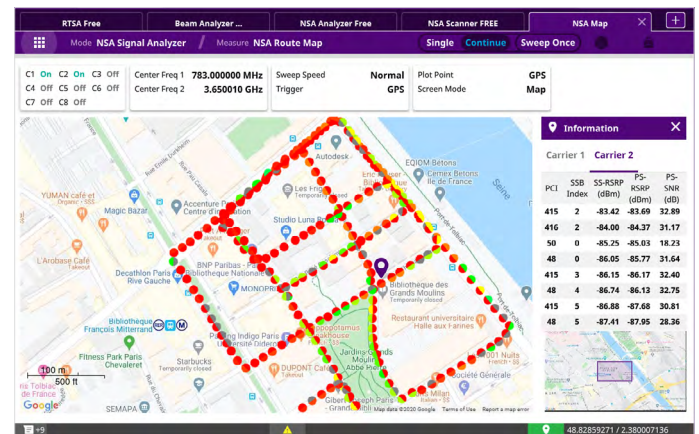
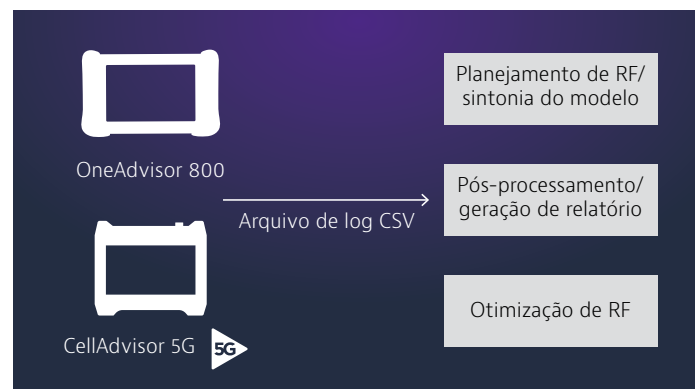


Figura 38: Análise do mapa de cobertura do CellAdvisor 5G

O mapa de rotas 5G é usado pelos técnicos de campo para verificar e medir:

- **Cobertura da célula:** identifica o ID da célula física de cada datapoint
- **Disponibilidade do beam:** atribui o índice do beam de cada datapoint
- **Propagação de beam:** fornece a potência do beam medido e a relação sinal-ruído (SRN) em cada datapoint



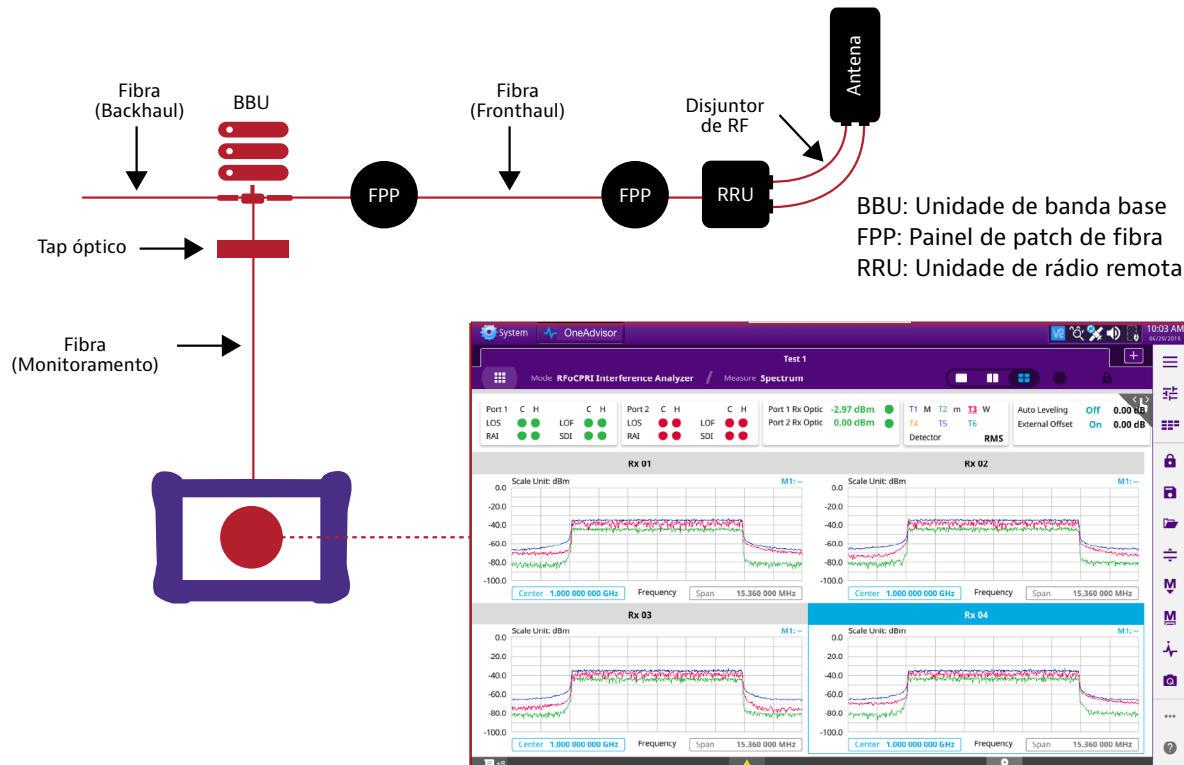
1264.900.092

Figura 39: Análise do mapa de cobertura do CellAdvisor 5G

Teste de RF sobre CPRI

As redes móveis modernas têm uma arquitetura distribuída onde o rádio tem dois elementos principais: a unidade de banda base (BBU) executa funções de rádio em um domínio de banda base digital e reside na base da rede móvel ou mesmo mais longe do local. A unidade de rádio remoto (RRH) ou a unidade de rádio remoto (RRU) executam funções de radiofrequência (RF) em um domínio analógico e residem ao lado das antenas na parte superior da torre de celular ou são totalmente integradas em antenas modernas inteligentes e ativas.

Esses dois elementos BBU e a RRU se comunicam por meio de uma interface padrão como Common Public Radio Interface (CPRI). As arquiteturas distribuídas de rede móvel oferecem o benefício de praticamente substituir alimentadores baseados em coaxial por alimentadores baseados em fibra, reduzindo significativamente os problemas de perda de sinal, reflexos e intermodulação.

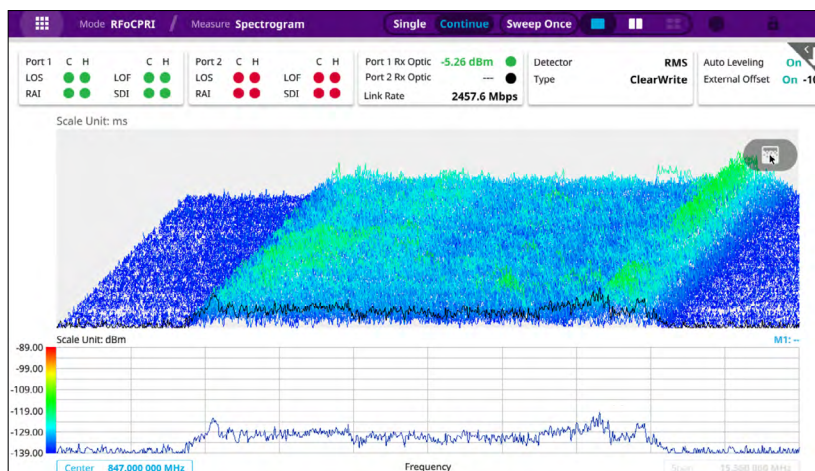


1068.900.0122

A tecnologia de teste RFoCPRI verifica os sinais de controle CPRI e extrai os dados de RF (IQ) transmitidos entre a BBU e a RRH, permitindo o monitoramento do espectro de uplink (dispositivos móveis), realizando a análise de interferência de fontes externas ou internas, incluindo a detecção de PIM.

Uma vez que o conjunto de teste é conectado à RRH da rede móvel através do link CPRI, a antena do site torna-se a antena da ferramenta de teste, permitindo uma análise completa do ambiente de RF, conforme visto pelos elementos Rx/Tx da estação base.

Esta é uma metodologia ideal para identificar fontes de interferência no Uplink que, de outra forma, podem ser facilmente perdidas.



Há vários outros benefícios importantes que a RF sobre os procedimentos de teste CPRI oferecem aos engenheiros de RF responsáveis pelo troubleshooting e otimização da rede:

- Não intrusivo e pode ser realizado mesmo em locais de tráfego ao vivo
- Eliminar subidas em torres de celular e melhorar a segurança
- Um único conjunto de teste pode suportar todos os rates CPRI existentes até 8 (10,1 Gbps)
- Reduzir significativamente o tempo de manutenção e as despesas operacionais
- Simplifica a detecção de PIM em qualquer rádio baseado em CPRI de qualquer banda de frequência com um único conjunto de teste!

Detecção de PIM usando análise RFoCPRI

Os métodos tradicionais de isolamento de intermodulação passiva (PIM) envolvem a desconexão de um rádio de sua linha de alimentação e a configuração de um gerador de tom dedicado para realizar a análise de PIM através da banda de frequência operacional do rádio. No entanto, geradores de tom dedicados (também chamados genericamente de analisadores PIM) têm várias desvantagens, como tamanho e custo, bem como a limitação de depender da frequência.

Por outro lado, conjuntos de teste como o OneAdvisor 800 ou o MTS-5800 da VIAVI podem realizar detecção eficaz de PIM desde o solo por meio de procedimentos de teste RFoCPRI, realizando análise de RF do uplink enquanto a rede móvel que está em serviço. Se desejado, a potência RRH pode ser aumentada para acionar mais PIM. Observe que esse PIM "real", visto em tempo real, é frequentemente um resultado de muito mais fontes do que qualquer gerador de tom PIM de porta única ou dupla pode simular.

A detecção de RFoCPRI PIM se compara em tempo real, sinais de uplink de RF de um sistema MIMO, fornecendo caracterização adicional da fonte de PIM. O mesmo conjunto de teste também permite inspecionar na frente e atrás da antena afetada quanto a possíveis fontes externas de PIM e realizar uma agitação, batida, aperto ou cobertura de possíveis fontes de PIM e ver o efeito instantâneo na assinatura do PIM no visor do instrumento.

Os principais benefícios deste procedimento de teste são o conjunto de teste único que pode suportar qualquer banda de frequência, reduzir as subidas da torre, sobrepor traços de espectro para sistemas MIMO 2x2 e 4x4 e permitir uma geração de relatório de encerramento bastante simples e fácil.



O OneAdvisor 800 da VIAVI detectando a presença de PIM



O OneAdvisor 800 da VIAVI não mostrando PIM

Alinhamento de antenas

3Z RF Vision

3Z RF Vision é uma ferramenta inovadora de alinhamento de antenas que ajuda os usuários a alinhar com precisão antenas do tipo painel e antenas para micro-ondas ponto a ponto. Quando o alinhamento é alcançado, a ferramenta gera relatórios exclusivos e automáticos de linha de visão, permitindo aos usuários compartilhar os mesmos, antes mesmo de sair do local de trabalho.



Por que o alinhamento de uma antena é importante?

Durante a instalação de uma rede wireless, o alinhamento da antena é muito importante. As empresas gastam milhões de dólares para planejar e projetar as suas redes wireless e de micro-ondas. Ao planejar objetivos de cobertura, é importante que o alinhamento da antena seja implementado com precisão durante a instalação. Caso contrário, resultará em falhas de cobertura, degradação do desempenho da rede e perda de receitas.

Também é importante que os instaladores estejam equipados com uma ferramenta de alinhamento de antenas profissional eficaz e confiável, como o 3Z RF Vision da VIAVI. Isso traz confiança de que o trabalho foi executado conforme indicado nas especificações do projeto RF.

Benefícios

- Alinha com precisão as antenas direcionais (painel, micro-ondas e antenas cilíndricas para 5G)
- Gera relatórios de linha de visão confiáveis e automáticos
- Equipara o alinhamento da antena com o projeto de RF
- Maximiza a qualidade da voz e a transmissão de dados
- Melhora a transmissão de dados e dos KPIs
- Reduz os custos de rotatividade e OPEX

Principais recursos

- Câmera integrada
- Alinhamento por meio de realidade aumentada, com o recurso para identificação do alvo (bullseye) na imagem
- Tecnologia de dupla frequência
- Display com tela touch de 5 pol. resistente a impactos
- Aplicação móvel para compartilhar relatórios de linha de visão
- Design robusto e resistente às intempéries

Pronto para 5G

O 5G será amplamente implementado em um formato de small cells usando frequências na banda de ondas milimétricas (mmW). Antenas de alto ganho na banda de ondas milimétricas (mmW) produzirão beams cilíndricos longos que requerem LOS (linha de visão) ou NLOS (linha de visão aproximada) para obter uma elevada performance na transmissão de dados.

Para maximizar o uso de frequências altas (mmW band) e desempenho de MIMO massivo e beam forming da antena, o alinhamento preciso da antena e um relatório de LOS são essenciais durante a instalação. A ferramenta de alinhamento de antenas 3Z RF Vision suporta os usuários na implementação das redes 5G.

Relatórios de linha de visão em qualquer alinhamento

Além de alinhar a antena, o 3Z RF Vision da VIAVI fornece uma imagem para mostrar onde a antena está apontando. A imagem da linha de visão oferece maior clareza e simplifica o processo de alinhamento. O mundo ao redor das antenas está constantemente mudando e o 3Z RF Vision da VIAVI permite que você capture todas as mudanças. A construção de novos edifícios, o crescimento de árvores etc. vão degradar os objetivos de cobertura e deixar os clientes insatisfeitos. Somente o 3Z RF Vision da VIAVI permite a visualização dessas obstruções e permite aos engenheiros otimizar a orientação das antenas.



Tecnologia GNSS de dupla frequência

A tecnologia GNSS de dupla frequência permite que o 3Z RF Vision meça satélites 2 vezes, visualizando um total de 174 sinais de satélite (3 vezes mais que os produtos da concorrência). Isso permite oferecer leituras precisas e rápidas, mesmo em áreas urbanas de alta densidade e em torres com vários sistemas de antenas.

Fácil de usar

Com um localizador integrado de câmera e tela touch, a realidade aumentada do 3Z RF Vision da VIAVI exibe um alvo em formato de olho no display LCD de 5 polegadas com tela sensível ao toque. Agora o técnico pode alinhar a antena perfeitamente, basta um passo simples, de mover a mira na direção do alvo (bullseye) para alinhar a antena. O display com tela touch responde ao toque da maioria das luvas de trabalho, mantendo suas mãos aquecidas e protegidas em condições frias.

Gerador de relatório seguro

Não é necessário pós-processamento! O 3Z RF Vision cria um relatório abrangente (em PDF ou CSV) para cada local alinhado. Recupere relatórios facilmente por meio da porta micro-USB integrada, envie-os com nosso aplicativo móvel ou a partir do banco de dados em nuvem StrataSync. O relatório inclui as informações do alvo, dados finais de alinhamento da antena, identificação do setor, geocodificação, geolocalização, data e hora e uma foto de validação da linha de visão.

Agora totalmente integrado ao StrataSync da VIAVI, um sistema de gerenciamento de ativos, dados e fluxo de trabalho baseado na nuvem, o 3Z RF Vision melhora ainda mais a eficiência operacional ao simplificar o ciclo de atribuição de trabalho ao pagamento. O fluxo de trabalho de ponta a ponta permite que os gerentes definam e atribuam novos trabalhos ainda no escritório, depois os enviem da nuvem para o RF Vision dos técnicos pelo aplicativo Mobile Tech da VIAVI e monitorem todos os resultados do instrumento VIAVI a partir de uma única interface:

Compatível com a maioria dos tipos de antena



Small cell



Painel



Micro-ondas

Alinhamento e monitoramento de antenas

A loA – IoT para antenas – da VIAVI é um sensor IoT de antena, que monitoriza o alinhamento em três dimensões: azimute, inclinação e rotação. A loA utiliza LTE CAT-M1/NB-IoT para alertar os usuários sobre alterações indesejadas em todas as antenas que estão sendo monitorizadas.

Monitorização em tempo real do alinhamento das antenas

A loA oferece monitorização do alinhamento das antena wireless em tempo real em três dimensões. Os dados coletados com a tecnologia IOA patenteada de monitorização, são disponibilizados na cloud, permitindo que os operadores móveis visualizem remotamente o histórico de todas as alterações no alinhamento físico das antenas.

Recursos do produto loA da VIAVI

- Compatível com LTE CAT-M1/NB-IoT
- Firmware atualizável pela interface de rádio
- Display E-paper para informações de status e alertas
- Vida útil da pilha acima de 5 anos
- Grau de proteção IP67
- Com capacidade de alarme
- Adesivo resistente a intempéries
- Isento de manutenção
- Armazenamento de dados na cloud



Do campo para o escritório

Cada antena pode ser identificada individualmente numa torre ou em toda a rede. Com o loA, os operadores móveis podem ajustar limites para alterações no azimute, na inclinação e na rotação. Quando esses limites são ultrapassados, um alarme é gerado e o operador é notificado imediatamente. Em emergências, podem ser criadas listas de prioridades utilizando facilmente os dados de alinhamento disponíveis, o que permite uma recuperação de desastres mais rápida.



Fácil de configurar

A instalação da loA é um processo rápido, projetado e pensando no técnico. Simplesmente introduza um cartão SIM habilitado para a IoT e conecte o loA na parte traseira da antena para começar a enviar os dados de alinhamento da antena para a cloud. Use o software para configurar os limites do alinhamento.

Fácil de gerenciar

Gerenciar um grande número de sensores loA também é uma tarefa muito fácil graças à solução loA Manager baseada na nuvem, que permite organizar todos os sensores em sua rede por diferentes regiões, clusters e locais com configurações fáceis de definir até cada sensor individual. O loA Manager fornecerá o status atual para cada dispositivo, incluindo informações do sensor e medições baseadas em localização, além de um histórico de todas as métricas coletadas para facilitar a análise e a exportação de dados, se necessário.

Força de trabalho e gestão de ativos

As atualizações das redes são gerenciadas por SPs, fabricantes de equipamentos de rede (NEMs) ou contratados. Métodos de procedimento acordados (MOPs) são usados para garantir que todos os aspectos da atualização da rede sigam um processo padrão, utilizando instrumentos aprovados, com versões de software corretas e o fornecimento de relatórios em um formato padronizado. Entretanto, nem todos os técnicos trabalham da mesma forma e, com o pico atual nas atualizações de redes e na carga de trabalho, a rotatividade dos técnicos é significativa. Esses desafios aumentam ainda mais a complexidade do processo geral de atualização de redes. O tempo de comercialização pode ser comprometido se os procedimentos de teste corretos não forem seguidos e os resultados dos testes não forem entregues corretamente ou em tempo hábil. A VIAVI trabalha com provedores de serviços para ajudá-los a superar tais dificuldades e minimizar o caos durante as atualizações e atividades de gerenciamento das redes. Gerenciar fornecedores, funcionários e contratados como uma equipe, com procedimentos e relatórios de teste consistentes é essencial para garantir uma força de trabalho flexível e fácil adaptação das pessoas durante uma atualização.

O **StrataSync™** da VIAVI é uma solução de software habilitada na nuvem que ajuda provedores de serviços a capacitar seus recursos humanos e equipamentos de teste para enfrentar os desafios dos testes de rede de maneira eficiente e eficaz. O StrataSync proporciona gerenciamento de ativos, gerenciamento da configuração e gerenciamento dos dados de teste dos instrumentos VIAVI, bem como o rastreamento de instrumentos de terceiros. O StrataSync oferece aos prestadores de serviços visibilidade em tempo real dos seus ativos e dos dados de teste com novos níveis de controle e monitoramento de conformidade, aumentando a eficiência dos testes e a manutenção da rede.

Os principais recursos do StrataSync a seguir agilizam o processo de teste inteiro e ajudam os provedores de serviços e os NEMs a acelerar seu fluxo de trabalho:

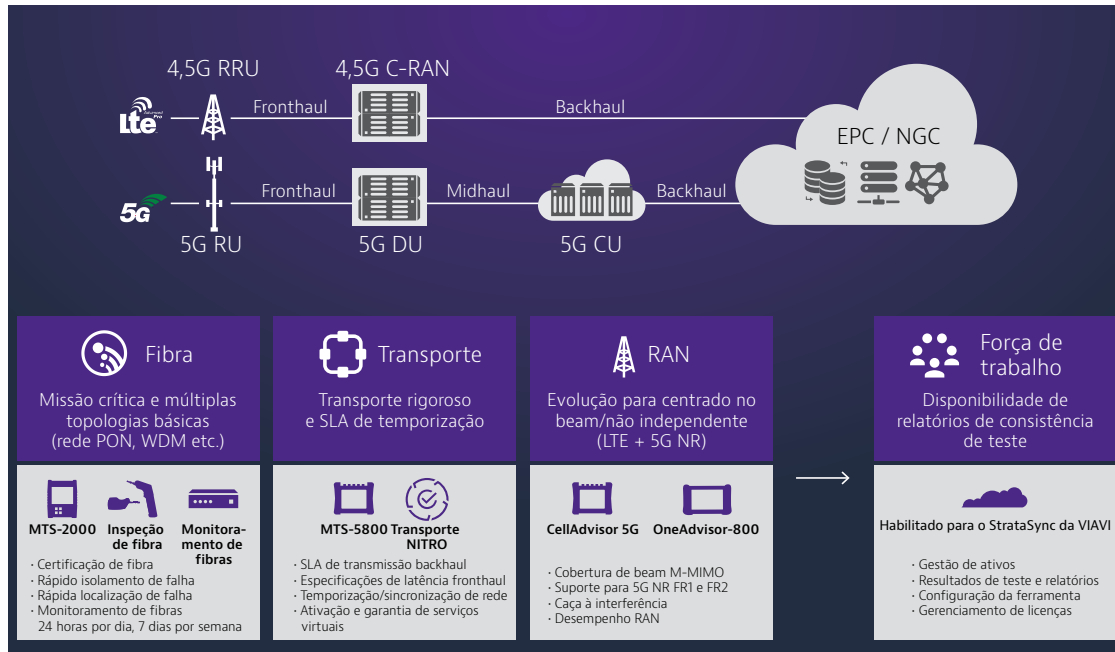
1. Definição e atribuição da tarefa: sincroniza as atribuições de tarefas aos instrumentos para evitar transferências manuais, fichas de trabalho perdido e despachos mal preparados.
2. Implementação do procedimento de teste: os MOPs são transferidos diretamente para o instrumento, para facilitar o acompanhamento do processo de teste e a realização dos testes corretos pelos técnicos.
3. Relatórios em tempo real com armazenamento dos dados de teste: coleta e agrupa automaticamente os relatórios de teste e os KPIs para aceitação mais rápida da rede e para a resolução de problemas.
4. Gerenciamento dos ativos de teste: evita acúmulo de e-mails e perda de ferramentas de teste, prevenindo a compra excessiva de ferramentas.



Figura 40: Fluxo de trabalho do StrataSync

Conclusão

O 5G permitirá que os provedores de serviços aproveitem novas oportunidades de mercado e atendam dinamicamente às necessidades dos consumidores e das empresas, em constante mudança. Entretanto, implementar e suportar a tecnologia complexa e a arquitetura de rede do 5G não será uma tarefa fácil. O tempo de comercialização e a qualidade da rede dependerão do rigor dos testes e da medição durante o ciclo de vida completo da rede. A VIAVI é líder do mercado de teste e medição e está em melhor posição para fornecer a [solução de teste de rede mais abrangente, de ponta a ponta](#). Com o portfólio totalmente integrado de instrumentos e sistemas habilitados na nuvem, automação de software e serviços para testes de redes, otimização do desempenho e garantia de serviço da VIAVI, as operadoras e seus parceiros podem ter certeza de uma implantação de rede tranquila e de um ciclo de vida de rede sustentável.



1266.900.0922

Figura 41: Solução da VIAVI para habilitação de serviço 5G em rede

Guia da solução

Solução	Descrição	Atividades do teste 5G
FiberChek Probe da VIAVI	Dispositivo portátil para inspeção e análise de fibras	Inspeção de fibra
FiberChek Sidewinder da VIAVI	Solução de inspeção e análise automática completa para conectores de fibra multimodo, como MPO	Inspeção de fibras (fibras multimodo)
SmartOTDR da VIAVI	Dispositivo único com medição por refletância óptica no domínio de tempo, análise de conector óptico, teste de perda óptica e localizador visual de falhas	Teste com OTDR
FiberCompletePRO da VIAVI	Perda de inserção bidirecional automática (IL), perda de retorno óptico bidirecional (ORL usando o método OCWR), OTDR de distância e bidirecional ou localizador de falha	Teste bidirecional para melhorar a caracterização de enlace de fibra
SmartClass OCC-55(CWDM)/OCC-56C (DWDM) da VIAVI	Verificador de canal óptico CWDM/verificador de canal óptico DWDM	Verificação de canal quanto à presença e potência
COSA-4055 (CWDM) e OCC-4056C (DWDM) da VIAVI	Analizador de espectro óptico CWDM/verificador de canal óptico DWDM	Medir comprimento de onda real, afastamento e desvio, e espaçamento de canal
Medidor de potência de rede PON OLP-87 da VIAVI	Medidor de potência FTTx/rede PON para uso em ativação e troubleshooting em B-PON, E-PON e G-PON e para a próxima geração de XGS-PON e NG-PON2 de alta velocidade	Medir potência óptica durante a ativação de rede
ONMSi da VIAVI	Sistema de teste e monitoramento remoto de redes ópticas para redes core, metro, acesso e FTTH	<ul style="list-style-type: none"> · Testar e certificar a rede PON durante a fase de montagem e construção · Monitoramento contínuo de múltiplas redes PON durante a fase operacional

MTS-5800 (100G) da VIAVI	Instrumento portátil 100G dual port para teste, ativação de serviço, troubleshooting e manutenção	<ul style="list-style-type: none"> · Teste eCPRI (taxa de transmissão, retardo, jitter de pacotes) · Validar requisitos de retardo e de sincronização para FTN · Teste de GPS · Teste de PTP (teste de erro de temporização de PTP) · Teste de Ethernet (backhaul) · Teste OTN
Fusion da VIAVI	Gerenciamento do ciclo de vida baseado em software para teste, ativação de serviço, monitoramento de desempenho e troubleshooting	<ul style="list-style-type: none"> · Teste virtualizado · Ativação de serviço virtualizado · Monitoramento de desempenho virtualizado · Troubleshooting virtualizado
CellAdvisor 5G da VIAVI	Analizador de estação radio base de campo portátil para validar todos os aspectos de implementação, manutenção e gerenciamento de rede móvel 5G	<ul style="list-style-type: none"> · Teste de caracterização e conformidade de RF · Análise de 5G beam · Agregação de portadora 5G (x8) · Validação de espectro em tempo real persistente
OneAdvisor800 da VIAVI	O OneAdvisor 800 permite que os técnicos da rede móvel testem fibra, RF e CPRI/Ethernet com um único instrumento, substituindo várias ferramentas independentes (OTDR, CAA, Fiber Scope) e reduzindo significativamente o custo de aquisição total.	<ul style="list-style-type: none"> · Teste com OTDR · Teste de cabo e antena · Análise de 5G beam · Agregação de portadora 5G (x8) · Validação de espectro em tempo real persistente
StrataSync da VIAVI	Plataforma habilitada na nuvem para gerenciamento de ativos, gerenciamento da configuração e gerenciamento dos dados de teste dos instrumentos VIAVI, bem como o rastreamento de instrumentos de terceiros	Gerenciamento de fornecedores, colaboradores e subcontratados como uma única equipe durante todas as atividades de implementação de rede 5G