

10.15 Das neue 5G-Fronthaul-Netz – Installation und Wartung von 5G-Basisstationen – Einführung in die Testanforderungen für Glasfaser und HF

Genis Sanchez



Kurzvita

Genis Sanchez begann seine Karriere 1999 bei Hewlett-Packard/Agilent Technologies in den Niederlanden als technischer Supportingenieur für das Segment digitale Kommunikation. Anschließend war er über 15 Jahre als Application Engineer für drahtlose Netzwerke (2G / 3G / 4G) in den USA tätig. Derzeit arbeitet er als Produktmanager für das 5G RF-Testportfolio von VIAVI Solutions in der EMEA-Region.

Kontakt

In den letzten Jahren hat der rasante Anstieg der Bandbreitennachfrage die Netzbetreiber gezwungen, für Basisstationen neue Mobilfunk-Infrastrukturmodelle wie Fiber-To-The-Antenna (FTTA) einzuführen, um das Nutzererlebnis zu verbessern und die Kosten zu senken. Damit sind die Leistungsparameter der Glasfaserkabel und der Komponenten zwischen der abgesetzten Funkeinheit (Radio Remote Unit, RRU) und der Basisband-Einheit (Base Band Unit, BBU) zu kritischen Größen geworden, um die 4G-/LTE-Systemleistung zwischen dem Backhaul-Netz und dem Endnutzer zu optimieren.

Doch im Unterschied zu LTE wird sich 5G als neue Technologiesgeneration in der Telekommunikation auf jeden einzelnen Knoten (Node) auswirken und im gleichen Netzwerk verschiedene Anwendungsprofile, von enhanced Mobile Broadband (eMBB) bis ultra-Reliable Low Latency Communications (uRLLC), ermöglichen. Für ein 5G-Netz müssen die Ressourcen sogar noch weiter optimiert werden, damit jede Anwendungskategorie die Anforderungen der betreffenden Dienstgütevereinbarungen (SLA) erfüllen kann. Das ist deshalb keine leichte Aufgabe, weil die Komponenten des 5G-Netzes, wie HF, Glasfaser, Hardware und Netzelemente, einerseits auf Makro-Ebene zwar immer noch gemeinsam genutzt, auf granularer Ebene jedoch für jede spezifische Anwendung ein separates Netz anbieten werden.

Diese Topologie wird in der Branche allgemein als Network-Slicing bezeichnet und soll die folgenden, in den Technologiestandards vereinbarten Anwendungskategorien von 5G unterstützen:

- eMBB: enhanced Mobile Broadband
- uRLLC: ultra-Reliable Low-Latency Communications
- mMTC: massive Machine-Type Communications

Ein Nutzer, der sich in einem selbst fahrenden Auto ein Video ansieht, wird beispielsweise einen sehr hohen Durchsatz, eine große HF-Leistung und umfangreiche Netzwerk-Ressourcen benötigen, während für das gleiche vernetzte Auto eine extrem latenzarme und hoch zuverlässige Verbindung, also uRLLC, zur Verfügung gestellt werden muss. Damit dieses Netzwerk aus Netzwerken erfolgreich funktionieren kann, müssen alle Ressourcen flexibel und agil sein, um effizient unterschiedliche SLAs anbieten zu können. Die Bedeutung der HF-Ressource, die die Nutzer mit dem Sendemast bzw. Zugangspunkt verbindet, ist allgemein bekannt. Aber der Anschluss dieses Zugangspunktes an das Kernnetz und die Cloud ist für die erfolgreiche Bereitstellung von 5G genauso wichtig, wenn nicht noch wichtiger. In den meisten Fällen werden die

Funkkomponenten über Glasfaser mit der 5G-Cloud verbunden. Tatsächlich ist die 5G-Technologie einer der Hauptgründe dafür, dass Serviceprovider Milliarden von Euro in neue und/oder die Modernisierung vorhandener Glasfaser-Infrastrukturen investieren.

| | Latency | Mobility | Spectrum Efficiency | User Experience Data Rate | Peak Data Rate | Area Traffic Capacity | Network Energy Efficiency | Connection Density |
|-------|---------|----------|---------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------|--------------------|
| eMBB | Med | High | High | High | High | High | High | Med |
| URLLC | High | High | Low | Low | Low | Low | Low | Low |
| mMTC | Low | Low | Low | Low | Low | Low | Med | High |

Abbildung 1: Die 5G-Anwendungskategorien eMBB, uRLLC und mMTC stellen sehr unterschiedliche Anforderungen an das Netzwerk.

Die Rolle der Glasfaser in 5G-Netzen

Ogleich das Verlegen von Glasfaserkabeln mit hohen Kosten verbunden ist, wiegen die Vorteile den großen Installationsaufwand in den meisten Fällen mehr als auf. Glasfasern bieten höhere Bandbreiten mit geringerer Dämpfung, werden nicht durch elektromagnetische Störeinflüsse beeinträchtigt, verkürzen die Laufzeit (Latenz) und können angesichts der immer besseren Multiplex-Technologien das benötigte Kapazitätswachstum auf der gleichen optischen Infrastruktur gewährleisten.

Neben den wirtschaftlichen und logistischen Aspekten fördern die folgenden Änderungen der 5G-Netzarchitektur das Wachstum und die Topologie der Glasfaser-Infrastruktur:

- Da 5G das mittlere HF-Frequenzband (Mid-Band) sowie Millimeterwellen (mmWave) unterstützt, wird sich aufgrund der geringeren Reichweite die Anzahl der Basisstationen in den Städten und Vorstädten wesentlich erhöhen. Auch wenn die mmWave-Signale einen großen Teil des Spektrums belegen, ist deren Reichweite doch begrenzt. Das wird dazu führen, dass

deutlich mehr Basisstationen, die ein kleineres Versorgungsgebiet abdecken, installiert werden müssen.

- Die Virtualisierung der Netzfunktionen (Network Function Virtualization, NFV) wird erlauben, die Steuerungsebene (Control Plane, CP) und die Benutzerebene (User Plane, UP) voneinander zu trennen. Zur Gewährleistung von latenzarmen Anwendungen wird die dezentralisierte Benutzerebene dann dichter an die Endgeräte herangeführt.
- Die Basisbandfunktionen werden aufgeteilt und neue Elemente, die als verteilte Einheit (Distributed Unit, DU) und zentrale Einheit (Central Unit, CU) bezeichnet werden, werden geschaffen, um die Transportfunktionen entsprechend dem Bedarf der Anwendung zu optimieren.
- Aktive Antennensysteme (AAS) mit Massive MIMO und Beamforming benötigen eine größere Bandbreite und einen direkten Glasfaseranschluss, so dass die Glasfaser in Downstream-Richtung verlagert wird und zusätzliche Übertragungsknoten entstehen.

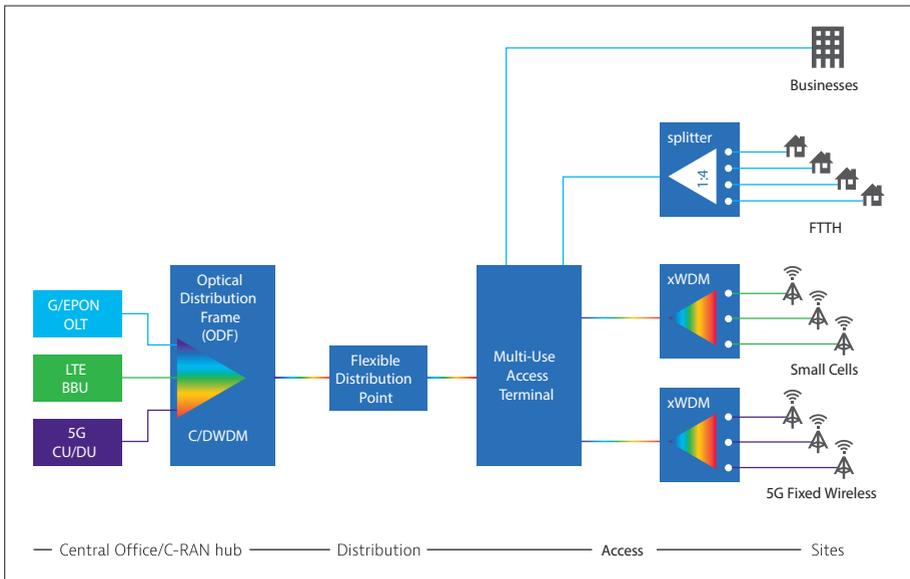


Abbildung 2: Beispiel eines konvergenten Glasfaser-Zugangsnetzes
Quelle: CommScope.

Ein weiterer wichtiger Anwendungsfall für Investitionen in die Glasfaser-Technologie ist die Konvergenz der Glasfaser im Zugangsnetz. Früher waren optische Zugangsnetze für einen einzigen Anwendungsfall, wie Fiber-To-The-Home (FTTH) oder Fiber-To-The-Antenna (FTTA), ausgelegt. Heute entwickeln die Serviceprovider eine Glasfaser-Infrastruktur, die Fiber-To-The-x unterstützt, wobei das „x“ als Platzhalter für einen beliebigen Endpunkt steht. Die aufgegliederte 5G-Architektur wird den Service Providern ermöglichen, von den Vorteilen sowohl der vorhandenen als auch der neuen Festnetzressourcen zu profitieren. So können sie die Gesamtkosten für das Management mehrerer Netze senken sowie einen agileren und flexibleren Ressourcen-Pool schaffen. Wie bereits erwähnt, ist es dann möglich, die kabelgebundenen und mobilen Ressourcen im Rahmen einer Gesamtplanung und der Modernisierung von Zugangspunkten sowie mithilfe der Glasfaser-Infrastruktur gemeinsam zu nutzen.

Entwicklung des 5G-Fronthaul-Netzes

Vor nicht allzu langer Zeit war die Glasfaser auf Langstreckennetze beschränkt. Aber der kontinuierliche und stabile Breitbandausbau, dessen Ende noch nicht abzusehen ist, benötigt die Glasfaser als Hauptübertragungsmedium, und zwar nicht nur im Kernnetz, sondern auch im Metro- und Zugangsnetz. Auf ähnliche Weise hat die steigende Nachfrage der Mobilfunk-Teilnehmer nach mehr Bandbreite und kapazitätsintensiveren Diensten dazu geführt, dass die Glasfaser immer tiefer in das Funkzugangsnetz (Radio Access Network, RAN) vorgedrungen ist.

In der RAN-Infrastruktur umfasst das Fronthaul-Segment die Glasfaserverbindung zwischen der Basisband-Einheit (BBU) und der abgesetzten Funk-einheit (RRU). Damit unterscheidet sich diese neue Übertragungstrecke vom Backhaul, der die BBU mit dem Mobilfunk-Kernnetz verbindet.

Fronthaul-Lösungen wurden erstmals für 4G-/LTE-Netze installiert, als die Netzbetreiber mit ihren Funkmodulen näher an die Antennen heranrückten. Das Ziel bestand darin, die Backhaul-Verbindung zwischen BBU und dem zentralen Kernnetz zu ergänzen (siehe Abbildung 3).

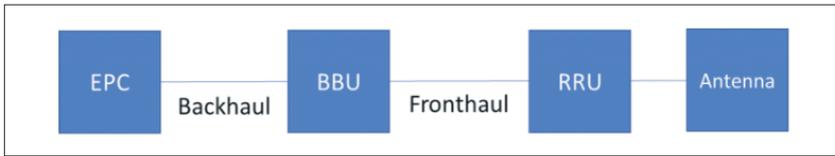


Abbildung 3: Standardkonfiguration eines Fronthaul-Netztes

Da die Funkmodule immer robuster wurden und sich die durchschnittliche Nutzungsdauer (Mean Time To Replace, MTTR) verbesserte, begannen die Hersteller, abgesetzte Funklösungen anzubieten. Daher verlagerten sich die Funkmodule näher an die Antenne, um die beträchtlichen, durch lange Koaxialkabel und Steckverbinder bedingten Verluste zu vermeiden. Diese Strategie hat nicht nur dazu beigetragen, den Platzbedarf der HF-Komponenten zu verringern, sondern auch die Kosten für die Kühlung der Module, die sich in einem Schaltkasten am Fuß oder in Nähe des Sendemastes befanden, zu senken. Ebenfalls anzumerken ist, dass neue Protokollschnittstellen eingeführt wurden, die die digitale BBU über eine Glasfaserstrecke mit den RRU verbinden, um HF über Glasfaser (RfFiber) zu übertragen. Am häufigsten kommt das CPRI-Protokoll (Common Public Radio Interface) zur Übertragung von HF-Signalen über den Glasfaser-Fronthaul zum Einsatz. Allerdings wird dieses Protokoll aktuell durch den jüngsten eCPRI-Standard in 5G-Netzen ersetzt.

Zudem hat sich das 5G-RAN der nächsten Generation bereits so weit entwickelt, dass die von der BBU bereitgestellten Funktionen jetzt auf drei separate Komponenten, nämlich auf die zentrale Einheit (Central Unit, CU), die verteilte Einheit (Distributed DU) und die Funkeinheit (Radio Unit, RU) aufgeteilt werden.

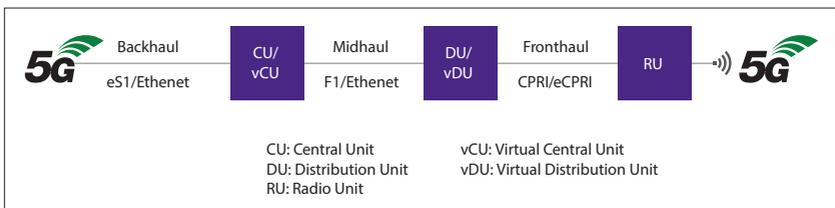


Abbildung 4: Funktionsaufteilung zwischen DU/CU im 5G-Fronthaul

Einige HF-Funktionen der physikalischen Schicht, wie die Ressourcenzuweisung, werden in die RU verlagert. Die RU überwacht die Erzeugung der I/Q-Signale (In-Phase & Quadrature-Verfahren, Demodulation der HF in I- und

Q-Daten) und der Funkträger für die Antennen. Damit wird es möglich, die für den Fronthaul benötigte Bitraten-Unterstützung drastisch zu verringern. Die Strecke zwischen CU und DU wird als „Midhaul“ bezeichnet. Dessen Eigenschaften ähneln denen vom 4G-Backhaul. Die CU übernimmt die Nicht-Echtzeit-Funktionen, sodass sie in viel größerer Entfernung vom Funkmodul platziert werden kann. In Abhängigkeit vom Anwendungstyp kann die DU daher sehr nah an der RU oder auch zentral installiert sein.

Feldtests am 5G- und 4G-Fronthaul

Wie bereits erwähnt, wird 5G eine ganz andere Dimension als sein Vorläufer 4G haben. Das gilt insbesondere für die Einführung von 5G-Diensten im mittleren Frequenzspektrum von 3 GHz bis 6 GHz, für die gemeinsame dynamische Spektrumnutzung (Dynamic Spectrum Sharing, DSS), die es 4G und 5G erlaubt, das gleiche Low-Band-Spektrum zu verwenden, sowie für die zukünftige Nutzung von mmWave-Frequenzen (> 24 GHz). Pro Quadratkilometer werden jedoch mehr Funkmodule und Basisstationen benötigt. Zudem kommen in 5G viel größere Bandbreiten zum Einsatz, um einen Durchsatz in Gigabit-Größenordnung zu ermöglichen. Daher erhöht sich auch die Abhängigkeit von einem viel dichteren glasfaserbasierten Fronthaul-, Midhaul- und Backhaul-Netz. Eine höhere Faserdichte bedeutet nicht einfach mehr Glasfaserkabel und Endpunkte, sondern auch ein viel anspruchsvolleres Multiplexing. Alle diese Anforderungen werden die Komplexität und den Umfang der Glasfaser-Tests erhöhen. Hinzu kommt noch der Funkzugang mit den möglichen HF-Störeinflüssen, EMF-Problemen und der Sicherung der HF-Netzabdeckung sowie der Beam-Ausbreitung.

Neue 5G-Netze werden auch neue 5G-Testmethoden und -Verfahren zur Installation und regelmäßigen Wartung der steigenden Anzahl von alten und neuen Basisstationen erfordern. Nachstehend werden einige der Fronthaul-Feldtests erläutert:

1. Sichtprüfung von Faserendflächen

Verschmutzte Steckverbinder sind eine der Hauptursachen für alle Arten von Störungen in optischen Netzen. Ein winziger Partikel im Steckverbinder kann bereits eine erhebliche Einfügedämpfung und Rückreflexion sowie Geräteschäden verursachen. Daher sollte der Netzbetreiber das einfache „Inspect

Before You Connect“ (IBYC)-Verfahren befolgen, um zu gewährleisten, dass die Fasern und Faserendflächen vor dem Zusammenstecken sauber sind. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass in 5G-Zugangsnetzen heute immer mehr MPO-Verbinder (Multi-Fiber Push-On) zum Einsatz kommen.

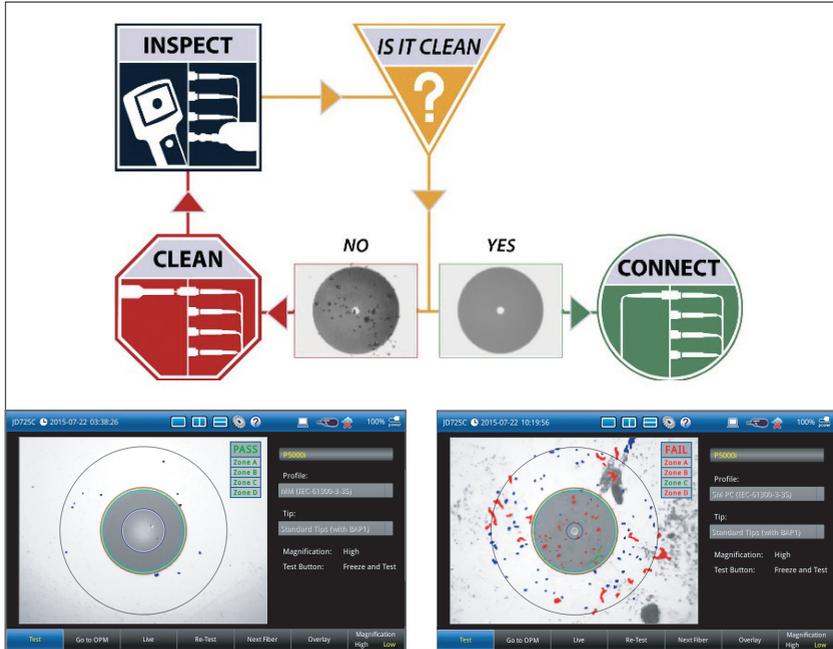


Abbildung 5: Visuelle Prüfung von Faserendflächen nach dem IBYC-Verfahren

2. OTDR-Messungen

Ein optisches Zeitbereichsreflektometer (OTDR) erlaubt dem Techniker, Ereignisse wie Steckverbindungen, Spleiße, Biegungen, Faserenden und Brüche zu erkennen, zu lokalisieren und zu messen. Die folgenden Parameter können mit Tests von einem einzigen Faserende (unidirektional) ermittelt werden:

- Dämpfung: der Energieverlust des Lichtsignals (absolut oder pro km) zwischen zwei Punkten auf der Faserstrecke.
- Ereignisdämpfung: die Differenz im optischen Leistungspegel vor und nach dem Ereignis.

- Reflexion: Verhältnis der reflektierten Leistung zur einfallenden Lichtleistung eines Ereignisses.
- Optische Rückflussdämpfung (ORL): das Verhältnis der reflektierten Leistung zur einfallenden Lichtleistung einer optischen Übertragungsstrecke.

Feldtestlösungen der nächsten Generation wie das VIAVI SmartOTDR erlauben den Technikern, unabhängig von ihrer Qualifikation, alle grundlegenden Glasfasertests zuverlässig auszuführen. Die Anwendung Smart Link Mapper (SLM) wandelt die Ereignisse auf dem Display in aussagekräftige Symbole um. So wird dem Techniker eine schematische Darstellung der gesamten optischen Strecke angezeigt. Dadurch ist er in der Lage, das OTDR effizienter zu nutzen, ohne dass er selbst das ursprüngliche Kurvendigramm verstehen und auswerten muss.

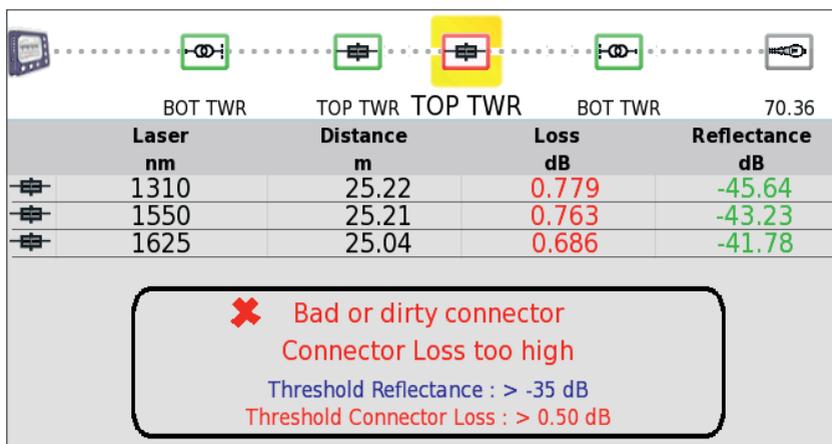


Abbildung 6: Die OTDR SLM-Anwendung von VIAVI zeigt Fehlerstellen auf der Faserstrecke übersichtlich an

Um optische Übertragungsstrecken und einzelne Ereignisse noch genauer charakterisieren zu können sowie unter Umständen auch verborgene Störungen zu erkennen, sind Messungen von beiden Faserenden zu empfehlen. Dieser bidirektionale Test ermöglicht Ereignisse wie Dämpfungen und Reflexionen präziser zu messen und nachzuweisen, dass sie in beiden Richtungen gleich groß sind. Bedingt durch Fasertoleranzen, Fehlanpassungen und mangelhafte Spleiße können nämlich übermäßige oder unterschiedliche optische Dämpfungen oder scheinbare Verstärkungen (Gainer) angezeigt werden.

Eine neue Generation von OTDR-Modulen für Feldtester erlaubt den Technikern, die Testkonfiguration mit den passenden Werten, beispielsweise für Wellenlänge und Dynamikbereich, auszuwählen, die für die Installation von 5G-Infrastrukturen benötigt werden.



Abbildung 6: VIAVI OneAdvisor – ein modularer Feldtester der neuen Generation

Bisher waren die Messungen mit einem OTDR recht teuer und auch kompliziert. Die breite Palette an OTDR-Modulen von VIAVI für den OneAdvisor-800 und andere Plattformen senkt nicht nur die Kosten, sondern vereinfacht und beschleunigt die Testausführung an Mobilfunk-Basisstationen auch deutlich.

3. Analyse von Antenne und Koaxialkabel

Die heutige erste Generation von 5G-Netzen wird im sogenannten Non-Standalone-Modus (NSA) installiert, das heißt, sie ist von einem vorhandenen 4G-/LTE-Netz abhängig, um eine Verbindung zu Mobilgeräten aufzubauen. Ein weiterer Verknüpfungspunkt zwischen 4G und 5G ist die dynamische Spektrumnutzung im DSS-Modus (Dynamic Spectrum Sharing). In diesem Fall werden die Funkblöcke der 4G- und 5G-New-Radio(NR)-Träger über den gleichen Frequenzkanal übertragen. Hierfür werden an den Basisstationen häufig die alten Koaxialkabel, insbesondere zwischen den Funkmodulen und den Panel-Antennen, weiter genutzt.

In Mobilfunknetzen treten heute jedoch noch zahlreiche Probleme an den traditionellen Komponenten der Basisstation, wie Antennen, Kabeln, Verstärkern, Filtern, Verbindern, Weichen und Jumperkabeln, auf.

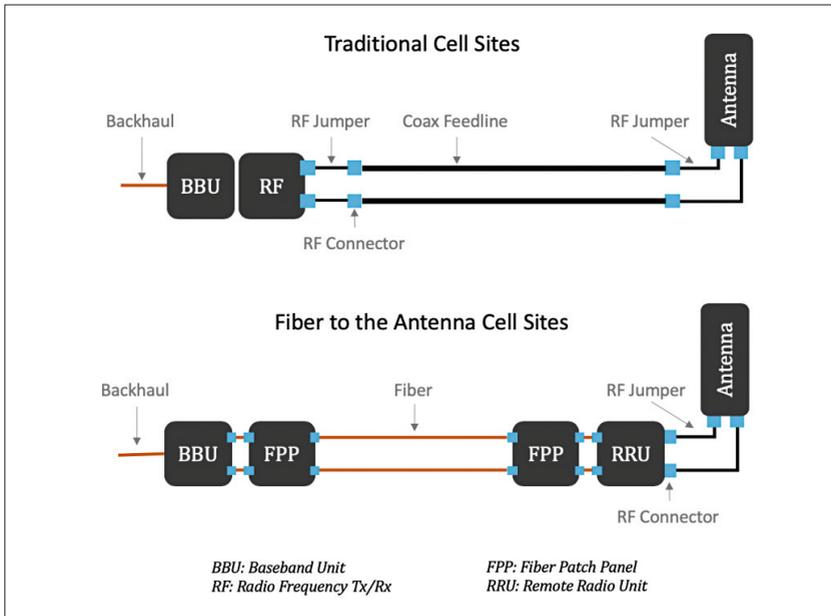


Abbildung 8: Koaxialkabel und HF-Jumperkabel kommen weiterhin in den Übertragungsstrecken von 4G-Basisstationen zum Einsatz

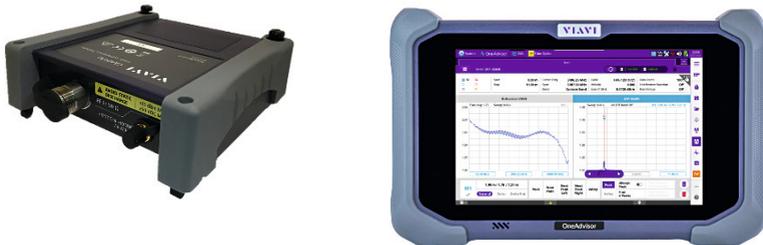


Abbildung 9: VIAVI OneAdvisor – ein modularer Feldtester der neuen Generation

Beim Koaxialkabel werden mit Wobbelmessungen die Signaldämpfung, d.h. die Einfügedämpfung und die Rückflusdämpfung, in Abhängigkeit von der Frequenz bestimmt. Wenn eine Messung auf ein Problem hinweist, lässt

sich mit der DTF-Funktion (Distance-to-Fault) auch die Position von Fehlerstellen oder von Beschädigungen am Kabel ermitteln. Diese Wobbelmessung ist auch mit kompakten Kabel- und Antennenanalysator-Modulen, die vom Aussehen einem OTDR-Modul ähneln, ausführbar.

4. HF-Tests in 5G-Netzen

Für Neuinstallationen und die Inbetriebnahme von 5G-NR-Basisstationen ist es möglich, die HF-Ausgangswerte sowie die drahtlose (Over-The-Air, OTA) Signalübertragung anhand einer standardisierten Anzahl von Messungen und Leistungsindikatoren mit einem feldtauglichen 5G-Signalanalysator zu überprüfen.

In seinen Referenzdokumenten TS38.104 und TS38.141 für die Funkübertragung und den Funkempfang an Basisstationen gibt 3GPP (3rd Generation Partnership Project) als weltweite Kooperation von Standardisierungsgremien wichtige OTA-Testempfehlungen, um nachzuweisen, dass die 5G-NR-Signale die branchenweit anerkannten Standards einhalten.

Die untenstehende Tabelle führt die häufigsten von der 3GPP empfohlenen Testfälle auf:

| Testfälle an 5G-Basisstationen | 3GPP 38.141 Abschnitt | |
|--|-----------------------|-----|
| | Leitungsgebunden | OTA |
| Ausgangsleistung der Basisstation | 6.2 | 9.3 |
| Dynamik der Ausgangsleistung | 6.3 | 9.4 |
| EIN-/AUS-Sendeleistung | 6.4 | 9.5 |
| Gesendete Signalqualität: Frequenzfehler, Modulationsqualität, Taktsynchronisationsfehler (TAE) | 6.5 | 9.6 |
| Störaussendungen: belegte Bandbreite (OBW), Nachbarkanal-Leckmessung (ACLR), Störaussendungen im Betriebsband (OBUE) | 6.6 | 9.7 |
| Sender-Intermodulation | 6.7 | 9.8 |

Abbildung 10: Quelle: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138100_138199/138104/15.02.00_60/ts_138104v150200p.pdf

Die in der oben stehenden Tabelle angeführten Testfälle beinhalten Leistungsindikatoren, die entweder über den 5G-NR-Trägerkanal, oder über die von jedem einzelnen Träger gesendeten Referenz-Beams gemessen werden. Die folgenden Leistungsindikatoren sollten überprüft werden, um eine optimale Installation neuer 5G-NR-Basisstationen sicherzustellen und eine umfassende Fehlerdiagnose und Wartung zu gewährleisten:

- HF-Vorprüfung auf **Interferenzen**/Bandfreigabe vorgesehener 5G-Frequenzbänder/-kanäle
- 5G-NR-Pilotsignale: Nachweis des Vorhandenseins und der Position von **SSBs** (Synchronisierungssignal-Block)
- Leistung: **EIRP** (Effektive isotrope Strahlungsleistung) und **RSRP** (Empfangsleistung des Referenzsignals)
- **RSRQ** (Empfangsqualität des Referenzsignals)
- **SINR** (Verhältnis Signal zu Interferenz und Rauschen) und SNR (Signal-Rauschverhältnis)
- **EVM** (Fehlervektor) bei Problemen mit der Signalausbreitung und der Signaldämpfung
- OTA-Synchronisation: **Zeitfehler** und **Frequenzfehler** gegenüber den von der 3GPP spezifizierten Toleranzen

HF-Tests sind besonders dann wichtig, wenn sich aufgrund der im Zeitmultiplexverfahren (TDD) übertragenen 5G-NR-Signale 2 oder mehr Träger in nebeneinanderliegenden Spektren befinden, sowie natürlich bei Nutzung des DSS-Modus, indem sich 4G-/LTE- und 5G-NR-Signale das gleiche Spektrum teilen.

Neben den 3GPP-Konformitätsmessungen muss auch das benötigte Spektrum freigegeben werden. Zudem ist es beim Auftreten von Interferenzen erforderlich, eine Interferenzanalyse durchzuführen und externe Signale, die in den 5G-Betriebsbändern senden, abzuschwächen. Es ist möglich, dass diese Maßnahmen während des Lebenszyklus des Netzes mehrmals wiederholt werden müssen. Auch sollten die Netzabdeckung und die Signalausbreitung im Feld überprüft werden, um die Inbetriebnahme einer neuen 5G-Basisstation zu zertifizieren sowie um Fehldiagnosen oder regelmäßige Wartungsarbeiten durchzuführen.

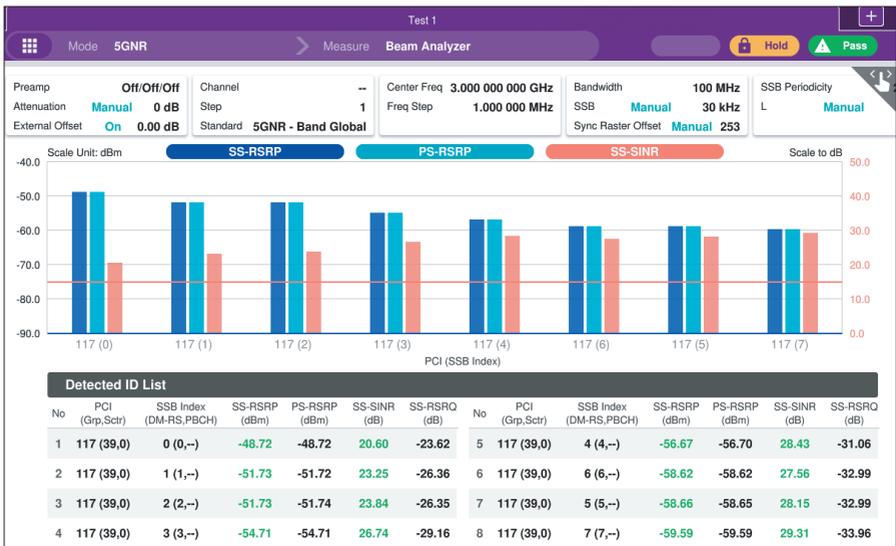
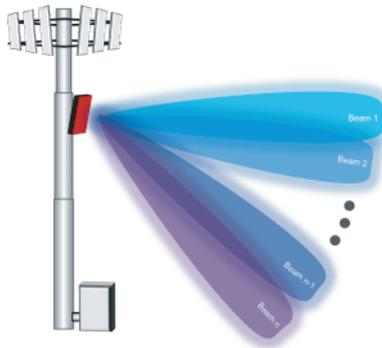
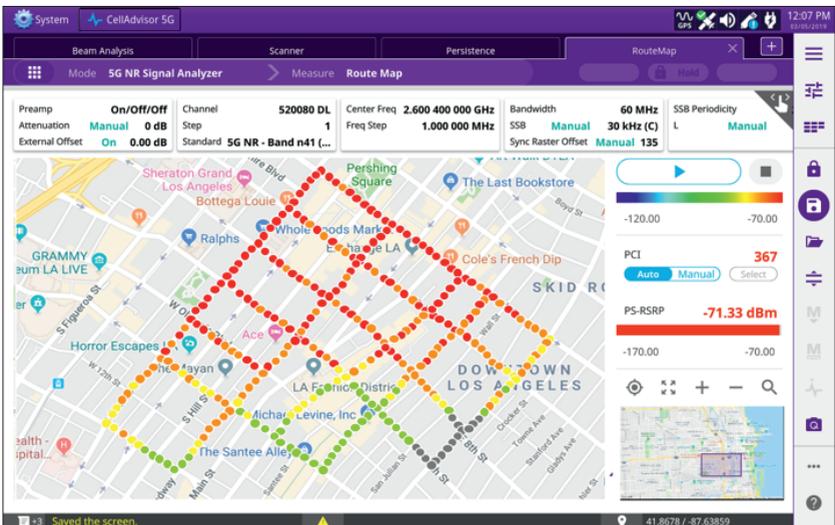




Bild 12:
 HF-Tests in 5G-Netzen umfassen Interferenzanalysen sowie die Überprüfung der Netzabdeckung und der Kanalträger



Schlussfolgerungen und Workflow-Automatisierung für Feldtests

Um eine optimale Leistung zu gewährleisten, ist die neue Generation von 5G-Fronthaul-Netzen auf eine hohe Qualität der Glasfaserverbindung angewiesen. Auch erfordert die Fronthaul-Architektur der nächsten Generation eine komplexere Echtzeitanalyse des Spektrums, einschließlich Tests der Taktung und der Synchronisation.

Aufgrund der vielfältigen Bereitstellungstechnologien und Schnittstellen von 5G-Fronthaul-Netzen wird ein portabler und universeller Feldtester wie der neue VIAVI OneAdvisor benötigt, um das Fronthaul-Netz von Basisstationen umfassend zu validieren. Darin eingeschlossen sind die Prüfung der Faserendflächen, OTDR-Messungen, Koaxialkabel-Tests, die Kontrolle der 5G-Funkmodule sowie traditionelle Vor-Ort-Servicemaßnahmen wie Interferenzanalysen und Fehlerdiagnosen.

Um Kosten bei Standardvorgehen zu sparen, empfiehlt es sich, ein Konzept zur Workflow-Automatisierung bei Testabläufen für Installation, Inbetriebnahme, regelmäßige Wartung und Fehlerdiagnose an Basisstationen einzuführen.

Diese Workflow-Automatisierung ermöglicht dem Management, die korrekte Ausführung der Feldtests zu kontrollieren, sodass konsistente Messergebnisse gewährleistet sind. Dabei sind die Testabläufe und das Erstellen der Berichte für die Inbetriebnahme sowie für andere Anwendungsfälle als Standardfunktionen bereits in die Tester integriert und auch automatisiert.

Diese Leistungsmerkmale erleichtern die Ausführung der Feldtests, sodass die Tester sowohl von erfahrenen Technikern wie auch von Neueinsteigern mühelos bedient werden können. Dadurch sinken die Betriebskosten, während sich die Zeit bis zur Markteinführung des Netzes verkürzt und sich die allgemeine Qualitätssicherung verbessert.

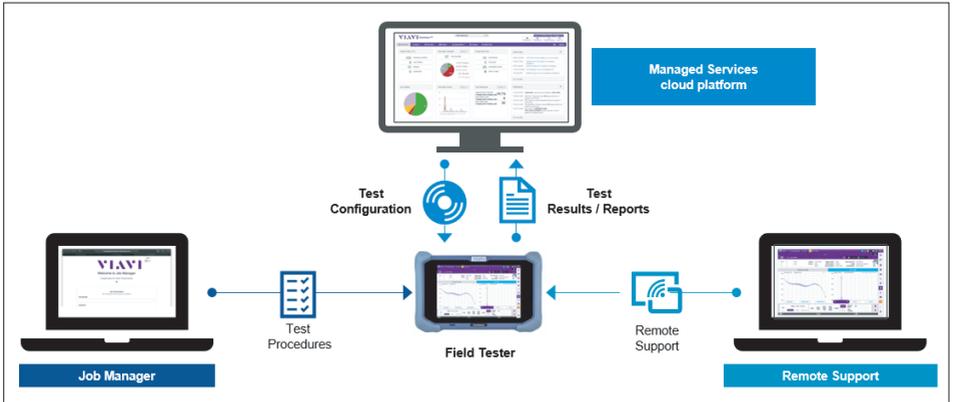


Abbildung 13: Beispiel einer Workflow-Automatisierung

Die Workflow-Automatisierung schöpft das Leitungspotenzial der bedienerfreundlichen und für den Feldeinsatz optimierten Software-Tools und Dienstprogramme in vollem Umfang aus. Ein Job-Manager ermöglicht, anwendungsspezifische Testpakete vorzuprogrammieren, sodass der Techniker vor Ort diese einfach nach Aufforderung durch den Tester starten kann. Dabei ist es möglich, sämtliche Daten und Testergebnisse automatisch und ohne manuellen Eingriff des Technikers in einer Cloud zu speichern. Die jüngste Generation von Fernzugriff-Tools erlaubt selbst bei Nutzung einer nicht öffentlichen IP-Adresse, von jedem Standort der Welt aus auf die Tester zuzugreifen und diese fernzusteuern. Das ist von Vorteil, wenn eine zusätzliche Fehlerdiagnose durch höherqualifizierte Spezialisten, die sich nicht mit vor Ort befinden, benötigt wird.