

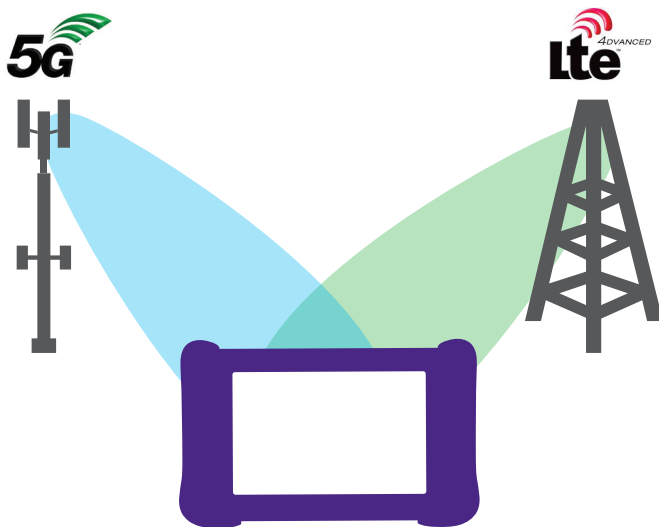
アプリケーションノート

VIAVI OneAdvisor-800 4G-LTE および 5G-NR 信号解析

VIAVI OneAdvisor は、4G と 5G 無線アクセスネットワークの理想的なフィールドテストソリューションで、無線アクセスネットワークの効果的なメンテナンスと最適化のための包括的なテストスイートを実行します。

4G-LTE および 5G-NR テクノロジー活用無線アクセス特性には、いくつかの共通点と相互依存性があり、モバイルオペレーターやネットワーク要素メーカーを含む業界は、さまざまなアプリケーションに基づいて段階的に移行および進化することができます。

重要な共通点は信号フォーマットです。どちらのテクノロジーも直交周波数分割多元接続 (OFDMA) 伝送構造を使用しており、周波数と時間に基づいてリソースエレメントを割り当てることでスペクトラムリソースを最大化します。



OneAdvisor 4G と 5G 解析

OneAdvisor 4G LTE アナライザの利点

- キャリアアグリゲーション証明を検証する LTE チャネルスキャナー、およびパワーとパイロット汚染を評価する ID スキャナー
- MIMO パフォーマンスとキャリアの周波数および時間変動

OneAdvisor 5G NR アナライザの利点

- セル識別子と変調品質を備えた 5G キャリアスキャナー
- 上位 8 ビームのパワープロファイルを評価する 5G ビーム解析

OneAdvisor DSS アナライザの利点

- セル識別、チャネルとパイロットのパワー、変調品質を含む、マルチキャリア 4G と 5G の同時解析



OneAdvisor 4G と 5G 解析: オールインワンの 5G および LTE テストソリューションは、最高の総所有コストを実現

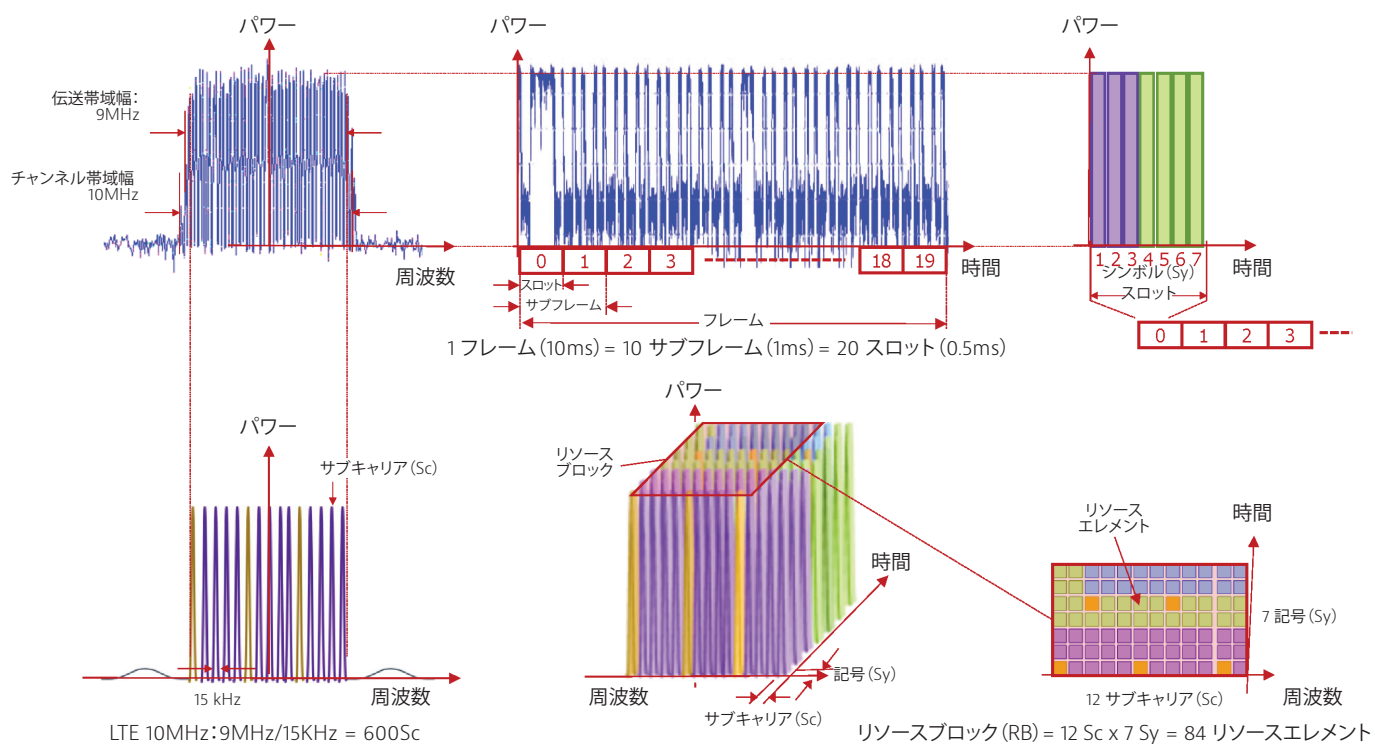
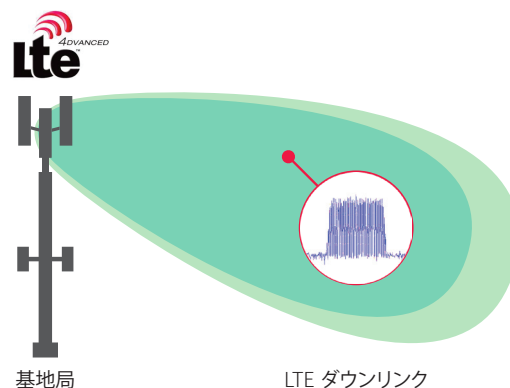
同じ OFDMA 信号構造を持つことで、確立された 4G-LTE ネットワークに 5G-NR を含める機会が生まれました。これは、従来の 4G-LTE チャンネルでも、周波数ないし時間でリソースブロックを共有して 5G-NR データを送信できるダイナミックスペクトラムシェアリング (DSS) のケースになります。

同様に、デュアル接続または非スタンドアロン操作を必要とする初期の 5G-NR 展開のケースでもあり、4G-LTE チャンネル経由のすべてのユーザー機器 (UE) 制御シグナリングと、異なる 5G-NR チャンネル経由の UE データトラフィックを確立します。

4G-LTE-FDD および 4G-LTE-TDD 信号解析

ロングタームエボリューション (LTE) テクノロジーには、スペクトラムリソースをより効率的に利用する直交周波数分割多元接続 (OFDMA) に基づくより効率的な伝送モデルが組み込まれています。

LTE は、周波数 (サブキャリア) と時間 (シンボル) でリソースを割り当て、リソースブロック (12 サブキャリア x 7 シンボル) でユーザーチャンネルの送信を定義します。



LTE 信号フォーマット (OFDMA)

さらに、3GPP は、LTEの 6 つのチャンネル帯域幅を、対応するリソースブロック、サブキャリア、および送信帯域幅を用いて、次のように定義しました。

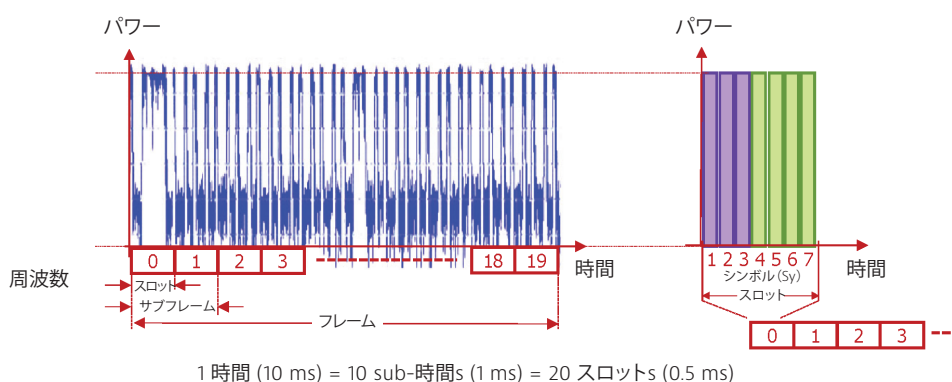
チャンネル帯域幅 (MHz)	1.4	3	5	10	15	20
伝送帯域幅 (RB)	6	15	25	50	75	100
伝送帯域幅 (Sc)	72	180	300	600	900	1,200
伝送帯域幅 (MHz)	1.08	2.7	4.5	9	13.5	18

LTE 送信は、1ms の 10 個のサブフレームで構成される 10ms の期間のフレームで行われる。次のような無線送信用に定義されたさまざまなフレーム構造があります。

- LTE-FDD: 周波数分割複信
- LTE-TDD: 時分割複信
- LTE-LAA: ライセンスされた Assisted Access

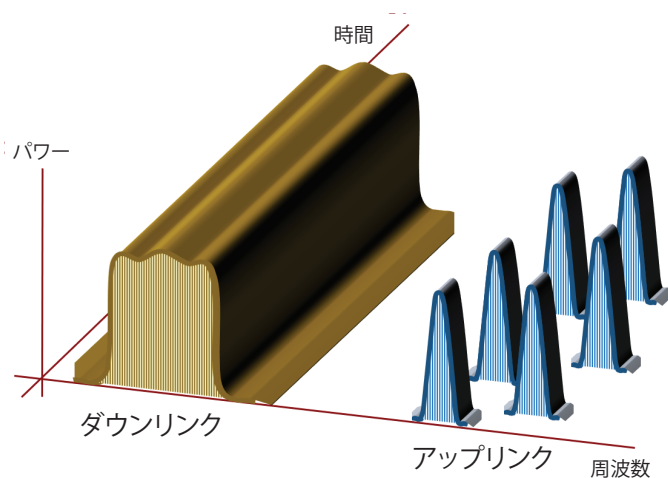
LTE-FDD の構造

LTE-FDD 送信は、1ms のサブフレーム 10 個と 0.5ms のスロット 20 個を含む 10ms のフレームで行われ、各スロットは 7 シンボル (通常のサイクリックプレフィックス) で構成されているため、(12 サブキャリア × 7 シンボル) のリソースブロックが 1 つのスロットを占有します。

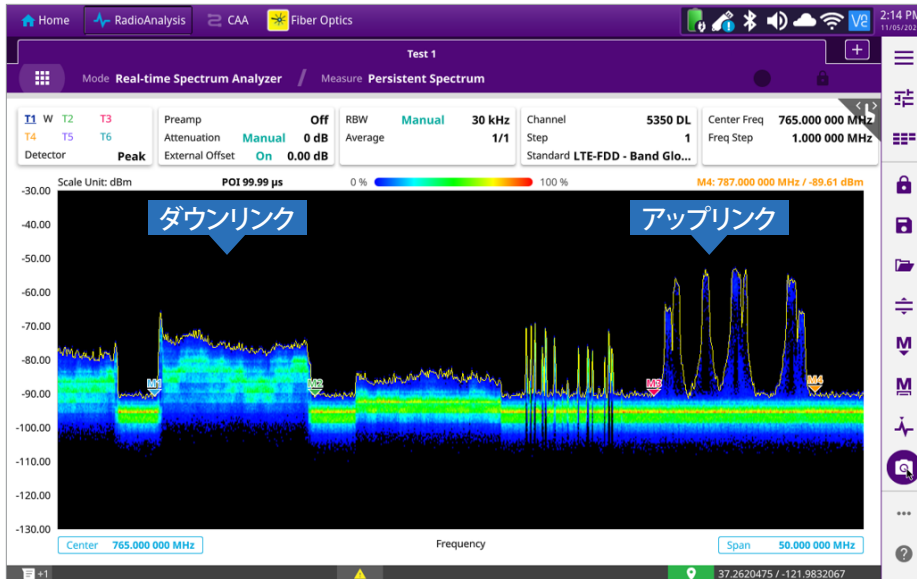


LTE-FDD のフレーム構造

LTE-FDD 信号の主な属性は、基地局がユーザー機器の送信 (アップリンク) とは異なる周波数で送信 (ダウンリンク) している周波数に基づくデュプレックス送信モードです。



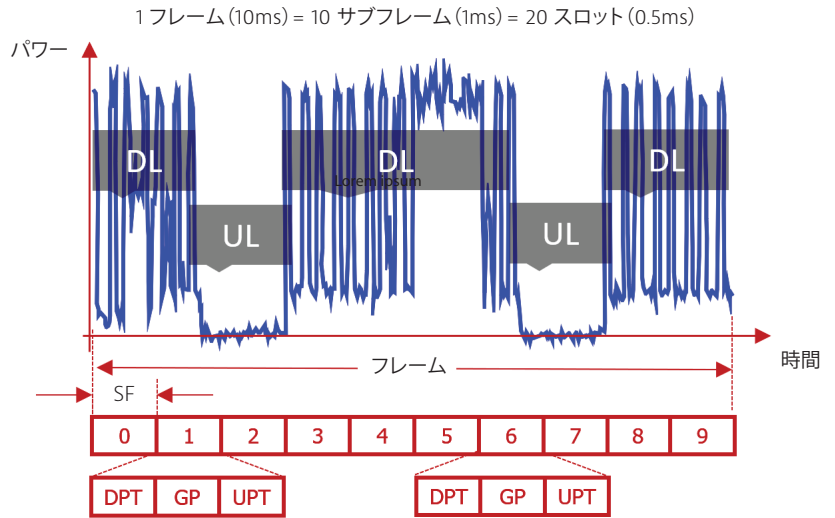
LTE-FDD のダウンリンクとアップリンク



OneAdvisorリアルタイムスペクトラム – LTE-FDD

LTE-TDD の構造

LTE-TDD送信は、1msのサブフレーム10個と0.5msのスロット20個を含む10msフレームで行われ、各スロットは 7 つのシンボル（通常のサイクリックプレフィックス）で構成されているため、7 つのシンボルによる 12 のサブキャリアのリソースブロックが1つのスロットを占有します。



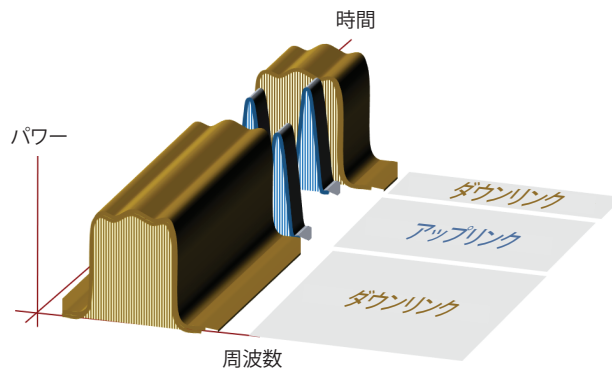
DPT:ダウンリンクパイロットタイムスロット | UPT:アップリンクパイロットタイムスロット | GP:ガード期間

LTE-TDDのフレーム構造

LTE-TDD の主な属性は、無線(ダウンリンク)送信とユーザー機器(アップリンク)送信が同じ周波数であるが異なるタイムスロット(サブフレーム)で行われることです。

3つの特別なフィールドがあります。

- パイロットタイムスロットのダウンリンク
- ガード期間
- パイロットタイムスロットのアップリンク



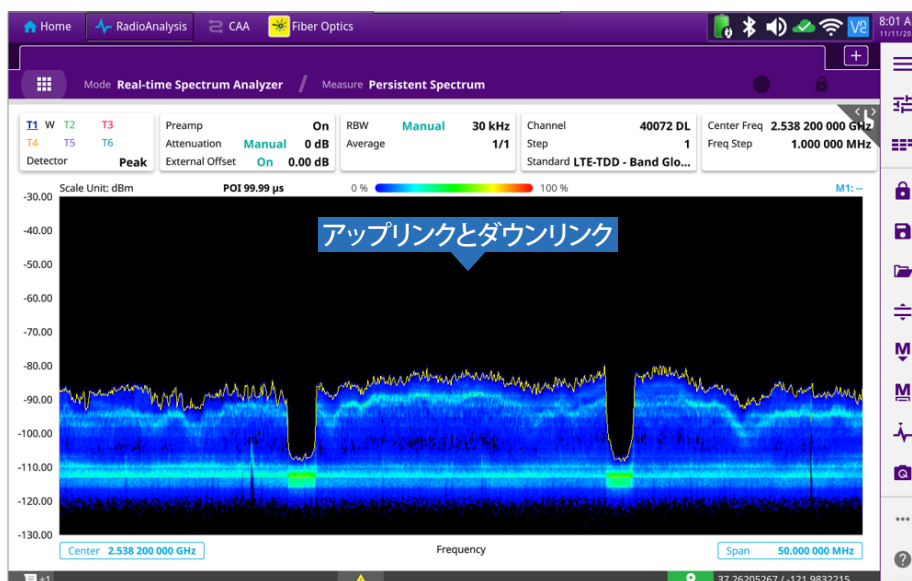
LTE-TDD ダウンリンクとアップリンク

LTE-TDD フレームは、アップリンクとダウンリンクのさまざまな構成に設定できます。

構成	周期性	SF 0	SF 1	SF 3	SF 3	SF 4	SF 5	SF 6	SF 7	SF 8	SF 9
0	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	10ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

U:アップリンクサブフレーム | D:アップリンクサブフレーム | S:特別なサブフレーム

LTE-TDD ダウンリンクおよびアップリンクフレーム割り当て



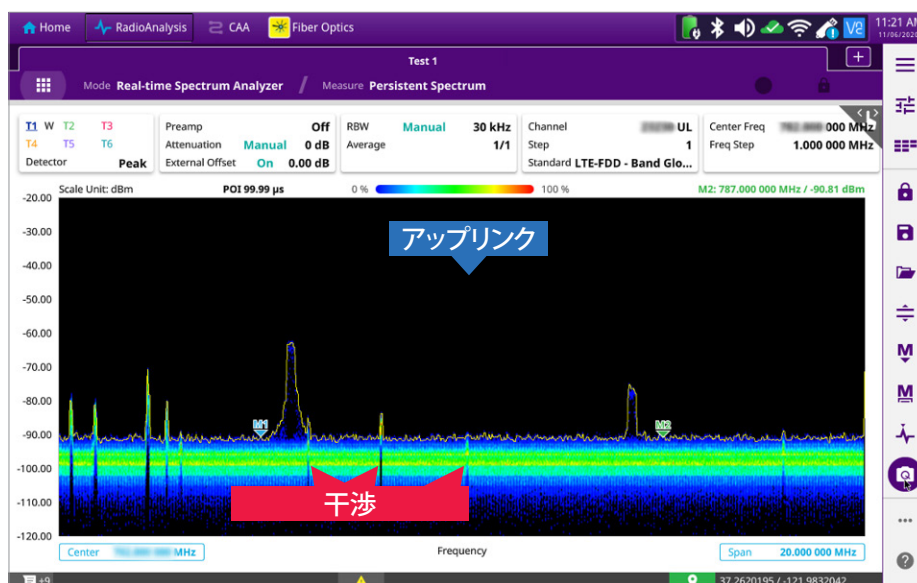
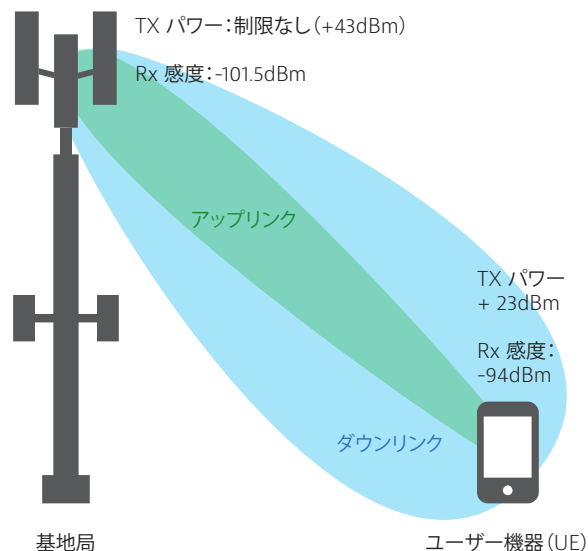
OneAdvisor リアルタイムスペクトラム – LTE-TDD

LTE-FDD および LTE-TDD の干渉解析

干渉はすべての無線通信システムに影響を及ぼし、特にユーザー機器 (UE) は、その送信パワーが基地局よりも大幅に低いため、干渉障害の影響を受けやすくなります。

したがって、アップリンク内の干渉信号は、たとえ低パワーレベルで送信していても、再送信またはコールドロップを引き起こし、最終的にはモビリティサービスの質を低下させる可能性があります。

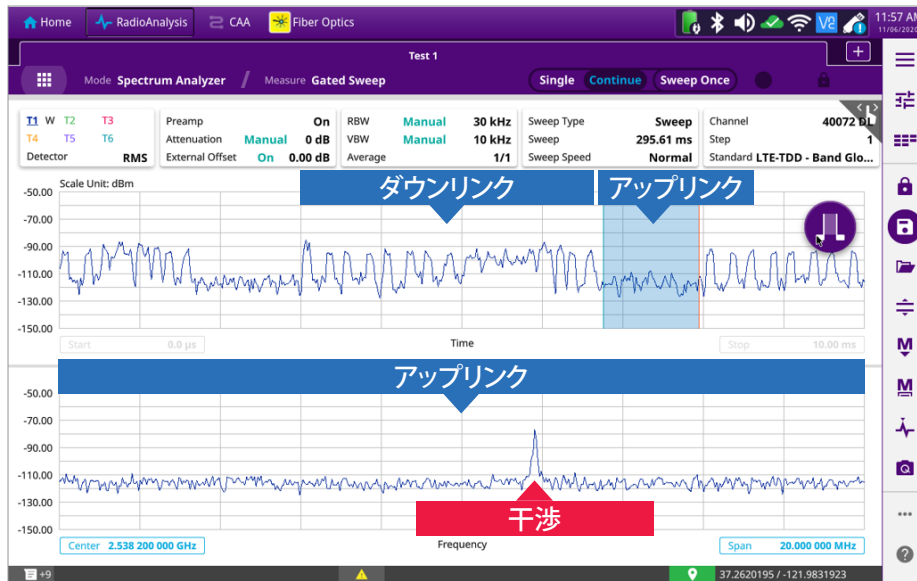
LTE-FDD 無線アクセスの場合、アップリンクには UE 送信専用の定義済み周波数レンジがあるため、アップリンク干渉を検出するプロセスは簡単です。



OneAdvisorリアルタイムスペクトラム - LTE FDD アップリンク

LTE-TDD 無線アクセスの場合、ダウンリンクとアップリンクが同じ周波数で送信されるため、アップリンク干渉を検出するプロセスはより複雑になります。したがって、ダウンリンクパワーが低パワーレベルで干渉信号をマスキングし、検出が困難になる可能性があります。それでもアップリンク送信に悪影響を及ぼします。

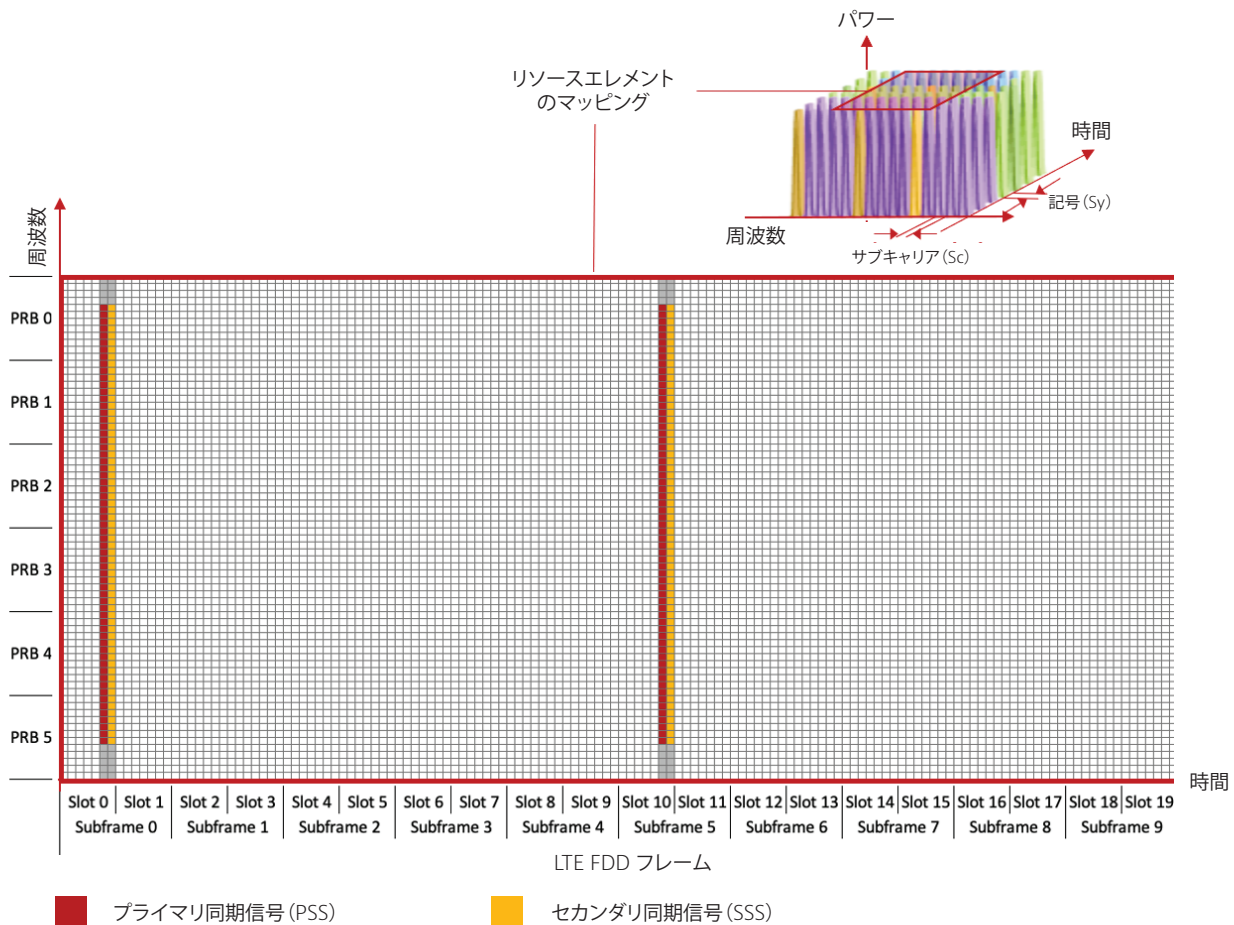
LTE-TDD 無線アクセスの干渉を検出するための最も効果的な方法は、アップリンクの送信時間にものみスペクトラム測定を行うゲートスペクトラムを使用することです。



OneAdvisor ゲートスイープ - LTE-TDD 干渉

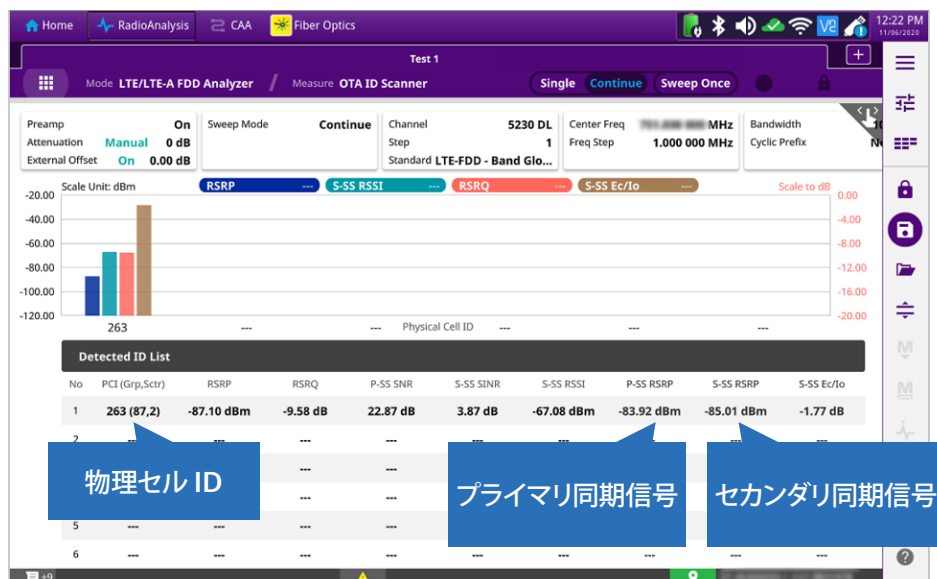
LTE 同期と基準信号

LTE 同期信号は、UE と基地局間の接続を確立するためにクリティカルな役割を果たします。通信は、UE がセル検索プロセスを実行し、基地局の時間と周波数の同期を得てセル ID を取得することによって開始されます。



同期信号を備えた LTE FDD フレーム

同期信号には、プライマリ同期信号 (PSS) とセカンダリ同期信号 (SSS) の 2 種類があり、第 1 サブフレームと第 6 サブフレームで基地局から常時送信されています。

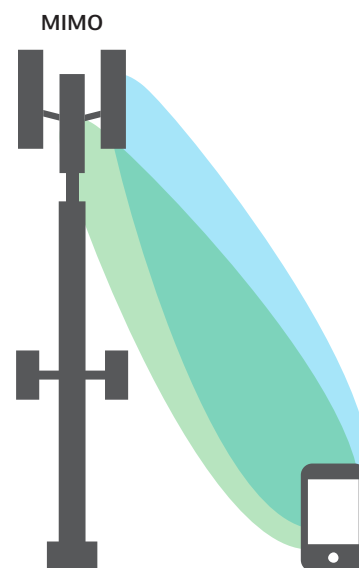


OneAdvisor LTE 信号解析 - PSS, SSS, およびセル ID

LTE 基準信号は、カバレッジまたは容量を増やすために、複数の通信レイヤーを生み出す LTE 多入力多出力 (MIMO) のアンテナ送信を割り出すために常時送信されます。

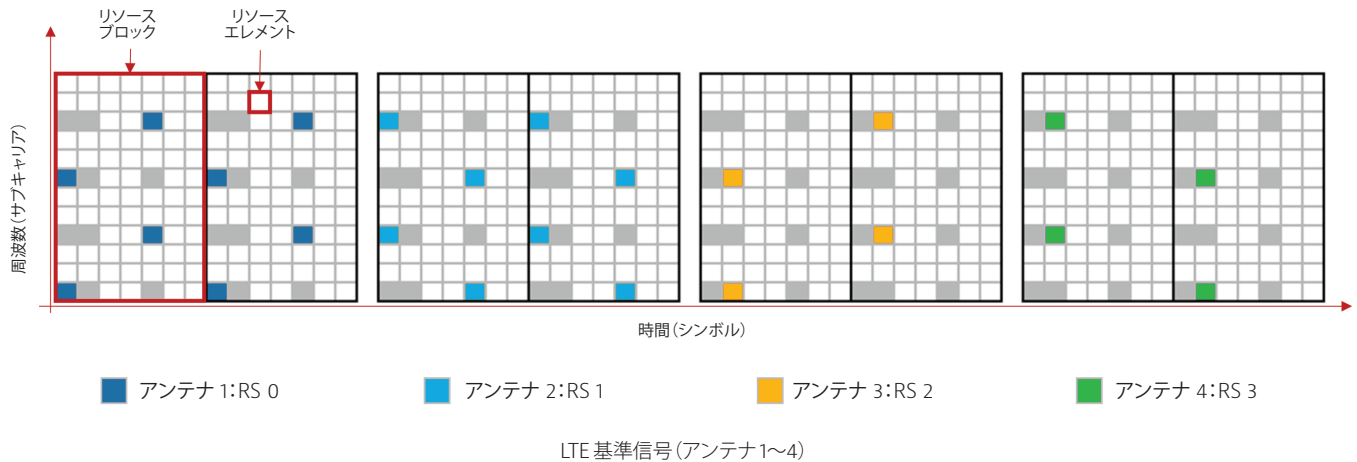
UE は、各アンテナ (RS0~RS7) からの信号品質に基づいて、これらの MIMO レイヤーをデコードし、その特定の UE に割り当てられた通信モードを導き出す基地局に RF 環境の指標を提供できます。

- 空間多重は、複数のアンテナからさまざまなユーザーデータストリームを送信し、パラレル通信チャネルまたはレイヤーを生み出し、帯域幅の使用率を高めることにより、容量を増やします。
- ダイバーシティは、複数のアンテナから同じユーザーデータストリームを送信することでカバレッジを拡大し、マルチパスとフェージングが大きい環境でより良好な受信ができるようにします。

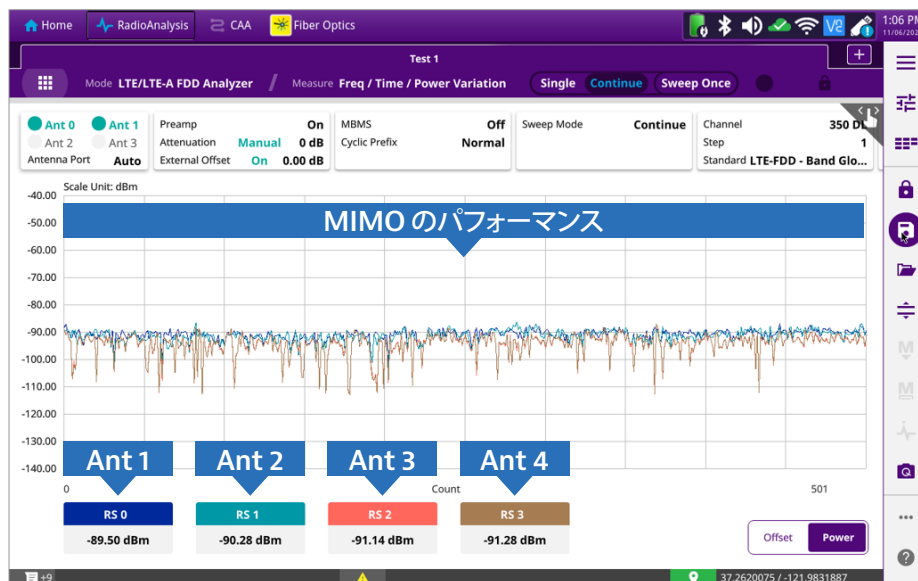


- アンテナ 1 (RS 0)
- アンテナ 2 (RS 1)

LTE MIMO 2x



どちらの送信モードでも、カバレッジまたは容量のいずれかを実現するには、基地局がアンテナ(2x、4x、または 8x)から同様のパワーレベルで送信していることが不可欠です。アンテナ間のパワーの大きなギャップは、MIMO の利点を阻害することになります。



OneAdvisor LTE 信号解析 – MIMO パワー

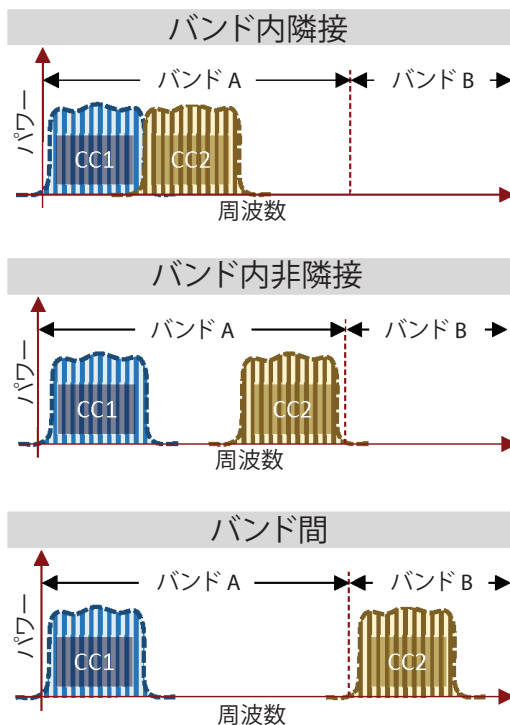
LTE キャリアアグリゲーション

LTEはまた、ユーザー機器への帯域幅を増やすために、スペクトラムリソースを集約する複数のキャリアを利用して、顧客体験を向上させるように定義されました。

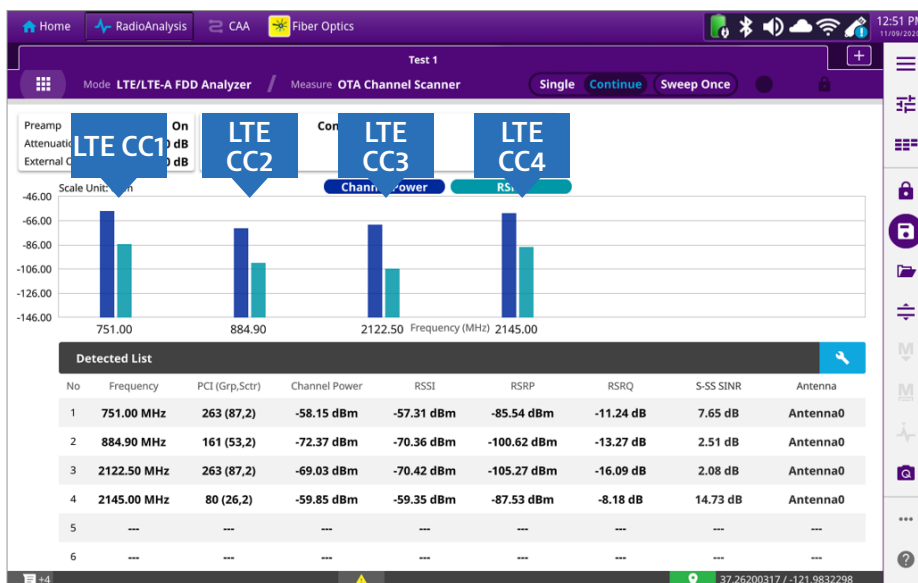
LTE キャリアの最大伝送帯域幅は 20MHz であり、複数のコンポーネントキャリア(CC)を集約することにより、伝送は最大 640MHz まで増加できます。

集約されるコンポーネントキャリアは、次の3つの主要な設定で割り当てることができます。

- バンド内隣接
- バンド内非隣接
- バンド間



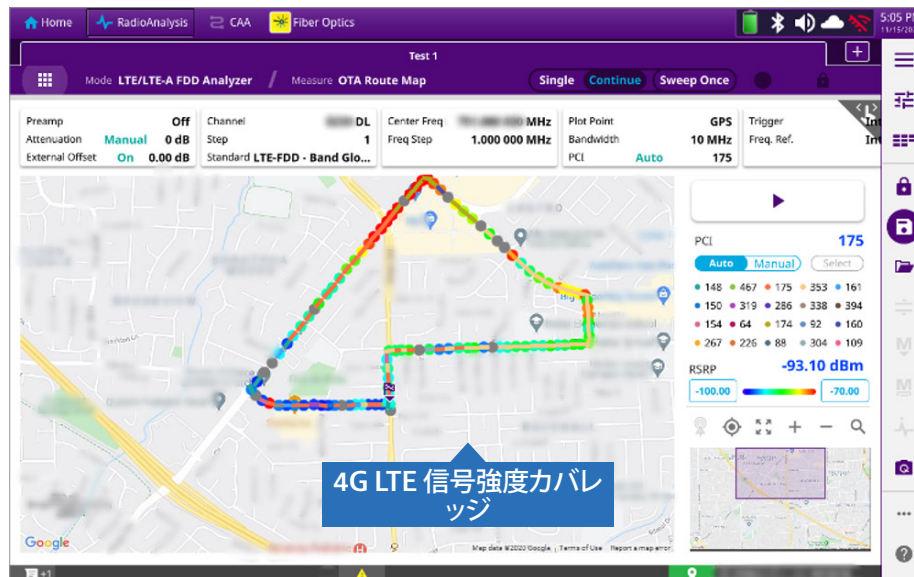
LTE キャリアアグリゲーション



OneAdvisor LTE 信号解析 – キャリアアグリゲーション

LTE カバレッジ

サービスの可用性は、LTE パイロット信号(同期信号および基準信号)の信号カバレッジまたはパワーレベルによって導き出され、コールドドロップの原因となるネットワークのデッドゾーンを特定するだけでなく、スループットが低下し、再送信が発生する可能性があり、顧客体験に悪影響を及ぼす可能性のある、パワーレベルが UE 感度レベルに近い領域を特定します。



OneAdvisor LTE 信号解析 - ルートマップ

5G NR 信号解析

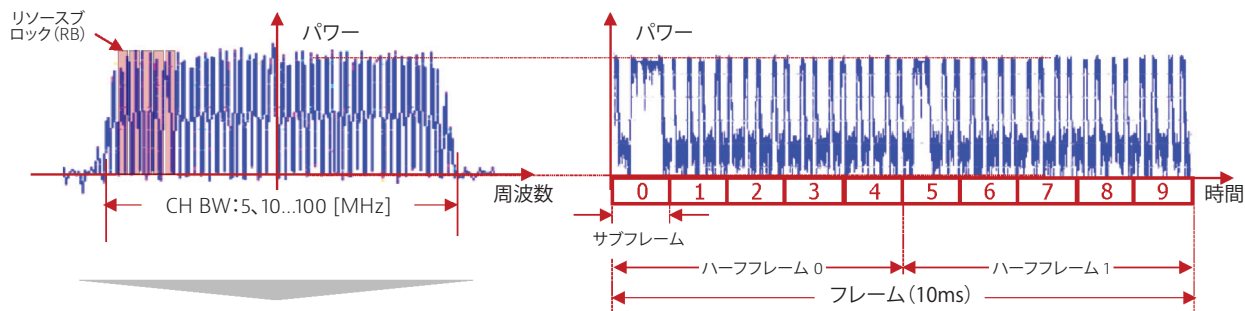
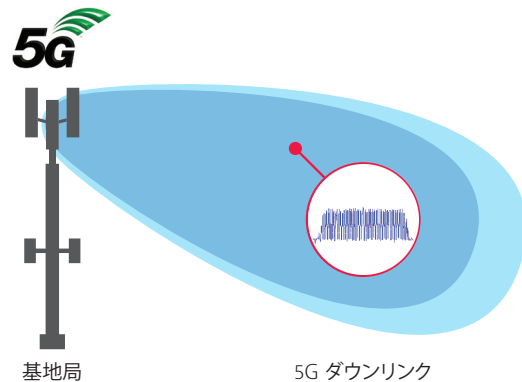
5G 新無線 (NR) は、次のような一連の改善されたサービスとアプリケーションを提供するために定義されています。

- 超高精細ディスプレイ、3D プロジェクション、没入型ビデオ、拡張現実などの拡張モバイルブロードバンドサービス (eMBB)
- 強化された多数同時接続サービス (mMTC)、さまざまなネットワーク要件を持つネットワークに接続された高密度のマシン
- 超信頼低遅延通信サービス (URLLC)、自動運転車を含むリアルタイムアプリケーション、リアルタイムの交通管制、緊急および災害対応、e-ヘルス、リモート触覚制御など

5G-NR 無線アクセスには、LTE 信号構造に加えて、次のような追加の柔軟性が組み込まれています。

- チャンネル帯域幅: より広いチャンネル帯域幅構成に対応する柔軟性。たとえば、410MHz~7125MHz の 3GPP で定義された周波数範囲 1 (FR1) の場合、送信帯域幅は 5MHz~100MHz の範囲に設定できます。

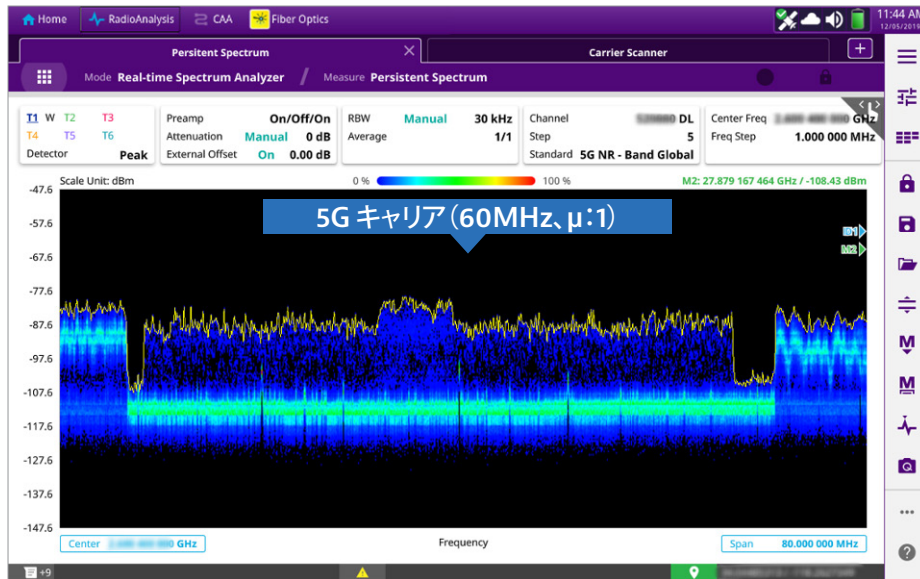
- OFDMA 構造の数秘学：信号周波数成分またはサブキャリアは、フレームごとにシンボル数を割り当てるための対応する時間単位の乗数を備えた、15KHz、30KHz、または 60KHz を含むさまざまな帯域幅で構成できます。
- ビームフォーミング：フェーズと振幅に基づいて複数ビームを生成、形成し、放射パワーをユーザーのサービス地域に向かわせる能力



FR1: 450 MHz to 7.1 GHz (RB)														
μ	Δf	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
0	15	25	52	79	106	133	160	216	270					
1	30	11	24	38	51	65	78	106	133	162	189	217	245	273
2	60		11	18	24	31	38	51	65	79	93	107	121	135

FR2: 24.25 GHz to 52.6 GHz (RB)					
μ	Δf	50	100	200	400
2	60	66	132	264	
3	120	32	66	132	264

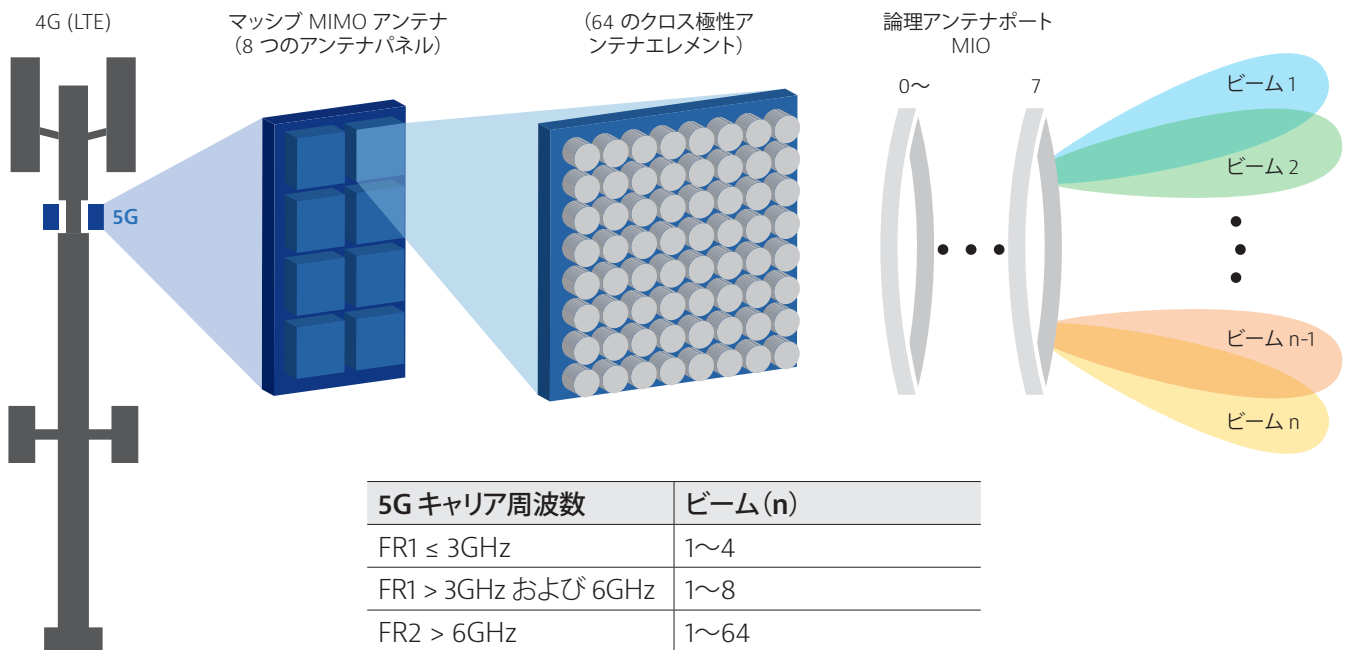
5G-NR 信号データの構造と数秘学



OneAdvisor リアルタイムスペクトラム – 5G FR1

5G-NR ビームフォーミング

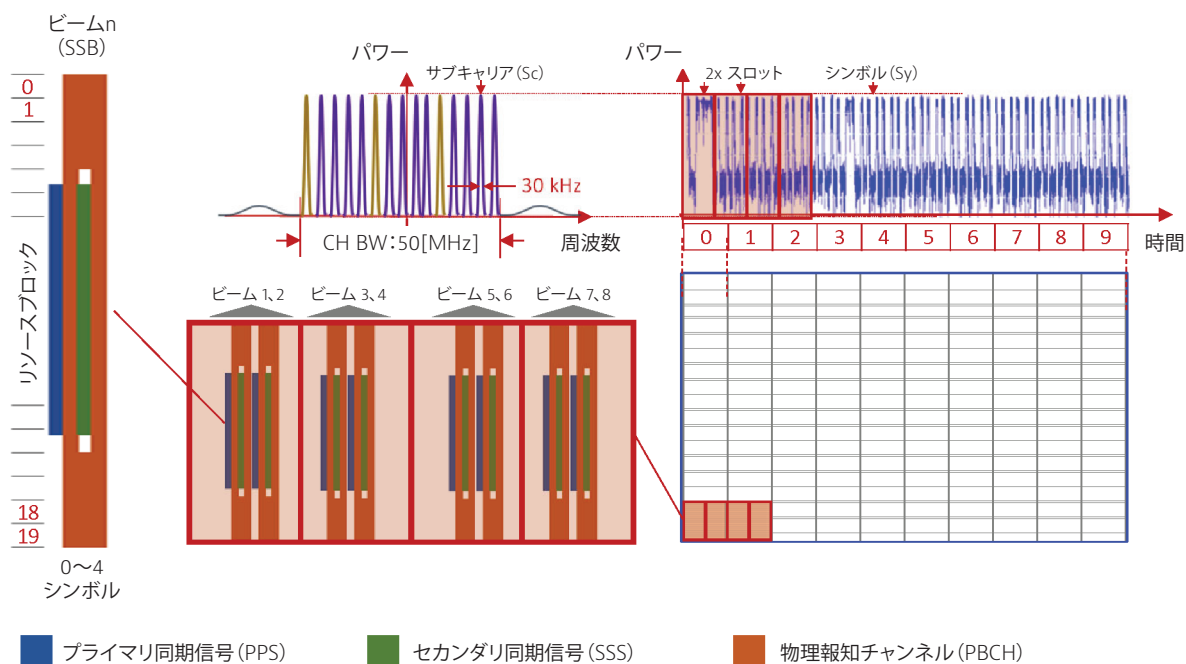
ビームフォーミングは 5G-NR の特徴であり、複数のビームを携帯電話または宅内機器のいずれかのユーザー機器 (UE) に送信して帯域幅を増やすことができ、セル内のアンテナエレメントの数を増やすことで可能になります。



5G マッシュプ MIMO とビームフォーミング

7GHz 未満の周波数で送信する 5G-NR セルには、アンテナエレメントの数十分の 1 を含むアンテナを装備でき、生成できるビームの数が制限されます。3GPP は、最大 3GHz の周波数に対しては最大 4 つ、最大 7GHz までの周波数に対しては最大 8 つのカバレッジビームを定義しました。

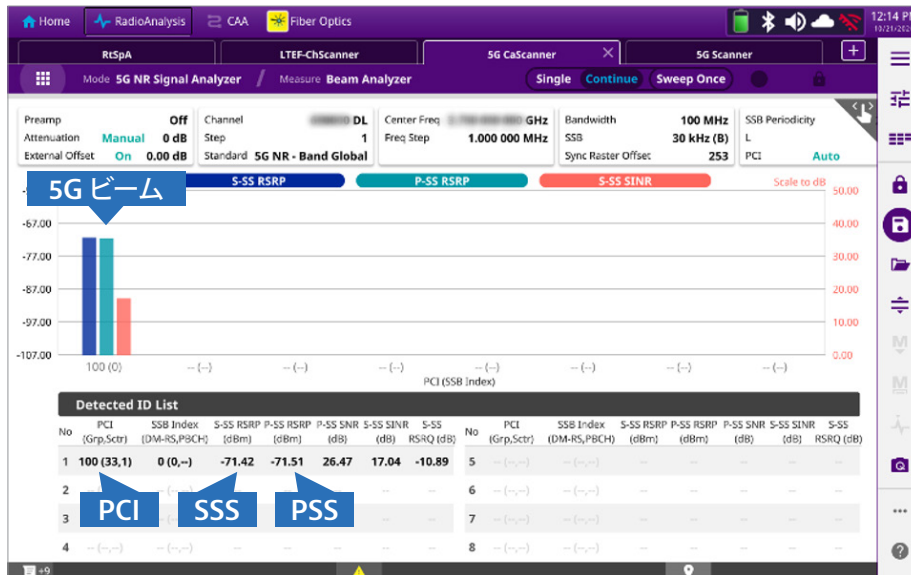
送信周波数が高くなると、アンテナエレメントが小さくなります。したがって、24GHz を超える周波数で送信する 5G-NR セルには、最大 64 のカバレッジビームを送信できる数百のアンテナエレメントを含むアンテナを装備できます。



5G-NR カバレッジビームまたは同期信号および PBCH ブロック (SSB) には、デバイスがセルに接続するために必要な次の情報が含まれています。

- a. プライマリ同期信号 (PSS)
- b. セカンダリ同期信号 (SSS)
- c. 物理報知チャンネル (PBCH)

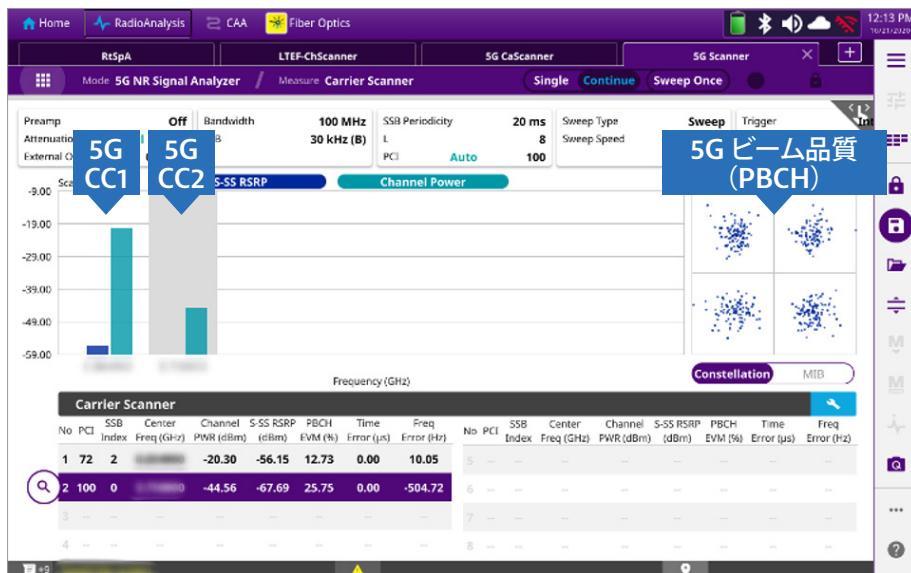
UE は、ビームまたは SSB のセル検索を実行することによってセル接続を開始し、そこから同期を得て、物理セルID (PCI) を取得します。



OneAdvisor 5G 解析 - ビーム解析

5G-NRは、FR1で最大100MHz、FR2で最大400MHzのチャンネル帯域幅を定義し、制御チャンネルを最小化し、広いスペクトラムのユーザーデータチャンネルを最大化します。ただし、FR1の2つのコンポーネントキャリアとFR2の8つのコンポーネントキャリアを含む複数のキャリアを集約する柔軟性も提供します。

ビームパワーレベルはセルカバレッジに関連する指標であり、ビーム品質はセルスループットに関連する指標です。



OneAdvisor 5G 解析 - キャリアスキャナー

OneAdvisor 5G は、RF エンジニアが 1 つの使いやすいソリューションを使って 5G と LTE/LTE-A の両方の無線アクセスの問題をテスト、特定、修正できるようにする、市場初のフィールドポータブル型テストソリューションです。

5G カバレッジ

サービスの可用性は、5G ビーム信号 (SSB) の信号カバレッジまたはパワーレベルによって導き出されます。ビームの可用性を水平方向および垂直方向に評価し、コールドドロップの原因となるネットワークのデッドゾーンを特定するだけでなく、ビームのパワーレベルがスループットを低下させ、再送信を引き起こし、顧客体験に悪影響を与える可能性のある UE 感度レベルに近い領域を特定することにより、3D ビームフォーミングを検証して導き出します。



OneAdvisor 5G 信号解析 - ルートマップ

ダイナミックスペクトラムシェアリング (DSS)

DSS テクノロジーは、5G サービスを LTE ネットワークで配信して、5G サービスの可用性を加速できるようにするために業界が導入しました。

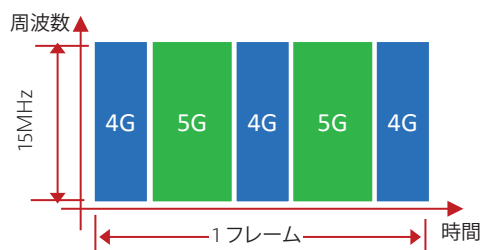
従来、モバイルネットワーク事業者には、新しいセルラーテクノロジーを展開するための 2 つの主要なオプション、スペクトラムのリファーマーキングとスペクトラムの取得がありました。DSS は、既存の顧客を混乱させることなく 4G-LTE チャンネルを再構成し、スペクトラムのリファーマーキングとスペクトラムの取得に伴う暗黙のコストと延長時間を最小限に抑えることで、モバイル事業者が 5G-NR を展開するための 3 つ目のオプションを事実上生み出します。

スペクトラムは、時間、周波数、または両方の組み合わせで 2 つの異なるテクノロジー間で共有できます。これは、周波数と時間でスペクトラムリソースを割り当てることができる直交信号形式を備えているため、4G と 5G ではより効率的に実現できます。

時分割シェアリング

時分割シェアリングは、異なるタイムスロットを異なるテクノロジーに割り当てます。これは、LTE と 5G の両方のフレーム時間が 10 サブフレームで 10 ms であり、各サブフレーム (1 ms) を LTE または 5G に割り当てることができるため、LTE と 5G ではより適切に実現できます。

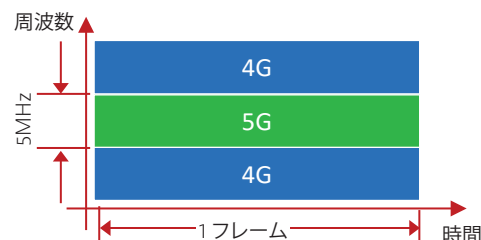
この方法では、LTE サブフレームで異なるトラフィックタイプ (LTE とブロードキャスト、または LTE と 5G など) を使用できる LTE マルチメディアブロードバンドマルチキャストサービス (MBMS) テクノロジーを活用します。



周波数分割シェアリング

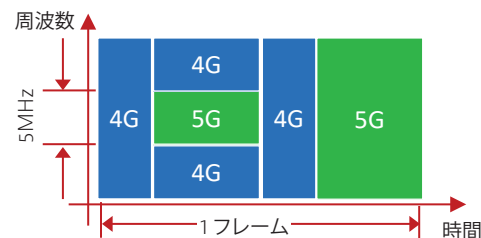
周波数分割シェアリングは、異なる周波数部分を異なるテクノロジーに割り当てます。たとえば、15MHz 帯域幅の LTE 信号は、それぞれ 5MHz の 3 つの帯域幅部分に分割でき、LTE と 5G は各帯域幅部分に個別に割り当てることができます。

この方法論の欠点は、時分割シェアリングほどダイナミックではないことです。



時間と周波数のシェアリング

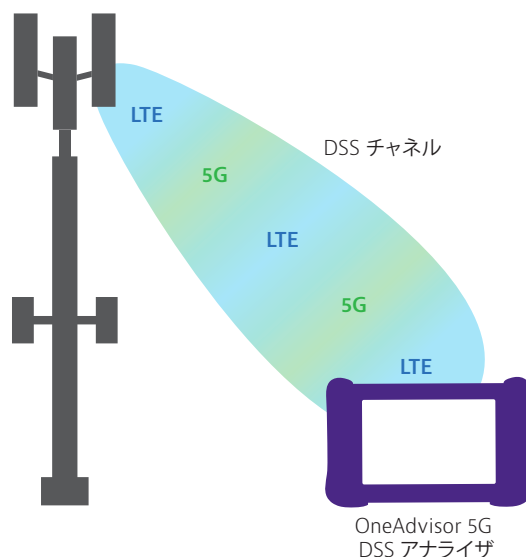
時分割と周波数分割シェアリングは、LTE と 5G を組み合わせたタイムスロットと帯域幅の部分にスペクトラムリソースを割り当てます。ただし、この方法は、無線およびモバイルデバイスで必要とされる信号処理および制御チャンネルが複雑であるため、実装はより難しくなります。

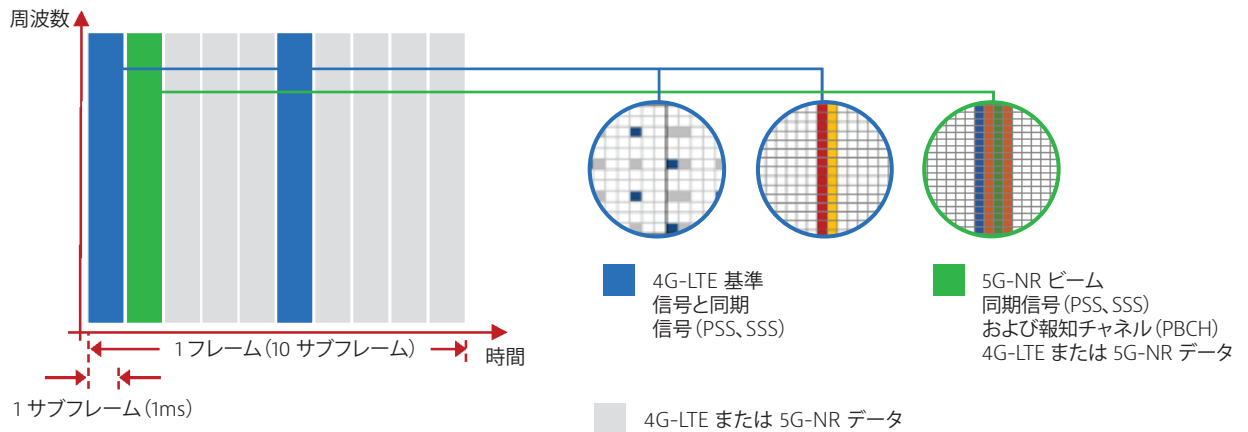


DSS 解析

OneAdvisor DSS 解析オプションモードは、5G-NR と 4G-LTE の次の同時測定を提供します。

- DSS RF 解析: チャンネルパワーと占有帯域幅
- DSS OTA (無線) 解析: 5G と LTE の同時チャンネルスキャナー、ID スキャナー、制御チャンネル、周波数、時間とパワーの変動、およびネットワークカバレッジ



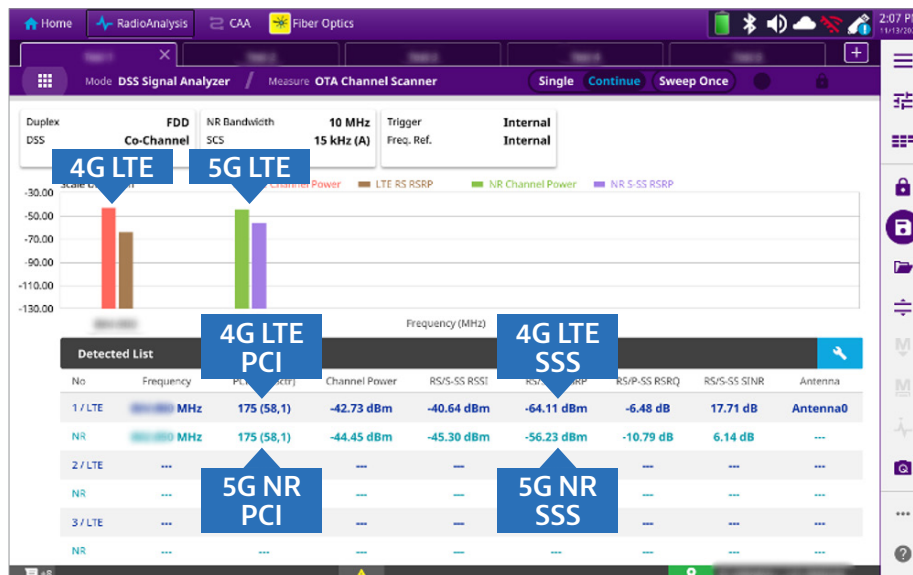


DSS TDD フレーム – 4G-LTE および 5G-NR のパイロット信号

DSS サービングセクター

サービスセクターは、特定の場所で最大のパワーで送信している無線です。

DSS サービングセクターは、4G-LTE および 5G-NR の特定の物理セル ID (PCI) および同期信号 (SSS) によって特徴付けられます。



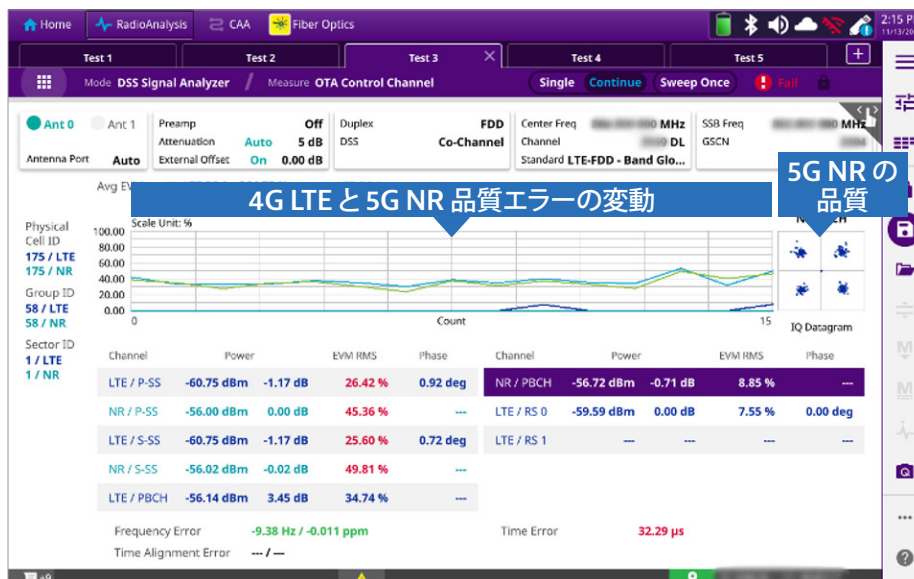
OneAdvisor DSS 信号解析 – チャネルスキャナー

DSS の信号品質

信号品質は、パイロット信号の歪みやノイズの実効性を表現するものであり、サービス帯域幅とスループットに直接影響します。

DSS 信号品質は、次のような特定のパイロット信号のエラーベクトルの大きさによって測定されます。

- 4G-LTE: 基準信号、同期信号 (PSS と SSS)、および報知チャンネル (PBCH)
- 5G-NR: 同期信号 (PSS と SSS)、および報知チャンネル (PBCH)

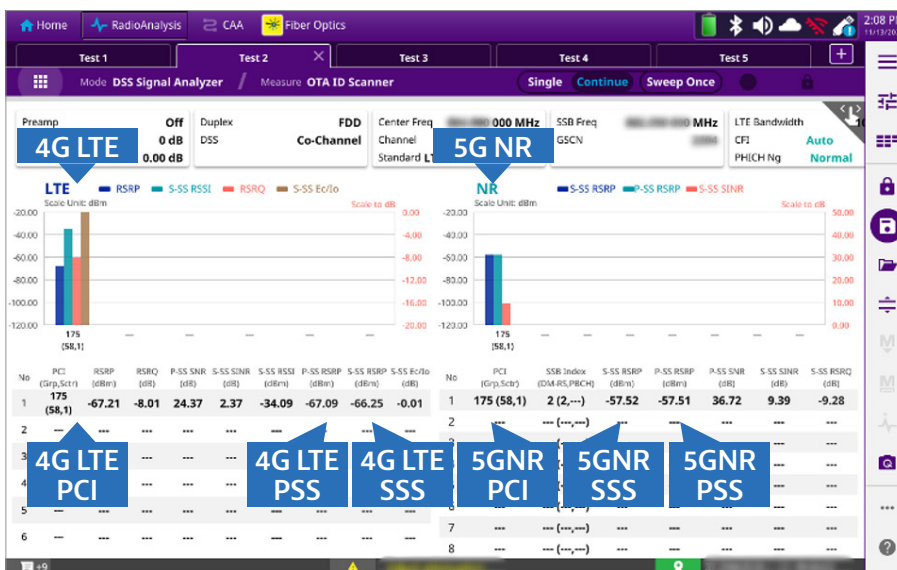


OneAdvisor DSS 信号解析 – 制御チャンネル

DSS 隣接セクター

隣接するセクターが利用できるため、モバイルユーザー機器のスムーズまたはソフトなハンドオーバーが可能になり、コールドドロップを回避できます。ただし、存在するセクターの数が多すぎると、ノイズレベルの上昇やパイロット汚染が発生する可能性があります。

DSS 隣接セクターは、複数の 4G-LTE および 5G-NR セクターの特定の物理セルID (PCI) および同期信号 (PSS と SSS) によって表されます。



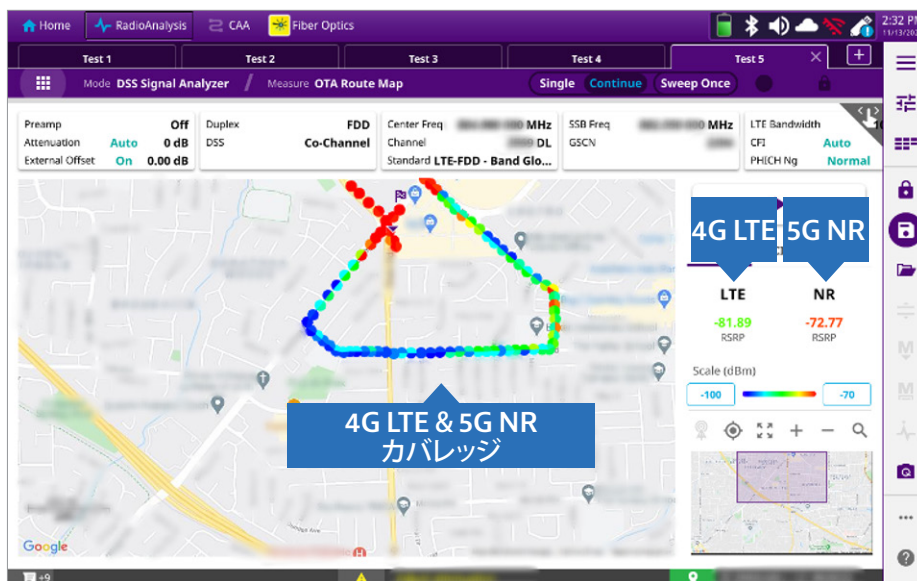
OneAdvisor DSS 信号解析 – OTAID スキャナー

DSS カバレッジ

カバレッジ検証により、パイロット信号がユーザー機器の許容感度レベルを下回っているサービスギャップまたはデッドゾーンを特定できます。

カバレッジギャップは、コールドドロップやフォールバックを引き起こし、モバイルユーザーのスループットに影響を与えます。

DSS カバレッジは、4G-LTE および 5G-NR の特定の基準信号の電力レベルによって検証されます。



OneAdvisor DSS 信号解析 – RouteMap

オーダー情報

パーツ番号	説明
ONA800A-SPO-A	OneAdvisor-800A スペクトラムアナライザ 9KHz～6GHz、光ハードウェア (CPRI) 搭載 <ul style="list-style-type: none">Bluetooth、Wi-Fi、Smart Access AnywhereGPS 接続 (GPS アンテナ付属)リアルタイムスペクトラム解析 100MHz干渉解析とゲートスイープスペクトラムスペクトラムルートマップMag マウント RF オムニアンテナ、SMF (f) 型、600MHz～6GHzGPS SMA マウントアンテナ外部バッテリー充電器、追加バッテリー、およびシガレットライターアダプター
ONA-SP-LTEFDDOTA	LTE-FDD OTA 信号解析
ONA-SP-LTETDDOTA	LTE-TDD OTA 信号解析
ONA-SP-5GOTA	5GNR OTA ビームフォーミングアナライザ
ONA-SP-DSSOTA	OneAdvisor OTA DSS 解析オプション

参考資料

- 3GPP 36.300 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) および Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)、全体的な説明、ステージ 2
- 3GPP 36.211 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA)、物理チャネルと変調
- 3GPP 38.104 技術仕様グループ無線アクセスネットワーク、NR、基地局 (BS) の無線送受信
- 3GPP 26.261 技術仕様グループのサービスとシステムの側面、5G システムのサービス要件、ステージ 1
- 5G ホワイトペーパー 2、ngmn.org

詳細については、[OneAdvisor-800](#) ページをご覧ください。