

ホワイトペーパー

VIAVI ONT と MAP による 800Gb 光トランシーバーの 評価と検証

フォトンからファームウェアまでのカバレッジは、800Gb の光トランシーバーの開発、評価、検証において非常に重要です。

はじめに

800Gb のプラグブル光トランシーバーはすでに入手可能であり、ラック内の短距離接続からシングルモードファブリック、さらに ZR を用いた 120km 超の長距離通信まで、幅広い用途と到達距離に対応しています。

幅広いアプリケーション分野に加え、112G の電氣的 SERDES 速度、高度な CMIS トランシーバー管理、要求の厳しい冷却やパワー要件が相まって、800Gb プラグブルの評価と検証は、あらゆる製品およびサービス展開においてクリティカルな工程になっています。マルチベンダーのエコシステムでは、光インターフェイスだけでなく、トランシーバーとホスト間の相互運用性が課題になります。

VIAVI は、100G の登場以来、プラグブル光トランシーバーの開発、検証、デバッグ、評価に次々と対応してきました。当社の経験と独自のアプリケーションは、今日の 800G、そして明日の 1.6Tb の課題に対応できるよう、着実に成長を遂げています。

800G インターフェイス

800Gb トランシーバーには、高速 AI/ML から高性能ファブリック、そしてより長いスパンのコヒーレントまで、幅広いアプリケーション分野があります。

800Gb イーサネットに関連していますが、多くのアプリケーションでは、高密度を実現するために 1 つのプラグに 2 x 400Gb を使用することもあります。ホストインターフェイスは、8 レーンの 112G 電気 SERDES ペアに基づいています。これらのレーンは、CMIS 管理によって幅広いサービスに対応するように構成することができます。これは、8 x 100G ブレイクアウトから 1 つの 800Gb イーサネットサービスまで対応できます。

現実には、800Gb は多くのことを意味し、アプリケーションによって異なります。このことはまた、評価および検証フェーズにも大きく影響します。

800G トランシーバーにはマルチドメインで統合されたアプローチが必要

800G 光トランシーバーでは、光ドメイン、電気データドメイン、制御ドメインはすべて密接に関連し合っている。相互運用性とパフォーマンスは、トランシーバーの DSP と対応するファームウェアを通じてすべてが関連し合っている。

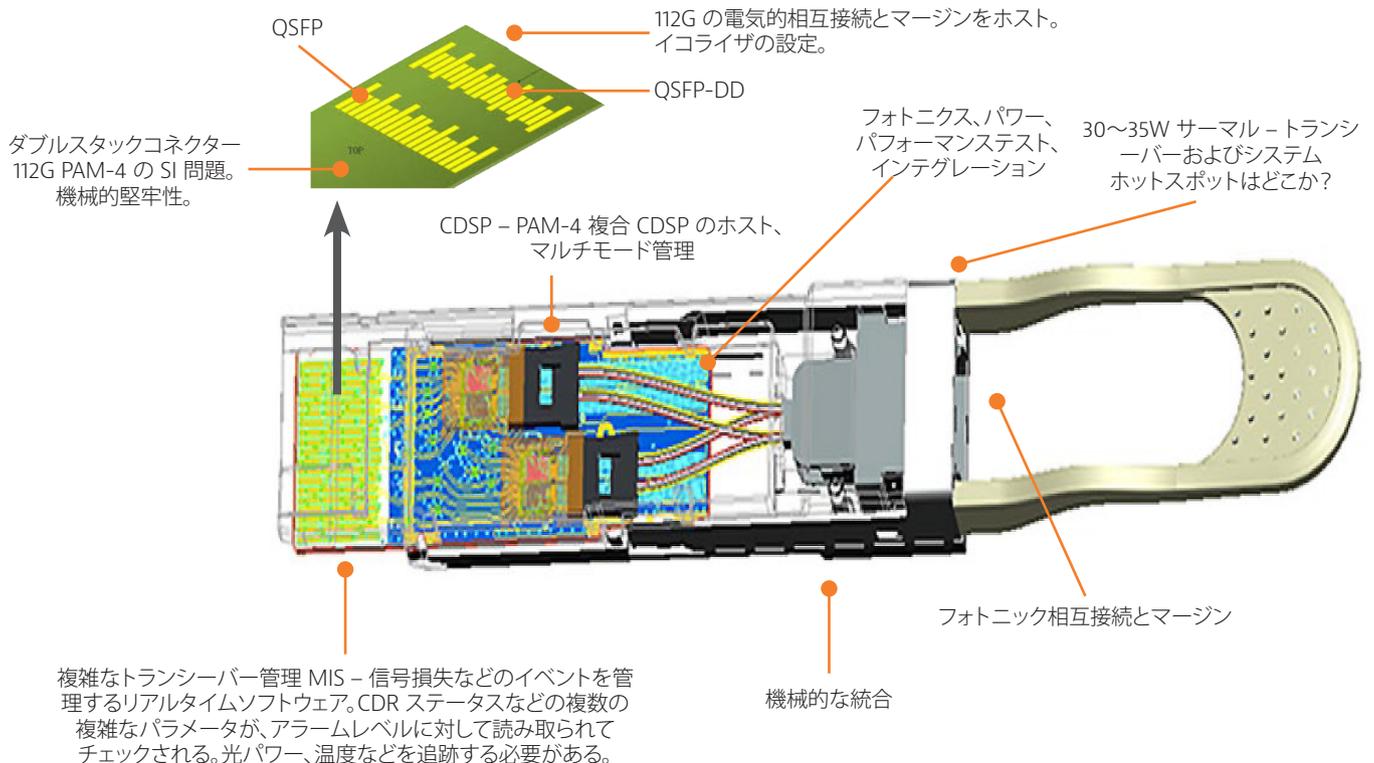
インターフェイス:

- DAC/AEC/ACC/AOC
- SR8
- DR/FR
- ZR/ZR+



8x112G SERDES は、8x100GbE から 800Gb イーサネット CMIS (および C-MIS) トランシーバーの管理および制御まで、幅広いサービスに対応可能。ホスト側の電力および冷却は最大 35W。

800G トランシーバーは、マルチドメインエンジニアリングの驚異です!



プラガブル光トランシーバーの評価と検証方法

テストが実世界の運用を反映するよう、4つの主要な分野を評価して、統合的に実施する必要があります。

ドメイン	特性	注
電氣的(データ、シグナルインテグリティ)	エラー性能とマージン、中断時の特性	焦点は、非フレーム化トラフィックとフレーム化トラフィックの両方に対するデータの完全性(BERとエラーマージン)。
光	光損失バジェット、報告された光パラメータの精度	コヒーレント/ZRタイプのトランシーバーでは、光学的要因がCDSPとファームウェアに直接影響するため、光ドメインは相当複雑になる。
管理(CMIS/C-CMIS)	精度、安定性、コンプライアンス	CMISには多くの機能があり、CMISを通じてホストとトランシーバーが緊密に連携する必要がある。
環境(機械、熱)	消費電力と熱力学	

電気ドメイン

電気ドメインは、主にホストとトランシーバーのインターフェイスに関係しますが、End-to-Endの性能評価のゲートウェイでもあります。当社はデータパターンとトラフィック解析にホストインターフェイスを使用します。テストは、良好な実験室環境と、周波数PPMやスキュー変動を含む可能性のある実際の動作環境の両方で行われる必要があります。

光ドメイン

光ドメインは、エラーレートやマージンなどの領域でリンク性能に大きく影響します。光テストは、大きく2つの目的で行われます。1つは監視機能(タイミングと精度)の検証で、もう1つは標準化されたPMDの規定限界を超えてトランシーバーが動作することを保証するためです。波長範囲は変わる場合がありますが、IMDD光トランシーバーとコヒーレント/ZR光トランシーバーには共通のテスト要件があります。必要なテストモジュールは下表のとおりです。

光テスト機器	ユースケース	VIAMIの例
シャッター付き可変アッテネータ	光リンクを調整して光信号レベルを変化させ、光信号レベルとBERの関係を評価。シャッターを作動させ、信号損失のタイミングとリカバリーを検証	mVOA-C1
光パワーメーター	トランシーバー送信の光パワーレベルの検証、およびCMIS経由での光パワー測定値の受信	mOPM-C1
光スペクトラムアナライザ	光トランシーバートランスミッターの波長精度と安定性の検証	mOSA-C1
安定化CW光源	トランシーバーのレーザーパワーレベルモニターの校正	mSRC-C1(IMDD) mTLG-C3(ZR)
光増幅器	レーザー受信信号が確実にハイパワー限度に到達できるようにする	mOFA-C1(IMDD) mEDFA-C1(ZR)
光検査マイクロスコープ	トランシーバーの光コネクタ品質の検査	FVAm

コヒーレント/ZR では、全く新しい課題が発生します。フォトニックレイヤーの効果は、ファームウェアの性能に直接影響します。OSNR、偏波変化の状態、波長などのパラメータは、DSP とファームウェアが行うことに大きく影響します。場合によっては、光パラメータの変更がファームウェアのエラーやクラッシュを引き起こすこともあります!この場合、追加の高度なトランシーバーを検討する必要があります。

光テスト機器	ユースケース	VIAMI の例
ブロードバンドノイズ源	OSNR の範囲を作成するためのノイズの注入	mBBS-C1
偏波コントローラー/スクランブラー(レート変更機能付き)	偏波の状態が速度と限度カバレッジでどのように変化するか の統計を変更	mPCX-C1
チューナブル波長/ バンドパスフィルター	PMD システム定義または ROADM ノードのテストの影響に 合わせて中心波長と帯域幅を変更	mTFX-C3



IMDD かフル ZR かに関わらず、光トランシーバーはすべて単一の 3U [MAP-300 プラットフォーム](#)に収納可能。

トランシーバー管理

光トランシーバーは、最新のファブリックとネットワークの性能ニーズを満たすために、ホストに緊密に統合される必要があります。トランシーバーとホストの緊密な結合は、CMIS または C-CMIS を使用した I²C の 2 線式インターフェイス上で実行されるトランシーバー管理によって実現されています。ホストが、通常のクライアント用と、特にコヒーレント/ZR タイプの両方のトランシーバーの動作をオーケストレーションするためには、このステートフルインターフェイスが必要です。CMIS は、標準的なトランシーバー管理のための、以下のようなレジスターと機能の定義されたセットが用意されています。

- 在庫データ
- トランシーバーとトラフィックの設定
- トランシーバー監視(アラーム/不具合、性能監視)
- 機能のアドバタイズ

環境

クライアントプラグブル光トランシーバーの消費電力は、100Gb イーサネットのクライアント QSFP28 インターフェイスの公称 3.5W から、800Gb ZR/ZR+ コヒーレントトランシーバーの約 30W へと急速に増大しています。安定した電力と適切な冷却がなければ、テストすることも評価することもできません。さらに、配備時の堅牢で安定した動作を保証するために、さまざまな電源条件（電圧マージン）でテストを行う必要もあります。

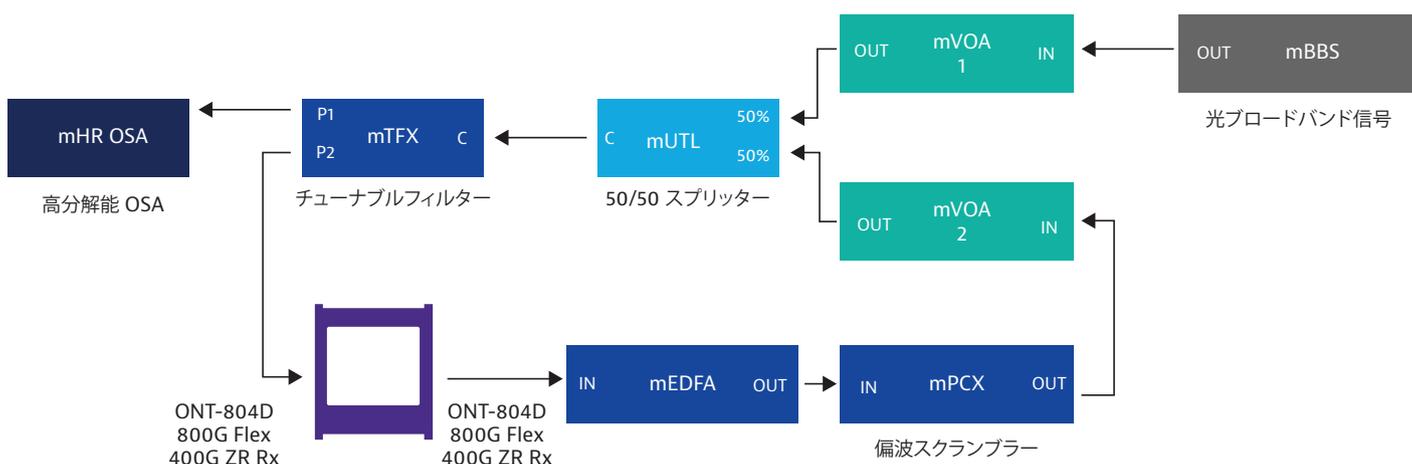
プラグブル光トランシーバーの代表的なテストセットアップ

VIAVI [ONT 800G FLEX XPM](#) は、クライアント（強度変調直接検出 - IMDD）とコヒーレント光トランシーバーの両方に最適なテストホストになります。このテストホストには、トラフィック生成と解析（IMDD 用の非フレーム化 PRBSQ、IMDD とコヒーレントの両方用のフレーム化トラフィック）、完全なトランシーバー管理アプリケーション、および最も要求の厳しい 800G コヒーレントトランシーバーのニーズを満たす安定した電力と冷却など、テストと検証に必要な主要な要素が統合されています。

光インターフェイスは、ファイバーパッチコードを介して VIAVI MAP-300 に接続することで、IMDD に対する単純な損失・減衰や、コヒーレントトランシーバーに対する OSNR 劣化など、任意の光インパリメントを加えることが可能です。

ここでは 800G の ZR コヒーレントトランシーバーを例に説明します。このテストおよび検証では、クライアント側の IMDD も対象になります。

コヒーレント/ZR 光トランシーバーの代表的なテストセットアップ



1829.900.0624

テスト

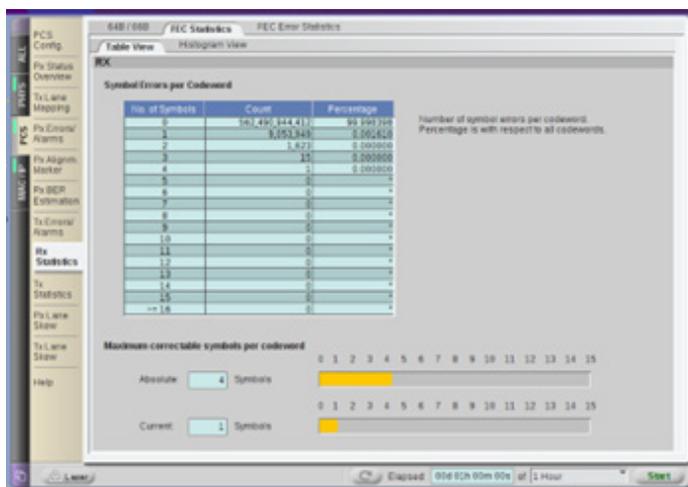
データの完全性

光トランシーバーの最も基本的な機能は、データ伝送を可能にすることです。これは、十分なマージンをもって、可能な限り低いエラー率で行われる必要があります。800G 光トランシーバーでは、PAM-4 信号を使用して 100G の電気レーンを使用します。光学的には、ラムダ PAM-4 あたり 100G か 200G、あるいはコヒーレント用の複合位相と偏波がある場合があります。伝送中にエラーが発生するため、イーサネットのようなプロトコルは、パケット層でエラーのない伝送を保証するために前方誤り訂正 (FEC) コーディングを利用しています。

従来、データの完全性は PRBS パターンを使用して行われ、受信機でエラーと相応に低いビットエラーレート (BER) を探していましたが、PAM-4 信号では「常にエラーがある」ため、このスクリーニング方法は以前ほど有用ではありません。BER 測定は、テストと開発においてまだ役割を果たすことができますが、フレーム化トラフィックの FEC テールを調べることは、400G、特に 800G トランシーバーでは、より適切な方法です。これにより、トランシーバーの性能と、基本的な BER テストでは見えにくいトランシーバーの潜在的な問題 (長いエラーバーストやビットスリップなど) が一目で明確に見えるようになります。

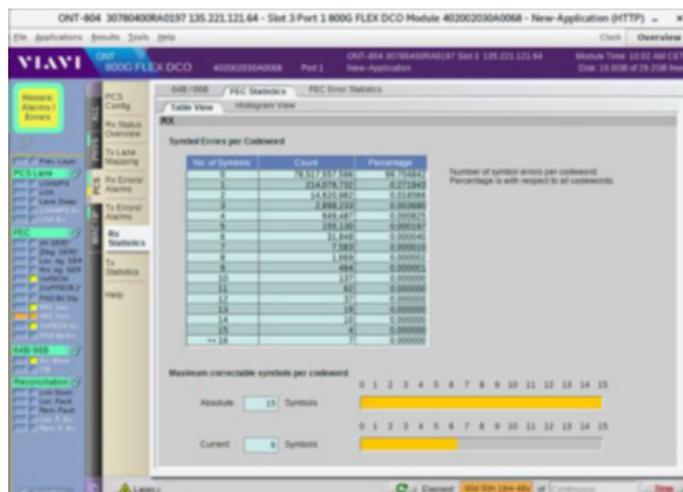
VIAVI ONT では、800GbE アプリケーションと RX FEC 概要を使用して、これを非常に簡単かつ迅速に実行できます。コードワード中のエラーシンボルの数が明確に表示されます。400GbE と 800GbE は、1 つのコードワードで最大 15 個のエラーシンボルを訂正および検出できるため、数分間のデータで、トランシーバーのデータパフォーマンスの概要を非常に明確かつ確実に把握することができます。正常に動作するトランシーバーは、以下のような FEC テールを示します。これにはいくつかの重要な特徴があります。

1. 最大エラー数中の十分なマージン。FEC は最大 15 個の誤りシンボルを検出して訂正することができるので、十分なマージンが必要です (1 時間後に最大 6 個か 7 個の誤りシンボル、または数分後に最大 5 個の誤りシンボル)。
2. 単調 - エラーシンボル数が増えるごとに桁が下がっていきます。以下の例では、シンボル数が増えるごとに急降下しています。9 個、10 個、あるいはそれ以上のエラーシンボルに及ぶ、ほぼ同じ大きさのカウントのロングテールが発生することはまずありません。これは異常なエラーバーストメカニズムを示すもので、CDR 性能の低下や、イコライザーの設定が正しくないか最適でないことが原因と考えられます。
3. メインテールとは別に孤立したシンボルカウントはありません。シンボルカウントの孤立した「ピーク」は、ノイズではなく、CDR スリップや長いエラーバーストなどの他のプロセスによる異常なエラーメカニズムを示しています。



FEC テール表示

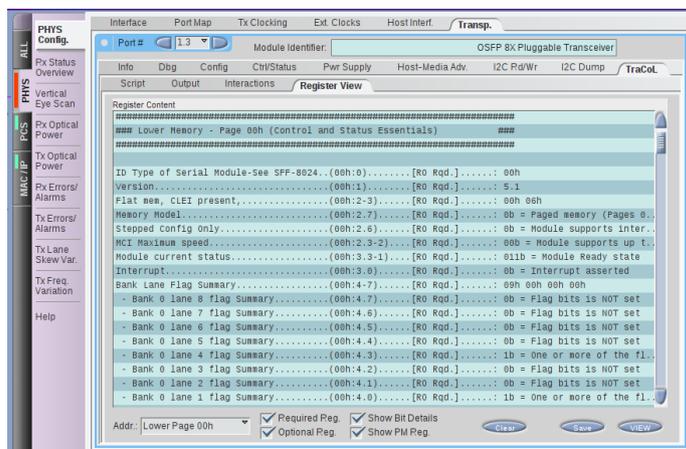
このテストは、異なる光パワーレベルまたは OSNR レベルで繰り返すことができ、VIAVI ONT はスキューや周波数変動などの追加ストレス要因も許容します。「ストレス」条件下でテストを繰り返すことは、「実世界」のユースケースアプリケーションで重要です。例えば、ダイナミックスキューにばらつきがある状態でテストを実行すると、長い FEC テールの原因となるトランシーバー CDR の問題がすぐに浮き彫りになります。



電氣的イコライザーの不適切な設定による長い FEC テールを持つデバイス

CMIS と C-MIS – 制御、トランシーバー管理、結果報告

データの完全性と並行して、VIAVI ONT はトランシーバー管理 (CMIS/C-CMIS) インターフェイスのパフォーマンスを検証することができます。最も基本的なレベルでは、トランシーバーはその種類とアプリケーション能力を正しくアダプタイズする必要があります。トランシーバーは、選択されたアプリケーションと希望のデータパス設定を正しく受け付け、確認する必要があります。



トランシーバーの検証およびデバッグにおいて、CMIS には可視性と明確性が求められます。
VIAVI は先進の CMIS ツールを ONT ファミリーに統合しています。

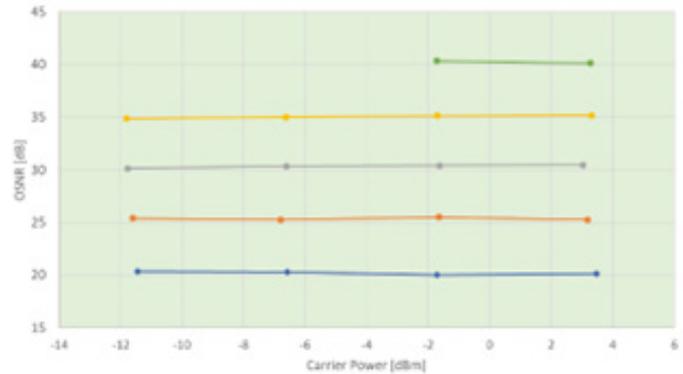
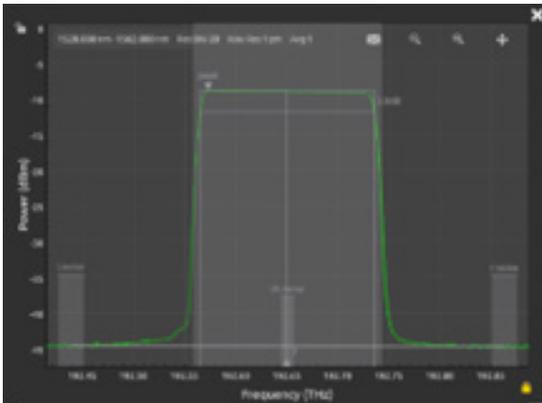
VIAVI ONT は、トランシーバーがサポートするアプリケーションを迅速に判断し、トランシーバーが希望するアプリケーションとデータパスモードを正しく受け付けたかどうかを検証できます。独自のトランスポンダー非互換 – トランスポンダーの非互換アラームは VIAVI ONT で使用され、トランシーバーのアプリケーションプログラミングに異常がある場合に素早く強調表示されます。

パワー

VIAVI ONT は、トランシーバーの消費電力を継続的にレポートすることができ、供給電圧を MSA が指定した範囲全体にわたって調整し、安定した動作を保証することができます。

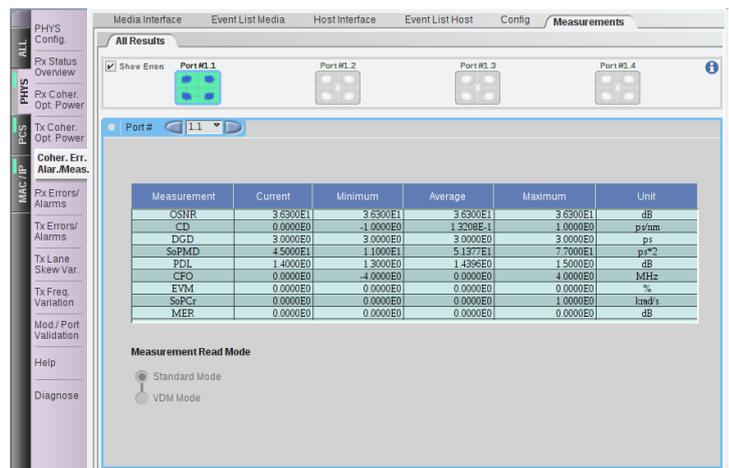
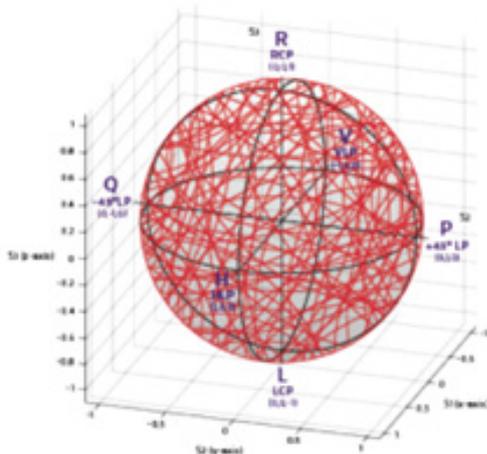
OSNR と偏波の変化

以下に示すように、MAP-300 の設定は 2 つの非常に重要なテストを可能にします。2 つの独立した高精度 VOA により、OSNR/キャリアパワーマトリックスを作成し、Rx のコンプライアンスをテストできます。OSNR やパワー変化の線形性は非常に重要であり、精密な波長独立 VOA が必要です。OSA はトランスミッターの初期 OSNR を測定するために使用されますが、変化は VOA によって直接制御できます。



OSNR は mOSA モジュールで測定され、パワーと OSNR マトリックスは VOA で制御されます。

さらに、mPCX モジュールを使用して、シングルモードファイバーの展開環境の変化を原因とする送信偏波に対する動的変化をエミュレートすることができます。このような変化を管理するトランシーバーの DSP 機能は、長期的にトランシーバーの性能を維持する上で非常に重要です。



偏光状態は、光および DSP+ ファームウェアドメインに影響を与える厳しいテストです。

まとめ

800G 光トランシーバーは現在、さまざまな光インターフェイスで利用できるようになり、幅広い用途が見つかっています。800G トランシーバーは、複雑な DSP ベースのロジック、PAM-4 による電気および光インターフェイス、そしてステートフルなモジュール管理機能を備えており、これらのすべてが電力と冷却の課題を抱える小型パッケージに統合されています。このような複雑な光トランシーバーのあらゆる側面を迅速に検証する能力は、製品とサービスの提供を加速するための鍵となります。

VIAVI ONT は、データの完全性、トランシーバー管理、パワー／冷却のすべての主要要件を統合し、VIAVI MAP ファミリーと組み合わせることで、トランシーバーテスト、検証、統合のための完全なシステムを提供します。

今すぐ ONT-800G と MAP-300 をご覧ください！

当社の光トランスポート製品またはソリューションで次の一步を踏み出す準備はできていますか？

以下のフォームの 1 つに記入して、さあ始めましょう。

- [ご自分の地域の製品エキスパートにご連絡ください](#)
- [デモを依頼する](#)



〒163-1107
東京都新宿区西新宿6-22-1
新宿スクエアタワー7F

電話: 03-5339-6886
FAX: 03-5339-6889
Email: support.japan@viavisolutions.com

© 2024 VIAVI Solutions Inc.
この文書に記載されている製品仕様および内容は
予告なく変更されることがあります
800gboptics-wp-snt-nse-ja
30194437 900 0624