

ホワイトペーパー

適切な光パルス試験器 (OTDR) の選択

本ホワイトペーパーは、OTDR に関する主要情報および光通信は初めてという方へのガイダンスを提供します。テストニーズに合った OTDR をお選びください。

OTDR とは?

OTDR は、光ネットワーク特性評価用の光ファイバーステータです。OTDR の目的は、光ファイバリンク上のあらゆるイベントを検出、特定、測定することです。OTDR はリンクの一方の側にもみ接続し、1次元レーダシステムのような働きをします。被測定ファイバーの OTDR からの距離とその損失をグラフ上にトレースし、光ファイバリンク全体の損失特性を表示します。

OTDR の測定項目

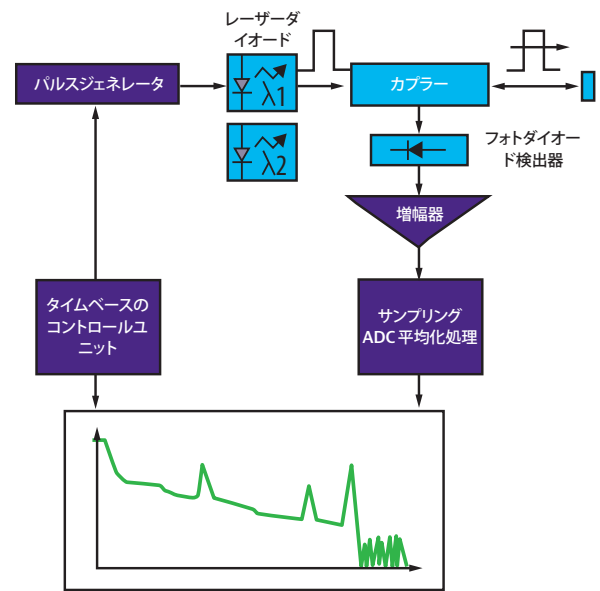
ファイバーの一端に光パルスを注入して後方散乱し反射された信号を分析することで、OTDR は以下を測定します:

光学的な距離

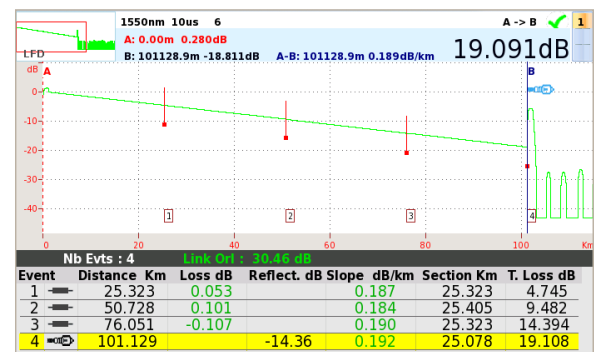
- 要素: スプライス、コネクタ、スプリッター、マルチプライヤ等
- 障害地点
- ファイバー終端

損失、光リターン損失 (ORL) / 反射率

- スプライスとコネクタの損失
- リンクまたはセクションの ORL
- コネクタの反射率
- ファイバーの総減衰量



OTDR ブロックダイアグラム



光ファイバリンクのグラフ表現 (別称 OTDR トレース)

OTDR が必要な理由

ネットワークが障害なしに信頼性が高く安定したサービスを提供するように最適化されていることを確認するには、ファイバーテストが必須です。

屋外施設

通信、ビデオ、データワイヤレスサービスプロバイダーおよびネットワーク通信事業者は、ファイバーネットワークへの投資を確実にするために OTDR を用いてテストを行います。屋外の光ファイバー線路では、OTDR でケーブルを検査し、設置が適切に行われていることを確認します。ケーブル敷設業者は損失テストセット（ソースとパワーメーター）と OTDR を使って、作業を証明する正確なケーブル資料を提供するよう求められます。その後、OTDR は掘り起こしによる断線などのトラブルシューティングに利用できます。

構内、LAN/WAN、データセンター、エンタープライズ

多くの請負業者やネットワーク所有者は、構内のケーブル敷設で OTDR テストを実施すべきか疑問に思っています。OTDR テストによって従来の損失テストをパワーメーターと光源で置き換えることが可能か知りたがっています。構内のファイバーネットワークの損失許容値は厳しく余裕がありません。敷設業者はトータル損失を、光源とパワーメーターでテストする必要があります（TIA-568C 規格が求める Tier 1 認定が必要）。OTDR テスト（Tier 2 認定）は過剰損失の原因を突き止め、スプライスとコネクタが適切な公差内であることを確認できるベストプラクティスです。これは、故障や断線の正確な位置を知るための唯一の手段でもあります。OTDR でファイバー線路をテストすると、結果を文書化できるため今後の検証に役立ちます。

主要 OTDR 仕様について

波長

一般的にファイバーは、伝送に使用される波長と同じ波長でテストされます。

- マルチモードファイバーの場合は 850nm か 1300nm、またはその両方
- シングルモードファイバーの場合は 1310nm、1550nm、1625nm のいずれか、または全波長
- シングルモードファイバーの活線でのトラブルシューティングは、フィルター付き 1625nm または 1650nm
- CWDM 伝送用シングルモードファイバーのコミッショニングやトラブルシューティングには CWDM 波長（1271nm～1611nm、チャンネル間隔 20nm）
- FTTH システムの場合は 1490nm 波長（オプション - テストは 1490nm で実施できますが、追加の検査を最小限にするため、一般には 1550nm でのテストを推奨）

シングル波長でのテストでは障害箇所のみ検出できます。敷設段階やトラブルシューティングでは、ファイバーの曲がりを検出できることからデュアル波長でのテストが推奨されます。

ダイナミックレンジ

ダイナミックレンジ特性は、OTDR がどれだけの距離まで測定できるかを決定する点で重要です。OTDR ベンダーが指定したダイナミックレンジは、最大のパルス幅で達成され、デシベル（dB）で表されます。よく使われる距離範囲または表示範囲のスペックは、誤解されることが多いですが、正しくは、OTDR が測定できる距離ではなく、表示できる最大距離を表しています。

波長	1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm
ダイナミックレンジ	35dB	35dB	40dB	40dB	45dB	45dB	50dB	50dB
標準的な OTDR の最大測定範囲	80 km	125 km	95 km	150 km	110 km	180 Wkm	125 km	220 km

実際の OTDR 測定範囲は、ネットワーク内のファイバー損失とイベント損失に依存します。

デッドゾーン

OTDR がファイバー線路上の近接する 2 つのイベントを検出、測定できるかどうかを判断するために、デッドゾーンは重要な特性です。デッドゾーンは、OTDR ベンダーにより最小パルス幅時に指定され、メートル単位で表されます。

- イベントデッドゾーン (EDZ) は、OTDR が 2 つの連続した反射イベント (2 対のコネクターなど) を区別できる最小距離です。
- 減衰デッドゾーン (ADZ) は、非反射イベント (スプライスなど) が測定できる反射イベント (1 対のコネクターなど) の後の最小距離です。

パルス幅

ダイナミックレンジとデッドゾーンは正比例の関係にあります。長いファイバーをテストする場合、より広いダイナミックレンジが必要であるため、より広いパルス幅の光源が必要です。ダイナミックレンジが広がるにつれてパルス幅が広がり、デッドゾーンも広がります (近接イベントは OTDR で検出されなくなります)。短距離の場合、短いパルス幅を使用してデッドゾーンを狭める必要があります。パルス幅はナノ秒 (ns) かマイクロ秒 (μ s) で指定します。

目的の用途を把握

異なるテストおよび測定ニーズに対応する多数の OTDR モデルがあります。OTDR の主な仕様と用途をしっかりと把握することが、自分のニーズに合った適切な選択をするのに役立ちます。以下は、適切な OTDR を選定するために明確にすべき項目です。

- どのような種類のネットワークをテストするのか? LAN、FTTH/PON、メトロ、長距離?
- どのようなタイプのファイバーをテストするのか? マルチモード、シングルモード?
- テストする最大距離はどのくらいか? 700m、25km、150km?
- どのような種類の測定を実施するのか? 建設 (受け入れテスト)、トラブルシューティング、インサービス?

用途別の推奨 OTDR

構内、LAN/WAN、データセンター、エンタープライズ

ファイバーのタイプ	マルチモード	シングルモード	シングルモードとマルチモード
波長	850/1300nm	1310/1550nm	850/1300/ 1310/1550nm
主な仕様	近接するイベントの位置および特性評価をするためのデッドゾーンが最も小さいタイプ		

FTTA、DAS、クラウド RAN

ファイバーのタイプ	マルチモード	シングルモード	シングルモードとマルチモード
波長	850/1300nm	1310/1550nm	850/1300/ 1310/1550nm
主な仕様	近接するイベントの位置および特性評価をするためのデッドゾーンが最も小さいタイプ		

ポイントツーポイントアクセス/バックホール

ファイバーのタイプ	シングルモード
波長	1310/1550nm
主な仕様	1550nm 時ダイナミックレンジ ≤ 35 dB 近接するイベントの位置および特性評価をするためのデッドゾーンが最も小さいタイプ

ポイントツーマルチポイントアクセス/FTTH/PON

テストのタイプ	敷設 - スプリッターの前後	1つまたはカスケードした複数スプリッターを使用した設置	活線でのトラブルシューティング
波長	1310/1550nm	1310/1550nm	フィルター付き 1625nm または 1650nm
主な仕様	1550nm 時ダイナミックレンジ ≤ 35 dB	1550nm 時ダイナミックレンジ ≥ 35 dB (1/32 タイプのスプリッター経由でのテスト)	ダイナミックレンジは無関係
		1550nm 時ダイナミックレンジ ≥ 40 dB (1/64 タイプのスプリッターを使用したファイバーのテスト)	
	近接するイベントの位置および特性評価をするためのデッドゾーンが最も小さいタイプ	PON/スプリッター測定用でデッドゾーンが最も小さいタイプ + 自動マルチパルス取得	近接するイベントを特定および特性評価をするためのデッドゾーンが最も小さいタイプ + 自動マルチパルス取得

CWDM & DWDM

テストのタイプ	敷設、波長のプロビジョニング、またはトラブルシューティング
CWDM 波長	チャンネル間隔 20nm 時 1271nm~1611nm
DWDM 波長	C 帯域調整 - C62~C12 (1527.99nm~1567.95nm)
主な仕様	MUX、光分岐挿入装置 (OADM)、DEMUX テスト用ダイナミックレンジ ≥ 35 dB 近接するイベントの位置および特性評価をするためのデッドゾーンが最も小さいタイプ 連続波光源によるエンドツーエンドの連続性を検証

メトロ/長距離/超長距離

ネットワークのタイプ	メトロ/中長距離	長距離	超長距離
波長	1310/1550/ 1625nm	1310/1550/ 1625nm	1550/1625nm
主な仕様	1550nm 時ダイナミックレンジ ≥ 40 dB	1550nm 時ダイナミックレンジ ≥ 45 dB	ダイナミックレンジ ≥ 50 dB 近接するイベントの位置および特性評価をするためのデッドゾーンが最も小さいタイプ

複数アプリケーション

ネットワークのタイプ	構内/アクセス	メトロ~長距離
波長	850/1300/1310/1550nm (1625nm はオプション)	1310/1550/1625nm (1625nm 波長に外部フィルターを追加することで OTDR を FTTH/PON ネットワークのトラブルシューティングに利用可能)
主な仕様	ダイナミックレンジ: マルチモードに不適切、シングルモードでは 1550nm 時 ≤ 35 dB 最も短いデッドゾーン テストニーズに従って進化するモジュール式プラットフォームで最大の柔軟性を提供	最大ダイナミックレンジ

FTTH/PON ネットワークをテストする際のその他の重要な OTDR 仕様

PON ネットワークの各セグメントを測定し、ONT (客先) から OLT (中央局) に沿ったすべての「イベント」を検出するには、従来の OTDR では、それぞれ異なるパラメータを使用した複数の手動テスト (取得) が必要です。

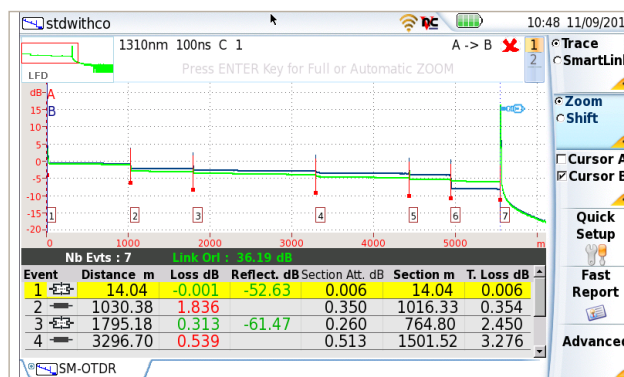
最新の PON OTDR では、テストパラメータを調整し、複数のパルス幅で複数回の取得を自動的に実行することにより、最適なテスト結果を達成し、PON スプリッターの前後のすべての「イベント」(曲がり、スプライス、コネクタ)を検出します。OTDR を選択して 1 つまたはカスケード PON 光スプリッターを使用してファイバーをテストする前に、OTDR にこのような機能を装備できるかどうかを確認することを強くお勧めします。

OTDR テスト結果

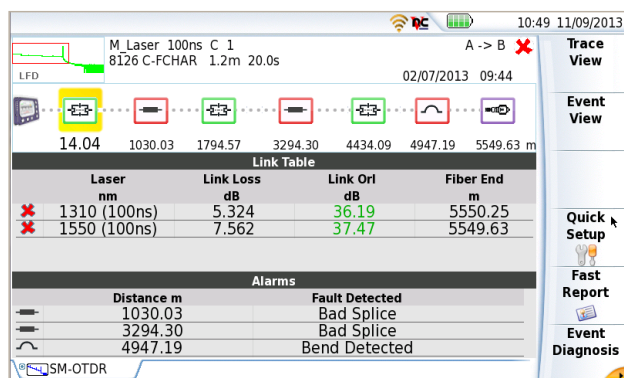
OTDR の操作は特に難しくはありませんが、正しく測定するにはファイバーテストのベストプラクティスに精通する必要があります。OTDR トレースはトレーニングを受けた経験豊かな技術者のみが分析して正しく解釈できます。未熟な技術者が OTDR を操作し、結果を正しく理解することは困難です。測定装置に統合されたインテリジェントソフトウェアアプリケーションは、技術者が OTDR をより効果的に使用するのに役立ちます。OTDR トレースを理解したり、解釈したりする必要はありません。テスト対象のファイバーリンクが図解表示され、各 OTDR イベントが自動認識されて、理解しやすいよう簡単なアイコンで表示されます。ただし必要に応じて、OTDR トレースビューとアイコンベースの OTDR 結果ビューの関連性を理解することは必要です。

OTDR を選択する際に考慮すべき要素には、以下があります：

- **サイズと重量** - 鉄塔に登ったり建物の中で作業する場合に重要です。
- **ディスプレイのサイズ** - ディスプレイは最低 5 インチ必要です。これより小さいディスプレイの OTDR は低価格ですが、OTDR トレースの分析が難しくなります。
- **バッテリー寿命** - OTDR は再度充電することなく現場で丸一日、最低でも 8 時間使用できる必要があります。
- **トレースまたは結果の保存** - 最低限必要な内部メモリーは 128MB で、オプションの外部 USB メモリースティックなど、外付けストレージがあれば便利です。
- **Bluetooth か WiFi ワイヤレステクノロジー、またはその両方** - ワイヤレス接続があれば、テスト結果を PC/ノート PC/タブレットに容易にエクスポートできます。
- **モジュール式でアップグレード可能** - プラットフォームがモジュール式でアップグレード可能であることで、テストニーズの進化に簡単に対応できます。購入時は高価ですが、長期的には経済的です。
- **後処理用ソフトウェアが利用可能** - テスト機器からファイバーのデータを編集したり資料を作成したりすることはできますが、後処理用ソフトウェアを使用してテスト結果を分析して資料を作成する方がより簡単で便利です。



OTDR トレースビュー



アイコンベースの OTDR 結果ビュー

OTDR ベストプラクティス

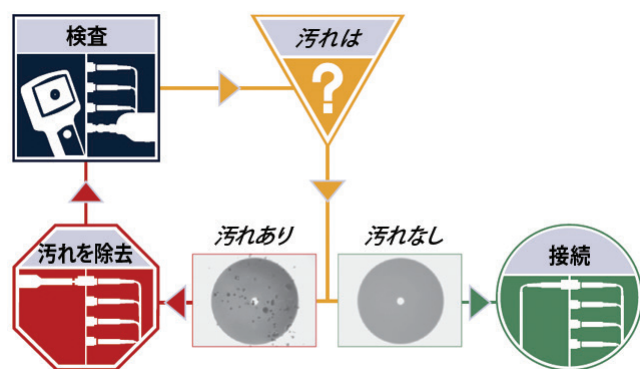
いくつかのベストプラクティスにより、信頼性の高い OTDR テストが確実にになります。

ダミーファイバーの利用

ダミーファイバーはある距離のファイバーを巻き付けたものであり、OTDRを使用して前端と遠端コネクタの適合性を評価するには、被測定ファイバー線路の両端に接続する必要があります。ダミーファイバーの長さは、テスト対象のリンクによって異なりますが、一般にはマルチモードテストでは 300m~500m、シングルモードテストでは 1000m~2000m です。非常に長距離の場合、4000m のケーブルを使用することがあります。また、パルス幅は TDR の減衰デッドゾーンに大きく依存し、パルス幅が大きいほど、ダミーファイバーは長くなります。ただし、OTDR でルチパルス機能を使用できる場合、ランチケーブルと受信ケーブルの長さを 20m まで短縮できます。ダミーファイバーはテスト対象のファイバーと同じタイプでなければなりません。

プロアクティブなコネクタ検査

1つの汚れたファイバー接続が信号性能全体に影響を及ぼすことがあります。各ファイバー接続をファイバー顕微鏡プローブでプロアクティブに検査することで、ネットワークのダウンタイムとトラブルシューティングを大幅に削減できます。常にこのシンプルな「Inspect Before You Connect™ (接続する前に検査する)」プロセスに従い、コネクタを嵌合する前にファイバーの端面が汚れていないことを確認してください。OTDR ポートあるいは起動/受信ケーブルのコネクタが汚れていると、OTDR 測定に影響を及ぼします。起動ケーブルを接続する前に点検して汚れを除去してください。



Inspect Before You Connect プロセス図

まとめ

最適化された光ファイバーネットワークインフラは信頼性が高く安定したサービスを顧客に提供します。顧客体験が肯定的であることで信頼度が高まり、投資の見返りを短期化して持続的な利益確保が可能になります。OTDR は光ファイバーインフラストラクチャの保守とトラブルシューティング用の主要フィールドテスターの 1 つです。OTDR を選ぶ前に、この機器の用途を検討し、OTDR の仕様をチェックして、必ず目的の用途に合った OTDR をお選びください。詳細は、[VIAVI OTDR テストページ](#)をご覧ください。

参考資料

1. VIAVI ソリューションズホワイトペーパー: Achieving IEC Standard Compliance for Fiber Optic Connector Quality through Automation of the Systematic Proactive End Face Inspection Process
2. VIAVI ブックレット: VIAVI Reference Guide to Fiber Optic Testing, Volume 1
3. VIAVI ポスター: Understanding Optical Time Domain Reflectometry