

OTN ネットワークの分割と高度な試験

MT1000A ネットワークマスタ プロ

MT1100A ネットワークマスタ フレックス

MU100010A 10G マルチレートモジュール

MU110010A 10G マルチレートモジュール

MU100011A 100G マルチレートモジュール

MU110011A 100G マルチレートモジュール

MU110013A 40/100G アドバンスドモジュール



背景

今日のトランスポートネットワークは、従来型のネットワーク(SDH/SONET/PDH/DSn)に加え、最新のネットワーク(10 GigE/1 GigE、MPLS-TP/PBB-TE)への対応が求められています。通信事業者のメトロネットワークやコアネットワークは進化を続けており、OTN(Optical Transport Network)は、これら従来型および最新のネットワークを効率的に伝送するネットワークとして、通信事業者に採用されています。OTNの開通と保守においては、回線が完全なパフォーマンスを発揮するために、適切にネットワークを分割し、より高度な試験を実行することが求められます。

OTN ネットワーク

図 1 は OTN を経由するエンドツーエンドネットワークを示し、いくつかの主要領域をハイライトしています。エンドユーザの接続はイーサネットおよび VLAN (Virtual Local Area Network) を通じて実現されることが多く、またこの接続は、OTN ネットワークに入った後、一般にはスタックド VLAN および MPLS (Multi Protocol Label Switching) を通じて、通信事業者のアクセスポイントに接続されます。

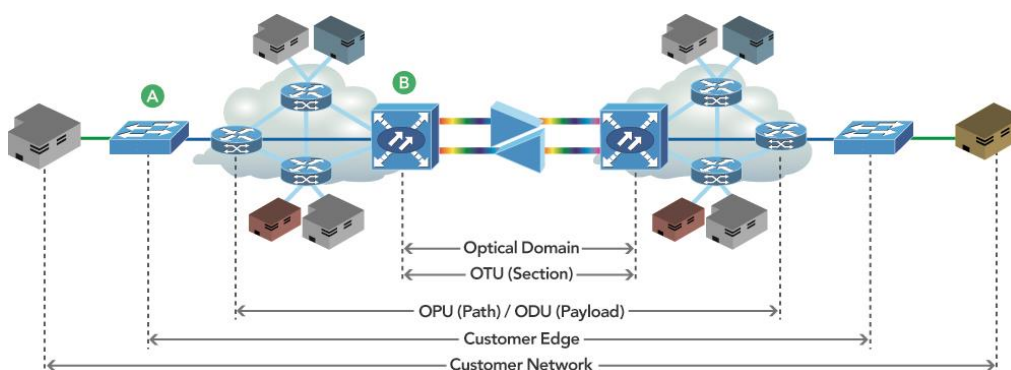


図 1. ネットワークダイアグラム

OTN レイヤの試験

OTN は、トランスポートレイヤであるため、OTN レイヤの試験においては、アラームとエラーについてすべての標準的な OTN レイヤを試験することが重要です。これは多くの場合、PRBS (Pseudo Random Binary Sequence) ペイロードを使用して行われます。これは一般に BERT (Bit Error Rate Test) と呼ばれています。

OTN BER (Bit Error Ratio) 試験についての詳細は、「[OTN 試験における課題と対策](#)」アプリケーションノートを参照してください。

ネットワークの分割

ネットワークを試験の観点から見ると、エンドツーエンドだけではなく、セクションからセクション、異なるセクション間やエンドポイント間の試験が可能となるように、ネットワークを分割することが重要です。ネットワークの分割をすることで、すばやく問題の切り分けや特定が可能となります。ネットワークを簡単に分割すると以下ようになります。

- コア～コア
- メトロ～メトロ
- エンドユーザ (Customer)～エンドユーザ (Customer)

また、上記の任意の組み合わせ、すなわち、コアとエンドユーザ、メトロとエンドユーザ、コアとメトロなどがあります。図 2 にこれら視点のダイアグラムを示します。

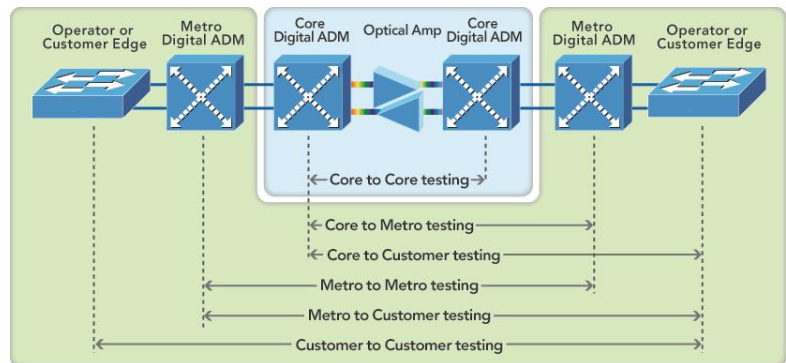


図 2. ネットワークの分割

エンドユーザ回線の試験

エンドツーエンドの回線試験は通信事業者が実施する最も一般的な試験であるだけでなく、多くの場合エンドユーザ回線開通時の要件でもあります。通常、この試験はエンドユーザが発生させるものと同じタイプのトラフィック (一般的にはイーサネット) を発生させて実施し、エンドユーザのエッジからエンドユーザのエッジの間で行います。ネットワークのこの領域をまたいで実施する試験で最も一般的なものは、RFC 2544 あるいは Y.1564 です。この 2 つの試験手順は異なる方法での動作となりますが、以下のようにまとめることができます。

RFC 2544

- 複数の試験を順に行い、ネットワークの最大スループット、レイテンシ、フレームロス、およびバースタビリティを確認します。RFC 2544 試験はシリアルに行うため、試験時間はかなり長くなります。

Y.1564

- 複数の試験をストリームごとにまとめて行う接続性試験と、次いで先に行ったストリームを 1 つの結合ストリームにまとめてより長時間行うパフォーマンス試験を実施します。これら試験は、ネットワークのスループット、レイテンシ、遅延のばらつき、フレームロス、およびバースタビリティなどを探ります。

ネットワークの分割と問題の特定

エンドユーザ回線をエンドツーエンドで試験ができない場合や、問題を見つけるためにトラブルシューティングが必要となる場合があります。営業時間外にエンドユーザの施設に物理的にアクセスできないといった、非技術的な要因が、試験上の最も大きな問題となります。この場合、通信事業者の施設内からネットワークをエンドツーエンドで試験する方法がとられません。この方法ではエンドユーザ向けの最終開通レポートは得られませんが、多くの場合トラブルシューティングと問題解決がより迅速に行えます。

多くの状況において、異なる場所でのネットワークへのアクセスが必要となります。例と解決策の案を以下に説明します。

高度な OTN 試験

あるエンドユーザのサイトが他のオフィスよりも大きな契約データ速度であった場合（たとえば、本社オフィスが 1 Gbps 接続で地方オフィスが 256 Kbps から 512 Kbps での接続である場合）、本社オフィスの接続から開通試験を実施することが難しい場合があります。しかし、各地方オフィスから本社オフィスへの試験は、Y.1564 によって各地方オフィスの複数のトラフィックストリームをエミュレーションすることにより、きわめて簡単に行うことができます。これにより、通信事業者は地方オフィスに契約スループットを提供可能なことが確認できます。本社オフィスに契約スループットを提供することが可能であるかどうかの確認は、通信事業者にとり今まで明確に行うことができませんでした。その理由は、主にエンドユーザ側の試験ではイーサネットインターフェースに接続が必要である一方、通信事業者側は OTN インターフェース上のイーサネットで行う必要があるためです。Y.1564 または RFC 2544 試験をネットワークの片方で設定し、もう一方で受信できること（たとえばエンドユーザエッジとコアエッジで）が重要です。したがって、エンドユーザ側からの試験（図 1 の A 点）はイーサネット上での Y.1564 試験を使用して実施し、一方通信事業者側の試験（図 1 の B 点）は、OTN 上のイーサネット上での Y.1564 試験を使用して実施します。テストは、可能性のあるすべてのネットワーク構成との接続をサポートしなければならないため、図 3 に示すように、マルチステージ OTN 上での試験をサポートすることも重要です。通信事業者のネットワークは 10 Gbps OTN 以上となる可能性が高く、エンドユーザの回線が通信事業者のネットワークに ODU0 (Optical channel Data Unit) レベル、またはダイレクトの 1 GigE 接続で入る可能性が高いことから、このタイプの試験は、通信事業者がその OTN ネットワークをエンドユーザに近づけるにしたがって、より多く求められることになると考えられます。信号を 10 Gbps (OTU2) から 1 GigE 信号にマッピングした例を図 3 に示します。このタイプの試験設定は、コアネットワークの通信事業者側での接続の際に必要となります。

上記の状況では、通信事業者がエンドユーザのエッジポイントに提供しているプロトコルによっては、ネットワークのエンドユーザ側の設定は、標準のイーサネットのように見えたり、あるいは VLAN、スタックド VLAN、MPLS、MPLS-TP (- Transport Profile) または、PBB-TE (Provider Backbone Bridges - Traffic Engineering) を要したりする可能性があります。そして、Y.1564 試験は必要なプロトコルスタックの上に置かれ、それをコアネットワークの両端に（すなわち通信事業者用の OTN トラポートレイヤとエンドユーザ用のイーサネットに）搬送します。このタイプの構成では、通信事業者はエンドユーザが契約しているスループットを本社オフィスの場所で確認できます。これは、試験がアクセスネットワーク、あるいはコアネットワークからであっても、またトラポートが異なるプロトコルレイヤ上であっても可能です。このタイプの試験を終えたのち、通信事業者は試験結果を提出して契約サービスが提供されていることを証明できます。

問題が発生した場合、エンドユーザトラフィックをエミュレーションして、ネットワークのトラブルシューティングができることも重要で、この時点では、通信事業者は多くの場合複数のトラフィックストリームを使用して試験を行います。ネットワークの通信事業者側で試験ができ、同時にエンドユーザのトラフィックレイヤに至るまで調べる能力を持つことは、エンジニアにきわめて多くの情報をもたらします。これは、エンジニアは OTN レイヤ上のエラーをイーサネット上、あるいは、エンドユーザのトラフィックレイヤ上のエラーと関連付けることができるため、ネットワークレイヤをまたがって観察し、どのエラーについても真の原因の確認ができるようになるためです。これは、単にエンジニアの試験作業を簡単にするだけでなく、エンドユーザにとってダウンタイムを短縮する上で重要なことです。テストは、ユーザがネットワークのどのレイヤについてもアラームやエラーの解析ができ、ネットワークのどのポイントにも接続することができ、トラポートレイヤプロトコル、OTN、MPLS-TP 等の観察、管理と、クライアントプロトコル、イーサネット、PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)、ファイバチャネルなどの観察、管理を同時に両方行えるようにする必要があります。例を図 5 と図 6 に示します。同じ 5 秒の時間間隔の中

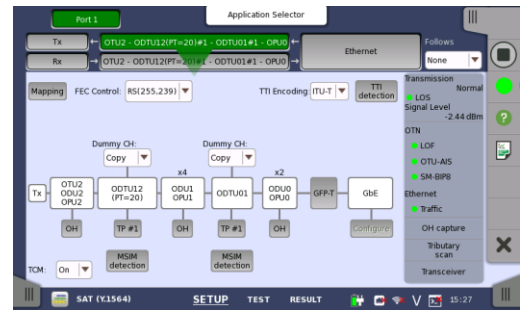


図 3. マルチステージの OTN マッピングパス

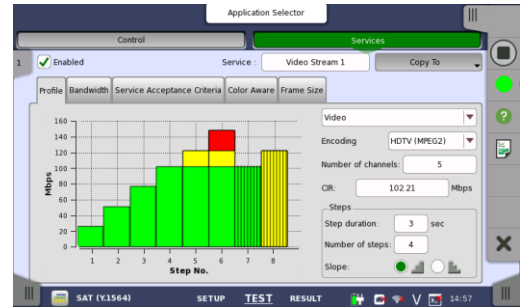


図 4. Y.1564 構成



図 5. OTN エラー/アラームの結果

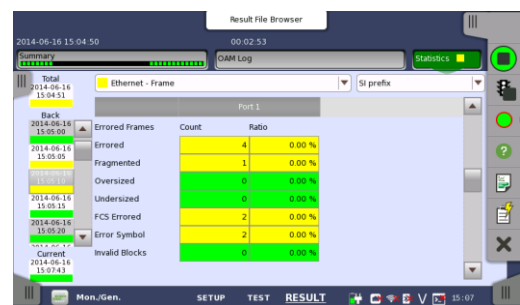


図 6. イーサネットフレームの結果

に、いくつかの SM-BIP-8 (Section Monitoring - Bit Interleaved Parity-8) エラーと 1 つの訂正不可能の FEC エラー (図 5) があります。これらのエラーは、イーサネットフレームエラーすべての根本原因です (図 6)。これを理解することにより、エンジニアは問題の原因となっている最下位のレイヤを理解するだけでなく、トラブルシューティングを開始すべき場所について、明確に把握できるようになります。

上記の試験の実施方法を理解することにより、ネットワークやエンドユーザの設定によって異なる状況に、対処が可能となります。いくつかの例としては、

- 本社オフィスのデータ接続が地方オフィスよりも高速なエンドユーザネットワークの開通またはトラブルシューティングを行う。
- 同一エンドユーザの他のオフィスでサービスを止めたり影響を与えたりしないで、新規のオフィスにサービスを開始する。
- 同一エンドユーザの他のオフィスでオーバーロードや悪影響を発生させずに、オフィスでのトラブルシューティングや再稼働を行う。
- あるエンドユーザのコアネットワーク内エンドツーエンドのトラブルシューティングをエンドユーザネットワークを止めずに並行して実施する。

この場合、通信事業者は ODU/OPU (Optical channel Payload Unit) ポイント (または、アクセスが可能であればエンドユーザエッジ) からの平行回線をエンドユーザと同一パスに沿って稼働させ、時間が経過してもコアネットワークに問題がないことを確認できます。簡単な BERT の実行に加えて、試験期間中にエンドユーザデータのエミュレーションを行うことは、下位の OTN レイヤをより詳細に確認できるだけでなく、エンドユーザに関連する問題が発生する可能性を明らかにできるため重要です。

レイヤをまたぐ他の重要な試験

ネットワーク機器が正しく反応していることを確認するために、OTN からクライアントへのトラフィックの生成と異なるレイヤでの、エラーの生成が重要となります。OTN オーバーヘッドの中で、GFP (Generic Framing Procedure) によりクライアント信号のロスが検出されると、図 7 に示すように CSF (Client Signal Fail) がレポートされ、次いで低位の ODU (Optical channel Data Unit) レベルの BDI (Backward Defect Indication) エラーとしてレポートが返されます。エラーを高いレベルのレイヤに挿入すると、OTN ネットワークエレメントがこれに正しく反応していることを確認することができ、クライアントトラフィックから CSF アラームや BDI アラームに至るまでの試験により、すべてのネットワークレイヤが正しく機能し、相互に反応していることが確認できます。



図 7. 高いレベルのレイヤが原因の CSF アラーム

まとめ

OTN は現代の通信事業者に大きな利益をもたらし、エンドユーザにとって OTN がより身近なものになるという動きが急速に進んでいます。こうした動向を踏まえ、通信事業者はネットワークの変化に伴う手法と機器の進化を検証し、これまでと同じサービス品質と問題解決にかかる時間を保証する必要があります。MT1000A/MT1100A を使用することで、OTN ネットワークの問題点を簡単に解析することができるため、試験現場での問題解決をスムーズに行うことができます。

MT1000A オーダリングインフォメーション

本体	
MT1000A	ネットワークマスタ プロ
モジュール	
MU100010A	10G マルチレートモジュール
MU100011A	100G マルチレートモジュール
オプション	
MU100010A-001	2.7G 以下 デュアルチャネル
MU100010A-051	OTN 10G シングルチャネル
MU100010A-052	OTN 10G デュアルチャネル
MU100011A-001	10G 以下 シングルチャネル
MU100011A-003	10G 以下 デュアルチャネル
MU100011A-053	OTN 40G シングルチャネル
MU100011A-055	OTN 100G シングルチャネル

MT1100A オーダリングインフォメーション

本体	
MT1100A	ネットワークマスタフレックス
モジュール	
MU110010A	10G マルチレートモジュール
MU110011A	100G マルチレートモジュール
MU110013A	40/100G アドバンスドモジュール
電源モジュール	
MU110001A	バッテリー/AC 電源モジュール
MU110002A	AC 大容量電源モジュール
オプション	
MU110010A-001	2.7G 以下 デュアルチャネル
MU110010A-051	OTN 10G シングルチャネル
MU110010A-052	OTN 10G デュアルチャネル
MU110011A-001	10G 以下 シングルチャネル
MU110011A-003	10G 以下 デュアルチャネル
MU110011A/13A-053	OTN 40G シングルチャネル
MU110011A/13A-054	OTN 40G デュアルチャネル
MU110011A/13A-055	OTN 100G シングルチャネル
MU110013A-056	OTN 100G デュアルチャネル

追加文献

OTN についてのアプリケーションノート

「[OTN 試験における課題と対策](#)」

OTN 上での BER 試験

参考

ITU-T G.709 (Interfaces for the optical transport network)

<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.709>

ITU-T G.7041 (Generic framing procedure)

<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.7041>

ITU-T Y.1564 (Ethernet Service Activation Test Methodology)

<http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1564/en>

IETF RFC 2544 (Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices)

<http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2544/>

略語リスト

略語	定義
ADM	Add/Drop Mux
BDI	Backward Defect Indication
BER	Bit Error Ratio
BERT	Bit Error Rate Test
BIP-8	Bit Interleaved Parity-8
CSF	Client Signal Fail
DSn	Digital Signal n
FEC	Forward Error Correction
FTFL	Fault Type Fault Location
GFP	Generic Framing Procedure
GigE	Gigabit Ethernet
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector
MPLS	MultiProtocol Label Switching
MPLS-TP	MultiProtocol Label Switching – Transport Profile

略語	定義
ODU	Optical channel Data Unit
OPU	Optical channel Payload Unit
OTN	Optical Transport Network
OTU	Optical Transport Network
PBB-TE	Provider Backbone Bridges – Traffic Engineering
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PRBS	Pseudo Random Binary Sequence
RFC	Request For Comment
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SM	Section Monitoring
SONET	Synchronous Optical NETwork
TCM	Tandem Connection Monitoring
VLAN	Virtual Local Area Network

アンリツ株式会社

<http://www.anritsu.com>

本社 〒243-8555 神奈川県厚木市恩名5-1-1 TEL 046-223-1111
厚木 〒243-0016 神奈川県厚木市田村町8-5
計測器営業本部 TEL 046-296-1202 FAX 046-296-1239
計測器営業本部 営業推進部 TEL 046-296-1208 FAX 046-296-1248
仙台 〒980-6015 宮城県仙台市青葉区中央4-6-1 住友生命仙台中央ビル
計測器営業本部 TEL 022-266-6134 FAX 022-266-1529
名古屋 〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南2-14-19 住友生命名古屋ビル
計測器営業本部 TEL 052-582-7283 FAX 052-569-1485
大阪 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1-23-101 大同生命江坂ビル
計測器営業本部 TEL 06-6338-2800 FAX 06-6338-8118
福岡 〒812-0004 福岡県福岡市博多区榎田1-8-28 ツインスクエア
計測器営業本部 TEL 092-471-7656 FAX 092-471-7699

ご使用の前に取扱説明書をよくお読みのうえ、正しくお使いください。

1602

■カタログのご請求、価格・納期のお問い合わせは、下記または営業担当までお問い合わせください。
計測器営業本部 営業推進部

☎ TEL: 0120-133-099 (046-296-1208) FAX : 046-296-1248
受付時間 / 9 : 00 ~ 12 : 00、13 : 00 ~ 17 : 00、月 ~ 金曜日 (当社休業日を除く)
E-mail : SJPost@zy.anritsu.co.jp

■計測器の使用法、その他については、下記までお問い合わせください。
計測サポートセンター

☎ TEL: 0120-827-221 (046-296-6640)
受付時間 / 9 : 00 ~ 12 : 00、13 : 00 ~ 17 : 00、月 ~ 金曜日 (当社休業日を除く)
E-mail : MDVPOST@anritsu.com

■本製品を国外に持ち出すときは、外国為替および外国貿易法の規定により、日本政府の輸出許可または役務取引許可が必要となる場合があります。
また、米国の輸出管理規則により、日本からの再輸出には米国商務省の許可が必要となる場合がありますので、必ず弊社の営業担当までご連絡ください。