

40 Gbit/s 次世代光 IP トラnsポートアナライザ NX4000

NX4000 40-Gbit/s Next-generation Optical IP Transport Analyzer

柳澤 幸樹^{*1} 大 利 賢 治^{*1}
YANAGISAWA Yoshiki DAIRI Kenji

小 俣 浩^{*1} 佐 藤 弘 之^{*2}
OMATA Hiroshi SATOU Hiroyuki

NGN(Next Generation Network)構築の基盤となる次世代光トラnsポートネットワークにおいて、40 Gbit/sクラスの超高速・大容量波長分割多重伝送(DWDM)システムの商用展開が始まろうとしている。40 G WDM伝送では、長距離伝送の実現、急増するパケットデータへの対応、伝送効率向上と経済性のため、様々なテクノロジーが開発され多様化するサービスへの適合性実験が行われている。次世代光トラnsポートシステムの評価において、SONET/SDH 測定器による基本的な試験に加えて、光位相変調方式や Ethernet の新カプセル方式、拡張 FEC への対応など、新たな OTN(Optical Transport Network)試験ニーズに対応した 40 Gbit/s 次世代光 IP トラnsポートアナライザを開発した。

With the advent of the next-generation optical transport network that provides the foundation for building up a Next Generation Network (NGN), a 40-Gbit/s class ultra-high-speed and large-capacity DWDM system is entering into the phase of commercial development. In order to realize 40-Gbit/s WDM long-distance transmission, to respond to a growing number of data packets, and to improve transmission efficiency and economic efficiency, various technologies are being developed and compatibility testing for diversifying services is underway. In order to help evaluate next-generation optical transport systems, we have developed 40-Gbit/s Next-generation Optical IP Transport Analyzer, which responds to the new Optical Transport Network (OTN) testing needs, such as optical phase modulation, 10-Gbit/s Ethernet direct mapping, and extended FEC, in addition to basic SONET/SDH testing.

1. はじめに

NGN(Next Generation Network:次世代ネットワーク)構築の動きが世界的に活発化している。NGNには多くの期待が寄せられているが、品質保証されたHDTV並みの高品質映像コミュニケーション、高速・高信頼で経済的な企業向けデータサービスなどの高付加価値サービス提供を目指したトライアルが始まっている。

これらを支える通信事業者の次世代光トラnsポートネットワークには、映像などのNGNサービス普及により予想されるトラフィック急増にも十分対応できる伝送システムの超高速化や大容量化、パケットベースのトラフィックを柔軟で効率よく経済的に伝送できることが求められている。近年の伝送技術の革新と切迫するトラフィック需要から 40 Gbit/s 光伝送システムの商用展開

ニーズが高まり、2008年からの数年間で40 Gbit/s伝送が普及拡大してゆくと予想されている。

今回これらのニーズに応えるべく、40 Gbit/sトラnsポートアナライザを開発した。本器の概観を、図1に示す。

2. 40 Gbit/s 次世代伝送方式の技術動向

40 Gbit/s長距離伝送を経済的に実現するため、様々なキーテクノロジーが開発されている。

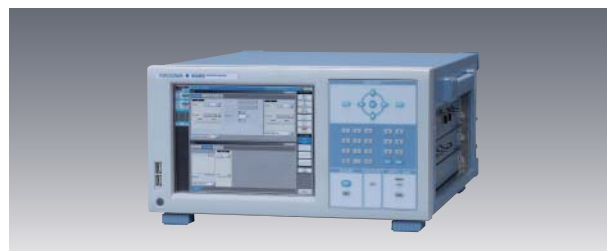


図1 NX4000 トラnsポートアナライザ

*1 通信・測定器事業部 光通信計測開発センター

*2 通信・測定器事業部 グローバルマーケティングセンター

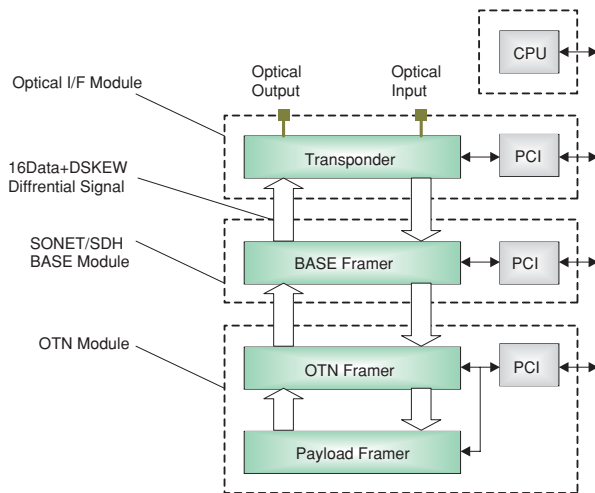


図2 システムブロック図

40 G WDM 伝送では、分散(波長、偏波)、非線形光学効果の影響により信号品質が劣化するため、光位相変調方式が用いられる。主な光位相変調方式として、ODB (Optical Duo Binary), DPSK (Differential Phase Shift Keying), DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying) などがある。また、WDM 信号の波長毎に光パス設定や監視、切り替えを可能とする OTN (Optical Transport Network) フレーム上では様々なクライアント信号を同期 / 非同期多重伝送できるが、10 GbE (Giga bit Ethernet) のクライアント信号の全ビットをペイロードへ直接収容して透過的に伝送する Ethernet-over-OTN など、先進の伝送方式も一部で採用され始めている。また、誤り訂正能力の高性能化のため、拡張 FEC (Forward Error Correction) も各種採用されている。

40 Gbit/s 光トランスポートシステムの評価では、SONET/SDH 測定器による基本的な試験に加えて、光位相変調方式や Ethernet の新カプセル方式、拡張 FEC への対応など試験ニーズが多様化している。NGN 時代の光トランスポート測定器には、これら新しい試験ニーズへの対応が求められている。

3. システム

トランスポートアナライザでは、主に保守・製造向けのローコストな 40 Gbit/s SONET/SDH 試験から研究・開発向けの先進の Ethernet-over-OTN 試験に対応している。そのために、お客様の目的に合わせた最適なシステムを提供できるよう、拡張性のあるシステムとした。拡張性のポイントを、以下に示す。

- (1) 各々の変調フォーマットに対応した光 I/F を、お客様が容易に交換できること。
- (2) SONET/SDH 試験を最小構成で実現し、お客様に低コストで提供すること。

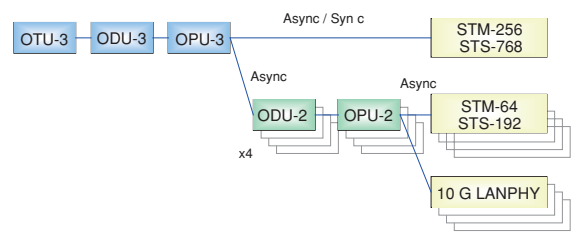


図3 OTN の Mapping 構造

- (3) Ethernet-over-OTN, 拡張 FEC など、将来を見越した機能を搭載可能なこと。

拡張性の実現手段として、それぞれの機能毎にモジュール化し、必要なモジュールを組み込むことにより一つのシステムを構成している。例えば、40 Gbit/s SONET/SDH 試験では、光 I/F (NRZ) モジュールと SONET/SDH BASE モジュールの2種類のモジュールで構成する。更に OTN 試験では、光 I/F (NRZ) モジュールと SONET/SDH BASE モジュールに OTN モジュールを追加することで、試験機能を実現した。

3.1 モジュール間インタフェース

機能分割のため各モジュール間は、40 Gbit/s (送受信で 80 Gbit/s の伝送容量) でバックボードを経由して伝送する。インタフェースは SFI-5 (Serdes Framer Interface Level 5) と同様に、2.5 Gbit/s データ 16 本とデスクュー信号により実現している (図2)。しかしながら、バックボードを経由すると伝送路長が長いため、波形品質の劣化に対し考慮が必要である。基板上での伝送損失は低誘電率基板材料を用いストリップ線路を構成し、基板間接続部ではインピーダンスコントロールされた高速差動コネクタを採用し、波形品質の劣化を抑えるようにした。

3.2 光 I/F モジュール

40 G WDM システムでは、伝送距離や使用ファイバの特性とトランスポンダの実現コストから、システムに適した ODB, DPSK, DQPSK などの光変調フォーマットが用いられており、測定器も同様の光変調フォーマットに対応する必要がある。光 I/F モジュールに搭載するトランスポンダは互換性をできるだけ保てるよう、OIF (Optical Internetworking Forum) SFI-5 に準拠した 300PIN 40 Gb Transponder を採用した。光変調フォーマットは、NRZ, DQPSK の2種に対応しているが、ODB, DPSK にも対応する予定である。

光 I/F (NRZ) モジュールは、VSR2000-3RS (ITU-T G.693) に対応している。

光 I/F (DQPSK) モジュールは、ROADM の試験にも対応できるよう、C バンドあるいは L バンドのフルバンドの波長可変機能を有している。

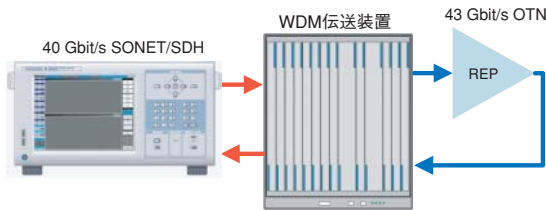


図4 ループバック試験

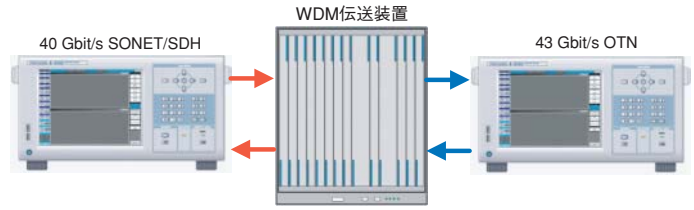


図5 WDM 伝送試験

3.3 SONET/SDH BASE モジュール

SONET/SDH BASE モジュールは、基本フレーム (SONET/SDH, OTN) として機能する。FPGA を送信 / 受信それぞれ1個使用しており、SONET/SDH フレームでは、本モジュールのみで処理することができる。

OTN フレームに対応するためには次に説明する OTN モジュールが必要だが、SONET/SDH 機能を独立させることで、SONET/SDH アナライザとしてのコストを最適化している。

3.4 OTN モジュール

OTN モジュールを SONET/SDH BASE モジュールの隣のスロットに追加することで、OTN フレームにも対応している。OTN フレームの一つの特長として、光位相変調用のプリコード機能を内蔵し、光 I/F モジュールに光位相変調用のプリコード回路が搭載されない場合でも対応が可能である。Payload Framer では、OPU-3 に STS-768/STM-256 をマッピングするだけでなく、ODTU-23 多重にも対応している (図3)。4つの OPU2 Payload に STS-192/STM-64 をマッピングし、それぞれ独立した送受信部にて、パターン発生および測定が可能である。さらに、10 G LANPHY にも対応しており、MAC フレームによるビットエラー測定や遅延時間測定が可能である。

4. アプリケーション例

トラnsポートアナライザはシステムの評価からデバイス (トランスポンダ) の評価まで、40 Gbit/s ネットワークにおける様々なアプリケーションで使用される。

伝送装置、システムの評価では、SONET/SDH または OTN のエラー、アラーム試験や Payload BER 試験、遅延時間測定を行う。デバイス (トランスポンダ) の評価では、ノンフレーム信号での BER 試験、SONET/SDH あるいは OTN フレーム信号での BER 試験や CDR (Clock Data Recovery) の 0 連耐力評価が主に行われる。以下では、これら測定対象毎のアプリケーション例を示すと共に、特長な試験機能を紹介する。

4.1 伝送システム ループバック試験

40 Gbit/s SONET/SDH 試験機能を、以下に示す。

- ・ OH のアラーム / エラー評価
各種アラーム発生とエラー付加、測定が可能。アラーム発生では発生フレーム数と繰り返し周期を設定することが可能で、アラーム検出条件の評価に有効である。
- ・ ペイロードの BER 評価
ペイロードに PRBS パターンを挿入し、実回線に近いランダムなパターンでの BER 測定が可能。
- ・ 受信周波数耐力評価
送信レートのオフセット可変機能で、装置の受信周波数耐力を評価する。
- ・ APS 機能評価
K1/K2 バイトのデータに対してシークンシャルなパターンをプログラミング可能で、APS 切り替え動作の評価や切り替え時間の測定が可能。
- ・ SONET/SDH フレームのスルー試験
対向する装置間にトラnsポートアナライザを挿入し、アラーム / エラーの挿入および OH やペイロードの一部をモニタすることができる。
- ・ 遅延時間評価
ペイロードにタイムスタンプデータを埋め込んで送信し、受信した信号からタイムスタンプを読み取ることで、送信してから受信するまでの遅延時間を測定することが可能。
伝送装置のラインサイドを折り返し (ループバック)、クライアントサイドから伝送装置を評価する場合の試験例を、図4に示す。

4.2 WDM 伝送装置試験

WDM 伝送装置のラインサイドとクライアントサイドにトラnsポートアナライザを配置し、対抗で評価する場合の試験例を、図5に示す。

光 I/F が NRZ の場合に限られるが、トラnsポートアナライザは送受信部を独立に設定できるので、送信部を OTN、受信部を SONET/SDH に設定し、OTN ライン信号と SONET/SDH クライアント信号の多重試験も可能である。

OTN 試験機能を、以下に示す。

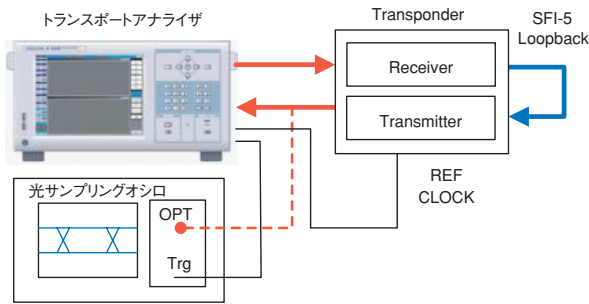


図6 トランスポンダ試験

(1) OTN フレーム

- ・ アラーム / エラー評価
- ・ 受信周波数耐力評価
- ・ FEC 評価

FEC データへのエラー付加により、受信側の FEC 誤り訂正能力の評価が可能。

- ・ SONET/SDH クライアント信号

4.3 トランスポンダ (NRZ) 試験

トランスポンダの評価ではBERT (Bit Error Rate Tester)を用いるのが一般的であるが、高価であり、光性能の評価であればトランスポートアナライザを用いた方がコストメリットが高い。また、伝送装置向けのトランスポンダではSONET/SDHフレームでのBER試験の要求もあり、トランスポンダ向けの試験機能をトランスポートアナライザで実現した。トランスポンダの試験例を、図6に示す。

(1) 試験項目

① BER 評価

- ・ Non フレームでの BER 評価
パターン：PRBS31 から PRBS7 に対応
SFI5上での周期性を考慮したBER評価に有効と考える。
- ・ SONET/SDH フレームまたは OTN フレームでの BER 評価

② 0 連耐力評価

SONET/SDH フレームのペイロード先頭に0連/1連信号を挿入するCID (Consecutive Identical Digits) パターンを発生し、受信部での0連続受信耐力を測定する。

また、アイパターンマスク試験に用いる光サンプリングオシロスコープのトリガ信号として使用する分周クロック出力や、トランスポンダに供給するリファレンスクロックを装備している。

4.4 トランスポンダ (DQPSK) 試験

標準のNRZ光I/FモジュールをDQPSK光I/Fモジュールに交換することにより、DQPSKインタフェースの試験

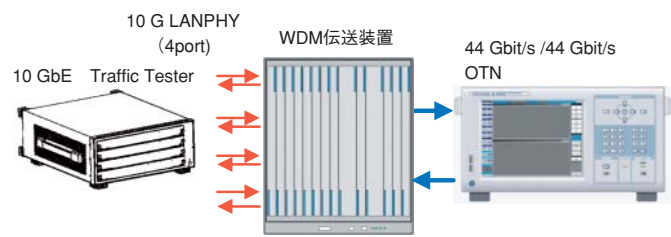


図7 Ethernet-over-OTN 試験

を行うことができる。長距離伝送を目的としたトランスポンダではFEC機能を併用し、分散耐力などの伝送性能を評価する必要がある。試験項目としては、OTN フレームでのBER評価、およびFECのON/OFFでの誤り訂正能力の評価が有効である。FECは、ITU-T G.709に規定されたRS(255, 239)および非標準の拡張FECにも対応している。

4.5 WDM 伝送装置試験 (Ethernet-over-OTN)

10 G LANPHY 4チャンネルを多重する伝送装置の多重試験例を、図7に示す。

(1) 試験項目

① OTN フレーム試験

- ・ アラーム / エラー評価
- ・ FEC 評価

② 10 G LANPHY クライアント信号評価

- ・ 4 CH 個別に試験パターンを設定
- ・ 4 CH 独立でのBitrate オフセット可変
- ・ トラフィック負荷試験
- ・ 4 CH 同時 Packet BER 試験
- ・ 遅延時間測定

5. おわりに

40 Gbit/s 次世代トランスポートネットワーク試験のニーズは、SDH試験から多種の伝送フォーマット、誤り訂正技術を用いたOTN試験まで多様化しており、お客様のニーズに合った最適な測定ソリューションを提供していきます。

参考文献

- (1) "OIF-SFI5-01.0", OPTICAL INTERNETWORKING FORUM (<http://www.oiforum.com/>)
- (2) "REFERENCE DOCUMENT FOR 300 PIN 40Gb TRANSPONDER", 300PIN MSA (<http://300pinmsa.org/>)
- (3) ITU-T G.693(01/2005)
- (4) ITU-T G.709/Y.1331(03/2003)

* 'Ethernet' は、富士ゼロックス(株)の登録商標です。