

# 40 Gbps トランスポートアナライザ NX4000 の測定アプリケーション

## Application of NX4000 40-Gbps Transport Analyzer

大 利 賢 治\*<sup>1</sup>      志 田 秀 夫\*<sup>1</sup>  
DAIRI Kenji              SHIDA Hideo

堤 成 一\*<sup>1</sup>      高 橋 賢 司\*<sup>1</sup>  
TSUTSUMI Seiichi      TAKAHASHI Kenji

NGN (Next Generation Network : 次世代ネットワーク) の通信需要を支える 40 Gbps トランスポートネットワークの商用展開が始まった。40 Gbps ネットワークおよび伝送装置の測定ニーズも増大しており、当社は 40 Gbps SDH (Synchronous Digital Hierarchy) / SONET (Synchronous Optical Network) / OTN (Optical Transport Network) に対応した、ネットワークや伝送装置の伝送品質や特性を正確に、かつ効率よく測定するための NX4000 トランスポートアナライザを開発した。本稿では、NX4000 について、豊富な測定アプリケーションを中心に紹介する。

The 40-Gbps transport networks that will meet the communication demand of Next Generation Networks (NGN) are starting to be deployed commercially. To meet the increasing measurement needs of the 40-Gbps networks and transmission equipment, we have developed the NX4000 Transport Analyzer. This can accurately and efficiently measure the transmission quality, characteristics of the networks and transmission equipment corresponding to 40-Gbps Synchronous Digital Hierarchy (SDH), Synchronous Optical Network (SONET), and Optical Transport Network (OTN). This paper describes the various measurement applications of the NX4000 Transport Analyzer.

### 1. はじめに

昨今、NGN (Next Generation Network : 次世代ネットワーク) という言葉は通信業界だけではなく、誰もが聞きする言葉になってきている。多くの家庭では、FTTH (Fiber To The Home) や xDSL (ADSL/HDSL/SDSL/VDSL など、電話線を利用して高速デジタル通信を行う技術の総称; DSL: Digital Subscriber Line) などのブロードバンド通信でインターネットと接続し、高画質な映像をリアルタイムで楽しむことができる。携帯電話は電話と電子メールの機能に留まらず、インターネットの PC サイトをブラウジングできることが当たり前になっている。このようなサービスの発展に伴い、通信トラフィックは飛躍的に増加している。

一方で、通信需要を支えるネットワークも発展している。1988 年に SDH (Synchronous Digital Hierarchy) が ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication standardization) G.707<sup>(1)</sup> で制定されてから

20 年が経過する。SDH はその基となった SONET (Synchronous Optical Network) と互換性があり、SDH/SONET は光伝送ネットワークとして世界中に広まっている。156 Mbps を基本フレームとした SDH は高速化が進み、現在の最高レートは 256 倍の 40 Gbps に達した。長距離伝送においても通信品質を確保するため、エラー訂正機能の付いた OTN (Optical Transport Network) が ITU 規格として誕生した。

NGN の実現に向け、装置ベンダや通信事業者は更なるネットワークの高品質化と大容量化に取り組んでいる。

当社でも、NGN 構築に貢献すべく、40 Gbps SDH/SONET/OTN フレームに対応したネットワークや伝送装

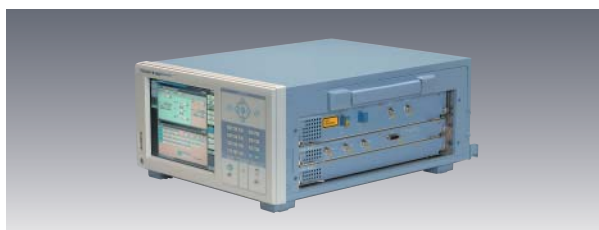


図 1 NX4000 トランスポートアナライザの外観

\*1 通信測定器事業部 光通信計測開発部開発統括. 開発5Gr.

表 1 光インタフェースモジュールのラインナップ

製品型名	光変調方式
NX4120	NRZ
NX4121	DQPSK
NX4122*	DPSK
NX4123*	ODB

\*開発中

置の伝送品質や特性を正確にかつ効率よく測定するためのNX4000トランスポートアナライザを開発した。横河技報, Vol.51, No.4<sup>(2)</sup>では, NX4000の基本的な機能について説明した。本稿では, NX4000の豊富な測定アプリケーションを中心に説明する。

## 2. NX4000 の基本機能

図 1 に, NX4000 の外観を示す。

NX4000は送信部と受信部から構成されており, 送信部から出力した信号を伝送装置など被測定物に入力し, 被測定物から出力された信号を受信部で測定する。送信部から出力する信号には, 試験をするためのエラーを加えたり, アラームを発生させたりすることができる。

尚, NX4000では, お客様の目的に合わせて柔軟にシステムを構築できるよう, SFI-5(Serdes Framer Interface Level 5)<sup>(3)</sup>と同等な信号をモジュール間インタフェースとして採用している。

### 2.1 各種光変調方式への対応

40 Gbps 帯の伝送では NRZ (Non Return to Zero) 変調では伝送距離に限界があるため, 長距離伝送には DPSK (Differential Phase Shift Keying), DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying), ODB (Optical Duo Binary) などの変調方式が用いられる。

NX4000はユーザーが容易に光インタフェースモジュールを交換できる構造になっており, 上記のような長距離伝送で用いられる変調方式を含め, 表1に示すように, 4つの変調方式のラインナップを揃えている。

### 2.2 OTN マッピングへの対応

OTNでは, SDH/SONETなどの各種ブロードバンド・サービスを OTN のフレームにマッピングして伝送する。NX4000は多様なマッピングに対応している。図2に, 例として OTU3 (Optical Channel Transport Unit 3) のマッピング構造図を示す。

OTU3 には, クライアントフレームとして 40 Gbps Non-Frame, STM-256 (Synchronous Transport Module level 256), STS-768 (Synchronous Transport Signal level 768) または 4つの ODU2 (Optical Data Channel Unit 2) をマッピングすることができる。ODU2のクライアントフレームには 10 Gbps Non-Frame, STM-64, STS-192, 10

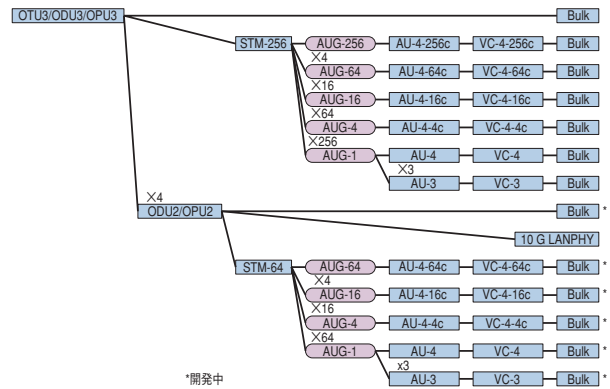


図 2 OTU3 のマッピング構造図

GbE-LANPHY (Ethernet の物理層規格) をマッピングすることができる。

NX4000では, 4つの ODU2, およびそのクライアントフレームを全て独立して制御することが可能である。例えば, 送信部ではそれぞれのオフセット周波数を個別に設定でき, 受信部では4つの ODU2 および STM-64 を同時に測定することができる。

## 3. NX4000 の測定アプリケーション

NX4000 は, 多様な測定アプリケーションに対応できる。以下に, その例を紹介する。

### 3.1 ビットエラー試験

NX4000の代表的な機能として, ビットエラー試験がある。ビットエラー試験には, パス試験とビットエラーレート特性試験がある。

パス試験では PRBS (Pseudo Random Binary Sequence) パターンを載せたフレームを試験器からネットワークに送信し, ネットワークを通過したフレームを試験器で測定し, ビットエラーが発生しないことでパスが通っていることを確認する。複数のパスが存在する場合には, 測定チャンネル以外のチャンネルには同期が取れないような PRBS パターンを載せておくことで, 測定チャンネルの場合のみエラーフリーになるようにする。

図3に, ビットエラーレート特性試験の接続例を示す。測定対象となる光モジュールの手前に光アッテネータ (OATT) を挿入し, 光減衰量を変化させて光入力パワー

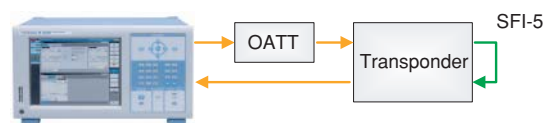


図 3 ビットエラーレート測定接続例

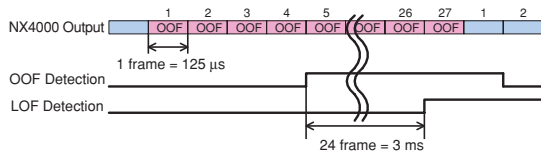


図4 OOF, LOFの検出タイミング

対ビットエラーレートの特性を測定する。

NX4000では、アラームの検出条件を変更したり同期引き込み機能を停止させたりすることが可能で、 $1 \times 10^2$ のエラーレートでも測定することができる。

### 3.2 アラーム検出条件試験

伝送装置は、伝送品質が異常であると判断すると、他の装置に向けてアラームを通知する。アラームのほとんどはフレームのOH(Over Head)部のある特定のビットに割り当てられているが、そのビットにエラーが加わったとしても誤ってアラームを検出しないように、検出条件として連続受信回数が規定されている。

図4に、NX4000からOOF(Out Of Frame)を送信した場合における伝送装置のOOF, LOF(Loss Of Frame)の検出タイミングを示す。SDHの場合、OOFは5フレーム連続受信で検出され、LOFはOOFが3ミリ秒継続した時点で検出される。

NX4000が発生するOOFの数を一つずつ変化させることで、検出条件を確認することができる。

### 3.3 エラー検出条件試験

伝送装置はパリティによって受信データのエラーレートを監視しており、もし通信品質が劣化していると判断すると他の装置にアラームを通知する。このアラーム発生閾値を試験するため、NX4000は多彩なエラー付加機能を持っている。ここでは、Repeat BitとRepeat Frameについて説明する。図5に、エラー付加のイメージを示す。

Repeat Bit付加では、設定したフレーム周期で、設定したビット数のエラーを等間隔に繰り返し付加する。Repeat Frame付加では、設定したフレーム周期で、設定した長

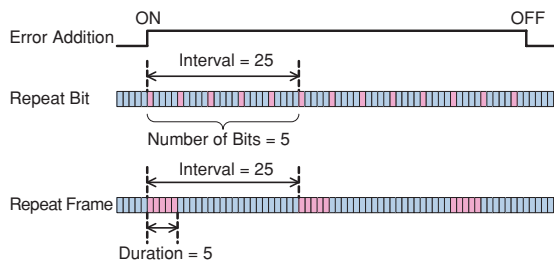


図5 Repeat bit, Repeat frameの動作イメージ

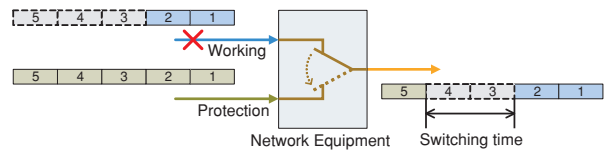


図6 APS動作のイメージ

さの連続フレームに任意のビット構成のエラーを付加する。例えば、SOHに含まれるB1(BIP-8: Bit Interleaved Parity)の場合、8ビットの内の指定した1ビットでも8ビット全てでも自由に設定できる。

### 3.4 Delay 測定

ネットワークのスループットを有効に活用するためには、伝送装置のレイテンシ時間はなるべく短くすべきである。NX4000は、フレームのペイロード(ヘッダ部分を除いた本来転送したいデータ本体)にタイムスタンプデータを挿入し、伝送装置のレイテンシ時間を0.1マイクロ秒分解能で最大10秒まで測定することができる。タイムスタンプによる測定は一定時間周期にユニークパターンを出力する方式と異なり、測定周期を設定する必要がなく、全てのタイムスタンプで測定結果が得られる。

### 3.5 APS(Automatic Protection Switching)測定

SDH/Sonetでは、伝送装置の故障やファイバー断線などの障害から直ちに復旧するため、現用回線のWorkingと予備回線のProtectionが用意されている。伝送装置はWorkingに障害が発生すると、直ちにProtectionに切り替えて通信回線を確保する。図6に、APS動作のイメージを示す。NX4000は、この切り替え時間を0.1ミリ秒分解能で測定することができる。

### 3.6 CID(Consecutive Identical Digit)試験(開発中)

伝送装置は、受信したデータからクロックを再生する。クロックを再生し、データをリタイミングする機能またはそのデバイスのことをCDR(Clock Data Recovery)と呼ぶ。NRZ変調方式の場合、0と1の変換点を利用してクロックを再生するため、0や1が連続するとクロック再生ができずエラーが発生する。また、0や1の連続は一時的

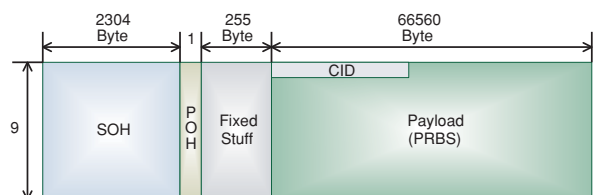


図7 SDH/SonetのCID測定フレーム



図8 操作画面の表示例

なDCバランスのずれにもなり、ACアンプの周波数特性が低域まで伸びていないとエラーが発生する。NX4000には、このような0や1の連続データ耐力を試験するための機能を持っている。その測定フレームを、図7に示す。

ペイロードに1バイト単位で変更可能なCIDを挿入してPRBSパターンのビットエラーを測定することで、CIDの長さの限界点を求める。このCID測定フレームは、正しいSOHとPOH(Path OverHead)を送信するため、パリティエラーやアラームは発生しない。よって、OHを終端し、エラー検出やアラーム転送する伝送装置に対しても試験が可能である。

#### 4. NX4000 の GUI

NX4000は、ストレスを感じることなく操作できるように設計されている。画面操作とほぼ同時に内部ハードウェアに対しての制御は完了し、ほとんどの操作においてユーザーを待たせることはない。

エラーとアラームの検出状態を示すモニタランプ、OHなどのモニタ、測定結果表示は0.1秒毎に更新しており、受信状態をリアルタイムに把握することができる。

##### 4.1 自由に組み合わせ可能なウィンドウ

図8に、画面表示例を示す。左側はモニタランプ表示で、右側には測定制御やウィンドウ制御のボタンを並べている。中央のワークスペース部分には、ウィンドウを上下に2つ表示することができる。

表2に、NX4000が持っているウィンドウを示す。NX4000はワークスペースを4つ持っており、それぞれのワークスペースに自由な組み合わせでウィンドウを設定することができ、その中の一つのワークスペースを選んで表示する。図8の表示例では、OTU3のResultウィンドウとSTM-256のResultウィンドウをそれぞれ上下に開いており、全てのアラームとエラーを同時に表示することができる。

表2 NX4000のウィンドウ

ウィンドウ名	説明
Setup	物理条件、フレーム構造などを設定
Tx OH Setting	送信するOH値を設定
Rx OH Setting	受信で期待するOH値を設定
Monitor	受信した値を表示
Test	試験機能进行操作、試験結果を表示
Result	測定結果を表示

表3 NX4000の測定値表示モード

表示モード	表示内容
Current	測定スタートしてから現在までの測定値
100 ms	100ミリ秒毎の測定値
1 s	1秒毎の測定値
10 s	10秒毎の測定値
Last	前回の測定値

#### 4.2 時間間隔指定による測定値表示

長時間の監視測定中にビットエラーが発生するようになった場合でも、NX4000は測定を継続したまま現在のエラーレートを表示することができる。カレント表示以外に100ミリ秒、1秒、10秒毎の表示選択機能を持っており、1秒に設定すると、現在の測定を再スタートすることなく、いつでも1秒毎のエラーレートを表示することができる。表3に、NX4000の測定値表示モードを示す。

#### 5. おわりに

NX4000が多彩な機能を持ち、使い易い製品であることを紹介した。NX4000がNGNの発展に貢献できることを期待する。

40 Gbpsの技術は、漸く実用化できるところまでやってきた。今後も新たなニーズが生まれ、技術開発が続くことは想像に難くない。これからも、お客様のニーズに対応すべく開発を続けていく。

#### 参考文献

- (1) ITU-T G.707(01/2007)
- (2) 柳澤幸樹, 大利賢治, 小俣浩, 佐藤弘之, “40 Gbit/s次世代光IPトランスポートアナライザNX4000”, 横河技報, Vol. 51, No. 4, 2007, p. 33-36
- (3) “OIF-SFI5-01.0”, OPTICAL INTERNETWORKING FORUM (<http://www.oiforum.com/>)

\* ‘Ethernet’ は、富士ゼロックス(株)の登録商標です。

\* ‘SONET’ は、Bellcore社が提唱する光ファイバーを用いた高速デジタル通信方式の一つで、Bellcore社の登録商標です。