

基幹系ネットワークを支える要素技術と パケット光統合トランスポート装置

三野 勝幸 高木 和男 青野 義明

要旨

近年の急激な移動通信トラフィックの増加に伴い、バックボーンで支える基幹系ネットワーク装置に対しても大容量化が求められています。また、大容量化のみならず、設備費用 (CAPEX/OPEX) を抑え、かつ、災害時にも強靱な高信頼のネットワークであることも重要視されています。

本稿では、NECにおける大容量/高信頼な光ネットワーク構築に向けた要素技術と最新のネットワーク装置、及び今後の取り組みについて紹介します。



パケット光統合/デジタルコヒーレント/CDC-ROADM/MPLS-TP/SDN

1. はじめに

基幹系ネットワーク装置において、大容量化を実現するための技術として、デジタル信号処理を用いて実用的なコヒーレント検波を可能とするデジタルコヒーレント技術が注目され、研究開発・実用化が活発に行われています。

更に、CAPEX (設備投資: Capital Expenditure) と OPEX (運用コスト: Operating Expenditure) を抑え、かつ、高信頼のネットワーク装置を実現するための技術として、WDM (L0) / OTN (L1) / パケット (L2) からなるマルチレイヤ統合トランスポート (パケット光統合トランスポート) が注目されています。

本稿では、NECにおける大容量/高信頼な光ネットワーク構築に向けた要素技術と、パケット光統合トランスポート装置「SpectralWave DW7000」について紹介します。

2. パケット光統合トランスポートの構成

パケット光統合トランスポートの構成を図1に示します。本装置は、パケットスイッチ部と光スイッチ部により構成されます。

パケットスイッチ部と光スイッチ部が統合されることで、

統一してネットワーク監視することが可能となります。光スイッチ部で、複数の伝送路を有する光波長多重システムにおいて、入力されるクライアント信号の波長を自由に变换し、任意の伝送路への経路制御が可能となる CDC 機能 (Colorless/Directionless/Contentionless) を適用することにより、L0 から L2 まで含めたマルチレイヤのパス設定が可能となり、ネットワーク資源の効率化を図った経済的で柔軟なネットワークを構築することができます。

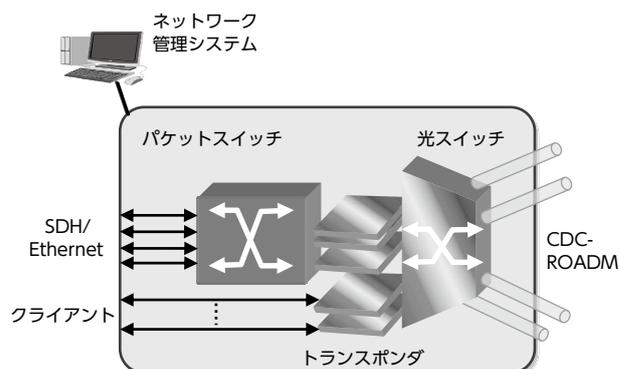


図1 パケット光統合トランスポート装置

3. 大容量/高信頼の要素技術

(1) デジタルコヒーレント技術

大容量化に向けてデジタルコヒーレント技術が有効です。無線分野で実用化されているデジタル信号処理を光ファイバ通信に応用させ、旧来のコヒーレント光通信技術の課題であった位相雑音や、WDM伝送した際に伝送路で発生する波形歪みを電気領域でデジタル処理にて補正する技術です。

(2) LOセレクション (特許申請中)

通常、受信WDM信号をトランスポンダに接続するときに、AWG (Arrayed Waveguide Grating) などの光フィルタが必要とされていますが、トランスポンダ内部の局部発振光を所望の受信波長に設定し、コヒーレント検波を行うことで、光フィルタ無しで所望の信号の受信を行うことができます。図2に原理のイメージを示します。このLOセレクション制御を最適化することで、光フィルタを用いた場合と比べ、消費電力、サイズともに約50%に削減することができます。

また、更なる大容量化に向け、1つの周波数領域に複数のキャリア信号を重畳するスーパーチャネル伝送においては、特定のキャリア信号を受信するのに極めて有効な技術となります。弊社は他社に先駆けて研究開発を行い、実用化に成功しています。

(3) CDC-ROADM技術

CDC-ROADM機能 (CDC: Colorless Directionless Contentionless, ROADAM: Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) により、入出力インタフェース条件以外の他の制約条件に縛られることなく (ノンブロッキング)、複数方路に対して光パスを切り替えることができます。図3に示すように、トランスポンダ群を複数方路向けに共有することで、柔軟な光バス構築が可能となります。

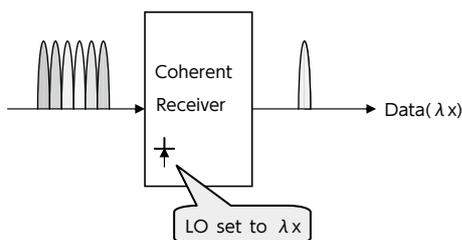


図2 LOセレクションの原理

(4) MPLS-TP技術

パケットスイッチ部では、トランスポートプロトコルとしてMPLS-TP方式を採用し、ネットワーク監視システムからの設定により、A端点及びZ端点とするMPLS-TP LSPを任意の経路で設定できます。また、OAM機能による故障検出を切り替えトリガーとして用いることにより、SDH (Synchronous Digital Hierarchy) 網と同程度の50ms以内の高速パス切り替えが可能です。

(5) マルチレイヤ設計技術

効率的かつ高信頼のネットワークを設計するためには、L0からL2までのマルチレイヤでの最適なシステム構成を作成する必要があります。コストシミュレーションによる経済性、プロテクション構成における回線の異ルー

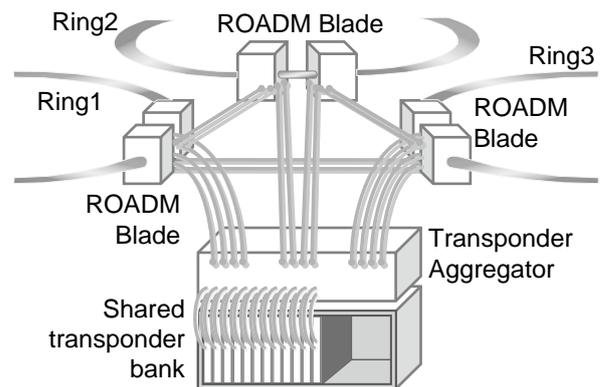


図3 CDC-ROADM

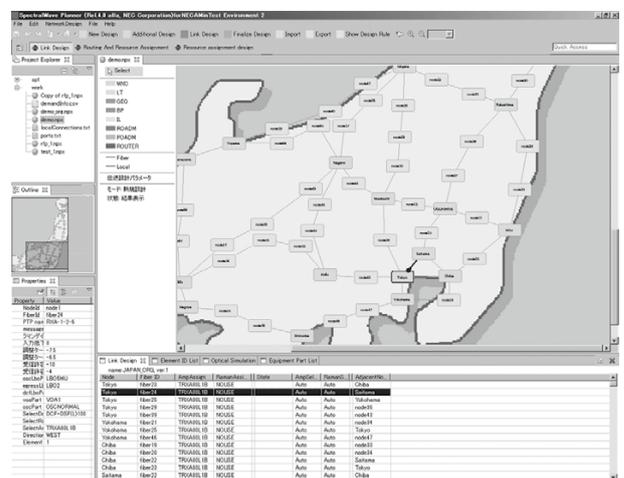


図4 マルチレイヤ設計のイメージ

ト化や広域災害時のバックアップ回線（第三ルート切り替え）による信頼性を考慮することで、最適なマルチレイヤネットワークが実現されます。図4に、これらを考慮したマルチレイヤ設計の一例を示します。

4. SpectralWave DW7000の特長

SpectralWave DW7000は、上述した要素技術を適用することにより世界最高レベルのパケット光統合トランスポートを実現しています。

主要諸元を表に、装置の外観を写真に示します。

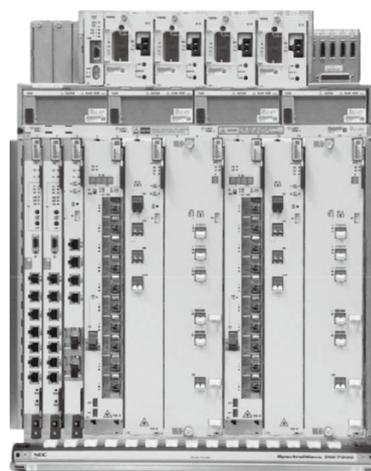


写真 SpectralWave DW7000装置の外観写真

5. 将来拡張への取り組み

DW7000の更なる大容量化と、更なる高信頼化についての取り組みを紹介します。

(1) 大容量ネットワーク

大容量化への研究開発として、弊社はアメリカのVerizon Communications社と協業し、2011年から3年連続ワールドレコードを樹立しています。2013年3月のOFC/NFOEC (PDP5A4) では、54Tbsのフィールドトライアルに成功したことを報告しました。

大容量化に必要なスーパーチャネルに対応するためには、次の2つが重要です。

- ・従来の信号波長が固定されているFixed GridではなくFlexible Gridに対応すること
- ・伝送距離に応じて変調方式を変えるVariable format transponder（近距離伝送する場合はスペクトラムを狭く（多値変調8QAM/16QAM/64QAMなど）し、長距離伝送する場合は広く（BPSK/QPSKなど）することによって波長利用効率を最適化できる技術）

SpectralWave DW7000は、既上記の2つの技術に対応したアーキテクチャを採用しています。

(2) SDN

トランスポートSDNシステムでは、以下のような対応によりCAPEX/OPEXを削減することができます。

- 1) ネットワーク制御運用管理の自動化/簡素化
- 2) IP網などの仮想ネットワークの迅速提供
- 3) ネットワーク利用効率向上

更に、トランスポートSDNシステム内にルーティング機能を搭載し、トランスポート上でルータ機能を実現することで、ルータ機器不要の下記が可能になります。

- 4) ルータレスネットワークの構築

上記「4」は、既存のSDNコントローラ（SDN-C）と組み合わせ、トランスポートSDNシステムへと拡張可能です。

図5を用いて、トランスポートSDNシステムの構成について説明します。

SDN-Cは、サービス開通オーダーに基づいてパケットスイッチ部のネットワークリソースを割り当て、仮想ネット

表 主要諸元

分類	項目	諸元			
光スイッチ部	最大波長数	C-band(96波)、L-band(88波)			
	最大方路数	8方路			
	WDM インタフェース	デジタルコヒーレント、DP-QPSK			
	<table border="1"> <tr> <td>PMD 耐力</td> <td>最大許容 DGD 100ps</td> </tr> <tr> <td>波長分散耐力</td> <td>50,000 ps/nm</td> </tr> </table>	PMD 耐力	最大許容 DGD 100ps	波長分散耐力	50,000 ps/nm
PMD 耐力	最大許容 DGD 100ps				
波長分散耐力	50,000 ps/nm				
パケットスイッチ部	管理監視技術	イーサネット OAM、MPLS-TP OAM			
	フォーマット	イーサネットフレーム (IEEE802.1D、Q、ad、ah) MPLS フレームフレーム			
	VLAN	・IEEE802.1Q VLAN-Tag ・IEEE802.1ad S-Tag ・IEEE802.1ah B-Tag 上記の挿入 / 削除 / 付け替え			
	MPLS	ラベル Push、PoP、SWAP			
	プロテクション	G.8131 (MPLS-TP Linear Protection) Revertive/Bi-directional Non-revertive/Bi-directional			

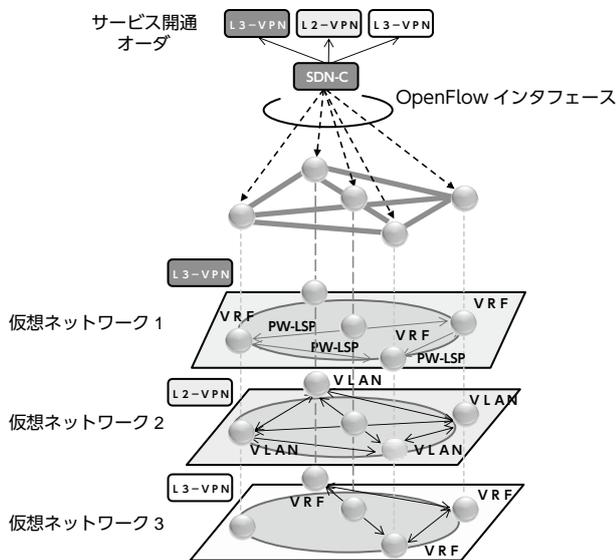


図5 トランスポートSDNシステム

ワークを構築します。仮想ネットワークは、例に示すように、イーサネット (L2)、IP (L3)、MPLS などさまざまなレイヤで構成可能です。

SDN-CでのC-Plane機能の集中配備により、統合トランスポートシステム全体にルータ機能を持たせることができ、ルータを削減して、ネットワーク全体のランニングコスト (消費電力/管理運用コスト) を抑制することができます。

6. むすび

以上、基幹系伝送システムにおける大容量/高信頼要素技術とパケット光統合トランスポート装置 SpectralWave DW7000 について紹介しました。また、スーパーチャネル対応やSDNによる統合制御により、更なる大容量、高信頼ネットワークを構築することが可能となります。

*Ethernetは、富士ゼロックス株式会社の登録商標です。

*OpenFlowは、Open Networking Foundationの商標または登録商標です。

参考文献

- 1) 高木和男：統合トランスポートの導入効果とその将来像, 電子情報通信学会2012年総合大会講演論文集, No.BP-4-1
- 2) 青野義明ほか：大容量/高信頼光ネットワーク構築に向けた要素技術と装置構成, 電子情報通信学会2012年ソサイエティ大会講演論文集, No.BP-3-2

執筆者プロフィール

三野 勝幸

コンバインドネットワーク事業部
主任

高木 和男

コンバインドネットワーク事業部
マネージャー

青野 義明

コンバインドネットワーク事業部
マネージャー

NEC 技報のご案内

NEC技報の論文をご覧くださいありがとうございます。
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)

NEC Technical Journal(英語)

Vol.66 No.1 社会的課題解決に貢献するNECの事業活動特集

社会的課題解決に貢献する NEC の事業活動特集よせて
「社会価値創造型」企業への変革を目指して～事業活動をととした社会的課題解決への貢献～

◆ 特集論文

信頼性の高い情報通信インフラの構築

新東名高速道路での導入事例にみる次世代交通管制システムの特徴
国際通信を支える光海底ケーブルネットワークの大容量化及び高信頼化技術
基幹系ネットワークを支える要素技術とパケット光統合トランスポート装置
どこでも安定的な通信品質を実現するLTE フェムトセル基地局向け干渉制御技術の開発

気候変動(地球温暖化)への対応と環境保全

第一期水循環変動観測衛星「しずく」の定常観測
データセンターの省電力化へ貢献する「Express5800シリーズ」「iStorage Mシリーズ」
新原理「スピンゼーベック効果」による熱電変換の可能性

安全・安心な社会づくり

CONNEXIVE 放射線測定ソリューション
市町村同報系防災行政無線システム～災害情報伝達の多様化に向けて～
消防救急無線通信システムのデジタル化推進
NECのBCソリューション～企業の事業継続を支えるiStorage HS～
水中からの脅威に対処する水中監視システム及びその関連技術
監視用小型無人機システムとその関連技術
クラウドを用いたプライバシー保護型データ処理技術
信頼できるクラウドストレージの実現に向けて

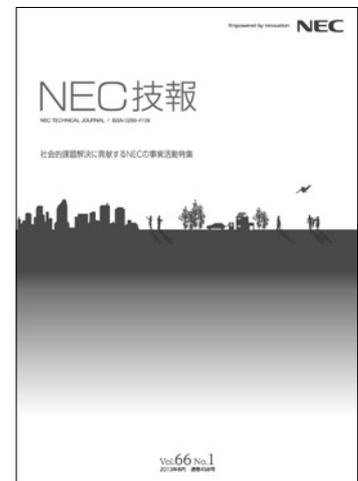
すべての人がデジタル社会の恩恵を享受

介護施設における安全確保のための「徘徊防止ソリューション」の実証実験
遠隔地からの聴覚障がい者向け要約筆記作業支援システム
対話のきっかけとなる話題提供によるコミュニケーション活性化技術

◆ NEC Information

社会貢献活動のご紹介

NECの社会貢献プログラムの基本方針と活動事例
ICTによる復興支援への取り組み



Vol.66 No.1
(2013年8月)

特集TOP