

大容量基幹ネットワークを支える要素技術とマルチレイヤ統合トランスポート装置

藪原 穰 土屋 雅彦 小熊 健史 石黒 誠 縣島 英生 青野 義明

要 旨

近年の急速なトラフィック需要の増加とクラウドサービスの普及を背景に、通信事業者の基幹ネットワークには更なる大容量化と、随時変化するネットワーク需要に柔軟に対応するトランスポートシステムが求められています。一方で重要な社会インフラである通信サービスの継続提供のため、広域災害にも耐えうる信頼性の高いシステムが注目されています。これに対しNECでは、大容量・高信頼ネットワークを支える要素技術の開発を行ってきました。本稿では、その要素技術と最新のネットワーク装置、今後の取り組みについて紹介します。

KeyWords



大容量・長距離光伝送／マルチレイヤ統合／Flexible Grid／Nyquist Shaping／スーパーチャネル／LOセレクション／400G／Filterless／マルチレイヤ設計／第三ルート切り替え／CDC-ROADM／トランスポートSDN／E2Eサービスオーケストレーション

1. はじめに

近年、高画質な動画配信サービスやSNSなどの普及を背景に、通信事業者の基幹系ネットワークを支えるトランスポート装置に対して、更なる大容量化が求められています。一方、重要な社会インフラの1つである通信サービスを低コストで継続的に提供するため、CAPEX (Capital Expenditure : 設備投資) とOPEX (Operating Expense : 運用コスト) を抑えられ、耐障害性の高いシステムが注目されています。

このような課題に対してNECでは、大容量光通信技術、WDM (Wavelength Division Multiplexing) (L0) /OTN (Optical Transport Network) (L1) /パケット (L2) の各レイヤからなる大容量スイッチ技術、トランスポートSDN (Software-Defined Networking) 技術を用いたソリューションの展開を進めています。

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、マルチレイヤ統合トランスポート装置「SpectralWave DW7000」について紹介します。

2. マルチレイヤ統合トランスポートの構成

マルチレイヤ統合トランスポートの構成を図1に示しま

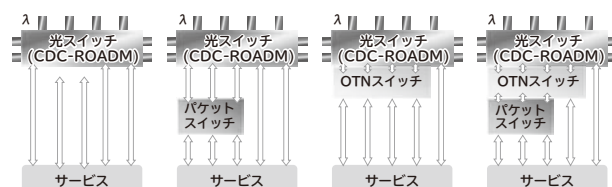


図1 マルチレイヤ統合トランスポート装置

す。本装置は光スイッチとパケット及びOTNスイッチ部により構成されます。

光スイッチ部 (L0)、OTNスイッチ部 (L1) 部、パケットスイッチ部 (L2) は、すべて統合して使うことも、それぞれ単独で使用することも可能です。ネットワークの規模や用途に応じて、最適な構成をとることができます。これにより、L0からL2まで含めたマルチレイヤでの柔軟なパス設定が可能となり、ネットワーク資源を効率よく配置した経済的なネットワークを構築できます。

3. 大容量/高信頼基幹ネットワークを実現する要素技術

3.1 スーパーチャネル方式とスペクトラム整形技術

WDM装置の大容量化に向けて、これまでは1波当

たりの伝送レートを増加させてきましたが、1波当たり100Gbpsを超える伝送レートを実現するためには、複数の搬送波を束ねて伝送するスーパーチャネル方式が有効です。複数の搬送波を使うことにより、伝送距離を従来とほぼ同じに保ちつつ、大容量化を行うことができます。

また、搬送波に対してNyquist Shapingと呼ばれるスペクトラム整形技術を合わせて適用することにより、従来50GHz幅(100G DP-QPSKの場合)となっていた1波当たりの占有帯域を25%削減し、37.5GHz幅にすることができ、周波数利用効率を向上させることができます。

3.2 信号波長間隔の最適化 (Flexible Grid)

従来のWDM伝送装置は、信号波長帯を等間隔(通常50GHz間隔)に分割した固定グリッド上に光信号を配置していました。このため、Nyquist Shapingにより光信号の占有周波数帯域を削減しても、図2の(b)に示すように、空いた周波数帯を活用することができませんでした。また、スーパーチャネル信号のように、複数の搬送波を高密度に束ねて伝送する場合、固定グリッドを有するWDM装置では伝送できませんでした。

これに対し、従来の信号波長配置グリッドをより細かく(Flexible Grid化)することで、Nyquist Shapingを施した光信号や、スーパーチャネル信号を最適な波長間隔で配置できるようになります。図2の(c)にNyquist Shaping適用後に更に信号波長間隔の最適化を行った場合のイメージを示します。信号波長間隔の最適化により、1ファイバあたりの総伝送容量を従来装置に比べて約33%向上させることができます。

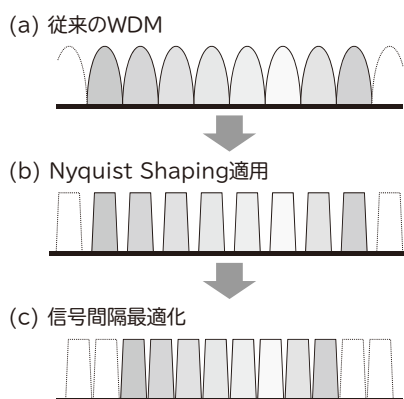


図2 Nyquist Shapingを適用し、信号波長間隔最適化を行ったときのイメージ

3.3 LOセクション (Filterless)

通常、受信WDM信号をトランスポンダに接続するとき、AWG (Arrayed Waveguide Grating) やWSS (Wavelength Selectable Switch) 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 (Local Oscillator : LO) 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 (Filterless) で所望の信号の受信を行うことができます。

このLOセ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、スーパーチャネル伝送においてはROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) ノードの光フィルタ狭窄効果による伝送ペナルティ増加が顕著となりますが、LOセクションを用いて光フィルタを取り除くことにより、この伝送ペナルティを小さく抑え、長距離伝送を可能にします。

3.4 マルチレイヤ設計技術と第三ルート切り替え

効率的かつ高信頼のネットワークを設計するためには、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ト化や広域災害時のバックアップ回線(第三ルート)への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3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。

設計したマルチレイヤのパスはNMS (Network Management System)に登録し、管理されます。CDC (Colorless, Directionless and Contentless) -ROADMを用いた光スイッチノードによって構築されたネットワークの場合、従来は現局にてファイバの接続変更を行わなければ実現できなかった光パスの切り替えを、遠

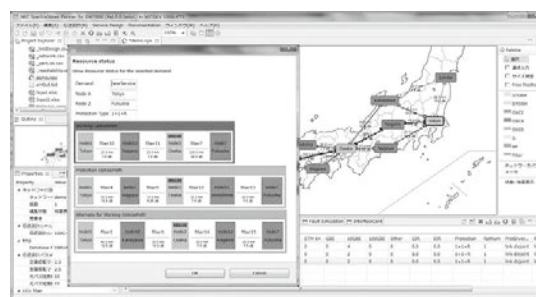


図3 マルチレイヤ設計のイメージ

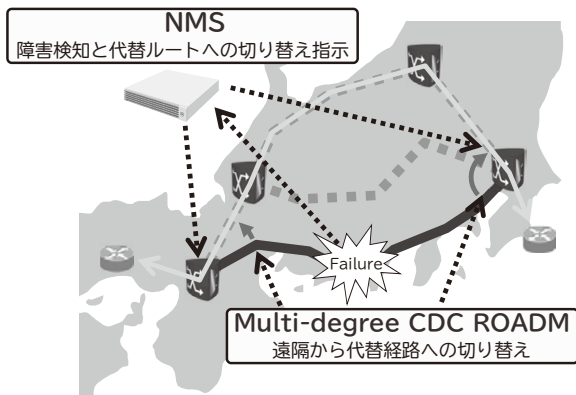


図4 第三ルートへの切り替えイメージ

隔のNMSから行うことができますようになります。更に、バックアップ回線となる第三ルートにNMSに登録することで、広域災害発生時に自動的に第三ルートへ切り替えることができ、迂回路形成を容易かつ迅速に行うことが可能となります。また、集中監視されているNMSから第三ルートへの切り替え指示を行うことにより、自律分散制御方式のリストラクションに比べ、現用ルートが把握しやすく、かつより高速な切り替えを実現できます。図4に、障害発生時に装置とNMSが連携して第三ルートへ切り替えるイメージを示します。

4. SpectralWave DW7000の特長

NECは前述の要素技術を適用したマルチレイヤ統合トランスポート装置「SpectralWave DW7000」を世界各地の通信事業者に展開しています。本装置は400Gスーパーチャネル伝送方式を適用し、最大204.8Tbps（64波×400Gbps×8方路=204.8Tbps）の信号を収容し、3,000km以上の長距離伝送が可能なトランスポートシステムです。また、将来1Tbpsのスーパーチャネル伝送にも適用可能なプラットフォームを有しています。主要諸元を表に、装置の外観の写真を写真に示します。

5. トランスポートSDNへの取り組み

これまでのトランスポートシステムのアーキテクチャは、静的な運用を前提にしていました。しかし、クラウドサービスの普及などによって、サーバ間（データセンター間の

表 SpectralWave DW7000 主要諸元

項目		諸元
光スイッチ部	最大波長数 [400Gスーパーチャネル信号数]	128波 [64波] (C-band) 117波 [58波] (L-band)
	最大方路数	8方路
	光スイッチ容量	204.8Tbps
	WDMインタフェース	DP-QPSK/DP-16QAM
	DGD耐力	100ps
パケット/OTN スイッチ部	波長分散耐力	55,000ps/nm
	管理監視	OTN, SDH, Ethernet, SAN, Video
	スイッチ容量	2.8Tbps

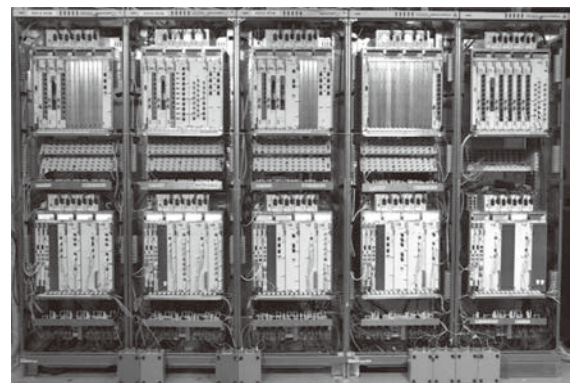


写真 SpectralWave DW7000装置の外観写真

相互接続)のメッシュ型のトラフィックパターンが増え、かつトラフィック総量とその時間的な変動幅が大きくなってきており、トランスポートネットワークの構成もダイナミックに変化させる必要性が出てきました。また、CAPEX・OPEXの削減と新たな収益源の創出という、通信事業者が抱える2つの課題も同時に解決しなければなりません。

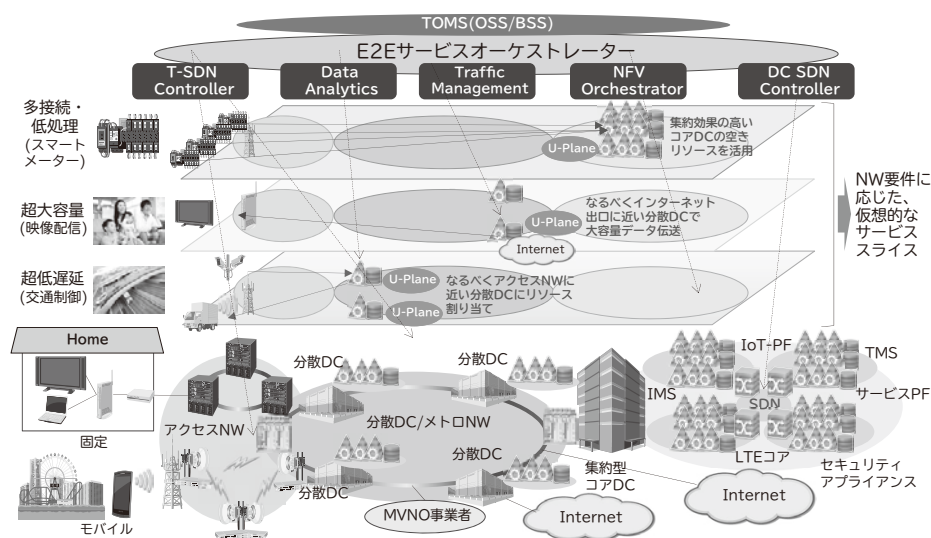
こうしたなか、NECは新しいトランスポートに求められる価値として次の3つを定義しました。

1) TCO (Total Cost of Ownership) の削減

- ・汎用サーバ、オープンソースの活用、ネットワークリソースの最適化によるCAPEX削減
- ・プロビジョニング、システム立ち上げ、保守の簡易化によるOPEX削減

2) 新たな付加価値と収入増

サービスに応じた最適なネットワーク（サービススラ



イス)でエンドユーザーの要望に応えるネットワーク
を実現し、新たな収益につなげる

3) E2E (End-to-End) サービスオーケストレーションによる柔軟なサービス追加が可能なネットワークの実現

既存ネットワークのサイロ型の管理からE2Eでの
サービスドメインの運用管理

これらの要件を実現する方法として、NECはSDN技術をトランスポートネットワークに適用したトランスポートSDNを提案しています。

図5に、NECが提案するトランスポートSDNにより実現するネットワークの世界を示します。このネットワークでは、E2Eサービスオーケストレーターにより物理ネットワークリソースを有効活用したサービス単位のスライスに仮想的に分離します。これにより、エンドユーザーのネットワーク要件に応じて、オンデマンドでサービススライスを生成できるようになり、通信事業者が新たな付加価値を提供できるようになります。また同時に、E2Eサービスオーケストレーターの活用による運用管理の簡易化、ネットワークリソースの有効活用によるTCOの削減にも貢献します。

6. むすび

本稿では急増するトラフィック需要の伸びと、広域災害時に柔軟に対応できる大容量・高信頼な基幹ネットワーク

クを実現する要素技術、それらの要素技術を適用したマルチレイヤ統合トランスポート装置「SpectralWave DW7000」について紹介しました。

トランスポートネットワークの構成を動的に変化させなければならない昨今の要求に対して、NECは構成を柔軟に変更可能であるマルチレイヤ統合トランスポート装置と、トランスポートSDNの導入によって、お客様に最適なソリューションを提供していきます。

執筆者プロフィール

藪原 穰

コンバージドネットワーク事業部

土屋 雅彦

コンバージドネットワーク事業部
マネージャー

小熊 健史

コンバージドネットワーク事業部
マネージャー

石黒 誠

コンバージドネットワーク事業部
マネージャー

縣島 英生

コンバージドネットワーク事業部
マネージャー

青野 義明

コンバージドネットワーク事業部
マネージャー

関連URL

パケット光統合トランスポート装置 SpectralWave DW7000
<http://jpn.nec.com/spectralwave/dw7000/index.html>

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.68 No.3 新たな価値創造を支えるテレコムキャリアソリューション特集

新たな価値創造を支えるテレコムキャリアソリューション特集によせて
変革期を迎えたテレコム産業に向けた NEC のソリューション

◇ 特集論文

ネットワークに新たな価値を提供する SDN/NFV ソリューション

SDN/NFV ソリューション技術体系
ネットワークのインテリジェントな運用管理を実現する MANO 技術
vEPC におけるユーザプレーン制御の実現
付加価値の高い MVNO ビジネスを支援する vMVNO-GW
通信事業者向け仮想化 IMS ソリューションへの取り組み
NFV で実現する IoT ネットワーク
通信事業者向けトランスポート SDN ソリューション
通信事業者の収益向上を実現するトラフィック制御ソリューション (TMS)
トラフィック制御ソリューション (TMS) の要素技術

トラフィックの増大に対応するトランスポートシステム

大規模データセンター向け OpenFlow イーサネットファブリック
増大するトラフィック対応に向けた 10G-EPON の開発
大容量基幹ネットワークを支える要素技術とマルチレイヤ統合トランスポート装置
光デジタルコヒーレント通信技術の開発
光海底ケーブルシステムを支える大容量光伝送技術

無線アクセスの高度化に対応するワイヤレスソリューション

ロシアでの通信事業者向けネットワーク最適化プロジェクト
サウジアラビアモバイル通信事業者向け大容量無線伝送システムを実現する iPASOLINK ソリューション提案
世界最高の周波数利用効率を実現する超多値変調方式用位相雑音補償方式の開発
モバイル通信の高度化を支える高密度 BDE

通信事業者向け ICT ソリューション

NEC Cloud System の競争力強化と OSS モデル構築 SI 技術への取り組み
会話解析ソリューションの通信事業者への適用
止まらないキャリアシステム開発への取り組み
通信事業者の業務を下支えするビッグデータ分析基盤

◇ 普通論文

セキュアな重複排除型マルチクラウドストレージ「Fortress」

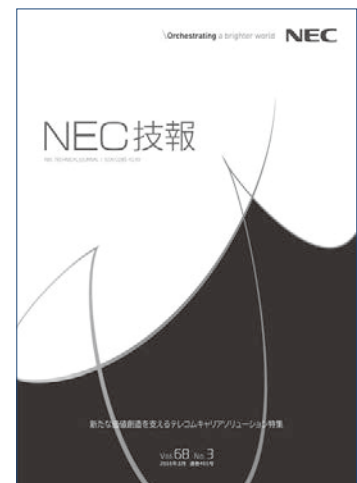
◇ NEC Information

C&C ユーザーフォーラム & iEXP02015 Orchestrating a brighter world

基調講演
展示会報告

NEWS

2015 年度 C&C 賞表彰式開催



Vol.68 No.3
(2016年3月)

特集TOP