

光デジタルコヒーレント通信技術の開発

松井 淳一郎 堀田 聡美 伊藤 陽太 佐藤 正規 岡本 健志 吉原 知樹

要旨

近年、モバイルネットワークやクラウド、ビッグデータなどによる急激なトラフィックの増加に伴い、基幹系光ネットワークに要求される伝送容量は、増加の一途をたどっています。NECの packets 光統合トランスポート装置「SpectralWave DW7000」では、100Gbps 級の高速光信号を伝送する技術として、光デジタルコヒーレント通信方式を開発・採用しています。本稿では、その概要について紹介します。



デジタルコヒーレント／長距離光伝送／大容量光伝送／100Gbps／WDM

1. はじめに

基幹系光ネットワーク装置において大容量化を実現するために、デジタル信号処理技術とコヒーレント光伝送技術を組み合わせた、光デジタルコヒーレント方式が注目を集めています。NECの packets 光統合トランスポート装置「SpectralWave DW7000」では、光デジタルコヒーレント方式を採用することで、長距離、大容量な通信を実現しています。本稿では、光デジタルコヒーレント方式について、従来の方式との違いや、今後の発展の方向性について紹介します。

2. 従来の光通信方式

従来の基幹系光ネットワーク装置では、光の強度に情報を載せ、その強度を受光素子で直接検出する、強度変調直接検波 (Intensity Modulation-Direct Detection : IM-DD) 方式が採用されています (図1)。IM-DD方式は、光の点灯・消灯を切り替えることでデジタル情報を伝送させる方式であり、制御方法がシンプルなことから、数10Gbps程度までの光信号の伝送に広く用いられています。

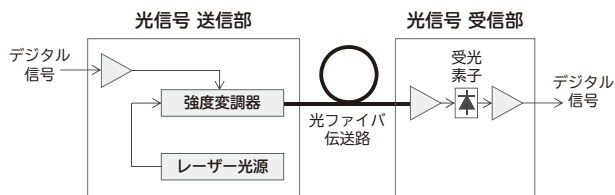


図1 IM-DD方式の構成の一例

一方、100Gbpsのような高速信号を長距離伝送する場合には、光ファイバの持つ歪み特性が信号伝送に大きな影響を与えるようになり、従来のIM-DD方式では伝送可能距離が制限されてしまい、技術的、経済的に長距離・大容量伝送の実現が困難でした。

3. 光デジタルコヒーレント方式

光デジタルコヒーレント方式では、光の強度だけでなく、波としての性質を利用することで、長距離・大容量伝送を効率的に実現することが可能です。SpectralWave DW7000において、100Gbps伝送に用いている変調方式は4相変調 (Quadrature Phase Shift Keying : QPSK) であり、光の位相情報を用いることで、IM-DD方式に対し

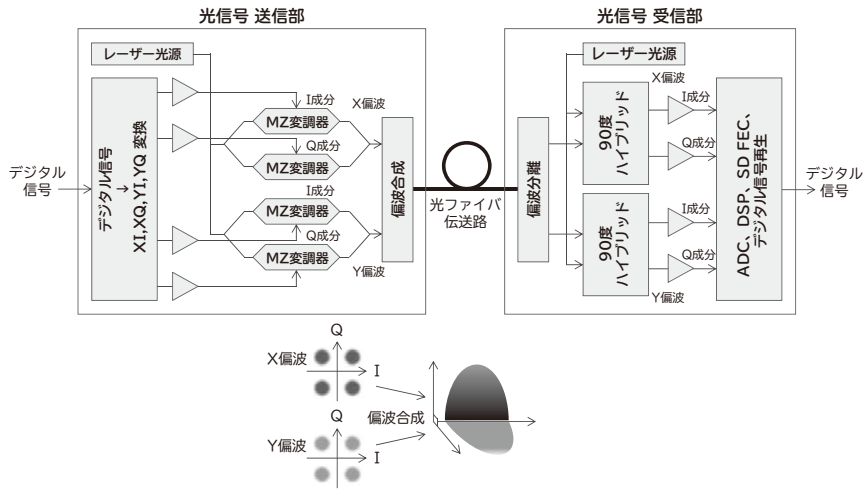


図2 光デジタルコヒーレント方式の構成の一例

て2倍の情報を伝送することが可能です。

また、直交する2つの光波は交わらないという性質を利用して、X偏波、Y偏波に異なる情報を載せることで更に2倍の情報を伝送可能です。これを偏波多重 (Dual Polarization : DP) QPSK と呼びます。DP-QPSK 方式では、従来のIM-DD方式に比べて、同じ信号帯域で4倍の情報を伝送することが可能です。

図2は光デジタルコヒーレント方式を構成する各要素を示しています。光信号の送信部では、0、1のデジタル信号をX偏波、Y偏波それぞれの同相 (I : Inphase) 成分、直交 (Q : Quadrature) 成分に変換します。XI、XQ、YI、YQそれぞれの電気信号を用いて、マツハツェンダー型変調器を駆動し、更に偏波合成することで、位相変調、偏波多重された光信号を生成します。

光信号の受信部では、位相変調、偏波多重された光信号を偏波分離した後、受信部に搭載しているレーザー光 (局発光) と干渉させることで、X偏波及びY偏波それぞれにおけるI成分、Q成分を検出します。信号光と局発光とを干渉させて信号を検出することから、これをコヒーレント検波と呼びます。

検出されたX偏波、Y偏波のI成分、Q成分は受光素子で電気信号に変換された後、高速なサンプリングレートを有するアナログ-デジタル変換器 (Analog to Digital Converter : ADC) にて、デジタルサンプリングデータに変換されます。このデータに対して、DSP (Digital Signal Processor) を用いたデジタル信号処理による

高度な信号等化を行うことで、光ファイバ特有の波長分散や偏波分散などの信号歪みを補正することが可能です。

また、0、1のデジタル信号を再生する前のデジタルサンプリングデータを利用することで、軟判定前方誤り訂正 (Soft Decision Forward Error Correction : SD FEC) による強力な誤り訂正処理を行うことが可能です。デジタル信号処理とSD FECの適用により、長距離伝送が可能となります。

4. 今後の発展の方向性

光デジタルコヒーレント方式を高度化することで、更なる大容量・高性能な光伝送を実現することが可能です。例えば、光信号の送信部におけるデジタル信号処理によりナイキストフィルタリングを行うことで、光信号のスペクトル幅を小さく抑えることができます (図3)。これにより、波長多重 (Wavelength Division Multiplex : WDM) 伝送を行う際に、光スペクトルの間隔を狭め、1本の光ファイバで伝送する容量を大きくすることが可能となります。

また、100Gbps信号の伝送にはQPSK方式を用いていますが、200Gbps信号の伝送には更に周波数利用効率が高い16値直交振幅変調 (16 Quadrature Amplitude Modulation : 16QAM) の適用が有力視されています。16QAM方式では、位相に加え振幅の情報をを用いることで16種類の値を表すことができるため、QPSK変調方式に対して2倍の情報を伝送することが可

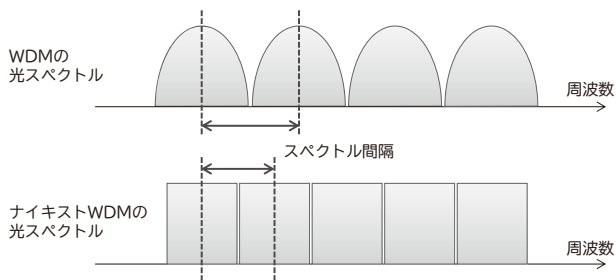


図3 ナイキストWDM

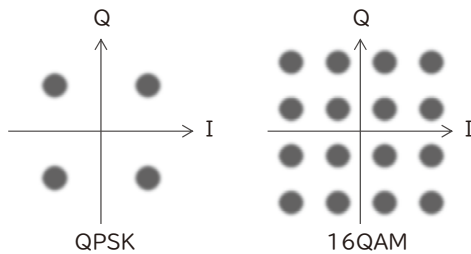


図4 コンスタレーション波形

能です。ただし、図4に示すコンスタレーション波形を見ても分かるように、QPSK方式に比べシンボル間の距離が近くノイズの影響を受けやすいため、より高度な信号処理が必要となります。

5. むすび

以上、SpectralWave DW7000装置で採用している光デジタルコヒーレント方式について紹介しました。光デジタルコヒーレント方式の採用により、大容量、長距離の光伝送を実現することが可能であり、更なる大容量化への発展が期待できます。

参考文献

- 1) 鈴木扇太ほか：光通信ネットワークの大容量化に向けたデジタルコヒーレント信号処理技術の研究開発，電子情報通信学会誌，Vol.95，No.12，2012.12
- 2) K. Kikuchi：Fundamentals of Coherent Optical Fiber Communications，Journal of Lightwave Technology，vol.34，no.1，pp.1-23，Jan./Feb. 2016
- 3) NECプレスリリース：NEC、ネットワーク障害耐性の高い100ギガビット対応ノンブロッキング光クロスコネクタ伝送装置を発売，2011.6.8

執筆者プロフィール

松井 淳一郎

コンバインドネットワーク事業部
マネージャー

伊藤 陽太

コンバインドネットワーク事業部
主任

岡本 健志

コンバインドネットワーク事業部
エキスパート

堀田 聡美

コンバインドネットワーク事業部
主任

佐藤 正規

コンバインドネットワーク事業部
主任

吉原 知樹

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.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 におけるユーザー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」

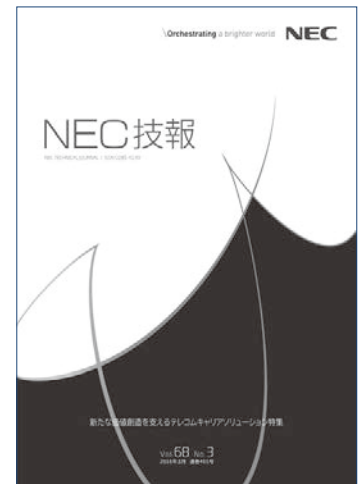
◇ NEC Information

C&C ユーザーフォーラム & iEXPO2015 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