光伝送装置　波長分割多重　可変波長中継器

Technology Reports

小型化と低消費電力化を実現する光伝送装置の開発

通信ネットワークのIP化／大容量化に向け，柔軟に対応可能な県内伝送路網基盤を構築するため，小型で低消費電力の「e-OADM形光伝送装置」を開発した．本装置は，波長可変レーザなどの採用により，保守・運用性の向上を実現した．

無線アクセス開発部
大石 敏行（おおいし としゆき）　種田 健二（たねだ けんじ）
石黒 嗣雄（いしぐろ つぐお）　藤井 孝弘（ふじい たかひろ）

1. まえがき

現在，移動端末の高機能化・高速通信の実現に加え，定額制が普及したことから，動画配信など大容量パケット通信のニーズが高まり，トラフィックは増大する傾向にある．また，LTE（Long Term Evolution）[*1]導入時には，基地局（eNB：evolved Node B）間での通信を可能とする柔軟な伝送路網が必要となる．このため，大容量かつ自由度の高い，新たな県内伝送路網基盤が求められている．

波長分割多重（WDM：Wavelength Division Multiplexing）方式は，1本の光ファイバケーブルに複数の光信号を多重する技術であり，新たな光ファイバケーブルを敷設することなく，飛躍的に伝送容量を増大することができる．また，光分岐挿入（OADM：Optical Add Drop Multiplexing）[*2]技術を用いることにより，任意の伝送装置間で自由に光波長パスが設定できる[1]．WDM技術およびOADM技術は，このような特長から，県間をまたがる伝送路に導入したWDM形光伝送装置に採用されたものである．

しかし，従来の装置は，大規模拠点に設置する交換機相互間のトラフィック伝送を目的に開発された装置であるため，県内伝送路網への適用にあたっては，設置スペースや消費電力量の制限，多種類の保守用物品，GbE（Giga bit Ethernet）[*3]インタフェースの収容効率の低さにより，導入が困難な状況であった．

本稿では，NWのIP化／大容量化に柔軟な対応が可能な県内伝送路網基盤を構築するために開発した，小型／低消費電力OADM形光伝送装置（以下，e-OADM形光伝送装置）について，その概要と新たに導入した可変波長トランスポンダ，小型化と低消費電力化に関する技術的な課題と解決策について解説する．

2. 伝送路網構成

ドコモでは，県間にまたがる中継光伝送路として，すでに導入しているWDM形光伝送装置を用いた大規模な光基盤を構築している（**図1**）．

従来の県内伝送路には，Point to Pointに対地を結ぶ光伝送装置が適用されていたため，収容ビル相互間に光ファイバ（線路）が必要であり，その両端に伝送装置を設置していた．この光ファイバは，大部分をダークファイバの賃借によって確保しており，この光ファイバの数を減らすことにより，ランニングコストの低減が図られる．

そこで，今回OADM技術を用いたe-OADM形光伝送装置を導入し，ローカルスイッチ（LS）ビルからコネクションノード（CN）ビルへの相互間のパスをリング状の構成とすることで，光ファイバ区間数および装置数を低減することが可能となる．

＊1 **LTE**：3GPPで検討されている第3世代の拡張規格．ドコモで提唱しているSuper3Gと同義．
＊2 **光分岐挿入（OADM）**：WDMで多重された複数の波長を波長単位で分岐・挿入すること．
＊3 **GbE**：通信速度が1Gbit/sの光ファイバを利用した，1000BASE-SX規格と1000BASE-LX規格がIEEE 802.3z（Institute of Electrical and Electronics Engineers 802.3z）として標準化されているイーサネット規格．

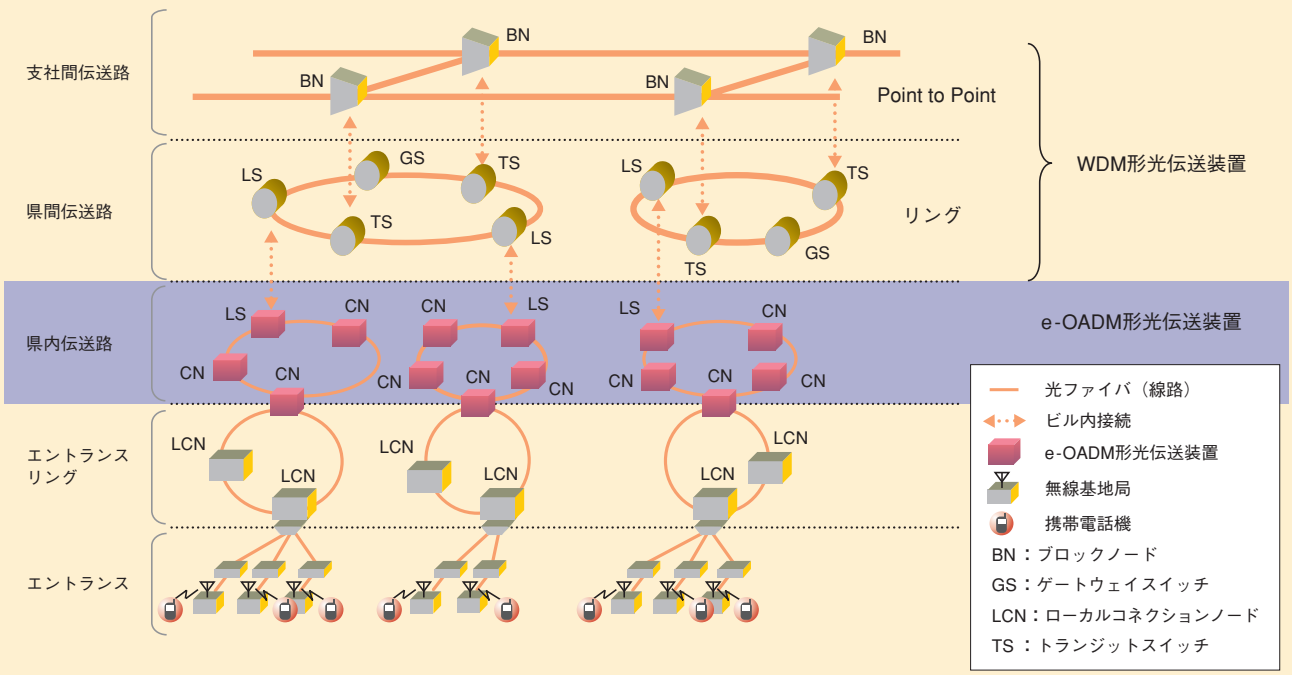

図1　ドコモの伝送路網構成

3. 県内伝送路網への光伝送装置適用の課題と解決方法

3.1 e-OADM形光伝送装置の開発

既存のWDM形光伝送装置は，専用架によって構成されており，他の装置とは別々に架を設置する必要があった．県内伝送路網の伝送装置設置ビルでは，電力量や設置スペースの確保が課題になっており，この状況下では，既存装置の導入が困難であった．そこで収容効率向上のために，専用架に限定することなく，汎用ラックなどへの搭載を可能とすることを開発条件とし，他の伝送装置との混載を実現した．さらに電子部品のパッシブ化[*4]やアサーマル化[*5]，パッケージの機能集約を実現したことにより，従来装置に比べて消費電力を約50％低減した．また，パッシブ化などにより電源を不要としたことで，その搭載場所に自由度が生まれたため，搭載位置の検討を行い小型化を実現した．

3.2 波長可変トランスポンダの開発

既存のWDM形光伝送装置においては，波長ごと，クライアントインタフェースごとにトランスポンダ用品（約360種類）を規定しており，その管理や保守が煩雑であった．そこで，e-OADM形光伝送装置においては，波長ごとの用品であったトランスポンダを集約し，保守・運用性の向上を図るべく，波長可変トランスポンダを開発した．

本トランスポンダにはチューナブルレーザ技術[*6]（Tunable Laser）を採用し，λ1～λ40（発振中心波長は1,573.71～1,606.60nmまたは1,574.54～1,608.33nm）の波長を1枚のトランスポンダで対応させ，物品数を1/40以下に削減した（**図2**）．

また，光波長の設定・変更は，監視制御装置により遠隔にて行うこととした．

3.3 新機能トランスポンダの開発

既存伝送装置におけるGbEインタフェースは，パッケージ当り2ポートの収容であった．伝送路の収容効率を上げるためには，FTM-D形光伝送装置（以下、FTM-D）によ

＊4　**パッシブ化**：受動的に動作するよう変えること．期待する機能・動作を，他のエネルギーに頼らず行えるようにする．
＊5　**アサーマル化**：回路低消費電力化や低コスト化のため，機器の温度調整を不要とすること．
＊6　**チューナブルレーザ技術**：DWDM（Dense WDM）システムで用いられる，波長可変レーザモジュールを実現する技術．

って多重を行い，10Gbit/sの速度としたうえで，WDM形光伝送装置に接続する必要があった．

e-OADM形光伝送装置では，リング側の伝送速度（10Gbit/s）に合わせ，GbEインタフェースの8または9ポートを多重することとし，収容効率を向上させ，FTM-Dによる多重も不要とした（**図3**）．

また，クライアントインタフェースの光モジュール化を行い，SFP（Small Form factor Pluggable）[*7]（SX/LX）においては任意のポートへの搭載および混載を可能とし，保守性を高めた．さらに，10GbEトランスポンダを併せて開発し，今後の需要拡大に対応可能とした．

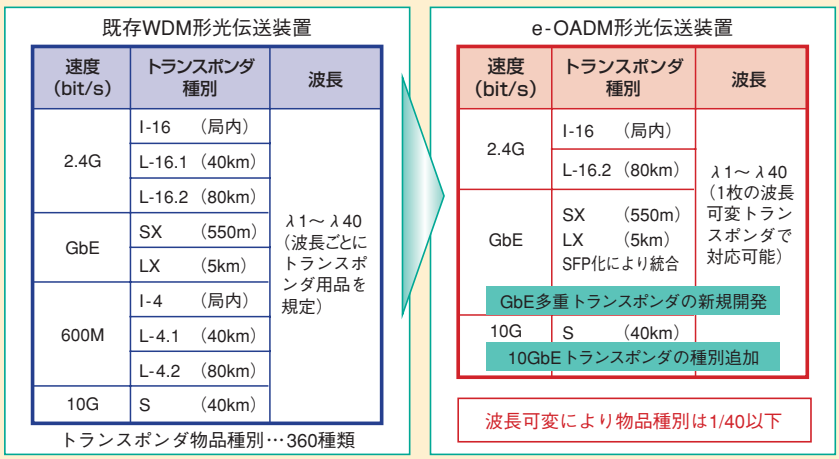

図2　波長可変トランスポンダ

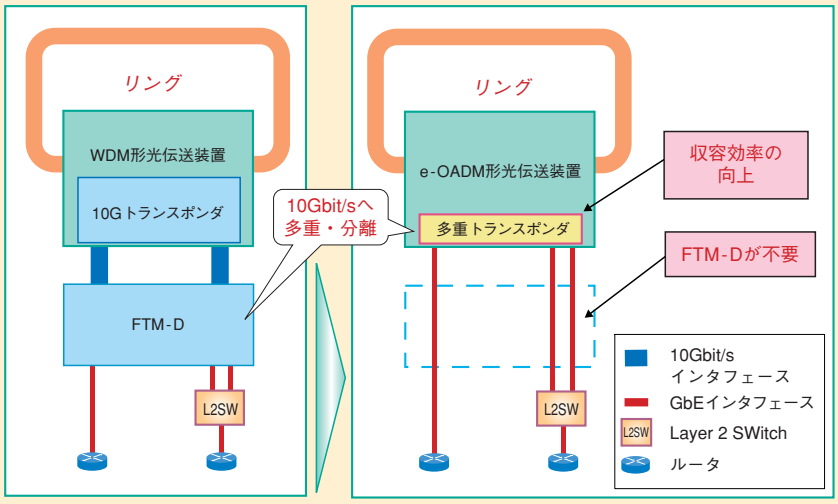

図3　e-OADM新機能トランスポンダの開発

4. e-OADM形光伝送装置の概要

4.1　装置の構成

e-OADM形光伝送装置は，基本ユニット・光増幅用品・トランスポンダ用品から構成されるOADM装置（Optical Add Drop Multiplexer）と，光中継ユニット・光増幅用品から構成される中継装置によりシステムを構成する，小型かつ低消費電力を実現する装置である．

本装置は，1つのOADM装置からOADM装置間を論理的スター構成で通信ができる．1リングを構成するOADM装置数は，最小で2装置（中継装置は除く），最大で32装置（中継装置を含む）である．この条件下で，1リング内の任意の2つのGNE（Gateway NE）[*8]を経由して，監視制御装置（NE-OpS）から全NE（Network Element）[*9]の監視制御が可能である（**図4**）．

4.2　装置の機能

クライアントインタフェースは，STM（Synchronous Transport Module）-16/64[*10]，GbE（1000BASE-SX/LX），10GbE（10GBASE-LR/ER）を具備する．光中継区間においては，ITU-T勧告G.652[*11]（SMF：Single Mode Fiber）およびG.653[*12]（DSF：Dispersion Shifted optical Fiber）に準拠した光ファイバケーブルを介して，1～10Gbit/sの光信号を最大40波まで波長多重伝送が可能である．各波長は任意のOADM装置で分岐挿入が可能であり，図4のように効率的なリングネ

＊7　**SFP**：GbE，STMなど光ファイバを使う通信機器・測定機器に用いる，物理層の仕様を着脱可能な形でまとめたモジュール．

＊8　**GNE**：DCN（Data Communication Network）を介してNE-OpSサーバと通信を行う，ゲートウェイ的な役割を果たすNE（*9参照）．

＊9　**NE**：システムを構成するOADM装置と中継装置の総称．

＊10　**STM-16/64**：SDH（Synchronous Digital Hierarchy）の階層構造を示す．STM-16は2,488.320Mbit/s，STM-64は9,953.280Mbit/sの伝送速度となる．

＊11　**ITU-T勧告G.652**：ITU-Tによる光ファイバの構造標準化勧告の中で，汎用シングルモード型についての勧告を指す．主な特徴として，1,310nm帯に零分散波長があるもの．

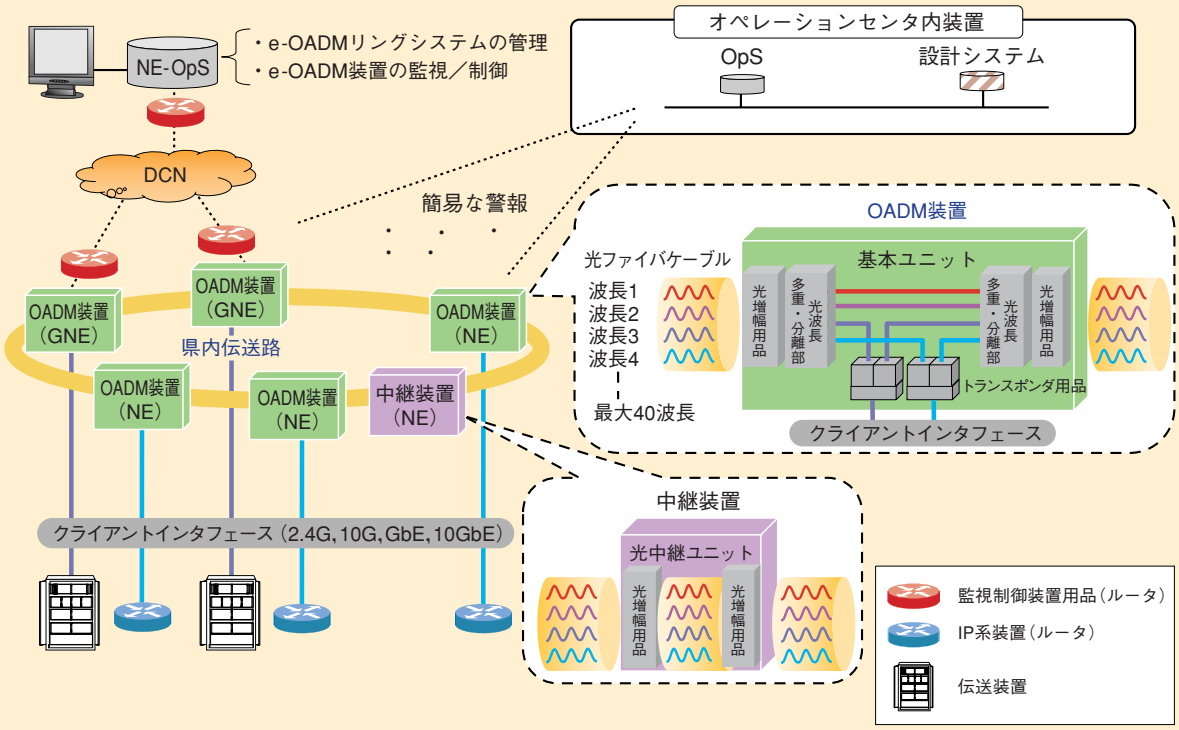

図4　e-OADMのシステム構成

ットワークを構築することができる．

監視制御装置から監視可能な装置数は，既存WDM形光伝送装置の2倍程度（400または500台）に拡張した．レベル等化機能[*13]を併せもつ装置を適切に配置することで，波長間のレベル偏差を適切な範囲に調整し，一括増幅することにより，十分な信号品質を確保している．これにより，長スパン化（中継距離：105km）を実現し，再生中継（3R）装置数の低減を実現している（**図5**）．

本装置における冗長構成は，UPSR（Uni-directional Path Switched Ring）切替方式を採用し，切替時間は50ms以下である．多重トランスポンダにおいては，クライアントイ

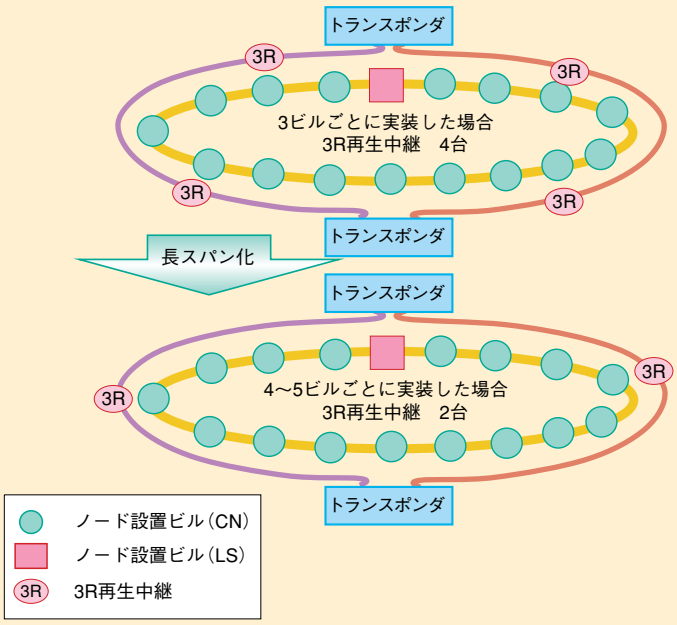

図5　長スパン化による3R再生中継の削減

＊12 **ITU-T勧告G.653**：ITU-Tによる光ファイバの構造標準化勧告の中で，分散シフトシングルモード型についての勧告を指す．主な特徴として1,310nm帯よりも伝送損失が低い1,550nm帯を零分散波長とし，より長距離伝送を可能としたもの．

＊13 **レベル等化機能**：トランスポンダから波長多重分離部に入力した光のレベルがバラついた状態で，波長多重した光を一括で増幅すると，もともとレベルの低かった光波長の信号が十分に増幅できないため，増幅する前の段階で光レベルを基準値に合わせること．

ンタフェースごとに独立した切替えができる．

5. あとがき

県内伝送路網向けのe-OADM形光伝送装置を開発・導入することで，設置スペースや消費電力量の制限を解消するとともに，ランニングコストの低減を可能とした．

本装置は，2008年7月より順次導入されており，光心線[＊14]の有効活用を実現するとともに，ダークファイバ[＊15]使用料削減に伴う経済効果の向上を可能とした．

将来的にLTEや4G導入によるエントランス伝送路の大容量化のニーズに対応すべく，10GbEのインタフェースも具備している．

本装置において，各ノードビル間の論理パスは任意に構築が可能となるが，LTEの基地局については，基地局間通信を行うため，基地局間をメッシュ状のパスで接続する必要がある．これについては，開発中のイーサネット伝送装置（仮称）によって実現する予定である．

文　献

[1] 松本，ほか：“光バックボーンネットワーク向けWDM装置の開発，”本誌，Vol.11, No.3, pp.48-54, Oct.2003.

＊14 **光心線**：光ファイバケーブルの中の1本の線．

＊15 **ダークファイバ**：電気通信事業者などが敷設している光ファイバのうち，その事業者などが使用せず空いている線．