

経済的なエントランス 光伝送路構築に向けた 小型 WDM 装置の開発

エントランス伝送路の大容量化，IP化に向けた光化をより経済的に実現するため，波長分割多重技術を適用した小型 WDM 装置を開発した。

よねざわ ともひろ	おかむら よしのり
米澤 智洋	岡村 義徳
いしぐろ つぐお	いいた たつや
石黒 嗣雄	飯田 達哉

1. まえがき

波長分割多重（WDM：Wavelength Division Multiplexing）は，波長の異なる複数の光信号を同時に利用することで，光ファイバを多重利用する方式である。

ドコモでは全国中継光伝送路への適用を目的として，40波長に対応する装置が商用導入されている。本装置は，交換機相互間の大容量トラフィックの伝送を対象としていることから，伝送容量・装置サイズ・コストなどの面でエントランス伝送路への適用は困難であった。エントランス伝送路への適用要件として，以下の3点を挙げるができる。

- ・装置コストの低減によるイニシャルコストの経済化
- ・光ファイバ心線の有効活用によるランニングコストの経済化
- ・基地局への設置スペースを考慮した装置の小型化

これらの要件を満たすために，WDM技術の1つである低密度波長分割多重（CWDM：Coarse Wavelength Division Multiplexing）方式を採用し，電気駆動部を必要としないパッシブな光フィルタと組み合わせることが有効であることから，同技術を採用した小型 WDM 装置を開発した。

本稿では，開発した小型 WDM 装置の概要，機能ならびにネットワークポロジについて述べる。

2. 光伝送路の構築

2.1 中継光伝送路

中継光伝送路として、すでに導入している WDM および 光分岐挿入多重 (OADM : Optical Add Drop Multiplexing)^{*1} 装置を用いて、県間を跨ぐ大規模な光基盤を構築している。WDM は Point-to-Point 対地を、OADM はリング状 対地を結び、必要な波長を分岐挿入することで、一対 (2 心) のファイバで効率的かつ経済的に光伝送路基盤を構築している[1]。

2.2 エントランス光伝送路

エントランス伝送路はマイクロエントランスおよび専用線による構築が主体であったが、現行のマイクロ方式では実現が困難なさらなる大容量化および IP 化の実現に向け、光化が求められている。光化により、装置コストの低減・大容量化によるビット単価の低減が図れるため、光ファイバ基盤を確保できるエリアについては経済的な構築が可能となる。また、近年の基地局数増大に伴い、光ファイバの心線有効活用が求められている。

心線の有効活用方法の1つとして、WDM 技術を用いる方式がある。エントランス光伝送路は、無線アクセスネットワーク (RAN : Radio Access Network)^{*2} を支える基盤であるとともに、面的にエリアをカバーする必要があるため、導入設備数が非常に多くなることから、経済化が要求条件となる[2]。また、基地局とともに設置されるため、小型かつ低消費電力の装置が要求される。逆に、求められる伝送距離や多重度は中継光伝送路に比べて緩和される。これらの要求条件を満たすには、既存の WDM 装置および OADM 装置とは抜本的に異なる装置を開発する必要があった。

3. WDM 技術

3.1 DWDM

高密度波長分割多重 (DWDM : Dense Wavelength Division Multiplexing) 方式とは ITU-T 勧告 G.694.1 にて規定される波長間隔 (波長周波数 12.5 ~ 100GHz) の光を多重伝送する方式である。

本方式では波長を高密度に多重し、信号劣化せずに伝送するため、温度制御、波長安定化制御、アレイ形導波路格子 (AWG : Arrayed Waveguide Grating)^{*3} を用いた波長フィルタおよびエルビウム添加光増幅 (EDFA : Erbium-Doped Fiber Amplifiers)^{*4} 技術などを用いた光増幅を必要とする。

3.2 CWDM

CWDM とは ITU-T 勧告 G.694.2[3] にて規定される波長間隔の光を多重伝送する方式である。G.694.2 にて規定されている波長間隔は 20nm、波長ごとのスペクトラム幅は 13nm 程度となっている (図1)[4]。この方式は、DWDM と比較して波長数は少なく、光源に精度の高い温度調整機能を持つ素子や波長安定化制御などを必要としない。このため、比較的経済的な装置実現を可能とする。

4. 小型 WDM 装置概要

4.1 装置構成および機能

小型 WDM 装置は、センタ装置、ローカル装置、光分岐挿入フィルタがあり、センタ装置は光分岐挿入フィルタを介して、最大 4 つのローカル装置と接続すること、センタ装置どうして対向することが可能である。各装置間は 1 心の光ファイバにて接続され、前者は Linear 型、Star 型、後者は Point-to-Point 型ネットワークトポロジを構成する。具体的な構成を図 2 に示す。Linear 型は光ファイバルート

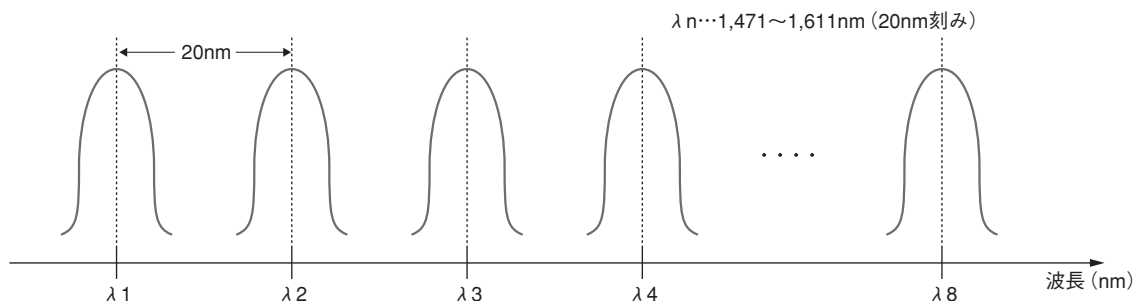


図1 小型 WDM 装置で用いる CWDM 波長

*1 光分岐挿入多重：WDM で多重された複数波長のうち、任意波長の光を任意地点にて分岐挿入する方式。
*2 無線アクセスネットワーク：コアネットワークと移動端末の間に位置する、無線基地局および無線回線制御装置などで構成されるネットワーク。

*3 アレイ形導波路格子：平面光回路を用いて、複数波長の光を合分波するためのデバイス。
*4 エルビウム添加光増幅：高利得・低雑音の光アンプとして一般的に用いられている。光ファイバコアにエルビウムを添加したファイバに誘導放出を起こすことで、ファイバ内を光が通るだけで光を増幅させることができる。

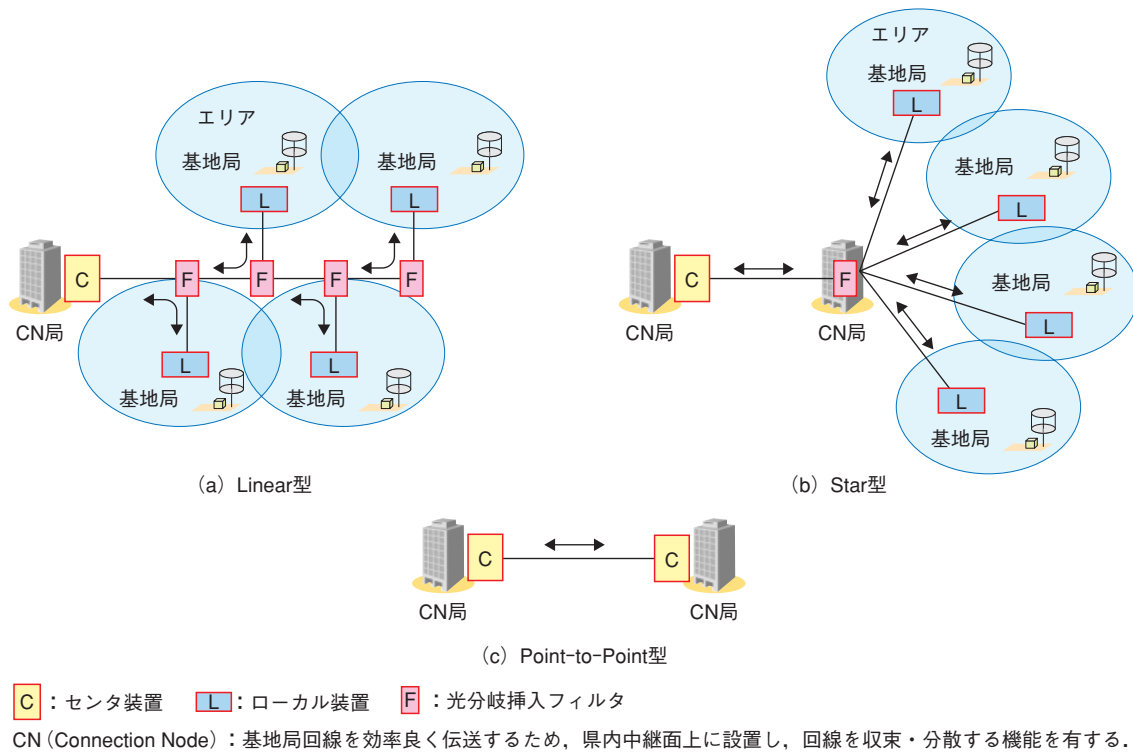
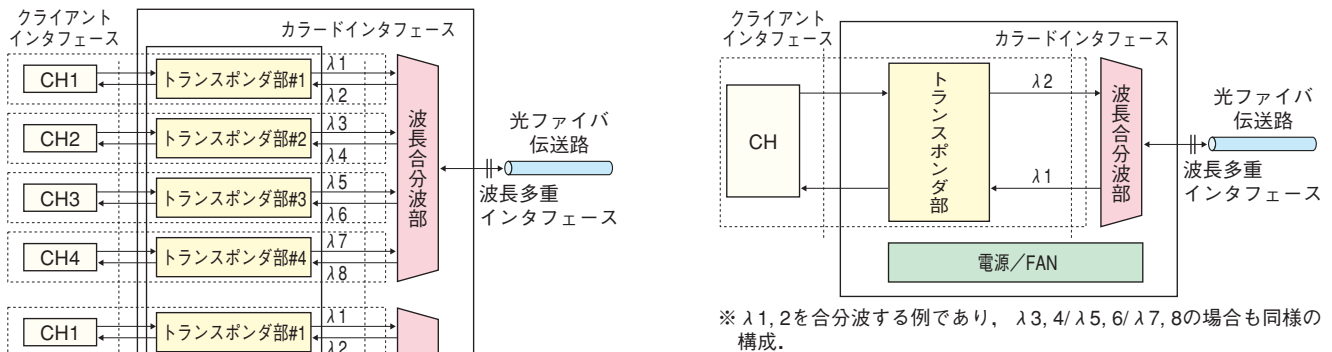
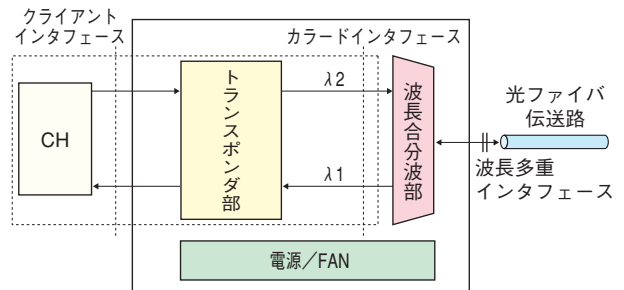


図2 小型WDM装置によるネットワークポロジ



カラードインタフェース：WDM用の光波長信号を
入出力する光インタフェース。

図3 センタ装置



※ λ1, 2を合分波する例であり、λ3, 4/λ5, 6/λ7, 8の場合も同様の構成。

図4 ローカル装置

上を連続的にエリア化する際に有効であり、Star型は任意の地点から放射状にエリア化するのに有効である。

センタ装置は送受8波長をキャリアとした4チャンネルを、ローカル装置は送受2波長をキャリアとした1チャンネルを伝送する(図3, 4)。光分岐挿入フィルタは光ファイバ伝送路区間にて任意の送受2波長を分岐挿入する(図5)。特にLinear型光分岐挿入フィルタは、図6に示すフィルタ特性を持ち、必要とする波長のみ分岐挿入し、それ以外の波

長を通過させている。

また、クライアントインタフェースとして、同期デジタルハイアラキー (SDH: Synchronous Digital Hierarchy)^{*5}/SONET (Synchronous Optical Network)^{*6} (150Mbit/s, 600Mbit/s, 2.4Gbit/s), 従属同期デジタルハイアラキー (PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy)^{*7} (1.5Mbit/s), イーサネット (10Base-T/100Base-TX, 1000Base-SX/LX) を有する。

また、今後の基地局構築状況を加味し、PDC回線、FOMA回線を併設しつつ、ネットワークのIP化を実現するため、150Mbit/s, 1.5Mbit/s, 10Base-T/100Base-TXを1チャンネルにて多重するトランスポンダ (以下、多重トランスポンダ) を開発した。図7に示すように、STM-4 (Synchronous Transfer Mode-4)^{*8} フレームの個々のVC-4 (Virtual Container-4)^{*9} に主信号を挿入することで3つの異なる種類の信号を伝送可能としている。

4.2 リモート監視機能

本装置は主信号に監視信号を付加することで、リモート監視を可能としている。Linear型構成, Star型構成においてはセンタ装置から対向のローカル装置を、Point-to-Point型構成においてはセンタ装置から対向のセンタ装置をリモート監視する。図8に示すように、監視信号はOTN (Optical Transport Network)^{*10} を用い、主信号フレームのオーバーヘッドに挿入することで実現している [5]。

4.3 装置構造

センタ装置は19インチラック搭載とし、1つの筐体に2つのシステムが実装可能である。ローカル装置は基地局装

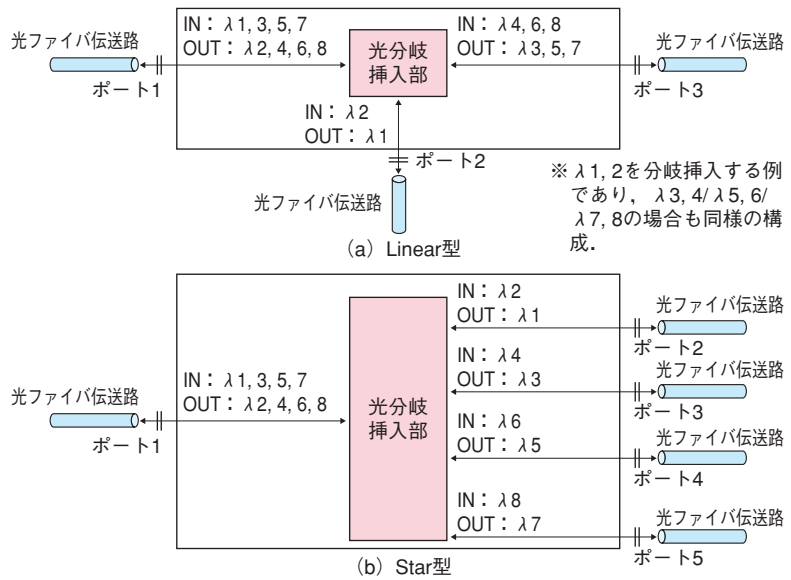


図5 光分岐挿入フィルタ

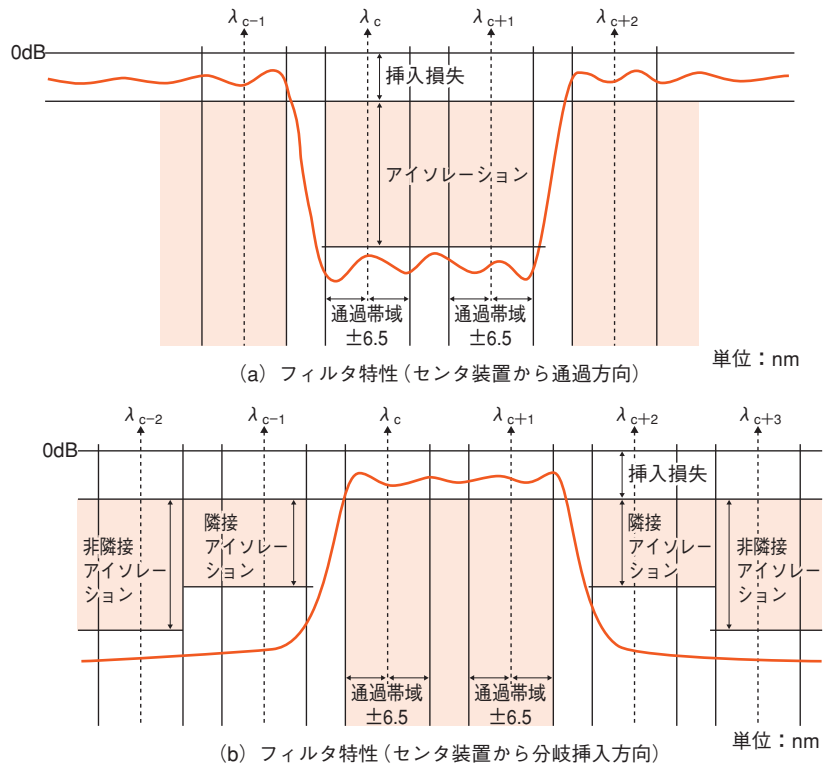


図6 Linear型光分岐挿入フィルタのフィルタ特性
アイソレーション: 信号分離特性。順方向に進む光に対して、逆方向に進む光をどの程度阻止できるかを表す量。

図6 Linear型光分岐挿入フィルタのフィルタ特性

置と併設置されることから、簡易基地局電源箱に収容可能なサイズにて実現した (写真1)。センタ装置とローカル

*5 同期デジタルハイアラキー: CCITT (現ITU-T) にて標準化された、ファイバを介した光信号による転送の速度およびフォーマットについての国際規格。155.52Mbit/sを基本とする。
*6 SONET: 主に北米で使用されている光ファイバを用いた高速デジタル通信方式。51.84Mbit/sを基本とし、高次群ではSDHとの互換性を持つ。

*7 従属同期デジタルハイアラキー: SDHによって統一される前のデジタル同期網。
*8 STM-4: SDHの第4ハイアラキーで622.080Mbit/sの伝送速度を表す。
*9 VC-4: 低速情報を含む各種の情報が多重化できるように規格化されたSDHの多重単位で、150.336Mbit/sのビットレートのもの。

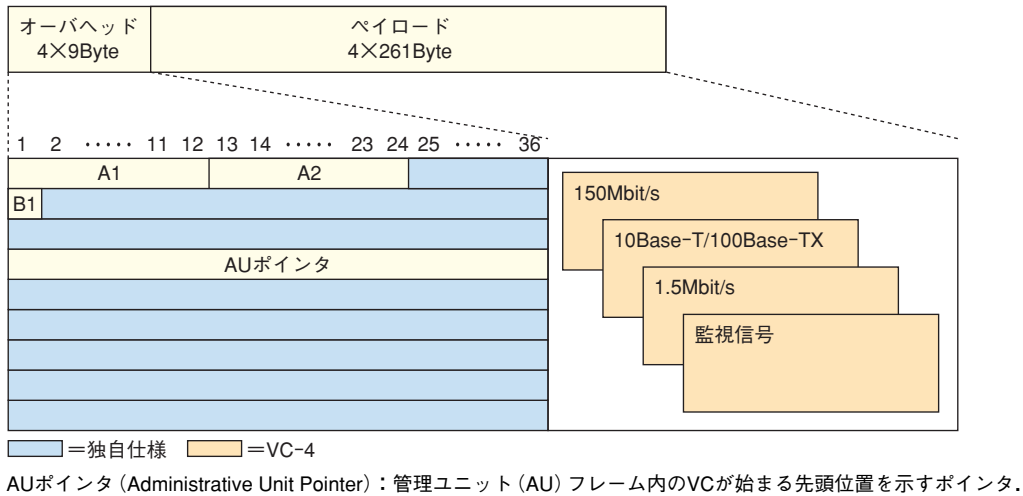


図7 多重トランスポンダのSTM-4フレーム構成

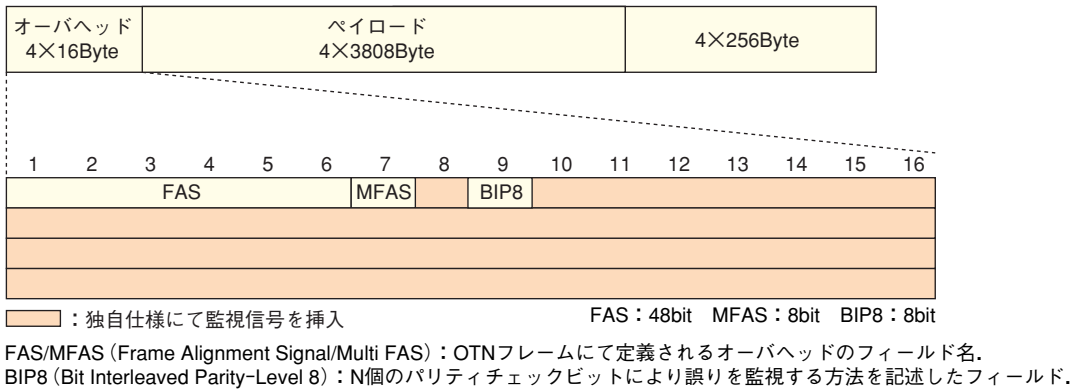


図8 OTNフレーム構成

装置の基本仕様を表1に示す。

光分岐挿入フィルタはビル設置を目的としたLinear型、Star型および架空や地中のクロージャ^{*11}内設置を目的としたLinear型の3種類を実現した。基本仕様を表2に示す。

4.4 装置性能

エントランス光伝送路に求められる伝送距離は中継光伝送路よりは長遠でないこともあり、本装置は伝送区間損失25dBを実現した。これは、理論的には80km程度の光ファイバ区間を伝送可能とする性能である。Linear型構成、Star型構成においてはフィルタの通過損失も加味したうえ、End-to-Endでの伝送区間損失の合計で前述の性能を満たすことができる。



写真1 ローカル装置

*10 OTN : ペイロードバイトの情報信号のみならず、オーバーヘッドバイトに含まれる制御信号もそのまま伝送することが可能な方式。
*11 クロージャ : 光ファイバケーブルの心線接続部を自然環境において長期的に保護するもので、架空用・地中用に大別される。

表1 センタ装置, ローカル装置基本仕様

装置種別	センタ装置	ローカル装置
最大消費電力	250W以下	25W以下
装置サイズ	430 (W) × 500 (D) × 132 (H) mm (取付金具を除く)	210 (W) × 383 (D) × 66 (H) mm (ゴム足を除く ※ゴム足高さ: 24mm)
クライアント インタフェース	STM (150Mbit/s, 600Mbit/s, 2.4Gbit/s), PDH (1.5Mbit/s), イーサネット (10Base-T/100Base- TX 1000Base-SX/LX)	STM (150Mbit/s, 600Mbit/s), PDH (1.5Mbit/s), イーサネット (10Base-T/100Base-TX 1000Base-SX/LX)

表2 光分岐挿入フィルタ基本仕様

装置種別	Linear型 (筐体あり)	Linear型 (筐体なし)	Star型
温度環境条件(相対湿度範囲)	0 ~ 50 °C (5 ~ 95 %)	- 20 ~ 70 °C (0 ~ 100 %)	0 ~ 50 °C (5 ~ 95 %)
装置サイズ	42 (W) × 200 (D) × 76 (H) mm (コネクタ, ねじ山を除く)	40 (D) mm, 5.5 (Φ) mm (素線部分を除く)	42 (W) × 200 (D) × 76 (H) mm (コネクタ, ねじ山を除く)

5. あとがき

WDM技術の中でもCWDMを適用した小型WDM装置を開発した。これにより、光ファイバ心線の有効活用を実現するとともに、ダークファイバ^{*12}使用料削減に伴う経済効果を挙げることを可能とした。また、All-IP化に向けたRANのIP化にも適用を可能としている。

将来的には、HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) から Super 3G, さらには4Gに向けてエントランス伝送路の容量は飛躍的な拡大が想定されることから、10Gbit/sインタフェースの追加も視野に入れ機能拡充を検討していく。

- [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.
- [2] 超高速フットニックネットワーク開発推進協議会編: “フットニックネットワーク革命,” 超高速フットニックネットワーク開発推進協議会, p. 72, 2002.
- [3] ITU-T Recommendation G.694.2: “Spectral grids for WDM applications: CWDM wavelength grid.”
- [4] TTC 標準 JT-694.2: “WDM用途のスペクトル・グリッド: CWDM波長グリッド.”
- [5] ITU-T Recommendation G.709: “Interfaces for the Optical Transport Network (OTN).”
- [6] 河西 宏之, 横 一光, 辻 久雄, 上田 裕巳: “SDH/SONET伝送方式,” オーム社, 2001.

文 献

*12 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。