

4-2 AOTF を用いた遠隔波長パス設定可能な光ゲートウェイ

4-2 Compact Photonic Gateway with AOTF for Remotely Controlling λ -Paths

中川剛二 吉田節生 甲斐雄高 尾中 寛

NAKAGAWA Goji, YOSHIDA Setsuo, KAI Yutaka, and ONAKA Hiroshi

要旨

メトロアクセス・エンタプライズ系のネットワークでは、日単位、時間単位で広帯域な波長パスを占有し、大容量データ転送を行うデータセンタ間接続や大容量コンテンツの配信を行うネットワークが必要となる。これらを実現するためには、遠隔制御で所望の接続経路を波長単位で設定可能な装置が求められている。今回、メトロアクセスネットワーク向けに各地点間をオンデマンドで迅速、柔軟に波長パス接続設定が可能な光ゲートウェイを提案、試作し、監視制御端末による波長パス設定の基本動作を確認した。本ゲートウェイは、波長制御デバイスとして AOTF 型波長可変フィルタを適用し、簡易構成、小型、低コストで高速に波長パス設定が可能となる。プロトタイプ機による検証実験では 0.25 ms の高速波長設定が可能であること、簡易構成で小型に実現可能であることを確認した。

Metro access networks require dynamic provisioning of high-capacity links to achieve bandwidth-on-demand because of frequent changes in data services and capacity to the users. We proposed a photonic gateway using Acousto-Optic Tunable Filters for Metro access that provides flexible and rapid any node-to-node connections via the wavelength path with a simple configuration, low cost, and compactness. We developed a prototype and confirmed that using the gateway flexibly establishes connections between any nodes at wavelength path switching speeds of 0.25 ms.

【キーワード】

メトロアクセス, WDM, OADM, 波長可変フィルタ, 波長パス

Metro-Access network, WDM, OADM, Optical tunable filter, Wavelength path

1 まえがき

近年、企業ネットワーク向けのギガビット・イーサネットや 10 ギガビット・イーサネットを用いた広帯域専用線サービスが開始されている。家庭においても ADSL や FTTH などの高速インターネット環境が整備されつつあり、さらに、多様な事業者が様々なサービスを提供できる環境が整いつつある。これらのため、ユーザに近いメトロアクセスネットワークのデータ転送容量は急拡大している。波長多重(WDM)伝送システムは、波長の数に比例した伝送容量の増大が可能であり、これまでは都市間を接続する幹線網への導入が中

心であったが、最近では、メトロアクセス領域への導入も進んでいる。

メトロアクセスネットワークでは、サービス内容の変更や通信拠点の移設、増設などによるデータ転送需要の変動が幹線網に比べて非常に大きいため、接続経路を柔軟に変更させる必要がある。また、地域に分散したサーバ、ストレージ等の IT 資源をオンデマンドで提供し利用するユーティリティコンピューティングへの対応も重要になると考えられる。これらのため本領域のネットワークでは、広帯域パスの提供とともにそのパスの増減設、柔軟な経路変更が可能となるネットワークが必須となる。しかし、従来のメトロアクセス向け

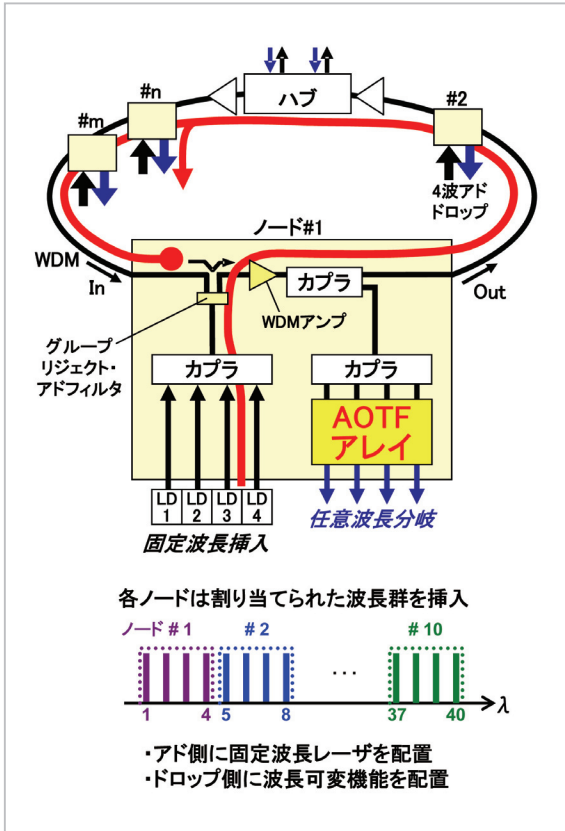


図2 光ゲートウェイノード構成

続設定可能となる。また、複数のノードで同一波長を AOTF により選択することで波長レベルのマルチキャスト、ブロードキャストが可能となる。

2.3 試作したプロトタイプノードの構成

上記に提案した構成のノードの試作を行った。

本装置では、WDM 信号光、挿入光及び分岐光を一つの WDM アンプで一括増幅する構成をと

り、挿入光専用の光アンプは用いないことで低コスト化を図りつつ、伝送距離の長距離化を実現している。1 リング内の装置総数は最大 10 装置、伝送距離は 200 km で、伝送波長数は最大 40 波 (100 GHz 間隔) である。

装置外観を図 3 に示す。1 ラックのサイズは幅 19 インチ、高さ 2U (88 mm) と通常のオフィス環境にも設置可能なサイズを実現した。また、監視制御端末から SNMP (Simple Network Management Protocol) により、パス設定等の遠隔制御や、伝送路断線等に対する常時遠隔監視を行うことが可能である。更に本装置は OUPSR (Optical Unidirectional Path Switched Ring) による冗長構成 (切替時間 3 ms) を備え、現用/予備に対応する 2 系統の光ゲートウェイを一つの装置内に有している [4]。

2.4 光ゲートウェイノードシステムの動作検証

試作した光ゲートウェイを用いてネットワークテストベッドを構築した (図 4)。この系は 3 ノード 180 km の 2 ファイバリング構成となっている。

図 5 にネットワーク監視制御端末からの設定により、40 波の WDM 入力信号 (図 5 上段) から任意の 1 波 (Ch.23) を選択分岐した状態を示す。伝送距離 200 km で選択波長 (図 5 下段) に 27 dB 以上のクロストーク比が確保されていることが分かる。

本ゲートウェイによる波長パス設定速度を図 6 に示す。波長選択状態から、所望の別波長を選択するためサーチ処理を行った後、新しい波長を選

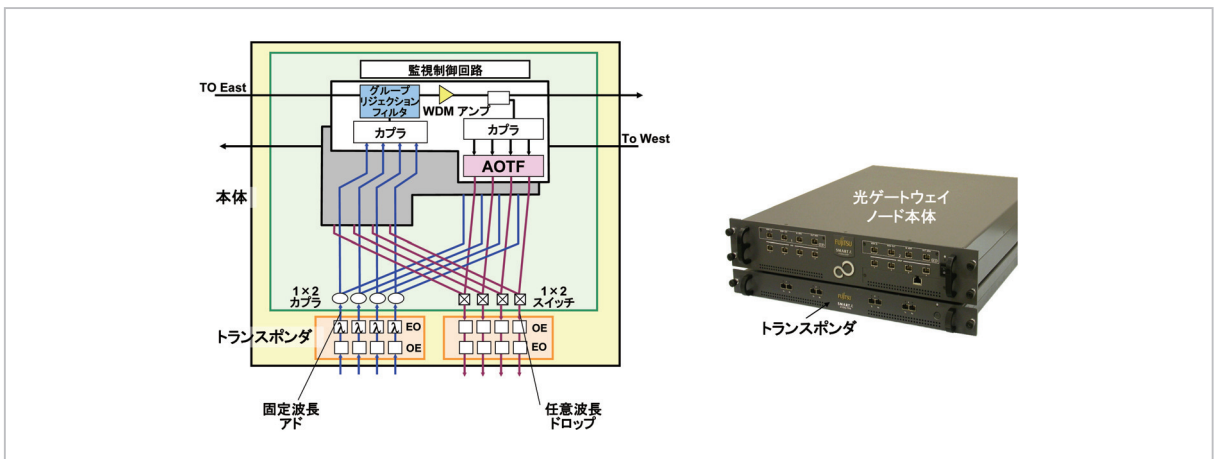


図3 試作したノードの外観



図4 光ゲートウェイを用いたネットワークテストベッド

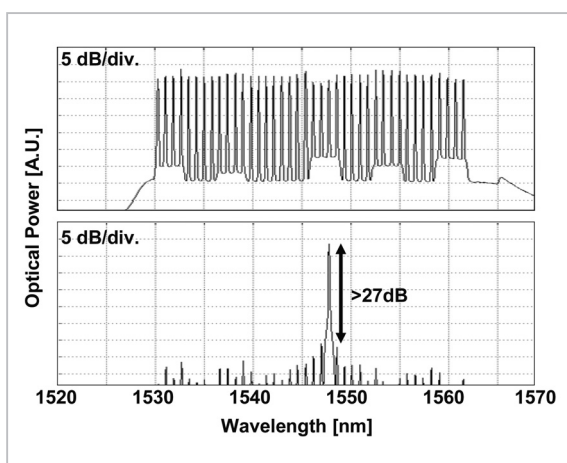


図5 上段：WDM入力信号
下段：選択分岐光

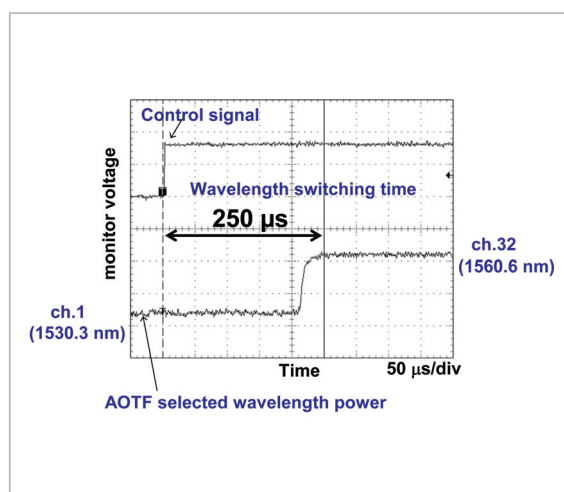


図6 波長パス設定速度

択するまで 0.25 ms で完了する高速波長選択を実現した [5]。光源の波長揺らぎがあった場合でも、波長サーチ処理により、所望波長の検出が可能であり、選択後に波長が変動した場合でも、常に波長追従するトラッキング動作を確認した。また、4ポート同時にトラッキング制御した場合でも、1ポート選択時と同等の高速性が得られた。

2.5 AOTF サブシステム

最後に、本ゲートウェイノードのコア技術である AOTF 及び AOTF サブシステムについて触れておく。

AOTF は RF 制御信号周波数と選択波長が対応し、RF 周波数を変化させることで任意波長を

容易に選択可能である。しかし、温度、環境変化、送信光源の波長ドリフト等で選択波長が AOTF 透過帯域から外れる可能性がある。また、AOTF の高速波長選択特性を十分に生かすには、RF 駆動回路の高速周波数切替えを実現する必要がある。AOTF の特長を最大限に生かし、実フィールドでの安定動作のためには、選択開始時の高速 RF 周波数切替え、所望波長サーチ、選択後の RF 周波数トラッキング制御が必要である。

本ゲートウェイには、上記の制御を実現するための、温度制御回路、モニタ回路、演算制御回路、RF 駆動回路を 4 チャンネル集積型 AOTF モジュールの直近に集約した AOTF サブシステムを別途開発し、搭載している。構成を図 7 に示す。

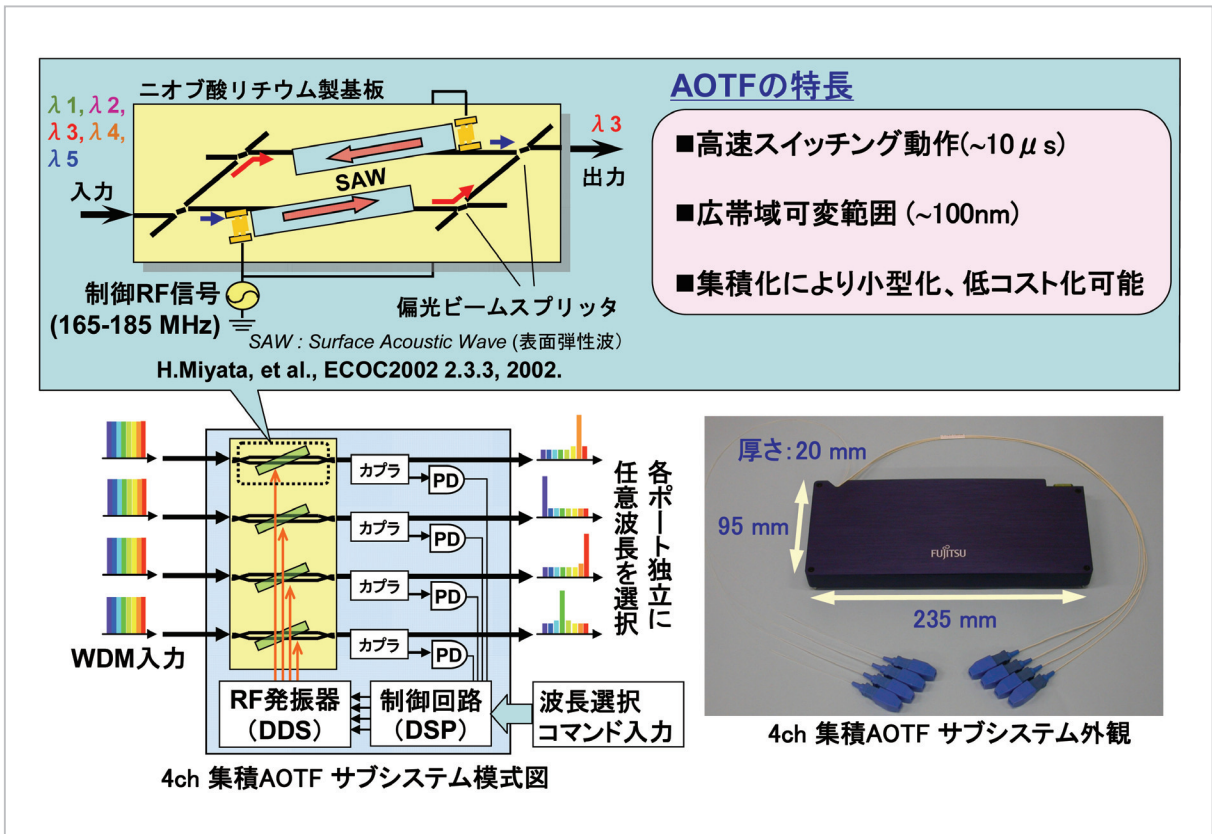


図7 AOTF サブシステム構成

AOTF からの各選択光は光カプラで分岐し、PD でモニタしている。PD モニタ値を基に演算制御回路で最適 RF 周波数を算出し、RF 駆動回路を介して AOTF を制御する。RF 駆動回路は、高速周波数切替え可能な Direct Digital Synthesizer (DDS) を適用した回路を開発した。本駆動回路は回路構成、実装最適化により 400 ns 以下の RF 信号切替え速度を実現している [6]。制御演算回路は DSP、FPGA を搭載した高速演算制御回路を開発した。これら回路とファームウェアとを組み合わせ、選択時の高速波長サーチ、選択後の AOTF 透過ピークと信号波長を一致させるトラッキング制御を実現した。また、監視制御のため入出力部の光パワーレベル、内部温度、各種アラーム情報を外部で監視する機能も搭載している。本サブシステムは外部から RS-232C 経由でコマンドを入力することにより、WDM 信号の中から任意の 4 波長を独立して同時に選択することが可能である。

3 むすび

今回 AOTF の適用により、小型、低コストで、オンデマンドで各地点間に柔軟な波長パスの設定が可能でかつ、伝送距離 200 km、OUPSR 冗長を装備したメトロアクセスネットワーク向け光ゲートウェイ装置を提案・試作し、監視制御端末を用いた遠隔制御による波長パス設定の基本動作を確認した。また、プロトタイプ機による検証実験では 0.25 ms の高速波長設定が可能であることを検証した。

本報告の一部は独立行政法人情報通信研究機構 (NICT)「フォトリックネットワークに関する光アクセス網高速広帯域通信技術の研究開発」の委託研究によるものである。

参考文献

- 1 T.Nakazawa, M.Doi, S.Taniguchi, Y.Takasu, and M.Seino, "Ti:LiNbO3 AOTF for 0.8 nm Channel- Spaced WDM", Technical Digest of OFC98, PD1, San Jose, California, USA, Feb. 1998.
- 2 H.Miyata, S.Aoki, T.Nakazawa, and H.Onaka, "AOTF with low loss and low crosstalk for 100-GHz channel spacing WDM systems", Proc. 28th European Conf. on Opt. Commun., No.2.3.3, Copenhagen, Denmark, Sep. 2002.
- 3 H.Miyata, Y.Kaito, Y.Kai, H.Onaka, T.Nakazawa, M.Doi, M.Seino, T.Chikama, Y.Kotaki, K.Wakao, M.Komiyama, T.Kunikane, H.Yonetani, and Y.Sakai, "Fully dynamic and reconfigurable optical Add/Drop multiplexer on 0.8 nm channel spacing using AOTF and 32-wave tunable LD module", OFC2000, PD40-1, 2000.
- 4 吉田節生, 瀧田裕, 曾根恭介, 青木泰彦, 甲斐雄高, 宮崎啓二, 上野智弘, 野口雅司, 中川剛二, 宮田宏志, 宮田英之, 木下進, 尾中寛, "AOTFを用いた遠隔波長パス設定可能な光ゲートウェイの開発", 2006年信学会総大, B-10-28, 2006.
- 5 Y.Kai, K.Sone, T.Ueno, M.Noguchi, H.Miyata, T.Nakazawa, H.Miyata, and H.Onaka, "Photonic Gateway with ms-order Wavelength Path Control for Metro Access Networks", ECOC2003, We3.4.4, 2003.
- 6 野口雅司, 甲斐雄高, 上野智弘, 宮田英之, 尾中 寛, "音響光学型チューナブルフィルタ(AOTF)制御の高速化", 2002年信学通信ソ大, B-10-40, 2002.

なかがわこうじ
中川剛二

株式会社富士通研究所
フォトニックネットワークの研究

よしだせつお
吉田節生

株式会社富士通研究所
フォトニックネットワークの研究

かいゆうたか
甲斐雄高

株式会社富士通研究所
フォトニックネットワークの研究

おなかひろし
尾中 寛

株式会社富士通研究所
フォトニックネットワークの研究