

INTERNET

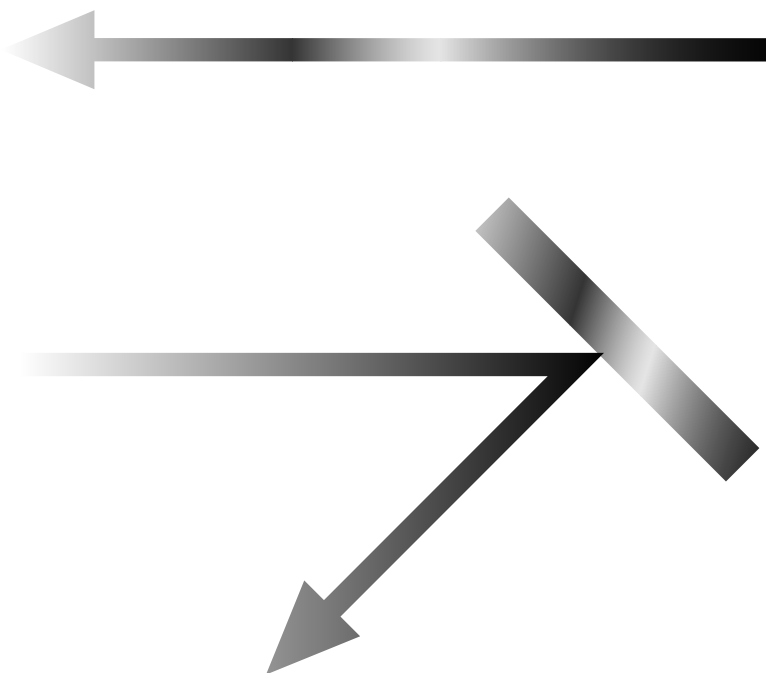
● インターネット最新テクノロジー : 第41回

大容量情報を運ぶ光波を交通整理する

光クロスコネクト技術

近頃、インターネット利用者の増加だけでなく、利用できるアクセス網のブロードバンド化(広帯域化)が著しい。これに対応してインターネットのバックボーンネットワークでも大量のデータを効率よく運ぶことが求められている。これを解決する技術が、2地点間に大容量の通信路を実現するDWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing: 高密度波長分割多重)技術であり、複数地点からWDM伝送路で集まってくる光波を交通整理する光クロスコネクト技術である。

外山 勝保 インターネットマルチフィード(株)



インターネットのブロードバンド化

このところのインターネット利用者の増加は目覚ましい。利用者が増加することでインターネットを新たなビジネス基盤として多彩なサービス呼び込み、それが利用者を増加させる好循環が生まれている。そして足回りであるインターネット接続サービスも充実しはじめた。64kbpsのフレッツ・ISDNだけでなく、384kbps、512kbpsといったISDNの数倍の容量を持つCATVインターネットサービスやADSLサービスなど、アクセス網のブロードバンド化が著しい。また企業のインターネット接続も、かつてOCNエコノミーが火をつけた128kbpsの接続サービスから、現在は1.5Mbpsクラスの専用線接続に移行しはじめている。一方、インターネット利用者が使える帯域の増加にともない、提供されるコンテンツも広帯域を必要とするものが増えてきている。動画などのストリームだけでなく、OSやソフトウェアのアップデートに用いられる巨大なファイルなどもその一例だ。さらに、近頃のITブームのなかインターネットが社会インフラの役割を期待されはじめ、元来「つながらないこともある安価なネットワーク」であったインターネットが、「止らないネットワーク」「安定したネットワーク」であることが求められる状況となっている。

ブロードバンド時代のネットワーク

このようなブロードバンド時代には、まず大量の情報を伝達する通信路が必要とされ、1本の光ファイバーに何本もの波長の違う光を通すことで通信容量を大幅に増やす波長分割多重(WDM)技術が発達してきた。最近では、1つの波長にOC48(2.4Gbps)を乗せ、40波を多重させる装置(約100Gbps)や、1つの波長にOC192(10Gbps)を乗せて16波を多重させる装置(約160Gbps)が出ている。近い将来にはOC192を160波も

多重させる装置が出てくる予定であり、WDM 伝送路がテラビット級となる時代は目前である（図1）。

さて、2地点間を結ぶ通信路だけでなく面としてネットワークを広げていくためには、この通信路を合流・分岐させる仕組みが必要である。たとえば、横浜から名古屋までの通信路を必要とする場合、横浜・名古屋間の直接の通信路がなければ横浜から東京の光波1本と東京から名古屋の光波1本を東京で接続して通信路を構成する。これを実現するノード装置が光クロスコネクタである。

光クロスコネクタとは

光クロスコネクタ装置は、主にメッシュ型ネットワークのノード装置として利用されるものである。入ってくる n 本の光波を、出ていく n 本の光波へと対応付けることが基本機能である（図2）。たとえば、入力側のファイバー-aから来る波長 i の光波を出力側のファイバー-yから出る波長 i の光に対応付ける。WDM 装置により多重度が高まっているためクロスコネクタ装置が扱うべき入出力マトリクス数も大きくなる。

このクロスコネクタ装置の中核をなす技術が光スイッチ技術である。実現方式には、光をいったん電気信号に変換してスイッチングしてから再度光へ戻す電気変換方式（O-E-O：図3）と、純粋に光波のままスイッチングする方式がある。電気変換方式が現状では主流だが、変換の際の遅延、電気処理によるスイッチング能力の限界などのために、今後必要とされる帯域や多重度に対応できないと予想される。このため、電気変換を行うことなく純粋に光のままスイッチングを行う技術が競って開発されている。

大規模な $N \times N$ の光スイッチの実現方式は、微小ミラーを利用する方式と平面光波回路で屈折率を変化させる方式がある。

前者の方式は、微小な鏡の方向を制御して光波の経路を制御する方式である。シリコ

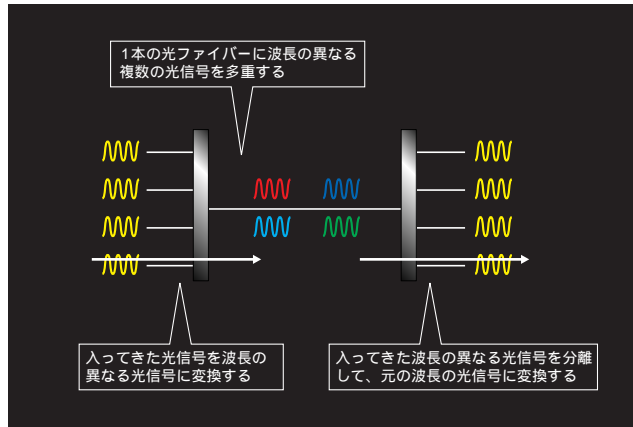


図1 WDM 装置

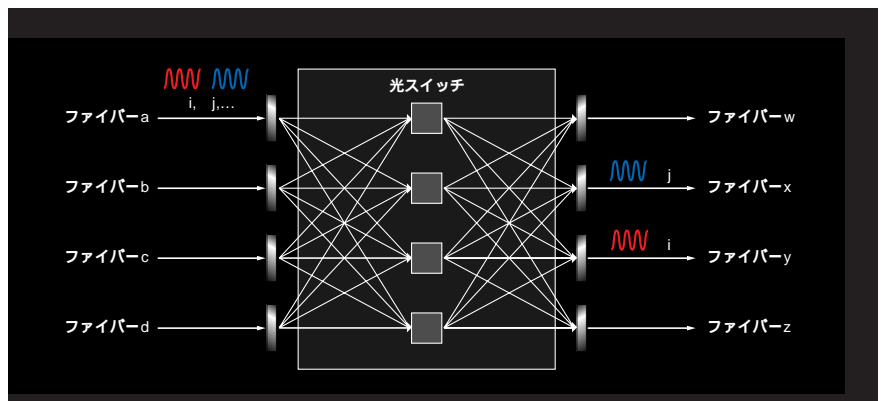


図2 光クロスコネクタの例

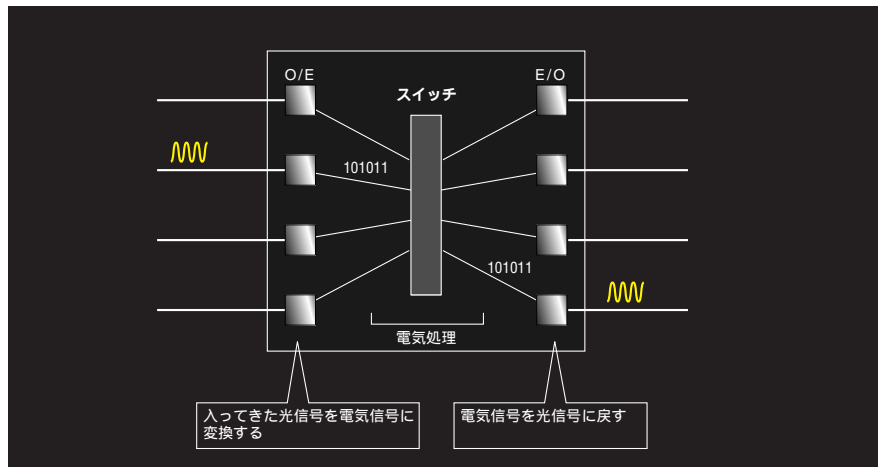


図3 電気変換方式

ン上に前後左右に傾けられる微小な鏡を多数組みこみ、個々の鏡を適切な角度に設定することで入力された光波を目的の出口に向ける方式（MEMS: Micro-Electro-Mechanical System）がある。たとえばLucent社のLambdaRouter **Jump01** に使われているものは、シリコン基板上に直交する2軸をヒンジで支えた微小な鏡を形成し、この鏡を電子制御することで光波を任意の出力へ向けることができる（図4）。この方式は、Nortel社など多数の会社で開発が盛んである。

後者の方式は、平面光波回路（PLC: Planar Lightwave Circuit）上に作った網目状の光導波路の交差部分に屈折率を変化させる仕組みを持たせて光波の経路を制御する。屈折率を変化させる仕組みの例としては、熱を加えて交差部分の温度を変化させることで屈折率を変化させるNEL社 **Jump02** の方法（熱光学スイッチ：図5）や、交差部分に液体を封入して泡の発生で屈折率を変化させるAgilent社 **Jump03** の方法（バブル方式）などがある。

微小ミラー式、平面光波回路方式の場合でも、純粋な光スイッチは光波からみると単に通り返すだけの回路となるため、電気変換方式に比べて消費電力が格段に少ない利点がある。だが光の伝送損失や波長の近い光波同士のクロストークをどう抑えるかなどが

実現上の技術的な課題となる。技術開発競争が激しい分野であるため、どの方式が主流になるかはまだわからない。

Jump01 www.lucent-optical.com/solutions/products/lambdarouter/

Jump02 www.nel-dwdm.com/plc/switch/

Jump03 www.agilent.com/cm/photonicswitch/news/90320-891.pdf

光クロスコネクを使ったネットワーク構成

WDMや光クロスコネクットの光波ネットワークはメッシュ状に構成することができ、そのエッジ部分にIPルーターやATMスイッチを接続する構成となる。エッジにある各機器は光波ネットワーク上で光波による通信路を設定して互いに通信する。

ノード装置である光クロスコネクットが波長を変換しないタイプの場合、通信するエンド・エンド間で同じ波長の光波を使うことになる。このとき、光波がどの波長を使ってどの経路を選択すればよいかを決めるのは非常に複雑な問題である。ネットワークが複雑化してくれば新しい通信路を設計・設定するのに時間もかかるうえ、光波の経路設定によっては割り当てられずに無駄になる波長も出てくる。そのため、ネットワーク全体の効率的な波長割り当てを計算するシステムが必要である。また通信容量の増大だけでなく「安定性」も実現するためには、光波のプロテクション機能を実装する必要がある。すなわち、ある通信路に障害が発生した場合、予備の通信路にすみやかに切りかえる機能である。このとき予備の通信路を事前に設定しておくのではなく、障害時に必要に応じて短時間に迂回路を設定する方法もある。非常時以外は有効にネットワーク資源（波長）を使えるのだが、前述の波長割り当てと同様、障害時に予備通信路を計算して迂回路を決定することも重要な技術的課題である（図6）。

一方、光クロスコネクットに波長を変換する機能を持たせると、エンド・エンド間で同じ

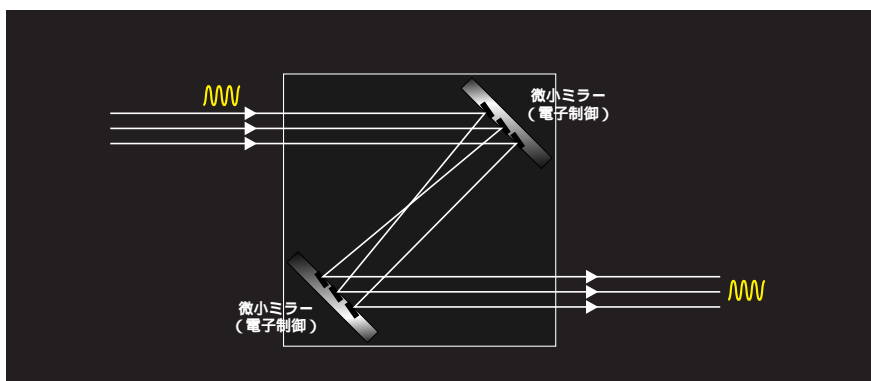
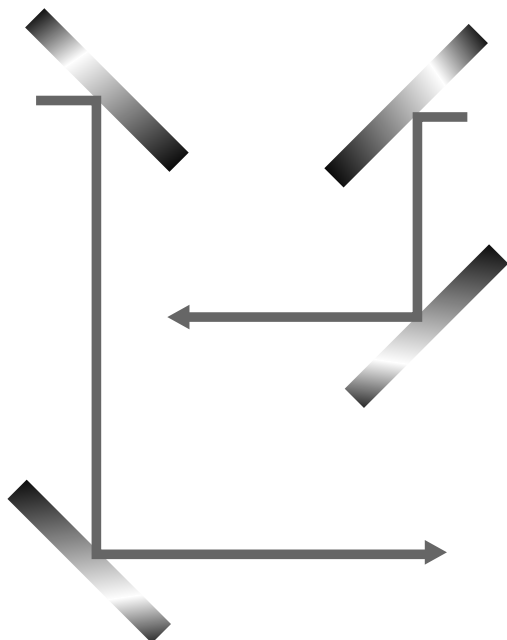


図4 MEMSによるミラー方式

波長の光波を使う必要はなく、光クロスコネク
ト間の通信路（リンク）ごとに違った波長
を使って光ネットワーク内の通信路ができる。
こうした仕組みはATMネットワークにおいて
ATMスイッチ間の通信路ごとに異なるパス識
別子を使ってネットワークを構成するのと似
ており、波長を変換しない方式に比べてリン
ク部分の波長が有効に利用できる。

この場合の光波の経路選択は、ATMネッ
トワークにおけるパスラベルスイッチングに
おけるラベルの付与と似ている。ラベルスイ
ッチングの場合、ラベルスイッチルーター
（LSR）で構築された網で転送されるIPパケ
ットにデータリンク層に依存しないラベルを
付加し、IPアドレスではなくこのラベルを参
照して網内をスイッチングする。この制御の
ためのプロトコルとして、マルチプロコルラ
ベルスイッチング（MPLS）が使われている。
光波ネットワークの場合、LSRに相当するの
が波長変換付きクロスコネクトである。光波
ネットワークのエッジにあるIPルーターから
対向するエッジのIPルーターまで、どの通
信路でどの光波（ ）を使って転送するかをIP
ルーターと光クロスコネクトの間で通信して
決めればよい。俗にMPLambdaS
（Multiprotocol Lambda Switching）と呼
ばれるが、IETFでMPLSを汎用化する検討
のなかで、波長をベースとした光波ネット
ワークも拡張対象の1つとなっている。

光クロスコネクトの実用化状況

電気変換をしない純粋な光処理の光クロス
コネクト製品のアナウンスは、1999年ごろか
ら相次いでいるが、実際に製品として出荷さ
れるのは今年に入ってからというところが多
い。また、当初は遠隔制御が可能なパッチパ
ネル的な機能のみが実装されたものとなっ
ているようである。純粋な光処理の製品で、障
害時の自動迂回機能やネットワーク全体で最
適な波長割り当てを行う管理機能が実装さ
れるのはもう少し時間がかかると予想される。

ブロードバンド時代においては、トラフィ
ックが集中するバックボーンやプロバイダーの
相互接続点（IX）では、大容量に耐え、か
つ安定しているネットワークが必要とされる。
インターネットマルチフィード **Jump04** でも、
光波ネットワークを次世代IXサービスに展開
することを目指して共同実験を開始する予定
だ。この分野で、今後より多くの技術革新が
行われることを期待したい。

Jump04 www.mfeed.co.jp

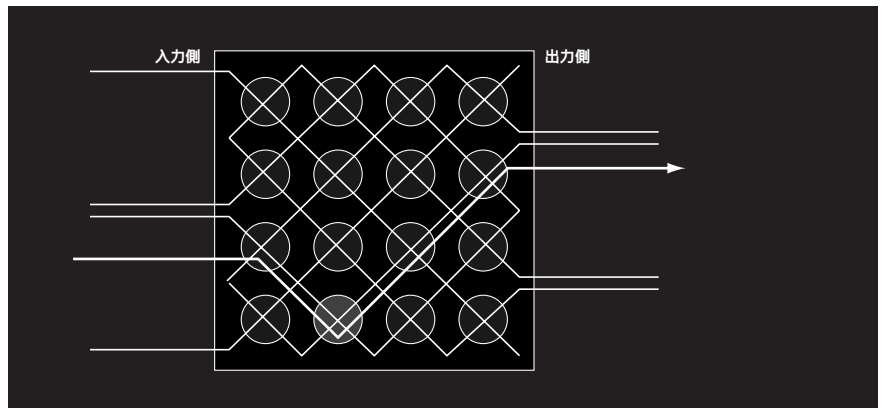


図5 平面光波回路の熱光学スイッチ概念図

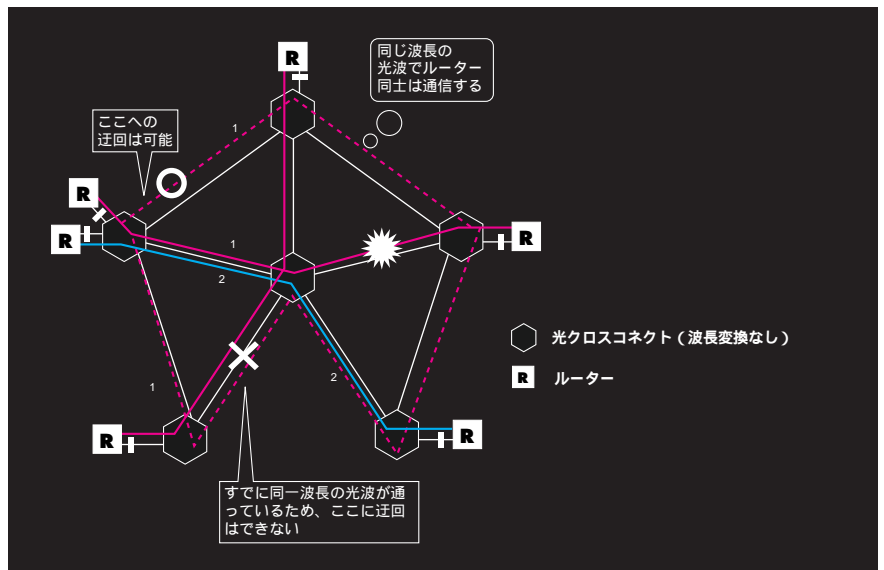


図6 光波ネットワーク



[インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ] ご利用上の注意

このPDFファイルは、株式会社インプレスR&D(株式会社インプレスから分割)が1994年～2006年まで発行した月刊誌『インターネットマガジン』の誌面をPDF化し、「インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ」として以下のウェブサイト「All-in-One INTERNET magazine 2.0」で公開しているものです。

<http://i.impressRD.jp/bn>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、URL、団体・企業名、商品名、価格、プレゼント募集、アンケートなど)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真の撮影者、イラストの作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は収録されていない場合があります。
- このファイルやその内容を改変したり、商用を目的として再利用することはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用する際は、出典として媒体名および月号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレス R&D)、コピーライトなどの情報をご明記ください。
- オリジナルの雑誌の発行時点では、株式会社インプレス R&D(当時は株式会社インプレス)と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めましたが、すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接のおよび間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

このファイルに関するお問い合わせ先

株式会社インプレスR&D

All-in-One INTERNET magazine 編集部

im-info@impress.co.jp