

3 フォトニックネットワークデバイスプロジェクト

光ネットワークの柔軟性向上に不可欠な 光マルチキャストスイッチを高度化・経済化

フォトニックネットワークデバイスプロジェクト（以下、PDP）は、石英系光導波路の光回路設計技術やシリコンフォトニクス技術などを活用し、中長距離系のネットワーク（以下、NW）を支える NW デバイスの開発を行っている。本稿では、光 NW の柔軟性を高めるのに役立つ光マルチキャストスイッチの高度化、小型化による経済化に関する取り組みについて紹介する。

コア・メトロの光 NW を支える ROADM

地域間の通信を支えるコア NW、地域内の通信を支えるメトロ NW では、大容量の信号を効率良く伝送するため、複数の波長の光を多重した WDM（wavelength division multiplexing）信号による通信が行われている。この WDM 信号の送受信には ROADM（reconfigurable optical add/drop multiplexer）という技術が使われており、ROADM によるコア・メトロ NW は図 1 の左に示すようにリング状の NW 構成が基本だ。各ノードでは複数の波長から必要な波長を選択して送受信が行われる。

ROADM により光通信を行うコア・メトロ NW は安定した通信品質を実現しており、ネットワークに要求される需要を先読みして計画的に設備増設や保守を行い運用される。

予測不可能な急激な通信需要変動への対応を実現する CDC-ROADM システム

日本では災害が頻発しており、広範囲にさまざまなインフラが被害を受けることが多い。現在導入されている ROADM システムはこのような災害からの復旧に非

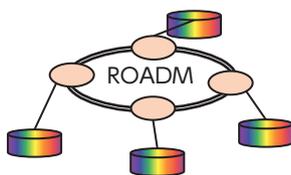


NTT デバイスイノベーションセンター
フォトニックネットワークデバイスプロジェクト
[左から] プロジェクトマネージャ **オ田 隆志**氏
研究員 **柳原 藍**氏
プロジェクトリーダー **鈴木 賢哉**氏

常に有効であるが、次世代のシステムとして期待される CDC-ROADM はその柔軟性の高さから、より効率的な災害復旧に寄与すると考えられている。また、スマートフォンなどの普及によって、通信需要が局在化する現象が発生している。たとえば、野球やサッカーなどのスポーツイベントでは、会場周辺にホットスポットが短時間発生しては消える。このような場合、特定の地域、場所への通信容量を一定時間だけ増加させたい。ホットスポットの発生によって生じる通信容量のボトルネック解消にも CDC-ROADM は役立つと考えられている。

こうした背景から、PDP は通信

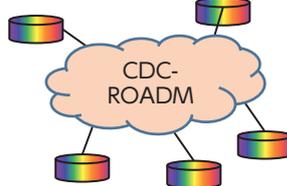
従来型ネットワーク (テレコム型)



需要は緩やかに増加し、計画的な設備増設や保守で対応

十分な事前設計を行うことで、
CDC-ROADMも適用可能

ソフトウェアネットワーク (SDN) (データセンタ型)



予測不可能な急激な需要変化に対して、
ソフト的にネットワーク構成を最適化

リソースの有効活用には
CDC-ROADMが必要

図 1 光 NW の柔軟性を最大化する CDC-ROADM

需要の急激な変化にも対応できる、柔軟性の高い光 NW の実現に貢献することを目的とした NW デバイス開発に取り組んでいる。

光 NW の柔軟性向上に適した CDC-ROADM

光 NW の柔軟性を高めるためには、リング状の NW 構成をデータセンターのようなメッシュ状の NW 構成 (図 1 の右) へ変更し、SDN (Software Defined Network) のような技術を活用して NW を自動制御することが好ましい。この考え方をコア・メトロの光 NW に当てはめるには、CDC-ROADM という技術が適しているとして、鈴木氏はその理由を次のように述べている。

「ROADM システムでは、WSS (Wavelength Selective Switch) という、波長を選択するスイッチを使います。CDC-ROADM システムでは WSS に加えて、マルチキャストスイッチ (MCS) と呼ばれるスイッチデバイスを追加することで、任意の波長信号の光送受信器を、任意の方向の信号伝送に、制約なく使うことができます。これが CDC (C: Colorless、D: Directionless、C: Contentionless) の意味です。CDC-ROADM は、光送受信機の可用性を最も高めるシステムであるということもできます。MCS は CDC-ROADM 実現に不可欠なデバイスです。」

WSS と MCS を組み合わせることにより実現する CDC-ROADM ノードの例を図 2 に示す。

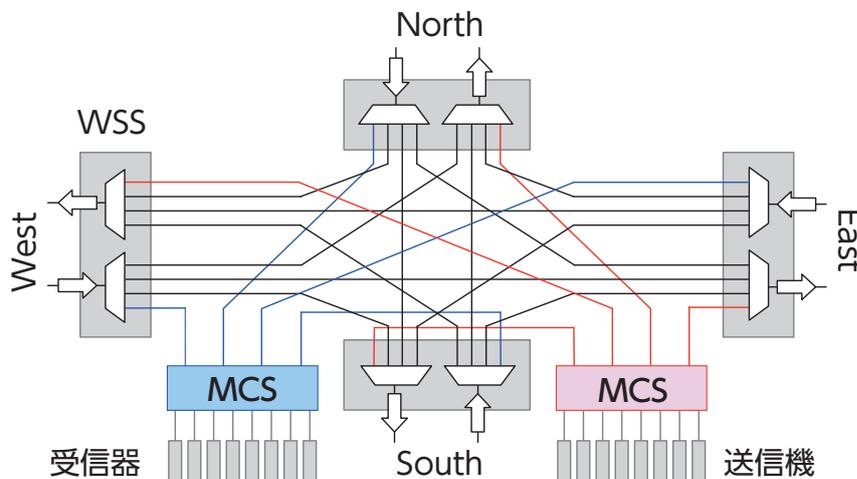


図 2 CDC-ROADM ノードの構成とマルチキャストスイッチ (MCS)

CDC-ROADM に不可欠な光マルチキャストスイッチ (MCS)

CDC-ROADM はまだ広く普及していないものの、北米では一部の大手 IT 企業や通信キャリアが導入しており、すでに活用が進みつつある。その優れた特徴から日本でもこれから導入されるようになると考えられるが、普及に向けた一番の課題は従来の ROADM と比較した場合のコストだ。CDC-ROADM には、MCS が不可欠であり、ROADM と比較すると、この MCS の分コストがかかる。そこで PDP は MCS の低廉化に取り組んでいる。

石英系平面光波回路 (PLC) 技術による MCS の低廉化

NTT 研究所では「石英系平面光波回路技術」を活用した MCS の研究開発に取り組んでいる。石英系平面光波回路 (Planar Lightwave Circuit。以下、PLC) は、光ファイバと同じ石英ガラスを使っただけの IC であり、光を光のまま処理してさまざまな機能を実現するのに

適した技術である。NTT 研究所はこの技術の先駆的な存在として 1980 年代半ばから業界や学会をリードしている。古くは FTTH のスプリッタを開発したほか、ROADM 向けのデバイス実現にも貢献してきた。2011 年には、権威ある光ファイバ通信技術の国際会議で、石英系 PLC 技術による MCS を世界で初めて発表した。MCS の実現にはシリコンフォトニクスや MEMS (Micro-Electro Mechanical System) を用いたものも存在するが、NTT 研究所では優れた光学特性と高信頼性の観点から、石英系 PLC を用いることを選択している。

石英系 PLC を用いた MCS の低廉化にはチップの小型化が有効だ。チップサイズを小さくし、1 枚のウエハから作製できるチップ数を増やすことで、1 チップあたりのコストを下げることが可能だ。現在 PDP では「高屈折率石英ガラスの導入」と「高密度電気配線技術」の 2 つのアプローチからチップの小型化に取り組んでいる。

高屈折率ガラスの導入による 光回路の小型化

石英系 PLC では、材料となるガラスの屈折率が高いほど光回路を小型化できるため、従来よりも屈折率を高めたガラスによる導波路の開発を進めている。材料特性上、屈折率を高めると光の伝搬損失が増大してしまうが、これまで蓄積してきたノウハウと高い技術力を活かし、光の根本物理から設計を見直すことで損失の低減に成功した。約 1 年の開発期間でチップサイズを従来の 1/2 に小型化し（図 3）、MCS スwitch の光学特性は従来以上の性能を実現した。

高密度配線実装技術により 電気配線の面積を削減

MCS の低廉化に向けたもう 1 つの取り組みが、光スウィッチの制御に必要な電気配線部分を高密度化するというものだ。MCS は複数の要素スウィッチを組み合わせて、その光回路が構成される。スウィッチ動作には当然電気が必要であるため各スウィッチには電源と接続するために電気配線が接続される。従来の電気実装方式ではチップ面内にアレイ状に配列された要素スウィッチ各所からチップの端面まで電気配線を長く取回す必要があった。そのため、この光回路そのものではない、電気配線部分がチップ上でかなりの面積を占めており、これが小型化のボトルネックとなっていた。そこで PDP では図 4 のように PLC 上に電気コネクタを直接実装する技術を開発した。この実装技術を取り入れると、チップ面内に収容していた電気配線を、電気コネクタを介して PLC

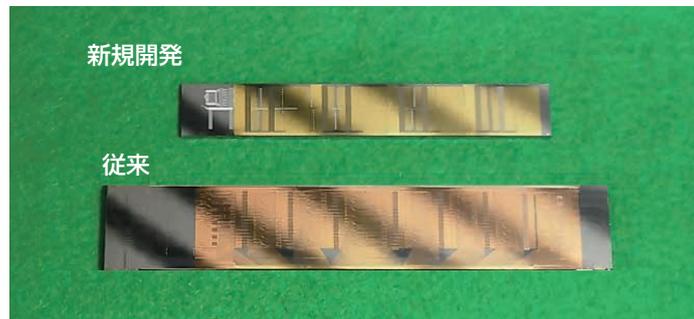


図 3 高屈折率ガラス導波路により小型化した MCS チップ

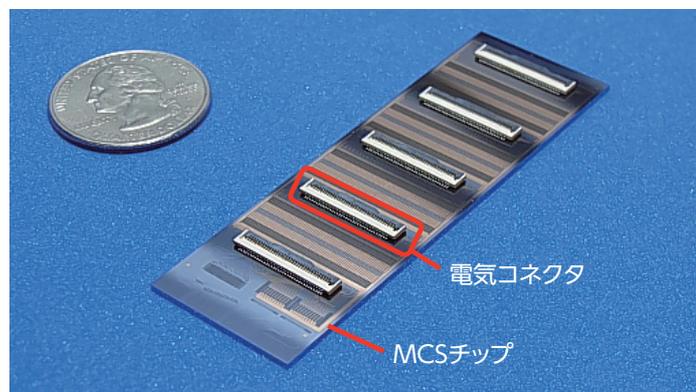


図 4 高密度配線実装技術により小型化した MCS チップのプロトタイプ

上面に取り出すことができるので、電気配線の占める面積を大幅に削減できる。したがって、MCS チップの大幅な小型化が期待でき、コストの低減に寄与する。現在実用化に向けた研究開発が続けられている。

性能・集積密度向上による 大規模・大容量 NW への対応

PDP では MCS を小型化して低廉化を進めると同時に、性能の向上も進めている。

「今後もスウィッチの小型化と性能向上を進めていく方針です。このことが大規模・大容量の光 NW に役立つと考えています。」（鈴木氏）

柔軟な光 NW の導入を促すため MCS をできる限り低廉化

CDC-ROADM はまだ高価であり、

一部でしか利用されていない。しかし激甚災害の多発等により柔軟な光 NW に対するニーズが高まり、CDC-ROADM のメリットが理解されつつあることを感じているとして、プロジェクトマネージャの才田氏は次のように述べている。

「CDC-ROADM が普及するには、現在の ROADM と同程度のコストで導入できるようになることが重要です。そのためには MCS のコストを無視できるほど低廉にしなければなりません。NTT 研究所には長年に渡る PLC 技術の蓄積があり、導波路そのものを自分たちで作ることができるという強みがあります。この強みを活かしてできる限りのコスト削減を続けていく考えです。」