

B-12-9

# 小規模光クロスコネクットのスタック構成を用いた大容量フォトニックード

Large-Capacity Photonic Node Architecture that Utilizes Stacked Small Scale Optical Cross-connects

岩井 祐斗 長谷川 浩 佐藤 健一

Yuto Iwai Hiroshi Hasegawa Ken-ichi Sato

名古屋大学 大学院工学研究科 電子情報システム専攻

Department of Electrical Engineering and Computer Science, Nagoya University

## 1. はじめに

光ファイバ中の波長多重信号を、光信号のまま波長単位(波長パス)でルーティングを行うことにより、大容量低消費電力を実現する光パスネットワークの導入が進んでいる[1]。今後予想される通信トラフィック量の大幅な増加により、波長パス数/ファイバ数の増加、即ちノードの光クロスコネクット(Optical Cross-connect, OXC)部の大規模化が必要となる。そこで、小規模なOXCをClos型[2]に多段接続して大規模なOXCを構成することも可能であるが、損失が増加するとともに必要な小規模OXC数が多数にのぼり経済的にも実現困難である。

本稿では小規模なOXCを並列に並べ、隣接するOXC間に限定的な接続機能を持つ、スタック型OXCノードアーキテクチャを提案する。本ノードアーキテクチャは大規模OXCをモジュラー的に容易に構成できる反面、異なる小規模OXC間のポート同士の接続が制限されるため、性能を最大限に発揮するためには本構成に適したネットワーク設計手法の開発が必要となる。本論では上記制限を考慮して経路波長割当問題を解く動的パス制御アルゴリズムを考案し、数値実験により提案ノードアーキテクチャ並びにその制御法の有効性を示す。

## 2. スタック型OXCノードアーキテクチャと動的パス制御法

提案OXCノードは、図1の例に示すように小規模( $m \times n$ )OXCを接続して構成する。様々な相互接続が想定できるが、本稿では隣接小規模OXC間が互いに一對のファイバで接続されたモデルを扱う。このようなOXCノードで構成されたネットワークに対する動的パス制御法を以下に示す。ここでは各ノードを構成するOXCのスタック数と隣接ノード間のファイバ数が与えられており、かつ波長変換は行わないものとする。

波長パス設立要求の到来毎に以下の処理を繰り返す。まず、波長毎に小規模OXCをノードとしたグラフを定義する。次に、隣接するOXC間を接続するファイバを表す枝には微小な重みを与える。各リンクに対応する枝では、波長が未使用である既存ファイバが存在するときは一定の重み、既存ファイバが利用できないときは無限大とする。続いてダイクストラ法を行い、最小重みとなる経路を得る。これをすべての波長で行うことで、最小重みとなる波長及び経路を得る。

## 3. 数値実験

数値実験では $5 \times 5$ 正方形格子型ネットワーク上において、ファイバ1本あたりの波長数を80、小規模OXCのサイズを $8 \times 8$ 、ノード間平均パス需要数を6及び12とした。トラフィック例として、ノード対の数に需要数を乗じてネットワーク内の平均パス数を決定した後に、各パスをいずれのノード対に割付けるかを一様ランダムに決定し、パス需要パターンを与える。各ノードにおけるOXCスタック数は20パターン毎のパス需要に対し、従来型の単一OXCノードによるネットワーク設計を行い、各リンク上でファイバ数の最大値を得る。この最大ファイバ数を収容可能な小規模OXC数をノード毎に決定する。続いて、到着率がポアソン分布、継続時間が負の指数分布となるモデルをもとに需要を発生させ、発生した需要を2章でのパス制御法を用いてネットワークに收容し、ブロッキング率を評価する。比較対象として、各リンクのファイバ数を同数としノードを従来型の単一(大規模)OXCに置き換えたネットワークを用いる。初期設計時の波長パス需要6及び12により規格化したトラフィック強度を横軸にとり、ブロッキング率を縦軸とした図をそれぞれ図2、図3に示す。ブロッキング率は10パターン毎のパス需要に対する試行の平均である。また総光スイッチ規模を各OXCの入力数と出

力数の積の総和として評価した。提案構成において、ブロッキング率 $10^{-4}$ を達成するトラフィック量は平均パス需要6の場合2%減少するが、総光スイッチ規模は21.5%削減できることが分った。同様に、平均パス需要12の場合、トラフィック量は4%減少するが、総光スイッチ規模は44.4%削減されている。

## 4. 結論

小規模OXCのスタックによるノードアーキテクチャと、これを用いた光パスネットワークの動的パス制御法を提案した。提案ノードによるネットワークは、従来型ノードによるネットワークと比べ、同一ファイバ数・同一ブロッキング率の条件下でほぼ同程度のパス收容能力を達成しつつ大幅な光スイッチ規模の削減が可能であることを示した。

謝辞 本研究はNICT(入リーチプロジェクト)の支援を受けた。

## 参考文献

- [1] 佐藤編, 広帯域光ネットワークング技術, 電子情報通信学会編, 2003
- [2] C. Clos, "A study of non-blocking switching networks," Bell Syst. Tech. J., vol. 32, pp. 406-424, 1953.

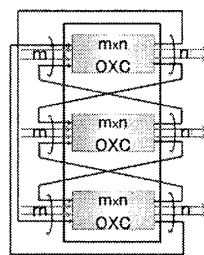


図1 提案スタック型OXCノード

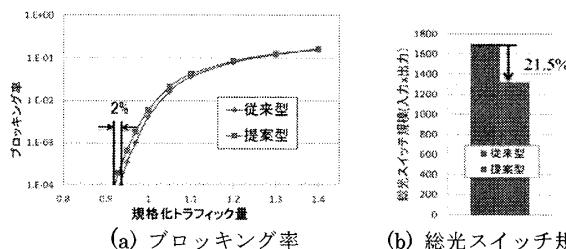


図2 従来型ノードと提案型ノードによるネットワーク性能比較 (ノード間平均パス需要=6)

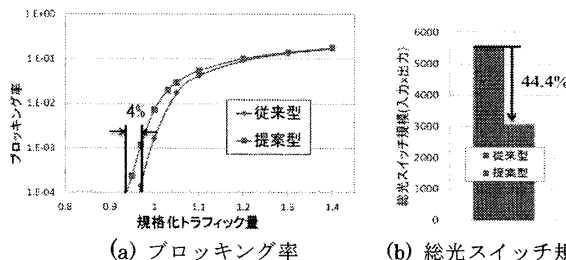


図3 従来型ノードと提案型ノードによるネットワーク性能比較 (ノード間平均パス需要=12)