

B-12-9

# 波長グループ化とファイバ選択に基づく 大規模光クロスコネクタアーキテクチャ

## A Novel Large-Scale OXC Architecture Employing Wavelength Grouping and Fiber Selection

坂 俊憲 長谷川 浩 佐藤 健一  
Toshinori Ban 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. まえがき

ブロードバンドアクセスの急速な進展により、IP トラフィック量は急激に増加し続けている。このような状況のもと、光のまま波長単位にルーティングを行うフォトニックノードが導入されつつある[1]。将来予測されるトラフィックの増加に対応するため、隣接ノード間の接続ファイバ数は将来的に大幅に増加することが予測される。現在の光クロスコネクタ(OXC)には波長選択スイッチ(WSS)が主に用いられており、波長毎に出力ファイバを選択するアーキテクチャを採用している。しかし WSS の最大出力ポート数は現状では  $1 \times 20$  程度に限られている。一方、物理トポロジから決まる最大ノード次数(隣接ノード数; 入出力ファイバ数ではない)は 8 程度である[2]。物理トポロジは一般に不変であるが、隣接ノードへの各リンク上のファイバが増えることで、WSS の必要次数が増加し、将来的にも実現困難な程度の大規模化が要求されると予測される。

我々は、各入力ファイバから、同一出力リンク上への全てのファイバに同時に波長パスをルーティングする必要性は低いことを利用し、出力リンク選択とそのリンク上のファイバ選択機能を分離して実現する OXC ノードを提案する。この 2 段階経路選択を利用した大規模 OXC ノード構成では、第 1 段階で WSS を用いて入力信号を波長パスレベルで選択的かつダイナミックにグループ分けを行い、第 2 段階で高次数  $1 \times n$  光スイッチを用いて隣接ノードへのリンク上の並行ファイバ群から出力ファイバを選択する。この構成は必要な WSS 規模を大幅に削減することができ、また本ノードアーキテクチャの制約を陽に考慮したネットワーク設計を行うことで、ルーティング能力の制限によるファイバ数増加はトラフィックの大きな領域では数%に抑制されることを示す。

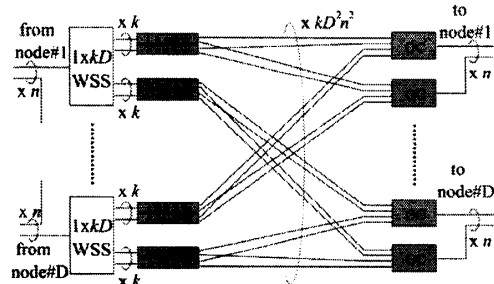


図 1. 提案光クロスコネクタ構成

### 2. 可変波長選択とファイバ選択に基づく光クロスコネクタ構成

以降では  $D$  をノード次数、 $n$  を隣接ノードへのリンク上の並行ファイバ数とする(単純の為にノード間で一定とする)。図 1 に提案構成を示す。提案構成は  $Dn$  個の  $1 \times kD$  WSS,  $kD^2n$  個の  $1 \times n$  光スイッチ,  $Dn$  個の  $kDn \times 1$  光プラで構成される。入力波長は WSS によって各々隣接ノードに対応した  $kD$  個のグループに分けられ、各グループは  $1 \times n$  光スイッチによってその隣接ノードに向かう  $n$  本のファイバの中から選ばれた 1 つのファイバへ出力される。すなわち、WSS は次ノードへ向かう入力波長のグループ分けに利用され、光スイッチは各リンク上でのファイバ選択に用いている。従来の WSS ベースの構成では  $1 \times Dn$  WSS を必

要とするが、これを  $1 \times kD$  WSS と  $1 \times n$  光スイッチで置き換えることで大幅にデバイスコストを削減する。ノードのルーティング能力は選択可能ファイバ数  $k$  に依存するが、 $k$  の増加は WSS の必要次数及び  $1 \times n$  光スイッチの増加を意味するため、少ない  $k$  で従来ノードに近い能力を得ることが重要である。

### 3. リンク上のファイバ選択状態を考慮したネットワーク設計法

我々は提案ノードアーキテクチャに基づくネットワークの設計法を提案する。この設計法のポイントは、同じ宛先ノードを持つ波長パスの集合を作成して重み最小木を構築し、極力同一ファイバ上をルーティングする点と、WSS と  $1 \times n$  光スイッチのスイッチング状態を表現するための仮想グラフを構築する点である。詳細は紙面の都合上省略する。

### 4. 数値実験

トポロジは  $5 \times 5$  正方形型、ファイバ容量を 80 波/ファイバ、パス需要分布は一様ランダムとした。異なる需要分布で 10 回の試行を行い、必要ファイバ数の平均を大規模 WSS を用いた制約がない構成と比較した結果を図 2 に示す。結果より、 $k$  が 2 以上で平均パス需要が 5 以上の時、ファイバ数増加が約 10%以下に抑えられていることが分かる。必要な WSS 規模については、平均ノード間パス需要=28 の時、トポロジ中央の最も大規模な従来型ノードの入出力ファイバ数は各々 55 本であり、 $1 \times 55$  WSS が 55 個または  $1 \times 20$  WSS で構成した場合は、165 個必要となる。一方、提案構成では  $k=2$  の時、ファイバ数は入力 58 本、出力 59 本であり(ランダムなトラフィックを仮定しているために非対称となる場合があり得る)、 $1 \times 8$  WSS が 58 個と  $1 \times n$  光スイッチ( $n \leq 18$ )が 59 個必要である。このように必要ハードウェア規模を大幅に削減できていることが分かる。

### 5. 結論

小規模 WSS と高次数光スイッチを用いて 2 段階経路選択を行う大規模 OXC を提案し、数値実験によりその有効性を示した。

謝辞 本研究は NICT スリーチ, KAKENHI (23246072) 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] P. Pagnan et al., Proc. PS2009, ThI12-1, 2009.

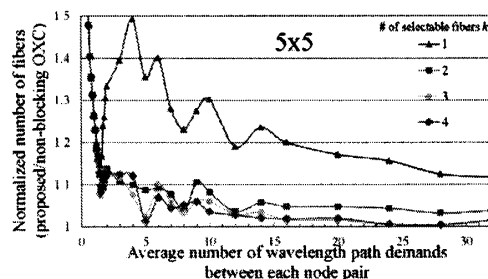


図 2. 必要ファイバ数比