

## 波長変換を考慮した多階層光パスネットワークの設計法 Hierarchical Optical Path Network Design Considering Wavelength Conversion

沈 志舒  
Zhi-shu Shen

長谷川 浩  
Hiroshi Hasegawa

佐藤 健一  
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

複数波長パスを論理的に束ね“波長群パス”として一括経路選択を行うことでノードコストを削減しつつ、低消費電力・超大容量化を実現する“多階層光パスネットワーク”が注目されている [1]。これまでネットワーク内の波長パス数がある程度以上であれば、ネットワークの総設備コストを一階層光パスネットワークと比較して、大きく削減できることが示されている [2]。しかし、多階層光パスネットワークでは、同一波長を割当てられた複数の波長パスが同一ファイバを共有できない制約に加え、同一波長群番号を有する複数の波長群パスも同一ファイバを共有できない制約により、波長パス数が少ない領域での有効性はこれまで得られていなかった。これらの波長衝突・波長群衝突を波長・波長群変換器を導入して解消することによりファイバ数の削減が見込まれる。これまで、波長・波長群変換器コストを“0”と仮定した上で設備コストの準最適化を二段階の整数線形計画法として定式化する手法が提案されている [3]。しかし、変換器以外の設備コストは大きく削減される一方で多くの変換器を必要[4]とし、設備コスト面での優位性は明確ではなかった。

本稿では、波長変換器を導入した多階層光パスネットワークにおいて、二段階の整数線形計画法による波長パス・波長群パスの経路決定と、最低限の波長変換器の導入により極力ファイバ増設を抑制する波長・波長群番号割当を行う、新たな設計手法を提案する。また数値例により、従来型の一階層光パスネットワークに対する優位性を得る為に必要な波長変換器コストの上限を明らかにする。

### 2. 提案波長・波長群及び経路割当法

提案設計法では、二段階の整数線形計画法[3]により波長群・波長経路を決定する。続いて波長変換器数の削減とファイバ増設数の抑制を考慮した、波長・波長群番号割当を行う。概要を以下に示す。

<波長変換を考慮した多階層光パスネットワークの設計法>

Step0 二段階の整数線形計画法[3]により、波長群パス・波長パスの経路とパス間の包含関係を得る。

Step1 経路波長群パス数の多い波長パスから順次、その経路波長群パスの波長群番号が極力同一となるよう、波長群番号割当を行う。あるリンク上のファイバ内での波長群番号衝突が避けられない場合、そのリンク上にファイバを増設し、衝突波長群パスを新設ファイバに収容する。

Step2 各波長パスの経路波長群パスについて、同一波長群番号を持ち、かつ波長パスが連続して通過する波長群パス毎にグループ化する。各グループ毎に元の波長パスを仮想的に分割し、新たな波長パスとする。分割の境界には波長変換器を挿入する。得られた全ての波長パスについて、経路波長群パス数の降順に波長番号を、極力波長変換器を使用しないように割当てる。

以上の二段階の結果を総合し、増設ファイバ数と導入した波長変換器数を決定する。

### 3. 数値実験

5×5 格子型のトポロジ上で、ファイバ容量を 8 波長群/ファイバ、波長群容量を 8 波長/波長群とし、パス需要を一様ランダムに発生させた。このパス需要を収容する一階層光パスネットワーク(波長変換無)、従来法[3,4]による多階層光パスネットワーク(波長変換有)および提案法による多階層光パスネットワークを設計し、コスト評価を行った。波長パス需要の量はこれまで多階層光パスネットワークの優位性が明確でないトラフィックの小さい領域とし、また 10 個のランダムパターンについて実験を行った結果の平均を示している。なお本稿で用いたネットワークのファイバ及びポートコストは[2]を参照した。

図 1 に示す通り、提案法は波長変換器数を従来法に比べ最大 33%削減している。また、図 2 では一階層光パスネットワークに比べ、波長変換器を導入した多階層光パスネットワークがコスト面で優位になる為に許容できる波長変換器コストの上限値を示す。波長変換器のコスト上限値は、提案法は従来法[4]と比較して最大 19%向上している。

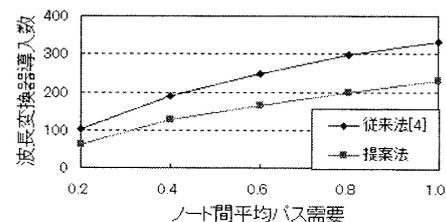


図 1 波長変換器の導入数

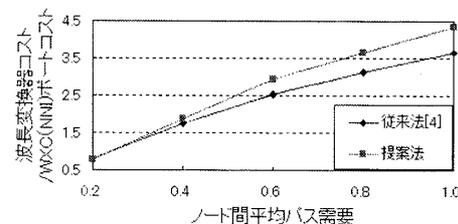


図 2 コスト削減効果が得られる波長変換器コスト上限値

### 4. まとめ

本稿では、波長変換を考慮した多階層光パスネットワーク設計法を提案した。提案法は従来検討[4]より波長変換器導入数を削減可能であり、通信量が少ない領域においても多階層光パスネットワークが一階層光パスネットワークより優位になる波長変換器コストの上限値を明らかにした。

### 参考文献

- [1] K. Sato et al., IEICE Trans. Commun., vol. E90-B, no. 8, pp. 1890-1902, 2007.
- [2] J. Yagyu et al., IEEE JSAC, vol. 26, no. 6, pp. 22-31, 2008.
- [3] 中野一輝 他, 電子情報通信学会総合大会, B-12-31 頁, 2010.
- [4] 中野一輝 他, 電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会学生ワークショップ予稿集, 7-10 頁, 2010.

謝辞 本研究は NICT 萌芽研究の一環である。