

B-12-14

## 高速光回線交換におけるトラフィック分布に応じた波長群幅可変の効果 Impact of adaptive waveband bandwidths to traffic distribution in fast optical circuit switching

谷口 侑磯<sup>†</sup> 小川 貴弘<sup>‡</sup> 長谷川 浩<sup>‡</sup> 佐藤 健一<sup>‡</sup>  
Yuki Taniguchi Takahiro Ogawa Hiroshi Hasegawa Ken-ichi Sato

<sup>†</sup>名古屋大学 工学部 電気電子情報工学科

Department of Electrical and Electronic Engineering and Information Engineering, Nagoya University

<sup>‡</sup>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

今後導入が期待される超高精細映像配信(72Gbps)[1]等の新たなサービスにより、通信量の更なる増加が予想される。これらのサービスを収容していく上で、需要に応じて適応的かつ高速に光回線の切り替え操作を行う光パス/光回線ネットワークが有効である。一方、経路選択処理を光領域で行い大容量転送を実現するフォトニックネットワークに関して、複数の波長信号を論理的に束ねた大粒度の波長群パスを導入した階層化光パスネットワークの研究が進められている[2][3]。波長群パスを仮想的な直通的トンネルとして利用することにより、波長パス制御の処理の削減が可能である[4]。

本稿では、通信需要の大きさの地域的偏りに応じて、波長群パスの容量を段階的に可変とするネットワークアーキテクチャを提案する。数値実験により僅かなファイバ増を許容することで、各ノードでのシグナリングコストが大きく削減されることを示す。

### 2. 可変波長群幅を用いた階層化光パスネットワーク

本稿では光ファイバ中の最大波長数を  $W$ 、波長群パス中に収容可能な波長数を  $B_1, B_2, \dots, B_m (1 < B_1 < \dots < B_m < W)$  とする。ただし、 $B_i (i = 2, \dots, m)$  は  $B_1$  の倍数かつ  $W$  の約数とする。波長群パスの設定は、一旦全波長を  $B_1$  個ずつの  $W/B_1$  グループに分割し、幅  $B_i$  の波長群パスを設立する際に  $B_i/B_1$  個のグループの波長を同経路に割り当てる。

各ノードペア間での通信需要に対して必要な波長パス本数の期待値を、人口や過去の需要の履歴等から得られると仮定する。全ての波長パスは、始点・終点間を直結するいずれかの end-to-end の波長群パスに集約された上で伝達されるものとする。波長群幅が一樣な従来のネットワークとは異なり、本ネットワークでは適切な閾値を設定して波長群幅  $B_i (i = 1, \dots, m)$  を選ぶ。例えば、大都市間の通信需要の大きいノードペア間では他に比べ大きな波長群幅を用いる。

パス制御では、新たな波長パス設定が要求された時、既存 end-to-end 波長群パスの空きに収容可能な際はそのまま収容し、空きが無い場合は新たな end-to-end 波長群パスを設定し収容する。波長パスが不要となったら、当該波長パスを削除し、利用していた波長群パスも収容波長パス数が 0 になれば削除する。波長群パス設定時には、波長群番号毎に最短経路を探索する。この際、ファイバの空き容量に応じた微小値をリンク毎に付与することで、最短経路中がかつ利用率の低い経路・波長群を選択する事が可能となり、負荷分散が図られる。

### 3. 数値実験

5x5 正方形型ネットワーク上で 5 つのノードをランダムに選択して大都市とし、残り 20 のノードを地方都市と見なした。大都市-大都市、大都市-地方都市、地方都市-地方都市の想定通信需要の比を 4 : 2 : 1 とし、地方都市-地方都市

間では  $B_1=4$ 、その他のノードペア間では  $B_2=8$  とした。また  $W=64$  とした。通信需要期待値を平均値とするポアソン分布に従い波長パスを発生させ逐次収容/解放を行う。各ノード間の想定通信需要を収容した時のブロッキング率が 1% を下回るファイバ数をアーラン B 式により求め基準値とし、各ネットワークで試行した結果、ブロッキング率が比較手法と大きく異なる場合は各リンクのファイバ数を所望のブロッキング率となるまで繰り返し調整を行う。以上の条件の下、波長単位でルーティングを行う一階層光パスネットワークと、波長群幅を 4 又は 8 に固定した階層化光パスネットワークの比較を行った。波長パス需要の期待値を変動させて大都市ノードの異なる地理的配置 20 種の試行の平均値を表 1 と図 1 に示す。

提案手法は一階層光パスネットワークに比べ、ファイバ数を 13~14% 多く必要とする一方でシグナリングコストを 45% 以上削減する。また従来の固定幅波長群の場合と比べ、波長群幅 8 の場合と比べてシグナリングコスト増は 10% 以下である一方で、19% 程度ファイバ数を削減できることが分かる。波長群幅 4 の時と同等のファイバ数に抑制しながら、シグナリングコストを最大で 3% 削減している。

表 1. トラフィック変動率に対するファイバ数比

トラフィック変動率(%)	ファイバ数比 (一階層光パスネットワーク)		
	波長群幅4	波長群幅8	提案手法
10	1.13	1.33	1.14
20	1.12	1.32	1.13
30	1.13	1.32	1.13
40	1.12	1.32	1.13

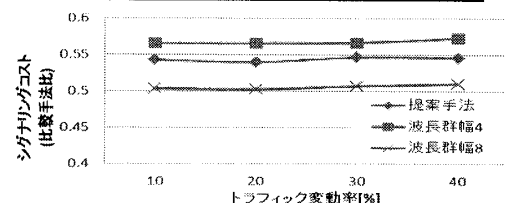


図 1. トラフィック変動率に対するシグナリングコスト比

### 4. 結論

通信需要の分布に応じた波長群幅を変化させる階層化光パスネットワークアーキテクチャを提案し、ファイバ数・シグナリングコストの評価から有効性を示した。

### 参考文献

- [1] K. Kubota, "Beyond HDTV-ultra high-definition television system," Presented at 2nd Multimedia Conference 2006, London, 29 - 30 Nov. 2006.
- [2] K. Sato, et al., *IEICE TRANS. Commun.*, vol. E90-B, no. 8, pp.1890-1902, Aug. 2007.
- [3] I. Yagyu, et al., *IEEE JSAC*, vol.26, no.6, pp.22-31, 2008.
- [4] T. Ogawa, et al., "Optical Fast Circuit Switching Networks Applying Waveband Grooming," *COIN*, Jul. 2010.

謝辞 本研究は NICT 萌芽研究の一環で有る。