

B-12-8

# トラフィック変動予測を利用した初期割当及び予測誤差に対応した追加割当による2段階光パス波長経路設定法

## Quasi-Dynamic Optical Path Routing and Wavelength Assignment Employing Initial Scheduling and Adaptation to traffic Prediction Error.

大澤 尚晃 長谷川 浩 佐藤 健一  
Naoaki Osawa Hiroshi Hasegawa Kenichi 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

インターネットや専用線のトラフィックの急増に対応するため、中継ノードでの電気処理をカットスルーし、波長をラベルとした光パスの単位で経路制御を行うフォトニックネットワークが導入されつつある。光ファイバなどのネットワーク資源の更なる効率的利用及び、超大容量アプリケーションを効率的に収容するためには、トラフィック分布の変動に応じた光パスの動的制御が有効である。特にトラフィックに見られる顕著な日周、週週の周期性に基づく需要予測、広域ネットワークにおける時差や接続ユーザーの特性(ビジネス、ホーム etc)に起因するトラフィック変動の位相ずれ等を利用したネットワーク制御が想定される。周期的なトラフィック変動を仮定し、各時刻における必要な光パスについて既知であるとして光パスの波長経路を一定時間ごとに定める光パスのスケジューリング問題に関しては様々な検討が成されている[1, 2]。オンデマンドサービスを想定した場合、同様に将来のトラフィック量に関する部分的な情報に基づくスケジューリングも可能である。しかし、トラフィックを正確に予測することは困難であり、予測値と実際のトラフィックとのずれを補正する処理が不可欠である。すなわち、トラフィック変動予測を利用して事前に波長経路割当スケジューリングを行いつつ、予測誤差にも逐次対応する手法が重要である。

本稿では、トラフィック予測を用いて初期割当を行い、その後予測誤差を補償する追加割当を行う新たな光パススケジューリングアルゴリズムを提案する。数値実験により提案手法が同一トラフィックを収容する上で必要となるファイバ数を大幅に削減できることを示す。

### 2. 提案光パス波長経路スケジューリング法

提案手法では、一定時間ごとに光パスの設立/解放を行う制御を前提とし、周期変動するトラフィックに対し必要となるファイバ数を最小化することを目的とする。トラフィックはサービスタイプに対応する電気パスの設立/解放としてその変動がモデル化され、各電気パスは、終始点間の直通光パスによって伝送されるものとする。また、光パスの波長変更及び信号再生は想定せず、適切なバッファを用いることで電気パスが光パス間を瞬断なく移動できると仮定する。

提案手法では、最初にトラフィック予測を用いた初期スケジューリングを行う。この際、予測より与えられる電気パス数の期待値を収容するにあたって必要な光パス数を各制御間隔ごとに求める。得られたパス数の系列より、最長期間設立可能な光パスを順次決定し、系列より差し引く操作を繰り返して光パスの設立/削除要求を決定する。定めた光パスに対し整数線形計画法に基づいて経路割当を行う。その後、“ホップ数×光パスの継続時間の降順”に光パスを選択し、ファイバ必要数を最小とする波長番号を順次割り当てる。続いて、各制御タイミングで、予測超過となる電気パスの収容を行う。この際、追加で増設が必要な光パスに関して、k-shortest アルゴリズムによりホップ数の降順に光パスの経路候補を定め、候補中からファイバの必要数が最小となる様に波長番号及び経路を割り当てる。

### 3. 数値実験

トポロジは 4x4 および 6x6 正方格子とし、各々 4 等分のエリアに分割する。トラフィックは各ノード間の電気パス要求として与えられる。各ノード間の電気パス要求本数の期待値は、全ノード間に共通の基準トラフィック量を基に、

振幅が期待値の 1/2、周期が 1 日である正弦波に従って変動させ、位相オフセットをエリア対ごとに定めた。この期待値と一致するように、到着率がポアソン到着、継続時間が負の指数分布、パスの平均保持時間が 1 時間となるモデルをもとに需要を発生させ、ブロッキングなしで通信するために必要なファイバ数を評価した。ファイバ容量を 32 波長/ファイバ、波長容量を 64 電気パス/波長とした。また制御は 1 日あたり 12 回とした。比較手法として、電気パス要求の期待値の全時刻にわたる最大値を基に、ブロッキング率  $10^{-3}$  を達成するために必要な光パスを算出したうえで、整数線形計画法に基づく光パスの経路割当[3]と、ホップ数の降順に順次波長割当を行った手法(“対抗手法”)を評価した。また電気パス需要が常に期待値となると仮定し、各時刻で独立した光パスの設定を許し、波長割当について全く考慮しない場合の最小ファイバ数を“Lower bound”とした。これらの比較手法と提案手法との比較を図 1 に示す。なお、光パスの制約なしの再配置を前提とするため、Lower bound の手法では瞬断を許している。

対抗手法と比較し提案手法は両トポロジで広い範囲でファイバ数の削減を達成し、最大 25% 程削減している。また、下限値を示す Lower bound と比較してもその差は僅かである。

### 4. まとめ

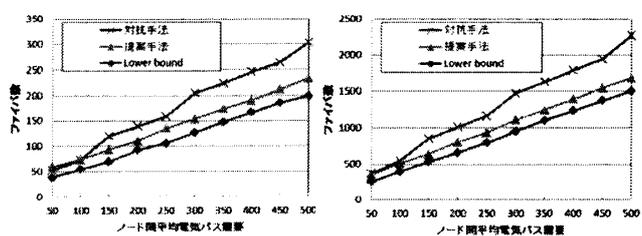


図 1. ノード間平均電気パス需要とファイバ数との関係

トラフィック変動予測に基づく初期スケジューリングと、予測誤差を逐次修正する手法を提案し、光パススケジューリングによるファイバリソース削減効果を評価した。数値実験により提案手法がトラフィック変動予測を用いない場合と比較して広範囲なトラフィック範囲でファイバ数の削減を実現し、かつ瞬断を許し波長割当しない場合の下限値と比較しても差がわずかであることを示した。

**謝辞** 本研究は NEDO Green IT プロジェクト並びに、KAKENHI (23246072) の支援を受けた。

### 参考文献

- [1] J. Kuri, et al., IEEE JSAC, vol. 21, issue 8, pp. 1231-1240, Oct. 2003.
- [2] K. Obara, et al., ONDM, Feb. 2010.
- [3] M. Tornatore, et al., INFOCOM, vol. 3, pp. 1813-1821, Jun. 2002.