

B-12-21

波長リソースおよびファイバ使用率の繰り返し最適化に基づく共有型光パスプロテクションネットワーク設計法

Shared Protected Optical Path Network Design that Iteratively Maximize Fiber and Wavelength Utilization

佐藤 正和 長谷川 浩 佐藤 健一
Masakazu Sato 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

ADSL や FTTH の急速な普及に伴い、バックボーンネットワークにおけるトラフィック量は増加し続けている。この状況に対応するため、波長単位で光信号のままルーティングを行うフォトニックネットワークが導入されつつある[1]。通信ネットワークで必要とされる信頼性を可能な限り少ないリソース増で表現するために、独立な経路を持ち同時に断絶する可能性が低い現用パスに対する予備パス間でリソースを共有する Shared Protection[2]が検討されている。

Shared Protection ネットワークの設計においては、各パス設立需要に対し、順次現用パスと予備パスの合計コストが最小となる経路及び波長を計算してパスを設定する Iterative Two Step Approach(ITSA)[3]が優れた結果をもたらすことが知られている。しかし、特に早期に設定された予備パスは、後に他の予備パスとの共有可能性を最大化できないという本質的な課題がある。そこで、ファイバを1本ずつ選択し、これを通過するパスの再配置を試みることでファイバの削減を目指す Optimization Cycle[4]が有効であることが知られている。しかし同手法は、各パスが使用する波長リソース量を考慮せずにファイバの削減のみに注力している。更なるファイバ数の削減や、将来の波長パス追加の可能性、リストレージョンの追加導入を考慮すると、波長リソースとファイバ数を同時に削減することが望ましい。

著者らは、各予備パスのリソース共有度の指標及び各パスが通過しているファイバの利用効率を評価する指標を導入し、効率の悪いパスを特定しこれらを一括して再設計することで予備パス延べリンク波長数及びファイバ数を同時に削減可能な手法を提案し、従来手法に対する優位性を示した[5]。本稿では[5]の手法を発展させ、予備パスだけでなく現用パスのリソース使用量も考慮することで、現用パスと予備パスの合計延べリンク波長数、すなわち総使用波長リソース量を削減可能な手法を提案する。数値実験により、従来手法と比較して各種リソース量を削減可能であることを示す。

2. 波長リソース占有度及びファイバ利用効率を考慮した Shared Protection 網設計法

以降では全てのパス設立需要に対し、適切なパス経路波長割当によりファイバ等の総ネットワークリソースを最小化する“静的設計問題”を扱う。また各ノードでの波長変換を行わない Wavelength Path 方式のネットワークを仮定する。[5]では共有型予備パスが占有するリソース量の期待値である“リソース占有度” R_d 、各現用・予備パスが通るファイバのうち最も低い利用効率“最悪ファイバ利用度” F_d を導入している。本稿では R_d を、現用・予備パス対の使用効率を評価可能な指標へ拡張する。

あるパス設立需要 d の予備パスが使用しているファイバ全体の集合を $RB(d)$ 、ファイバ f で d と予備パスを共有している需要の数を s_f 、 d の最短ホップ数を $shop$ 、 d の現用パスのホップ数を $whop$ と表した時、 R_d を以下の式で定義する。

$$R_d := \frac{1}{shop} \left(\sum_{f \in RB(d)} \frac{1}{s_f} + whop \right)$$

この値が大きくなる程、現用及び予備パスのリソース利用効率が悪いことを意味する。なお、 F_d 及び提案手法の詳細は[5]を参照願いたい。

3. 数値実験

トポロジは日本及びフランスのネットワークモデル、ファイバ容量を 80 波/ファイバとした。パス需要分布は一様ランダムとし、現用パスのホップスラッグは 2、 $N=100$ とした。また、日本では $(P_1, P_2) = (0.7, 0.3)$ 、フランスでは $(P_1, P_2) = (0.9, 0.2)$ のパラメータ値[5]を用いた。これは、経験的に得られた最適値である。比較のため、得られた延べリンク・波長数及びファイバ数を従来手法 ITSA の結果で規格化した。現用・予備パス延べリンク波長数の結果を図 1 に、ファイバ数の結果を図 2 に示す。これらの図より、提案手法は全ての点において、ITSA 及び Optimization Cycle に対する優位性があることがわかる。

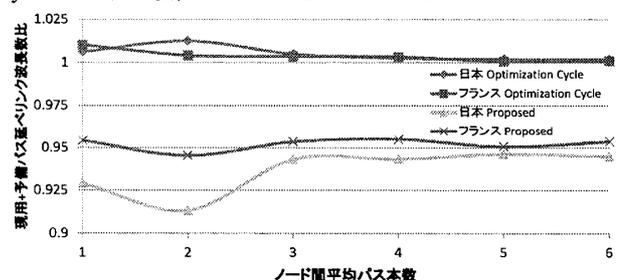


図 1 OLSP 需要に対する波長リソースの変動

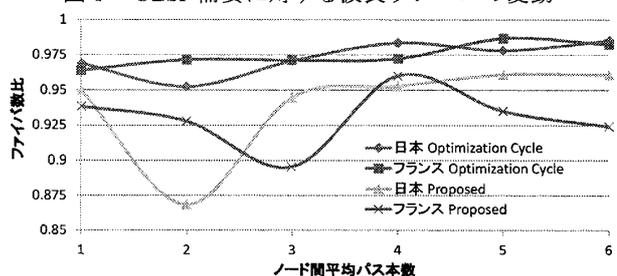


図 2 OLSP 需要に対するファイバ数の変動

4. まとめ

本稿では、著者らが提案した Shared Protection の静的設計法における、共有型予備パスが占有するリソース量を評価する指標に対して、新たな方式を提案した。数値実験により、各種のネットワークにおいて提案手法が対抗手法に対する優位性を持つことを示した。

謝辞：本研究は NEC 並びに NEDO グリーン IT プロジェクトの支援を受けた。

[1] 佐藤健一, 古賀正文, 広帯域光ネットワーク技術, 電子情報通信学会編, 2003.

[2] J.-P.Vasseur, M. Pickavet, and P.Demeester, *Network Recovery*, Morgan Kaufmann Publishers, 2004.

[3] P.-H.Ho and H. T.Mouftah, "Shared Protection in Mesh WDM Networks," *IEEE Commun.*, Jan. 2004, pp.70-76.

[4] A. Dacomo, S. De Patre, G. Maier, A. Pattavina, and M. Martinelli, "Design of Static Resilient WDM Mesh Networks with Multiple Heuristic Criteria," *INFOCOM*, Jun. 2002, pp. 1793-1802.

[5] Masakazu Sato, Hiroshi Hasegawa, Ken-ichi Sato, "Efficient Iterative Design Algorithm for Enhancing Resource Utilization of Shared Protected Optical Path Networks," *DRCN*, Oct. 2011.