

## マルチリング WDM ネットワークにおける波長割当手法の提案と評価

曾我 恭行† 妹尾 尚一郎‡ 井手口 哲夫† 奥田 隆史† 田 学軍†

† 愛知県立大学大学院情報科学研究科

‡ 三菱電機 (株) 情報技術総合研究所

## 1 はじめに

情報通信の適用範囲の拡大に伴い、我が国においてもブロードバンド利用者の増加により、アクセス網におけるトラフィックが増加の一途をたどっており、今後より一層、増加すると予想される [1]。現在ではバックボーンネットワークは光回線を用いるのが一般的であり、ネットワークトポロジはポイント-ポイントやリング状とされている。光ネットワークの技術として、波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 伝送方式や挿入/分岐させる波長を動的に変更可能な ROADM(Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer)[2]、光パスの経路切り替えを光のまま行うことのできる光クロスコネクタ (OXC: Optical cross Connect)[3] などがあげられる。

本稿では光リングネットワークを複数接続させた、マルチリングネットワークを考察する。ROADM ノードで構成されたリングネットワークを OXC ノードを用いて接続させる。マルチリングにおいて特有なトラフィックパターンに対して、有効な波長割当方式を提案する。また、シングルリングネットワークとマルチリングネットワークの差異について、棄却率を用いて評価を行う。

## 2 光リングネットワークの現状と関連技術

## 2.1 トラフィックエンジニアリング

ROADM ノードを用いたリングネットワークにおける、輻輳回避を考える。そのための手法として、トラフィックエンジニアリングを用いる。

あるノード S-D 間は定常状態として 1 本の光パスが形成されており、波長を  $\lambda_1$  利用している。時間と共にこのノード間のトラフィックが増加し、輻輳が発生したとする。この時、ノード S-D 間の波長  $\lambda_2$  が空いている場合は、この波長を用いて予備パスを形成する。ノード S-D 間のトラフィック量が減少した場合には予備パスを解放する。このように、トラフィックエンジニアリングの技術を用いると、トラフィック量に応じた柔軟なパス設定と

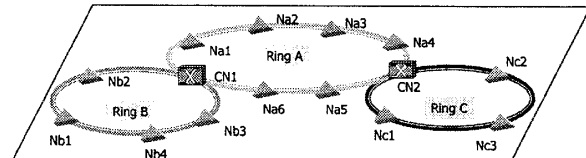


図 1 対象マルチリングトポロジ

解放が可能となり、系全体で見た場合に、光ファイバを効率良く利用できていることが分かる。

## 3 光マルチリング波長割当方式の提案

## 3.1 前提条件

本稿が対象とするネットワークは、図 1 に示すマルチリングネットワークである。図中  $N_{xi}$  は ROADM ノードを表しており、CN(Connecting Node) はリング中継ノードであり、OXC によって実現される。

定常状態パスとしては全ノードペア間に 1 本の光パスを設定するフルメッシュ接続とし、本稿では定常状態パスはあらかじめ与えられているものとする [4]。トラフィックの変動にしたがって、動的に予備パスの設定・解放を行う。

光パス設定方式の中で、宛先ノードが空波長情報から予約を行う  $\lambda_i$  の選択方式について述べる。宛先ノードのトポロジの位置によるトラフィックを以下のように分類する。

- リング内トラフィック
- 隣接リング間トラフィック
- 他リング経由トラフィック

**方式 1: 波長番号の小さいものから順に割当** 空波長情報を受け取った終点ノードは、空き波長の中で、波長インデックスの小さいものから利用する。

**方式 2: 先頭と後方から割当** リング内トラフィックとリング間トラフィックの 2 つの分類で割当を行う。ここでいうリング間トラフィックとは、「隣接リング間」と「他リング経由」を含めたものである。

**方式 3: 各リングの領域を設定して割当** 3 分類を適応させた割当方式である。それぞれのトラフィック分類に対し、使用可能な波長の領域を指定する。この割当方式は宛先ノードのトポロジの位置の違いによって、波長領域を指定する方式である。

A proposal of assignment method of wavelength in multi-ring WDM networks and its evaluation

†Yasuyuki SOGA, Tetsuo IDEGUCHI, Takashi OKUDA, Xuejun TIAN  
‡Shoichiro SENO

†Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

‡Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

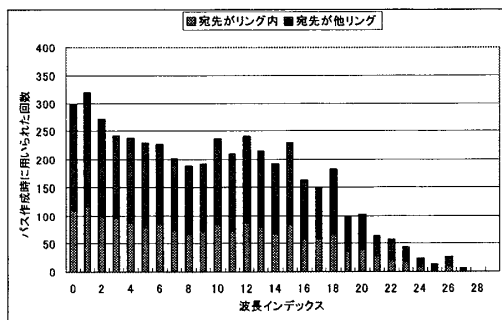


図2 16ノード、3リングのシミュレーション結果

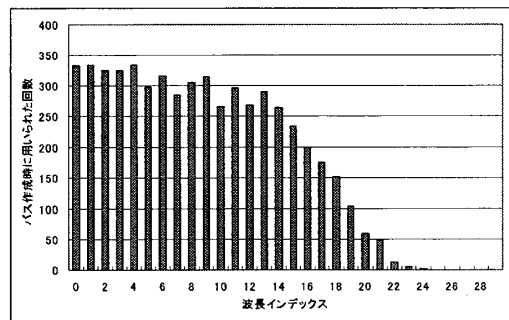


図3 48ノード、1リングのシミュレーション結果

### 3.2 シミュレーションモデルと評価

提案した3つの波長割当方式を評価するため、シミュレーションモデルを作成する。モデルはネットワークシミュレータ OPNET Modeler 11.5A[5]を用いる。

シミュレーションモデルは3.1項の前提条件を満足する。各ノード間にフルメッシュの定常状態パスが設定されているとし、予備パスのみシミュレーションの対象とする。各パラメータは以下の通りである。

- リング数; 3
- 各リング内ノード数; 16
- リング中継ノード数; 2
- シミュレーション時間; 240 時間
- パス保持時間: 平均 8 時間
- トラヒック要求発生間隔; 平均 12 時間
- 宛先ノードの位置の割合;  
リング内:隣接リング間:他リング経由  
= 1/3 : 1/3 : 1/3

評価として必要波長多重数と棄却率の関係を導く。マルチリングネットワークの特性を調査する。マルチリングネットワークはシングルリングネットワークと異なり、自リング宛では無いトラヒックを中継する必要がある。そのため、中継に利用する波長は同一リングにおいてはリング内通信に用いることができないため、シングルリングネットワークより多くの波長を必要とすると考えられる。本稿では先に述べたシミュレーションモデルと、48ノードを有する単一リングネットワークとの比較を行う。このモデルはリング数、合計ノード数以外は、マルチリングネットワークと同一である。評価は各モデルのパス棄却率とする。なお、マルチリングネットワークは空波長割当の方式1に則って行う。

### 3.3 結果と考察

図2,3にシミュレーション結果を示す。図2はマルチリングネットワークの結果であり、宛先が自リング内か他リング間かに分けて示してある。図3は単一リングネットワークの結果である。各グラフ、横軸は波長インデックスであり、縦軸は全リンクにおけるパス設定時に

用いた波長インデックスの使用数である。

グラフを見ると、マルチリングネットワークはシングルリングネットワークと比べて、グラフの裾が広がっている。また、最大波長利用回数もシングルリングネットワークより小さい。これらの結果より、マルチリングネットワークの波長利用状況はシングルリングネットワークより効率的ではなく、効率良く空波長割当を行う必要があると言える。しかし、その差は決して大きいとは言えず、マルチリング化することによる利点を享受できると考えている。

## 4 まとめ

本稿ではメトロエリアの光リング網を接続するマルチリングネットワークに注目し、その波長割当方式を提案した。割当方式の評価に先立ち、既存のシングルリングネットワークとマルチリングネットワークの比較を棄却率の点から評価した。

今後の予定としては、空波長割当方式の3つを比較することである。また、リングの数を増やしていき、より大規模なネットワークへと適応を広げていきたい。

## 参考文献

- [1] 総務省, 「平成 20 年度版 情報通信白書」, July 11, 2008
- [2] Barrie P.Keyworth, "ROADM Subsystem & Technologies," Optical Fiber Communication Conference, 2005. Technical Digest. OFC/NFOEC, 4 pp. Vol. 3-, 6-11 March 2005
- [3] Hagelin P.M, Krishnamoorthy U, Heritage J.P, Solgaard O, " Scalable optical cross-connect switch using micromachined mirrors," Photonics Technology Letters, IEEE, Jul 2000
- [4] 石井紀代, 長谷川浩, 佐藤健一, "連接光リングネットワークにおける最適波長割当とノードスイッチ規模削減法," 信学技報 PN2008-3, June 2008
- [5] OPNET Technologies, Inc, "OPNET", <http://www.opnet.com/>