

## 光マルチリングネットワークにおける最適波長割当方式の検討

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

アクセス網におけるトラフィック量は増加の一途をたどっており、今後のユビキタス社会の進展に伴い、さらなる増加が予想される [1]。

これらのトラフィック増加を支えるバックボーンネットワークは光回線が用いられており、そのネットワークポロジィはポイント-ポイントやリングが現状一般的に用いられている。次世代ネットワークとして、波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 方式を用いたフォトニックネットワークが注目されている。ネットワークを構成する各ノードが自律分散的に波長を管理することが求められ、送受信ノード間で任意の波長による光パス確立を目指す。この時、送受信間で波長変換器を用いないで同一波長の光パスの確立を目指す、一般にパス棄却率 (Blocking Probability) が高くなる。

リングネットワークにおいては、リングに挿入/分岐させる波長を動的に変更可能な ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) が開発されている。本稿では WDM リングを複数つなげ、光マルチリングネットワークの光パス設定について検討する。特に、呼損率に注目した評価手法について考察する。

## 2 フォトニックネットワークの現状と進化

## 2.1 フォトニックネットワークの現状の課題への対応

従来までの OADM は光分岐挿入を静的に行ってきた。そのため、障害や輻輳が発生した場合に、迅速な対応が難しいとされている。動的な光波長の分岐挿入ができる ROADM を用いることにより、障害や輻輳が発生した場合に迅速に対応が可能となるだけでなく、各拠点のトラフィック要求による光パス設置が可能となり、光ファイバの帯域利用率を向上させることもできる。

エンド・ツー・エンドで光通信を行う場合には、光を蓄えておく光バッファの実現が難しい、同一波長で複数の通信は不可能であると言った理由から、多くの場合、波長変換が必要とされる。しかし、波長変換には多くのコストがかかり、通信帯域の抑止にもつながっている。

A study on effective assignment of wavelength in optical Multi-ring network

†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

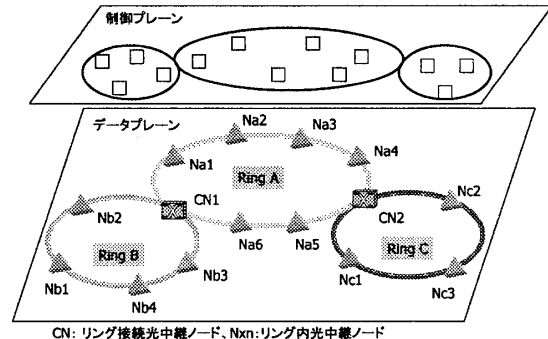


図 1 マルチリングネットワークの概要

そこで、エンド・ツー・エンドで一貫した波長を用いることが求められ、実現のために GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switching)[2] 技術が考案されている。GMPLS では WDM 装置や光クロスコネクタ等を統一的に管理制御でき、RSVP-TE (Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering)[3] によって制御プレーン上でフォトニックネットワークの各ノードの波長管理・制御を行う。送受信間で波長一貫性を満たす波長を選択してパスを設定する機構が定められている。また、リングネットワークに特化した波長制御・管理機構として、リング管理トークン (RMT: Ring Management Token) を用いた光パス設定方式も提案されている [4]。

## 2.2 光マルチリングネットワーク

既存のメトロエリアにおける光リングネットワークをコアネットワークを介して接続することにより、全光ネットワークの規模を容易に大きくすることができる。図 1 では Ring A がコアリングネットワークであり、Ring B, C がメトロリングネットワークといえる。光マルチリングネットワークを用いれば、Ring B, C 間の通信に於いても全光パスを張ることができるので、O/E/O 変換の必要が無く、広帯域な通信が可能となる。

各ノード  $N \times n$  はフォトニックノードであり、光分岐挿入装置 (ROADM)、または光クロスコネクタ装置 (OXC: Optical Cross Connect) である。また、リングは全光クロスコネクタ装置であるリング接続中継ノード CN (Ring Connection Photonic Node) を介して接続される。CN の詳細を図 2 に示す。図のように CN の内部は光スイッチ群で形成されているため、中継において波長変換は行わないものとする。

図 1 にもあるように、光マルチリングネットワークに於いても、GMPLS 技術のデータプレーン、制御プレーンの考え方を用いる。波長の制御・管理は制御プレーン

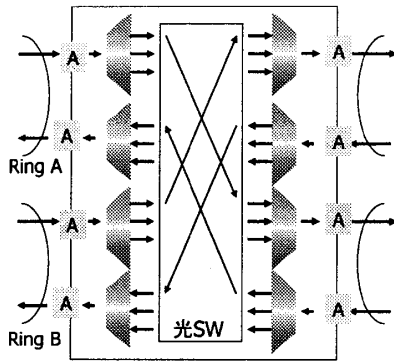


図2 リング接続光中継ノード

で行い、その結果をデータプレーンの各ノードに伝える。データプレーンでは確立されたパス上でデータのやり取りを行う。

### 3 評価手法の考察

一般に、光パスの評価としてはパス棄却率を与え、パス確立までの時刻を用いることが多い。筆者らは光パス設定要求を「呼」ととらえ、呼損率を評価基準とする。まず、目標呼損率を定め、満足するトラヒック量(呼量)と波長多重数の組み合わせを導き出す。目標呼損率を低信頼～高信頼システム用へと変化させ、システム設計のガイドライン作成を目指す。また、対象とするネットワークはメトロ間であるため、従来までの電話網と同様なトラヒック体系を取ることができると考えられ、アーラン呼損式の適応の可否を考察する。

#### 3.1 「呼量」と「呼損率」

トラヒック理論で述べる呼量  $A$  は単位時間に発生するトラヒック量であり、接続要求  $c$  とパスの平均保持時間  $h$ 、測定時刻  $T$  を用いて、

$$A = \frac{ch}{T} \quad (1)$$

で表すことができる。単位はアーラン (erl) とする。アーラン B 式より、呼損率  $B$  は回線数  $n$  と呼量  $a$  を用いて、

$$B = \frac{\frac{a^n}{n!}}{\sum_{i=0}^n \frac{a^i}{i!}} \quad (2)$$

と表すことができ、以下にあげる前提条件を必要とする。

1. 呼の発生はランダムである
2. 呼の保有時間は指数分布に従う
3. 入線数は無限大で、出線数は有限である
4. あふれ呼は待ち状態にならずに消滅する

リングネットワークに、アーラン B 式の条件が適応可能かを考察する。1,2 に関しては、リングネットワークにおいても適応可能である。4 に関しては、「あふれ呼」=

「パス棄却」と考えられ、棄却されたパスは消滅し、ランダム時間経過後に再びパスの要求を出すため、アーラン B 式の条件に適応できる。3 については、リングネットワークは異なる送受信間で回線を共有しており、トラヒック発生源と受信者もランダムであるため、適応は難しいと考える。

#### 3.2 シミュレーションによる評価とそのパラメータ

前項で考察したように、リングネットワークにおけるアーラン B 式を用いた呼損率の評価は難しいと判断される。そのため、ネットワークシミュレータを用いた評価が必要である。本稿で検討するネットワークシミュレータの各パラメータを示す。

- コアリングネットワーク : 1
- メトロ/下位層ネットワーク : 2~3
- 各リングの最大ノード数 : 16~32
- コアリングの最大長 : 300~400km (地方単位)
- メトロリングの最大長 : 50~200km
- 波長多重の最大値 : 40~80 波
- 一波あたりの帯域幅 : STM 10Gbps
- 経路選択 : 最短経路

### 4 まとめ

本稿では、フォトニックネットワークの現状と近い将来の技術としてマルチリングネットワークについて述べた。呼損率に注目した評価手法として、従来技術であるアーラン B 式の可能性について考察した。結果、ネットワークシミュレーションが必要と分かり、その評価パラメータを提示した。

今後の課題としては、ネットワークシミュレーションの作成である。最適な波長数とトラヒックの関係だけでなく、マルチリングにおけるノード数、トラヒック量の分布、時刻によるトラヒックの変化についても検討する。

#### 参考文献

- [1] 総務省, 「次世代 IP インフラ研究会 第一次報告書」, [http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040608\\_3.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040608_3.html), Jun 8. 2004
- [2] E. Mannie, Ed., "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Architecture," IETF RFC 3945, Oct. 2004
- [3] Extensions. L. Berger, Ed., "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Resource ReserVation Protocol-Traffic Engineering (RSVP-TE)," IETF RFC 3473, Jan. 2003
- [4] 朴美娘, 馬場義昌, 妹尾尚一郎, 岡崎正宣, "マルチリングネットワークにおける効率的な光パス設定方式に関する検討," 信学技報 PN2007-1, Jun.2007