

平成 21 年 5 月 11 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19760257

研究課題名 (和文)

次世代基幹網における高スループット実現のためのスケーラブルな光パス設定方式

研究課題名 (英文)

Scalable lightpath establishment method for realizing high throughput
in next-generation backbone networks

研究代表者 福島 行信 (FUKUSHIMA YUKINOBU)

岡山大学・大学院自然科学研究科・助教

研究者番号：00432625

研究成果の概要：本研究の目的は、スケーラブル(拡張性がある)かつ高いスループットを実現する(より多くのトラフィックを収容可能である)次世代基幹網を実現することである。これを達成するために、通信チャネルである光パスを設定する際に経路上の資源利用情報および各ノードペアの過去の波長変換器使用履歴に基づいて適切に波長変換箇所を決定することによりスケーラビリティおよびスループットの向上を実現する光パス設定方式を考案した。シミュレーション評価により、考案方式はスループットを向上させること、および、大規模網へも適用可能であることを明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,200,000	0	1,200,000
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,200,000	300,000	2,500,000

研究分野：フォトニックネットワーク

科研費の分科・細目：分科：情報学、細目：計算機システム・ネットワーク

キーワード：(H)ネットワークアーキテクチャ、(J)ネットワークプロトコル、(P)トラフィックエンジニアリング

1. 研究開始当初の背景

ユビキタスネットワーク社会の到来により、インターネットの基幹網に流入するトラフィック量は今後さらに急増する。この急増するトラフィックを収容可能なテラビット級の大容量通信を実現する次世代基幹網として、WDM

(Wavelength Division Multiplexing) 伝送技術を用いた光パス網が期待されている。WDM 伝送技術は、一本の光ファイバ上で複数の波長を多重化し、波長別に並列にデータを伝送することで通信回線の大容量化を実現する伝送技術である。光パス網は回線交換網の1つで

あり、光パスと呼ばれる通信チャネルを介して通信が行われる。光パス網に求められる性能指標としては、スケーラビリティおよびスループットが挙げられる。

近年、各ドメインにより個別に管理されている光パス網間での光パス設定に対応したGMPLSの標準化が進んでいる。その結果、各光パス網は統合され、数百、数千ノード規模のマルチドメイン光パス網が構築されると考えられる。このような光パスの大規模化にともないノード間で交換される資源利用情報（波長、波長変換器の利用状況を表す情報）の量は指数的に増大する。その結果、資源利用情報処理のためのノード負荷が増大し、光パス網の正常な運用が妨げられる。よって、スケーラブルな光パス網を実現するためにはノード間での資源利用情報交換量をいかに抑制するかが重要となる。

また、光パス網には波長連続性制約という独自の特徴があり、これがスループットを低下させる要因となる。波長連続性制約とは、送受信ノード間の経路上に位置する各ファイバで同一の波長を光パスへ割り当てなければならない、という制約である。この制約により、たとえ経路上の各ファイバで空き波長が存在してもそれらの種類が異なっていれば光パスを設定できないため、スループットが低下する。しかし、波長変換を行えば異なる種類の波長を用いた光パス設定が可能となり、スループットを向上できる。ただし、波長変換器は高価であるため各ノードに少数のみしか配置されない。波長変換器割り当てに関する従来研究では、網設計時にスループット最大化を目指して波長変換器配置場所・配置数を静的に定めていた。しかし、網設計時の静的な波長変換器配置のみでは不十分であり、網運用下での光パス設定時における動的な波長変換器割り当てが重要とな

る。なぜなら、実際の網運用時にはトラヒックパターンは動的に変動しており、それに伴いスループット最大化につながる波長変換実行場所が動的に変動するためである。よって、トラヒックパターンの変動に合わせてどのノードペアの光パスがどの中継ノードで波長変換するかを動的に決定する光パス設定方式が必要となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、(1)各ノードが光パス設定時に利用する資源利用情報の量を制限することによりノード間での資源利用情報交換量を抑制するような、スケーラブルな光パス設定方式を実現すること、(2)各ノードが光パス設定時に互いに邪魔にならないように波長変換ノードを選択させることにより波長変換ノードの競合を回避するような、高いスループットを実現する光パス設定方式を実現することである。

3. 研究の方法

本研究ではまず、スケーラブルかつ高いスループットを実現する光パス設定方式において光パス設定時に用いる情報として何を採用すべきかを検討した。その結果、経路上の資源利用情報および各中継ノードにおける各ノードペアの波長変換器使用履歴を用いることに至った。これにより、ネットワーク全体の資源利用情報を用いる場合とは異なり、ノード間での資源利用情報の交換量がノード数の増加に対して指数的に増加することを回避できる。また、経路上の各中継ノードにおける各ノードペアの波長変換器使用履歴を用いることによりそれらの波長変換箇所の棲み分けを実現でき、スループット低下の要因となる波長変換箇所の競合を回避できる。

次に、考案した光パス設定方式の有効性を検証するために計算機シミュレーションによる評価を実施した。ネットワークモデルとしては、(1)NSFNET、(2)メッシュネットワーク、(3)リングネットワークを用いた。ファイバ上の多重化波長数は16とした。波長変換器としては、任意の入力波長を任意の出力波長へと変換可能な全波長変換器を用いた。波長変換器は全ノードへ一様に配置される。光パス設定要求は、各ノードペアに対して平均 λ のポアソン分布に従い到着するものとした。光パス保持時間は平均 $1/\mu$ の指数分布に従うものとした。経路選択方式としては、LLR (Least Loaded Routing)を用いた。

4. 研究成果

本研究では、(1)光パス棄却率(トラヒックの収容が失敗する確率)、(2)波長変換器配置数、(3)波長変換器使用履歴サイズの観点から考案方式の有効性を評価する。比較対象は、FLR (First Longest lambda-Run)およびLEC (Least Converter first)である。

図1, 2, 3は各ネットワークにおいて1ノードあたりに配置する波長変換器数を変更した場合の光パス棄却率を示す。考案方式は従来方式と比較して最大で光パス棄却率を60%程度低減できている。このことから、提案方式はより高いスループットを達成できることが明らかとなった。

次に、表1にNSFNETにおいて理想的な光パス棄却率(波長変換器が無限に利用できる場合の光パス棄却率)に十分近い光パス棄却率を達成するために必要となる波長変換器数を示す。考案方式は従来方式と比較して必要波長変換器数をおよそ18個程度低減できている。このことから、考案方式を採用することによ

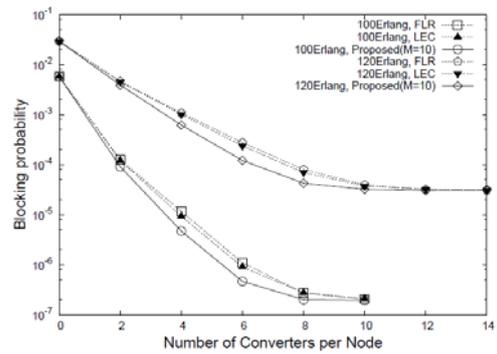


図1 光パス棄却率 (NSFNET)

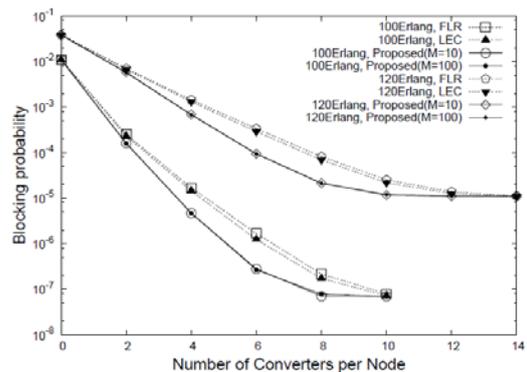


図2 光パス棄却率 (メッシュネットワーク)

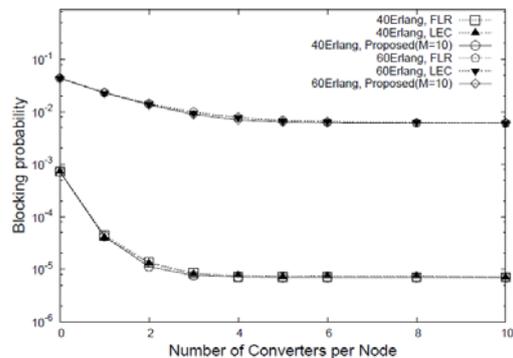


図3 光パス棄却率 (リングネットワーク)

り光パス網の構築コストを低減できることが明らかとなった。

表1 理想的な光パス棄却率に近い光パス棄却率を達成するために必要な波長変換器数

考案方式	FLR	LEC
108	126	126

最後に、図4にメッシュネットワークにおいて波長変換器使用履歴サイズを5から500まで変化させた際の棄却率を示す。図より、波長変換器使用履歴サイズにかかわらずほぼ同等の棄却性能を達成できており、各中継ノードで波長変換を頻繁に行うノードペアを学習するために必要な波長変換器使用履歴サイズはわずか5程度と小さくともよいことがわかる。以上のことから考案方式をGMPLSルータに実装した場合に必要なメモリサイズは十分に小さいと言えるため、考案方式は大規模光パス網へ適用可能であるといえる。

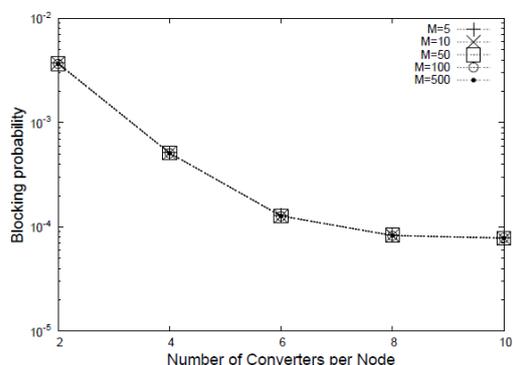


図4 波長変換器使用履歴サイズと棄却率の関係

今後の展望としては、まずは考案方式をGMPLSルータ上に実装した上で実証実験を行い、考案方式の実用性を検証したい。その上で、GMPLSルータ上での標準的な光パス設定方式として考案方式が採用されるようにルータメーカーへと働きかけていきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計1件)

- ① 福島行信, 大石貴裕, 横平徳美, " A Wavelength Converter Assignment Scheme for Decreasing Blocking Probability in Wavelength-Routed Networks," in Proceedings of 12th Optoelectronics and Communications Conference/16th International Conference on Integrated Optics and Optical Fiber Communication (OECC/IOOC 2007), pp. 454-455, 12 July 2007, 横浜.

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

光パスネットワークにおける波長割り当ての方法及び光パスネットワーク, 発明者:福島行信, 大石貴裕, 横平徳美, 権利者: 同上, 特許権, 特願2007-175696, 2007年7月4日, 国内.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福島 行信 (FUKUSHIMA YUKINOBU)

岡山大学・大学院自然科学研究科・助教

研究者番号: 00432625