



Title	Physical and Logical Design of Flexible and Scalable Wavelength-Routed Networks
Author(s)	福島, 行信
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46667
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 かく しま ゆき のぶ
福 島 行 信

博士の専攻分野の名称 博 士 (情報科学)

学 位 記 番 号 第 20495 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 18 年 3 月 24 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第1項該当

情報科学研究科情報ネットワーク学専攻

学 位 論 文 名 Physical and Logical Design of Flexible and Scalable Wavelength-Routed Networks
(波長ルーティングネットワークにおける柔軟性と拡張性を備えた物理網・論理網設計に関する研究)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 村田 正幸

(副査)

教 授 村上 孝三 教 授 今瀬 真 教 授 横平 徳美

論 文 内 容 の 要 旨

P2P アプリケーションの登場などにより急増するトラフィックを収容するネットワークとして、大容量通信を実現する WDM (Wavelength Division Multiplexing) 伝送技術を用いた波長ルーティングネットワークが注目されている。これまで、設備コスト最小化を目指した波長ルーティングネットワーク設計問題が研究されてきた。これら従来研究では、予測トラフィックパターンに基づき設備を配置していた。しかし、P2P ネットワークにおけるコンテンツ配置などに依存してトラフィックパターンは大きく変動するため、このような変動するトラフィックを柔軟に収容可能なネットワークを設計することが必要である。また、近年、複数ドメイン間での光パス設定に関するプロトコルの標準化がさかんに検討されており、将来的には異なるドメインが単一の大規模波長ルーティングネットワークを構成すると考えられる。その結果、波長多重数の増加に伴う使用波長帯域数の増大、波長多重数の異なるファイバ間での波長連続性制約を満たす光パス設定に必要な波長変換器コストの増大、および、ノード数の増加による経路表サイズの肥大化といった問題が発生する。このようなネットワークの大規模化に対する拡張性を備えたネットワークを設計することも重要である。

そこで本論文では、トラフィック変動に対する柔軟性、ネットワークの大規模化に対する拡張性を備えた波長ルーティングネットワーク設計手法を提案した。本論文ではまず、トラフィック変動に対する柔軟性を備えるために、ネットワーク容量のボトルネックとなるノードペアを特定し、そのノードペアで設定可能な光パス数が増加するようにネットワーク設備 (OXC、ファイバ) を配置することでネットワーク容量を最大化する物理網設計手法を提案した。シミュレーションによる評価の結果、提案手法では従来手法と比較して、トラフィック変動時の光パス設定要求の棄却率を抑えられることがわかった。

次に、波長ルーティングネットワークの大規模化に対する拡張性を備えた波長ルーティングネットワーク設計手法を提案した。まず、ネットワークの大規模化に伴いファイバ上の波長多重数が増加した際に、光パス設定に用いる波長帯域数が増加し増幅器コストが大きくなる問題に対処するために、使用波長帯域数を最小化する論理網設計手法を提案した。論理網構築時に設定する光パスを電気ルータの負荷が大きくない中継ノードで区切り、かつ、使用波長帯域数が最小化されるように光パスへ波長を割り当てることで使用波長帯域数を低減する。シミュレーションにより評

価した結果、提案手法では電気ルータの負荷が増加するためエンド間平均遅延時間は2～6%程度増加するものの、使用波長帯域数を80%程度削減できることがわかった。

続いて、波長多重数の異なるファイバが混在する大規模波長ルーティングネットワークにおける波長変換器配置を検討した。波長多重数の違いを解消する波長変換機能を低コストで実現するために、波長変換機能は限られているが安価な固定波長変換器を用いたノード構成法を提案した。提案手法をシミュレーションにより評価したところ、従来の波長変換器を用いたノード構成法と比較して波長変換器コストを20～40%程度削減できることがわかった。

さらに、ノード数の増加による経路表サイズの肥大化を解決するために、経路表サイズを抑制する階層化ルーティング機構を導入した。その際に、経路長の増加に起因する波長資源量の小さいリンクでの棄却率の上昇を抑えるために、クラスタ内波長資源量を増大させる分散ノードクラスタリング手法を提案した。提案手法を用いると波長資源量の小さいリンクがクラスタ間に位置するため光パス経路として選択されにくくなり、棄却率の上昇が抑えられる。シミュレーション評価により、提案手法は階層化ルーティング機構を導入しない場合と比較して経路表サイズを20～30%へと抑制できた。棄却率に関しては、従来のノードクラスタリング手法と比較して1桁から4桁程度小さくなることがわかった。

論文審査の結果の要旨

P2Pアプリケーションの登場などにより急増するトラフィックを収容するネットワークとして、大容量通信を実現するWDM (Wavelength Division Multiplexing) 伝送技術を用いた波長ルーティングネットワークが注目されている。波長ルーティングネットワーク設計問題に関する従来研究では、予測トラフィックパターンに基づき設備を配置していた。しかし、P2P ネットワークにおけるコンテンツ配置などに依存してトラフィックパターンは大きく変動するため、このような変動するトラフィックパターンを柔軟に収容可能なネットワークを設計することが必要である。また、近年複数ドメイン間での光パス設定に関するプロトコルの標準化がさかんに検討されている。それに伴い、将来的には異なるドメインが単一の波長ルーティングネットワークを構成し、大規模化が進むと考えられる。しかし、波長ルーティングネットワークの大規模化を実現するためには、波長多重数の増加に伴う増幅器コストの増大、波長多重数の異なるファイバ間での光パス設定に必要な波長変換器コストの増大、および、ノード数の増加による経路表サイズの肥大化といった問題を解決する必要がある。

そこで本論文ではまず、トラフィックパターンの変動に対する柔軟性を備えた波長ルーティングネットワーク設計手法を提案している。その結果、グラフ理論を応用しネットワークに設定可能な光パス数を最大化することで、トラフィックパターンの変動に対する柔軟性が得られることを明らかにしている。

次に、波長ルーティングネットワークの大規模化に対する拡張性を備えた波長ルーティングネットワーク設計手法を提案している。まず、光パス設定に用いる波長の広帯域化により増幅器コストが大きくなる問題に対処するために、使用波長帯域数を最小化する論理網設計手法を提案している。その結果、使用波長帯域数を大きく削減でき、波長多重数の増加に対する拡張性が得られることを明らかにしている。

続いて、波長多重数の異なるファイバが混在する大規模波長ルーティングネットワークにおける波長変換器配置を検討している。波長多重数の違いを解消する波長変換機能を低コストで実現するために、波長変換機能は限られているが安価な固定波長変換器を用いたノード構成法を提案している。提案手法により、ノードの波長変換器コストを大幅に抑えられることを明らかにしている。

さらに、ノード数の増加による経路表サイズの肥大化を解決するために、経路表サイズを抑制する階層化ルーティング機構を導入している。その際に、経路長の増加に起因する波長資源量の小さいリンクでの棄却率の上昇を抑えるために、クラスタ内波長資源量を増大させる分散ノードクラスタリング手法を提案している。その結果、階層化ルーティングの導入による棄却率の上昇を抑えつつ経路表サイズの肥大化を抑えられることから、ノード数の増加に対する拡張性が得られることを明らかにしている。

以上のように、本論文では波長ルーティングネットワークの設計に関して多くの研究成果を挙げている。よって、博士(情報科学)の学位論文として価値のあるものと認める。