

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第 11047号
------	-----	----------

氏 名 沈 志舒

論 文 題 目

Development of Large Capacity Photonic Network Technologies
(大容量フォトニックネットワーク構成技術の研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	佐藤 健一
委員	名古屋大学	教授	片山 正昭
委員	名古屋大学	教授	間瀬 健二
委員	名古屋大学	准教授	長谷川 浩

論文審査の結果の要旨

沈志舒君提出の論文「Development of Large Capacity Photonic Network Technologies (大容量フォトニックネットワーク構成技術の研究)」は、将来の大容量通信網を構築するための新たなフォトニックネットワークアーキテクチャである多階層光パスネットワーク及びエラスティック光パスネットワークに関して、効率的なネットワークアーキテクチャ並びにネットワーク設計手法を提案し、上記光パスネットワークの実現性と有効性を明らかにしたものである。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、これまでのフォトニックネットワーク技術の進展及び課題についてまとめている。第2章、第3章では、多階層光パスネットワーク、エラスティック光パスネットワーク各々の基本的な概念と関連する先行研究についてまとめている。

第4章では、波長変換・波長群変換の何れかまたは双方の機能を具備した多階層光パスネットワークの設計法について述べる。多階層型光パスネットワークの設計においては、同一波長(群)を割当てられた複数の波長(群)パスは同一ファイバを共有できない(波長衝突・波長群衝突)という制約のため、波長パス数が少ない領域、即ちトラフィック量が小さい領域では多階層型光パスネットワークは不効率であった。波長(群)変換器は任意の波長(群)から所望の波長(群)へ変換することが可能であり、そのため変換器の導入により、波長・波長群衝突を解消し、ファイバ利用効率を向上することができる。一方、変換器以外の設備コストは大きく削減されるが、場合によっては多数の変換器を必要とするため、これまでの設計手法では設備コスト面での優位性は実現されていなかった。そこで、波長変換・波長群変換器のいずれかまたは双方を導入した多階層光パスネットワークの新たな設計法を提案する。この手法では、波長変換器・波長群変換器の特性を鑑み、導入変換器数の削減と波長・波長群衝突に起因するファイバ数の増加とのトレードオフを考慮し、ネットワーク全体での設備コストを最小化する。提案法は、NP完全問題である極めて計算困難な設計問題であるため、二段階のILP(整数線形計画法)として定式化した。即ち波長パス・波長群パスの経路決定問題及び、最低限の波長・波長群変換器の導入を許し増設コストを抑制する波長・波長群番号割当問題に分割し、各々の部分問題を適確に解く方法を確立した。とりわけ波長群番号割当問題は、各変換器の導入効果数に大きな影響を与えるため、ILP及びヒューリスティック(比較的短い計算時間内で準最適解を探索する手法)を併用し、計算コストと解精度とのトレードオフの解決を計った。数値実験では、波長変換・波長群変換のいずれかまたは双方の機能を具備した多階層光パスネットワークが、従来型光パスネットワークと比べ、幅広いトラフィック領域でコスト削減効果を達成できることを確認し、同時に多階層光パスネットワークがコスト面で優位になる、波長変換器・波長群変換器コストの上限値を明らかにしている。

第5章では、著者が提案している準フレキシブルグリッドネットワークについて述べる。フレキシブルグリッドネットワークでは、高い光ファイバ帯域利用効率達成される反面、送受信側双方で高度な周波数のチューナビリティが要求され、システムコストを押し上げる要因となっている。この問題を解決するため、提案ネットワークでは、フレキシブルグリッドネットワークが用いる6.25 GHz間隔のグリッド上に、各光パスが専有する帯域幅(ビットレートや伝送距離に応じて決まる12.5 GHzの整数倍)毎に、その帯域幅をグリッド幅とする専用グリッドを定義する。各帯域幅についてのグリッドは、アンカー周波数と呼ぶ共通の周波数を含むように整列される。提案ネットワークでは、各送受信器における波長可変レーザーのチューナビリティが、相対的に粗なグリッドに限定される他、受信側において必要となるチューナブルフィルタのチューナビリティも送受信信号毎に限定された固定帯域幅で、中心周波数のみ可変となるものでよい。すなわち提案ネットワークは、従来のフレキシブルグリッドネットワークと比べ、コスト面で優位となる。

第6章では、前章で提案した準フレキシブルグリッドネットワークを含むフレキシブルグリッドネットワーク一般において、瞬断を最短化した切替が実現可能となる光パス再配置法を提案する。動的に光パスの設立と解放を繰り返すことにより、ネットワーク上の光パスは、その時点での最適割当から乖離するということがフォトニックネットワークでの根本的な課題である。さらに準フレキシブルグリッドネットワークを含むフレキシブルグリッドネットワークでは、光パスの占める周波数帯域が不均一であるため、未使用の周波数領域が断片化されることで、特に使用帯域の広い高ビットレートの光パスが高い確率でブロック(設立要求

論文審査の結果の要旨

の棄却)される傾向にある。前者の問題については、ネットワーク内の既存の通信需要の経路・周波数スロットの再最適化手順を導入して効率低下を軽減している。この際、再最適化時のサービス断を防ぐため、変更先の光パスを事前に設立してから変更元の光パスから最短の瞬断で切り替える MBBR (Make-before-break rerouting) を前提とする。一方、後者の問題については、高ビットレート信号専用の周波数帯域を導入することで、異なるビットレート信号の不均一なブロッキング率の傾向を改善している。以上の二つの施策の導入効果を様々なネットワーク形状にて評価した。数値実験の結果、提案方針の導入により、フレキシブル・準フレキシブルグリッドネットワーク双方における実質的なネットワーク容量が大きく向上することを示すと共に、提案準フレキシブルグリッドネットワークが、従来のフレキシブルグリッドネットワークとほぼ同等の特性を持つことを明らかにしている。即ち、準フレキシブルグリッドネットワークは、ハードウェアコストとネットワーク容量のトレードオフを効率的に解決することに成功しており、次世代の経済的な大容量フォトニックネットワークの候補として有望であることが示されている。

第7章では、本研究のまとめと今後の課題を述べている。

以上のように本論文では多階層光パスネットワーク及びエラスティック光パスネットワークに関して、効率的なネットワークアーキテクチャ並びにネットワーク設計手法を提案している。本研究で得られた結果は、将来の大容量通信網を構築するための新たなフォトニックネットワークアーキテクチャとして重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である沈志舒君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。