

氏名(本籍)	呉 謙		
学位の種類	博 士 (社会工学)		
学位記番号	博 甲 第	9829	号
学位授与年月日	令和 3 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	A Study on Network Planning in Space-division Multiplexing based Elastic Optical Networks and Spatial Channel Networks (空間多重分割方式のエラスティック光ネットワーク及び空間チャンネルネットワークの計画に関する研究)		
主 査	筑波大学 教授	博士 (理学)	繁野 麻衣子
副 査	筑波大学 教授	博士 (工学)	張 勇兵
副 査	筑波大学 教授	工学博士	吉瀬 章子
副 査	筑波大学 教授	博士 (理学)	繆 瑩
副 査	東京大学 教授	博士 (工学)	工藤 知宏

論 文 の 要 旨

【論文内容の要旨】

光通信ネットワークでは、近年の新しいインターネットサービスなどの急激な通信量の増加に伴い、超大容量光通信ネットワークの整備が課題となっている。この問題を解決する技術の一つに、空間分割多重化(space division multiplexing, SDM) 技術がある。さらに、空間分割多重方式でより大容量の要求に対応する空間チャンネルネットワーク (spatial channel network, SCN)がある。このような新しい光通信技術に対して、本論文では、効率的に通信要求を収容するためのネットワーク設計について、最適化の視点から資源割当問題を議論している。

第一章では、光通信ネットワークの設計に関する資源配分の問題について紹介している。歴史的背景に従い、経路波長割当問題、経路スペクトル割当問題を概観した後、本研究で扱う SDM のエラスティック光ネットワークにおける資源配分問題、そして SCN での資源配分問題について述べ、SDM、SCN 上での資源配分の最適化問題の位置付けを明らかにしている。

第二章では、光通信ネットワークで基本となる波長分割多重方式のネットワーク、柔軟なスペクトル分割を可能にしたエラスティック光ネットワーク、SDM のエラスティック光ネットワーク、そして、SCN を実現するためのそれぞれの技術や各種アーキテクチャについて紹介をしている。

第三章では、SDM での資源配分の最適化問題である、経路・空間・スペクトル割当問題を整数計画問題で定式化している。そして、問題を分割することで、高速に解を求めるために上下限を求めており、数値実験でその有効性を示している。

第四章では、SDM のエラスティック光ネットワークにおけるスイッチの自由度による能力の違いを評価している。1 ファイバ内で空間多重化されたレーンでのスイッチの構成方法からそのコストを明らかにし、スイッチの粒度により、使用スペクトル数と物理デバイスのコストにトレードオフの関係があることを示している。さらに、数値実験により、スイッチの自由度が異なるネットワークでのスループットを評価、比較をして考察を与えている。

第五章では、SCN での資源割当問題を整数計画問題として定式化し、さらに SCN の特徴を捉えた発見的解法である貪欲法を提案している。そして、数値実験により、提案する貪欲法で得られた解の評価は最適値と大きく違わずに、良い性能が得られることを小規模なネットワーク上で示している。さらに、大規模なネットワークでも貪欲法で高速に良い解が得られることを示すと同時に、波長交換をサポートするスイッチの個数による性能の評価もおこなっている。

最後に第六章で研究のまとめと今後の課題を述べている。

審 査 の 要 旨

【評価】

超大容量光通信ネットワークの実現にむけて、近年注目されている新技術である SDM での空間チャネル交換を考慮したエラスティックネットワークを対象に、そのネットワーク上での資源割当問題を扱っている。最適化手法の適応のみでなく、物理的なスイッチの特性などにも言及し、その上で資源割当問題を解いており、当該分野に新しい知見を与えている。

第三章は、SDM での資源配分問題に対してチャネルを基本にした定式化を導入したところに新規性がある。また、限られた設定の数値実験ではあるが、スロットを基本にした既存の定式化よりも求解速度が優れていることを示しており、評価に値する結果である。

第四章では、SDM のエラスティック光ネットワークを実現するスイッチの構成を示した上で、その費用を算出していることに新規性があり、この構成に基づいた数値実験結果は説得力がある。

第五章で扱っている SCN は近年提案された技術であり、SCN 上での資源割当問題を定義した初めての結果であり、問題設定と定式化、NP-困難の証明、ヒューリスティック解法の提案、大小2種類の規模のネットワーク上での実験といった総合的なアプローチでまとまった結果になっている。特に、ヒューリスティック解法は、SCN の特徴を捉えて収容順序を工夫しており独創性がある。

以上のように、超大容量光通信ネットワークにおける資源割当問題に対して物理的な構造に基づき分析をしており、今後のネットワーク設計に役立つ指針を与えている点は評価できる。数値実験の結果は通信要求の分布などが限定的な結果ではあるが、博士（社会工学）の水準に達していると判断する。

【最終試験の結果】

令和3年1月29日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（社会工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。