

審査の結果の要旨

氏 名 谷 澤 健

本論文は、"Adaptive Control Methods for Active Compensation of Chromatic and Polarization Mode Dispersion in Optical Fiber Communications (光ファイバ通信における波長・偏波モード分散の能動的補償のための適応制御方式)"と題し、光ファイバ通信における波長・偏波モード分散を光領域で適応的に補償するための可変補償器の制御方式の高度化方法を提案しその性能検討を述べるものであり、英文で執筆され、9章からなる。

光ファイバ通信において、波長分散(CD)や偏波モード分散(PMD)等の各種インペアメントの静的な補償技術の発展は、伝送速度の高速化と長距離化に大きく貢献してきた。しかし、一波長あたり 100Gb/s を超えるようなさらなる高速化や、通信経路がダイナミックに変動するようなネットワークの高度化に向けて、静的な補償ではファイバの敷設環境の変化や通信経路の変化にともなうインペアメントの変動に対応する補償ができない。そこで、近年、適応的なインペアメント補償技術の研究・開発が活発に行われている。しかし、補償速度や精度等の性能に大きく影響を与える制御方式についてはこれまであまり詳細な検討がなされていなかった。本論文は、光ファイバ通信におけるインペアメントのなかでも伝送品質への影響が比較的大きい CD と PMD の適応補償における制御方式に着目し、物理に基づいた適応制御を導入することによって補償性能を向上させる方式の提案とその性能検討結果について報告している。

第1章は"Introduction"であり、研究の背景と本論文の構成が述べられている。

第2章は"Chromatic dispersion and its compensation in optical fiber communications"と題し、CD とその補償技術に関する基本事項をまとめている。

第3章は"Polarization mode dispersion and its compensation in optical fiber communications"と題し、PMD とその補償技術に関する基本事項をまとめている。

第4章は"High-speed adaptive chromatic dispersion compensation based on steepest descent method"と題し、最急降下法を用いる適応的な CD 補償方法を提案し、伝送実験による提案方式の検討を報告している。この手法は、受信波形情報から制御変数に対する偏微分情報をリアルタイムで近似的に求める工夫をすることにより、補償状態の最適化に必要なループ数を減少させようとするものである。検証では、10Gb/s の Nonreturn-to-zero (NRZ) on-off-keying(OOK)変調で伝送実

験を行い、提案方式の有効性を確認している。

第 5 章は" Performance Analysis of Steepest Descent-Based Feedback Control of Tunable Chromatic Dispersion Compensator "と題し、前章で提案された方式の詳細な性能について、伝送シミュレーションを用いた評価を述べている。10Gb/s の伝送速度において、補償範囲は $\pm 6000\text{ps/nm}$ 、補償速度を示す補償器の最適化に必要なループ数は 10 回以内と、高速かつ広範囲な CD の適応補償が実現可能であることを示している。

第 6 章は" Proposed Adaptive Chromatic Dispersion Compensation in Higher Bit-Rate Transmission and Improvement of the Compensation Quality "と題し、提案方式の 40Gb/s へのアップデートと補償精度の改善に関する検討が述べられている。波形情報をより正確に採取することで、最適化の精度が向上することを確認し、さらに、提案方式が 40Gb/s の伝送速度でも $\pm 450\text{ps/nm}$ という大きな CD を高速に補償可能であることを示している。

第 7 章は" Search Control Algorithm Based on Random Step Size Hill-Climbing Method for Adaptive Polarization Mode Dispersion Compensation "と題し、PMD のより正確な補償を実現するための制御アルゴリズムの提案と伝送シミュレーションによる検討を報告している。提案手法は、通常の探索制御における探索ステップ幅にガウス確率密度関数に基づくランダム性を付与するものである。検証は、160Gb/s の RZ-OOK 変調で行われ、制御探索空間に存在するローカルマキシマの影響をおよそ 40%程度軽減することに成功している。

第 8 章は" Fast Tracking Algorithm Based on Steepest Descent Method for Adaptive Polarization Mode Dispersion Compensation "と題し、ファイバの敷設環境の変化によって生じる高速の PMD 変動を追従補償するための制御アルゴリズムの提案と検証が述べられている。提案では、高速の補償器最適化を目指すために、CD の補償と同様に偏微分成分の近似手法を用いて最急降下法を導入している。前章と同様の条件でシミュレーションによる検討が行われ、1-3m 毎に偏波状態が変動する状況でも、追従補償を実現できることが示されている。最後に、第 9 章は" Conclusion "であり、本研究の成果をまとめている。

以上これを要するに、本論文は光ファイバ通信における動的な波長・偏波モード分散の問題を克服するため、適応的な最適制御手法を体系的に検討するとともに、光領域における新たな適応制御アルゴリズムを提案して、高い補償性能を実証するとともにその諸性質を明らかにしたものであり、電子工学への貢献が少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。