

氏 名	さ の あき ひで 佐 野 明 秀
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 262 号
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	情 報 学 研 究 科 通 信 情 報 シ ス テ ム 専 攻
学 位 論 文 題 目	光ファイバ伝送における波長分散と非線形光学効果の抑圧技術に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 佐 藤 亨 教 授 高 橋 豊 助教授 乗 松 誠 司

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、光伝送システムの高速化、長距離化、大容量化に関し、高速化を実現する上で不可欠である波長分散補償技術、RZ フォーマットを用いた高感度化技術、及び非線形耐力向上に向けたプリチャープ法と分散マネジメント技術、さらに大容量化に適した変調方式である 4 相差動位相変調 (DQPSK) 技術について検討することを目的としたものである。

波長分散補償技術に関しては、40 Gbit/s 以上の高速伝送の実現に向けて、簡易な構成で最適な分散補償量が検出できるクロックモニタ法を考察している。また、インサート中の分散変動を検出可能な位相差法の適用を検討している。

長距離化技術に関しては、高感度化を実現可能なパルス幅マネジメント技術の理論検討及び実験による検証を行っている。さらに、非線形効果を抑圧する技術として、プリチャープ CSRZ-OOK (Carrier-Suppressed RZ) 符号の適用を検討している。また、プリチャープと分散マネジメント技術を適用することにより、高速波長分割多重 (WDM) 伝送システムにおける自己位相変調効果 (SPM) および相互位相変調効果 (XPM) による波形歪を最小化し、伝送距離の長延化の検討を行っている。

大容量化のための波長高密度化に適する RZ-DQPSK 符号に関して、狭帯域光フィルタを多段通過する帯域制限伝送路において、RZ 化方式による伝送特性の違いを解析し、partial-RZ 化により伝送距離の長延化の検討を行っており、全 9 章から構成されている。

第 1 章では、本研究の背景について述べ、光ファイバ伝送システム開発動向と課題、本研究の目的について述べている。

第 2 章では、光ファイバ中での波長分散及び光カー効果による光信号への影響について述べている。さらに、伝送シミュレーションの手法について説明されている。

第 3 章では、クロックモニタ法を用いた自動分散補償方式について述べている。まず、自動分散補償方式の必要性及び基本構成やクロックモニタ法の動作原理を説明している。次に、シミュレーションによりプリチャープや SPM に対する最適分散値の依存性について考察し、さらに 20 Gbit/s 及び 40 Gbit/s で動作検証している。

第 4 章では、位相差法を用いた適応分散補償方式について述べている。位相差法の動作原理について述べた後、40 Gbit/s での位相差法を用いた適応分散補償実験による動作検証を行い、WDM システムへの適用について考察している。

第 5 章では、パルス幅マネジメント技術を適用した 10 Gbit/s 無中継伝送について述べている。まず、送信信号のデューティ比や受信機のベースバンド帯域に対する受信感度の依存性を考察し、実験によりパルス幅マネジメントの有効性を検証している。

第 6 章では、プリチャープ RZ-/CSRZ-OOK 符号による長距離化について述べている。SMF 多中継伝送路での 40 Gbit/s の 1 チャンネル伝送シミュレーション及び 100 GHz 間隔 WDM 伝送シミュレーションにより、プリチャープによる伝送距離の長延化が可能であることを示している。

第 7 章では、プリチャープと分散マネジメントを適用した 40 Gbit/s WDM 伝送について述べている。プリチャープと

分散マネジメントを最適化することにより、SPM/XPM によるパワーペナルティを最小化可能であることを示している。さらに、4×40 Gbit/s WDM 伝送実験により効果を確認している。

第8章では、ノード多段接続伝送路における RZ-DQPSK 信号の伝送特性について述べている。RZ 化による伝送特性の違いを伝送シミュレーションにより検討し、partial-RZ 化により伝送特性を向上可能であることを示している。

第9章は結論であり、本論文で得られた主要な成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、伝送速度が 40 Gbit/s 以上となる基幹系超高速光伝送システムで生じる光ファイバの波長分散及び非線形光学効果 (SPM, XPM) による伝送品質劣化を抑圧し、長距離化、低コスト化を実現することを目的としたものであり、実証実験を含め、その有用性を明らかにしている。得られた主要な研究成果は次の通りである。

(1) 波長分散変動のモニタ方式としてクロックレベルモニタ法の適用を検討している。本方式により、簡易な構成でありながら SPM などにより最適補償量が変化する場合にも対応が可能となり、高精度な分散補償が可能となることを明らかにしている。

(2) 適応的に波長分散を補償するモニタ方式として、波長多重 (WDM) された信号間のクロック位相差をモニタすることにより分散変化を高精度に検出する位相差法を用いた適応分散補償方式を提案し、40 Gbit/s 伝送において適応分散補償の実証実験を行っている。

(3) RZ (Return-to-Zero)-OOK 符号を用いた光伝送システムの更なる長距離化に向けて、パルス幅マネジメント方式を提案している。本方式は、送信側でデューティ比の大きな RZ パルスを用いてファイバ入力パワー制限を緩和し、受信側でパルス圧縮を施して高感度化を達成するものである。さらに、送信光パルスにプリチャープを重畳することによる SPM に対する耐力向上を検討している。

(4) WDM 方式において SPM 及び XPM による波形歪を抑圧する手法として、プリチャープに加えて、伝送ファイバの局所分散値及び分散補償量を最適化する分散マネジメント方式の適用を検討している。プリチャープ量、分散補償量、及び伝送ファイバの分散値を最適化することにより、非線形効果を抑圧し、長スパン化が可能であることを 40 Gbit/s/ch の WDM 伝送系において理論解析及び実験により実証している。

(5) 狭帯域光フィルタが多段に接続された伝送系における高密度 WDM 伝送に適した変調方式として、消光比を制御した (partial-RZ 化) 4 相差動位相変調 RZ 符号を提案している。帯域制限の強い伝送系の場合、partial-RZ 化を施すことによって伝送特性を大幅に改善可能であることを明らかにしている。

以上要するに本論文は、基幹系超高速光伝送システムにおける長距離化、低コスト化を実現するための波長分散及び非線形光学効果を抑圧する技術を提案するとともに、その有用性ならびに優れた特性を明らかにしたものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (情報学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年2月20日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。