

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	畳み込み符号を用いた 全光誤り訂正符号化技術に関する研究
Title(English)	A Study on Optical Forward Error Correction Coding Scheme with Convolutional code
著者(和文)	相川洋平
Author(English)	Yohei Aikawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10532号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:植之原 裕行,浅田 雅洋,小山 二三夫,渡辺 正裕,宮本 智之,遊部 雅生
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10532号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		相川 洋平	
			氏名	職名		
論文審査 審査員	主査		植之原 裕行	教授	宮本 智之	准教授
	審査員		浅田 雅洋	教授	遊部 雅生	東海大教授 (学外審査員)
			小山 二三夫	教授		
			渡辺 正裕	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「A Study on Optical Forward Error Correction Coding Scheme with Convolutional Code (畳み込み符号を用いた全光誤り訂正符号化技術に関する研究)」と題して、英文7章から構成される。

第1章「Introduction (研究の背景)」では、研究背景に触れ研究対象および研究目的を明らかにしている。まず、今後更なる大容量化が進んでいく光通信において、既存の電気処理に頼った誤り訂正 (FEC) 技術では大規模データ処理における消費電力増加が避けられない現状を述べた上で、電気処理を介さずに光バスを維持したままFEC符号化技術を実現することで、光バスの途中にて雑音耐性を付加する手法を新規に提案している。提案手法の実現を目指して、畳み込み符号・ビタビ復号を研究対象に選択するとともに、光信号処理を用いた畳み込み符号化・ビタビ復号化技術の確立にむけた具体的な取り組みを研究目的として列挙している。

第2章「Theory of Convolutional Code and Viterbi Decoding Scheme (畳み込み符号とビタビ復号手法の理論)」では、畳み込み符号およびビタビ復号の動作原理に関して説明している。畳み込み符号はXOR演算を、ビタビ復号は比較演算をそれぞれ基本構成要素としているため、光信号処理を導入するにあたって、光XOR演算の高精度な制御、および比較演算の光処理化が必要となる旨を説明している。

第3章「Analytical Investigation of Optical FEC Coding Scheme with Convolutional Code (畳み込み符号を用いた光FEC符号化技術の数値解析による検討)」では、光FEC符号化技術に関する解析的検討内容について述べている。まず光素子を用いた符号化回路を提案し、光XOR素子に高非線形ファイバ (HNLF) における四光波混合 (FWM) を用いる理由について論じ、光XOR動作に関して数値解析を用いて最適動作条件を導出している。動作条件は、HNLFおよびビタビ復号に対して求め、どちらのパラメータにおいても最適条件が存在することを解析結果とともに示している。続いて、パラメータを最適条件に設定し、光FEC符号化動作の解析的実証を試みた結果、動作速度10 Gbpsにおいて正常動作を確認するとともに、4 dBの符号化利得が獲得可能である結果を得ている。さらに、光FEC符号化動作に関して動作トレランスを評価し、最適条件において動作トレランスが最大となることを明らかにしている。またトレランス評価結果から、動作の実験実証にむけて信号光強度と位相整合条件の正確な調整が重要である旨を述べている。

第4章「Experimental Investigation of Optical FEC Coding Scheme with Convolutional Code (畳み込み符号を用いた光FEC符号化技術の実験的検証)」では、光FEC符号化動作に関する実験的検討内容について説明している。実際のHNLFを用いた場合のFWM生成効率を測定し、ゼロ分散波長1550 nmを中心として12 nmの帯域内に信号波長を収める必要性を述べている。さらに光XOR動作における最適条件を実験的に評価し、第3章の解析結果と同様の傾向を示すことを確認している。最後に、最適条件下において光FEC符号化動作を検討し、その結果、動作速度10 Gbpsにおいて正常動作を実証している。またビット誤り率 (BER) 測定を行いBER $>10^{-8}$ において4 dBの符号化利得が得られることを明らかにしている。

第5章「Theoretical Investigation for Performance Limitation Optical FEC Coding Scheme (光FEC符号化技術の性能限界の理論的検討)」では、光FEC符号化技術における性能限界に関して述べている。一般に、高性能な符号を用いることで符号化利得は向上するが、提案技術では光XOR素子が縦続で接続される構成となるためにパワーペナルティが発生する。符号化利得の理論上界とパワーペナルティの差分を計算し、符号化利得の性能限界を評価している。また、その結果から現実の光ネットワークを対象としたときに7.2 dBの符号化利得が獲得可能であることを明らかにしている。

第6章「Investigation of Optical and Electrical Converted Viterbi Decoding Scheme (光電融合型ビタビ復号手法の検討)」では、光信号処理を用いたビタビ復号に関する解析的検討内容を述べている。まずは比較演算を光信号処理に置き換えた光電融合型ビタビ復号を提案し、その動作原理に関して説明している。特に、光処理による比較演算は単体で新しい機能素子として訴求できるものであるため、光比較器と名付け、その動作原理を説明している。つづいて、光電融合型ビタビ復号の動作性能を解析的に評価している。解析の結果から、従来のビタビ復号と同等の性能を80%の計算量で獲得できる結果を得ている。最後に、拘束長の長い高性能な符号を用いた際の計算限界量に関して理論的に評価しており、処理するビット数の少ない光比較器を新しく提案することで、計算量削減効果を75%に低減できるとともに、任意の符号に対して低減効果を常に一定に保てることを述べている。

第7章「Conclusion (結論)」では、本研究から得られた成果を総括している。

これを要するに、本論文にて述べた以上の成果は、これまでの光通信技術において未検討であった畳み込み符号およびビタビ復号への光信号処理技術の適用可能性について取り組むものであり、高度な光信号処理動作およびその動作要件の明確化に新たな知見を与えたもので、工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。