

# 次世代光通信ネットワーク用量子暗号化 光WDM送 受信機に関する研究

著者	原澤 克嘉
ファイル(説明)	学位論文の要旨
別言語のタイトル	Studies on Quantum Encryption Optical WDM Transceiver for the Next Generation Optical Communication Network
学位授与番号	17701乙理工論第50号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10232/4884">http://hdl.handle.net/10232/4884</a>

## 学位論文の要旨

氏名

原澤 克嘉

学位論文題目

次世代光通信ネットワーク用量子暗号化光WDM送受信機に関する研究

本論文は、将来の光通信ネットワークに要求される課題を解決するために、新たな光送受信機を提案し、その研究内容を装置の開発および検証実験を中心にまとめたものである。

第1章は、本研究の背景および目的を述べる。

第2章は、将来の光通信システムの概要と課題について、現在各国で盛んに考案されている将来の光通信ネットワークを考察し、その概要と技術的な課題について検討した。

特に本章では、本研究の中心である大容量光伝送と情報ネットワークの安全性を中心に検討した。

第3章は、自立制御型WDM光伝送装置の開発について、将来の大容量光伝送の問題点を解決する光送受信機の自律制御型アーキテクチャの提案と試作および検証実験を行い、その有効性を検討した。

第4章は、光通信量子暗号伝送装置の開発について報告する。光通信ネットワークにおいて、もう一つの課題である情報セキュリティの確保を実現する光の量子効果を応用した光通信量子暗号化光伝送装置の技術開発について詳細を述べ、また試作装置を用いて商用回線を利用した伝送実験結果から早期実現の見通しについて考察した。

第5章は、各章での成果を纏め、本研究の結論とする。

## 論文審査の要旨

報告番号	理工論 第50号	氏名	原澤 克嘉
審査委員	主査	山下 喜市	
	副査	高田 等	大島 賢一

学位論文題目 次世代光通信ネットワーク用量子暗号化光WDM送受信機に関する研究

(Studies on Quantum Encryption Optical WDM Transceiver for the Next Generation Optical Communication Network)

## 審査要旨

提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文は、次世代光通信ネットワークに要求される諸課題を解決可能とする新たな光送受信機アーキテクチャの提案と、情報セキュリティを完全に保証できる光通信量子暗号化伝送装置の開発技術について述べたもので、全5章より構成されている。

第1章は序論である。本研究の背景と目的について述べている。

第2章では、将来の光通信システムの概要と課題について、現在各国で盛んに提唱されている次世代光通信ネットワークを考察し、その概要と技術的な課題について検討している。

特に、本章では本研究の中心である大容量光伝送と情報ネットワークの安全性を中心に検討している。

第3章では、次世代大容量光伝送ネットワークの解決すべき課題を明らかにし、高密度光WDM (Wave Length Modulation)伝送に適した新たな光送受信機のインテリジェント化を可能とする自律制御型アーキテクチャを提案している。また、このアーキテクチャを実装した10Gb/s光伝送装置およびそのキーデバイスとなるLSIを試作すると共に、光伝送実験によりその有効性を示している。

第4章では、次世代光通信ネットワークにおけるもう一つの課題である情報セキュリティの保証に対して、光の量子効果を積極活用する新たな光通信量子暗号化理論を具現化した暗号化光伝送方式を提案し、それら方式について詳細に述べている。また、2.5Gb/s光伝送装置を試作し、商用光ネットワークを用いた伝送実験の結果から早期実用化への見通しを明らかにしている。

第5章は結論である。各章での研究成果を纏め、次世代の光通信ネットワークを考慮し、新たに提案された技術の有効性および早期実現性について総括している。

以上、本論文は次世代光通信ネットワークに必須な基本技術に関する先駆的な研究で、光送受信機インテリジェントアーキテクチャおよび光通信量子暗号化伝送方式を提案している。また、装置試作と伝送実験によってそれら方式の有用性を示したもので、システム情報工学分野に寄与するところが大きい。よって、審査委員会は本研究が博士(工学)の学位論文として合格と認定した。

## 学 力 確 認 結 果 の 要 旨

報告番号	理工論 第 50 号	氏 名	原 澤 克 嘉
審査委員	主 査	山 下 喜 市	
	副 査	高 田 等	大 畠 賢 一
<p>平成20年1月30日(水)に開催された学位論文発表会の説明について、発表者と審査委員3名を含む26名の参加者との間で活発な質疑応答がなされた。発表者からは何れの質疑に対して的確な回答が得られ、満足すべき基礎および専門的知識を身に付けていることが示された。主な質疑応答の内容を以下に記す。</p> <p>【質問】光送受信機の初期値設定において、従来では高精度調整を行う場合、熟練技術者が時間をかけないと調整が難しいことを新アーキテクチャではどのように解決しているのか。</p> <p>【回答】従来アーキテクチャでは温度特性を含めた光素子データを詳細に積み上げ、それをROMに書き込み調整していた。ROMデータの書き込み以降は自動更新はできないため、データと実際の特性が乖離した場合は性能劣化となる。新アーキテクチャは初期特性を与えるのみで良く、稼動中は環境条件の把握と光素子の特性データを装置自体が収集してROMに格納すると共に、RAMにて次の制御データとして自動更新する。この新技術により、人手による調整が不要になり、大幅なコスト低減が可能となる。また、経年劣化も補償できる。</p> <p>【質問】従来アーキテクチャの開ループ制御と新アーキテクチャの閉ループ制御の違いは何か。</p> <p>【回答】従来は初期の光素子データのみを用い予め決められた関数で制御する。装置自体では稼動中の特性を把握せず、一方向のフィードバック制御ため開オープンループ制御と呼ばれる。新アーキテクチャでは、稼動中も常に光素子の状態をモニタリングし、この情報をフィードバック制御して最適調整を行うので閉ループ制御と呼ばれる。</p> <p>【質問】アーキテクチャの検証実験において、動作環境温度範囲が10℃から40℃と狭いのはなぜか。</p> <p>【回答】光伝送装置の架内温度仕様が10℃～40℃であり、この条件を設計目標としている。</p> <p>【質問】10Gb/s伝送用LSIはアナログ/デジタル混載であるが、SIP方式に比して、コストパフォーマンスの観点からどちらが良いと考えるか。</p> <p>【回答】SIPは開発コストを低減できること、機能やアイソレーション確保、電源電圧等が異なる場合、アナログ部とデジタル部の混載が可能になるなどの利点がある。しかし、最近のメーカの開発スタイルでは、初期開発の段階ではSIPを採用し、最終製品ではSOCに移行していく場合が多い。</p> <p>【質問】光量子暗号化伝送装置の受信感度特性で誤り率が1E-8近辺からフロア現象を呈する要因は何か。</p> <p>【回答】現在、要因を究明中であるが幾つか考えられるポイントがある。現在、一般的なデジタル伝送時と同じコンセプトで回路を設計しているため、本研究の様な多値伝送では波形歪が伝送特性に大きく影響する。波形歪により符号間干渉が生起し、符号誤り率が受信機のランダム雑音のみで決定されずフロア現象を呈する。また、受信信号の“1”、“0”を識別するのに合わせて識別レベルを10Gb/sでダイナミックに動かす必要があるため、必ずしも最適な識別タイミングとはならず、符号誤り率特性の劣化を生じる。今後は、本研究で得られた成果をベースに新たな伝送技術を開発していく。</p> <p>以上の質疑応答およびその他の質疑に対する応答、並びに、語学力についても専門に関する論文の英文和訳の課題に対して適切な翻訳がなされたことから、十分な能力を有することが確認された。よって、審査委員会は申請者が博士(工学)の学位を与えるに十分な学力と見識を有するものと認定した。</p>			