



Title	WDM1芯双方向光アクセスシステムの高度化に関する研究
Author(s)	吉田, 智暁
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48469
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	吉田 智 暁
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 21220 号
学位授与年月日	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 工学研究科電気電子情報工学専攻
学位論文名	WDM 1 芯双方向光アクセスシステムの高度化に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 北山 研一 (副査) 教授 小牧 省三 教授 滝根 哲哉 助教授 丸田 章博 助教授 松本 正行

論文内容の要旨

本研究は、WDM 1 芯双方向アクセスシステムの柔軟性を向上させる高度化技術を提案し、光アクセスシステムの一層の経済化を実現することを目的に行われた。

インターネット技術の急速な普及に伴い、通信ネットワークは様々なメディアやサービスを提供する情報流通インフラへと大きく変わろうとしていた。高速で安定した伝送を実現する FTTH (Fiber-To-The-Home) はそのアクセス回線として有望である。FTTH が情報流通社会のインフラとして確立されるためには、現在の主流である WDM 1 芯双方向光アクセスシステムのさらなる経済化が重要であった。しかし、光アクセスサービスの発展と普及に伴い、各ビットレート、サービス種別ごとに設備が配置されるという非効率な状況が生じ、将来には 10 Gbit/s 以上の 1 芯双方向光アクセスシステムが求められるという課題が挙げられた。これらの課題を解決するために、設備やビットレートの移設にかかるコストを低減する技術、および将来にわたってスケーラビリティの高い 1 芯双方向光アクセス技術を確立することが求められていた。そこで、WDM 1 芯双方向光アクセスシステムに関する 3 つの研究を行った。本論文は以下のように構成される。

第 1 章は本研究の背景に関する章である。インターネット技術の急速な普及によってますます重要となっている光アクセスネットワークの概要、歴史について述べた。次に近年の伝送速度の上昇傾向から光アクセスシステムの課題について明確化した。

第 2 章は WDM 1 芯双方向光アクセスシステムの概論に関する章である。WDM 1 芯双方向光アクセスシステムの高度化における基礎技術について概説した。WDM 双方向多重方式の構成技術、送受信間クロストークの抑圧に有用な FDTD 法の概要とそれを用いたシミュレーション技術、光ループバック型 WDM-PON の基本構成について概説した。

第 3 章は SS 光アクセス方式における小型高密度化に関する章である。SS の小型高密度化によって、局舎における PON と同等の実装密度と、設備の移設を含めたトータルコストを抑えることが可能である。送受信間や IC のピン間で発生する電氣的クロストーク抑圧する設計手法を提案し、多チャネル集積した 1 芯双方向光モジュール、IC、およびそれらを実装した光加入者収容モジュールを試作し、それらの特性について明らかにした。

第 4 章はマルチレート光送受信技術の実現に関する章である。提案するマルチレート光トランシーバを、複数ビッ

トレートの光送受信レベル規定に適用することで、複数の伝送速度の保守運用を経済的に行うことが可能である。最小受光感度と光送信出力を受信ビットレートに応じて最適化する機能を実現した小型マルチレート光トランシーバを試作し、入力光信号レベル、ビットレートを変化させて、切替特性を評価した。

第5章は光ループバック型 WDM-PON の1芯双方向化に関する章である。光ループバック型 WDM-PON は、将来の 10 Gbit/s 級の光アクセスシステムとして高いスケーラビリティを実現する有力な技術であった。この光ループバック型 WDM-PON の1芯双方向化において、伝送路の反射による影響を軽減するために、位相変調と狭帯域光フィルタを用いて直流光の反射成分と上り信号光を分離する構成と、ビット同期法の適用を提案した。提案技術の原理確認実験と伝送実験を行い、提案技術の光アクセスネットワークにおける適用可能性を明らかにした。

第6章では、以上の研究によって得られた成果を総括し、本論文の結論を述べた。

論文審査の結果の要旨

本研究は、WDM 1 芯双方向光アクセスシステムの柔軟性を向上させる高度化技術を提案し、光アクセスシステムの一層の経済化を実現することを目的に行っている。高速インターネット接続サービスを支えるインフラとして重要な光アクセスシステムを、今後、より高速、大容量の通信サービスをより経済的に提供していくために、まず、光アクセスシステムの小型高密度化によって、PON ではトータルコストにおいて不利となる短期間の伝送速度アップグレード要求に経済的に対応できる 1 芯双方向光アクセスシステムを実現している。また、最小受光感度と光出力レベルを受信信号のビットレートに応じて最適化する新しいマルチレート光送受信技術を提案し検証することで、マルチレート化による柔軟な伝送速度のマイグレーションを実現している。また、スケーラビリティの高い 10 Gbit/s 級光アクセスシステムの 1 芯双方向化を目指し、光ループバック型 WDM-PON の1芯双方向化の提案と実験による検証を行っている。得られた結果を要約すると、以下の通りである。

- 光アクセスシステムの小型高密度化に関しては、1 芯双方向モジュール、リミッタアンプ IC、LD ドライバ IC の多チャンネル集積化を提案している。多チャンネル集積光モジュールにおける電氣的クロストークを解析するため、FDTD 法を基本とし、簡易な能動デバイスモデルを組み込んだシミュレーション法を提案し、適用している。8 チャンネル集積光モジュールのシミュレーション結果と測定結果は比較的良好な精度で一致しており、開発したシミュレーション技法の有効性を確認している。16 チャンネル集積光加入者収容モジュールを試作し、その光トランシーバ部において標準の小型モジュールを実装する場合に比べて約半分の実装面積を削減している。また、FastEthernet パケット伝送試験を行い、16 チャンネル同時動作において良好な最小受光感度を達成している。
- マルチレート光送受信技術の実現については、光ファイバ接続時に最小受光感度と光出力レベルを受信信号のビットレートに応じて最適化する新しい技術を提案している。最小受光感度の切替は、可変利得プリアンプ (VTIA) の帰還抵抗値を、ビットレートの判定結果に応じて切替えることにより、VTIA の利得と帯域を同時に変化させることで実現している。また、光ファイバを接続する際にビットレートを正しく判定する新しいビットレート判定回路 (BDC) の構成を提案している。提案した VTIA、BDC および光出力レベル切替回路を実装したマルチレート光トランシーバを試作、評価し、入力光パワーとビットレートを変化させても、正しくビットレートを判定し、最小受光感度と光出力レベルを最適化することを確認している。
- 光ループバック型 WDM-PON の1芯双方向化については、下り連続光の反射と上り信号とのコヒーレントクロストークによる受信感度劣化を軽減するために、位相変調と狭帯域光フィルタを用いて、反射光を減衰させ、ループバックされた上り信号のみを受信する構成を提案している。また、光ファイバの群速度分散の影響を最小化するために、ビット同期法の適用を提案し、標準のシングルモードファイバを用いて、伝送距離に応じた調整を行うことなく、十分なアイ開口度を確保できる距離を理論およびシミュレーションによって確認している。実験においては、提案方式の back-to-back 構成における反射耐力の測定し、反射耐力が向上することを確認している。また、標準のシングルモードファイバを用いて 10 km、20 km の伝送実験を行い、測定したパワーペナルティが、常に

back-to-back 構成の場合と同等の特性となることから、提案技術の有効性を確認している。

以上のように、本論文はより柔軟で経済的な WDM 1 芯双方向光アクセスシステムを実現する、小型高密度化、マルチレート化による柔軟なマイグレーションの提案と実現、およびスケラビリティの高い 10 Gbit/s 級の 1 芯双方向化技術を提案、実現しており、その成果の工学的な見地から見て非常に評価の高い成果が得られている。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。