



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                     |                                                                                                                           |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | 多分岐/長延化光アクセスシステムに関する研究 [論文内容及び審査の要旨]                                                                                      |
| Author(s)           | 藤原, 正満                                                                                                                    |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                                                     |
| Degree Name         | 博士(工学)                                                                                                                    |
| Dissertation Number | 甲第11307号                                                                                                                  |
| Issue Date          | 2014-03-25                                                                                                                |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/55762">https://hdl.handle.net/2115/55762</a>                                         |
| Rights(URL)         | <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/</a> |
| Type                | doctoral thesis                                                                                                           |
| File Information    | Masamichi_Fujiwara_review.pdf, 審査の要旨                                                                                      |



## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 藤原 正満

審査担当者 主 査 客員教授 吉本 直人

副 査 教 授 齊藤 晋聖

副 査 特任教授 野島 俊雄

副 査 教 授 山本 強

## 学位論文題名

多分岐/長延化光アクセスシステムに関する研究

(A study on high-splitting-ratio and long-reach optical access systems)

FTTH による高速の光アクセスサービスが急速に普及している。FTTH の代表的なシステムが PON (Passive Optical Network) である。PON は、複数の加入者装置 (ONU) を、局舎外に配置したスプリッタを介して単一の局内装置 (OLT) で収容するシステムであり、時間多重 (TDM) 技術を用いて、局舎-スプリッタ間の光ファイバおよび OLT を複数の加入者でシェアすることにより経済化を実現している。

PON は多分岐/長延化の実現によるサービスエリアの拡大が強く求められている。そこでの大きな課題は二つある。一つ目の課題は、広入力レンジ化の実現である。PON の上り信号は、ONU-スプリッタ間の伝送距離の相違により、時間的に強度の異なるバースト信号となることから、光増幅器は広い入力レンジを有する必要がある。特に、近距離 ONU からの強信号が光増幅器に入力されると、光増幅器の利得飽和効果によりバーストフレームや信号波形が劣化すると同時に、増幅後の光強度が強くなり受信器に過負荷が掛かる恐れが生じる。二つ目の課題は、電源供給である。過去の報告は、局舎外に中継器として光増幅器を配置し、伝送距離の大幅な拡大を図ることに注力されていた。しかしながら、光増幅器はアクティブデバイスであるため電源供給が必要であり、その設置位置には制限がある。

本研究では、一つ目の課題について 10G-EPON、および WDM/TDM-PON を対象とした上り伝送用の光増幅器を各々提案している。両提案構成は、中継光増幅器の高利得化/高出力化により伝送距離の拡大を図るため、光増幅器をカスケード接続する点において共通するが、広入力レンジ化を実現する機構が異なる。10G-EPON システムでは、カスケード接続した光増幅器の間にフィードフォワード (FF) 型レベル制御機構を備えた高速可変減衰器を配置する。光増幅器をカスケード接続すると、強信号が入力された場合、二段目の光増幅器の飽和増幅領域に光信号が入力されて、バーストフレームや信号波形が劣化する。これを回避するため、高速可変減衰器により、入力光強度に依らず初段の光増幅器の出力を二段目の光増幅器の飽和増幅領域以下の一定値に制御する。これにより、二段目の光増幅器における利得飽和を防ぎ、広入力レンジ化を実現することができる。また、高速可変減衰器の出力は、入力光強度に依らず一定値に制御されているため、二段目の光増幅器の出力も一定値に保たれる。したがって、強信号が入力されても最終的な出力は弱信号と同じとなり、受信器の過負荷を防ぐ効果を同時に実現した。増幅媒体としてプラセオジム添加光ファイバ増幅器 (PDFA)、および半導体光増幅器 (SOA) を用いた本構成による光増幅中継器を製作し、一

定出力を得ることのできる入力レンジを評価した。結果、PDFA 版、および SOA 版について、それぞれ、入力レンジ 22.5dB、18.0dB を達成した。

一方、WDM/TDM-PON では複数波長を増幅するため、波長ごとに光増幅器を配置する必要がある。従って 10G-EPON 以上に装置の経済化が求められることから、増幅媒体として光ファイバ増幅器よりも経済化が見込める SOA を用いる。さらに、高速可変減衰器を用いず、SOA の高速応答性を利用して FF 制御によりその利得を変化させる方式を採用し、装置のさらなる経済化を図る。二段目の SOA に入力される光信号強度を抑えつつ、光増幅器出力を精度よく一定値に保つため、二段目の SOA だけでなく初段の SOA の利得も制御する。本構成による中継光増幅器を製作し、一定出力を得ることのできる入力レンジとして 19.0dB を達成した。

二つ目の課題については、電源供給の容易な局舎に光増幅中継器を配置し、ONU を効率的に収容するシステム構成を提案した。提案システムでは、局舎外と局舎内に配置したスプリッタで分岐を按分する多段スプリッタ型の PON システム構成を想定し、OLT 直下ではなく、局内スプリッタ直下に光増幅器を設置する。提案システムの上り伝送に光増幅器を適用するためには、強信号増幅時の受信器の過負荷、および光増幅器が放出した自然放出光 (ASE) 雑音が局内スプリッタにおいて重畳されることによる信号性能劣化を同時に回避する必要がある。10G-EPON を対象として製作した SOA 版の光増幅中継器のレベル制御機能を利用してこれらを回避する。受信器の過負荷は先述の光強度一定制御機能により回避できる。10G-EPON を想定した光伝送実験により、遠近混在システムでは、近距離ユーザに影響を与えることなく、遠距離 ONU が接続された分岐の伝送路許容損失を 10.9dB 改善可能であることを示した。また、多分岐システムについては、256 分岐が実現可能であることを示した。

以上要するに、本論文は光アクセスネットワークのサービスエリア拡大を実現するために PON への光増幅器の適用とその構成について新しい方式を提案し、PON の多分岐/長延化ができることを示した。提案方式により光アクセスネットワークのサービスエリアが拡大されるとともに、高速で経済的な光アクセスネットワークが実現できることを示したものであり、情報ネットワークの発展に大きく寄与するものである。よって著者は博士 (工学) の学位を授与されるに値するものと認める。