

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 広帯域光ファイバ無線アクセスネットワークにおける高品質伝送技術に関する研究   |
| Author(s)    | 熊本, 和夫  |
| Citation     | 大阪大学, 2002, 博士論文  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/937">https://hdl.handle.net/11094/937</a> |
| rights       |   |
| Note         |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

|            |   |
|------------|---|
| 氏名         | 熊本和夫  |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学)  |
| 学位記番号      | 第 17085 号   |
| 学位授与年月日    | 平成14年3月25日  |
| 学位授与の要件    | 学位規則第4条第1項該当<br>工学研究科通信工学専攻   |
| 学位論文名      | 広帯域光ファイバ無線アクセスネットワークにおける高品質伝送技術に関する研究   |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 小牧 省三<br><br>(副査)<br>教授 北山 研一    教授 森永 規彦    教授 塩澤 俊之<br>教授 河崎善一郎    教授 元田 浩 |

### 論文内容の要旨

第1章は序論であり、本論文に関連する研究分野における研究の状況についてまとめ、本研究の占める位置、目的、意義を明確にした。

第2章では、広帯域光ファイバ無線アクセスネットワークを構築するための技術として提案されている直接光スイッチング符号分割多元接続方式の原理と特長について述べた。次に、本システムにおいて信号品質改善や接続局数の増加を実現するには、光スイッチを高速度化して処理利得を増大する必要があるという問題点を明らかにし、その解決手段として符号化時間周期を拡大することにより処理利得を増加して信号品質を改善する手法を提案した。

第3章では、直接光スイッチング符号分割多元接続方式で広帯域無線信号を取り扱う際の信号品質を改善する方式として高次帯域標本化拡散方式を提案した。先ず符号化時間周期を拡大しても、高次帯域標本化の原理を用いれば、無線信号が歪なく再生されることを示した。本論文では、3次帯域標本化を例に取りあげて無線信号を無歪で再生するフィルタを示した。伝達特性を理論的に明らかにし、動作原理と構成方法を示した。次に、高次帯域標本化拡散方式を用いて処理利得の改善を図った直接光スイッチング符号分割多元接続方式を新たに提案した。そこでは、実現性を考慮して、任意次数の標本化を行えるシステム構成を単純化するために拡散符号をいくつかのグループに分割する方式も提案した。更に、受信無線搬送波対雑音電力比について理論解析を行い、提案システムの有効性を示した。

第4章では、広帯域光ファイバ無線アクセスネットワークを構築する技術として直接光周波数変調方式について論じた。先ず光周波数弁別器の非線形性を用いた光ファイバ無線リンク全体の非線形補償の原理を示し、光周波数弁別器の非線形性を制御することで相互変調歪を抑圧できることを示した。次に、光周波数弁別器の非線形性の具体的な制御方法としてマッハツェンダー型光周波数弁別器へ移相器を挿入する方式を提案し、受信無線搬送波対歪および雑音電力比の改善効果について理論的に明らかにした。

第5章では、直接光周波数変調方式におけるマルチオクターブ無線信号の伝送品質について議論した。先ず提案方式が2次相互変調歪にも有効であることを示した。次に、空きチャネルの歪電力を最小にすることで非線形補償を実現する受信機を提案した。送信機の半導体レーザの非線形性がランダムに変化することを考慮した計算機シミュレーションを行い、提案する方式の非線形補償性能を示した。

第6章は結論であり、本研究で得られた成果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、広帯域光ファイバ無線アクセスネットワークにおける高品質伝送に関する技術的課題を分析し、無線基地局数増大に対して効果の高い種々の新しい手法を提案し、理論的解析を行うとともに、各々に対する伝送改善効果を定量的に明らかにしている。本論文で得られた成果は以下の通りである。

- (1)直接光スイッチング符号分割多元接続方式における信号伝送品質を改善する方式として、高次帯域標本化拡散方式を新たに提案し、その効果を明らかにしている。
- (2)任意次数の標本化を行う場合のシステム構成を単純化するため、拡散符号をいくつかのグループに分割する方式を新たに提案し、実現性を高めている。また、この場合の信号伝送品質に関して理論的解析を行い、提案システムの有効性を示している。
- (3)単極性、両極性の拡散符号を用いる場合について解析し、いずれの符号でも高次帯域標本化を適用することにより処理利得が増大し、信号伝送品質を改善できることを明らかにしている。また、両者を比較し、信号品質の改善効果は単極性符号のほうが大きいことを明らかにしている。
- (4)拡散符号の光スイッチ速度に対する信号伝送品質を理論解析した結果、M系列符号を用いた場合、従来の方式では20dBの受信無線搬送波対干渉波電力比を得るために必要な光スイッチ速度が約36GHzに及ぶのに対し、3次、5次および10次の帯域標本化を用いるとそれぞれ25GHz、19GHz、14GHzに大幅に低減できることを明らかにしている。一方、単極性符号であるPrime符号を用いた場合、従来方式では15GHzのチップレートが必要であったが、3次、5次および10次の帯域標本化を用いることにより、それぞれ5GHz、3GHz、1.5GHzに低減可能であることを明らかにしている。
- (5)高次帯域標本化に起因して必要となるエリアシングキャンセラの実現手法を検討し、所望品質を得るためのトランスバーサルフィルタ最適タップ数ならびに各タップの遅延時間を明らかにしている。
- (6)広帯域光ファイバ無線アクセスネットワークを構築する直接光周波数変調方式について、光周波数弁別器の非線形性を用いた非線形補償の原理を示し、光周波数弁別器の非線形性を制御することで相互変調歪を最小化できることを明らかにするとともに、光周波数弁別器の非線形補償の具体的な制御方法としてマッハツェンダー型周波数弁別器へ光移相器を挿入する方式を提案し、受信信号品質の改善効果について理論的に明らかにしている。
- (7)マッハツェンダー型周波数弁別器のFSR (Free Spectral Range) を制御することで3次の相互変調歪が抑圧できることを示すとともに、信号伝送品質を最大にできるFSRや最大周波数偏移量が存在することを明らかにしている。さらに、送信側の非線形成分が変化しても最適移相量は常に存在し、かつ唯一つ存在することを明らかにしている。
- (8)半導体レーザーの非線形性が時間的に変動した場合には、光移相器を制御して非線形歪の抑圧を行う方が、FSRの制御を行う方式よりも有効であることを明らかにしている。
- (9)提案方式が3次相互変調歪のみならず、2次高調波相互変調歪にも有効であることを示し、信号伝送品質改善効果の理論解析により、レーザーダイオードの非線形性が100kHz以下で変動する場合は安定した動作が可能であり、10kHz以下で変動する場合は受信搬送波対歪および雑音電力比をおよそ5dB改善できることを明らかにしている。

以上のように本論文は、広帯域光ファイバ無線アクセスネットワークにおける伝送品質向上方法に関する検討を加え、高次帯域標本化の提案、グループ化による構成の簡易化、エリアシングキャンセラの導入と設計基準の明確化、マッハツェンダー干渉計を用いた非線形歪補償法に対する新しい提案を行っており、理論解析によりその効果を定量的に明らかにしている。これらの成果は、各種の無線サービスを画一的に伝送可能な電波ハイウェイ実現に欠くべからざる技術であり、通信品質改善手法として重要な示唆を与えている。以上に示したように、本論文で得られた成果は通信工学の発展に寄与するところが極めて大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。