The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	直接光スイッチング符号分割多重光ファイバ無線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)	東野, 武史
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/503
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【2】

氏　　名	東（ひがし）　野（の）　武（たけ）　史（し）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　１９７４０　号
学位授与年月日	平成 17 年 6 月 30 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科通信工学専攻
学　位　論　文　名	**直接光スイッチング符号分割多重光ファイバ無線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） 教　授　小牧　省三 （副査） 大阪工業大学工学研究科教授　安川　交二　　教　授　北山　研一 教　授　河崎　善一郎　　教　授　馬場口　登　　教　授　三瓶　政一 教　授　滝根　哲哉　　教　授　元田　浩

論文内容の要旨

本論文は、筆者が 2001 年から 2005 年にかけて大阪大学大学院工学研究科在学中に行った直接光スイッチング符号分割多重光ファイバ無線ネットワークにおける高品質伝送技術に関する研究成果をまとめたものであり、以下の５章により構成されている。

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、意義を明確にすることを目的としている。

第２章では、光ファイバ無線ネットワークにおける無線波及び基地局多重方式として提案されている直接光スイッチング符号分割多重/多元接続方式について構成と干渉抑圧原理を述べる。次に、本方式において無線波の符号化を行う光スイッチを対象とし高品質無線波伝送を実現するために必要な光デバイスの問題点とそれに対する解決の方針について述べる。

第３章では、直接光スイッチング符号分割多重方式における干渉抑圧実験による原理確認を行い、直交特性を達成する擬似直交受信方式を提案し、この方式の CI 比（CIR : Carrier-to-Interference power Ratio）改善効果について原理確認実験を行う。まず、実験構成について述べ、相関特性が明らかにされている M 系列を拡散系列として用いた干渉抑圧実験を行い、光極性反転相関器（OPRC : Optical Polarity Reversing Correlator）を用いることによりバイポーラ符号の適用が可能であること、及び符号長拡大により CI 比特性が改善可能であることを示す。次に、M 系列と Prime 符号を用いて、両者の符号長に対する CI 比改善効果を比較し、M 系列による CI 比改善効果が優れていることを示す。最後に、M 系列のハミング重みと相関関数に着目した擬似直交受信方式を提案し、その原理について述べ、原理動作を実験によって確認し、光スイッチのスイッチング速度を高速化することなく CI 比特性を直交特性に近づけることができることを明らかにする。

第４章では、直接光スイッチング符号分割多重方式のスイッチ速度及び符号化速度を低減することを目的として、エリアシングひずみを抑圧可能なカオス拡散系列を用いた拡散符号構成法を提案し、その特性を解析する。さらに無線搬送波対エリアシングひずみ電力比（CD 比 : Carrier-to-Distortion power Ratio）について原理確認実験を行う。まず、符号化速度を信号帯域の２倍以下よりも低下させた時に信号品質劣化要因となるエリアシングひずみ電力の解

析結果から、受信機に信号処理を加えることなくエリアシングひずみを抑圧可能な拡散符号構成法を見出す。次に、カオス拡散系列によるエリアシングひずみ抑圧効果を確認する為に、無変調無線搬送波実験を行い、無線搬送波対エリアシングひずみ電力比（CD 比）の改善効果を示す。次に、ディジタル変調無線波の伝送実験を行い、シンボル誤り率（SER : Symbol Error Rate）の観点から、受信信号対エリアシングひずみ電力比（SD 比 : Signal-to-Distortion power Ratio）改善効果を示す。最後に、無線信号の多重化時の干渉波とそのエリアシング抑圧効果の原理確認実験を行い、提案方式による符号化速度に対する SD 比改善効果及び符号化速度低減効果の解析結果を示す。

第５章は結論であり、本研究で得られた成果を総括する。

論文審査の結果の要旨

本論文は、直接光スイッチング符号分割多重光ファイバ無線ネットワークにおける高品質伝送技術に関する研究成果をまとめたものであり、以下の５章から構成されている。

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づけを明確にすることを目的としている。

第２章では、光ファイバ無線ネットワークにおける基地局多重方式として直接光スイッチング符号分割多重/多元接続方式を提案し、その構成と干渉抑圧原理を明らかにしている。次に、本方式において変調波の符号化を行う光スイッチを対象とし高品質伝送を実現するために必要な光デバイスの問題点とそれらに対する解決手法を明らかにしている。

第３章では、直接光スイッチング符号分割多重方式における干渉抑圧実験による原理確認を行い、この方式の CI 比（CIR : Carrier-to-Interference Power Ratio）改善効果を明らかにしている。また、相関特性が分かっている M 系列を拡散系列として用いた干渉抑圧実験を行い、光極性反転相関器（OPRC : Optical Polarity Reversing Correlator）を用いることによりバイポーラ符号の適用が可能であること、符号長拡大により CI 比特性が改善可能であることを明らかにしている。次に、M 系列符号と Prime 符号に対する CI 比改善効果を比較し、M 系列による CI 比改善効果が優れていることを明らかにしている。最後に、M 系列のハミング重みと相関関数に着目した擬似直交受信方式を提案し、その原理について述べ、原理動作を実験によって確認し、光スイッチのスイッチング速度を高速化することなく CI 比特性を直交特性に近づけることができることを明らかにしている。

第４章では、直接光スイッチング符号分割多重方式のスイッチ速度及び符号化速度を低減することを目的に検討を加え、エリアシングひずみを抑圧可能なカオス拡散系列を用いた拡散符号構成法を新たに提案している。また、その特性を解析し、エリアシング歪み抑圧効果を定量的に明らかにしている。さらに無線搬送波対エリアシングひずみ電力比（CD 比 : Carrier-to-Distortion Power Ratio）について原理確認実験を行い、特性確認を行なうとともに、下記の内容を明らかにしている。

まず、符号化速度を信号帯域の２倍以下に低下させた時に生じるエリアシングひずみに対する解析結果から、受信機に信号処理を加えることなくエリアシングひずみを抑圧可能な拡散符号構成法を見出している。次に、カオス拡散系列によるエリアシングひずみ抑圧効果を確認する為に、無変調無線搬送波実験を行い、無線搬送波対エリアシングひずみ電力比（CD 比）の改善効果を実際に確認している。また、ディジタル変調波の伝送実験を行い、シンボル誤り率（SER : Symbol Error Rate）改善効果を明らかにしている。最後に、無線信号の多重化時の干渉波とそのエリアシング抑圧効果の原理確認実験を行い、提案方式による符号化速度に対する SD 比改善効果及び符号化速度低減効果を明らかにしている。

第５章は結論であり、本研究で得られた成果を総括している。

本論文において得られた成果は次の通りである。

(1) 直接光スイッチング符号分割多重方式の原理実験を行ない、受信 CI 比を改善するためには、高い消光比および２系統間のバランス、チップレートの高速化が重要である事を明らかにしている。また、符号化速度を低下させた

場合に生じるエリアシングひずみ抑圧手法を新しく提案している。

(2) 光極性反転相関器を用いた原理確認実験により、Prime 符号に比べ M 系列符号を使用する方が、符号長拡大の効果が大きい事を定量的に明らかにしている。この結果、符号長 10 倍の拡大に対し、前者は 10 dB、後者は 20 dB の改善効果を得られる事を明らかにしている。

(3) M 系列の符号重み並びに相関関数に着目した疑似直交受信方式を新しく提案し、これを使用する事により、光スイッチの速度を一定に保ったままでも CI 比を改善可能である事を明らかにしている。この結果、本方式を用いない場合に比べて符号長 7 の場合 35 dB、符号長 63 の場合に 12 dB の改善効果が得られる事を明らかにしている。

(4) 符号化速度を変調波帯域の 2 倍以下にした場合に発生するエリアシングひずみによる劣化を改善可能な手法として、カオス拡散系列を適用する事を提案し、定量的解析を加えその効果を明らかにしている。この結果、符号長 127 のカオス拡散系列を用いる事により、M 系列符号に比べ、符号化速度を 1/10～1/2 に低減可能であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、直接光スイッチング符号分割多重光ファイバ無線ネットワークに対し、各種の符号拡散手法を提案し、伝送特性の高品質化を実現するとともにネットワークに接続可能な基地局数の増大を可能としている。本方式は、電波の形式を保存したまま干渉の無い光ファイバ内伝送を可能とする方式であり、人類共通の財産である電波周波数の利用効率向上に対しても重要な技術である。本論文は、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。