

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2009

課題番号：19560393

研究課題名 (和文) 複数のチップに圧縮する相補符号系列の応用に関する研究

研究課題名 (英文) A Study on Application of Complementary Codes Compressed to Several Chips

研究代表者

高瀬 浩史 (TAKASE HIROSHI)

日本工業大学・工学部・講師

研究者番号：80306266

研究成果の概要 (和文)：本研究では、複数のチップ幅に圧縮する相補符号系列の OFDM 通信への応用について検討を行った。OFDM 通信では、送信信号のピーク対平均電力比が大きくなるという問題がある。その改善方法の一つに、データシンボルの符号化に相補符号系列を用いる方法がある。本研究では更なるピーク対平均電力比の低減を目指し、パルスを複数のチップ幅で構成する新しい相補符号系列の OFDM 通信への適用を検討した。シミュレーションモデルを構築し、計算機探索により見出した相補符号系列を適用したところ、従来方式に比べてピーク対平均電力比を低減できる提案方式の相補符号系列が存在することが分かった。

研究成果の概要 (英文)：OFDM signals with smaller PAPRs(Peak to Average Power Ratios) when using new complementary code sets are investigated. The proposed complementary code sets are surveyed by computer. Then their PAPRs are calculated by simulation. Therefore, the proposed complementary code sets with smaller PAPR were found. Note that the PAPR of the proposed complementary code set is smaller than that of the conventional complementary code set.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：電気電子工学

科研費の分科・細目：通信・ネットワーク工学

キーワード：符号化, 相補符号系列, OFDM

1. 研究開始当初の背景

近年、我々の身近なところでは携帯電話や無線 LAN などの通信機器、そして、これから普及が進むであろう地上波デジタル放送

など、多くの電波を利用したシステムが利用されている。そのような中、大きな課題となっているのが周波数の有効利用や効率的な通信方式の実現である。それらの解決に大き

く寄与している技術として符号変調がある。先述の移動体通信のほかにも、レーダ、GPS、電子透かしなど様々な分野で利用されている技術である。例えば、レーダでは、測距精度や対干渉波・妨害波性能を飛躍的に向上させるために用いられるパルス圧縮技術にこの符号変調が使われている。利用する符号系列によって特性が異なり、様々な符号系列が提案されている。これらの符号系列の中でも特に興味深い符号系列の一つとして相補符号系列がある。この相補符号系列は、一組の符号系列から構成され、各々の符号系列の自己相関関数を求め、それらを足し合わせると時間シフトがゼロ以外においてゼロ値となる、すなわちサイドローブがゼロになるという符号系列である。相補符号系列は、このような特長を有することから、気象レーダやCDMA、OFDM、CCK（無線 LAN の変調方式）などの移動体通信、電子透かしなどの情報セキュリティ等、様々な分野に応用がなされている。しかし、この相補符号系列には問題点もある。例えば、レーダへの適用について見た場合、選択できる符号系列の数が少ない、移動物標によるドップラー偏移の影響を受けやすい、などが問題となっている。そこで、我々は、この問題点を解決するために、相補符号系列の新しい構成法について検討を行ってきた。従来の相補符号系列は、パルス圧縮後のパルスは1つのチップ幅に圧縮されるものである。しかし、我々の提案する新しい方式の相補符号系列は、パルス圧縮後のパルスは複数のチップ幅で構成されている。この新しい方式の相補符号系列は、従来の相補符号系列に比べ、多くの優れた性質を有することが分かっている。本研究では、提案した新しい方式の相補符号系列を様々な分野に適用することで、各応用について従来よりも性能向上が期待できると考えている。本研究では、特に近年注目され実用化も進んでいるOFDM通信方式を適用対象とする。直交周波数分割多重OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)は、直交する多数の搬送波をデジタル変調して多重化する方式である。このOFDMで用いられる信号は白色雑音に近い信号であるため、信号に鋭いピークがしばしば現れるが、このピークは送信時における電力増幅器の非線形特性の影響を受ける。特に、送信出力が大きい場合はこの影響が顕著である。また、OFDM信号そのものの影響以外にも、OFDM信号の帯域外への輻射が生じるなど隣接チャネルや他の通信システムへの影響も無視できない。この問題を解決するために、OFDM信号のピーク対平均電力比 PAPR (Peak to Average Power Ratio) をできるだけ小さくすることが必要である。この PAPR を低減する方法としては種々の方法が提案されているが、その中の一つに相補

符号系列を用いた方法がある。これは大きなピークが生じ難いデータシンボルの符号化に相補符号系列を用いるものであるが、他の方法同様に一長一短があり、更なる PAPR を低減する方法が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、複数のチップ幅で構成する新しい方式の相補符号系列の応用について検討する。相補符号系列は、一組の符号系列から構成され、各々の符号系列の自己相関関数を求め、それらを足し合わせると時間シフトがゼロ以外においてゼロ値となる、すなわちサイドローブがゼロになるという符号系列である。複数のチップで構成する相補符号系列はメインローブの構成が従来のものと異なり、このような符号系列は数多く見つかっている。これまでにレーダへの応用において、この符号系列の有効性が明らかになった。本研究では、この符号系列を OFDM 通信方式へ応用し、その有効性を検討することを目的とする。

そこで、本研究では、OFDM通信方式における PAPR の低減などの課題を解決するために、新しい方式の相補符号系列を用いた OFDM 通信方式の検討を行う。OFDM 通信のシミュレーションモデルを構築し、新しい方式の相補符号系列を適用し、従来方式の OFDM 通信との PAPR などの特性について比較、評価を行う。

3. 研究の方法

相補符号系列の OFDM 通信への応用について検討を行う。これらはコンピュータシミュレーションにより実施するため、シミュレーションモデルの構築を行う。シミュレーション用ソフトウェアとして MATLAB/Simulink を利用する。構築したシミュレーションモデルにおいては、まず従来まで検討されている相補系列の適用について追認実験を行い、リファレンス用データの収集を行う。

次に、従来の相補符号系列の代わりに新しい方式の相補符号系列の適用を検討する。構築したシミュレーションモデルに対し、新しい方式の相補符号系列を適用するが、ここでは、まず従来の相補符号系列の代わりに、新しい方式の相補符号系列を適用した場合のシミュレーションを実施することを考える。

シミュレーションにおいては、PAPR などを評価項目として、新しい提案方式の相補符号系列、及び従来方式の相補符号系列のそれぞれを適用した場合の特性について比較、検討を行う。そして、本研究で検討する新しい方式について、その特性と有効性を明らかにする。

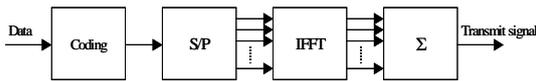
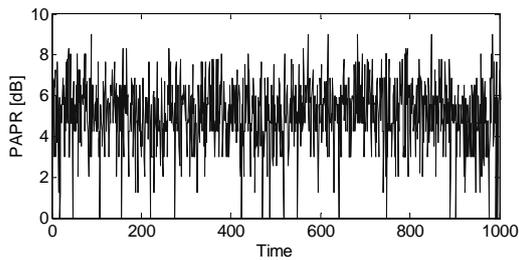


図1 シミュレーションブロック図 (送信部)

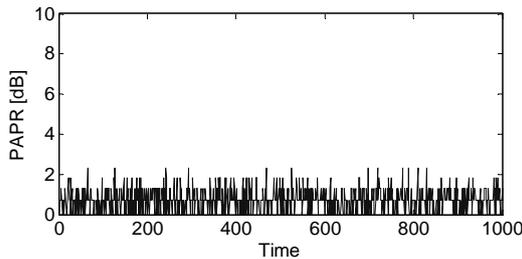
表1 相補符号系列セットの数 (4相)

符号長	従来符号 (k=0)	提案符号	
		k=1	k=2
4	24	104	6,844
5	24	1,112	6,184

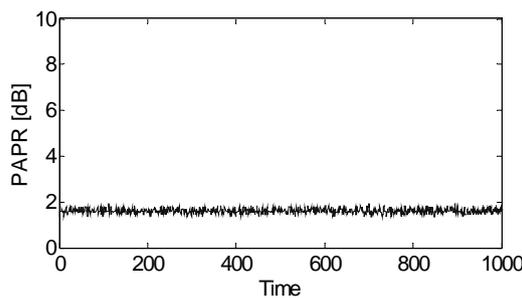
k: メインチップに隣接する片側のチップ数



(a) QPSK



(b) 従来方式 (符号長 4)



(c) 提案方式 (符号長 4, k=1)

図2 PAPR の比較

シミュレーションモデルの構築と並行して、これまで検討している新しい方式の相補符号系列、つまり複数のチップ幅で構成する相補符号系列について、計算機探索の方法、及び長い符号長の生成法を検討する。これま

でのところ符号長が短い相補符号系列しか探索ができていないが、実用上は更に符号長の長い相補符号系列が必要となる。これらを調べるためには、しらみつぶし法による全探索を行う方法がある。しかし、探索の対象となる符号系列の組合せは、符号長に対し指数関数オーダで増加することから相当の計算時間を要し、探索が困難となる。符号長の拡大法としては、Golay が提案した符号長の拡大法があり、この方法が新しい方式の相補符号系列にも適用可能であることは、我々のこれまでの研究で明らかにされている。このGolay の拡大法は、もとなる符号長 N の相補符号系列から符号長が 2 倍の $2N$ の相補符号系列が生成可能である。この拡大法を繰り返し適用することで生成される符号長の長い相補符号系列について検討を行う。

4. 研究成果

本研究では、複数のチップ幅に圧縮する相補符号系列の OFDM 通信への応用について検討を行った。まず、シミュレーションモデルの構築を行った。シミュレーションブロックを図1に示す。次に、リファレンスデータの収集をコンピュータシミュレーション (MATLAB /Simulink) により実施した。その結果、従来の相補符号系列を本モデルに適用して PAPR などを求めることができることを確認した。

複数のチップ幅に圧縮する相補符号系列について計算機を用いた探索を行った。そして、先に構築したシミュレーションモデルを用いて、提案方式の相補符号系列を OFDM に適用した場合のシミュレーションを実施した。その結果、提案方式の相補符号系列には従来方式の相補符号系列と比較して、PAPR を低減できるものが存在することが分かった。

これまでの検討において、PAPR の小さな符号としては、相補符号系列が 4 組ある場合、その中に相互相関特性が完全にゼロとなる完全相補符号系列の組み合わせが 4 つ以上存在していた。そこで、そのような符号の組み合わせを探索したところ、多くの相補符号系列を見出すことができた。探索で見出された相補符号系列の符号セット数を表1に示す。それらの相補符号系列を適用した OFDM 通信シミュレーションを実施し PAPR を計算したところ、従来方式に比べ提案方式の相補符号系列の PAPR が小さいものが存在することが分かった。

また、提案方式により生成した送信信号を調べたところ、提案方式の送信信号には振幅変動の小さなものが含まれていることが分かった。

更に、符号長の長い相補符号系列の符号生成について検討を行い、符号長の拡大法を繰

り返し適用することにより符号長の長い相補符号系列を生成できることを確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

- ① 高瀬 浩史, New Complementary Code Sets for PAPR Reduction, Proceedings of IADIS International Conference Informatics 2009, 査読有, 2009, pp.239-241
- ② 高瀬 浩史, 小野寺 洋祐, New Complementary Codes for OFDM Signals, Proceedings of 2009 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits and Signal (CD-ROM), 査読有, Vol.1, 2009, pp.679-682
- ③ 高瀬 浩史, New Binary Codes Compressed to Several Chips, 日本工業大学研究報告, 査読無, Vol.38, 2008, pp.89-90
- ④ 山下 真一, 神力 正宣, 須崎 寛則, 高瀬 浩史, Property of New Periodic Binary Codes Compressed to Several Chips, Proceedings of OCEANS 2008 - MTS/IEEE Kobe Techno-Ocean (CD-ROM), 査読有, 2008, pp.1-5
- ⑤ 高瀬 浩史, 幅広型相補符号系列の応用に関する研究, 日本工業大学研究報告, 査読無, 37巻, 2007, pp.53-54
- ⑥ 濱田 和崇, 神力 正宣, 高瀬 浩史, 2 相幅広コンプリメンタリ符号系列の帯域幅とドップラー特性, 電子情報通信学会論文誌(B), 査読有, Vol. J90-B, no.5, 2007, pp.499-508

[学会発表] (計1件)

- ① 高瀬 浩史, 神力 正宣, 完全コンプリメンタリ符号によるレーダと通信の統合方式, 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会技術研究報告, SANE2009-136, pp.19-24, 2009年12月18日, 日本工業大学(埼玉県)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

謝辞

科学研究費補助金を頂きました独立行政法人日本学術振興会に謝意を表します。また、本課題を遂行するにあたり、ご協力頂きました日本工業大学元教授・神力正宣先生、大学

院生、学部4年生に深謝いたします。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高瀬 浩史 (TAKASE HIROSHI)

日本工業大学・工学部・講師

研究者番号: 80306266

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし