

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 22 日現在

機関番号：82642

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25889076

研究課題名(和文) ICI低減を実現する次世代航空通信向けCPM-OFDMシステムの実環境評価

研究課題名(英文) Performance Evaluation of ICI Reduced CPM-OFDM System for a Future Aeronautical Communication System

研究代表者

森岡 和行 (Morioka, Kazuyuki)

独立行政法人電子航法研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：80711316

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では将来の航空無線通信方式の候補として、離着陸時においても安定した通信を実現するための基礎技術の検討を行った。特に、航空機等の超高速移動体への適用を想定し、誤り率特性に優れた信頼性の高い無線伝送システムの提案、及び評価を行った。ソフトウェアを書き換えることで再構築可能なソフトウェア無線システムを用いることで、低コストで評価システムを構築し、提案方式の有効性、および問題点を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：High reliability communication system for a future aeronautical communication system is considered in this research. We proposed low bit error probability modulation scheme which is adaptable to high speed mobile objects such as aircraft. We constructed evaluation system by using software defined radio which is able to be reconfigured easily. We evaluated proposed system and confirmed the effectiveness of our system.

研究分野：デジタル無線通信システム

キーワード：CPM OFDM ソフトウェア無線

1. 研究開始当初の背景

近年、携帯電話等の高速移動体通信方式として、LTE(Long Term Evolution)やWiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)が普及している。これらのシステムでは、OFDM(Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)と多値変調により高速通信が実現されている。

一方、航空交通量の増大に伴い、空港面における通信容量の増大が課題となっており、次世代の航空用高速データ通信方式としてWiMAX技術を用いたAeroMACS(Aeronautical Mobile Airport Communication System)が検討されている。WiMAX技術を航空通信に適用する場合、駐機中や低速移動中においては、既存の方式をそのまま適用可能である。しかし、OFDMは周波数シフトに弱く、さらに、航空機は移動速度が時速300kmを超え、ドップラースhiftによるキャリア間干渉(ICI: Inter-Carrier Interference)の影響が大きくなる。

したがって、OFDMを航空用として用いる場合、離着陸時を含めた高速移動時における、ドップラースhiftに対する対策が必要となる。

2. 研究の目的

通常、ドップラースhiftやマルチパスに起因する周波数領域における変動は、等化器やICIキャンセラにより補正されるが、それでも取り除かれなかったものが位相雑音として残る。本研究では、航空機等の超高速移動体への適用を想定し、OFDMの1次変調方式として位相雑音に強いCPM(Continuous Phase Modulation)を用いることを提案する。CPMの利用により、次の効果が期待できる。

狭帯域変調であるため、位相雑音の影響を受けにくく、S/N比が改善される。

定包絡線変調であるため、OFDMで問題となるPAPR(Peak to Average Power Ratio)が改善される。

位相の遷移が連続的であるためサブキャリアのスペクトル特性がよく、ICIが低減される。

位相が過去のシンボルに依存するため、多シンボル検波と組み合わせることによりビット誤り率特性が改善される。

本研究の目的は、CPM-OFDMシステムのプロトタイプを製作し、実環境下において評価を行うことで、本システムを航空通信に適用した場合の、有効性、および問題点を明らかにすることである。具体的には次の2つの項目について実験を中心とした検討を行う。

A. CPM変調と多シンボル検波を組み合わせることで、上記～を実証する。

B. CPM-OFDMシステムの航空通信への適用を想定して実環境評価を行い、航空通信におけるCPM-OFDMシステムの有効性と問題点を明らかにする。

3. 研究の方法

平成25年度には、ソフトウェア無線の信号処理部においてOFDM送受信系のプログラミングを行った。はじめに、(1)ソフトウェア無線信号処理部単体での送受信系のシミュレーション環境を構築し、正常に動作することを確認した。次に、(2)ソフトウェア無線のフロントエンドとしてUSRP(Universal Software Radio Peripheral)を用いた送信系を構築し、PAPRの評価を行った。PAPRの評価は、送信系のみで行える。そのため、受信系の構築に移る前に、CPMを用いた場合に、PAPRがどのようになるか、様々なCPMパラメータで検証を行った。さらに、(3)USRPを用いた受信系を構築し、正常に復調できることを確認した。

平成26年度には、USRP2個(送受信の1ペア)を追加し、(4)MIMO(Multiple Inputs and Multiple Outputs)環境を構築し、MIMOを用いたCPM-OFDMシステムの評価を行った。ここで構築したMIMO環境は、MIMOとCPM-OFDMとの併用による改善効果を確認すると同時に、将来的に、MIMO符号化の改善を検討する際の評価基盤として活用する予定である。

4. 研究成果

平成25年度には、送受信器にそれぞれ1本ずつのアンテナを用いるSISO(Single Input and Single Output)での評価環境を構築し、基本的な評価を実施した。CPM-OFDMシステムでは、OFDMの一次変調方式としてCPMを用いる。CPMは位相連続変調の総称で、変調指数、パルス波形、パルス継続時間等のパラメータによって、CPFSK(Continuous phase frequency shift keying)、MSK(Minimum shift keying)、GMSK(Gaussian minimum shift keying)等多様な変調信号となる。そのため、CPM信号の評価を行うためには、パラメータを柔軟に設定・変更できる評価システムが必要である。そこで、システムの実装には、パラメータを柔軟に設定・変更可能なように、ソフトウェア無線システムを用いた。ソフトウェア無線のフロントエンドとしては、Ettus Research社製のUSRP N210を用いた。図1にブロック図を示す。信号処理用PCとUSRPはギガビットイーサネットに接続され、ベースバンド信号の送受信が行われる。OFDMのベースバンド信号処理はすべて、信号処理用PCで行っている。開発言語には、National Instruments社製のLabVIEWを採用した。また、USRP内部には、100MSPSのADコンバータと、400MSPSのDAコンバータが内蔵され、4.9G~5.9GHz帯に対応した子基板が実装されている。図2に平成25年度に構築したCPM-OFDMシステムのSISO環境における評価システムを示す。評価システムでは、可変アッテネータを調整する

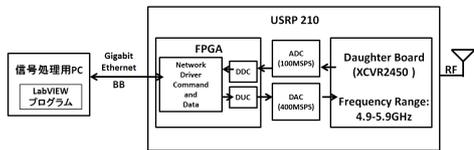


図 1. ブロックダイアグラム

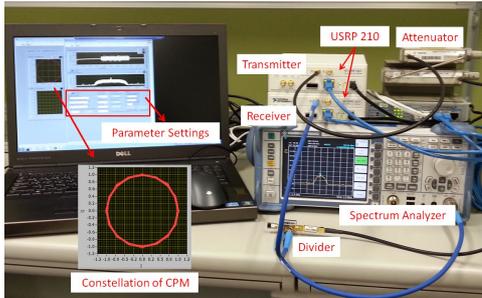


図 2. 平成 25 年度に構築した SISO 評価システム

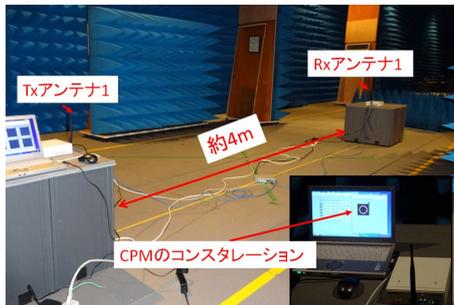


図 3. 無響室における SISO 環境での評価実験の様子

ことで受信信号強度を変更できるようにした。また、出力を分岐し、スペクトラムアナライザで送信スペクトラムの評価を行えるようにした。ソフトウェア無線を用いたことで、開発にかかる時間とコストを低く抑えることができた。

図 3 に、無響室における SISO 環境での評価実験の様子を示す。図 3 において、端末間の距離は約 4m である。図より、実環境においても正常に復調でき、CPM のコンスタレーションが見えている様子が分かる。

図 4 に CPM の一種である CPFSK (Continuous Phase Frequency Shift Keying) を用いた基本評価結果を示した。図 4 より変調指数 h が 0.75 の場合に最も誤り率特性が優れていることが分かった。これはシミュレーションによる結果と整合しており、本評価システムが正常に機能していることを示している。

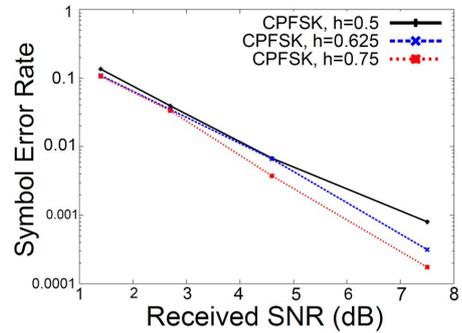


図 4. SISO 環境における基本評価結果



図 5. 無響室における MIMO 環境での評価実験の様子

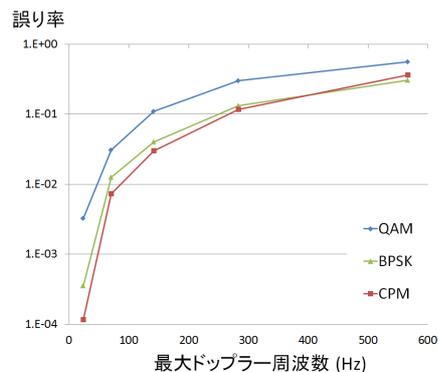


図 6. MIMO 環境における基本評価結果

平成 25 年度の SISO (Single Input and Single Output) 環境での評価に続き、平成 26 年度には、送受信器にそれぞれ 2 本ずつのアンテナを用いる MIMO (Multiple Input and Multiple Output) での評価環境を構築し、基本的な評価を実施した。図 5 に今回構築した MIMO 評価システムを用いた無響室における評価実験の様子を示す。また、図 6 に基本評価結果を示す。縦軸は誤り率、横軸は最大ドップラー周波数を示している。図 6 より、CPM を用いることにより、ドップラーシフトに対する耐性が向上していることが確認できた。

本研究では、次世代航空通信向け CPM-OFDM システムの評価環境を構築し、基本的な評価実験を行った。評価の結果、CPM-OFDM システムの有効性を確認でき、さらに無響室で実際に電波を放射しての評価を行うことで、本システムの実用性も確認できた。

今後は、空間的なビームを形成することで同時に複数の端末との間で MIMO チャネルを構成するマルチユーザ MIMO システムへの拡張を行う予定である。

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 2 件)

K.Morioka, N.Kanada, S.Futatsumori, A.Kohmura, N.Yonemoto, Y.Sumiya and D.Asano, “An Implementation of CPFSK-OFDM Systems by using Software Defined Radio,” Proc. of The 15th IEEE Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON 2014), Tampa, Florida, June 6, 2014.

森岡, アサノ, “初期位相のランダム化による CPM-OFDM システムの PAPR 低減効果の評価,” 電気学会論文誌(C), 134 巻 8 号, pp1010-1015, 2014.

[学会発表](計 1 件)

森岡, ニッ森, 金田, 河村, 米本, 住谷, アサノ, “ソフトウェア無線による 5GHz 帯 CPM-OFDM システム～USRP を用いた基本評価環境の構築～,” 2014 年電子情報通信学会総合大会, B-5-137, 2014 年 3 月.

6. 研究組織

研究代表者

森岡 和行 (Kazuyuki Morioka)

国立研究開発法人 電子航法研究所

研究員

研究者番号：80711316