

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月20日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560380

研究課題名（和文）パイロット信号を用いたスパース通信路推定による高速移動時の OFDM の性能向上

研究課題名（英文）PERFORMANCE IMPROVEMENT OF OFDM BY PILOT-AIDED SPARCE CHANNEL ESTIMATION

研究代表者

大野 修一（OHNO SHUICHI）

広島大学・工学研究院・准教授

研究者番号：70273919

研究成果の概要（和文）：

OFDM のパイロット信号の個数、位置、強さで求まる平均自乗推定誤差を設計規範として、パイロット信号の設計を行っている。提案法はヌルサブキャリアを設定しなければならない OFDM を利用する認知無線に対し適用できる。パイロット信号の配置は非線形最適化手法であるクロスエントロピー法を利用することで準最適解を求めている。また、凸最適化により最適なパイロット信号の強さを決定している。数値シミュレーションで従来法より有効であることを示している。

研究成果の概要（英文）：

For OFDM systems, number, location, and power distribution of pilot symbols are designed based on mean squared channel estimation error. The proposed method is applicable to OFDM-based cognitive radio with any null subcarriers. The sub-optimal location of pilot symbols is given by using cross entropy optimization that is a non-linear optimization technique. Pilot power distribution is determined by solving a convex optimization. Numerical simulations show that the proposed method outperforms the conventional method.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：通信・ネットワーク工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：OFDM、通信路推定、スパース性、パイロット信号

1. 研究開始当初の背景

マルチキャリア伝送方式の OFDM 変調方式は、限られた帯域を効率良く利用できたため、地上デジタル放送や高速データ通信に利用されている。しかし、端末が高速移動するとき、通信路推定値の劣化などのため OFDM の性能は大きく低下する。

通常、同期検波を行うとき、通信路係数が必要となるため何らかの方法で通信路を推定しなければならない。通信路推定は、プリアンブルによる推定とパイロット信号による推定に大別される。

プリアンブルによる推定は、データ送信に先立ち受信器が既知のプリアンブルを送信す

ることで通信路を推定する。しかし、端末の移動により通信路が変化する場合、プリアンブルを頻繁に送信しなければならず、伝送効率が低下する。

パイロット信号は各 OFDM シンボルに挿入されているため、通信路の長さがパイロット信号数以下であれば、通信路の変化に適応できる。しかし、パイロット信号数より長い通信路をひとつの OFDM シンボルで推定することはできない。そのため、地上デジタル放送などでは、時間と周波数に関し補完など行ない通信路を推定している。

無線通信路は時間領域において少数の有意な係数を持つ場合が多い。一般に、有意な値を持つ係数が限られている信号をスパース信号という。スパース通信路の有意な係数のみを推定することができれば通信路の長さより個数の少ないパイロット信号で通信路推定できる。

そこで、通信路のスパース性を利用したパイロット信号による通信路推定により OFDM の性能劣化を低減化できるのではないかと考え本研究に着手した。

2. 研究の目的

広帯域通信の基盤変調方式のひとつである OFDM は、端末が高速移動すると大きく性能劣化する。本研究では、高速に変化する通信路を推定するため、各 OFDM シンボルに挿入されているパイロット信号を利用することを考える。

一般に OFDM 通信路は少数の有意な係数を持つスパース通信路となる場合が多い。

本研究では、通信路のスパース性を利用することでプリアンブルよりオーバーヘッドの少ないパイロット信号で通信路を推定する方法を提案する。各 OFDM 信号に埋め込まれているパイロット信号で通信路推定することで、高速移動する通信路を高精度で推定することを目指す。すなわち、少数の有意な係数を持つスパース通信路に対する高精度通信路推定法により OFDM 性能劣化を防ぎ、端末の高速移動時の OFDM の性能を向上させることを目的とする。

具体的には、通信路推定値を用いたときのビット誤り特性と通信路容量を向上させる通信路係数を決定する規範を考え、その規範にもとづいた通信路推定に最適なパイロット信号を設計し、その性能を評価することである。

3. 研究の方法

図 1 に IEEE 802.11 a の OFDM シンボルを示している。ひとつの列が 1 OFDM シンボルであり、横軸が時間である。網をかけている

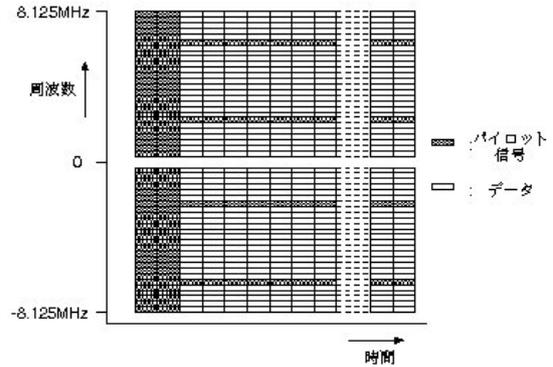


図 1 OFDM シンボル

部分がパイロット信号、それ以外が情報シンボルが格納される。最初の 2 つの OFDM シンボルはパイロット信号のみから構成されておりプリアンブルと呼ばれ、データ通信を行う準備に利用される。OFDM シンボルは 64 本のサブキャリアを持つ。データ送信時には、情報シンボルに 48 本のサブキャリアが、パイロット信号に 4 本のサブキャリアが割り当てられる。直流成分である周波数が 0 のサブキャリアと周波数帯域の縁にあるサブキャリアはヌルサブキャリアと呼ばれ利用されない。

研究は、1 OFDM シンボルのパイロット信号パイロット信号で通信路推定ができるよう、1 OFDM シンボル内のパイロット信号の個数、位置、強さの設計法を提案することである。設計のためまず通信路推定誤差による設計規範を導出する。つぎに、この設計規範を最適にするようパイロット信号の個数、位置、強さを決定する。

まず、解析的な解が求まる場合を考察する。ヌルサブキャリアがある場合は解析的な解が求まらないので、設計問題を凸最適化問題に帰着させ数値最適化による設計を考える。パイロット信号の個数を多くすれば通信路推定誤差は小さくなるがデータレートは低下する。このトレードオフを鑑みパイロット信号の個数を決定する。パイロット信号の位置は組み合わせ問題となるため凸最適化問題とならない。そこで非線形最適化を用いる手法を検討する。パイロット信号の個数と位置が決定できると、パイロット信号の強さが決定できる。以上の手法を用いてパイロット信号を設計し、数値シミュレーションによりその性能を評価する。

4. 研究成果

パイロット信号の個数、位置、強さで求まる平均自乗推定誤差を設計規範としてパイロット信号の設計を行った。パイロット信号の個数は有意と思われる通信路係数の長さとした。異なるパイロット信号の個数に対し設計を行い、パイロット信号の個数とデータレ

ートのトレードオフを明らかにした。認知無線ではセカンダリユーザはプライマリユーザの利用していない帯域を利用しなければならない。プライマリユーザの利用していない帯域にヌルサブキャリアを設定することで OFDM で認知無線を実現できる。このとき任意のヌルサブキャリアに対し通信路推定できるようにパイロット信号を配置しなければならない。あるパイロット信号の個数に対するパイロット信号の最適配置問題は組み合わせ最適化問題となり厳密解を得ることは困難である。そこで、非線形最適化手法であるクロスエントロピー法を利用することで準最適解を求めるアルゴリズムを提案した。パイロット信号の位置が決まると平均自乗推定誤差はパイロット信号の強さに関する凸関数となるので、数値最適化により最適なパイロット信号の強さが求まる。

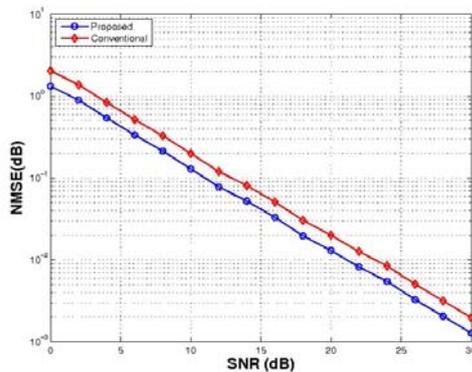


図2 平均自乗推定誤差

図2はサブキャリア数256、パイロット信号の個数が8のときの提案法(Proposed)と既存法(Conventional)のSN比に対する平均自乗推定誤差を示している。両者はパイロット信号に同じ電力を使用するが、提案法は既存法より良い推定値が得られることがわかる。

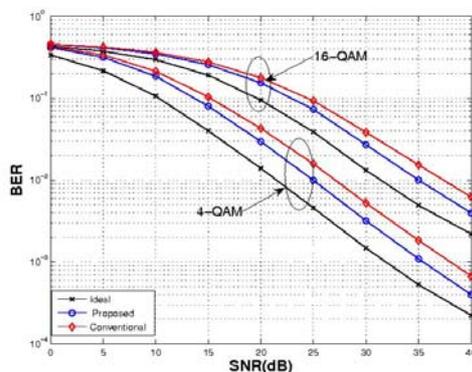


図3 ビット誤り率

図3は設計したパイロット信号で通信路推定を行いその推定値を用いて等化を行った場合のビット誤り率を示している。Idealは通信路の真値を用いて等化を行った場合のビット誤り率である。提案法は既存法より良いビット誤り率となっている。

OFDMを用いた認知無線におけるパイロット信号による通信路推定は、認知無線の実現に必要な不可欠の技術である。提案法はそのひとつの解として認知無線の発展に寄与する。OFDMの性能改善は通信路推定の改良だけでなく等化も重要となる。そこで等化について研究を行い低計算量等化器を提案している。また、認知無線に必要な自動変調方式判定を低計算量で行う方法を導出している。

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1件)

1. E. Manasseh, S. Ohno, and M. Nakamoto, Pilot symbol assisted channel estimation for OFDM-based cognitive radio systems, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing 2013, 2013:51

〔学会発表〕(計4件)

1. S. Ohno, E. Manasseh, and M. Nakamoto, Low complexity equalization for single carrier transmissions over doubly-selective channels using linear approximation, Proc. of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, pp. 3193-3196, March 26-30, 2012, Kyoto, Japan

2. E. Manasseh, S. Ohno, and M. Nakamoto, Pilot design for non-contiguous spectrum usage in OFDM-based cognitive radio networks, Proc. of 2012 European Signal Processing Conference, August 27-31, 2012, Bucharest, Romania

3. S. Ohno, S. Munesada, and E. Manasseh, Low-complexity approximate LMMSE channel estimation for OFDM systems, The 2012 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference, Dec. 3-6, 2012, Hollywood, USA

4. Y. Jin and S. Ohno, Low complexity automatic modulation classification technique for multiple modulation schemes, Technical report of IEICE, SIP 2012-255, Jan. 31-Feb. 1, 2013, Kure

[その他]
ホームページ等
<http://www.cse.hiroshima-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大野 修一 (OHNO SHUICHI)
広島大学・工学研究院・准教授
研究者番号：70273919

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：