

同位相ベクトル合成を用いた信号検出法の検討

7308185 吉武 利紘

1 はじめに

周波数資源枯渇問題に対する解決策としてコグニティブ無線が注目されている。通信に使える周波数は限られている。しかし、実際には通信を行っていない周波数(ホワイトスペース)が存在し、極めて非効率である。このホワイトスペースを積極的に利用することで、高効率な周波数資源を運用できる。コグニティブ無線とは既存のユーザ(PU:プライマリユーザ)に干渉を与えず、新規ユーザ(SU:セカンダリユーザ)がホワイトスペースを用いて無線通信を行うことである。コグニティブ無線を実現するには通信を行っている状況か、通信を行っていない状況かを正確に判断しPUに干渉を与えずにSUが通信を行う必要がある。そのため、信号検出技術が必要となる。本研究では高感度な信号検出を目的としている。現在コグニティブ無線にはダイナミックスペクトルアクセス方式とヘテロジニアス方式の2種類が存在する。ダイナミックスペクトルアクセス方式で従来研究されていたエネルギー検出法では信号対雑音電力比(SNR:Signal-Noise Ratio)が低下すると検出見逃し(MD:Missdetection)率誤警報(FA:False Alarm)率が増加して高感度な信号検出が不可能になる。本研究では、ダイナミックスペクトルアクセス方式における信号検出において同位相ベクトル合成を用いた信号検出法を提案し、計算機シミュレーションによりエネルギー検出法と信号検出特性の比較を行う。

2 エネルギー検出法と同位相ベクトル合成法

従来研究であるエネルギー検出法では、受信シンボルの振幅総和をとり信号の有無を振幅総和の差により判別する。一方、無線LANなどの近年の広帯域システムでは直交周波数分割多重(OFDM)のマルチキャリア伝送方式が採用されている。マルチキャリア伝送方式は、周波数オフセットを推定するため、特定のサブキャリアにパイロット信号(既知のデータ)を挿入する。提案法ではこのことを利用し、受信シンボルのパイロット信号に送信したパイロット信号の複素共役をかけ合わせることで、位相回転して同位相にした受信シンボルをベクトル合成して信号の有無をベクトル合成値の差より判別する。エネルギー検出法と提案法の違いは信号がない場合(雑音)においてみられる。エネルギー検出法では、雑音成分の振幅総和をとるためシンボル数に比例し増加していく。一方、提案法では受信シンボルにパイロット信号の複素共役

を掛けるため雑音同士が打ち消しあいベクトル合成値が0に近い値になる。その結果、信号がある場合と信号がない場合の判別がしやすくなる。この提案法と従来法の違いを用いて高感度な信号検出法を提案する。

3 シミュレーション概要

シミュレーションに用いた諸元を表1に示す。IEEE802.11a規格[1]に準じる。チャンネル推定は802.11a規格のプリアンブル信号であるロングトレーニングシンボルを用いている。各サブキャリアで受信したロングトレーニングシンボルと受信機であらかじめ用意したロングトレーニングシンボルとの自己相関関数を計算する。その後、振幅を正規化することでチャンネル推定を行う。しかし、周波数同期とシンボル同期は理想的に行えるものとし、等価ベースバンド系で評価している[2]。シミュレーションではSNRと観測データシンボル数を変化させ、MD率、FA率を評価する。この時、検出閾値の決定はMD率を10%とするときに閾値を設定し、その閾値からFA率を決定する。MD率は通信を行っている信号があるにも関わらず信号がないと判断する確率である。またFA率は通信を行っていないのに通信を行っている信号があると判断する確率のことである。図1にMD率とFA率のイメージを示す。

表1. シミュレーション諸元

試行回数	1000 回
OFDM シンボル数	10, 100, 1000 symbol
SNR	10, 5, 0, -5, -10, -15, -20 dB
一次変調	BPSK
二次変調	OFDM
サブキャリア数	データ:48 パイロット信号:4
GI長	16 sample
フェージング	周波数選択性フェージング (2波)
遅延波の遅延時間	5 symbol
遅延波の電力減衰	-10 dB
位相補償	あり
シンボル同期	なし
周波数同期	なし
無線LAN規格	802.11a

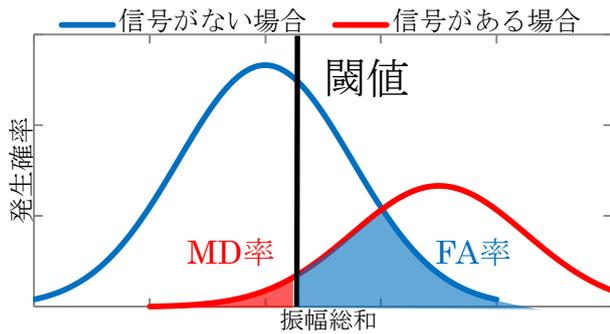
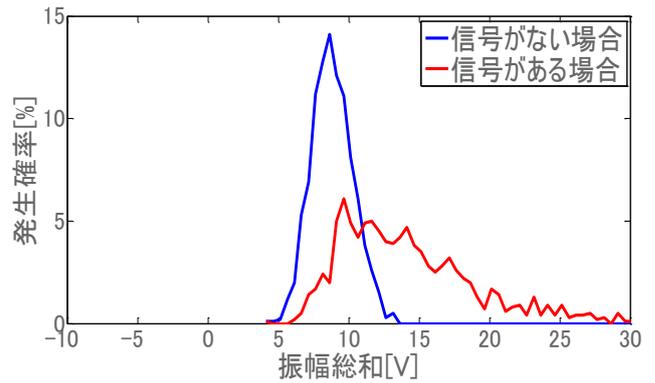
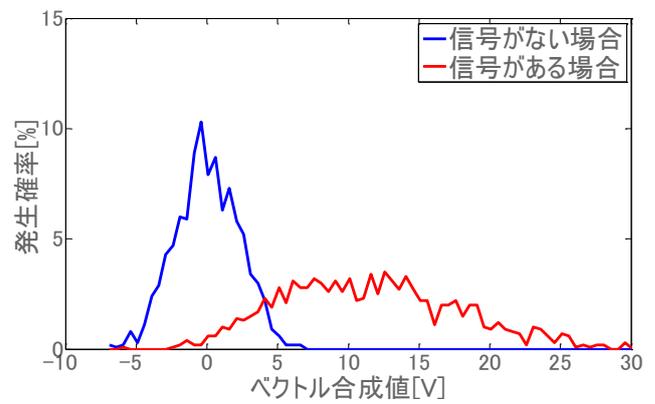


図1. FA率MD率のイメージ図



(a) エネルギー検出法(従来法)



(b) 提案法

図2. 確率分布比較

(SNR=5dB 観測データシンボル数=10)

4 シミュレーション結果

計算機シミュレーションにより、得られたエネルギー検出法と提案法と同じ条件における検出値の確率分布を図2に比較して示す。図より信号がある場合の分布は、エネルギー検出法と提案法では、約10Vに集中した分布となり、あまり大きな差はない。しかし、信号がない場合の分布は、従来法では振幅総和が観測データシンボル数に比例し増加していく。一方、提案法では雑音同士が打ち消しあい、0付近に集中する確率分布になることが図から確認できる。このことにより、従来法に比べ提案法では信号がある場合と信号がない場合とのそれぞれの確率分布が重なる部分が少なくなることにより、FA率が減少する。その結果、信号を高感度に検出出来ている。次に、SNRと観測データシンボル数の変化によるFA率の変化を図3に示す。本研究では、MD率を10%としているため、FA率の変化のみで比較を行う。図より、各観測シンボル数において、全てのSNRで従来法に比べ提案法のFA率が低下している。その結果、本研究では従来法に比べ、提案法である同位相ベクトル合成を用いた信号検出法においてSNRが低下した場合においてもFA率が低下し、高感度な信号検出が出来ている。

5 まとめ

本研究では、同位相ベクトル合成を用いた信号検出法を提案し、計算機シミュレーションによりエネルギー検出法との比較を行った。その結果、従来法に比べ提案法のFA率が低下する。よって、提案法においてエネルギー検出法より優れた信号検出性能を得られる可能性が示された。今後の予定として、周波数同期とシンボル同期を組み込んでシミュレーションを行う。

参考文献

- [1] IEEE Std 802.11a-1999.
- [2] 神谷幸宏, "MATLABによるデジタル無線通信技術", コロナ社, 2008.

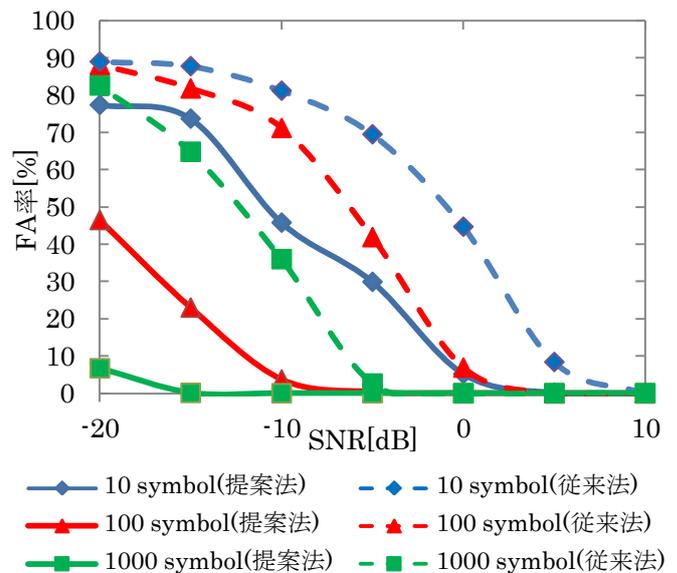


図3. SNRとデータシンボル数の変化によるFA率