

平成21年3月31日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2006-2008

課題番号：18760284

研究課題名 (和文) UWB MB-OFDM システムのための伝送路推定に関する研究

研究課題名 (英文) A Study on Channel Estimation for UWB MB-OFDM Systems

研究代表者

藤井 雅弘 (FUJII MASAHIRO)

宇都宮大学・工学研究科・助教

研究者番号：20366446

研究成果の概要：

UWBシステムは、低い電力スペクトル密度の信号を広帯域で利用して運用することが想定されており、他の無線通信システムとの周波数共用を仮定している。しかしながら、この周波数共用によるUWBシステムから共存システムへの干渉が重大な問題となっており、UWBシステムはその共存システムの存在を検出し、存在している場合は、その周波数帯域の利用を回避しなければならない。本研究では、この問題を解決するために、UWBシステムで共存システムへのデータ伝送を監視し、これを検出する規範を提案する。また、本研究では、いくつかあるUWBシステムのうち、高速伝送向けのMB-OFDMシステムに着目する。このシステムは、複数の周波数を用いてデータ伝送を行うため、干渉検出を行う際の周波数観測に利便性がある。本提案手法では、まず、複数の周波数信号の中から、干渉の存在を仮定するいくつかの周波数セットからなる干渉モデルを構成する。次に、観測信号に基づいて、これらのセットから、実際の干渉モデルを決定し、その帯域に干渉が存在すると検出する。この検出の際の適切な規範として統計的に有用な赤池情報量基準を用いた。さらに、この問題においては、干渉信号のみではなく、UWB信号の伝送路とデータ信号の推定も同時に行う必要があるため、この問題を解決するために、EMアルゴリズムを用いた。数値計算の結果、従来の制約のあるエネルギー検波と比べて、提案手法はその検出精度を改善できることを示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	600,000	0	600,000
2007年度	600,000	0	600,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	1,800,000	180,000	1,980,000

研究分野：

科研費の分科・細目：5104

キーワード：UWB, MB-OFDM, 伝送路推定, 干渉検出・回避, 赤池情報量基準, EM 合う後リズム, 干渉モデル, 対数尤度関数

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初、本研究課題では、UWB MB-OFDM システムのための伝送路推定にのみ着目していた。無線通信システムにおいて、受信器で同期検波を行うためには伝送路推定が不可欠であり、UWB システムにおいては、その信号の広帯域性を考慮した伝送路推定が必要である。UWB システムは本研究課題の期間においても法的整備や、世界各国での電波規制の変化の渦中にあり、今もなお、社会的要求と技術課題が密接に関わっている。このような背景の下、UWB システムの実用化のために特に重要な課題として、通常の無線システムでは想定しない、同一周波数帯域内に存在する他の無線システムの存在も含めた伝送路推定技術の必要性がでてきた。そこで本研究では、このような技術要請の変遷から、他無線システムの存在も含めた UWB MB-OFDM システムのための伝送路推定に研究課題を拡張し検討を行った。

2. 研究の目的

近年、OFDM システムは様々な通信システムで応用されているが、PLC や UWB システムのように、与干渉システムとの周波数共用が想定され、そのシステム帯域に比べて狭い帯域での干渉回避を要するシステムが存在する。本研究で着目する UWB システムの一方である MB-OFDM では、狭帯域干渉が検出された場合、band-dropping や subcarrier-nulling 等による干渉回避法が検討されているが、その干渉検出は大きな問題となっている。そこで本検討では、下記の干渉検出要件に留意した OFDM システムのための新しい干渉検出規範を提案する。

- 汎用性(適用範囲の広い明確な干渉検出基準とその検出精度)
- 応答性(短い信号観測区間での干渉検出)
- 実用性(可変帯域与干渉システムへの対応、複数帯域での同時干渉生起への対応、パイロットシンボルに依存しない検出、簡易な実装)

3. 研究の方法

本研究課題で取り組んだ UWB MB-OFDM 方式は、3.1[GHz]から 10.6[GHz]の広帯域を 14 のバンドに分割して利用する。この際、1 バンドは 128 本のサブキャリアで構成され、その帯域幅は 528[MHz]である。OFDM システムでは、この 128 本個々のサブキャリアでの信号を扱うことができるので、OFDM 以外の UWB 方式 (DS 方式など) と比べて、より周波数領域で柔軟な信号処理が可能であるといった特徴を有する。

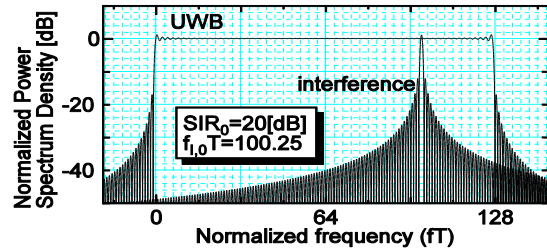


図 1 UWB 信号と干渉信号のスペクトル例

通常、UWB システムの帯域幅に対して、共存する無線通信システムの帯域幅は狭い。図 1 に UWB 信号と干渉信号の周波数スペクトルの例を示す。図に示すように、UWB 信号は広い帯域で矩形スペクトルを利用する形となり、それに対して、干渉システムは UWB MB-OFDM 信号の高々数本のキャリアに相当する帯域を利用するのみである。

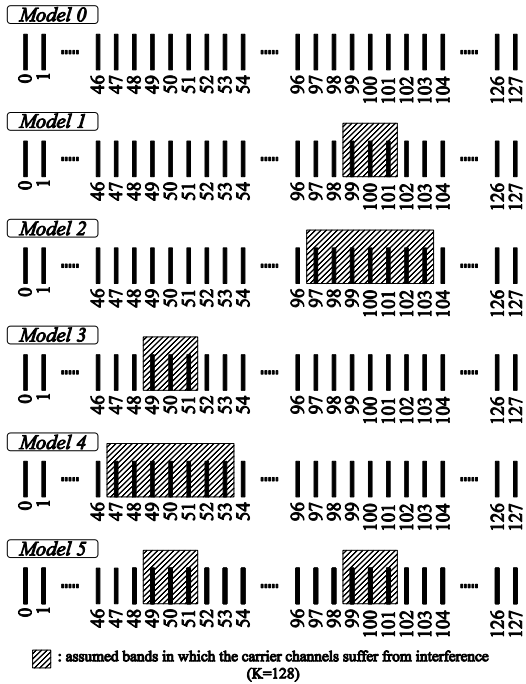


図 2 MB-OFDM システムのための干渉モデル

このような UWB システムと干渉システムの帯域幅の関係を考慮して、本研究では、MB-OFDM システムのための干渉帯域検出手法について提案し、検討を行う。本検討では、

図 2 に示すような干渉モデルを導入する。この図の例では、6 つの干渉モデルを用いる。Model 0 では干渉が存在しないと想定するモデルである。Model 1 から 5 は干渉が存在するモデルであり、それぞれ、99~101 番目のサブキャリア、97~103 番目のサブキャリア、49~51 番目のサブキャリア、47~53 番目のサブキャリア、49~51 と 99~101 番目のサブキャリアに干渉信号が存在すると仮定した場合のモデルである。これらのモデルから、例えば、Model 1 と 2 ではその想定干渉帯域幅が異なるために、中心周波数は同一であるが可変帯域幅を利用する WiMAX システムのような干渉を検出することが可能である。また、Model 5 の導入により、異なる 2 つ以上の帯域で同時に干渉が生じた場合でも干渉を検出することが可能となる。

この手法では、観測信号に基づいて、想定する干渉モデルから尤も確からしいモデルを決定することで干渉を検出する。もし、Model 0 が選択されれば、その時、干渉なしと判断し、その他の Model が選択されれば、干渉ありと判断し、その帯域幅を特定できる。本研究では、このモデル判定のために統計的なモデル判定に有効な AIC(赤池情報量規範)を用いる。AIC はモデルの確からしさであり、尤度値を未定パラメタ数で正規化したものである。また、受信器では、UWB 端末の通常の伝送信号と、(もしあれば)干渉信号と雑音信号が加算された形で観測される。これらの全てのパラメタを同時に推定することが必要である。そこで、本研究では UWB 伝送の伝送路情報と干渉信号を EM アルゴリズムによって同時推定する手法を提案し検討した。

4. 研究成果

本検討では、複数の正弦波が重畳された干渉信号を想定する。その干渉信号の中心周波数 $f_{i,0}$ を UWB MB-OFDM 信号の 1 シンボル継続区間 T で正規化したものと、UWB システムの正規化電力と干渉信号の電力の比を SIR として用いて評価を行う。UWB システムの主要なパラメタは、国際的な MB-OFDM の組織である WiMedia に従うものとする。

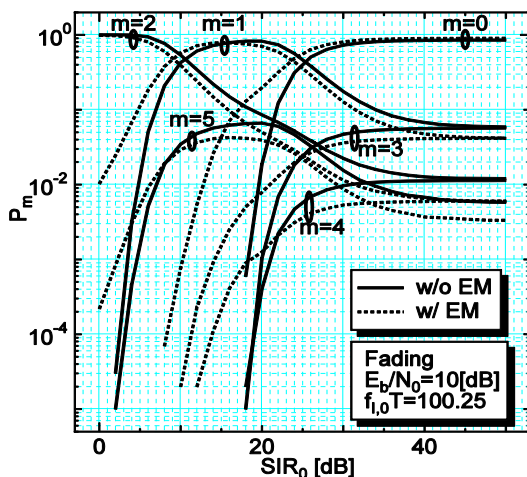


図 3 SIR に対する干渉モデル選択確率

図 3 に SIR に対する

図 2 の 6 つの干渉モデルから各モデルが選ばれる確率を示す。ここで、信号対雑音電力比は 10[dB] とし、 $f_{i,0}T=100.25$ とした。この場合、UWB システムのおよそ 100 番目のサブキャリア付近に干渉信号が存在することを意味する。図中の w/o EM は伝送路推定が理想的に行われている場合を示し、w/ EM は伝送路推定と干渉推定の同時推定が行われた場合の特性である。SIR が低い場合、提案手法は Model 2 を最も多く選択している。SIR が増加するに従って、Model 1 が選択されるようになる。SIR が増加するに従って干渉信号のサイドローブ成分が相対的に減少し、検出器が狭帯域干渉としてみなすようになるためである。さらに SIR が小さくなると、Model 0 が選択されるようになる。これは、干渉信号が UWB 信号に比べて十分小さくなり、雑音に埋もれているように観測されるため、干渉なしとする Model 0 が選択される。

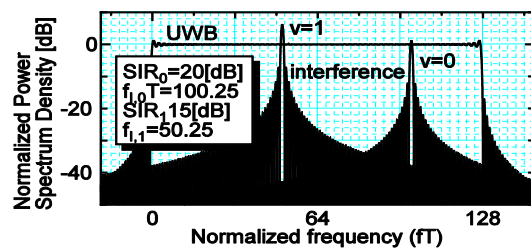


図 4 複数の干渉が同時に生じた場合

次に、図 4 に示すように 2 つの異なる帯域に同時干渉が生じた場合について検討を行う。この図の例では、およそ 100 番目と 50 番目のキャリア付近にそれぞれ、20[dB] と 15[dB] の SIR で干渉が生起している例である。

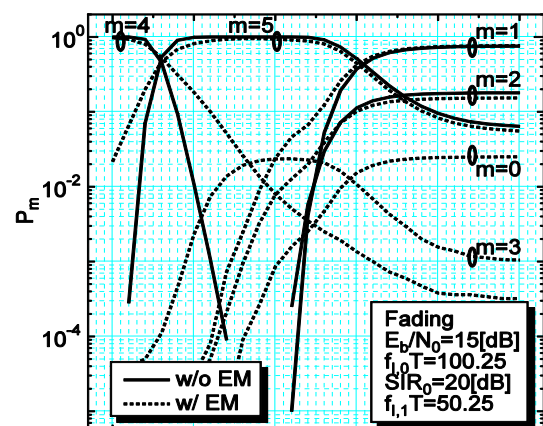


図 5 に図 4 で示した例に相当する 2 つの異なる周波数帯域で同時に干渉が生じた場合の干渉検出性能に関して評価する。SIR₁ が小さい場合、相対的に第 1 番目の干渉が大きく観測されるため、Model 4 が多く選択される。SIR₁ が多くなるにつれて、2 つの帯域での干渉が均衡してくるため、Model 5 が選択される。さらに、大きくなると、Model 1 や 2 が選択され、第 0 番目の干渉の方が支配的になると認識される。このように、提案手法は、様々に想定される干渉の状況を分別する能力を有する。

本提案手法では、モデル数を多数用意することで、より詳細な干渉の推定が可能であるが、これは計算量の増加を引き起こすため、今後、計算量と干渉推定性能のトレードについて詳細に検証する必要がある。

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 7 件)

1. Masahiro Fujii, Atsushi Minakawa, Yu Watanabe, Makoto Itami, Kohji Itoh, "Interference Detection based on AIC using EM Algorithm for UWB MB-OFDM Systems," IEICE Transactions on Fundamentals, E91-A, pp. 3130-3139, (2008), 査読有
2. Masahiro Fujii, Atsushi Minakawa, Yu Watanabe, Makoto Itami, Kohji Itoh, "A Study on Interference Detection Using AIC for UWB MB-OFDM Systems", Proceeding of the 2008 IEEE International Conference on Ultra-Wideband, pp. 71-74, (2008), 査読有
3. Ryusuke Kogane, Chizu Fukao, Jun Hioki, Kazuyuki Furusawa, Masahiro Fujii, Makoto Itami, Kohji Itoh, "A Study on the Detection Scheme of WiMAX signal for DAA Operation in MB-OFDM", Proceedings of the 2007 IEEE International Conference Ultra-Wideband, pp. 834 – 839, (2007), 査読有
4. Jun Hioki, Kazuyuki Furusawa, Chizu Fukao, Masahiro Fujii, Makoto Itami, "A Study on Detection Scheme of MIMO-UWB-IR combined with Error Correcting Code", Proceedings of 10th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, 4 pages, (2007), 査読有
5. Akihiro Waku, Masahiro Fujii, Makoto Itami, Kohji Itoh, "A Study on Channel Estimation for OFDM Systems Using EM Algorithm Based on Multi-Path Doppler Channel Model", Multi-Carrier Spread Spectrum 2007, pp. 337-346, (2007), 査読有
6. Masahiro Fujii, Makoto Itami, Kohji Itoh, "Joint Estimation of Frequency Offset and Channel Frequency Response Using EM Algorithm for OFDM Systems," IEICE Transactions on Fundamentals, E89-A, pp. 3123-3130, (2006), 査読有
7. Masahiro Fujii, Akihiro Waku, Makoto Itami, Yu Watanabe, Kohji Itoh, "A Study on Estimation of Frequency Offset Using EM Algorithm for Multi-Carrier Systems", Proceedings of The 2006 IEEE International Symposium on Information Theory and its Applications, 6 pages, (2006), 査読有

[学会発表] (計 11 件)

1. 皆川 篤志、藤井 雅弘、渡辺 裕、"MB-OFDM システムにおける重み係数を用いた与干渉軽減方式に関する一検討"、電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会報告、2009 年 3 月 9 日、はこだて未来大学
2. 川原 康史、藤井 雅弘、渡辺 裕、"モバイル WiMAX システムのための EM アルゴリズムを用いた伝送路推定に関する一検討"、電子情報通信学会通信方式研究会報告、2009 年 1 月 22 日、西表島
3. 皆川 篤志、藤井 雅弘、渡辺 裕、"UWB MB-OFDM システムにおける重み付け係数を用いた与干渉軽減方式の一検討"、第 31 回情報理論とその応用シンポジウム、2008 年 10 月 8 日、日光市
4. 藤井 雅弘、皆川 篤志、Prak Sophaktra, 渡辺 裕、伊丹 誠、伊藤 紘二、"AIC を用いた OFDM システムのための干渉検

出に関する一検討”、電子情報通信学会総合大会、2008年3月18日、北九州大学

5. 日置 順、古澤 和之、深尾 千寿、藤井 雅弘、伊丹 誠、“誤り訂正符号を含んだ MIMO-UWB-IR システムに関する一検討”、第30回情報理論とその応用シンポジウム、2007年11月29日、志摩市
6. 宮坂 宏明、伊丹 誠、伊藤 紘二、藤井 雅弘、堀井 弘幸、“プリコーデッド OFDM の繰り返し復調におけるシンボル消去を伴った伝送路推定の影響に関する検討”、映像メディア学会放送技術研究会報告、2007年7月30日、北海道大学
7. 和久 明弘、藤井 雅弘、伊丹 誠、伊藤 紘二、“直交マルチキャリア通信システムにおけるマルチパスドップラモデルに基づく EM アルゴリズムを用いた伝送路推定”、電子情報通信学会総合大会、2007年3月22日、名城大学
8. 松田 哲直、藤井 雅弘、渡辺 裕、“UWB MB-OFDM システムにおける Kullback-Leibler の情報量を用いた干渉検出方式の一検討”、電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会報告、2007年3月15日、群馬大学
9. 和久 明弘、藤井 雅弘、伊丹 誠、伊藤 紘二、“OFDM システムにおけるマルチパスドップラモデルに基づく EM アルゴリズムを用いた伝送路推定に関する検討”、第29回情報理論とその応用シンポジウム、2006年12月1日、函館市
10. 和久 明弘、藤井 雅弘、伊丹 誠、伊藤 紘二、“OFDM システムにおける EM アルゴリズムを用いた時変マルチパス伝送路推定に関する検討～パスモデルと推定精度～”、電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会報告、2006年7月20日、長岡技術科学大学
11. 小金 竜輔、藤井 雅弘、伊丹 誠、伊藤 紘二、“MB-OFDM 受信器における DAA のための 4G 信号検出に関する一検討～スレッショルドの決定法～”、電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会報告、2006年7月20日、長岡技術科学大学

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

藤井 雅弘 (FUJII MASAHIRI)

宇都宮大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：20366446

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし