

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	原田 耕自
論文題目	Studies on Parameter Estimation of Multipath Channels without Utilizing Pilot Signals (パイロット信号を利用しないマルチパス通信路のパラメータ推定に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、移動体無線通信システムへの適用を想定し、既知パイロット信号の利用を仮定しないブラインド・チャンネル推定、及び時間差推定の2種類のマルチパス・チャンネル推定問題を取り上げ、それらに関する現実的な諸問題に対処するため新たなアルゴリズムを導出し、それらの特性について評価することで提案方式の有効性を明らかにしたものであり、全体で6章から構成されている。</p> <p>第1章では、それぞれの推定問題の背景と研究の展開について述べるとともに、より現実的なフェージングモデルに適用した場合に発生する、これまでの研究の問題点を指摘している。そして、論文全体の構成を簡単に紹介している。</p> <p>第2章では、既存のブラインド・チャンネル推定法で必要となるチャンネル次数の決定法を論じている。既存の次数決定法ではブラインド・チャンネル推定に対し満足な結果が得られないため、相互スペクトル密度を利用した新たな次数決定法を提案し、チャンネル推定値として部分空間法によるものを用いた場合の有効性を、レイリー・フェージング・チャンネルと、決定論的チャンネルに対してシミュレーションにより示している。</p> <p>第3章では、部分空間ブラインド推定法においてチャンネル数や次数が大きくなると計算量が増大するという問題に対し、確率的主成分分析に基づくEMアルゴリズムの手法をブラインド推定問題に応用し、低計算量の反復アルゴリズムを提案している。そして、その停留点を解析することにより、提案法の妥当性を示している。また、提案法では初期値によらず推定値が部分空間法によるものと同じになることをシミュレーションにより示している。</p> <p>第4章では、電力が指数減衰するフェージング・チャンネルの次数は曖昧で、既存のブラインド推定法の適用が困難であるという問題に対し、ベイズ的アプローチによる次数に依存しない推定法を論じている。フェージング・チャンネルに対する三種類の事前分布を想定し、レイリー・フェージング・チャンネルの事前情報に対して変分ベイズ法を、そこに指数電力減衰も考慮した事前情報と階層型レイリー・フェージング・チャンネルの事前情報に対して最大事後確率 (MAP) 法をそれぞれ適用し、三種類の近似的ベイズ型アルゴリズムを導出している。シミュレーションではLTE (Long Term Evolution) 規格で定められたフェージング・チャンネル・モデルを用い、現実的なチャンネルに対して部分空間法や最尤法といった既存の手法に対する優位性を確認してい</p>			

る。

第5章では、従来の時間差推定問題を拡張し、二つのセンサーでマルチパス・チャンネルへの入力信号と、その出力信号を観測する場合を考え、マルチパス・チャンネルの時間遅れと振幅を推定する問題を論じている。特に、ナイキストレートに満たない低レートサンプルから非線形最小二乗法により推定する手法を提案している。低レートサンプルによりアナログ部品のコスト削減など実用上のメリットが大きい反面、サンプリング・カーネルを実装するアナログフィルターの不完全性が問題となることを新たに指摘し、不完全性による推定値バイアスと誤差分散の近似理論式を示し、アナログ設計の補助としている。また、提案法と推定誤差の理論式の妥当性をシミュレーションで検証している。

第6章では、本論文での成果の総括と今後の展望を述べている。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、移動体無線通信システムへの適用を想定し、既知パイロット信号の利用を仮定しない二種類のマルチパス・チャネル推定問題を取り上げ、それらに関する現実的な諸問題に対処するため新たなアルゴリズムを導出し、それらの特性について評価することで提案方式の有効性を明らかにしたものであり、その結果は以下のように要約される。

1) 既存のブラインド・チャネル推定法で必要となるチャネル次数の決定問題を論じた。既存の次数推定手法ではブラインド問題では満足な結果を得られないため、相互スペクトル密度を利用した新たな次数決定法を提案し、チャネル推定法として部分空間法を用いた場合の有効性をシミュレーションにより示した。

2) 部分空間ブラインド推定法においてチャネル数や次数が大きくなると計算量が増大するため、確率的主成分分析に基づく EM アルゴリズムの手法をブラインド推定問題に応用し、低計算量の反復アルゴリズムを提案した。そして、その停留点を解析することにより、提案法の妥当性を示した。

3) 次数が曖昧な指数電力減衰フェージング・チャネルに対し、ベイズ的アプローチによる次数に依存しない推定手法を論じた。フェージング・チャネルに対する三種類の事前分布を想定し、近似的ベイズ型アルゴリズムを導出し、シミュレーションでは LTE(Long Term Evolution) 規格で定められたフェージング・チャネル・モデルを用い、現実的なチャネルに対して部分空間法や最尤法といった既存の手法に対する優位性を確認した。

4) 二つのセンサーでマルチパス・チャネルへの入力信号と、その出力信号を観測する場合を考え、その時間遅れと振幅を推定する問題を論じた。特に、ナイキストレートに満たない低レートのサンプルから非線形最小二乗法により推定する手法を提案した。また、サンプリング・カーネルを実装するアナログフィルターの不完全性による推定値バイアスと誤差分散の近似理論式を示した。

以上要するに本論文は、パイロット信号を用いないマルチパス・チャネル推定の現実的かつ具体的な実現法を提供し、さらにアナログ回路の設計の補助となる知見を与え、移動体無線通信システムへの今後の適用に向け寄与するところが少なくな。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値のあるものと認める。また、平成24年2月22日に実施した論文内容とそれに関連した口頭試問の結果合格と認めた。