

氏 名	RUBAIYAT YASMIN
博士の専攻分野の名称	博士 (学術)
学位記号番号	博理工甲第 846 号
学位授与年月日	平成 23 年 9 月 16 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	Time-Varying Channel Estimation and Equalization in Mixture Noise Environments (混合雑音環境下での時変通信路推定と等化)
論文審査委員	委員長 教授 島村 徹也 委員 教授 大澤 裕 委員 教授 長谷川孝明 委員 准教授 吉川 宣一

論文の内容の要旨

In this thesis, we propose novel channel estimation and equalization techniques for the purpose of enhancing the efficiency, channel capacity and reliability of digital communication systems. To improve the performance of digital communication systems, channel estimation and equalization play an important role. An estimator estimates the channel coefficients and provides better understanding of the channel properties. On the other hand, an equalizer estimates the transmitted sequence and provides better reliability to the communication system.

The efficiency of communication systems such as mobile radio and HF channels is drastically affected by rapidly time-varying characteristics and multipath fading. Sophisticated channel estimators can provide a reliable solution to time-varying characteristics of a channel. For the purpose of time-varying channel estimation, the LMS algorithm is suitable due to its cost effectiveness and implementation simplicity. The tracking ability of the LMS algorithm in a rapidly time-varying environment is investigated by some prediction based techniques but it opens further research issues.

The objective of this thesis is to propose an efficient channel estimation technique to improve the tracking performance for rapidly time-varying channels. The proposed estimator uses amplitude-division based parallel least mean square (ADPLMS) algorithm, in which multiple linear transversal filters are deployed in a parallel fashion. The coefficient vectors of each estimator are formed with the novel amplitude-division based classification technique and adapted by the LMS algorithm according to the channel coefficient values. Dividing the amplitude range of the estimator coefficients, the time-varying effect is alleviated in a divided manner. We analyze the behaviors of the time-varying effect of the ADPLMS algorithm against rapidly time-varying channel by redefining the degree of time variation. The ADPLMS estimator is further improved with a nonuniform amplitude-division technique. We propose the nonuniform amplitude-division based parallel LMS (NADPLMS) technique whose concept is to emphasize the Gaussian distribution pattern of the channel coefficient values. The adaptation is improved further by incorporating the normalized LMS (NLMS) algorithm. Computer simulation results visualize the effectiveness of the proposed three types of estimators and the validity of performance analysis.

Intersymbol interference (ISI) is invoked by the multipath fading property of a channel which is eliminated using the adaptive channel equalizers. When the channel output is corrupted with potential outliers, the performance of the equalizer may degrade. An effective channel equalizer with an impulse noise suppression technique can provide better solution in such a case. There are some equalizers which can suppress the impulse noise, but their performances are not satisfactory. In this thesis, we propose an adaptively thresholded estimation based channel equalization (T-EB) technique which can suppress the impulse noise effect adaptively. By using the variance of the equalizer input, the threshold is calculated. The thresholded estimation based approach makes the equalizer robust against impulse noise. Computer simulation results show that the proposed T-EB equalizer can suppress impulse noise more effectively than the conventional equalizers.

Efficiency of the modern communication system depends on the bandwidth utilization. Training sequence based equalization is usually constrained with bandwidth limitation due to handling the training sequence. Hence, blind channel equalization can be effective which works without the training sequence. Generally, blind channel equalizer performances are investigated in AWGN environments. In this thesis, a robust blind channel equalization technique is proposed in impulse noise environments to address the practical communication system problems. To suppress impulse noise effectively, the combination of order statistics (OS) and adaptive thresholding is considered. A no-adaptation process is introduced when a potential outlier is present, which reduces the impulse noise effect by preventing the noise effect propagation to consecutive adaptations. Sato-error criterion based blind channel equalizers are investigated in impulse noise environments. The effectiveness of the blind equalizers is verified by computer simulation results.

In this thesis, we focus on some of the problems crucial to modern digital communication system and novel techniques have been proposed and implemented.

論文の審査結果の要旨

当学位論文審査委員会は、平成 23 年 8 月 16 日に論文発表会を公開で開催し、多数の参加者のもとに、活発な質疑とともに論文内容の審査を行った。以下に、審査結果の要約を示す。

本論文は、通信システムの受信側で多くの場合に利用される通信路推定器および通信路特性補正器（等化器）についての特性改善に関するものである。通信路推定器においては、マルチパス特性とフェージング現象がある時変通信路の推定を目的とし、通信路等化器においては、インパルス雑音環境下を想定し、それぞれ新しい手法を提案し、それらの有効性を検証している。

まず第 1 章では、デジタル通信システムにおける通信路の推定器と等化器の役割を述べ、従来技術を概説し、解決すべき問題点を指摘している。本研究では特に、時変通信路への十分な精度での追従の必要性を示している。また、重要であるにも関わらず、これまでにあまり検討されてこなかったインパルス雑音環境下での等化器の必要性を示している。

第 2 章では、時変通信路の推定器において、並列型構成の推定器を提案している。一サンプル時刻前の推定器の推定結果を利用し、並列にならんだ複数の推定器から一つの推定器を選択し、その係数ベクトルを更新する非線形型の適応処理を用いる。この推定器の選択が、通信路が有する時変性の効果を緩和する役割を果たし、推定器の優れた追従特性を実現する。理論解析により、提案推定器の追従特性を検証し、また計算機シミュレーション実験により、従来手法に比べ提案推定器が大幅な特性改善を与える事実を明らかにしている。

第 3 章では、第 2 章で述べた推定器のさらなる特性改善に取り組んでいる。通信路の時間変動の確率分布に着目し、より確からしく複数の推定器から一つの推定器を選択する方法に関して検討している。

第 4 章では、通信路等化器において、トレーニング信号を受信側で利用できる場合においてインパルス雑音に耐性を有する方法を検討している。具体的には、通信路推定器を利用し、また、閾値処理を組み込むことで、受信側で外乱として混入するインパルス雑音の効果を抑圧する新しい方法を導出している。計算機シミュレーション実験では、インパルス雑音の発生確率を変化させつつ、白色雑音との混合雑音モデルを想定し、従来手法との比較実験が行われた。結果として、提案等化器が最良の結果を与えることを明らかにしている。

第 5 章では、通信路等化器において、トレーニング信号を受信側で利用できない場合においてインパルス雑音に耐性を有する方法を検討している。受信信号に順序統計処理を施す方法を基本と考え、これに閾値処理を組み込むことで、インパルス雑音の効果を抑圧する新しい方法を導出している。計算機シミュレーション実験では、提案等化器の有効性が検証されている。

第 6 章は、本論文のまとめである。提案する通信路推定器および通信路等化器を、実際の通信システムにおいてどのように利用するかを示唆を与え、それぞれをまとめ上げている。

本論文は、以上に述べたように、通信路推定および等化問題に対し、従来方式に特性改善を与える手法を提案し、その解析的および実験的評価を行っている。本論文の結果は、2 編のレフリー付学術雑誌に採録され、また国際学会での発表で公表されている。

以上のように、本論文は新しい通信路推定器および等化器の提案と、その有効性を検証した論文であり、博士（学術）の学位にふさわしい内容を持つものと判断し、審査委員会として「合格」の判定を行った。