

論文内容の要旨

博士論文題目

A Hardware Implementation of Channel Estimation for OFDM Systems with ESPAR Antenna (ESPAR アンテナを用いる OFDM システムにおけるチャネル推定器のハードウェア実装)

氏 名 Rian Ferdian

(論文内容の要旨)

The main objective of this dissertation is to reduce the complexity and create a hardware realization of the channel estimator for orthogonal frequency division and multiplexing (OFDM) system with electronically steerable parasitic array radiator (ESPAR) antenna. ESPAR antenna implementation can provide a low-cost, low-energy and almost the same performance compare to the MIMO-OFDM system. However, ESPAR-OFDM requires a new method for its channel estimation to replace the conventional interpolation technique due to the inter-channel interference among OFDM sub-carriers.

Compressed sensing (CS) technique has been theoretically proven to solve the channel estimation problem in the ESPAR-OFDM system. However, the implementation of the CS algorithm still requires a huge computational cost. There are three methods proposed in this dissertation to reduce the computational cost. The first method is a new multi-column CS method. Here, the new sensing matrix with smaller size is introduced. The second method is the matrix strength reduction by taking advantage of the sensing matrix structure which based on discrete Fourier transform (DFT) matrix. The third method is the observation vector optimization, using this method the size of the sensing matrix can be further reduced.

The combination of these three methods can achieve more than 90% reduction in the computational cost for the channel estimation in the ESPAR-OFDM receiver. Furthermore, a hardware architecture and FPGA (Field Programmable Gate Array) implementation for the proposed channel estimation is also presented. The hardware is designed as a parallel architecture with only 150% increment in the hardware size.

However, the proposed FPGA implementation can achieve 1700% speed increment.

(論文審査結果の要旨)

本論文は、寄生素子を放射素子周辺に配置し、寄生素子の終端負荷インピーダンスを制御することで指向性制御を行う ESPAR (Electronically Steerable Parasitic Array Radiator) アンテナを用いて近年のブロードバンドワイヤレス通信の基盤技術として用いられている OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) の伝送品質改善を行う方式に関するものである。

ESPAR アンテナを用いて OFDM 通信の伝送品質改善を行う手法が、従来より提案されてきた。しかし、ESPAR アンテナの指向性制御に伴う干渉により伝搬路状況の推定が困難になること、および、ESPAR アンテナを用いて OFDM を復調するためのデジタル信号処理回路は、そのハードウェア規模が大きくなることが実装上の制限となっていた。本論文では、その問題を解決するため、伝搬路推定手法として近年注目されている圧縮センシングアルゴリズムの規模削減に取り組んでいる。提案方式では、圧縮センシングによる伝搬路推定部において、センシング行列の内の小さいセグメントに分割すること、さらに、分割したセグメント行列の構造がフーリエ変換行列の特徴を有していることを用いてハードウェア規模を削減することを提案している。また、受信機側で観測するベクトルのうち、伝搬路推定精度に寄与する部分だけを選択して処理を行う手法をさらに提案している。

本論文では、計算機シミュレーションおよび FPGA (Field Programmable Gate Array) による実装を行い、提案方式の有効性を確認している。これらの提案法を組み合わせることにより、伝送特性を劣化させることなく、従来方式の 97% 以上の演算を削減することが可能であることを明らかにしている。また、FPGA による実装により、ESPA-OFDM 受信機のリアルタイム処理が現実的なハードウェア規模で実現可能であることを明らかにして、提案方式が実用的かつ有効な技術であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、限られたハードウェア条件でブロードバンドワイヤレス通信の信頼性を向上させる技術を示したものであり、今後の情報通信技術の発展に多いに資するものであると判断される。よって、博士 (工学) の学位を有するものと認められる。