

A Study on Space-Time Signal Processing for Highly Reliable Mobile Relay Broadcast

March 2013

Kazuhiko Mitsuyama

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 乙 第	号	氏 名	光山 和彦
主論文題目： A Study on Space-Time Signal Processing for Highly Reliable Mobile Relay Broadcast (高信頼な移動中継を実現する時空間信号処理に関する研究)				
(内容の要旨) マラソンや駅伝などの番組中継では、伝搬損失が小さく、見通し外環境であっても反射波や回折波により受信電力を確保できる UHF 帯の電波が主に利用される。ただし、無線通信技術の発達とシステムの多様化により、近年周波数資源が逼迫しており、より高い周波数帯を積極的に利用するための技術開発が求められている。本論文は、直交周波数分割多重 (OFDM) 方式を用いる無線伝送システムに関し、大規模な移動中継においても高画質なハイビジョン映像を広い範囲にわたって高信頼に無線伝送できるシステムの実現を目的として、筆者がこれまでに進めてきた研究成果をまとめたものであり、全 6 章で構成される。 1 章は緒論であり、研究の背景、本研究で引用される OFDM 方式デジタル無線伝送システムに関する標準規格 (ARIB STD-B33) や、本論文に関連する従来技術について概説している。 2 章では、ロードレース中継において、広い範囲で高い回線信頼性を維持できるマクロダイバーシチ受信システムを提案している。本システムは、地理的に離れた複数の基地局で受信した信号を光ファイバ無線で集めて 1 台の受信装置に入力するものであり、無線伝搬距離や光ファイバ長の違いで生じる到達遅延時間差を補正する手法を提案している。提案法に基づくハードウェア試作、野外実験等による評価のほか、実際のロードレース中継で使用した結果などを示している。 3 章では、電波を効率的に受信する方法として、推定した主波の到来方向にアンテナの指向性を向ける追尾受信システムについて述べている。OFDM 信号に挿入されているパイロットキャリアを利用することで、マルチパス環境でも主波の到来方向を正確に推定する方法を提案し、計算機シミュレーション、室内実験や試作装置を用いた野外実験で評価した結果を示している。 4 章では、移動中継映像の高画質化を目的として、空間多重型の MIMO-OFDM 方式について検討し、深いフェードや高い空間相関をもつ伝搬路で高い回線信頼性を維持する方法を検討している。本章では、ターボ等化方式の 1 つである LDPC-MMSE-SIC に時間インタリーブを処理遅延の増大なく適用できる構成を提案している。実環境で取得した通信路情報 (CSI) をもとに実施した計算機シミュレーションにより、時間インタリーブを適用しない場合と比較して、ターボ等化回数の増大により、伝送特性を大幅に向上できることを明らかにしている。また、ハードウェア試作や、試作装置の室内評価実験の結果についても述べている。 5 章では、2 章で述べたマクロダイバーシチ受信システムに、MIMO 方式を導入した分散 MIMO (D-MIMO) システムを実現するため、多数のアンテナから準最適なアンテナサブセットを低演算量で選択する方式を提案している。提案手法では、アンテナサブセットをチャネル行列の条件数と搬送波電力対雑音電力比 (CNR) の閾値設定を用いて選択するものであり、計算機シミュレーションによる従来方式との比較により、優れた受信特性が実現できることを示している。また、16 入力から最大 4 入力を選択して最小平均二乗誤差 (MMSE) アルゴリズムにより 2 つのサブストリームを分離・検出する受信装置を試作し、野外実験で取得した受信信号を用いた評価結果についても示している。 最後に 6 章で、本論文の総括を行い、結論を述べる。				

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Graduate School of Science and Technology	Student Identification Number	SURNAME, First name MITSUYAMA, Kazuhiko
<p>Title</p> <p>A Study on Space-Time Signal Processing for Highly Reliable Mobile Relay Broadcast</p>		
<p>Abstract</p> <p>In mobile relay broadcasts for marathons and Ekiden relay races, the ultra-high-frequency (UHF) band is mainly used to transmit high-definition television (HDTV) signals. In recent years, since frequency resources of this band are becoming scarce due to the growth of the wireless communication technology, the technological development is desired to positively exploit higher frequency band. This dissertation concerns space-time signal processing to achieve highly reliable large-scale mobile relay broadcasting when higher frequency band is exploited.</p> <p>In Chapter 1, the background of mobile relay broadcasting and the conventional orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) wireless transmission standard are first described, and then conventional technologies related to this dissertation such as tracking, diversity and multiple-input multiple-output (MIMO) are briefly explained.</p> <p>In Chapter 2, the macrodiversity (MD) reception system is proposed to achieve highly reliable reception across wider area. The proposed reception system selects multiple signals with better carrier-to-noise ratios (CNRs) from all the received signals transmitted through radio-over-fiber (ROF) links from remote base stations and combines them on the basis of the minimum mean square error (MMSE) algorithm. This chapter describes an issue on propagation delay differences among diversity branches due to the path lengths with regard to radio propagation and ROF links and proposes a practical delay difference correction (DDC) technique composed of three processes. Furthermore, the hardware implementation of an MMSE-MD receiver embodying the technique, and indoor and outdoor performance evaluations are described.</p> <p>In Chapter 3, an automatic tracking system based on the direction-of-arrival (DOA) estimation is described in order to extend the coverage of one receive base station. In this chapter, a novel DOA estimation method that uses pilot subcarriers inserted in an OFDM signal is proposed.</p>		

In Chapter 4, a MIMO-OFDM system is considered to enhance the bit rate and improve the video quality in mobile relay broadcasts. In order to improve the bit error rate (BER) performance, an iterative low-density parity-check (LDPC) coded MMSE with soft interference cancellation (LDPC-MMSE-SIC) receiver that incorporates time interleaving is proposed. The effectiveness of our method is demonstrated through computer simulation and hardware implementation.

In Chapter 5, antenna subset selection algorithms for distributed-MIMO (D-MIMO) systems are focused on. A simple and practical antenna subset selection method that uses the condition number of the channel matrix is proposed. Despite of the simplicity, computer simulation demonstrates that the proposed method can provide the semi-optimal performance, and is superior to the conventional antenna subset selection methods. The hardware implementation of the method and its performance evaluation are also described.

Chapter 6 concludes with a summary of the work described in this dissertation.