Osaka University Knowledge Archive

Title	Spatial and Temporal Equalization Methods for High-Speed Wireless Communications
Author(s)	Hayashi, Kazunori
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2071
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【63】

氏　　名	林（はやし）　和（かず）　則（のり）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　17036　号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学　位　論　文　名	Spatial and Temporal Equalization Methods for High-Speed Wireless Communications （高速無線通信システムのための時空間等化法）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　北山　研一 （副査） 教　授　谷野　哲三　　教　授　谷口　研二　　教　授　岸野　文郎 教　授　小牧　省三　　助教授　原　　晋介

論　文　内　容　の　要　旨

本論文は、高速無線通信システムのための時空間等化法に関する研究成果をまとめたものであり、以下の6章で構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的ならびに概要について述べた。

第2章では、時空間等化を実現する上で必要不可欠な空間軸でのフィルタリングが可能なアダプティブアレーアンテナを用いた、基本的かつ重要な3種類の信号処理、すなわちビームフォーミング、到来角推定、既知信号なしの伝搬路同定、について述べた。

第3章では、柔軟なビーム形成能力が求められる時空間等化への応用を前提として、伝搬路の推定インパルス応答によりアダプティブアレーのウェイトを制御するビームフォーミング法を提案した。計算機シミュレーションにより提案方式が従来のビームフォーミング法よりも特性が優れることを明らかにした。

第4章では、アダプティブアレーと判定帰還型等化器（DFE）のカスケード構成を用い、等化機能を時間軸と空間軸の信号処理に振り分けることより、少ないウェイト数で実現できる時空間等化法を提案した。提案方式ではアダプティブアレーとDFEの異なる特長を生かして、計算機シミュレーションによりマルチパスフェージング伝搬路における提案方式のビット誤り率特性、アンテナ指向性パターンを検討し、時間軸の等化器および空間軸の等化器との比較を行い、提案方式の有効性を明らかにした。

第5章では、様々な到来角パターンの伝搬路において良好な特性を示す時空間等化法を提案した。提案方式では、計算量を重視して第4章の時空間等化器と同じ構成を採用した。カスケード構成の時空間等化器で最小2乗誤差の意味での最適なウェイト制御を行う際には、ウェイト計算におけるコスト関数が2つの局所的最小値をもつ可能性があるという問題があるが、提案方式ではアダプティブアレーとDFEのウェイトを分離処理し、かつ伝搬路状況に応じて、アダプティブアレーにより捕捉するパスを選択することでこの問題を回避した。計算機シミュレーションにより、伝搬路の測定実験報告に基いた伝搬路モデルにおける提案方式の特性を評価し、さらにウェイト計算における提案方式の要求計算量を示すことで提案方式の有効性を明らかにした。

第6章では、本研究で得られた成果について総括を行った。

論文審査の結果の要旨

本論文は、超高速無線通信システムを実現することを目的とした時空間等化法について考察している。高速無線通信では、周波数選択性フェージング伝搬路、利用可能な周波数帯、そしてディジタル信号処理デバイスの処理能力が問題となるが、これらの問題を克服するために、より少ないウェイト数で実現可能であり、かつ現在ほとんど利用されていない60GHz帯での運用を前提とした時空間等化法を提案している。本論文で得られた結果を要約すると、以下の通りである。

(1)伝搬路の推定インパルス応答によりアダプティブアレーのウェイトを制御するビームフォーミング法を提案している。このビームフォーミング法は従来の信号の到来角を用いたビームフォーミング法に比べ、様々な伝搬路モデルに対して有効であり、時空間等化器への拡張が容易であるという利点がある。また、伝搬路のインパルス応答の推定法として、パイロット信号を用いる方式とパイロット信号を用いない（2次の周期定常性を利用する）方式の2通りについて評価を行っている。その結果パイロット信号を利用する方式では、提案方式が従来のビームフォーミング法よりも特性が優れることを明らかにしている。また、パイロット信号を用いない方式の評価により、2次の周期定常性を利用した伝搬路推定法の現実的なシステムへの適用可能性を明らかにしている。これは新たに得られた一般的な知見である。

(2)時間軸の等化器は、その特性が信号の到来角パターンに依存しないという利点があるが、その一方で必要なウェイト数が等化すべき信号の最大遅延時間に依存するという欠点がある。これに対し、空間軸の等化器の特性は到来角パターンに大きく依存するが、その構成の複雑さは信号の遅延時間に依存しない。これらの空間等化器と時間等化器の異なる特徴を利用して、アダプティブアレーと判定帰還型等化器のカスケード構成を用い、等化機能を時間軸と空間軸の信号処理に振り分けることにより、時間軸のみの等化器に比べ少ないウェイト数で実現できる時空間等化法を提案している。計算機シミュレーションによりマルチパスフェージング伝搬路における提案方式のビット誤り率特性、アンテナ指向性パターンを検討し、提案方式の有効性を明らかにしている。

(3)様々な到来角パターンの伝搬路において良好な特性を示す時空間等化法を提案している。このような特性を持つ時空間等化器はすでに提案されているが、従来方式では非常に多くのウェイト数を必要とするため、高速無線通信システムへの適用に問題があった。提案方式は、計算量を重視してアダプティブアレーとのカスケード構成を採用しているため、従来方式に比較しおよそ1/10以下の計算量で実現可能である。カスケード構成の時空間等化器で最小2乗誤差の意味での最適なウェイト制御を行う際には、ウェイト計算におけるコスト関数が2つの局所的最小値をもつ可能性があるという問題があるが、提案方式ではアダプティブアレーと判定帰還型等化器のウェイトを分離処理し、かつ伝搬路状況に応じて、アダプティブアレーにより捕捉するパスを選択することでこの問題を回避している。計算機シミュレーションにより提案方式の特性を評価し、さらに提案方式の要求計算量を示すことで提案方式の有効性を明らかにしている。

以上のように、本論文は無線通信システムに求められている超高速通信（100Mbits/sec以上）を実現するために、伝搬路状況に適応的なアルゴリズムを採用することで、2010年頃に予想されるディジタル信号処理デバイスの処理能力より実現可能な時空間等化器を提案している。また、本論文は数学・物理の基礎知識を駆使して最先端技術の直面する問題解決のための指針を与えた工学的に極めて独創的な研究であると言え、通信工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。