

(様式 11)

平成29年2月14日

学位論文審査要旨 (課程博士)

東京農工大学大学院工学府長 殿

審査委員 主査 金子 敬一
副査 山井 成良
副査 中條 拓伯
副査 渡辺 峻
副査 杉浦 慎哉
副査



学位申請者	電子情報工学専攻 平成27年度入学 学籍番号 15834301
	氏名 石川 直樹
申請学位	博士 (工学)
論文題目	時間・空間・周波数領域順列変調による電波・可視光通信方式 Space-, Time-, and Frequency-Domain Permutation Modulation Designed for Microwave and Optical Wireless Communications
論文審査要旨 (2000 字程度)	
<p>本論文では、無線通信システムにおいて、空間、時間、周波数の次元を効率的に活用したデータ伝送を行うことで、通信の高速化と大容量化を実現することを目的とする。無線通信の分野において周波数帯域は限られた貴重な資源である。ここでは、使用する周波数帯域を増やすことなく上記目的を達成するための新しい順列変調方式を提案した。さらに、理論解析を行うことで、達成しうる最大の伝送速度を導出した。本論文は以下の7章により構成される。</p> <p>第1章「Introduction」では、本研究の動機づけと研究背景について述べた。</p> <p>第2章「Comprehensive Survey on Permutation Modulation Family」では、本論文を通して取り扱う技術である、複数の信号点からサブセットを選び出して変調を行う順列変調に関して、既存研究の包括的サーベイを行った。ここでは、既存の順列変調を用いたシステムでは、受信機において伝搬路の推定が必要であり、その推定結果の影響が最終的な通信品質に大きな影響を与えるという課題を明らかにした。さらにこのことは、送信フレームにおいてパイロットブロックを挿入しなければならないことを意味し、実行データレートの低下という課題があることを示した。</p>	

論文審査要旨

第 3 章「Permutation Modulation Based Differential MIMO Communications」では、マイクロ波の周波数帯におけるマルチアンテナを用いた順列変調方式に対して、差動符号化手法を適用することで、受信機にて各送受信アンテナ間の伝搬路係数を推定することなく、データ検出を可能とする方式を提案した。これにより、先行研究の方式で必要であった送信フレームに挿入されるパイロットシンボルを省略することができるため、データレートの向上につながった。

第 4 章「Permutation Modulation Based MIMO Millimeter-Wave Communications」では、マルチアンテナを用いた順列変調方式を、ミリ波の周波数領域に適用することで、高周波回路数を大幅に削減し、送信端末のコストを下げることに成功した。さらに、ビームフォーミングと順列変調を組み合わせることで、ミリ波帯特有の伝搬損失の高さを克服しながら、高いデータレートを実現した。

第 5 章「Permutation Modulation Based MIMO Visible Light Communications」では、順列変調を用いた可視光通信システムを提案した。可視光通信路における平均相互情報量を定義することによって、チャンネル符号化手法と組み合わせた場合の性能上界を予測した。送信 LED の発光パターン選択に追加のビットを割り当てることにより、高いレートを実現しながら符号設計の自由度を高め、相互情報量を最大化するようにシステムを最適化した。数値解析により、提案手法は送信レートが高くなるほど、より低い信号対雑音比でエラーフリーの検出が可能となることを明らかにした。

第 6 章「Permutation Modulation Based Multicarrier Communications」では、順列変調に基づくマルチキャリア通信方式を情報理論的側面から解析した。本方式はマルチキャリアの一部を選択的に用いることで送信レートを改善することを特徴とする。本章での主な貢献として、送信符号間の最小ユークリッド距離の上界を導出し、従来方式である OFDM と比較することで、順列変調に基づく方式の性能利得が得られる領域を明らかにした。また、先行研究で報告されているピーク対平均電力比の改善効果が限定的であることを示した。

第 7 章「Conclusions and Future Research」では、本論文の成果をまとめるとともに、今後の課題について示した。

以上、本論文は無線通信システムにおいて高い周波数効率を実現可能な変調方式を提案した。本技術の新規性、独創性、および有効性について評価でき、研究の意義は大きいため、東京農工大学博士（工学）の学位を授与するに足るものであると審査委員一同が判断した。