

審査の結果の要旨

氏名 福田 英輔

本論文は、次世代ワイヤレス通信システムを実現する上で必要となる広帯域電力増幅器の非線形歪補償技術について論じたものである。

第1章「序論」では、研究の背景と目的、および本論文の構成について述べている。本論文の背景では、急増するモバイルトラフィックを収容するために高速伝送が可能な次世代ワイヤレス通信システムが期待されている中、ワイヤレスネットワーク全体の約4割のエネルギーを消費する電力増幅器の低消費電力化が、システム実現のために不可欠な技術課題であることを示している。本論文の目的では、次世代ワイヤレス通信システムの低消費電力化のためには、メモリ効果を有する広帯域電力増幅器の非線形歪を効率的に低減する新たな非線形歪補償技術の研究が必要であることを述べている。

第2章「ワイヤレス通信向け電力増幅器」では、ワイヤレスネットワークにおける電力増幅器の位置づけとその評価尺度を概説し、線形性と電力効率の意義とその重要性を述べている。そして、ワイヤレス通信の高速化に伴い、顕在化するメモリ効果を勘案した非線形歪補償が、高効率な広帯域電力増幅器を実現する上での技術課題であることを述べている。

第3章「分離型メモリ多項式モデル」では、電力増幅器の非線形特性を近似するビヘイビアル・モデル全体を俯瞰し、複雑度と近似の良さの観点から比較した結果、構成が簡単で適用範囲が広いメモリ多項式モデルが最も実用的なモデルであることを述べている。更にその係数を、増幅器の非線形性に対応付けられた比較的速い速度で変動するパラメータと、相対的にゆっくり変動する準定常なLTI (Linear Time-Invariant) フィルタのインパルスレスポンスに分離できることを示している。そして、時定数の異なる2種類の係数に分離することにより、非線形歪補償を効率的に実行できることを示している。

第4章「分離更新型プリディストーション方式」では、メモリ効果を有する広帯域電力増幅器の電力効率の改善を目指し、新たな非線形歪補償技術である分離更新型プリディストーション方式 (SU-DPD: Separate Updating Digital Pre-Distortion) を提案している。まず、分離型メモリ多項式モデルの二つのパ

ラメータを推定する手法を示し、これらのパラメータを用いて非線形歪の逆特性を生成し非線形歪補償を行うためのアルゴリズムを論じている。次に、シミュレーションにより、隣接チャンネル漏洩電力比 (ACLR : Adjacent Channel Leakage power Ratio) を評価尺度として、SU-DPD 方式の非線形歪補償性能を評価している。一例として、バックオフ 8 dB で電力増幅器を動作させたとき、SU-DPD 方式を適用した場合には電力増幅器の出力スペクトラムの ACLR を 18 dB 以上改善し、基地局増幅器の ACLR 規格を満足できることを明らかにしている。この結果、SU-DPD 方式は、メモリ効果を有する広帯域電力増幅器の消費電力を大きく低減し、次世代ワイヤレス通信システムの実現に資することを示している。

第 5 章「パラレル・ウィーナ型モデルへの適用」では、SU-DPD 方式をメモリ多項式モデル以外の増幅器モデルに適用した場合の効果を予測するため、とりわけ、非線形部と LTI 部の順序が逆の構成であるパラレル・ウィーナ型モデルに対する SU-DPD 方式の非線形歪補償能力を評価している。先ず、パラレル・ウィーナ型モデルをメモリ多項式モデルと見なした場合の誤差を見積もり、次にパラレル・ウィーナ型モデルに SU-DPD 方式を適用した場合の非線形歪補償性能をシミュレーションにより評価している。その結果、増幅器のバックオフが 8 dB のとき、SU-DPD 方式はパラレル・ウィーナ型モデルの増幅器に対しても、実用上、十分な非線形歪補償能力を有することを示している。この結果、パラレル・ウィーナ型モデルをメモリ多項式モデルと見なして SU-DPD 方式を適用しても、基地局増幅器の ACLR 規格を満足できることを明らかにし、更に SU-DPD 方式の適用領域をメモリ多項式モデル以外にも拡張できる見通しを示唆している。

第 6 章「結論」では、本論文で提案した方式の主たる成果についてまとめ、さらに今後の課題と展望について議論し、本論文をまとめている。

以上、これを要するに、本論文は、次世代ワイヤレス通信システム向け広帯域電力増幅器の電力効率改善に資する新たな非線形歪補償方法を提案し、シミュレーションによる評価を通して、その効果と有用性を示したものであり、電子情報工学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。