

# Rapp モデルの逆関数を用いた HPA 線形化システムの提案

Proposal of HPA linearization system using inverse function of Rapp model

増渕 篤<sup>†</sup> 多田 陽<sup>††</sup> 梅比良 正弘<sup>†</sup> 王 瀟岩<sup>†</sup>

Atsushi MASUBUCHI<sup>†</sup> Akira TADA<sup>††</sup> Masahiro UMEHIRA<sup>†</sup> Xiaoyan WANG<sup>†</sup>

<sup>†</sup>茨城大学工学部 <sup>††</sup>茨城大学大学院理工学研究科

<sup>†</sup>Faculty of Engineering, Ibaraki University <sup>††</sup>Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

## 1. はじめに

近年のモバイルトラフィックの急増に伴い、スペクトル効率 [bit/s/Hz]に加え、携帯端末の HPA(High Power Amplifier)の電力利用効率の向上が求められている。このため、当研究室では端末の HPA 入出力特性を基地局で測定し、測定結果をフィードバックしてプリディストーション(PD: Pre-distortion)を行う HPA 線形化システムを提案している[1]。従来は非線形特性推定結果を用いてスプライン補間により HPA を線形化しているが、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)信号に対して隣接チャネル漏洩電力(ACL P: Adjacent Channel Leakage Power)の改善効果が小さく、フィードバック情報量も多い[2]。そこで、本文ではフィードバックする情報を低減した Rapp モデル逆関数を用いた HPA 線形化システムを提案し、シミュレーションにより特性評価を行った。

## 2. HPA 線形化システム

ACL P を低減できる Overlap-Windowed-OFDM 方式を用いた HPA 線形化システムの構成例を図 1 に示す。送信側では変調信号に対し IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)を行った後に CP(Cyclic Prefix)を付加し、オーバーラップウィンドウ処理をした OFDM 信号に、HPA 入出力特性測定のための振幅参照信号を付加して送信する。受信側では CP を除去した後、FFT、FDE(Frequency Domain Equalization)を行う。振幅参照信号は 8PAM(Pulse Amplitude Modulation)の DFTs-OFDM 信号とした。8PAM 信号は正負で同じ振幅レベルとなるため、基地局で 4 つの振幅値を測定し、この結果をもとに、HPA の入出力特性として Rapp モデルに基づく Smooth factor と出力飽和レベルの推定をし、これをフィードバックすることによって HPA を線形化する。

## 3. Rapp モデルのパラメータ推定

Smooth factor を  $P$ 、出力飽和レベルを  $V_{sat}$ 、入力振幅を  $V_{in}$ 、出力振幅を  $V_{out}$  とすると、Rapp モデルは次式で与えられる。

$$V_{out}(V_{in}) = \frac{V_{in}}{(1 + (|V_{in}|/V_{sat})^{2P})^{1/2P}} \quad (1)$$

提案方式では、Rapp モデルの Smooth factor と出力飽和レベルを推定し、これをもとに、Rapp モデルの逆関数により HPA の線形化を行う。パラメータ推定では、最小二乗法を用い、測定した振幅参照信号と Rapp モデルの入出力特性の残差二乗和が最小となる 2 つのパラメータである  $P$  と  $V_{sat}$  の組み合わせを求めた。

## 4. 特性評価

提案する HPA 線形化システムにおける ACL P を計算機シミュレーションにより評価した。シミュレーションパラメータを表 1 に示す。OBO(Output Back Off)が 12dB における OW-OFDM(Overlap-Windowed-OFDM)方式のスペクトルを図 2 に示す。比較のためスプライン補間を用いた従来方式のスペクトル、線形増幅器の場合のスペクトル、飽和電力を持つ理想増幅器の場合のスペクトルを示した。スプライン補間に比べ、周波数  $2F_n$  の点での ACL P を 4.2dB 低減できていることがわかる。

図 3 にチャネル間隔が  $2F_n$  の場合の、OW-OFDM 方式と OW-DFTs-OFDM(Overlap-Windowed -DFTs-OFDM)方式の OBO に対する ACL P を示す。従来のスプライン補間を用いる場合と比べ、OW-OFDM 方式では OBO を大きくすると ACL P がより低減できていることがわかる。また、OW-DFTs-OFDM 方式では OBO が 9dB 以下の時に、ACL P 改善効果が大きい。

## 5. 結論まとめ

Rapp モデルの逆関数を用いた HPA 線形化システムを提案し、従来のスプライン補間を用いる手法と比べ、ACL P を改善できるこ

とを示した。今後は異なる HPA 入出力特性モデルに対する特性評価を行う。なお、本研究の一部は科研費 (B)18H01434 による。

## <参考文献>

- [1] 岡本拓也,鈴木智也,王瀟岩,梅比良正弘“振幅参照信号を用いた HPA 線形化システムの提案と基本特性の評価,” 信学技報, vol. 118, no. 12, RCS2018-20, pp. 103-108 (2018-4)
- [2] 梅比良正弘他“HPA 線形化システムにおける OFDM と DFTs-OFDM の隣接チャネル漏洩電力低減効果,” 信学技報, vol.119, no.8, RCS2019-19, pp.91-96 (2019-4)

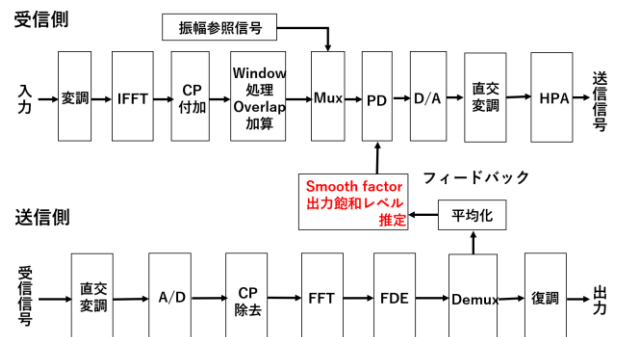


図 1 OW-OFDM 方式を用いた HPA 線形化システムの構成例

表 1 シミュレーションパラメータ

項目	パラメータ	CP	8[symbol]
アクセス方式	OFDM	CS	4[symbol]
変調方式	QPSK	窓関数	Raised Cosine window
FFT/IFFT サイズ	64	OBO	6~12[dB]
サブキャリア数	56	非線形増幅器	Rapp モデル

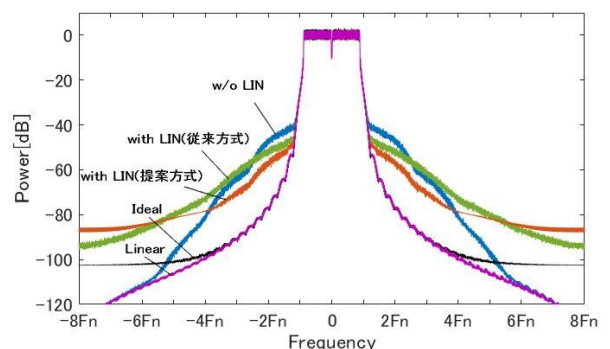


図 2 OBO=12dB における OW-OFDM のスペクトル

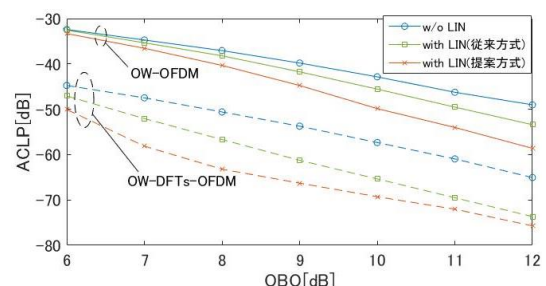


図 3 OBO に対する ACLP の評価特性