ISSN 2186-5647

2-45

OFDM に適した増幅器の出力レベル分割法の検討

日大生産工(院)　○山崎　慎太郎　元日大生産工　田中　將義　日大生産工　関　智弘

1.　まえがき

現在，OFDM(直交周波数分割多重) 変調は地上デジタル放送や高速ワイヤレス通信(LTE)，無線 LAN などの通信分野において広く利用されている．しかし OFDM 変調波はマルチキャリア変調であるため振幅変動が大きく非線形特性の影響を受けやすい．そのため電力増幅器(HPA)の出力を下げた線形領域で使用すると，消費電力が大きくなるという課題がある．

本研究では，OFDM 波を振幅変動の小さい波とその他の 2 波に分割し，個別に電力増幅した後に空間重畳合成[1]する構成を提案する．構成と動作原理，最適な分割値，性能評価結果について報告する．

2. 従来の OFDM 送信段の構成

OFDM 波の送信段の構成として， Fig. 1 に示す一括増幅方式と Doherty 方式[2-3]がある．一括増幅方式は一つの HPA で信号を増幅するのに対し，Doherty 方式では，信号を分割して Carrier Amp と Peak Amp の二つの HPA を使用することで，高効率電力増幅を行っている．その後，分割された信号は回路を用いて合成し送信している．

Fig. 1 (a) 一括増幅による構成

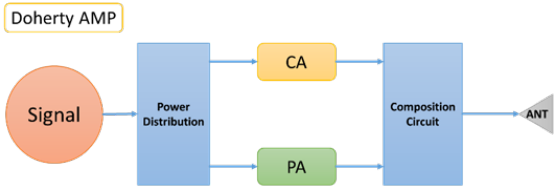

Fig. 1 (b) Doherty 方式による構成

3.　提案システム

3.1　システム構成

本システムは，OFDM 変調波を分割し，個々に増幅した後，別々に電力増幅後に空間重畳合成する方法である．システムの構成を Fig.2 に示す．システムは分配器(DIV)，振幅制限器(Limiter)，位相シフタ，合成器(COMB)，HPA，アンテナで構成されている．変調波を，振幅変動の小さな波とその他の成分に分割し，全体で高効率に電力増幅する構成である．増幅した後二つのアンテナを用いて送信し空間重畳合成され，OFDM 波となる．回路で合成しないで空間で重畳合成するために電力損失が少ない特徴がある．

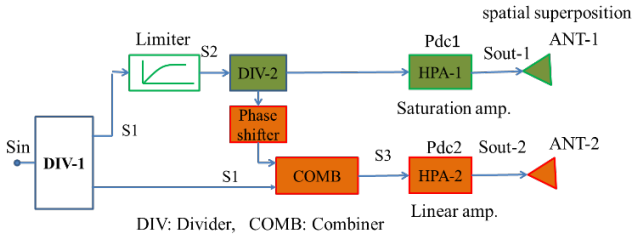

Fig. 2 空間重畳型 OFDM 送信機の構成

3.2 最適な分割値

OFDM 波を分割する最適値を検討した．消費電力と分割値の関係を Fig. 3 に示す．ここで，分割値は実効値で正規化し，消費電力比は(1)式の値を示す． Fig. 3 から分割値が 0.9 の時に消費電力比が最も小さく，最適値である．

$$\text{消費電力比} = \frac{Pdc1 + Pdc2}{Pdc0} \quad \ldots (1)$$

Study on Highly Efficient Amplification of OFDM Signal Wave

Shintaro YAMAZAKI, Masayoshi TANAKA and Tomohiro SEKI

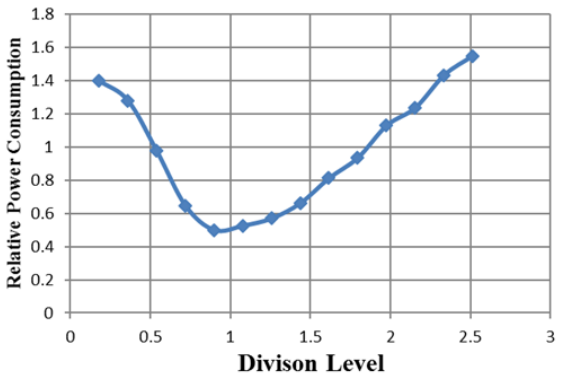

Fig. 3　消費電力比と分割値の関係

3.3　HPA の動作点の比較

一括増幅と提案方式における HPA の動作点の比較を Fig. 4 に示す．Fig. 4 が示すように，提案方式の HPA-1 の効率が大幅に改善される．一方, HPA-2 については, 効率は低下するものの, 扱う電力は小さい．

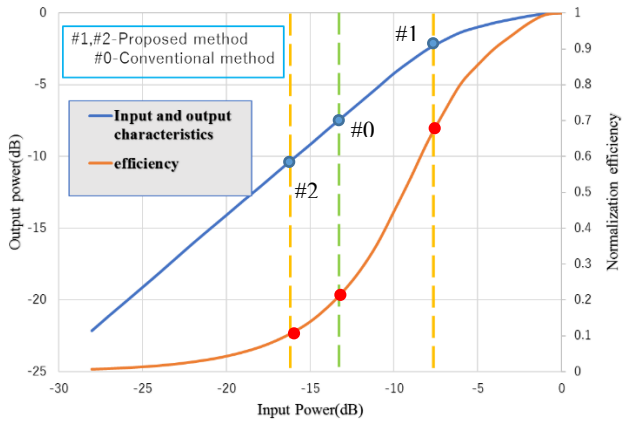

Fig. 4　各 HPA の動作点の比較

4.　システムの特性

4.1　伝送特性の評価

本システムのビット誤り率(BER)特性を評価した, この際, 2 波の合成は理想的とした. Fig.5 に一括増幅法と本システムの BER 特性を示す. 分割の有無に係わらずほぼ同一であり，分割による伝送特性の劣化がないことを明らかにした.

4.2　消費電力の比較

一括増幅と提案方式における消費電力（相対値）の比較を Table 1 に示す．　同一 BER 値での特性を比較している．　Table 1 から提案方法は一括増幅方式に比べて, 約 44%の消費電力の削減が可能である.

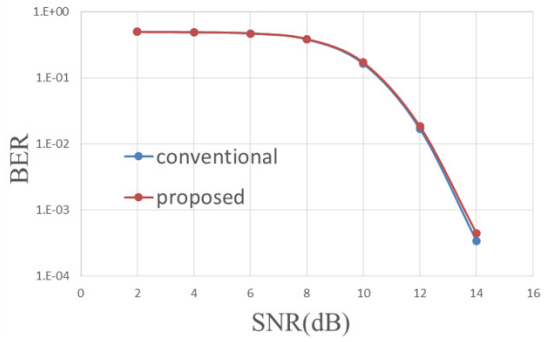

Fig. 5　伝送特性（BER）

Table 1　消費電力の比較

System	Power consumption
Proposed	0.56
Conventional	1

4.3 空間重畳誤差の影響

空間重畳合成を行う際に，2 波の間に利得誤差と位相誤差が発生する．空間重畳誤差による BER 特性への影響を検討した結果を Table 2 に示す．許容劣化を 1dB とした場合，誤差の許容値は,利得誤差は 1.5dB, 位相誤差は 7 度である.

Table 2　空間重畳誤差による BER への影響

		Phase error		
		6°	7°	8°
Amplitude error	0.5dB	0.2	0.5	0.8
	1.0dB	0.2	0.5	0.9
	1.5dB	0.5	1	1.5

5.　まとめ

OFDM 波を 2 波に分割し個別に高効率増幅した後, 空間重畳合成するシステムを提案した. 2 波に分割する際の最適値を明らかにし，特性評価を行った結果, 約 44%の低消費電力化の見通しを得た.

「参考文献」

(1) M.Tanaka and T.Ohkubo, "Spatially Superposed Highly Efficient 32APSK Transmission System", AIAA ICSSC2015, AIAA 2015-4334, pp1-9, Oct. 2015.
(2) Doherty, W. A “A new high efficiency power amplifier for modulated waves” Proceeding of the IRE. 24, 9, 1936, pp1163-1182
(3) K. Horiguchi et al., “Efficiency Enhancement of 250W Doherty Power Amplifiers Using Virtual Open Stub Techniques for UHF-band OFDM Applications,” IEEE 2006 MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., pp. 1356- 1359, June 2006.