

直交周波数分割多重 (OFDM) 波ピーク値と入力信号波形の関係について

日大生産工 (学部) ○ 江口 拓弥
日大生産工 田中 將義

1. まえがき

OFDM 方式では , 多数の周波数の異なる波が合成されるために , 振幅変動が大きく , ピーク値と平均値との比である PAPR(Peak to Average Power Ratio) が大となる , このため , 非線形特性による歪や帯域外放射を避けるために , 電力増幅器 (HPA) を十分出力バックオフした線形領域で動作させることが行われている . しかし , 電力増幅器を高効率で動作させるためには , 出力バックオフを小さくすることが重要であり , 非線形特性に対する耐性の強い方式が望まれている . このため , PAPR の低減が重要な課題となっている^(1,2,3) .

そこで , 本論文では , PAPR 低減を目的として , OFDM 変調の入力信号となる一次変調波と OFDM 波の振幅分布ならびに PAPR の関係 , キャリア数の影響について検討を行った .

2. OFDM 変調の構成と PAPR

OFDM 変調の構成を Fig. 1 に示す . データを一次変調 (Mod) し , 直 / 並列変換 (S/P) 後に IFFT により一括で OFDM 変調を行う . キャリア数を N , シボル間隔を T とすると , キャリア周波数 f_n は , $f_n = n\Delta f$, $\Delta f = 1/NT$ となり , OFDM 波 $x(t)$ は IFFT 入力を X_n とすると , 次式で与えられる .

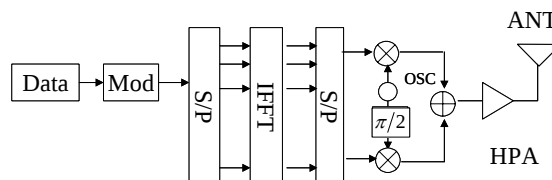


Fig.1 Configuration of OFDM system

$$x(t) = \sum_{n=0}^{N-1} X_n \exp(j2\pi f_n t), \quad 0 \leq t \leq NT \quad (1)$$

一方 , OFDM 波の PAPR の定義は , 平均電力に対するピーク電力の比であり , 以下の式で与えられる .

$$PAPR = \max\{x(t)^2\} / \text{mean}\{x(t)^2\} \quad (2)$$

3. 一次変調と OFDM 波の振幅分布

OFDM の入力データが常に "1" あるいは "0" である場合を除いて , OFDM の振幅はデータに応じて確率分布するため , 統計処理を行い , その分布を評価する必要がある . Fig.2 に一次変調 (unipolar-ASK, BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM, 64QAM

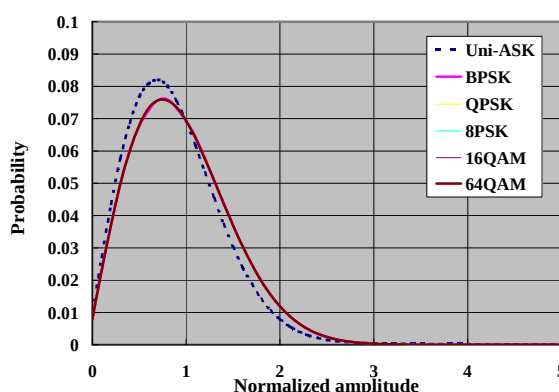


Fig.2 Amplitude distribution of OFDM signals for various modulation schemes

)後に、キャリア数 256 波で OFDM 変調された 5000 シボルの振幅分布を示す。

振幅はレ-レ分布を示し、unipolar-ASK を除き、分布に大差はなく、平均値で正規化した標準偏差はほぼ同一である。

4. PAPR の下限と補累積分布関数(CCDF)

式(2)で定義された PAPR は複数シボルでは確率分布をする。Fig.3 に QPSK 変調後の OFDM 変調波の PAPR 分布を示す。最小の PAPR は約 6 dB であり、発生確率は約 8.0dB で最大となる。大きな PAPR 値の特性を把握するために、振幅が特定の値 $PAPR_0$ を越える累積確率を示す補累積分布関数(CCDF)を利用する。CCDF は次式で与えられる。

$$CCDF = \Pr(PAPR > PAPR_0) \quad (3)$$

Fig.4 に各一次変調方式に対するキャリア数 256 波の OFDM 波の CCDF を示している。Unipolar-ASK 以外は、一次変調方式に関わらず、ほぼ同一分布を示している。

5. キャリア数と PAPR の関係

OFDM のキャリア数 N を 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 とした時の CCDF を Fig.5 に示す。キャリア数の増加に伴い、CCDF の曲線が右にシフトし、大きな振幅値を有する確率が増加することが分かる。また、 $N=64$ 以上では、PAPR を 6 dB 以下に制御することが難しいことを示している。

6. まとめ

OFDM 波の電力増幅の高効率化に向け、大きな ρ - κ 値の圧縮を目的として、一次変調と OFDM 波の PAPR ならびにその分布、キャリア数の影響について検討を行った。その結果、一次変調方式の違いによる波形の分布関数と PAPR の差異は僅かであり、一次変調方式の選択による ρ - κ 値削減

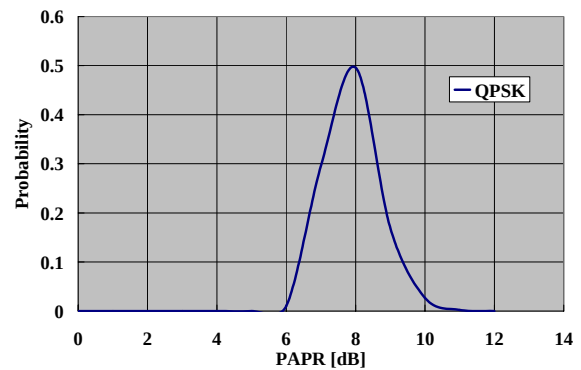


Fig.3 PAPR Distribution of QPSK-OFDM

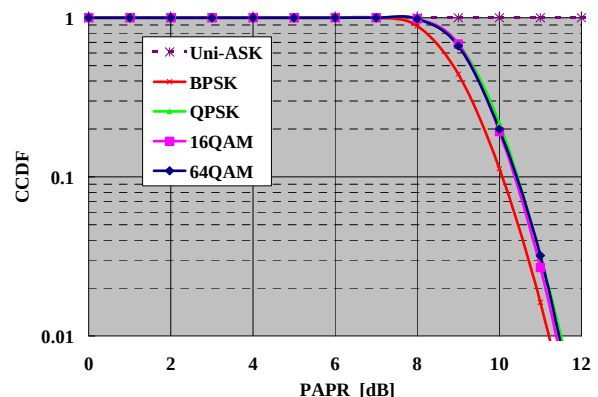


Fig.4 PAPR CCDFs of OFDM signal for various primary modulation schemes

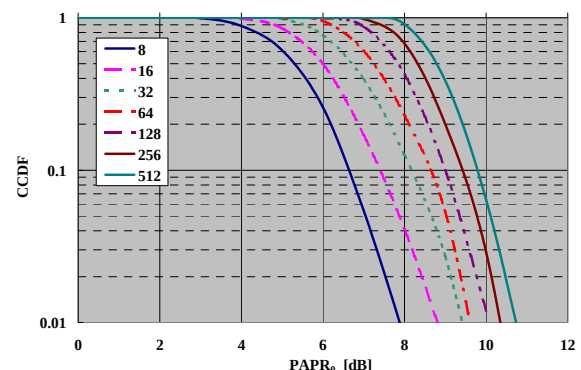


Fig.5 CCDFs of OFDM signal with various number of carriers

は効果がないこと、および ρ - κ 値圧縮の限界値を明らかにした。

参考文献

- (1)Richard van NEE, Ramjee PRASAD, OFDM for Wireless Multimedia Communications, Artech House Publishers, 2000
- (2)L.J.Cimini, & N.R.Sollenberg,, IEEE COMM .Letters, vol.4, no.3 ,March, 2000
- (3))土田宗利,田中將義, ,信学総全大, B-5-199, 2004