

## 並列組合せ OFDM の信号点配置の工夫によるピーク電力低減効果

1140306 大山 大 【浜村研究室】

## 1 はじめに

直交周波数分割多重 (orthogonal frequency division multiplexing: OFDM) のピーク対平均電力比 (peak-to-average power ratio: PAR) やビット誤り率 (bit-error ratio: BER) を低減するために, OFDM に並列組合せ (parallel combinatory: PC) 方式を適用した PC-OFDM 方式が提案されている [1]. 本研究では, PC-OFDM 方式の PAR を低減するよう信号点配置に工夫を加えることで, 更なる PAR の低減が可能であることを示す.

## 2 PC-OFDM 方式

PC 方式は“シンボル”の組合せの選び方に情報を乗せる. 使用できるシンボルの数を  $N_c$  とすると,  $N_c$  個の中から  $N_{pc}$  個のシンボルを選ぶ選び方は  $(N_c, N_{pc})$  ( $\triangleq N_c C_{N_{pc}}$ ) 通りある. PC-OFDM 方式は互いに直交するサブキャリアをシンボルとして用いる PC 方式である. 選んだサブキャリアをそれぞれ変調多値数  $M$  の位相偏移 (M-ary phase shift-keying: M-PSK) 変調する組合せは  $M^{N_{pc}}$  通りある.  $N_c$  個の中から  $N_{pc}$  個のサブキャリアを選ぶ選び方とそれらのサブキャリアをそれぞれ M-PSK 変調する組合せで全ての信号点配置が表され, その数は  $(N_c, N_{pc}) \times M^r$  通りある. 単位時間で送信できる 2 進データのビット数  $m$  は式 (1) で表される.

$$m = \lfloor \log_2 [(N_c, N_{pc}) \times M^r] \rfloor \text{ [bits]} \quad (1)$$

ここで,  $\lfloor x \rfloor$  は  $x$  以下の最大の整数を表す.

## 3 信号点配置の工夫

並列組合せ OFDM 方式では, 全ての信号点配置の数が  $2^m$  ではないとき, 信号点配置の数を減らすことで数を合わせる. 高い PAR をもつ信号点配置を減らすことで, PAR の低減を実現できる. 送信信号  $s(t)$  ( $0 < t < T$ ) の PAR は次式で定義される.

$$\text{PAR} = \frac{\max_{0 < t < T} |s(t)|^2}{1/T \int_0^T |s(t)|^2 dt} \quad (2)$$

計算機探索で全ての信号点配置に対する PAR を求め, 低い順に  $2^m$  個の信号点配置を取り出すことで, PAR を最小化する最適な信号点配置が求められる. しかし, 計算機探索が時間的に困難な場合, 最適な信号点配置に近い信号点配置を探索するための系統的な方法が望まれる. 最も高い PAR をもつサブキャリアの組合せや, サブキャリアを M-PSK 変調する組合せにいくつかの規則性が観察された. 特に, 以下の 2 つの条件を同時に満たす信号点配置は高い PAR をもつ.

- 複素平面上の原点 0 で対称な位置の 2 つの M-PSK 信号で全てのサブキャリアが変調されているとき.
- 隣接した 2 つのサブキャリアが選ばれ, それらが互いに異なる M-PSK 信号で変調されているとき.

これらを基に  $2^m$  個の PAR を低減する信号点配置を決定することを提案する.

## 4 性能評価

計算機探索で求めた PAR を最小化する最適な信号点配置の PC-OFDM と提案の信号点配置の PC-OFDM の PAR を求め比較する. PAR の相補累積分布関数 (complementary cumulative distribution function: CCDF) が  $10^{-1}$  及び  $10^{-2}$  となる PAR が, 従来の PC-OFDM の PAR をどの程度改善するかにより示す.  $N_{pc} = 5$ ,  $M = 4$  として, 全ての PAR を 10 倍オーバーサンプリングで求めた結果を図 1 に示す.

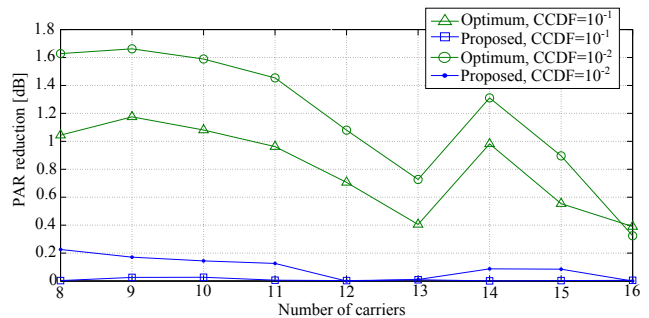


図 1 PAR 削減量

PAR の CCDF が  $10^{-1}$  と  $10^{-2}$  のとき, 提案の信号点配置では PAR 低減効果があまり得られていない. これは提案の信号点配置では, 最適な信号点配置にあまり近づけることができなかったことが原因であると考えられる. 最適な信号点配置では, PAR の CCDF が  $10^{-1}$  のとき最大約 1.2 dB,  $10^{-2}$  のとき最大約 1.6dB の PAR 低減効果が得られているので, 更なる工夫により, PAR を低減できると考えられる.

## 5 まとめ

信号点配置を工夫することで, PAR を少し低減できることを示した. 新たな規則性の発見により, 提案の信号点配置を PAR を最小化する最適な信号点配置に近づけ, PAR をより低減することが今後の課題である.

## 参考文献

- [1] P. K. Frenger and N. A. B. Svensson, “Parallel combinatory OFDM signaling,” IEEE Trans. Commun., vol.47, pp.558-567, April 1999.