

パワーロールオフパルスを適用した OQAM-FBMC 信号のピーク電力特性

1220369 服部 元樹 【ワイヤレスネットワーク研究室】

1 はじめに

オフセット直交振幅変調 (offset quadrature amplitude modulation: OQAM) を用いたフィルタバンクマルチキャリア (filterbank multicarrier: FBMC) 方式は優れたスペクトル特性を実現できる [1]. ロールオフ率 α とチューニングパラメータ β の2つのパラメータを持つパワーロールオフパルスはナイキストの第1基準を満たすため、適切な一定間隔のサンプリングで符号間干渉を生じない [2]. $\alpha = 1.0$, $\beta = 2.0$ のこのパルスを OQAM-FBMC 方式に適用すると、従来より短いオーバーラッピングファクタで従来の OQAM-FBMC 方式よりスペクトル特性が向上することが分かっている [3].

本研究では、OQAM-FBMC 方式にパワーロールオフパルスを適用したときのピーク対平均電力比 (peak-to-average power ratio: PAPR) を求め、この方法が PAPR の悪化を引き起こすことのない有効な手法であることを明らかにする。

2 OQAM-FBMC 方式

送信信号 $x(t)$ は次式で表される [3].

$$x(t) = \sum_{m=0}^{M-1} j^m h_m(t) * b_m^{(R)}(t) + \delta(t - \frac{1}{2}T) * \sum_{m=0}^{M-1} j^{m+1} h_m(t) * b_m^{(I)}(t) \quad (1)$$

このとき、 $b_m^{(R)}(t)$ と $b_m^{(I)}(t)$ は次式で表される。

$$b_m^{(R)}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_{m,n}^{(R)} \delta(t - nT) \quad (2)$$

$$b_m^{(I)}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_{m,n}^{(I)} \delta(t - nT) \quad (3)$$

ここで、 M はサブキャリア数、 $b_{m,n}$ は m 番サブキャリアによって送信される n 番メッセージシンボル、 $b_{m,n}^{(R)}$, $b_{m,n}^{(I)}$ はそれぞれ $b_{m,n}$ の実部と虚部、 T はメッセージシンボル長 [s], L はオーバーラッピングファクタである。 $h_m(t) = h(t)e^{j\frac{2\pi mt}{T}}$ は m 番サブキャリアにおける波形整形フィルタ、 $h(t)$ は基となるプロトタイプフィルタで従来は PHYDYAS のフィルタが用いられる [3].

3 パワーロールオフパルス

パワーロールオフパルス $h_p(t)$ は次式で表される [2].

$$h_p(t) = \frac{\sin(2\pi Bt)}{\pi t} \cdot \left\{ 1 - \frac{4\pi^2 \alpha^2 B^2 t^2}{2 + 3\beta + \beta^2} \cdot {}_1F_2\left(1; \frac{1}{2}(3 + \beta), \frac{1}{2}(4 + \beta); -\pi^2 \alpha^2 B^2 t^2\right) \right\} \quad (4)$$

ここで、 $B = 1/(2T)$, $0 \leq \alpha \leq 1$, $\beta \geq 0$ である。 $(u)_0 = 1$, $(u)_n = u(u+1)(u+2)\cdots(u+n-1)$ とすると、超幾何関数 ${}_1F_2(a; b_1, b_2; c)$ は次式で表される。

$${}_1F_2(a; b_1, b_2; c) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(a)_n}{(b_1)_n (b_2)_n} \cdot \frac{c^n}{n!} \quad (5)$$

本研究では $h(t)$ に $h_p(\frac{3}{2}t)$ ($|t| \leq \frac{3}{2}T$) を適用する。

4 性能評価

サブキャリア数 $M = 512$, メッセージシンボルを QPSK, ロールオフ率 $\alpha = 1.0$, チューニングパラメータ $\beta = 0, 0.3, 0.6, 1.0, 2.0$, オーバーラッピングファクタ $L = 3$ とした OQAM-FBMC 方式の PAPR の相補累積分布関数 (complementary cumulative distribution function: CCDF) 特性を図1に示す。検討した方式の PAPR は従来の OQAM-FBMC 方式より β の値が小さいと悪化する傾向があるが、優れたスペクトル特性が得られる $\alpha = 1.0$, $\beta = 2.0$ では従来の OQAM-FBMC 方式と同等の PAPR が得られた。

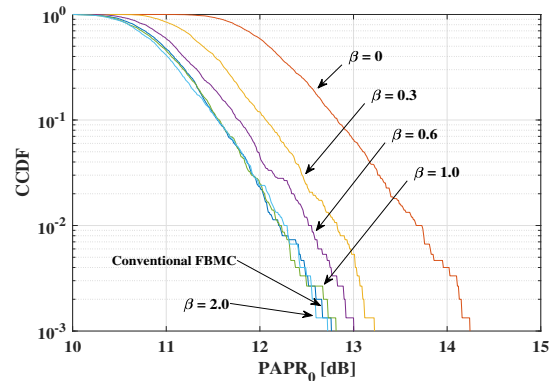


図1 β と PAPR の CCDF の関係 ($\alpha = 1.0$)

5 まとめ

本研究では、従来の OQAM-FBMC 方式とパワーロールオフパルスを適用した OQAM-FBMC 方式を比較し、 $L = 3$, $\alpha = 1.0$, $\beta = 2.0$ の方式がピーク電力特性を悪化させることなくより良いスペクトル特性を実現できる優れた手法であることを明らかにした。

参考文献

- [1] R. Nissel, S. Schwarz and M. Rupp, "Filter bank multicarrier modulation schemes for future mobile communications," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol.35, no.8, pp.1768-1782, Aug. 2017.
- [2] M. Mohri and M. Hamamura, "ISI-free power roll-off pulse," IEICE Trans. Fundamentals, vol.E92-A, no.10, pp.2495-2497, Oct. 2009.
- [3] 香嶋弘太郎, "ロールオフフィルタを適用したフィルタバンクマルチキャリア信号の特性," 高知工科大学修士学位論文, Feb. 2018.