

ルートロールオフパルスを用いたフィルタバンクマルチキャリア信号の特性

1190309 岡本 祥治 【ワイヤレスネットワーク研究室】

1 はじめに

近年、身の回りのモノがインターネットに接続される IoT(Internet of Things: IoT) の普及や大容量データを扱うサービスの増加によりトラフィックが増大し続けている。そのような中で高い周波数利用効率を実現できる通信方式としてオフセット QAM(offset quadrature amplitude modulation: OQAM) を用いるフィルタバンクマルチキャリア (filter-bank multicarrier: FBMC) 方式が検討されている [1]。本研究室において、ナイキストの第 1 基準を満たすパルスとしてべき乗ロールオフパルス (power roll-off pulse) が提案されている [2]。本研究では、FBMC 方式にルートべき乗ロールオフパルスを適用した際のパワースペクトルとビット誤り率 (bit-error rate: BER) を求め、この方式の性能を評価する。

2 FBMC 方式

FBMC/OQAM 方式では、 M 個のサブキャリアを用いて QAM シンボルを送信する。FBMC 方式の送信信号 $x(t)$ は次式で与えられる。

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

上式において、 $b_m^{(R)}$, $b_m^{(I)}$ は、QAM シンボル長 T [s] 間隔ごとに並べられたインパルス列、 L はオーバーサンプリングファクタであり、次式で与えられる。

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

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

ここで、 $b_{m,n}^{(R)} = \text{Re}[b_{m,n}]$ と $b_{m,n}^{(I)} = \text{Im}[b_{m,n}]$ は伝送する QAM シンボルの実部と虚部、 $b_{m,n}$ は m 番サブキャリア ($m = 0, 1, \dots, M-1$) で伝送する n 番 QAM シンボル、 $h(t)$ は波形整形フィルタである。

3 ルートべき乗ロールオフパルス

ルートべき乗ロールオフパルス波形 $h_P(t)$ は次式で与えられる。

$$h_P(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \sqrt{H_P(f)} e^{j2\pi ft} df \quad (4)$$

上式の $H_P(f)$ は周波数スペクトルであり、次式で与えられる。

$$H_P(f) = \begin{cases} 1, & 0 \leq |f| \leq (1-\alpha)B \\ 1 - \frac{1}{2} \left\{ \frac{|f| - (1-\alpha)B}{\alpha B} \right\}^\beta, & (1-\alpha)B \leq |f| \leq B \\ \frac{1}{2} \left\{ \frac{(1+\alpha)B - |f|}{\alpha B} \right\}^\beta, & B \leq |f| \leq (1+\alpha)B \\ 0, & |f| > (1+\alpha)B \end{cases} \quad (5)$$

ここで、 $B = 1/(2T)$, $\alpha(0 \leq \alpha \leq 1)$ はロールオフ率、 $\beta(0 \leq \beta \leq \infty)$ はロールオフ特性を調整するためのパラメータである。

4 性能評価

サブキャリア数を $M = 512$, 変調方式を QPSK, オーバーラッピングファクタを $L = 4$, ロールオフ率を $\alpha = 0.8, 1$, $\beta = 0.33, 2$ とする。従来の FBMC 方式とべき乗ロールオフパルスを適用した FBMC(P rolloff FBMC), ルートべき乗ロールオフパルスを適用した FBMC(RP rolloff FBMC) の BER 特性を図 1 に示す。 $\alpha = 1, \beta = 2$ の RP rolloff FBMC を $\alpha = 1, \beta = 2$ の P rolloff FBMC と比較すると $\text{BER} = 10^{-5}$ が得られる E_b/N_0 に関して約 5dB の悪化が見られた。

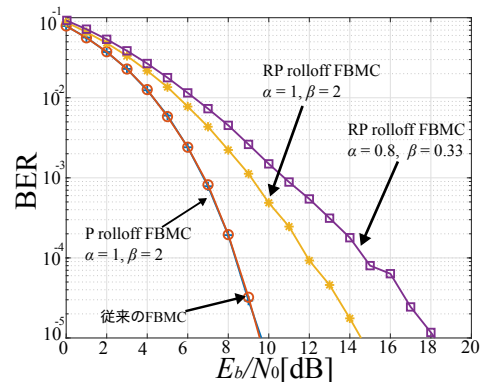


図 1 従来の FBMC と P rolloff FBMC, RP rolloff FBMC の BER 特性

5 まとめ

本研究では、ルートべき乗ロールオフパルスを適用した FBMC 方式に対してパワースペクトルと BER 特性を求め、従来の FBMC 方式及びべき乗ロールオフパルスを適用した FBMC 方式との比較を行なった。本梗概では BER 特性の比較のみを示した。

参考文献

- [1] C. Kim, Y.H. Yun, K. Kim, and J.-Y. Seol, "Introduction to QAM-FBMC: From waveform optimization to system design," IEEE Commun. Mag., vol.54, pp.66-73, Nov. 2016.
- [2] M. Mohri and M. Hamamura, "ISI-free power roll-off pulse," IEICE Trans. Fundamental, vol.E92-A, no.10, pp.2495-2497, Oct. 2009.