

非直交マルチキャリア信号で近似した QAM-FBMC 信号の特性

1200282 伊井 智紀 【ワイヤレスネットワーク研究室】

1 はじめに

IoT の普及に伴い、現在幅広く用いられている直交周波数分割多重方式よりも高い周波数利用効率の実現が求められている。その通信方式として、QAM を用いたフィルタバンクマルチキャリア (filter-bank multicarrier: FBMC) 方式や非直交マルチキャリア (nonorthogonal multicarrier: NOMC) 方式が検討されている [1],[2]。本研究では、QAM-FBMC 信号を NOMC 信号により近似し、QAM-FBMC 信号の帯域外特性を改善する。

2 QAM-FBMC 信号

サブキャリア数及び同時に送信する QAM メッセージシンボル数を M としたとき、QAM-FBMC 方式では、 N_f 種類のプロトタイプフィルタそれぞれに $\frac{M}{N_f}$ 個の QAM メッセージシンボルが割り当てられる。 q 番プロトタイプフィルタの時間応答 $h_q(t)$ ($q = 1, 2, \dots, N_f$) として、次式のものを選ぶ。

$$h_q(t)|_{|t| > \frac{LT}{2}} = 0 \quad (1)$$

ここで、 L は QAM メッセージシンボル長 T [s] で正規化した $h_q(t)$ の長さである。

q 番プロトタイプフィルタの m 番サブキャリアで送信する QAM メッセージシンボルを $b_{(q,m)}$ とすると、 q 番プロトタイプフィルタで送信するメッセージ信号 $b_q(t)$ は次式となる。

$$b_q(t) = \sum_{m=1}^{\frac{M}{N_f}} b_{(q,m)} e^{j \frac{2\pi}{T} (N_f(m-1)+q)t} \quad (2)$$

本研究では、文献 [1] の 2 種類のプロトタイプフィルタ (プライマリフィルタとセカンダリフィルタ) を用いる。

3 提案方式

浜村の方法 [2] により NOMC 信号の生成方法を修正し、プライマリフィルタの時間応答 $h_1\left(L\left(t - \frac{T}{2}\right)\right)$ を用いて NOMC 信号を生成する。 k 番目の NOMC 信号 $c_k(t)$ ($k = 1, 2, \dots, K$) を次式で表す。

$$c_k(t) = h_1\left(L\left(t - \frac{T}{2}\right)\right) \sum_{l=1}^N c_{k,l} e^{j \frac{2\pi}{T_0} (l - \frac{1}{2})t} \quad (3)$$

ここで、 $j = \sqrt{-1}$ 、 $N (> M)$ はサブキャリア数、 $1/T_0$ は NOMC 信号を構成する複素正弦波の周波数間隔である。 T_0/T はサブキャリア密度と呼ばれる。 $c_{k,l}$ は k 番信号用の長さ N の系列である [2]。

次に、セカンダリフィルタを適用する QAM メッセージ信号 $b_2(t)$ の和を K' 個の NOMC 信号の和により、次の $\tilde{b}_2(t)$ として近似する。

$$\tilde{b}_2(t) = \sum_{k=1}^{K'} d_k c_k(t) \quad (4)$$

ここで d_k は $b_2(t)$ に含まれる $c_k(t)$ 成分の大きさである。

$$d_k = \int_0^T c_k^*(t) b_2(t) dt \quad (5)$$

* は複素共役である。

復調は通常の QAM-FBMC 受信機により行う。

4 性能評価

NOMC 信号のサブキャリア数 $N = 2048$ 、QAM-FBMC 信号のサブキャリア数 $M = 512$ 、サブキャリア密度を 4、近似に用いる NOMC 信号の数 $K' = 512$ としたときの QAM-FBMC 方式と提案方式のパワースペクトルを図 1 に、ビット誤り率 (bit-error rate: BER) 特性を図 2 に示す。図 1 より、提案方式の帯域外特性は帯域から離れるにつれて改善されていることが確認できる。しかし、図 2 より、提案方式の BER 特性は QAM-FBMC 信号よりも約 0.5dB 劣化していることが確認できる。

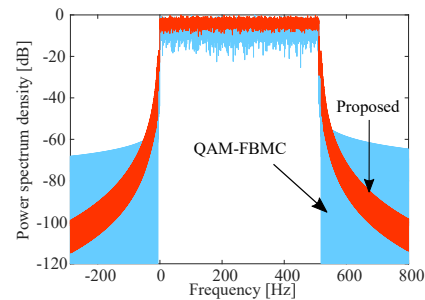


図 1 パワースペクトル

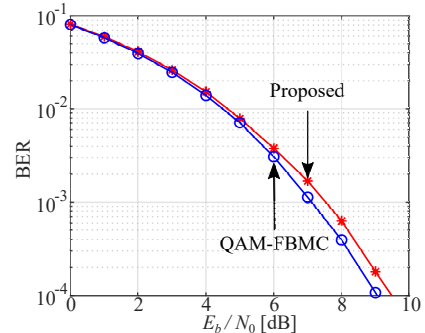


図 2 BER 特性

5 まとめ

本研究では、QAM-FBMC 信号を NOMC 信号により近似することで、帯域外特性を大きく改善できることを示した。提案方式の BER 特性には QAM-FBMC 信号よりも若干の劣化が見られた。

参考文献

- [1] C. Kim et al., "Introduction to QAM-FBMC: From waveform optimization to system design," IEEE Commun. Mag., vol.54, pp.66-73, Nov. 2016.
- [2] 浜村昌則, "非直交マルチキャリア信号へのスレビアン系列の応用," IEICE Fundamentals Review vol.11, no.1, pp.54-62, July 2017.