

周波数オフセットのある通信路における差動 QAM を用いた FBMC 信号の特性

1200369 宮内駿治 【ワイヤレスネットワーク研究室】

1 はじめに

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) 方式である OQAM-FBMC 方式は送信信号の帯域制限特性が優れることから注目されている。OQAM-FBMC 方式では、波形整形フィルタを適切に選ぶことで、パワースペクトルの広がりを大幅に抑え、ビット誤り率 (bit-error rate: BER) の劣化をほぼなくすることができる。しかし、OQAM-FBMC 方式は周波数オフセットの影響を受けるとサブキャリア間干渉 (intercarrier interference: ICI) が発生し、BER が増加する。本研究では、差動符号化 OQAM (differential OQAM: DOQAM) を FBMC 方式に適用し、OQAM-FBMC 方式の BER 特性と比較する。

2 周波数オフセットのある FBMC 信号

OQAM-FBMC 送信信号 $x(t)$ は次式で表される。

$$x(t) = x^{(R)}(t) + x^{(I)}(t) * \delta(t - \frac{1}{2}T)$$

このとき、 $x^{(R)}(t)$ 、 $x^{(I)}(t)$ は次式で与えられる。

$$x^{(R)}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(t - nT) \sum_{m=1}^M e^{j2\pi \frac{m-1}{T}t} j^m b_{m-1,n}^{(R)}$$

$$x^{(I)}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(t - nT) \sum_{m=1}^M e^{j2\pi \frac{m-1}{T}t} j^{m+1} b_{m-1,n}^{(I)}$$

ここで、 $m(m = 1, 2, \dots, M)$ はサブキャリア番号、 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伝送される n 番メッセージシンボル、 $b_{m,n}^R = \text{Re}[b_{m,n}]$ 、 $b_{m,n}^I = \text{Im}[b_{m,n}]$ は $b_{m,n}$ の実部と虚部、 $T[\text{s}]$ はメッセージシンボル長、 $h(t)$ は文献 [1] で用いられている PHYDYAS フィルタである。

OQAM-FBMC 方式の受信信号 $r(t)$ を次式で与える。

$$r(t) = e^{j2\pi\Delta f t} x(t) + w(t)$$

ここで、 Δf は周波数オフセット、 $w(t)$ は加法性白色ガウス雑音 (additive white Gaussian noise: AWGN) である。

3 差動符号化 16QAM

16QAM は 4 ビットを 1 シンボルで送信する。差動符号化 16QAM では、4 ビットの上位 2 ビットで振幅を、下位 2 ビットで位相を表す [2]。差動符号化は、1 つ前に送信されたシンボル s とこれから送信しようとする情報

シンボル b の差分に情報を乗せる。 s と b を用いて差動符号化された信号 r は次式のように表される。

$$r = f_{d,QAM}(b, s) := (b_1 \oplus s_1, (b_2 + s_2) \bmod 4)$$

ここで、 \oplus は排他的論理和、 $+$ は算術和を表している。 s_1 は s の上位 2 ビット、 s_2 は s の下位 2 ビットを表している。 b_1 は b の上位 2 ビット、 b_2 は b の下位 2 ビットを表している。

4 性能評価

OQAM-FBMC 信号と差動 QAM を適用した FBMC 信号 (DOQAM-FBMC) の AWGN 環境下における BER 特性を図 1 に示す。OQAM-FBMC 信号は正規化周波数オフセット $\Delta f T$ の大小に関わらず、周波数オフセットの影響を受ける。しかし、DOQAM-FBMC 信号は $\Delta f T < 10^{-4}$ の領域であれば周波数オフセットの影響を軽減できることが分かる。

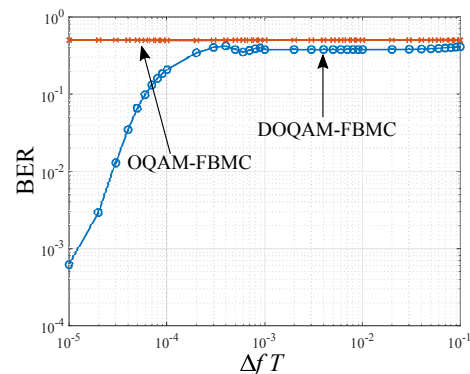


図 1 正規化周波数オフセットと BER の関係

5 まとめ

本研究では、周波数オフセットの影響を考慮した FBMC 信号に DOQAM を適用し BER を求め、OQAM-FBMC 信号と比較した。DOQAM-FBMC 信号によって軽減できる周波数オフセットの領域を明らかにした。

参考文献

- [1] C. Kim, Y.H. Yun, and K. Kim, "Introduction to QAM-FBMC: From waveform optimization to system design," IEEE Commun. Mag., vol.54, issue.11, pp.66-73, Nov. 2016.
- [2] D. Warrior and U. Madhow, "Spectrally efficient noncoherent communication," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 48, pp. 651-668, Mar. 2002.