

OFDM/PM 方式におけるフィルタリングの影響

齋藤将人*
(琉球大学工学部*)

masato_saito@m.ieice.org

1 はじめに

離島のように有線通信のインフラ整備が経済的に困難である地域や災害時における通信手段として衛星通信は有用であり、その高速大容量化は重要な課題である。筆者らは衛星通信における高速大容量化の手法として OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 信号を PM (Phase Modulation) によりアナログ変調する OFDM/PM 方式について検討を行っている [1, 2]。OFDM/PM 信号は定包絡線信号であるため増幅器の非線形に強い一方で、PM により周波数帯域が増大することが問題となる [1, 2]。

本研究では、送信信号を増幅した後、アナログ領域で帯域制限フィルタを通過させることにより帯域制限を行う場合における受信特性への影響について検討を行う。

2 システムモデル

本研究で取り扱う OFDM/PM 方式のシステムモデルを図 1 に示す。送信機では、データ系列を OFDM 変調するが、PM を可能とするため、その前段でエルミート対称法を用いて実数の OFDM 信号を生成する。次に、OFDM/PM 信号を FFT (Fast Fourier Transform) で時間領域から周波数領域に変換し、フィルタを用いて帯域制限をした後、IFFT (Inverse FFT) で周波数領域信号を時間領域信号に戻した後、衛星に送信する。衛星通信の通信路は AWGN (Additive White Gaussian Noise) 通信路とする。

受信機では、PM 復調後、実数信号を複素数信号に変換し、OFDM 復調後にデータが得られる。

3 フィルタ

帯域制限フィルタとして、Butterworth フィルタを用いる。伝達関数 $|H_n(f)|$ は次式で表される。

$$|H_n(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_u}\right)^{2n}}} \quad (1)$$

ここで、 f_u はカットオフ周波数、 n はフィルタの次数である。Butterworth フィルタは、 n を大きくする程、通過帯域が平坦な周波数特性を示す一方で、複雑となり実装コストが高くなるという問題がある。

4 数値例

前述のシステムモデルを用いて、計算機シミュレーションにより BER (Bit Error Rate) 特性を求めた。シミュレーション諸元を表 1 に示す。変調指数は、フィルタを用いない場合に 34.5 MHz となるよう決定した。

OFDM/PM 方式の E_b/N_0 に対する BER を図 2 に示す。フィルタのカットオフ周波数 $f_u = 30$ MHz に対して、99%帯域幅は約 33 MHz であった。図より、Butterworth フィルタを適用した場合、フィルタを用いない場合とほぼ同等の BER 特性が得られることが分かる。ただし、フィルタの適用により微小な劣化が生じ、次数を上げることでより特性が改善される。

5 おわりに

本研究では、OFDM/PM 信号を Butterworth フィルタで帯域制限した場合における誤り率特性への影響を検討した。フィルタの OFDM 信号への影響はわずかであった。

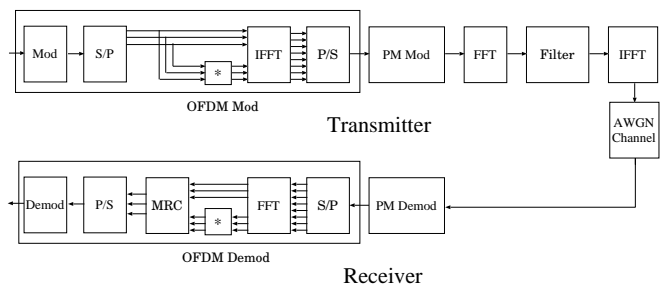


図 1: システムモデル

表 1: シミュレーション諸元

パラメータ	値
データサブキャリア数	52
FFT ポイント数	2^8
OFDM シンボル時間	$3.2 \mu\text{s}$
サンプリング周波数	80 MHz
データシンボル変調方式	QPSK
PM の変調指数	0.564
カットオフ周波数 f_u	30 MHz

謝辞

本研究の一部は宇流麻学術研究助成基金からの助成によって遂行された。また、本研究に多大な協力を頂いた深見佳祐氏に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 深見佳祐, 齋藤将人, “衛星通信に向けた OFDM/PM 方式におけるクリッピングの影響,” 電気・情報関係学会九州支部第 68 回連合大会, 2015 年 9 月。
- [2] 深見佳祐, 齋藤将人, “OFDM/PM 方式への指数コンパニング適用に関する一検討,” 信学技法, vol. 115, no. 287, pp. 1-6, 2015 年 11 月。

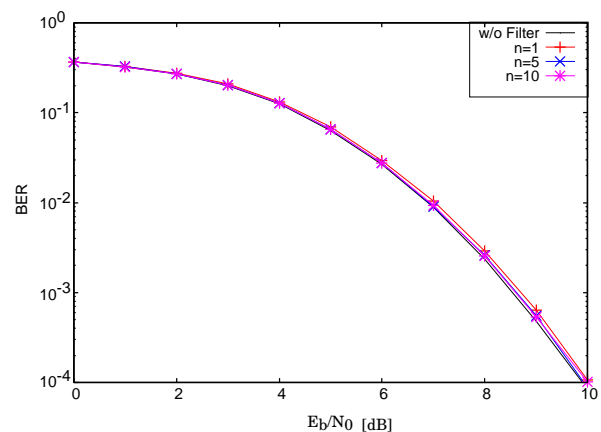


図 2: Butterworth フィルタを用いた OFDM/PM 方式の BER 特性