

2 値直交型包絡線パルス幅変調における プリディストーションの検討

7312105 田口 泰地

1. はじめに

移動体通信システムにおいて、電力増幅器(PA)における電力消費が半分以上と大きいため、高効率な電力増幅器が求められている。増幅器の高効率化が期待されている変調方式として、包絡線パルス幅変調(EPWM :Envelope Pulse Width Modulation)を用いた送信機が提案されている[1]しかし問題点として増幅器で発生する2次歪により、所望の信号帯域を劣化させてしまう問題がある。この解決策としてベースバンド信号に、増幅器で発生する2次歪を反転させたものを加えてプリディストーションが提案されている。

本報告では2値直交型EPWM送信機に提案したプリディストーションを実証し、シミュレーションで評価する。

2. 送信機変調部構成

直交変調型EPWM送信機の構成を図1に示す。まず、ベースバンド信号のI-ch, Q-chは別々に3値 $\Delta\Sigma$ 変調器によりパルス幅変調される。3値出力型で信号は正(1, 0), 負(-1, 0)として出力され、その後アップコンバージョンされ交互出力されることでI-ch, Q-chの信号の重なりを防ぎ、電力増幅器により増幅され、送信される。

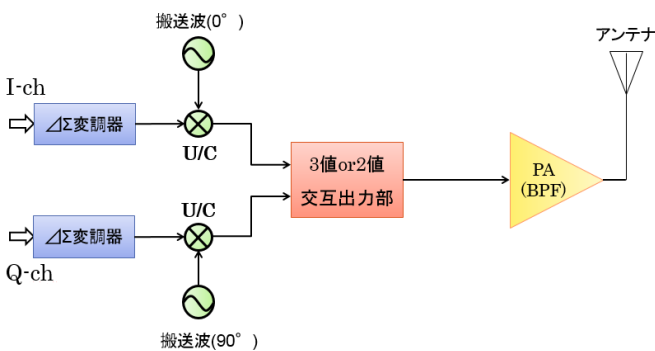


図1. 直交変調型 EPWM 構成

3. D 級アンプ

図2に本研究に用いたD級電力増幅器の回路構成を示す。この電力増幅器は、2つのトランジスタ及びCとLから成るBPFで構成されている。直列接続された1対のトランジ

スタに互いに逆相の矩形搬送波を入力することで、2つのトランジスタを相補的にオン/オフさせる。これによりトランジスタの出力電圧が電源電圧と0の2値のいずれかをとる。問題点は電力増幅器の非線形形成により2次歪が生じることである

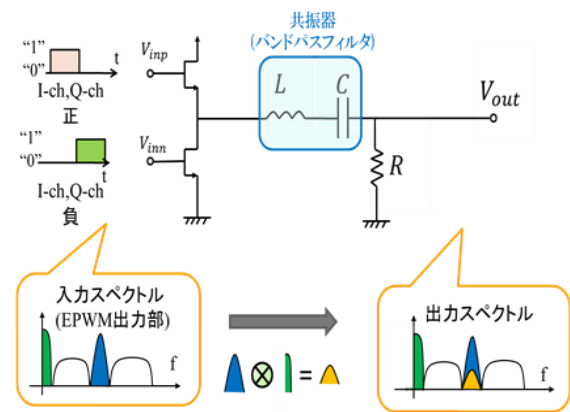


図2. D級アンプ

4. 2次歪のレプリカ作成 (プリディストータ構成部)

図のEPWM出力から低周波成分であるベースバンド成分を抽出するためにローパスフィルタを使用する。次に作成したベースバンド歪とベースバンド信号を時間軸上で、乗算することにより電力増幅器で発生する2次歪のレプリカを作成する。最後にベースバンド信号にレプリカを加えてEPWMへ入力する

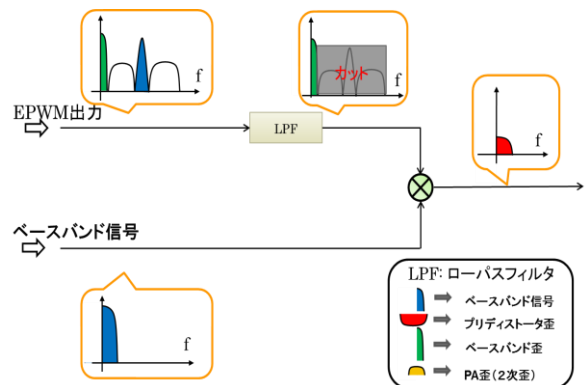


図3. 2次歪レプリカ作成

4. シミュレーション概要

シミュレーション構成を図5に示す[3]。シミュレーションには Math Works 社の数値解析ソフト MATLAB/Simulink を用いて、まずベースバンド信号生成部から I-ch, Q-ch に分割した信号をプリディストータへ入力し、ベースバンド信号に PA で発生する 2 次歪を反転したものを加える。次に 2 値の $\Delta \Sigma$ 変調器で変調する。その後、電力増幅器(PA)を通した後、直交検波器で信号を復調し EVM を評価する。

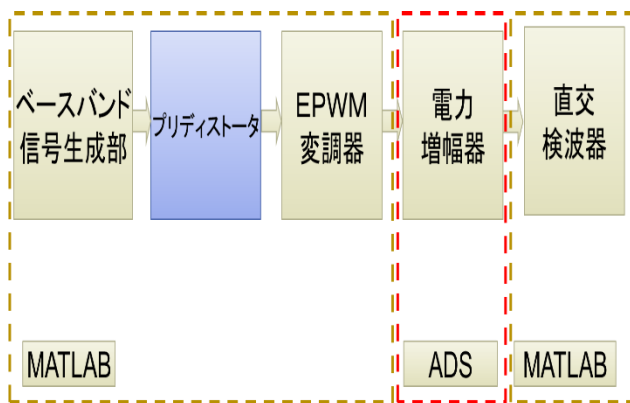


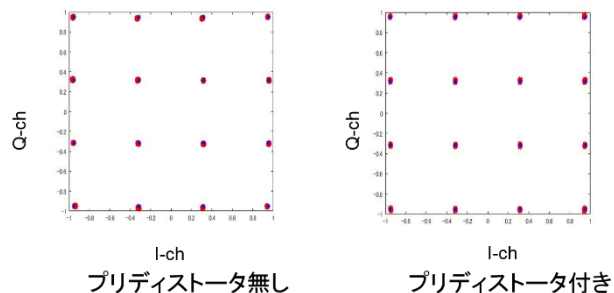
表1 MATLAB 諸元

変調方式	16 QAM	
シンボルレート	10 Msymbol/s	
搬送波周波数 (f_c)	1 GHz	
ロールオフフィルタ	システム	ルートコサインフィルタ
	ロールオフファクタ	0.7
	サンプリング周波数	500 MHz
	打ち切りサンプル数	16
	アップサンプリングファクター	50
$\Delta \Sigma$ 変調器	次数	2
	オーバーサンプリングレート	50
ローパスフィルタ	次数	10
	サンプリング周波数	4GHz
	カットオフ周波数	0.0015 GHz

表2 ADS 諸元

タイムステップ		$1 / (100 f_c)$
n-MOSFET	ゲート長	0.18 μm
	総合ゲート幅	10 $\mu\text{m} \times 30$ finger
負荷抵抗 (R_L)		50 Ω
D級電力増幅器	電源電圧	1.8 V
	入力電圧 (V_{in2}, V_{in2}')	-0.6 ~ 2.9 V
	入力電圧 (V_{in1}, V_{in1}')	0.2 ~ 0.9 V
	C_s	1.59×10^{-3} pF
	L_s	15.9 nH
Q 値		2

5. 結果



	プリディストータ無し	プリディストータ付き
EVM	-37.31dB	-38.9dB

結論

本研究では、2 値直交変調型 EPWM 送信機を構成したものにプリディストータを用いて PA で発生する 2 次歪の低減をした。結果プリディストータを用いた EPWM 送信機の EVM が改善した。課題は実験で実装するときローパスフィルタのサンプリング周波数が現実的でないので実験で実装するには課題がある。

【参考文献】

- [1] E. M. Umali, Y. Toyama and Y. Yamao, "Power Spectrum Analysis of Envelope Pulse-Width Modulation (EPWM) Transmitter for High Efficiency Amplification of OFDM Signals," Proc. of IEEE VTC2008-Spring, Singapore, May 2008.