

1ビットコンパレタによる半波正弦パルス信号の検出

1230311 小倉 智仁 【ワイヤレスネットワーク研究室】

1 はじめに

高いサンプリングレートを持つ受信機で多値パルス振幅変調の復調が1ビットコンパレタにより可能なことが示されている [1]。この検討は矩形パルス信号を用いて行われているが矩形パルス信号は帯域外放射が大きい。そのため、パルス信号を半波正弦パルス信号にすることで帯域外放射を抑えることが可能となる。本研究では半波正弦パルス信号により2値メッセージを送信し、それを1ビットコンパレタで復元することについて検討する。加法性ノイズの強さをパルス形状に合わせて半波正弦状に変化させることによる性能改善についても検討する。

2 システムモデル

2.1 信号モデル

i 番目の送信メッセージシンボルを $d_i \in \{+1, -1\}$, d_i を復元するために加えるノイズ信号を $n(t)$, 使用するパルス波形を $p(t)$ (パルス幅 T [s]) とすると、検出対象となる信号 $x(t)$ は次式で与えられる。

$$x(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} d_i p(t - iT) + n(t) \quad (1)$$

$$p(t) = \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (0 \leq t \leq T) \quad (2)$$

2.2 1ビットコンパレタによる復元

検出器ではまず、各送信メッセージシンボル d_i に対して T [s] あたり N サンプルのサンプル値列 x_{ij} ($j = 1, 2, \dots, N$) を得る。各サンプル値 x_{ij} に対して、それに対応する y_{ij} が1ビットコンパレタにより次式のように得られる。

$$y_{ij} = \text{sgn}(x_{ij}) \quad (3)$$

本研究では y_{ij} の和を用いて d_i の推定値 \hat{d}_i を求める。

$$\hat{d}_i = \text{sgn}\left(\sum_{j=1}^N y_{ij}\right) \quad (4)$$

2.3 加法性ノイズ信号

ノイズ信号 $n(t)$ として各サンプル値が無相関となるガウス雑音 $n_1(t)$ と、サンプリングのタイミングのパルス信号の大きさに応じて標準偏差を半波正弦状に変化させたノイズ $n_2(t)$ を用いて検討する。 $n_2(t)$ は区間 $0 \leq t \leq T$ において次式となる。

$$n_2(t) = \sqrt{2}p(t)n_1(t) \quad (5)$$

3 性能評価

1シンボルあたりのサンプル数 N を 4, 16, 64 とし、2値メッセージシンボル d_i を復元したときのシンボル誤り率 (symbol error rate: SER) を評価した結果を図1に示す。図1より、 N を大きくすることである程度性能を改善できること分かる。加法性ノイズ信号として $n_2(t)$ を用いた場合の半波正弦パルス信号に対しての SER 性能を図2に示す。図2より、 $n_2(t)$ を用いることで SER 性能を改善できることが分かる。

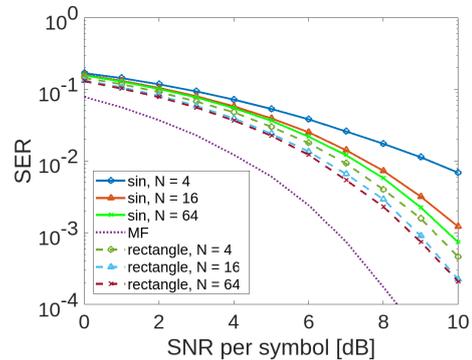


図1 半波正弦パルス信号を用いた場合の SER 性能 (ノイズ信号は $n_1(t)$)

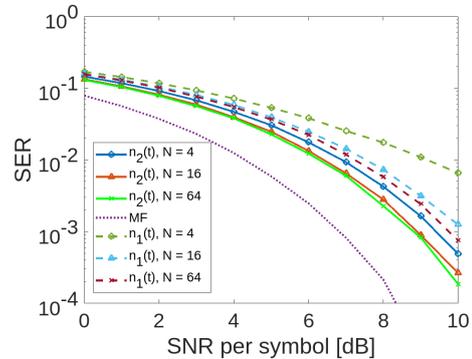


図2 半波正弦状の $n_2(t)$ を用いた場合の SER 性能

4 まとめ

本研究では半波正弦パルス信号により2値メッセージを送信し、それを1ビットコンパレタで復元することについて検討した。加法性ノイズの強さをパルス波形に合わせて半波正弦状に変化させることにより性能を改善できることを明らかにした。今後は4値以上の多値メッセージで検討を進める。

参考文献

- [1] Y. Nakashima *et al.*, “Noise-aided demodulation with one bit comparator for multilevel pulse-amplitude modulated,” *IEEE Wireless Commun. Lett.*, vol. 7, no. 5, pp.848-851, Oct. 2018.