

# M-ary 方式の相関受信による計算量削減を可能とする符号の特性改善

1170331 高田 駿督 【ワイヤレスネットワーク研究室】

## 1 はじめに

高い送信電力の実現と受信時に必要な相関演算の回数を少なくすることを旨とした 2 値系列による M-ary 伝送の DS 復調方式が提案されている [1]. この方式では, M 個の 2 値系列を用いて M-ary 伝送を行い, Y 個の実数値系列を用いて逆拡散処理による復調を行う. また, この方式に必要な 2 値符号と実数値符号を生成する方法が提案されている [1]. しかし, この符号セットを用いた方式のビット誤り率 (bit-error rate: BER) が, DS 方式や M-ary 方式と比べて劣化することが研究によって明らかにされている. この劣化は, 正規化 LMS (normalized least-mean-square: N-LMS) アルゴリズムを用いて生成した符号セットの精度が影響していると考えられる. N-LMS アルゴリズムの特性改善について様々な提案が行われている [2].

本研究では, N-LMS アルゴリズムの収束精度の改善を目的として IPNLMS (improved proportionate N-LMS) アルゴリズム [3] を用い, 更新回数と符号の精度の関係を評価する.

## 2 IPNLMS

IPNLMS アルゴリズムを次式で表す.

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \mu \frac{e(n)\mathbf{K}(n)\mathbf{u}(n)}{\mathbf{u}(n)^T \mathbf{K}(n)\mathbf{u}(n)} \quad (1)$$

ここで,  $\mathbf{u}(n) = [u(n), u(n-1), \dots, u(n-L+1)]^T$  は入力信号,  $\mathbf{w}(n) = [w(1), w(2), \dots, w(L)]^T$  は重み,  $\mu$  はステップサイズ, L は重みの数,  $\mathcal{T}$  はベクトルの転置である. また,  $e(n)$  は推定誤差であり次式で表される.

$$e(n) = d(n) - \mathbf{w}^T(n)\mathbf{u}(n) \quad (2)$$

ここで,  $d(n)$  は希望応答である.

$\mathbf{K}(n) = \text{diag}(k_0(n), k_1(n), \dots, k_{L-1}(n))$  は対角行列であり, 要素  $k_i(n) (i = 0, 1, \dots, L-1)$  は, 次式で表される.

$$k_i(n) = \frac{1-\alpha}{2L} + (1+\alpha) \frac{|w_i|}{2\|\mathbf{w}(n)\|_1 + \varepsilon} \quad (3)$$

ここで,  $|\cdot|$  は絶対値,  $\|\cdot\|_1$  はベクトルの 1 ノルム,  $\varepsilon$  は小さな正の値,  $\alpha$  は  $-1 \leq \alpha \leq 1$  の値をとる. しかし,  $\alpha = -1$  の時は N-LMS アルゴリズム,  $\alpha = 1$  の時は PNLMS (proportionate N-LMS) アルゴリズムと同じ収束精度である.

## 3 性能評価

N-LMS アルゴリズムと IPNLMS アルゴリズムを用いて更新回数  $N = 5 \times 10^2, 10^3, 10^4$  とした時に生成さ

れる符号セットを用いて BER 特性を比較する. 系列長  $L = 8$ , ビット数  $Y = 3$ , ユーザ数  $K = 2$ ,  $\mu = 0.5$ ,  $\alpha = 0$ ,  $\varepsilon = 0.001$  とし符号セットを生成した場合の結果を図 1 に示す.

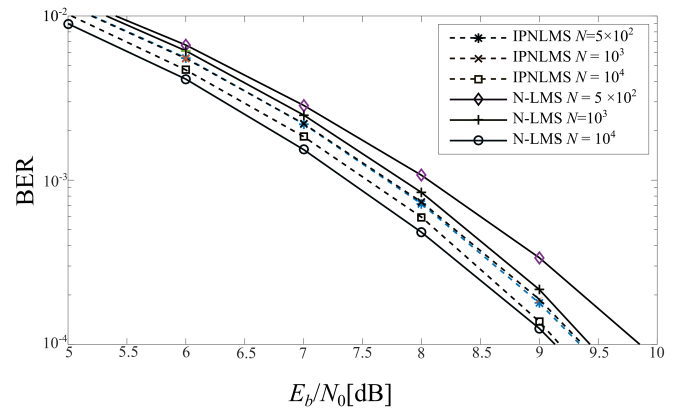


図 1 N-LMS と IPNLMS を用いた更新回数における BER 特性

図 1 より, N-LMS アルゴリズムでは更新回数が少ないほど BER の劣化が見られる. しかし, IPNLMS アルゴリズムでは更新回数  $N = 5 \times 10^2$  と  $10^4$  を比較するとほとんど差がないことが分かる. したがって, IPNLMS アルゴリズムでは少ない更新回数で  $N = 10^4$  の N-LMS アルゴリズムと同等の符号を生成できることが分かった. しかし, 符号の精度は改善されなかった. これは, IPNLMS アルゴリズムの収束速度は速いが  $N = 10^4$  の時には N-LMS アルゴリズムと同等の収束精度になっていると考えられる.

## 4 まとめ

N-LMS アルゴリズムと IPNLMS アルゴリズムを用いて符号を生成した場合, IPNLMS アルゴリズムを用いた方が少ない更新回数で符号を生成することができた. しかし, 符号の精度は改善されなかった.

## 参考文献

- [1] 八久保賢人, 浜村昌則, “2 値系列による M-ary 伝送の DS 復調,” 信学技報 WBS2015-57, pp.103-108, Dec. 2015.
- [2] L. Liu, M. Fukumoto, and S.Saiki, “An improved mu-law proportionate NLMS algorithm,” in Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing (ICASSP’08), pp.3797-3800, Las Vegas, Nev,USA, April 2008.
- [3] J. Benesty and S. L. Gay, “An improved PNLMS algorithm,” in Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing, pp.1881-1884, Orlando, Fla, USA, May 2002.