

近似 ZCZ 系列を求めるための計算機探索アルゴリズム

1140372 福井 さゆり 【 濱村研究室 】

1 はじめに

ZCZ(zero correlation zone) 系列セットは、自己相関値が 0 シフト以外のある連続した位相シフトにおいて 0 となり、相互相関値も同様に 0 シフトを含めた連続した位相シフトにおいて 0 となる系列セットである。現在、ZCZ 系列セットの様々な生成アルゴリズムが提案されている。例えば、アダマール行列を基に生成される ZCZ 系列セットは、系列数 K が 2 のべき乗、系列長 L が $L = 2K$ 、零相関領域 Z が $Z = 1$ となる。このように、既存の ZCZ 系列セットの生成アルゴリズムは、生成可能とされている条件内であっても系列数や系列長、零相関領域が制限される。

本研究では、文献 [1] の考え方を応用し、近似 ZCZ 系列セットを生成することを提案する。提案アルゴリズムは、ZCZ 系列セットが生成可能とされる条件内であれば系列数や系列長、近似零相関領域を自由に選択可能である。提案アルゴリズムにより求められた系列セットの自己相関特性及び相互相関特性を示す。

2 近似 ZCZ 系列の探索法

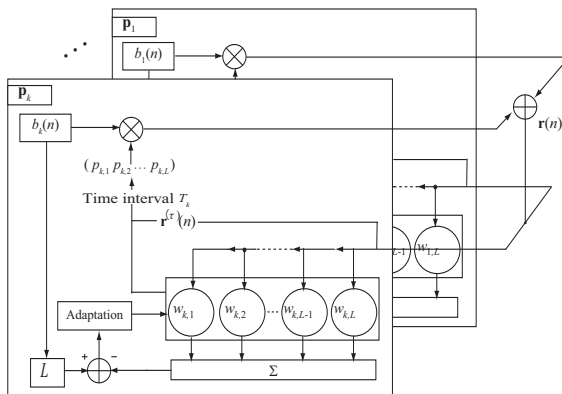


図 1 近似 ZCZ 系列セット探索の原理ブロック図

図 1 に近似 ZCZ 系列セットの探索法を示す。本研究では、系列数 K 、系列長 L 、近似零相関領域 Z の近似 ZCZ 系列セットを求める。式 (1) を満たせば、近似 ZCZ 系列セットは系列数 K 、系列長 L 、近似零相関領域 Z を自由に選択できる。

$$K \leq \frac{L}{Z+1} \tag{1}$$

近似 ZCZ 系列セットの各系列 $\mathbf{p}_k (k = 1, 2, \dots, K)$ を実数値の要素を持つ系列長 L の

$$\mathbf{p}_k = [p_{k,1} \ p_{k,2} \ \dots \ p_{k,L}] \tag{2}$$

とする。 $p_{k,l} (\in \{1, -1\}) (l = 1, 2, \dots, L)$ の初期値はランダムに選ぶ。各系列の探索部において $b_k(n) (\in \{1, -1\})$ と \mathbf{p}_k を乗積する。各系列に対して同様の処理を行い、それらの系列を合成し、 $\mathbf{r}(n)$ を求める。

$\mathbf{r}(n)$ をタップ重み $\mathbf{w}_k = [w_{k,1} \ w_{k,2} \ \dots \ w_{k,L}]$ を持つ適応フィルタによりフィルタリングする。フィルタを更新する適応アルゴリズムには正規化 LMS (normalized least mean-square: N-LMS) アルゴリズムを用いる。更新されたタップ重みを間隔 T_k ごとに新しい \mathbf{p}_k とする。N-LMS アルゴリズム適用後に近似零相関領域 Z を設けるために、 $\mathbf{r}(n)$ を順に $\tau (\tau = 1, 2, \dots, Z)$ だけシフトさせる。 τ シフトした $\mathbf{r}(n)$ を $\mathbf{r}^{(\tau)}(n)$ とすると、 $\mathbf{r}^{(\tau)}(n)$ に対しても N-LMS アルゴリズムにてタップ重み \mathbf{w}_k の更新を行う。 $\tau = Z$ まで同様の処理を繰り返す。一連の処理の後に、新たに $b_k(n)$ を生成し、 \mathbf{p}_k と乗積し、それらの系列を合成して新たな $\mathbf{r}(n)$ を求める。以上のプロセスを \mathbf{p}_k の更新回数が N_k 回になるまで繰り返して得られる $\mathbf{p}_k (k = 1, 2, \dots, K)$ が近似 ZCZ 系列セットとなる。

3 自己相関と相互相関による評価

$K = 3, L = 18, Z = 5$ として近似 ZCZ 系列セットを生成した。

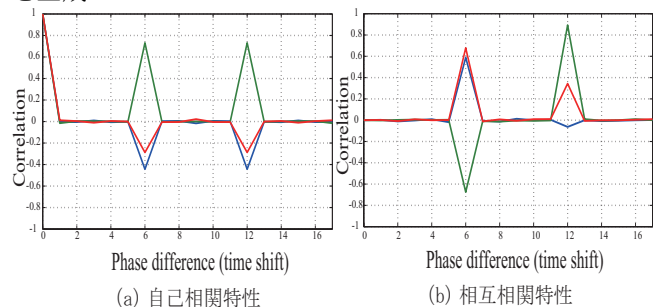


図 2 自己相関特性と相互相関特性

近似 ZCZ 系列セットは ZCZ 系列セットの特性と近似した結果が得られる。図 2(a) 及び (b) は $K = 3$ の全系列のノルムを 1 にして求めた自己相関特性と相互相関特性を示している。図 2(a) の自己相関特性は 0 シフト以外の連続した Z 範囲の位相シフトにおいて小さい値を示している。図 2(b) の相互相関特性においても 0 シフトから Z の連続した位相シフトにおいて相関値がほぼ零となるように小さく収まった。

4 まとめ

本研究では、近似零相関領域の範囲において小さな相関値をとる近似 ZCZ 系列が自由な系列数、系列長、近似零相関領域で生成できることを示した。今後は、近似 ZCZ 系列の要素を整数化することについての検討が必要である。

参考文献

[1] T. Miyatake, K. Chiba, M. Hamamura, and S. Tachikawa, "Asynchronous, decentralized DS-SS using feedback-controlled spreading sequences for time-dispersive channels," IEICE Trans. Commun., vol. EB91-B, no. 1, pp.53-57, Jan. 2008.