

アフィン結合に基づく KNLMS 適応フィルタの構成法

Implementation of KNLMS Adaptive Filter Based on An Affine Combination

並木 一道
Kazumichi NAMIKI

中里 裕哉
Hiroya NAKAZATO

西川 清史
Kiyoshi NISHIKAWA

首都大学東京大学院 システムデザイン研究科 情報通信システム学域
Department of Information and Communications Systems Engineering, Tokyo Metropolitan University

1 まえがき

線形適応アルゴリズムにカーネル法を応用した、カーネル適応アルゴリズムが提案されている [1]。本稿では Kernel Normalized Least Mean Square (KNLMS) に基づく複数の適応フィルタをアフィン結合し、入力信号に応じて適応フィルタを選択することで、収束特性を改善する手法を提案する。

2 従来法

一般に、適応フィルタにおいて、収束速度と収束誤差はトレードオフの関係にある。速い収束かつ小さい収束誤差を得るために、二つの LMS 適応フィルタをアフィン結合する手法が提案されている [2]。それぞれの LMS の出力を $y_1(n)$, $y_2(n)$ とすると、フィルタ全体の出力 $y(n)$ はアフィン結合を用いて以下の式で表される。

$$y(n) = \lambda(n)y_1(n) + [1 - \lambda(n)]y_2(n)$$

ここで、 $\lambda(n)$ はミキシングパラメータと呼ばれる。 $\lambda(n)$ は収束誤差を最小化する値になるように学習される。学習にはいくつかのアルゴリズムが提案されているが、本稿では確率勾配法を用いた以下の式を用いる。

$$\lambda(n+1) = \lambda(n) + \mu_\lambda [d(n) - \tilde{\mathbf{w}}_{12}^T(n)\mathbf{x}(n)]\mathbf{w}_{12}^T(n)\mathbf{x}(n)$$

$$\tilde{\mathbf{w}}_{12}^T(n) = \lambda(n)\mathbf{w}_1(n) + [1 - \lambda(n)]\mathbf{w}_2(n)$$

ここで、 $d(n)$ は所望信号、 $\mathbf{x}(n)$ は入力ベクトル、 μ_λ は適応パラメータ、 $\mathbf{w}_1(n)$, $\mathbf{w}_2(n)$ はそれぞれのフィルタのフィルタ係数ベクトルである。

3 提案法

本稿では、KNLMS 適応フィルタにおけるカーネル関数として、ガウシアンカーネル $\kappa(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \exp(\sigma \|\mathbf{x} - \mathbf{y}\|^2)$ を用いるものとする。ここで、 σ はカーネルパラメータであり、 σ の値によって収束特性が変化する。一般に、最適な σ の値を事前を知ることは難しい。本稿では、 σ の値が異なる複数の KNLMS 適応フィルタをアフィン結合することにより、その環境に適したカーネルパラメータを持つ KNLMS 適応フィルタを自律的に選択する手法を提案する。提案法の構成を図 1 に示す。図 1 で、 $e_1(n)$, $e_2(n)$ は誤差信号である。

4 シミュレーション

シミュレーションにより、提案法の有効性を示す。学習対象の系として以下の二つを用い、雑音として加法的白色ガウス雑音 (SN 比 40[dB]) を付加した。

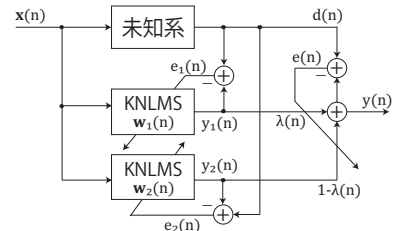


図 1 提案法の構成

$$\begin{aligned} c(n) &= 1.1 \times \exp|c(n-1)| \\ d_1(n) &= c^2(n) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} d_2(n) &= (0.8 - 0.5\exp(-d_2(n-1)^2))d_2(n-1) \\ &\quad - (0.3 + 0.9\exp(-d_2(n-1)^2))d_2(n-2) \\ &\quad + 0.1\sin(d_2(n-1)\pi) \end{aligned} \quad (2)$$

式 (1) の初期値として $c(0) = 0$ を、式 (2) の初期値として $d_2(-1)$, $d_2(0)$ をランダムに与えた。また、式 (1) は $\sigma = -0.13$ 、式 (2) は $\sigma = -3.73$ のときに、それぞれ良い収束特性を持つことをあらかじめ確認している。提案法の、式 (1) の系に対する結果を図 2 に、式 (2) の系に対する結果を図 3 に示す。図より、動作環境に適したカーネルパラメータを持つ KNLMS 適応フィルタが選択されていることが確認できる。

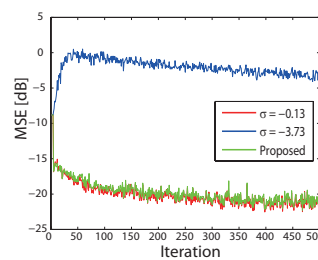


図 2 式 (1) の系に対する
収束特性

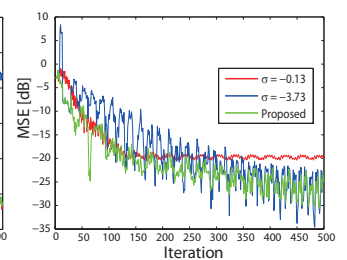


図 3 式 (2) の系に対する
収束特性

参考文献

- [1] Weifeng Liu, José C. Príncipe, Simon Haykin “Kernel Adaptive Filtering” WILEY, 2010.
- [2] J. Arenas-García, A. R. Figueiras-Vidal, and A. H. Sayed, “Mean-Square Performance of A Convex Combination of Two Adaptive Filters”, *IEEE Trans. Signal Process.*, vol.54, no.3, pp.1078-1090, Mar.2006.