

二次経路変動に対する VSS-CLMS アルゴリズムの性能評価

Performance Evaluation of Variable Step Size CLMS Algorithm for Secondary Path Fluctuation

関口 諒† 木許 雅則†
Ryo Sekiguchi† Masanori Kimoto†

† 日本工業大学大学院電子情報メディア工学専攻
Department of Electronics, Information and Media Engineering Major, Nippon Institute of Technology

1. はじめに

一般的な Filtered-x 型のアクティブノイズコントローラ (以下,ANC) では特有の二次経路変動問題^[1]が生じる。本稿では、可変ステップゲインを用いた相関 LMS(以下,CLMS^[2]) アルゴリズムを適用した手法において、上記問題に対しての有効性評価を行なう。

2. CLMS を用いた ANC

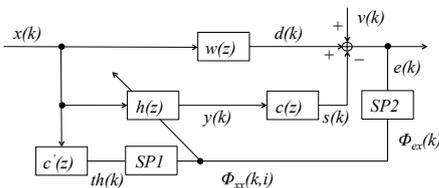


図1 CLMS を用いた Filtered-x 型 ANC の構成

Filtered-x 法では、予め取得した二次経路 $c(z)$ のモデルと騒音源信号 $x(k)$ から濾波参照信号 $th(k)$ を導出し、これを適応フィルタの入力信号とする。

CLMS はこの入力信号を式 (1) の再帰式で表された入力信号の自己相関関数とそれに対応する式 (2) の相関誤差信号によりフィルタを更新する。

$$\phi_{xx}(k, i) = (1 - \alpha)\phi_{xx}(k - 1, i) + \alpha x(k)x(k - i) \quad (1)$$

$$\phi_{ex}(k) = (1 - \alpha)\phi_{ex}(k - 1) + \alpha e(k)x(k) \quad (2)$$

但し、 $e(k)$ は誤差信号、 α は $[0,1]$ の忘却係数を表す。なお、SP1,SP2 はそれぞれ式 (1),(2) に対応する。以上により、Filtered-x 法を用いた CLMS の係数更新式は次式となる。

$$h(k + 1, i) = h(k, i) + \frac{\mu_i}{\|\phi_{xx}(k, i)\|^2} \phi_{ex}(k)\phi_{xx}(k, i) \quad (3)$$

但し、 μ_i はステップゲインである。

3. 可変ステップゲイン (VSS) の導入

ステップゲイン μ_i を i の増加に対して指数関数的に減少させる。これはインパルス応答波形の一般的な特徴を反映するものであり、収束速度の向上が見込める。

可変ステップゲイン $\mu_i(k)$ は次式により定義する。

$$\mu_i(k) = e^{-\frac{i+1}{\beta}} \quad (4)$$

また、以下の条件により、 $\mu_i(k)$ の切り替えを行なう。

$$e^2(k) \leq v^2(k) + \delta \quad (5)$$

式 (5) の条件を満たす時はステップゲインの値は固定値とし、それ以外は式 (7) によりステップゲインを指数関数的に減少させる。但し、 $v(k)$ は雑音、 δ はしきい値とする。

4. シミュレーション

入力信号に分散 $1/48$ の正規乱数を $F(z) = 1/(1 - 0.99z^{-1})$ のフィルタに通した出力信号を用い、SN 比 $30[\text{dB}]$ の付加雑音、二次経路変動は 20000 、忘却係数 α は 1 、可変ステップゲインの係数 β は 5 、しきい値 δ は 0.0005 、サンプル数は 40000 とした。また、性能の評価は次式の ERLE を用い、結果は 10 回の試行の平均値を示した。

$$ERLE = 10 \log_{10} \{e^2(k)/d^2(k)\} [\text{dB}] \quad (6)$$

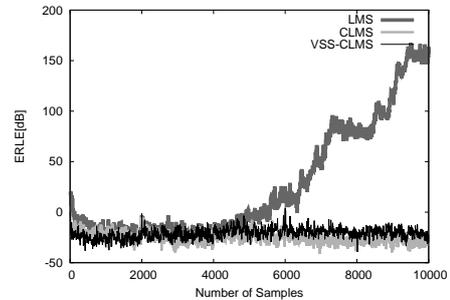


図2 収束特性の比較

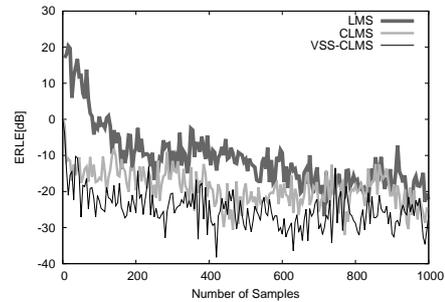


図3 収束速度の比較

図2より、LMS は二次経路変動に対して徐々に発散傾向となるのに対して、CLMS は安定しており収束傾向にあることが分かる。また、図3より、VSS-CLMS は CLMS に比べて収束速度の向上が確認できるものの、二次経路変動後の収束精度は劣化していることが確認できる。

5. 結論

本報告では、VSS-CLMS を適用した ANC 手法の性能評価を行った。VSS の導入により収束速度の向上を実現したが二次経路変動に対する性能は劣化する結果となった。今後は、速度向上を維持しつつ収束精度を向上させるため、ステップゲインの制御方法の見直しを行う予定である。

文献

- [1] 西村 正治, 梶川 嘉延, "電子情報通信学会「知識の森」", 2群-6編-6章, 2012
- [2] 林 隆広, アシャリフ・モハマッド・レザー, "double-talk 状態でのエコーキャンセリングを行なう相関 LMS アルゴリズムの提案", 信学技法, pp.89-95, 1998-12