

PSO と LMS の Hybrid 型アルゴリズムによる ステレオエコーキャンセラ

Stereophonic Acoustic Echo Canceled Using a Hybrid type Algorithm of PSO and LMS

関口 諒[†] 米田 洋介[†] 木許 雅則[†]
Ryo Sekiguchi[†] Yousuke Yoneda[†] Masanori Kimoto[†]

[†] 日本工業大学 工学部 電気電子工学科
Department of Electrical and Electronics Engineering, Nippon Institute of Technology

1. はじめに

ステレオエコーキャンセラ (以下, SEC) における特有の問題のひとつに係数不定性^[1]がある. この問題の解法として, 粒子群最適化法 (以下, PSO) を応用した手法が提案されている^[2]. 本稿では, この手法に新たな評価関数を適用する手法 (以下, 提案法 1) および, これと LMS を併用した手法 (以下, 提案法 2) を提案し, 係数収束特性の改善を行った結果について報告する.

2. PSO に基づくステレオエコーキャンセラ

線形結合形 SEC の構成を図 1 に示す. room A, B 間の通話を想定し, room B 側で発生するエコー $d^{(1)}$ を適応フィルタで生成した疑似エコー $y^{(1)}$ により除去する.

文献 [2] の手法では適応フィルタの係数ベクトル $h^{(i1)} \{i = 1, 2\}$ の推定を近年注目される鳥や魚の群れの動きを模した最適化手法である PSO により行う. 次式に係数更新式を示す.

$$\mathbf{v}_m^{(1)}(k+1) = \mu \mathbf{v}_m^{(1)}(k) + c(\mathbf{h}_{gb}^{(1)} - \mathbf{h}_m^{(1)}(k)) \quad (1)$$

$$\mathbf{h}_m^{(1)}(k+1) = \mathbf{h}_m^{(1)}(k) + \mathbf{v}_m^{(1)}(k+1) \quad (2)$$

但し, $\mathbf{h}_m^{(1)}(k) \triangleq [h_m^{(11)}(k)|h_m^{(21)}(k)]^T$ とし, k は時刻, m はパーティクル番号, μ はステップゲイン, $\mathbf{h}_{gb}^{(1)}$ は群全体で評価値の最も高い係数ベクトルを示す.

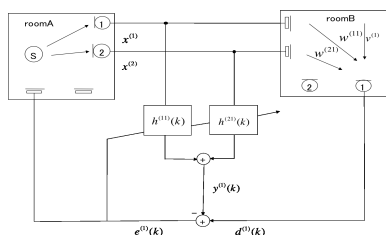


図 1 線形結合形ステレオエコーキャンセラの構成

3. 提案法 1, 2

文献 [2] では, 推定したフィルタ係数 $\mathbf{h}_m^{(1)}(k)$ の評価にはエコーの消去量を示す出力誤差 $e^{(1)}(k)$ のみを用いており, 必ずしもエコーパス $\mathbf{w}^{(1)}$ との距離に近い係数を選定できていない. そこで新たな評価関数 $J(k)$ として次式の入出力間の相関誤差 $r(k)$ を加え, これを適用した手法を提案法 1 とする. ただし, α は [0,1] のバランス係数とする.

$$J(k) = (1 - \alpha)r^{(1)}(k) + \alpha \frac{e^{(1)}(k)^2}{d^{(1)}(k)^2} \quad (3)$$

また, 提案法 1 と LMS を併用し, フィルタ係数を分割して推定を行う Hybrid 型アルゴリズムを提案法 2 とする. LMS では入力チャンネル間の相関関係により, 推定後のフィルタ係数が一致する要素が存在する^[1]. 入力チャンネル間に (4) 式の関係があるとき, $h^{(11)}(k)$ の先頭から, また $h^{(21)}(k)$ の末端からのそれぞれ τ 個の要素要素が β の値に関係なく $\mathbf{w}^{(1)}$ へ収束する.

$$x^{(2)}(k) = \beta x^{(1)}(k - \tau) \quad (4)$$

この性質を利用して, 入力チャンネル間の相関 (時間遅れ τ の個数) を適応的に監視しつつ LMS でこれらの一致係数を推定する. 同時にそれ以外の係数を PSO により推定することで求めるべき要素数が減少し, 推定精度の向上が行える.

4. シミュレーション

入力信号に分散 1/12 の正規乱数を $F(z) = 1/(1-0.9z^{-1})$ のフィルタに通した出力信号を用い, SN 比 30[dB] の雑音を付加し, サンプル数を 1000 万とした. ステップゲイン, 忘却係数, 加速度係数は従来法, 提案法 1, 2 のそれぞれで経験的に設定した. また, 性能の評価は次式の正規化推定誤差 (NEE) を用い, 結果は 10 回の試行の平均値を示した.

$$NEE = 10 \log_{10} \frac{\|\mathbf{w}^{(1)} - \mathbf{h}^{(1)}(k)\|^2}{\|\mathbf{w}^{(1)}\|^2} \quad [\text{dB}] \quad (5)$$

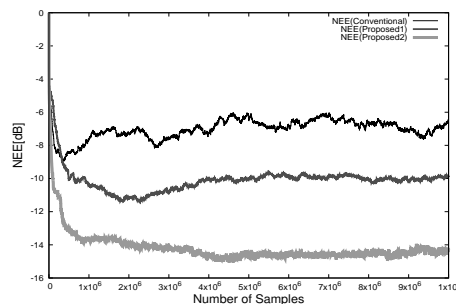


図 2 収束特性の比較

図 2 より, 若干 NEE に乱れが見られるものの, 従来法に対して提案法 1 で約 3[dB], 提案法 2 で約 7[dB] の精度向上が見られた. 他の信号に対しても同様の結果が得られており, 大幅な性能の向上が確認できた.

5. 結論

本報告では, 新たな評価関数を適用した手法とそれに LMS を併用した Hybrid 型手法を提案し, その有効性を示した. 特に後者では, PSO と LMS で推定する要素を適応的に分担することにより係数ベクトルをより正確に求めることができ, 有色信号入力時では約 7[dB] の性能向上を実現した. 今後は, 提案法 2 の演算量の軽減や話者移動の対策等を行う予定である.

参考文献

- [1] 木許, “有色信号入力時におけるステレオエコーキャンセラの係数収束特性”, 音響学会誌, vol. 71, no. 5, pp. 225-227, 2015-03
- [2] 木許, 浅見, “粒子群最適化法を用いたマルチチャンネルエコーキャンセラ”, 電学論 C, vol. 135, pp. 37-44, 2014-09