

インパルスノイズに対してロバストな 線形結合型ステレオ適応アルゴリズムの提案

島村恭輔 木許雅則

日本工業大学 基幹工学部 電気電子通信工学学科

1. はじめに

エコーキャンセラでは、インパルスノイズと呼ばれる瞬間的な雑音が混入すると、それが係数推定の妨げとなり収束性能が劣化する。効果的に解決する方法のひとつに分散値制御に基づく手法 [1] が提案されているものの、ステレオシステムへの拡張は実現されていない。本稿では、手法 [1] を拡張したインパルスノイズの混入に対応したステレオエコーキャンセリングアルゴリズムの提案を行い、その性能について報告する。

2. 線形結合型ステレオエコーキャンセラ

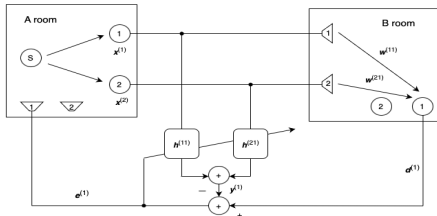


図1 線形結合型ステレオエコーキャンセラの構成

ステレオエコーキャンセラの構成を図1に示す。但し、B room 側で発生するエコーに着目し、チャンネル1のマイクへの経路に対してのみ示す。A room では音源 S から入力信号 $x^{(i)} \{i = 1, 2\}$ がそれぞれチャンネル1, 2のマイクに入力され、B room 側のそれぞれのスピーカから出力される。一つのマイクに対して2つの経路を持つエコーパスが存在する。次に、B room での任意の一つのマイクに対して生じるエコーの制御に対して議論する。ステレオエコーキャンセラは、エコーパスに1対1に対応した $(N \times 1)$ の列ベクトル $\mathbf{h}^{(i1)}$ を係数ベクトルに持つ適応フィルタからなっており、エコーパス $\mathbf{w}^{(i1)}$ を同定することが目的である。この係数ベクトルと入力信号を用いて擬似エコー $y^{(1)}$ を生成し、これを真のエコー $d^{(1)}$ から減ずることでエコーの消去を行う。

2.1 インパルスノイズへの対応

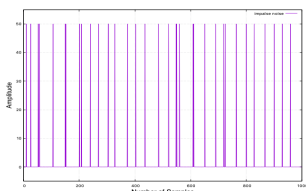


図2 インパルスノイズの例

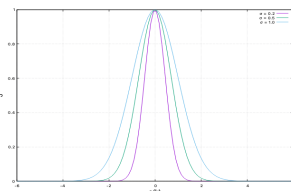


図3 分散値制御

図2のようなインパルスノイズが出力誤差 $e^{(1)}$ に混入すると係数更新時にフィルタ係数が瞬間的に増大し、正しい係数更新ができない。手法 [1] では、新たな評価関数を適用

することで、その勾配を制御できる。本手法では、この評価関数および LMS と RLS の線形結合型アルゴリズムをステレオシステムへ拡張する。式 (1) に更新式を示す。

$$\mathbf{h}^{(i1)} = \mathbf{h}^{(i1)} + (1 - \lambda)\mu \mathbf{x}^{(i)} e(k) \exp\left(\frac{-e^{(1)}(k)^2}{2\sigma^2}\right) + \lambda e^{(1)}(k) \mathbf{A}(k)^{-1} \mathbf{x}^{(i)}(k) \exp\left(\frac{-e^{(1)}(k)^2}{2\sigma^2}\right)^3 \quad (1)$$

3. シミュレーション

入力信号として (a) 入力信号 $x^{(1)}(k)$ は分散 1/48 の正規乱数、 $x^{(2)}(k)$ は $0.9x^{(1)}(k-3)$, (b) サンプリング周波数 44.1kHz で標本化された成人男性の音声。インパルスノイズを最大値 50, 最小値 0, 発生間隔 1~50 サンプル毎にランダムに発生させた。性能評価は、次式のエコー消去量 (ERLE) を用いた。

$$\text{ERLE} = 10 \log_{10} \frac{\|d^{(1)}(k)\|^2}{\|e^{(1)}(k)\|^2} \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

4. 結果

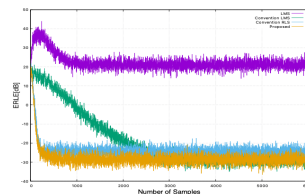


図4 収束特性 (入力信号 (a))

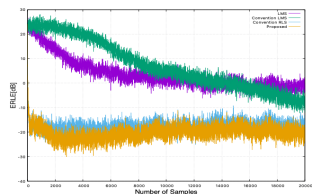


図5 収束特性 (入力信号 (b))

図4,5より、評価関数に分散値を使用しない従来型の LMS は推定精度が大幅に低いことがわかる。それに対して提案法では手法 [1] の評価関数を適用することで、RLS と同等の高速な収束速度、LMS と同等の高い収束精度を得ることができた。

5. 結論

本稿では、インパルスノイズの混入を考慮したステレオエコーキャンセリングアルゴリズムを提案した。具体例により、高速な収束速度と高い推定精度を実現できることを明らかにした。今後は、分散値の自動設定や係数推定誤差の改善を行う予定である。

参考文献

- [1] 安岡一晟, 木許雅則 "インパルスノイズの混入に対する分散値可変型 RLS アルゴリズムの提案" 電気学会 c 部門大会 講演論文集, 2022 年 8 月