

○牧野 昭二 (NTT ヒューマンインタフェース研究所)

1. まえがき

エコーキャンセラの音声入力に対する収束速度を改善するための手法として、射影法とサブバンド構成法が提案されている。射影法は、アルゴリズム内部で入力信号を白色化し [1]、サブバンド法は、信号をいくつかの周波数帯域に分割することにより、それぞれの帯域で入力信号を白色化する [2][3]。

さらに、筆者らは、音響エコー経路のインパルス応答の変動量がインパルス応答と同じ減衰率で指数減衰することに着目し、ES 射影法 [4] とサブバンド ES 法 [5] を既に提案した。これらの手法により、収束速度をそれぞれ従来の約 2 倍にできた。

本報告では、DSP で構成した実験装置を用いた実時間評価実験を行い、射影法、ES 射影法、サブバンド法、サブバンド ES 法を比較する。

2. 射影法と ES 射影法

2.1 射影法

射影法は、アルゴリズム内部で入力信号の自己相関を取り除くことにより、音声のように相関のある信号に対する収束速度を改善するという考え方に基づいている。

p 次の射影法では、過去の p 個の入力信号ベクトルに対して正しい出力を得るように適応フィルタを修正する [1]。その結果、入力信号は射影の次数に応じて白色化されている。2 次の射影法により、NLMS 法に比べて、音声入力に対する収束速度を約 2 倍に改善することができる [4]。

2.2 ES 射影法

ES 射影法は、インパルス応答の変動の大きな係数は大きなステップで、変動の小さな係数は小さなステップで修正するという考え方のもとに、従来の射影法のステップサイズ (スカラー量) に代わってス

テップサイズ行列 A (対角行列) を導入したものである。このステップサイズ行列 A の対角成分 α_i は、インパルス応答と同じ減衰率で指数減衰させる。2 次の ES 射影法により、収束速度を従来の射影法の 2 倍以上に改善できる [4]。

射影法および ES 射影法は演算量が少なく ($2L$ 回の積和演算)、処理遅延もない。また、定常エコー消去量に制限はない。

3. サブバンド法とサブバンド ES 法

3.1 サブバンド法

サブバンドエコーキャンセラの構成を図 1 に示す。受話入力 $x(n)$ とエコー信号 $y(n)$ は N 個のサブバンドに分割される。各サブバンドは適応フィルタを持っており、それぞれ独立にエコーを消去する。各サブバンドの誤差信号から全帯域の誤差信号 $e(n)$ を合成する。信号を複数の周波数帯域に分割することにより、それぞれの帯域で入力信号が白色化されるため、音声入力に対する収束速度を改善することができる。

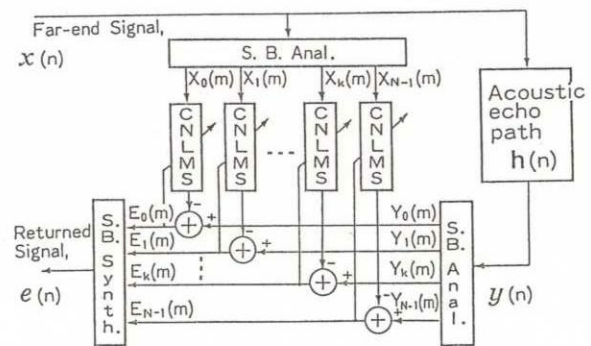


図 1 サブバンドエコーキャンセラの構成

3.2 サブバンド ES 法

室内音場の残響特性は周波数特性を持ち、一般に、低域では長く高域では短い。サブバンド ES 法は、音響エコー経路のインパルス応答を複数の帯域に分割した時、各帯域におけるインパルス応答の変動量もまたそれぞれの帯域のインパルス応答と同じ減衰率で指数減衰する点に着目し、ステップサイズ

*Comparative study on the methods for improving convergence of echo cancellers for speech input.

By Shoji Makino (NTT Human Interface Laboratories)

行列の対角成分 α_i を各サブバンドごとに設定したものである。サブバンド ES 法により音響エコー経路のインパルス応答変動量の減衰率の周波数特性をエコーキャンセラに反映させることができる。サブバンド ES 法により、収束速度を従来のサブバンド法の 2 倍以上に改善できる。

サブバンド法およびサブバンド ES 法には、処理遅延があるが、間引きによってサンプリング間隔が広がるため、効率的に演算ができるという利点がある。

4. 実時間評価実験

DSP で構成した実験装置を用いて会議室内(残響時間 300 ms (500 Hz)) で実時間評価実験を行った。射影法と ES 射影法の実験に使用した音響エコーキャンセラは、7kHz 帯域を 2 分割し、それぞれの帯域(サンプリング周波数 8kHz) で 3072 タップ(エコー消去時間長 384ms) とした。

サブバンド法とサブバンド ES 法の実験に使用した音響エコーキャンセラは、7kHz 帯域を 16 分割し、それぞれの帯域(サンプリング周波数 667Hz) で 256 タップ(エコー消去時間長 384ms) とした。

収束特性の実験結果を残留エコーレベル(= $e(k)$) の電力のレベルを用いて図 2,3 に示す。実線は ES 射影法(ESP, $\mu=0.5$)、一点破線はサブバンド ES 法($\mu=1$)、二点破線はサブバンド法($\mu=1$)、三点破線は射影法(PA, $\mu=0.5$)、破線は NLMS 法($\mu=1$) を用いた場合である。ここでは、定常エコー消去量がほぼ等しくなるように、各手法のステップサイズ μ を設定した。

入力信号として白色雑音を用いた場合(図 2)には、ES 射影法およびサブバンド ES 法のエコー消去量 20dB に達する収束速度は、射影法、NLMS 法およびサブバンド法の約 2 倍になることがわかる。

入力信号として実音声を用いた場合(図 3)には、エコー消去量 20dB に達する収束速度は NLMS 法に比べて、サブバンド法および射影法で約 2 倍、サブバンド ES 法および ES 射影法で約 4 倍になることがわかる。

5. あとがき

射影法、ES 射影法、サブバンド法、サブバンド ES 法について、DSP で構成した実験装置を用いた実時間評価実験を行い、NLMS 法を用いた従来のエコーキャンセラに比べて、サブバンド ES 法および ES 射影法で、実音声入力に対する収束速度を約 4 倍にできることを明らかにした。

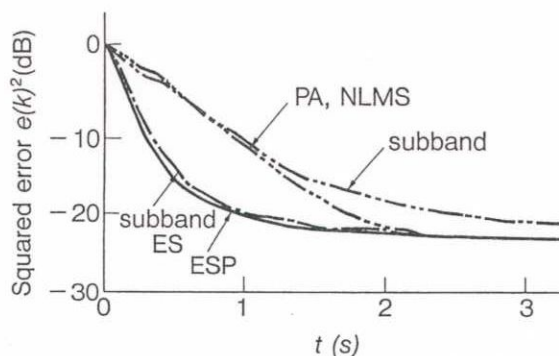


図 2 収束特性(白色雑音入力)

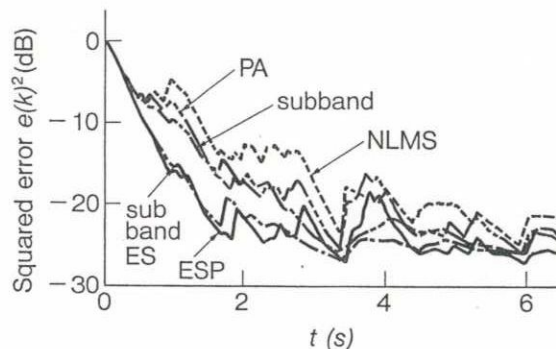


図 3 収束特性(音声入力)

謝辞

日頃御指導頂く、北脇音声情報研究部長、小島グループリーダー、金田主幹研究員に深謝する。

参考文献

- [1] 尾関, 梅田, 信学論(A), vol. J67-A, no. 2, pp. 126-132 (1984.2).
- [2] S.Gay, R.Mammone, *Proc. ICASSP90*, pp. 1141-1144.
- [3] B.Hatty, *proc. ICASSP90*, pp. 1145-1148.
- [4] S. Makino and Y. Kaneda, *Trans. IEICE Japan*, vol. E75-A, no. 11, pp. 1500-1508, Nov. 1992.
- [5] 牧野, 羽田, 信学全大, SA-9-4, pp. 1-255 (1990).