

2-7-18 射影アルゴリズムを用いたサブバンドステレオエコーキャンセラ*

○牧野 昭二 島内 末廣 羽田 陽一 中川 朗 (NTT ヒューマンインタフェース研究所)

1. まえがき

筆者らは既に、ステレオエコーキャンセラが真の音響エコー経路のインパルス応答を推定するためには、ステレオ信号の相互相関の変動が重要な役割を果たすことを示し、ステレオ信号の相互相関の変動を強調することにより真値への収束を早めるステレオ射影アルゴリズム [1] を提案した。

ここでは、ステレオ信号の相互相関の変動を強調する別の手段としてサブバンド構成法が有効であることを示し、さらに、ステレオ射影アルゴリズムを導入することにより真値への収束速度を大幅に早めることができることを示す。

2. ステレオエコーキャンセラの問題点と相互相関変動の役割

線形結合型ステレオエコーキャンセラの構成を図 1 に示す。ステレオエコーキャンセラの最も重要な問題は、左右ステレオ信号の相互相関の影響により適応フィルタが真のインパルス応答の推定を誤るか、あるいは、もし推定できたとしても収束速度が非常に遅いことである [2]。

ステレオエコーキャンセラが真の音響エコー経路のインパルス応答に収束するためには、左右ステレオ信号間の相互相関の変動が有効である。そして、実際の通信会議においては、相互相関は微小に変動しているため、これを強調するステレオ射影アルゴリズムが有効である [1][3][4]。

3. サブバンドステレオエコーキャンセラによる相互相関変動の強調

提案するサブバンドステレオエコーキャンセラの構成を図 2 に示す。サブバンド法では、信号は N 個のサブバンドに分割され、間引き率 R で間引かれ、サンプリング間隔が長くなる。そのため、相互相関の変動が大きく見えるようになる。その結果、適応フィルタは毎回異なる方向に修正され、真値への収束速度が早まる。もちろん、サブバンド法は左右ステレオ信号の自己相関の除去も行なうため、音声に対する収束速度も早まる。

*Subband stereo echo canceller using the projection algorithm with fast convergence to the true echo path. By Shoji Makino, Suehiro Shimauchi, Yoichi Haneda, and Akira Nakagawa (NTT Human Interface Laboratories)

また、サブバンド法には、間引きによってサンプリング間隔が広がり、かつ、適応フィルタのタップ数を削減できるため、効率的に演算ができるという利点もある。

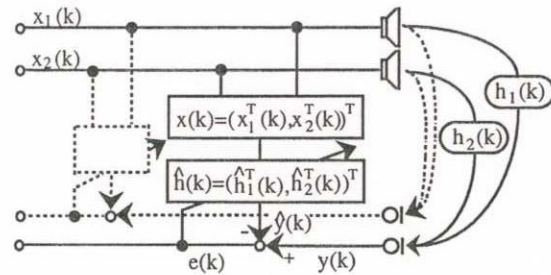


図 1: ステレオエコーキャンセラの構成

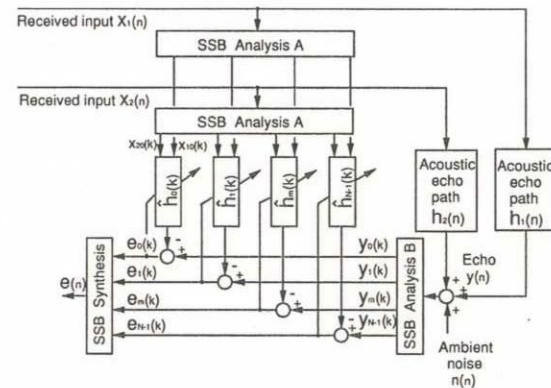


図 2: サブバンドステレオエコーキャンセラの構成

4. 射影アルゴリズムによる相互相関変動の強調

次に、サブバンドステレオエコーキャンセラの収束速度をさらに改善するために、射影アルゴリズムを導入する。

サブバンドエコーキャンセラにおいて、各帯域のタップ数は間引かれて少なくなっている。そのため、提案するサブバンドステレオ射影エコーキャンセラは、少ない射影次数で相互相関の変動を強調するとともに、自己相関を除去し、速い収束速度が期待できる [5]。

高速算法 [6][7] を適用することにより、 $4L + 32p$ 回の積和演算で p 次のステレオ射影アルゴリズムを実現することができる。

5. 計算機シミュレーション

残響時間 250ms の部屋で測定したインパルス応

答 512 タップを、エコー除去時間長を等しく設定した適応フィルタで模擬した。サンプリング周波数は 8kHz である。受話入力には 2 本のマイクロホンによりステレオ収録した音声信号を用いた。エコー信号には SNR=35dB となるように近端雑音を加えた。ここでは、係数誤差の定常値がほぼ等しくなるように、ステップサイズを設定した。

$p = 1$, NLMS アルゴリズムの場合の係数誤差の収束特性を図 3 に示す。間引き率 $R = N/4$ とした。分割数 N が大きくなるほど、収束速度が早くなることが分かる。

$N = 32$ サブバンドの場合を図 4 に示す。射影次数 p が大きくなるほど、収束速度が早くなることが分かる。

図 5 は、演算量が多いフルバンド $p = 32$ 次と、演算量の少ない $N = 32$ サブバンド、 $p = 8$ 次の収束速度がほぼ等しいことを示している。

図 6 は、ここでの最も早い組み合わせである $N = 32$ サブバンド、 $p = 32$ 次と、理論的に最も早い限界値を与える無相関な白色雑音入力の場合を比べたものである。理論的な限界値に対して約 1/3 程度の収束速度が得られており、本手法により、ステレオエコーキャンセラの真値推定の問題はほぼ解決されたものと言える。

6. あとがき

ステレオエコーキャンセラにサブバンド構成法を導入し、さらにステレオ射影アルゴリズムを取り入れることにより、相互相関の変動を効率よく強調し、少ない演算量で格段に早い収束速度を達成できることを示した。

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] S. Shimauchi and S. Makino, *Proc. ICASSP95*, pp. 3059-3062.
- [2] M. Sondhi, D. Morgan, and J. Hall, *IEEE SP letters*, vol. 2, no. 8, pp. 148-151, 1995.
- [3] J. Benesty, P. Duhamel, and Y. Grenier, *IEEE SP letters*, vol. 3, no. 2, pp. 35-37, 1996.
- [4] S. Shimauchi and S. Makino, *Proc. ICASSP96*, pp. 941-944.
- [5] S. Makino, J. Noebauer, Y. Haneda, and A. Nakagawa, *Proc. ICASSP96*, pp. 945-948.
- [6] M. Tanaka, Y. Kaneda, S. Makino, and J. Kojima, *Proc. ICASSP95*, pp. 945-948.
- [7] S. Gay and S. Tavathia, *Proc. ICASSP95*, pp. 3023-3026.

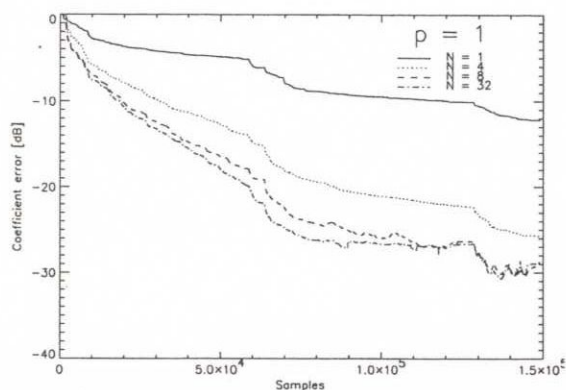


図 3: $p = 1$, NLMS アルゴリズム

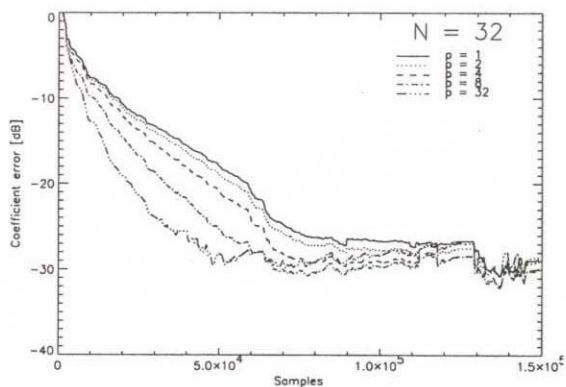


図 4: $N = 32$ サブバンド

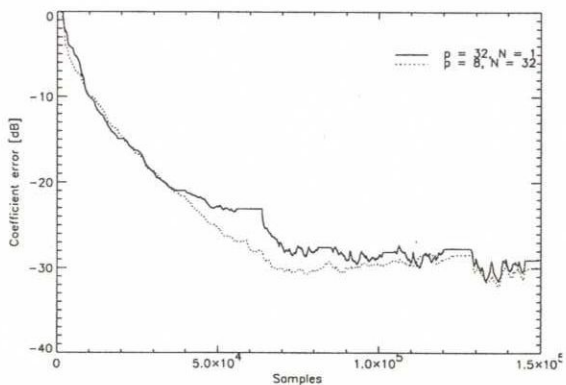


図 5: フルバンドとサブバンドの収束特性の比較

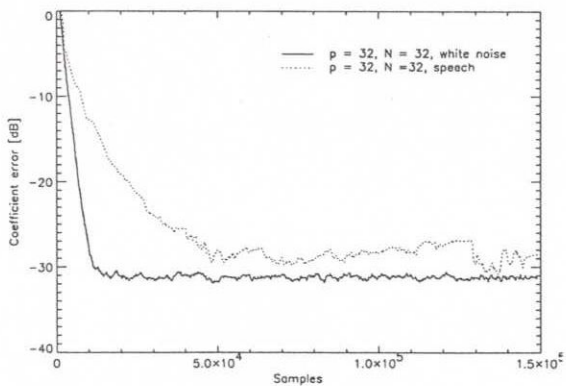


図 6: 白色雑音入力との比較