

◎中原宏之⁺ 羽田陽一⁺⁺ 牧野昭二⁺⁺ 吉川昭吉郎⁺
 (*神奈川工科大 **NTTヒューマンインターフェース研究所)

1 はじめに

テレビ会議などの拡声通話系では、スピーカからマイクロホンに回り込むエコーを消去するため、適応フィルタを用いてエコー経路の逐次推定を行う音響エコーキャンセラが使用されている。しかし、音響エコーキャンセラはダブルトーク（同時通話）によりエコー経路を誤推定するという問題を持っている。本報告では、ダブルトークにおいても音響エコー経路の誤推定を行わない適応フィルタの制御方式について検討する。

2 ダブルトークの問題

音響エコーキャンセラの基本構成を図1に示す。エコー信号 $y(t)$ はエコー経路 h を模擬する適応フィルタ \hat{h} によって生成される疑似エコー信号 $\hat{y}(t)$ によって打ち消される。遠端側信号 $x(t)$ が存在するとき、適応フィルタ \hat{h} は近端側信号 $y_a(t)$ から疑似エコー信号 $\hat{y}(t)$ を差し引いた誤差 $e(t)$ を最小にするように係数を逐次修正する。この時、近端側音声信号 $s(t)$ が存在するダブルトーク（同時通話）状態では誤差 $e(t)$ が増大し、フィルタ係数 \hat{h} は大幅に誤推定される。従って、ダブルトーク時には適応フィルタの推定動作を止める等の対策が必要である。

ダブルトーク時の適応フィルタの動作を制御する方式は種々考えられている。しかし、ダブルトークを検出した後に適応フィルタの動作を停止させる方式では、検出遅れによりフィルタ係数の誤推定が生ずる。そこで、演算量が多いが誤推定が少ないとされるフォアグラウンドバックグラウンド（FG/BG）方式¹⁾を基にダブルトーク制御方式の検討を行った。

3 フォアグラウンドバックグラウンド方式

FG/BG方式は、エコー経路を逐次推定する適応フィルタ \hat{h}_b (BG) と、実際にエコーを消去する為に使用する半固定フィルタ \hat{h}_r (FG) の2つのフィルタによって構成される(図2)。

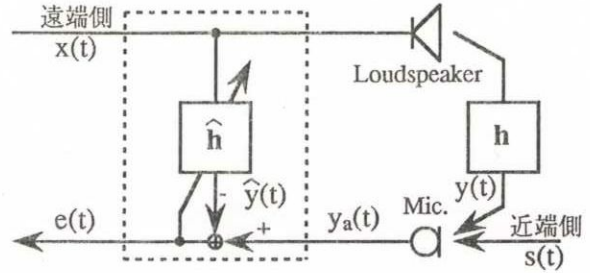


図1 音響エコーキャンセラの基本構成

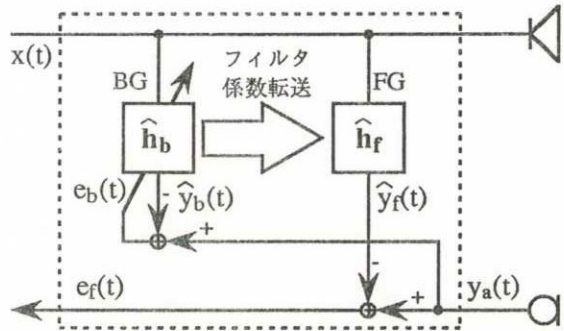


図2 FG/BG方式の構成

BG側は遠端側信号 $x(t)$ が存在すると判断される場合には常に適応動作を行う。①BG側においてある程度以上エコー消去が行われている、すなわち誤差 $e_b(t)$ が近端側信号 $y_a(t)$ よりある程度以上小さい場合で、かつ②BG側の誤差 $e_b(t)$ がFG側の誤差 $e_r(t)$ よりも小さい場合には、BG側のフィルタ係数 \hat{h}_b をFG側へ転送する。従って、ダブルトーク時に \hat{h}_b が誤推定されても、①②の条件が満たされないためフィルタ係数の転送が行われず、ダブルトーク前の良好なエコー消去量が保持される。

4 FG/BG方式の問題点とFG/BG双方向転送化

ダブルトーク前後のフィルタ係数の収束特性を、フィルタ係数誤差 (CE) を導入して調べた。

$$CE = 10 \log \frac{\|h - \hat{h}\|^2}{\|h\|^2} \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

$$(\|A\|^2 = \sum_i N_i A_i^2)$$

*Double-talk Control for Acoustic Echo Cancellers.

By Hiroyuki Nakahara⁺, Yoichi Haneda⁺⁺, Shoji Makino⁺⁺ and Shokichiro Yoshikawa⁺.

(*Kanagawa Institute of Technology, **NTT Human Interface Laboratories)

CEの値が小さいほど、フィルタ係数 \hat{h} が実際のエコー経路 h に近いことを示している。

従来のFG/BG方式は、図3(a)に示すようにダブルトーク中に \hat{h}_b が大幅に乱れ、ダブルトーク終了後にはその状態から真のエコー経路へ近づくように適応が進む。このため、ダブルトーク終了後も①②の条件が満足されるまで、FG側のフィルタ係数は修正されない。

そこで、新たにBG側のフィルタ係数 \hat{h}_b が乱れている場合、すなわち $e_b(t)$ が $e_r(t)$ に比べて大きい場合には従来法とは逆に \hat{h}_r を \hat{h}_b に転送するという条件を加える方式を考える。この方式では、図3(b)に示すようにダブルトーク終了後、 \hat{h}_r が \hat{h}_b に転送され、FG側で保持されていた状態からBG側の適応動作が開始される。

5 計算機シミュレーションと結果

本手法の効果を確認するためにダブルトーク時の計算機シミュレーションを行った。シミュレーションにはエコー経路として実測したインパルス応答(サンプリング周波数8kHz)を用いた。ダブルトークの状況を実現するため、遠端側及び近端側の入力信号として図4のパターンの音声信号を用いた。また、FG側BG側双方のフィルタのタップ数 N は512とした。BG側適応フィルタの適応アルゴリズムは学習同定法²⁾を用いた。

図5に従来のFG/BG方式と本方式でのFG側のフィルタ係数誤差(CE)およびエコー消去量(ERLE)を示す。

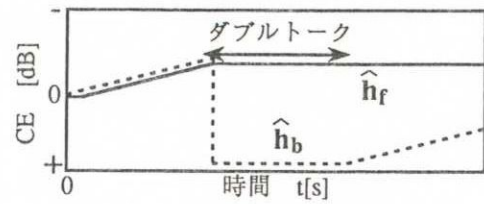
$$ERLE = 10 \log \frac{\{y(t)\}^2}{\{y(t) - \hat{y}(t)\}^2} \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

図5(a)から、従来のFG/BG方式では、ダブルトークが終了してもBG側のフィルタ係数が乱れておりFG側のフィルタ係数が更新されていない様子がわかる。一方本手法の場合は、ダブルトーク時に乱れているBG側のフィルタ係数をダブルトーク終了後すぐにFG側のフィルタ係数で置き換えるため、FG側の収束が進んでいるのがわかる。

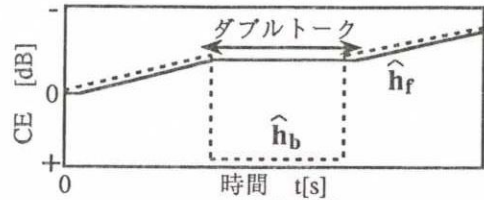
図5(b)のERLEを比較した結果においても、ダブルトーク終了後のERLEに差がでていることがわかる。

6 まとめ

音響エコーキャンセラのダブルトーク時の適応制御方式としてFG/BG方式を検討した。従来のFG/BG方式ではダブルトーク後のフィル



(a) FG/BG方式



(b) 本方式

図3 FG/BG方式と本方式の係数誤差収束特性

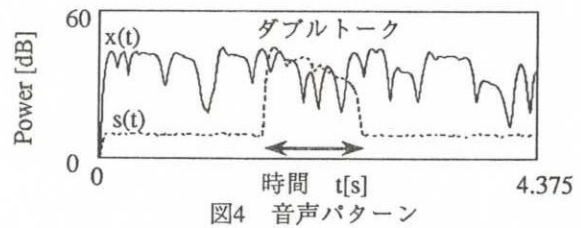
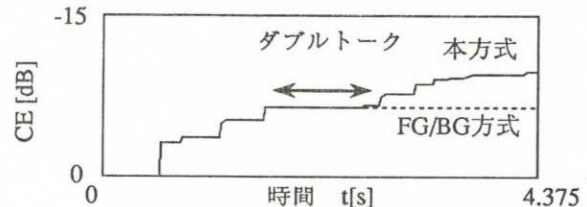
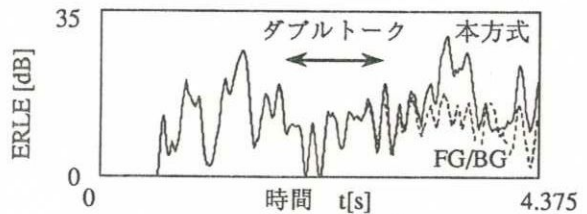


図4 音声パターン



(a) CEの比較



(b) ERLEの比較

図5 FG/BG方式と本方式の比較

タ係数の更新に時間がかかっていたのに対して、FG側からBG側へのフィルタ係数の転送を行うことを付加することで、適応特性を改善することができた。

参考文献

- 1) K. Ochiai, T. Araseki, T. Ogiyara: "Echo Canceled with Two Echo Path Models", IEEE Trans. Com., Vol. COM-25, No. 6, June 1977.
- 2) 野田、南雲: "システムの学習的同定法", 計測と制御, Vol. 7, No. 9, pp. 597-605, 1968. 9.