

ARM9EJ-S Core를 이용한 PBFLMS 음향 반향 제거기 구현

*양용호, *김종학, **김정중, *이인성
 *충북대학교 전자공학과, ** (주) 코어로직
 *yyyyhyyyy@nate.com, *jkh@cnstec.com, **kjffa@hanmail.net, *inslee@chungbuk.ac.kr

Implementation of Acoustic Echo Canceller Using Robust PBFLMS in noises with ARM9EJ-S Core

*Yong-ho Yang, *Jong-hak Kim, **Jeong-joong Kim, *In-sung Lee
 *Dept, Information communication engineering, Chungbuk National University
 **Corelogic Inc.

Abstract

We propose the robust PBFLMS in noises, which is the enhanced acoustic echo canceller using ACPBF-LMS(Alternative Constrained Partitioned Block Frequency domain Least Mean Square) algorithm. The defect of the block structure filtering is the deterioration of convergence efficiency from noise and interference. To improve the performance of convergence efficiency, noise effect should be reduced. The new method of reducing noise effect is proposed, which apply the estimated background noise to adaptive filter step size. By experiments, the proposed acoustic echo canceller has TCL of 50dB, and always provides faster convergence speed and lower complexity than the full-tap NLMS. We also carried out an implementation of PBFLMS using ARM9EJ-S.

I. 서론

음향 반향 제거기는 100ms 가 넘는 긴 반향 경로에 의해 반향 경로 추정에 많은 계산량을 요구하게 된다 [4]. 이러한 특징은 구현에 있어 많은 어려움을 제공하는데 이것을 해결하는 방법 중 하나가 FDAF(Frequency-domain Adaptive Filter)를 사용하는 것이다[1][2][3]. FDAF를 사용한 Block-LMS는 FFT를 사용하여 계산량을 크게 감소시킨다는 장점이 있으나, 긴 수렴시간 및 블록 크기의 지연시간 요구한다는 단점이 있다. 이러한 단점을 개선한 것이 PBFDAF(Partitioned Block Frequency Domain Adaptive Filter)이다[2][4]. 실시간 구현은 ARM9EJ-S를 기반으로 하며, C 코드와 어셈블리 코드를 이용하였다.

II. 제안된 음향 반향 제거기

제안된 반향 제거기는 블록 적응필터에 기반을 두며, 음향 반향경로를 갖는 시스템에 있어서 원단화자의 마이크 신호 $d(k)$ 로부터 갱신된 적응필터 계수 $w(k)$ 를 사용하여 음향 반향 신호를 생성하는 FIR(Finite Impulse Response)필터기 그리고 추정된 반향신호 $y(k)$ 를 원단화자의 마이크신호 $d(k)$ 로부터 뺄 추정 오차신호를 입력으로 하여 배경 잡음 레벨을 구하는 배경잡음 예측기를 추가 하였다. 배경잡음 레벨 $r(k)$ 와 동시통화 여부 $g(k)$ 에 따라 스텝 크기 $\mu(k)$ 를 결정하는 스텝크기 조절기를 이용하고 적응필터 계수 갱신기로부터 미리 계산된 원단 화자의 스피커신호

$x(k)$ 와 추정오차신호 $e(k)$ 와의 상호상관도로부터 동시통화 상태를 결정하는 동시통화 검출기를 사용한다. 원단화자의 스피커 신호 $x(k)$ 와 스텝 크기 $\mu(k)$, 추정 오차 신호 $e(k)$ 로부터 적응 반향 계수 $w(k)$ 를 갱신하는 적응필터 계수 갱신기를 사용한다.

본 논문에서 마이크 단으로부터 입력되는 배경잡음 신호를 반향 추정신호로 마이크 입력신호에서 뺄 반향 추정 오차 신호로부터 배경 잡음 레벨을 추정하는 것을 특징으로 한다. 또한 반향 추정 오차신호의 상호상관 값을 입력으로 하여 동시 통화 상태를 검출 하며, 스텝 크기를 입력으로 적응 필터의 계수를 갱신할 때 미리 계산된 상기 스피커단 신호를 검출하는 것을 특징으로 한다.

배경잡음 추정기의 구조는 추정된 반향신호 $\hat{y}(k)$ 를 근단 화자의 마이크 신호 $d(k)$ 로부터 뺄 추정 오차 신호 $e(k)$ 를 입력으로 하여 식 (1), (2)와 같이 배경잡음 레벨을 구한다. 복잡도의 감소와 배경잡음 레벨의 범위를 감소시키기 위해 절대 값의 합산에 레벨 값으로 사용하고, 배경잡음의 에너지변화가 정적이라는 특성을 사용하여 식 (2)에서와 같이 시간에 따라 작게 증가하는 계수와 추정오차 신호 중 작은 것을 선택하게 하는 원리로 구현된다. 적응스텝크기는 추정오차신호 레벨과 배경잡음 레벨의 차를 추정오차신호레벨로 정규화한 값의 제곱 값 $R_{nx}(k)$ 를 곱하여 배경잡음에 적응하여 변하게 된다.

$$E_e(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} |e_i(k)| \quad (1)$$

$$E_{bgn}(k) = \begin{cases} E_e(k) & \text{만약 } E_{bgn}(k-1) > E_e(k) \\ E_{bgn}(k-1) + \rho & \text{그외} \end{cases} \quad (2)$$

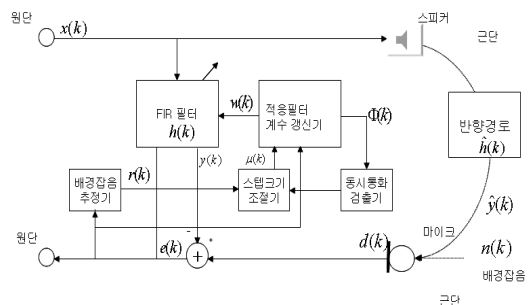


그림 1. 제안된 음향 반향 제거기

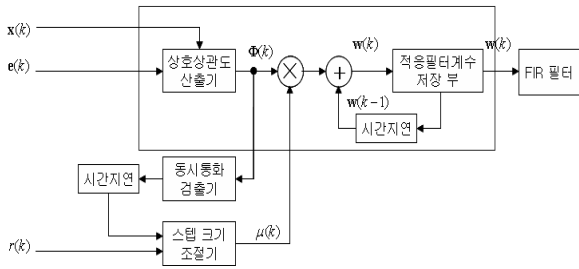


그림 2. 적응필터 계수 갱신기

그림 2는 적응필터 갱신기와 동시통화 검출 및 스텝 크기 조절에 대한 것으로써, 각각의 상관관계를 나타낸 것이다. 상기 동시통화 검출기는 적응필터 갱신기 내부에서 미리 계산된 상호상관도 값을 사용하여 계산량을 감소시킨다.

식 (3)과 같이 상호상관 값들의 절대 값에 대한 합을 $x(k)$ 의 파워로 정규화 한 값을 관찰함으로써 동시통화 여부를 판단한다. 이것은 동시통화 시에 얻는 추정오차 신호 $e(k)$ 와 스피커 출력신호 $x(k)$ 의 상관계수의 절대치가 동시통화 시 갑자기 증가하는 원리를 이용한다.

$$g(k) = \begin{cases} 1 & \sum_{i=0}^{N-1} \Phi_i(k) |P_x(k)| > T_a \text{ 일 때} \\ 0 & \text{다른 경우} \end{cases} \quad (3)$$

III. 실험결과

본 논문에서 실험 환경은 1200taps (echo path 150ms)를 사용한 것을 적용했다. 구현된 ACPBF-LMS의 성능평가는 동시통화(Double talk) 환경에서 단말결합손실(Terminal Coupling Loss)을 측정하여 NLMS와 비교하였다. 실험결과 제안된 음향 반향 제거기는 약 50dB의 TCL을 갖는다. 그림 3의 a)는 NLMS, b)는 ACPBF-LMS를 각각의 TCL 값으로 나타낸 것이다. 그림 4는 배경잡음에 대한 실험으로 제안된 방법(배경잡음 레벨을 적용 스텝 크기에 적용)을 적용한 결과와 적용하지 않은 결과를 나타낸다. 제안된 방법인 b)가 a)보다 TCL의 값이 약 5dB 정도 좋음을 확인할 수 있다. 그림3과 그림4에서 점선으로 된 두 개의 원 사이는 동시통화(double talk)가 일어나는 곳을 표시한 것이다.

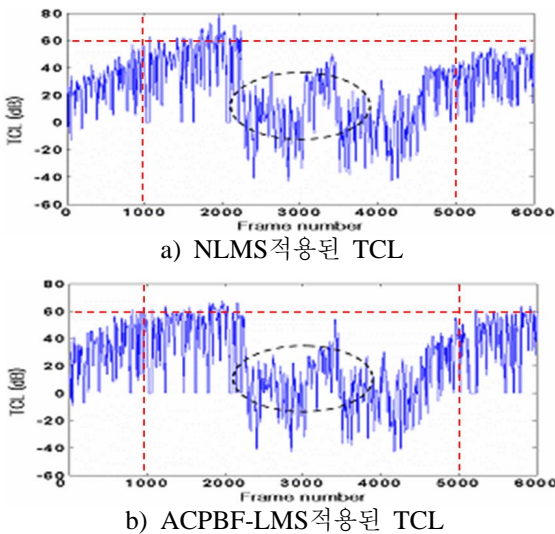


그림 3. NLMS와 ACPBF-LMS의 TCL 비교

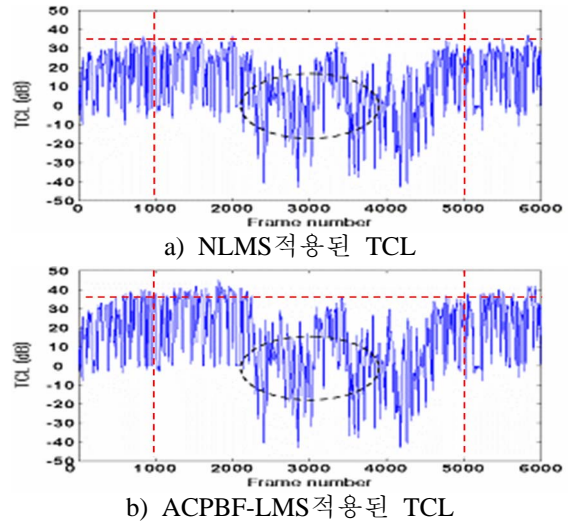


그림 4. 배경 잡음 레벨을 적응필터 스텝 사이즈에 적용한 TCL 비교(배경잡음 레벨 이득값: 30dB)

IV. 실시간 구현

제안된 음향반향제거기의 실시간 구현은 ARM사의 ARM9EJ-S Core를 이용했다. Fixed C AEC 코드와 어셈블리 코드를 중심으로 사용한다. 최소 프레임 지연은 80샘플로 배수 단위로 가능한 구조를 하며 프레임의 에너지에 따라 다르게 변하는 가변 Q포맷을 사용한다. 3 stage radix-2 FFT 사용하며 미래 프레임에 중첩계산되는 값을 미리 저장하여 사용한다. 다중 축척에 적합한 구조로 재배열 한다. 적용에 민감하지 않은 파라미터의 곱은 쉬프트 연산으로 대체한다. 복잡도 감소 방법으로는 스텝 크기 조절기의 저 복잡도 알고리즘 적용과 DSP 기능의 인스트럭션 사용, 핸드어셈블리 코딩 방법을 이용했다.

V. 결론

ACPBF-LMS를 이용하면 적응필터 계수를 부블록(Sub-block)단위로 나누어 FFT를 이용하여 필터링하는 구조를 사용할 수 있고, 부블록단위로 필터가 중첩계산되는 것을 조절함으로써 낮은 복잡도를 갖는 음향 반향 제거기를 구현할 수 있다. 제안된 반향 제거기는 약 50dB의 TCL을 갖는다. 또한 적응필터의 스텝 사이즈를 배경잡음 레벨의 값으로 이 때의 배경잡음의 이득 값을 30dB로 했을 때 본 논문에서 제안된 것을 이용하면 이용하지 않은 것보다 TCL 값이 5dB 더 좋아짐을 확인할 수 있었다. 실시간 구현은 ARM9EJ-S Core를 기반으로 수행되었다.

* 본 연구는 한국 과학재단의 특정 기초연구사업(과제번호 R01-2003-000-11620-0) 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] Farhang-Boroujeny, B, "Partitioned block LMS adaptive filters." *IEEE Transactions on Signal Processing*, Nov. 1996: 2865-2868.
- [2] Farhang-Boroujeny, B. Adaptive Filters theory and applications.1998. *John Wiley&Sons* Publisher.
- [3] Koen Eneman, "Subband and Frequency-Domain Adaptive Filtering Techniques for Speech Enhancement in Hands-free Communication." *PhD thesis*, Katholieke Universiteit Leuven, March 2002
- [4] Koen Eneman and Marc Moonen, "Iterated Partitioned Block Frequency-Domain Adaptive Filtering for Acoustic Echo Cancellation." *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, vol. 11, no.2, pp. 143-158, March 2003.