

## 적응필터와 음성구간 검출을 이용한 소음감소

정의필

컴퓨터·정보통신공학부

### <요약>

본 논문은 소음과 음성이 섞인 신호에서 소음을 효과적으로 제거하여 음질개선을 도모하는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 실제 산업현장에서의 음성과 소음이 섞인 신호를 LMS 알고리즘을 이용한 적응필터와 음성신호에 적합한 저주파 대역필터를 통과시킨다. 이 신호를 음성구간과 비음성구간을 검출하는 알고리즘에 적용하여 비음성구간의 소음을 제거함으로써 음질을 개선하였다.

## Noise Reduction using Adaptive Filter and Voice Interval Detection

Uipil Chong

School of Computer Engineering & Information Technology

### <Abstract>

We propose the new system which consists of adaptive filter using least mean square algorithm, lowpass filter(LPF) and part of voice interval detection in order to improve voice quality by reducing the noise components in the industry fields. The mixed signal with voice and noise is passed through the adaptive filter to remove the background noise of the original input signal. We removed the high frequency noise components by passing through LPF. Finally, we could obtain the good quality of voice from the proposed system close to original voice by removing the noise between the voice intervals.

## I. 서론

산업현장에서는 심한 소음으로 인하여 작업원들간 또는 지시자와 작업원간의 의사소통에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이러한 소음 및 잡음이 심한 환경에서의 정확한 정보 교환 능력은 산업안전 및 생산성 향상과 직결되므로 소음이 심한 환경에서 서로간의 의사전달을 용이하게 할 수 있도록 음성 수신에 있어서 음질개선이 필요하다.

잡음의 크기가 크고 계속적으로 변하는 잡음 환경에서 시스템이 최적상태에서 동작하도록 주변환경의 변화에 따라 시스템이 계속적으로 적응해야 할 필요가 있다[1]. 따라서, 소음제거방법으로 마이크로폰에 전달되는 신호로부터 소음을 제거하기 위하여 적응필터의 출력신호와 마이크로폰에 전달된 신호와의 오차를 최소화하는 LMS(Least Mean Square) 알고리즘을 적용하였다[2-4].

사람의 음성신호는 보통 2000Hz 이하이므로 그 주파수 이상의 신호는 저주파 대역필터를 사용하여 제거할 수가 있다. 기존의 소음제거 방법으로 적응필터 앞에 저주파 대역필터를 통과시키는 방법이 제안되기도 했는데 이는 입력되는 소음의 상관관계가 낮은 상태에서 적응필터를 거치게 되어 비효율적이므로 적응필터 뒤에 저주파 대역필터를 삽입하는 방법을 본 논문에 적용하였다.

적응필터의 출력신호가 저주파 대역필터를 통과하면 소음이 많이 감소하게 된다. 이 신호에서 음성이 시작되는 부분은 시간영역에서 신호의 크기가 갑자기 증가하므로 이 지점을 음성이 시작되는 시점으로 정하고 신호의 처음부터 음성이 시작되기 직전까지의 평균값과 모든 구간을 비교해 평균값의 일정 배 이하면 비음성구간이라 판단하는 음성구간과 비음성구간 검출 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 적응필터와 LMS 알고리즘에 관한 설명을 하고, III 장에서는 본 논문에 사용된 저주파 대역필터에 관하여 설명한다. 그리고 IV 장에서 음성구간 검출 및 비음성구간 소음을 제거하는 알고리즘을 설명하고, V 장 및 VI 장에서는 실험결과와 결론을 맺는다.

## II. 적응필터와 LMS 알고리즘

2개의 입력신호를 가지는 일반적인 적응필터 구조는 그림 1과 같다.

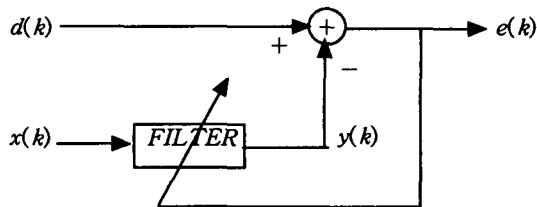


그림 1. 일반적인 적응필터 구조

그림 1에서  $x(k)$ 는 기준입력신호인 소음1이고,  $d(k)$ 는 음성과 소음2가 합해진 주입력 신호이다.  $e(k)$ 는 주입력신호( $d(k)$ )와 적응필터의 출력신호( $y(k)$ )의 차신호이다. FILTER는 N-tap FIR(Finite Impulse Response) Filter를 사용하였다.

적용 알고리즘은 구조가 간단하고 계산 량이 적어 효율적으로 구현할 수 있는 LMS 알고리즘을 사용하였으며 입출력은 다음과 같이 표현된다.

$$e(k) = d(k) - y(k) \tag{1}$$

오차추정신호,  $e(k)$ 를 최소화하기 위하여 LMS 알고리즘을 적용하면 수식(2)와 같은 결과를 얻는다[5].

$$W(k+1) = W(k) + \delta \cdot e(k) \cdot X(k) \tag{2}$$

수식 (2)에서  $W(k)$ 는 적응필터의 계수벡터이고,  $X(k)$ 는 적응필터의 입력신호벡터이며  $\delta$ 는 적응상수(step size)이다.  $E [ e^2(k) ]$ 를 최소화시킴으로서 적응필터가 최적 값으로 수렴하게 되므로  $y(k)$ 는 소음2신호를 근사적으로 추정하게 되고 입력음성신호에 근사한 출력신호  $e(k)$ 를 얻을 수 있다.

### III. 저주파 대역필터(Lowpass Filter)

사람의 음성은 일반적으로 2000Hz 이하라는 관점에서 적응필터를 통과한  $e(k)$ 를 LPF를 통과하면 저주파 성분의 음성은 남아있고 고주파 성분의 노이즈가 제거되어 음성신호와 배경잡음의 일부가 섞인 신호( $k(k)$ )를 얻을 수 있다.

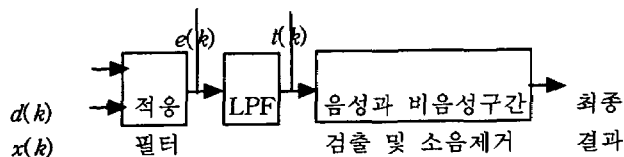


그림 2. 제안된 소음제거 시스템

본 논문에 사용된 LPF는 필터계수 20, passband의 편차 0.02, stopband의 편차 0.008, transition band의 중간 값을 2000Hz로 설정하였다.

기존에 제안된 방법들은 주로 LPF를 통과한 후 적응필터를 통과하므로 소음1과 소음2의 상관관계를 낮게 만들어 적응시스템의 효율이 낮았으나, 그림 2와 같이 본 논문에서는 먼저 적응시스템을 통과한 후 LPF를 통과시킴으로서 음질개선의 정도를 높였다.

#### IV. 음성구간 검출 및 비음성구간 소음제거 알고리즘

그림 2로부터 LPF를 통과한 신호  $x(k)$ 는 다음의 방법으로 음성 및 비음성구간을 검출하고 비음성구간의 소음을 제거한다.

먼저  $x(k)$ 의 (+) 부분의 data는 0으로 만들고 (-) 부분의 data는 절대값으로 대체하여 그 결과를  $g(k)$ 로 정의한다.  $g(k)$ 의 data를 일정한 data간격(본 실험에서는 data를 300개씩 묶음)으로 묶은 후 각각의 평균값을 구해서 전후로 서로 비교를 한다. 이때 갑자기 값이 증가하는 지점(본 실험에서는 이전의 평균보다 1.8배 이상 증가한 지점)을 음성이 시작되는 지점으로 판단하고 data의 처음부터 이 지점까지의 평균을  $g(k)$ 에서 구한 후 이 평균값의  $a$ 배 보다 작은 data값을 가지는 부분은 비음성구간이라 판단하고  $x(k)$ 에서 이 구간의 data값을 0으로 만들어 최종신호를 얻었다( $a$ 는 소음1과 소음2의 상관관계와 이전에 묶었던 data 개수에 따라 달라질 수 있는데 본 실험에서는  $a$ 를 1.2로 했을 경우 효율적으로 비음성 구간이 검출되었다).

#### V. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 소음제거 방법을 실제 화력발전소의 터빈소음과 변전소의 변압기 소음을 대상으로 하고 음성으로는 순 모음('아이우에오')과 유/무성음('울산대학교')이 소음에 혼합된 예를 들었다.

그림 3(a)는 고주파 성분이 많이 존재하는 화력발전소의 터빈소음의 주파수 특성을 나타내고 그림 3(b)는 저주파 성분이 많이 존재하는 변전소의 변압기소음의 주파수 특성을 나타낸다.

실험에 사용된 음성신호 및 기기의 소음신호는 22050Hz로 샘플링 되고 16비트로 양자화되었다.

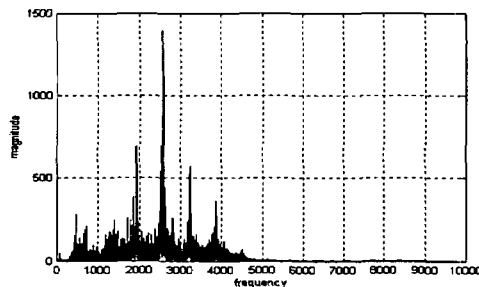


그림 3(a). 터빈소음을 FFT한 결과

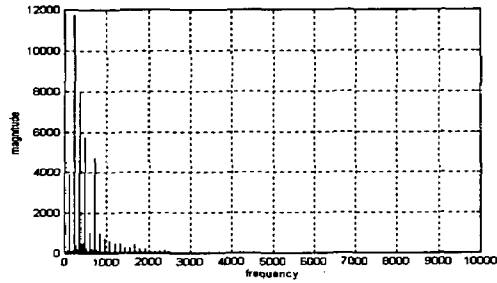


그림 3(b). 변압기소음을 FFT한 결과

그림 4(a)는 순수한 음성신호인 '아이우에오' 이고, 그림4(b)는 '울산대학교' 이다.

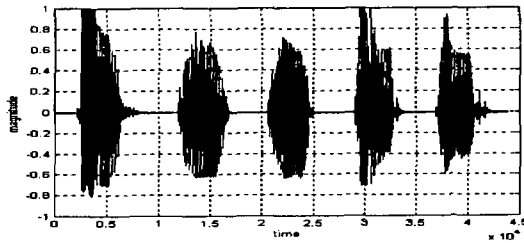


그림 4(a). 음성신호('아이우에오')

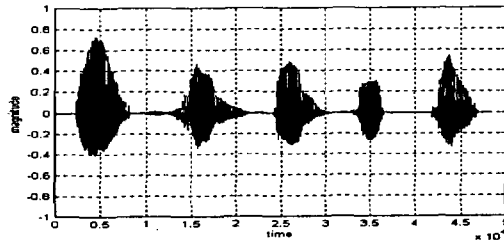


그림 4(b). 음성신호('울산대학교')

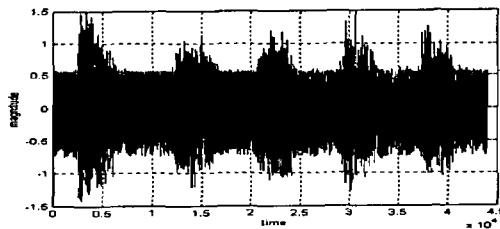


그림 5(a). 음성과 터빈소음이 섞인  
주입력 신호

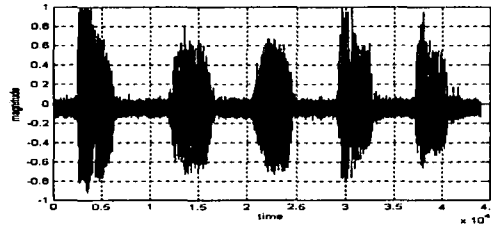


그림 5(b). 적응필터를 통과한 신호

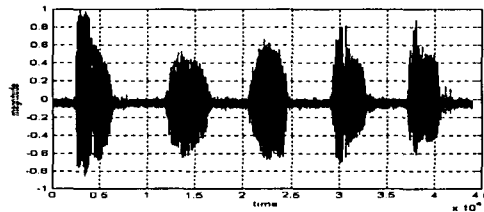


그림 5(c). 저주파 대역필터를 통과한 신호

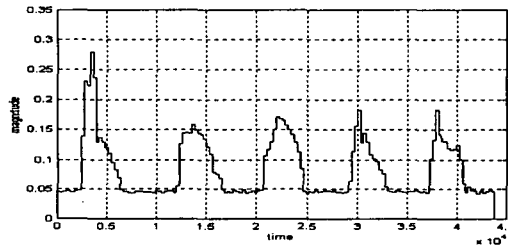


그림 5(d). data를 300개씩 묶어서 평균한 결과

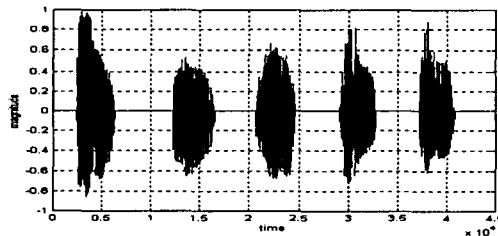


그림 5(e) 최종결과

그림 5(a)는 음성과 터빈소음이 혼합된 신호를 나타내고, 그림 5(b)는 적응필터 탭수를 5, 적응상수  $\delta$ 값을 0.005, 소음1과 소음2의 상관관계를 0.995로 적응필터를 통과한 결과이다. 그림 5(c)는 적응필터를 통과한 후 LPF를 통과한 결과를 보인다. 그림 5(b)에 비해서 소음 성분이 좀 더 감소된 것은 고주파 성분의 소음신호를 제거했기 때문이다. 그림 5(d)는 음성구간과 비음성구간을 검출하기 위하여 data를 300개씩 묶어서 평균한 결과이다. 그림 5(e)는 LPF를 통과한 신호에 비음성구간의 소음을 제거한 최종 결과이다.

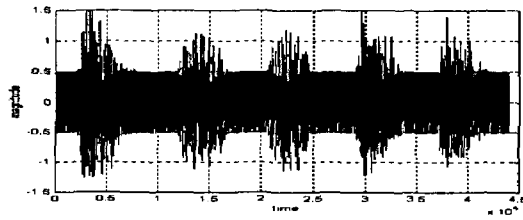


그림 6(a). 음성과 변압기 소음이 섞인 주입력 신호

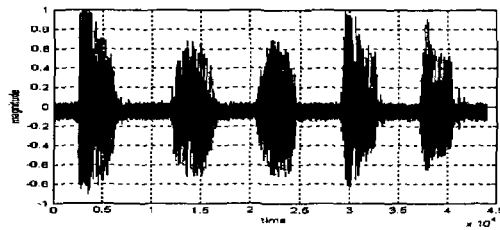


그림 6(b). 적응필터를 통과한 신호

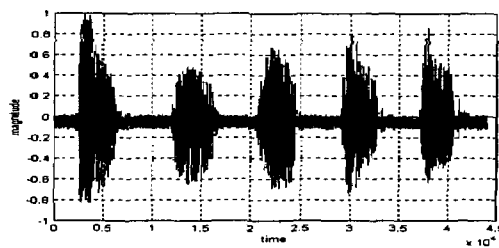


그림 6(c). 저주파 대역필터를 통과한 신호

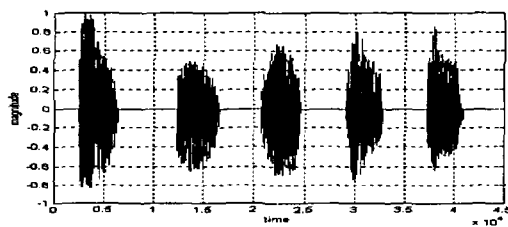


그림 6(d). 최종결과

그림 6의(a), (b), (c), (d)는 음성('아이우에오')과 변전소의 변압기소음이 혼합된 신호를 대상으로 제안된 방법을 적용한 결과이다.

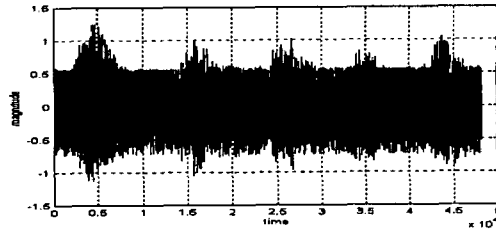


그림 7(a). 음성과 터빈 소음이 섞인  
주입력 신호

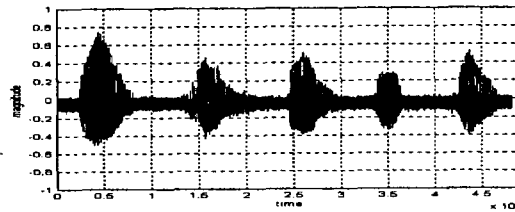


그림 7(b). 적응필터를 통과한 신호

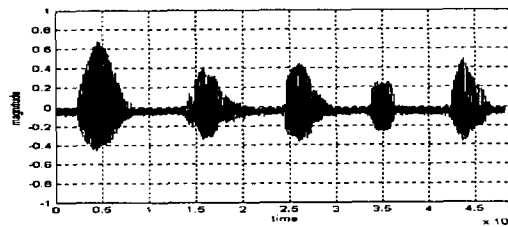


그림 7(c). 저주파 대역필터를 통과한 신호

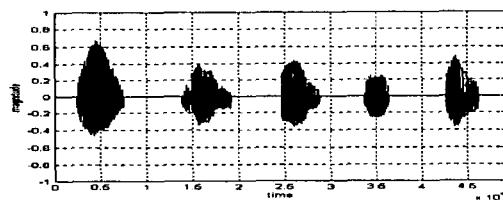


그림 7(d). 최종결과

소음과 유/무성음이 혼합된 예로서 그림 7의 (a), (b), (c), (d)는 음성('울산대학교')과 화력발전소의 터빈소음이 혼합된 신호를 대상으로 제안된 방법을 적용한 결과이다.



## VI. 결 론

본 연구에서는 먼저 소음이 섞인 음성신호를 적응필터에 통과시켜 소음을 1차 적으로 제거하였다. 사람의 음성신호는 보통 2000Hz 이하인 점에 착안하여 적응필터 출력신호를 저주파 대역 필터에 통과시켜 고주파 대역의 잡음을 제거한 후 음성구간과 비음성구간을 검출하여 비음성구간의 잡음을 제거함으로써 음질을 개선하였다. 실제 적용 예로서 부하(load) 90%에서 고주파 성분이 많은 화력발전소의 터빈소음과 저주파 성분이 많은 변전소의 변압기소음을 대상으로 본 연구에서 제안한 방법으로 실험한 결과 원래의 음성신호에 가까운 신호를 얻을 수 있었다.

본 연구에서 제안한 방법은 소음 원이 다른 자동차소음과 선박소음에 대해서도 효율적인 소음제거를 할 수 있으리라 기대된다. 향후 소음 원으로부터 두 개의 마이크로폰까지 전달되는 시간지연에 따른 소음간의 상관관계 등에 대한 연구가 있어야 하겠다.

## 참고문헌

1. M.R. Sambur, "Adaptive noise cancelling for speech signals," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol.ASSP-26, pp.419-423, Oct. 1978.
2. B. Lee, M. Lee, K. Kim, G. Jeong, "Implement-ation of an Active Noise System for Improvement of Noise Environment in a Ship," The Journal of The Acoustical Society of Korea, vol. 17, no. 2, pp.18-24, 1998.
3. 김대경, 김은섭, 박장식, 손경식, "입력음성신호에 대해서 강건한 적응잡음제거 알고리즘과 DSP를 이용한 하드웨어 구현," 한국음향학회지 16권 8호, pp.42-49, 1997년.
4. B. Widrow et al, "Adaptive noise cancelling: principles and applications," Proc. IEEE, Vol. 63, pp. 1692-1716, Dec., 1975.
5. B. Widrow and S. D. Stearns. Adaptive Signal Processing. Prentice-Hall.Englewood Cliffs. N.J., 1985.