

적용필터를 이용한 음성신호의 잡음제거

김 제 우, 은 종 관  
한 국 과 학 기 술 원

Enhancement of Noisy Speech Based on Adaptive Filtering

J. W. Kim and C. K. Un  
KAIST

I. 요약

본 논문에서는 음성신호에 섞인 잡음을 효과적으로 제거하기 위해 Two-sided Transversal Filter를 이용하는 방법을 제시하였다. 이 방법은 기존의 방법과는 달리 신호의 단기자기상관관계(short-term auto-correlation)를 충분히 이용하기 위해 적응 필터의 입력으로, 지연된 신호뿐만 아니라 미래의 신호도 이용하도록 하였다. 이 결과 음성신호에 섞인 잡음(백색잡음, 유색잡음)을 아주 효과적으로 제거함을 알 수 있었다.

II. 서론

음성신호는 여러경로를 통하여 잡음에 노출되어 있으므로, 음성신호에 섞인 잡음을 제거하는 것이 중요한 과제로 되어왔고, 여러가지 연구결과가 발표되었다[1, 2, 3, 4, 5]. 이 결과 유색잡음에 대해서는 비교적 효과적으로 잡음을 제거할 수 있지만, 백색잡음에 대해서는 아직 효과적인 방법이 많이 연구되어 있지 못하다. 그의 한 방법으로 Sambur [5]의 pitch추출에 의한 장기자기상관관계를 이용한 방법이 있으나, 구조의 복잡함에도 불구하고, 많은 난점들을 포함하고 있다. 본 논문에서는 구조가 상당히 간단하고 효과적인 잡음제거 방법으로 Two-sided Transversal Filter를 사용하는 방법을 제시하였다.

III. 알고리즘

Two-sided Transversal Filter의 구조는 그림1의 브릭도와 같다. 입력신호  $x_n$  과 residual 신호  $e_n$  사이의 전달함수를  $H(z)$ 라 하면,

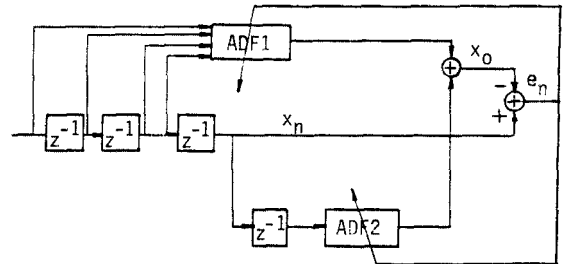


그림1. Two-sided Transversal Filter의 브릭도.

$$H(z) = 1 - \left( \sum_{i=1}^N b_i z^{-i} + \sum_{i=1}^M a_i z^i \right) \quad (1)$$

M: ADF1의 필터 계수의 수

N: ADF2의 필터 계수의 수

로 주어 지므로 입력신호  $x_n$  은 residual 신호  $e_n$  을 pole-zero 필터를 거친 출력과 같다. 이는 음성신호를 excitation신호가 pole-zero 필터를 통과한 것으로 modeling 한 것과 같으므로 ADF2 만을 이용하여 all-pole modeling 한 것 보다 정확하게 modeling 된 것임을 알 수 있다. 필터 계수  $a_i$  와  $b_i$  는 다음과 같이 구해진다.

$$a_{i+1,n} = a_{i,n} + \mu_1 x_1 e_n \quad (2)$$

$$b_{i+1,n} = b_{i,n} + \mu_2 x_2 e_n$$

여기서

$$a_{i,n} = [a_1, a_2, \dots, a_M]^T$$

$$b_{i,n} = [b_1, b_2, \dots, b_N]^T$$

$$e_n = x_n - x_0$$

$$x_1 = [x_{n+1}, \dots, x_{n+M}]^T$$

$$x_2 = [x_{n-1}, \dots, x_{n-N}]^T$$

$$0 < \mu_1 < \frac{2}{\lambda_{1,max}}, \quad 0 < \mu_2 < \frac{2}{\lambda_{2,max}}$$

$\lambda_{1,max}$ : maximum eigenvalue of  $R_{x1} = [x_1 \ x_1^T]$

$\lambda_{2,max}$ : maximum eigenvalue of  $R_{x2} = [x_2 \ x_2^T]$

#### IV. 잡음 제거 방법

##### 1. 백색잡음

백색잡음을 제거하는 방법은 그림2와 같은 구조를 가지며 이 경우는 음성신호의 단기 자기상관관계를 이용하여, 백색잡음을 제거한다.

##### 2. 유색잡음

유색잡음은 그림3과 같은 구조(6)로 제거할 수 있다. 이 경우는 음성신호가 없고 잡음만 있는 부분에서 잡음의 상관계수를 구해 이계수를 이용하여 유색잡음을 제거한다.

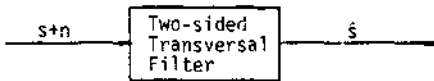


그림2. 백색잡음 제거의 블록도.

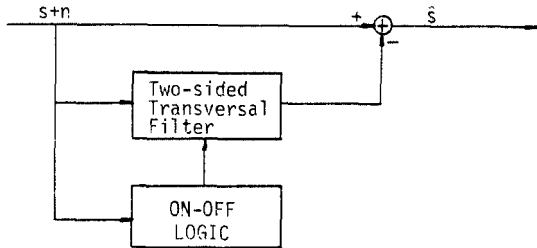


그림3. 유색잡음 제거의 블록도.

#### V. Simulation 결과

표1은 백색잡음을 제거하여 신호대 잡음비 (SNR)을 향상시킨 결과를 보이고, 표2는 유색잡음을 제거한 경우를 나타낸다. 여기서 N은 forward filter, backward filter의 각각의 계수를 나타낸다. 그림4는 SNR이 5 dB인 백색잡음을 제거한 그림이며, 그림5는 SNR이 5dB인 유색잡음을 제거한 그림이다.

#### VI. 결론

이상에서 보는 바와 같이 Two-sided Transversal Filter로 신호의 단기자기상관관계를 이용하여 잡음을 제거하는 방법이 간단한 구조로 좋은 결과를 가져올 수 있다. 또한 이방법은 백색잡음, 유색잡음 각각에 대해서 잘 동작하며, 그림2와 그림3의 구조를 잘 조합하면 백색잡음과 유색잡음이 혼합된 잡음에서 효과적인

으로 동작할 수 있다.

표1. 백색잡음의 제거

SONR (dB) \ tap 수	0.7	5.7	10.7
N = 4	6.0	8.9	10.9
N = 8	6.4	9.0	10.9
N = 16	6.5	9.1	10.8

표2. 유색잡음의 제거

SONR (dB) \ tap 수	2.5	6.1	10.6
N = 4	6.4	7.9	11.3
N = 8	12.4	14.5	15.7
N = 16	12.0	15.5	16.1

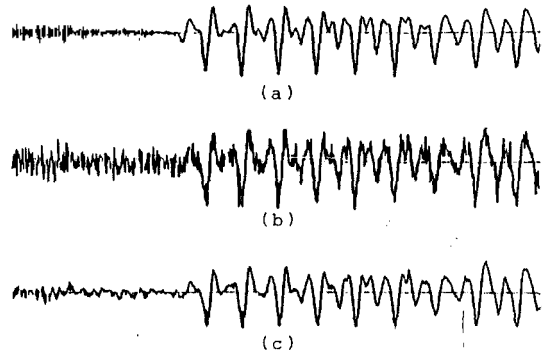


그림4. 백색잡음의 제거

- (a) Clean speech
- (b) Noisy speech
- (c) Enhanced speech

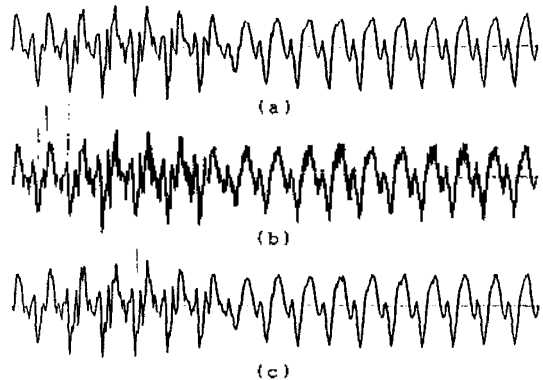


그림5. 유색잡음의 제거

- (a) Clean speech
- (b) Noisy speech
- (c) Enhanced speech

#### 참 고 문 헌

- [1] S.F. Boll, "A spectral subtraction algorithm for suppression of acoustic noise in speech," IEEE ICASSP, pp. 200-203, 1979.

- [2] J.S. Lim, "A spectral subtraction algorithm for suppression of acoustic noise in speech." IEEE Trans. ASSP, vol. ASSP-26, pp. 471-472, Aug. 1978.
- [3] J.W. Ketchum and J.G. Proakis, "Adaptive algorithms for estimating the suppressing narrowband interface in PN spread-spectrum systems," IEEE Trans. on Commun., vol. COM-30, pp. 913-924, May 1982.
- [4] B. Widrow et al., "Adaptive noise cancelling: Principles and Applications," IEEE Proc. vol. 63, No. 12, Dec. 1975.
- [5] M.R. Sambur, "Adaptive noise cancelling for speech signals," IEEE Trans. ASSP, vol. ASSP-26, No. 5, Oct. 1978.
- [6] L. Hoy et al., "Noise suppression methods for speech applications," IEEE ICASSP, pp. 1133-1136, 1983.