

주파수 차감법을 이용한 음향 궤환 제거

류원석, 박장식*, 김대경*, 손경식
부산대학교 전자공학과, *동의공업대학 영상정보과

Acoustic Feedback Cancellation Using Spectral Subtraction

Won-Seok Ryu, Jang-Sik Park*, Dae-Kyung Kim*, Kyung-Sik Son

Dept. of Electronics Engineering, Pusan National University

* Dept. of Visual Technologies, Dong-Eui Institute of Technology

e-mail : errorkis@hyowon.cc.pusan.ac.kr

Abstract

An acoustic feedback canceller has some problems that are difficult to remove the acoustic feedback through acoustic feedback path. In this paper, a new method of acoustic feedback cancellation scheme is proposed using spectral subtraction. Microphone input signals are subtracted by estimated feedback signals which are estimated by Wiener filter using the correlation between microphone input signals and output signals of receiver.

I 서론

일반인과는 달리 청각 장애인들은 보청기 (hearing aids)를 통해 외부로부터의 신호를 보청기 마이크로폰으로 받아들여 증폭시켜서 보청기 수신기를 통해 듣게 된다. 그러나, 보청기 수신기의 출력신호가 궤환 경로를 통해서 마이크로폰으로 다시 입력되어

증폭되는 현상이 발생하여 귀에 거슬리는 소리 즉, 하울링(howling)를 발생한다. 보청기에서의 음향 궤환(acoustic feedback)은 지속적으로 존재하고 성가신 문제이다. 사용자는 더 큰 이득(gain)을 요구하는 반면 큰 이득 시스템을 불안정하게 한다. 이런 이유로 이득은 제한된다. 음향 궤환을 제거함으로써 이득을 증가시키게 된다. 음향궤환을 제거하는 기술은 이득제한방법(gain limitation), 낫치 필터(notch filter)를 이용한 방법 주파수 천이(frequency modulation), 그리고 적응 궤환 제거(adaptive feedback cancellation) 등으로 분류할 수 있다[1][2].

본 논문에서는 주파수 차감 알고리즘[4][5]을 이용하여 음향 궤환 제거를 위한 새로운 방법을 제시한다. 제안하는 방법은 근사화된 Wiener 필터를 사용해서 궤환 신호가 입력되는 마이크 신호와 수신기의 출력 신호 간의 상호상관을 이용하여 반향 신호를 추

정한다. 시뮬레이션을 통해서 음향 케환 성분인 하울링이 제거됨을 보였다.

II. 음향 케환 제거기

1. 음향 케환

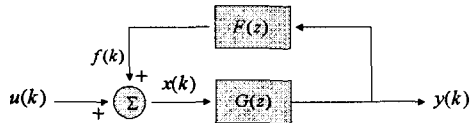


그림 1. 음향 케환의 블록도

Fig. 1. Block Diagram of Acoustic Feedback

보청기에 있어서 음향 케환은 보청기 수신기의 음향신호가 케환 경로를 통해 보청기 마이크로폰으로 되돌아 감으로써 발생한다. 케환은 보청기 수신기의 진동에 의해 수신기 통로와 보청기 외벽을 통해서 마이크로폰으로 케환되는 기계적 케환과 통풍구(vent)와 보청기 외벽과 귀사이의 틈을 통해서 마이크로폰으로 케환되는 음향적 케환이 있다. 대부분의 경우 통풍구가 주요한 음향 케환 경로가 된다[2]. 통풍구의 주파수 특성에 있어서 감쇠가 적은 공진 주파수에 해당하는 신호가 증폭기에 의해 공진함으로써 귀에 거슬리는 소리를 발생한다.

그림 1은 보청기 증폭기와 케환을 나타낸다. $H(z)$ 는 전체적인 케환 경로를 나타내며, $G(z)$ 는 보청기의 요구되는 이득을 표시한다. 이 시스템의 전달함수는 $G(z)/(1-G(z)H(z))$ 이다. 만약 시스템이 $|G(z)H(z)| > 1$ 이고 $\angle G(z)H(z) = m360^\circ$ (m : 정수)일 때 이 시스템은 불안정하게 된다. 이때 공진이 발생하여 보청기의 기능이 저하된다. 따라서 케환되는 음향은 쉽게 입력음향에 가까운 크기가

되어 공진하게 된다. 문제는 케환 경로의 몇몇 좁은 주파수 대역에서 20 dB 만큼 적은 감쇠가 일어나는 것이다[1].

기존의 음향 케환 제거기는 음향 케환에 의한 공진을 $u(k)$ 에서 적응 notch 필터가 감지하여 정상적인 동작을 멈추고 스위칭을 통하여 케환 경로의 입력을 LMS 알고리즘으로 모델링해서 음향 케환을 제거하는 방법이었다[1]. 그러나 LMS 알고리즘으로 모델링을 할 때 초기에 알고리즘이 수렴하지 않으면 시스템이 계속해서 불안정한 상태로 남아 있을 수 있다[3].

2. 제안하는 음향 케환 제거기

본 논문에서는 주파수 차감법을 이용한 음향 케환 제거 방법을 제안한다. 그림 2는 제안하는 음향 케환 제거기의 구조이다. $u(k)$ 는 주변 잡음을 포함한 목표 신호이고 $f(k)$ 는 음향 케환 경로를 통해서 마이크로 입력되는 케환 신호이다. $y(k)$ 와 $v(k)$ 는 각각 마이크 입력 신호와 보청기의 출력신호이다. $X(e^{j\omega})$ 와 $Y(e^{j\omega})$ 는 추정 오차 신호와 마이크 입력 신호를 각각 FFT(fast Fourier transform) 한 것이다. 마이크 입력 신호와 추정 오차 신호의 상호 상관을 이용해서 식 (1)과 같이 케환 신호를 추정한다.

$$\hat{F}(e^{j\omega}) = \left(\frac{|X(e^{j\omega})||Y(e^{j\omega})|}{|X(e^{j\omega})|^2} \right)^{1/2} X(e^{j\omega}) \quad (1)$$

그리고 마이크 입력 신호로부터 추정한 케환 신호를 빼주므로써 목표 신호를 구할 수 있다. 식 (1)에서의 추정 오차 신호와 마이크 입력 신호 사이의 상호 상관은 케환 경로를 추정하는 것이다.

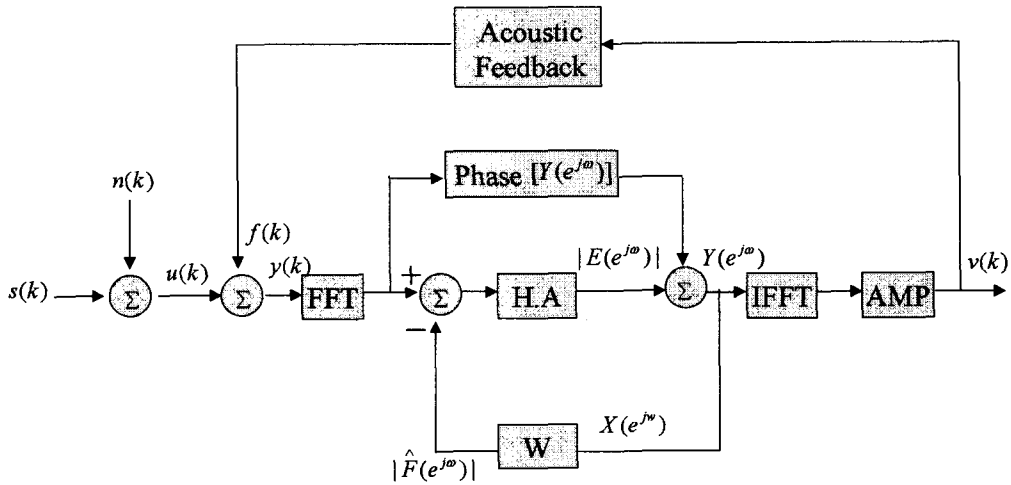


그림 2. 음향쇄환제거 시스템의 블록도

Fig. 2. Block Diagram of Acoustic Feedback Cancellation System

III. 시뮬레이션 결과 및 고찰

시뮬레이션을 위해서 음성신호는 8 kHz로 표본화된 목음 신호이고, 잡음 신호는 정규 분포된 백색 가우시안 잡음(white Gaussian)을 사용하였다. 구간처리를 통해서 필터를 구현했으며 증폭기의 최대 이득값을 구했을 때 14~15dB 까지의 이득값을 주어 음향쇄환이 제거되었고 15dB를 넘는 이득값을 주면 다시 음향쇄환이 발생하였다. 그림 3(a)는 시스템의 입력 $u(k)$ 로 들어가는 잡음이 포함된 신호이고, 그림 3(b)는 입력신호와쇄환 신호의 합인 $y(k)$ 이고, 그림 3(c)는 음향쇄환 제거를 하지 않았을 때의 출력 $v(k)$ 를 나타내고, 그림 3(d)는 제안하는 주파수 차감을 한 음향쇄환 제거기의 출력 $v(k)$ 이다. 본 실험에서는 음향쇄환이 0.18초에서 발생했다고 본다. 그림 4는 음향쇄환이 있을 때 시스템 출력을 주파수영역에서 분석한 결과이다. 그림 5는 음향쇄환

제거를 했을 경우 출력의 주파수 영역에서의 분석이다. 음향쇄환이 제거되기 시작하는 0.6초 이후의 주파수 분석을 나타낸다. 음향쇄환이 거의 제거되었음을 알 수 있다. 시뮬레이션을 통해 제안하는 음향쇄환 제거기의 성능이 기존에 소개된 LMS 계열 [1][2]의 제거기 보다 최대이득 측면에서 3dB 정도 높다는 것을 알 수 있고, 음향쇄환이 제거되었음을 알 수 있다. 그러나 음향쇄환의 제거와 동시에 제거 후의 잔여잡음이 다소 남아 있다.

IV. 결론

음향쇄환 제거기는 수신된 신호의쇄환으로 인해서 시스템이 계속해서 불안정 상태가 되는데, LMS 계열의 알고리즘으로는 초기에 수렴을 못하면 시스템이 계속해서 불안정 상태로 될 단점이 있는데, 본 논문에서 제안한 근사화된 Wiener 필터를 사용하

면 위 문제를 해결할 수 있고, 기존의 LMS[1]를 사용한 음향제거 방식에서는 증폭기의 최대이득이 11.3dB를 넘으면 음향 제한이 발생을 한 반면 본 논문에서는 14dB까지 최대 이득을 올려도 음향 제한이 제거됨을 보여 기존에 사용했던 방식에 비교해서 약 3dB 정도 최대 이득이 높아짐을 보였다. 그러나 근사화된 Wiener 필터를 사용해서 음향 제한을 제거하면 음향 제한은 제거되는 반면 음악성 잡음이 생긴다. 이 잔여 잡음 제거는 해결해야 할 문제로 남아 있다. 음악성 잔여 잡음은 주파수 차감법의 고유 문제이므로 잔여 잡음을 제거하기 위해서는 주파수 차감 방법을 개선해야 한다.

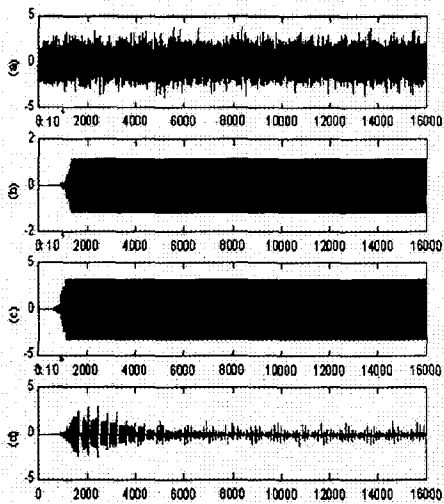


그림 3. 증폭기의 최대이득이 14dB일때 주파수 차감으로 제한 제거한 결과
Fig. 3. Results of spectral subtraction when maximum gain of the amplifier is 14dB

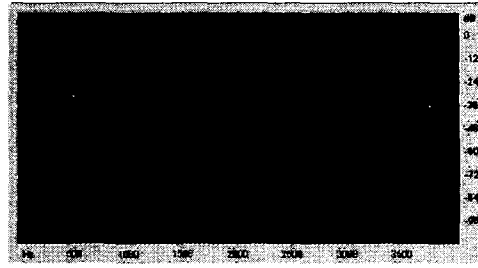


그림 4. 그림 3(c)의 주파수 분석
Fig. 4 Frequency response of Fig. 3(c)

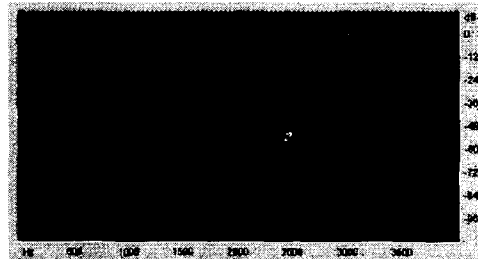


그림 5. 그림 3(d)의 주파수 분석
Fig. 5. Frequency response of Fig. 3(d)

참고 문헌

- [1] J. A. Maxwell and P. M. Zurek, "Reducing acoustic feedback in hearing aids," *IEEE Trans., Speech, Audio, Processing*, vol. 3, No. 4, pp. 304-313, July, 1995.
- [2] J. M. Kates, "Feedback cancellation in hearing aids: results from a computer simulation," *IEEE Trans., Signal Processing*, vol. 39, No. 3, pp. 553-562, Mar. 1991.
- [3] S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*. Englewood Cliffs, NJ Prentice-Hall, pp. 194-240, 1996
- [4] M. H. Hayes, *Statistical Digital Signal Processing and Modeling*, Wiley, pp.391-492, 1996.
- [5] J. S. Lim, *Speech Enhancement*, Englewood Cliffs, NJ Prentice-Hall, pp.113-120, pp.130-158, 1983