

Projection 알고리즘을 이용한 스테레오 반향신호 제거기에 관한 연구

이준구*, 차경환**, 심동연***, 김천덕***

* 부경대학교 대학원 음향진동공학과

** 동서대학교 전자기계공학부

*** 부경대학교 공과대학 전기공학과

A Study for the Stereo Echo Canceller Using the Projection Algorithm

(Jun-Ku Lee*, Kyung-Hwan Cha**, Dong-Youn Sim***, Chun-Duck Kim***)

요 약

스테레오 반향신호 제거기에 있어서 두 입력 스테레오 신호 사이에는 높은 상호상관으로 인하여 적응필터의 수렴특성이 저하된다. 실제 화성통화 회의시스템의 경우, 입력 스테레오 신호 사이에는 환경의 변화 등에 의하여 미소하게 상호상관이 변하게 되지만 기존의 적응 알고리즘으로는 이러한 미소 변화에 빠르게 적응하지 못하여 반향신호 제거량이 충분하지 못하다.

본 연구에서는 스테레오 반향신호 제거기에 상호상관의 미소한 변화를 강조할 수 있는 Projection 알고리즘을 이용하였다. 실제 화성통화 회의시스템을 구성하여 녹음한 음성신호에 대하여 시물레이션을 행하여 LMS, NLMS 알고리즘과 비교·평가 하였다.

1. 서 론

TV회의 시스템 또는 화성회의 시스템에 있어서 반향신호 제거기에 관한 연구는 모노시스템에 관하여 주로 연구되어 왔으나 보다 현장감 있는 통화를 위하여 스테레오 시스템에 관한 연구로 진행되고 있다. 스테레오 시스템은 청취자에게 상대편 방에서 누가 이야기하는 자에 대한 분리된 공간적 정보를 제공할 수 있기 때문이다.

스테레오 반향신호 제거기에서 입력되는 스테레오 신호 사이에는 높은 상호상관이 있게 되며, 이 상호상관으로 인하여 적응필터의 계수

는 실제의 분리된 전달함수에 수렴하지 못하여 수렴특성이 열하되는 큰 문제점을 가지고 있다 [1][2].

또한 실제 화성통화 회의시스템에서, 화자가 이야기 하는 동안에 마이크로폰으로 입력되는 스테레오 신호사이의 상호상관은 미소하게 변화하게 되지만 기존의 적응 알고리즘에서는 이러한 미소한 변화를 충분히 활용하지 못하여 적응필터의 수렴특성은 크게 향상되지 못한다.

본 연구에서는 이런 상호상관의 미소한 변화를 효과적으로 강조할 수 있는 Projection 알고

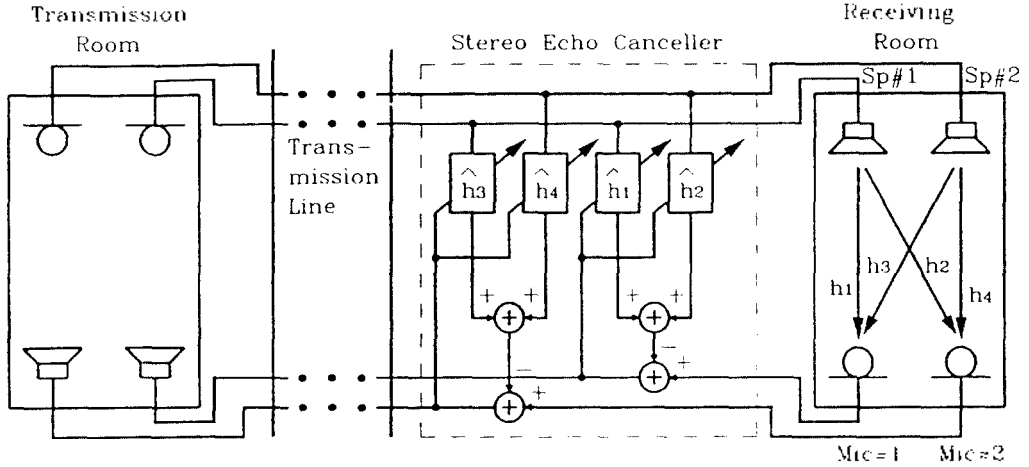


그림 1. 스테레오 확산통화 회의시스템에 적용시킨 스테레오 반향신호 제거기의 구성도

리즘을 스테레오 반향신호 제거기에 이용하였다. 적응필터의 수렴특성은 기존의 LMS, NLMS 알고리즘과 비교하였으며, 스테레오 신호는 실제의 확산통화 회의시스템을 구성하여 녹음한 실제 반향신호를 사용하였다.

2. 스테레오 반향신호 제거기

그림 1에 스테레오 확산통화 회의시스템에 적용된 스테레오 반향신호 제거기의 구성을 나타내었다. 전송중의 화자가 이야기한 신호는 전송선로를 따라서 수신룸의 스피커로 출력되며, 각각 h_1 , h_2 , h_3 , h_4 네 개의 전달경로를 가진 반향성분이 두 개의 마이크로폰으로 다시 입력되며, 다시 전송경로를 따라서 전송룸의 스피커로 출력되게 된다. 이때 전송룸의 화자는 자신이 했던 이야기를 일정한 시간 지연후에 조금은 왜곡된 형태로 다시 듣게 되어 통화의 품질을 떨어뜨리게 된다.

여기서 그림 1과 같이 적응필터를 이용한 반향신호 제거기를 추가하여 h_1 , h_2 , h_3 , h_4 의 각각의 전달경로를 추정하여 전송룸으로 전송되는 신호 중에서 반향성분의 신호만을 제거시켜서 통화의 품질을 향상시키게 된다.

그러나, 수신룸의 스피커 출력신호 사이에는 높은 상호상관을 가지고 있으므로 h_1 , h_2 , h_3 , h_4 에 대한 추정값 \hat{h}_1 , \hat{h}_2 , \hat{h}_3 , \hat{h}_4 는 직

확하게 수렴하지 못하여 식용필터의 수렴특성은 나빠지게 된다.

실제 확산통화 회의시스템의 경우, 화자의 움직임, 화자의 변화 등 여러 가지 환경적인 요인에 의해 전달함수가 변하는 것처럼 상호상관은 미소하게나마 변하게 되며, 반향신호 제거기는 이러한 미소한 변화로 인하여 시간이 지날수록 수렴특성은 조금씩 향상되지만, 그 속도가 매우 느리고, 수렴특성도 원하는 양만큼 충분하지는 않다.

따라서 이러한 상호상관의 미소한 변화를 효과적으로 강조하거나 극대화시킬 수 있는 Projection 알고리즘을 반향신호 제거기에 이용하였다.

3. Projection 알고리즘을 이용한 스테레오 반향신호 제거기

그림 2에 스테레오 입력신호 사이의 상호상관에 의해 결정된 부분공간을 3차원적인 평면으로 나타내었다.

$k-1$ 의 시간까지 입력신호의 상호상관이 일정하였다면 결합된 스테레오 신호의 벡터는 $x(k-1)$, $x(k-2)$, $\dots \in S$ 의 상호상관에 의해 결정된 부분공간에 존재하게 된다. k 의 시간에 상호상관이 변화하였다면 또한 $x(k)$, $x(k+1)$, $\dots \in S'$ 의 상호상관에 의해 결합된 부분공간에 존재하게 된다. 여기서

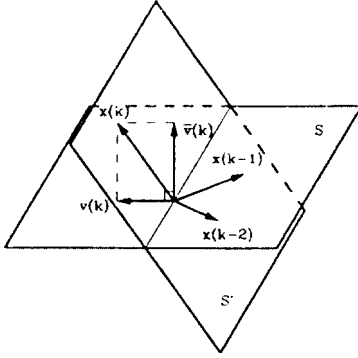


그림 2. 상호상관에 의해 결정된 부분공간의 3차원적 표현

S 평면에 존재하는 $v(k) \in S$ 를 가정하고,

$$x(k) = v(k) + \bar{v}(k) \quad (\bar{v}(k) \perp S) \quad (1)$$

를 만족하는 $\bar{v}(k)$ 를 가정하면

$$\bar{v}(k) = x(k) - v(k) \quad (2)$$

즉 $x(k)$ 에서 $v(k)$ 를 제거시킴으로써 S 평면과 수직인, S 평면의 상호상관계는 전혀 관계가 없는 $\bar{v}(k)$ 를 구할 수 있게 된다.

이것을 이용하면 Projection 알고리즘을 이용한 적응 알고리즘의 계수 갱신식은 다음식으로 된다[3].

$$\hat{h}(k+1) = \hat{h}(k) + \alpha \Delta \hat{h}(k) \quad (3)$$

$$\Delta \hat{h}(k) = \beta_1(k)x(k) + \beta_2(k)x(k-1) + \dots + \beta_p(k)x(k-p+1) \quad (4)$$

여기서 α 는 scalar step size ($0 < \alpha < 2$) 이고 p 는 Projection의 차수이며, $\beta_1(k), \beta_2(k), \dots, \beta_p(k)$ 는 $\alpha = 1$ 일 때 $\hat{h}(k+1)$ 이 다음의 식을 만족하기 위한 값으로 결정된다[4].

$$\begin{aligned} \hat{h}^T(k+1)x(k) &= y(k) \\ \hat{h}^T(k+1)x(k-1) &= y(k-1) \\ &\vdots \\ \hat{h}^T(k+1)x(k-p+1) &= y(k-p+1) \end{aligned} \quad (5)$$

식 (4)와 식 (5)를 스테레오 반향신호 제거기의 적응필터 계수 갱신식으로 이용하기 위하여 NLMS 알고리즘을 갱신시키면

$$\begin{aligned} \hat{h}(k+1) &= \hat{h}(k) + \frac{\mu X(k)e(k)}{X^T(k)X(k) + \delta I} \\ &= \hat{h}(k) + \mu[\beta_1(k)x(k) + \beta_2(k)x(k-1) \\ &\quad + \dots + \beta_p(k)x(k-p+1)] \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} [\beta_1(k), \beta_2(k), \dots, \beta_p(k)]^T \\ = [X(k)^T X(k) + \delta I]^{-1} e(k) \end{aligned} \quad (7)$$

이 된다. 여기서

$$X(k) = [x(k), x(k-1), \dots, x(k-p+1)]$$

$$e(k) = y(k) - X(k)^T \hat{h}(k) + n(k)$$

$$= [e(k), (1-\mu)e(k-1),$$

$$\dots, (1-\mu)^{p-1}e(k-p+1)]^T$$

$$x(k) = [x(k), x(k-1), \dots, x(k-L+1)]^T$$

$$y(k) = [y(k), y(k-1), \dots, y(k-p+1)]^T$$

$$n(k) = [n(k), n(k-1), \dots, n(k-p+1)]^T$$

μ : scalar step size ($0 < \mu < 2$)

δ : small positive constant

이다.

4. 시뮬레이션

Projection 알고리즘을 이용한 스테레오 반향신호 제거기의 수렴특성을 알아보기 위하여 먼저 그림 3과 같이 실제 확산통화 회의시스템을 구성하였다.

그림 3의 (a)처럼 전송로를 구성한 뒤 2채널 DAT(Digital Audio Tape Recorder)를 이용하여 화자의 이야기를 스테레오로 녹음하였다. 그리고 그림 3의 (b)와 같이 수신로를 구성하여 2채널 DAT로 녹음한 스테레오 신호를 두 개의 스피커로 출력한 뒤, 8채널 DAT에서 4채널을 이용하여 스피커 출력신호 두 개와 마이크로폰 입력신호 두 개를 동시에 녹음하여 스테레오 반향신호 제거기의 시뮬레이션을 행하였으며 그 결과를 그림 4에 나타내었다.

이상 향상되었음을 알 수 있다.

5. 결 론

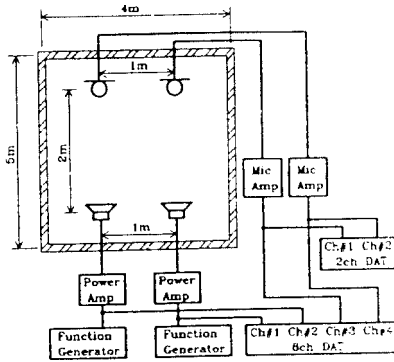
실제 스테레오 확산통화 회의시스템에서, 입력 스테레오 신호 사이에는 높은 상호상관을 가지고 있으며, 환경의 변화에 따라 미소하게 상호상관도 변하게 된다.

Projection은 알고리즘은 이러한 상호상관의 변화를 효과적으로 강조하여 바뀌기 이전의 상호상관을 제거시킬 수 있음을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

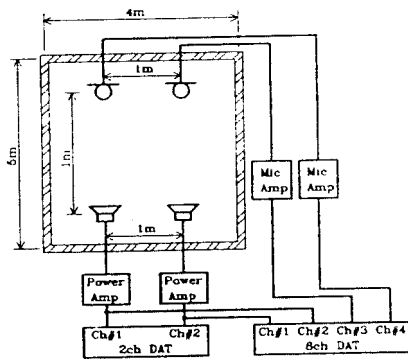
실제 확산통화 회의시스템에서 녹음된 반향신호에 대하여 실험한 결과 Projection 알고리즘은 LMS와 NLMS 알고리즘보다 수렴속도와 수렴특성이 모두 향상되었음을 확인하였다.

[참고문헌]

1. Y. Mahieux, A. Gilloire, and F. Khalil, "Annulation D'echo en Teleconferences Stereophonique," EUSIPCO 93(1993)(in France)
2. A. Hirano, A. Sugiyama, Y. Arasawa, and N. Kawayachi, "DSP Implementation and Performance Evaluation of A Compact Stereo Echo Canceller", ICASSP94, pp.245-248, 1994.
3. S. Shimauchi and S. Makino, "Stereo echo cancellation algorithm using imaginary input-output relationships," Proc. ICASSP96, pp.941-944, May 1996.
4. S. Makino, J. Noebauer, Y. Haneda, and A. Nakagawa, "SSB subband echo canceller using low-order projection algorithm," Proc. ICASSP96, pp.945-948, May 1996.



(a) Transmission Room



(b) Receiving Room

그림 3. 시뮬레이션을 위한 측정시스템의 구성도

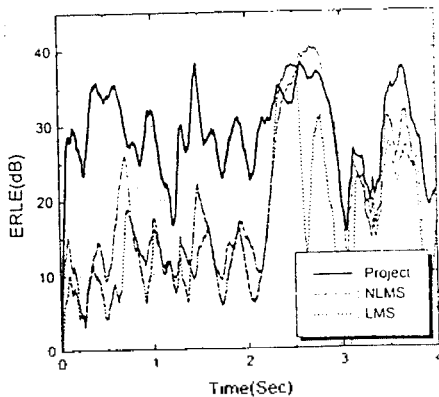


그림 4. 시뮬레이션 결과

LMS, NLMS 알고리즘으로 스테레오 반향신호 제거기를 구성한 경우와 Projection 알고리즘의 차수를 8로 하였을 때의 결과를 비교하였다. 그 결과 Projection 알고리즘을 이용하였을 경우 수렴속도도 빨라지며, 수렴특성도 10dB