

스테레오 반향신호 제거기에서 입력 스테레오 신호사이의 상호상관과 적응필터의 수렴에 관한 연구

이준구*, 차경환**, 심동연***, 김천덕***

* 부경대학교 대학원 음향진동공학과

** 동서대학교 전자기계공학과

*** 부경대학교 공과대학 전기공학과

A Study for the Cross-Correlation Between Stereo Input Signals and Convergence of Adaptive Filter in the Stereo Echo Canceller.

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

요 약

스테레오 반향신호 제거기에 있어서 입력 스테레오 신호 사이에는 높은 상호상관을 가진다. 이러한 상호상관으로 인하여 스테레오 반향신호 제거기 구성시, 적응필터에서 분리된 전달함수를 정확하게 분리해 낼 수 없게 되고, 반향신호의 제거량이 충분하지 못하여 반향신호 제거기의 성능을 저하시키게 된다.

본 연구에서는 기존의 선형 결합 구조를 이용한 적응필터를 스테레오 반향신호 제거기에 응용하여 입력 스테레오 신호사이의 상호상관을 바꾸어 주게 되면, 반향신호의 제거량이 증가되는 것을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

1. 서 론

최근 음성신호를 매체로한 통화 전송시스템은 초고속 다중 정보통신망을 이용한 고품질 통화를 목표로 광범위하게 발전되고 있다. 음성 정보 통신망에서 대표적으로 확성통화 회의시스템, TV회의 시스템은 산업적 필요성에 따라 연구·개발되어 현재에는 그 실용화를 위한 연구가 진행되고 있다.

확성통화 회의시스템의 통화품질은 양측 회의실의 음향 전달계를 경유함으로써 생기는 반향신호의 제거량에 의해 결정된다[1].

반향신호 제거에 관한 연구는 1970년대 초에

아날로그 기술로부터 시작하여 디지털을 이용하는 시스템으로 바뀌었으며, 사용되는 알고리즘 또한 다방면으로 발전되고 있다.

더구나 모노시스템에 대하여 스테레오 시스템의 경우는 청취자에게 상대편 회의실에서 누가 이야기하는 지에 대한 분리된 공간적 정보를 제공하여 더욱 현장감있는 통화를 가능하게 하여 모노시스템에 대한 연구에서 스테레오 시스템으로 연구의 방향이 바뀌어 가고 있다.

그러나, 스테레오 반향신호 제거기에서, 입력되는 스테레오 신호 사이에는 높은 상호상관이

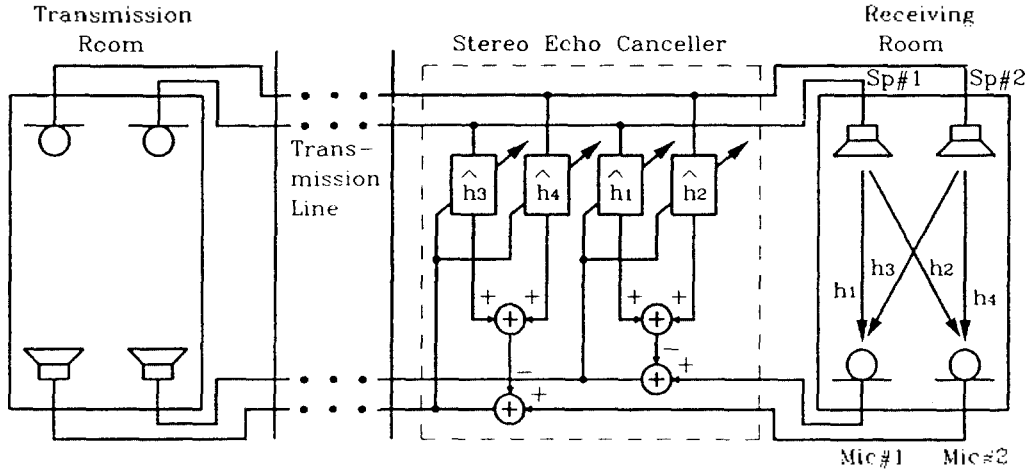


그림 1. 스테레오 확산통화 회의시스템에 적용시킨 스테레오 반향신호 제거기의 구성도

있게 되며, 이 상호상관으로 인하여 적응필터의 계수는 실제의 분리된 전달함수에 수렴하지 못하여 수렴특성이 나빠지게 되는 큰 문제점을 가지고 있다[2][3].

본 연구에서는 먼저 이러한 상호상관이 전달함수의 추정에 미치는 영향을 알아보고, 상호상관이 바뀌는 경우에 대하여 필터의 수렴특성 변화에 대하여 알아본다.

2. 스테레오 반향신호 제거기

2.1 스테레오 반향신호 제거기의 일반적 구성

그림 1에 스테레오 확산통화 회의시스템과 여기에 적용된 스테레오 반향신호 제거기의 구성도를 나타내었다.

전송룸에서 화자가 이야기한 신호는 전송선로를 따라서 수신룸의 스피커로 출력되며, 각각 h_1, h_2, h_3, h_4 네 개의 전달경로를 거친 반향성분이 두 개의 마이크로폰으로 다시 입력되며, 다시 전송선로를 따라서 전송룸의 스피커로 출력되게 된다. 이때 적응 필터는 각각의 전달경로를 추정하여 반향성분을 제거함으로써 통화의 품질을 향상시키게 된다.

2.2 스테레오 신호 사이의 상호상관의 효과

그림 1에서 수신룸의 1번 마이크로폰으로 입

력되는 반향신호에 대한 스피커와 마이크로폰 사이의 전달경로를 각각 h_1, h_2 라 하고, 이것을 추정해내는 적응 필터의 계수를 각각 \hat{h}_1, \hat{h}_2 라 하였을 때, 두 스피커에서 출력되는 신호사이의 상호상관에 의해 h_1 과 h_2 의 추정값은 그림 2와 같이 나타낼 수 있다.

여기서 \hat{h}_1 과 \hat{h}_2 는 입력신호의 상호상관에 의해 생성되는 부분공간(그림 2에서는 (h_1, h_2) 를 지나는 직선이라고 가정) 위의 한 점에 수렴하게 된다. \hat{h}_1 과 \hat{h}_2 의 추정이 원점에서부터 시작되었다면 \hat{h}_1 과 \hat{h}_2 는 원점에서 부분공간이 이루는 직선에 수직인 점 $(\hat{h}_{1a}, \hat{h}_{2a})$ 로 수렴하게 된다. 여기서 $(\hat{h}_{1a}, \hat{h}_{2a})$ 와 (h_1, h_2)

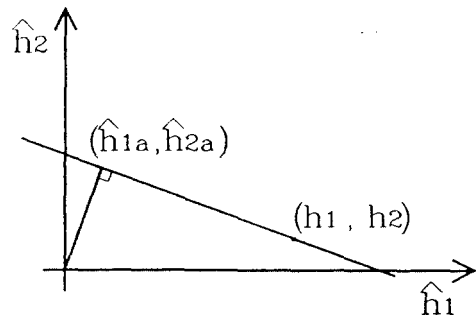


그림 2. 상호상관에 의한 적응필터 계수 추정의 2차원적 표현

사이의 오차에 의해 적응 필터는 완전히 수렴하지 못하여 반향신호를 충분히 제거하지 못하게 된다.

2.3 입력 스테레오 신호사이의 상호상관의 변화의 효과

적용 필터의 계수가 $(\hat{h}_{1a}, \hat{h}_{2a})$ 에 수렴한 후, 입력 스테레오 신호사이의 상호상관이 변하였을 경우, 변화된 상호상관에 의해 새로운 부분공간이 생기게 되고, 적응 필터의 계수는 다시 그림 3의 $(\hat{h}_{1b}, \hat{h}_{2b})$ 로 수렴하게 된다.

이때 $(\hat{h}_{1a}, \hat{h}_{2a})$ 와 (h_1, h_2) 에 비하여 $(\hat{h}_{1b}, \hat{h}_{2b})$ 와 (h_1, h_2) 사이의 거리가 더 가까워졌음을 알 수 있다. 즉 적응 필터의 계수가 실제의 전달함수와 더 가까워지게 되며, 반향신호의 제거량이 더 많아져서 수렴특성이 향상되게 된다.

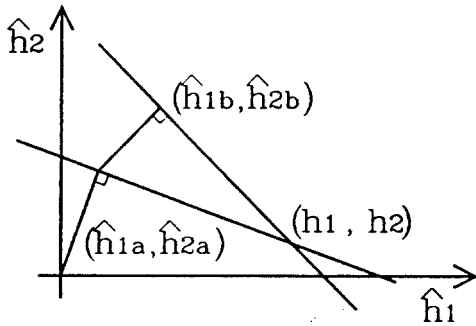


그림 3. 상호상관의 변화에 의한 추정계수의 변화

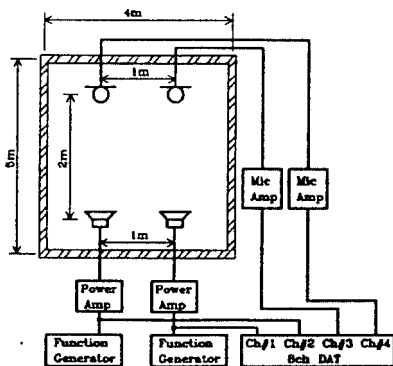


그림 4. 시뮬레이션을 위한 측정시스템의 구성도

3. 시뮬레이션

입력 스테레오 신호사이의 상호상관 변화가 적응 필터의 수렴특성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 다음의 3가지 경우에 대하여 시뮬레이션을 행하였다.

- ① 상호상관이 변하지 않는 경우
- ② 상호상관이 미소하게 변하는 경우
- ③ 상호상관이 급격하게 변하는 경우

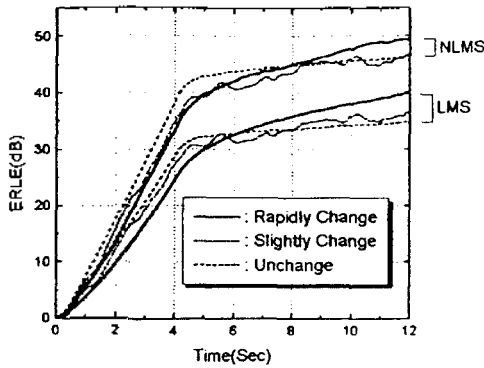
시뮬레이션에 사용된 실내의 전달함수는 그림 4와 같은 4m × 5m × 3m 크기의 실내에서 스테레오 확장용 회피시스템을 구성하여 측정하였으며, 상호상관에 변화를 주기 위하여 수신룸의 스피커 출력 신호를 다음의 3가지 경우로 하여 시뮬레이션을 행하였다.

- ① 백색잡음과 전송음의 전달함수를 콘볼루션하여 만든 두 개의 마이크로폰 입력신호
- ② 전송음의 한쪽 스피커로 실제 백색잡음을 출력하여 두 개의 마이크로폰으로 녹음한 신호
- ③ 백색잡음을 1초 간격으로 스피커와 마이크로폰 사이의 전달함수를 바꾸어 가면서 콘볼루션하여 만든 두 개의 마이크로폰 입력신호

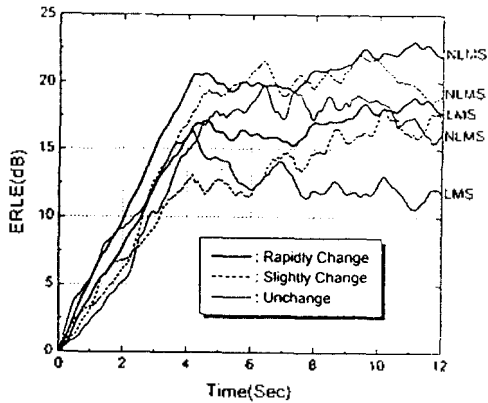
또한 음성에 대해서, 이러한 경향을 확인하기 위하여 음성의 반향신호를 이용하여 시뮬레이션 하였다.

샘플링 주파수는 12kHz로 하였으며, 콘볼루션에 사용된 전달함수의 길이는 512 샘플로 하였다. 반향신호 제거의 적응 알고리즘은 LMS 알고리즘과 NLMS 알고리즘을 사용하여 비교하였으며, 적응 필터의 차수는 512로 하였다.

그림 5 (a)에 백색잡음을 사용하였을 때 상호상관의 변화에 따른 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 상호상관이 변하지 않을 때(Unchange) 반향신호의 제거량은 일정한 값까지 수렴된 이후 거의 변하지 않음을 알 수 있다. 그리고, 상호상관이 미소하게 변하는 경우(Slightly change) 일정한 값까지 수렴이 된 이후에도 조금씩 미소한 수렴이 이루어짐을 알 수 있으며, 상호상관이 급격하게 변하는 경우(Rapidly change)는 수렴특성이 계속해서 향상되고 있음을 알 수 있다. 그림 5 (b)에는 음성의 반향신호에 대하여 시뮬레이션한 결과를 나타내었다. 음성 신호는 유색 잡음이므로 ERLE 값의 변동



(a) 백색잡음을 이용한 시뮬레이션 결과



(b) 반향 음성신호를 이용한 시뮬레이션 결과

그림 5. 상호상관의 변화에 따른 시뮬레이션 결과

이 생기고 백색잡음에 비하여 전반적인 ERLE 값이 약 25dB정도 떨어지지만 전체적인 경향은 백색잡음과 유사하다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

스테레오 반향신호 제거기에서 입력 스테레오 신호 사이에는 높은 상호상관을 가지고 있다.

상호상관이 일정하게 유지된다면 스테레오 반향신호 제거기의 적응필터는 일정한 값 이상 수렴하지 못하게 되고, 적응필터의 수렴특성은 열화 된다. 그러나 이 상호상관을 변화시켜 주게 되면 실제 전달함수와 적응필터 계수사이의

오차가 줄어들어 적응필터의 수렴특성이 향상됨을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 음성의 반향신호를 적용시켰을 경우에도 백색잡음에 비하여 ERLE 값은 떨어지지만 전체적인 경향은 같다는 것이 확인되었다.

그러나 LMS와 NLMS 알고리즘을 이용하였을 경우에는 이러한 상호상관의 변화를 충분히 이용하지 못하여 수렴시간이 매우 길게 된다. 따라서 이러한 상호상관의 변화를 충분히 이용할 수 있는 새로운 알고리즘의 개발이 필요하다.

[참고문헌]

1. D. Mitchell et al, "General Transmission Considerations in Telephone Conference Systems", IEEE Trans. On Communications Technology, Vol.16, No.1, pp.163, 1968.
2. Y. Mahieux, A. Gilloire, and F. Khalil, "Annulation D'echo en Teleconferences Stereophonique," EUSIPCO 93(1993)(in France)
3. 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.