

적응필터를 이용한 음성신호처리

김수용* · 지석근* · 박동진**

*군산대학교 · **국제디지털대학교

Speech Signal Processing using Adaptative Filter

Soo-yong Kim* · Suk-kun Jee* · Dong-Jin Park**

*Kunsan National University · **Gukje Digital University

E-mail : ksy8910@kunsan.ac.kr

요 약

오늘날, 우리는 어디엔가 언제나 무선기 통신 장치를 사용할수 있다. 때때로, 우리는 음향잡음환경에서 장치를 사용하였다. 그 음향잡음은 통신장치에서 많은 문제를 만들었다. 음향잡음환경에서는, 말은 음성신호와 잡음신호 양쪽에 신호를 포함하고, 받았기 때문에 깨끗한 정보를 받기위해 보낼수가 없었다. 디지털필터는 바른 신호를 얻기 위해 옮기는 잡음으로서 유용하였다. 방법의 하나는 자동적으로 맞추는 필터 파라미터로서 적응 잡음 망상조직으로 적응디지털필터를 사용하는 것이다.

본 논문은 두 적응필터 방법에 의하여 현실에서 음향잡음으로서 명료도 알고리즘의 번지라고 할 수가 있다. 하나는 두 입력 채널과 함께 적응잡음 망상조직이라 할 수 있고, 또 다른 것은 하나 입력 채널과 함께 스펙트럼 빼기 필터이다. 이 실험의 결과는 제안된 필터로부터 스펙트럼 진폭필터는 움직이지 않는 잡음은 효력이 있는 동안 움직이는 것을 줄이기 위해 사용되어지는 것은 적응잡음망상조직으로 보여준다.

ABSTRACT

Today, we can use radio communication device anywhere-anytime. Sometimes, we use the device in acoustic noise environment. The acoustic noise makes many problems in communication system. In acoustic noise environment, speaker cannot send clear information to receiver, because the received signal includes both speech signal and noise signal. A digital filter is useful to remove noise to get desired signal. One of methods is the adaptive digital filter using the adaptive noise canceller that automatically adjust filter parameters.

This thesis addresses articulation algorithms against actual acoustic noises by means of two adaptive filtering methods. One is the adaptive noise canceller with two input channels and another is the spectral subtraction filter with one input channel. The experimental result from the proposed filter shows that the adaptive noise canceller is useful to reduce the non-stationary noises, while the spectral amplitude filter is effective for stationary noises.

키워드

radio communication, noises, speech signal , noise signal, adaptive filtering,

1. 서 론

전기통신 기술의 진보는 나날이 더해가 이제는 유선의 제약을 받지 않아도 되는 무선 통신의 시대가 되었다. 오늘날 무선 통신기기의 확산으로 언제 어디서나 통신이 가능해지고, 또한 다양한 무선 통신 서비스의 제공으로 그 활용도는 더욱 커지고 있다. 그 활용 범위는 개인용, 상업용, 산업용, 군사용, 관공서용등 다양한 계층, 상황에서 활용되고 있다. 때로는 유/무선 통화가 심한 소음 환경 하에서 이루어 질 때가 있으며 그 예로, 이동 중인 차량 내에서의 통화 시 차량 소음, 산업 현장의 심각한 공장 소음, 공연장의 대중 소음, 비행장 주변의 항공기 소음, 그리고 재난 상황하의 심각한 소음 등의 경우들이다. 이러한 주변 소음으로 인해 통신 기기를 통하여 전하고자 하는 음성신호가 수신자에게 제대로 전달되지 못하는 음성신호의 왜곡 혹은 난청 상태가 만들어진다. 군중 속에서의 두 사람간의 대화는 큰 목소리로 말한다 하더라도 잘 들리지 않게 느껴지며, 아무도 없는 조용한 방에서 같은 크기로 말하면 시끄럽게 느껴지는 느낌이 드는 것은 바로 이 주변의 소음으로 인해 원하는 신호가 간섭을 받았기 때문이다[1][2].

잡음과 그것의 영향들에 관한 연구는 사용자와 통신기기의 제조자에게 중요하다. 단순한 통신기기 뿐만 아니라 최근의 음성인식에 관련한 기술에서도 잡음 환경 조건에서 얼마나 정확히 음성을 인식하느냐가 관건이 되기 때문이다[3][4][5]. 음성인식 시스템에 있어서 실제 환경 적용에서 인식 성능 저하의 가장 큰 요인으로 배경 잡음에 의한 음성 검출의 실패와 배경 잡음에 의한 음성 신호의 오염을 들고 있다.

이때 잡음 환경 하에서 음성 정보 전달시 함께 유입되는 잡음 신호를 최대한 억제하고 원하는 음성 정보 신호만을 전송 수 있도록 하는 연구가 활발히 진행되었고, 또한 계속되어지고 있다.

이러한 문제 해결을 위해 제시된 방안들 중의 하나가 잡음이 섞인 신호를 필터를 통하게 하여 원하는 신호만 통과시키고, 잡음 신호 성분을 차단하는 것이다. 신호와 잡음의 통계적 특성을 미리 알면 최적 필터를 설계하여 잡음을 제거할 수 있다. 그러나 불특정한 상황에서 잡음 신호의 특성은 항상 다르며, 시간에 따라 변화하기 마련이다. 이런 경우 고정적인 필터를 사용하는 것은 약간의 효과가 나타날지 모르나, 그것은 단지 필터 특성에 맞는 아주 특수한 잡음 상황인 경우일

뿐이다. 그러므로 불특정 상황의 잡음 환경 하에서도 그 신호의 특성에 적응하여 함께 유입된 잡음을 효과적으로 제거할 수 있는 필터가 필요하다.

미지의 잡음 환경에 적응하여 필터의 입출력을 통하여 얻은 신호 정보로부터 필터의 매개 변수를 자동적으로 적응시켜 원하는 특성으로 설정되도록 하는 필터를 적응 필터(Adaptive filter)라고 하는데, 이는 기존의 디지털 필터와 비교하면 특정한 잡음 환경에서 뿐 만 아니라, 신호들 간의 상관관계에 따라 필터의 계수가 스스로 조절되도록 적응시키는 것으로 대단히 효율적이다[6][7][8].

또한 신호의 초기 입력 성분을 잡음으로 간주하여 그 신호를 기준으로 잡음과 신호 성분을 추정하여 분리하고, 이를 통하여 잡음이 섞인 입력 신호에서 잡음을 제거하는 스펙트럴 차감(Spectral Subtraction) 알고리즘을 가지는 필터기법 또한 매우 유용하다[9][10][11].

잡음 제거 기술로 이용되는 일반적인 디지털 필터와 적응 알고리즘 기법을 이용한 적응 잡음 제거기 그리고 스펙트럴 차감 기법을 이용한 잡음제거기에 대해 기술하고, 그것들을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션으로 실험하여 그 효용을 보이고자 한다.

II. 음성 명료도 향상을 위한 잡음제거

2.1 디지털 필터를 이용한 잡음제거 기법

신호처리의 가장 기본적인 목적의 하나로 본래의 신호에 잡음이 첨가될 경우 주어진 측정신호로부터 본래의 신호를 찾아내는 것이다. 이 경우 관측된 신호에 어떠한 처리를 하여 그 중에서 필요한 성분만 추출해 내어야 하는데 이와 같은 처리를 필터링(filtering) 혹은 필터처리라고 한다. 또한 이러한 처리를 하는 장치를 일반적으로 필터라고 부른다. 특정한 성질의 결과를 얻기 위해서 이산신호를 처리하는 장치나 알고리즘을 설계하는 것은 디지털 신호처리의 중요한 분야이며, 이들 알고리즘이나 장치를 디지털필터(digital filter)라고 한다 [12][13]. 그림1은 디지털 신호처리 과정을 나타낸 것이다.

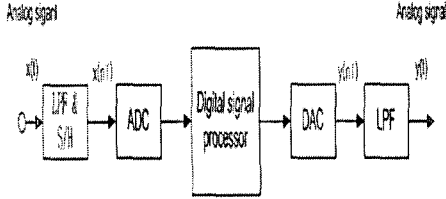


그림 1. 디지털 신호처리의 순서도

음성신호에 섞여 함께 유입된 잡음을 제거하기 위한 필터 설계에 있어서, 제거하고자 하는 잡음의 주파수 특성을 안다면 그 사양에 적합한 필터를 구현함으로써 잡음을 제거하는 것이 가능하다. 안정적이고 선형 위상 특성을 요구하는 경우에는 FIR(Finite Impulse Response) 필터를 사용하며, 주파수 영역에서 급격한 감쇄 특성을 요구하는 경우에는 IIR(Infinite Impulse Response) 필터를 사용하여 구현한다. 잡음이 섞인 음성신호에 있어서 잡음을 제거하는 처리 과정은 그림 2와 같다[14][15].

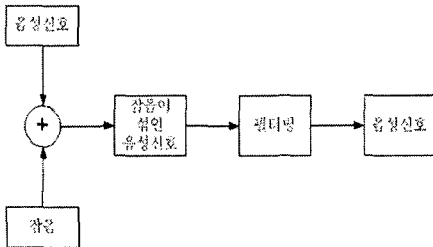


그림 2. 디지털 필터를 이용한 잡음제거 과정

2.2 적응 잡음제거 기법

배경 잡음에 의해 손상된 음성의 명료도 향상을 위한 잡음제거 기법으로 입력되는 신호에 따라 적절히 필터가 적응하여 동작되도록 하는 처리 기법은 고정적인 신호에 대해서만 필터링을 하는 것이 아니라 변화하는 잡음 환경에 효과적으로 잡음을 제거할 수 있다. 이러한 기법들은 단일 채널과 2 채널 그리고 다중 채널 음성 향상 기법으로 나뉘 수 있다. 본 논문에서는 잡음을 제거함으로써 음성 명료도를 향상시킬 수 있는 기법으로 2 채널 입력을 사용하는 적응 디지털 필터를 이용한 적응 잡음제거 기법을 소개하고, 단일 채널 입력을 사용하는 스펙트럼 차감 기법에 대해 기술한다[16].

III. 제안된 신호 적응형 잡음제거 필터 설계

3.1 적응잡음제거기(Adaptive noise canceller)

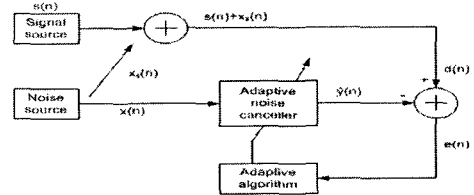


그림 3. 적응 잡음 제거 필터 블록다이아그램

그림 3은 적응 알고리즘을 이용한 적응 잡음제거 필터 처리 과정을 나타낸 것이다. 입력 신호는 두 개가 사용되어지며, 하나는 기준신호 입력이며, 다른 하나는 잡음이 섞인 음성신호이다. 여기서, 잡음원에서 발행된 잡음신호 $x_s(n)$ 은 신호 $s(n)$ 과 상관관계가 없으나, 기준 입력신호인 잡음 $x(n)$ 은 잡음신호 $x_s(n)$ 과 서로 상관관계를 갖는 것으로 가정한다. 즉, 신호원을 획명하는 음성신호라 하였을 때, 유입되고 있는 잡음신호가 시간에 따라 변화되고 있는가의 유무보다는 음성신호와와는 상관관계가 없는 신호인 경우에 잡음을 효과적으로 제거할 수 있는 것이다[17].

적응 잡음제거기를 FIR 필터로 구성하고 적응 알고리즘으로 NLMS 알고리즘을 사용하였으며, 시스템의 관계식들은 다음과 같다.

$$\hat{y}(n) = \sum_{k=0}^{N-1} W_k(n)x(n-k) \quad (1)$$

$$e(n) = y(n) - \hat{y}(n) \quad (2)$$

$$W_k(n+1) = W_k(n) + 2\mu e(n)X(n) \quad (3)$$

여기서,

$$X(n) = [x(n), x(n-1), \dots, x(n-N+1)]^T \quad (4)$$

$$W_k(n) = [W_0(n), W_1(n), \dots, W_{N-1}(n)]^T \quad (5)$$

μ 는 정규화된 LMS(NLMS)로 변환하기 위하여 식 (3.6)으로 대치된다.

$$\mu(n) = \frac{\mu}{N\sigma_x^2(n)} \quad (6)$$

실험을 위한 필터 설계에 있어서는 N은 필터 계수의 수로 (필터차수+1)로 구하며 31차 필터를 사용하였으며 N의 값은 32이다. 초기 μ 값은 0.2를 사용하였으며 입력 신호의 매 샘플마다 μ 값은 변화한다. 잡음이 제거된 깨끗한 음성을 얻게 되는 출력은 오차 신호의 출력 $e(n)$ 에서 얻는다.

3.2 스펙트럼 진폭 필터

스펙트럼 진폭 필터 블록다이어그램은 그림4와 같다.

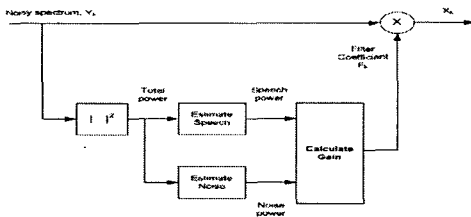


그림 4. 스펙트럼 진폭 필터 블록다이어그램

잡음이 섞인 음성신호는 필터에 입력되고, 이 시간 영역의 입력신호는 FFT에 의해 주파수 영역으로 변환되어진다. 변환되어진 모든 입력신호에 대하여 각각의 샘플들의 파워를 구하게 되고, 다음의 각각의 스펙트럼 차감 요소들을 거치게 된다.

IV. 제안된 실험의 결과 및 고찰

본 실험에서는 잡음 환경하에서 음성을 입력으로 하는 경우 음성의 명료도 향상을 위하여 잡음을 제거하는 기법을 가운데 NLMS 알고리즘을 이용한 적응 잡음제거기와 이득함수를 포함하는 스펙트럼 진폭 필터의 컴퓨터 모의실험을 Matlab을 사용하여 수행하였다. 실험에 사용된 음성신호는 샘플링 주파수를 8KHz로 하여 2.5초 동안 녹음한 "하나 둘 셋 하나 둘" 음성이다. 잡음으로는 심각한 잡음 환경으로 F-16 전투기 엔진 잡음을 사용하였으며 일상생활에서의 잡음으로 지하철에서의 바퀴 진동소리 그리고 자동차 실내에서 청취되는 잡음을 사용하였다.

본 논문에서 사용된 그림들의 구성은 첫 번째 그림은 깨끗한 음성신호를 나타낸 것이고, 두 번째

그림은 잡음이 섞인 음성신호이다. 마지막 그림은 잡음이 제거된 신호를 나타낸 것으로 각각의 신호를 또한 스펙트럼으로도 나타내어 비교할 수 있도록 하였다.

4.1 잡음제거 실험

4.1.1 적응 잡음제거기에 의한 잡음제거

그림 5은 음성 신호와 F-16 전투기 엔진 소리 잡음신호를 입력으로 하여 적응 잡음제거기 (Adaptive noise canceller: ANC)에 의해 잡음이 제거 되는 것을 보이고 있다. 그림 6는 각각의 신호에 대한 스펙트럼이다.

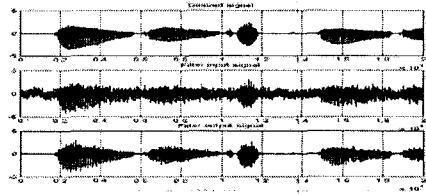


그림 5. ANC를 이용한 F-16전투기 엔진 잡음의 제거

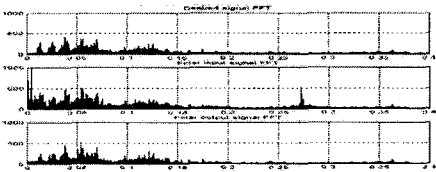


그림 6. ANC를 이용한 F-16전투기 엔진 잡음제거 스펙트럼

그림 7은 지하철 내에서 음성 통신기기 사용의 경우 음성과 함께 유입된 전동차 바퀴 진동 잡음을 제거한 처리 결과를 나타낸다. 그림 8를 보면 잡음신호가 넓게 퍼져있는 것을 알 수 있으나, 효과적으로 제거된 것을 보여준다.

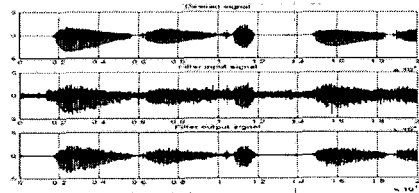


그림 7. ANC를 이용한 지하철 잡음의 제거

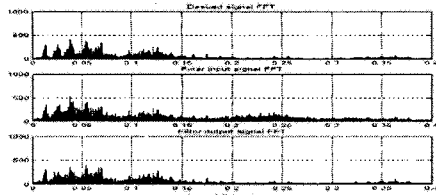


그림 8. ANC를 이용한 지하철 잡음제거 스펙트럼

그림 9는 자동차 실내에서 주행 중에 음성 통신 기기를 사용하는 경우 유입되는 자동차 엔진과 바람소리 등의 잡음 처리를 나타낸다. 그림 10에서 보여주듯이 대체로 자동차 잡음은 저역에서 형성되고 있으며, 저역에서 음성신호와의 상관관계로 인하여 약간의 신호가 손실되었다.

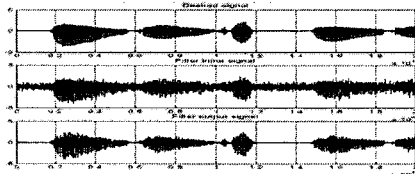


그림 9 ANC를 이용한 자동차 실내 잡음의 제거

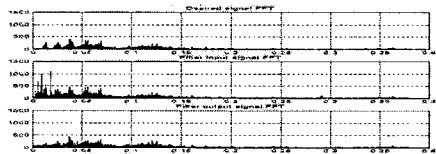


그림 10. ANC를 이용한 자동차 실내 잡음제거 스펙트럼

4.1.2 스펙트럼 진폭 필터에 의한 잡음제거

적용 잡음제거기와 동일한 음성과 잡음을 가지고 실험하였으며, 그림 11은 음성 신호와 F-16 전투기 엔진 소리 잡음신호를 입력으로 하여 스펙트럴 차감(Spectral Subtraction: SS)기법을 이용한 스펙트럴 진폭 필터에 의해 잡음을 제거하는 실험을 보이고 있으며, 초기 입력신호에는 잡음신호만이 존재한다. 그림 12은 각각의 신호에 대한 스펙트럼이다.

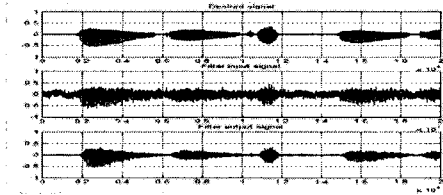


그림 11. SS를 이용한 F-16 전투기 엔진 잡음 제거

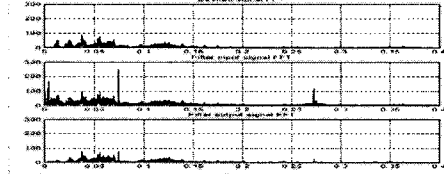


그림 12. SS를 이용한 F-16 전투기 엔진 잡음제거 스펙트럼

입력신호의 초기 일정 구간을 잡음으로 가정하고 음성과 잡음을 추정하므로 초기 잡음신호보다 큰 잡음신호 구간에 대해서는 음성으로 추정되어지는 오류가 생기므로 특정 부분에서 잡음신호가 남아 있는 것을 볼 수 있다.

그림 13는 지하철 잡음이 스펙트럴 진폭 필터에 의해 제거된 것을 보여준다.

그림 14은 지하철 잡음제거 스펙트럼을 보여준다.

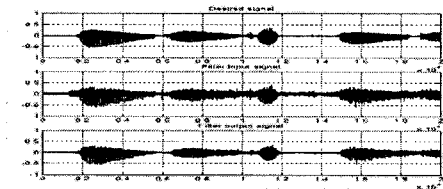


그림 13. SS를 이용한 지하철 잡음의 제거

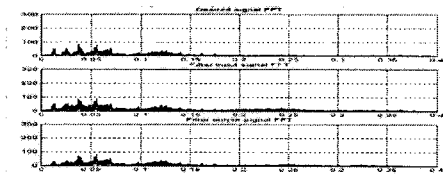


그림 14. SS를 이용한 지하철 잡음제거 스펙트럼

그림 15은 주행 중인 자동차 실내에서의 음성 통화시 유입되는 잡음제거를 보여주고 있다.

그림 16은 스펙트럼 진폭 필터를 사용하여 잡음 제거스펙트럼이 되는 것을 나타낸다.

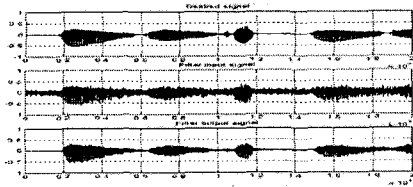


그림 15. SS를 이용한 자동차실내 잡음의 제거

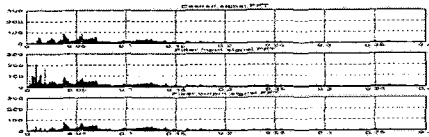


그림 16. SS를 이용한 자동차실내 잡음제거 스펙트럼

4.2 결과 및 고찰

적용 잡음제거기에 의한 잡음제거 실험에서 음성신호에 잡음신호가 섞여 유입되는 경우 잡음이 시간적으로 변화하더라도 기준입력으로 사용되는 잡음과 높은 상관관계를 유지하도록 하면 아주 효율적으로 잡음이 제거되는 것을 보였다. 즉, 기준 입력으로 사용되는 잡음원과 음성신호와 완전히 분리시킴으로써 아주 효율적으로 음성 명료도 향상을 기할 수 있으며, 이러한 필터는 심각한 잡음으로 오염되더라도, 분리된 잡음원을 얻을 수 있는 환경에서의 유용성이 매우 높다. 전투기 혹은 헬기 조종석에서 사용하는 음성 통신기와 같은 경우에 기준 입력을 엔진 잡음원에서 잡음신호를 입력받고, 입과 근접한 마이크를 통해 음성신호를 입력받는다면, 잡음으로 심각하게 손상된 음성신호가 잡음제거를 통하여 복원될 수 있다.

스펙트럼 진폭 필터에 의한 실험에서는 입력신호의 초기 샘플들을 기준 잡음으로 사용하였기 때문에 시간에 따라 변화하지 않는 잡음 환경에 대해서는 적용 잡음제거기와 같이 효과적인 잡음제거 성능을 보이나, 잡음신호가 시간에 따라 변화하는 경우 변화되는 시점 이후에는 올바른 잡음제거를 나타내지 못하였다. 그러나 단일 입력을 사용하는 Spectral amplitude 필터가 두 개의 입력을 필요로 하는 적용 잡음제거기보다 이동용/소형 통신기에 효과적으로 구현할 수 있으며, PTT(Push To Talk) 방식의 무전기 경우에는 지속적인 키(Key) 반복으로 기준 잡음을 갱신할 수 있게 되며, PTT 무전기의 평균 키 유지 시간이

약 10초 이내인 것을 감안하면, 매 입력마다 잡음이 적응신호처리에 의해 제거 될 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 음성을 입력으로 사용하는 통신기에 있어서 음성신호 전달시 함께 유입되는 주변의 음향잡음을 효과적으로 제거함으로써 음성 명료도를 향상 시키는 필터링 기법들에 대하여 논하였다.

디지털 필터의 계수가 고정된 경우에는 잡음의 특성을 잘 알고 있을 때 해당 잡음을 효과적으로 제거할 수 있으나, 음향잡음이 음성과 유사한 주파수 대역을 가지므로 단순히 잡음의 주파수 성분만을 고려한다면 심각하게 음성을 손상시키게 된다. 입력되는 신호에 적응하여 적절히 필터가 조정되어지는 신호 적응형 필터를 통한 잡음제거를 보였다. 적응 알고리즘을 이용한 적응 잡음제거기는 이러한 잡음에 대해 아주 효과적이며, 잡음신호가 변화하더라도 신호에 적응하여 잡음을 제거하는 것을 보였다. 그러나 각각의 입력에서 음성 신호원과 잡음원이 격리되어 서로 상관관계를 갖지 않게 하여야 하므로 휴대전화/소형 무전기에 사용하기에는 어렵다. 또 다른 방법으로 제안된 스펙트럴 진폭 필터는 일정한 잡음신호에 대해 효과적으로 잡음을 제거하지만 변화하는 잡음신호에 따라서는 적응적으로 잡음제거를 할 수 없으나, PTT 방식의 무전기처럼 짧은 시간동안 반복적으로 사용된다면 충분히 그 효과를 나타낼 수 있을 것이다.

그러나 통신시장의 흐름이 휴대전화와 TRS(Trunked Radio System)인 것을 감안하면, 단일 입력을 사용하며 실제 기기에 구현이 용이하고, 긴 시간 통화의 경우에 잡음신호가 변화하더라도 신호 환경에 적응하여 동작되는 효율적인 알고리즘이 계속적으로 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Eberhard Hänsler/Gerhard Schmidt, "Acoustic Echo and Noise Control A Practical Approach", John & Sons, 2004.
- [2] The Lenkurt Demodulator, "selected articles from The Lenkurt Demodulator", GTE LENKURT, p.597-606, 1971.

- (VOL.13, NO.12 DECEMBER, 1964)
- [3] 배정훈, "자동차 환경에서의 강인한 음성인식을 위한 끝점검출과 잡음 제거 기술", 고려대학교 석사학위논문, 2003
 - [4] 강선미, "잡음 환경하에서의 음성인식에 관한 연구", 서경대학교 산업 기술연구소 논문집3, PP 301-318, 1997
 - [5] 박형민, "음향 잡음 제거 및 잡음 음성 인식에 적합한 적응 필터 방법", 한국과학기술원 박사학위논문, 2003
 - [6] Gillian M. Davis, "Noise reduction in speech applications", Prentice Hall, 1998
 - [7] B.Farhang-Boroujeny., "Adaptive filters: theory and applications", Wiley, 1998
 - [8] 차태호, "음성신호의 잡음제거와 알고리즘에 관한 연구", 명지대학교 박사학위논문, 1998
 - [9] Hansler, E. "Acoustic echo and noise control", Jhon Wiley, 2004
 - [10] Bernard Widrow, Samuel D. Stearns, "ADAPTIVE SIGNAL PROCESSING", Prentice Hall, 1985
 - [11] 조기량, 조의주, 박영창, "잡음 섞인 신호의 해석과 잡음제거", 여수 대학교 논문집 vol.14 No.2 pp.253-256, 1999
 - [12] 한희일, "음성신호를 위한 적응 잡음제거기의 실시간 구현", 서울대학교 석사학위논문, 1986
 - [13] SAEED V. VASEGHI, "Advanced Digital Processing and Noise Reduction(Second Edition)", John Wiley & Sons, 2000
 - [14] 박옥진, "적응필터를 이용한 음성신호처리", 단국대학교 석사학위논문, 2000
 - [15] 우광방 외 공역, "디지털 신호처리", 청문각, 2001
 - [16] John Lane, Jayant Datta, Brent Karley, Jay Norwood, "DSP Filters", PROMPT, 2001
 - [17] C. Britton Rorabaugh, "DSP primer", McGraw Hill, 1998