

배경잡음하에서의 감음신경성난청과 정상청력자의 어음인지향상 연구

◦ 김 동욱, 김 인영, 윤 길원
삼성종합기술원 의료기기연구팀 의료전자 Lab.

Effects on the Speech Enhancement Algorithms for Sensorineural Hearing Impairment and Normal Listeners

◦ D. W. Kim, I. Y. Kim and G. W. Youn
Biomedical Engineering Center, Samsung Advanced Institute of Technology

ABSTRACT

Recent development of digital technology has offered new possibilities for noticeable advances of hearing aids. Using the digital technology, it is possible to equip hearing aids with powerful features such as multi-channel nonlinear compression amplification and the feedback cancellation, these are often difficult to implement with analog circuits. Still, speech in noise is one of the major complaints of not only hearing impaired persons but also normal listeners. This paper describes speech intelligibility in background noise for both normal and hearing impaired listeners. Speech enhancement algorithms were implemented and compared for normal and sensorineural hearing impairment listeners.

서 론

디지털 신호처리기술과 집적회로 설계기술의 발달로 기존 아날로그 방식에서 제기되는 여러 문제점들을 해결할 수 있는 방안이 제안되고 있다[1,2]. 이러한 연구는 기존에 아날로그 기술을 바탕으로 연구된 보청방식 외에 새로운 개념의 난청보상방법이 요구되며, 청각의 개념 또한 수동적인 의미에서 능동적인 청각(active hearing)으로의 연구확대와 더불어 청각신호처리(Auditory Signal Processing)의 도입이 필요하다는 것을 의미한다. 특히 소음환경에서 배경잡음을 줄여서 어음인지를 향상시키는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 현재 직접적인 향상방법으로는 방향성 마이크를 이용하여 적응필터를 사용하는 방법이 있으나 귀속형이나 고막형의 보청기에는 적용이 어렵다. 이제는 단순히 난청자들에게 증폭된 소리만 들려주는 단계에서 더 나아가 좀 더 나은 청각환경을 만들어 주는 것에 대한 연구가 진행되고 있다.[2,3]

난청자, 특히 감음신경성 난청자의 경우 배경잡음은 음성의 인지에 더 많은 장애를 준다. 음성의 특정요소나 잉여요소(redundancy of speech cues)가 부족해서 생기는 음성의 명료도의 감소에 따른 문제는 다채널전대역압축기능(Multi-channel Wide Dynamic Range compression: WDRC) 등을 갖춘 보청기가 인지도에 많은 도움을 준다. 또한 감음신경성 난청자에 있는 비선형적인 라우드니스의 증가 현상인 라우드니스 누가현상(loudness recruitment)은 이러한 WDRC 방법을 적용해서 음성인지에 많은 도움이 되고 있으며 동적 시간조절기능인 음절어 압축방법도 연구되고 있다.

이를 위하여 본 논문에서는 잡음이 있는 환경에

서의 정상청력자와 감음신경성 난청자의 청력의 변이를 연구하고 어음의 인지도를 측정하여 평가할 수 있는 방법을 제안하였으며, 디지털 신호처리 기법을 이용한 배경잡음제거 알고리즘을 비교하였다.

배경 잡음에서 어음인지

주변에 잡음이 있을 때에는 청각에 방해를 준다. 특히 조용한 곳에서의 어음인지특성과는 다르게 잡음이 있는 환경에서는 어음에 대한 변별력이 떨어진다. 이러한 현상의 대표적인 요인은 유모세포의 유실에서 원인을 찾을 수 있다. 외유모세포의 유실은 비선형적인 라우드니스의 증가를 가져오고 이러한 현상은 앞에서 언급한 WDRC 과 같은 방법을 통하여 많이 개선되어 질 수 있다. 그러나 대부분의 청신경인, 90% 이상의 청신경다발이 모여있는 내유모세포의 유실의 경우에는 잡음하에서의 청력손실인 SNR Loss (speech-to-noise ratio loss)에 많은 영향을 미친다. 이러한 현상은 난청자에게서 뿐만 아니라 정상청력자들의 청각에도 영향을 준다.

청각의 심리음향적인 특성으로 인하여 단순한 SNR의 개선이 음성의 주관적인 느낌이나 어음인지에 주된 요인이 되지 못한다[4]. 또한 난청 현상이 훨씬 더 복잡한 형태로 나타나며, 이러한 난청의 유형은 개개인의 차이가 매우 다르다.

배경잡음제거를 통한 음질 향상 기법

본 연구에서 비교 및 구현된 방법은 잡음이 포함된 신호의 통계적 특성을 이용하여 원 신호의 최적치를 추정하는 대표적인 신호처리 알고리즘인 MLE 추정법, Wiener Filter 와 스펙트럼 차감법이다[5]. 고급 언어를 사용하여 구현하였으며 단구간 푸리에 변환을 이용하여 주파수 영역에서 임계 대역울에 따라 구현하였다. 소음이 포함된 입력 신호가 들어오면 음성검출기로부터 음성 신호의 유무를 판단하게 된다. 신호 해석을 위하여 입력 신호를 푸리에 변환을 수행하여 주파수 스펙트럼을 얻어, 인간의 청각 특성이 고려된 임계 대역울에 따라 에너지를 계산한다. 각 임계 대역에 가해질 이득이 추정된 소음으로부터 계산되며, 구한 이득을 각 대역에서 계산된 에너지에 적용한다. 최종적으로 입력 신호의 주파수 스펙트럼으로부터 얻은 위상 성분을 각 주파수 성분의 크기에 가하여 역 단구간 푸리에 변환을 통하여 시간 샘플이 출력된다.

실험장치 및 방법

정상청력자를 대상으로 한 배경잡음 하에서의 어음인지도 검사에는 기준청력자를 대상으로 하였으며, 실험에 참가한 대상자들의 평균 연령은 20.4 세이고 모두 98명(남자 40명, 여자 59명)을 검사하였다. 난청자의 경우 모두 22명의 감음신경성 난청자로 28세부터 79세까지 평균 연령은 58.4이다. 어음인지검사와 어음변별력검사의 어음표는 삼성의료원에서 사용하고 있는 Spondee Word와 PB Word를 사용하였다. 배경잡음에 사용된 잡음은 음성잡음과 환경잡음을 이용하였다. 음성잡음은 GSI에서 녹취한 speech noise와 교과서문장과 시사문장의 녹음을 mix하여 각각 4, 7, 10 화자의 babble noise를 이용하였다. 환경잡음은 교통, 지하철, 카페의 경우를 설정하여 사용하였다.

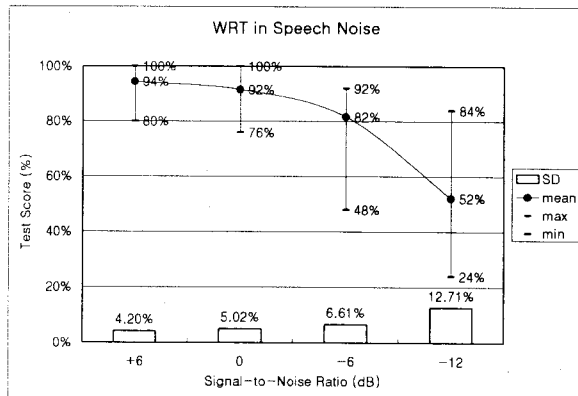


그림.1 정상청력자의 speech noise의 SNR에 따른 어음변별력도의 변이

어음변별력 검사는 50개 단음절의 PB word list를 이용하여 SNR이 각각 +6, 0, -6, -12 dB에서 검사하였으며, GSI Audio Booth에서 GSI61 audiometer와 Telephonic TDH-50p를 사용하였다. 음질향상 기법은 배경잡음제거를 위한 MLE 추정법, Wiener Filter와 스펙트럼 차감법을 비교하였다.

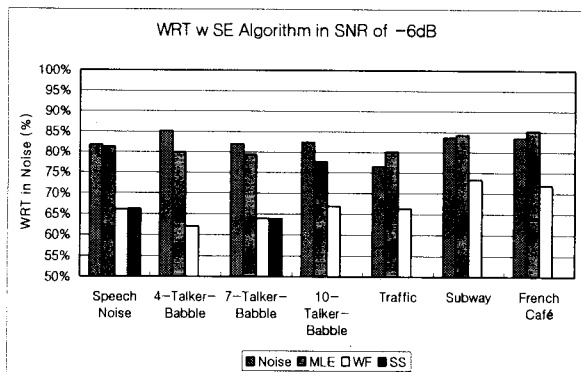


그림.2 여러 잡음에서의 배경잡음의 변별력 비교

실험 결과

정상청력자의 잡음에서의 어음변별력은 그림.1과 같이 SNR -6dB까지는 큰 변화를 보이지 않았다.

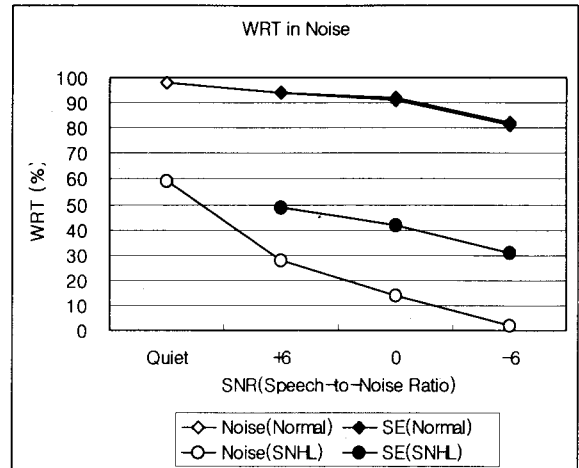


그림.3 정상청력과 감음신경성 난청자의 청력 비교

정상청력자들의 잡음환경 내에서 어음변별력은 SNR이 -6dB까지는 큰 차이가 없으나 그 이상에서는 로그 함수적으로 변별력이 저하됨을 알 수 있다. 또한 청력도 상에서의 정상범위 (20dB 이하의 역치)에 속하는 경우에도 개개인에 따라서 많은 차이를 보였다. 그림.1에서와 같이 SNR -12dB에서는 그 변위가 60%를 보였다. 또한 정상청력자를 대상으로 하는 배경잡음제거 후의 변별력검사는 실제적인 SNR의 개선에도 불구하고 변별력이 향상되지 않거나(MLE 추정법) 오히려 잡음에서의 검사보다도 변별력이 떨어짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 잡음제거 정도와 신호도 간에 큰 차이를 보인 MOS 검사의 결과를 뒷받침해 준다[6]. 반면에 감음신경성 난청자의 검사에서는 그림.3에서와 같이 인지도에서 12dB의 개선 효과를 나타내었다.

결론

정상청력이라도 그 기준이 일반적으로 순음의 역치에 두고 있기 때문에 잡음환경 내에서는 결과가 다르게 나타날 수 있다. 또한 배경잡음방법이 수치상으로 SNR의 향상 이외에 실제적으로 어음의 변별력에는 향상을 가져오지 못했다. 반면에 난청자에게는 청력 손실외에 SNR loss를 보상해주는 방법으로 이를 통해 어음인지의 향상을 기대할 수 있다.

참고 문헌

- [1] H. Rutledge and M. A. Clements, "Compensation for Recruitment of Loudness in Sensorineural Hearing Impairments Using a Sinusoidal Model of Speech," IEEE ICASSP, 1991.
- [2] E. Villchur, "Signal Processing to Improve Speech Intelligibility in Perceptive Deafness," JASA vol.53, 1973.
- [3] D. Dirks, D. Morgan, J. Dubno, "A Procedure for Quantifying for Effects of Noise on Speech Recognition," J Speech Hearing Disorder, 47, pp114-123, 1982.
- [4] C. Berlin, Hair Cells and Hearing Aids, Singular Pub, 1996.
- [5] P. Scalart, J. V. Filho, "Speech Enhancement Based on a Priori Signal to Noise Estimation," IEEE ICASSP, 1996.
- [6] D. Kim, Y. Park, I. Kim and S. Park, "A Speech Enhancement Algorithm for the Sensorineural Hearing Impairment," proc. KOSOMBE vol.20 no.1, pp.249-250, 1998.