

청각 방사 음향의 측정에 관한 연구

*손준일, *최동우, *백승화, **유선국, ***김동준
*명지대학교 전기공학과, **연세대학교 의용공학과, ***청주대학교 정보통신공학과

A STUDY ON MEASUREMENT OF OTOACOUSTIC EMISSIONS

Joon-Il Sohn, Dong-Woo Choi, Seung-Hwa Beack, Sun-Kook Yoo, Dong-Jun Kim
Dept. of Electrical Eng. MyongJi Univ., Dept. of Com. & Comm. Eng. ChongJu Univ. Dept. of Medical Eng. Yonsei Univ.

Abstract

Otoacoustic emissions(OAEs) are low-level sounds produced by the inner ear. This is based on the discovery that the cochlea in the normal human inner ear itself emits in the form of acoustic energy. Thus we transmit the stimulus to the ear through speaker then measure the evoked response using miniature microphone. Otoacoustic emissions are averaged by time-locking so that distinguish the spectrum between normal human and impaired.

1. 서론

청각 방사음향(Otoacoustic Emission : OAE)은 정상적인 청각 신호처리 과정의 한 부분으로서 내이에서 발생하는 아주 작은 소리이다. 그리고 이 음향은 외이에 정교한 마이크로폰을 설치하여 감지할 수 있다. 외과적으로 이 방사음향은 귓구멍에 소형 스피커를 설치하여 음향자극을 가함으로써 여기시킬 수 있다.

방사음향은 유도자극의 특정 유형에 따라 spontaneous otoacoustic emission(SOAE), transiently evoked otoacoustic emission(TEOAE), stimulus-frequency otoacoustic emission(SFOAE), distortion product otoacoustic emission(DPOAE) 등으로 나눌 수 있다.

방사음향측정은 PC의 발달과 소형화된 청각보조 마이크로폰, 그리고 디지털신호처리(DSP) 기술의 발달로 기존의 청각 뇌 신경경로로부터 여기되는 신호를 측정하는 것보다 훨씬 안전하고 간편하며 경제적이다.

본 연구에서는 외부에서 음향적 자극을 제공할 수 있는 소형 스피커와 방사된 응답을 측정할 수

있는 소형 마이크를 제작하여 귀에 부착하고, 응답 이외의 외부 잡음을 제거할 수 있는 잡음 제거 시스템과 방사 응답 신호의 증폭 회로를 설계, 구성하고 최적의 응답 신호를 추출하며, 이 신호를 주파수 분석하여 정상인과 청각 장애인의 특징을 구별하며, 장애의 형태를 판별할 수 있는 기술을 측정하는데 주안점을 두었다.

2. 방사음향신호

2-1. Distortion Product Otoacoustic Emissions(DPOAE)

distortion-product는 많은 물리적 시스템 특성의 비선형적 현상을 나타낸다. 그 응답은 신호를 변경하는 요소에 의해 발생되고 그것에 의해 부가적인 주파수를 만들어낸다. TEOAE의 발견 직후에 distortion-product에 관련된 음향방사신호가 인간의 귀에서 발견되었다. distortion product emission(DPOAE)은 이도(ear-canal) 신호의 파워 스펙트럼에서 잡음층 이상에서 검출 가능한 특정 주파수의 음향 에너지로 구성되었다. distortion-product를 논의하는데 있어서 자극신호는 전통적으로 primary frequency라고 부르고($f_1 < f_2 < f_3$ 등), 결과로 나오는 distortion product의 주파수는 그 primary frequency에 대수적인 관계가 있다. 동물뿐만 아니라 인간의 귀에서 $2f_1 - f_2$ 주파수에서의 distortion product가 가장 두드러지고 또한 가장 철저하게 연구되었다. DPOAE의 진폭은 primary stimuli의 진폭에 달려있다. 설치류(rodent)는 두 자극 신호보다 약 40dB 작은 DPOAE를 보이는 반면 인간의 귀, 특히 primary의 크기가 비슷한 경우(즉, $L_1 = L_2$)인 경우 이 차이는 60dB이나 그 이상이다[4].

2-2. DPOAE의 측정

방사음향을 측정하기 위해서는 저잡음, 고감도의

마이크와 스피커를 사용하여 일체화된 프로브를 만들어야 한다.

혈류, 호흡, 근 수축, 아래턱 운동 등에 의하여 발생하는 신체의 잡음 신호는 보통 0~400Hz 정도의 저주파 대역에 존재하며, 이는 내이 음향방사 신호의 스펙트럼에 큰 영향을 미치므로 이의 제거를 위하여 약 300~500Hz 정도의 차단 주파수를 갖는 고역 통과 필터를 제작하여 이용한다.

코클리어로부터 발생되는 내이 음향방사는 매우 작은 진폭의 신호이므로 이의 증폭을 위하여 고이득, 고정밀도의 전치증폭기를 제작한다.

3. 실험 및 결과 고찰

본 연구에서는 PC에서 $f_1 = 2778\text{Hz}$, $f_2 = 3705\text{Hz}$ 의 주파수를 갖는 자극 신호를 발생시켜 프로브의 스피커를 통하여 귀에 자극을 주어 그것에 의한 방사음향을 프로브의 고성능 마이크를 통하여 받아들이며 이를 400Hz의 차단주파수를 갖는 고역통과필터를 사용하여 잡음을 제거한다. 또한 전치증폭기를 사용하여 매우 작은 진폭의 신호인 내이 음향방사 신호를 증폭시켜 A/D, D/A 변환기에 입력한다. 이때 샘플링 주파수는 8kHz이며 10초간 샘플링 되었다. HYPER SIGNAL WORKSTATION(테이타 수집 및 분석 프로그램)을 사용하여 방사음향의 스펙트럼을 얻어낸다. 실험과정의 블록선도는 그림 1과 같다.

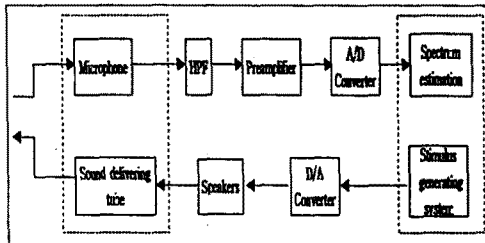


그림 1. 실험과정의 블록선도

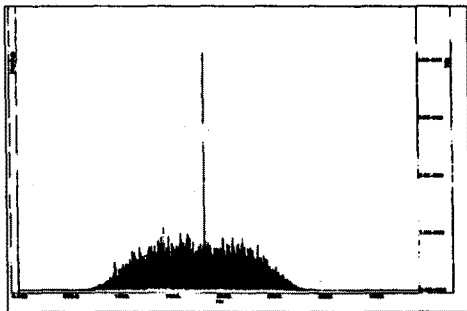


그림 2. 자극신호없는 방사음향

그림 2는 프로브를 귀에 부착하여 자극신호가 없는 가운데 추출된 음향방사신호를 푸리에 변환한 그림이다.

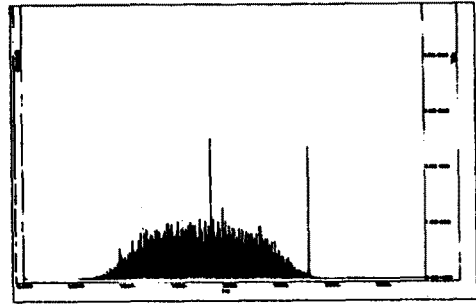


그림 3. 자극신호를 준 후의 방사음향

그림 3은 프로브를 귀에 부착하여 자극신호를 준 경우 추출된 음향방사신호를 푸리에 변환한 그림이다. 그림을 보면 알 수 있듯이 $2f_1 - f_2$ 인 1851Hz 부근에서 DPOAE가 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 DPOAE 측정을 위한 장비의 개발과 정확한 DPOAE 측정 방법에 대해 연구하고자 한다. 음향방사신호를 분석하는 목적은 청력에 이상이 없는 정상인과 청각 장애인을 구별하고자 함에 있다. 따라서 본 연구는 앞으로 보다 많은 데이터를 정상인 뿐만 아니라 청각 장애인에 대해서도 추출하여 그 스펙트럼 특징을 명확히 구분해내도록 연구가 진행되어야겠다.

참고문헌

- [1] S.T. Neely, S.J. Norton, M.P. Gorga and W. Jesteadt. "Latency of auditory brain-stem response and otoacoustic emission using tone-burst stimuli", *J. Acoust. Soc. Am.* 83(2), February 1988, 652-656.
- [2] Ying Shi and Kurt E. Hecox, Member, IEEE. "Nonlinear System Identification by m-Pulse Sequences: Application to Brainstem Auditory Evoked Responses", *IEEE Trans. on Biomed. Eng.*, Vol. 38, NO. 9, September 1991, 834-845.
- [3] Robert Bukard, Ying Shi, Kurt E. Hecox. "A comparison of maximum length and Legendre sequence for the derivation of brain-stem auditory-evoked response at rapid rates of stimulation", *J. Acoust. Soc. Am.* 87(4), April 1990, 1656-1664.

- [4] Rudolf Probst, Brenda L. Lonsbury-Martin and Glen K. Martin. "A review of otoacoustic emissions", *J. Acoust. Soc. Am.* 89(5), May 1991, 2027-2067.
- [5] A. R. D. Thornton. "High rate otoacoustic emissions", *J. Acoust. Soc. Am.* 94(1), July 1993, 132-136.
- [6] Barry P. Kimberly, David K. Brown and Jos J. Eggermont. "Measuring human cochlear traveling wave delay using distortion product emission phase responses", *J. Acoust. Soc. Am.* 94(3), Sept 1993, 1343-1350.
- [7] Lisa Stover and Susan J. Norton. "The effects of aging on otoacoustic emissions", *J. Acoust. Soc. Am.* 94(5), November 1993, 2670-2681.
- [8] P. Ravazzani and F. Grandori. "Evoked Otoacoustic Emissions: Nonlinearities and Response Interpretation", *IEEE Trans. on Biomed. Eng.*, Vol. 40, No. 5, 1993, 500-504.
- [9] W. T. Chu. "Architectural acoustic measurements using periodic pseudorandom sequences and FFT", *J. Acoust. Soc. Am.* 76(2), August 1984, 475-478.