

소형 마이크로폰의 전기적인 음향 특성 측정 시스템

박 병 옥*, 김 학 윤*

The Measurement System for Small Microphone's Electro Acoustic Characteristics

Park, Byoung-Uk*, Kim, Hack-Yoon*

요 약

소형 마이크로폰의 성능을 평가하는 기준으로 사용되는 전기 음향 특성 파라메타들은 감도, 왜곡, 주파수 응답특성, 그리고 지향성이 있다. 이와 같은 특성 파라메타들은 소형 마이크로폰의 사용 목적에 따라 다르게 설계되어야하므로, 음향특성들을 정확하게 측정하여 소형 마이크로폰이 사용 목적에 적합하게 만들어 졌는지를 측정하여 확인하여야 한다.

따라서, 본 논문에서는 DSP를 이용하여 소형 마이크로폰의 음향특성 파라메타들을 동시에 측정할 수 있고, 또한 실시간에 측정할 수 있는 시스템을 구현하였다. 구현한 측정 시스템을 검증하기 위하여 네 종류의 마이크로폰의 음향특성들을 측정하고, 각 마이크로폰이 갖고 있던 음향특성 데이터 값들과 비교한 결과, 측정 환경이 동일하지 않아 비교 값들 간에 약간의 오차가 있었지만, 그 오차 값들이 허용오차의 범위 내에 분포하고 있음을 확인하였으므로 구현된 시스템이 기존의 소형 마이크로폰 음향특성 측정 장비를 대체하여 사용할 수 있음을 입증하였다.

Abstract

The parameters of electric acoustic characteristic used as standards to evaluate the performance of a small microphone are composed of sensitivity, harmonic distortion, frequency response, directivity and others. Such characteristic parameters should be designed differently depending on a purpose, so it is important to verify whether a small microphone was made appropriately for the purpose after measuring the acoustic characteristics.

Therefore, a system that can measure the acoustic characteristic parameters of a small microphone using DSP, not only simultaneously but also in real-time, was implemented in this paper. To verify the implemented

• 제1저자 : 박병옥

• 접수일 : 2007.3.19, 심사일 : 2007.4.18, 심사완료일 : 2007. 5.17.

* 청주대학교 전자공학과

system, four kinds of microphones were measured and the results were compared with the data values of the acoustic characteristics of each microphone. There were a little discrepancy between them because the conditions when measuring the characteristics were not identical. But it was verified that the errors are within the error tolerance and it proved that the system can be used in place of the conventional equipment used in measuring the acoustic characteristics of small microphones.

▶ Keyword : 소형 마이크로폰(small microphone), 음향 특성(acoustic characteristics), 왜곡률(harmonic distortion),

1. 서론

마이크로폰은 공기의 진동으로 전달되어 온 음향신호를 전기신호로 변환하는 변환기이다[1][2].

마이크로폰의 음향특성으로는 감도, 왜곡, 주파수 응답특성, 그리고 지향성이 있다. 감도는 음압이 1 파스칼(10 μ bar, 94 dB)인 평면파가 마이크로폰에 입사되었을 때 발생하는 전압을 나타내고, 왜곡은 시스템의 비선형성 때문에 입력된 정현파에 대해 기대하지 않는 고조파가 발생하는 현상을 말한다. 또한, 주파수 응답 특성은 마이크로폰이 재생할 수 있는 주파수 특성을 말하고, 지향성은 마이크로폰이 음원의 방향과 다른 각도로 설치되어 있을 경우에 따른 출력전압의 변화이다. 이러한 4가지 파라메타들은 사용 목적에 따라 각각 다르게 설계된다. 그러므로 4가지 음향특성을 측정하여 마이크로폰이 사용 목적에 적합하게 만들어 졌는지 확인해야 한다.

그러나 현재 마이크로폰 제조사에서는 마이크로폰의 4가지 음향특성을 측정할 때 고가의 음향특성 측정 장비를 사용하여야 하거나, 대행업체를 통해 음향특성을 측정하여야 한다. 이것은 또한 소형 마이크로폰 제작 단가를 높게 되는 결과를 초래함으로써 소규모 업체에서는 음향특성 측정을 생략하거나 샘플을 추출하여 표본 측정하고 있는 실정이다. 이와 같은 방법으로 테스트를 할 경우 정확한 특성 파악이 불가능하거나 사용목적에 부적합하게 설계된 마이크로폰을 선별하기가 어렵다. 또한, 고가의 장비를 도입하여 음향특성을 측정한다고 하여도 측정 조건이 매우 복잡하고, 마이크로폰의 4가지 음향 특성을 한 시스템이 아닌 각각 다른 장비를 사용해 측정해야만 하는 문제점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 위에서 언급한 문제점을 보완하기 위하여 현장에서 DSP(Digital Signal Processor)[4][5][6][7][8]를 이용하여 소형 마이크로폰의 4가지 음향특성을 동시에 또한 실시간으로 측정 할 수 있는 시스템을 구현 하

고, 그 성능을 평가하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 마이크로폰의 음향 4가지 음향특성에 관하여 설명하고 III장에서 소형 마이크로폰의 측정 시스템에 대하여 설명한다. IV장에서 구현한 시스템의 실험 및 고찰을 통하여 시스템을 평가하고 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 마이크로폰의 음향특성

마이크로폰의 성능을 평가하는 기준으로 사용되는 음향특성 파라메타로는 감도, 왜곡, 주파수 응답특성, 지향성 등이 있다.

2.1 감도

감도는 음압이 1 파스칼(10 μ bar, 94 dB)인 평면파가 마이크로폰에 입사되었을 때, 개회로 출력단에 발생하는 전압을 dB(0 dB = 1 V/ μ bar)로 나타낸 것이다[1][2]. 일반적으로, 감도가 크다(혹은 좋다)라는 말은 일정한 입력에 대한 그 출력 전압이 크게 발생하여 좋은 흡입력을 갖고 있다는 것을 말한다. 마이크로폰의 감도를 표기할 때는 표시법에 따라서 인가되는 음압과 출력 전압의 값이 다른 경우가 있기 때문에 주의해야 한다[1][2].

감도표기법의 예로 5mV/파스칼의 감도를 가진 마이크로폰은

$$\text{감도} = 20\log_{10}\left(\frac{5 \times 10^{-3}}{1}\right) = -46[\text{dBV}] \dots\dots\dots (1)$$

와 같이 표기한다.

2.2 왜곡

왜곡이란 시스템의 비선형성 때문에 입력된 정현파에 대해 기대하지 않는 고조파가 발생하는 현상을 말한다(2). 소형 마이크로폰의 왜곡은 마이크로폰에 순음을 입력할 경우, 입력을 크게 하면 진폭의 왜곡이 발생하여 원 정현파 이외에 정수배(2배, 3배, 4배...의 배음)의 주파수 성분이 출력된다(1)(2). 왜곡은 일반적으로 백분율로 나타내고, 출력에서 기본파(입력의 정현파)의 진폭을 I_1 , 고조파의 진폭을 각각 $I_2, I_3 \dots$ 라고 할 경우, 왜곡률 HD(harmonic distortion)은 식 (2)와 같이 나타낸다(1)(2).

$$HD(\%) = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots}}{I_1} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

2.3 주파수 응답 특성

마이크로폰의 주파수 응답 특성이란 마이크로폰이 레벨 허용범위로 재생할 수 있는 주파수 특성을 말한다. 또한 이것은 마이크로폰이 재생해낼 수 있는 소리의 범위와 그 범위 내에서의 출력변화, 즉 가장 낮은 주파수로부터 가장 높은 주파수까지의 차에 의해 결정된다. 주파수 특성 곡선은 주파수에 대한 응답레벨을 데시벨(dB)로 표시한 것이다. 이 특성 그래프는 1kHz의 출력 레벨을 0dB로 표시하고, 이 레벨을 중심으로 다른 주파수의 출력레벨을 나타내는 것이다(3).

2.4 지향성

마지막으로, 지향 특성은 마이크로폰이 음원의 방향과 다른 각도로 설치되어 있을 경우에 따른 감도(출력전압)의 변화를 말한다(2). 지향 특성은 원하는 소리의 채움 정도를 강화하고 원치 않는 소리의 영향이 최소화되도록 마이크로폰을 최적의 위치에 설치하기 위하여 결정하는 중요한 요소이다(1)(2). 마이크로폰의 지향 특성은 주파수를 고정한 지향성 패턴(극성 패턴)이 일반적으로 사용되며 진동판에 직각인 전방을 0°로 한다. 이와 같은 지향성 패턴에는 무지향성, 단일지향성, 그리고 양지향성의 3가지 형태가 있다.

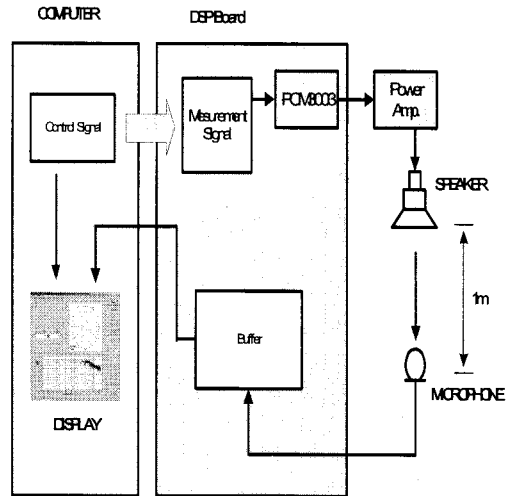


그림 1. 마이크로폰 음향특성 측정 시스템 블록도
Fig. 1. Block diagram of microphone's acoustic characteristic measurement system

III. 소형 마이크로폰 음향특성 측정 시스템

3.1 시스템 구성

소형 마이크로폰의 음향 특성을 측정하기 위한 시스템 구성은 그림 1과 같다.

그림 1에서 PC는 사용자가 입력한 명령을 DSP부로 전송하여 DSP 초기화 및 음향특성을 측정하여 측정된 데이터를 디스플레이 한다. DSP부는 PC로부터 명령을 받아 측정용 신호들을 스테레오 코덱(PCM3003)을 통하여 스피커로 출력시키고, 소형 마이크로폰에서 받은 신호를 분석하여 소형 마이크로폰의 음향특성 측정 결과를 컴퓨터로 전송하는 장치이다. 또한, 신호의 입·출력은 앰프, 스피커, 소형 마이크로폰을 사용하였다. 스피커는 측정용 신호를 출력하고, 마이크로폰은 출력된 신호를 수음하는 역할을 한다. 앰프는 DSP부에서 생성한 측정용 신호가 1 파스칼(94 dB)의 음압으로 마이크로폰에 인가되도록 증폭하는 역할을 한다.

DSP보드의 메인칩은 TI의 TMS320C6711(4-7)을 사용하였다. TMS320C6711은 150 MHz의 클럭을 가지고, 최대 1200 MIPS/900 MFLOPS의 처리 능력을 가진다. 전원은 2개로 구성되어 코어부에는 1.8V, I/O부에는 3.3V가

제공되는데 이것은 보드에 공급하는 5V 전원을 레귤레이터에 의해서 2개의 전원으로 분리한다. 또한, 메모리는 16 bit × 4 M의 SDRAM이 2개, 8 bit × 128 K의 플래쉬 ROM이 1개를 사용하였다. 이외에도 리셋 스위치 및 보드 테스트를 위하여 사용할 수 있도록 DIP스위치와 LED등을 구성하였다. 이 시스템에서 사용한 PCM3003 스테레오 코덱은 최고 73kHz까지 샘플링 주파수를 설정할 수 있고, 16 비트 및 20 비트로 데이터를 입출력할 수 있으며 최고 3V 까지 입력 받을 수 있다[7][8]. 본 논문에서는 16비트로 데이터를 입출력 하고, 48kHz로 샘플링 주파수를 설정하여 가청 주파수 대역인 20Hz에서 20kHz까지의 신호의 특성을 측정하도록 설정하였다

3.2 측정 알고리즘

마이크로폰의 전기 음향특성을 측정하기 위한 전체 흐름 도는 다음과 같다. 우선, DSP의 인터럽트, 메모리, 레지스터 등을 초기화하고, 그 다음, DSP에서 생성한 측정 신호를 스피커를 통해 출력한다. 출력된 신호를 마이크로폰에서 입력 받아 마이크로폰의 전기 음향특성(감도, 왜곡, 주파수 특성, 지향성)을 측정하게 된다. 마지막으로 DSP의 메모리에 저장시켰던, 측정결과를 컴퓨터로 보내어 결과를 화면에 디스플레이 한다. 각각의 전기 음향특성을 측정은 다음과 같다.

3.2.1 감도

감도 측정은 DSP시스템을 초기화시킨 후, DSP에서 감도를 측정하기 위한 1kHz 정현파를 생성하고, 생성된 신호는 그림 1의 PCM3003 스테레오 코덱에서 D/A변환되어 출력된다. 출력된 신호는 마이크로폰에 1파스칼의 음압이 가해지도록 앰프를 이용하여 증폭하여 출력한다. 이 출력에 대한 응답을 측정용 마이크로폰에서 입력받아 전기신호로 변환하여 DSP로 보낸다. 얻어진 데이터를 식 (1)을 이용하여 피크 값들의 평균을 계산하여 감도를 측정한다.

3.2.2 왜곡

왜곡 측정은 감도를 측정할 때와 동일한 방법으로 DSP 시스템에서 1kHz의 정현신호를 생성하여 앰프로 1 파스칼의 음압이 되도록 증폭한 후, 스피커로 출력한다. 출력된 신호를 측정용 마이크로폰을 이용하여 수음한 후, 측정된 신호를 FFT(Fast Fourier Transform)하여 주파수 응답을 구한 후, 신호의 기본파(1kHz)와 고조파(2kHz, 3kHz...)의 진폭을 구하고 식 (2)를 이용하여 왜곡 값을 계산한다.

3.2.3 주파수 응답특성

주파수 응답 특성은 사용이 간편하고, 지속 시간이 짧고, SNR이 좋은 OATSP(Optimized Aoshima's Time Stretched Pulse)를 이용하여 임펄스 응답을 구하여 측정한다[8]. 사용한 OATSP신호의 일반식과 역 함수는 식 (3) 과 (4)와 같다.

$$H(k) = \begin{cases} \exp(j4m\pi k^2/N^2), & 0 \leq k \leq N/2 \\ H(N-k), & N/2 < k < N \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

$$H^{-1}(k) = \begin{cases} \exp(-j4m\pi k^2/N^2), & 0 \leq k \leq N/2 \\ H^{-1}(N-k), & N/2 < k < N \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

여기서, $N=2^i$ (i : 정수) 이고, m 은 OATSP의 폭을 결정하는 정수이다[9].

주파수 응답특성의 측정은 DSP 초기화 후, 식 (3)을 이용하여 OATSP 신호를 생성하여 스피커로 출력시키고, 이 신호를 마이크로폰으로 입력받는다. 입력받은 신호는 마이크로폰의 특성에 따라 신호에 왜곡이 생긴다. 이 신호를 OATSP 신호의 역함수와 선형 컨볼루션 하면 이상적인 임펄스 신호가 아닌 왜곡이 발생된 신호이다. 이 신호를 FFT 하면 마이크로폰의 특성에 의해 왜곡된 주파수 응답특성 즉, 마이크로폰이 가지고 있는 주파수 응답특성을 구할 수 있다.

3.2.4 지향성

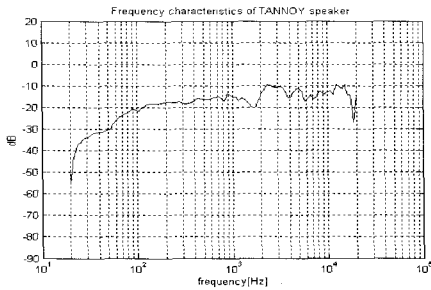
지향성은 마이크로폰이 음원의 방향과 다른 각도로 설치되어 있을 경우, 출력 전압의 변화를 감도로 나타낸 것으로 마이크로폰과 스피커가 이루는 각도를 0°부터 10°씩 혹은 5°씩 회전하면서 프로그램을 실행시켜 스피커로 1 파스칼 (94 dB)의 음압을 가진 1kHz의 정현파를 출력시키고, 이 신호를 마이크로폰으로 입력받아 출력 전압을 dB(0 dB = 1V/파스칼)로 나타낸 후, 그 결과를 극성패턴으로 그려준 것이다. 이때 처음 측정된 값을 기준 값으로 설정하고 2번째, 3 번째 측정되는 값들을 기준 값에서 빼거나 더해 주어서 그래프에 그려준다. 지향성 그래프는 0° ~ 360° 까지 회전시켜 모든 각도에서 측정해야 하지만 대칭되는 특성을 가지고 있으므로 마이크로폰을 0° ~ 180° 까지만 측정하고, 나머지 부분(190° ~ 360°)은 0° ~ 180° 까지 측정된 데이터를 대칭으로 하여 출력하도록 하였다.

IV. 실험 및 고찰

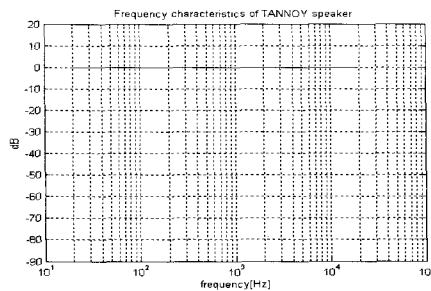
4.1 실험 환경 및 조건

소형 마이크로폰의 음향 특성을 측정하기 위하여 컴퓨터, DSP시스템, 코덱, 앰프, 마이크로폰, 사운드레벨미터(sound level meter), 스피커를 이용하여 실험 환경을 구축하였다.

앰프는 SAMSON S700제품을 사용하였다. 이 앰프의 주파수 응답특성은 10 Hz ~ 55 kHz에서 선형적인 특성, 다이내믹 레인지는 105 dB, 왜곡은 0.04 %인 특성을 갖고 있다. 스피커는 TANNOY SYSTEM 6 S/N 455428 모델을 사용하였다. 이 스피커의 주파수 응답 특성은 그림 2.(a)과 같다. 스피커의 주파수 응답특성이 측정하고자 하는 마이크로폰에 영향을 미치지 않도록 스피커의 주파수 응답특성을 보정하기 위하여 표준과학 연구원에서 측정한 스피커의 주파수 응답특성 데이터의 역수 값을 원래의 스피커의 주파수 응답특성에 더하여 측정하고자 하는 주파수 대역에서 그림 2.(b)에 제시한 것과 같이, 그 특성이 0이 되도록 보정하여 설정하였다.



(a)



(b)

그림 2. 표준 스피커의 주파수 응답특성 및 보정된 스피커의 주파수 응답특성

(a). 스피커의 주파수 응답특성
(b) 보정된 스피커의 주파수 응답특성

Fig. 2. Frequency Response Characteristic of Speaker
(a) Frequency Response Characteristic of Speaker
(b) Revised Frequency Response Characteristic of Speaker

음향 특성 측정 시스템을 구축하고, 스피커와 측정용 마이크로폰을 정확히 1 m 간격으로 설치하기 위해서는 스피커의 음향센터를 측정하여야 한다. 스피커가 음을 출력할 때, 음이 출력되기 시작하는 지점인 음향 센터를 측정(출력된 신호의 음압 값을 사운드레벨미터로 측정)하기 위한 실험환경은 그림 3과 같다.

그림 3과 같이 사용한 스피커의 음향센터를 측정해 본 결과, 스피커의 음향센터는 캐비닛(cabinet) 정면에서 뒤쪽으로 3 cm 떨어진 지점에 위치하였다.

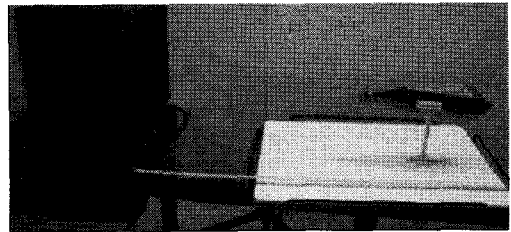


그림 3. 스피커의 음향센터 측정 장치

Fig. 3. A measure of speaker's acoustic center

이와 같이 음향 특성 측정 실험 환경을 구축하고, 제안한 시스템의 타당성을 입증하기 위하여 표준 마이크로폰 B&K 4133, 또한 일반적으로 많이 사용되고 있는 콘덴서 및 다이내믹 소형 마이크로폰 (OK-801, ECM-101), 그리고 보컬용으로 많이 사용하는 N/D 857K등 4가지 마이크로폰을 택하여 실험하였다.

B&K 4133 마이크로폰은 콘덴서 마이크로폰으로 음향특성을 측정할 때 표준 마이크로폰으로 주로 사용된다. 감도는 -38.8dB, 지향특성은 모든 방향에 대해 동일한 감도특성을 지니는 무지향성으로 나타났다. 또한 주파수 응답특성은 20 Hz~20 kHz에서 ±3.5 dB의 주파수 응답특성의 편차를 가진다. B&K 4133 마이크로폰의 주파수 응답특성은 그림 4.(a)에 나타났다.

OK-801 마이크로폰은 음성채팅, 화상회의 등에 주로 사용되는 소형 마이크로폰으로 지향특성은 무지향성, 감도는 -60 dB, 주파수 응답특성은 50 Hz ~ 18 kHz범위에서 안정된 특성을 가진다.

ECM-101 마이크로폰은 콘덴서형 소형 마이크로폰으로 학교 강의 및 연설, 방송, 보컬용으로 주로 사용된다. 이 마

이크로폰의 감도는 -65 dB, 지향 특성은 모든 방향에 대해 동일한 지향특성을 가지는 무지향성을 가진다. 또한, 주파수 응답특성은 50 Hz ~ 13 kHz범위에서 ± 3 dB의 주파수 응답특성의 편차를 가진다. ECM-101 마이크로폰의 주파수 응답 특성은 그림 4.(b)에 나타났다.

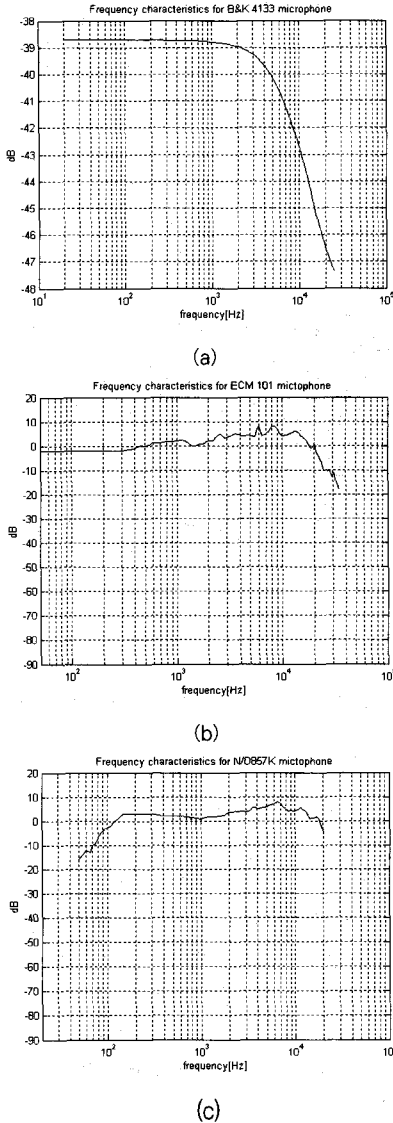


그림 4. 소형 마이크로폰의 주파수 응답특성
 (a) B&K 4133 마이크로폰
 (b) ECM-101 마이크로폰
 (c) N/D 857K 마이크로폰

Fig. 4. Frequency characteristic of small microphone
 (a) B&K 4133 microphone
 (b) ECM-101 microphone
 (c) N/D 857K microphone

N/D 857K 마이크로폰은 다이내믹 마이크로폰으로 보컬 용으로 주로 사용된다. 감도는 -50 dB, 주파수 응답특성은 50 Hz ~ 22 kHz에서 ± 5 dB의 주파수 응답특성의 편차를 가진다. 또한, N/D 857K 마이크로폰의 지향성은 무지향성과 양지향성이 합쳐진 형태인 슈퍼카디오이드 특성을 가진다. 그림 4.(c)에 N/D 857K 마이크로폰의 주파수 응답특성 및 음향특성을 나타냈다.

4.2 실험 결과 및 고찰

4.2.1 실험 결과

B&K 4133 표준 마이크로폰의 전기 음향특성 측정 결과를 그림 5에 나타냈다. 실험결과 감도는 -34 dB, 왜곡은 0.41 %, 주파수 응답특성은 20 Hz ~ 20 kHz에서 ± 5 dB의 주파수 응답특성의 편차를 가졌고, 지향 패턴은 무지향성이었다. 제한한 시스템으로 측정된 값들과 데이터 시트 상의 값들과 비교한 결과, 감도 값은 0.8 dB 오차, 왜곡은 0.01%의 오차가 발생하였다. 주파수 응답특성은 유효 주파수 대역인 20 Hz에서 20 kHz 범위에서 동일한 형태의 주파수 응답 특성을 얻었지만, 주파수 응답특성의 편차에서 1.5dB의 차가 있었고, 지향성은 일치하였다.

그림 6은 OK-801 소형 마이크로폰의 전기 음향특성 측정 결과를 나타낸 것이다. 측정 결과, 감도는 -59 dB, 왜곡은 0.31 %, 주파수 응답특성은 50 Hz ~ 18 kHz에서 ± 2 dB의 주파수 응답특성의 편차를 가졌고, 지향패턴은 무지향성으로 나타났다. 실험 결과를 데이터시트상의 OK-801 마이크로폰의 음향특성 값들과 비교한 결과, 감도는 -59 dB로 데이터시트에 나타난 값

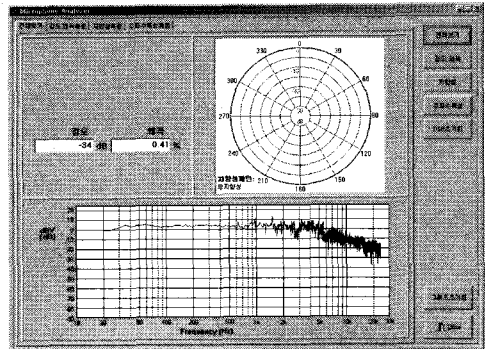


그림 5. B&K 4133 측정 결과
 Fig. 5. A measurement results of B&K 4133 microphone

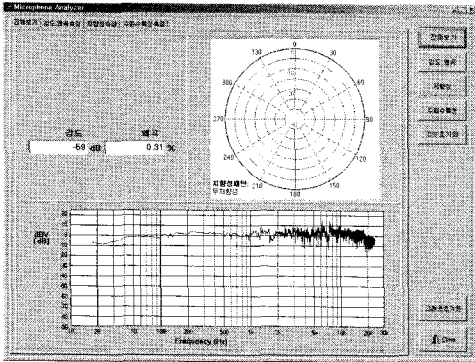


그림 6. OK-801 측정결과

Fig. 6. A measurement results of OK-801 microphone

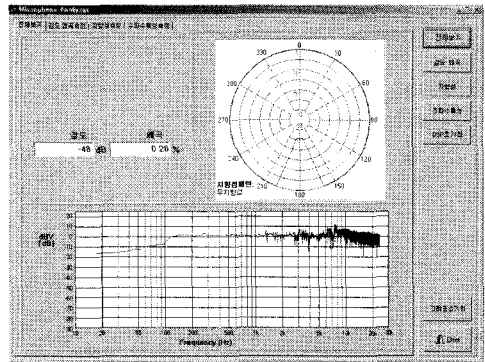


그림 8. N/D 857K 측정결과

Fig. 8. A measurement results of N/D 857K microphone

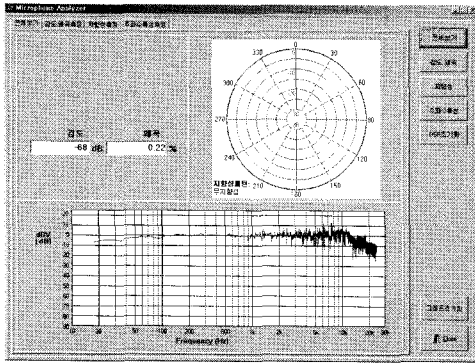


그림 7. ECM-101 측정결과

Fig. 7. A measurement results of ECM-101 microphone

(-58 dB)보다 1 dB 크게 나타났고, 주파수 응답특성은 유효 주파수 대역인 50 Hz ~ 18 kHz 대역에서 큰 왜곡 없이 평탄한 특성을 가졌다. 지향성은 무지향성으로 동일한 지향성임을 알 수 있었다.

ECM-101 소형 마이크로폰의 전기 음향특성 측정 결과를 그림 7에 나타냈다. 측정결과, 감도는 -68 dB, 왜곡은 0.22%, 주파수 응답특성은 50 Hz ~ 13 kHz에서 ±3 dB의 주파수 응답특성의 편차를 가졌고, 지향패턴은 무지향성으로 나타났다. 감도는 데이터 시트상의 -65 dB 보다 3 dB 작게 나타났고, 지향성은 데이터 시트의 극성패턴과 동일한 무지향성으로 나타났다.

N/D 875K 마이크로폰의 전기 음향특성 측정 결과는 그림 8과 같다. N/D 857K 마이크로폰의 음향특성 실험 결과 감도는 -48 dB, 왜곡은 0.26%, 주파수 응답특성은 50 Hz ~ 22 kHz에서 ±6 dB의 주파수 응답특성의 편차를 가졌고, 지향특성은 슈퍼카디오이드로 나타났다. 실험 결과와 데이터 시트상의 마이크로폰의 음향특성과 비교하면 다음과 같다. 감도는 데이터 시트상의 -50 dB보다 2 dB크게 나타났다. 지향성은 슈퍼카디오이드 특성을 가지는데 측정결과는 무지향성에 가까운 일그러진 형태의 카디오이드 특성을 보였다. 이것은 슈퍼카디오이드 특성이 90° 이상에서 급격하게 감소하게 되는데 실험에서는 지향특성 측정 시 측정 각도를 10° 간격으로 설정하였기 때문에, 부드럽게 감소하는 부분이 나타나지 않고 급격하게 감소하여 형태를 가졌다.

4.2.2 고찰

4가지 종류의 마이크로폰 음향특성을 측정한 결과 값들과 각 마이크로폰이 가지고 있던 데이터시트상의 음향특성 값들과 비교 분석한 결과 약간의 오차가 발생하였다. 그 원인은 다음과 같다. 감도는 입력에 대한 출력의 비를 계산하여 나타낸 값이므로 마이크로폰의 출력 임피던스와 구현한 시스템의 입력임피던스 차이로 인하여 생긴 오차로 추정된다. 따라서 스피커의 음압을 조절하여 감도 값을 맞춰 주면 동일 기종 마이크로폰의 음향특성을 측정할 때 마이크로폰의 감도가 정확하게 설계 되었는지 확인할 수 있다. 주파수 응답특성의 경우는 데이터시트의 특성 값을 반복적으로 측정한 후, 평균값을 구하여 산출한 값이지만 구현한 시스템으로 측정된 결과는 실시간으로 측정하여 얻은 결과이므로 주파수 특성 측정 결과가 동일하게 나타나지 않았다. 또한 전체적으로 데이터시트에 기재되어 있는 음향특성은 무향실에서 측정하여

주변소음이나 반사음 등의 영향이 없지만, 구현한 시스템은 무향실이 아닌 일반 실험실에서 측정하여 주변 소음이나 반사음 등의 영향 때문에 오차가 발생하였으리라 추정된다. 그러나 발생한 각 특성 값들의 오차 값들은 공칭 마이크로폰의 허용오차 범위 내의 값이었으므로 무시할 수 있다고 본다.

V. 결론

본 논문에서는 DSP를 이용하여 소형 마이크로폰의 전기적인 음향특성들을 동시 및 실시간에 측정할 수 있는 시스템을 구현하였다. 또한, 구현한 시스템에서는 측정 장비의 기능을 하나의 시스템으로 통합하였고, 조작법을 간단하게 설계하여 음향 특성을 측정할 수 있도록 구축하였다.

구현한 시스템으로 소형 마이크로폰 및 일반 마이크로폰의 음향 특성을 측정하고, 각 마이크로폰에 첨부되어 있는 음향 특성 데이터시트와 비교한 결과는 다음과 같다. 마이크로폰의 감도는 각각 차이는 있으나 평균적으로 약 2.7 dB의 오차를 보였다. 이 오차 값은 마이크로폰의 출력 임피던스와 구현한 시스템의 입력 임피던스 차이에서 발생한 것으로 스피커의 음압을 조절하여 보정하면, 시스템 성능에 영향을 주지 않는 오차라고 판단된다. 왜곡은 평균적으로 0.3%, 주파수특성은 유효 주파수 범위에서 평균 ± 4 dB의 오차가 발생하였고, 지향성은 각 마이크로폰의 특성과 동일한 결과를 얻었다. 발생한 이 오차 값들은 기존의 데이터 시트에 작성된 음향 특성 값들은 무향실에서 측정하여 구한 것인 반면, 구현한 시스템으로 측정한 값들은 무향실이 아닌 일반 실험실에서 측정하였으므로 주변의 소음이나 반사음 등의 영향에 따른 환경적인 요인으로 인한 것으로 판단된다. 그러나 발생한 각 특성들의 오차 값들은 공칭 마이크로폰의 허용오차 범위 내의 값에 존재하고 있으므로 충분히 제한한 시스템의 사용 타당성이 입증되었다고 본다.

참고문헌

[1] 藤岡繁夫, "PA音響システム", 工學図書株式會社, 1996
 [2] 高柳裕, "マイクロホン テクニカル ハンドブック", 兼六館出版株式會社, 1986
 [3] 박병욱, 김학운, "OATSP를 이용한 마이크로폰의 주파수 특성 응답 측정 알고리즘", 한국음향학회지, 제 26권 제 2호, pp.61-68

[4] Rulph classaing, "DSP Applications Using C and the TMS320C6x DSK", wiley Interscience, 2002
 [5] Rulph classaing, "DSP Applications Using C and the TMS320C6x DSK", wiley Interscience, 2002
 [6] 三上直樹, "C言語による デジタル信号處理入門", CQ出版社, 2002
 [7] Texas Instruments, "TMS320C6000 Peripherals Reference Guide", Texas Instruments, 2001
 [8] Texas Instruments, "TMS320C6000 Programmer's Guide", Texas Instruments, 2001
 [9] Yoiti Suzuki, Futoshi Asano, Hack-Yoon Kim, and Toshio Sone, "An optimum computer-generated pulse signal suitable for the measurement of very long impulse responses", Journal Acoustical Society of America, Vol.97, No. 2, pp. 1119-1123, 1995

저 자 소 개



박 병 욱

1999년 2월 : 청주대학교 전자공학과 (학사)
 2001년 2월 : 청주대학교 전자공학과 (석사)
 2003년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 전자공학과 (박사과정)
 <관심분야> 3-D sound, sound enhancement



김 학 운

1982년 2월 : 청주대학교 전자공학과 (학사)
 1986년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (석사)
 1988년 12월 ~ 1991년 6월 : (주)신도리코 기술연구소 주임연구원
 1996년 3월 : 일본 동북대학교 시스템정보공학 (박사)
 1997년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 전자정보통신공학부 교수
 <관심분야> speech enhancement, 3-D Sound