헤드폰 및 이어폰의 데이터 측정 및 객관적 음질 평가 방법

성호영, 김종배, 이준현, 장성철
㈜삼성전자 디지털 미디어 연구소 오디오 랩

The Measurement Method and The Sound Quality Evaluation of Headphones and Earphones.

Ho Young Sung, Jong-Bae Kim, Joon-Hyun Lee and Seong-Cheol Jang
Audio Lab, Digital Media R & D Center, Samsung Electronics
{hoyoung.sung, jongbee, johny8, seongceol.jang}@samsung.com

요약

이어폰과 헤드폰의 성능 향상을 위해서는 특성에 대한 정확한 측정과 평가가 요구된다. 이어폰과 헤드폰은 room 과 같은 acoustic channel 을 거치지 않고 청취자의 귀에 직접 소리가 전달되며 ear canal 특성이 포함되기 때문에 스피커와는 다른 기준이 필요하다. 그러나 사람 귀의 canal 특성은 개인에 따른 편차가 심하여 정확한 측정 및 성능 평가에 어려움이 따른다. 본 논문에서는 이어폰과 헤드폰의 특성을 측정하는 적절한 방법을 고찰하고 측정된 데이터를 이용하여 음질 성능을 평가할 수 있는 객관적인 방법을 제시하고자 한다.

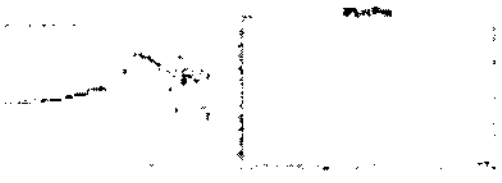
1. 서론

본 논문에서는 이어폰 및 헤드폰 기기에 대하여 신뢰할 만한 데이터의 측정 방법과 이 데이터를 기준으로 헤드폰 및 이어폰의 음질을 결정짓는 요소를 규명하고자 한다.

2. 헤드폰 및 이어폰의 특성 측정

헤드폰 및 이어폰의 특성 측정 방법은 일반적으로 ear canal 안쪽에 마이크로폰이 장착된 더미 헤드 또는 이어 시뮬레이터가 이용된다. Ear canal 을 통과하여 측정한 데이터는 스피커의 특성 데이터와 많은 차이를 보인다. 라우드스피커는 free field 조건에서 평탄한 응답 특성을 갖는 것이 가장 이상적으로 여겨진다. 이것은 source 를 재생할 때 왜곡 없이 source 의 특성을 그대로 전달할 수 있기 때문이다. 실제 청취공간에서 청취자의 귀에 소리가 전달될 때에는 room 에 의한 공간 효과가 첨가된다. 그러나 헤드폰이나 이어폰은 스피커와 같이 청취자에게 전달되는 신호가 acoustic channel 을 거치지 않을 뿐만 아니라 ear canal 때문에 free field 기준으로 특정한 스피커의 주파수 특성과 동일한 기준을 적용할 수 없다. 따라서 이 공간적 차이에 대한 보정을 해 주어야 한다.

헤드폰이나 이어폰의 보정은 free field 보정과 diffuse field 보정으로 나눌 수 있다. Free field 보정은 무향실과 같은 환경을 모델링 하는 것이고 diffuse field 보정은 일반적인 청취 공간에서 스피커로 듣는 것과 같은 청취 경험을 헤드폰으로 재생하도록 모델링 하는 것이다. 청감상 자연스러운 소리를 재생하기 위해서는 실제 청취 공간을 모델로 하는 diffuse field 보정이 더 적합하다.



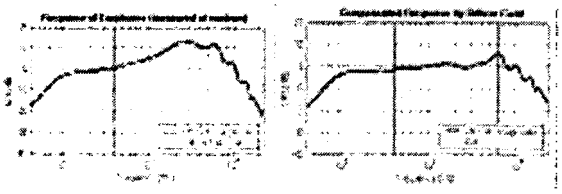
(a) (b)

그림 1 헤드폰(a) 및 이어폰(b)의 Reference 곡선

그림 1 에 헤드폰과 이어폰의 reference 곡선이 나타나 있다. 헤드폰은 pinna 에 의한 고음 반사 효과 때문에 이어폰 특성과 차이를 보인다. Diffuse field 보정 곡선은 측정용 더미 헤드나 이어 시뮬레이터의 제작사에서 제공하는 것을 이용할 수 있다. 이것은 측정 채널의 특성을 그대로 반영하는 diffuse field 곡선을 제공하기 때문에 가장 적절한 데이터로 이용할 수 있다.

3. 헤드폰 및 이어폰의 객관적 음질 평가

헤드폰 및 이어폰의 객관적 음질 평가는 diffuse field 보정을 한 특성 곡선을 분석하여 이루어질 수 있다. Diffuse field 의 reference 곡선을 사용하여 보정한 주파수 특성은 그림 2 와 같이 표시될 수 있다.



(a) (b)

그림 2 이어폰 특성(a)과 Diffuse Field 보정 결과(b)

그림 2 의 (a)는 커널 속 mic 에서 측정된 이어폰의 주파수 특성이고 (b)는 (a)에 diffuse field 특성을 반영한 곡선이다. 즉, 이어폰의 주파수 특성 곡선에서 diffuse field 에 대한 주파수 특성을 뺀 magnitude 곡선이 되는 것이다. Diffuse field 를 보정한 상태의 가장 이상적인 곡선은 20Hz 에서 20kHz 에 걸쳐 flat 한 response 를 가지는 것이다.

헤드폰 및 이어폰의 객관적 음질 평가는 tonal balance, clarity, bass performance 의 항목으로 구분하였다. Tonal balance 는 주파수에 따른 balance 정도를 나타내는 것이고 clarity 는 소리의 맑고 깨끗한 정도를 나타내며 bass performance 는 이어폰, 헤드폰과 같이 저음 재생 능력이 부족하기 쉬운 시스템의 저역 재생 능력을 평가하는 것이다.

객관적 음질 평가는 측정 데이터로 얻은 impulse response 나 이를 FFT 변환하여 얻은 frequency response 로부터 각 음질 평가 항목에 영향을 주는 metric 을 추출하여 영향의 정도를 평가하여 음질 평가를 수행하는 방법을 택하였다. 음질 평가 항목별 metric 의 리스트는 다음과 같다.

- Spectral deviation
- Normalized area of peaks and dips
- Bass level, Midrange level, Treble level
- High treble level
- Base, midrange, treble 영역의 time decay
- Bass, midrange, treble 영역의 주파수 응답의 fluctuation 정도
- -6dB bass roll off 주파수
- -10dB bass roll off 주파수

이들 metric 들은 각각의 음질 평가 항목과 깊은 연관이 있으며 metric 의 계산 값을 일반적인 n 차의 다항식 $y = ax^n + bx^{n-1} + \ldots + qx + r$ 에 대입하여 정량적 평가 점수 y 를 결정한다. 본 논문에서는 일차 다항식을 이용한 선형 mapping 을 시도하였으며 일차항의 계수와 상수항은 metric 별로 실험에 의해 선정되었다.

4. 결론

본 논문에서는 이어폰과 헤드폰의 데이터 측정의 방법과 측정 데이터로부터 헤드폰 및 이어폰의 음질 성능을 정량적으로 평가하는 방법을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 음질 평가 방법은 객관적 평가 방법으로 이어폰이나 헤드폰의 성능에 대한 일정한 기준을 제시해 줄 수 있으며, 특히 같은 방법의 평가를 여러 번 반복하게 되는 개발 단계에서 손쉽게 이용될 수 있으며 헤드폰이나 이어폰의 equalizer등을 개발할 때에도 음질 성능 지표를 제시해 줄 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. "MLSSA – Reference Manual", DRA Laboratories, 1987-2002
2. John Borwick, "Loudspeaker and Headphone Handbook 3rd Ed.", Focal Press
3. H. Møller, "Transfer Characteristics of Headphones Measured on Human Ears", Journal of Audio Eng. Soc., Vol.43, No.4, 1995 April
4. 김종배, "주관적 음질 평가 모델을 이용한 객관적 음질평가 방법", 2004 한국음향학회 춘계 학술발표대회