

기초강좌

청각심리 음의 크기에 대한 평가

김 철 환*

(한국도로공사 도로교통연구원)

음향 실무자나 연구자들에게 있어서 음의 크기에 대한 심리적인 척도를 필요로 하는 기회가 많을 것이다. 복합음에 대해서는 주파수를 분석하여 음의 성질을 파악하는 경우가 많으므로 우선 순음에 대한 심리적인 척도를 정의할 필요가 있다. 이러한 척도 구성법의 하나로는 magnitude 추정법을 이용하여 음의 물리적인 세기와 크기의 관계를 구하는 방법이 있지만 결과의 타당성에 대해서는 의문점이 제기되고 있다. 실제로 유효하면서 의문의 여지가 적은 방법은 음의 크기를 직접 표현하는 것이 아니라 그 음과 동일한 크기로 들리는 1000 Hz 순음의 크기로 표현하는 것이다. 이것을 라우드니스(loudness) 레벨이라 하고, 1000 Hz의 순음과 대상음을 교대로 제시하면서 피험자가 대상음과 동일한 크기로 들을 수 있도록 1000 Hz 음의 크기를 조절한다. 크기가 같다고 판단되는 1000 Hz 순음의 레벨(SPL, dB)을 대상음의 크기 레벨로 정의하고 단위를 폰(phon)이라 한다. 이 방법의 변형으로 1000 Hz 음의 레벨은 고정해 두고 대상음의 세기를 변화시켜 두 음의 크기를 맞추는 방법이 있다. 이 방법으로 여러

가지 주파수의 순음에 대하여 실험을 실시하고 결과로 얻어진 것이 음의 크기에 대한 등청감곡선이다(Fletcher and Munson(1933), Robinson and Dadson(1956)). 그림 1에 Fletcher and Munson 그리고 그림 2에 Robinson and Dadson의 등청감곡선을 ISO 규격(ISO 226: 2003) 등청감곡선과 비교하

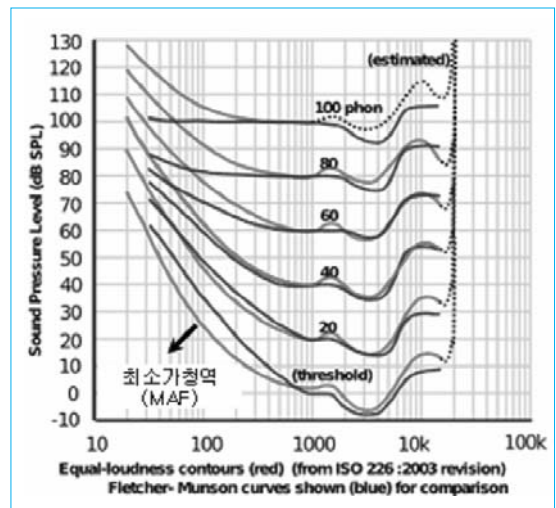


그림 1 Fletcher - Munson의 등청감곡선

* E-mail : c.h.kim@ex.co.kr / Tel : (031) 371-3366

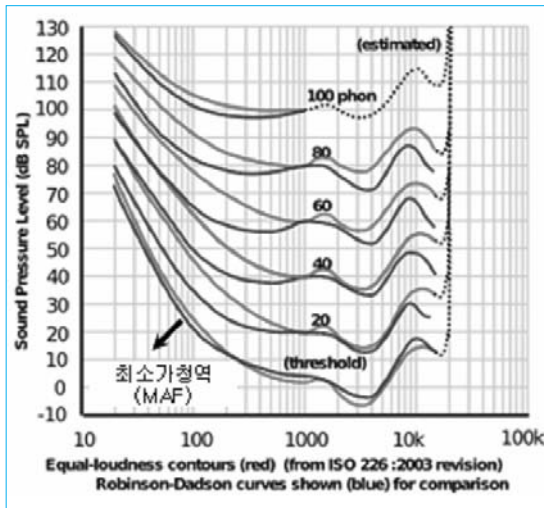


그림 2 Robinson - Dadson의 등청감곡선

여 나타내었다.

그림에서 보는바와 같이 등청감곡선과 최소가청역(MAF, minimum audible field)의 형태는 닮았지만 레벨이 올라갈수록 등청감곡선은 평평한 형태를 나타내게 된다. 이것은 주파수에 따라 음의 크기의 증가율이 다르다는 것을 의미한다. 예를 들면, 100 Hz와 1000 Hz의 음을 비교해 보면 최소가청역에서는 23 dB과 3 dB로 100 Hz가 20 dB 높지만 100 phon의 곡선에서는 102 dB과 100 dB로 크게 차이가 나지 않는다. 다시말하면, 최소가청역에서 100 phon까지 음의 크기를 높이려면 1000 Hz에서는 97 dB의 음압을 높여야 하지만 100 Hz에서는 79 dB의 음압을 높이면 된다. 이러한 사실은 음의 재생에 있어서 고려해야할 사항에 대한 힌트를 준다. 즉, 음의 전체 레벨을 변화시키면 각 주파수 성분의 상대적인 크기도 같이 변한다. 그 결과 원래 녹음했던 음과 같은 레벨로 재생하지 않으면 음의 밸런스가 깨져 버린다. 스피커로 음을 재생할 때 볼륨이 높으면 사람 목소리 등의 저음역이 크게 울리는 것도 그 원인의 하

나이다. 즉, 사람의 귀는 음압레벨이 높으면 저음역의 감도가 상대적으로 좋아지는 것이다. 반대로 음압레벨이 낮으면 저주파 영역과 고주파 영역에 대한 감도가 나빠지므로 앰프에는 “라우드니스” 컨트롤러를 내장하고 있는 기기가 많다. 하지만 스피커의 효율이나 리스닝 룸의 크기까지 고려하고 있는 것은 아니므로 이러한 기능에도 한계가 있다.

음의 크기에 대한 등청감곡선은 복합음의 크기를 근사적으로 측정하는 소음계(sound level meter)의 설계에 이용되어 왔다. 소음계에는 주파수 보정회로가 내장되어 있어 다른 주파수의 음을 단순하게 합산하는 것이 아니라 등청감곡선에 근거하여 각 주파수의 음의 세기에 가중특성을 부여하고 있다. 음압레벨이 낮을 경우에는 저주파 영역의 주파수 성분은 복합음 전체의 세기에 거의 기여하지 않는다. A특성에서는 저주파 영역의 기여를 줄이고 최종적으로 표시계에 나타내도록 되어있다. A특성은 40 phon의 등청감곡선의 형태를 기본으로하고 있다. 레벨이 높은 음에서는 모든 주파수 영역에서 일률적으로 라우드니스에 기여를 하므로(등청감곡선이 거의 평탄하게 됨) 보다 직선에 가까운 가중특성인 C특성이 이용되게 된다. B특성은 그 중간정도의 음의 측정에 이용되므로 70 phon의 등청감곡선을 기본으로 하고 있다. 이러한 보정회로를 통하여 측정된 음의 레벨에는 사용된 가중특성을 명기하도록 하는 것이 보통이다. 예를 들면, 35 dB(A)라고 표기되어 있는 경우에는 A특성을 가중하여 측정된 값을 의미한다.

하지만, 소음계를 이용한 음의 측정에는 몇 가지 문제점이 있다. 첫째는 신뢰성이 있는 측정이 가능한 것은 지속시간이 비교적 긴 정상음에 한정되는 점이다. 즉, 비정상음에 대한 응답은 사람의 음의 크기에 대한 감각과 일치하는 것은 아니

기초강좌

다. 둘째는 주파수 대역이 많이 떨어진 복합음의 경우 음의 크기의 가산을 충분히 할 수 없다는 점이다. 복합음의 크기는 음의 에너지가 일정하다라도 그것이 좁은 주파수 영역에 집중되어 있는지 넓은 범위에 분포되어 있는지에 따라 다르기 때문이다. 셋째는 소음계에 의한 측정은 음의 크기에 대한 “참값”의 추정은 되지 않는다는 점이다. 왜냐하면 심리량이 아닌 물리량의 척도인 데시벨과 깊게 관련되어 있기 때문이다. 따라서, 80 dB의 음은 40 dB의 음에 비해 2배 크다는 표현은 완전히 잘못된 것이다.

음에 대한 물리량을 주관적인 양인 음의 크기와 연결시키는 척도를 이끌어 내기 위한 노력들은 많이 있었다. 음의 크기 그리고 다른 감각에 대한 척도화는 선구자인 S. S. Stevens에 의해 발전되었다. 음의 크기의 척도 구성에는 2가지 방법이 이용되었다. 첫 번째는 magnitude 추정법이라 불리는 방법으로, 여러 가지 레벨의 음을 제시하고 피험자는 그 음의 크기와 같다고 판단되는 수치를 기술하는 방법이다. 경우에 따라서는 “modulus” 또는 “standard”라 불리는 기준음을 제시하고 이것과 비교하여 피험자가 대상음의 크기를 판단한다. 두 번째 방법은 magnitude 산출법이라 불리는 것이다. 이 방법은 먼저 표준자극을 제시하고 피험자가 그 음에 대하여 어떤 특정의 크기, 예를 들면, 2배, 4배 또는 1/2배 등의 레벨을 조절시키는 방법이다. Stevens에 의하면 음의 크기 L 은 음의 물리적인 세기 I 의 멱함수 즉,

$$L = kI^{0.3} \quad (1)$$

로 표현된다고 한다. 여기서 k 는 피험자나 이용되는 단위에 의해 결정되는 정수이다. 위 식에 따르면 음의 크기는 자극세기의 0.3승에 비례하여 증가한다. 다시 말하면 10 dB 음압이 상승하면

음의 크기는 2배 증가하는 것이 된다. Stevens는 음의 크기에 대한 척도로 sone을 제안하고 1000 Hz, 40 dB 순음의 크기를 1 sone으로 정의하였다. 예를 들면, 위 식에 의해 1000 Hz, 50 dB의 순음은 1000 Hz, 40 dB의 순음에 비해 약 2배 큰 음이 되므로 2 sone이 되는 것이다.

복합음의 크기에 대한 척도로는 Zwicker and Scharf(1965년)나 Zwicker(1958년) 또는 Stevens(1972년)의 모델이 많이 이용되고 있다. 이들 모델은 복잡하기 때문에 정확하게 설명하기는 쉽지 않지만, 이들 모델의 기본은 복합음을 몇 개의 주파수 대역(보통 1/3 옥타브대역)으로 분할하여 각 대역내에서의 레벨을 측정하는 점에 둔다. 그리고 각 대역마다의 레벨을 Stevens의 멱승법칙에 의해 음의 크기로 환산하고 그 합계를 전체의 크기로 계산하는 것이다.

음의 세기와 크기와의 관계에 멱승법칙이 성립하고 있다는 것은 여러 가지 법칙을 이용한 많은 연구에 의해 확인되고 있다. 하지만 음의 크기 척도에 대한 비판도 몇 가지가 있다. 이 방법은 다음 요인에 의해 오차에 대한 의견이 제시되고 있다.

- 제시되는 자극의 범위
- 최초에 제시되는 자극
- 피험자에 대한 교시
- 허용된 반응범위
- 반응범위의 대칭성(피험자의 판단은 허용된 반응의 범위의 중심으로 치우치기 쉽다.)
- 경험, 훈련, 주의, 동기수준 등에 관한 여러 가지 요인(Poulton, 1979년)

등 피험자에 의한 차이가 매우 크므로 많은 피험자에 대한 다수의 반응을 평균하지 않으면 정확성을 갖는 결과를 얻기 어렵다. 그래서 Warren

(1970년)은 피험자에 대해 1회 반응만을 취득하여 생각할 수 있는 여러 가지 오차요인을 제거할 수 있는 방법을 연구하였다. 그리하여 반응이 각 범위의 중심의 양측에 대칭으로 분포한 결과만을 오차요인이 없는 반응으로 간주하였고 그 결과 음의 크기를 반으로 줄이는 것은 Stevens의 10 dB이 아니라 6 dB 감쇠에 대응한다는 것이 분명해졌다. 하지만 이 결과에도 상당한 편차는 보여지고 있다.

음의 크기의 척도 구성에는 이론상의 문제점도 몇 가지가 존재한다. 그 가운데 하나는 Treisman(1964년)에 의해 지적된 것으로 음의 크기의 판단에는 다른 함수에 의해 지배되는 2개의 단계가 포함되어 있다는 점이다. 1단계는 자극이 피험자의 음의 크기에 대한 감각을 불러 일으킨다는 점이다. 이것이 많은 학자들이 구하고자 하는 자극의 물리량과 감각과의 대응관계이다. 2단계는 피험자가 무엇인가의 방법에 의해 감각량에 대응하는 수치를 대응시키는 것이다. 이때 피험자의 반응이 감각량에 대한 직접적인 지표라고 할수 있는 것은 감각량과 수치와의 관계가 선형일때 만이 성립된다. 만약 피험자가 다른 척도, 예를 들면 대수척도로 반응하고 있다고 한다면 그 판단은 음의 크기에 대한 직접적인 지표라고 하기는 어렵다. 하지만, 피험자가 어떠한 수치척도를 이용하여 결정하는지에 대해서는 판단하

기는 쉽지 않다. 이론상의 2번째 문제점은 원래 피험자에게 감각량을 판단하게 하게 발상 자체에 관한 것이다. 사람들이 일상생활에서 행하고 있는 것은 여러 가지 음원의 크기에 대한 판단이다. 따라서 그 음원의 거리나 그것을 들을 때의 상황 자신에게 의미가 있는지 어떤지에 대한 음의 성질에 의해 크기에 대한 추정값은 좌우된다. 다시 말하면, 사람은 음원 그 자체의 속성을 추정하려고 한다는 것이다. 감각량을 내성적으로 판단하는 것은 부자연스럽고 곤란한 작업이다. 이 점에 대해서 음향학의 선구자인 Helmholtz는 다음과 같이 말하였다고 한다(Warren, 1981년).

“사람들은 자신의 주변에 있는 대상에 대한 객관적인 성질을 감각을 통해 파악하는 것에는 매우 숙달되어 있다. 하지만, 그 감각자체를 관찰하는 것에는 전혀 익숙하지 않다. 그래서 감각과 자신의 주변의 대상을 연결시키는 습관을 위해 순수한 감각을 명확히 의식하는 것이 가능하지 않은 것이다.” KSNVE

참고 문헌

- (1) 大串健吾, 聴覚心理学概論, 誠信書房, 1995
(원저 : B. C. J. Moore, An Introduction to the Psychology of Hearing, Academic Press, 1989)