

소리의 감성적인 측면과 활용

최민주
제주대학교 의과대학

I. 시작하는 말

소리는 일상 생활과 분리할 수 없는 필수적인 요소이다. 소리가 배제된 대화나 음악이 없는 문화 생활은 상상하기 어렵다. 소리가 배제된 대화는 사람의 감정을 신지 못하며, 배경 음악이 없는 영화는 무미 건조하여 극적인 효과를 내기가 어렵다. 사랑을 고백하는 음성의 떨림을 펜 끝에 실어 전달하기란 쉬운 일이 아니다. 소리는 정보 전달을 위한 기능적인 역할 외에도 심미적인 정서를 자아내는 감성의 매개체 역할을 하기 때문이다. 쾌적한 자연의 소리는 마음을 편안하게 하고, 절제되고 차분한 음악은 격앙된 흥분을 가라앉게 한다. 원치 않는 소리, 소음은 마음을 불쾌하게 하며, 심하면 인체에 치명적인 해를 가할 수 있다. 반대로 적절히 선정된 음악은 언어적인 상담이 어려운 자폐증 환자의 증상을 개선시켜 준다. 소리는 이처럼 인간 정신, 또는 심리적인 상태를 변화하는 힘을 가지고 있으며, 정신의 지배를 받는 육체적인 요소에 간접적으로 영향력을 행사한다. 소리가 무엇이기에 사람의 마음과 육체를 변화시킬 수 있는 힘을 갖는 것일까? 구체적으로 어떤 소리가, 소리의 어떤 요소가 사람의 마음을 즐겁게, 불쾌하게 만드는 것일까? 현대 과학은 소리의 물리적인 측면과 청각 기관의 해부학적인 부분에는 비교적 많은 정보를 제공하고 있지만, 소리가 인체에 미치는 신비한 힘을 설명하기에 아직은 초보적인 수준에 머물러 있다. 최근 소비자의 감성적 요소를 중요시하고 이를 제품 개발 및 판촉에 적극적으로 반영하려는 사회적 여건이 성숙되면서, 소리의 감성적인 측면에 대한 관심이 증대되고 있다. 단순히 정보 교환이나 소음 억제 등의 소극적인 측면에 국한되지 않고, 소리에 의한 심미적 감흥을 활용하려는 노력이 시도되고 있다. 이러한 노력은 인간의 감성의 세계를 효과적으로 자극하는 도구로, 소리를 디자인하려는 구체적인 형태로 나타나고 있다. 본 논문에서는 소리의 물리적인 본질을 정의하고, 소리를 감지하는 인간의 청각 기관을 개관한다. 그리고 소리의 물리적인 요소들에 대한 감각 요소들과의 관련성

을 정의하는 심리음향학적 변수들을 소개하고 음질과 소리의 감성의 평가에 관해 논의한다. 아울러 소리의 감성적 측면의 활용과 관련한 최근의 현황을 소개하고, 이 분야의 향후 연구 방향을 언급하고자 한다.

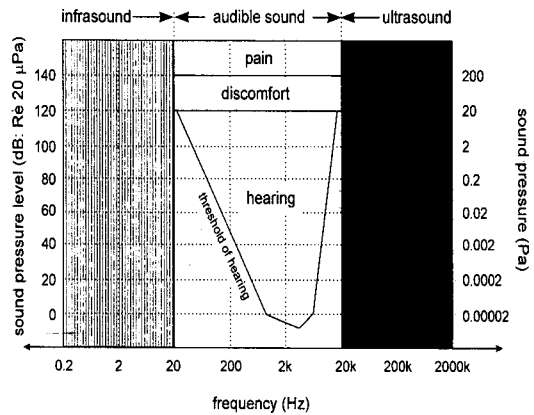
II. 소리란?

소리란, 물리적으로, 공기 입자들의 압축과 수축에 의해서 에너지가 전달되는 파동 현상 즉 음파(sound wave)로 기술할 수 있다. 그림 1은 정현파에 의해 발진된 스피커에 의한 관내의 공기 입자들의 진동과, 음원(스피커)로부터 거리에 따른 공기 밀도(음압)의 변화를 보여주고 있다. 공기 진동의 주파수는 음속을 파장으로 나눈 값으로 구할 수 있다. 음파의 물리적인 특성은 보통 주파수, 음압, 파형 세 가지로 표현한다.

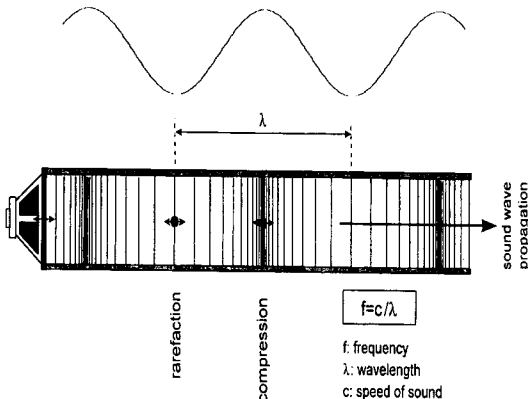
인간의 귀는 개인의 차에 따라 차이가 있지만 대략 20-20,000 Hz사이의 소리를 감지할 수 있다. 이 주파수 영역의 음을 가청음(audible sound)이라 한다. 이보다 낮은 20 Hz 이하의 소리를 초저음파(infrasound), 20,000 Hz 이상의 소리를 초음파(ultrasound)로 구분한다. 인간이 소리를 감

지할 수 있는 최소가청한도(threshold of hearing)는 1,000 Hz에서 음압 20 μ Pa이다. 소리가 최대가청한도(threshold of pain)보다 크면 사람은 듣기를 포기하고 공기의 진동을 압력 또는 통증으로 받아 드린다. 최소가청한도 및 최대가청한도는 주파수에 따라 변한다. 그림 2는 귀의 가청음역을 주파수와 음압 축에 대해 보여주고 있다. 그림에서 음압의 단위는 Pa이지만, 귀가 감지하는 음압의 범위가 너무 넓기 때문에, 음압의 대수치인 음압수준 SPL (sound pressure level, dB)를 사용한다.

$$(1) \text{SPL} = 20 \log(P/P_{ref})$$



〈그림 2〉 주파수에 따른 소리의 구분 및 최소 및 최대 가청음역



〈그림 1〉 정현파에 의해 발진된 스피커 음원으로 야기된 관내의 공기의 진동 및 밀도의 변화

여기서 P는 실효값(RMS)으로 표현되는 음압(Pa), P_{ref}는 귀가 감지할 수 있는 최저 음압인 20 μ Pa이다. 일상적인 대화에 사용되는 음역은 주파수 100-8,000 Hz 사이의 음압 50-80 dB (at 1,000 Hz)이며, 음악의 영역은 40-10,000 Hz, 30-90 dB 정도이다. 청각은 우리가 자주 듣는 음역인 2,000-5,000 Hz에서 민감하다. 청각이 가장 예민한 연령은 15-20세이며, 연령이 높아지면서 청각은 쇠퇴해 간다.

표 1은 음파의 물리적 변수와 지각 요소와의 관련성을 보여준다. 연속음의 경우, 음압은 소리의 크기(loudness), 주파수는 피치(pitch), 파형은 음색(timbre)을 결정한다. 물론 일정한 음압에서 주

〈표 1〉 소리의 물리적 변수와 지각 변수와의 관련성

physical parameter	perception related parameter		
	loudness	pitch	timbre
pressure	○○○	○	○
frequency	○	○○○	○○
waveform	○	○	○○○

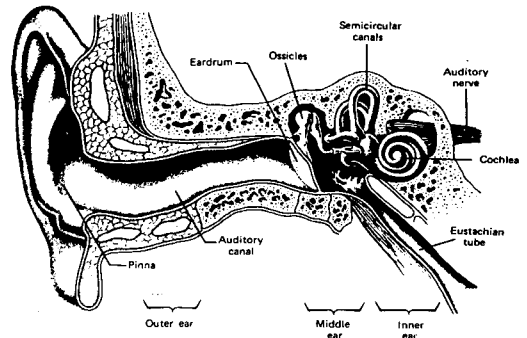
○ weakly dependent, ○○ moderately dependent,
○○○ strongly dependent

파수의 변화는 크기 변화를 유발한다. 진폭과 주파수가 일정하더라도 파형이 다르면 느끼는 소리의 크기가 반드시 같지는 않다. 파형은 다르나 음색을 구별하기 어려운 경우도 있다. 크기와 파치는 각각 일차원적이지만, 음색은 복잡하고 다차원적이어서, 독립적이고 서로 다른 여러 방향으로 변한다. 음색은 매끄러운, 거친, 공허한, 풍부한 등 무한하다.

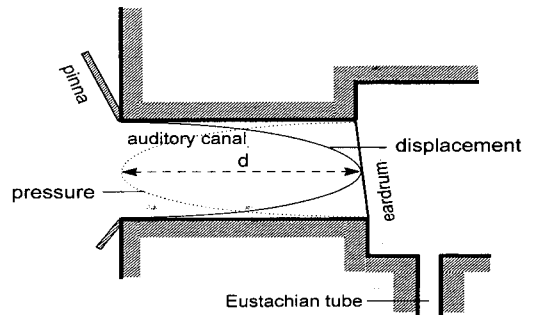
III. 귀의 구조 및 기능

인체의 청각기관은 구조적으로 복잡하고 대단히 작다. 귀는 공기의 진동 현상인 음파(역학적인 신호)를 감수하여 뇌가 처리하도록 전기적인 신경 신호로 전환하는 일종의 음변환기이다. 외이는 집속기, 중이는 증폭기, 내이는 변환기의 역할을 한다. 그림 3은 귀의 해부학적인 구조를 외이(outer ear), 중이(middle ear), 내이(inner ear)로 구분하여 보여주고 있다.

외이: 외이는 귓바퀴(external pinna), 귓구멍(auditory canal) 고막(eardrum)으로 구성된다. 귓바퀴는 소리 특히 고주파 음을 고막에 집중하며 음원의 방향을 파악하는데 도움을 준다. 고막은 섬유 조직의 얇은 막으로, 음파로 인한 공기 압력의 변화를 막의 역학적인 진동으로 변환한다. 귓구멍은 한쪽 끝이 고막으로 막혀있는 기주관으로 볼 수 있으며 (그림 4), 특정 주파수대역의 청각 민감도를 증폭시키는 관 공명기 역할을 한다. 귓구멍의



〈그림 3〉 귀의 해부학적 구조



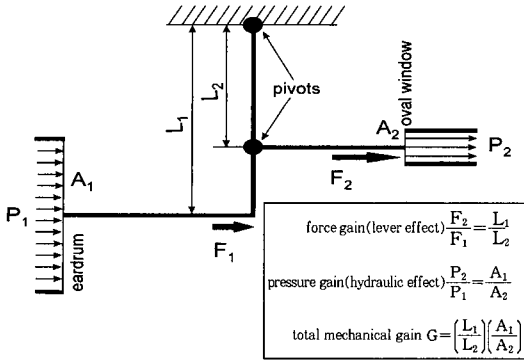
$$f = \frac{c}{4d}$$

f : frequency & wavelength of the first vibration mode of an air column closed at one end and open at the other
c : speed of sound
d : depth of the air column

〈그림 4〉 한쪽 끝이 고막으로 막힌 외이의 기주관 모델

깊이를 d, 음파의 파장을 λ라고 하면, $\lambda/4 = d$ 의 관계가 성립한다. 음속을 c라 하면, 기주관의 일차 고유진동수는 $f = c/\lambda$ 로 부터 계산할 수 있다. 평균적으로 d = 25 mm이며, 따라서 $\lambda = 100$ mm, c = 340 m/s 값을 사용하면, 기주관의 일차고유진동수는 3,400 Hz가 된다. 그림 2에서 귀가 2,000-5,000 Hz 주파수 부근에서 가장 민감한 이유는 바로 귓구멍 길이 때문이다.

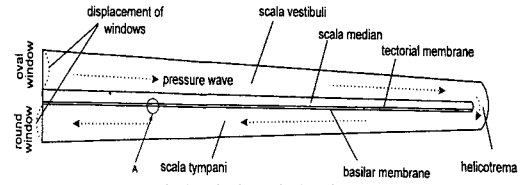
중이: 중이에는 추골/망치뼈(hammer), 침골/모루뼈(anvil), 등골/등자뼈(stirrup)라고 불리는 3개의 이소골(ossicles)이 있다. 추골의 자루 부분은 고막 위에, 등골의 발 부분은 난원창(oval window)에 위치한다. 이소골은, 그림 5에서 보여



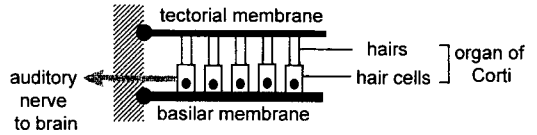
(그림 5) 이소골의 레버 효과 및 수력학적 이득

주는 바와 같이, 고막의 진동을 난원창을 통해 내이에 전달하는 지렛대 역할을 한다. 그림에서 $L_1 \approx 1.5L_2$ 이며, $F_2/F_1 \approx 1.5$. 즉 이상적인 지렛대 작용으로 인한 등골에서 힘은 추골의 1.5배가 된다. 고막의 면적은 난원창의 20배 정도이므로 ($A_1 \approx 20A_2$), 수력학적인 원리에 의해, 난원창에서 압력은 고막에서 보다 20배 정도 크다 ($P_2/P_1 \approx 20$). 지렛대 작용과 수력학적인 이득을 동시에 고려하면 난원창에 전달되는 압력은 고막의 약 30배가 된다 ($G \approx 30$). 이소골은 작은 두 근육, 고장근과 등골근을 가지고 있다. 지나치게 큰 소음에 노출이 됐을 때, 추골에 부착된 고장근은 고막의 장력을 증가시키고, 등골근은 등골을 옆으로 잡아당겨 이소골의 연쇄 움직임을 감소시킨다. 이러한 반응을 음반사(acoustic reflection)라고 하며, 1,000 Hz 이하의 주파수에 대해 음압 20 dB 이상을 약화시킨다. 중이는 유스타키오관(Eustachian tube)으로 목구멍과 연결되어 있어 고막 안팎의 기압이 동일하게 유지된다. 기압이 다르면 고막이 팽창하여 잘 진동하지 않으므로 특히 낮은 진동수의 음을 잘 듣지 못하게 된다.

내이: 내이는 세반고리관(semicircular canals)과 달팽이관(cochlea, 회랍어 snail에 해당함)을 포함하는 작고 복잡한 부분이다. 세반고리관은 인체의 평형 감각을 담당하는 부분으로 청각에는 거의 또는 전혀 기여하지 않는다. 달팽이관은 완두콩 만한 크기로서 달팽이 껍질 모양으로 3회의 나

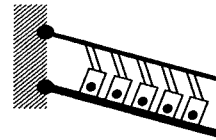


(a) 펼친 달팽이관의 내부 구조



(b) 코르티기관(그림a)의 A부분 상세도

(c) 기저막이 진동할 때 전단력에 의해 섬모가 구부러지는 모습



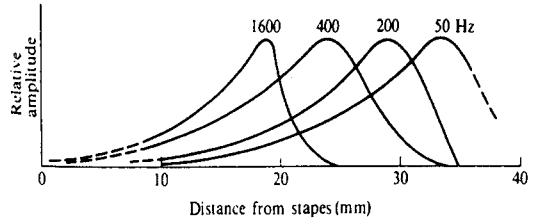
(그림 6) 달팽이관의 구조 및 기능

선을 이룬 관으로, 끝으로 갈수록 가늘어지며, 길이는 펼치면 32 mm 정도가 된다. 그림 6a는 펼친 달팽이관의 내부 구조를 보여준다. 전정계(scalar vestibuli), 고실계(scalar tympani), 와우관(cochlea duct)의 3개의 방(chamber)이 달팽이관의 길이 방향으로 흐르고 있다. 전정계와 고실계에는 외림파(perilymph), 와우관에는 내림파(endolymph)라는 액체가 들어 있다. 달팽이관의 맨끝쪽에는 와우공(helicotrema)이라는 작은 구멍이 있어 전정계와 고실계를 연결한다. 와우공은 등골에 의해 난원창이 안으로 밀릴 때 비수축성 유체인 전정계의 외림파를 고실계로 흐르게 하는 통로가 된다. 고실계로 흘러 들어온 외림파는 정원창(round window)을 밖으로 팽창시키면서 상당한 난원창의 진동을 허용한다. 청각에 가장 중요한 역할을 하는 부분은 기저막(basilar membrane)이

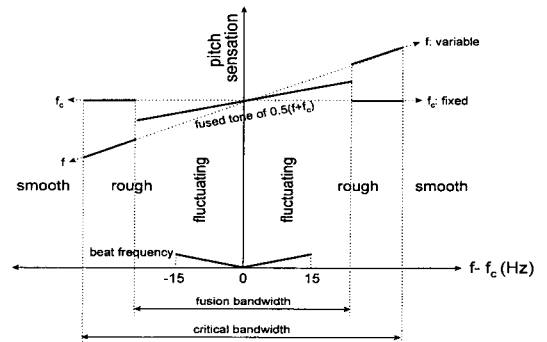
다. 기저막은 이만여개의 유모세포(hair cell)를 가진 코르티기관(organs of Corti)을 사이로 개막(tectorial membrane)과 접하고 있다(그림6b). 유모세포는 기저막 쪽에 위치하고 있으며, 각 유모세포 상부에 다수의 섬모(hair)를 가지고 있다. 이 소골의 진동이 난원창을 통해 전정계의 외림파에 압력파를 발생시키면, 이 압력파 의해 기저막이 진동하고 개막도 동시에 진동하여 두 막사이의 코르티기관에 전단력이 가해진다. 섬모는 개막에 굳게 붙어 있기 때문에, 전단력에 의해 섬모는 구부러지고, 유모세포가 흥분하게 된다(그림6c). 섬모세포 내에는 딱딱한 액틴필라멘트들이 있고 이들이 유모세포의 기계적 변형을 전기적 흥분으로 변환하는 과정에 중요한 구실을 한다. 유모세포의 흥분으로 인한 전기적인 신호는 청각 신경을 통해 뇌에 전달된다.

스펙트럼 분석 기능: 기저막이 음에 대해 취대로 반응하는 위치는 주파수에 따라 달라진다. 기저막은 난원창 부근(입구)에서 비교적 협소하고 탄력적이며 가볍지만, 와우공 부근에서는 넓으며 느슨하고 무겁다. 평균적으로 기저막의 너비는 난원창 부근에서는 0.1 mm이하이며 반대편 끝으로 가면서 0.5 mm 정도로 넓어진다. 따라서 기저막은 주파수가 높은 진동일수록 창에 가까운 부분에 큰 동요를 수반하는 경향(von Békésy 1960)을 가진다(그림7). 유모 세포는 기저막의 횡방향 진폭이 최대로 되는 위치에서 소리를 감지하므로, 기저막 입구 부근에서는 고주파수 음을, 안으로 들어갈수록 저주파수 음을 감지하게 된다. 순음에 대한 기저막의 반응 곡선은 난원창 쪽으로 꼬리를 길게 드리운 비대칭 분포를 보인다(그림7). 기능적으로 기저막은 일정 비율의 대역폭을 가지는 필터들의 조합으로 볼 수 있다. 즉 기저막은 소리를 각각의 주파수 대역별로 동조시키는 기계식 스펙트럼 분석기 역할을 한다.

임계주파수대: 기저막을 동시에 자극하는 두 순음이 비슷한 주파수차를 가질 경우, 기저막은 동일한 영역에서 동요되나, 주파수차가 크게되면 독립적인 영역에서 반응한다. 기저막의 반응곡선이 효과적으로 중복되는 주파수 범위를 임계주파수대

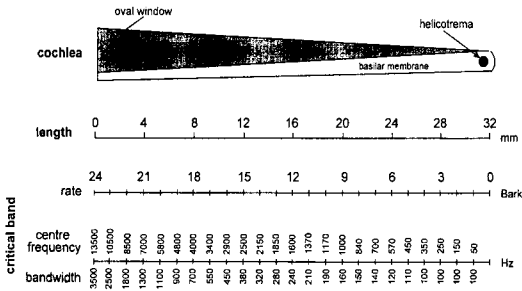


(그림 7) 주파수가 다른 음(50, 200, 400, 1600Hz)에 대한 기저막의 반응 곡선(von Békésy 1960)



(그림 8) 두 정현파 음의 주파수 차이에 따른 합성 감각(Roederer 1975)

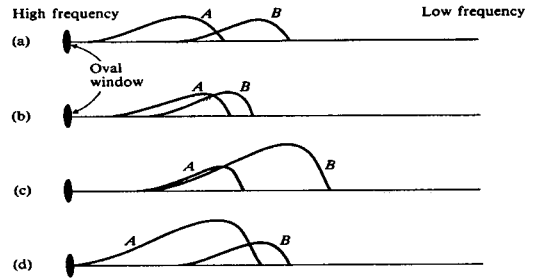
역(critical bandwidth)라 한다. 다른 표현으로 임계주파수대역은 소리의 주파수 성분에 대한 인간의 주관적인 반응이 돌변하는 대역이다(Scharf 1970). 임계주파수대(critical band)의 개념은 두 순음의 주파수 차이에 따른 합성 감각을 이용하여 설명할 수 있다. 그림8은 한 정현파의 주파수를 f_c 로 고정시키고 진폭이 같은 다른 정현파의 주파수 f 를 변환시켜가며 합성된 음에 대한 피치 감각의 변화를 보여준다. 두 음의 주파수와 위상이 동일할 때 합성파는 두배의 진폭을 갖는 정현파가 되어 피치는 같으나 더 큰 음으로 들린다. 주파수 차가 근소할 경우, 합성파는 두 주파수의 평균값으로 하는 주파수로 변조된 강한 맥놀이 현상을 보인다. 즉 주파수 $0.5(f_c + f)$ 의 피치로, 변조주파수 $|f_c - f|$ 로 끊어지는, 요동하는 소리(fluctuating sound)로 감지된다. 맥놀이는 주파수 분리가 증가



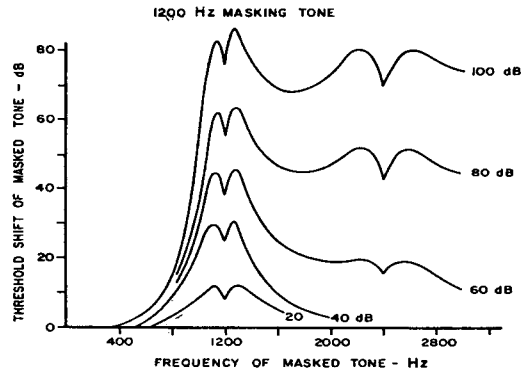
〈그림 9〉 기저막의 거리에 따른 임계주파수대율 (Bark), 임계주파수대의 중심주파수(Hz), 임계주파수 대역폭(Hz)의 변화

함에 따라 점차 빨라지며, 너무 빨라 개별적으로 헤아리기 어려운 때에는 미세하게 요동치는 (거친) 소리로 지각된다. 두 주파수차가 임계주파수대역을 벗어나면 거친 느낌이 사라지고 독립된 두 피치를 감지하게 된다. 임계주파수대역은 중심주파수에 따라 변하는데, 500 Hz 이하의 저주파수 영역에서는 100-110 Hz로 거의 일정하고, 고주파수 영역에서는 중심주파수의 1/3옥타브대역과 유사하다 (Zwicker et al 1957). 임계주파수대역은 기저막의 종방향 길이 1.3 mm에 해당하며, 이 길이는 기저막 거리의 척도인 Bark의 기준이 된다. Zwicker et al (1957)은 가청주파수 범위를 24개의 임계주파수대로 구분하고 있으며, 그림 9는 기저막의 거리에 따른 임계주파수대의 중심주파수와 대역폭의 변화를 보여주고 있다.

은폐: 음의 한 성분이 다른 성분에 대한 귀의 감수성을 감소시키는 것을 소리의 은폐(masking)라 한다. 그림10은 소리의 은폐효과를 개념적으로 보여준다. 음압이 비슷한 두음, 고주파음(A)과 저주파음(B)에 야기된 기저막의 반응은, 상호간의 주파수 차이가 크면, 중첩되지 않는다(그림10a). 그러나 주파수 차이가 작아지게 되면 저주파음에 의한 기저막의 진동은 고주파음에 의한 진동을 부분적으로 방해하여 고주파음의 일부를 감지하지 못하게 한다(그림10b). 만일 저주파음의 음압이 고주파음 보다 높을 경우(주파수 차이가 아주 크지 않으면), 저주파음에 의한 기저막의 반응은 고



〈그림 10〉 은폐 효과를 설명하는 두 순음에 의한 기저막의 반응 곡선 A: 고주파음, B: 저주파음 (a) A, B가 중첩하지 않는 경우 (b) 크기가 비슷한 A와 B가 상당히 중첩된 경우, B가 A를 약간 우세하게 은폐한다 (c) B가 클 경우, B는 A를 완벽하게 은폐한다. (d) A가 클 경우에도 A는 B를 충분히 은폐하지 못한다.



〈그림 11〉 주파수 1200 Hz의 은폐음에 의한 순음의 은폐 곡선(Small Jr 1959)

주파음에 의한 반응을 거의 완벽하게 은폐한다(그림 10c). 이 현상은, 그림7에서 보여주는 것과 같이, 낮은 주파수 신호가 기저막을 가진 시키면 고주파 신호에 민감한 입구 쪽도 반응하기 때문이다. 반대로, 고주파음의 음압의 수준이 저주파음 보다 높을 경우, 고주파음에 의한 기저막의 반응은 저주파음에 의한 자극을 충분히 은폐하지 못한다(그림10d). 이러한 이유로 입력되는 소리는 그보다 높은 주파수 대역의 소리를 은폐한다(spectral

masking). 은폐효과는 한 (피은폐)음의 가청역치가 다른 (은폐)음 때문에 높아지는 양으로 표시한다. 그림11은 1200 Hz의 은폐음에 의한 순음의 은폐효과(Small Jr 1959)를 보여주고 있다.

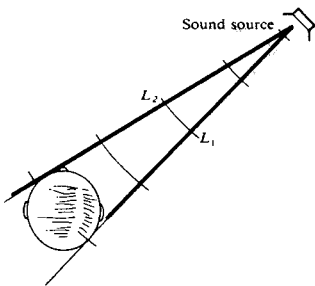
양이효과: 인간은 좌우 두 귀를 통하여 소리를 듣는다 (binaural hearing). 음원의 위치 파악 능력은 양이효과와 깊은 관련이 있다. 그림12는 귀가 음원이 위치를 파악하는 기본 원리를 보여주고 있다. 1,000 Hz 이하의 저주파 영역에서는 좌우 귀에 도달하는 음의 위상차가 음원의 위치를 파악하는데 중요한 정보가 된다 (그림12a). 4,000 Hz 이상의 고주파 영역에서는 두 귀에 도달하는 음의 강도차가 중요하다 (그림12b). 1,000-4,000 Hz 사이의 경우 두 메카니즘이 적절히 중복되지 않아 음원의 위치감이 떨어지며, 3,000 Hz에서 가장 큰 착오를 보인다. 양이효과는 또한 귀가 특정

한 방향의 소리에 집중하고 원치 않는 소리는 억제할 수 있는 선택적인 청각과정에 기여한다. 이것은 흔히 카테일파티효과로 불리는 것으로, 시끄러운 파티 장소에서 특정한 위치에 있는 특정인의 음성을 선택적으로 들을 수 있는 귀의 능력을 의미한다.

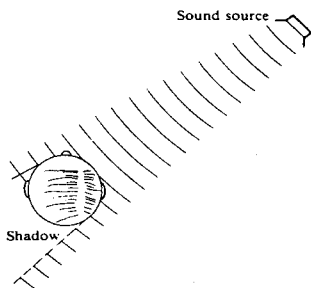
IV. 소리의 감성적 측면

소리는 귀를 통해 집속, 증폭되고 신경 신호로 변환되어 뇌로 전달되고, 뇌에서 인지과정을 거쳐 심리적인 감흥 (감성)을 야기한다. 소리의 감각적인 요소들은 크다, 부드럽다, 높다, 낮다, 매끄럽다, 거칠다, 공허하다, 풍부하다 등 수없이 많으며, 이것은 소리 감성 평가의 난해성을 간접적으로 시사한다. 소리의 감성을 계량화하려는 과학적 시도는 종종 인간의 지각은 본질적으로 주관적일 수밖에 없다는 항변 앞에 무력해지곤 한다. 과연 소리의 속성에 대한 계량화가 타당한가? 그러한 시도로 본질적인 의미가 상실되는 것은 아닐까? 과학은 소리의 물리적 요소와 심리적 양상을 연관시키는데 어디까지 진행할 수 있는가? 그 결과는 얼마나 유용할 수 있을까? 이러한 비판적인 논제에 대해, 행동과학의 가능성을 인식한 정신물리학자들은 물리적 자극과 인간의 지각에 어떤 연관성이 있으며 이러한 지각은 모호하지도 주관적이지도 않은 규칙성과 경향이 있으리라는 신념으로 심리음향학(psychoacoustics)을 태동시켰다. 심리음향학은 소리의 물리적인 변수와 특정한 인간의 감성에 관련된 심리음향학적 변수에 관심을 두며, 이러한 심리음향학 변수들을 이용하여 음질 또는 소리의 감성을 과학적으로 평가하는 방법을 연구한다. 본 장은 그동안 발표된 중요한 심리음향학 변수 (라우드니스, 샤프니스, 러프니스, FS, 음조)들에 대해 간략히 설명하고, 이들을 이용하여 소리의 불쾌감, 성가심을 평가하는 지수를 소개한다.

크기(라우드니스): 소리의 크기(loudness)에 대한 귀의 민감도는 주파수에 따라 변한다. 그림

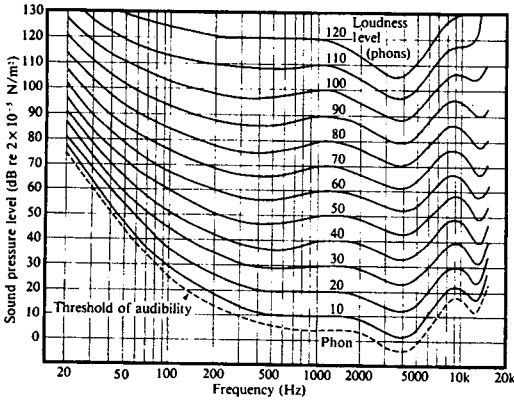


(a) 1,000 Hz 이하의 저주파수 영역



(b) 4,000 Hz이상의 고주파수 영역

〈그림 12〉 음원의 위치를 파악하는 기본 원리

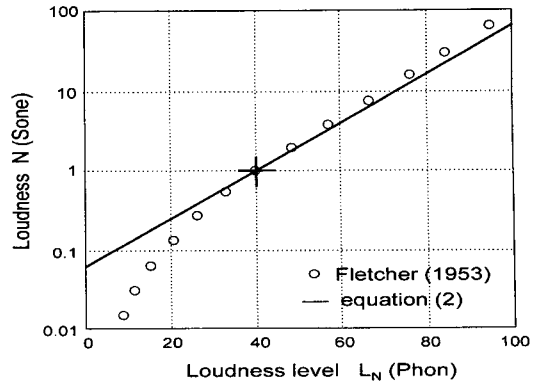


(그림 13) 순음에 대한 등라우드니스수준곡선(ISO R226)

13은 주파수에 따라 변화하는, 동일한 크기를 느끼게 하는 순음의 음압수준 SPL(dB)을 보여주는 등라우드니스수준(equal loudness level) 곡선이다. 그림13은 ISO R226 (international standard organization)에서 채택하고 있는 것으로, 이 곡선을 최초로 발표한 Fletcher & Munson (1933)의 것과 유사하다. 등라우드니스수준 곡선으로부터 청각의 민감도는 중저음 저주파수 영역에서는 상대적으로 낮음을 알 수 있고, 외이도의 일차공진주파수 영역인 3,500-4,000 Hz에서 최대가 되고 이차공진주파수인 13,000 Hz 부근에서 다시 높아진다. 라우드니스수준은 1,000 Hz에서의 SPL (dB) 값으로 표시하며, 단위로 'Phon'을 사용한다. 주의할 것은 Phon은 라우드니스수준을 표현하는 임의의 단위이며, Phon의 값은 지각된 소리의 크기와 특정한 상관 관계가 없다는 사실이다. 사람이 느끼는 소리의 크기 즉 라우드니스에 비례적으로 대응하는 척도의 단위로 'Sone'을 사용한다. Sone의 값이 두 배 증가하면 소리의 크기도 두 배 증가한다. 라우드니스 1 Sone은 라우드니스수준 40 Phon으로 정의하며, ISO R226은 라우드니스수준과 라우드니스를 아래의 식으로 관련시키고 있다.

$$(2) N = 2^{(L_n - 40)/10}$$

여기서 N은 라우드니스(Sone), L_n 은 라우드니스수준(Phon)을 의미한다. 그림14는 라우드니스와



(그림 14) 라우드니스 N(Sone)과 라우드니스수준 L_n (Phon)과의 관계

라우드니스수준과의 관계를 보여준다. 그림에서 실선은 식(2)에 해당하며 데이터 값은 Fletcher (1953)의 실험 결과이다. 그림으로부터 식 (2)는 라우드니스수준이 20 Phon 이상인 경우 실험치와 잘 일치함을 볼 수 있다.

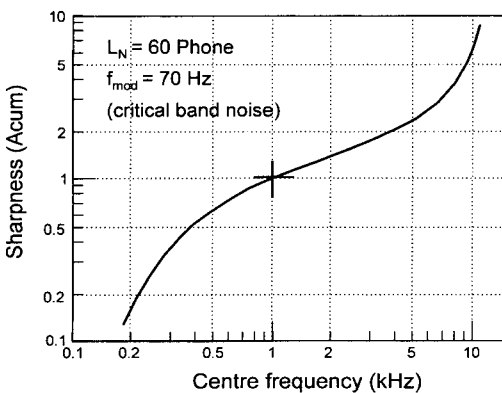
청각기관을 통해 수신된 소리의 정보는 라우드니스, 임계주파수, 시간 축으로 이루어지는 3차원의 공간상에 효과적으로 표현된다. 소리 신호의 시간-임계주파수-라우드니스 스펙트럼은 심리음향학 변수를 계산하기 위한 기본 자료가 된다. 복합음(multitone sound)의 라우드니스는 임계주파수대 라우드니스(specific loudness, Sone/Bark)를 구한 후 전 임계주파수대의 범위 (0-24 Bark)에 대해 적분하여 구한다. 이 경우 주파수 및 시간에 따른 소리의 은폐효과를 고려해야 한다. 주파수에 따른 은폐효과는 앞에서 언급한대로 기저막의 주파수 반응 특성에 근거한다. 시간에 따른 소리의 은폐효과는 소리에 대한 귀의 최소 반응 시간이 존재하며(200 ms 정도) 그 반응 시간이 소리의 크기에 의존하는 귀의 특성에 기인한다. 200 ms 이내의 작은 기간동안 지속되는 순간적인 돌발음(tone burst)은 실제보다 작게 감지된다. 이보다 큰 기간의 음에 대해서는 감지된 소리의 크기는 기간에 독립적이다. 큰 소리보다 수십밀리초 정도 앞선 작은 소리의 크기는 감소되거나 은폐된다(premasking). 큰 소리가 종료된 직후 약 200 ms

이내의 돌발음은 은폐될 가능성이 높다(post masking). 연속음이 존재한 상태에서 연속음보다 높은 음압을 가질지라도 돌발음은 차폐되기 쉽다(simultaneous masking). 시간에 따른 은폐 효과는 시간에 따라 변화하는 라우드니스 값의 최대 최소값의 차이를 반영한 시간은폐깊이(temporal masking depth)로 표현한다.

세밀성(샤프니스): 소리가 날카롭거나 무딘 정도를 구분하는 척도이다. 저주파와 고주파 사이의 균형(spectrum balance)을 나타내며, 신호의 고주파 영역이 지배적일수록 샤프니스(sharpness) 값은 증가한다. 샤프니스의 단위는 'Acum'으로 표시하며, 1 Acum의 기준음은 1,000 Hz에서 60 dB의 음압을 가지는 협대역음(narrow band sound)으로 한다. 복합음의 샤프니스 S(Acum)는 고주파수 영역에 가중치를 부여하는 임계주파수대 라우드니스의 일차스펙트럴모멘트(first spectral moment of the specific loudness)로 결정되며 아래의 식으로 표현할 수 있다(Zwicker & Fastl 1990).

$$(3) S = \frac{0.11}{N} \int_0^{24\text{bark}} n(z)g(z)zdz$$

여기서 $n(z)$ 은 임계주파수대 라우드니스(Sone/Bark), z 는 기저막의 임계주파수대울(Bark), $g(z)$



(그림 15) 임계주파수대역폭을 가지는 협대역음의 중심주파수에 따른 샤프니스의 값의 변화. 변조주파수(f_{mod}): 70 Hz, 라우드니스수준(L_n): 60 Phon

는 고주파영역을 강조하는 가중함수 ($g(z)=1$ for $z \leq 16$, $g(z)=0.066\exp(0.171z)$ for $z > 16$), N 은 라우드니스(Sone)를 의미한다. 그림15는 변조주파수 70 Hz, 임계주파수대역폭을 가지는 협대역음의 샤프니스값을 중심주파수를 변화시켜가며 보여주고 있다. 주파수가 높은 음일수록 높은 샤프니스 값을 가짐을 볼 수 있다.

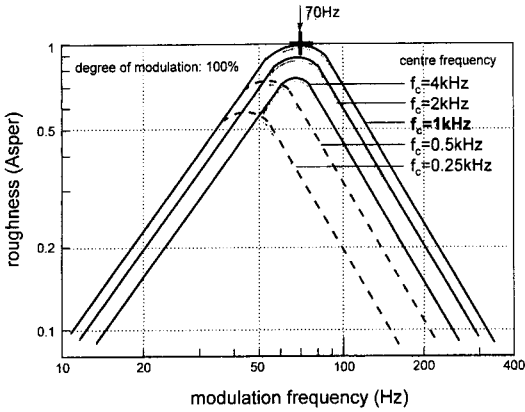
음조: 순음에 광대역 배경 잡음이 증가하면, 라우드니스는 거의 변하지 않더라도, 음의 피치강도(pitch strength) 또는 음조(tonality)가 줄어든다. 음조는 음의 피치감이 얼마나 강한지에 대한 척도이다. 음조의 기본 단위는 'tu'이며, 1 tu의 기본음은 음압이 60 dB인 1,000 Hz의 순음이다. 음조 값이 높을수록 소리는 단조로운 느낌을 준다.

요동강도: 요동강도(fluctuation strength)와 러프니스(roughness)의 기본 개념은 두 음의 합성 감각(그림8)을 설명하면서 이미 언급되었다. 소리가 20 Hz 이하의 주파수로 변조되면 귀는 시간에 따라 느리게 변화하는 크기의 변화 즉 소리의 요동(sound fluctuating)을 감지하게 된다. 일반적으로 요동하는 소리는 동일한 RMS 음압 값을 가지는 안정 상태의 소리(steady sound)보다 더 크고 더 괴로운 느낌을 준다. 귀는 4 Hz로 변조된 소리의 요동에 가장 민감하다. 요동강도는 이러한 소리의 저주파크기변조(low frequency amplitude modulation)를 정량적으로 표시하는 량이다. 요동강도의 기준 단위는 'Vacil'이며, 1 Vacil에 대한 기준음은 4 Hz로 100% 진폭이 변조된 60 dB의 음압을 갖는 1,000 Hz의 순음에 의해 발생된다. 요동강도 $F(\text{Vacil})$ 는 아래의 식에 의해 계산된다(Zwicker & Fastl 1990).

$$(4) F = \frac{0.008 \int_0^{24\text{bark}} \Delta L(z) dz}{f_{\text{mod}} + \frac{4}{f_{\text{mod}}}}$$

여기서 f_{mod} 는 변조주파수(Hz), ΔL 은 시간은폐깊이(dB/Bark)이다.

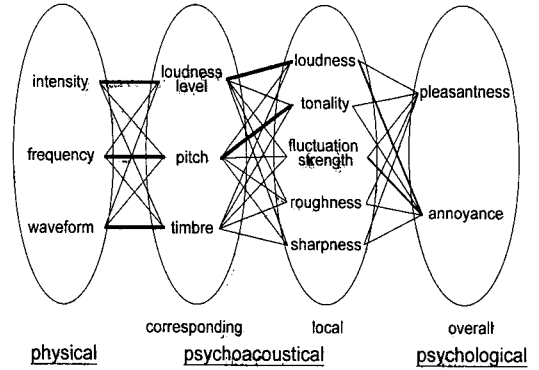
거칠기(러프니스): 소리가 15 Hz 이상으로 변조되면 귀는 요동현상 감지하는 대신에 떨림(warble, twitter)이나 웅웅(buzz)거리는 거친 소리로 듣게 된다. 사람의 청각 기관은 70 Hz 부근



(그림 16) 중심주파수 (f_c) 0.25, 0.5, 1, 2, 4 kHz가 100 % 변조된 경우, 변조주파수(Hz)에 따른 러프니스값(Asper)의 변화

의 빠른 주파수 변조에 매우 민감하다. 러프니스(roughness)는 소리의 크기나 주파수 변조에 의해 발생하는 음의 거칠기를 평가하는 지각 량이다. 기준 단위는 'Asper'이며, 러프니스 1 Asper의 기준 음은 70 Hz 주파수로 100 % 진폭 변조된 60 dB의 음압을 갖는 1 kHz의 순음으로 한다. 러프니스 R(Asper)은 근사적으로 $f_{mod} \Delta L$ 로 계산할 수 있다. 그림16은 0.25, 0.5, 1, 2, 4 kHz 음에 대해, 변조 주파수에 따른 음의 러프니스의 값의 변화를 보여주고 있다. 러프니스의 값이 최고치에 도달하는 변조 주파수는 1 kHz 이상의 음에 대해서는 70 Hz이고 음의 주파수가 감소함에 따라 점차 감소한다.

음질/감성: 소개한 심리음향학 변수들은 소리의 단편적인 감각 요소를 측정 가능한 물리적인 량으로 표현한다. 소리에 대한 감성은 실제로 '쾌적한' 또는 '불쾌한' 등으로 표현되는 전체적이고 종합적인 느낌이다. 소리의 감성은 인간의 기분에 따라서도 달라지는 가변적이며 따라서 객관적으로 정량화 하기란 쉽지 않다. 감성 평가를 위한 심리음향학적인 접근의 기본 개념은 그림17로 표현할 수 있다. 그림은 소리의 물리적인 변수, 심리음향학적 변수, 심리적인 변수들을 순차적으로 대응시키는 일련의 다변수 함수를 보여주고 있으며, 궁극



(그림 17) 소리의 감성 및 음질 평가를 위한 물리적, 심리음향학적, 심리적 변수들의 종류와 변수들간의 순차적인 연계성. 굵은 실선으로 연결된 두 변수간의 상관성은 가는 실선보다 상대적으로 크다는 것을 의미한다.

적으로 소리의 감성을, 적절한 제약 하에서, 심리음향학 변수들의 복합다변수함수(composite multivariable function)로 모델링할 수 있음을 시사한다. 구현된 모델의 정확성은 각 변수들간의 세부적인 관련성에 대한 보다 체계적이고 깊이 있는 연구 결과에 좌우된다. 아래의 두 식은 소리의 쾌적성(pleasantness) W와 성가심(annoyance) UBA를 심리음향학적인 변수들의 적당한 조합으로 정의하는 예이다 (Zwicker & Fastl 1990).

$$(5) W = e^{-0.55R} e^{-0.113S} (1.24 - e^{-2.2K}) e^{-(0.023N)^2}$$

$$(6) UBA = aN_{10}^{1.3}(1+b+c)$$

여기서 R은 러프니스(Asper), S는 샤프니스(Acum), K는 음조(tu), F는 요동강도(Vacil)를 의미한다. a는 밤낮에 관련된 요소(a=1 (낮), a=1+N₁₀/5 (밤))이고, N₁₀은 10 % 이상의 시간 동안 초과하는 라우드니스(Sone) 값이다. b는 0.25(S-1)log(N₁₀+10)로 계산되며, c는 0.3F(1+N₁₀)/(0.3+N₁₀)로 구한다. 성가심 UBA는 차원이 없는 단위 'Au'로 표현하며, 라우드니스에 의해 가장 큰 영향을 받는다. 동일한 소리에 대해 밤에 소리의 성가심 정도는 더 크다. 쾌적감 W는 차원이 없는 양이며, 라우드니스가 14보다 작은 순음의 경우 1에 접근한다. 소음같은 거칠고 날카로운 소

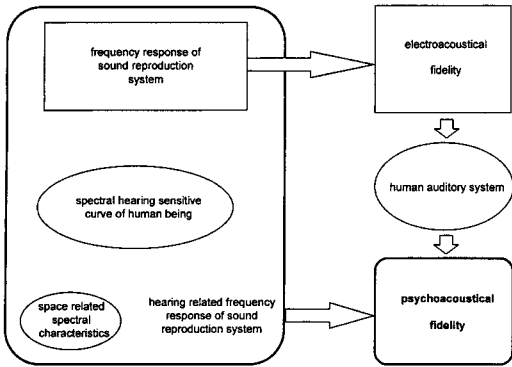
리의 경우 W는 작은 값을 갖는다.

V. 활용분야

소리의 물리적 파동 현상은 비교적 오래 전부터 공학적, 의학적으로 이용되어온 반면 소리의 감성적인 측면을 활용한 사례는 아직 그리 많지 않다. 최근 소비자의 감성을 중요시하고 이를 제품 개발 및 판촉에 적극적으로 반영하려는 사회적 분위기가 성숙되면서 소리의 감성에 대한 관심도 아울러 높아지고 있다. 소리가 정신과 육체에 미치는 효과를 구체적으로 활용하기 위해 용도에 적합한 최적의 소리를 디자인하려는 시도가 일고 있다. 본 장에서는 소리의 활용 형태들을 멀티미디어, 소음, 마케팅, 음악치료 분야로 구분하여 간략하게 개 관해보고자 한다.

멀티미디어: 오디오, 비디오를 포함하는 멀티미디어는 현대의 문화 생활을 영위하는데 필수품으로 자리잡은지 오래다. 멀티미디어 성능을 평가하는데 있어서 소리는 가장 중요한 요소중이 하나이다. 멀티미디어의 음재생시스템은 소리 신호의 수신, 녹음, 재생, 변조 등의 기능을 수행한다. 새로운 음향기기의 개발에 있어서, 전기음향학적 기술 외에도 소리의 감성적인 측면이 점차 중요하게 고려되는 추세이다. 입체음 특수 안경이나 헬멧을 쓰지 않고도 3차원 화면이나 음향을 즐길 수 있는 입체 PC가 속속 등장하고 있다. 가속기능을 가진 3차원 그래픽 카드와 입체적으로 소리를 처리하는 사운드카드를 통해 화면과 음향에 입체감을 부여한다. SRS 사운드카드를 지원하는 PC는 소리의 성격에 따라 음파의 주파수를 자동으로 조정해 입체적인 음향을 들을 수 있게 한다. 음을 분리해 마치 오케스트라의 연주를 듣는 것 같이 음을 180° 방향으로 퍼지게 만드는 Q사운드 기술은 별도의 서라운드 스피커 없이 입체적으로 음향을 즐길 수 있게 한다. 라디오나 텔레비전, 오디오의 스테레오 음을, 고음-중음-저음으로 분리해 사방으로 흩어지게 함으로서 3차원 입체음으로 바꾸어주는 3S

회로가 최근 국내에서도 개발되어 사용되고 있다. 3S방식은 기존의 SRS방식이 음의 좌우 균형이 잘 안 맞고 음질이 떨어지는 단점을 개선한 한 것으로, 3S회로를 사용하면, 스피커는 2개이지만, 스피커를 전후좌우 등 5개 방향에 설치한 것처럼 사방에서 소리가 들리게 한다. [최적음질] 물론 다차원 입체 음향이 언제나 좋은 소리는 아니다. 대화를 담은 소리가 만일 지나치게 입체적인 경우, 오히려 산만하고 가벼워 진실성을 감소시킬 수 있다. 소리의 종류에 따라 음질 즉 소리의 디자인이 달라져야 함을 시사한다. 용도에 따라 소리의 최적 음질을 설정하기 위해서는 정량적으로 음질을 표시하는 기준이 필요하다. Myung & Sung (1995)은 스피커의 성능을 평가하기 위해 스피커의 입체주파수대 반응 곡선에 대한 편평도 지수를 제안하고, 주관적으로 평가한 음질의 선호도와 유의한 상관성을 보고하였다. 최민주 (1997)는 음재생시스템의 원음 재현성의 척도인 전기음향학적 충실도 (electroacoustical fidelity)와 대비되는 심리음향학적 충실도 (psychoacoustical fidelity)를 정의하고 심리음향학적 관점에서 음재생시스템의 음질 재현성 평가를 시도하였다. 그림18은 전기 및 심리음향학적 충실도의 개념을 보여주고 있으며, 각 충실도의 특징은 표2에 요약되어 있다. [음의제어] 음질은 주위의 환경에 의해서 영향을 받는다. 예를 들어, TV에 수신되는 음성 신호는 방송국별로 다르기 때문에, TV 채널을 바꿀 때마다 소리의 크기가 달라진다. 이러한 환경적인 요인에 지능적으로 적응하기 위해 지능형귀(intelligent ear)의 개념을 활용할 수 있다 (최민주 1997). 지능형귀는 소형 측정용 마이크로폰과 제어프로그램을 담고 있는 작은 칩으로 구성되며 다음의 기능을 수행한다. (1) 외부 소리의 측정, (2) 음성 인식, (3) 프로그래밍된 명령 수행, (4) 배경 소음의 변화를 반영하는 음향학적 제어, (5) 특정한 신호에 대한 지능적 반응 (예. (전화)벨 소리가 울릴 경우 일시적으로 TV 볼륨이 작아진다). 지능형귀는 채널의 변경에 따라 달라진 볼륨을 감지하여 TV의 볼륨을 재조정하기 때문에 소리의 크기를 일정하게 유지하도록 한다. 볼륨에 관하여 한가지 더 언급하자



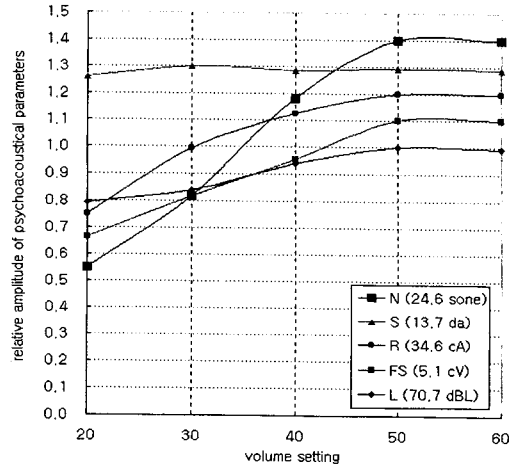
〈그림 18〉 전기음향학적 충실도와 심리음향학적 충실도의 기본 개념도(최민주 1997)

〈표 2〉 전기음향학적 충실도와 심리음향학적 충실도의 특성 비교(최민주 1997)

	전기음향학적 충실도	심리음향학적 충실도
평가 대상	원음 재생성	원청감 재생성
측정 대상	주파수 응답	심리음향학 변수에 대한 주파수 응답
주파수 대역	1/3 옥타브 대역	임계주파수 대역
측정 공간	무향실	잔향실

면, TV를 포함한 대부분의 오디오 제품이 볼륨의 증가에 따라 소리의 크기(라우드니스)가 비례적으로 증가하지 않는다는 사실이다. 그림19는 한 상용 TV의 볼륨에 따른 라우드니스를 포함한 심리음향학 변수 값의 변화를 보여준다. 어떠한 형태의 볼륨-라우드니스 곡선을 소비자들이 선호하는지 아직 구체적으로 연구된바 없어 알 수는 없지만, 라우드니스가 음질 전체에 미치는 영향을 고려할 때 이러한 부분 역시 간과할 수 없는 연구의 대상이다. 또 한가지 흥미 있는 사실은 음향과 화질과의 시너지효과(synergistic effect)이다. 고급 음향기와 연결해서 TV를 시청할 경우, 시청자들은 TV의 화질이 더 좋아진 듯한 느낌을 갖게 된다는 시너지효과가 실험적으로 보고되고 있다.

소음공해: 건설 현장의 착암기 소리, 도로변 차량 소리, 공항 주변 제트 비행기 소리 등은 대표



〈그림 19〉 음재생시스템의 볼륨과 심리음향학적 변수와의 관계(S전자 TV 모델 M+, 측정공간의 잔향시간 1초, 핑크노이즈 신호) N: 라우드니스(Sone), S: 샵니스(decuAcum), R: 러프니스(cetiAsper), FS: 유포강도(cetiVacil), L: 음압(dBL) (최민주 1997)

적인 소음원이다. [유해성] 인간이 큰 소음에 장시간 지속적으로 노출되면 난청 현상을 보이게 된다. 현재 국내 전체 산업장 근로자의 약 12% 정도가 소음성 난청이라는 직업병을 가지고 있다. 더욱 충격적인 사실은 소음으로 인해 목숨까지 잃을 수 있다는 것이다. 독일의 한 시사주간지 슈피겔은 매년 이천여명의 독일인이 소음때문에 죽어가고 있다고 보도하고 있다. 지속적으로 큰 소음에 노출되면 스트레스 반응이 유발되어 근육이 긴장되고 심장 박동이 빨라지며 혈액내 지방치와 혈당치가 달라진다. 그리고 아드레날린이 갑자기 분비되면서 위궤양이나 위 경색이 오고 심근 경색 발생 가능성도 눈에 띄게 높아진다. 흰쥐를 제트기 소리에 장시간 노출시키면 먹지도 않고 새끼도 낳지 못하며 다른 쥐를 물어뜯다가 정신착란을 일으켜 죽는다는 연구 결과도 보고되어 있다. 반대로 인간은 소음이 전혀 존재하지 않는 공간에 오래 노출될 경우에도 역시 심각한 정서 불안과 스트레스를 경험한다. 우주 비행사들은 대기가 없는 공간 즉 소

〈표 3〉 일상생활에서 흔히 접할 수 있는 소음원과 소음의 음준위(dBA)

음원	음준위(dBA)	반응
60m 거리에서 제트여객기 이륙	120	견딜 수 없다
건설현장(착암기, 굴삭기)	110	
기계 공장	100	
지하철	90	매우 시끄럽다
도심의 교통	80	
자동차 내부	70	시끄럽다
보통의 대화	60	
사무실	50	보통이다
거실	40	
침실(밤)	30	조용하다
방송국 스튜디오	20	
나뭇잎 떨어지는 소리	10	거의 들을 수 없다
(최소가청음준위)	0	

리가 존재할 수 없는 상태에 장시간 머물러야 하기 때문에 사전에 이러한 환경에 잘 적응할 수 있도록 적절한 훈련을 받아야 한다. [소음제어] 소음을 관리하고 통제하기 위해서는 소음의 정도와 유해성을 계량적으로 구분하고 평가할 수 있어야 한다. 얼마전 국내에서 소음 공해가 극심한 김포공항 주변에 소음 전광판을 세우기로 했다고 한다. 소음은 통상적으로 음준위미터(sound level meter)로 측정되고 A 가중치 음준위 값(dBA)으로 표현된다. 표3은 일상생활에서 흔히 접하는 음원에 대한 음준위 값을 보여주고 있다. 소음에 대한 생리적인 반응의 민감도는 양이효과에 의해 증가된다. Bodden (1993)은 공장의 소음(hacksaw noise)을 전방향성 마이크로폰(omnidirectional microphone)과 인공귀(dummy head)로 동시에 녹음하여 들려주고 피부의 전기전도성 반응 (skin conductance response)을 관찰한 결과, 인공귀로 녹음한 소음에 대해 더 예민하게 생리적인 반응을 보인다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 소음을 측정하기 위해서는 기존의 전방향 마이크로폰 대신 인공귀를 사용하는 것이 바람직하다. 또한 앞서 언급한 바와 같이 비록 동일한 음준위를 가지는 소리일지라도 느끼는 소리의 크기 즉 라우드니스

는 다를 수 있다. 라우드니스가 동일한 경우에도 요동강도나 리프니스가 크면 소리에 대한 불쾌감은 증가한다. 따라서 dBA 값으로 계량화되는 소음의 크기는 적절하지 못하며, 최소한 소리의 감각적인 크기의 지표인 라우드니스(Sone) 값으로 표시하거나 또는 식(6)에서 정의된 UBA(Au)로 표현하는 것이 바람직하다.

마케팅: [사운드 마케팅] 기존의 자동차 시장은 주로 소형차는 경제성, 중형차는 승차감이나 디자인, 대형차는 안전도와 품위 등으로 승부처를 삼아왔다. 최근 국내 D자동차의 소리를 이용한 광고는 어린아이까지 따라할 정도로 인기를 끌면서 인지도 조사에서 경쟁사 제품을 앞지르며 내수 도약의 계기를 마련하고 있다. ‘소리가 차를 말한다’로 요약되는 이 광고는 내내 고요함이 이어지고 개구리 (1편)와 풍뎅이 (2편) 소리만이 적막을 깬다. 이 광고는 업계에 소리마케팅을 확고히 했다는 점에서 주목을 끌고 있다. 국내 K자동차 회사는 ‘자동차의 정숙성 뿐 아니라 소리를 좋게 들리게 하는 튜닝 기술로 소리를 디자인한다’며 소리의 중요성을 강조하고 있다. 이동전화기는 소리를 이용한 제품 개발로 판매 인지도를 향상시키는 효과를 거두고 있다. 손으로 번호를 누르지 않고 음성

인식 기술을 이용한 말로 전화를 걸 수 있다는 것을 강조하여 소리를 생산과 판촉에 적극 활용하고 있다. 소리 마케팅 가운데 최근 가장 두드러지게 나타나고 있는 것은 저소음 마케팅이다. 세상이 시끄럽고 도시화되면서 적막함의 상품가치는 갈수록 커진다는 판단에서 나온 전략이다. L전자 청소기인 '씻'이란 제품은 저소음 제품임을 이름 자체로 상징하고 있다. H종합화학의 흡사시 광고는 창문을 닫는 순간 들소 떼의 발굽 소리가 사라지는 내용으로 탁월한 방음 효과를 암시하고 있다. 저소음의 중요성이 커지면서 업체들은 소음을 근본적으로 해결하기 위한 노력을 전에 없이 강화하고 있다. 국내 K자동차는 고급차에 엔진 소음을 경감하는 마그네슘헤드 커버를 적용했고, D건설은 소음에서 해방된 조용한 아파트, 쿵쿵 뛰어도 아랫집에서 문을 두드리지 않는 아파트를 짓기 위해 특수 소재를 사용하고 있음을 강조한다. [사운드 아이덴티티] 그룹 홍보 노래를 통한 '사운드 아이덴티티' 효과를 추구하려는 광고가 늘고 있다. 국내 L그룹은 '사랑해요~♪'를 반복하는 노래로 그룹 이미지를 높였다. 뒤이어 나온 SS그룹의 '믿음이 시작되는 곳~♪', H그룹의 '가까이 늘 가까이~♪'와 같은 노래는 그룹 및 계열사 행사나 매장 등에서 사용되고 있으며, 참석자들이 부담 없이 수용할 수 있을 정도로 자리를 잡아가고 있다. 패션 업계에서는 브랜드 아이덴티티를 소리로 형성하는 움직임이 시도되고 있다. 의류 브랜드에 맞는 음악을 제작하여, 매장에서 이 음악을 사용 브랜드 이미지를 형성한다는 발상이다. [템포세일] 백화점에서 음악 방송은 판매 전략의 하나로 이용된다. 대부분 백화점들은 오전에는 차분한 음악을 오후에는 빠른 템포의 경음악, 저녁에는 댄스 풍의 경쾌한 음악을 내보낸다. 오전에는 고객들이 적은 편, 차분한 클래식 음악은 여유있게 쇼핑하라는 백화점 측의 배려다. 손님들이 몰리는 오후엔 발라드 팝송, 경음악 등 빠른 템포의 음악을 틀어 손님들의 쇼핑 시간을 최소화하는데 주력한다. 저녁 시간엔 흘러간 팝송 등으로 자연스럽게 종료 시간을 알린다. '세일 중에 빠른 템포의 음악을!' 백화점 방송 요원들이 지키는 규칙중 하나이다. 세일 기간

중에는 평소보다 2-3배 늘어난 손님들의 발걸음을 재촉해야 한다. 백화점 직원들이 "빨리 물건을 고르세요"라고 말할 수는 없으므로 음악 방송으로 대신한다. 빠른 템포의 음악은 손님들의 마음을 빠르게 만들어 매장 회전율을 높혀준다. 국내 L백화점은 방송 전문 요원 4명이 매일 오백여 곡을 선곡하여 시간대별로 매장 분위기에 맞는 음악을 방송한다. 어떤 배경 음악을 트는가에 따라 백화점 매출액이 무려 20-30% 가량 달라진다고 하니 놀랄만하다.

치료효과: 구소련의 전연방조사연구소는 소리의 진동중 어떤 종류는 인체 조직이나 세포에 미약한 마사지 효과를 일으켜 그 결과 혈액 순환이 원활해지고 대사작용 신경전송시스템 또는 내분비선의 활동을 활성화 한다고 발표하고 있다. 적절히 선정된 음악은 마음의 병을 고치게 할뿐만 아니라, 만병의 근원이라 할 수 있는 스트레스를 해소시키고, 기억력이나 집중력을 높이는 힘이 있다. 표4는 부분적으로 검증된 고전음악의 심리적 효과를 나열하고 있다. 음악요법은 환자에게 적합한 음악을 들려주거나 실행케하여 치매 노인이나 자폐증 어린이의 증세를 개선시킨다. 사용되는 음악으로 고전음악 뿐 아니라 팝송, 가요 등 다양하다. 신시사이저, 하프, 피아노 등이 엮어내는 개울물 흐르는 소리와 같은 자연의 선율과 아름다운 화음을 자랑하는 뉴에이지 뮤직은 구미 각국 일부 병원에서 이미 임상적으로 응용되고 있다. 뉴에이지 뮤직은 뇌파 특히 알파파에 공명시킴으로서 스트레스를 불식시키는 깊은 심호흡의 리듬을 담는다. 치료 효과를 기대할 수 있는 이러한 음악은 종종 음악이 아니라 음악(musical medicine)이라고 불린다. 실제로 이러한 음악을 들으며 암세포를 파괴하는 건강한 세포를 상상함으로써 암을 퇴치한 환자의 경우도 보고하고 있다. 이들 음악은 구미인들의 정취에 맞게 작곡되어 동양인들의 스트레스 치유에 얼마나 도움이 될지 아직은 미지수이다. 이미 일본에서는 고유의 문화에 맞는 음악 작곡이 시도되고 있다. 학문적으로 음악치료학은 이미 세계음악치료대회가 2회째 열릴 만큼 전문적인 영역으로 자리잡고 있다.

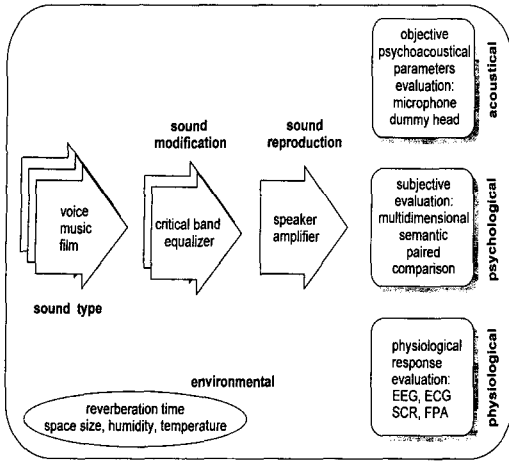
〈표 4〉 고전음악과 심리적 효과(조선일보 1997년 8월 26일)

음 악	효 과
요한스트라우스, 아름답고 푸른 도나우강	피곤 경감
바흐, 두 대의 바이올린을 위한 협주곡 작품1043 2악장	불안 해소
베르디, 개선행진곡, 오페라 <아이다> 중에서	좌절 절망감 탈출
슈만, 트로이 메라이	혈압 완화
쇼팽, 빗방울 전주곡	분노 욕구불만 해소
슈베르트, 피아노 5중주 송어 중 4악장	위장 장애 극복
바흐, 관현악 모음곡 제3번 BWV 1069 중 G선상의 아리아	긴장-흥분 완화
베에토벤, 피아노 협주곡 제5번 황제 2악장	통증 완화
베에토벤, 피아노 소나타 제14번 월광 중 3악장	슬픔 극복
모차르트, 피아노 협주곡 제 21번 중 2악장	상쾌함을 위해
비발디, 사계 <봄> 1악장	우울 극복
차이코프스키, 우울한 세레나데 작품 26	잠 못 이루는 밤을 위해
쇼팽, 야상곡 제2번 작품 9-2	종합적 사고를 원할 때
베토벤, 바이올린 협주곡 D장조 중 2악장	주의 집중이 필요할 때
바흐, 무반주 첼로 모음곡 제1번 중 프렐류드	기억을 되살리려면
요한 스트라우스2세 트리치 트라치 폴카 작품 214	뇌 활동 촉진
모차르트, 피아노 협주곡 제20번 D단조 3악장	숙면을 위해
드뷔시, 비오는 공원	졸음을 쫓을 때
로시니, 윌리엄텔 서곡	자신감을 위해
엘가, 위풍당당 행진곡 제1번 D장조	지능을 높이려면
모차르트, 두 대의 피아노를 위한 소나타 D장조 K448 중 1악장	아이디어를 필요로할 때
쇼팽, 폴로네이즈 제6번 영웅	슬럼프 탈출, 기분전환
헨델 수상음악 모음곡 제1번 F장조 중 서곡	머리를 맑게

VI. 마치는 글

소리의 감성을 실용화하기 위해서는 요구되는 심리 생리학적인 반응을 극대화할 수 있도록 소리를 잘 디자인해야한다. 즉 추구하려는 감성을 가장 잘 구현하는 최적의 음질을 구체적으로 표현할 수 있어야 한다. 소리의 설계를 위해서는 음질에 대한 구체적인 정의와 계량적인 평가 방법이 필요하다. 음의 질을 판단하는 주체는 궁극적으로 인간이기

때문에, 음질에 대한 평가는 소리가 야기하는 복잡하고 미묘한 감성에 대한 평가를 동시에 요구한다. 음질 및 감성 평가에 관여하는 요소로 다음의 7가지를 들 수 있다. (1) 소리의 기능적 구분 (sound type), (2) 소리 신호의 변조/수정 (sound signal modification), (3) 음재생 (sound reproduction), (4) 음향학적인 요소 (acoustical factors), (5) 공간/환경 효과 (environmental effects), (6) 생리학적 반응 (physiological response), (7) 심리적인 평가 (psychological evaluation), 그림 20은 이 7가지 항목이 유기적으로 결합된 간략한 음질/감성의 평가 체계의 한 조감도를 보여주고 있다



〈그림 20〉 음질 및 감성 평가 체계의 간략한 조감도

(최민주 1997). 그림에서 임계주파수대 이퀄라이저 (critical band equalizer)는 임계주파수대별로 소리 신호의 주파수 특성을 변경하기 위해 제안된 필터 조합이며, 인공귀(dummy head)는 소리의 측정시 양이효과를 반영하기 위함이다. 이러한 평가 체계를 이상적으로 구현하기 위해서는, 소리의 물리적 특성, 청각기관의 특성, 소리의 심리적, 생리적인 반응에 대한 체계적인 연구가 필요하며, 음향학, 공학, 심리학, 생리학 등의 관련 학문을 통합하는 심리/생리 음향학적 접근 방식이 요구된다.

참 고 문 헌

[1] 최민주, 감성 지향적 TV 개발을 위한 칼라 및 음질의 최적 모드 구현에 관한 연구 - 최종보고서. 삼성전자 연구소 기반기술센터 연구비 프로젝트. 연구수행기관: 서울대학교 의과대학 의공학연구소, (1997)
 [2] Bekesy G von, Experiments in Hearing, McGraw-Hill: New York, (1960)

[3] Bodden M, The importance of binaural hearing for noise validation, In: Schick A ed. Contributions to Psychological Acoustics, Bibliotheks- und Informationssystem der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Germany, 537-554, (1993)
 [4] Fletcher H, Sound and Hearing in Communication, D. Van Nostrand: New York, (1953)
 [5] Fletcher H and Munson W A, Loudness, its definition, measurement and calculation, Journal of the Acoustical Society of America, 5, 82-108, (1933)
 [6] Myung H G and Sung K M, Loudspeaker performance evaluation algorithm using frequency response characteristic, Journal of the Acoustical Society of Korea, 14(2E), 65-72, (1995)
 [7] Roederer J G, Introduction to the physics and psychophysics of music, 2nd ed. Springer-Verlag: New York, (1975)
 [8] Scharf B, Critical Bands: In ed. J V Tobias. Foundations of Modern Auditory Theory. Vol I. Academic Press: New York. 157-202, (1970)
 [9] Small Jr A M, Pure-tone masking, Journal of the Acoustical Society of America, 31, 1619-1625, (1959)
 [10] Zwicker E and Fastl H, Psychoacoustics, Facts and Models, Springer Verlag: Berlin, (1990)
 [11] Zwicker E, Flottop G and Stevens S S, Critical bandwidth in Loudness summation. Journal of the Acoustical Society of America, 29, 548-557, (1957)

저자 소개



崔 玟 柱

1962年 5月 27日生

1985年 2月 서울대학교 졸업(학사, 기계공학)

1987年 11月 영국 서리대학교 졸업(석사, 의공학)

1992年 11月 영국 바스대학교 졸업(박사, 의료용초음파)

1985年 1月~1986年 3月 삼성전자연구소 연구원

1988年 3月~1992年 6月 런던 세인트토마스병원 의물리학과 연구원

1992年 7月~1995年 8月 런던 세인트토마스병원 의물리학과 연구교수

1995年 9月~1997年 8月 서울대학교 의과대학 의공학연구소 브레인폴교수

1997年 9月~현재 제주대학교 의과대학 조교수

주관심 분야: 의료용초음파, 체외충격파쇄석술, 음향캐비테이션, 심리음향학, 생체음향학, 의료용비전리방사선(Laser, UV)