

## 8. Hearing in Time and Space

John Pierce

### 8.1 Hearing the World

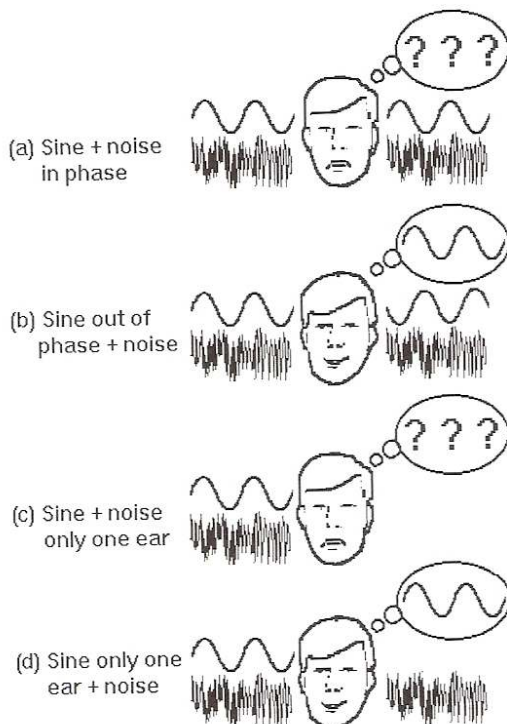
- 청각은 시각에 의해 결정 될 수 있음
- 경험에 의해 시각적인 정보 없이 소리의 근원을 알 수 있음.
- 청각적 Scene 분석은 인간의 몸이나 귀의 외이, 머리의 위치 등에 의해 이루어짐
  - 달팽이관의 주파수 범위에 따른 분류
  - 소리의 전달 시간차
  - 소리의 강도

### 8.2 The "Cocktail Party Effect"

- 1953년 콜린 체리(Colin Cherry)이 이름을 붙임
- 인간은 정보 처리 능력에 한계가 있기 때문에 정보를 선택하여 처리
- 자신에게 의미 있는 정보만을 선택적으로 받아들이는 현상 : 선택적 지각(Selective Perception)
- 감각기억(Sensory memory)이 존재하기 때문에 가능
- 감각기억은 잔향기억(청각), 영상기억(시각)이 있으며 이 효과는 잔향기억(청각)이 존재하기 때문

### 8.3 Binaural Masking

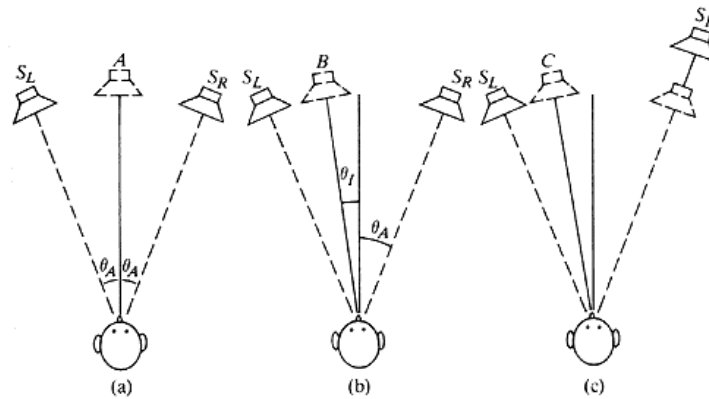
- Masking effect : 2개의 음이 동시에 존재 할 경우에 한 쪽의 음이 다른 한 쪽의 음에 의해 은폐 되어 들리지 않게 되는 현상



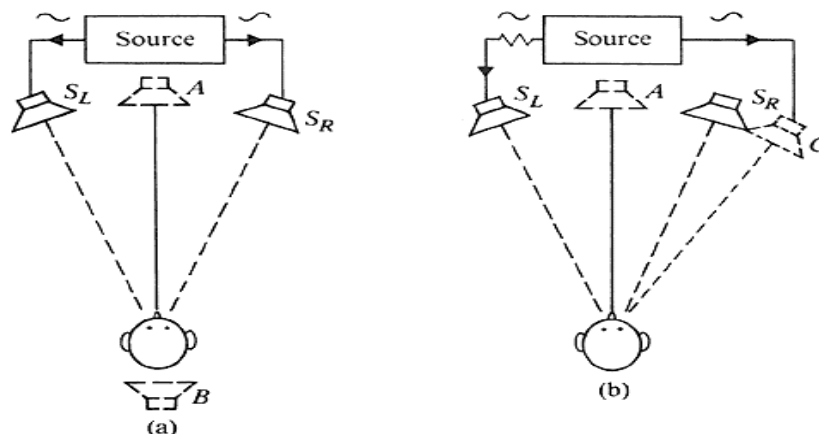
- (a)와 (b) : 청각의 감각은 다른 귀에 도달하는 반대 형태의 Phase로 사인 곡선을 만들어 냄
- (c)와 (d) : (d)에서 추가된 noise가 다른 귀의 noise를 걸러내는 Filter 역할을 함
- 순음의 마스킹의 일반적인 경향
  - 저음은 고음을 마스킹하기 쉽지만, 고음은 저음을 마스킹하지 않음
  - 주파수가 가까운 순음일수록 마스킹 하기 쉽고, 그러나 너무 가까우면 비트가 생겨서 마스킹은 역으로 감소
  - 마스킹하는 음의 레벨을 올리면 마스킹하는 범위가 넓어짐

### 8.4 The Precedence Effect

- 소리를 들을 때 직접음을 듣고 그 뒤에 반사음을 듣게 되지만 그 시간차가 35ms 이내일 경우 직접음과 반사음의 차이를 느낄 수 없게 됨
- 두가지 비슷한 소리가 35ms 이내의 시간 차이로 들릴 경우 그 소리의 위치는 먼저 도착한 음의 방향으로 인식됨

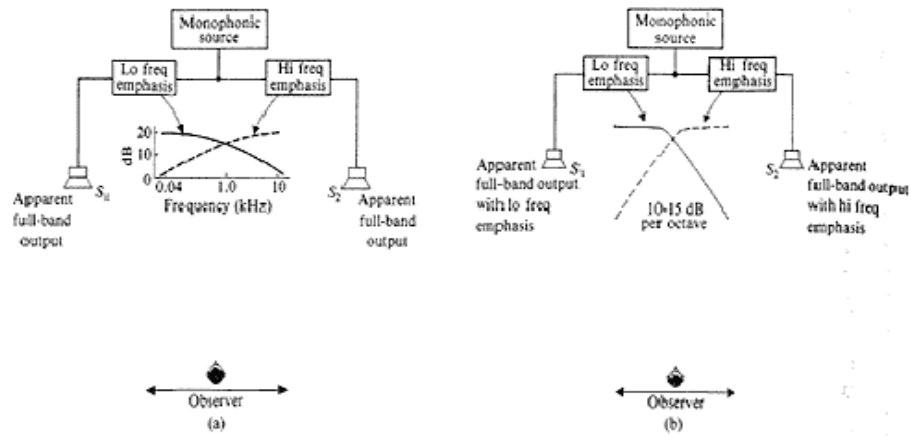


- 관측자로 부터 3m 떨어진 지점에 스피커를 배치
- A의 그림 = 음상은 가운데 정면에 생김
- B의 그림 = 관측자의 위치가 왼쪽으로 치우치면 음상이 왼쪽으로 기울어짐
- C의 그림 = 관측자는 A와 같이 가운데 이지만 오른쪽의 스피커를 34cm 멀게 위치시키면 음상이 왼쪽으로 기울어진다. 하지만 오른쪽 스피커의 신호 레벨을 약 5dB 증가 시키면 음상은 정면에 생김



- 한쪽 신호의 phase가 반대로 될 경우 (b에서 음상은 수평이동)

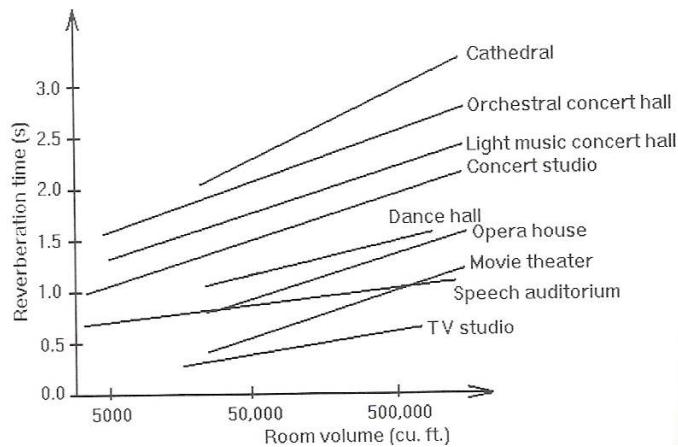
- 주파수 강조에 의한 변화



- 고주파수 영역을 강조하면 해당 스피커가 강조됨
- 저주파수 영역을 강조하면 상대편 스피커가 강조되어 음상이 확장되며 음원의 영역이 넓어짐

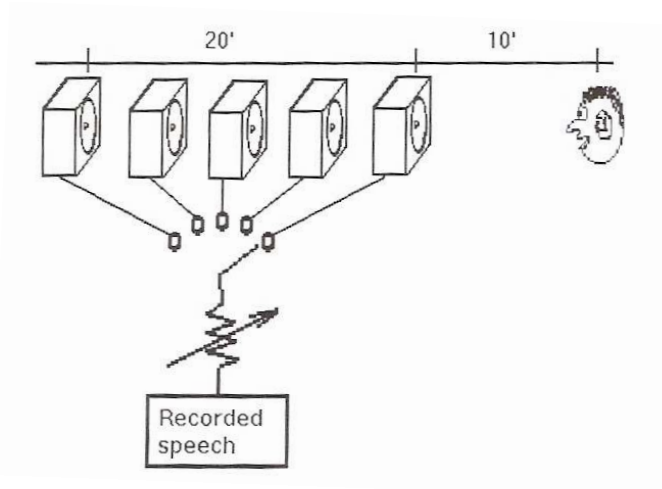
### 8.5 Reverberation

- 넓은 실내에서 음원이 정지한 다음 잠시 동안 들리는 연속적인 반사음
- 잔향시간 : 직접음이 없어진 순간부터 잔향음의 에너지가  $10^6(-60\text{dB})$ 으로 감쇠할 때까지 걸리는 시간
- 잔향 시간은 실내의 크기, 형상 및 벽체나 천장의 재질에 대한 흡음률에 따라 다름



### 8.6 A Sense of Distance

- 잔향(Reverberation)에 의해 방의 크기나 재질, 음원의 거리 등을 인식할 수 있음



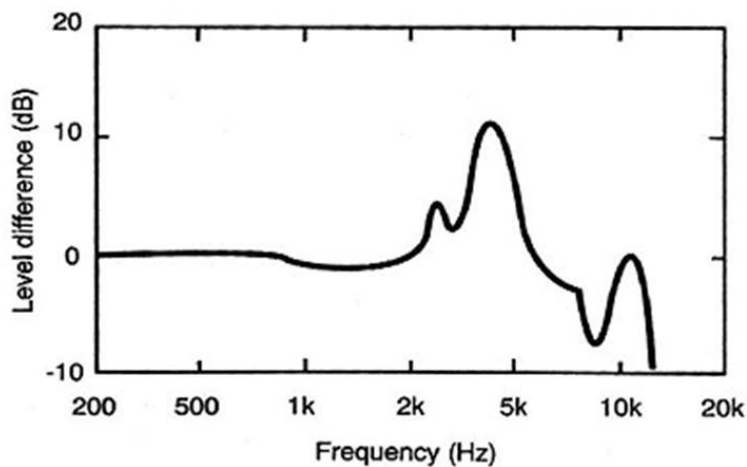
- 잔향이 없을 경우 서로 다른 거리이지만 동일한 방향에 있는 음원들의 거리는 항상 가장 가까운 거리로 인식

### 8.7 Sense of Direction, Left or Right

- 사람의 귀가 수평면 상에 위치하고 있기 때문에 상하 방향보다 좌우 방향의 평면상의 음향의 차이를 잘 지각할 수 있고 눈으로 볼 수 없는 영역도 들을 수 있음
- 소리의 두 귀사이의 시간차(Interaural Time Difference: ITD), 두 귀사이의 레벨차(Interaural Intensity Difference: IID), 주파수에 의해 방향 결정
- ITD : 소리가 실제 물리적으로 발생한 음원에서 양쪽 귀에 이르기까지의 거리차이(L-R)가 존재하기 때문에 발생하는 시간차이
- IID : 음원으로부터 귀의 거리에 따라 발생하는 소리 강도(intensity)의 차이, 양 귀에 감지되는 음원의 크기(volume)의 차이  
 소리의 주파수가 3KHz에 달할 때 청각적으로 가장 뚜렷해지고 5KHz에 달하면 음원 위치 파악에의 주요 요소
  - 고주파 소리는 머리에 의해 다른 귀로 전달되기 힘들기 때문에 한 쪽 귀에 치우치기 쉬움
  - 소리의 주파수가 낮아질수록 방향성은 사라지게 됨

### 8.8 Sense of Direction, Up or Down

- 귓바퀴에서의 음의 높이에 대한 효력은 4000Hz 이상에서 나타남



- 귓바퀴에서의 음의 높이에 대한 효력은 4000Hz 이상에서 나타남
    - 외이 민감도가 가장 큰 주파수 영역 : 3500Hz ~ 4000Hz
    - 귓바퀴는 공간 음향 직각에서 중요한 역할
    - 연구 초기에는 귓바퀴의 작용이 짐승 장치로만 생각.
    - 귓바퀴의 음향적인 작용은 반사, 차단, 산란, 회절, 간섭, 공진 등의 각종 물리 현상
- [http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/Chris\\_Darwin/Perception/Lecture\\_Notes/Hearing5/hearing5.html](http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/Chris_Darwin/Perception/Lecture_Notes/Hearing5/hearing5.html)

### 8.9 Dummy Heads and Spatial Effects

- Dummy Head : 2개의 마이크를 인간의 머리를 본뜬 구조물의 가상적 귀 공간에 위치시키고 소리를 녹음하여 Binaural System에서 공간(입체)효과를 느낄 수 있도록 구성한 장치
- 두 귀에서 음압 파형을 충실하게 픽업하여 헤드폰으로 청취함으로써 보다 나은 현장감 재생 가능



- 현장에서 듣는다는 느낌 보다 귓가 또는 머리 안에서 들리는 느낌이 강하였음
- <http://www.unoriginal.co.uk/holophonics.html>
- [http://www.acoustics.salford.ac.uk/res/cox/sound\\_quality/jury\\_testing/?content=editing\\_2](http://www.acoustics.salford.ac.uk/res/cox/sound_quality/jury_testing/?content=editing_2)

## 8.10 Our Perception of Noise

- gaussian noise : 주파수에 관계없이 일정한 연속 스펙트럼을 가지고 있는 잡음
- 기저막에 있는 임계대역은 둘 이상의 음의 음고가 가까워 질수록 구분할 수 없고 하나의 소리로 들게 됨  
이 현상이 여러 대역에서 나타나도 그 소리는 gaussian noise로 들리지 않게끔 차폐되어있음
- gaussian noise의 pulse는 2만번 이상 반복되는 규칙적인 pulse에 의해 들 수 없게 됨