

## Electro-acoustics(전자 음향)

건축 환경에서 음향 증폭장치를 사용하는 데에는 여러 가지 이유가 있다. 다음에 나오는 것들도 이에 포함된다.

- 원음이 너무 작아 잘 들리지 않을 때 소리 레벨(Sound Level)을 증가시키기 위해서.
- 청중들에게 원음의 범위를 넘어서 추가적인 소리를 제공하기 위해서.
- 연기자들을 위해 무대 뒤쪽으로도 음을 보내기 위해서.
- 잔향시간<sup>1)</sup>을 변경하거나 청중석에 다른 효과를 내기 위하여.
- 상대적 효과로 배경소음을 줄이기 위하여.
- 호출, 정보, 시설에 대한 경고를 제공하기 위하여.
- 전자 혹은 기록된 매체를 재생하기 위하여.

이러한 기능들은 원거리에서 인위적으로 만들어낸 소리와 같은 public address systems (공공연설을 위한 방식)의 경우에 필요하다. 대부분의 개념과 원리들이 유사하지만 이 논점은 주로 눈에 보이는 음원으로부터 소리를 강화하는 음향 증폭시스템과 관련된다.

## Establishing a Requirement for Reinforcement (음 보강장비)

앞서 언급한 주제는 반사성 표면재의 사용으로 소리레벨을 증가하여 청중에게 전달하는 것과 적정 잔향시간의 확보, 배경소음의 최소화이다. 그러나 큰 규모의 강당에서는 이 기술의 효과에 대한 물리적 제한이 있다.

일반적인 환경에서 사람의 목소리는 300m<sup>3</sup>이상의 실에서도 청취가 가능하다. 반사재를 사용하여 효과적으로 음 보강이 가능하게 설계된 실은 이 높은 수준의 명료도의 한계를 1500 m<sup>3</sup>까지, 낮은 기준의 명료도에서는 8500m<sup>3</sup>까지도 끌어올릴 수 있다. 그러나 연구 경험치에 의하면 1700m<sup>3</sup>이상의 실이나 또는 직접음이 청취자에게 도달하기까지 18m이상의 거리가 필요하다면 보강설비가 필요하다. 이 보강을 위해서 일반적으로 전자식 증폭장치나 마이크, 스피커 등을 이용한다.

## System Specifications (시스템 설계지침)

어떤 종류의 음 보강시스템도 다음 지침을 따른다.

- 기본 진동수와 조화 진동수간의 정확한 균형을 유지하기 위해서는 넓은 범위의 주파수 (30~1200Hz)를 적절히 전달해야 한다.
- 높은 dynamic range(가동범위)<sup>2)</sup>를 가져야 하며 속삭이는 소리에서부터 외침에 이르기까지 왜곡 없이 재생 가능해야 한다.
- 아직 발견되지 않은 부분도 있는데, 장비를 사용하더라도 자연 음원의 환경(?)은 보존되어

1) 잔향시간 (RT : Reverberation Time) : 실내에서 소리를 내어 정상상태에 이르면 그 소리를 그치게 한 다음 음향 에너지 밀도가 처음의 1/10<sup>6</sup>이 되기까지의 시간 → 60 dB저하

2) dynamic range : 녹음·재생 가능한 최강음과 최약음의 차

야 한다.

- 교란을 일으키는 반향과 피드백은 없어야 한다.

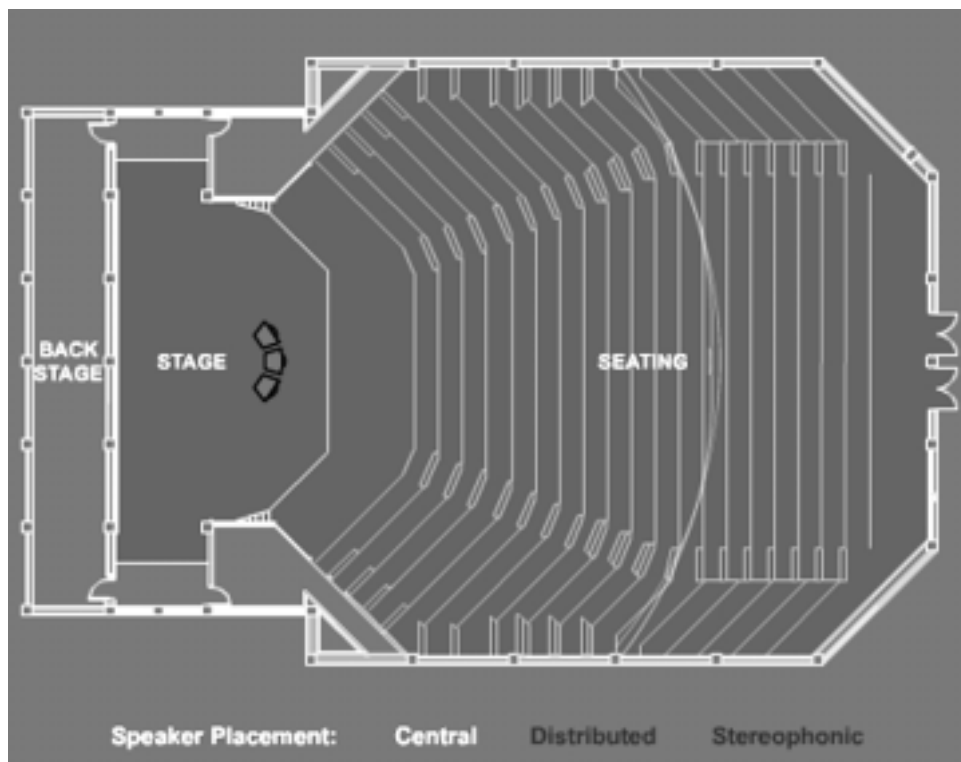
이러한 시스템의 선택은 거의 대부분 기술자에게 맡겨진다. 그러나 건축적인 공간 배치에 있어서 이러한 시스템들의 통합은 건축가가 시작단계부터 참여하지 않으면 심각한 문제가 발생할 것이다. 건축가는 이러한 시스템의 필요성을 인지하고 있어야 하며 통합된 설치장비의 생산이나 간단하게는 후에 이 장비들을 놓을 수 있는 충분한 공간을 만들기 위해 컨설턴트와 일을 함께해야 한다. 어떤 상황에서도 건축가는 이에 포함된 기본적인 원리들을 숙지하고 있어야 한다.

## Speaker Placement

확성기의 시스템에는 기본적으로 세 가지 타입이 있다.

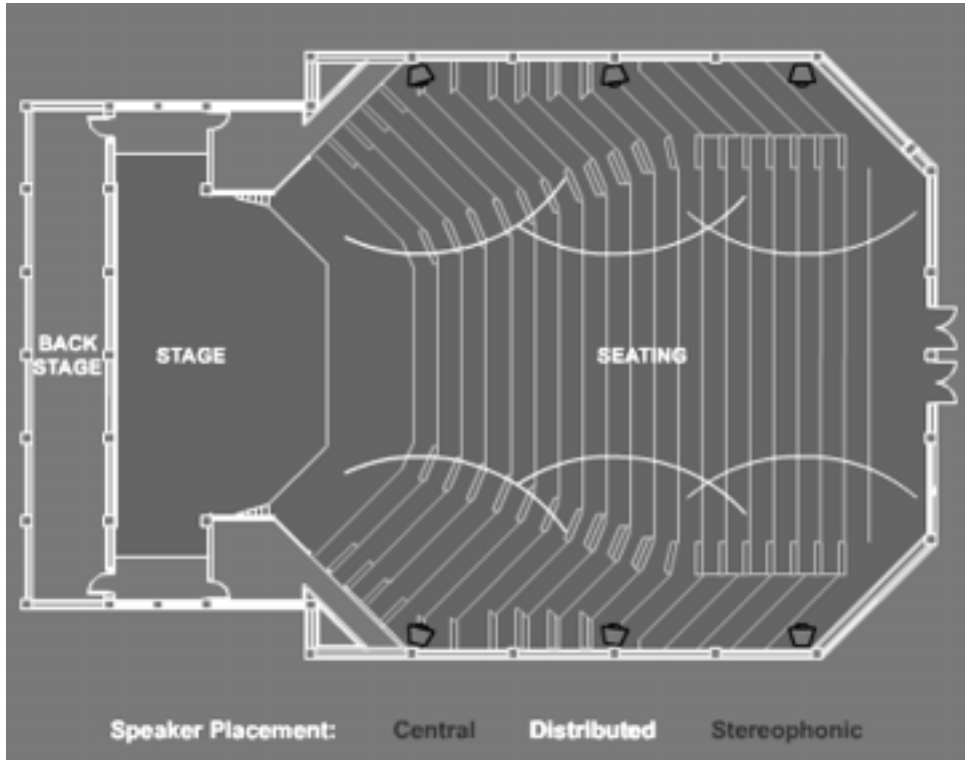
### 1. Centrally Located (중앙집중)

high level system으로 알려진 바와 같이 이 시스템은 기본적으로 음원근처에 한 개의 스피커 클러스터를 가지고 있다. 이런 시스템은 소리의 크기와 명료함을 증가시킴과 동시에 원음과 조합하여 증폭된 음에 최대한의 사실성을 부여한다.



### 2. Distributed (분산시스템)

기본적으로 여러 개의 스피커가 강당 도처에 배치된다. 이는 low level system으로 각각의 스피커가 낮은 증폭레벨에서 전체 청중들 중에서 일부에게만 소리를 제공하기 위해 작동한다.



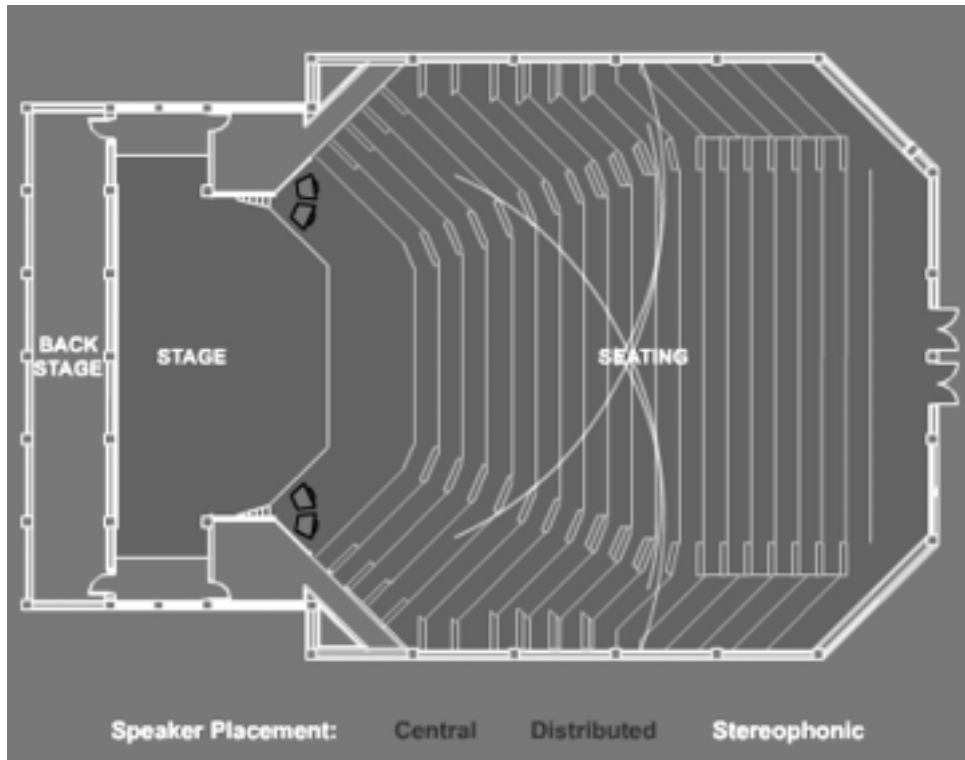
Centrally Located System이 유리한 장소가 있는가 하면 또 많은 상황에서 Distributed system이 사용되어야만 하는 상황이 있다. 예를 들면,

- 천정의 높이가 central system을 설치하기에는 너무 낮은 장소
- 모든 청중이 중앙의 스피커만으로는 직접적인 시야를 확보할 수 없는 장소
- 보강음이 높은 배경소음레벨을 피하기 위한 대책으로 사용될 때
- 소규모의 공간으로 나뉘어져 있을 때
- 음원의 위치가 두드러지게 변화하는 대규모의 홀

분산된 스피커로부터는 사실성을 기대할 수는 없지만 실의 잔향시간이 너무 길지 않다면 높은 명료도는 기대할 수 있다.

### 3. Stereophonic (입체음향)

강당 내 의도된 위치에 있는 두 개 이상의 스피커 클러스터를 말한다. 이러한 시스템은 여러 개의 다른 음원들이 보강되어야 하거나 음원들이 상당히 가동적일 때 사용한다. 각각의 스피커 클러스터에 연결되어 있는 두 개 이상의 마이크를 사용함으로써 음원간의 공간적인 상관관계는 보장된다. 이는 음원과 마이크, 방향성을 지닌 신호를 귀에서 인지하는 것 사이의 거리에 비례하는 강도에서 일어나는 소리의 보강 때문에 가능한 것이다.



스피커를 배치함에 있어서 고려해야할 주요사항 중 하나는 스피커들의 방향성이 주파수에 따라 다르다는 것이다. 앞서 언급했던 것과 같이 낮은 주파수의 소리는 전방향성을 띠고 장애물(스피커 캐비닛 등)의 주위를 손쉽게 회절하여 지나갈 수 있다. 그러나 높은 주파수의 소리는 높은 방향성을 띠며 제한된 만큼의 회절만이 가능하다. 음성의 주파수대역(일반적으로 가장 주요한 주파수)은 중간정도의 주파수를 갖는다. 이것은 음성의 일부만이 스피커를 회절하여 지나갈 수 있음을 뜻한다. 그 결과로, 어디에 스피커를 배치하든지 청중들 중 일부는 낮은 주파수의 소리에너지는 받을 수 있으나 높은 주파수의 소리에너지는 받을 수 없을 것이다. 이 때문에 음성은 탁하거나 이해하기 힘들게 들릴 수도 있다.

이러한 문제 때문에 라인형이나 기둥형 스피커는 일반적으로 방사상으로 배치하거나 multi-cellular horn 스피커를 사용한다. 이 6~10개의 스피커 구성은 기둥형태로 각각 다음 것에 고정되어 있다. 이러한 스피커는 수평적으로 넓은 폭의 앵글과 수직적으로는 좁은 영역의 앵글을 갖는 빔에 소리에너지를 집중시킨다(세 번째 그림). 이는 소리에너지가 청중들에게서 방사되어 나가 반향을 일으키는 양을 최소화 한다.

지향성은 간섭현상을 일으킨다. 실질적인 지향성은 다음 식으로부터 알 수 있다.

$$DI = 2.4 \times (l \times f)^{1/2}$$

l : 기둥의 길이(m)

f : 주요 주파수 (kHz)

### Speaker Placement(스피커 배치)

스피커를 배치함에 있어서 다음사항을 고려해야만 한다.

- 모든 청취자들은 각각의 청취자들에게 보강음향을 제공하는 스피커에 대해 시야를 확보해야 한다.
- 스피커 클러스터(특히 Central type에서)는 넓은 공간을 필요로 한다.
- 숨겨진 스피커는 얇은 천이나 거즈와 같은 음 투과성 물질(sound transparent materials) 가려져 있어야 하며 절대로 반사재의 패널은 사용하면 안 된다.
- 스피커는 항상 소리를 반사하는 표면이 아닌 청중들을 향해서만 소리 에너지를 방사한다.
- 스피커는 feedback loop이 발생하는 것을 막기 위해 마이크를 향하면 안 된다.

### Microphone Placement (마이크의 배치)

마이크 배치의 주 목적은 최대한 근접한 음원을 얻고자 하는 것이다. 역제곱 법칙은 직접 음장이 원의 지향성과 거리에 따라 나타남을 보여주고 있다. 음원과 수음점 사이의 거리가 길어질수록 직접음과 잔향음의 관계는 더욱 감소한다. 물론 확산음장에서는 수음지점이 어느 곳이든 상관없이 같다는 것을 알고 있을 것이다. 따라서 청취자가 말하는 사람의 소리를 더 가깝게, 명확하게 듣게 하기 위해서는 마이크의 직접음장을 최대화 하는 것이 중요하다.

그러나 stereophonic system을 사용할 때에는 가까운 장소의 사용이 항상 가능한 것은 아니다. 상황에 따라 잔향소리 에너지를 최소화하기 위해서는 여러 개의 높은 지향성을 갖는 마이크를 사용하는 것이 바람직하다.

feedback effect를 방지하기 위해서는 스피커와 관계있는 마이크의 배치에 있어서 특정한 관리가 필요하다. 부적절한 음향계획에서 전형적으로 나타나는 이 현상은 다음과 같은 상황에서 발생한다.

- 스피커에서 나오는 소리가 마이크를 향해있을 때
- 실내의 반사표면이 소리 에너지를 마이크에 집중시키는 경우
- 잔향시간이 긴 실

### The Hass Effect

Hass effect<sup>3)</sup>는 청취자에게 처음으로 도달한 소리를 음원의 방향으로 인지하는 현상을 말한다. 이는 일반적인 물리현상에서 반사음은 좀더 복잡한 경로를 통해 수음지점에 도달하는 반면 직접음은 음원에서 수음지점까지 직선으로 이동한다는 것을 생각해보면 이치에 맞는 설명이다.

이를 조절하기 위해 청취자에 가까이 있는 스피커에는 지연시간을 줘야한다. 이는 직접음이 처음 도착하고 그 바로 뒤에 스피커로부터 뒤따르는 소리가 나가야 하는 것이다. 반사음이 도달하는 총 시간은 직접음이 도달한 뒤 35~50ms이내여야 한다. 그 시간 안에 도달해야 직접음과 통합되어 보강할 수 있기 때문이다. 이는 소리의 지연이 음원의 도달과 스피커 음의 도달경로(다이어그램을 그려서)간의 거리에 따라 계산되어야 한다는 것을 의미한다.

청취자의 뒤쪽으로 다른 여러 개의 지연시간을 갖는 스피커에 의해 음원 근처에 있는 청취

---

3) Hass effect : 선음 효과 : 여러 개의 음원이 동시다발적으로 있을 때, 청취자에게 시간상 가장 먼저 도착하는 음으로 청취 방향이 설정된다.

자들이 방해받지 않도록 해야 한다. 또한 반사재나 그와 비슷한 효과를 갖는 표면재들은 피해야한다.

### Corrective Uses of Amplification Systems(증폭시스템의 정확한 사용)

- Increasing direct sound in RT rooms.(잔향시간이 긴 실에서의 직접음의 증가)  
앞서 언급했듯이 마이크가 음원 근처에 있으면 스피커는 청중들에게 직접음을 좀더 근접하게 증폭시킨다. 이 효과는 직접음장의 레벨을 잔향음장에 비례하여 증가시키는 것이다. 이 효과는 연설의 명료도를 증가시킨다.
- Assisted Resonance(보강 공명)  
실의 잔향시간이 특정 주파수영역에서 현저히 낮게 나타나는 곳에서는 주파수 전 영역에서 적절한 혹은 확장된 잔향시간을 만들기 위하여 이 특정 주파수를 보강할 수 있다. 필요한 주파수를 걸러내기 위해 helmholz 공명기를 사용한다.
- Background Noise Systems.(배경소음 시스템)  
프라이버시가 문제가 되는 곳에서는 다른 사람들의 대화를 차단하기 위해 piped noise(유인소음)를 사용할 수 있다. 관리는 방해하지 않는 레벨의 범위 안에서 이루어져야한다.