

+ 신정환 · KBS 라디오기술국

다이내믹형 스피커의 인클로저

인클로저는 왜 필요한가?

인클로저란 스피커유닛들, 우퍼, 스윙커, 트위터를 싸고 있는 스피커 통, 또는 박스이다. 즉, 스피커의 몸체를 말한다. 스피커 유닛에다 신호를 가하면 유닛은 앞뒤로 운동하면서 서로 반대 위상을 가진 파형이 생성되어 서로 상쇄된다. 특히, 저음은 아예 돌리지도 않는다. 그래서, 서로 만나지 못하도록 차단 시켜줄 필요가 있으므로, 유닛의 뒤로 방사되는 음을 인클로저 안으로 들어가게 하여 서로 차단시키는 것이다.



Arena사 스피커

이미지 제공 : BLS

인클로저 설계 방식에 따른 스피커의 분류

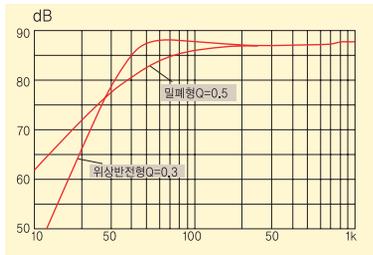
밀폐형

유닛의 뒤로 방사되는 음을 밀봉해서 앞으로 방사되는 음과 만나지 못하도록 하는 방식이다. 같은 유닛으로 베이스 리플렉스형으로 설계했을 때보다 음압이 떨어지는 단점이 있다.

그러나, 장점도 많다. 우선 초저역 재생은 베이스 리플렉스형 보다 유리하다. 그래프처럼 같은 우퍼를 밀폐형과 베이스 리플렉스형으로 설계했을 때의 저역의 주파수 특성 곡선인데 밀폐형 저음의 감쇄가 베이스 리플렉스형보다 더 높은 주파수에서 일어나지만 베이스 리플렉스형은 감쇠 특성이 급격하여 초저역은 밀폐형이 재생에 유리하다. 즉, 중저역은 베이스 리플렉스형이, 초저역은 밀폐형이 유리하다고 알면 된다.

보통의 음악에선 초저역은 거의 없으므로 저음 재생은 베이스 리플렉스형이 유리하다고 알면 된다. 그리고, 재생음이 모두 유닛에서 직접 방사되므로 음의 순수성 측면에선 가장 유리하다고 할 수 있고, 실제로 베이스 리플렉스형보다 투명한 음을 얻을 수 있다.

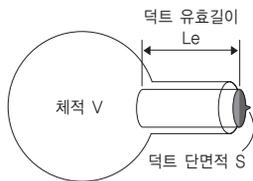
밀폐형이 베이스 리플렉스형 다음으로 많이 사용된다. 쉽게 구분하려면 인클로저에 안으로 통하는 구멍이 없으면 밀폐형일 가능성이 크다. 밀폐형의 저음을 논할 때 시스템 댐핑 Q를 얘기하는데 보통 0.5에서 1.2의 값을 갖는데 Q=0.5 일 때 가장 완벽한 주파수 특성을 갖는다. Q가 증가할수록 과도 특성이 나빠지고 Q를 낮추려면 인클로저의 용적이 커져야 한다.



[밀폐형과 위상 반전형의 저음 응답 특성 비교]

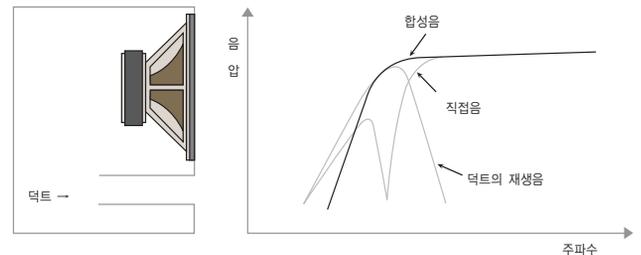
베이스 리플렉스형(위상 반전형, 덕트형)

뒤로 방사되는 음을 공명계의 공진(헬름홀츠 공진)을 이용해 저음역을 다시 위상 반전시켜 덕트를 통하여 저음을 내보내어 저음을 보강하는 방식이다.



$$\text{공진주파수 } Fr = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{LeV}}$$

[헬름홀츠 공명계]



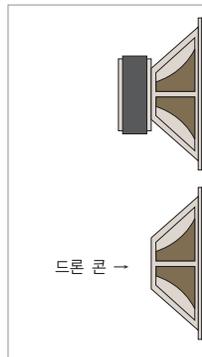
[위상 반전형 구조와 저역응답 특성]

덕트를 통한 재생음 중 그림에 계산된 공진 주파수보다 높은 음은 위상이 반전되어 전면으로 방사되는 직접음에 보강된다. 하지만, 공진 주파수보다 낮은 음은 반전이 되지 않아 직접음과 함께 소멸되는 것이다. 밀폐형보다 음압이 높아져 울리기 쉽고 중저역 재생에 유리하나, 잘못 튜닝되면 해상도가 떨어지고 저음은 뽕뽕 되기 쉽다. 제일 많이 사용되는 방식이다.

여러분 가정의 스피커를 살펴보면 스피커 인클로저에 안으로 통하는 구멍이 있는데 이것이 바로 덕트이다. 이러한 스피커는 모두 베이스 리플렉스형 스피커이다.

패시브 라디에이터형

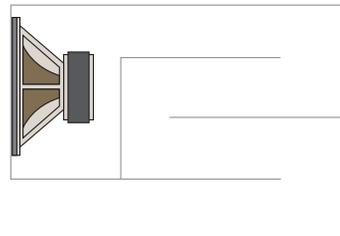
이 방식은 위상 반전형과 밀폐형의 중간 형태라고 보면 된다. 덕트 대신에 질량을 가진 진동판을 따로 배치하는 구조이다. 이 진동판을 드론 콘이라고 부르는데 신호가 직접 가해지는 것은 없고 스프링(질량)의 역할을 수행한다. 베이스 리플렉스형에 비해 덕트 부근에서의 소음(WIND NOISE, 내부용적 공진음, 싹싹하는 바람 소리처럼 들림)을 차단할 수 있다. 따라서, 이 진동판만의 공간이 더 확보되어야 한다. 잘 쓰이지 않으나 그 유명한 THEIL사에서는 이 방식을 즐겨 사용한다. 필자도 이 방식은 THEIL의 스피커들 말고는 본적이 없다.



[패시브 라디에이터 방식의 구조]

트랜스미션 라인형

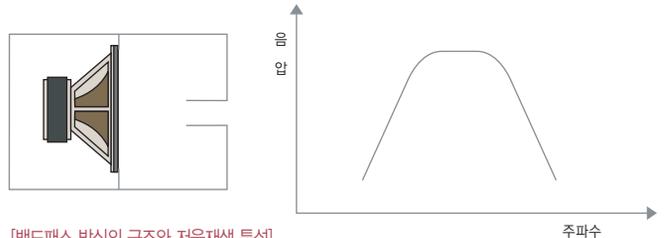
이 방식은 유닛의 뒷면에 긴 관을 설치하여 그 관의 길이가 1/4 파장이 되는 주파수에서의 관의 공명을 이용하여 저역을 재생하는 방법이다. 고유 공진 주파수보다 낮은 대역의 저음 재생이 가능하다는 것이 장점이다. 그러나, 초저역을 재생하기 위해 덕트의 길이가 상당히 길어져야 하고(20Hz 공진을 위해선 약 4.25m의 덕트가 필요), 그에 따라 음의 전달에 그만큼의 지연시간이 발생해 반응속도가 느려진다는 단점이 있다. PMC 등 몇몇 업체에서 사용하고 있다.



[트랜스미션 라인 방식의 구조도]

밴드패스 방식

이 방식에서 우퍼는 두 개의 방으로 나누어진 인클로저 내부에 장착되어있고 외부로는 덕트만 보이는 구조이다. 그림은 구조와 저음 재생 특성을 보여주는데 유닛 앞의 용적과 덕트는 헬름홀츠 공명계와 동일한 역할을 수행한다. 공진 주파수 이하의 음은 그대로 통과되고 그 이상의 음은 위상이 바뀌어 서로 상쇄되어 로우패스 역할을 하므로 별도의 크로스오버 네트워크가 필요하지 않다. 단점은 직접적인 음전달 방식이 아니라서 통울림의 가능성이 많다. PC용의 멀티미디어용 스피커나 소형 미니오디오 시스템에서 많이 볼 수 있다.



[밴드패스 방식의 구조와 저음재생 특성]

인클로저 재질과 음질의 상관관계

과거에는 인클로저에 크게 신경을 쓰지 않았다. 그저 많은 저음을 내고자 크게 만드는 데만 주력했다. 요즘은 소형 우퍼도 저음을 많이 낼 수 있으므로 그것은 더 이상 중요한 점이 아니다. 요즘은 통울림이 발생하지 않는데 주력한다.

통울림이란 우퍼의 운동에 따라 인클로저가 진동하는 현상을 말한다. 이 통울림이 발생하면 유닛의 운동에 방해가 된다. 우퍼뿐만 아니라 그 진동이 스푼커와 트위터의 운동에도 방해가 되므로 소리가 불분명해져 어두워지고 퍼지는 현상을 초래한다. 그래서, 통울림을 극도로 억제한 스피커는 소리를 크게 틀어도 스피커가 떨지 않는다.

통울림은 소리를 크게 틀어놓은 상태에서 스피커 위에 손을 올려놓으면 어느 정도 감지 할 수 있다. 각 회사들은 통울림을 억제하고자 무겁고 고강성의 재질로 인클로저를 만들고 있는 추세이며, 이 인클로저에 의해 스피커의 소리가 가장 많이 좌우된다.

- **MDF** : 현재 메이커들이 가장 많이 사용하는 재질이다. 비교적 고밀도에 댐핑 능력이 우수하며 변형도 쉬운 재질이다.

- **페놀수지 함유 MDF** : MDF 가공시 페놀수지를 함유시켜 플라스틱과 나무의 중간쯤 되는 특이한 재질이다. 밀도와 댐핑이 매우 우수하고 비싸다. 일손 오디오의 그랜드슬램 등 초고급 스피커에 사용된다.

그밖에도 메타 크릴레이트, 알루미늄, 콘크리트 등도 사용된다. EAGLESTON WORKS의 ANDRA 같은 경우는 MDF 안쪽에 대리석을 붙여서 강성을 높이고, THIEL 같은 경우는 전면은 인조 콘크리트로 사용한다. 이런 고강성 재질은 인클로저의 통울림을 방지하는데 대단한 효과가 있다.



[AVALON의 AVATAR]



[WILSON BENESCH의 ACT1]

통울림을 억제하기 위한 그 밖의 방법들

- (1) 그밖엔 인클로저 안쪽에 흡음재를 채워서 우퍼 뒤로 방사되는 음, 즉, 인클로저 안으로 방사되는 음을 흡음시켜서 인클로저에 진동이 전달되지 못하게 하는 방법도 있다.
- (2) 아발론 같은 회사는 인클로저를 절묘하게 커트하여 내부에서 서로 회절 합성 등으로 진동을 억제한다.
- (3) WILSON BENESCH 같은 회사는 인클로저 뒷면을 뾰족하게 만들어서 소리를 상쇄시키는 방법을 쓰고 있다.
- (4) 외부에서 오는 진동을 막고 자신의 진동을 다른 곳으로 전달시키지 않기 위해서 대부분의 스피커는 스피커 바닥에 스파이크를 장착하여 나온다. 이렇게 하면 소리가 탄력적이고 깨끗해진다.

인클로저 형태와 음질의 상관관계

낮은 주파수는 공기 중에서 전달속도가 느리고, 높은 주파수는 이에 비해 빠르므로 사람의 귀에 저음부가 더 늦게 도달하는 결과를 낳게 된다. 그래서, 사람의 귀에 동시에 전달시키고자 하는 방법들이 있다. 방법은 트위터를 우퍼보다 약간 뒤에 위치시키면 된다. 메이커들은 유닛의 특성을 정밀하게 파악하여 시뮬레이션으로 저역과 고역의 위상을 맞춘다.

THIEL의 경우는 스피커 전면을 경사지게 만든다. 이러면 사람이 볼 때 트위터는 우퍼보다 뒤에 위치하므로 사람의 귀에는 똑같이 도달 될 수 있다. 그 경사 각도도 그냥 보기 좋으라고 한 것이 아니고, 모두 정밀하게 계산되어 결정된 것이다. 최근 들어, 이러한 경향이 도들어 지는데, THIEL, EAGLESTON WORKS, AVALON 등 많은 메이커가 인클로저를 경사지게 설계한다. 필자의 VERITY AUDIO도 이렇게 경사진 인클로저를 갖고 있다.

요즘은 유닛의 특성이 좋아져 저음을 많이 내고자 인클로저를 크게 설계하지 않아도 된다. 메이커들도 저음의 양이 부족할 땐 소형 우퍼를 두 개 사용하지 대형 우퍼를 쓰진 않는다. 소형 우퍼만의 빠른 반응, 아무진 저음 등을 포기 할 수 없기 때문이다. 그래서, 요즘의 스피커는 대부분 훌쭉한 형태를 취하고 있다.

여러분은 스피커의 인클로저에도 많은 비밀이 숨어있다는 것을 알았을 것이다. 이제는 인클로저를 볼 때, 어떠한 방식인지, 통울림은 없는지, 재질은 무엇인지, 위상을 맞추기 위해 경사는 찻는지 등을 꼼꼼히 살펴볼 필요가 있다.