

다양한 형상의 배플의 회절 특성 시뮬레이션

The diffraction characteristics simulation of the various shape of baffle

정재은* · 양인형* · 정운창* · 이유엽** · 오재웅†

Jae-Eun Jeong, In-Hyung Yang, Un-Chang Jeong, You-Yub Lee and Jae-Eung Oh

1. 서론

많은 사람들이 주거공간의 인테리어적 요소에 많은 관심을 보이고 있고 이에 따라 가구, 전기, 전자제품 등도 날로 대형화, 고급화 되고 있는 추세이다. 오디오 시스템 또한 타 가전제품과 마찬가지로 고급화 되어가며, 아울러 인테리어적 요소가 많이 적용되어 디자인의 필요성이 더욱 절실할 때이다. 오늘날 전자기술의 발달로 인하여 종래와는 다른 형태와 기술을 적용시킨 제품들이 많이 출시되고 있으며, 고품질, 고감각의 제품이 일반적인 견해보다는 상당히 큰 시장을 확보하고 있다. 이러한 오디오 제품을 개발하는 단계에서 스피커의 성능이 큰 영향을 미치게 된다. 즉, 스피커 시스템의 성능은 다양한 구성 요소에 의해 좌우되는 경향이 있는데, 특히 스피커의 인클로저 형상은 유니트의 방사 특성과 결합되어 중고역 영역의 방사 패턴을 결정 짓는 주요한 요소이다.

인클로저의 Edge 형상에 의해 회절음이 발생하는데, 앞면과 뒷면에서 측정되는 음향 성능은 차이를 나타낸다. 따라서, 좋은 음질을 재생하기 위한 스피커 인클로저의 디자인 설계에 따른 영향도 평가 및 음향 성능을 예측하는 기법 연구가 필요하다.

본 연구에서는 스피커 인클로저의 Edge 형상에 따라서 음향 방사 특성을 예측하며 실제 실험을 통해 이를 검증하고자 한다.

2. 스피커 음향 방사 이론

2.1 직접음과 회절음(Mahalanobis Distance)

구면 파동은 정면에서 고려하면 반공간 내의

† 교신저자; 한양대학교 기계공학부

E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr

Tel : (02) 2220-0452, Fax : (02) 2299-3153

* 한양대학교 기계공학과

** 호원대학교 자동차기계공학과

monopole 음원에서 전파되고 있다. 직접음은 반공간 내에서 연속적으로 전파되고 있으며, 회절음은 baffle 의 가장자리에서 흩어지는 현상에 의해 반사되거나 투과되는 음으로 정의한다. 하지만 정면에는 직접음 외에 회절음에 의해 합성되는 음압이 있는데, 반사계수를 고려하여 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$p_F = p_0 + Rp_1 \quad (1)$$

직접음은 식(2)과 같이 정의할 수 있고, 회절음은 식 (3)과 같이 정의할 수 있다.

$$p_0 = p(r_0) = \frac{ik\rho c q}{2\pi r_0} \exp(-ikr_0) \quad (2)$$

$$p_1 = \frac{p_0}{2\pi} \int_0^{2\pi} \exp(-ikB) d\varphi = p_0 \exp(-ikB) \quad (3)$$

또한, 스피커 배플 끝 회절음이 반대편 배플 끝에서 다시 회절을 일으켜 2nd order 회절음이 발생하며, 식(4)와 같이 정의할 수 있다.

$$p_2 = \exp(-2ikB)Rp_1 = \exp(-eikB)Rp_0 \quad (4)$$

위 식을 이용하여 본 연구에서 적용한 원형과 정사각형 모양의 배플에 대해서는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\Delta p_n^{(1)} = \frac{r_0}{b_n + r_n} \exp(ik(r_0 - b_n - r_n)) \frac{\Delta\varphi_n}{2\pi} p_0 \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Delta p_n^{(2)} &= \frac{b_n + r_n}{b_n + r_n + e_n} \exp(-ike_n) \Delta p_n^{(1)} \\ &= \frac{b_n + r_n}{b_n + r_n + e_n} \exp(-ike_n) \frac{r_0}{b_n + r_n} \exp(ik(r_0 - b_n - r_n)) (6) \\ &\quad \frac{\Delta\varphi_n}{2\pi} p_0 \\ &= \frac{r_0}{b_n + r_n + e_n} \exp(ik(r_0 - b_n - r_n - e_n)) \frac{\Delta\varphi_n}{2\pi} p_0 \end{aligned}$$

3. 배플 형상에 따른 음향방사 시뮬레이션

3.1 원형 배플의 음향 방사 시뮬레이션

Reference 를 Flat 한 점음원으로 가정하고, on-axis 경우 점음원을 원형 배플의 중심에 고정하였다. Fig.1 에서 보는 바와 같이 측정 각도가 커질수록 주파수 특성이 Flat 하게 나타났다. 회절 현상은 on-axis 에서 잘 나타나며, off-axis 시 그 영향이 작아지는 현상을 설명한다.

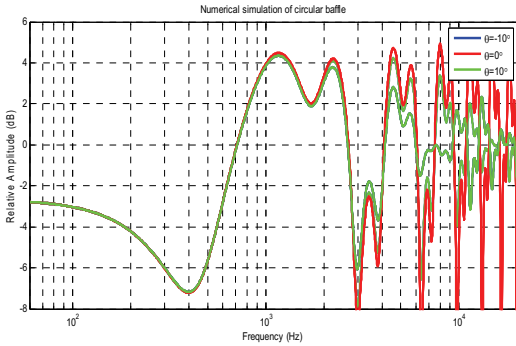


Fig. 1 Off-axis response for circular baffle

3.2 사각형 배플의 음향 방사 시뮬레이션

앞 절의 on-axis 와 동일한 조건으로 가정했으며, 사각형 배플의 중심에 고정시키고 수행하였다. 원형 배플의 특성과 비슷하지만, 1kHz 에서 발생하는 First peak 성분의 경향을 보면 일정한 패턴을 나타내고 있지 않는다. Fig.2 에서 보는 바와 같이 측정 각도가 커질수록 First peak 는 저주파 대역과 중주파 대역을 오가며 회절 특성을 나타내고 있다.

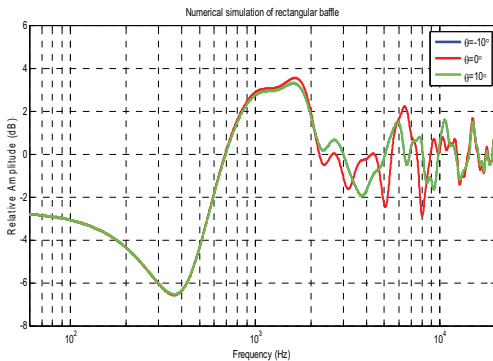


Fig. 2 Off-axis response for rectangular baffle

3.3 실험과 시뮬레이션 결과의 비교 및 고찰

원형과 사각형 모두 실험과 해석치의 특성이 비슷하게 나타났지만, 고주파 영역은 잘 맞지 않았다.

추후 반사 계수나 물성치에 대해 적용한다면 실제 실험값과 유사하게 나타날 것으로 사료된다.

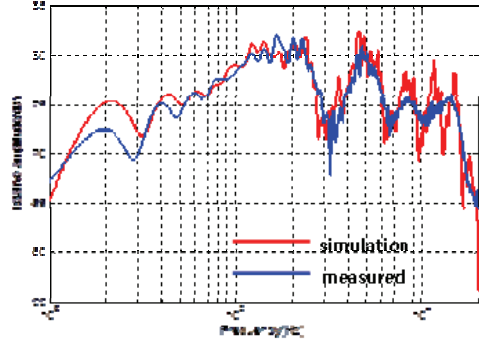


Fig.3 circular baffle between measurement and simulation

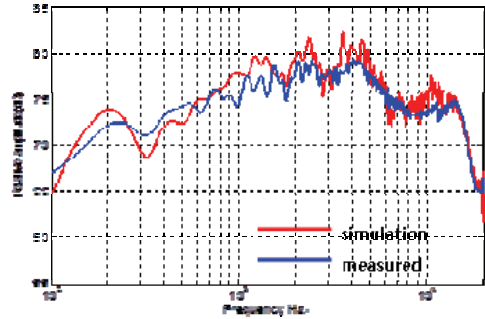


Fig.4 Rectangular baffle between measurement and simulation

4. 결론

본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- (1) 스피커 음향 방사 이론을 바탕으로 원형 및 사각형 형상의 인클로저 음향 방사 해석을 2 차 회절음까지 고려하여 시뮬레이션을 수행하였다.
- (2) 해석과 실험을 통해 배플 형상에 따른 스피커의 음향 방사 특성을 파악하였다.

참고문헌

- (1) J. Backman. 3.1st.(1988). Computation of diffraction for loudspeaker enclosures. The 84th Convention of AES.
- (2) J. Backman. 9.24th.(1999). A Model of Open-Baffle Loudspeakers. The 107th Convention of AES.
- (3) S.M. Kirkup. 4.1st.(1996). Computational Methods for the Acoustic Modal Analysis of an Enclosed Fluid With Application to a Loudspeaker Cabinet