

멀티미디어 환경에서 언더발코니 스피커의 역할

송덕근*, 박은진**, 이선희**

The role of Under-balcony Speaker in the Multimedia Environmental.

Song Deog-Geun*, Park Eun-Jin**, Lee Seon-Hee**

요 약

복층이 있는 공간의 음향 특성을 계산식, 시뮬레이션 및 실측을 통해 비교해 보았다. 언더발코니 스피커의 바로 뒤 지역은 메인스피커와 딜레이 차이가 생기며, 중/저음 부분에서 충분한 음압저하가 이뤄지지 않아 콤 필터링(Comb-Filtering) 현상이 크게 발생하게 된다. 또한 언더발코니 스피커의 바로 하부 지역은 스피커와 거리가 2~3m 내외로 언더발코니 스피커의 음압이 메인 스피커보다 커져 강대상과 음상일치가 깨지게 된다. 언더발코니 스피커에서 5~6m 이상 벗어나는 지역은 음의 역자승법칙에 따라 언더발코니 스피커 하부 지역보다 10dB 이상 차이가 발생하며, 메인스피커에서도 중/고역 주파수(Mid/High Frequency) 음이 유입되지 않아 주파수별 음압 편차가 크게 발생하여 집중도가 떨어지게 된다. 이러한 음향 문제를 최소화하기 위해서 메인스피커의 위치 및 출력에 따른 언더발코니 스피커의 적절한 배치와 출력이 요청된다. 발코니 하부 지역을 더 쾌적한 음향 환경으로 개선하기 위해서는 언더발코니 스피커에 대한 적절한 음향설계 방향이 제시되어야 한다.

Key Words : Sound Localization, Under_Bacony Speaker, Inverse Square Law, Comb-Filtering

ABSTRACT

Formula acoustic characteristics of the room with a double layer , are compared through simulation and actual measurement. The rear area of the under- balcony speakers will cause a delay difference between the main speaker. In the mid / bass parts do not generate sufficient pressure is lowered and comb-Filtering phenomenon occurs significantly. The lower right area of the under- balcony speakers and speaker distance is the sound pressure of the under- balcony speakers to around 2 ~ 3m bigger than the main speakers and the sound image matches the pulpit is broken. Also, under area is more than 5 ~ 6m from the balcony outside speakers and causes differ by more than 10dB lower than the under- balcony speakers depending on the local laws of Translator wins Well, the main speaker at mid / high frequency sounds do not enter the sound pressure variations will drop by a significant. Appropriate arrangement and the output of the speaker according to the position under the balcony , and output of the main speakers are requested to minimize this problem sound . The proper sound design direction for the under- balcony speakers must be presented in order to improve the lower balcony area more pleasant acoustic environment.

I. 서 론

멀티미디어 시스템을 적극적으로 활용되어지는 공간에서는 음향 뿐 아니라 영상, 조명 시스템과 같은 다양한 미디어 매체를 사용하여 다목적 공간으로 사용한다. 또한 제한된 공간에 많은 인원이 수용하기 위해 복층 구조를 가지게 된다. 이러한 건축 구조적인 한계와 다양한 용도로 인해 음향 시스템은 최상이 아닌 최적의 선택으로 시스템이 이루어지기 위해 메인 스피커 뿐 아니라 적절한 보조 스피커를 활용하여

음향 시스템을 설계되어진다. 이때 복층 구조의 하부 지역은 시각 적인 부분뿐만 아니라 청각적으로 사각지역이 되어 추가적인 보조 스피커인 언더발코니 스피커의 설치가 필수적인 공간이 된다. 이러한 발코니 하부 지역에 메인 스피커의 출력과 거리에 따른 적절한 언더발코니 스피커를 설치함으로써 음의 사각지역을 해소하고 강단과의 음상일치(音像一致)를 이룸으로 보다 집중도를 높일 수 있어야 한다.

* 이 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다.

* 서울과학기술대학교 NID융합대학원 (davidadd@hanmail.net)

** 서울과학기술대학교 정보통신대학 전자IT미디어공학과 (eve-0513@hanmail.net, seonhee@snut.ac.kr) 교신저자 : 이선희

접수일자 : 2015년 5월 20일, 수정완료일자 : 2015년 6월 1일, 최종 게재확정일자 : 2015년 6월 10일

II. 본 론

2.1 계산식에 의한 스피커 음압 감쇠 특성

언더발코니 스피커의 설치 시, 메인스피커의 음향 출력 및 언더발코니 스피커와의 거리 차이에 따른 설치 위치에 따라 최적의 음향 출력의 언더발코니 스피커를 선정하고 설치할 수 있어야 한다. 멀티미디어 환경에서 메인 스피커의 위치는 스크린에 크기에 따라 최적의 위치가 결정되어지고, 공간의 규모에 따라 음향 출력이 결정되어지게 된다. 이러한 메인스피커의 출력 및 위치에 따라 건축적인 공간에 따른 언더발코니 스피커의 적절한 위치를 정해진다. 스크린의 크기가 200인치인 경우, 메인 스피커 설치 높이의 하한선은 5.5m 내외로 결정되어진다. 사람이 인지하기 어려운 음압 편차는 $\pm 3\text{dB}$ 내외로, 좌석별 음압 편차를 이 범위에 둔다고 가정하였다. 그림 1과 같이 10개 측정 지점에 마이크로폰을 설치하고, 그 음압 차이를 그림 2와 같이 거리별 음압 감쇠 계산식에 의하여 나타낼 수 있다. 이때 마이크로폰 지점들의 가격은 장의자 2칸 간격으로 1.8m 내외이다.

객석간의 음압 편차를 $\pm 3\text{dB}$ 이내로 두었을 경우, 메인 스피커에서 마이크로폰 5번 지점부터 이러한 음압 편차를 벗어나게 된다. 언더발코니 스피커와 같은 보조 스피커로 이용하여 음압을 보완함으로써 전반적인 음압 편차를 줄일 수 있다. 그림 2와 같이 언더발코니 스피커의 경우, 스피커와 좌석간의 거리차이가 크지 않아, 빠른 음압 감쇠가 일어난다. 이로 인해 발코니 하부 지역의 음압 편차를 $\pm 3\text{dB}$ 범위에 두기 위한 최대 거리는 마이크로폰 8번 지점부터 큰 편차가 나타난다.

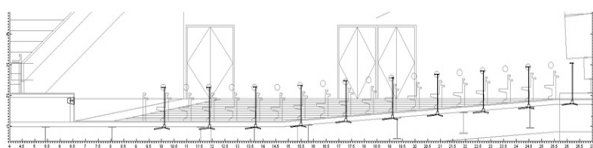


그림 1. 좌석별 마이크로폰 측정 위치

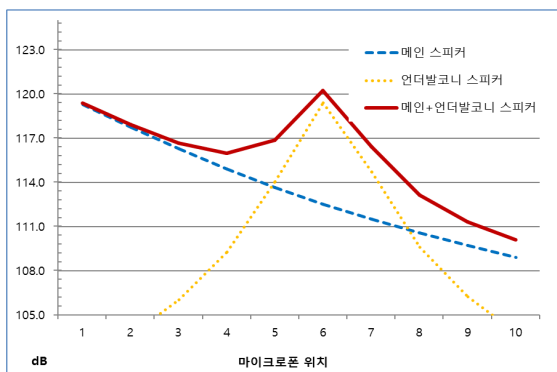


그림 2. 메인 스피커와 언더발코니 스피커의 거리에 따른 음압 감쇠 (계산식)

2.2 시뮬레이션에 의한 스피커 음압 감쇠 특성

메인 스피커, 프론트필 스피커와 언더발코니 스피커를 사용하는 공간의 단면에서 각 스피커가 담당하는 객석의 지역은 그림 3과 같이 나타난다.

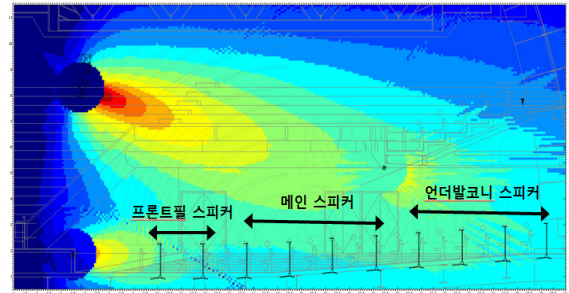


그림 3. 각 스피커의 좌석별 커버 지역

언더발코니 스피커는 발코니 하부 천장에 설치되어야 함으로 스피커와 객석과의 거리가 가깝게 된다. 이따라서 거리에 따른 좌석별 음압 편차가 크게 나타난다. 그림 4~6은 메인 스피커와 언더발코니 스피커가 설치될 때 마이크로폰 지점별로 스피커의 주파수별로 음압 감쇠를 나타내고 있다.

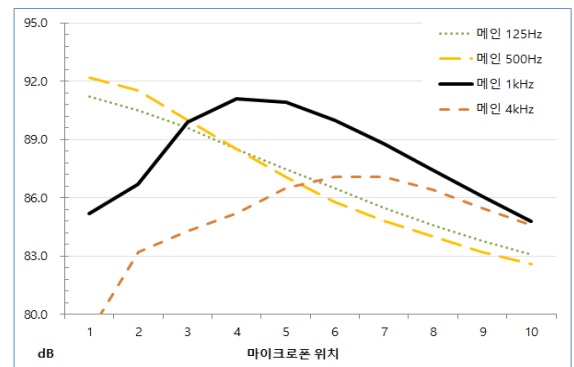


그림 4. 메인 스피커의 시뮬레이션에 의한 주파수별 음압 변화

그림 4~5에서 알 수 있듯이, 스피커의 주파수별 음압 특성은 저음부분은 거리 감쇠에 의해 서서히 감쇠하나, 중/고음은 지향성에 따라 급격하게 차이를 나타내고 있다. 메인 스피커는 마이크로폰 지점 1~4에서는 주파수별 감쇠 특성이 상이하게 나타나다가 마이크로폰 지점 5부터 유사한 특성이 나타나는 것을 그림 4에서 확인할 수 있다. 그림 6의 전체 스피커의 주파수별 음압 변화도 그림 4와 유사하나, 언더발코니 스피커의 영향으로 마이크로폰 지점 4~5은 저음이 다소 상승하고, 마이크로폰 지점 7~8에서는 고음이 다소 상승되어지는 것을 확인할 수 있다.

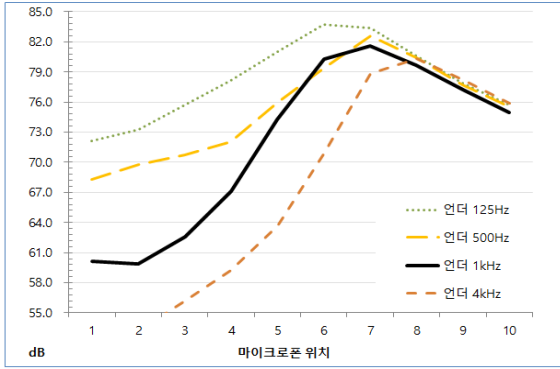


그림 5. 언더발코니 스피커의 시뮬레이션에 의한 주파수별 음압변화

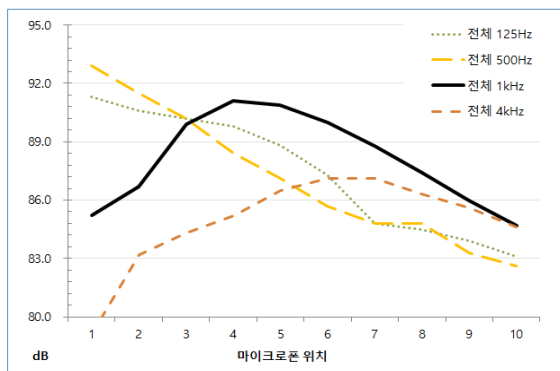


그림 6. 전체 스피커의 시뮬레이션에 의한 주파수별 음압변화

게 나타나 좌석별 음압 편차가 크게 나타난다.

그림 6에서 보듯이 발코니 하부 지역의 메인 스피커 음압 감쇠 특성은 고음에서 크게 나타나게 된다. 이때 이러한 고음 부분에 대한 음압 보강을 언더발코니 스피커가 감당해야 하나, 언더발코니 스피커가 좌석과 근접해 있어 충분한 음압 재생이 어렵게 된다. 그림 7과 같이 좌석별 음압 감쇠가 크게 나타나, 일정 거리를 벗어나면 그림 8과 같이 마이크로폰 지점 9~10 지역은 부족한 중고음의 감쇠가 크게 나타난다.

또한 마이크로폰 지점 5~6 부분은 언더발코니 스피커에서 발생하는 저음과 메인 스피커의 저음이 합쳐서 부스팅(Boosting)되는 현상이 발생한다.

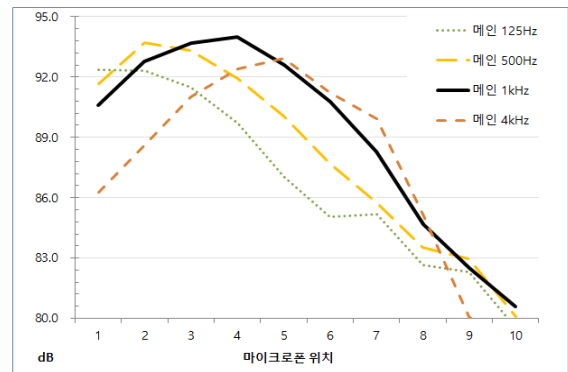


그림 7. 메인스피커 실측에 의한 주파수별 음압변화

2.3 실측에 의한 스피커 음압 감쇠 특성

시뮬레이션의 대상이 되는 다목적 공간에서 그림 2의 계산식과 그림 4~6의 스피커의 시뮬레이션 값에서 알기 어려운 건축 마감 및 지형에 따른 특성을 알기 위하여 그림 1과 같이 좌석별로 마이크로폰을 설치하여 각 스피커들의 영향에 대하여 실측하여 분석하였다.

그림 3에서 보듯이, 마이크로폰 지점 1~2는 프론트플 스피커의 영향을 받으며, 마이크로폰 지점 3~6은 메인 스피커가 큰 영향을 주는 지역이 된다. 언더발코니 스피커가 마이크로폰 지점 6에 설치되어 있어 마이크로폰 지점 6~8은 그 영향을 크게 받는다. 하지만 마이크로폰 지점 9~10은 메인 스피커와 언더발코니 스피커의 영향에서 점차 벗어나, 음압이 크게 감쇠되어 추가적인 음압 보강이 요청되는 지역으로 분석된다. 그림 7~9은 마이크로폰 지점 1~10까지의 주파수별 음압 변화를 기준 최대 음압을 94dB로 두어 그 편차를 나타낸 것이다.

발코니 하부 지역은 건축적인 특징으로 인해 메인스피커에서 재생되는 고음(High Frequency)의 유입이 적고, 역자승법칙에 의한 저음(Low Frequency) 감쇠는 메인 스피커에서 거리가 있어 자연스럽게 나타나게 된다. 그림으로 좌석별 음압 감쇠가 저음보다 고음이 크게 나타나게 된다. 이러한 고음을 보완하기 위하여 언더발코니 스피커를 설치하나, 언더발코니 스피커와 좌석이 근접해 있어서 음압 감쇠가 빠르

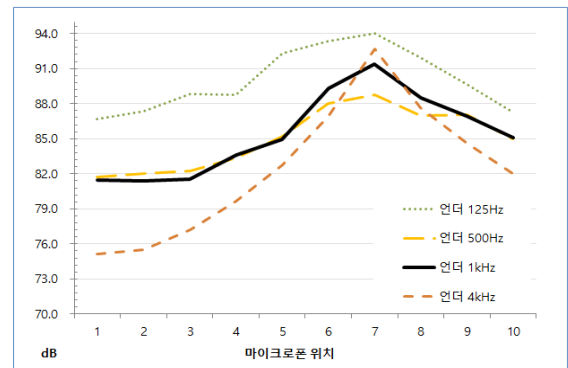


그림 8. 언더발코니 스피커 실측에 의한 주파수별 음압변화

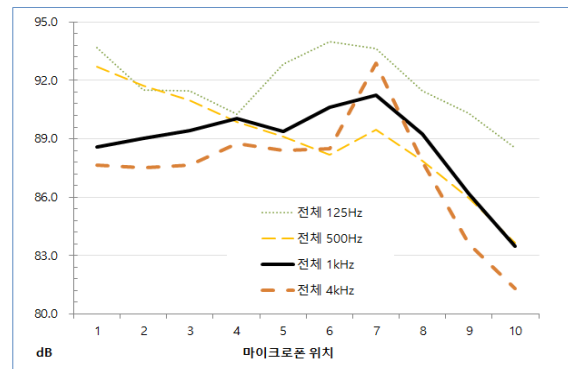


그림 9. 전체 스피커의 실측에 의한 주파수별 음압변화

2.4 메인 스피커와 언더발코니 스피커의 상관관계

메인 스피커와 언더발코니 스피커의 거리와 음압의 차이에 따라 전체 시스템을 가동하였을 경우 음압 편차가 다양하게 나타난다. 메인 스피커는 마이크로폰 지점 6~7 (10m) 이상에서는 언더발코니와 같은 보조 스피커가 요청된다.

마이크로폰 지점 6에서 메인 스피커까지의 거리는 13.2m이며, 언더발코니 스피커까지의 거리는 2.4m이다. 이런 경우, 메인 스피커와 음압 차이가 다른 다양한 스피커를 스피커(메인 스피커와 최대 음압 차이는, A스피커 15dB, B스피커 13dB, C스피커 10 dB, D스피커는 8dB인 경우)를 바꾸었을 때의 각 스피커의 마이크로폰 위치별 레벨을 그림 10과 같이 나타낸다.

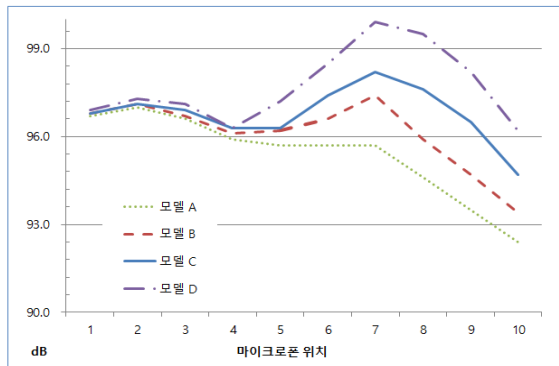


그림 10. 언더발코니스피커 종류에 따른 메인스피커 관계

Ⅲ. 결 론

메인 스피커와 언더발코니 스피커의 상관관계를 계산식, 시뮬레이션, 실측을 통해서 비교하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 다른 음압 차이를 나타내는 스피커의 음압 변화를 통하여 적합한 스피커 출력을 비교하여 보았다. 이러한 일련의 과정을 통하여 다음과 같이 결론을 유추할 수 있다.

- * 좌석별 음압 편차를 $\pm 3\text{dB}$ 를 유지하기 위해서는 언더발코니 스피커는 5m 이내 커버되어야 하며, 그 이상은 추가적인 스피커가 설치되어야 한다.
- * 언더발코니 스피커는 뒤쪽으로 방사되는 중저음으로 인해 발생하는 저음 부스팅 현상을 최소화해야 한다. 그러기 위해서는 중저음의 지향 특성이 좋은 스피커를 사용하거나, High Pass Filter를 통해 중저음 재생을 조정해야 한다.
- * 메인 스피커와 언더발코니 스피커의 거리 차이가 10m 경우, 메인 스피커와 언더발코니 스피커의 최대 음압 차이는 10dB 차이를 나타내는 스피커로 적용하는 것이 적합하다.

추후 다양한 공간에 대한 측정과 시뮬레이션의 비교 분석을 통하여, 메인 스피커와 출력과 메인 스피커와 언더발코니 스피커와의 거리 차이에 따른 최적의 언더발코니 스피커의 선정을 위한 설계 방향을 제시하여 간편하게 음향설계 최적화 될 수 있도록 해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] F.Alton Everest, The Master Handbook of Acoustics, McGraw Hill, New York, 2001
- [2] Floyd E. Toole, Sound Reproduction Loudspeakers and Rooms, Focal Press, Oxford, 2008
- [3] Bob McCarthy, Sound Systems : Design and Optimization, Focal Press, Oxford, 2008

저자

송 덕 근(Song Deog-Geun)

정회원



- 1999년 2월 : 서울시립대학교 환경공학과 학사졸업
- 2001년 2월 : 서울시립대학교 도시환경공학부(소음진동전공) 석사졸업
- 2011년 8월 : 서울과학기술대학교 NID 융합대학원 방송통신과정 박사수료

<관심분야> : 방송통신, 음향학

박 은 진(Park Eun-Jin)

정회원



- 2006년 2월 : 서울과학기술대학교 매체공학과 학사졸업
- 2013년 8월 : 서울과학기술대학교 매체공학과 석사수료

<관심분야> : 음향시스템 설계

이 선 희(Lee Seon-Hee)

정회원



- 1982년 : 동국대학교대학원 전자공학과 공학석사졸업
- 1990년 : 동국대학교대학원 전자공학과 공학박사졸업
- 1983년 ~ 1990년 : 유한대학교전자과 교수

· 1997년 ~ 1998년 : California State Univ. Sacramento 교환교수

· 1990년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학 교수

<관심분야> : 디지털음향 디지털방송제작기술 응용전자회로