

철도 객차내 방송시스템의 최적설계

Optimum Design of Broadcast system in Span class

한 성 규†· 유 경 진*· 김 재 수**

Han Sung-Kyu, Yoo Kyung-Jin and Kim Jae-Soo

1. 서 론

하루에 수십만명이 이용하는 도시의 객차는 현대인에게는 없어서는 안될 중요한 교통수단이 되었다. 이러한 객차는 정차시 뿐만 아니라 승객이 많거나, 주행중일 때 명확한 음성전달의 안내방송이 필수적이다. 그러나 객차내 스피커에서 방송되는 음성이 객차내 균일하게 분포되지 않아 대다수 사람들이 안내방송을 명확하게 듣지 못해 많은 불편함을 느끼고 있다. 따라서 이러한 문제를 사전에 해결하고자 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 음향설계기법을 이용하여 설계단계에서부터 객차내 방송 음향적 요소에 따라 음향성능을 예측 하고자 하였다.

이러한 관점에서 본 연구는 T1, T3 객차를 대상으로 음향시뮬레이션을 통해 최적화된 방송시스템의 음향상태를 갖는 객차를 제시하고자 한다. 이러한 자료는 이와 유사한 방송시스템의 음향설계시 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 객차별 음향 시뮬레이션

음향시뮬레이션을 수행한 객차의 종류는 T1, T3 객차이다. 이 모델에 대한 도면을 토대로 AutoCAD로 모델링 한 후 음향시뮬레이션 프로그램인 Odeon 4.21로 CAD 파일을 Import한 후 마감재별 흡음조건과 스피커의 위치 및 음향파위를 입력한 후 음향시뮬레이션을 수행하였다. 음향시뮬레이션시 T1, T3 객차에 대해 좌석에만 앉아있는 경우의 조건으로 구분하였으며, 조건마다 바닥으로부터 1,200mm 높이의 위치에서 각종 음향시뮬레이션 결과를 분석하였다. Fig 1.은 음향시뮬레이션 대상인 각 객차의 도면이다.

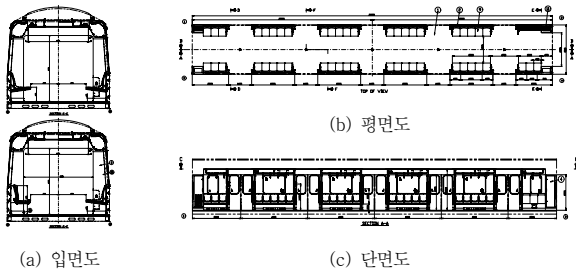


Fig 1. T1, T3 객차의 도면

† 한성규; 원광대학교 건축공학과 석사과정
sk90672443@hanmail.net
(063)857-6712

* 유경진; (주)우진산전 전장개발팀, 주임연구원

** 김재수; 원광대학교 건축학부 교수

3. 음향시뮬레이션 조건

3.1 객차내 음원과 수음점의 위치

AutoCAD로 모델링한 도면을 시뮬레이션 프로그램인 Odeon 4.21로 Import하여 음원과 수음점의 위치를 다음과 같이 설정하였다. 음원은 스피커의 위치로서 객차내 6개로 하였으며, 수음점은 객차내 공간의 평균적인 위치로 바닥에서부터 1,200mm 에 12개로 선정하였다.

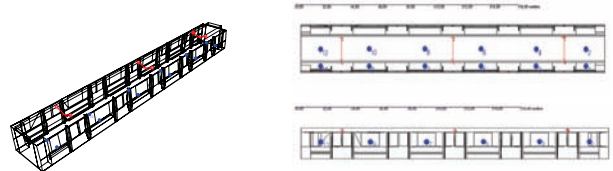
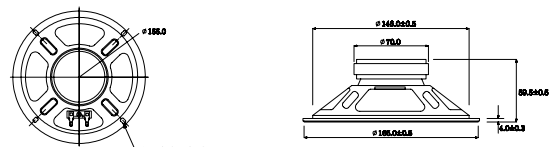


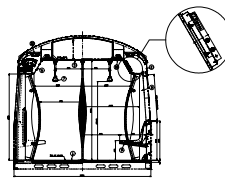
Fig 2. T1, T3 객차의 음원 및 수음점

3.2 스피커 제원

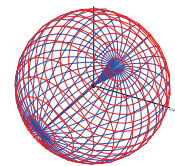
객차내 설치된 스피커는 삼미사운드에서 제조되는 HA-165B60 제품을 사용하였으며 사용된 스피커의 제원 및 스피커의 형태와 파워레벨은 Fig 3.과 Table 1.과 같다.



(a) 스피커의 형태



(b) 객차내 스피커의 위치



(c) 시뮬레이션에 사용된 음원의 지향특성

Fig 3. 객차내 스피커의 설치위치 및 지향특성

Table 1. 스피커의 주파수별 음향파워레벨(PWL)

주파수	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
PWL	84	92	87	88	91	98

3.3 객차내 마감재료별 흡음률

시뮬레이션을 수행하기 위해서는 AutoCAD로 모델링한 객차 도면을 음향시뮬레이션 프로그램인 Odeon으로 Import한 다음 객차내 마감재료에 따른 주파수별 흡음률을 입력해야 한다. Table 2.는 본 연구에 사용된 객차 마감재료에 따른 주파수별 흡음률이다.

Table 2. 주파수별 마감재료별 흡음률

위치	마감재료	주파수(Hz)					
		125	250	500	1,000	2,000	4,000
바닥	Rubber	0.02	0.04	0.05	0.05	0.10	0.05
벽(측·후벽)	FRP	0.02	0.02	0.04	0.06	0.06	0.06
천장	AI도장	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
유리	유리 4T	0.30	0.20	0.10	0.07	0.05	0.02
의자	스테인레스	0.02	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06
문	레자방음문	0.06	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10
좌석(승객)	좌석+ 승객	0.39	0.50	0.62	0.66	0.64	0.60

4. 음향시뮬레이션 분석

4.1 음압레벨(SPL, Sound Pressure Level)

음의 세기를 나타내는 음압레벨은 실의 형태와 내부공간의 구성에 따라 매우 중요한 의미를 갖는다. 12개의 수음점에서 주파수별 음압레벨(dB)을 파악한 결과는 Fig 4, 5와 같다.

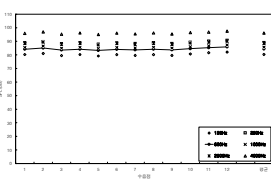


Fig 4. 좌석별, 주파수별 음압분포(dB)

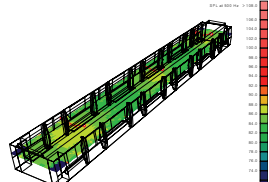


Fig 5. 바닥에서 1,200mm 위치의 주파수별 음압분포도

Fig 4, 5.를 보면 T1, T3 객차는 바닥에서 1,200mm인 경우 12개 수음점의 표준편차가 0.76~0.88dB로 나타났다. 따라서 객차내 수음점에서 음압레벨의 표준편차가 1.36dB 이내로 나타나 아주 균일한 음압분포를 보였으며 객차 내의 모든 위치에서 균일한 크기의 음량감을 느낄 수 있을 것으로 사료된다.

4.2 청감보정 음압레벨(SPL(A))

음량에 대한 대표적인 평가지수인 청감보정 음압레벨(SPL(A))은 Fig 6, 7.과 같다.

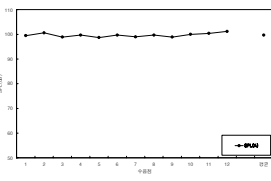


Fig 6. 좌석별, 주파수별 청감보정 음압레벨분포(SPL(A))

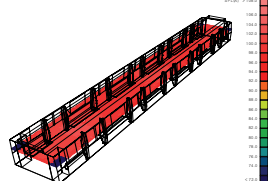


Fig 7. 바닥에서 1,200mm 위치의 주파수별 청감보정음압레벨(dB(A)) 분포도

Fig 6, 7.을 보면 바닥에서 1,200mm 위치의 표준편차가 0.77dB(A)로 나타났다. 따라서 객차내 수음점에서 청감보정 음압레벨의 표준편차가 1.1dB(A) 이내로 나타나 아주 균일한 음압분포를 보이며 객차내의 모든 위치에서 균일한 크기의 음량감을 느낄 수 있을 것으로 사료된다.

4.3 잔향시간(RT, Reverberation Time)

잔향시간은 울림의 양에 대한 가장 중요한 평가지수이며 정상 상태의 음이 60dB 감쇠하는 데까지 소요되는 시간으로 정의된다. 12개의 수음점에서 잔향시간(sec)을 파악한 결과는 Fig 8, 9.와 같다.

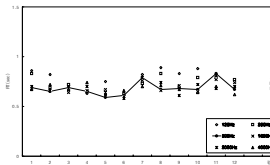


Fig 8. 좌석별, 주파수별 잔향시간(sec)

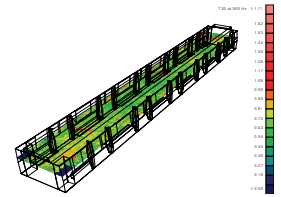


Fig 9. 바닥에서 1,200mm 위치의 주파수별 잔향시간

Fig 8, 9.를 보면 바닥에서 1,200mm인 T1, T3 객차의 경우 12개의 수음점의 평균잔향시간이 0.68~0.78초로 나타나 1초 이내의 결과를 보였다. 음성정보전달을 목적으로 하는 경우 모든 주파수 대역에서 잔향시간을 1초 이하로 설계함을 기준으로 하고 있으므로 본 객차내 잔향시간도 이러한 기준을 충분히 만족하고 있다. 따라서 객차에서 다양한 방송내용을 모든 좌석에서 명확히 이해할 수 있을 것으로 판단된다.

4.4 음성명료도(D50, Definition)

회화의 명료도에 관한 지수중 강연을 대상으로 하는 D50(Definition)은 음의 발생이 중지한 후 50ms이내의 직접음 및 초기 반사음과 총 에너지 비를 말한다. 12개의 수음점에서 음성명료도(%)를 분석한 결과는 Fig 10, 11.과 같다.

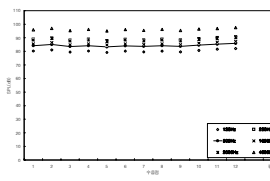


Fig 10. 좌석별, 주파수별 음성명료도(%)

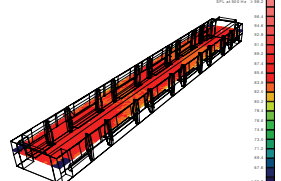


Fig 11. 바닥에서 1,200mm 위치의 주파수별 음성명료도

Fig 10, 11.에서 보면 음성명료도가 바닥에서 1200mm일 때 64.2~67.4%로 나타났다. 일반적으로 음성명료도는 연극이나 강연과 같이 음성전달이 중요하게 여겨지는 경우 55~60% 정도면 아주 우수한 것으로 평가하고 있다. 따라서 객차내 수음점에서 음성명료도가 62%이상으로 나타나 회화의 명료성이 매우 우수함을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구는 T1, T3 객차를 대상으로 컴퓨터 음향시뮬레이션을 통한 객차내 음향성능을 평가해 보았다.

물리적 음향 평가 지수인 음압레벨(SPL), 청감보정 음압레벨(SPL(A)), 잔향시간(RT), 음성명료도(D50), 음성전달지수(RASTI) 등을 살펴보면 객차 내에서 모두 만족할만한 음향상태를 유지하고 있음을 알 수 있었다. 특히 잔향시간은 음성정보전달을 목적으로 하는 경우 모든 주파수 대역에서 1초 미만으로 설계함을 기준으로 하고 있으며 본 객차내 잔향시간도 이를 만족하므로 객차내에서 다양한 방송을 모든 좌석에서 명확히 이해할 수 있는 것으로 사료된다.

따라서 본 연구대상 객차가 제안한 음향설계에 맞게 완공되어지면 추후 이와 유사한 객차의 음향특성파악에 기초자료 제공 및 음향성능을 향상 시킬 수 있을 것으로 사료된다.