

## 자기부상열차 소음 측정 및 평가

## Measurements and Evaluations of a Maglev Train Noise

김봉기†, 김현실\*, 김상렬\*

Bong-Ki Kim, Hyun-Sil Kim, and Sang-Ryul Kim

## ABSTRACT

The principal of a Maglev train is that floats on a magnetic field and is propelled by a linear induction motor. One of advantages is that it generates less noise compared to the wheel-on-rail train, because there are no wheels running along the rail. However, noises due to aero-dynamic disturbance and electrical system such as VVVF inverter and SLIM still occur. In this study, the Maglev cabin noises are measured during running and zero speed conditions. Pass-by noise measurements are performed to obtain outside noise during the operation of the train on the test tract. Data include a single microphone measurement as well as microphone array measurements. The array data are useful for sound source localization and more detailed noise reduction planning.

## 1. 서 론

일반적으로 자기부상열차의 소음레벨은 바퀴가 있는 철도차량에 비해 작은 것으로 평가되고 있으나, 전원 공급장치 등에서 발생하는 특정 주파수 성분의 소음이 귀를 거슬리게 하는 문제점이 있다.[1-3]

자기부상열차의 차량소음에 관한 연구는 크게 나누어 소음원 평가 및 저감기술, 전달경로 평가 및 성능향상 기술, 수음점(Receiver) 측정 및 평가기술로 나눌 수 있다. 소음원의 경우 자기부상열차의 주요 소음원을 고려하면

전원공급장치 등을 포함하는 전장품 소음과, 공력소음 및 공조소음으로 나눌 수 있으며, 전달경로 평가 및 성능향상 기술은 차량 내외장재의 흡차음 성능 평가 및 향상기술이 핵심이라 할 수 있다. 수음점 측정/평가 기술의 경우 자기부상열차 운행시의 실내소음 측정 및 평가와 환경소음 관점에서의 실외 주행소음 평가 및 저감기술이 필요하다고 할 수 있다.

자기부상열차의 실내 소음특성 분석 및 소음레벨을 기준으로 한 전반적인 평가와 실내소음 저감대책에 관한 연구는 시제차량(UTM-01)에 대하여 수행된 바 있으며, 주요 소음원으로 평가된 전장품의 개별 소음 특성규명과 저감대책 수립에 관한 연구가 수행된 바 있다.[4,5] 이 연구에서는 정차시 실내소음을 좌우하는 DC/DC Converter 의 소음 특성을

† 책임저자; 한국기계연구원 음향/소음팀

E-mail : bkkim@kimm.re.kr

Tel : (042) 868-7467, Fax : (042) 868-7440

. 한국기계연구원 음향/소음팀

분석하였으며, 주행시 의 주요 소음원인 LIM(Linear Induction Motor)과 VVVF Inverter 의 소음저감 방안을 연구하였다.

본 연구에서는 초기 소음 저감대책 이후 일부 변경된 UTM-01 차량의 실내소음을 계측하고 평가하였으며, 주행시 외부방사소음을 계측하였다. 또한 개선차량(UTM-02)에 대하여 마이크로폰 어레이를 이용한 Beamforming 시험을 수행하고 주요 소음 주파수 대역의 소음 발생위치를 확인하였다.

## 2. 실내 소음의 측정

실내소음의 측정은 참고문헌[6]에 따라 수행되었으며, 측정위치는 그림 1 과 같다. 측정은 에어컨 작동 유무에 따라 수행되었으며, 차량의 속도를 Notch 1~3 으로 변화하며 측정하였다. 측정결과 에어컨의 작동에 따라 3 ~7 dB 소음이 증가하며, 에어컨 작동 정지시 차량, 중앙의 소음이 차량 앞과 뒤보다는 3~4 dB 크다. 이것은 주요 소음원인 DC/DC Converter 와 VVVF Inverter 가 차량 앞뒤에 있고, 에어컨이 작동한 경우에는 에어컨이 차량 내부의 주요 소음원임을 의미한다. 한편, 그림 2 에는 에어컨 작동시 속도에 따른 스펙트럼 변화를 나타내었는데, 주행속도 증가에 의해 250, 315, 1000 Hz 의 소음이 크게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 주원인은 추진과 관련된 VVVF 및 SLIM 인 것으로 판단된다.

## 3. 실외 소음의 측정

주행소음의 경우 소음 레벨 평가를 위한 계측이 참고문헌[7]에 따라 수행되었다. 선로 중심으로부터 7.5 m, 레일 상부로부터 높이 1.2m

위치에 마이크로폰을 설치한 후 Notch 3 로 주행하며 소음레벨을 계측하였으며 그림 3 에 측정 결과를 나타내었다. 차량이 마이크로폰에 근접함에 따라 소음이 점차 증가하여 최대 69.5 dB(A)의 소음이 계측되었다. 참고로 일본의 경우 (CHUBU HSST) 시속 50 km 주행시 선로 중심에서 10 m 떨어진 지점에서 65 dB(A) 소음 계측결과가 보고되었으며[8], 독일 TRI TR08 의 경우 시속 100 km 주행시 선로 중심에서 25 m 떨어진 지점에서 75 dB(A) 소음 계측결과가 보고되었다.[9]

한편, 주요 소음원 평가 및 저감을 위한 기본데이터 확보를 위해 UTM-02 차량에 대해 마이크로폰 어레이를 이용한 소음원 탐지를 시도하였다. 측정은 48 개의 X-Shaped 어레이를 사용하였으며,(그림 4) 측정결과로부터 철도차량 표면 위치에서 그림 5 와 같은 소음 분포를 얻을 수 있었다. 이때, 측정결과는 주요 소음 주파수인 700 Hz 및 1350 Hz 에서 나타내었다. 측정결과 LIM 위치에서 소음이 크게 발생하는 것을 확인할 수 있으며 특히, 마이크로폰 어레이에 가장 근접한 LIM 에서 높은 소음이 계측되었다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 시험운행중인 자기부상열차의 실내외 소음을 측정하였다. 실내 소음의 경우 차량 속도 증가에 따른 소음레벨을 비교하였으며, 에어컨 작동에 따른 소음 변화를 계측하였다. 실외 소음의 경우 주행시 최대 소음레벨을 측정하였으며, 외부방사소음 원인 분석을 위하여 Beamforming 측정을 수행하였고 음장 가시화를 통해 주요 소음원의 위치를 확인할 수 있었다.

후 기

이 연구는 한국기계연구원 기본사업인 “ 자기 부상열차 주행성능 시뮬레이터 개발 ” 연구 결과의 일부이며, Beamforming 측정에 협조해준 (주)에스엠인스트루먼트에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] Tanaka, M., Fujino, M., and Murai, M, 1998, "The Results of Running Test of the HSST-100I Vehicle," Proceedings of the Maglev '98, Japan, pp. 62-67.

[2] Tanaka, T., and Ogata, S., 1992., "A Basic Study on a Moving Source Identification by Using the Acoustic Holography," 3rd Report, Japan Transportation Research Center, pp. 129-132.

[3] Tanaka, T., and Ogata, S., 1994, "Improvement of External Noise in Powering of Electro-Magnetically Levitated Urban Transporting System (HSST-100)," JSME 3rd Symposium on Railroad, (No.940-57), pp. 331-334.

[4] 김현실, 김재승, 강현주, 김봉기, 김상렬, “ 자기부상열차의 소음 저감,” 한국소음진동 공학회 2001 추계학술대회논문집, pp. 849-854.

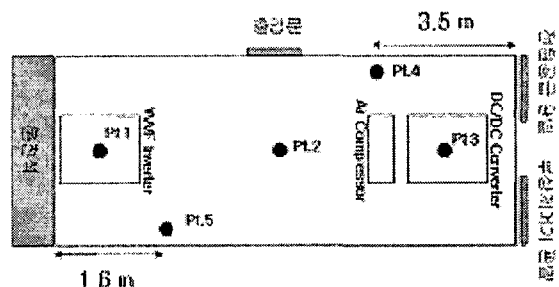
[5] “ 경량전철의 실내소음 저감 기술 연구- 자기부상열차 소음저감 연구,” 한국기계 연구원 연구보고서, 2001.

[6] KS A ISO 3381 "음향학 - 철도 차량의 실내 소음 측정" (2003)

[7] KS A ISO 3095 “ 음향학 - 철도 차량에 의한 방사 소음 측정 (2003)”

[8] 자기부상식 도로교통 시스템(HSST-100)의 주행소음 개선대책 효과, 일본기계학회 제 3 회 교통/물류부문 대강연논문집 (No. 940-57), 331-334, 1994.

[9] Noise Characteristics of the Transpoid TR08 Maglev System, U. S. Department of Transportation, 2002.



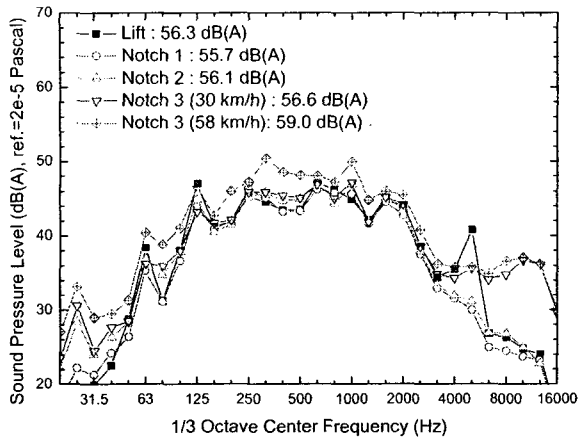
Pt.1~3은 높이 1.6m  
Pt.4, 5는 있는 자리 높이 1.2 m  
그림 1. 실내소음 측정 위치.

표 1. 주행 속도별 실내소음 레벨(A/C OFF).

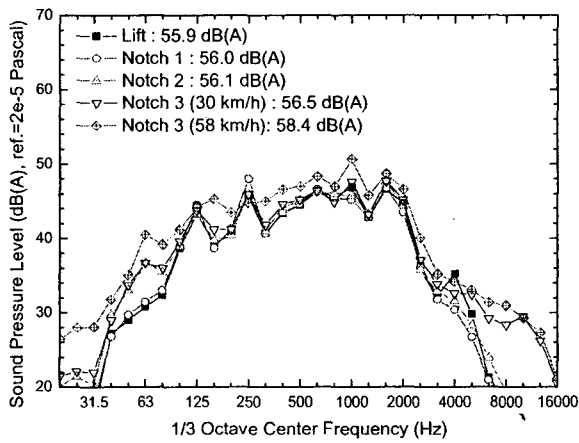
측정 위치	정지/부상	Notch1	Notch2	Notch3 (20~30 km/h)	Notch3 (47~58 km/h)
pt1	52.9	52.5	52.8	55.0	57.5
pt2	49.1	48.5	50.2	52.7	55.7
pt3	51.6	53.1	53.5	54.6	56.1
pt4	50.4	49.4	50.8	-	56.6
pt5	51.9	51.0	52.1	-	56.8

표 2. 주행 속도별 실내소음 레벨(A/C ON)

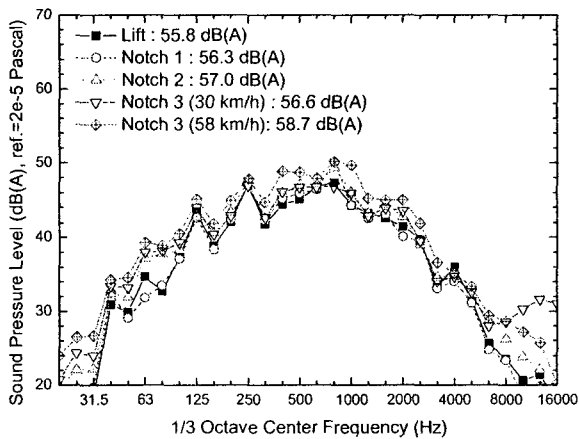
측정 위치	정지/부상	Notch1	Notch2	Notch3 (20~30 km/h)	Notch3 (47~58 km/h)
pt1	56.3	55.7	56.1	56.6	59.0
pt2	55.9	56.0	56.1	56.5	58.4
pt3	55.8	56.3	57.0	56.6	58.7
pt4	56.7	56.7	57.3	-	60.0
pt5	57.5	57.0	57.7	-	59.7



(a)



(b)



(c)

그림. 2 주행 속도별 실내소음 변화(A/C ON). (a) Pt.1, (b) Pt.2, (c) Pt.3

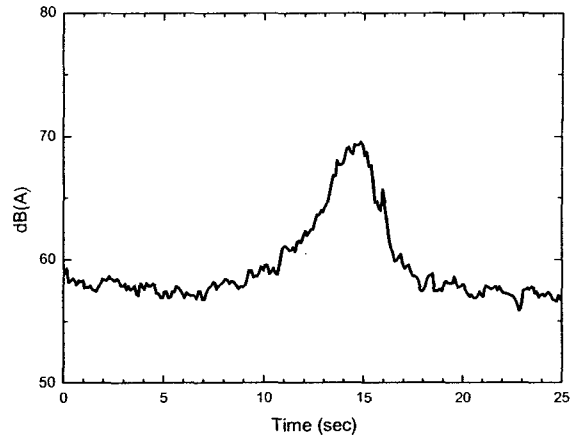


그림 3. Notch 3 (32.5 km/h) 주행시 살외 소음 레벨 (거리는 트랙 중앙에서 7.5 m, 높이는 레일 윗면에서 1.5 m)

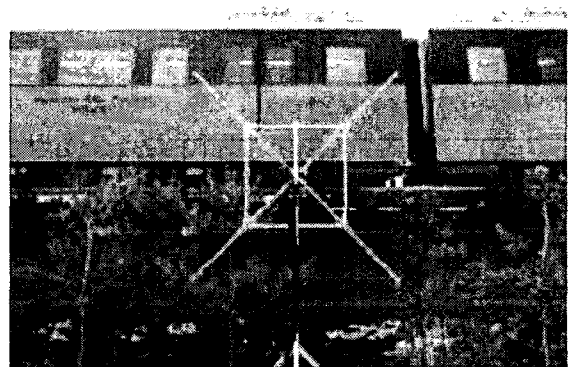
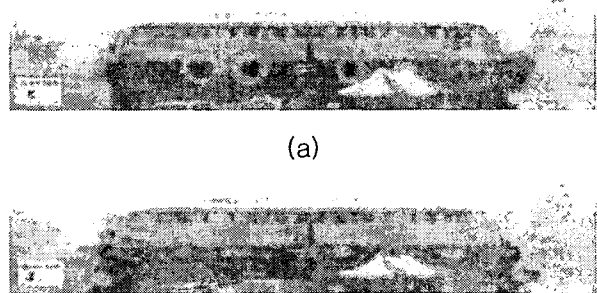


그림 4. 마이크로폰 어레이를 이용한 주행 소음 측정 모습(X-shaped Array, 28 Channel)



(a)



(b)

그림 5. 16 km/h 주행시 방사 소음. (a) 700 Hz, (b) 1350 Hz