

# 이동 철도차량 하부 소음 가시화 기술 적용에 관한 연구

## Study on the Application of Sound Map to the Condition Monitoring of Railway Vehicles

고효인\* · 유원희\* · 이태희\*\*

Hyo-In Koh, Won-Hee You and Taehwi Lee

### 1. 서 론

철도의 운행 중 이상소음이 발생한다는 차내 승객으로부터의 민원이 제기되어 그 위치와 원인을 규명해야 하거나, 검수 시에 육안으로 검사를 해야 하는 등 철도차량의 하부는 종합적인 기기류의 집합체이므로, 비접촉식으로 상태 모니터링과 이상 위치추적을 자동으로 수행하고, 데이터베이스화 하는 시스템이 유용하다. 철도 운행 중 발생하는 이상소음이 귀에 들리는 것은 주로 다른 소음보다 소리의 레벨이 크거나, 특정주파수 밴드의 성분으로 방사되거나 충격음인 경우이다. 협대역주파수 밴드에 국한되어 나타나는 소음이나 여러 개의 협대역 주파수로 분리 가능한 충격음의 경우 이동프레임음향홀로그래피 방법과 각 주파수 대역의 홀로그래피의 평균을 취하여 소음원의 위치를 찾는 방법을 적용할 수 있다 [1][2]. 다만 마이크로폰 어레이를 이동 열차 근접 하부에 설치하는 경우 하부에서 방사되는 소음보다 열차의 측면이나 상부 등에서 더 높은 레벨의 소음이 방사되거나, 레일의 이음매 등이 존재하는 경우에는 소음원의 위치규명에 대한 정확성이 저하되거나 하부에 설치한 마이크로폰 어레이 이외에 추가적인 측정이 필요할 수도 있다 (Figure 1).

따라서 본 연구에서는 이동하는 열차의 하부기기류의 정확한 소음원을 규명하거나, 미세한 결함을 탐지하는 목적이 아니라, 검수가 바로 정상적으로 이루어진 열차의 하부에 대한 기준 소음분포와 소음

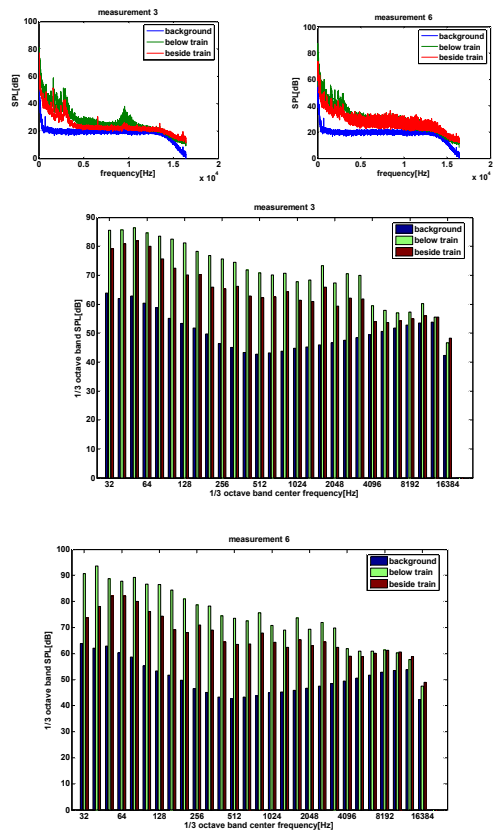


Figure 1. Sound pressure levels of the EMU vehicles at different measurement positions (below the vehicle, beside the vehicle)

† 교신저자; 정회원, 한국철도기술연구원  
E-mail : hikoh@krri.re.kr  
Tel : 031 460 5207, Fax : 031 460 5279  
\* 한국철도기술연구원  
\*\* (주)사이로직

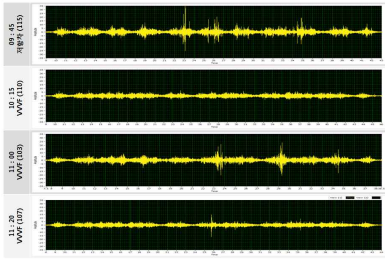


Figure 2. Sound pressure signal of the EMU vehicles

도의 범위를 도출하고자 하는 것을 주된 목적으로 두었다. Figure 2에서 나타난 바와 같이 같은 유형의 차량이 동일한 특정 선로구간을 통과한다고 할지라도 그 통과 및 하부기기류 방사소음의 특성이 모두 다르다. 따라서 동일한 선로구간을 통과하는 차량 편성별로 기준 소음지도 DB를 구축하거나 데이터가 충분히 많이 쌓이게 되면 더 나아가 같은 유형의 차량에 대한 기준 DB 범위를 고려해 볼 수도 있다. 본 과제에서는 마이크로폰 어레이 측정시스템 및 기 보유한 몇 가지 서로 다른 유형의 소음원 위치 규명 분석 알고리즘을 활용하여 열차, 선로 유형별로 이동차량 하부의 소음지도를 구축하는 데에 있어서의 기술적인 문제점과 활용 가능성을 위한 방향성을 도출하고자 하였다. 또한 음향전문가가 아닌, 철도 운영 현장에서도 사용 가능하도록 마이크로폰 어레이를 이용하여 이동하는 차량의 하부 소음을 측정하고, 분석하고, 하부의 소음분포 지도를 구축하여 유지보수 데이터를 관리할 수 있도록 통합 S/W GUI를 제작하였다.

## 2. 이동열차의 차량하부 소음지도 구축

### 2.1 현장측정 개요

Figure 3에는 현장측정시스템의 개요를 나타내었다. 두 개의 선형 마이크로폰 어레이가 선로의 침목과 침목 사이에 부설되었으며, 각각 송신부와 수신부로 구성된 광센서를 이용하여 차량의 진입시간과 속도를 계산하였다. 4Y 차량검수과정을 앞둔 열차와 4Y 검수를 바로 마친 열차에 대한 하부소음을 측정하고 소음지도를 구축하였다.

### 2.2 측정, 관리 통합 프로그램

Figure 4는 본 과제를 통하여 제작된, 이동차량의 하부기기류 소음지도를 구축하기 위한 측정, 분석, 소음지도 작성, 데이터 관리 기능을 모두 포함하는 통합 프로그램을 나타낸다.

### 2.3 측정결과

Figure 5에는 VVF 유형 전동차 측정 결과의 예를 제시하였다. 4Y 검수 전과 검수후의 음압레벨의 변화, 각 분석 주파수 대역에 대하여 평균한 차량별 하부에 대한 소음분포 가시화 지도, 주파수 대역별 소음지도를 도출, 분석할 수 있다. 열차 전량이 통과하는 동안의 측정된 음압신호를 나타낸 Figure 5의 위의 그림은 차량의 검수 후에는 높은 레벨의 피크부분이 완화되었거나 거의 사라졌음을 볼 수 있고, 전반적으로 음압레벨이 저감된 결과를 관찰할 수 있다. 열차의 차량 별 하부영역 소음분포는 100Hz에서 1000Hz 까지 평균된 값이며, 예시로 2,3,4,10 번 차량에 대한 결과를 나타내었다. 검수전과 검수 후에 전반적으로 하부에서 방사되는 소음이 감소하였으며, 개별 주파수 밴드 대역별, 세부 위치별로는 검수후의 차량에서 방사되는 음압이 높아진 경우도, 많지는 않지만, 볼 수 있었다.

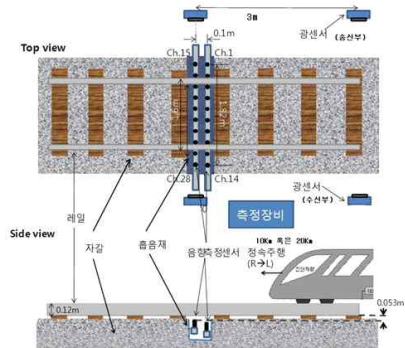


Figure 3. Measurement setup for the noise map production of the under part of the rolling stocks

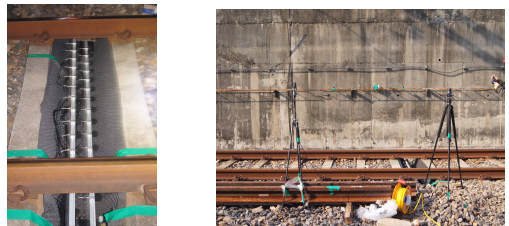


Figure 3. Measurement setup for the noise map production of the under part of the rolling stocks

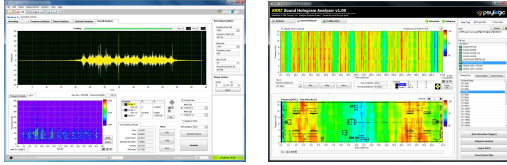


Figure 4. S/W program for the sound pressure measurement, analysis and noise map production

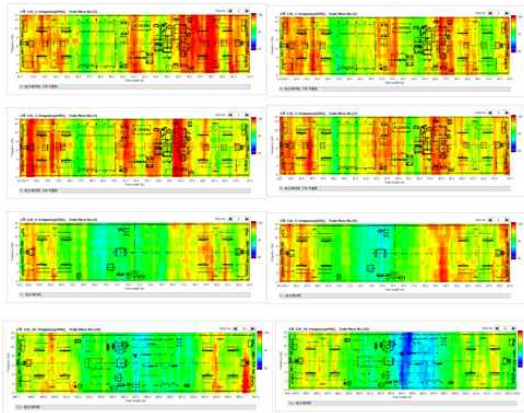
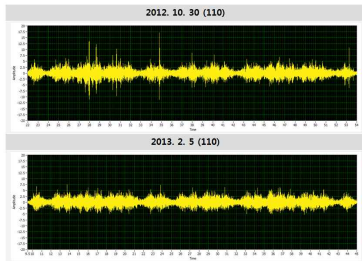


Figure 5. Sound pressure of the under part of the EMU rolling stock traveling at the speed of 20km/h, before(left) and after(right) 4Y maintenance (Car No. 2,3,4,10)

### 3. 결 론

철도의 운영 현장에서 이러한 기술을 활용하기 위하여 미세한 결함을 찾는 것을 목표로 한다기보다는 동일차량에 대한 다양한 조건에서의 데이터베이스를 구축하여 검수가 성공적으로 완료된 차량에 대한 정상적인 소음지도와 비교하여 운행 중인 차량의 이상여부나 이상소음의 위치 등을 구분해 내는 데에 목표를 두는 것이 합리적으로 판단된다.

본 연구기간 동안 동일차량에 대하여 검수 전 후의 소음측정을 수행하는 것은 운영처의 검수 일정상 용이하지 않아서 향후 다수의 데이터 구축을 하는 것이 필요하다. 운영처 현장에서 이와 같은 업무를 수행하게 하도록 위하여 본 과제에서는 마이크로폰 어레이를 이용한 주향차량 방사음향 측정, 철도차량 주행 시 이상소음 위치구명 및 특성분석을 통한 진단, 철도 기기류 소음지도 작성을 통한 상태진단 및 점검 및 소음 DB 관리 기능의 통합 GUI 프로그램을 개발하게 되었다.

### 후 기

본 과제는 지식경제부 연구개발 사업인 “철도차량 하부 핵심부품 무분해 비파괴 진단시스템 구축 및 검증 기술 개발” 과제의 일환으로 수행되었으며, 현장시험을 위한 모든 여건 제공과 차량 관련 기술적 협의로 협조해 주신 ‘서울메트로 기술연구원’에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- (1) Jeon, J. H., Park, C. S., Kim, Y. H., Koh, H. I., You, W.H., Bearing Faults Localization of a Moving Vehicle by Using a Moving Frame Acoustic Holography, Transaction of the Korean Society for Noise and vibration Engineering, v.19, no.8, 2009, pp.816~827
- (2) Koh, H. I., You, W. H., Rail vehicle noise source identification using moving frame acoustical holography, Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design, Volume 118, 2012, pp.555~562