

소음 발생원을 고려한 철도 소음진동 데이터 수집 시스템 설계 및 구현

이현준*, 손성완*, 이경오**

*알엠에스테크놀로지(주)

**선문대학교 컴퓨터공학과

e-mail: rmstech@rmstech.co.kr, leeko@sunmoon.ac.kr**

Design and implementation of railway noise and vibration data acquisition system considering noise source

Hyun-Jun Lee*, Sung-Wan Son**, Kyoung-Oh Lee*

*RMS Technology

**Dept of Computer Engineering, Sunmoon University

요 약

철도로 인한 소음 문제는 최근 국민의 정온한 환경에 대한 권리의식 증대와 삶의 질에 대한 높은 관심으로 철도 소음에 대한 민원이 급증하여 지역 갈등을 초래하고 막대한 사회적 비용 부담으로 철도 산업을 저해하는 요소이다. 이에 따라, 철로 부근의 진동 및 소음에 대한 모니터링 시스템의 필요성이 증대되고 있으나, 레일의 조도상태 및 방진재 사양 등 철도진동소음에 영향을 주는 인자를 충분히 포함하지 못하고 있으며, 측정 및 분석 데이터의 체계적인 관리, 축적 구조를 갖지 못하는 문제가 있다. 또한, 연구기관의 인위적인 데이터 양식의 사용으로 실용적이고 개방적인 구조를 갖추지 못해 실제 엔지니어링 현장에서 활용하기 어렵다. 이에, 본 논문에서는 실제 엔지니어들이 현장에서 취득하는 정보를 체계적이고 지속가능한 형태로 데이터베이스화 하는 일체의 시스템 구축에 대해 논한다.

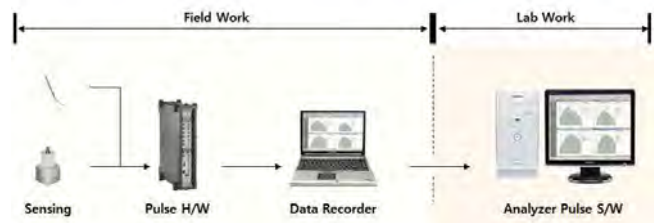
1. 서론

철도 운행으로 인해 발생하는 주변 구조물에서의 진동 및 구조소음의 신뢰성 있는 평가를 위해서는 차륜과 궤도의 상호작용으로 발생하는 동적하중, 진동 전달 매체인 지반 및 구조물의 동적 특성 등을 포함하는 매우 복잡한 동적 응답 모델이 요구되어 순수한 해석적인 방법으로는 신뢰성 있는 평가가 이루어지기 힘들다[1]. 또한, 최근 철도의 도심통과 구간이나 선하역사 건설이 증가하고 있다. 또한, 철도 노선 주변에 진동에 민감한 초정밀 산업단지 등이 위치하고 있어 초정밀장비의 정상적인 운영과 궤도 주변 구조물의 민원 방지 등의 문제를 해결해야 한다. 이에 따라, 철도 운행으로 인해 발생하는 주변 구조물에서의 진동 및 구조소음을 정량적으로 평가할 수 있는 기술 개발의 필요성이 절실해 지고 있으며, 이를 위해 신뢰성 있는 철도 진동 소음 평가에 기초적인 자료인 열도차량 종류, 궤도 종류, 지반 특성에 따른 진동소음 실측 데이터베이스 구축 및 검색엔진 개발의 필요성이 증대되고 있다 [2].

2. 연구필요성 및 최근연구

현재도 철도 집중 민원 지역에 대한 주기적인 소음 모니터링이 이루어지고 있으며 그 결과는 국가 소음정보 시스

템(<http://www.noiseinfo.or.kr>)을 통해 공개되고 있다. 하지만, 지금까지는 레일조도상태 또는 방진재 사양 등 철도 진동 소음진동에 영향을 주는 소음원에 대한 인자를 충분히 반영한 기술적인 정보는 제공하지 않고 있다. 또한, 연구의 필요성에 의해 작성된 기존 데이터베이스는 지속적인 관리, 축적 구조를 갖지 못하고 있다[3]. 또한, 실제 엔지니어링 현장에서는 사용하기엔 환경영향에 대한 고려가 없어 상용적·개방적이지 못하다. 진동 측정 데이터는 시간에 따른 진동 변위(m, cm, mm, um)와 단위 시간당 변위 변화량인 속도(m/s, cm/s = kine), 단위 시간당 속도 변화량(m/s², cm/s²=gal)로 나타내고, 실험적 방법으로 진동량을 측정하여 평가 하며 변위, 속도 센서도 사용가능하나 보통 가속도 센서를 이용한다.



(그림 1) 측정방법

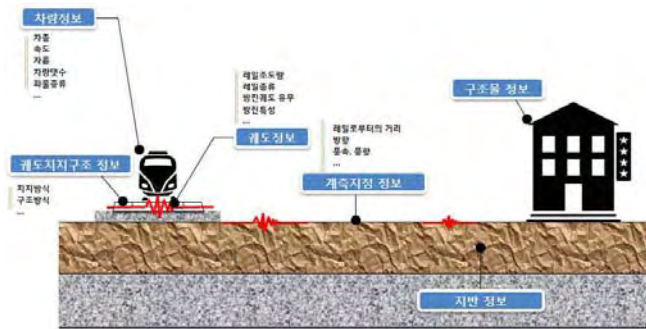
일반적인 진동 측정 방법은 그림 1에서 보는 바와 같이, 필드에서 측정을 한 뒤, 저장된 측정 파일을 랩에서 분석하는 과정을 거친다. 측정 데이터는 DSA(Dynamic Signal

Analyzer)를 이용하여 수집 및 분석을 하고, Fourier Transform을 이용하여 Time Domain Data를 Frequency Data로 변환한다. 이 변환 데이터를 용도에 따라 Auto Spectrum, Power Spectrum, Cross Spectrum 등으로 나타내야 한다. 이 때 사용하는 값은 평가 방법 및 기준에 따라 Narrow Band, Octave Band, Peak Value, RMS Value 등을 이용한다. 이러한 데이터는 진동과 소음의 하지만, 철도 진동에 영향을 주는 진동 영향성 인자들의 경우에는 기존 측정 시스템으로는 저장할 수 있는 방법이 없으며, 현장의 상황을 따로 적어 실험실에 돌아와 다시 입력해야 하는 번거로움과 체계화된 데이터의 정립이 되어 있지 않은 문제가 있다.

3. 철도진동 영향성 인자 분석

<표 1> 철도 진동 영향성 인자 분류

분류 1	분류 2	설명
차량	차량종류	차량의 종류 : KTX, 새마을, 무궁화, 전철, 지하철, 경전철..
	차량속도	기본적으로 Km/h 로 표시. (Speed Gun 이용 측정값)
	차량갯수	기관차량을 포함한 총 객차 갯수
	차륜	철재, 탄성차륜 등..
	운행조건	편도, 교행
궤도	궤도종류	무진동궤도, 방진체결궤도, 방진침목궤도, 방진슬라브궤도...
	레일조도량	레일조도 Data
	레일방식	일반레일, 장대레일...
궤도지지구조	궤도방식	자갈베일러스트, 콘크리트...
	구조방식	토목구간-평지, 돌기, 각기 교량구간-강교, 콘크리트교, 강합성교 터널구간-지상, 지하개착, 지하터널..
전파지반		지반 타입관리, 지반종류 - 매립토, 퇴적토, 퇴적암, 연암...
수진구조물	RC조	구조물의 구조 타입 기계
	SS조	

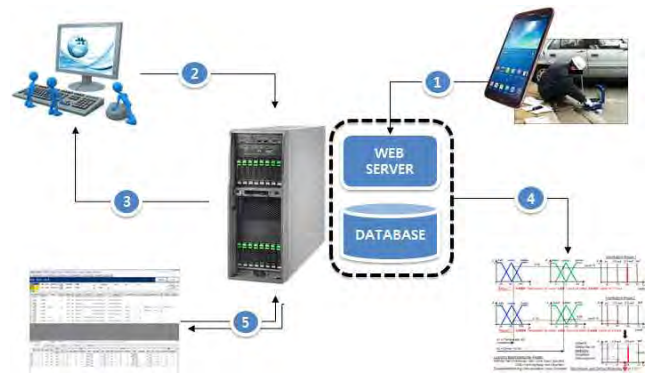


(그림 2) 철도진동 영향성 인자 위치

도심철도 대부분의 소음에 대한 민원은 진동에 의한 구조 소음 문제이다. 철도진동에 영향을 미치는 인자들은 <표.1> 에서 보는 바와 같으며, 철도 진동에 대해 영향을 미치는 요소들을 파악하기 위해 복잡한 전달 구조를 간략화 하면 “차량 → 궤도 → 궤도지지구조 → 전파지반 → 수진구조물” 로 나타낼 수 있다[3]. 그림 2는 철도진동

영향성 인자들의 실제 위치를 나타내고 있다. 그림에서 나타내고 있는 상황을 철도진동 전파 분석을 위한 하나의 SITE로 가정하면, 측정 지점 M의 위치에 따라 영향을 주는 인자들이 변경됨을 유추할 수 있다. 차량 및 궤도, 레일지지 구조는 하나의 SITE에서 변하지 않는 정보. 즉, 환경 요소로 볼 수 있으며, 측정 지점에 따라 전파지반과 가진원으로 부터 거리 및 수진 구조물의 데이터 형태가 달라지게 된다. 즉, 측정 위치에 따라 진동이 전파되는 매체의 종류와 거리에 따른 진동 감쇄율이 변경되므로, 하나의 SITE내에서도 진동 전파 매질이 달라진다[4]. 이는 측정 데이터가 포함해야 할 데이터가 단순한 Time Domain의 Amplitude가 아닌 환경변수를 포함한 다양하고 복잡한 양상을 띠고 있음을 뜻한다.

4. 철도 소음진동 수집 시스템



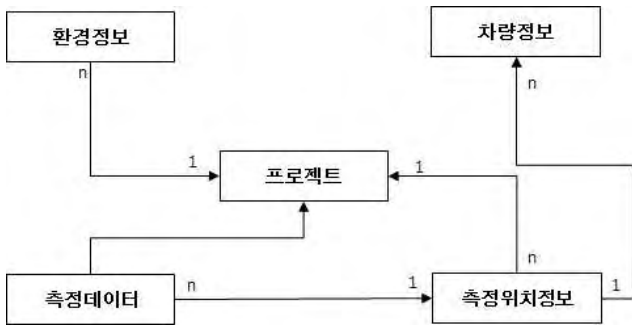
(그림 3) 시스템 개요

<표 2> 시스템 설명

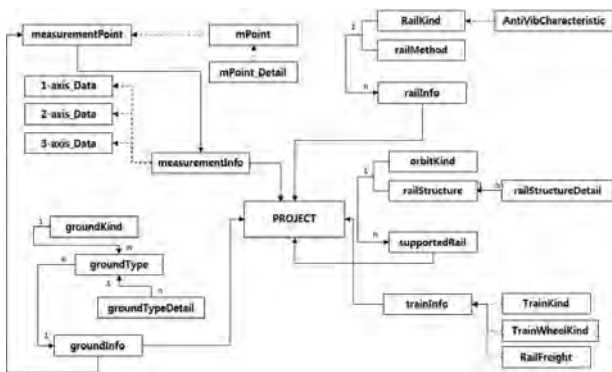
번호	설명
1	측정 환경 변수, 기본 사항 현장 입력
2	계측 및 분석 후, WEB을 통해 데이터 입력
3	검색 키워드에 따라 , Data Searching 후 VIEW제공
4	DATA correlation & comparison Algorithm 적용
5	Geographical Information Management

본 논문에서 개발하는 시스템은 그림 3과 표2에서 나타내는 바와 같이, 철도 진동을 측정에 영향을 주는 인자들과 측정 데이터를 데이터베이스화 하여, 데이터 조작 및 평가 알고리즘을 통한 환경 영향성 평가를 그 목적으로 한다. 실제 업무에서는 Field와 Lab에서의 역할이 분명하게 분리되므로, 현장에서는 활동성을 고려하여 Mobile 및 WEB을 통한 인터페이스 구조를 갖고 측정 데이터 및 진동 영향 인자들을 포괄적으로 포함하는 구조로 설계해야 한다. 그림 4는 데이터베이스 설계를 위한 전체 데이터를 추상화(Abstraction) 한 결과이다. 추상화된 데이터에 따라, “측정”이라는 행위 자체를 하나의 프로젝트로 설정하고, 전체 데이터는 각각의 프로젝트를 기반으로 구성되며,

환경정보, 차량정보, 계측위치정보, 측정데이터로 구분하여 저장 및 이용된다.



(그림 4) 데이터 추상화



(그림 5) 데이터베이스 테이블 관계

그림 5는 각각의 데이터 객체들의 관계에 따라 설계된 전체 데이터베이스 구조를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이, 각각의 모듈은 프로젝트의 기본키(Primary Key)를 통해 각각의 관계(Relation)를 맺고 있으며, 데이터 구조의 유연성을 위해 현재는 각 테이블에 정의한 외래키(Foreign Key)로 관계를 유지한다. 각 모듈을 나타내는 데이터들은 기본 데이터들과의 관계로 나타내며, 이를 위해, 그림 6과 같이 데이터베이스 입력 데이터 관리 모듈을 구축하였다.



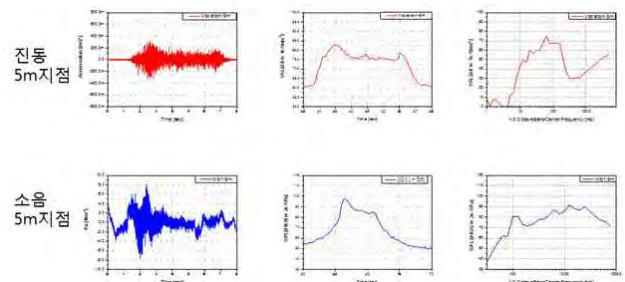
(그림 6) 모바일 디바이스에서 실행한 입력모듈

5. 실측 데이터 수집

실측 데이터 측정을 위해 민원 발생 지역 및 민원 발생 예상지역을 중심으로 실측을 진행하였으며 측정에 소요된 장비는 아래 표 3과 같으며 소음계측 범위는 1/3-Octave Band 기준으로 31.5Hz ~ 8kHz 이며, 진동 가속도 계측 범위는 1Hz ~ 1kHz이고, Sampling Time은 0.1s 간격으로 하였다. 측정된 데이터는 그림 7과 같이 분석하여 데이터베이스에 입력한다.

<표 4> 계측 장비 목록

Item	Model	Maker
Accelerometer	393B31	PCB
MicroPhone	378B02	PCB
FFT Analyzer	Pulse 3560C	B&K
wind vane and anemometer	4500	Kestel



(그림 7) 철도 진동소음 데이터 분석

6. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 철도진동소음 영향성 인자를 기준으로 분류된 통계적 데이터베이스 확보하였고 이로 말미암아 철도 소음진동 민원집중지역 실측 데이터 확보로 민원해결 방안을 마련할 수 있도록 지원이 가능하게 되었으며, 철도 진동 영향성 평가 기준에 대한 데이터를 확보할 수 있었다. 향후, 구축된 데이터베이스와 시스템을 이용하여 철도 소음진동 관련자들의 이용을 활성화하기 위해 GUI 기반 검색엔진 및 데이터베이스 접근 시스템 구축에 대한 보완을 하고, 철도 역사 구조물 데이터베이스와의 통합을 위한 공용 라이브러리 개발로 전문가 시스템 개발을 위한 기반을 마련한다.

참고문헌

[1] In Sun Park, 2005, "A Study on the Assessment Method of Noise Exposure Population Using the Over-ride Value Noise Map", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol. 15, No. 7, pp. 859~864.

[2] C. Y. Seo, 2010, "Analysis of Railway Noise Prediction Models", Transactions of the Korean Society

for Noise and Vibration Engineering., Vol, 1, pp. 756-757

[3] M. C. Shin, et al. 2005, "Measurement, Analysis on the Noise of the "Semaui" Train And Development of Interface Program for Database.", Seminar Material of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering., 2005, pp.35-38.

[3] Kuppelwieser, H., and A. Ziegler. 1996, "A tool for predicting vibration and structure-borne noise immissions caused by railways." Journal of Sound and Vibration 193.1 : 261-267.

[4] H.S. Kim, C.H. Lee, K.E. Kim, K.C. Lee, et al., 2008 A Study on Noise Characteristics in the Running Train of the Urban Railway, Journal of the Korean Society for Railway, pp. 93-99

본 논문은 국토해양부 철도기술연구사업의 “**철도 선로변 지속가능 저소음화 기술개발**” 과제의 일환으로 작성 되었습니다.