

# 철도 교량에서의 위험 요소 분류와 실시간 스트림 데이터 처리 시스템 구현

유송수\*, 오염덕<sup>o</sup>

\*한국교통대학교 소프트웨어학과,

<sup>o</sup>한국교통대학교 소프트웨어학과

e-mail: songso0703@gmail.com\*, rdoh@ut.ac.kr<sup>o</sup>

## Implementation of Real-time Stream Data Processing System and Classification of Risk Factor on Railway Bridges

Song-su You\*, Ryumduck Oh<sup>o</sup>

\*Dept. of Software, Korea National University of Transportation,

<sup>o</sup>Dept. of Software, Korea National University of Transportation

### ● 요약 ●

본 논문에서는 철도 교량 운행 상황을 가정하는 모형 철도를 사용하여 실제 철도 교량에서 발생할 수 있는 소음, 진동 등 위험 요소로 분류될 수 있는 데이터들을 수집하고 수집된 데이터들을 활용하여 실시간으로 위험 요소로부터 발생할 수 있는 위험 상황들을 분류하고 적절한 조치들을 상황에 맞게 취할 수 있도록 한다.

**키워드:** Railway Bridge(철도 교량), Vibration(진동), Noise(소음), Real-time processing(실시간 처리)

### I. Introduction

철도에서의 열차가 운행될 때에 다양한 환경을 지나가게 되는데 이 때 교량에서 주행 중 발생할 수 있는 다양한 요소들은 차량에게 위험이 될 수 있어 이와 관련된 데이터들을 수집하고 가공하는 것은 차량에게 발생할 수 있는 위험 상황을 미리 예방하거나 대응할 수 있는 시간을 더 마련할 수 있을 것이다. 따라서 실시간으로 교량 위에서 발생하는 각종 요소에 관한 데이터를 수집하고 이를 수치화하여 위험 요소가 될 수 있는 수치에 근접할 경우 운행자나 영향을 받을 수 있는 지역에게도 요소에 대응할 수 있는 적합한 행동을 취할 수 있도록 한다

본 논문에서는 교량에서의 열차 운행이 마주할 수 있는 다양한 요소들을 탐색하고 이 중 어떠한 요소들이 위험 요소인지 분류하고 그 위험 요소들이 어느정도 수치화 될 수 있는지를 탐색한 후, 위험이 될 수 있는 값의 기준을 탐색하였다. 그리고 실제 열차에서의 데이터 수집 전 열차 모형과 이두이노 센서를 통해 모형을 운행하면서 센서에서 받아들이는 데이터를 바탕으로 실시간 스트림 데이터 처리 시스템을 구현하였다.

### II. Related works

기존 국내에서는 교량 위 열차가 마주할 수 있는 상황에 대한 연구가 다각도로 이루어졌는데 그 중 소음과 진동에 관한 연구가 많이 진행되었으며 쉽게 찾아 볼 수 있다.[1] 특히 열차에서 발생하는 다양한 소음들은 지속적으로 노출될 경우 소음성 난청 발생 가능성이 매우 높아진다는 점이 연구를 통하여 확인되었다.[2] 또한 차량에서 지속적으로 진동이 크게 발생할 경우 기내의 승객의 한계 진동량에 도달하는 시간이 짧아져 인체에 어떠한 영향이 미치는지도 연구되었다.[3] 그리고 일반적인 운행 상황이 아닌 철도 교량에서는 소음특성이 변화되고 이에 따른 소음 발생이 차이가 있으므로 이에 따라 교량에서의 소음, 진동에 대한 처리도 분류되어 연구되어야 한다.[4] 따라서 본 논문에서는 모형 교량에서 발생하는 소음, 진동데이터를 이두이노 센서와 연계하여 센싱하고 이를 위험 상황 분석과 매칭 및 분류, 적합한 액션을 적용한다.

### III. Implementation of Realtime Rail Stream Data Processing System

#### 1. 위험 요소의 한계값

먼저 열차에서 발생하는 소음, 진동은 관련 법에 의해서 적절한 수치가 정해져있다.[5]

교통소음·진동의 관리기준(제25조 관련)  
2. 철도

대상지역	구분	한도	
		주간 (06:00 ~ 22:00)	야간 (22:00 ~ 06:00)
가. 주거지역, 녹지지역, 보전관리지역, 관리지역 중 취락지구·주거개발진흥지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 학교·병원·공공도서관 및 입소규모 100명 이상의 노인의료복지시설·영유아보육시설의 부지 경계선으로부터 50미터 이내 지역	소음 (Leq dB (A))	70	60
	진동 (dB(V))	65	60
나. 상업지역, 공업지역, 농림지역, 관리지역 중 산업·유통개발진흥지구 및 관리지역 중 가목에 포함되지 않는 그 밖의 지역, 미고시지역	소음 (Leq dB (A))	75	65
	진동 (dB(V))	70	65

Fig. 1. 소음진동관리법

따라서 이러한 수치들을 위험 한계선으로 지정하고 철도 교량에서 발생하는 소음, 진동들이 센서에서 받아들인 결과가 이를 초과할 경우 위험 상황으로 분류, 적절한 액션을 취할 수 있도록 사용자에게 어플리케이션 형태로 제공하는 시스템을 설계한다.

## 2. 전체 시스템 설계

진동, 소음, 위험 상황 감지를 위해서 센서로부터 실시간으로 스트림 데이터를 센싱하고 처리하기 위한 절차는 Fig. 2와 같다.

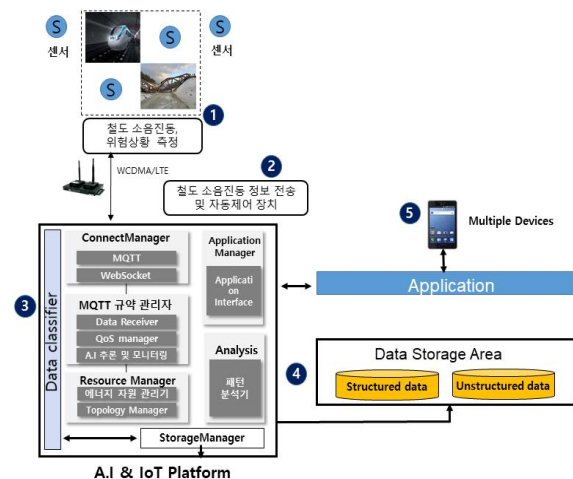


Fig. 2. Railway 상에서 센싱처리를 위한 전체 시스템 구성

먼저 운행중인 철도에 위험 요소로 분류한 인자들을 감지할 수 있는 센서들을 설치한다. 본 논문에서는 소음과 진동을 위험 요소로 분류, 소음과 진동을 감지할 수 있는 센서들을 다룬다. 이후 센서에서 감지된 데이터들은 전송을 위한 유선환경 혹은 무선환경을 통해

데이터 처리 플랫폼으로 들어오게 된다. 이 플랫폼으로 받아들여진 데이터는 플랫폼 내의 분류기와 연결을 위한 연결 관리기 (ConnectManager), 패턴 분석을 위한 Analysis등 다양한 모듈을 통해서 데이터들이 정제되고 분석된다. 그리고 처리된 결과와 이전 입력값들은 모두 데이터 베이스를 이용한 저장공간에 저장되게 된다. 이 데이터들은 이후 센서 데이터들의 동향등 다양한 목적을 위해서 저장되는 것이다. 플랫폼에서 얻은 데이터 분석 결과와 데이터 베이스에 저장된 데이터들은 사용자의 어플리케이션과 연계, 어플리케이션에서 해당 데이터를 받고 위험 상황을 분류, 사용자에게 필요한 정보를 제공할 수 있도록 한다.

본 논문에서는 시스템을 구현하기 위해 먼저 모형 철도 환경을 제작한다. 모형 철도는 HO scale이며 교량 주변에 이두이노 센서를 설치하여 모형 교량 주변에서 발생하는 소음과 진동을 측정할 수 있도록 한다.

모형 열차는 DCC 컨트롤러를 통해서 경적등 소음을 발생시킬 수 있으며 이를 소음이 발생한 상황으로 설정하고 전체 환경을 구축하도록 한다.



Fig. 3. railway상 교량에서의 센싱데이터 처리

Fig. 3 에서의 빨간 선으로 강조되어있는 부분이 열차 모형에서 교량을 구현한 모습으로 해당 부분에서 DCC 컨트롤러를 이용하여 모형 열차를 작동시킨 다음 발생하는 소음, 진동데이터들을 수집하게 된다. 이후 모형에 설치된 이두이노 소리 센서와 진동 센서를 이용해 모형에서 발생하는 소리와 진동데이터들을 받아들일 수 있도록 하고 받아들인 데이터들은 Oracle 18c 데이터베이스에 삽입하고 데이터베이스에 삽입한 값들을 웹브라우저에 표시될 수 있도록 하여 사용자가 확인할 수 있도록 한다.

## 3. 데이터 처리 구조

이두이노 센서들로부터 발생하는 실시간 스트림 데이터들은 Oracle 18c 데이터베이스에 삽입과정을 거친다. 이 때 데이터베이스

의 구조는 센서 데이터들의 손실을 최소화 하고 수집한 데이터들의 정보를 저장하기 위해서 총 3개의 테이블로 나누어서 저장하게 된다.[6] 3개 테이블 각각의 역할은 다음과 같다.

(1). Table A : 각 센서에서 발생하는 스트림 데이터들을 가장 먼저 저장하는 테이블이다. 센서들의 식별자를 기준으로 데이터들을 정리해서 삽입하게 된다

(2). Table B : 테이블 A의 데이터를 그룹함수를 통해 종합하고 사용자가 볼 수 있는 형태로 데이터를 구성하여 웹 브라우저로 보낼 수 있도록 한다

(3). Table C : 테이블 B의 데이터 중 위험 수치 이상으로 기록되는 데이터일 경우 테이블 C로 복사하여 기록하고 웹브라우저로 보낼 수 있도록 한다.

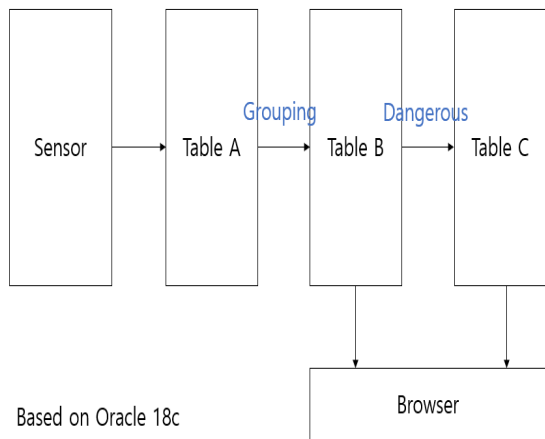


Fig. 4. 데이터베이스 연동구조

#### 4. 사용자 어플리케이션 구현

Table B와 Table C에 저장되는 데이터들은 사용자에게 표시되기 위해서 브라우저에 표시될 수 있는 웹 어플리케이션 형태로 제공된다.

Sensor ID	Noise (dB)	Vibration (VdB)	Status	Notice
1	65	70	Good	Done
2	65	65	Good	Done
3	67	91	Bad	Warning Vibration

Fig. 5. 센서 감지 데이터 표시

사용자에게 표시되는 정보는 각 센서의 ID, 소음 값, 진동 값이며 이를 바탕으로 현재 상태를 분류하여 표시한다. 이 때 실시간으로 데이터베이스에 센서로부터 새로운 데이터가 삽입 될 경우에도 사용자에게 알리기 위해 웹 소켓( Web Socket )을 연결하여 데이터 베이스에 새로운 이벤트가 발생하면 새롭게 데이터베이스를 조회하여 브라우저에 새로운 데이터를 정상적으로 출력할 수 있도록 한다.

#### IV. Conclusions

본 논문에서는 열차 모형으로부터 발생하는 소리와 진동을 아두이노 센서를 통해 감지하였고 이를 데이터베이스를 통해 처리하여 상황을 분류하는 시스템을 설계하고 구현하였다. 이러한 결과를 응용하여 소음이나 진동이 심각하다면 즉각적인 대응조치로 영향을 받는 곳의 창문을 닫아 소음을 줄이거나 현재의 소음 수치나 진동 수치를 영향을 받을 수 있는 사람의 스마트폰으로 전송하는 등 유의미한 조치를 취할 수 있을 것이다. 또한 데이터가 데이터베이스에 유의미하게 누적될 경우 누적된 데이터를 활용하여 미래에 발생할 소음이나 진동도 예측할 수 있으므로 효율적인 저감 방안을 선택하여 적용할 수 있을 것이다.

#### ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2020R1A2C1101867).

#### REFERENCES

- [1] Sung-Il Kim, In-Ho Yeo, Won-Seok, Chung, Sung-Choon Kim (2007). "The Estimation of Structural-Borne Noise and Vibration of the Bridge under the Passage of the Light Rail Transit". The Korean Society For Railway, 10(1), 22-28.
- [2] Lee, S.-Y., & Choi, S.-J. (2008, April 30). Exposure to Noise on Railroad Operators. Korean Journal of Environmental Health Sciences. Korean Society of Environmental Health. <https://doi.org/10.5668/jehs.2008.34.2.153>
- [3] Jin-Ki Kim, Dong-Pyo Hong, Byung-Jae Choi and Wan-sup Cheung "Assessing the Effects of Vibration Transmitted by Domestic Train Health on Human" Proceedings of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering Conference, PP 455-458, 2001, 1598-2548(pISSN)
- [4] Kim Jong-Rak, Shin Min-ho, Park Jong-Koan, Eom Ki-Yeong "A Study on the Characteristics and Prediction of Noise from Railway Bridges" The Korean Society For Railway, 2007.11, 541-546(6 pages)
- [5] NOISE AND VIBRATION CONTROL ACT "https://elaw.klri.re.kr/kor\_service/lawView.do?hseq=49085&lang=ENG"
- [6] Lee, Jin-Hyeong, Oh, Ryum-Duck "The Design of

Detection System on the Sensor Stream Data for Stable  
Railway improvement based on Server”/ Proceedings of  
the Korean Society of Computer Information Conference).  
PP267-270, 2021, 한국컴퓨터정보학회 학술대회