

## 열차 접근 시 가속도 센서를 이용한 철로 작업자 행동 분석 연구

### A Study on the Behavior Pattern of Railroad Workers Using an Acceleration Sensor when a Train is Approaching

이수영\*, 김해동\*, 남영호\*\*, 도종혁\*\*, 김동형 †

Soo-Young Lee \*, Hai-Dong Kim \*, YoungHo Nam \*\*, JongHyuk Do \*\*, DongHyung Kim †

**초 록** 본 연구에서는 작업자가 철로에서 작업하는 도중 열차가 접근하였을 때 반응하는 행동패턴을 분석하기 위해 가속도 센서를 사용하여 행동의 변화를 측정하였다. 행동패턴 분석을 위해 경험적 측면에서의 행동 변화를 정의하고, 통계적 측면으로 검증하는 접근 방법을 사용하였다. 경험적 측면의 행동 분류는 열차가 접근할 때의 작업자 행동 유형을 철로작업, 대피, 열차 통과, 작업 복귀 순으로 구분하였다. 통계적 측면에서의 검증은 각 행동 유형별 가속도와 각속도를 측정하였고 각 유형별 벡터 모델을 생성하여 행동 예측을 위한 임계값을 구하였다. 측정 데이터의 패턴을 분석하기 위해 시스템에 분석 알고리즘을 모듈화하였으며, 이를 통해 모의실험 및 테스트를 검증하였다. 이 실험 결과는 철로 작업자의 작업 현황을 예측 가능하게 하며, 열차 접근 시 경고 신호를 작업자에게 전달하여 사고를 미연에 방지할 수 있도록 하는 작업자 안전관리 시스템의 빅데이터로 사용된다.

**주요어** : 가속도, 각속도, 철로작업, 행동패턴, 안전관리

## 1. 서 론

본 연구에서는 열차가 접근하고 있을 때 철로 작업자의 행동패턴을 감지하기 위해 가속도 센서를 이용하여 작업자의 행동패턴을 분석하였다. 이를 위해 대피 동작을 그림 1과 같이 프로세스로 정형화하고 철로작업 단계, 열차접근 단계, 대피 단계, 열차통과 단계, 작업복귀 단계로 세분화하였다.



가속도와 각속도를 측정하기 위해 안전 조끼에 가속도센서가 내장된 IoT디바이스를 거치하여 단계별로 변화량을 측정하였다[1] [2].

실험적으로 측정된 데이터를 분석하여 각 대피 단계별 행동패턴을 구분하기 위한 임계값을 구하고자 하였다. 그리고 실험적으로 얻어진 데이터값들은 관제(모니터링) 시스템의 분석알고리즘을 위한 빅데이터로 사용된다.

## 2. 본 론

### 2.1 실험 방법

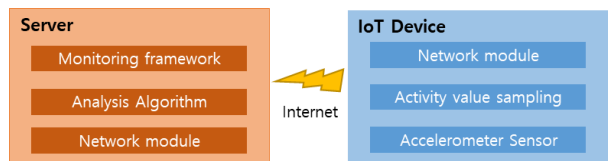


그림 2 행동 분석 시스템 구조도

\* 한국철도공사

\*\* 소하

† 네이처소프트

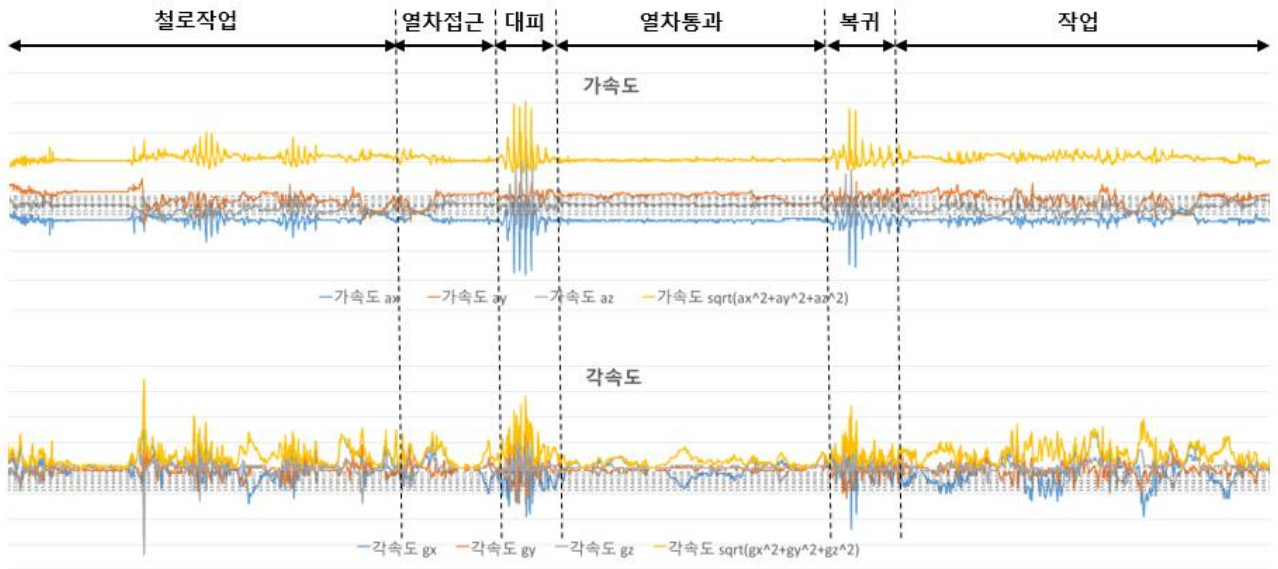


그림 3 작업자 행동 분석 결과

그림 2는 실험 데이터를 분석하고 저장하기 위한 행동 분석 시스템이다. 가속도 센서를 내장한 IoT디바이스는 작업자의 행동에 따른 가속도와 각속도를 수집한다. 수집된 정보는 샘플링되어 서버로 전송되고 분석알고리즘에 의해 행동패턴을 검증하게 된다.

## 2.2 실험 결과

그림 2는 가속도 센서를 이용해 작업자의 행동을 인식한 결과이다. 가속도 센서의 X, Y, Z축의 측정값은 작업자의 행동에 따라 바뀐다. 회전 성분의 영향을 최소화하고 작업자의 움직임을 정확하게 인식하기 위해 다음식(SVM, Support Vector Machine)을 사용하였다.

$$SVM = \sqrt{X_{avg}^2 + Y_{avg}^2 + Z_{avg}^2}$$

그림 3은 대피 프로세스 단계별 가속도 센서로 측정된 가속도, 각속도 평균 값이다. 가속도와 각속도 그래프를 보면 열차통과 시 그래프의 변화가 거의 없고 대피와 복귀 시에는 값의 변화가 심하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 나이, 키, 몸무게가 다른 10명의 작업자를 대상으로 반복 측정하여 표 1과 같이 임계값 영역을 얻을 수 있었다[3].

표 1 대피 프로세스 행동 패턴인식 임계값

	작업	열차접근	대피	열차통과	복귀	작업
가속도 임계값	30~40	20~30	50~60	20~25	50~60	20~40
각속도 임계값	15~20	5~20	20~30	5~20	20~30	15~20

## 3. 결론

본 연구에서 가속도 센서를 내장한 IoT 디바이스를 이용한 작업자 행동패턴 인식 알고리즘 구현은 프로세스 단계별 측정된 임계값의 변화 범위를 통해 어느정도 인식 가능성이 있다는 것을 증명하였다. 가속도, 각속도 값을 이용하여 실험적으로 접근한 분석 방법론이 산업재해에 노출되어 있는 근로자들의 안전한 환경을 위해 실용적으로 응용되어 사용될 것 기대한다.

## 후 기

이 논문은 2021년도 정부(중소벤처기업부)의 재원으로 창업진흥원의 지원(No.10473743, 사물 인터넷(IoT)기반 웨어러블 안전장비 및 통합 관리 솔루션 개발사업과제)와 한국철도공사의 지원을 받아 수행된 연구임

## 참고문헌

- [1] D. Roggen, G. Troester, P. Lukowicz, L. Ferscha, J. Millan, R. Chavarriaga, "Opportunistic Human Activity and Context Recognition," IEEE Computer, Vol. 46, No. 2, pp. 36-45, 2013.
- [2] N. Ravi, N. Dandekar, P. Mysore, M. Littman, "Activity Recognition from Accelerometer Data", the Seventeenth Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference, pp. 11-1, July 2005.
- [3] S.H. Shin, C.G. Park, Adaptive Step Length Estimation Algorithm Using Low-Cost MEMS Inertial Sensors, IEEE Sensors Applications Symposium, San Diego, California USA, pp.1-5, Feb. 2007.
- [4] N.Twomey, S.Faul, W.P. Marnane, Comparison of accelerometer-based energy expenditure estimation algorithms, Pervasive Computing Technologies for Healthcare 4th international conference on, pp.1-8, 2010