

대한안전경영과학회 2022 추계학술대회

규칙 기반 모델과 딥러닝 모델을 활용한 승강기 결함 탐지

정영진, 장찬영, 김도현, 김주아, 나한솔, 손준영, 강성우

인하대학교 산업경영공학과



(사)대한안전경영과학회



인하대학교
INHA UNIVERSITY

TACTICS

Technical Approach for
Computing Trend Information & Convergence System

목차 / Contents

Part 1

연구 배경

Part 2

연구 목적

Part 3

연구 과정

Part 4

결론 및 성과

Part 1

연구 배경 - 승강기 산업 현황

“국내 승강기 80만대 돌파했다”

변국영 기자, 에너지데일리, 2022.09.02



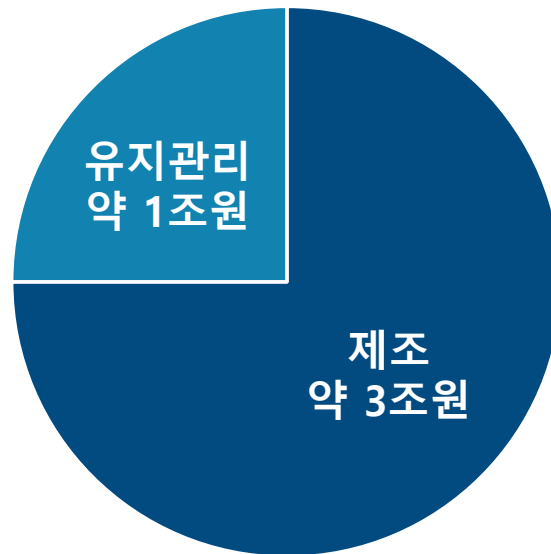
Figure 1. 국내 승강기 설치대수 80만대 기념 사진

연도별 국내 승강기 보유대수

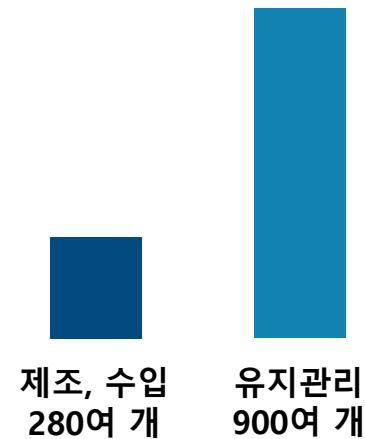
연도	2019	2020	2021	2022(9월 기준)
국내 승강기 보유대수	718,795	749,845	780,467	803,301



국내 승강기 시장 규모 (약 4조원)



관련 업체 수



국내 승강기 산업 종사자



첨단 원격관리 서비스

HRTS(Hyundai Real Time Service)

- HRTS는 고객센터(HCCC)에서 365일 24시간 실시간으로 엘리베이터 운행상태를 모니터링하는 서비스
- 원격으로 고장처리가 가능하여 고장 시 처리시간 단축이 가능함

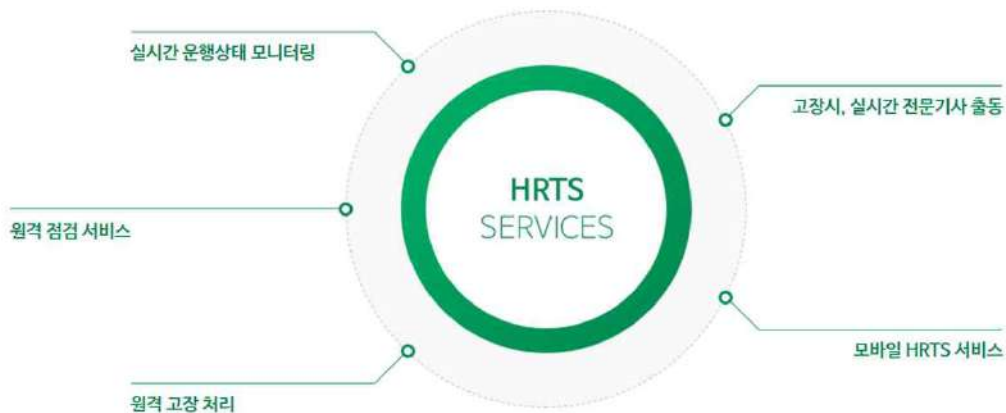


Figure 2. 첨단 원격관리 서비스 HRTS

인공지능 유지관리 서비스

PRIMA

- PRIMA는 IoT(Internet of Things) 빅데이터 분석을 통해 승강기의 이상 징후를 사전에 인지하는 서비스
- 고장 발생 전 사전 점검과 부품 교체 등이 가능한 미래형 첨단 인공지능 유지관리 서비스
- **현재 개발중인 서비스**



Figure 3. 인공지능 유지관리 서비스 PRIMA

기존 연구의 한계점

- 첨단 원격관리 서비스 HRTS
 - 한계: 고장이 나기 전에 예방할 수 없음
- 승강기 고장 사례를 분석하여 고장 예방책을 제시한 연구
- 승강기 부품의 수명을 분석하여 고장을 예측한 연구
 - 한계: 새로운 승강기 모델의 개발 또는 새로운 부품을 사용하면 고장이 나기 전에 분석할 수 없음
- 승강기 진동 데이터의 이상 탐지를 통해 결함을 예측한 연구
 - 한계: 사람이 직접 진동 데이터를 분석하여, 인력과 시간이 필요함

연구 목적

규칙 기반 모델과 딥러닝 모델을 활용한 승강기 결함 탐지

기대 효과

- 작업자의 인력 감소 및 작업 시간 절약에 기여함
- 엘리베이터 고장 및 안전 사고 예방에 기여함

시스템 프로세스

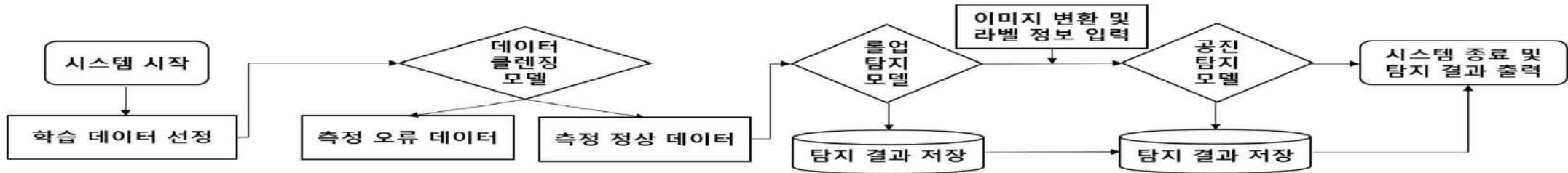


Figure 4. 시스템 프로세스

학습 데이터 선정

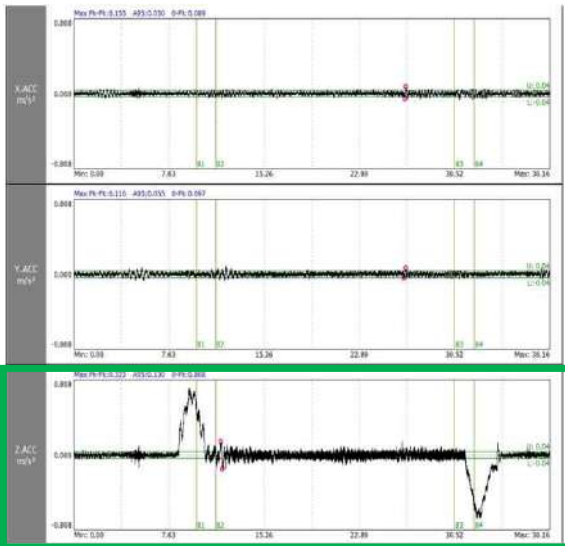


Figure 5. 승차감 측정으로 수집된 진동 데이터

2021년 4월부터 12월까지 제조사가 현대 엘리베이터인 진동 데이터 (7,973개의 호기)

가장 데이터의 개수가 많은 승강기 모델인 STVF-5의 진동 데이터 (1,634개의 호기)

**UP 방향
진동 데이터 1,682개**



**측정 정상 데이터
523개**

측정 오류 데이터
1,159개

데이터 클렌징 방법(Rule-based)

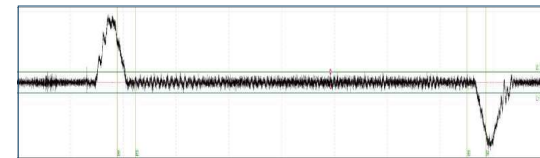


Figure 6. 측정 정상 데이터

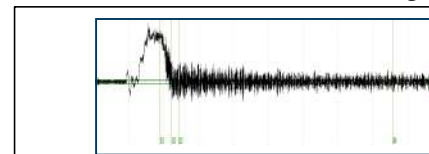


Figure 7. 가속/감속 구간이 없는 데이터

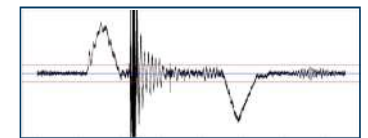


Figure 8. 주행구간에서 z축 값이 튀는 데이터

Figure 9. 측정 오류 데이터

롤업(Roll up)이란?

엘리베이터가 올라갈 때, 가속 시작 구간 혹은 그 직전 구간에서 충격이 발생하는 결함

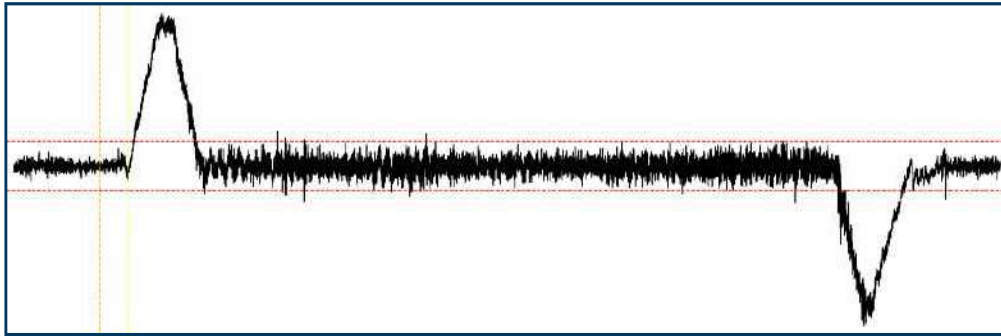


Figure 10. 롤업이 없는 데이터

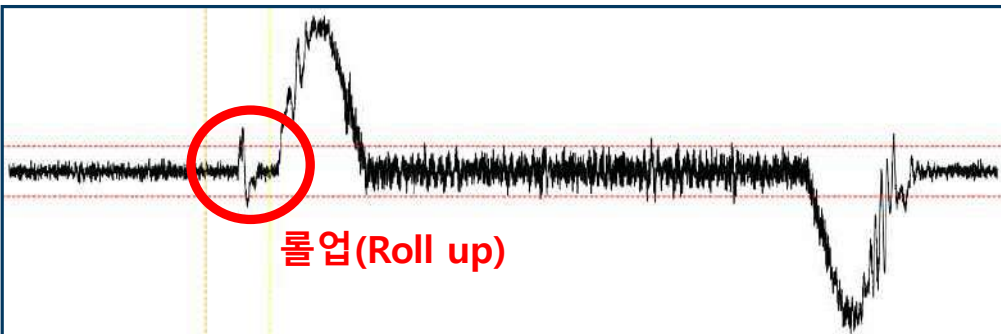


Figure 11. 롤업이 있는 데이터

롤업 탐지 방법(Rule-based)

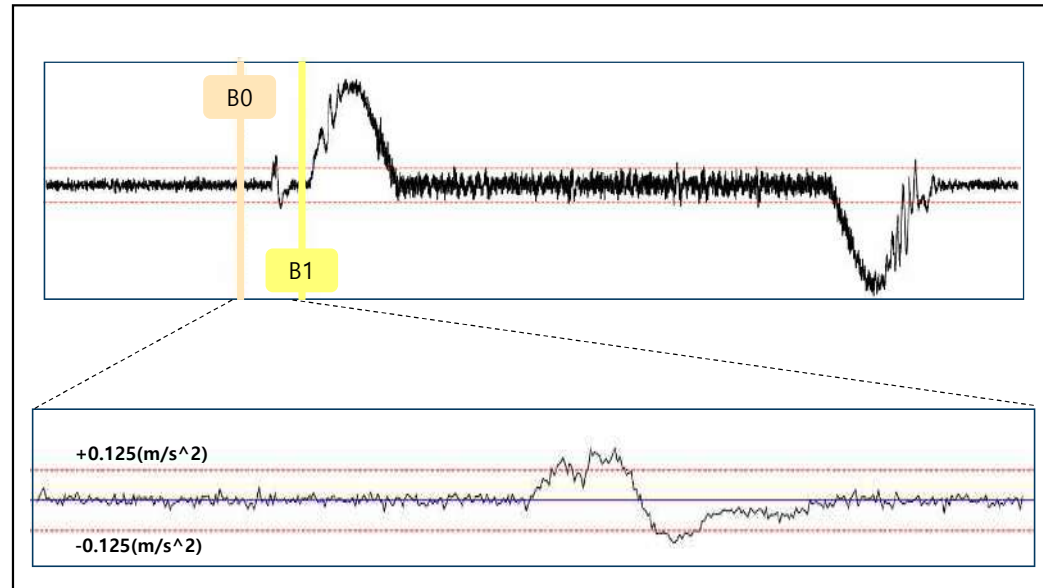


Figure 12. B0~B1구간으로 자른 진동 데이터

B0~B1 시점까지 진동 데이터를 자른 후,
진동 값이 *임계값을 넘으면 롤업으로 탐지
*임계값은 현대엘리베이터의 점검 정책에 따라 변할 수 있음

공진(Resonance)이란?

엘리베이터의 주행구간에서, 진동이 점점 커졌다가 점점 작아지는 형태를 보이는 결함

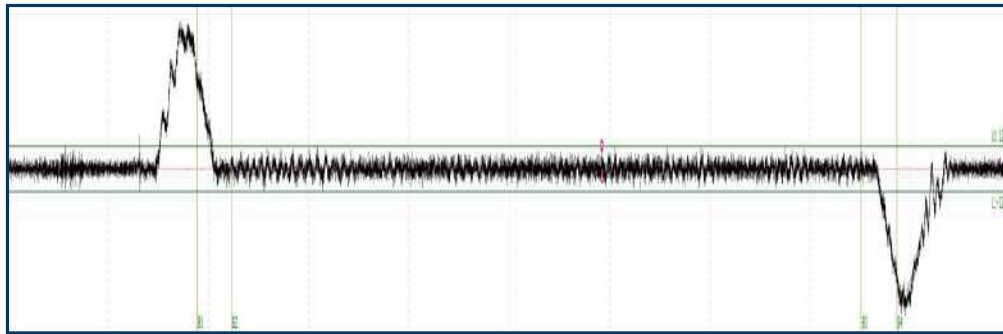


Figure 13. 공진이 없는 데이터

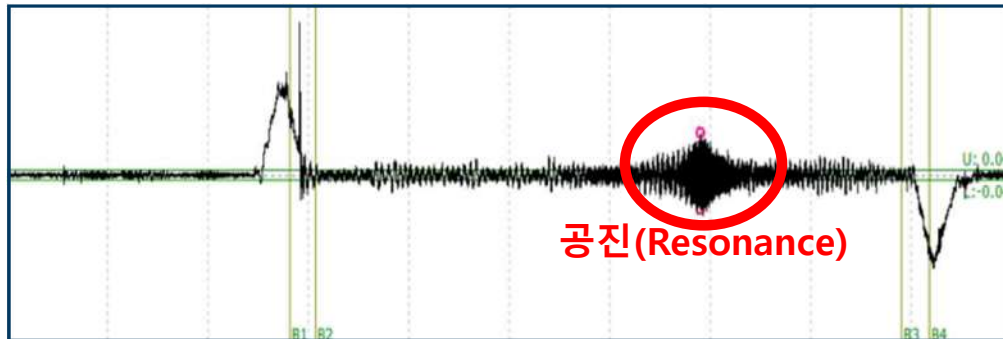


Figure 14. 공진이 있는 데이터

공진 탐지 방법(Deep Learning)

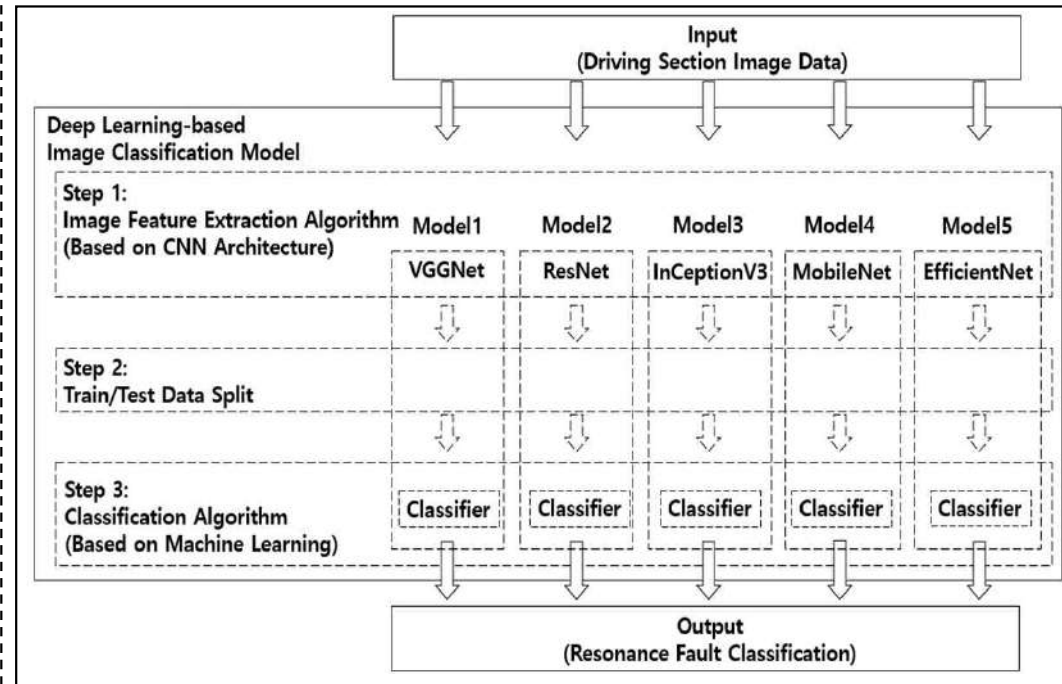


Figure 15. 공진 탐지 모델 설계

딥러닝 기반 이미지 특성 추출 알고리즘과
머신러닝 기반 특성 분류기를 통해 공진을 탐지

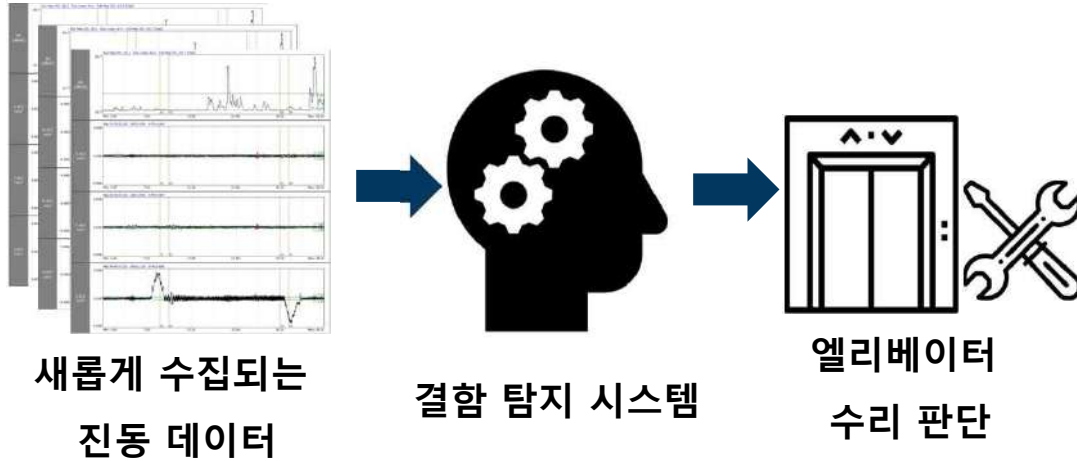
Part 4

결론 및 성과

연구 결과(결함 탐지 시스템 성능)

	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score
데이터 클렌징 모델(a)	0.99	0.97	1	0.98
롤업 탐지 모델(b)	0.93	0.84	0.94	0.88
공진 탐지 모델(c)	0.80	0.80	0.71	0.74
결함 탐지 시스템 (a+b+c)	0.90	0.87	0.88	0.87

결함 탐지 시스템 활용방안



시연 영상

Elevator Fault Classifier



CSV 분석하기

경청해주셔서 감사합니다.

공진 탐지 모델 성능 평가 비교

VGGNet	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score	Time(Sec)
LogisticRegression	0.73	0.69	0.64	0.65	1082
RandomForest	0.74	0.86	0.59	0.57	1042
XGBoost	0.68	0.48	0.30	0.37	1175

ResNet	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score	Time(Sec)
LogisticRegression	0.78	0.75	0.73	0.73	977
RandomForest	0.70	0.85	0.53	0.47	770
XGBoost	0.73	0.69	0.27	0.39	1321

InceptionV3	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score	Time(Sec)
LogisticRegression	0.80	0.78	0.74	0.75	2472
RandomForest	0.75	0.82	0.75	0.69	2328
XGBoost	0.78	0.85	0.33	0.48	2778

MobileNet	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score	Time(Sec)
LogisticRegression	0.80	0.80	0.71	0.74	1118
RandomForest	0.71	0.71	0.56	0.54	968
XGBoost	0.74	0.75	0.27	0.40	1241

EfficientNet	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score	Time(Sec)
LogisticRegression	0.80	0.78	0.73	0.75	1546
RandomForest	0.75	0.78	0.62	0.63	1441
XGBoost	0.75	0.75	0.27	0.40	1880