

스마트 팩토리를 위한 예지보전 기술

권대훈 · 오창현*

한국기술교육대학교

Predictive maintenance technology for smart factory

Dae-hoon Kwon · Chang-heon Oh*

Korea University of Technology and Education(KOREATECH)

E-mail : gomgoo@koreatech.ac.kr / choh@koreatech.ac.kr

요 약

기존 산업에서는 제한적 모니터링 및 정비로 인한 불필요한 유휴 시간 발생 등의 예방정비의 형태로 보전을 실시하였다. 하지만 4차 산업혁명이 도래되고 광업, 제조, 석유 및 가스, 상업적 농업을 포함한 많은 산업 분야에서 실시간 모니터링이 가능하고, 정비로 인한 유휴 시간의 최소화를 원하게 되었다. 특히, 설비 및 장비가 고장 나기 전 고장을 예측하여 유지 보수함으로써 비용을 절감하고 운영 효율성을 극대화 할 수 있는 예지보전에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구에서는 스마트 팩토리의 장비의 이상 상태를 사전에 검증이 가능하고 이상 상태를 실시간 모니터링이 가능한 예지보전 기술에 대해 살펴본다.

ABSTRACT

In the existing industry, maintenance was carried out in the form of preventive maintenance such as occurrence of unnecessary idle time due to limited monitoring and maintenance. However, with the advent of the Fourth Industrial Revolution, real-time monitoring is possible in many industries including mining, manufacturing, oil and gas, and commercial agriculture, and it is desired to minimize idle time due to maintenance. In particular, there is a growing interest in predictive maintenance that can reduce costs and maximize operational efficiency by predicting and maintaining a failure before equipment and equipment fail. In this study, we look at the predictive maintenance technology that can verify the abnormal condition of the equipment of the smart factory in advance and monitor the abnormal condition in real time.

키워드

스마트팩토리, 예지보전, i-Forest 알고리즘

1. 서 론

4차 산업혁명이라는 새 물결이 전 세계 산업을 뒤흔들고 있다. 모든 산업들이 기존 생산 방식을 보다 효율적으로 바꾸기 위한 새로운 방법을 모색하기 위해 기존의 설비를 바꾸고, 프로세스를 개선하는 등 다양한 노력을 기울이고 있다. 이러한 산업의 변화에 스마트팩토리를 구축하여 국가 제조

업 경쟁력을 강화시키는 정책을 추진하고 있다. 스마트 팩토리는 각종 생산 설비에 설치된 센서를 IoT으로 연결해 수많은 센서 데이터를 연결·수집·분석하는 디지털 공장이다. 4차 산업혁명의 키워드인 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI), 머신러닝(ML), 빅데이터, 5G 등 첨단 기술이 총망라되며, 제조 분야의 디지털 트랜스포메이션을 이끄는 핵심 기술이다. 스마트 팩토리는 ICT 기술을 기반으로 공정 데이터를 수집하고 분석하여 목적에 맞게 스스로 제어하는 공장이다.[1]

* corresponding author

스마트팩토리의 효율적 관리를 위해서는 수집된 대량의 데이터를 바탕으로 장비의 고장 징후를 실시간으로 모니터링하고 기존의 예방정비(Preventive Maintenance)에서 벗어나 예지보전정비(Predictive Maintenance)가 필요하다. 예지정비를 통해 설비의 실시간 감시, 운영 상태 모니터링, 사전 고장 예측/정비를 통한 예지보전이 가능하다. 또한 산업현장에서 이러한 예지정비를 바탕으로 언제, 어디서, 어떻게 사고가 일어날지를 예측하고 사고 발생 전에 대응할 수 있는 시스템이 대두되고 있다. 이러한 목적을 위해 적용되는 핵심 개념이 바로 기존의 예방정비(Preventive Maintenance)에서 벗어나 예지보전정비(Predictive Maintenance)이다.[2] 이러한 예지정비를 위한 사전 진단 및 조치를 위해서는 그림 1과 같이 예지보전의 단계별 정의 및 그림 2와 같이 단계별 시스템의 구성을 필요로 한다.

단계	내용
Step 1	Data 취득 <ul style="list-style-type: none"> 이상 징후 감지
Step 2	진단 <ul style="list-style-type: none"> 결함과 결함의 원인 진단 심각도 분류
Step 3	예지 <ul style="list-style-type: none"> 향후 결함 진행 예지 잔존 유효 수명 예측
Step 4	제시 및 조치 <ul style="list-style-type: none"> 문제 해결 방안 제시 및 조치
Step 5	사후 분석 <ul style="list-style-type: none"> 문제 해결 확인 및 사후 상태 진단

그림 1. 예지보전의 단계별 정의
Fig. 1. Step-by-step definition of predictive maintenance

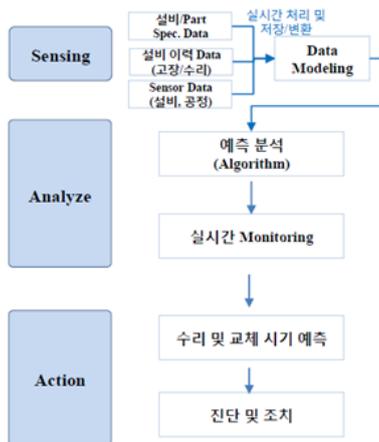


그림 2. 예지보전의 시스템 구성
Fig. 2. System configuration of predictive maintenance
예측정비를 통해 설비의 실시간 감시, 운영 상태 모니터링, 사전 고장 예측/정비를 통한 예지보전이

가능하다. 산업현장에서 이러한 예지보전을 바탕으로 언제, 어디서, 어떻게 사고가 일어날지를 예측하고 사고 발생 전에 대응할 수 있는 시스템을 필요로 하고 있다. 학습된 데이터를 바탕으로 이상 신호가 발생하여 문제점을 사전에 차단할 수 있다.[3]

II. 본 론

1) 시스템 구성

본 연구의 실험장비는 K대학교의 스마트팩토리 패키징 공정 정비에서 실험을 진행하였으며, 그림 3과 같이 공정 장비 3개의 실린더에 IoT 센서를 부착하여 실린더의 동작 신호에 따라 전진, 후진시의 센서값을 측정하였다. 특징량의 추출 범위는 실린더 왕복 운전시의 토크, 속도, 위치 값으로 측정하였다.

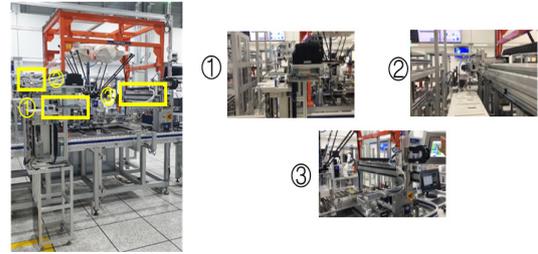


그림 3. 실험장비 시스템 구성
Fig. 3. System configuration

측정장비는 오픈 머신 자동화 컨트롤러(NY512)를 활용하여 특징량을 추출토록 하였다. 컨트롤러의 사용 순서는 데이터 수집, 데이터 분석, 데이터 활용의 3단계로 구성·운영한다. 그림 4는 측정 장비의 시스템 체계도를 나타내고, 그림 5는 데이터 특징량의 학습에서 스토리지 저장의 단계를 나타내고 있다. 측정장비를 통해 수집된 특징량은 컨트롤러의 i-Forest 알고리즘을 활용하여 데이터의 이상치를 검출하였다.

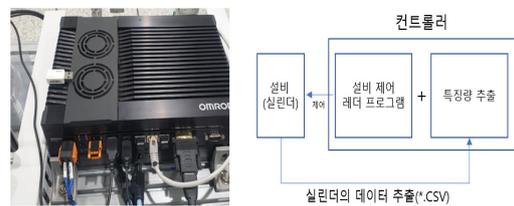


그림 4. 측정 장비 체계도
Fig. 4. Schematic diagram of measuring equipment

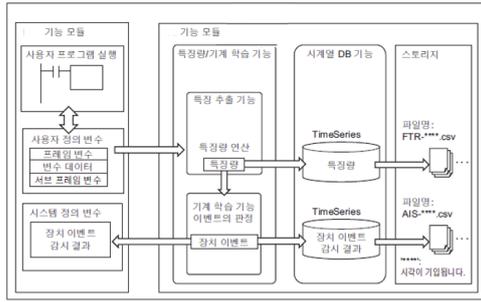


그림 5. 특징량 학습의 체계도
Fig. 5. Schematic diagram of feature quantity

2) i-Forest 알고리즘

i-Forest 알고리즘은 고차원 데이터 세트의 이상치를 효과적으로 감지하며, 1포인트가 될 때까지 데이터를 분할하고 파티션 수를 기준으로 하여 이상을 판별한다. 이상 점수의 범위는 0~1로서 0.5를 기준으로 1에 가까울수록 비정상적으로 판단하고, 0.5보다 작게 나타날 경우 정상으로 판단한다.[4][5]

III. 실험 및 고찰

실험장비의 실린더 데이터는 오므론 머신 자동화 컨트롤러(NY512)를 활용하여 그림 6과 같이 1, 2, 3번 실린더의 특징량(토크, 속도, 위치 값)의 데이터가 *.CSV의 형태로 추출된다.

TSDB_ID	Time Stamp	F-Initial-Main-Torq	F-Initial-Main-Vel	F-Initial-Main-Pos	F-Product-Torq	F-Product-Food-Vel	F-Product-Food-Pos	TopGear-Torq	TopGear-Vel	TopGear-Pos
15775	55:24	13.2	119.3024	46.3075	12	202.5043	104.1948	32.4	106.7724	356.4525
15776	55:24	12.4	119.6957	46.546	11.6	202.4087	104.5989	29.4	111.5799	356.6759
15777	55:24	13.6	119.0149	46.7845	10.9	202.791	104.994	24.1	116.0431	356.908
15778	55:24	14.6	119.9731	47.0248	10	204.2244	105.403	18.6	120.163	357.148
15779	55:24	12.8	122.5604	47.2699	11.9	202.5998	105.808	11.6	124.6262	357.3978
15780	55:24	12.2	121.123	47.5122	11.5	202.791	106.214	4.2	128.0594	357.6539
15781	55:24	13.1	117.5775	47.747	9.7	203.8422	106.621	-2.7	130.806	357.9152
15782	55:24	14.7	117.6733	47.9827	10.4	203.7466	107.029	-12	134.9258	358.1852
15783	55:24	14.2	120.3564	48.2234	11	203.0777	107.435	-18.2	138.2991	358.4578
15784	55:24	14.3	121.6022	48.4686	9.2	203.051	107.842	-21.7	134.2392	358.7263
15785	55:24	12.6	122.9813	48.7108	10.3	203.9422	108.250	-20.8	130.4626	358.9972
15786	55:24	10.9	121.2189	48.9532	11.4	202.3131	108.658	-14.4	121.1929	359.2296
15787	55:24	12.2	117.7692	49.188	11.2	202.8895	109.066	-5.6	113.6398	359.4569
15788	55:24	13.3	117.1942	49.4231	10.3	203.4599	109.477	9.2	101.9669	359.6903

그림 6. 실린더 특징량 추출
Fig. 6. Cylinder feature extraction

실험장비의 실린더 왕복에 따른 특징량 데이터를 바탕으로 임계값을 0.5로 설정 후 사전 경고 기능을 부여하였다. 그림 7과 같이 0.5 이하의 정상 단계의 경우 녹색, 0.5~0.55 경고레벨 1단계, 0.55~0.60의 단계의 경우 적색으로 설정하였다.



그림 7. 임계값 범위에 따른 경고 표시
Fig. 7. Warning display based on threshold range

IV. 결론

본 연구에서는 스마트 팩토리의 장비의 이상 상태를 사전에 검증이 가능하고 이상 상태를 실시간 모니터링이 가능한 예지보전 기술에 대해 연구하였다. 예지보전 알고리즘을 통해 공장의 결함을 미리 예측하고 예측한 결과에 따라 최적의 제어가 가능하여 불필요한 유휴 시간 발생 및 보수 비용의 절감 할 수 있다.

본 연구를 바탕으로 데이터를 실시간 수집, 저장, 분석을 통해 스마트팩토리의 효율적 운영이 가능한 실시간 통합 예지보전 시스템 모델을 개발하고자 한다.

References

- [1] Byeong-Eob So, "Study on built smart factory using sensors and virtual process design", pp. 22-23, 2018.
- [2] 김의수, "예지정비를 통한 안전관리시스템 혁신", *기계저널*, 제55권, 제10호, pp. 58-60, 2015.10
- [3] 유기성, 문영민, "스마트공장 설비진단 및 예지보전 기술의 발전 동향", *한국통신학회지*, 제37권 제7호, pp.36-48, 2020.06
- [4] Fei Tony Liu, Kai Ming Ting, Zhi-Hua Zhou, "Isolation Forest." In *ICDM '08: Proceedings of the 2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining*, pp.413-422, 2008.12
- [5] Accuracy improvement in abnormality detection for vehicle-mounted security by Sand Sprinkled Isolation Forest: In SCIS 2017, 2017 Symposium on Cryptography and Information Security