

Digital Twin을 활용한 공장 내 작업자의 안전사고 방지 및 작업환경 개선을 위한 모니터링 플랫폼 설계

(Monitoring platform design to prevent safety accidents and improve work environment for workers in factories using Digital Twin)

권오연[†], 황상호[†], 김정환[†], 윤철진[†], 변지현[†], 김성호[†]

[†](재)경북IT융합산업기술원

(Oeon Kwon, Sang-Ho Hwang, Jung Han Kim, Cheol Jin Yoon, JiHyeon Byeon, Sungho Kim)

[†](Gyeongbuk Institute of IT Convergence Industry Technology)

Abstract : In this paper, we design a safety monitoring platform to prevent safety accidents of workers using Digital Twin in high-risk facilities in factories. It will be possible to prevent safety accidents of workers through virtual test operation and real-time linkage of 3D data through digital twin in high-risk facilities. By utilizing the information of internal facility data, it will be possible to minimize the deterioration of equipment by analyzing the failure of major parts and predicting their lifespan. In addition, it is expected that it will affect the improvement of the working environment of workers by using gas sensors, VOS sensors, and fine dust sensors to identify the working environment of workers and measure the air quality within the working radius.

Keywords : Digital Twin, Hazardous Substances Detection, Real-time prediction system, monitoring systems

1. 서론

고용노동부의 산업재해 사고사망 통계에 따르면 2019년 최초로 산업재해 사망자가 800명을 넘은 후 지난해는 소폭 증가한 882명이다[1]. 재해 유형을 보면 끼임(11.1%), 부딪힘(8.2%) 등 순으로 사망재해가 빈번하게 발생하고 있다. 화학안전정보공유시스템(CSC)에 따르면 황산('01년 여수), 불산 누출('12년 구미, '13년 화성), 염산 누출('13년 상주), 가스냄새('16년 부산/울산) 등 특히 2018년 들어 산업 현장에서의 유해물질(독성가스,

유해가스, VOS 등)로 인한 사고 및 사망사례 발생이 증가하는 추세이다.

제조업 사고사망재해 중 끼임 사고가 제일 큰 비중이며 그 중 프레스 및 절단기 등에 의해 사망사고가 고위험군 장비를 보유한 산업현장에서 비중이 45%나 차지한다[1]. 그러나 산업현장에서는 사망재해를 방지하기 위해 온습도 센서, 실선 가드레일 등 임시방편의 안전장치만 활용하여 사고 전후 절차에 대한 모니터링이 어려운 상황이다. 또한 기존 시스템의 경우 개별 장비에 대한 동작만을 위해 개발되었기 때문에, 장비에 대한 연동 시스템이 미흡한 상황이다.

앞서 언급한 산업재해에 노출된 공장 내의 고위험설비 정보를 실시간 연동하여 안전 모니터링 플랫폼을 개발하여 안전사고를 예방하고 장비의 노후화 방지할 수 있는 시스템이 요구되는 상황이다. 또한 공장 내 유해물질을 정보를 습득하여 작업자의 작업환경 개선 방안도 필요하다.

본 논문에서는 공장 내 고위험설비에 Digital Twin을 활용한 작업자의 안전사고 방지를 위한 안

*Corresponding Author (shk@gitc.or.kr)

권오연, 황상호, 김정환, 윤철진, 변지현, 김성호:
경북IT융합산업기술원

※ 이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-02016, Digital Twin을 활용한 고위험군 장비 사용 작업자 안전관리 모니터링 플랫폼 개발)

전 모니터링 플랫폼을 설계 하고자한다. 고위험설비에 Digital Twin을 통해 가상시운전과 3D DATA 실시간 연동을 통하여 작업자의 안전사고를 예방할 수 있을 것이며 설비 내부데이터 정보를 활용하여 주요 부품에 대한 고장분석, 수명 예측하여 장비의 노후화를 최소화할 수 있을 것이다. 더불어 작업자 근무 환경을 파악하여 작업 반경 내 공기질의 상태를 가스센서, VOS 센서, 미세먼지 센서 등을 활용하여 작업자의 작업 환경개선에도 영향을 미칠 것이라 기대한다.

II. 배경 지식

글로벌 리서치기관인 가트너는 2018년 제4차 산업혁명 중 핵심 중 Digital 분야에서 Immersive Experience(VR, AR, MR, HMD), Conversational Platforms(대화형 플랫폼), Cloud to the Edge(엣지 컴퓨팅)와 더불어 Digital Twin을 10대 전략기술로 선정하였다.[2]. Digital Twin은 스마트 제조 및 산업 4.0 실현하기 위한 가장 유망한 구현 기술 중 하나이다.[3]. Digital Twin은 가상공간과 물리적 환경과의 상호작용하여 시스템의 동작을 가상에서 정확하게 모사하고, 이를 기반으로 미래 상태를 예측할 수 있도록 하는 디지털 쌍둥이 기술이다. 그림 1은 Digital Twin의 형상을 보여주고 있다.

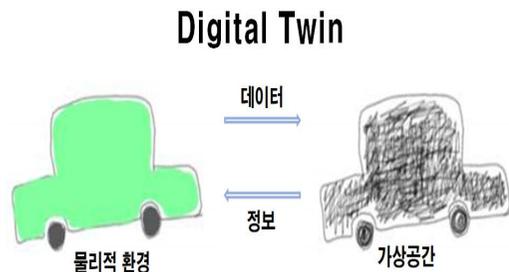


그림 1. Digital Twin 동작 원리
Fig. 1. Digital Twin operation process

최근 산업현장에서는 스마트팩토리 기반 Digital Twin을 활용하기 위한 움직임이 진행 중이다. 특히 Digital Twin은 작업자의 효율성과 안정성을 높인다. 제품 생산과정 여러 시나리오를 시뮬레이션을 진행하여 피드백을 받는다. 이를 통해 생산성 향상 및 제품 품질을 개선할 수 있다. 작업자는 Digital Twin을 통해 위험을 방지함으로써 안전성을 보장 받고 작업자의 작업환경을 개선할 수 있다.

III. 제안시스템 구조 및 설계

본 논문에서 제안하는 시스템 구조는 그림 2와 같다. Digital Twin을 통해 공장 내 고위험설비의 “쌍둥이”를 구성한다. 구성된 “쌍둥이”를 통해 설비 고장 및 부품 수명 등 정보를 DB(Data Base)에 실시간으로 저장한다. 고위험설비 주변에는 카메라, 라이다, 모션 센서 등을 활용하여 작업자 위험지역 접근 탐지를 위한 디바이스를 설치한다. 작업자가 위험 지역 접근시 알람을 통해 위험을 알린다. 공장 내 환경 센서를 구축하여 유해물질 탐지 및 대기오염물질 농도 등을 파악한다. 생성된 정보는 DB에 된 후 실시간 모니터링을 할 수 있다.



그림 2. 안전사고 예방을 위한 모니터링 구조
Fig. 2. Monitoring structure to prevent safety accidents

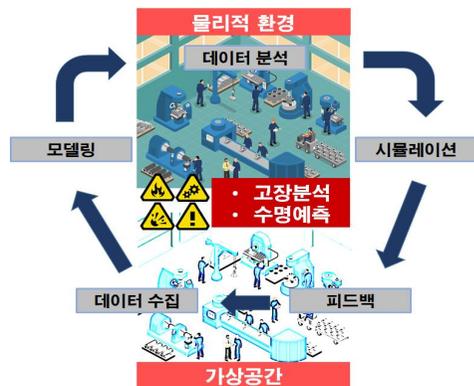


그림 3. Digital Twin 생성 과정
Fig. 3. Digital Twin creation Process



그림 4. 작업자 위험 감지 프로세스

Fig. 4. Worker Hazard Detection Process

고위험설비를 Digital Twin 활용하여 물리적 환경(현실 속 사물)을 가상공간(컴퓨터)을 생성하여 동작 데이터 분석 및 작업자의 안전을 고려한 센서 등을 부착 시 간접 여부를 확인하기 위해 3D 모션 시뮬레이션을 실시한다. 시뮬레이션 후 피드백을 통해 성능을 개선한다. 그림 3과 같이 모델링, 데이터 분석, 시뮬레이션, 피드백, 데이터 수집 과정을 반복 하면서 성능이 향상된 Digital Twin을 생성한다.

그림 4는 작업자가 위험지역 접근 시 탐지/차단 하는 프로세스이다. 고위험설비 주변에 실시간으로 카메라, 라이다, 모션 센서 등을 통해 위험지역을 탐지한다. 작업자가 위험 지역 접근 시 실시간 알림을 통해 위험 상황을 인지하게 하며, 접근 빈도, 발생 지역, 접근 작업자 등을 데이터 분석을 위해 데이터베이스에 저장하며, 저장된 데이터 분석을 통해 작업자 작업 중 위험 노출도를 판단하여 조치 및 안내 작업자 교육 등에 활용할 수 있다.

공장 내에서 발생하는 다양한 유해물질 밀집화로 인해 상시 큰 사고로 이어질 수 있는 위험에 노출되어 있다. 뿐만 아니라 작업장의 유해물질에 노출된 작업자는 백혈병·뇌종양·자연유산 등 건강장해를 일으킨 사례도 있다. 작업자가 유해물질로 인해 건강장해를 일으킬 우려가 있으므로 실시간으로 모니터링하여 작업환경 개선 및 관리할 필요가 있다.

그림 5와 같이 작업자 작업 반경 내 유해물질 및 공기질의 상태를 온도센서, 습도 센서, 가스센서, VOS 센서, 미세먼지 센서, 대기질 센서 등을 활용하여 데이터 수집 및 실시간 모니터링을 통해 유해물질로 인한 사고예방과 작업자의 건강장해 발생 확률도 낮출 수 있을 것이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 공장 내 고위험설비에 Digital Twin 모델을 제시하고, Digital Twin을 활용하여



그림 5. 유해물질 및 공기질 실시간 모니터링

Fig. 5. Real-time monitoring of hazardous substances and air quality

설비 고장 및 부품 수명을 관리할 수 있다. 또한 카메라, 라이다, 모션 센서 등을 활용하여 작업자의 위험지역 접근 시 탐지/알림과 유해물질 및 공기질을 센싱할 수 있는 센서들을 통해 공장 내 환경 개선 및 사고 예방 기능을 통해 작업환경 개선 및 작업자의 안전사고 방지를 위한 모니터링 플랫폼 설계를 제안하였다.

향후 본 연구는 내부/외부 데이터와의 연계를 통해 iCADPlus와 연계하여 기구설계, 전기설계, 제어설계로 발전시켜 나갈 예정이다. 또한, 스마트공장 구축분야에 Digital Twin 실현을 위한 다양한 생산설비속성 예측모델, Digital Twin 모델 개발, 통합관리 도구 개발과 같은 고부가가치 엔지니어링 서비스에 관한 연구로도 발전되어야 할 것으로 판단한다.

References

- [1] http://www.moel.go.kr/news/enews/report/enews_View.do?news_seq=12149
- [2] 전재호, 강성주, 정성일, 전인걸, “CPS 기반 디지털 트윈 모델링 및 시뮬레이션 기술”. 대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, pp. 2,635-2,639, 2018
- [3] TAO, Fei, et al. Digital twin in industry: State-of-the-art. IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 15, No. 4, pp. 2405-2415. 2018