

# 스마트 제조환경 개선을 위한 실시간 환경정보 모니터링 시스템

김남호<sup>12</sup>, 정희자<sup>2</sup>, 이현준<sup>2</sup>, 이상재<sup>2</sup>

<sup>1</sup>호남대학교 소프트웨어학과, <sup>2</sup>(주)휴넷가이아

e-mail : nhkim@honam.ac.kr, jeong008@nate.com, ds4dws@naver.com,  
tkdwo99@naver.com

## Real-time environmental information monitoring system for smart manufacturing environment improvement

Nam-ho Kim, Hee-ja Jeong, Hyun-jun lee, Sang-jae Lee  
Honam University Department of Software, Hunet Gaia Co., Ltd.

### 요약

제품을 생산하면서 발생하는 열, 미세먼지, VOCs 등의 환경정보를 수집 및 가공하여 불량제품을 생산하는 환경요인을 추적하여 해결함으로서 제조업의 생산성 향상과 품질을 개선하고 제품을 생산하면서 발생하는 유해물질 발생에 대한 정보를 제공하여 생산직 노동자의 안전한 생산환경 시스템을 구축하기 위한 실시간 환경정보 모니터링 시스템을 개발하여 실제 스마트공장 현장에 적용하여 산업적 활용 가능성을 검증하였다.

### 1. 서 론

제품을 생산하기 위해서는 수많은 작업들이 존재한다. 원자재 입고 후 가공, 조립, 후처리 등 다양한 작업을 통해 생산된 제품들이 모여 하나의 완전한 제품으로 탄생하여 소비자에게 전달된다. 하지만 제조과정에서 발생하는 유해물질 유출 사고로 인한 사고 및 사망사례가 빈번히 발생하고 있다. 화학물질종합정보시스템에 의하면 최근 8년간 시설결함으로 인한 누출사고가 약 200건이 발생하는 등 해마다 약 30건 이상씩 발생하고 있어 생산환경을 상시로 주시하여 생산직 노동자의 안전한 작업환경을 구축할 수 있도록 해야한다.

생산환경 데이터는 제품의 품질을 향상시키는 중요한 요소이다. 제조라인의 온도와 습도, 미세먼지 등은 제품의 품질을 결정짓는 중요한 요소로서 작용한다. 온도가 너무 높으면 원자재가 변질되어 불량이 발생할 확률이 높아질 우려가 있으며 습도는 설비의 상태에 영향을 주어 생산설비의 빠른 노후화 및 심각할 경우 설비에 균열이 갈 수 있는 심각한 상황을 초래할 수 있다. 다양한 환경속의 변화를 감지하여 환경데이터를 축적하고 축적된 데이터를 이용하여 최적의 생산환경을 조성한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 온도/습도

온도와 습도는 제품의 품질에 영향을 주는 핵심요소이다. 정전기에 의한 이물 혼입을 막아주며 공기 중 수분의 결로에 의한 설비 기기의 부식 및 녹을 방지한다. 이외에도 미생물 번식을 방지하여 체적한 작업환경을 만들어 작업자의 재채기, 땀 등으로 인한 오염을 방

지하는 등 온도와 습도는 제품의 상태 및 불량을 결정하는 중요한 요소로서 작용한다.[1]

#### 2.2 유기화합물

휘발성 유기화합물은 탄화수소류의 석유화학제품, 유기용제 등 기타물질로 중기압이 높아 대기 중에 쉽게 증발되는 물질로서 물질에 따라 피부접촉이나 호흡기 흡입을 통해 중추신경계 저하를 일으키는 발암성 물질이다. [2]

(표 1) VOC의 유해성

종류	유해성
벤젠	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체 발암성 확인물질</li> <li>호흡기, 피부, 눈을 자극</li> <li>혈액이상 및 중추신경계 활동 저하</li> </ul>
톨루엔	<ul style="list-style-type: none"> <li>중추신경 계통의 기능저하</li> <li>피부염, 기관지염, 두통, 현기증 유발</li> </ul>
에틸벤젠	<ul style="list-style-type: none"> <li>중추신경 계통의 기능 저하</li> </ul>
크실렌	<ul style="list-style-type: none"> <li>중추신경 계통의 기능 저하</li> </ul>
폼알데하이드	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체 발암성 추정물질</li> <li>알레르기, 호흡곤란, 천식, 두통</li> <li>호흡기계 이상, 피부질환</li> </ul>

#### 2.3 미세먼지

제조 현장에서는 제품을 깎고 가공 등의 작업을 하면서 작업장 내부에 수많은 미세입자들이 분포해 존재한다. 이러한 미세먼지는 주로 호흡계, 순환계 및 알레르기 질환을 유발하는 등 건강에 부정적

인 영향을 미치는 것으로 알려져있으며 미세먼지는 대기오염 물질 중 가장 유해한 영향을 끼치며 크기에 따라 구분되는데 미세먼지(PM10)는 1000분의 10mm보다 작은 먼지이며, 초미세먼지(PM2.5)는 1000분의 2.5mm보다 작은 먼지로, 입자크기가 머리카락 직경의 20분의 1보다 작다.[4] 미세먼지는 호흡기를 통해 흡입되어 상기도나 기관지에 주로 흡착되고 초미세먼지는 호흡기를 통해 폐에 침투하여 염증을 일으키고 폐를 손상시키며 후각세포 등을 통해 뇌로 직접들어가 인체에 악영향을 초래한다. 미세먼지의 양에 따라 적절한 환기 및 해결방안이 절실히다.

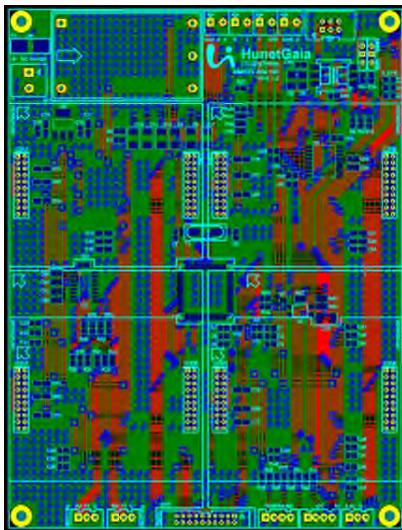
#### 2.4 주요 수집데이터

(표 2) 수집센서

구분	측정범위	정밀도	측정방법	인터페이스
온도	0.1~99.9°C	0.01°C	반도체식	Digital(I2C)
습도	0~99.9	0.1	반도체식	Digital(I2C)
CO2	0~5000ppm	0.1ppm	NDIR	Analog(voltage)
VOCs	0~100ppm	0.1ppm	화학식	Analog(voltage)
PM2.5	0~5000 $\mu$ m	1 $\mu$ m	NDIR	Digital(RS485)
PM10	0~5000 $\mu$ m	1 $\mu$ m	NDIR	Digital(RS485)

### 3. 구 현

#### 3.1 모듈러 방식의 PCB 설계



(그림 1) 메인PCB 설계도

환경수집기의 센싱을 담당하는 부분을 모듈화하여 배치함으로서 모듈을 교체 및 새로운 센서를 추가하여 센싱을 가능하도록 하며 환경수집기가 고장이하였을 때 발생하는 부분만을 찾아 교체하는 등 A/S가 용이하도록 구성하였다. 그 밖에도 시스템을 재활용시 사용 가능한 모듈만 추출하여 재사용이 가능하며, 이미 검증된 모듈을 결합하여 새로운 제품을 빠른 시간내에 개발 가능하며 각각의 모듈별로 분업하여 개발하여 할 수 있으며 디폴트 소량생산을 통해 경제적이고 활용성이 강한 PCB를 제작하였다.

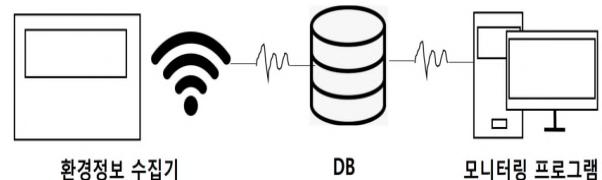


(그림 2) 모듈러 방식의 PCB



(그림 3) 통합 PCB

#### 3.2 환경정보 모니터링 시스템



(그림 4) 데이터 수집

환경수집기에서 수집한 데이터는 수집기 내부의 WiFi 통신모듈을 통해 공장 내부의 WiFi와 통신하여 서버의 DB로 저장된다. 수집된 데이터는 모니터링시스템에서 실시간으로 데이터를 가져수집한다.[3]



(그림 5) 모니터링 프로그램

수집한 환경데이터는 모니터링 프로그램을 이용하여 실시간으로 환경정보를 확인하여 볼수 있으며 이외 CCTV 기능 등을 추가하여 생산직 노동자들이 위험한 환경에 노출되었을 때 대피경고 등을 지

시하거나 환기를 통하여 안전한 작업환경을 구축한다.



(그림 4) 구현된 환경수집기

환경수집기의 상단부는 전광판 형태로 제작하였으며 SMD 디스플레이 모듈을 사용하여 온도, 습도, CO2, VOC, PM10, PM2.5를 순차적으로 표기한다. 수집기의 하단부 데이터 수집을 할 수 있도록 메쉬 소재를 사용하여 통기성을 높여 정확한 데이터를 수집할 수 있도록 제작하였다.

#### 4. 결 론

환경수집기는 모듈러 방식을 사용하여 PCB를 제작하여 고장이 발생하였을 때 고장난 부품을 추적하여 교환하는 방식으로 제작하여 신속한 A/S가 가능하며 재사용 가능한 모듈을 찾아 다른 장비에 활용 가능하여 재사용성을 향상 시키는 등 다양한 측면의 활용성이 높아지도록 설계하여 제작하였다. 환경수집기에서 수집한 데이터는 Wi-fi를 통하여 DB에 저장되고 실시간으로 측정된 데이터는 모니터링시스템을 현재의 생산환경을 확인할 수 있다.

실시간 환경정보시스템을 활용하여 생산제품의 품질을 높여 소비자에게 만족스러운 제품을 제공하며 수집한 환경데이터를 분석하여 불량제품이 생산되는 환경요인을 추적하여 불량이 나오지 않는 최적의 환경을 찾아 불량을 감소하여 생산성을 향상시켜 제조회사의 손실을 최소화한다. 생산직 노동자 생산하면서 발생하는 유기화합물 등에 노출되는 위험성이 높다. 노동자들이 화학물질에 노출되지 않게 하기 위해 VOC 등을 측정하여 작업하면서 발생하는 화학물질이 인체에 영향이 가지 않도록 환경정보를 모니터링하여 생산직 노동자의 삶의 질을 향상시키는 등 내외부적으로 긍정적인 영향을 제공한다.

- 본 연구는 중소벤처기업부의 2020년도 현장수요형 스마트공장기술개발사업의 일환으로 수행하였음.[S2931535, 엑스페론 골프공 O2O 생산을 위한 디지털트윈 기반 스마트팩토리 솔루션]

#### 참 고 문 헌

- [1] 전문연구위원 박환서. “공장 내 생산 환경(공조)의 Validation”, 『ReSeat 고경력과학기술인』 pp.7.
- [2] 서울대학교 의과대학 환경보건센터 “휘발성유기화합물”, <http://cehcd.co.kr/board/viewbody.php?/2009/03/21>
- [3] 조창학, 설진현, 변태영. “IoT 기반의 산업용 호나경 측정 시스템 개발” 『2021 한국산학기술학회 춘계 학술발표논문집』 pp.470-471.
- [4] 임준목. “기상환경데이터와 머신러닝을 활용한 미세먼지 농도 예측 모델” 『<http://koreascience.or.kr/article/JAKO201915561990175.page>』 pp174-184.