

# 중소 제조기업의 디지털전환(DX)을 위한 MES 구축방안에 관한 연구

길민식, 곽동걸\*, 이봉섭\*, 김재중\* 나완용\*\*  
 (주)투비시스템, \*강원대학교, \*\*신성대학교

## A Study on MES Implementation for Digital Transformation of Small and Medium-sized Manufacturing Companies

Min-Sik Ghil, Dong-Kurl Kwak\*, Bong-Seob Lee\*, Jae-Jung Kim\*, Wan-Yong Rha\*\*  
 TOBESYSTEM Co. Ltd, \*Kangwon National Univ., \*\*Shinsung Univ.

### ABSTRACT

Recently, artificial intelligence, Industrial Internet of Things (IIoT), and digital twin technologies have become important means of improving the technological capabilities of the manufacturing industry, determining a company's competitiveness. The digital transformation of the Manufacturing Execution System (MES) improves production efficiency and secures corporate competitiveness. The MES system in Korea, mainly for large companies, has a complex structure and high costs, making it challenging for small and medium-sized manufacturing users. This results in reduced production efficiency and difficulty in maintaining product quality. To address this, MES functions need reorganization to suit small and medium-sized companies, simplifying menu structures and allowing customization. In this study, we built a system by incorporating the requirements raised by companies during the process of applying MES systems based on data collected by process for small and medium-sized manufacturing enterprises. After building the system, we considered improvements in operational and utilization aspects of the system.

### 1. 서 론

현재 한국은 2025년 인구의 20% 이상이 만 65세 이상으로 초고령사회의 진입을 앞두고 있으며, 생산연령 인구는 2020년 대비 약 176만 9천 명이 줄어들 것으로 예상되고 있다. 또한 제조업 근로 대상 고령 근로자의 비율이 전체 근로자에 31.9% 이상이며, 청년 근로자는 14.8%인 것으로 조사되어 중소기업업을 중심으로 인력의 고령화가 가속되고 있다. 최근에는 인공지능, IIoT 및 디지털 트윈 기술 등 제조업의 기술력을 질적으로 향상할 수 있는 중요한 수단으로 되고 있으며 기업의 경쟁력을 좌우하는 관건이 된다. 특히 MES 시스템의 디지털 전환(digital transformation)은 제조기업의 생산 효율성을 제고하는 시스템으로 기업 경쟁력 확보와 경영 성과를 높일 수 있는 필수적인 시스템이라 볼 수 있다<sup>[1],[2]</sup>.

국내에 보급된 MES 시스템의 경우 대기업 위주의 메뉴로 구성되어 있어 중소 제조 사용자가 사용하기 복잡한 구조로 되어 있으며 솔루션 비용 역시 높은 가격대로 형성되어 있다<sup>[3],[4]</sup>. 그러나 소규모 제조기업들은 부족한 인력 및 설비 등으로 생산

계획, 공정관리, 자재관리 등의 업무가 원활하지 않아 생산 효율성이 저하되고 제품의 품질을 유지하기 어려운 실정이다. 이 문제들을 해결하기 위하여 MES의 주요 기능들을 중소기업의 특성에 맞게 재구성하여 구축 비용과 노력을 최소화하면서 손쉽게 적용할 수 있는 기능이 요구되며, 기존 복잡한 메뉴 구조를 보다 단순화하여 소규모 제조기업 특성에 맞게 커스터마이징할 수 있는 기능이 필요하다.



그림 1. 기존 MES 시스템  
 Fig. 1 Conventional MES systems

### 2. 본 론

#### 2.1 개요

본 연구에서는 중소 제조기업의 생산 현장에 대한 현황 분석을 통해 업무 프로세스에 대한 요구사항을 정의하고 제조 공정별로 메뉴 구조를 중소기업에 최적화하여 설계하였다. 그림 2는 MES 시스템 플랫폼 구조로서 제조 공정 업무뿐만 아니라, 공장 환경 및 에너지 관리까지 포함하는 구조로 구성되어 있다.



그림 2. MES 시스템 플랫폼  
 Fig. 2 Platform of MES

## 2.2 MES 기반 클라우드 서비스 구현

다수의 중소 제조기업들이 쉽게 이용할 수 있도록 사용자 기능 및 시나리오 개선을 통해 생산관리 프로세스의 필수적인 요소와 최소한의 사용자 입력을 목표로 시스템을 설계하였으며 주요 기능으로는 생산 제품 트리 등록, 수정, 제거 기능 및 납기 및 재고 등에 대해서 이벤트 알림 기능을 커스터마이징 할 수 있도록 구현하였다. 그림 3은 MES 시스템의 대시보드 화면으로써 생산하는 각 제품별 세부 생산 현황 및 공장 환경에 대한 센서 정보를 포함하고 있다.

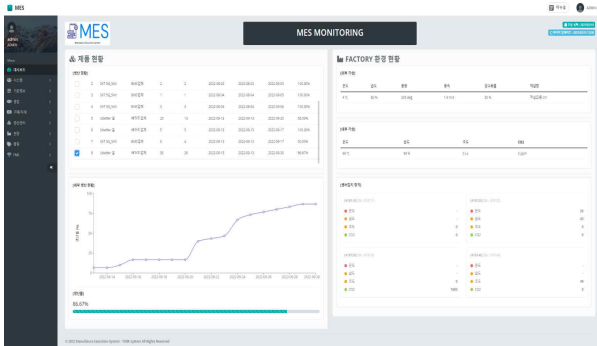


그림 3. MES 대시보드 화면  
Fig. 3 MES dashboard screen

## 2.3 실시간 생산라인 정보수집을 위한 IoT 센서기술

공장 내 작업 환경정보 센싱을 위해 온도, 습도, 조도, CO<sub>2</sub>, 미세먼지 센서를 취약한 해당 장소에 설치하여 무선통신을 통해 실시간으로 관제 서버에 데이터를 전송한다. 또한, 생산 설비에 해당하는 주요 기기를 선정하여 해당 설비의 이상 상태를 모니터링하기 위하여 진동, 진류, 소음 센서를 부착하여 실시간으로 관제 서버로 데이터를 전송하도록 구현하였다.

센서 인터페이스는 SPI, I<sup>2</sup>C, UART, EBI, I<sup>2</sup>S 등 다양한 구조로 이루어진다. 본 설계에서는 각 센서를 선택적 사용이 가능하도록 설계하여 ADC (Analog Digital Converter)를 통해 각 포트별로 ID를 부여한 후 버퍼에 저장하도록 설계하였다. 버퍼 스택별 센서값을 UART 인터페이스 표준화를 통해 MCU와 통신할 수 있도록 HW를 설계하였으며 표 1은 본 장치에 적용된 센서에 대한 정의서이다.

표 1 주요 센서 정의서  
Table 1 Main sensor definition

Sensor	Define	Description	Address
Temperature	decimal(10,0)	-40°C ~ 80°C, ±0.5°C	01
Humidity	decimal(10,0)	0 ~ 100%, ±2%, 3.3 ~ 5V	02
Illuminance	decimal(10,0)	10 Lux, 540nm	03
PIR	decimal(10,0)	7m, 120°	04
CO <sub>2</sub>	decimal(10,0)	0 ~ 10,000ppm, 20mA, 3.3V	07
Vibration	decimal(10,0)	-2,000 to 2,000 gal, 3 axis	10
Microphone	decimal(10,0)	-48dB, 20Hz ~ 20KHz	13
Current	decimal(10,0)	0 ~ 1,000A, 50mV	14

## 2.4 데이터 표준화 및 DB 설계

중소 제조기업의 환경정보와 설비정보에 대한 센서 데이터는 실시간으로 클라우드 관제서버에 전송되며, 실시간 데이터 처리 및 관제 SW는 IoT 디바이스 HW 구조에 기반하여 제어 시스템과 노드 네트워크시스템 구조로 설계되고, 서버와 Agent

간 메시지 프로토콜 정의에 따라 클라우드 기반 네트워크로 구성되며, 표 2는 서버 장치와 IoT 디바이스 간의 메시지 프로토콜 설계를 나타낸다.

그림 4는 데이터 정의의 DB 테이블에 반영된 센서 데이터 타입 및 필드 정의를 나타낸다.

표 2 서버와 장치(Agent)간 메시지 프로토콜 설계  
Table 2 Design of message protocol between server and agent

Type	Define	Description	Packet
START_ON_AS	0x1001	Agent 등록 요청	RQ
START_ON_SA	0x1002	Agent 등록 요청 결과 응답	RP
AGT_THRH_CHG_SA	0x1007	Threshold value Change 요구	RQ
AGT_THRH_CHG_AS	0x1008	Threshold value Change 응답	RP
AGT_EVENT_REP_AS	0x1009	측정값 보고(THLD 값 over 시)	NOTI
CONTROL_STS_REP_AS	0x100b	제어 device Status 보고	NOTI
CM_STS_REP_AS	0x100c	Camara 상태 보고	NOTI
RESET_AGENT_SA	0x100d	Agent restart 요청	NOTI
FW_DOWN_SA	0x1000f	Firmware Download 요구	RQ
FW_DOWN_AS	0x1010	Agent Firmware Download 응답	RP
AGT_VALUE_REP_SA	0x2001	측정한 Agent 정보 전송 요구	NOTI
AGT_VALUE_REP_AS	0x2002	측정한 Agent 정보 보고	NOTI

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
Customer ID	decimal(10,0)	NO	PRI	NULL	
Group ID	decimal(10,0)	NO	PRI	NULL	
Agent ID	decimal(10,0)	NO	PRI	NULL	
SW_ID	decimal(10,0)	YES		NULL	
THR_DUR	decimal(10,0)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_TEMP	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_HUMI	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_ILLLUM	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_CO2	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_GAS	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_SOIL	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_MIKE1	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_MIKE2	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_MICRO	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_PIR	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_WIND_DIR	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_WIND_SFD	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_RAIN	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_PRESURE	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_SRO	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_DOPPLER	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_GPS	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_RTC	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_EC	decimal(10,2)	YES		NULL	
AGT_THRH_VALUE_PH	decimal(10,2)	YES		NULL	

그림 4. 센서 DB 테이블  
Fig. 4 Sensor DB table

## 2.5 클라우드 운영환경 및 통합관제 서버 구축

정보수집 처리를 위한 서버는 클라우드 서비스를 이용하도록 하며, 통합관제를 위한 센서 정보 처리 및 분석 등 MES 시스템과 연동되도록 한다. 그림 5는 클라우드 서버 접속 시 화면을 보여준다.

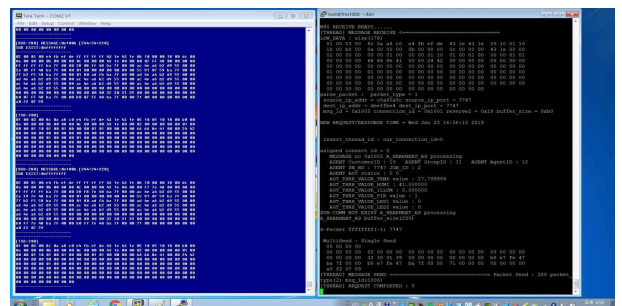


그림 5. 클라우드 서버 접속 화면  
Fig. 5 Connection screen of cloud server

클라우드 서버를 성공적으로 접속한 경우에는 그림 6과 같이 모니터링 대시보드 화면을 통해 나타난다. 사용자에게 의해 등록된 센서 장치들을 UI 화면에 표시시키고 실시간으로 센서 장치의 상태정보(IP, 통신상태, SN, 임계값, 주기, 위치정보 등)를 보여주도록 설계하였다.



그림 6. 센서 데이터 및 DB 테이블  
Fig. 6 Sensor data and DB table

그림 7은 MES 시스템 개발에 따른 주요 기능에 대한 화면들로서 로그인 화면부터 유저관리, 자재 및 제품관리, 작업표준 및 생산관리, 통계관리 화면을 보여준다.

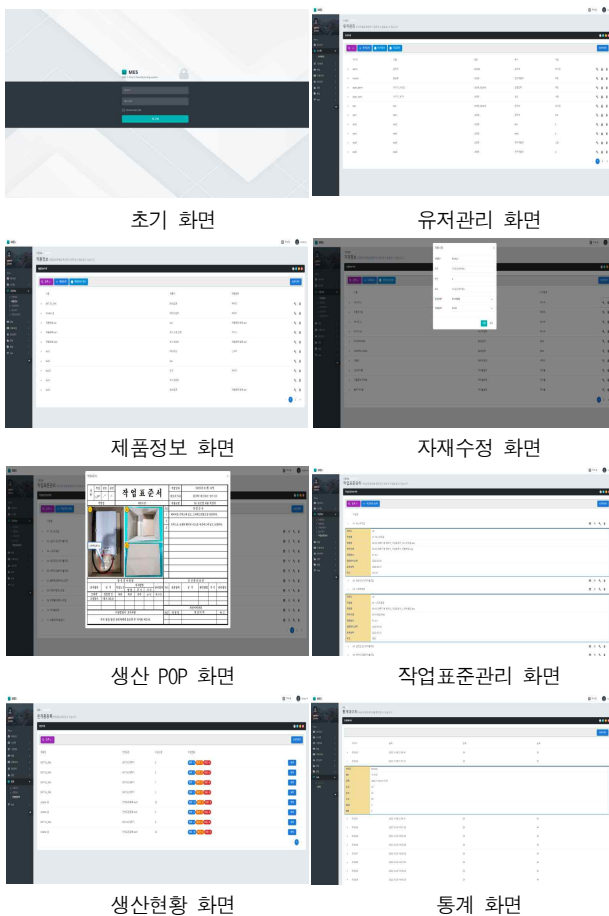


그림 7. 주요 기능에 대한 화면  
Fig. 7 Screen for main functions

### 3. 결론 및 향후 연구방안

본 연구에서는 MES의 주요 기능들을 중소 제조기업의 특성에 맞게 재구성하여 구축 비용과 노력을 최소화하면서 손쉽게 적용할 수 있는 MES 구축방안에 대해 제안하였다. 기존의 복잡한 메뉴 구조를 보다 단순화하여 소규모 제조기업 특성에 맞게 커스터마이징할 수 있는 기능이 부여되었으며, 또한 중소 제조기업을 대상으로 각 공정별 수집된 데이터를 기준으로 MES 시스템을 적용하는 과정에서 제기된 기업의 요구사항들을 적용하여 시스템을 구축하였다. 그리고 시스템 구축 이후에 운영 측면에서 개선해야 할 사항과 시스템 활용성에 대하여 고찰하였다.

향후에는 고도화된 MES 시스템과 디지털 전환을 통해 수집된 데이터를 기반으로 AI 예지보전 기술을 적용한다면 시스템 보급확산에 더욱 기여할 것으로 기대된다.

본 논문은 2022년 중소벤처부 창업성장기술개발 사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

### 참 고 문 헌

- [1] Guo Haixiang, et al., "Learning from class-imbalanced data: Review of methods and applications", Expert Systems with Applications, vol. 73, pp. 220-239, 2017.
- [2] S. G. Cho and S. B. Kim, "One-classification methods for process monitoring and diagnosis", IEEE Intelligent Systems, vol. 30, no. 6, pp. 16-18, 2015.
- [3] Van Tuan Do, Ui-Pil Chong, "Signal Model-Based Fault Detection and Diagnosis for Induction Motors Using Features of Vibration Signal in Two-Dimension Domain ", Journal of Mechanical Engineering, vol. 57, no. 9. pp. 655-666, 2011.
- [4] Oliver Mey, Deniz Neufeld, "Explainable AI Algorithms for Vibration Data-based Fault Detection: Use Case-adapted Methods and Critical Evaluation", MDPI-Sensors, vol. 22. no. 23, 2022.