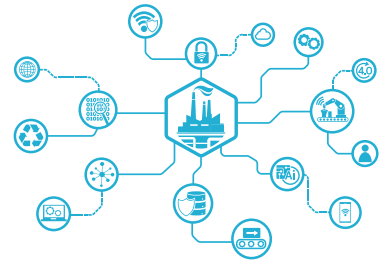


제조운업을 위한 스마트 공장 기술동향 및 구현방안



차석근 _ (주)에이시에스 부사장

1. 머리말

스마트 공장의 성공적인 구축에는 제조운영분야에 필요한 생산자원(4M1E) 데이터를 받아야 동적 계획, 인공지능 및 빅데이터 기술을 활용한 공장 전체의 최적화 시스템을 넘어 지능화 공장 구현이 가능하다. 이에 제조업의 제조운업을 위한 생산현장, 제조운업을 위한 스마트 공장 핵심기술 및 구축모델과 구축 시 고려사항을 설명한다.

2. 제조운업을 위한 생산현장 현황

2.1 시스템 모델관점에서 본 제조운영의 위치

제조운영은 [그림 1]과 같이 시장에 출하하기 위한 제품을 직접 생산하는 곳으로 주요 핵심 기능들을 포함하고 있다. 주문받은 제품에 대한 생산계획을 세우고, 원부 자재를 구매 및 조달한다. 공급받은 원부자재 및 에너지에 대해 소비 관리를 하며, 일부 제조 단계는 외주를 통해 해결한다. 공정 라인에서 제품 제조를 주관하는 생산관리를 실행하고, 균일한 품질 수준을 유지하며, 소요되는 비용에 대한 정보

를 통해 원가관리를 수행한다. 그리고 계획된 제품 유통을 위해 재고관리와 출하관리를 하고, 공정 라인들의 가동률을 최대화할 수 있도록 설비 유지보수를 수행한다.

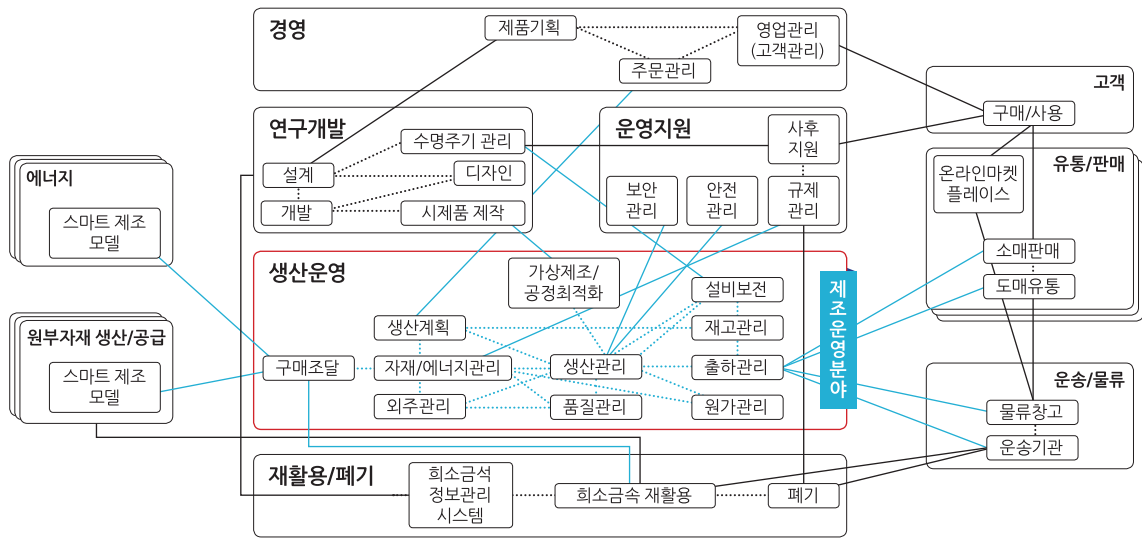
3. 제조운업을 위한 스마트 공장 핵심기술 및 구축모델

3.1 스마트 공장의 핵심기술

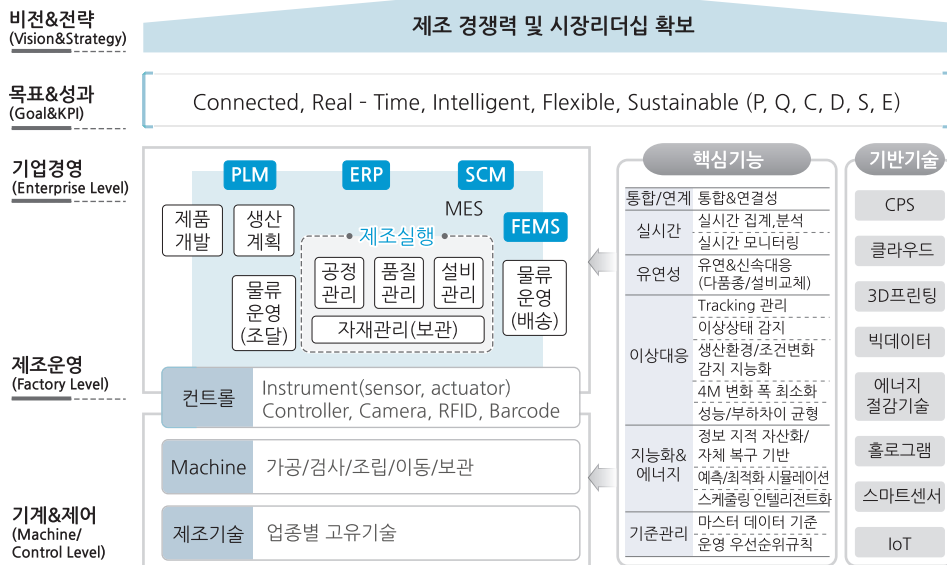
스마트 공장은 광의의 의미로는 제품의 기획·설계·생산·유통·판매 등 전 과정을 정보기술로 통합하여 최소의 비용으로 고객맞춤형 제품을 생산하는 공장의 운영시스템을 말한다. 또한, 협의의 의미로 정의한다면 생산자원데이터(4M1E: Man, Machine, Material, Method, Energy) 통합화를 통하여 제조·운업을 하는 시스템을 말한다.

모든 산업분야 중 제조업은 [그림 2]와 같이 생산성 향상, 품질개선, 비용절감, 납기단축, 안전관리와 에너지절감의 목표 및 성과관리 개선을 통한 경쟁력 및 시장리더십 확보가 요구된다.

요구사항을 위하여 실시간 집계분석과 모니터



[그림 1] 스마트 제조의 제조운영 시스템 모델

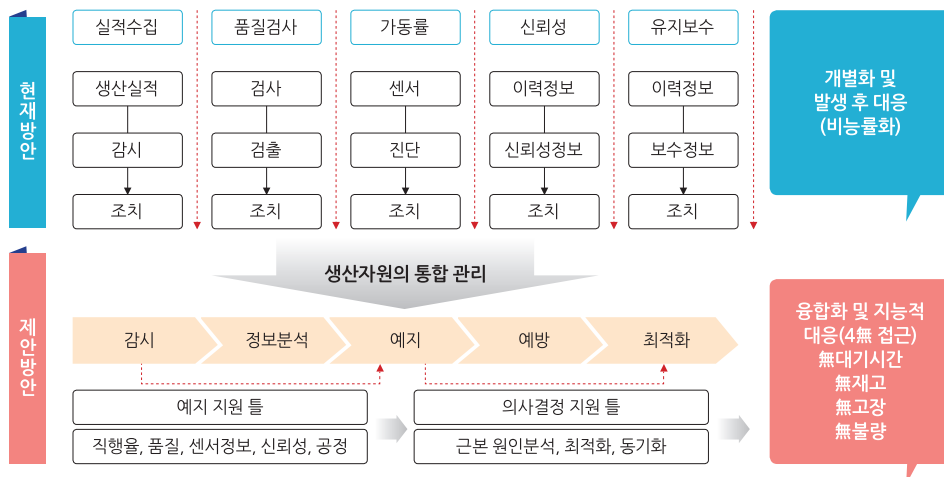


[그림 2] 애플리케이션 관점의 스마트 공장 핵심기술

링, 다품종 소량생산 대응을 위한 유연성, 이상대응과 지능화 구현이 필요하다. 가상물리시스템(Cyber Physical System), 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 인공지능, 스마트센서, 사물인터넷 등과 같은 최신 정보

통신 기반기술은 실시간, 유연성, 이상대응, 지능화, 에너지관리 및 기준정보관리로 통합과 연계된다.

이러한 핵심기능은 모든 제조업에 필요한 공급사슬, 수요예측, 납기약속 등을 지원하는 SCM(Supply



[그림 3] 제조운영에서의 생산자원(4M1E) 데이터 통합 방안

Chain Management), 기업자원관리를 지원하는 ERP(Enterprise Resource Planning), 제품설계에 폐기까지 관리되는 PLM(Product Lifecycle Management), 에너지관리를 위한 FEMS(Factory Energy Management System)과 제조운영을 위한 MES(Manufacturing Execution System) 애플리케이션과 통합 운영된다. MES는 제조관리의 기반 애플리케이션으로 IEC 62264 Enterprise-Control Integration 표준에서 제시하는 생산계획 및 일정, 생산품질, 설비관리, 공정재고 및 실적집계 기능으로 구성된다. 생산현장을 구성하는 생산자원 데이터의 실시간 통합과 상위의 ERP, PLM, SCM 및 FEMS와 실시간 데이터 통합이 필수적이다.

3.2 제조운영에서의 생산자원(4M1E) 데이터 통합화 필요성

대량생산방식에서 변종변량 제조환경이 발전을 하여도 가장 중요한 것은 시시각각으로 변화하는 생산현장의 생산자원을 생산성, 품질, 설비가동률 향상과 납기단축 등 관리의 핵심성과지표(KPI, Key Performance Indication) 실시간 데이터의 통합관리

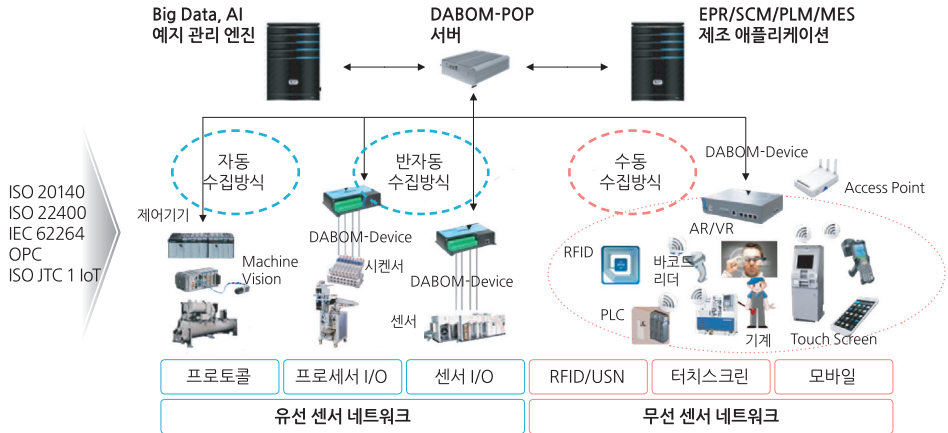
이다. 아무리 ERP, SCM, PLM, FEMS 등에 빅데이터, 인공지능 등 새로운 기술을 적용해도 스마트 공장의 제조운영에서 생산자원 데이터 없이는 사상누각이 된다.

그러나 [그림 3]과 같이 전체 제조업에서 필요한 관리는 현장에서 필요한 시스템을 중심으로 전체 통합관점을 고려하지 않고 구축되고 있어 제조업의 관점에서는 비능률로 운영된다.

효율적인 제조운영을 위한 생산자원(4M1E) 데이터 통합관리에는 산업별로 요구되는 핵심성과관리지표(예: 무대기시간, 무재고, 재고장, 무불량) 중심으로 정보관리가 필요하다. 생산자원(4M1E) 데이터 수집은 투자 대비 효과 중심의 경제적 논리 관리관점에서 직행률, 품질, 센서정보, 신뢰성 확보를 위해서 어떤 현장정보원으로부터 수집을 정의하는 것이 필요하다.

다양한 형태로 실시간으로 수집된 생산자원(4M1E) 데이터는 하둡, Spark 등 유연한 데이터 모델을 갖춘 고성능 비관계형 데이터베이스를 활용하는 빅데이터, 머신러닝, 딥러닝 알고리즘을 활용한 인공지능 등의 새로운 접근 방식을 통하여 품질, 비용, 공급 등 제조

정보원	내용
기계	동작횟수 가동시간 고장원인
설비	전압, 전류 유량, 압력 전력량
제품	위치, 특성 성능, 치수 제품명
작업자	Lot번호 시작/종료시간 불량코드 비가동사유
에너지	사용량 시간
생산자원 4M1E	



[그림 4] 생산자원(4M1E) 데이터 통합화 모델

관리항목에 대한 근본적 원인의 분석을 통하여 제조 운영의 최적화와 동기화가 필요하다. 제조운영 관점에서 표준화 적용을 위해 생산자원(4M1E) 기반 스마트 팩토리 정보 관리(TTAK.KO-11.0227/R1-Part1) 단체 표준으로 공시되었다.

제조업은 [그림 4]와 같이 생산기술의 정보화를 위하여 생산자원(4M1E) 데이터의 상세 정의가 요구되며, 산업별 특화된 생산방식, 생산설비, 운영방식, 생산제품의 특성에 따라 정보기술을 활용한 통합화가 가능하다.

생산자원(4M1E) 데이터의 통합화에는 크게 유선과 무선 네트워크를 활용하는 방식이 있는데 ZigBee, LoRa, 6LowPan, Bluetooth 등 근거리 무선센서 기술과 5G 등이 상용화되면 다양한 형태의 적용 방안이 급격하게 변화될 것이다[그림 5 참조].

특히 반도체, LCD 등과 같이 하이테크 분야의 고도의 복잡한 자동화 설비의 급속한 발전으로 정보시스템과 직접통신을 위한 SECS/GEM, OPC 등과 같은 설비와 네트워크 표준화 등을 통하여 자동수집이 가능하다. 그러나 다양한 산업분야에 필요성과 중요도에 따라 전체 적용 관점에서 살펴보면 자동화

수집 방식은 아직 한계가 있으나 표준통신을 지원하는 칩 혹은 디바이스 가격이 하락되면 급속한 보급이 예상되고 있다.

경제적 투자효율관점에서 보면 기존 생산설비에 추가로 센서 혹은 별도 제어기기를 부착하여 네트워크에 연결 가능한 사물인터넷으로 구현하는 반자동 수집 방법의 적용이 확대될 것이다.

제조업에서 표준 네트워크를 지원하는 자동화 설비가 도입되어도 작업자 운영편리성을 위한 정보기술의 활용은 스마트생산 고도화가 고려되어야 한다. 이를 위하여 작업자가 이동하면서 관리가능한 모바일 디바이스 적용, 간편한 터치스크린을 통한 작업자의 작업 내용과 보고, 반제품 추적을 위한 바코드 및 RFID 적용이 가능하다. 또한 초보 작업자도 고도의 복잡하고 어려운 작업을 간편하게 수행을 지원하는 AR/VR 등을 활용한 수동정보 수집을 위한 방법이 필요하다.

산업용 사물인터넷 기술을 활용하여 실시간으로 수집된 생산현장의 생산자원(4M1E) 데이터는 제조 정보시스템인 ERP, PLM, SCM, MES에 실시간 기본 정보로 제공되며, 최근 활용이 부각되고 있는 빅데이터 및 인공지능 활용을 극대화하며, 산업용 사물인



- 4M1E : Man, Machine, Material, Method, Energy
- PI : Process Integration
- DI : Digital Integration
- AI : Analog Integration
- UC : Unified Communication

[그림 5] 제조운업을 위한 IIoT/IloS 적용모델

터넷을 활용하여 글로벌로 분산된 생산공정을 CPS 기술을 활용하여 단일 시스템에서 효율적관리가 가능하도록 제공한다.

3.3 제조운업을 위한 IIoT/IloS 적용모델

[그림 5]에 제시한 적용모델은 다음과 같이 총 7가지 핵심 기능으로 구성된다.

① 4M1E 인터페이스 모듈

- SECS/GEM, OPC, TCP/IP, Modbus 등 다양한 고유 네트워크 프로토콜 통신
- Process I/O, Digital I/O, Analog I/O 등 다양한 센서 신호 입력
- ISO/IEC JTC 1 Sensor network 및 IoT usecase 국제표준 참조모델 적용

② 4M1E 실시간 정보통합 및 모니터링 모듈

- 4M1E 데이터 정의 및 실시간 데이터 편집
- 웹 및 앱 서비스 기능 및 외부 애플리케이션 공통 API

- ISO 22400(KPI for MOM), ISO 2140(에너지 원단위) 국제표준 적용

③ 생산성 예측

- 공정조건 데이터 이력관리 및 품질문제의 근본적 원인 파악
- 공정조건 실행 값 기반 시뮬레이션을 통한 품질불량 원인 예측

④ 예지 설비보전

- 설비보전 모니터링 기반 예지보전(사전조치)
- 설비 고장부분/유지보수 데이터화 및 특성정보 피드백 → 맞춤형 설비관리

⑤ 생산정보화 애플리케이션

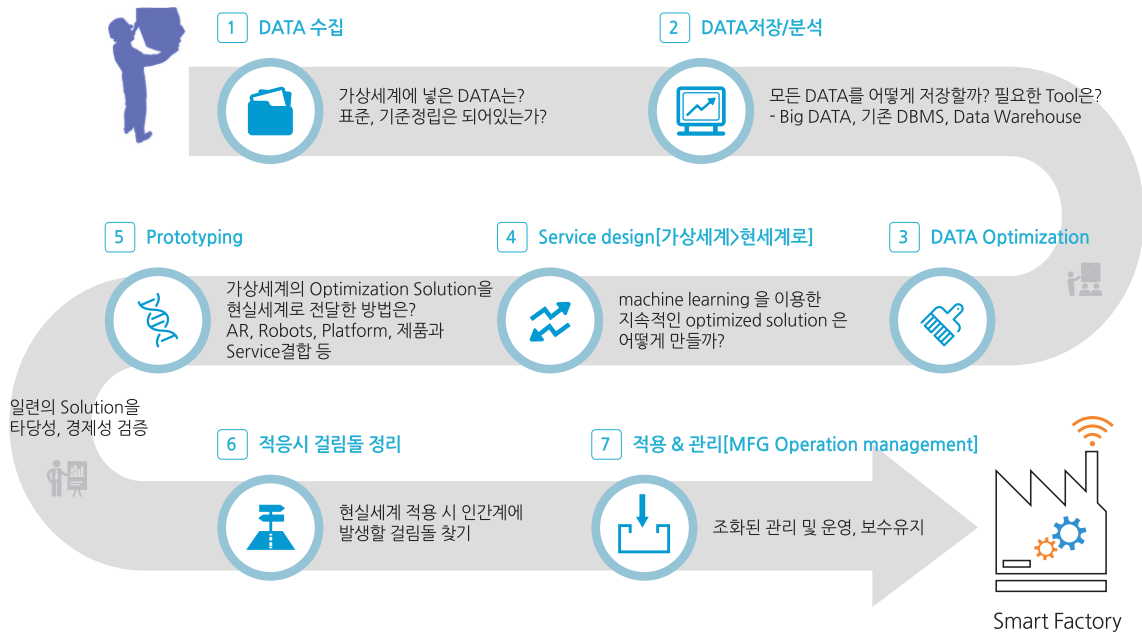
- 생산실적관리, 작업관리단위, 재고관리, 품질관리, 설비관리, 공장현황관리
- 산업별 애플리케이션 템플릿
- IEC 62264/ANSI ISA-95 국제표준 기능 적용

⑥ 생산정보화 웹/앱 통합 환경 지원

- UI(User Interface)/UX(User Experience) 컴포넌트
- 생산운영 데이터 웹 및 앱 지원 환경

⑦ 제조혁신 서비스 모듈

- 실적, 품질, 예지보전, 납기에 대한 실시간 핵심성과지표 관리
- 생산현장의 연속개선을 위한 표준관리 적용



[그림 6] 단계별 구축 방안

4. 제조운영을 위한 스마트 공장 구현 방안

제조운영을 위한 생산자원(4M1E) 데이터 통합화는 [그림 6]과 같이 공장전체의 데이터관리 관점에서 크게 보고 시작은 소규모로, 7 단계별로 구축함으로써 구축에 대한 위험요소를 감축할 수 있다.

5. 맺음말

다양하고 복잡한 생산현장에서 시시각각으로 발생하는 생산자원(4M1E) 데이터 통합화에는 암묵지의 생산기술(OT: Operational Technology)을 정보기술(IT: Information Technology)과 통합화를 통하여 프로세스혁신과 변화관리를 통한 형식지 구현을 위한 디지털 트랜스포메이션과 표준화 적용은 성공적인 스마트 공장 구현에 중요하다. TTA

[참고문헌]

- [1] 2018 표준기반 R&D로드맵 스마트제조, 2018. 5., 국가표준원 한국표준협회.
- [2] 스마트 공장 진단평가모델 개요 및 적용사례, 2016. 4., 한국생산성본부 스마트 공장팀 이정철.
- [3] 생산자원(4M1E) 기반 스마트 팩토리 정보 관리, 2017. 12., TTA 차석근, 유상근.
- [4] 제조혁신을 지원하는 센서연동 모바일 앱 개발 플랫폼 보고서, 2018. 6., ITEP.
- [5] 스마트공장 구현방안, 2018. 3., ACS 이상완.