

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.5.135>
JIIBC 2019-5-19

대한민국 중소기업을 위한 공정 시각화에 기초한 스마트팩토리 생산관리시스템의 설계 및 구축

Design and Implementation of Smart Factory MES Model Based on Process Visualization^a for Small and Medium Business in Korea

고정석*, 정종필**

Jeong-Seog Kho*, Jongpil Jeong**

요약 대한민국의 스마트팩토리 추진은 매우 중요한 시점에 와 있다. 국제 경쟁력 확보와 제조업 활성화를 위해 대규모 자금과 인력이 투입되어 IT와 OT의 결합을 추진하지만, IT 공급자 중심으로만 접근하는 소프트웨어 투자는 현장 실정에 맞지 않는 시스템 구축으로 끝날 수 있다. 이로 인해 제조업 현장에서는 스마트팩토리 추진의 반감이 커지거나 제조업 혁신의 피로감마저 느끼게 할 수 있는 문제점이 도사리고 있다. 소규모 기업은 기초 수준부터 점진하고 점진적인 통합형 시스템을 구축해야 IT 투자의 실패를 줄이고 현장에서 활용하는 OT 중심의 스마트팩토리를 구현해야 한다. 이를 위해 공정 시각화 솔루션을 제안하여 기초단계와 ICT 미적용 수준에서 한 단계 혁신하기 방안을 제시하였다.

Abstract South Korea's smart factory drive is at a very important point. While large-scale funds and manpower are invested to secure international competitiveness and revitalize manufacturing, software investments that are only approached by IT suppliers may end up creating systems that do not meet the actual conditions of the field. As a result, there are problems in the manufacturing sector that can cause consumers to feel the fatigue of innovation in the manufacturing sector. SMEs should check from scratch and establish a gradual integration system so that they can reduce failures in IT investments and implement OT-oriented smart factories that are well utilized in the field. To this end, a process visualization solution was proposed and a step-by-step innovation was proposed at the basic level and the ICT unapplied level.

Key Words : Process Visualization, Smart Factory, SMB, MES

1. 서론

스마트 팩토리는 2011년 독일 DFKI(독일인공지능연

구소)에서 'Industry 4.0'이라는 키워드를 제시하며 범국가적으로 이를 유럽 고유의 브랜드로 정착하고 자국 내 히든챔피언(강소기업)의 미래 제조 경쟁력을 유지하려는

*준회원, 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 석사과정
**정회원, 성균관대학교 스마트팩토리융합학과(교신저자)
접수일자 2019년 7월 2일, 수정완료 2019년 8월 13일
게재확정일자 2019년 10월 4일

Received: 2 July, 2019 / Revised: 13 August, 2019 /
Accepted: 4 October, 2019

**Corresponding Author: jpjeong@skku.edu
Department of Smart Factory Convergence, Sungkyunkwan
University, Korea

노력의 일환으로 전파되기 시작하였다^[1]. 또한 로봇 강국인 일본^[2]에서도 인구 노령화에 따른 제조 인력의 부족을 예상하면서 제조산업 경쟁력을 강화하려는 움직임 속에, 미래 비전인 소사이어터 5.0 구현^[2]의 4대 전략 분야 중 하나로 제조 생산성을 지목하고 공장의 스마트화를 본격 지원해 오고 있다. 중국 또한 2015년에 발표한 '제조 2025 전략'^[3]은 이미 중국 산업 정책의 핵심으로 자리잡게 되었고 그 연장에서 스마트공장의 육성에 많은 관심을 기울이고 있다.

우리나라에는 제조업 경쟁력을 강화해 산업 중흥을 이끌어내는 목적으로 제4차산업혁명위원회와 중소벤처기업부를 중심으로 강력하게 추진해 오고 있다. 하지만 아직도 많은 기업들은 스마트공장이 무엇인가 제대로 이해하지 못하고 사회 변화의 흐름에 떠밀려 무엇인가 하지 않으면 안된다는 막연함 속에 있는 것이 정확한 실정이다.

이에 따라, 현장과 관리자 사이의 의사소통을 어떻게 개선할까의 문제 의식을 가지고, 스마트팩토리융합학 전공자의 시각으로 스마트공장 확산을 위한 방안을 고민하였고, 제조 기업 경영자와 근로자, 산업 중흥을 이끌어 가려는 정부의 방향 모두가 만족할 수 있는 방안이 무엇일까 모색하였다.

2절은 국내 스마트공장 추진 현황을 살펴보고 중소기업 그중에서도 기초수준, ICT 미적용된 공장 관점에서 스마트공장 확대를 위한 방안을 제안한다.

II. 관련 연구

1. 스마트팩토리 추진 현황

대한민국 정부는 2017년 10월부터 대통령 직속으로 4차산업혁명위원회를 만들었고 과학기술정보통신부를 중심으로 미래전망, 문제분석 후 핵심과제를 도출해 지원하는 형태의 역할을 하고 있다. 인공지능과 빅데이터, 초연결^[4] 등으로 촉발되는 지능화 혁명을 기점으로 바이오, 에너지, 지구공학, 우주기술 등의 융복합 발전을 이끈다는 비전을 제시한 바 있다. 또한 혁신성장 가능분야의 과제별 정책화를 추진하면서 중소벤처기업부를 중심으로 스마트공장 확산 사업을 시행해 오고 있다. 스마트 팩토리의 수준별로 다양한 접근을 시도하고 있는데, 우선 정부의 스마트 제조혁신 전략은 표 1.과 같다.

표 1. 중소기업 스마트 제조혁신 전략
(자료: 중소벤처기업부)

Cha 1. SMB Smart Manufacturing Innovation Strategies
(Data: Ministry of SMEs and Startups)

중소기업 스마트 제조혁신 전략	
추진과제	스마트공장 3단계 보급(~2022)
	스마트공장 설비 투자자금 2조원 지원
	지자체 참여형 보급모델 도입
	스마트 산업단지 10개 조성
기대효과	스마트공장 전문인력 10만명 양성
	중소기업 50% 스마트화 달성
	일자리 6만 6,000개 창출
	제조업 매출 18조원 확대

2017년 대한민국 정부(중소벤처 기업부)에서 정의한 스마트공장은 “제품의 기획, 설계, 생산, 유통, 판매 등 전 과정을 IT 기술로 통합, 최소 비용 및 시간으로 고객맞춤형 제품을 생산하는 공장으로서 공정자동화 및 다품종 생산에 대응하는 유연생산체계^[5] 등을 통해 생산성 향상, 에너지 절감, 인간 중심의 작업환경 등을 지향” 한다. 또한 미래 지향적 생산 패러다임인 스마트공장을 국내 제조업의 현실에 맞게 적용함으로써 수요와 공급 산업의 동반 성장을 기대할 수 있고, 제조업 산업 수요와 현황을 바탕으로 업종별·수준별 다양성과 복잡성을 고려하여 적용 가능한 형태로 구체화가 필요함, 이라고 정의하고 있다. 즉, 공장에서 이루어지는 모든 과정을 자동화와 지능화로 결합하고, OT(Operation Technology) 현장에 IT 기술을 접목하여 그 생산성을 향상시키는 일련의 모든 활동이라고 할 수 있다. 그렇게 함으로써 제조업의 기반을 강화하여 생산성을 높이고 제조기업의 경쟁력을 강화하려는 노력은 매우 타당하며, 제4차 산업혁명의 모든 기술을 총동원한 최첨단 융복합형 사업이 스마트공장 보급·확산 사업이라고 할 수 있다.

2. 제조 공정 시각화의 장점

제조 공정을 시각화^[6] 한다는 것은 말 그대로 제조 현장의 각 단계를 효율적인 도구를 동원하여 눈으로 보고 바로 이해할 수 있는 개선을 의미한다. 마치 도로 곳곳에 설치한 교통 신호등과 같이, 따로 말이 필요하지 않으며 단순하고 명료한 전달이 가능하고 직관성을 높일 수 있기 때문에 기초수준은 물론이고 중간수준과 고도화 단계에 이르는 공장에서도 시각화로의 개선은 꼭 필요한 과정

이라고 할 수 있다. 우리 인간의 뇌는 사물을 언어와 형태로 인식하는 각각의 기능을 수행하는데, 그림 1.과 같이 같은 사물을 보더라도 그것의 이름을 문자로 보거나 소리로 듣고 인지하는 것보다는 그림이나 사물을 보는 즉시 인지할 수 있다. 시각화 도구는 신속하고 직관성을 높일 수 있기 때문에 오해를 유발하지 않는다는 장점을 가질 수 있다. 이처럼 공정 데이터의 시각화는 다른 수단, 즉 언어나 문장 또는 수치화된 가공된 데이터보다 더 정확하고 빠르게 그 의미를 전달할 수 있고, 결론적으로 생산 현장의 정확한 의사소통을 도울 수가 있다.

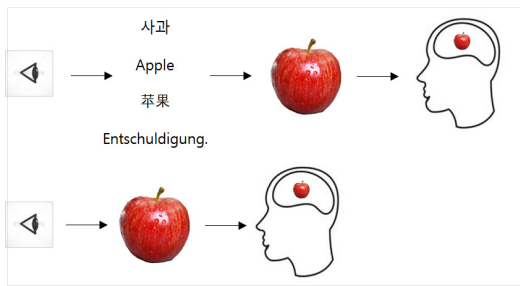


그림 1. 시각화를 통한 뇌의 사물 인지 단계 축소 과정
 Fig. 1. The process of reducing the brain's perception of things through visualization.

3. 공정 시각화 사례 및 장점

자동차와 같이 사람의 생명을 좌우할 수 있는 고가의 물건은 불량률에 따라 기업의 손익에 큰 영향을 줄 수 있다. 많은 자동차 회사에서 조립 공정은 수작업의 비중이 높아져 가고 있는데, 그 이유는 생산하는 제품의 종류가 다양해지고 고급화 됨에 따라 커스터마이징 사양, 즉 선택 사양이 많아지고 더 복잡해져 가기 때문이다. [7]

제조 공장의 일부 공정에서 시각화 도구를 사용한 사례는 독일 자동차 공장에 적용해 초기 불량률을 찾아내기 위한 목적으로 사용된 바 있다. [8] 많은 자동차 회사에서는 불량률에 따라 기업의 이익에 미치는 영향에 큰 차이가 있기 때문에 불량률 0에 도전하고 있으며 [9], 발견하는 단계가 뒤로 갈수록, 즉 후공정에서 발견될수록 재작업 비용이 더 증가하기 때문에 초기 불량률 발견하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 그래서 독일 슈투트가르트의 모 자동차 공장에서는 사람이 직접 손으로 조립하기 시작하는 공정의 처음부터 시각화 시스템을 구축하여 시행하였다. 그 결과 다양한 장점이 확인이 되었다. 해당 논문에 따르면 시각화 시스템 적용 전후에 각 항목별 증감률이 아래와 같이 긍정적인 효과가 있는 것으로 드러

났다. [8]

표 2. 시각화 시스템 적용 전후 항목별 변화

Cha. 2. Itemized changes before and after the visualization system is applied

항 목	증감률
자동차 문 불량률 감소	12.7%
라인 내 불량 통보 증가	8.3%
문제 해결 평균 시간 축소	4.6%
재작업 비용 감소	9.8%
상호 협업으로 인한 작업자 만족도 상승	

III. 공정 시각화 중심의 중소기업 스마트팩토리 모델

국내 대기업은 글로벌 경쟁력을 높이기 위하여 자체적으로 연구 개발 역량과 투자를 늘리고 있고, 스마트공장 추진도 제4차 산업혁명이라는 바람이 불기 이전부터 잘 진행해 오고 있다. 따라서 여기서는 중소벤처기업부의 관심과 올바른 가이드가 필요한 중소기업 관점에서 어떻게 시각화 관점 시스템으로 스마트공장을 추진해야 할 것인지의 나름의 의견을 제시하고자 한다.

1. 공정 시각화 중심의 스마트팩토리 구조

모든 제조 공장은 원자재 창고와 완제품 창고를 별도로 보유하고 BOM(Bill Of Material) 같은 기준 정보를 ERP(Enterprise Resource Planning) 시스템에 등록하고 관리해야 하지만, 많은 경우 아직 ERP와 MES(Manufacturing Execution System)를 도입하지 않은 기업도 많다. 제조업은 자재 창고와 완제품 창고 사이에 각각의 제조 설비를 구비하고 자동화나 반자동화, 또는 수작업의 생산 과정을 거치게 되어 있다. 각 공장의 생산 공정은 업종별로 다를 지 몰라도 원자재 투입과 생산, 그리고 완제품 입고의 과정은 모두 동일하다. 위 그림과 같이 각 설비에서 자동으로 데이터를 수집할 수 있다면 또는 POP(Point Of Production)를 적용해 바코드로 공정 데이터를 입수할 수 있다면 꽤 발전된 단계라고 할 수 있다. 하지만, 기계를 가공하거나 세팅박스 등 일반 IT 제품 조립 등의 공장에서는 수작업에 의존하는 경우가 아직도 대부분을 차지한다. 따라서 그러한 공정에서는

일정한 생산계획을 수립하여 할당받은 작업량을 이행함에 있어 그 아이템과 순서, 또는 물량의 지시를 받을 때 종이에 작성된 작업지시서와 말로 전달받는 것이 일반적인 경우이다.^[10]



그림 2. 공정별 배치의 예 (시각화용 태블릿PC 설치)
Fig. 2. Example of process-specific layout (with visualization tablet PC)

ICT 미적용 공장에서는 일별 생산 계획을 말로 전달하므로 관리자와 작업자 간에 오해가 생길 수 있고 공정 시간과 생산 실적을 정확히 측정하지 못하여 사후 분석과 개선이 불가능하다. 또, 작업지시서를 종이에 기록해 전달하는 경우, 작업 중인 재공품을 따라 종이 가 같이 이동하므로 최종 완제품으로 입고되기 전에는 어디서 지체가 되는지, 어떤 문제가 생겼는지 전혀 알 수가 없다. 이처럼, 실시간 작업 현황을 알고 싶거나 문제가 있을 때 작업자와 관리자 사이의 실시간 연락과 의사소통이 불가하므로 생산성 향상을 피하기 어렵다.

이것을 개선하기 위하여, 시각화를 강조해 제안하려는 방식은 다음과 같다. 기초 수준의 공장에서도 엑셀 정도는 모두 사용하고 있으므로, 생산계획을 수립하는 데 사용하는 엑셀을 그대로 사용하게 한다. 우선, 관리자가 엑셀로 작성한 작업지시서를 시스템에 업로드(작업 아이템과 공정 순서가 셀로 구분되어 화면에 보여짐)한다. 그와 동시에 화면이 공정별로 비치한 태블릿PC 화면에 나타난다. 그 작업지시서에 따라 작업을 시작할 때 작업자가 해당 공정(셀)을 터치하면 그 영역의 색상이 변하게 되고 또 작업을 종료할 때 그 공정(셀)을 터치하면 다른 색상으로 변하게 된다. 이 과정을 통해 각 공정의 진행 상황을 동시에 다른 화면과 관리자 화면에서 모니터링할 수 있게 되며, 디지털화 과정을 통해 동시성, 실시간성을 얻을 수 있게 된다. 또한, 시스템에서 터치 시간을 모두 DB로 저장하고 각 로그를 시간별로 분석해 공정별 평균 시간과 대기 시간을 보고서로 제공할 수 있다. 이 모든 과

정을 통해 교통 신호등과 같은 직관성을 얻을 수 있고 동시에 작업자와 관리자 사이에 기본적인 의사소통이 가능해지게 된다. 만일 어떤 공정에 문제가 생겨 작업이 중단되면, 다음 단계 작업이 바로 시작되지 않음을 알 수 있도록 붉은색으로 경고 메시지를 보낼 수 있다. 그 상황이 되면 사전에 입력한 관리자에게 알림메시지를 보내고 작업자 주변의 전화나 휴대폰 등을 통해 직접 통화를 하면서 상황 파악과 작업과 관련한 다른 지시를 내보낼 수 있도록 물리적 환경을 동시에 개선하도록 하면, 간단하지만 큰 효과를 얻을 수 있는 스마트한 공장 현장을 구현할 수 있을 것이다.

사전에 하드웨어를 설치해야 하는 사항은 그림 2.에서 표시한 것과 같다. 어느 공장이나 자재 창고로부터 완제품 창고까지 몇가지 단계의 공정을 거치는데 각 설비 옆에 태블릿PC를 설치하고 또 가능하다면 전화를 같이 설치하는 것이 좋다. 태블릿PC는 유선 또는 와이파이 등 무선 통신을 할 수 있는 환경을 구성해야 하고, 해당 시스템은 웹 또는 앱으로 구현해 언제 어디서나 시스템을 사용하도록 편의성을 높이는 것이 중요하다. 또한 작업장 곳곳에 대형 모니터를 설치해 전 공정 상황을 푸른색, 파란색, 노란색 등으로 구별해 단지 색상만으로 공장 가동에 이상이 있는지, 없은 지를 파악할 수 있게 하고, 노란색, 붉은색 등 이상 징후가 파악되는 즉시 그곳에 연락하여 문제를 해결하고 대안을 수립하는 공장 환경을 구현한다면 스마트한 공장의 첫 단계에 진입할 수 있을 것이다.

2. 세부 프로세스

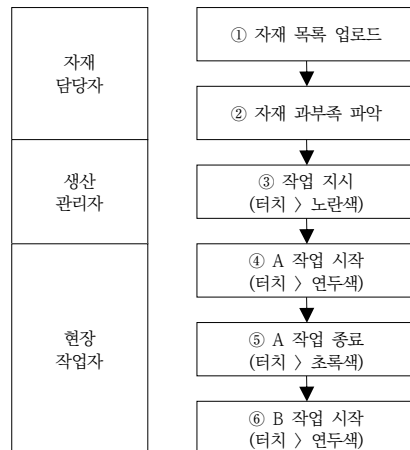


그림 3. 업무 순서도 (자재 과부족 파악, 작업지시, 공정확인)
Fig. 3. Order of work (identify material shortage, order work, and check process)

가. 사용자별 역할과 업무 순서

- (1) 자재 수량, 완성품 코드, 공정별 순서를 기본 테이블(Excel)로 구성 (자재, 생산관리자)
- (2) Excel 테이블을 시스템에 업로드하면 화면에 디스플레이 됨 (추후 ERP와 연계해 Excel 수준을 벗어나도록 DBMS로 변경 개발 가능함)
 ※ 자재목록을 엑셀로 업로드하고 화면에 디스플레이 된 이후, 간단한 변경은 다시 엑셀을 수정하지 않고, 곧바로 화면의 해당 셀(영역)을 터치 후 드래그하여 위치를 바꾸어 작업 우선 순위를 바꿀 수 있음 (DB구조 변경)
- (3) 납기 우선 순위별로 완성품 리스트를 관리하고 자재가 부족한 경우 붉은색으로 표시됨
- (4) 자재가 모두 준비된 상태라면 작업을 지시 (관리자가 셀을 터치하여 작업지시서 하달)
- (5) 첫 번째 작업자가 작업 시작하면서 해당 셀 터치 (연두색으로 바뀜, 작업 진행임을 표시)
- (6) 작업이 완료되면 다시 셀을 터치 (초록색으로 바뀌고 해당 작업 완료됨을 표시)
- (7) 두 번째, 세 번째 작업자도 위 5) ~ 6)과 같이 작업의 시작과 종료 때 화면을 터치함

찬가지로 공정에 대한 표시를 하고 넘기기 때문에, 중앙에서는 현재 어느 단계의 생산이 진행되는 지 알 수가 없고, 모든 가공과 조립, 그리고 테스트가 종료된 후 작업지시서가 회수되어야만 그 사이클이 종료되고 제품에 따라 2~3일 동안 재공이 어느 공정에 흐르고 있는지, 작업이 중단되고 있는지를 실시간으로 파악할 수 없는 문제점이 있었다. 물론 문제가 발생하면 작업자가 관리자에게 찾아가 보고하고, 수시로 관리자가 순찰을 하며 이상 여부를 파악하고 있었지만, 디지털화되지 않은 상태의 공장 상황이 그러하듯이, 기록과 데이터에 의한 체계적이고 과학적인 관리가 아쉬운 상황이었다. 매출 규모 100억 원 이상의 현장임에도 불구하고 ERP와 MES를 도입하지 않았고, 모든 관리가 엑셀과 종이로만 운영되는 현장인 것이다. 이를 개선하기 위해 현장 면담을 마치고, 각 공정의 흐름을 실시간으로 보여줄 수 있도록 앞 장에서 언급한 바를 제안하였고, 공정별 작업자의 간단한 행동 변화에 의해 실시간 현황을 모두가 확인할 수 있는 환경을 구성 하하기에 이르렀다.

적용 후 모든 영역에서 크게 만족해 하였고, 추후 스마트공장 적용에 적극 나서기로 하며 일단 사용 중 문제점이나 어려움이 발생한다면 그때 다시 업데이트하면서 지속적인 유지 보수를 진행하기로 하였다.

IV. 구축 사례 및 중소기업 스마트공장 추진의 문제점

4절은 공정 시각화를 시범 적용한 과정과 그 정성적인 효과를 서술하고, 기존 공장 즉 시각화 솔루션 이전에 스마트 공장 보급·확산 사업을 시행하는 과정에서 드러난 문제점 몇가지를 지적하였다.

1. 공정 시각화 솔루션 적용

대학원 현장실습 과정 중 연결된 모 밸브를 제조하는 연 100억 원 매출 규모의 중소기업을 방문하였고, 자재 담당자와 생산 관리자와의 면담을 통하여 당면한 어려움을 먼저 조사하였다. 모든 생산 아이템이 수십 종에 이르지만, 모두 동일한 금속 가공, 조립, 검사의 생산 절차를 통하지만, 작업지시서를 엑셀로 작성하고 생산자에게 전달하는 방법은 A3 용지에 인쇄하여 전달하는 상황이었고, 각 제조 담당자가 작업 후 종이에 해당 작업을 마쳤다는 표시로 큰 점을 찍어서 다음 단계의 작업자에게 재공품과 함께 전달하고 있었다. 그 다음 담당자도 그와 마

그림 4. 시각화 적용 화면 디자인
 Fig. 4. Screen design with visualization

2. 중소기업 스마트공장 추진의 문제점

일반 제조 공장에서 생산관리시스템을 도입하고자 할 때 공통적으로 겪는 어려움을 정리함과 동시에, 현재 IT 관련 사업 형태를 정리하면 다음과 같다. 우선, 수많은 스마트공장 공급 기업이 있으며 그것은 하드웨어와 소프트웨어 공급업체로 나눌 수 있다. 여기서는 IT 최첨단 기술로 무장한 소프트웨어 업체를 중심으로 논하기로 한다. 많은 IT 개발기업 또는 SI(System Integration)^[11] 업체들은, 삼성과 현대와 같은 대기업의 정보기술 부서 경력자가 퇴직 후에 독립 회사를 만들거나 또는 하청 업체

의 고위 임원으로 이직하면서 대기업의 정보기술 수요에 대응하기 위한 목적으로 자리잡고 확대되어 왔다. 또 다양한 외국계 IT 기업 출신의 전문가 집단이 모여 그 관리 하에 개발 인력을 아웃소싱하거나 임시직으로 고용해 대기업 및 그 계열사에 투입하는 회사를 설립하기도 한다. 이것이 그 자체로 문제가 있다기보다는, 대규모 투자로 진행되는 대기업의 각종 시스템을 스마트공장의 표준 모델로 상정하여 그것을 타 기업으로 확산하기 때문에 중소기업 또는 그보다 규모가 더 작은 영세 업체에 그대로 적용하면서 크고 작은 부작용을 야기한다는 것을 지적하고 싶다. 쉬운 예를 들자면, 동네에서 피자를 주문 받아 배달하는 데에는 소형 오토바이를 사용하는 것이 일반적이는데 대형 덤프 트럭을 타고 피자를 배달하러 가는 상황이 많이 벌어진다는 것이다. 다시 말해, 중소기업 이하 소규모 공장에서는 10가지 공정 중에서 하나 둘 정도만 우선 개선하고 공장 작업자의 수준에 맞춰서 교육과 실습, 실행을 병행해야 한다. 하지만 많은 경우 대기업에서 사용하는 MES나 CRM(Customer Relation Management) [12], QMS(Quality Management System) [13], PLM(Product Lifecycle Management) [14] 등의 규모가 큰 시스템을 일부 기능만 제거하고 도입시키는 경우가 있었다. 이것은 공급 기업 즉 IT 기업의 입장만을 고려한 영업의 결과였고, 중소기업은 정부의 지원과 각자의 투자를 통해 도입한 시스템이 현실과 많이 많은 획일적이고 어려운 시스템이었다는 것을 나중에야 알게 되는 일이 발생하였다. 각 업종과 현장의 기존 작업 방식이나 노동의 효율성과는 무관한 투자였고 결국은 그 중의 일부 기능만 사용하면서 버려지는 시스템으로 전락하고 만다는 것이다. 이런 잘못된 적용의 원인은 IT 전문가 집단의 생산 현장에 대한 무지가 가장 크며, 충분하지 않은 PI, 그리고 시한에 쫓겨 서둘러 프로젝트를 종료한 것이 많은 원인을 차지한다. 거기에 IT 개발자들의 불필요한 고집도 한몫 거드는 측면이 있는데, IT 전문가나 개발자가 없어도 그 시스템이 잘 돌아가게 하기보다는 설치 이후에도 자기들의 역할이 유지되게 하도록 교묘하게 시스템을 어렵게 만드는 성향이 있다고 한다. 또 사용을 불편하게 하려는 의도는 없었더라도, 새로운 기술을 테스트하고 도입해서 자신의 자존심을 높이고 자랑하기 위한 목적도 숨어있다는 것을 고백하는 개발자를 종종 만나게 된다.

3. 해결 방안

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 IT 개발자 출신 또는 IT 전문가에게만 스마트공장 시스템 적용을 맡길

것이 아니라, 다양한 현장 경험이 있고 IT 혁신 경험이 많은 프로젝트 매니저를 더 많이 육성하고 스마트공장 소프트웨어 공급 시장으로 투입시켜야 한다. 현장 경험이 있으면 더 좋겠지만 또 IT 기술을 전혀 모르는 인력보다는, IT와 OT의 완전한 결합과 그 시너지를 내기 위해서는 반드시 현장 인력과의 소통을 원활하게 하고, 각 산업군의 제조 특징을 이해하고 프로세스의 개선과 표준화 작업 등을 현장과 같이 호흡하며 교육시켜 나가는 것이, 소프트웨어 개발과 시스템 적용 이전에 해결해야 하는 일이다. 그러면서 스마트 팩토리화를 위해 필요한 현장의 생산 과정의 데이터를 수집하는 1단계의 적용부터 원활하게 이뤄져야만, 그 다음 단계로 발전해 나갈 수가 있다.

또, MES(생산관리시스템)는 ERP 없이 독자적으로 돌아갈 수 없고, 고객의 수요와 구매, 발주를 연결하는 Supply Chain이 없으면 스마트공장의 중간 수준에 도달할 수 없다. 앞에서 언급한 바와 같이 대기업 기준의 ERP나 SCM, MES는 가격도 비쌀뿐더러, 아무리 커스터마이징을 해도 그 획일성의 불편함을 제거하기는 근본적으로 어렵다. 따라서 가볍고 확장성이 용이하며 꼭 필요한 모듈별로 선택적인 도입이 가능하도록 설계한 ERP, SCM을 통합한 한국형 스마트공장 MES 도입이 꼭 필요하다고 하겠다.

V. 결 론

이상과 같이 4차 산업혁명 기술을 통한 제조 산업의 근본적인 변화와 국내 스마트공장 추진의 현황, 그리고 그 문제점에 대한 내용을 점검하였다. 또한 공정 시각화를 통해 ICT 미적용 공장을 디지털화할 수 있는 구체적인 기술적인 접근을 제시하였고, 국내 스마트공장 도입 초기에 겪은 어려움과 불편함을 간단히 기술하고 그 원인을 나름대로 분석해 보았다. 그 문제의 핵심은 IT와 OT의 결합이라는 스마트 팩토리 추진의 목표에 걸맞은 산업생태계 환경의 구조 조정이 필요하다는 분석과 함께, OT 중심 즉 현장 중심의 PI를 통해 극복할 수 있다는 해결방안을 제시하였고, IT 인식 개선 및 단계적인 접근과 ERP, SCM 통합형 생산관리 시스템까지 제안하였다.

이러한 복합적인 상황을 고려해 스마트공장 보급·확산 사업이 원활하게 추진되어 비효율과 낭비, 중복 투자를 줄이고 기초 수준의 국내 공장에 실질적인 도움이 되고 기초단계는 중간단계로 도약하고, 중간단계는 고도화 단계로 성장하는 계기가 되기를 바란다.

References

- [1] LEE, Jay; KAO, Hung-An; YANG, Shanhu. Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia Cirp*, 2014, 16: 3-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
- [2] Wang, X., Li, L., Yuan, Y., Ye, P., & Wang, F. Y. (2016). ACP-based social computing and parallel intelligence: Societies 5.0 and beyond. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 1(4), 377-393. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trit.2016.11.005>
- [3] Li, L. (2018). China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of "Made-in-China 2025" and "Industry 4.0". *Technological Forecasting and Social Change*, 135, 66-74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.028>
- [4] Yin, H., Guo, D., Wang, K., Jiang, Z., Lyu, Y., & Xing, J. (2018). Hyperconnected network: A decentralized trusted computing and networking paradigm. *IEEE Network*, 32(1), 112-117. DOI: <https://doi.org/10.1109/MNET.2018.1700172>
- [5] Yadav, A., & Jayswal, S. C. (2018). Modelling of flexible manufacturing system: a review. *International Journal of Production Research*, 56(7), 2464-2487. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1387302>
- [6] Wills, G. J. (1999). NicheWorks—interactive visualization of very large graphs. *Journal of computational and Graphical Statistics*, 8(2), 190-212. DOI: <https://doi.org/10.1080/10618600.1999.10474810>
- [7] Michalos, G., Makris, S., Papakostas, N., Mourtzis, D., & Chrysolouris, G. (2010). Automotive assembly technologies review: challenges and outlook for a flexible and adaptive approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2(2), 81-91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2009.12.001>
- [8] Gewohn, M., Beyerer, J., Usländer, T., & Sutschet, G. (2018). Smart Information Visualization for First-Time Quality within the Automobile Production Assembly Line. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 423-428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.333>
- [9] Colledani, M., Coupek, D., Verl, A., Aichele, J., & Yemane, A. (2014). Design and evaluation of in-line product repair strategies for defect reduction in the production of electric drives. *Procedia CIRP*, 21, 159-164. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.186>
- [10] Prinz, C., Morlock, F., Freith, S., Kreggenfeld, N., Kreimeier, D., & Kuhlenkötter, B. (2016). Learning factory modules for smart factories in industrie 4.0. *Procedia CiRp*, 54, 113-118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.105>
- [11] Hasselbring, W. (2000). Information system integration. *Communications of the ACM*, 43(6), 32-36. DOI: <http://oceanrep.geomar.de/14608/1/CACM-HSI2000.pdf>
- [12] Souri, A., Asghari, P., & Rezaei, R. (2017). Software as a service based CRM providers in the cloud computing: challenges and technical issues. *Journal of Service Science Research*, 9(2), 219-237. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12927-017-0011-5>
- [13] Aggelogiannopoulos, D. R. O. S. I. N. O. S., Drosinos, E. H., & Athanasopoulos, P. (2007). Implementation of a quality management system (QMS) according to the ISO 9000 family in a Greek small-sized winery: A case study. *Food control*, 18(9), 1077-1085. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.07.010>
- [14] Abramovici, M. (2007). Future trends in product lifecycle management (PLM). In *The future of product development* (pp. 665-674). Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-69820-3_64

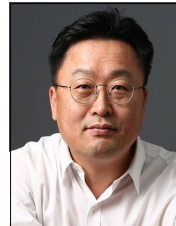
저 자 소 개

고 정 석(준회원)



- 1996년 ~ 2013년 : 삼성전자 DS부 문 메모리사업부
- 2017년 ~ 2018년: 시스코 시스템즈 코리아
- 2018년 9월 ~ : 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 석사과정 재학
- 주관심분야 : IIoT, 공정시각화, 빅데이터 분석, 스마트팩토리 등

정 중 필(정회원)



- 2008년 ~ 2009년 : 성균관대학교 컨버전스연구소 연구교수
- 2010년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신대학 겸 산학협력단 교수
- 2015년 ~ 현재 : 전자부품연구원 IoT 융합연구센터 전문연구위원
- 2016년 ~ 현재 : 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 사업총괄책임자
- 주관심분야 : 스마트팩토리, 모바일융합컴퓨팅, 센서 네트워크, 차량 모바일 네트워크, 네트워크 보안, IT융합, 인터랙션 사이언스, 스마트 헬스케어, IoT/M2M, 웨어러블 컴퓨터 등

※ 이 논문은 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2019-2018-0-01417).