사물인터넷융복합논문지 Vol. 9, No. 2, pp. 41-46, 2023 https://doi.org/10.20465/KIOTS.2023.9.2.041

스마트공장 운영 과정에서 나타나는 문제점 개선 방안

이동우[1], 이성훈[2*]
[1]우송대학교 컴퓨터정보학과 교수, [2]백석대학교 컴퓨터공학부 교수

Methods to Improve Problems in The Smart Factory Operation Process

Dong-Woo Lee[1], Seong-Hoon Lee[2*]
[1]Professor, Department of Computer Information, Woosong University
[2]Professor, Division of Computer Engineering, Baekseok University

요 약 스마트공장 구축 사업은 국내 및 국외에서 지속적으로 수행되고 있다. 특히 불확실성이 증대하는 시기에는 기업의 생산성 향상을 위해 스마트공장에 대한 관심이 높아지기도 한다. 현재 국내에서도 정부 주도의 스마트공장 구축 사업이 지속적으로 추진되어 오고 있다. 이러한 구축사업의 가시적인 성과가 생산성 향상, 품질개선, 원가 절감 등의 지표들에서 매우 긍정적으로 나타나고 있다. 반면에 스마트공장 구축 후에 운영상의 어려움 등을 파악하는 설문조사에서는 다양한 내용들이 나타나고 있다. 본 연구에서는 2017년과 2020년에 시행된 설문조사 내용에 나타난 시스템 구축 후 운영상의 어려움(문제점)등을 분석하여 이들에 대한 개선 방안을 도출하였다. 이러한 개선 방안들이 스마트공장 구축 사업의 해당 과정에서 시행된다면 기업들이 느끼는 운영상의 어려움 등이 감소될 것으로 보이며, 기존보다는 만족도가 높은 시스템이 구축될 수 있을 것이다.

주제어 : 스마트공장, 자동화, 시스템 운영, 사물인터넷, 지능.

Abstract Smart factory construction projects are continuously being carried out domestically and abroad. In particular, in times of increasing uncertainty, interest in smart factories is increasing to improve corporate productivity. Currently, the government-led smart factory construction project is continuously being promoted in Korea. The tangible results of this construction project are very positive in indicators such as productivity improvement, quality improvement, and cost reduction. On the other hand, various contents are revealed in the survey to identify operational difficulties after building a smart factory. In this study, we analyzed difficulties (problems) in operation after establishing the system shown in the survey conducted in 2017 and 2020, and derived improvement plans for them. If these improvement measures are implemented in the relevant process of the smart factory construction project, it is expected that the operational difficulties felt by companies will be reduced, and a system with higher satisfaction than before will be established.

Key Words : Smart factory, Automation, System operation, IoT, Intelligence.

*교신저자 : 이성훈(shlee@bu.ac.kr)
접수일 2023년 02월 14일 수정일 2023년 3월 14일 심사완료일 2023년 3월 17일

1. 서론

최근에 우리 주변 환경에서 일어나고 있는 국내/외적인 어려움은 우리 일상생활에 많은 악 영향을 미치고 있다. 우크라이나-러시아간의 전쟁으로 곡물가의 폭등으로 전 세계의 물가 또한 급등하였다. 또한 코로나-19등의 여파로 많은 제조업의 경영 환경은 많은 어려움을 겪고 있다. 세계적인 경영 환경의 변화는 우리나라에도 적지 않은 영향을 미치고 있다. 상대적으로 대기업보다는 대처 능력이 떨어지는 중소기업 등에서 이러한 어려움은 더욱 크게 나타나고 있다. 이러한 환경에서 기업들은 회생의 기회로 스마트공장 추진 사업과 같은 정부 지원 사업 등을 수행하고 있다. 스마트공장에 대한 정의는 매우 다양하다. 따라서 스마트 공장의 광범위한 정의에는 다양한 기술들을 포함한다[1-8]. 스마트 제조 운동의 일부 핵심 기술에는 빅 데이터 처리 기능, 산업용 연결 장치 및 서비스, 고급 로봇 공학, 3D프린팅, 빅 데이터 등이 포함된다[9,10]. 우리나라의 스마트공장 사업을 주관하는 스마트공장 사업 추진단의 스마트공장 의미는 정보통신 기술을 활용하여 제품에 대한 기획에서부터 판매까지의 모든 공정 과정에서의 지능화를 추구하는 형태로 나타나고 있다[11]. 전 세계적으로 스마트공장을 선도하고 있는 국가는 미국, 독일이다[2, 3]. 이들 국가들은 일찍이 스마트공장에 대한 개념 정립 및 정부와 민간간의 다양한 협력관계를 이루어 오고 있으며, 혁신적인 스마트공장의 성공을 위해 다양한 시도들을 시행하고 있다. 현재까지 이들 국가들은 스마트공장 추진 방향에서 분명한 차이점을 보이고 있다. 미국은 민간주도로 사업을 진행하고 있는 반면에 독일은 정부를 중심으로 인더스트리 4.0 정책을 진행하고 있다. Industry 4.0은 전략 프로젝트로서 목표는 제조공정에서 적응성, 자원 효율성 등을 특징으로 하는 지능형 공장(스마트 팩토리)을 구축하는 것이다[12]. 기술 기반으로는 사이버-물리 시스템과 사물 인터넷으로 구성된다.

본 연구에서는 그동안 스마트공장 추진과정에서 나타난 바람직한 면과 더불어 현장에서의 스마트공장 시스템의 적용상 애로사항에 대해 2017년, 2020년도 조사 내용을 기반으로 조사, 분석하였다. 이를 바탕으로 시스템 운영상의 문제점에 대한 개선방안을 기술하였다.

2. 스마트공장 운영의 주요 성과

국내의 스마트공장 사업은 2010년대 초반부터 당시 중소기업청 주관으로 지속적으로 추진되어온 사업으로, 제조공정의 혁신을 목적으로 현재까지 진행되고 있다. 이러한 사업추진 결과로서 나타나고 있는 긍정적인 효과로서 스마트제조 생산방식 체계로의 전환을 통해 생산성 증대, 원가절감 등 중소기업의 경쟁력이 크게 강화되었다[13]. 특히 마스크, 진단시약, 백신주사기 등 K-방역 관련 업종의 경우 단기간에 생산성이 향상되었다.

2019년도 중소벤처기업부에서 시행한 스마트공장 조사 분석 연구 보고서에 따르면, 스마트공장을 도입한 중소기업은 평균적으로 생산성측면에서 30%정도가 향상된 것으로 나타났다. 또한 품질개선측면에서도 43.5%가 개선된 것으로 조사되었다. 원가측면에서도 15.9%가 절감된 것으로 조사되었다. 이 조사는 '14년부터 '17년까지 스마트공장을 도입한 5,003개 기업을 대상으로 분석되었다[13].

2021년 중소벤처기업부에서는 2020년도 스마트공장 사업에 대한 성과 자료를 발표하였다[14]. 이 자료에 따르면 2020년도 스마트공장 사업은 3개 측면에서 성공한 것으로 발표되었으며 주요 내용은 아래 표 1과 같으며, 표 1에 대한 좀 더 구체적인 세부 내용은 표 2의 내용과 같다.

〈Table 1〉 Key details on smart factory performance

• Expansion of smart factory base
• Expansion of smart factories led by the private sector, such as win-win growth between large and small businesses
• Promptly respond to the spread of COVID-19 and present a successful K-quarantine model

〈Table 2〉 Details on smart factory performance

• Expansion of base for smart factories and smartization: Supply of 7,139 smart factories exceeding the target of 5,600
• Increase in upgrading rate: The upgrading rate was 25.5% (supported in 2019, built in 2020), an increase compared to 2019 (17.9%), and the cumulative upgrading rate (more than 1 in the middle) until 2020 was 22.1%
• Expansion by industry: distribution centered on major industries such as mechanical equipment 18.0%, automobile parts 10.1%, metal processing 13.8%, and electronic parts 6.1%
• The number of conglomerates participating in the win-win partnership between large and small businesses increased significantly from 10 in 2019 to 18 in 2020
• Suggest a successful model for K-quarantine, such as mass production system conversion, by promptly supporting large and small-medium sized smart factories in response to the rapid increase in demand for quarantine products due to the spread of COVID-19

지금까지 기술된 내용들은 스마트공장추진과정에서 나타난 긍정적인 효과들이다. 이러한 조사 결과 내용들을 종합적으로 기술하면 다음과 같다. 첫째로 가장 두드러진 특징으로는 기업들의 스마트공장 추진에 대한 저변확대라 할 수 있다. 이로 인해 전체 스마트공장 사업을 추진하는 기업들의 누적참여율이 증가하고 있다. 둘째로 대기업의 참여율이 증가하고 있다는 점이다. 연관성 있는 기업들이 대·중소 상생 형 형태로 민간주도의 스마트공장 확산을 리드하고 있다. 이러한 결과로서 스마트공장 도입 기업은 생산성 향상, 원가절감 효과 등을 이룬 것으로 보고되고 있다.

3. 문제점 및 개선 방안

3.1 운영상의 문제점 분석

2장에서는 국내에서 추진되고 있는 스마트공장 추진사업에 대한 몇 가지 객관적 자료를 근거로 한 사업의 긍정적인 면에 대해 기술하였다. 본 3장에서는 스마트공장 추진과정에서 나타나는 운영상의 문제점들에 대해 알아보았다. 이러한 운영상의 문제점들에 대한 데이터는 관련기관의 조사 자료를 기반으로 하였다[15]. 아래 표 3에서 기술된 내용은 2017년과 2020년도 중소기업기술정보진흥원에서 시행한 중소기업정보화수준조사 내용 중 스마트공장 구축 후 활용과정에서의 애로사항에 대한 조사 결과이다.

먼저 2017년도 조사에는 88개 제조 기업, 2020년도 조사에서는 231개 기업들이 참여하였다. 조사 데이터의 주요 내용으로는 기대하였던 사업개선 효과가 크지 않으며, 구축된 시스템의 결함 또는 불안정성이 나타난다는 점이다. 또한 구축시스템으로의 적용과정에서 요구되는 개선 및 유지보수의 어려움, 작업 프로세스가 구축 시스템의 기술과 잘 맞지 않아 적용하는데 어려움이 따른다는 점과 필요한 교육 및 구축 시스템의 운영 및 관리 인력의 부족, 직원들의 인식 부족으로 인한 소극적 참여 등의 내용들이 포함되어 있다.

〈Table 3〉 Difficulties in the Smart Factory Utilization Process

Contents	2020	2017
• Many and complicated tasks related to necessary training and work improvement	39.4	39.7
• Difficulties in improvement and maintenance required in the application process	20.8	45.4
• Difficulties to apply because it does not fit well with the existing business system	16.5	21.6
• Lack of expected work improvement effect	10.4	35.2
• Lack of operational and management personnel	10.4	31.8
• Defects and instability of the built system	8.2	28.4
• Passive participation due to lack of awareness by managers and employees	4.8	13.6
• Other and none	30.7	15.3

2017년도의 애로사항에 대한 조사 결과 순위로는 적용과정에서 필요한 개선 및 유지관리의 어려움, 복잡하고 많은 관련 업무, 기대되는 업무개선 효과 부족, 운영 및 관리 인력의 부족 등의 순으로 나타난 반면에 2020년도에서는 복잡하고 많은 관련 업무, 적용과정에서 필요한 개선 및 유지관리의 어려움, 기존 업무 시스템과 맞지 않아 적용이 어려움, 운영 및 관리 인력의 부족, 기대되는 업무 개선 효과 부족 순으로 나타났다.

2017년과 2020년도 조사 결과에서 나타나는 점은 상위에 랭크된 항목들에서의 순위 변동이 발생한 점과 전반적으로 각 항목에서의 비율이 2017년 보다 2020년도에 낮게 나타나고 있다는 점이다. 이러한 결과는 꾸준한 스마트공장 사업의 추진으로 부정적인 면이 감소된 효과로 볼 수 있다. 반면에 스마트공장 운영상의 주요 문제점들 중 상위에 랭크된 사항들이 2개 년도에서 유사하다는 점은 2017년 이후 기업들이 스마트공장 시스템을 운영하면서 나타났던 애로사항들이 2020년도 조사 이전까지도 개선됨이 미흡했다는 반증이 될 수 있다.

3.2 개선 방안

본 절에서는 3.1절에서 언급한 애로사항들에 대해 개선 방안을 기술하였다. 먼저 스마트공장 시스템의 적용과정에서 필요한 개선 및 유지관리의 어려움에 대한 개선 방안은 아래 표 4와 같다. 특별히 사업의 규모가 영세할수록 안정적인 시스템을 운영하기가 어렵다. 따라서 이를 해결하기 위해서는 전담 인력 확보 혹은 전문 업체를 통한 지속적인 유지보수 노력이 필요하다.

〈Table 4〉 Improvements required in the application process and improvement plans for maintenance difficulties

Plan	• Emphasizes the need for professional manpower for system improvement and maintenance prior to project implementation
	• Recommended to use a maintenance company for continuous maintenance

다음으로 필요한 교육 및 업무개선등과 관련한 많은 업무로 인한 운영의 어려움에 대한 개선 방안은 아래 표 5와 같다. 업무개선과 연관된 업무량이 많다는 문제점은 스마트공장 교육의 선행 시행으로 개선될 여지가 있다. 현재까지의 스마트공장에 대한 교육은 주로 시스템을 구축한 후에 교육을 진행하였다. 하지만 스마트공장 시스템의 효율적인 구축을 위해서는 초기단계부터 구성원들의 의견을 시스템에 반영하는 노력이 필요하다. 이렇게 함으로서 개발단계에서 업무개선 효과가 나타날 수 있다. 또한 참여하는 구성원들이 스마트공장 시스템에 대해 올바른 인식이 있을 때 얻어지는 개선 효과는 더 클 수 있다. 결론적으로 사전교육을 통하여 성공적인 시스템구축에 필요한 전제 사항들을 공유한 다음 구성원들이 시스템 구축과정에 참여토록 함으로서 업무개선 내용이 개발과정에 반영될 수 있는 환경을 만드는 것이다. 따라서 구축 후에 발생하는 업무개선등과 관련한 많은 업무의 문제점은 현재보다는 개선될 수 있을 것이다.

〈Table 5〉 Improvement plan for many complex and related tasks in education and improvement

Plan	• In general, education related to business operation is implemented after system construction, but prior to system construction, to actively participate in the system construction process to improve to play a constructive role

다음으로 기대되는 업무 개선 효과가 부족한 어려움에 대한 개선사항은 아래 표 6과 같다. 이 문제는 2가지 측면에서 발생할 수 있는 문제이다. 첫째로는 스마트공장 시스템 구축으로 모든 업무가 자동으로 처리될 것이라는 잘못된 인식에서 출발하는 기업들이 있다. 따라서 사업 시행전에 홍보과정을 통한 사고의 전환이 필요해 보인다. 둘째로 공급기업의 수행 역량에 따라 얻어지는 개선 효과는 다를 수 있다. 따라서 참여하는 공급기업의 수행 역량을 높이는 방안이 필요하다. 일례로 수행 역량이 높고 낮음에 따라 사업수행 빈도를 달리하는 방안 등을 고려할 수 있다.

〈Table 6〉 Improvement plan for lack of expected work improvement effect

Plan	• By establishing a smart factory system, it seems necessary to break away from the notion that all processes and information processing will be intelligent and automated. • Providing advance publicity and information on the fact that work improvement effects may appear differently depending on the degree of linkage work considering the mutual relevance of data and real-time linkage of automated facility data. • The improvement effect obtained may be different depending on the performance capability of the supplier. Therefore, it is necessary to improve the performance capabilities of participating suppliers. For example, a plan to vary the frequency of project execution according to high and low performance capabilities can be considered.

다음으로 기존 업무 시스템과 달라 적용이 어려움에 대한 개선사항은 아래 표 7과 같다. 스마트공장시스템 구축은 업무분석 단계부터 통합 테스트까지 도입기업과 공급기업간에 협업이 이루어진다. 이러한 협업 과정을 통해 업무에 대한 표준화 및 커스터마이징(customizing) 작업이 이루어진다. 따라서 스마트공장구축과정에서의 도입 및 공급기업간의 충분한 협업을 통해 관련 문제들이 해결될 수 있을 것이다.

〈Table 7〉 Improvement plans for difficulties in application unlike existing work systems

Plan	• Occurs because the existing work process is different from the processing process of the smart factory system
	• Problems can be improved by developing a smart factory system after implementing standard work for business processes before system construction

다음으로 운영 및 관리 인력의 부족에 대한 개선 방안은 아래 표 8과 같다. 결과적으로 시스템의 안정적인 운영 및 관리를 위해서는 전문 인력을 직접 채용하여 운영하거나 전문 유지보수 업체를 통한 관리 방안이 필요하다.

〈Table 8〉 Improvement plan for shortage of operation and management manpower

Plan	• Emphasizes the need for professional manpower for stable and continuous operation of the system during project promotion
	• Recommended to use specialized companies for continuous system operation and improvement when professional manpower is not secured

다음으로 구축 시스템의 결함 및 불안정성에 대한 개선 방안은 아래 표 9와 같다. 시스템의 결함 및 불안정성이 발생하는 경우는 시스템을 공급하는 공급기업의 역량 부족으로 발생할 수 있으며 혹은 도입 및 공급기업의 충분한 업무 협의가 부족해서 발생할 수 있는 내용이다. 따

라서 공급기업의 수행역량을 높이는 시스템 도입이 필요하다. 일례로 사업 성공 결과에 따라 사업의 수행 빈도를 연계시킬 수 있다. 또한 시스템의 구축과정에 도입기업 및 공급기업간의 충분한 업무 협의가 필요하다.

〈Table 9〉 Improvement plan for defect and instability of construction system

Plan	• Defects or instability of the established smart factory system can be caused by two factors
	• Failure or instability of the system may occur due to the lack of development capabilities of the partner company. As an improvement measure, the first step is to strengthen the performance capabilities of partner companies. In addition, it is possible to apply a plan to differentiate business opportunities based on accurate judgment on performance capabilities.
	• It is necessary to inform prior to project implementation that defects and instability caused by the adopting company can be resolved only when sufficient work analysis and design with the supplier is preceded in the system construction process.

4. 결론

스마트공장 구축사업은 전 세계적으로 일어나고 있는 공장의 스마트 화 작업이라 할 수 있다. 초기 공정의 자동화를 시작으로 다양한 센서를 통한 데이터 수집 및 인공지능 기술을 포함하는 방향으로 스마트 공장은 진화를 하고 있다. 정부에서도 스마트공장 구축사업을 지속적으로 추진해오고 있다. 이러한 구축사업의 가시적인 성과로 생산성 향상, 품질개선, 원가 절감 등의 지표에서 많은 개선이 이루어졌다.

한편 스마트공장 구축사업을 통해 시스템을 구축한 기업들을 대상으로 한 시스템 구축 후 운영상의 어려움에 대한 설문의 결과는 아직도 개선해야 하는 사항들이 존재함을 보여주고 있다. 본 연구에서는 설문조사를 통해 나타난 어려움들에 대하여 개선할 수 있는 방안들에 대해 기술하였다. 스마트공장 추진과정에서 개선 방안들이 반영된다면 좀 더 만족도가 높은 스마트공장 시스템이 구축될 것이다.

REFERENCES

[1] H. K. Lee, “Smart Factory Industry and Market Trends,” S&T Market Report, Korea Institute of Science and Technology Advancement, 2018.

[2] K. S. Jang, “Domestic and Overseas Smart Factory Trends,” KB Financial Holding Research Institute, www.kbfg.com/kbresearch, 2017.

[3] D. W. Lee, K. M. Cho and S. H. Lee, “Research on Efficient Smart Factory Promotion System in IoT Environment”, Journal of KIOTS, Vol. 6, No. 4, pp. 59-64, 2020.

[4] C. Yang, W. Shen and X. Wang, “The Internet of Things in Manufacturing: Key Issues and Potential Applications,” IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine. 2018.

[5] L. Yuqian, X. Xun and W. Lihui, "Smart manufacturing process and system automation – A critical review of the standards and envisioned scenarios". Journal of Manufacturing Systems. pp. 312–325, 2020.

[6] D. Jim, E. Thomas, P. James, B. John and S. Michael, "Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance". Computers & Chemical Engineering. FOCAPO 2012, p. 45–156, 2012.

[7] C. Leiva, "On the Journey to a Smart Manufacturing Revolution". www.industryweek.com. 2015.

[8] R. Sudarsan, "Smart Manufacturing Systems Design and Analysis" National Institute of Standards and Technology, 2014.

[9] J. Leveling, M. Edelbrock and B. Otto, "Big data analytics for supply chain management", 2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). pp. 918–922, 2014.

[10] W. Georgia, "The evolution of 3D printing in manufacturing". Manufacturing Global. BizClick Medial Limited, 2020.

[11] https://www.smart-factory.kr/smartFactoryIntro#

[12] H. Andrew, "Industry 4.0 is About More Than Data: 3D Printing in Manufacturing", LNS Research, 2017.

[13] Press release by the Ministry of SMEs and Startups, “Productivity increased by 30% and employment increased by 3 (4.2%) after the introduction of smart factories for small and medium-sized enterprises” 2019. https://www.mss.go.kr/site/smba/ex/bbs/View.do?cbIdx=86&bcIdx=1011893&parentSeq=1011893

[14] Ministry of SMEs and Startups press release, “Ministry of SMEs and Startups achieves 20,000 smart factories” 2021.

[15] https://kosis.kr/search/search.do;jsessionid=qxpB1l2NZuPiz6VE1zJ6a7ucKFXuxXtzJZ8gqCB4bB41e9FnbXtJM1zXG35Pe0Uz.STAT_SIGA1_servlet_engine1.

이 동 우(Dong-Woo Lee) [정회원]

- 1984년 8월 : 고려대학교 일반대학원 컴퓨터공학 (공학석사)
- 2005년 2월 : 고려대학교 일반대학원 전산과학과 (이학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 우송대학교 컴퓨터정보학과 교수

〈관심분야〉
웹기반분산시스템, 능동시스템, 데이터베이스, 컨버전스등

이 성 훈(Seong-Hoon Lee) [종신회원]

- 1995년 2월 : 고려대학교 일반대학원 컴퓨터학과 (이학석사)
- 1998년 2월 : 고려대학교 일반대학원 컴퓨터학과 (이학박사)
- 1998년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수

〈관심분야〉
분산시스템, 웹서비스, 그리드 시스템, 컨버전스, 융합산업등