

# 사물인터넷 환경에서의 스마트 공장 추진 분석

이동우<sup>1\*</sup>, 조광문<sup>2</sup>, 이성훈<sup>3</sup>

<sup>1</sup>우송대학교 컴퓨터정보학과 교수, <sup>2</sup>목포대학교 전자상거래학과 교수, <sup>3</sup>백석대학교 정보통신학부 교수

## Analysis on Smart Factory in IoT Environment

Dong-Woo Lee<sup>1\*</sup>, Kwangmoon Cho<sup>2</sup>, Seong-Hoon Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor, Department of Computer Information, Woosong University

<sup>2</sup>Professor, Department of Electronic Commerce, Mokpo National University

<sup>3</sup>Professor, Division of Information Communication, Baekseok University

**요약** 현재 우리가 생활하고 있는 주변 환경들을 바라보면 정보통신 기술(ICT)의 영향으로 새로운 산업 분야가 등장함과 동시에 기존의 산업이 ICT기술과의 융합으로 결합하는 다양한 상황을 맞이하고 있다. 또한 네트워크 측면에서의 환경은 4G에서 5G로의 변화를 예고하고 있다. 이러한 5G 시대를 맞이하면서 활발하게 논의되고 있는 내용 중 하나가 스마트 공장을 들 수 있다. 스마트 공장에서 활용되고 있는 다양한 센서를 통해 발생하는 수많은 데이터들의 활용을 위해서는 지금보다 빠른 전송 속도등은 필수적인 요소라 볼 수 있다. 본 연구에서는 사물인터넷 및 5G 시대에 진입되고 있는 시점에서 스마트 공장 기술과 관련된 내용들을 다루었다. 스마트 공장에 대한 다양한 해석들을 비롯하여, 세계 주요 국가들의 스마트 공장 추진 상황 및 우리의 스마트 공장 추진과정에서 나타나는 문제점을 알아보고 해결 방안에 대해 기술하였다.

**주제어** : 스마트 공장, 5G, 사물인터넷, 지능, 정보통신기술.

**Abstract** Looking at the surrounding environment in which we live, we are facing various situations in which new industries are emerging under the influence of ICT and at the same time, existing industries are combined with ICT technology. In addition, the network environment foretells a change from 4G to 5G. One of the things that is actively discussed during this 5G era is the smart factory. Faster transmission speeds are essential for the use of numerous data generated by various sensors used in smart factories. This study deals with smart factory technologies related to the 5G era. In addition to the various interpretations of smart factories, this study examined the situation and progress of smart factories in major countries around the world and described solutions.

**Key Words** : Smart Factory, 5G, IoT, Intelligence, ICT.

### 1. 서론

전 세계적으로 산업 환경의 변화 및 생산성 증대 혹은 개선을 위해 각 기업들은 생산 공정들을 스마트화하고 있다. 이러한 공장들을 우리는 스마트 공장이라 부르고

있다. 스마트 공장(smart factory)이란 단어가 제조업을 중심으로 빠르게 나타나는 이유로는 여러 가지 이유가 있겠지만 크게 두 가지로 기술할 수 있다. 먼저 기업 환경에 대한 불확실성을 들 수 있다. 현재 기업들의 환경이 국내외적으로 위축되고 있는 상황이다. 미국과 중국의 무

\*교신저자 : 이동우(dwlee@wsu.ac.kr)

접수일 2019년 7월 11일 수정일 2019년 10월 22일 심사완료일 2019년 11월 13일

역전쟁으로 인해 국제적인 무역환경이 매우 불투명한 상황에서 놓여 있으며, 국내적으로는 한일관계속에 경제는 불안한 모습을 보여주고 있는 실정이다. 둘째로 스마트 공장의 도입 배경으로는 이 같은 불확실성에 대응하여 생산성을 확대하거나 개선하기 위함이다.

스마트 공장에 대한 의미는 매우 다양하며, 그에 따른 범위 또한 매우 다르다. 매일경제에 따르면 스마트공장이란 설계·개발, 제조 및 유통·물류 등 생산 과정에 디지털 자동화 솔루션이 결합된 정보통신기술(ICT)을 적용하여 생산성, 품질, 고객만족도를 향상시키는 지능형 생산 공장을 말한다[1]. IT용어 사전에서는 설계·개발, 제조, 유통·물류 등 생산 전체 과정에 정보 통신 기술(ICT)를 적용하여 생산성, 품질, 고객만족도 등을 향상시킬 수 있는 지능형 공장이라고 기술하고 있다[2]. 한경 경제용어사전에서는 제조 전체 과정을 정보통신기술(ICT)로 통합해 생산성 및 에너지효율 강화, 제품 불량률 감소 등 생산시스템을 최적화하는 맞춤형 공장이라고 정의하고 있다[3]. 시사상식사전에서는 제품을 조립, 포장하고 기계를 점검하는 전 과정이 자동으로 이뤄지는 공장으로 스마트 공장을 정의하고 있다[4].

스마트 공장은 모든 설비와 장치가 네트워크로 연결되어 있어 실시간으로 전 공정을 모니터링하고 분석할 수 있다. 스마트 공장에서는 공장 곳곳에 사물인터넷(IoT) 센서와 카메라를 부착시켜 데이터를 수집하고 플랫폼에 저장해 분석하는데, 이렇게 분석된 데이터를 기반으로 어디서 불량품이 발생하였는지, 이상 징후가 보이는 설비는 어떤 것인지 등을 인공지능이 파악하여 전체적인 공정을 제어하는 것으로 기술하고 있다. 요약하면 제품 생산의 전 과정이 무선통신으로 연결되어 자동으로 이뤄지는 공장이라 할 수 있다.

마지막으로 스마트 공장 사업을 국가적으로 지원하고 있는 스마트 공장 추진단에서는 스마트공장은 제품의 기획부터 판매까지 모든 생산과정을 ICT(정보통신)기술로 통합해 최소 비용과 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하는 사람 중심의 첨단 지능형 공장으로 기술하고 있다 [5].

## 2. 스마트공장

### 2.1 스마트 공장 개요

스마트 공장은 제품의 개발로부터 양산까지의 시장의

수요 예측, 모기업의 주문에서부터 완제품 출하까지의 모든 제조 관련 된 과정을 포함하며, 수직적으로는 현장 자동화, 제어 자동화, 응용 시스템 등의 모든 영역을 포함한다. 스마트 공장은 제조 단계별로 나누어 볼 수 있다. 먼저 기획 및 설계 단계에서는 가상공간에서 제작 전에 제품의 성능을 시뮬레이션 함으로서 제작기간 단축 및 소비자 요구에 맞춤형 제품을 개발하고자 하는 의미를 지닌다. 둘째로 생산단계에서는 설비, 자재, 관리 시스템 간에 실시간 정보의 교환으로 다품종 제품 생산 및 에너지, 설비 효율을 제고하는 의미를 갖는다. 마지막으로 유통, 판매 단계에서는 생산 현장에 맞춘 실시간 자동 수발주로 재고비용이 획기적으로 감소하고 품질, 물류등 전분야로의 협력이 가능하다.

스마트 공장은 도입을 원하는 기업에 따라서 다양한 구현 방법이 가능하며, 정보통신기술(ICT)의 활용 정도 및 역량에 따라서 수준 1~5까지로 구분된다[5]. 수준 1은 시스템 미적용인 경우로 엑셀을 이용하거나 혹은 수기로 업무를 관리하는 수준이다. 수준 2는 기초수준으로 부분적인 관리시스템(영업/자재/회계 등)이 운영되고 있으며, 생산실적정보를 자동 집계하는 수준이다. 수준 3은 중간 1 수준으로 분야별 관리 시스템 간 부분적 연계가 되어있으며, ICT기반의 자동화가 이루어지는 수준을 의미한다. 수준 4는 중간 2 수준으로서 분야별 관리 시스템 간 실시간 연동이 가능하며, 관리시스템을 통한 설비자동 제어가 이루어지는 수준을 의미한다. 수준 5는 고도화된 수준으로 IoT 및 CPS 기반의 지능형 공장 운영시스템으로서 설비, 자재, 시스템이 유무선 네트워크로 연결된 수준을 의미한다.

### 2.2 주요국 스마트공장 현황

스마트 공장은 독일 인더스트리 4.0의 대표 사례로서 지능화된 시스템을 이용해 소비자 맞춤형 제품 생산과 제조 경쟁력을 확보하고자 하는 의미를 지닌다. 국내를 비롯한 전 세계가 제조 산업 생산성과 경쟁력 제고를 위해 가장 먼저 검토하는 글로벌 성공 사례이다[6]. 독일은 대표적인 제조업 강국으로서 자국의 대표적 제조업인 자동차·기계·부품 산업에서의 우수한 경쟁력을 바탕으로 21세기형 생산 체제를 구축하고 있다. 대표적인 사례로 고객의 요구에 맞는 생산체계를 확보하기 위해 새로운 다품종 소량생산 방식을 실현하는 것이다. 최근의 독일 스마트 공장 추진 방향은 아래 표 1과 같다.

<Table 1> Main Characteristics of German Smart Factory Promotion

Direction	Meaning
Diffusion to Continuous Process	• Active connection of facilities and factories, Stripping of the conveyor belt
Strengthening International Technical Cooperation	• Expansion of Industry 4.0 partner countries (France, Italy, Australia, etc.)
Smart Service Enforcement	• The combination of virtual and reality, Customer Remote Maintenance System

독일을 대표하는 화학의 바스프(BASF), 철강의 티센 크루프 등 연속 공정 기업들도 스마트 공장 도입에 나서고 있다. 연속 공정은 공장 전체가 거대한 시스템이기 때문에 전환하기가 쉽지 않다. 그럼에도 불구하고 독일 기업들이 스마트 공장 기술을 도입하는 이유는 기존의 제조 혁신을 뛰어넘는 생산성을 높이기 위함이다[11-13, 15]. 또 다른 추진 흐름으로는 국제 기술협력을 강화하고 있다는 것이다. 정부와 민간 기업 중심으로 2원화되어 추진되고 있으며, 정부 차원에서는 인터스트리 4.0 협력 국가를 프랑스, 이탈리아, 호주 등으로 확대하였다. 업계에서도 플랫폼 인터스트리 4.0 협회가 미국의 산업 인터넷 컨소시엄과 협력을 강화하고 있다. 또한 스마트 서비스에 대한 관심이 높아지고 있다는 점이다. 예를 들어 지멘스는 원격 유지관리 서비스를 이용해서 전 사업 영역에서 기존 고객들에 대해 강화된 고객관리를 하고 있다.

스마트 공장 추진에 있어 미국은 정부가 아닌 민간 주도적인 특성을 보이고 있다. 미국은 정부의 역할이 약한 반면에 제너럴일렉트릭(GE), 록웰 등 대기업이 주도하고 있다. 이들은 전 세계, 전 산업에 개방된 산업 인터넷 컨소시엄(IIC)을 구성해 시장 기반의 표준화를 지향하고 있다. 미국의 스마트 공장 추진과정에서 나타나는 주요한 특성들을 요약, 정리하면 다음 표 2와 같다.

<Table 2> US smart factory promotion key characteristics

Direction	Contents
Private led	• Market-based standardization based on IIC (Industrial Internet Consortium)
Platform building reinforcement	• easy to expand market through platform and strengthen related technology capacity
Use case expansion	• Expand and accumulate use cases through cooperation among companies worldwide through IIC
Latest ICT Combination	• Combined AI and AR / MR with Smart Factory

미국 스마트 공장 기업들은 마치 ICT 기업들처럼 플랫폼을 구축, 강화하고 있다. 플랫폼 강화에 주력하는 이유는 손쉽게 세력을 확대하고 기술 역량을 강화할 수 있기 때문이다. GE의 프레딕스는 이미 가장 널리 알려진 산업용 플랫폼이 됐다. 록웰도 유사하게 팩토리 토크(Factory Talk)이라는 브랜드 명으로 관련 애플리케이션 및 플랫폼을 만들어 가고 있다. 또 미국 기업들은 산업, 인터넷 컨소시엄을 통해 전 세계 기업과 협력하며 유스 케이스를 확대, 축적하고 있다. 유스 케이스는 실제 활용 사례로, 어떻게 스마트 공장을 도입할지 일반 기업들에 좋은 벤치마킹 가이드가 된다. 또한 이들은 제조업뿐만 아니라 농업, 통신, 에너지, 헬스케어, 물류, 철도 등 다양한 산업에서 유스 케이스를 만들고 있다.

또한 미국 기업들은 AI와 증강현실(AR) 같은 최신 ICT를 스마트 공장에 결합하는 데도 적극적이다. 특히 IBM이나 마이크로소프트 같은 ICT 기업들이 이러한 흐름을 주도하고 있다. IBM은 AI 왓슨을 현장 빅데이터 분석이나 머신 비전 능력 향상 등에 활용할 계획이다. 마이크로소프트도 클라우드, AI 플랫폼인 애저와 AR 기술인 홀로렌즈를 활용한 스마트 공장 솔루션을 개발하였다.

중국은 2015년 발표한 '제조 2025 전략'은 이미 산업 정책의 핵심이 됐다. 여기서는 차세대 ICT, 산업 로봇, 항공·우주, 미래 자동차, 바이오·의약, 신소재 등 10대 핵심 산업을 육성하고 핵심 기술과 부품·소재 국산화율을 70%까지 끌어올릴 계획이다. 노동집약적인 저기술, 저부가가치 '제조업 대국'에서 고기술, 고부가가치 중심의 '제조업 강국'으로 변신하겠다는 것이다. 이런 측면에서 공장 자동화는 제조 2025의 중요한 축이다. 중국의 자동화는 빠르게 개선되고 있으며, 산업용 로봇측면을 고려하면 2016년 중국이 도입한 수량은 세계 판매량의 30%에 달하는 것으로 알려졌다. 공장 자동화를 원활히 추진하기 위해 중국 정부는 자국 로봇·자동화 업체를 적극 육성하고 있다. 물론 집중적인 정책 지원에도 불구하고 아직 기술 수준은 선진국 기업들에 비해 미흡하다. 그럼에도 불구하고 거대한 내수 잠재력으로 로봇 기업들이 빠르게 성장하고 있다.

### 3. 스마트공장 추진 분석 및 개선사항

#### 3.1 스마트 공장 추진 분석

우리나라에서의 스마트공장 추진 사업은 2014년부터 '제조업 혁신 3.0' 혹은 '혁신성장 선도사업'이라는 이름

아래 정부 주도로 비슷한 사업을 추진해왔다. 2014년부터 2017년까지 정부와 대기업의 스마트공장 구축 수혜를 받은 기업들은 상당히 좋은 효과를 보고 있는 것으로 나타났다. 4차 산업혁명위원회 분석 자료에 따르면, 이들 기업은 생산성 30% 증가, 불량률 45% 감소, 원가 15% 절감 등의 효과를 거뒀다. 매출액과 영업이익 역시 각각 20%, 53% 증가한 것으로 나타났다. 생산물량 증가와 스마트 공장 제어라는 새로운 직무 추가로 고용측면에서 기업당 2.2명이 증가한 것으로 나타났다.

4차위원회는 같은 분석 자료에서 기업들의 스마트 공장 구축 수준이 대부분 기초단계였다고 고도화가 필요하다고 제언했다. 기초단계는 '생산정보 디지털 화 및 제품 생산이력 관리가 가능한 수준'이다. 4차위원회는 3년간 스마트 공장 구축 지원을 받은 기업의 76.4%가 이 수준에 해당한다고 분석했으며, 기초단계 기업들은 스마트 공장이라고 하기엔 부족한 면이 많으며, 이전 시기에 해당하는 전산화 수준, 자동화 수준이라고 볼 수도 있다. 그 전산화, 자동화라는 것도 높은 수준으로 진행된 게 아니라 기초적인 수준이라는 것이다.

4차위원회 자료를 기초로 할 때 사업의 성과 측면에서 보면 전반적으로 성공적이라 할 수 있다. 반면에 사업 현장에서의 문제로 인식하고 있는 것은 스마트 공장 시스템에 대한 운영 측면이라 할 수 있다. 스마트 공장 시스템을 운영함에 있어 나타나는 주요 문제점들은 다음과 같다.

〈Table 3〉 Major Problems in Smart Factory Operation

Problem	Contents
Operation difficulties	<ul style="list-style-type: none"> <li>Due to lack of professional manpower, we cannot operate 100% even after establishing smart factory management system</li> </ul>
Smart factory supplier level	<ul style="list-style-type: none"> <li>There is a big difference in technology between large and midsize companies, the number of suppliers increased, but the basic capability improvement was not clear.</li> </ul>
Job misconceptions	<ul style="list-style-type: none"> <li>Job fears related to the introduction of the smart factory system</li> </ul>

위에서 언급된 운영의 어려움, 일자리 관련 오해 부분들은 스마트 공장에 대한 올바른 이해를 위한 교육등과 같은 다양한 홍보 노력이 필요해 보인다. 반면에 스마트 공장 공급기업의 수준 문제는 단기간의 노력으로 해결될 사항이 아니며 공급기업 내부적으로 관련 역량을 키울 수 있는 자체 노력이 선행되어야 할 것으로 보인다.

### 3.2 개선 사항

스마트 공장 사업의 성공적인 수행 여부는 본 사업과 관련된 기업의 수행 계획서에 기술된 평가 지표 항목의 목표 달성 여부에 좌우된다. 사업계획서에 제시된 정량적 성과지표 항목들은 사업의 성공 혹은 실패를 좌우할 수 있는 중요한 요소이기 때문에 매우 중요하다. 본장에서는 기업들의 성과 지표 항목을 분석하고 이에 대한 개선점을 기술하였다. 먼저 A(가명)기업은 업무의 효율성 개선을 위해 아래와 같은 관리 시스템을 도입하여 운영하고 있다. 또한 2018년 스마트공장 지원 사업으로 MES 시스템을 추가로 도입하여 주문에서 출하까지 데이터의 일관성을 유지, 관리하며, 생산실적 집계를 관리하고자 하였다. 해당 기업은 사업의 결과로서 나타나는 정량적 목표를 아래의 표 4와 같이 제시하였다.

〈Table 4〉 Quantitative Goal of Company A

Performance indicator	Now	Goal	Remarks
Production per hour	70%	85%	
Reduction of defect rate	30PPM	15PPM	Recommend modification to make it feasible
Inventory cost(Unit: thousand)	3,500	1,000	Recommend modification to make it feasible
Order lead time	12	10	(Unit: week)

제시된 내용의 목표 수치를 현재의 수준과 비교했을 때 재고 비용 지표 항목 및 공정불량률 감소 지표 항목은 현재와 비교하여 실현 가능성이 낮은 것으로 보이므로 합리적인 목표치가 제시되도록 권고할 필요가 있는 것으로 보인다. 이 부분과 관련하여 개선할 점은 사업의 수주를 위해 목표치를 과다하게 제시하는 것이 바람직하지 않고 달성 가능한 목표치를 설정하도록 유도하는 노력이 필요해 보인다.

## 4. 결론

우리 사회는 3차 산업혁명을 지나 4차 산업혁명의 시대를 맞이하고 있다. 4차 산업혁명은 기본적으로 지능 정보를 필수적으로 포함하는 ICT 기술과의 융합을 통해 이루어지고 있으며, 다양한 제조업에도 새로운 환경 변화를

요구하고 있다. 그동안 공장 자동화라는 의미를 넘어 제조환경이 스마트화하는 스마트 공장으로서의 변화를 맞이하고 있는 것이다. 기존의 공장 자동화의 의미에서 인공 지능 및 사물인터넷 기술등을 포함하는 지능정보를 적용하여 공장이 점진적으로 스마트화를 추구할 것이다.

본 연구에서는 스마트 공장에 대한 필요성을 바탕으로 스마트공장의 변화과정을 국내외 관련 기업들을 대상으로 하여 분석하였다. 스마트 공장 운영 측면에서 선두적인 역할을 하고 있는 독일 및 미국을 중심으로 하여 아시아의 대표적인 국가라 할 수 있는 중국과 일본의 내용을 다루었으며, 이를 기반으로 하여 우리가 대처해야 하는 내용들에 대해 기술하였다.

## REFERENCES

[1] <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2427716&categoryId=43659>

[2] <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3548875&categoryId=42346>

[3] <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3331323&categoryId=42107>

[4] <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3651488&categoryId=43667>

[5] <https://www.smart-factory.kr/smartFactoryIntro#>

[6] K.U.Lee, "Domestic Technology Transfer Strategy, Smart Factory," ETNEWS, <http://www.etnews.com/20151026000317>. 2015.

[7] K.S.Jang, "Domestic and Overseas Smart Factory Trends," KB Financial Holding Research Institute, [www.kbfg.com/kbresearch](http://www.kbfg.com/kbresearch), 2017.

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

[9] D.K.Ho, "Integrated Solution for Smart Factory to Increase Productivity and Poor Compromise," Tech M, 2016.

[10] Y.K.Yang, "Smart Factory, Global Trends," Tech World, 2018.

[11] K.S.Jang, "Domestic/International Smart Factory Trends", KB Financial Group, 2017.

[12] B.Marr, "Why Everyone Must Get Ready For The 4th Industrial Revolution", Forbes, 2016.

[13] M.Liffler and A.Tschiesner, "The Internet of Things and the future of manufacturing". Mckinsey.com. Retrieved 30 November 2016.

[14] K.H.Lee, "Object Tracking in Multiple CCTV Internet

of Things Environments," Journal of KIOTS, Vol 5, No. 1, 2019.

[15] 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.

### 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

### 조 광 문(Kwangmoon Cho)

[종신회원]



- 1995년 8월 : 고려대학교 전산학과(이학박사)
- 1995년 9월 ~ 2000년 2월 : 삼성전자 통신연구소 선임연구원
- 2000년 3월 ~ 2005년 2월 : 백석대학교 정보통신학부 조교수
- 2005년 3월 ~ 현재 : 목포대학교 전자상거래학과 교수

<관심분야>

사물인터넷, 통신 소프트웨어, 전자상거래, 콘텐츠 유통, 모바일 콘텐츠, 웹 서비스

### 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, 지능정보, 컨버전스, 융합산업등