

스마트 팩토리의 주요기술과 도입사례

우성희* · 조영복**

*한국교통대학교 의료 IT 공학과, **대전대학교 정보보안학과

Major Technologies and Introduction of Smart Factory

Sung-Hee Woo* · Young-Bok Cho**

*Korea National University of Transportation, **Daejeon University

E-mail : shwoo@ut.ac.kr

요 약

4차 산업혁명 4.0시대가 도래함에 따라 사물인터넷을 통해 생산기기와 생산품 간 상호소통 체계를 구축하고 전체 생산과정의 최적화를 구축하는 스마트 팩토리 역할이 부상하고 있다. 독일은 스마트 팩토리 기술과 데이터를 이용해 산업 전반을 업그레이드 시키고 이를 표준화하여 세계의 공장을 만들려고 하고 미국은 ICT 전반의 뛰어난 기술력과 혁신력을 기반으로 빅데이터 분석, 생산성 개선을 통해 새로운 사업 모델과 수익원을 창출하려고 하고 있다. 이외에도 일본과 중국에서도 제조업을 스마트 팩토리를 통해 변화시키고 업그레이드 하려는 노력이 진행 중에 있다. 이에 국내에서도 제조업 3.0을 기반으로 스마트 팩토리의 적극적인 도입을 시도하고 있다. 따라서 본 연구에서는 4차 산업혁명과 스마트 팩토리의 산업동향을 기술하고 스마트 팩토리의 주요기반 기술과 도입사례를 비교분석한다.

ABSTRACT

As the fourth industrial revolution 4.0 era arrives, the role of smart factory is emerging, which establishes a communication system between production devices and products through the Internet of Things and optimizes the entire production process. Germany wants to use smart factory technologies and data to upgrade and standardize the industry as a whole to create factories around the world, and the United States is aiming to create new business models and revenue streams by analyzing big data and improving productivity based on the technological prowess and innovation across ICT. In addition, Japan and China are also working to change and upgrade their manufacturing industries through smart factories. Accordingly, Korea is attempting to introduce smart factory based on the production industry 3.0. Therefore, this study describes the industrial trends of the fourth industrial revolution and smart factory and compares the major underlying technologies and introduction cases of smart factory.

키워드

Smart factory, Industrial revolution 4.0, IoT, Big data, ICT

1. 서 론

글로벌화, 도시화, 인구구조의 변화, 에너지 형태의 전환이라는 끊임없는 사회적 변화와 함께 제조업을 둘러싼 환경도 급변하고 있다. 세계는 지금 그림 1[1]과 같이 1차, 2차, 3차 산업혁명을 거쳐 ICT와 제조업이 융합하게 될 4차 산업혁명이 시작되고 있다. 제조업과 ICT 융합이 생산 방식의 혁명을 일으키며 제조업 위기를 해결해 줄 수 있는 돌파구로 주목 받고 있다. 즉, ICT와 제조업의 융합으로 산업기기와 생산과정이 모두 네트워크로 연결되고, 상호 소통하면서 전사적 최적

화를 달성할 것으로 기대하고 있다. 이것은 공장이 스스로 생산, 공정통제 및 수리, 작업장 안전 등을 관리하는 완벽한 스마트 팩토리(Smart Factory)로 전환됨을 의미한다. 최근에는 사물인터넷(IoT), 사이버물리시스템(CPS) 등의 기술이 전통 제조업을 혁신할 수 있는 정보통신기술로 부각되고 있다. 또한, 3D 프린터, 차세대 로봇 등 첨단 디지털 제조장비의 등장은 제조공정을 획기적으로 혁신할 수 있는 기회로 지목되고 있다. 그리고 전 세계 기업의 움직임을 보면 미국은 민간 산업계를 중심으로 산업 인터넷 컨소시엄을 발족하여 기술의 발전과 확산을 추진하고, 독일은 산업혁명 컨소시엄에서 첨단 정보통신기술을 융합한

스마트 팩토리를 구축하고 있다. 특히, 지멘스(Siemens) 암베르크(Amberg) 공장은 제조업과 정보통신기술이 융합된 유럽 최고의 공장으로 불리며, 자동화율 75%, 불량률 0.001% 수준으로 빅데이터 분석 기반의 스마트 팩토리로 운영되고 있다. 우리나라에서는 2014년 정부가 제조업과 ICT 융합을 통한 스마트 산업혁명을 위해 '제조업 혁신 3.0' 전략을 발표하면서 스마트 팩토리 도입에 박차를 가하고 있다. 정부는 2017년까지 민·관 공동으로 24조원을 스마트 팩토리등 제조업 혁신에 투입하고, 이를 통해 2020년까지 국내 중·중견기업 공장 1만 개를 스마트 팩토리로 바꿀 것을 계획하고 있다. 따라서 본 연구에서는 4차 산업혁명과 스마트 팩토리의 산업동향을 기술하고 스마트 팩토리의 주요기반기술과 도입사례를 비교분석한다.



그림 1. 기술변화에 따른 산업혁명

II. 4차 산업혁명과 스마트 팩토리

4차 산업혁명 시대의 스마트 팩토리는 공장자동화가 아닌 그림 2[2]과 같이 현실공간과 가상공간이 연결된, 디지털 신기술과 제조기술이 접목된 소비자 중심의 지능화된 공장을 의미한다. 한 생산 라인에서 다양한 제품이 생산되고 모듈화를 통해 대량맞춤에서 개인별 유연생산 체계로 변화할 것으로 보고 있다. 스마트 팩토리로의 전환은 제조업의 생산성을 향상시킬 것이며 에너지 절감, 인간 중심의 작업환경 구현까지도 가능하다. 또한 가상의 공간에서 제조현장을 모니터링 및 제어가 가능하여 공장 관리가 용이하고 품질 및 원가 경쟁력 강화로도 이어질 것으로 예측하고 있다. 스마트 팩토리 완성에는 4차 산업혁명의 기반인 디지털 신기술[3]들 즉, 사이버물리시스템(CPS), 로봇틱스, 3D 프린팅, IoT 기반 포그 컴퓨팅(Fog Computing), 사이버 보안등이 활용되어진다. 실시간으로 제조현장의 데이터를 수집할 사물 인터넷, 수집된 데이터를 실시간으로 의미 있는 결과로 만들고 의사결정을 지원할 애널리틱 및 인공지능 기술은 사이버물리시스템(CPS)의 핵심요소

가 된다. 제조 설비로부터 현장 데이터를 수집해 실시간으로 제어하기 위해서는 클라우드보다는 제조현장 가까이서 활용될 수 있는 포그 컴퓨팅이 대두되고 있다. 또한 생산 현장에 3D프린터 도입은 설계단계부터 적은 비용으로 시제품을 제작할 수 있으며, 양팔 및 협동 로봇은 생산라인에 큰 변화를 줄 것으로 본다. 그리고 스마트 팩토리 도입에 사이버 보안은 필수가 될 것이다.

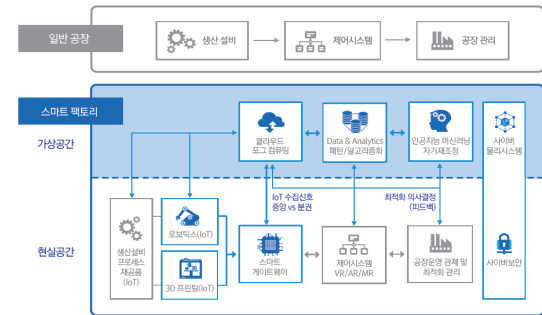


그림 2. 스마트 팩토리 개념도

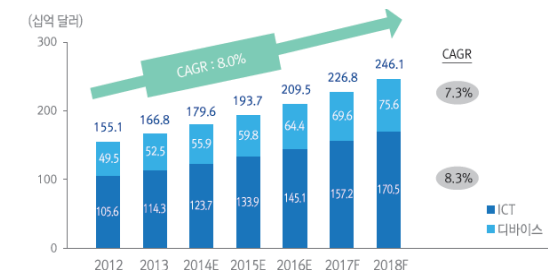


그림 3. 세계 스마트 팩토리 시장규모

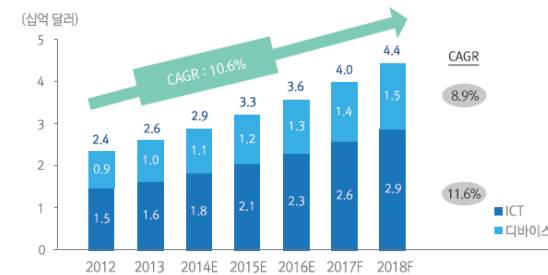


그림 4. 국내 스마트 팩토리 시장 규모

또한 전 세계 스마트 팩토리 시장 규모는 그림 3,4[2]와 같이 연평균 8.0% 성장하여 2018년 2,461억 달러의 경제적 가치를 창출할 것으로 전망한다. 스마트 팩토리를 구축하는 시장은 ICT 공급시장과 디바이스 공급시장으로 구분된다. ICT 공급시장은 2016년 1,451억 달러에서 2018년 1,705억 달러 규모로, 디바이스 공급시장은 2016년 644억 달러 규모에서 2018년 756억 달러 규모로 성장할 것으로 예측하고 있다. 국내 스마트 팩토리 시장 규모는 2012년 24억 달러에서 2018년 44억 달러 규모로, ICT 공급시장과 디바이스 공급시장이 각각 연평균 11.6%, 8.9% 성장하여 스마트 팩

토리의 도입이 빠른 속도로 진행될 것으로 전망하고 있다. 그러나 여전히 독자적인 공장생산 환경에 고착화되어 공장의 물리적인 확장성과 가변성에 한계를 보이고 있다. 그리고 제조분야의 외산 솔루션 도입비율은 약 90%에 이르며, 특히 하드웨어 및 소프트웨어를 구성하는 기초부품과 컴포넌트 연구, IT 원천기술 확보가 부족한 상황이다.

III. 스마트 팩토리의 주요기술

스마트 팩토리의 주요 기반 기술[2]들로는 사이버물리시스템(CPS), 로봇틱스, 3D 프린팅, IoT 기반 포그컴퓨팅, 사이버 보안 기술 등이 있다. 화학, 자동차, 철강, 항공, 식료품, 섬유 등 다양한 제조 산업에 스마트 팩토리를 도입하게 되면서, 생산성이 증가되고 소비자에게 다양한 서비스 제공이 가능해지고 있다. 또한 실시간 주문형 맞춤형 생산이 가능, 제조공정의 디지털화가 가속화되고 있다. 재고량 최소화, 제품 불량률 최소화, 인건비 절감과 생산성 혁신이 이루어지고 있다. 이처럼 제조업의 패러다임을 변화시키는 기반기술[2][4][5]의 특징을 보면 다음 표 1,2와 같다.

IV. 스마트 팩토리의 국내외 도입사례

스마트 팩토리에 대한 추진 방향이나 정책은 각자 제조업의 경쟁력 강화를 목적으로 추진 방법과 내용에는 차이가 있다. 미국이나 독일, 중국 등 제조 선진국은 기존의 제조업과 스마트 기술을 융합하려 하고[6] 주로 사물인터넷이나 가상물리 시스템과 같은 IT기술, 설비자동화 등 첨단기술 분야를 중점적으로 육성하려고 한다. 국내에서는 IT와 소프트웨어의 융합을 목표로 제조업 경쟁력을 강화하고 있다. 세계적으로 확산되고 있는 제조업의 육성 또는 혁신정책은 우리나라의 '제조업 혁신 3.0전략'에 위기이자 기회로 다가오고 있다. 따라서 스마트 팩토리의 도입은 더욱 활발해질 것이다. 다음 표 3[7]은 주요국과 한국의 스마트 팩토리 도입사례를 보여준다. 국내의 경우 LS산전은 스마트 팩토리 도입으로 많은 효과를 보고 있으며 포스코는 스마트 팩토리 진행을 자회사인 포스코 ICT가 직접 추진해 향후 동사의 성장성 기대하고 있으며 국내 일부 중소기업 또한 스마트 팩토리를 적용하여 성과를 내고 있다.

표 1. 스마트 팩토리 기반기술의 특징

기술	특징
사이버물리 시스템	- 정형화된 디지털 데이터로 구성된 IT시스템과 공정, 제조 설비와 같은 물리적 세계의 네트워크 통합, 제품 혹은 설비의 작동이 디지털 세계에서 동기화 - 축적된 데이터에서 도출된 패턴과 알고리즘으로 지능적 제어가능, 사물인터넷과 데이터를 통합적으로 수집하는 플랫폼 - 자율적으로 의사결정을 지원하는 빅데이터 분석력, 인공지능 기술 등 다양한 기술 요구
로봇틱스	- 4차 산업혁명 시대에 핵심 기술로 부각 - 제조현장에서 필수적인 도구로 자리 잡음 - 차세대 제조로봇은 유형화되거나 체계화 되지 않은 공정 업무 수행 - 최신 지능화 로봇 기술로 인간보다 더 정밀, 고도의 숙련이 요구되는 작업가능
3D 프린팅	- 디지털 디자인 데이터 이용, 소재를 겹겹이 쌓아 물체를 제조하는 기술 - 공정과정에서 다양한 세부기술 활용 - 모델링 단계 : 제품 설계 시 필요한 CAD 등 컴퓨터 그래픽 기술 활용 - 프린팅 공정: 해상도 및 제조시간 등을 개선하기 위한 기술 요구 - 후처리 공정: 표면을 연마, 염색하는 기술 활용
IoT 기반포그 컴퓨팅	- 사물인터넷에 의한 실시간 대량 공정데이터를 클라우드로 보내 제조현장 제어에 한계 해결 방안 : 제조현장의 근거리 클라우드 환경 제공(포그컴퓨팅) - 포그 컴퓨팅 : 작고 분산된 컴퓨터 처리 및 수집, 제어, 정보 필터링하여 클라우드로 전달
사이버 보안	- 사이버상의 범죄, 테러, 해킹 및 스파이 행위 등으로부터 정보, 시스템, 네트워크 보호 - 제조현장의 연결기기와 사물인터넷을 통해서 설계단계부터 생산, 유통 및 서비스 과정에 이르기까지 각 프로세스의 정보가 가상공간에서 통합됨에 따라 정보 및 기술 유출의 위험성 최소화

표 2. 제조업 패러다임의 스마트 팩토리 기반 기술

제조업 패러다임	스마트 팩토리 기반기술
PLM/MDM 기반 기준정보 연결로 맞춤형생산	로봇틱스, 3D 프린팅
디지털 노동 및 패턴, 알고리즘, 지능화	로봇틱스
플랫폼 가변 디지털 기술로 생산성 혁신	로봇틱스, 사이버 물리 시스템
초 연결화가 가져올 사물 인지력, 자가 재조정 제고	사이버 물리 시스템, IoT 기반 포그 컴퓨팅, 사이버 보안
물리적 자산 보안에서 사이버 보안으로 전이	IoT 기반 포그 컴퓨팅, 사이버 보안
소재의 첨단화	사이버 물리 시스템

표 3. 국내외 스마트 팩토리 도입 사례

국가	사 례	
독일	Siemens	- 자동화(자동화율 75% 달성) 설비와 시스템간 실시간 연동체계 구현 - 다품종·고수율 달성(0.001% 불량률), 약 30%의 에너지 절감
	Adidas	- 정부 지원, 산학 협력에 기반해 제조 혁신 과제 추진 - 산업용로봇 적용 등으로 생산 자동화, 소비자 맞춤형 신발 생산체계 구축
	Nobilia	- 개인별 맞춤사양, 인건비 부담 해소 위해 생산 자동화 추진 - 생산성 극대화로 직원 1인당 생산액 5억원 수준(인텔과 유사)
미국	GE	- 사물인터넷(IoT) 접목 및 빅데이터 분석을 통해 공정 및 설비관리 최적화 - 불량 및 오류 감소, 설계시간 단축, 비용절감 등 성과 달성
	Intel	- 사물인터넷을 통해 생산공정 사전검증 및 실시간 설비 관리 - 특정 품목의 시범적용으로 '12년 300만달러의 원가 절감
	Tesla	- 용접, 조립, 절단 등 공정에 산업용로봇을 적용해 자동차 이외의 품목도 생산 가능한 유연한 생산체계 구축
일본	Toyota	- 기존 JIT(Just in Time) 체계를 고도화하여 부품 공급사, 물류업체 등 전 공급망 정보의 통합관리
	Fanuc	- 2000년대 초부터 스마트공장 추진으로 자동화율 75% 육박 - 생산성 향상 등으로 영업이익률 36% 상회
중국	Haier	- 100미터에 달하는 생산라인을 18미터로 교체 - 공장근무 인력 57% 감축, 설비 능력 80%로 상승, 생산/배송시간 47% 단축
	Rapoo	- 산업용 로봇 생산공정 투입 후 50% 원가절감 효과를 얻음
	Sany	- 제품 수명 2배로 연장되고 A/S 문제도 75%가 감소하는 성과를 거둠
국내	LS산전	- 수요예측 시스템(APS)이 적용된 유연생산 시스템 방식의 스마트 팩토리 체계를 구축하여 설비 대기 시간 절반 감축, 생산성 60% 향상, 에너지 사용량 60% 이상 절감, 불량률 6PPM(백만 불율) 급감 등의 성과를 달성
	포스코	- 2015년 말부터 광양제철소 후판공장을 시작으로 주요 공장의 스마트 팩토리화가 진행되고 있으며 이는 자회사인 포스코 ICT가 주관하고 있음
	중소기업	- 전우정밀 : 원자재 투입 소요 시간을 75% 단축하는 등 약 42억원의 비용을 절감, 제품 불량률 감소와 제품 제작 시간 단축 - 신성이엔지: 생산라인에서 기계들이 자동으로 제품을 만들어 포장·적재, 생산능력 2배 증가

V. 결 론

감사의 글

세계 스마트 팩토리 관련 솔루션 시장은 2016년 2,210억 달러에서 연평균 8.3%씩 성장하여 2022년에 3,559억 달러까지 증가할 전망이다. 스마트 팩토리가 기술 확산 및 도달되는 시기에는 신제품 개발을 원하는 누구나, 대규모 자본이 없이도 손쉽게, 웹을 통해 제품 설계·생산·부품 조달·완제품 제작·유통을 모두 통합된 서비스의 형태로 제공받을 수 있게 될 것이다. 또한 모든 제품들은 생산에서 유통·판매 그리고 애프터 마켓까지 추적 관리가 가능하게 되어 사회·문화적으로 큰 변화를 몰고 올 것으로 보인다. 기존 제조 산업에 정보통신기술이 융합되면서 스마트 팩토리는 새로운 지능생산체제로 변환될 것이며, 3D 프린터, 지능형 로봇 등 혁신형 장비의 활용이 확대되면서 독립된 전용 생산설비들이 사물인터넷기반의 스마트 설비로 전환될 것이다. 소비자들의 맞춤화, 개인화 제품에 대한 니즈 증가에 따라 다품종 소량생산이 가능한 유연생산 체계, 수요 응답형(On-Demand) 개인화 생산체계로의 전환도 예상된다.

이 논문은 2018년 한국교통대학교 지원을 받아 수행한 연구임.

참고문헌

- [1] “인더스트리 4.0과 제조업 창조경제 전략”, 한국정보화진흥원, IT & Future Strategy(2호) 2014. 5.
- [2] “4차 산업혁명과 제조혁신”, Samjong INSIGHT Issue 55, 삼정KPMG 경제연구원, 2018.
- [3] 박형욱, “스마트 팩토리와 연관된 생산제조기술 동향”, 한국통신학회지(정보와통신) 33(1), 24-29, 2015.12.
- [4] “Industrie 4.0을 위한 CPS 기반 스마트팩토리 기반기술연구”, 한국전자통신연구원, 2015.11. 미래창조과학부.
- [5] KATS기술보고서, 국가기술표준원, 9.3.2015.
- [6] 정진우 외 “주요국의 제조업 육성정책과 시사점”, KOTRA, 2015.
- [7] “국내외 스마트 팩토리 동향”, KB지식비타민, 37호, 2017.