

2018. 01. 05. (2017-007호)

스마트공장 성공을 위한
소프트웨어의 역할과 과제
The Role and Challenges of
Software in Smart Factory

진회승 (hschin@spri.kr)

- 본 보고서는 과학기술정보통신부의 정보통신·방송연구개발사업의 연구결과로 과학기술정보통신부의 공식의견과 다를 수 있습니다.
- 본 보고서의 내용은 연구진의 개인 견해이며, 본 보고서와 관련한 의문사항 또는 수정·보완할 필요가 있는 경우에는 아래 연락처로 연락해 주시기 바랍니다.
 - 소프트웨어정책연구소 기술공학실 진희승 선임연구원(hschin@spri.kr)

《 Executive Summary 》

ICT 발달로 스마트공장이 출현하여 세계적으로 확산되고 있으며, 2017년에서 2022년까지 연평균 9.3% 성장할 것으로 예상되는 등 시장 성장도 빠르다. 우리나라 경제는 제조업 의존율이 높으나, 인구고령화, 신흥 개도국의 추격, 성장 동력의 약화 등의 요인으로 인해 경쟁력이 저하되고 있다. 제조업 경쟁력을 강화하고 제4차 산업혁명을 주도하기 위해서 스마트공장의 성공적 구축이 필요하며, 이를 위해서 그 기반이 되는 소프트웨어 기술이 제대로 융합될 수 있어야 한다. 그러나 그동안 스마트공장에 대한 소프트웨어 기술 관점의 접근이 미흡하였다. 이보고서는 소프트웨어 기술 관점에서 그간의 현황을 분석하고 정책을 점검함으로써 정책 방향을 제시하고자 한다.

스마트공장은 ABCi(AI, Big data, Cloud, IoT), CPS(Cyber Physical Systems) 등 ICT와 제조 기술이 융합되어 제조공정의 통합을 통해 생산성 향상과 수익성 증대를 추구하는 공장이다. 소프트웨어는 스마트공장 구축을 위해 필수 요소이며, 소프트웨어에 의해 유연성, 지능성, 실시간성, 그리고 연계성이 구현되고, 신뢰성을 보장받을 수 있다.

이보고서에서 스마트공장 관련 국내외 정책, 시장 규모, 구축사례를 정리하고, 스마트공장에 적용되는 기술을 소프트웨어에 중점을 두어 살펴보았다. 우리나라에서는 스마트공장에서 소프트웨어 중요성에 대한 인식이 미흡하고, 스마트공장 관련 기술력이 부족하여 중요 기술을 해외 제품에 의존하며, 기초 소프트웨어 기술 수준 미흡, 전문가 부족 등 스마트공장에 필요한 소프트웨어 기반이 전반적으로 매우 취약한 것으로 파악되었다.

따라서 우리나라 스마트공장의 성공을 위해서는 단순히 제조업의 공정자동화가 아닌 소프트웨어가 주도하는 새로운 방식의 공장을 창출한다는 근본적인 인식의 변화가 필요하다. 이를 위해서는 ‘스마트 공장을 몇 개 만드냐’보다 ‘스마트공장에 필요한 소프트웨어를 어느 수준까지 확보’ 하느냐가 중요하며,

소프트웨어가 확보되면 스마트화는 매우 빠르고 효과적이며 파급력있게 진행될 것이다. 이를 위해서는 스마트공장의 기반인 소프트웨어 취약성을 극복할 수 있는 효과적 정책이 시급하다.

스마트공장 성공을 위한 소프트웨어 관련 정책방향은 종합적 관점의 우선순위 하에서 정책목표, 정책과제, 그리고 추진체계를 명확히 하고, 전략적 추진이 필요하다. 정책 목표는 우리 제조업의 경쟁력을 확보할 수 있도록 최단기간 내에 국가적 소프트웨어 역량을 최고 수준으로 제고하는 데 두어야 한다. 이를 위한 핵심과제는 소프트웨어 기술개발, 개발인력 육성, 소프트웨어 업체 경쟁력 제고 등이 있다. 추진체계로는 관련 부처의 협력적 대응이 기반이 되어야 하며, 국내 제조업 사정에 맞게 스마트공장 구축을 전략적으로 추진하는 것이 필수적이며, 초기단계에서는 독일과 일본의 민관 협력 방식을 참조하되, 소프트웨어가 중심이 되는 미국식 민간주도 방식으로 발전하는 것도 필요하다.

《 Executive Summary 》

With the development of ICT, smart factories are emerging and spreading around the world, and their market growth is fast, with CAGR of 9.3% from 2017 to 2022. Korea's economy is highly dependent on manufacturing, but its competitiveness is declining due to various factors. In order to strengthen the manufacturing competitiveness and to lead the fourth industrial revolution, the success of smart factories is necessary, and the underlying software technology must be well integrated. However the approach to smart factories from the viewpoint of software technology is insufficient. Therefore from the viewpoint of software technology, I analyze trends and policy to propose a policy direction.

The Smart Factory is a factory that converges ICT such as ABCi(AI, Big data, Cloud, IoT) and CPS(Cyber Physical Systems) and manufacturing technologies to enhance productivity and profitability by integrating manufacturing processes. Software is an integral part of building a smart factory, and software allows flexibility, intelligence, real-time, connectivity, and reliability.

I have summarized domestic and overseas policies, market size, and examples related to smart factories and have analyzed the technologies applied to smart factories from the viewpoint of software. In Korea, there is insufficient awareness of the importance of software in smart factories, and there is a lack of technology related to smart factories, lack of basic software technology, and lack of experts, It was identified as vulnerable.

Therefore, in order to succeed in Korea's smart factory, it is necessary to change the basic perception that it is not simply a process automation of the manufacturing industry but a new type of factory that is led by software. To achieve this, it is important to acquire the necessary level of software related to a smart factory rather than to build a large number of smart factories. To this end, effective policies are needed to overcome software vulnerabilities.

Software policy direction for the success of smart factories should clarify policy objectives, policy tasks and implementation system under a priority of comprehensive viewpoint, and strategic implementation is necessary. The policy goal should be to raise the national software capacity to top class within the shortest period to secure competitiveness of our manufacturing industry. The key challenges for this are the development of software technology, the development of human resources, and the enhancement of software companies' competitiveness. It is essential to cooperate with the relevant ministries in the smart factory implementation system and to strategically promote the construction of smart factories according to the domestic manufacturing situation.

《 목 차 》

1. 연구배경	1
2. 스마트공장이란?	4
(1) 스마트공장의 개념	4
(2) 스마트공장 현황	8
3. 스마트공장의 소프트웨어 기술 현황	13
(1) 스마트공장에 적용되는 주요 소프트웨어 기술	13
(2) 해외 사례	15
4. 우리나라의 현황과 문제점	19
(1) 스마트공장 및 소프트웨어 기술현황	19
(2) 소프트웨어 관점에서 문제점	24
5. 향후 정책 방향	27
(1) 그간의 정책 평가	27
(2) 정책 방향	30

《 Contents 》

- 1. Introduction1
- 2. What is the smart factory?4
 - (1) Concept of the smart factory4
 - (2) Current status of the smart factory8
- 3. Software technical status of the smart factory13
 - (1) Software technologies of the smart factory13
 - (2) Overseas Cases15
- 4. Current Status and Problems in Korea19
 - (1) Smart factory and software technology status19
 - (2) Problems as seen from the viewpoint of software24
- 5. Future policy direction27
 - (1) Assessment of Policy27
 - (2) Policy direction30

1. 연구배경

- 신기술이 발달하면서 제4차 산업혁명의 일어나고 있으며, 스마트공장이 출현하여 세계적으로 빠르게 확산되고 있음
 - 사회, 경제적, 기술적 변화 동인으로 발생한 제4차 산업혁명은 첨단 정보 통신 기술(ICT)이 경제·사회 전반에 융합되어 혁신적인 변화가 나타나는 현상¹⁾
 - 업무환경의 변화, 신흥 시장에서 중산층 증가, 노령화 사회 등의 동인으로 사회가 변화하며 새로운 형태의 산업과 일자리 창출
 - ABCi(AI, Big data, Cloud, IoT²⁾)등 첨단 ICT 기술이 중요한 기술 요소로서 작용
 - 스마트공장 시장은 2016년 1200억 달러이며, 2017년에서 2022년까지 연평균 9.3% 성장할 것으로 예상³⁾
 - 산업용 로봇의 사용 증가, IoT의 진화, 스마트 자동화 솔루션에 대한 수요 증가가 스마트공장 시장의 성장을 주도하는 주요 요인
 - 사람의 실수를 줄이며 생산성을 높일 수 있는 산업용 로봇 시장은 세계 스마트공장 시장의 최대 점유율을 차지할 것으로 예상
- 우리나라 경제에서 제조업 의존율은 다른 나라에 비교해 상당히 높으나, 여러 가지 요인으로 인하여 제조업 경쟁력이 저하하고 있음
 - 한국은 GDP 대비 제조업 비중이 여타 주요국보다 상대적으로 높은 편⁴⁾
 - * 제조업 비중(% ,2014년) : (한국) 30.2, (미국) 12.3, (독일) 23.0, (일본) 17.7
 - 인구고령화, 신흥개도국의 추격, 성장 동력 약화 등으로 한국경제의 성장세 둔화 및 제조업의 부가가치율 하락⁵⁾

1) World Economic Forum(2016.1.), The Future of Jobs, Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution pp6~8

2) IoT : Internet of Things, 사물인터넷

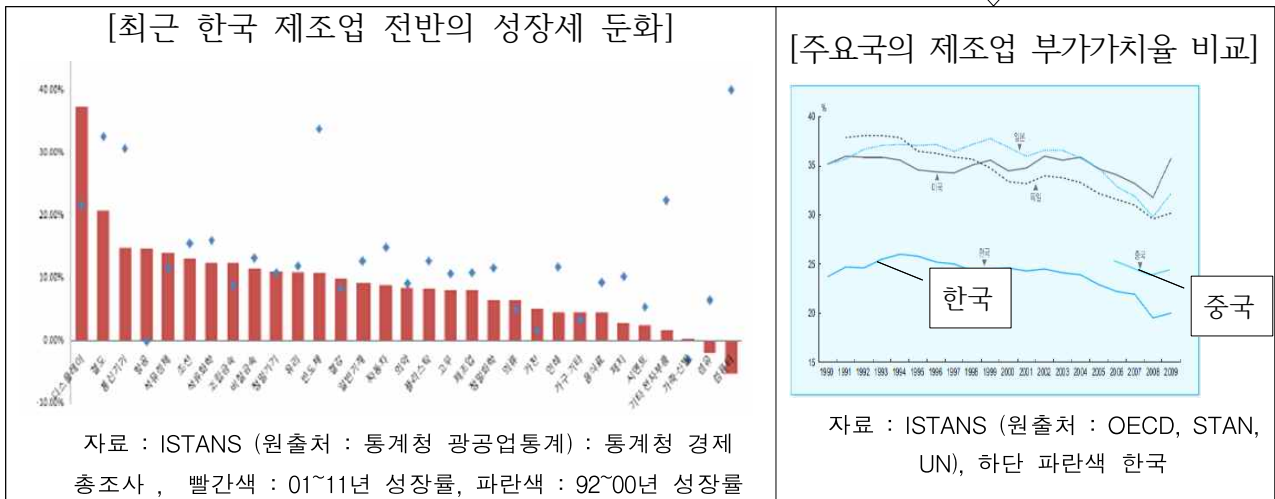
3) Markets and Markets(2017.4.), Smart Factory Market by Technology (DCS, PLC, MES, ERP, SCADA, PAM, HMI, PLM), Component (Sensors, Industrial Robots, Machine Vision Systems, Industrial 3D Printing), End-User Industry, and Region - Global Forecast to 2022

4) 산업기술리서치센터 (2017.2.), '16년 국내외 제조업 생산 특징 분석 및 시사점

- 1990년대에 비해 2000년에 들어서면서 일부 산업을 제외한 대부분의 제조업의 성장률 둔화
- 1990년대 중반 이후 제조업의 부가가치율이 지속해서 하락하며, 선진국은 물론 중국과도 부가가치율 격차가 지속

[그림 1-1] 제조업 추세

상단
 직선 미국, 점선 독일,
 파란 점선 일본



□ 제조업 경쟁력을 강화하고 제4차 산업혁명을 주도하기 위해서는 스마트공장의 성공이 필요하며, 이를 위해서는 그 기반이 되는 소프트웨어와 제조 기술이 제대로 융합되어야 함

- 제4차 산업혁명 관련 혁신 기술들은 제조업의 생산성 향상과 원가 절감에 기여
 - 제조기술과 ABCi(AI, Big data, Cloud, IoT) 등 신기술이 결합되면서 제조업체의 생산성을 높이는 사례 증가
 - * 자율주행 굴착장비는 생산성을 30 ~ 60%까지 증가시킬 것으로 기대함. 로봇에 의해 운영되는 자동화된 창고업은 일반 창고업보다 네 배 많은 주문량을 처리 가능함⁶⁾
 - 새로운 기술들은 불량률 감소, 에너지 절감 등으로 비용절감 효과

5) 산업연구원(2016.1.), 글로벌 저성장시대, 한국산업의 위기와 해법

6) 포스코경영연구원(2017.1.), 4차 산업혁명의 전개와 확산, 산업용 로봇과 센서시장 중심으로

- 스마트공장의 생산성 개선, 불량률 감소 등의 효과성은 정부 발표 지표로 확인 가능
 - * 생산성 개선(23%), 불량률 감소(Δ 46%), 원가 절감(Δ 16%), 납기 단축(Δ 34.6%)으로 경쟁력 향상(스마트공장 전환 1,861개사 조사, 스마트공장추진단, 2016년 12월)
- 제조업의 성장세 둔화를 극복하고, 경쟁력을 높이기 위해서는 소프트웨어를 이용한 공장의 효율화, 지능화를 구현하는 스마트공장의 성공이 필요
 - 제조업의 성장을 위해서는 소프트웨어를 이용한 제조업의 서비스화를 통해 산업의 확장이 필요
 - * GE는 엔진, 터빈 등의 제품과 이와 관련된 모든 유지관리 서비스(제품진단 소프트웨어와 분석 솔루션을 결합해 기계와 기계, 기계와 사람, 기계와 비즈니스 운영을 서로 연결)와 컨설팅, 금융을 통합한 제품 통합형 서비스 제공
 - 제조업의 부분적인 ICT 기술의 적용으로도 생산성이나 비용절감 효과가 있었으나, 좀 더 효과적인 경쟁력 강화를 위해서는 소프트웨어 주도적인 스마트공장의 고도화가 필요
 - * 특히, 제4차 산업혁명의 주요 기술 중 CPS(Cyber Physical Systems)⁷⁾ 기술은 디지털과 물리세계의 융합을 통한 물리세계의 정밀제어 기능으로 여러 제품에 적용되어 제품의 생산성과 안전성 증가
- 제조업의 현안 해결 방안으로 제4차 산업혁명 기술을 이용한 스마트공장 구축을 소프트웨어 관점에서 분석하고 정책 방향을 제시해야 함
 - 그동안 스마트공장에 대한 접근은 제조업적 시각에서 각 산업이나 기업의 수요를 반영하는 시각에서 접근하고 있으며, 소프트웨어 관점에서 분석이나 접근이 미흡
 - 소프트웨어 기술 관점에서 그간의 현황을 분석하고 정책을 점검함으로써 정책 방향을 제시

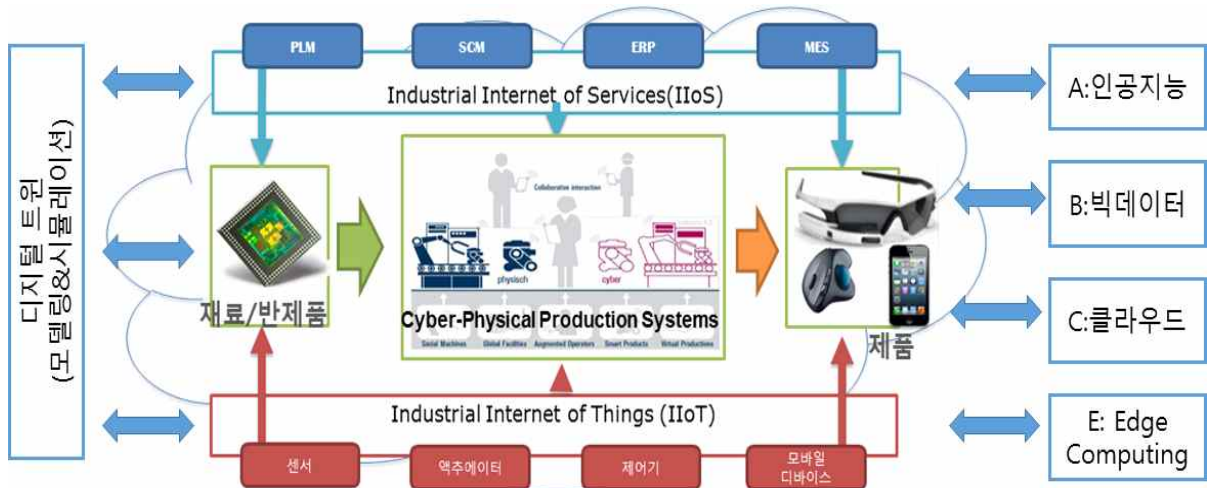
7) CPS : 우리가 살아가는 물리 세계와 센서, 액츄에이터, 임베디드 컴퓨팅 시스템 등으로 구성된 사이버 세계와의 융합하여 안전하고 신뢰성 있게 분산제어하는 지능형 시스템 구축 기술
한국전자통신연구원(2016.11.), 가상-실공장 연동을 위한 CPS 기반 스마트팩토리 기술

2. 스마트공장이란?

(1) 스마트공장의 개념

- (개념) 스마트공장은 ICT와 제조 기술이 융합되어 제조공정의 통합을 통해 생산성 향상과 에너지 절약, 그래서 수익성 증대를 추구하는 공장
 - (일반) 스마트공장 구축은 단순히 공장자동화가 아니라, 전 제조공정을 통합하는 과정
 - 스마트공장은 원부자재 생산·공급, 생산운영, 연구개발, 유통, 물류, 폐기 등 제조 전체 과정에 ICT를 적용하여 생산성, 품질, 고객만족도 등을 향상시킬 수 있는 공장
 - 이후 스마트공장은 자동화된 설비, 생산, 운영을 통합하고 고객과 소통하는 공장으로 비즈니스 가치 사슬 전반에 최적화를 추구하는 광의의 스마트공장으로 정의⁸⁾
 - 스마트공장의 특징은 데이터에 의한 작업 지시를 수행하는 능동성, 변화된 여건에 따라 스스로 판단하는 지능성, 수집된 데이터에 의한 신뢰성, 실시간 처리 수준의 민첩성, 유관 시스템의 연계성임⁹⁾

[그림 2-1] 스마트공장 개념도



자료 : 스마트공장 사업소개(2015.12.), 스마트공장추진단,
2017년 산업기술 R&BD 전략에서 그림 수정

8) 한국전자통신연구원(2016.1.),스마트공장 국제 및 국내 표준화 동향

9) 딜로이트 안진 리뷰(2016.), 스마트 팩토리의 성공적 도입을 위한 고려사항

- (구조적 관점) 스마트공장은 ABCi(AI, Big data, Cloud, IoT), CPS 등 ICT와 제조업기술을 융합하여 공장 내의 장비, 부품들이 연결 및 상호 소통하는 생산체계
 - 다양한 센서, 작동기(Actuator), 제어기, 각종 모바일 장치로부터 데이터를 수집하는 IIoT(Industrial IoT) 인프라 계층은 상위 시스템과 서비스 계층으로 제어 데이터를 전달
 - 지능형 제어 계층인 CPPS(Cyber Physical Production Systems)는 IIoT 계층과 IIoS(Industrial Internet of Services) 계층에서 수집된 데이터를 기반으로 모형화와 모의실험을 통해 최적의 공정을 실시간 설계하고 공정을 재구성하여, 고객의 다양한 생산요구 및 시스템 오류에 대응
 - 지능형 관리계층인 IIoS 계층은 기존 공정관리시스템인 PLM(Product Lifecycle Management), SCM(Supply Chain Management), MES(Manufacturing Execution System), ERP(Enterprise Resource Planning)를 플랫폼 서비스화하며, 생산성 향상, 에너지 절감, 안전한 생산 환경을 구현하고, 다품종 복합생산이 가능한 유연한 생산체계 구축을 제공¹⁰⁾
 - 수직적으로는 디지털 트윈(Digital Twin)¹¹⁾, 인공지능, 빅데이터, 클라우드 및 에지컴퓨팅¹²⁾ 서비스를 각 계층에 제공하게 됨
- (SW의 효과) 소프트웨어는 스마트공장 구축을 위해 필수 요소이며, 소프트웨어에 의해 효율성이 극대화됨
 - (유연성) 제조업은 다품종 유연 생산으로 요구사항이 바뀌고 있으며, 소프트웨어의 유연성에 의해 다품종 생산을 위한 제조 공정의 변경이 용이

* SDX(Software Defined Everything) 개념의 도입으로 산업네트워크, 공장제어

10) PLM : 제품의 전 생명 주기를 통해 제품의 관련된 정보와 프로세스를 관리, SCM : 부품 공급업자로부터 생산자, 배포자, 고객에 이르는 물류의 흐름을 하나의 가치사슬 관점에서 파악하고 필요한 정보가 원활히 흐르도록 지원하는 시스템, MES : 완성품이 나올 때까지 공장의 모든 생산 활동을 데이터로 기록하여 관리하는 시스템, ERP : 기업 내 생산, 물류, 재무, 회계, 영업, 구매, 재고 등 경영 활동 프로세스들을 관리하여, 기업에서 빠른 의사결정을 도와주는 시스템

11) 물리 세계와 동일한 쌍둥이(Twin)를 사이버 세계에 제작. 물리시스템의 실시간 상태 모니터링, 데이터 분석, 3차원 모델을 통한 장비 동작성 파악 및 산업 장비나 자산의 수명주기 동안 높은 생산성 도출을 위한 운용 방안 등을 제시

12) 실시간성이 필요한 공장 특성을 반영하여 최근에 생산라인에 근접한 컴퓨팅 자원을 제공하는 Edge Computing이 요구됨

시스템 및 정보시스템들의 구조 및 기능 변경이 쉬워짐

- (지능성, 신뢰성) 빅데이터 처리기술과 인공지능 기술은 스마트공장의 데이터에 의한 실시간 오류 검출과 예지보전¹³⁾ 기능을 수행

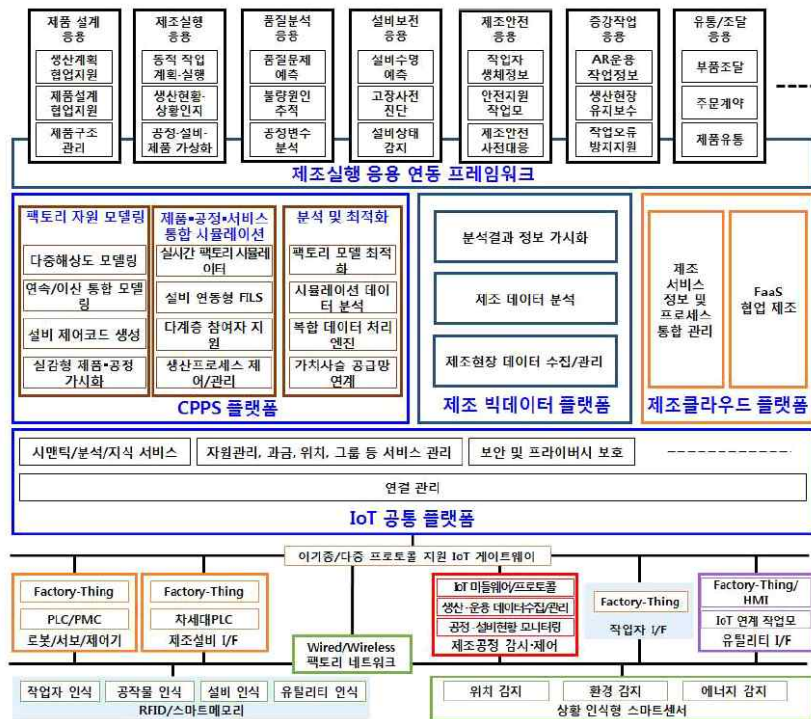
* GE와 지멘스(Simens) 등은 공장 가상화 즉 디지털 트윈을 통해 생산라인에서 발생하는 데이터를 실시간 가시화하여 원격에서도 공장의 상황을 명확히 판단하고, 예지보전 할 수 있는 기술을 개발 중임

- (실시간성) 실시간 운영체제, 실시간 네트워크, 시간 동기화 기술 등은 제조 운영 관련 경보, 조치, 소요시간, 정보 공유 등의 실시간성을 제공하여 스마트공장 성능 향상

- (연계성) 소프트웨어는 센서와 각 시스템에서 생산하는 데이터를 수집, 저장, 가공, 활용하여 전 제조공정의 연계를 가능케 함

□ (시스템 구조) 다양한 산업 공정에 대해 ICT를 스마트공장에 적용하기 위해 표준화된 모형¹⁴⁾은 시스템 관점의 스마트공장 개념적 구조를 설명

[그림 2-2] 스마트공장 시스템 모형



자료 : 정보통신단체 표준(2015.12.), ICT 제조융합 스마트 팩토리 참조 모델

13) 기기의 이상을 그 상태감시에 의하여 예측하고, 그 정보에 기인해서 보수, 교체를 계획·실시하는 것

14) 정보통신단체 표준(2015.12.), ICT 제조융합 스마트 팩토리 참조 모델

- ‘제조실행 응용 연동 프레임워크’를 바탕으로 공장설계, 제조실행, 설비보전, 작업자 안전 등의 스마트공장 서비스 제공
 - 기존의 공장자동화 응용 소프트웨어를 통합하고 스마트공장의 효과를 증대시키기 위한 응용 소프트웨어가 확대된 계층
- ‘CPPS 플랫폼’은 모형화와 모의실험, 공장 가상화를 담당하며, ‘클라우드 플랫폼’은 정보의 축적과 협업, ‘빅데이터 플랫폼’은 수집 및 분석 담당
 - CPS 기술은 가상세계와 전통 제조업인 사람, 공정, 설비와 같은 물리 세계와의 융합을 통한 물리세계의 정밀제어 가능하게 하여 스마트공장의 효과를 증대하는 중요 요소
- ‘IIoT 공통 플랫폼’은 산업용 통신 네트워크 및 이기종 다중 프로토콜을 지원하는 산업용 게이트웨이를 통해 스마트센서, 공정센서, 제어기, 로봇 등과 연동 제공
 - 기존의 PLC(Programmable Logic Controller) 중심의 생산장비 상태 관찰로부터 IoT 인프라의 생산라인 적용으로 더욱 정밀하고 다양한 상태정보의 수집이 가능해져, 제품의 오류나 생산공정 비효율성 등을 쉽게 파악할 수 있게 됨
- 가장 하위 계층은 하드웨어 디바이스로 센서, 무선센서 네트워크, 산업용 로봇 기술 등으로 구성

(2) 스마트공장 현황

- (정책) 선진 주요 국가는 제조업의 저성장 및 생산성 하락 문제의 해결책으로 제4차 산업혁명에 따른 제조업의 진화 형태인 스마트공장 정책을 마련함¹⁵⁾
 - (미국) 높은 IT 기술 수준의 장점을 활용하여, 제조기업만 아니라 주요 IT 기업이 컨소시엄에 참여하여 스마트공장 주도권 확보 추진
 - 제조혁신을 통해 국가경쟁력 강화 및 일자리 창출을 위한 첨단제조동반(AMP, Advanced Manufacturing Partnership) 프로그램 발족(2011.6.)
 - * 첨단제조동반은 산·학 및 정부가 협력하여 신생기술 확보를 위한 제조업 투자를 늘리고, 제조업에 대한 오해를 불식하여 전문가를 늘리며, 세금 개혁 등의 비즈니스 환경 조성 정책을 포함¹⁶⁾
 - 범국가 차원의 산·학·연·정 협의체의 성격을 갖는 비영리기관인 연구개발연합(SMLC, Smart Manufacturing Leadership Coalition) 발족
 - * 2020년을 기준으로 제품 사이클 단축, 스마트제조 전사적 구현·비용 절약, 자원효율성 등 항목에 대한 정량적·정성적 평가 항목과 목표를 제시
 - IIC(Industrial Internet Consortium)는 NIST(National Institute of Standards and Technology) 등 연구기관과 기업을 포함한 세계 220개 이상의 회원을 모아 산업 인터넷에서 주도권 확보를 목표로 구조들 정의, 표준화 작업, 사례 공유 등 활동
 - (독일) 제조업의 주도권을 이어가기 위해 ‘인더스트리 4.0’을 발표하고 ICT와 제조업의 융합, 국가 간 표준화를 통한 스마트공장을 추진했으며, ‘플랫폼 인더스트리 4.0’로 실행력을 강화
 - 인더스트리 4.0은 독일 정부에서 발표한 CPS기반 스마트공장 구축을 위한 범국가 차원의 이니셔티브(initiative, 계획)로 임베디드 시스템 생산기술과 스마트 생산 프로세스를 결합하여 제조업과 관련 산업의

15) 융합정책연구센터(2017.2.), 4차 산업혁명과 국내외 스마트공장 산업동향, p2
 한국표준협회(2015.7.), 스마트공장 글로벌 추진동향과 한국의 표준화 대응전략
 한국표준협회 이상동(2017.4.), 스마트공장 표준화 세미나/스마트제도 표준화 전략
 LG경제연구원(2017.3.) 스마트 팩토리 삼국지

16) President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST, 2012.), Report to the President on capturing domestic advantage in advanced manufacturing

가치사슬 및 사업 모형을 획기적으로 변화시키기 위한 시도¹⁷⁾

- * 독일의 글로벌 대기업과 B2B 중심의 중소기업들이 자동차, 기계, 화학, 의약 산업 등에서 히든챔피언으로 세계 최고 수준의 위상을 유지
- 그러나 독일은 인더스트리 4.0의 추진성과가 IoT, CPS 등 스마트 공장과 관련된 기술표준 마련 등 연구 및 이론 중심으로 실용성과 실행력 부족하다고 판단하고, 2015년 제조공정 전략 개선, 데이터 보안, 법·제도정비 및 교육을 새로운 과제로 재설정하는 ‘플랫폼 인더스트리 4.0’으로 전환하고 실질적인 결과물 도출을 목표로 함
- (중국) 혁신형 고부가가치 산업으로 재편을 위해 ‘제조업 2025’를 발표 (2015년 5월)하고 30년간 3단계로 나누어 산업구조의 고도화 계획을 수행
 - 전 산업의 공동 체질개선, 정부 간섭 축소와 투자 자유화 확대를 통한 중국기업의 해외진출 확대를 목표
 - 제조업 2025는 특허 등 혁신역량, 품질, 생산성 등 질적 성과, IT제조업 융합, 친환경 성장 목표로 차세대 정보기술, 고정밀 수치제어 및 로봇, 에너지절약 및 신에너지 자동차, 전력설비 등 10대 산업 성장 추진
- (일본) 일본산업재흥플랜(2013년), 산업 경쟁력강화법(2014년)을 발표하여 비교우위산업 발굴, 새로운 시장 창출 및 인재육성 추진
 - 산업 경쟁력강화법은 과잉 규제, 과소 투자, 과다 경쟁 문제를 해결하려는 조치로 설비 투자 촉진, 벤처 투자 추진, 창업 지원, 중소기업 회생 지원, 규제 해소 등의 내용 포함
 - 일본은 일본재흥전략 2016에서 제4차 산업혁명 대응 본격화로 독일 및 미국에 비교해 늦은 산업 전략 도출
 - 일본은 표준화, 차세대 생산체계 창출보다는 현장 인력 위주의 생산성 개선, 독자 공정 노하우 중시, 기존 생산성 제고 방식의 한계 돌파를 위한 보조 수단으로 활용하는 전략 추진

17) 산업통상자원부, KIAT(2017.3.), GT 심층분석보고서, 독일 인더스트리 4.0-스마트공장

- (시장) 세계 스마트공장 시장은 연평균 9.3%의 성장이 예상되며, 아시아 태평양 시장은 가장 큰 시장이 될 것으로 예상함
 - 스마트공장 시장은 디바이스, ICT, 수요산업으로 구분
 - 디바이스는 센서, 산업용 로봇, 3D 프린터 등을 포함
 - ICT는 스마트공장 서비스 계층에 사용되는 분산제어, MES(Manufacturing Execution System), ERP(Enterprise Resource Planning), PLM(Product Lifecycle Management), HMI(Human Machine Interface)¹⁸⁾ 등을 포함
 - 가장 높은 비율로 성장할 것으로 예상되는 분야는 실시간 데이터 분석을 통해 기업의 비즈니스 데이터를 중앙 집중화하고 다중 작업 추적을 가능하게 하는 MES임¹⁹⁾
 - 아시아태평양은 가장 큰 스마트공장 시장이 될 것으로 예상
 - 2016년 BCC Research 자료에 따르면 아시아태평양이 2020년 가장 높은 시장 비중(39%)과 연평균 성장률(21%)을 기록할 것으로 예상
 - 아시아태평양 시장의 성장률 강세의 요인은 제조업 부문의 투자 증가 및 정부 규제 개선에 따른 투자 증가
 - 스마트공장의 국내시장 규모는 2015년 32.1억 달러에서 2020년까지 54.7억 달러로 연평균 10.9% 성장할 전망²⁰⁾

<표 2-1> 스마트공장 국내 시장규모 및 전망 (단위 : 억달러)

년도	15년	16년	17년	18년	19년	20년
시장규모	32.1	33.7	39.8	44.3	49.2	54.7

자료 : 중소기업기술로드맵 홈페이지,
중소기업청, 중소기업기술로드맵 2017-2019

18) Touch Screen 을 적용하여 사용자가 현장 Line에 있는 각종 생산 장비의 작동 상태를 그래픽을 통해 한 눈에 볼 수 있도록 하며, 필요시 적절한 조치를 바로 취할 수 있도록 제공하는 기능

19) Markets and Markets(2017.4.), Smart Factory Market by Technology (DCS, PLC, MES, ERP, SCADA, PAM, HMI, PLM), Component (Sensors, Industrial Robots, Machine Vision Systems, Industrial 3D Printing), End-User Industry, and Region - Global Forecast to 2022

20) 중소기업기술로드맵 홈페이지, 중소기업청, 중소기업기술로드맵 2017-2019

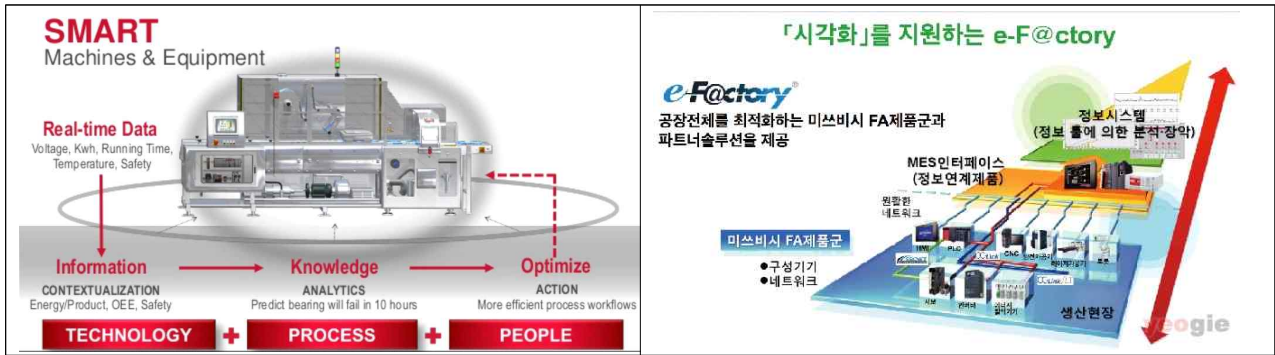
- (구축 사례) 스마트공장은 제조기술과 모의실험, 디지털트윈(Digital Twin), IIoT, 인공지능과 같은 소프트웨어 기술을 기반으로 기계 장비, 작업자, 데이터를 연동시켜 공장운영 최적화, 비용절감, 제품 신뢰성 강화를 목표로 구축
- 제조 경쟁력이 ‘제품’ 생산에서 개인화 제품의 설계와 검증, 신속한 배송, 지능적인 사후관리 및 개인화 마케팅으로 이어지는 ‘제조업의 서비스화’ 로 진화
 - 플랫폼과 생태계를 구성하는 소프트웨어 경쟁력 강화가 제조혁신의 핵심이 되고 있음
 - 글로벌 제조 기업은 대규모 소프트웨어 개발자 채용, 소프트웨어 스타트업에 대한 투자와 인수합병을 통해 소프트웨어 역량을 강화하여 소프트웨어 기업으로 변신을 진행함
 - (지멘스 암베르크 공장) 생산설비, 제어시스템 및 산업용 소프트웨어 등을 아우르는 거의 모든 산업분야의 제조 및 공정자동화 생태계 솔루션을 기반으로 공장의 디지털화 및 자동화에 사업 역량을 집중
 - 시장에 제품 출하 시간을 줄이고, 중요 요소를 효율화하여 생산성을 높임
 - * 공장에서 매일 실시간으로 수집하는 5,000만 건의 정보를 이용하여 자동 작업 (75% 자동화 실현) 지시를 통해, 99.5% 제품을 24시간 이내 출하²¹⁾
 - 다품종 소량생산을 위한 설계부터 생산, 서비스에 이르는 디지털화로 제품 생산의 유연성을 높임
 - * 1천 종류 제품을 연간 1,200만 개 생산 가능하며, 세계 최고수율 99.9988% 달성²²⁾
 - (로크웰 오토메이션²³⁾) 기업과 기업을 둘러싼 모든 공급망이 하나로 연결 및 융합되어, 새로운 가치 창출과 비즈니스 최적화가 가능한 CSF (Connected Smart Factory, 연결형 스마트공장)를 지향

21) Siemens(2017.), The Digital Enterprise EWA, Electronics Works Amberg

22) 관계부처 합동(2015.), 제조업 혁신 3.0 전략 실행대책

23) 로크웰 오토메이션은 미국 위스콘신 주 밀워키에 본사를 두고 있으며, 22,500여명의 직원이 전세계 80여 개국에서 근무하며, 산업 자동화와 정보 솔루션 제공

[그림 2-3] 로크웰 오토메이션의 CSF, 미쯔비시 전기의 e-F@ctory 아키텍처



자료 : 로크웰 오토메이션(Rockwell Automation), 미쯔비시 전기

- (미쯔비시전기) 공장자동화시스템 전문기업인 미쯔비시전기는 자사의 기술을 기반으로 수직형 스마트공장 솔루션 구축을 위해 국내외 전문 기업들과의 협업 체계를 구축하여 e-F@ctory 아키텍처를 진화시키고 있음
- 사물인터넷 관련 인텔의 전문 개발 솔루션과 미쯔비시전기의 'e-F@ctory' 자동화 기술을 결합하여 조기 고장예측 등을 통해 생산성 향상

3. 스마트공장의 소프트웨어 기술 현황

(1) 스마트공장에 적용되는 주요 소프트웨어 기술

- 스마트공장 기술은 제조업 기술, 하드웨어, 소프트웨어 등의 요소기술 등의 융합 기술이고, 소프트웨어는 효율화, 지능화를 구현하는 기반기술
 - 스마트공장 ICT 요소는 스마트공장 시스템 모형에 따라 디바이스, 플랫폼, 응용 소프트웨어 등이 존재
 - 하드웨어 디바이스로 스마트 센서²⁴⁾, 센서 모듈과 게이트웨이를 연결하는 무선센서 네트워크, 산업용 로봇 기술 등이 필요
 - 플랫폼은 스마트공장 하위 디바이스에서 입수한 정보를 스마트공장 서비스에 제공하고, 서비스에서 나온 데이터를 가지고 하드웨어 디바이스를 제어하도록 제공하는 시스템(IIoT, CPPS)으로 IoT, CPS 기술 요소 필요
 - 응용 소프트웨어는 기존 PLM, SCM, MES, ERP 등의 시스템, 인공지능, 빅데이터 등의 신기술과 제조기술이 융합된 유연자율생산 시스템, CPS 기반 생산시스템 등으로 소프트웨어 기술이 기반 기술로 작용
 - 스마트공장 기술요소 중 IoT, CPS는 스마트공장 효율화를 실행하는 매개체로, 소프트웨어는 최적화, 지능화를 위한 중요한 역할을 담당
 - IoT 기술은 공장 내·외부 관리 자원을 연결하고 제조 및 서비스를 최적화하기 위한 기술이며, 소프트웨어를 이용하여 CPS 계층에 데이터 제공
 - IoT 기술 중 저전력 네트워킹, 임베이드 운영체제, 센서 데이터 최적화 기술 등이 핵심 기술²⁵⁾로 운영체제는 소프트웨어 기술이며, 저전력화, 데이터 최적화 등은 소프트웨어로 구현하는 추세
 - CPS 기술요소는 센서 등의 디바이스, 가상세계의 만들어진 데이터의 연결 및 데이터 관리, 분석 및 실제 시스템의 제어 기술이며, 대규모

24) 제조업에서의 다양한 정보를 감지할 수 있는 센싱 소자와 신호처리가 결합하여 데이터 처리 자동보정, 자가진단 의사결정 기능을 수행하는 소형 경량 다기능 센서

25) 박종만(2015.12.), 중소기업 스마트공장 기술 동향과 이슈, The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol.40 No.12, IoT는 센서, 프로세서, 통신 능력을 가진 지능자산, 데이터통신 구조, 데이터 분석 및 응용, 의사결정으로 구성

- CPS 지원을 위해서는 다양한 디바이스 지원, 무결성, 실시간성, 고성능 대역폭 등의 지원을 위한 소프트웨어 플랫폼 필요²⁶⁾
- CPS 기술 중 미래예측, 협동 및 합의 의도 파악, 머신 러닝 등 지능적 기술은 모두 소프트웨어 기술²⁷⁾
 - CPS를 위한 기본 소프트웨어 기술은 병렬, 분산, 실시간 컴퓨팅, 미들웨어, 플랫폼, 소프트웨어 설계 및 테스트, 운영체제 기술 등
- 스마트공장은 안전, 보안, 전자파 적합성, 고가용성, 무선통신 공존, 위험관리 지원이 필요²⁸⁾한데, 이 또한 소프트웨어는 기반 기술로써 작용
- 사람, 환경, 소중한 자산을 심각한 손상으로부터 보호하는 기능안전을 만족하기 위한 안전 기술
 - ERP, MES, PLM 등의 응용 소프트웨어와 임베디드 시스템을 포함한 스마트공장 소프트웨어의 외부로부터 침해를 방지하는 보안 기술
 - 서버, 네트워크, 플랫폼, 응용 소프트웨어 등의 시스템이 중단 없이 지속적으로 정상 운영이 가능한 고가용성 기술
- 스마트공장에서 비교적 활발하게 적용되고 있는 소프트웨어 기술은 시뮬레이션, 디지털 트윈, IoT 플랫폼 등이 있으며 상품화되고 있음
- (시뮬레이션 SW) 제품의 설계에만 적용되던 시뮬레이션 소프트웨어가 제품 생산, 공장 운영, 유통, 물류 등 공장 운영 전반에 걸쳐 이용되어 의사결정 지원
 - (디지털 트윈) 디지털 트윈을 이용하여 데이터 기반 의사결정을 하고, 실제 공장 시스템에 실시간으로 자동 적용
 - (IoT 플랫폼) 데이터 수집을 위한 표준화된 IoT 플랫폼 연구·개발이 비교적 활발함

26) 박종만(2015.12.), 중소기업 스마트공장 기술 동향과 이슈, The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol.40 No.12

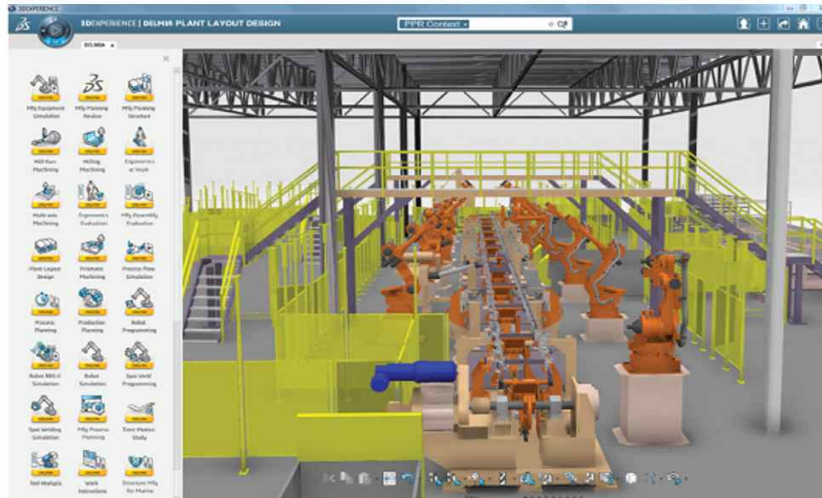
27) acatech(2015.3.), Integrated research agenda Cyber physical systems, CPS 기술은 센서 융합, 패턴 인식의 물리적 감지, 인공지능 등으로 미래 예측 가능한 자동화 기술, 인공지능을 통한 협동 및 합의, 의도 파악과 인간 모형을 통한 인간과 기계의 상호작용, 머신 러닝 기술

28) KSA한국표준협회(2015.12.), 스마트공장 제도화 연구

(2) 해외 사례

- (시뮬레이션 SW) 단위 기계장치의 설계 및 검증을 위한 도구에서 단위시스템을 포함한 전체 공장의 공정을 통합 검증하고 최적화하기 위한 도구로 진화한 소프트웨어
 - 기존 설계위주의 모의실험 도구를 제공하던 회사가 제조 자산을 가상으로 정의하고 제조 계획, 운영 등의 모의실험 수행이 가능한 도구 제공
 - (다쏘시스템사²⁹⁾) 정확한 가상 생산시스템을 운영하여 실시간 생산 활동 추적, 일정 변경 수행, 유지 관리 작업 일정 등을 모의실험 기반으로 처리

[그림 3-1] 다쏘시스템의 가상디지털 공정 솔루션 ‘델미아(DELMIA)’



자료 : 다쏘코리아사

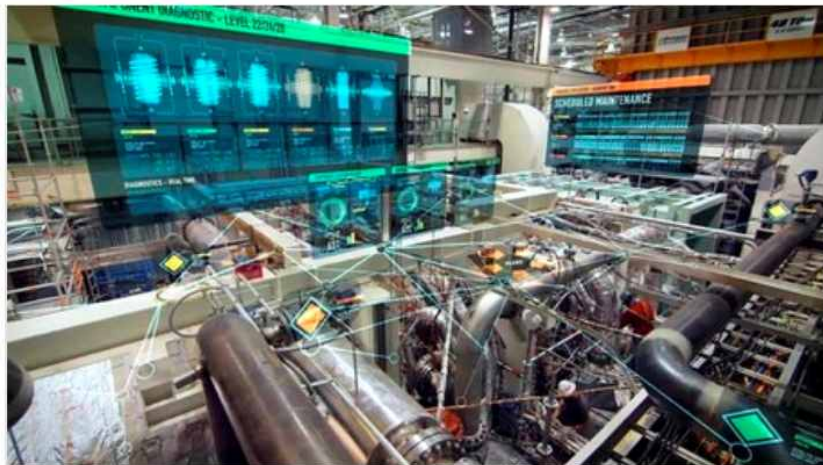
- 3D 기반의 협업 설계와 형상 기반 모형화를 위한 모의실험 도구 제공
 - (PTC사) 3D CAD(Computer Aided Design)³⁰⁾ 기반의 PLM 및 서비스관리 솔루션을 보유하고 있으며, 공학 분야의 수치해석 기반 솔루션 제공
 - (AutoDesk사) 건축, 엔지니어링, 건설, 제도 등 다양한 분야의 소프트웨어를 제공하며 CAD 기반 솔루션, 3D 솔루션 보유

29) 다쏘시스템은 1981년 엔지니어 15명이 다쏘항공에서 독립해 만든 3D 기술 플랫폼 전문 프랑스 업체

30) 컴퓨터에 기억되어 있는 설계정보를 그래픽 디스플레이 장치로 추출하여 화면을 보면서 설계하는 것

- (디지털 트윈) CPS 개념의 하나로 물리적 사물과 시스템의 상태를 실시간적으로 반영하고 이들을 제어하는 동적 소프트웨어 모형인 디지털 쌍둥이 구현
 - 실세계로부터 수집한 데이터를 기반으로 실세계를 모의실험하고, 대응된 물리시스템의 변화에 즉각적으로 대응하고 동작을 최적화
 - 데이터 수집 및 분석을 위해서는 모형화, AI(패턴인식, 학습), 빅데이터, 클라우드, IoT(센서, 네트워크) 등의 기술과 이를 통합하는 플랫폼이 필요
 - (GE) 생산하는 모든 산업 기계의 프로필을 구축하고 기계에 대한 공학적 모형을 획득 중이며, GE의 Predix³¹⁾ 상에서 실행되는 55만 1,000개의 디지털 트윈을 개발 (2016년 말)
 - * 항공부분의 경우 디지털 트윈 모형에서 얻은 운항 데이터를 GE90 엔진에 실제 적용한 결과, 고객 기업은 불필요한 수백만 달러의 서비스 정비 비용을 절감. 철도 부분의 경우 GE의 에볼루션 기관차에 디지털 트윈 모형을 적용해 연료 소모와 온실가스 배출의 최소화를 달성

[그림 3-2] 실제 공장을 그대로 디지털화한 디지털 트윈



자료 : GE사

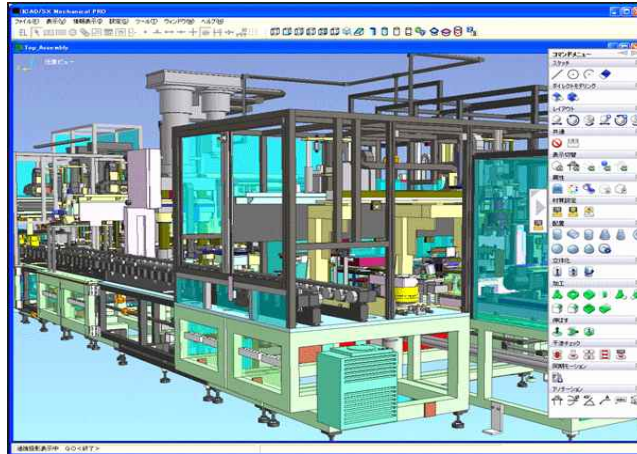
- (지멘스) 디지털 트윈을 생산 공정 최적화에 활용하여 생산 라인 상에서 제조기계와 작업자 배치 위치에 따른 생산성 변화를 실험하고, 이를 고려해 최적의 운영 환경을 구축
- 고수준의 정밀도를 갖는 디지털 트윈 모형에는 부족하나 공장 내부의 동작을 시연하여 검증이 가능한 소프트웨어

31) GE사의 산업IoT 플랫폼

- (iCAD사) 실제 물리적 장치를 가상 3D 모형으로 구성하여 예상 동작을 검증하고, 다른 제조기계들과의 통합한 대규모 제조라인 구축을 지원³²⁾

* iCAD사는 제어시스템 대형 개발사인 후지쯔와의 협력을 통해 사업을 추진 중

[그림 3-3] 대규모 공장설계 및 검증을 위한 iCAD SX 형상



자료 : iCAD사

- o (IIoT 플랫폼) 생산현장의 실시간 정보에 기반을 둔 스마트 공장의 상태 판단을 위해 다양한 산업 장비와 시스템을 연계할 수 있는 플랫폼

<표 3-1> IIoT 플랫폼

단체	플랫폼	설명
OPC Foundation	OPC UA	데이터 수집 및 제어를 위한 산업 장비 및 시스템과의 통신에 중점을 두고 있으며, 다양한 운영체제나 프로그래밍 언어에 종속적이지 않고, 많은 오픈 소스가 개발되어 쉽게 활용할 수 있는 IIoT 플랫폼
OMG	DDS	데이터 중심 통신 미들웨어로 국방 무기체계 등 고신뢰성과 실시간성이 동시에 요구되는 시스템에 적합하고, 최근 미국에서 산업 IoT 분야에 적극적으로 활용 중임
OneM2M	OneM2M	에너지, 교통, 국방, 공공서비스 등 산업별로 종속적이고 폐쇄적으로 운영되는 응용서비스 인프라 환경을 통합한 사물인터넷 공동서비스 플랫폼 개발을 위해 발족한 사실상 표준화 단체 및 표준규격

출처 : OPC Foundation, OMG, 미래창조과학부(2017.), 제품서비스 개발을 위한 IoT와 oneM2M의 이해,

- * OPC(Open Platform Communications), OPC UA(OPC Unified Architecture),
OMG(Object Management Group), DDS(Data Distribution Service)

32) 모형화 기능, 3차원 검증, 설계 지원, <http://ibowsol.com/icadplus-2/>

- 센서로부터 IoT 플랫폼을 통해 수집되는 수많은 데이터를 수집하는 IoT 클라우드
 - 데이터를 빅데이터 처리하거나, 인공지능 학습을 통해 공장에서 일어나는 수많은 일들을 개발자나 관리자가 실시간으로 쉽게 이해할 수 있도록 지원
 - (Predix) GE사의 세계 최초의 산업 IoT 클라우드 플랫폼으로, Predix 내에서 사용자는 최적화된 산업인터넷 응용을 개발하고 운영

[그림 3-4] GE Predix 서비스 모형



자료 : GE사

- (Mindsphere) 지멘스사의 산업 IoT 플랫폼으로, 기계나 플랜트 등 다양한 제조 환경에서도 지멘스 외 타사의 시스템들과도 쉽고 빠르게 연결되고 안전한 데이터 저장을 지원하며, 빅데이터 분석 알고리즘을 통해 산업현장의 설비와 공정을 최적화

4. 우리나라의 현황과 문제점

(1) 스마트공장 및 소프트웨어 기술현황

- (정책) 한국은 민관 공동 스마트공장 보급·확산 정책을 적극적으로 추진하고 있으며, 스마트공장 수준별 단계를 정의하고, 기업 역량에 따라 지원
 - 제조업 패러다임 변화에 따른 전략 『제조업 혁신 3.0 전략』 발표 (2014년 6월)
 - IT·SW 융합으로 융합 신산업을 창출하여 새로운 부가가치를 만들고, 우리 제조업만의 경쟁우위를 확보해 나갈 계획
 - 공장의 모든 생산 과정을 지능화·최적화하여 2020년까지 1만개 공장의 스마트화 추진
 - 민관공동의 ‘스마트공장 추진단’을 구성하여 중소·중견기업 제조 현장의 스마트화를 기업 역량에 따라 맞춤형으로 지원
 - 스마트센서, CPS, 3D 프린팅, 에너지 절감, 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드, 홀로그램 등 8대 스마트 제조기술에 대한 5년간(2016~2020년)의 기술 개발방향 제시
 - 산자부 『스마트 제조혁신 비전 2025』 발표(2017년 4월)
 - 신기술이 연결되어 신제품과 서비스가 빠르게 창출되는 제4차 산업혁명이 가속화됨에 따라, 급변하는 수요에 신속히 대응하기 위해서는 스마트공장 구축을 통한 맞춤형 유연생산 체제로 전환이 필수
 - 선도 모형 스마트공장 구축, R&D 지원, 창의 융합형 인재 양성 등 정책 시행
 - 2025년까지 스마트공장 3만개 보급·확산 및 스마트공장 고도화 촉진
 - 정부는 스마트공장을 IT 기술 활용 정도 및 역량에 따라 4단계로 구분³³⁾하여 스마트공장 수준 향상을 위해 지원
 - (기초) 일부공정 자동화, (중간1) IT기반 생산관리, (중간2) IT·SW기반 실시간 통합제어, (고도화) IoT기반 맞춤형 유연생산으로 구분

33) 스마트공장 추진단(2015.12.), 스마트공장 사업 소개

<표 4-1> 스마트공장 수준

단 계	자동화	공장운영
고도화	제어자동화 및 디지털식별이 결합된 IoT 이용 자동화	CPS, IoT, 빅데이터를 이용한 자가진단과 제어능력을 갖춘 지능형 생산
중간수준2	설비 제어 자동화	실시간 의사결정 및 설비 직접 제어
중간수준1	설비로부터 실시간 데이터 수집	설비로부터 집계된 실적 중심의 공장 운영 분석
기초수준	바코드, RFID를 이용하여 기초적 물류정보 수집 수준	공정물류 중심의 실적관리 수준
ICT 미적용	엑셀 활용 정도	시스템을 갖추고 있지 못한 상태

자료 : 스마트공장 추진단 홈페이지

□ (기업 현황) IoT, CPS 기반의 고도화된 단계보다는, IT 시스템을 일부 도입하여 생산성 향상과 효율성을 추구하는 단계이며, 전체 공장의 스마트 공장 보급률도 낮음

○ 대다수 중소기업은 ‘일부 공정 자동화’ 이하이며, 기존 제조 공장들은 중소기업이 많아 기술과 자본이 부족하여 고도화에 어려움이 있음

- 스마트공장은 기초 수준이 대부분이며, 고도화된 공장으로 구축된 사례는 없음

* 스마트공장 구축 중소·중견 기업 총 2800개사의 스마트화 수준: 기초 수준 79.1%, 중간 1 수준 19.2%, 중간 2 수준 1.7% (2016년말 기준), 산업통상자원부 2017년 2월 3일 보도자료

- 자동차(9.8%)를 제외하고, 대부분 업종에서 보급률은 1.5% 수준

<표 4-2> 스마트공장 주요업종별 보급률 (%)

구분	자동차	전자부품	화학	섬유	금속	전체
보급률	9.8	1.9	1.3	1.0	1.2	1.5

자료 : 산업통상자원부(2017.4.), 스마트 제조혁신 비전 2025

- 중소기업이 경쟁력 강화를 위해 스마트공장 도입이 필요하다고 했으나, 투자 자금이 부족

* 중소기업 67%가 스마트공장 도입 필요하며, 중소기업의 83.3%가 스마트공장 도입 시 투자자금 부담 우려(2016년, 중기중앙회)

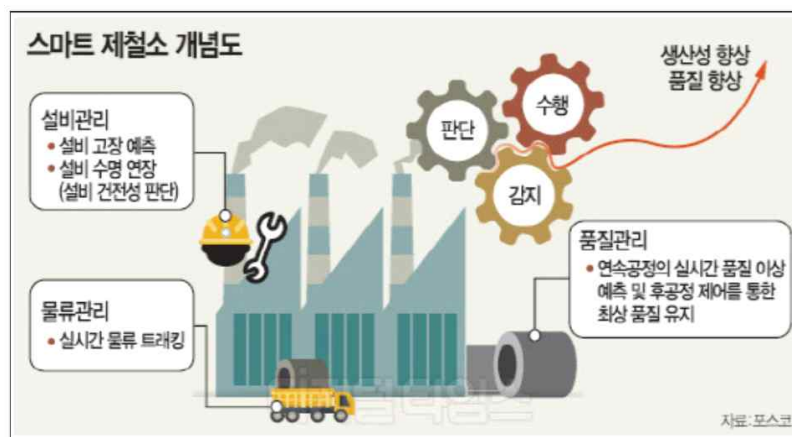
- 스마트공장 보급 사업에 참여한 기업들을 대상으로 스마트공장 시스템 활용에 대해 분석하면 기업의 생산 활동과 직접 관련이 있는 생산 및 자원 부문의 정보화 구축 수준이 상대적으로 높음³⁴⁾

* MES가 53.8%로 가장 많이 활용되고 있었고, 다음으로 ERP 53.1%, 홈페이지 47.5% 등의 순서

□ (구축 사례) 일부 대기업을 중심으로 구축되고 있으나 대기업을 기술력이 아직 중소기업에 지원되고 있지 않으며, 정부에서는 중소기업을 대상으로 대표 스마트공장 구축을 지원

- (포스코) 최적의 제어를 가능하게 하는 생산 환경을 구현하여, 무장애 생산체계를 실현하고 품질결합 요인을 사전에 파악해 불량률 최소화
 - IoT 센서를 적용해 제조현장의 데이터를 수집하고 빅데이터로 분석·예측함은 물론 AI를 통한 자가 학습 구현

[그림 4-1] 포스코 스마트 제철소 개념도



자료 : 포스코

- (동양피스톤) 산업통상자원부 지정 대표 스마트공장으로 선정되었으며, 기존의 자동화된 피스톤 생산라인을 보다 지능화
 - 자동차엔진의 핵심부품인 피스톤을 생산하며, 세계 시장점유율은 9% 대로 4위, 국내 1위 기업³⁵⁾으로 스마트공장 ‘중간1’ 에서 ‘중간2’ 사이

34) 한국정밀공학회지(2017.1.), 스마트공장 구축을 위한 현장실태 및 요구사항 분석

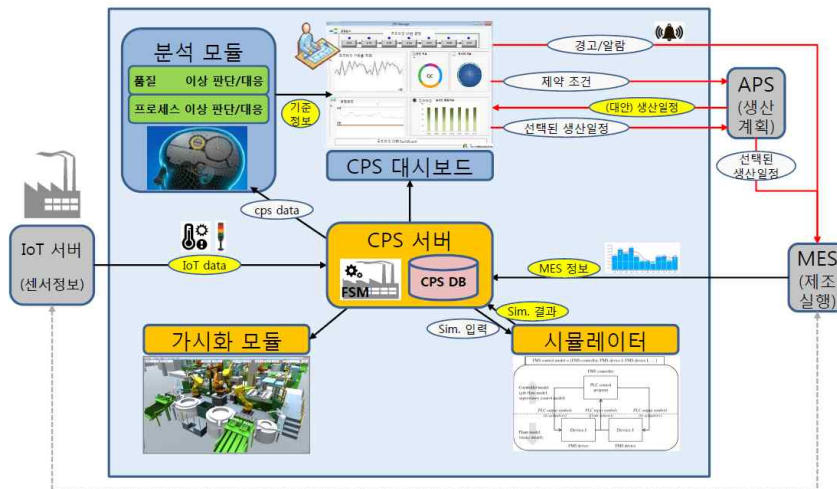
35) 뉴시스(2017.3.), http://www.newsis.com/view/?id=NISX20170303_0014741587&clD=10401&piD=10400, 뿌

수준 구현 (스마트공장 자동화율 87% 구현)

- 모듈형 유연생산 라인, IoT, CPS, 인공지능, 빅데이터의 유기적 결합을 통해 다품종 유연생산이 가능한 자동화라인 구축
- 로봇을 통한 자동 주물 이송 및 주입의 주조공정, 공정물류 자동화, 자동 검사의 가공공정, 정밀품질 유지의 조립 공정 구현
- 실제 환경과 가상 환경에서 수집된 정보는 빅데이터 분석을 거쳐 품질 검사 및 공정 효율성을 예측하여 지능형 제어 구현

* M&S(Modeling & Simulation) 기반의 오류발생에 대한 예지보전 시스템 구축 및 전 공정의 디지털화를 추진

[그림 4-2] 동양피스톤의 스마트공장 아키텍처



자료 : 동양피스톤

리기업의 변신. 스마트 팩토리 동양시스템을 가다

□ (소프트웨어 기술) 국내는 소수의 회사가 기초적이고 단순한 공정 모형화 및 시뮬레이션, 산업용 IoT 플랫폼, 산업용 IoT 클라우드 플랫폼을 제공함

<표 4-2> 국내 스마트공장 관련 소프트웨어 기술

분류	회사	제품	설명
모의실험과 시뮬레이션	이지로보틱스	DMWorks	대규모 디지털 공장의 생성 및 동작 모의실험, 생산라인의 공법 모의실험, 로봇틱스 모의실험 등을 수행하는 통합 솔루션을 제공
	유디엠텍	PLC Studio	생산 설비를 가상공간에 모형화, 가상 공장 구성을 기반으로 생산라인을 가동하는 PLC 제어프로그램 검증 및 시운전과 라인의 안정화 시간을 줄여주는 솔루션을 제공
	에썬테크놀로지	S-Prodiss	실제 생산현장의 가상공장화 공정 모의실험 소프트웨어로, 생산현장의 문제점을 파악하여 개선점 도출 및 검증 기능을 통해 신규공장 구축, 기존 공장의 확장 및 생산효율 극대화에 활용 가능
IIoT 플랫폼	한국전자통신연구원	EDDS	OMG DDS 표준을 준수하며, 22종의 다양한 QoS (Quality of Service)를 제공하는 CPS 연동 미들웨어
	전자부품연구원	Mobius	전자부품연구원이 개발한 OneM2M 표준을 준수하는 IoT 표준 플랫폼으로 현재 OneM2M R2로 업그레이드되어 전세계 700개 이상의 대학 및 기업들이 활용 중임
IIoT 클라우드	삼성	ARTIK	삼성전자가 개발한 범용 IoT 프레임워크로, 센서급 디바이스로부터 게이트웨이급 디바이스까지 다양한 디바이스를 지원하고, 각 디바이스에서 수집된 정보를 보안이 보장되는 채널로 전송하는 데이터 공유 플랫폼

(2) 소프트웨어 관점에서 문제점

- (인식 부족) 스마트공장 구축 필요성이 확산되고 있으나, 고도화된 공장의 소프트웨어 역할에 대한 인식은 부족함
 - 스마트공장 구축이 경쟁력 향상을 위해 필수라고 생각하는 중소·중견 기업 비율이 꾸준히 증가
 - * 필요성 인식 : ('14.12.) 57% → ('15.10.) 77% → ('16.12.) 91.9%, 산업통상자원부 2017년 2월 3일 보도자료
 - 지금까지 스마트공장 연구 자료나 동향 자료는 단일 소프트웨어 제품 위주의 연구나 적용 사례가 많음
 - 소프트웨어는 PLM, SCM, MES, ERP 등 시스템으로 부품정도로 인식
 - 고도화된 스마트공장을 구현하기 위해 필요한 CPS 플랫폼, 디지털 트윈, 인공 지능 등에 대한 연구는 미약
- (스마트공장 소프트웨어 투자 부족) 스마트공장 관련 기술력이 부족하여 제품 개발에 대한 투자보다는, 해외 소프트웨어 제품을 대부분 사용하여 스마트공장 구축을 진행 중
 - 국내외 사례에서 살펴보았듯이 주요 스마트공장 소프트웨어 제품은 해외 제품이 기술적으로 우월한 경쟁 우위
 - 스마트공장 응용 소프트웨어 기술력 부족으로 해외 소프트웨어 사용
 - * 국내생산 SW 수준(글로벌 기업=100) : (PLM) 20, (CAD) 20, (MES) 70, (SRM/SCM) 90, 관계부처 합동 (2015.3.19.), 제조업 혁신 3.0 전략 실행대책
 - 해외 스마트공장 관련 선진기업은 스마트공장을 구축한 경험을 기반으로 제품을 패키지화하고 상용화하여, 스마트공장 고도화단계인 제품 유연생산을 위한 기능을 제공
 - 스마트 공장 시범사업 기준, 국내 공급기술은 중저가 장비·부품 중심이며, 고부가가치 분야 및 설계, 솔루션 분야는 대부분 해외의존³⁶⁾

36) 김선재(2017.7.), 4차 산업혁명 대응을 위한 스마트공장 R&D 현황 및 시사점, 한국과학기술기획평가원

<표 4-3> 국내 스마트공장 시범사업 공급기술점유율(2014년)

국가	점유율 (%)	적용 분야
일본	59.1	핵심 제어모듈
한국	34.1	기타 부품
미국	4.6	센서, 영상카메라
기타	2.1	전원부품 등

자료 : 한국산업기술진흥원

- 국내 스마트공장 소프트웨어 제품은 일부 기능만을 제공하며, 국내 소프트웨어 SI(System Integration) 업체는 해외 제품을 이용한 스마트공장 SI 진행
 - 시뮬레이션 소프트웨어의 경우 일부 공정만 제공하며, 스마트공장의 목표인 원부자재 생산·공급, 생산운영, 연구개발, 유통, 물류, 폐기 등 제조 전체 과정을 지원하지 못함
 - 해외 제품을 이용한 스마트공장 SI는 다단계식 하청, 기술력과 전문성 축적의 어려움, 수익 악화와 글로벌 경쟁력 약화³⁷⁾ 등 현재 소프트웨어 SI의 문제를 그대로 답습할 위험이 있음

- (고도화 준비 부족) 기초, 중간 수준의 스마트공장 중심으로 구축이 진행되고 있으며, 고도화된 스마트공장 구축에 대한 준비가 부족

- 스마트공장의 수준 단계별로 진행할 때, 각 단계의 연계성 고려 미약
 - 스마트공장 구축이 PLM, SCM, MES, ERP 등 공정관리 시스템 구축으로 오인되기 쉬움
 - * PLM, SCM, MES, ERP 등이 스마트공장 추진단의 스마트공장 보급, 확산 사업의 지원 분야
 - 공장 효율화를 위한 PLM, SCM, MES, ERP 등 공정관리 시스템 구축 시 각 시스템에 데이터에 대한 통합 활용에 관한 개념 부족

- 스마트공장 고도화 단계인 제품 유연생산을 위한 기능을 제공하는 국내 플랫폼 서비스화 미흡
 - * 국내 CPS 시장은 연평균 32.8%의 성장으로 2020년 약 17.1조원 규모로 성장할

37) KT경제경영연구소(2014.6.), 한국 소프트웨어 산업의 현황 및 제언

것으로 예상되나, 기술 개발 현황은 대부분 초기 단계³⁸⁾

- 일부 대기업에서 구축되고 있는 스마트공장 플랫폼도 패키지화된 사례를 찾아보기 어려움

- (기초 소프트웨어 기술력 부족) 일반적인 소프트웨어 산업의 문제점인 기초 소프트웨어 기술수준 미흡과 인력 부족 문제는 스마트공장 구축에도 걸림돌
 - 고도화된 스마트공장 구축을 위해 필요한 기초 소프트웨어 기술 수준 미흡
 - 다품종 소량 생산을 위해 유연한 공정을 구축하는데 필요한 병렬, 분산 처리 기술, 미들웨어, 플랫폼 구축 기술 등 소프트웨어 기초 기술과 SDX(Software Defined Everything) 기술 수준 미약
 - * 기술 수준 비교(미국=100) : (시스템 SW) 75.9, (미들웨어) 76.9, 정보통신기술진흥센터, 2016년 ICT기술수준 조사보고서
 - 시스템을 관측하고, 미래 상태를 예측하는 인공지능, 빅데이터 기술 수준 미약
 - * 기술 수준 비교(미국=100) : (CPS) 74.5, (IoT)81.5, (빅데이터)76.7, 관계부처 합동 (2015.3.19.), 제조업 혁신 3.0 전략 실행대책
 - 제4차 산업혁명을 준비하기 위한 소프트웨어 전문가 부족
 - 스마트공장 구축에 필요한 소프트웨어 아키텍처 및 소프트웨어 플랫폼 구축 전문가는 부족
 - 소프트웨어와 타산업을 융합을 위한 전문가 양성은 해결되지 않은 문제
 - * 중소기업엔 스마트공장 구축과 운영, 유지보수에 필요한 전문 인력이 턱없이 부족하다., 스마트공장 중소기업 대표, 2017년 4월 3일자 매경

38) 한국생산성본부(2016.), 미래 스마트공장 방향 제시 및 스마트제조산업 발전 방안 연구

5. 향후 정책 방향

(1) 그간의 정책 평가

- 각 부처는 정부 조직을 구성하여 스마트공장 구축을 위해 적극적으로 대응했으나, 실행 시 부처 간 적극적 협의가 미흡
 - 스마트공장 구축을 위한 정부 전략 및 실행 대책은 관계 부처 합동으로 발표되었으나, 부처 간 유기적인 협조가 미흡
 - 『제조업 혁신 3.0 전략』은 2014년부터 산자부 중심으로 진행되었으며, 기본 방향에 IT·SW 융합을 통한 융합 신산업 창출이 포함되어 있으나, 추진체계에는 스마트공장추진단 이외 다른 부처와의 연계 미흡
 - 2015년 발표된 실행 대책은 관계부처 합동으로 4대 추진방향 13대 세부 추진과제가 발표되었으나, 각 부처의 협력적 실행이 부족
 - 스마트공장 구축을 위한 교육이나, 구축 후 고용변화에 대한 구체적인 실행 방안 부족
 - 고용부나 교육부의 8대 스마트제조기술 전문인력 양성, 해외 전문인력 유치체계 강화 등의 실천계획이 있으나, 스마트공장 구축에 따른 인력 고용 구조 변화에 따른 대책은 부재
- 스마트공장 구축을 위한 구체적인 소프트웨어 역할과 효과에 대한 이해 부족
 - 그간의 스마트공장 구축 정책은 제조업 중심의 정책으로 소프트웨어 관점 부족
 - 스마트공장 구축 목표 및 계획에 소프트웨어적 관점이 필요
 - * 스마트 제조혁신 비전 2025의 목표는 스마트공장 3만 개 구축이 목표이며, 소프트웨어 관점의 종합적인 기술 개발 계획은 보이지 않음
 - 스마트공장 성과 발표 및 홍보에도 소프트웨어적 관점이 필요
 - 소프트웨어의 기술 향상은 자료에서 나타나지 않음
 - MES, PLM, SCM 등 응용 소프트웨어는 2015년과 2017년 정부 발표 자료에서 기술수준 동일³⁹⁾

39) 제조업 혁신 3.0 전략 실행대책, 스마트 제조혁신 비전 2025에서 동일

- 소프트웨어 기술 개발보다는 스마트공장 구축 시 개별 제품의 적용에 주력함으로써, 스마트공장 경쟁력 강화의 가장 큰 요인인 소프트웨어의 유연성, 지능성, 실시간성 등을 제대로 발휘하기 어려움
 - 표준플랫폼에 연동 가능한 국산 패키지 모형 개발·활용을 제안하고 있으나 개별 시스템이 어느 정도 유연하게 연동 가능한지에 대한 고려가 선행되어야 함
 - 스마트공장 수준별로 패키지 모형을 구성하여 제안
 - * 사례로, 중간 2 이상의 경우, MES, CPS, APS, ERP, PLC, Sensor 사용 권장, 산자부(2017.4.20.), 스마트 제조혁신 비전 2025
 - 스마트공장 아키텍처의 기반부분인 IoT, CPS에서 데이터를 연동하고, 분석하고, 의사 결정하는 소프트웨어 역할을 수행하기 위한 구축 방안이 구체적이지 않음
 - 스마트공장 구축을 위한 기본적인 소프트웨어 기술 개발에 대한 정책은 미흡
 - 정부가 제시한 스마트공장 구축을 위한 8대 기술 중 빅데이터, 클라우드, CPS, IoT 등에서 소프트웨어는 중요한 기술 요소이나, 기초 소프트웨어 기술*에 대한 고려가 필요
 - * 고도화된 스마트공장 구축을 위한 병렬, 분산 처리 기술, 미들웨어, 플랫폼 구축 기술 등
- 스마트공장 관련 체계적인 기술 로드맵 부재
 - 국내에서는 전체적인 기술 로드맵을 정하고 연구개발을 지원하기보다는 단일 분야 기술에 연구 투자
 - 스마트공장을 명시적으로 제시하여 추진하는 연구개발 사업이 진행되나 각 사업이나, 다른 연구와의 연계성 미흡
 - 요소기술 R&D에 비해 제조 전주기 운용솔루션에 대한 R&D 투자는 저조한 수준⁴⁰⁾

40) 김선재(2017.7.), 4차 산업혁명 대응을 위한 스마트공장 R&D 현황 및 시사점, 한국과학기술기획평가원

<표 5-1> 스마트공장 관련 정부 R&D 주요 투자 내역

부처명	세부사업명	2016년 예산(백만원)
산업통상자원부	센서산업고도화전문기술개발사업	9,078
산업통상자원부	로봇산업핵심기술개발사업	72,193
산업통상자원부	스마트공장고도화기술개발	9,945
산업통상자원부	산업기술융합기반구축(스마트제조혁신)	75,481
산업통상자원부	기계산업핵심기술개발(제조생산시스템)	1,000
과학기술정보통신부	사물인터넷융합기술개발	8,030
과학기술정보통신부	ICT산업융합보안솔루션개발	2,850
과학기술정보통신부	USN산업융합원천기술개발	1,497
합계		180,000

자료 : 김선재(2017.7.), 4차 산업혁명 대응을 위한 스마트공장 R&D 현황 및 시사점, 한국과학기술기획평가원

- 결론적으로 스마트공장의 성공을 위해서는 정책인식의 근본적 변화 필요
 - 지금은 제조공장을 스마트화하기 위해서 IT 기술을 일부 활용하는 ‘제조공장의 스마트화’가 추진되고 있으나, 앞으로는 소프트웨어가 중심이 되어 제조업 자체의 혁신을 달성할 수 있는 ‘소프트웨어의 장치화’로의 발상전환 필요
 - 이런 관점에서는 ‘스마트 공장을 몇 개 만드냐’보다 ‘스마트공장에 필요한 소프트웨어를 어느 수준까지 확보’하느냐가 중요하며, 소프트웨어가 확보되면 스마트화는 매우 빠르고 효과적이며 파급력있게 진행될 것임
 - 이를 위해서는 스마트공장의 기반인 소프트웨어 취약성을 극복할 수 있는 효과적 정책이 시급함

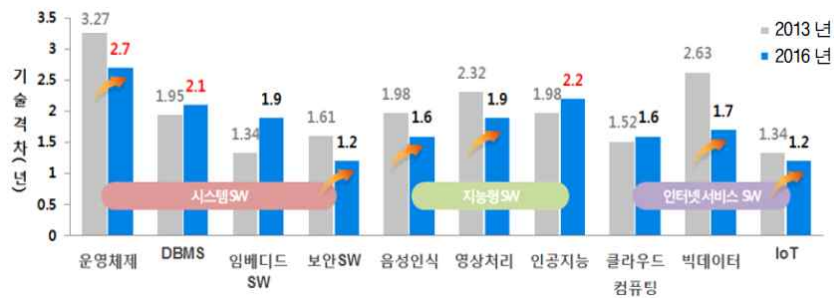
(2) 정책 방향

- 스마트공장 성공을 위한 소프트웨어 관련 정책방향은 종합적 관점의 우선순위 하에서 정책목표, 정책과제, 추진체계를 명확히 하고, 전략적 추진 필요
- 정책 목표는 중국 등과의 제조업 경쟁력이 3년 내외 인 것을 고려하여 우리 제조업 경쟁력을 확보할 수 있도록 최단기간 내에 국가적 소프트웨어 역량을 선진국 수준으로 제고하는 데 두어야 함

* 중국과의 제조업 경쟁력 격차 3.3년 (2015년 산업연구원)

- 핵심 정책과제는 소프트웨어 기술개발, 개발인력 육성, 소프트웨어 업체 기술 경쟁력 제고로 정부와 기업의 적극적인 투자 필요
 - 관련부처 합동으로 스마트공장 기술 개발을 위한 로드맵 마련 및 기술 개발
 - 국가 차원의 소프트웨어 기반 기술 확보를 위한 로드맵을 작성하고, 우리나라가 경쟁력 있는 분야의 차세대 기술에 투자
 - 이를 위해 소프트웨어 기술, 제조기술 등에 대한 수요 조사 및 기술 현황 조사

[그림 5-1] 연구 영역 기술, 소프트웨어 간의 관계



자료 : 정보통신기술진흥센터, 2016년도 ICT 기술수준조사 보고서, 2017.2.

* 국내 소프트웨어 기술 경쟁력은 세계 최고수준 대비 79.2%로 운영체제(2.7년), 인공지능(2.2년), DBMS(2.1년) 등 스마트공장에 필요로 하는 소프트웨어 기술 격차가 있는 것으로 파악

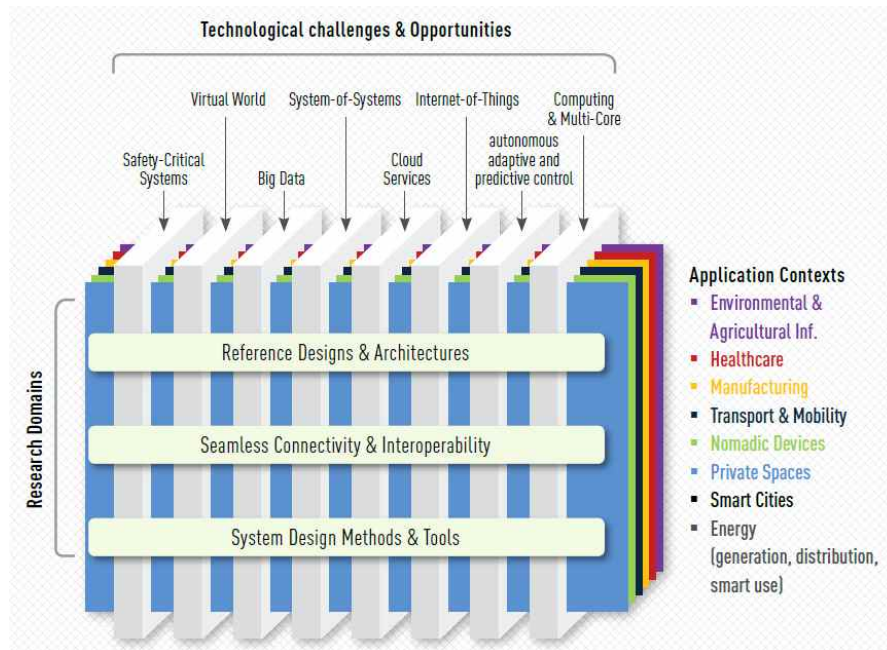
- 스마트공장에 중요하고 필요한 소프트웨어 기술을 망라하여, 각 기술에 대한 상세한 현황 파악이 필요
 - * 예를 들면, 운영체제 중 스마트공장에 중요한 실시간 운영체제, 미들웨어 중 IoT, CPS 플랫폼 기술
- 상세한 기술 수준 현황 파악에 따른 기술 개발 로드맵 작성
- 스마트공장 소프트웨어의 특징인 유연성, 지능성 등을 현장에 효율적으로 접목할 수 있는 기술력 확보하고 현장에 적용 후에는 패키지화하여 유사 공장에 재사용
- 관련 소프트웨어 개발 인력 육성
 - 제조업 인력의 스마트공장 시스템 개발을 위한 요구사항 도출, 시험 및 운영인력으로 활용
 - 소프트웨어 개발 인력의 제조업 인력의 요구사항 도출, 시험 등 도메인 지식 적용을 위한 의사소통 역량강화와 제조업에 대한 교육
- 국내 SI업체 등 ICT업체의 기술 경쟁력 획기적 제고
 - 외산 제품만 이용하여 수행하던 SI를 탈피하여 스마트공장 구축 경험을 이용한 국산 패키지 개발 및 활용
 - 제조 기술과 융합을 통한 실질적인 스마트공장 구축 기술 개발
- 추진체계는 과기정통부, 산자부, 중소벤처기업부 등 관계 부처 협력적 대응
 - 스마트공장은 전 부처 협력적 정책으로 제조기술과 소프트웨어 기술이 융합되어야 성공적인 스마트공장 구축이 가능
 - 스마트공장 기술 로드맵은 과기정통부, 산자부 등 관련 부처 합동으로 결정
 - 소프트웨어 기술 개발은 과기정통부 중심으로 개발하여, 제조업 기술 개발은 산자부 등 관련 부처, 산자부와 중소벤처기업부는 현장에 응용
 - 소프트웨어 기술과 제조 기술을 융합할 수 있는 전문가 양성을 위한 교육부와 고용노동부의 지원도 필요

- 스마트공장 구축 후 고용변화에 대한 고용노동부와 교육부의 대책 마련
 - 기술 개발과 스마트공장 구축 지원을 위한 예산, 세제 지원 등의 기획재정부 지원도 같이 이루어져야 함
 - 신기술 적용을 위한 법제도 및 규제 개선을 위한 각 부처의 협력이 필요
- 국내 제조업 사정에 맞게 전략적으로 추진
- 단기적으로는 제조업 비중이 높고 우리와 여건이 유사한 일본, 독일식 방식 추진
 - 공장의 프로세스 개선에 따른 생산성 향상에 중점을 두되, 민관협력 방식으로 중소기업, 특히 제조업 경쟁력 제고가 요구되거나 스마트공장 효과가 큰 부분에 투자
 - 중점지원 대상은 소프트웨어 기술 개발 및 산업별 표준모형 개발 등 기술부분 중심으로 적용
 - * 독일의 경우 정부는 표준화, 데이터 보안, 교육 등에 주력
 - 다품종 유연생산을 위한 제조기술과 IT기술을 융합하여 제조 프로세스 변경
 - 장기적으로는 소프트웨어 회사가 중심이 되어 스마트공장을 혁신시키는 방향으로 전환되어야 함
 - 제조업공장에 소프트웨어를 접목하는 단계가 아닌 소프트웨어를 장치화하는 소프트웨어 주도 단계로의 진화
 - IT 기술을 중심으로 제조업의 서비스화를 위한 원자재 구매, 공장, 유통, 물류 등의 전 공정을 통합 관리
 - 민간 주도로의 전환을 위해서는 정부는 기술 개발, 초기시장 형성 및 인력 수급 등 생태계 형성

[참조]

- 유럽, 미국 등 기술 선진 국가에서는 연구 개발에 국가차원의 투자 진행
 - 선진 국가에서는 장기적으로 계획을 세워 CPS에 대한 연구가 이루어짐
 - * 유럽의 경우 Framework Programme 7 ARTEMIS를 통하여 Embedded / Cyber-Physical Systems(2014~2020) 에 대한 연구 투자가 활발히 진행41)
 - * 미국의 대통령과학기술자문위원회의 보고서(2007년, 2010년)에서는 CPS가 국가 경쟁력 강화를 위한 최우선 연구 과제로 선정되었으며, 2009년부터 National Science Foundation을 통한 대규모 연구 지원을 시작
 - 유럽 Artemis 프로젝트의 경우 중요 기술, 각 기술을 구성하는 요소 (설계 및 아키텍처, 연결, 툴), 산업 도메인과의 긴밀한 관계를 중요시 하여 연구를 추진

[그림] 연구 영역, 기술 과제 및 응용 도메인간의 관계



자료 : ITEA ARTEMIS-IA High Level Vision 2030

중요기술 : 안전, 빅데이터, 클라우드 자동화 등

산업도메인 : 헬스케어, 제조, 교통, 스마트 시티, 에너지 등

41) <https://artemis-ia.eu/> , artemis 홈페이지

[참고문헌]

1. 국내문헌

- 딜로이트 안진 리뷰(2016.), 스마트 팩토리의 성공적 도입을 위한 고려사항
 미래창조과학부(2017.), 제품서비스 개발을 위한 IoT와 oneM2M의 이해
 박종만(2015.12.), 중소기업 스마트공장 기술 동향과 이슈, The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol.40 No.12
 산업연구원(2016.1.), 글로벌 저성장시대, 한국산업의 위기와 해법
 산업통상자원부(2016.12.), 미래 스마트공장 방향 제시 및 스마트 제조산업 발전 방안 연구
 산업통상자원부, KIAT(2017.3.), GT 심층분석보고서, 독일 인더스트리 4.0-스마트공장
 산업통상자원부(2017.4.), 스마트 제조혁신 비전 2025
 스마트공장 추진단(2015.12.), 스마트공장 사업 소개
 울산과학기술원(2016.1.), 스마트팩토리 연관된 생산제조기술 동향
 융합정책연구센터(2017.2.), 4차 산업혁명과 국내외 스마트공장 산업동향
 정보통신단체 표준(2015.12.), ICT 제조융합 스마트 팩토리 참조 모델
 정보통신기술진흥센터(2017.2.), 2016년 ICT기술수준 조사보고서
 포스코경영연구원(2017.1.), 4차 산업혁명의 전개와 확산, 산업용 로봇과 센서시장 중심으로
 한국전자통신연구원(2016.1.), 스마트공장 국제 및 국내 표준화 동향
 한국전자통신연구원(2016.11.), 가상-실공장 연동을 위한 CPS 기반 스마트팩토리 기술
 한국정밀공학회지(2017.1.), 스마트공장 구축을 위한 현장실태 및 요구사항 분석
 한국표준협회(2015.7.), 스마트공장 글로벌 추진동향과 한국의 표준화 대응전략
 한국표준협회 이상동(2017.4.), 스마트공장 표준화 세미나/스마트제도 표준화 전략
 KISTEP(2016.8.), 제 4차 산업혁명시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색
 KT경제경영연구소(2014.6.), 한국 소프트웨어 산업의 현황 및 제언
 KSA한국표준협회(2015.12.), 스마트공장 제도화 연구
 LG경제연구원(2017.3.) 스마트 팩토리 삼국지

2. 국외문헌

- Acatech(2015.3.), Integrated research agenda Cyber physical systems
 Markets and Markets(2017.4.), Smart Factory Market by Technology (DCS, PLC, MES, ERP, SCADA, PAM, HMI, PLM), Component (Sensors, Industrial Robots, Machine Vision Systems, Industrial 3D Printing), End-User Industry, and Region - Global Forecast to 2022

President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST, 2012), Report to the President on capturing domestic advantage in advanced manufacturing
Siemens(2017.), The Digital Enterprise EWA, Electronics Works Amberg
World Economic Forum(2016.1.), The Future of Jobs, Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution pp6~8

3. 기타(신문기사 등)

뉴시스(2017.3.)

, http://www.newsis.com/view/?id=NISX20170303_0014741587&cID=10401&pID=10400, 뿌리기업의 변신. 스마트 팩토리 동양시스템을 가다
중소중견기업 기술로드맵 홈페이지, 중소기업청, 중소기업 기술로드맵 2017-2019
<https://artemis-ia.eu/> , artemis 홈페이지

주 의

1. 이 보고서는 소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.



[소프트웨어정책연구소]에 의해 작성된 [SPRI 보고서]는 공공저작물 자유이용허락 표시기준 제 4유형(출처표시-상업적이용금지-변경금지)에 따라 이용할 수 있습니다.
(출처를 밝히면 자유로운 이용이 가능하지만, 영리목적으로 이용할 수 없고, 변경 없이 그대로 이용해야 합니다.)