

# 스마트공장 기술 동향 및 R&D로드맵

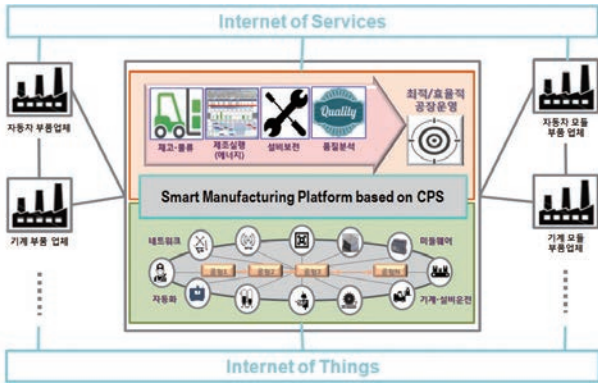
## I. 스마트공장 개요

2011년 독일의 산업장비 전시회인 'Hannover Messe '2011'에서 처음 소개된 인터스트리 4.0(Industrie 4.0)은 2년 후 같은 전시회에서 민·관 및 산·학·연 전문가로 구성된 워킹그룹(WG)의 최종 보고서가 발표되면서 전 세계적인 화두가 되었다. 인터스트리 4.0은 독일 제조업이 직면한 사회, 기술, 경제, 정치 등 모든 분야의 변화에 ICT를 이용하여 총력적으로 대응하겠다는 전략으로서 사물인터넷(IoT: Internet of Things)과 기업용 소프트웨어, 위치정보, 보안, 클라우드, 빅데이터, 가상현실 등 ICT 관련 기술들을 적극 활용하는 스마트공장 구현이 목표이다. 이후 미국의 'Making in America', 일본의 'IVI(Industry Value-chain Initiative)' 등 역시 자국의 제조업 강화를 위한 움직임이 제조 선진국들을 중심으로 본격화되고 있다.

스마트공장이란 <그림 1>과 같이 제품의 기획·설계, 생산(제조·공정), 유통·판매 등 전 과정을 ICT 기술로 통합하여 최소비용과 최소시간으로 고객맞춤형 제품을 생산하는 공장을 일컫는다. 그러므로 다품종 복합(대량/소량)생산 방식이 반드시 필요할 것으로 예상되는 사물인터넷 시대의 중심에는 스마트공장이 있다. 스마트공장 개념이 적용되면 기획·설계 과정에서는 사전 제품성능 시뮬레이션을 통하여 제작 기간을 단축시킬 수 있고 맞춤형 제품개발이 쉬워진다. 설비-자재-시스템 간 실시간 통신이 가능해질 생산 과정에서는 다품종 복합생산이 가능해지고 설비의 관리가 용이해지며 에너지효율을 높일 수 있다. 유통·판매 과정에서는 모기업-협력사 간의 실시간 연동을 통하여 재고 비용을 감소시킬 수 있으며 품질, 물류 등 전 분야에서의 협력이 가능해질 것이다.



이규택  
한국산업기술평가관리원  
임베디드SW PD



〈그림 1〉 스마트공장 개념도

스마트공장의 기대효과는 크게 생산성, 품질, 원가, 매출 등 네 가지 측면에서 바라볼 수 있다. 첫째, 생산성 면에서는 생산설비 디지털화, 데이터집계 자동화, 공정물류관리 등의 사무업무 생산성, 공정물류체계 유연화와 설비 자동제어를 통한 작업 생산성 그리고 공장 실시간분석과 계획 수립을 통한 종합 생산성 향상을 이룰 수 있다. 둘째, 품질 면에서는 물리적 불량관리, 이력 추적, 품질 통제, 상관 분석 및 원인 추적, 불량 예방설계 등을 통하여 품질 향상을 꾀할 수 있다. 셋째, 원가 면에서는 로트(lot) 단위 원가 분석, 개별 원가 집계, 원가 통제, 원가 발생원인 분석 및 통제를 통하여 원가 절감이 가능해진다. 넷째, 과학적 실시간 운영계획을 통한 고객 납기신뢰도와 품질 신뢰도 향상, 공장 실시간분석 및 계획 수립을 통한 주문 맞춤 생산, 대량 맞춤형 자동화를 활용한 생산 능력 향상 등을 통하여 매출 향상이 가능할 것으로 기대된다.

한편 우리나라를 직시하자면 매우 답답한 현실이 보인다. 인구 고령화로 인해 국내 생산가능 인구는 2016년 3,704만 명을 정점으로 2017년부터 3,702만 명으로 줄어들기 시작하면서 노동력 부족 현상이 심화될 전망이다. 젊은 층의 제조업 기피현상은 이러한 면을 더욱 악화시킬 것으로 예상된다. 또한 국내 제조업 생산성은 2010년 이후로 둔화되었고 앞으로도 하락세가 계속될 것으로 예상된다. 그렇지만 현재 제조업 경쟁력 5위, IT 발전지수 1위인 한국으로서는 ICT(Information and Communications Technologies)와 제조업의 융합을 통하여 국내 제조업 레벨을 향상시킬 수 있는 좋은 기회를 맞이한 셈이기도 하다. 이러한 흐름에 맞춰 독일, 미국,

일본 등 제조업 선도 국가들의 생산 시스템 관련 기술개발에 주목하고 표준화에 적극 참여하는 등 제조업 경쟁력의 근간을 잃지 않도록 각별한 주의가 필요하다.

산업통상자원부에서는 2014년 『제조혁신 3.0』을 캐치프레이즈로서 한국형 스마트공장 기술개발 및 모델공장을 구축하고, 이를 기반으로 2020년까지 1만개 공장의 스마트화를 추진하기로 했다. 이러한 제조업혁신으로 제조경쟁력 약화, 노동인구 감소와 같은 문제를 해결하고 새로운 분야에서의 가치 창출을 도모할 수 있을 것으로 기대한다. 특히, ①사이버물리시스템(Cyber Physical System: CPS) ②에너지절감 ③스마트센서 ④3D프린팅 ⑤사물인터넷 ⑥클라우드(Cloud Computing) ⑦빅데이터(Big Data) ⑧홀로그램(Hologram) 등 ‘스마트8대기술’의 효과적인 기술 융복합을 통하여 국가 제조업을 단계별로 진화시킬 계획이다. 자타가 인정하는 ICT 강국으로서 제조업에 관련한 지금까지 계속되어온 지나친 기술종속에서 벗어날 수 있는 기회이기도 하다. 그러므로 국내 제조업 수준 향상과 국가 경쟁력 제고를 위하여 스마트공장 관련 핵심 요소기술뿐만이 아니라 국제 표준형 스마트공장 기술에 기반한 한국형 스마트공장 기술개발이 반드시 필요하다.

## II. 국내외 기술수준 현황

### 1. 국내 스마트공장 기술 동향

2015년 산업통상자원부(산업부)와 미래창조과학부(미래부)는 8대 스마트 제조기술간의 유기적 연계와 전략적 투자를 촉진하기 위한 스마트 제조 R&D 중장기 로드맵을 수립하였다. 시장선점 및 수요창출 유망분야에 대해 단계적 기술 확보 전략을 제시하고, 스마트 제조 R&D 중장기 로드맵에 기반을 두어 그간 산발적으로 투입되어 온 정부 R&D 자금을 전략적, 효율적으로 투자할 계획이다.

한국 정부는 ‘제7차 무역투자진흥회의’를 열고 2017년까지 민·관 공동으로 24조원을 스마트공장 등 제조업 혁신에 투입하기로 했으며, 이를 통해 2020년까지 국내 중소, 중견기업 공장 1만여 개를 스마트공장으로 바꿀 계획을 갖고 있다. 특히, 8대 스마트 제조기술을 활용한 산

업화와 비즈니스 촉진을 위해 주요 기술별 투자펀드 조성을 추진 중이다.

## 2. 국내 스마트공장 기술 적용 사례

LS산전은 최근 충북 청주공장에 생산, 자재, 품질 등을 실시간 점검할 수 있는 스마트 시스템을 적용하고 있다. 경남에 위치한 계란공장 젤란은 마트에서 계란 판매량을 공장의 상황실 모니터로 실시간 파악해 신선한 계란이 적시에 도착할 수 있게 하는 시스템을 갖추고 있다. 삼성전자는 경북창조경제혁신센터와 손잡고 올해 경북지역에 100개, 2017년까지 총 400개의 스마트공장 육성을 목표로 하고 있다. 삼성전자와 현대자동차는 전세계에 퍼져 있는 생산라인의 실시간 정보 공유에 대한 어려움을 스마트공장 구축을 통해 풀어내어 제품 개발 주기를 종전보다 50%이상 단축하고 경쟁사와의 시장 출시 경쟁에서 우위를 차지하고 있다.

## 3. 국외 스마트공장 기술 동향

독일 정부는 현재 직면하고 있는 국가적 과제를 해결하기 위해 인더스트리 4.0이라는 민, 관, 학 프로젝트를 추진, 통신 네트워크를 통해 공장 안팎의 사물과 서비스들을 연계하여 새로운 가치를 창출하고 비즈니스 모델을 구축하고자 한다. 자동차, 기계 등 제조업에 ICT를 접목해 모든 생산 공정, 조달 및 물류, 서비스 까지 통합적으로 관리하는 스마트공장 구축이 목표로 IoT, CPS, 센서 등의 기반 기술 개발 및 생태계 확산에 집중하고 있다.

미국 정부는 지난 2006년부터 국립과학재단(NSF: National Science Foundation)을 통해 CPS 프로젝트 진행을 통해 물리적 시스템이었던 기존 공정과정과 ICT의 가상적 시스템을 하나로 융합해 초연결 시스템을 구축하고자 한다. 스마트공장 뿐만 아니라 운송, 전력망, 의료 및 헬스케어, 국방 등에 이르기까지 광범위한 분야에 걸쳐 시스템 개발이 진행 중이다.

일본은 지난 2000년부터 경제산업성과 도쿄대가 협력해 ‘강력한 제조업’을 지칭하는 모노즈쿠리 프로젝트를 진행하며, 과거 값싼 노동력을 얻기 위해 중국, 동남아 등지로 공장을 옮겨야 했던 문제를 제조 산업에 ICT를 도입



〈그림 2〉 국가별 스마트공장 개발 현황

함으로써 해결하고 있다. 많은 제조업들이 다시 본국으로 회귀하고 있고 일본 정부는 제조업 부흥에 대한 큰 기대를 걸고 있으며 2000년 ‘모노즈쿠리 기반기술 진흥기본법’을 제정, 금형 등 6대 분야를 20개 부문으로 세분화해 적극적인 지원을 펼치고 있다.

중국도 12차 5개년 계획 내 7대 전략사업 분야 가운데 생산 장비 고도화 및 정보통신 진흥을 위한 계획을 수립하고 IoT센터를 설립해 CPS연구 등에 1.17억 달러를 편당하는 등 적극적 입장이다.

〈그림 2〉에 국가별 스마트공장의 개발 현황을 나타내 보았다.

## 4. 스마트공장 관련 IT융합 국제표준화 동향

제조 공장의 설비를 공장 내외부의 다양한 물건이나 서비스와 연결해야 하기 때문에 통신 수단이나 데이터 형식 등 많은 사물의 표준화가 중요하고 시급해지고 있다.

SCADA/DCS(Supervisory Control And Data Acquisition/Distributed Control System) 보안은 미국 국립표준기술연구소(NIST: National Institute of Standards and Technology)와 산업자동화협회(ISA: International Society for Automation) 등에서 이루어지는 방식으로 각 디바이스의 프로파일을 관리하는 산업 사이버 보안 관리인 IEC(International Electrotechnical Commission)의 62443(과거 ANSI ISA99)표준이 있으며, 산업용 네트워크 표준화를 추진하고 있는 IEC TC65: Industrial-process measurement control

and automation과 밀접하게 협업하고 있다.

WSN(Wireless Sensor Network)분야에서는 NIST에서 암호 표준화로 제시한 128, 196, 256 bit AES(Advanced Encryption Standard)방식을 미국 국가 안보국에서 정식 승인했다.

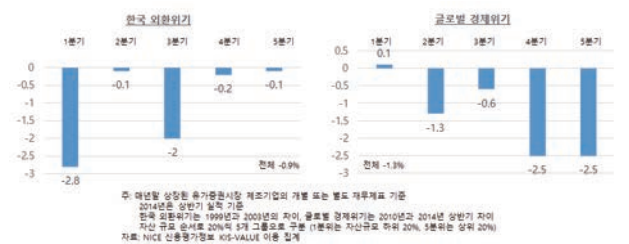
IPv6가 표준 프로토콜로 예상되는 IoT분야는 전자 기술자 협회인 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)가 주도하는 표준이 사실상 표준으로 사용되고 있고, 센서 정보 전달 목적과 비동기적 요청/응답 설계 구조인 CoAP(Constrained Application Protocol)이 저전력을 지향하는 프로토콜로서 향후 유력한 국제표준을 제시한다.

IoT 표준화에 있어서 미국의 경우에는 국제전기통신연합 ITU(International Telecommunication Union)를 주축으로 IEEE P2413 IoT architectural framework 기반의 용어 및 정의와 네트워크 환경 표준을 주도하고 있고, 유럽 연합은 이동통신회사를 중심으로 ETSI M2M(Technologies & Clusters Committees & Portals Machine to Machine)표준을 주도하고 있다.

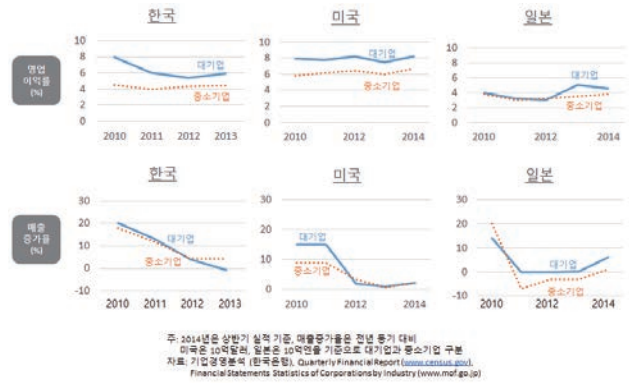
### 5. 국내외 시장 현황 및 전망

외환위기 이후 국내 상장 제조기업의 재무구조가 빠르게 개선되었으나 글로벌 경제위기 이후에는 <그림 3>과 같이 재무구조가 악화되는 기업이 늘고 있다.

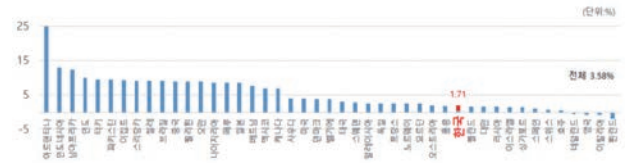
1970년 이후 한국 제조기업의 수익성은 지속적인 하락 추세로서 한국 제조기업의 수익성은 미국 제조기업보다 낮은 수준으로 하락하고 있으며, <그림 4>와 같이 2010년 이후 한국과는 반대로 미국은 종래의 높은 수준에서 강화로, 일본기업은 낮은 수준에서 상승세로 돌아섰으나, 한국 기업은 약화추세가 지속되고 있다.



<그림 3> 한국 제조기업의 기업 규모별 영업이익률 변화



<그림 4> 2010년 이후 한국, 미국, 일본 제조기업의 경영성과 추이



<그림 5> 국가별 제조기업의 매출증가량

국내 상장 제조기업의 성장성은 2012년부터 빠르게 둔화되어 현재, 전세계 제조기업 이하로 낮아지고 있으며, 글로벌 경제위기 이후 성장성 부진은 전세계에 확산된 현상이지만 <그림 5>와 같이 2012년 이후 국내 제조기업의 유형 자산에 대한 투자는 중간 정도이고 총자산과 매출의 성장세는 하위권에 가까운 상황이다.

## Ⅲ. 스마트공장 R&D로드맵

### 1. 기술개발 목표

스마트공장의 기술개발 목표는 <표 1>에 정리해 놓았다. 현장에 즉시 적용 가능한 스마트공장 기술을 개발하여 즉각적으로 활용할 수 있는 체계를 구축하고, 민·관 공동으로 모델공장을 구축하여 업계 전반으로 확산을 도모하며, 중장기적으로는 지속적인 스마트공장 고도화를 위한 핵심 기술 개발을 병행하여 스마트공장 보급·확산을 위한 고도화 기술개발을 추진한다.

### 2. 기술개발 추진 전략

스마트공장의 기술개발 추진 전략은 첫째, 현장 밀착형 기술 개발을 통하여 즉시 활용할 수 있는 체계를 구축하고, 둘째, 업계 전반으로의 확산을 위한 모델공장을 구축

〈표 1〉 스마트공장 기술개발 목표

<b>목표</b>	스마트공장 보급·확산을 위한 고도화 기술개발
<b>기본방향</b>	① 현장에 즉시 적용 가능한 스마트공장 기술을 개발하여 즉각적으로 활용할 수 있는 체계 구축 ② 민·관 공동으로 모델공장을 구축하여 업계 전반으로 확산 도모 ③ 중장기적으로 지속적인 스마트공장 고도화를 위한 핵심 기술 개발 병행

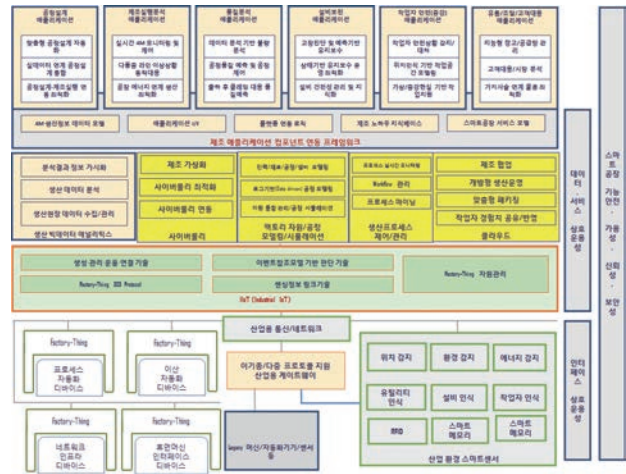
〈표 2〉 스마트공장 기술개발 추진 전략

3대 추진방향	세부 추진내용
1. 현장 밀착형 기술 개발 및 즉시 활용 체계 구축	① 중소·중견기업의 스마트화 수준 향상 및 새로운 제조방식 지원 기술 집중 개발 ② 기획 및 개발 단계에서 현장 요구사항을 최대한 반영하고, 관련 기술이 상호 연계성을 가지며 개발되는 체계 구축 ③ 개발 추진 시 실증과정을 필수적으로 요구하고, 성과 평가 시에도 현장 적용 가능성 고려
2. 업계 전반 확산을 위한 모델공장 구축	① 개발된 기술을 실제 공장에 시범 적용하고, 구축 과정 체계화 및 동종 업계 홍보를 통하여 확산 ② 대기업, 창조경제혁신센터 등과 연계하여 모델공장을 구축, 업계 전반확산
3. 중장기 고도화 기술 개발	① 가치사슬 전체(소비자~최종재~부품·소재)가 실시간 연동되어 가치사슬 전체 단위의 생산 최적화 및 제조 서비스화 구현 ② CPS, IoT, 시뮬레이션 등의 기술을 기반으로 기획·설계-생산-물류·유통의 제조 전 과정이 첨단화·통합

하며, 셋째, 중장기적으로 고도화 기술 개발을 이루고자 한다. 이는 〈표 2〉에 정리되어 있다.

### 3. 스마트공장 주요 전략 기술

스마트공장은 크게 애플리케이션, 플랫폼, 디바이스 및 네트워크, 상호 운용성/보안 등의 네 부분으로 나누어 정리할 수 있다. 첫째, 애플리케이션 부문은 스마트공장의 개선·혁신 효과 극대화를 위한 지능화·네트워크화된 제조현장의 시스템 요소와 실시간 연계하여 전 공장·가치사슬의 최적운영을 지원하는 고도화된 ICT 활용·응용 기술로 구성되어 있다. 둘째, 플랫폼 부문은 제조 머신·자원·데이터 관리를 위한 인프라 및 공장 내·외부 플랫폼을 연동하는 운영·제어 기술 개발을 통하여 하위 스마트디바이스와 상위 애플리케이션에서 이를 활용한 제품 설계 및 가상생산이 실공장 라인에서 연결되게 하는 기술로 활용될 수 있다. 셋째, 디바이스 및 네트워크 부문은 다양한 제조환경을 고려한 다기능 센서, 제어기, 고신뢰

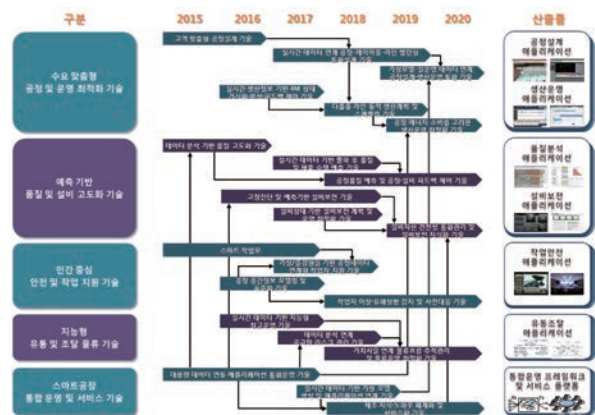


〈그림 6〉 스마트공장 핵심기술 구조 ver. 1.0

유무선통신 기술, 능동적 제조관리를 위한 스마트 메모리 등의 제조 특화 디바이스 모듈 및 운용 기술 등을 지칭한다. 넷째, 상호 운용성/보안 부문은 스마트공장 주요 구성 요소간의 연동시 데이터·서비스간의 상호운용성 보장을 위한 통신·인터페이스 규격 및 구성 요소 자체 혹은 연동시의 기능 안전성, 가용성, 신뢰성, 보안성 제공을 위한 기술 등을 포함한다. 이러한 내용은 〈그림 6〉의 스마트공장 핵심기술 구조에 나타나 있다.

### 4. 스마트공장 애플리케이션

IoT, 빅데이터, CPS 등 ICT를 바탕으로 실시간으로 연동·피드백 되는 데이터를 효율적으로 처리·저장·관리하고 다양한 제조 업무에 최적으로 활용할 수 있는 고도화된 애플리케이션에 대한 산업요구가 커지고 있다. 그러



〈그림 7〉 스마트공장 애플리케이션 상세 로드맵

〈표 3〉 스마트공장 애플리케이션 부문 기술 설명

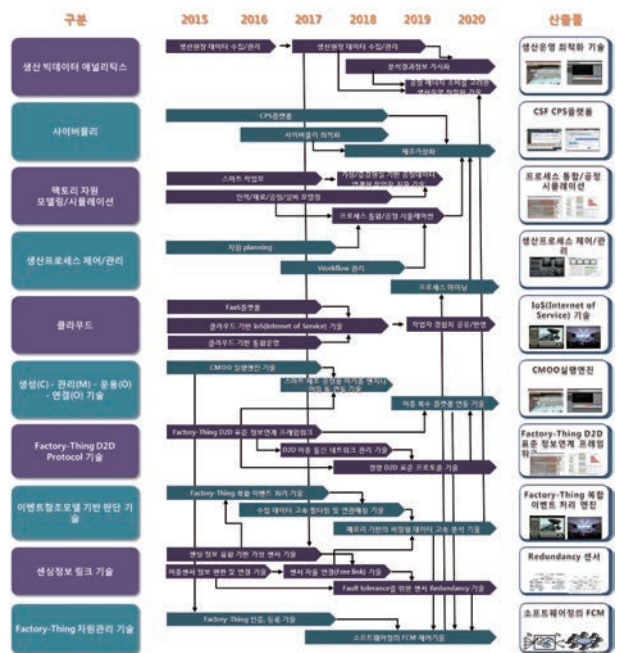
<p><b>수요 맞춤형 공정 및 운영 최적화 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고객(고객사)의 다양한 제품(부품) 수요에 유연하게 대응하고 설계-생산으로 신속하게 연계할 수 있도록 맞춤형 공정·운영 최적화 기술 필요</li> <li>• 고객 맞춤형 공정설계 자동화 기술을 바탕으로 레이아웃, 라인 밸런싱까지 통합 설계하는 플랫폼을 구성하고, 가상모델-실운영 데이터 연계를 통해 운영단으로 연계되는 공정설계 애플리케이션 개발</li> <li>• 실시간 4M 상태 모니터링 및 피드백 제어 기술을 바탕으로 공정설계 시뮬레이터와 연동된 다품종 라인에 대한 동적 생산계획 플랫폼을 구성하여 에너지 데이터까지 고려된 생산운영 애플리케이션 개발</li> </ul>
<p><b>예측 기반 품질 및 설비 고도화 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대규모의 품질 리플과 설비 이상에 의한 라인 중단에 사전 대응할 수 있도록 설비·공정 상태와 연계한 예측기반 품질·설비 고도화 기술 필요</li> <li>• 대용량 제조 데이터에 대한 분석·마이닝 기술을 바탕으로 공정품질 예측 및 출하 후 제품수명 예측 모델을 개발하고 예측 결과를 실시간으로 공정단에 피드백 하여 제어할 수 있는 품질분석 애플리케이션 개발</li> <li>• 설비상태에 대한 실시간 데이터를 바탕으로 설비고장을 진단하고 유지·보수하는 보전기술과 이를 보전계획으로 연계하는 운영기술을 통합하여 설비 건전성을 관리하고 지식화 하는 설비보전 애플리케이션 개발</li> </ul>
<p><b>인간 중심 안전 및 작업 지원 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업자가 공장 내 위험·불편 상황에 처하지 않고 편안하고 효율적인 작업환경에서 일할 수 있도록 인간중심 안전·작업 지원 기술 필요</li> <li>• 가상·증강현실 기술을 바탕으로 업무환경을 지원하는 작업자 지원 애플리케이션과 공장 공간정보에 대한 표준모델을 바탕으로 위치인식 기반의 작업자 상태를 사전 감지·대응하는 안전 애플리케이션 개발</li> </ul>
<p><b>지능형 유통 및 조달 물류 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가치사슬 전체에서 실시간으로 자재·부품·제품 흐름을 추적관리하고 실물-시스템을 일치시킬 수 있도록 지능형 유통·조달 물류 기술 필요</li> <li>• 실시간 데이터 분석을 바탕으로 한 지능형 참고운영 기술과 공급망 리스 대처 기술을 개발하고 가치사슬을 연계한 물류 최적화 플랫폼에 탑재하여 지능형 물류조달 애플리케이션 개발</li> </ul>
<p><b>스마트공장 통합 운영 및 서비스 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트공장 애플리케이션들에 대한 효과적인 운영환경을 제공할 수 있도록 애플리케이션 간 통합, 하위 플랫폼 및 디바이스와의 연계 및 기타 관련 시스템들과의 연동을 위한 운영 및 서비스 기술 필요</li> <li>• 대용량 제조 데이터를 연동한 스마트공장 애플리케이션의 통합운영 프레임워크를 개발하고, 실시간 데이터 기반 가상모델 생성기술과 제조 지식화 기술을 탑재하여 확장된 운영 및 서비스 환경 구축</li> </ul>

므로 가치사슬 상의 중소·중견·대기업 공장에 대한 공정설계, 생산운영, 품질분석, 설비보전, 작업안전, 조달 유통 등 산업수요 기반의 애플리케이션 및 애플리케이션 운영환경 개발이 필요하다. 〈그림 7〉은 스마트공장 애플리케이션의 상세 로드맵이고 각 기술에 대한 설명은 〈표 3〉에 정리해 놓았다.

**5. 스마트공장 플랫폼**

스마트공장의 구현을 위해서는 IT 및 OT(Operation Technology) 기술을 융합한 공통 플랫폼 기술이 필요하다. 이러한 플랫폼 기술로는 이중 제조 디바이스/센서 등을 공통 표준 플랫폼으로 연결 하고 최적 생산을 위한 클라우드, 빅데이터, 사이버물리기반 가상생산 및 시뮬레이션 기술에 대한 고도화 요소 기술이 요구된다. 즉, 스마트공장의 최적 생산 및 운영을 위한 생산 빅데이터 애널리틱스, 사이버물리, 팩토리 자원 모델링/시뮬레이션, 생산프로세스 제어/관, 클라우드, 생성(C)-관리(M)-운영(O)-연결(O), Factory-Thing D2D Protocol, 이벤트참조모델 기반 판단, 센싱정보 링크, Factory-Thing 자원

관리 기술들이 개발되어야 한다. 〈그림 8〉은 스마트공장 플랫폼의 상세 로드맵이고 각 기술에 대한 설명은 〈표 4〉에 정리해 놓았다.



〈그림 8〉 스마트공장 플랫폼 상세 로드맵

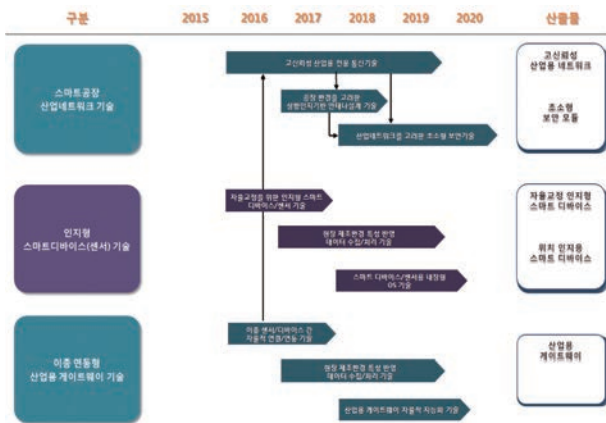


〈표 4〉 스마트공장 플랫폼 부문 기술 설명

<p><b>생산 빅데이터 애널리틱스</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산 현장 데이터 수집/관리: IoT 기술을 활용한 설비 장치 디바이스(PLC, sensor류)에 대한 안정적 실시간 데이터 수집과 생산 전 과정에서 기기의 유지·보수·관리·제어에 대한 이력 정보 수집 및 관리</li> <li>• 생산 데이터 분석: 생산 현장 설비 기본 감시제어 시스템 운용 및 관리를 위한 생산 데이터의 실시간 분석(Alarm Rule 등) 및 사용자 주도 분석(현상분석 및 원인분석)과 시스템 Batch 분석(감시 Point 등급 및 감시 Spec. 설정) 수행</li> <li>• 분석 결과 정보 가시화: 실시간 분석, 사용자 주도 분석, 시스템 Batch 분석을 통해 얻어진 실시간 모니터링 상태 및 생산 현장 데이터 분석 결과에 대한 가시화와 특정 상황에 대한 시뮬레이션이 가능한 대쉬보드 구현</li> <li>• 공장 에너지 소비를 고려한 생산운영 최적화 기술: 공장 에너지를 주요 변수로 설정하고, 다른 생산 투입요소와 환경변수를 함께 고려하여 최소의 에너지 소비를 통해서 최대의 생산운영 환경을 찾아내기 위한 수리최적화, 시뮬레이션 기반 최적화 등의 기술</li> </ul>
<p><b>사이버 물리 기술 (CPS)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사이버 물리 최적화 기술: 수요예측, 제품개발부터 상품 제조, 이후 판매 단계까지 모든 공정의 정보 교환으로 최적의 생산 시뮬레이션을 가능하게 하여 상품 생산의 최적화를 가능하게 하는 기술</li> <li>• 서비스 기반 사이버 물리 기술: 스마트 그리드, 스마트 물류, 스마트 재료, 스마트 빌딩, 스마트공장 등 서비스 간 인터넷(Internet of Service: IoS)을 기반으로 인텔리전트 생산 체계를 제공하는 기술</li> <li>• 제조 가상화 시스템 기술: 사이버 물리 최적화 기술, 서비스 기반 사이버 물리 기술을 기반으로 IoT 기반 스마트공장 제조 환경과 연동하는 오픈형 제조기반 사이버 물리 제조 시스템</li> </ul>
<p><b>팩토리 자원 모델링/시뮬레이션</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모델링/시뮬레이션 기술: 수집된 실적데이터를 사용함으로써, 분포나 제약 등의 가정(Assumption)을 최소화한 형태의 공정 모델을 도출하고 도출된 공정 모델을 기반으로 팩토리 자원을 변화시키면서 시뮬레이션 하는 기술</li> <li>• 인력·재료·공정·설비 모델링 기술: 인력·재료·공정·설비 등 스마트 팩토리 핵심 요소들이 시뮬레이션, 최적화, 분석 등에 체계적으로 활용될 수 있도록 모델링하기 위한 표준을 마련하고 지원하는 기술</li> <li>• 가상/증강현실 기반 공정데이터 연계형 작업자 지원 기술: 스마트 팩토리에서 작업하는 작업자가 보다 효율적으로 편리하게 작업할 수 있도록 공정데이터를 가상/증강현실 기반으로 연계해주는 기술</li> <li>• 프로세스 통합/공정 시뮬레이션 기술: 실적 데이터로 수집된 대용량 로그를 기반으로 추출된 공정 모델과 공장 환경요소를 함께 고려한 통합 시뮬레이션 기술</li> </ul>
<p><b>생산프로세스 제어·관리</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자원 Planning 기술: 실적데이터를 기반으로 시뮬레이션 한 결과를 바탕으로 목표 산출 요소를 달성하기 위한 최소의 자원 투입 계획을 수립하고, 지속적인 피드백을 통해서 자원계획이 현실화 되도록 하는 기술</li> <li>• Workflow 관리 기술: 스마트 팩토리에서 이루어지는 공정 요소들 간의 작업 흐름에서 "Good Flow(GF)"와 "Bad Flow(BF)" 요소를 가려내고, 이러한 작업흐름에 영향을 주는 요소들을 찾아냄으로써 최적의 작업 흐름을 찾아내고 지속가능하게 만드는 기술</li> <li>• 프로세스 마이닝 기술: IoT가 도입되고, 정보시스템들이 확보된 스마트 팩토리 공정상에서 쌓인 대용량 실적 로그 데이터를 기반으로 프로세스 모델을 자동으로 도출함으로써, 작업에 대한 이해를 돕고, 병목 공정 등의 문제점 발견, 미래 공정 결과 예측 등에 활용하는 기술</li> </ul>
<p><b>클라우드 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 클라우드 기반 IoS 기술: 스마트 제조, 스마트 에너지 관리, 공급망 관리, 경영·고객관리 등 다양한 서비스를 클라우드 환경에서 통합 제공하는 기술</li> <li>• 작업자 경험치 공유 기술: 업종별 스마트공장에서 발생하는 생산현장 데이터, 분석 데이터 등을 업종별 등으로 분류하여 기업별 개별 교육에서 공동 훈련 환경을 제공하는 기술</li> </ul>
<p><b>생성(C) - 관리(M) - 운용(O) - 연결 (O) 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 플랫폼 및 복합적인 엔지니어링 툴로 구성된 스마트 제조공정의 유기적인 생성(C), 관리(M), 운용(O), 연결(O) 기술을 운영하는 공통실행엔진 기술이 필요함</li> <li>• 스마트 제조 공정의 상이한 개발 도메인(Topology, Geometry, Kinematics, Logic 등) 사이의 엔지니어링 정보 교환을 위한 참조메커니즘을 활용한 이기종 엔지니어링 툴 연동 기술 개발</li> <li>• 다양한 스마트 제조공장 플랫폼 간 관리 디바이스 및 서비스들에 대한 통합 연결 기술로 복수 플랫폼 이종 생산 정보 검색, 데이터 상호 운영을 통한 이종 플랫폼 연동 기술 개발</li> </ul>
<p><b>Factory-Thing D2D Protocol 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상이한 프로토콜을 사용하는 제조공정 디바이스 사이의 표준화된 방식의 데이터 교환을 위한 플랫폼 독립 시리얼 캡슐화 및 통합 아키텍처 기술 기반의 Factory-Thing D2D(Device to Device) 표준 정보연계 프레임워크 기술이 필요함</li> <li>• 다양한 산업용 유선/무선 통신 네트워크가 공존하는 스마트공장의 Factory-Thing간 D2D 통신을 위하여 D2D 이종 통신 네트워크 관리 기술 및 Factory-Thing의 종류, 제조운영기술 및 플랫폼 독립적인 표준 정보연계를 위한 경량 D2D 통합 프로토콜 기술 개발</li> </ul>
<p><b>이벤트 참조모델 기반 판단 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트공장 내의 다양한 센서 및 디바이스들을 통해 수집되는 대량의 Factory-Thing 데이터를 효율적으로 수집하고 실시간 처리하는 이벤트 기반 복합 처리 기술이 필요함</li> <li>• IoT 플랫폼을 통해 수집되는 연속 데이터들을 실시간 분류·매칭 하는 고속 필터링 및 연관매칭 기술 비정형 Factory-Thing 참조 데이터를 메모리 기반 저장 및 고속 분석 처리하여 실시간으로 의사결정을 지원하는 메모리 기반의 비정형 데이터 고속 분석 기술 개발</li> </ul>
<p><b>센싱정보 링크 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서를 통해 수집된 센서 식별내의 정보보안 코드, 속성, 알고리즘 등을 분석하여 센서종류, 위치, 수집 데이터, 수집 주기 등의 공정 데이터 수집 기술 이종센서 정보 변환(Adaptation) 및 연결(Chain) 기술이 필요함</li> <li>• 자율 분산 제어 기반 가변 공정 시스템에 대응하기 위하여 실시간 공정 센서 데이터와 웹(Web) 인터페이스 활용한 센서 자율 연결(Free link) 기술을 개발</li> <li>• 스마트공장 제어 공정의 신뢰성 향상 및 결함 내성(Fault tolerance)을 증대하기 위하여 스마트공장 기기 및 전기·기계적 센서 데이터의 융합을 통한 증강/가상 센서 기술 및 센서 그룹화·이중화·치환을 통한 센서 Redundancy 기술 개발</li> </ul>
<p><b>Factory-Thing 자원관리 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트 디바이스, 센서, 공정 기기 등의 Factory-Thing 인증, 등록 및 서비스 등을 효율적으로 지원하기 위한 스마트공장 자원관리 기술이 필요함</li> <li>• 소프트웨어 정의 기반의 FCM(Factory Control Middleware)을 통하여 팩토리 생산 디바이스의 제어를 유연하게 처리하는 FCM 기술 및 Factory-Thing 인증, 등록, 서비스 기술 개발</li> </ul>

〈표 5〉 스마트공장 플랫폼 부문 기술 설명

<p><b>스마트공장 산업 네트워크 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고신뢰성 산업용 전용 통신기술: 플랜트 설비들에서 다양하게 발생할 수 있는 통신 장애 상황을 최소화하여 신뢰성을 강화하는 산업 표준 네트워크 프로토콜 기반의 통신 기술(ex. IEC 표준: RRP, HSR/PRP, MRP, DRP 등)</li> <li>공장 환경을 고려한 상황인지 기반 안테나설계기술: 공장 환경에 따라 무선 통신 환경 구축 시 공장 내 열악한 무선통신의 환경(금속 등)으로 인한 통신환경 악화가 올 수 있는데, 이를 극복할 수 있도록 무선채널 상태에 따라 무선 통신 신뢰성을 확보할 수 있는 안테나 설계 기술</li> <li>산업네트워크를 고려한 초소형 보안기술: 산업용 네트워크를 해킹하는 등의 사이버 공격으로부터 안전한 보호가 필요한데, 이를 보호할 수 있는 시스템 및 보안 프로토콜 기술(ex. SSL, TLS 등)</li> </ul>
<p><b>인지형 스마트디바이스(센서) 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자율교정을 위한 인지형 스마트 디바이스·센서 기술: 산업 환경에서 제조상황에 대한 조절, 생산의 차질을 최소화 및 불량률을 최소화 할 수 있도록 제조 기기의 자율적 동작 교정을 할 수 있도록 비정상적 상황을 센싱하고 모니터링 하는 기술</li> <li>생산 공정 서비스·상황·위치 인지용 디바이스·센서 기술: 생산 공정의 최적화를 위하여 각 공정의 상황과 각 생산품의 위치를 실시간으로 파악할 수 있는 생산 세부 공정에 따른 재료 및 제품들의 위치와 현 상태 등을 인지하는 기술</li> <li>스마트 디바이스·센서용 내장형 OS기술: 생산 환경 디바이스·센서의 지능적 기능을 강화하여 자체적 생산 환경에 대한 지능적 자기진단이 가능하도록 하여 생산 무인화·자동화를 위한 고신뢰성 보장형 다기능성 스마트 디바이스 용 경량 OS 기술</li> </ul>
<p><b>이종 연동형 산업용 게이트웨이 기술</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>이종 센서·디바이스 간 자율적 연결/연동 기술 개발: 산업용 기기의 배타적 특성으로 각 기기 마다 다른 네트워크 사용으로 인한 개별적 운영으로 전체적 산업 네트워크 구축의 어려움에 따라 이를 해결하여 이종의 네트워크로 구축된 생산 환경에서도 상호 호환성을 가능하게 하는 네트워크 간 인터커넥팅 기술(ex. KS표준: RAPIenet, Profinet, EtherNet/IP 등)</li> <li>현장 제조환경 특성 반영 데이터 수집·처리 기술: 센싱 디바이스로부터의 다양하고 막대한 제조환경의 데이터를 기반으로 각 제조환경의 특성에 따라 가공하여 유의미한 필수 데이터를 추출할 수 있도록 하는 데이터 수집·가공·처리하는 기술</li> <li>산업용 게이트웨이 자율적 지능화 기술: 복합적인 제조 공정상에서 자동적 무인화를 위해 단위·세부 제조 단계에서 제조상황에 따라 지능적·자율적으로 공정 제어할 수 있도록 게이트웨이에 지능을 부여하는 기술</li> </ul>



〈그림 9〉 스마트공장 디바이스 및 네트워크 상세 로드맵

## 6. 스마트공장 디바이스 및 네트워크 기술

제조 공정의 센싱·제어를 담당하는 디바이스들을 IoT 기반으로 자율·협업 제조가 가능한 미래형 스마트 디바이스 및 네트워크로 기술 개발하고자 하며, 스마트공장 산업 네트워크 기술, 인지형 스마트디바이스(센서) 기술, 이종 연동형 산업용 게이트웨이 기술 등이 개발되어야 한다. 〈그림 9〉는 스마트공장 디바이스 및 네트워크의 상세 로드맵이고 각 기술에 대한 설명은 〈표 5〉에 정리해 놓았다.

## IV. R&D로드맵 기대 효과

스마트공장 기술개발을 통하여 국내 제조업의 국가경제적 부가가치 비중을 40%까지 증가시키고 경제위기에 강한 디지털 제조 강국으로 체질을 개선시키고자 한다. 특히, 디지털 제조와 고부가가치 서비스 분야가 공존하는 ICT 융합형 新제조산업 20%를 육성하여 장애예측 및 진단을 통한 공장의 다운타임을 최소화하고 스마트공장 기술에 기반을 둔 제품, 공정, 공장 및 생산 운영 최적화를 달성할 수 있다.

빠르게 성장하고 있는 개인화 제품 시장에서 창의적 아이디어 상품의 시장을 확대하고, 제조업에서의 국부 창출이 가능해질 수 있다. 범용제품의 대량 양산체제에서 생산 지시부터 자재조달, 자동화·생산설비가 연계되어 상황에 따라 공정을 우회하여 다품종 혼류생산 대응할 수 있는 다품종 소량 유연생산을 통한 부가가치 창출을 기대할 수 있다. 또한, 실시간 공정데이터 확보 및 관리시스템 구축을 통해 기업의 신뢰성 향상으로 신규 수주 확대에 따른 매출 증대가 가능하다.

제조업의 생산성이 30% 이상 향상될 것이며 서비스업에까지 파급될 것으로 보인다. 사용자의 동적 제품설계/구조 변경 및 중요 시스템의 오류에 유연하게 대응하여 보다 다양한 제품 생산을 가능케 하여 투자 대비 생산성





을 극대화시킬 수 있다. 또한, 예측 기반의 설비 유지보수를 가능케 하여 설비 고장으로 인한 생산 중단시간 감소 효과와 동일 품질문제에 대한 원인 분석 및 사전 대응을 가능케 하여 품질문제 발생으로 인한 비용 감소 효과를 얻을 수 있다. 국산 스마트공장 고도화 기술을 확보할 경우 관리자의 생산 현장 방문, 실적 집계 및 보고 자료 작성 시간 감소 등을 통하여 우리나라 제조업의 시간당 노동생산성이 46.8달러(2012년 기준)에서 독일 수준인 66.3달러(2024년 기준)로 성장할 것으로 전망된다.

기술개발의 파급효과로 제조 산업뿐만 아니라 전산업 및 유관 산업의 동반성장이 가능해진다. 제조 시스템을 포함하여 센서 및 자동화기기와 같은 관련 산업이 동시에 발전하는 계기가 될 것이며, 기술인력 및 인프라 구축으로 유관산업 기술 발전에도 기여할 것으로 보인다. 열악한 작업환경을 자동화·디지털화된 쾌적하고 안전한 작업장으로 변모시킬 수 있으며, 저출산·고령화로 인한 노동력 감소를 제조업의 SW 활용 증대로 인한 청년일자리 창출 및 지능형 생산시스템으로 인한 정년 연장으로 개선할 수 있다. 국내 제조업의 생산 시스템 혁신 및 해외 업체에 의존하고 있는 생산 장비의 수입 대체, 해외 플랜트 수출에 기술개발 결과를 적극 활용함으로써 연평균 7.3% 성장하여 2017년 \$2,523억 달러 규모로 예상되는 세계 스마트공장 관련 시장을 선점하고자 한다. (2014 Markets&Markets 자료 인용)

### 참고 문헌

- [1] 한국정보화진흥원 (2014.05), "인더스트리 4.0과 제조업 창조경제 전략"
- [2] 산업통상자원부 (2015.01), "스마트공장 사업 추진 계획"
- [3] 관계부처합동 (2015.03), "제조업혁신 3.0 전략 실행대책"
- [4] 이규택, 이건재, 송병훈 (2015.05), "PD Issue Report: 스마트공장기술동향", 한국산업기술평가관리원
- [5] 이규택 (2015.07), "스마트공장 기술동향과 한국형 기술개발", KAMA저널: 18-19
- [6] 산업통상자원 R&D 전략기획단 (2015.07), "2016년 산업기술 R&BD전략 보고서: 스마트공장"
- [7] 산업통상자원부 (2015.08), "스마트공장 R&D로드맵"



이규택

- 1989년 2월 서울대학교 제어계측공학과 학사
- 1991년 2월 서울대학교 제어계측공학과 석사
- 1995년 8월 서울대학교 제어계측공학과 박사
- 대우전자 IMM팀장/책임연구원
- ㈜디지털엔지니어링 대표
- ㈜이피지 대표
- ㈜인터브로 대표
- 1998-2013 (15년) 동안 7개의 기업 창업
- 현재 산업통상자원부 임베디드SW PD (스마트공장 및 센서산업 겸임)

〈관심분야〉

임베디드SW 스마트공장 센서 ICT 등