

IT & Future Strategy

인더스트리 4.0과 제조업 창조경제 전략

제2호(2014. 5. 30)

목 차

- I. 제조업을 둘러싼 환경 변화 / 1
 - II. ICT기반 인더스트리 4.0 부상 / 5
 - III. 인더스트리 4.0 구현의 3대 전략 / 17
-

「IT & Future Strategy 보고서」는 21세기 한국사회의 주요 패러다임 변화를 분석하고 이를 토대로 미래 정보사회의 주요 이슈를 전망, IT를 통한 해결 방안을 모색하기 위해 한국정보화진흥원(NIA)에서 기획, 발간하는 보고서입니다.

NIA의 승인 없이 본 보고서의 무단전재나 복제를 금하며, 인용하실 때는 반드시 NIA, 「IT & Future Strategy 보고서」라고 밝혀주시기 바랍니다. 보고서 내용에 대한 문의나 제안은 아래 연락처로 해 주시기 바랍니다.

▶ 발행인 : 장 광 수

▶ 작 성

- 한국정보화진흥원 빅데이터전략센터 미래전략연구부
이정아 (02-2131-0146, leeja@nia.or.kr)

- 포스코경영연구소 철강기술전략센터
김영훈 수석연구원 (02-3457-8060, golyong@posri.re.kr)

▶ 보고서 온라인 서비스

- www.nia.or.kr

◇ 제조업을 둘러싼 환경이 급변하면서, 제조업 부활과 함께 중요성이 재조명

- 글로벌화·도시화·인구구조의 변화, 에너지 형태의 전환이라는 지구규모의 끊임없는 사회적 변화와 함께 제조업을 둘러싼 환경도 급변
- 1차(18세기)·2차(20세기 초)·3차 산업혁명('70년 초)을 거쳐 ICT와 제조업이 완벽하게 융합하게 될 4차 산업혁명기(2020년 이후) 도래가 초읽기에 돌입

◇ ICT와 제조업의 융합이 제조업의 효율을 높이는 수단으로 작용

- 제조업과 ICT 융합이 생산 방식의 혁명을 일으키며 제조업 위기의 돌파구로 주목 받으면서, 제조업 부활에 날개를 달아 주는 요소로 부상
- 4차 산업혁명기에는 ICT와 제조업의 융합으로 산업기기와 생산과정이 모두 네트워크로 연결되고, 상호 소통하면서 전사적 최적화를 달성할 것으로 기대
- 기술의 진보로 공장이 스스로 생산, 공정통제 및 수리, 작업장 안전 등을 관리하는 완벽한 스마트 팩토리(Smart Factory)로 전환되어, 전체 생산 공정을 최적화·효율화하고, 산업 공정의 유연성과 성능을 새로운 차원으로 업그레이드

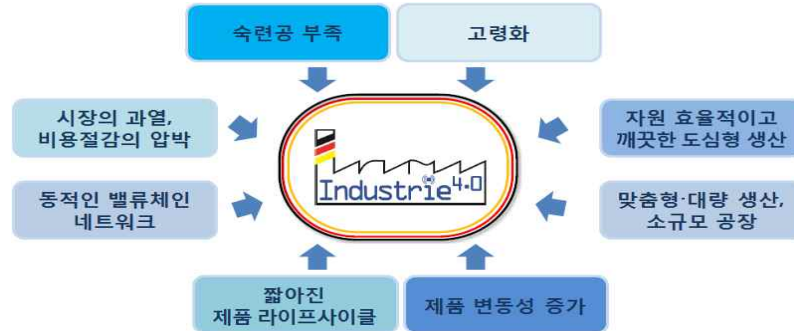
< 기술 변화에 따른 산업혁명(Industrial Revolution)의 4단계 >



◇ 제4차 산업혁명을 선도하는 ‘인더스트리 4.0’의 등장과 부상

- 독일은 '11년 ‘하이테크 비전 2020’에 ICT 융합을 통한 제조업 창조경제 전략인 인더스트리 4.0 전략을 주요 테마로 포함시키고, 강도 높게 추진
- 인더스트리 4.0은 생산공정, 조달·물류, 서비스까지 통합 관리하는 ‘스마트 팩토리’가 목표. 이를 위해 사물인터넷, 사이버물리시스템, 센서 등의 기반 기술 개발 집중

< 인더스트리 4.0을 촉진하는 환경 요인 >



◇ 스마트 팩토리를 목표로 신산업혁명을 유도하는 Industry 4.0은 필연적 흐름

- ICT 기반 스마트화는 스마트 폰, 스마트 미터, 스마트 시티, 스마트 그리드 등 모든 것에 적용되고 있으며, 공장을 스마트화 하는 인더스트리 4.0도 필연적 흐름
- 인더스트리 4.0은 공장자동화 기술, 제조 기술, 정보통신 기술, 그리고 차세대 인터넷의 중요한 방향성을 제시하고, 산업의 신시대를 선도할 것으로 기대

◆ 인더스트리 4.0 구현을 위한 3대 전략

① 지능형 공장 및 초연결 사회의 핵심 요소기술인 센서 경쟁력 강화방안 마련

- IoT·IoS 기반의 스마트 팩토리 구축, 더 나아가 궁극적으로 초연결 사회 구현을 위해서는 핵심 요소 기술인 센서 개발과 경쟁력 강화가 가장 시급

② 기술 교류 및 산학연관 협력 구심점 필요

- 구호에 그치는 제조업 창조경제가 아니라 독일처럼 구체적인 리딩기관 및 협업기관을 선정하여 정부 지원 하에 강하게 추진하는 것이 필요

③ 대중소 기업 간 상생모델 구축

- 스마트 팩토리 같은 거대한 최적화 시스템 구축을 위해서는 공정부터 공급망까지의 지능화가 필요하고, 이를 위해서는 대중소 기업간 협업체계 구축이 필수

I

제조업을 둘러싼 환경 변화

1. 사회·문화적(Social) 변화

□ 제조업에 종사하는 노동력 감소 및 기능공이나 숙련공의 고령화 가속

- 출산율 저하 및 고령층 경제활동 증가 등의 영향으로 선진국의 제조업 생산인구는 급감하고 고령화되는 반면, 중국·인도 등 개도국은 탄탄한 노동력을 보유
 - 제조 강국인 일본·독일의 제조업 종사자는 1990년부터 감소세가 지속되는 반면,
 - 인도는 2040년까지도 생산 인구의 비중이 계속 증가세를 유지할 전망이며, 중국도 2010년 이후 감소세로 전환되었지만 속도는 빠르지 않은 상황
- 글로벌화·도시화·인구구조의 변화, 에너지 형태의 전환이라는 지구규모의 끊임 없는 사회적 변화는 이에 대응하는 솔루션 발견을 위한 기술적 원동력을 촉구
 - 빠르게 고령화되고 있는 제조 숙련공들의 노하우를 공유하고 전수하는 시스템을 설계함으로써 생산인구 감소를 극복하고 생산성 향상 필요

□ 전통적인 제조분야(생산직)에 대한 업무기피 및 제조업의 공동화 심화

- 도시화의 진전, 소비문화 확산, 저임금의 제조업 기피, 서비스업 선호 등에 따라 서비스업 중심의 경제구조로 전환되면서 제조업 취업의 매력도는 갈수록 저조
- 제조업이 값싼 노동력을 찾아 개도국으로 이전하면서 제조업 전반의 노동가치가 하락하고 있고, 제조업의 공동화 현상이 급속히 진전

〈 주요국의 생산인구 비중(%) 〉

국가	1990	2000	2010	2020	2030	2040
미국	65.8	66.3	67.1	64.3	61.0	60.4
일본	69.7	68.2	63.8	58.8	57.1	53.3
독일	68.9	68.1	65.8	64.0	58.7	55.7
한국	69.4	71.7	72.7	70.7	63	56.8
중국	64.9	67.5	73.5	70.1	68.0	63.4

주 : 생산 가능 인구는 15세 이상 65세 미만 대상, 자료 : UN 인구통계국

2. 기술적(Technological) 변환

□ ICT 기반의 '제4차 산업혁명(4th Industrial Revolution)' 도래

- 1차(18세기)·2차(20세기 초)·3차 산업혁명('70년 초)을 거쳐 ICT와 제조업이 완벽하게 융합하게 될 4차 산업혁명기(2020년 이후) 도래가 초읽기에 돌입
 - 수력·증기기관을 이용한 공장기계화, 전력을 이용한 대량 생산, 전자기기와 ICT에 따른 부분 자동화를 거쳐 ICT와 제조업이 융합하는 신산업 혁명기 도래
 - ICT와 제조업의 융합을 통한 제조업의 서비스화와 고부가가치 창출은 과거보다 제조업의 효율을 높이면서 각국의 제조업의 비중을 높이는 수단으로 작용할 것
 - 제조업과 ICT 융합이 새로운 경쟁력이 되고 있고, 생산 방식의 혁명을 일으키며 제조업 위기의 돌파구로 주목 받으면서 제조업 부활에 날개를 달아 주는 요소로 부상
- 4차 산업혁명기에는 ICT와 제조업의 융합으로 산업기기와 생산과정이 모두 네트워크로 연결되고, 상호 소통하면서 전사적 최적화를 달성할 것으로 기대
 - 기술의 진보로 공장이 스스로 생산, 공정통제 및 수리, 작업장 안전 등을 관리하는 완벽한 스마트 팩토리(Smart Factory)로 전환
 - 스마트 팩토리는 생산기기와 생산품간 상호 소통체계를 구축해 전체 생산 공정을 최적화·효율화하고, 산업 공정의 유연성과 성능을 새로운 차원으로 업그레이드

〈 산업혁명 과정(제조업의 혁신 단계) 비교 〉

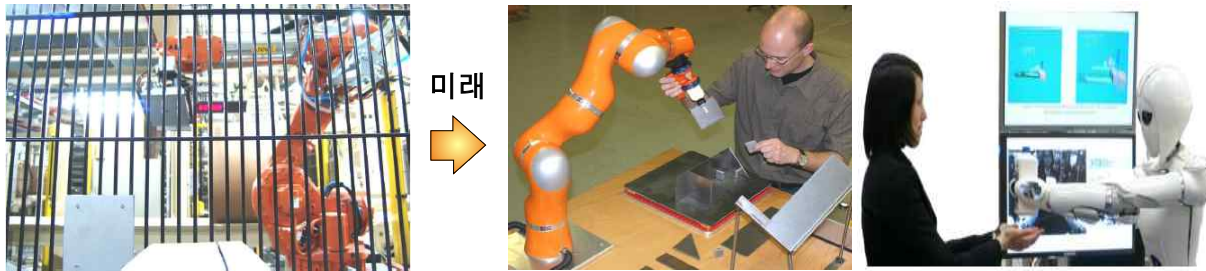
구분	1차 산업혁명	2차 산업혁명	3차 산업혁명	4차 산업혁명
시기	18세기 후반	20세기 초반	1970년 이후	2020년 이후
혁신부문	증기의 동력화	전력, 노동 분업	전자기기, ICT 혁명	ICT와 제조업 융합
커뮤니케이션 방식	책, 신문 등	전화기, TV 등	인터넷, SNS 등	사물인터넷, 서비스간 인터넷(IoT & IoS)
생산 방식	생산 기계화	대량생산	부분 자동화	시뮬레이션을 통한 자동 생산
생산 통제	사람	사람	사람	기계 스스로

자료 : 현대경제연구원

□ 사물인터넷·빅데이터·클라우드컴퓨팅·스마트 로봇 등 기반 기술의 동시다발적 발전

- ICT의 발전은 산업 공정에서 완전한 자동생산 체계와 지능형 시스템 구축을 가능하게 함으로써 스마트한 생산과 함께 제조업의 생산성과 효율성을 제고
- 사물인터넷으로 정보교환, 클라우드로 정보를 더하고 빅데이터로 상황을 분석, 생산 시뮬레이션을 가동하는 생산체계 구축이 가능, 로봇은 휴먼-머신 인터페이스로 작업

< 스마트 팩토리에서 로봇과 근로자의 협력 >



자료 : IDA 세미나 자료, 2013.

- ICT는 네트워크에 접속된 기기끼리 자율적으로 동작하는 M2M(Machine to Machine), 개발·판매·ERP(Enterprise Resource Management)·PLM(Product Lifecycle Management)·SCM(Supply Chain Management) 등의 업무 시스템에 활용되어 자동화 촉진

< 기술 변화에 따른 산업혁명(Industrial Revolution)의 4단계 >



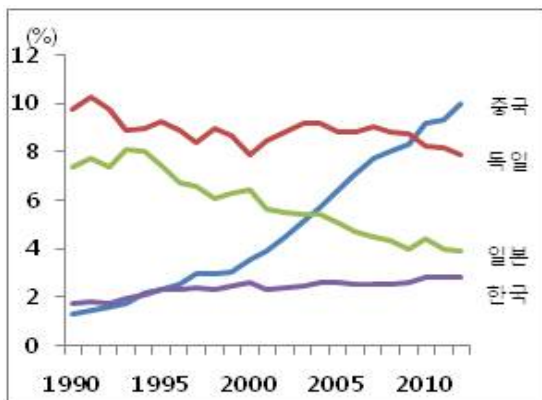
자료 : 독일 인공지능센터(DFKI), 2011. Industrie4.0 Working Group, 'Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0' (2013)에서 재인용 및 일부 내용을 추가

3. 경제적(Economic) · 제조 생태학적(Ecological) 변환

□ 제조 강국의 세대교체 가속화, 상품 수출과 기술 서비스 접목 활성화

- 브릭스(BRICs) 국가를 중심으로 제조 경쟁력 상승세가 지속되는 반면, 미국·독일·일본·한국 등 전통 제조 강국의 순위는 하락하는 추세
 - 저가 공세와 저렴한 인건비, 기술 개발 노력 등이 맞물리면서 중국의 상품 수출 비중은 2012년에 10%를 돌파하는 등 제조 최강국 지위를 유지
 - 제조 강국은 생산성과 기술력 측면에서 여전히 경쟁력이 있지만, 브릭스 국가에 비해 임금과 제조비용, 그리고 전력 가격에서는 격차가 확연
- 선진국들이 상품 수출국을 대상으로 지적재산권 판매 및 라이선싱, 기술 정보 및 서비스를 확대함으로써 수출 경쟁력 하락을 방어
 - 단일 제조 상품만 판매하던 방식에서 벗어나 상품 수출과 기술 서비스를 접목
 - 독일정부는 2006년부터 제품 판매와 기술 서비스의 융합을 확대(Innovation with Service)하면서 서비스 수출과 세계화에 집중
 - 그 결과 독일은 2005년 기술 무역수지가 흑자로 전환되었고, 상품무역과 기술 무역에서 쌍끌이 흑자를 달성하는 극소수 국가로 성장

< 글로벌 시장에서 주요국 상품수출 비중 >



자료 : 딜로이트, 월드뱅크

< 제조업 경쟁력 지수 순위 변동 >

주요 순위 하락국	주요 순위 상승국
미국(3→5)	브라질(8→3)
독일(2→4)	터키(20→16)
영국(15→19)	러시아(28→23)
한국(5→6)	인도(4→2)
대만(6→7)	인도네시아(17→11)
일본(10→12)	베트남(18→10)

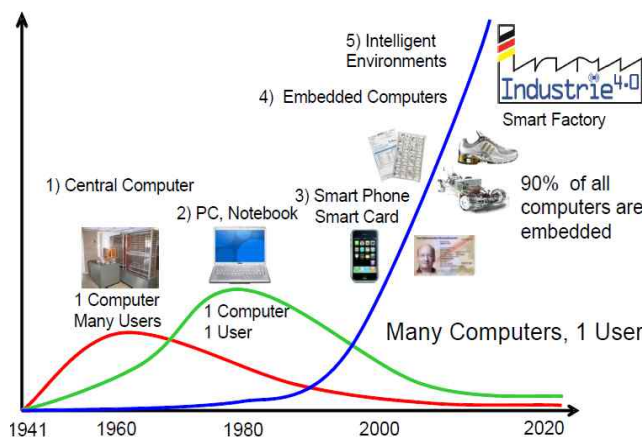
□ 사물인터넷의 개화와 제조 생태계의 네트워크화

- ICT를 기반으로 모든 사물이 인터넷으로 연결되어 사람과 사물, 사물과 사물 간의 정보를 교환하고 상호 소통하는 사물인터넷이 신성장 동력으로 부상
 - 센싱이나 데이터 취득이 가능한 사물에 인터넷을 연결하는 기술인 사물인터넷의 발전은 우리의 생활뿐만 아니라 제조업의 생산방식을 180도로 바꿔놓을 전망
 - ※ 인터넷 연결기기 '09년 9억대→'20년 약 260억대로 급증, 관련 시장규모는 3,090억 달러로 성장(가트너)
- 공장내부(설비·반제품·작업자)는 물론, 공장외부(고객·조달·유통·재고부문)와의 네트워크가 강화되면서 제조 생태계 차원에서의 공정 최적화 달성

□ 제조 생태계와 초연결 사회 간의 실시간 연계·소통이 가능

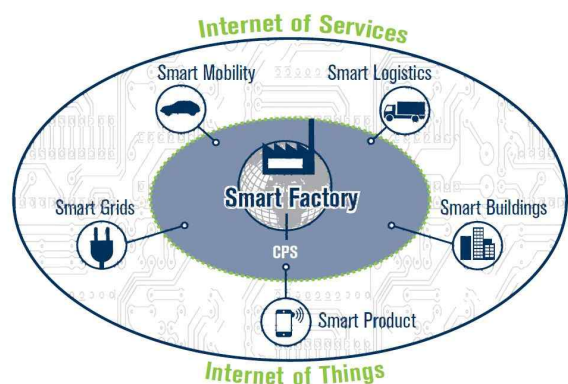
- 모든 것이 네트워크화 되는 초연결 사회에서 제조업은 단순 생산 프로세스의 변화나 최적화를 초월해 포괄적·편재적인 HMI(Human-Machine Interface)를 형성
- 모바일·소셜·클라우드·정보 등의 ICT가 통합·연계되면서 스마트 팩토리, 스마트 홈, 스마트 시티 등의 생활을 실시간으로 연결하는 것이 가능
 - 원격업무지도(스마트 홈), 안전사고 발생 시 지자체 안전관리망과 연계해 즉시 조치(스마트 팩토리·시티), 완제품 이송 시 지능형교통시스템과 연동해 물류비용 최소화

< 미래 IoT, IoS 기반 지능형 환경 >



자료 : IDA 세미나 자료, 2013.

< IoT·IoS와 스마트 팩토리 >



* IoT, IoS 구성 요소로서 스마트 팩토리 위치 부여
 자료 : DFKI, 2011.

4. 정치적(Political) 변화

□ 선진국의 제조업 부활 정책 총공세 및 제조업의 중요성 재조명

- 2008년 글로벌 금융위기 이후 선진국을 중심으로 제조업 르네상스 정책이 강화되고 있으며, 선진국들은 첨단 제조업에 집중
 - 서비스업 중심의 시장경제 시스템이 경제 성공 방정식으로 받아들여졌으나, 글로벌 금융위기와 유럽 재정위기로 이러한 방정식에 의문이 제기
 - 2008년 금융위기를 겪은 선진국 중 제조업이 강한 국가의 경기가 빠른 속도로 회복됨에 따라, 제조업이 탄탄한 국가(독일·중국 등)가 위기에 강하다는 인식 확산
 - 해외 생산품의 운송비용, 지적재산권 침해, 지지부진한 공정혁신, 상승하는 인건비 등 여러 이유로 해외 공장들의 리쇼어링(Reshoring) 분위기 확산
 - ※ 리쇼어링 : 해외로 생산기지를 옮기는 '오프쇼어링(Offshoring)'의 반대 개념으로, 해외에 나가 있는 자국기업을 각종 세제 혜택과 규제 완화 등을 통해 자국으로 불러들이는 정책. 미국은 리쇼어링으로 세계 패권을 되찾는다는 '일자리 자석' 정책 추진(한경 경제용어사전)
- 미국과 일본을 중심으로 세제혜택 강화, 제조 R&D 강화 및 제조업 효율화를 위한 에너지 정책 등 제조업 중심의 혁신체계 구축 노력 가시화
 - 서비스업으로 경쟁력을 강화하려 했던 선진국부터, 산업 기반 확충을 도모하는 신흥국까지 제조업의 육성을 기반으로 한 국가 성장 전략을 추진
 - ※ 2010년 기준 한국 경제의 제조업 비중은 49%로 2005년(45.2%)에 비해 3.8%p 상승(OECD 평균(7.5%, 9.9%)에 비해 매우 높은 수준) (한국은행, 2014)
 - 오바마 행정부는 법인세 인하, 해외 진출기업 리쇼어링 장려, 제조업 혁신 허브 증설, 첨단 제조 기술 전략(AMT), 제조업 혁신연구소 건립 등을 추진
 - 아베 정부도 제조업 경쟁력을 강화하기 위해 6대 전략, 37개 과제로 구성된 산업재흥플랜을 제시하고, 향후 5년간을 긴급 구조 개혁 기간으로 지정
 - ※ 일본재흥전략(日本再興戰略)의 3개 액션플랜 : 일본 산업재흥플랜(산업기반 강화), 전략시장 창조플랜(시장개척 : 국내), 국제 전개전략(시장개척 : 해외)

- 독일은 다가올 4차 산업혁명을 주도하고, 미래 제조업의 경쟁력을 선점하기 위해 ‘인더스트리 4.0’ 프로젝트에 2억 유로를 투자
- EU는 유럽 제조업의 부활을 성공시키기 위해 기업과 정부가 공통의 행동계획 (커먼 어젠다)을 수립하고, 향후 15년에 걸쳐 연간 약 900억 유로를 투자할 계획

< 미국의 재산업화 전략 >

구분	내용
기업	<ul style="list-style-type: none"> - 법인세 35%에서 28%로 인하 - 제조업에 대한 실질세율이 25%를 초과하지 않도록 조정 - 해외진출 기업 중 국내이전기업에 인센티브 확대
혁신	<ul style="list-style-type: none"> - 첨단제조업 강화 전략 - 제조업 혁신 연구소 45개 건립 추진으로 혁신허브 구축
에너지	<ul style="list-style-type: none"> - 청정에너지 개발에 79억 달러 펀딩 - 에너지 부문의 창업과 고용창출

< 일본의 산업재흥플랜 6대 전략 >

구분	내용
기업	<ul style="list-style-type: none"> - 긴급 구조 개혁 프로그램 : 과소투자, 과잉규제, 과당경쟁 해소 - 중소기업 및 소규모 사업자 혁신 : 창업활성화 4.5%에서 10%로
혁신	<ul style="list-style-type: none"> - 과학기술혁신 추진 : WEF 이노베이션 순위 1위 달성 - 세계 최고수준의 IT사회 구현
기타	<ul style="list-style-type: none"> - 고용제도 개혁 및 인재양성 : 20~64세 취업률 개선 - 입지경쟁력 강화 : 산업기반 강화, 업무환경 개선

자료 : 현대경제연구원, ‘독일의 창조경제: 인더스트리 4.0의 내용과 시사점’, 2014.

참 고

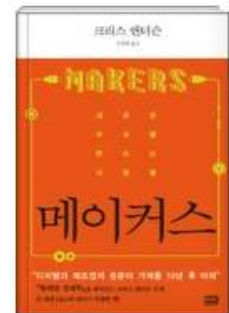
메이커스(Makers) : The New Industrial Revolution

< ‘디지털과 제조업의 공존이 가져올 10년 후 미래’ >

“강한 국력을 원하는 나라는 제조업 기반을 유지해야 한다. 하지만 인건비 때문에 제조업을 유지하기는 갈수록 어려워지고 있다. 이런 추세를 반전할 길이 있다.

과거처럼 거대 공장으로 돌아갈 것이 아니라 웹처럼 지역적으로 분포해 상향식으로 운영되고 기업가 정신을 발휘해야 하는 신제조업 경제를 건설하는 것이다. 인터넷에 접속 가능한 컴퓨터와 아이디어만으로 세상을 바꾸는 영리한 사업가 모습을 제조업에서도 볼 수 있게 됐다.”

※ 메이커스 : 신산업혁명을 주도하며 제작·판매의 디지털화를 이끄는 사람·기업을 의미. 메이커스가 앞 세대와 다른 점은 기술에 정통하고, 혁명을 이를 강력한 디지털 도구를 갖추고 있다는 것



저자 : 크리스 앤더슨 (Chris Anderson)

5. 주요국의 제조업 창조경제) 전략

□ 미국 : 첨단 제조 기술(Advanced Manufacturing Technology) 전략

- 첨단 제조 혁신을 통해 국가 경쟁력 강화 및 좋은 일자리 창출, 경제 활성화
 - ICT(정보(데이터)·SW·네트워킹), 자동화, 센싱 관련 기술을 개발하여 제조업에 확산하고 첨단소재 개발, 에너지 효율화 기술 등을 통해 제조 혁신을 지원
- 2012년 7월 ‘미국 제조업 재생 계획’을 발표하고, 이를 지원할 인프라 구축
 - 제조 혁신기구(IMI, Institute for Manufacturing Innovation) : 제조분야 원천 및 사업화기술 개발, 지방 중소기업 지원 등을 위해 전국에 15개 설치
 - 제조혁신 네트워크(NNMI, National Network for Manufacturing Innovation) : IMI가 개발한 기술과 지식을 공유하는 전국 네트워크
- 오바마 행정부는 2015년까지 범부처적으로 추진하는 연구개발 과제에 첨단 제조업을 최우선 지원 분야로 하도록 권고

□ 일본 : 산업재흥(産業再興)플랜을 기반으로 한 산업구조 혁신

- 연구개발 투자 부진, 설비투자 감소, 비즈니스 모델 한계, 경영자원 효율성 저하 등 복합적인 문제에 봉착한 일본 제조업의 위기 극복
- 2013년 6월에 발표한 일본재흥전략 중 하나인 ‘일본 산업재흥플랜’에서는 첨단 설비투자 촉진, 과학기술 혁신 추진을 핵심 과제로 제조업 부흥을 독려
 - 범부처 전략적 혁신진흥사업(SIP, Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program)을 통해 에너지 및 차세대 인프라 기술 투자 강화
 - ※ 일본 문부과학성의 ‘이노베이션 창출 프로그램(CoI STREAM)’에서도 ‘인터넷×3D 프린터’라는 ICT 기반의 새로운 대응 전략을 추진

1) 선진국들이 ‘창조경제’라는 용어를 사용하지는 않지만, 본 보고서에서는 제조업과 ICT를 융합하고 ICT와 과학기술을 기반으로 제조업의 효율성과 경쟁력을 높이면서 생산방식의 혁명을 일으키고 일자리까지 창출하려는 정책을 제조업의 창조경제라고 지칭함

□ 독일 : 인더스트리 4.0(Industry 4.0) 구상 및 추진

- 독일은 지속적인 경제성장, 일자리 창출, 기후변화 및 고령화에 대응하기 위해 2006년부터 ‘하이테크 전략 2020’ 전략을 추진
- 2011년 하이테크 전략 2020에 ICT 융합을 통한 제조업 창조경제 전략인 ‘인더스트리 4.0’ 전략을 주요 테마로 포함시키고, 이 전략을 강도 높게 추진
 - 자동차기계 등 제조업에 ICT를 접목해 모든 생산공정, 조달 및 물류, 서비스 까지 통합적으로 관리하는 ‘스마트 팩토리(Smart Factory)’ 구축이 목표
 - 이를 위해 사물인터넷(IoT), 사이버물리시스템(CPS, Cyber Physical System), 센서 등의 기반 기술 개발 및 생태계 확산에 집중
- ※ 사이버물리시스템(CPS) : 모든 사물이 IoT 기반으로 연결되고 컴퓨팅과 물리세계(physical world)가 융합되어 사물이 자동·지능화되는 시스템. 제조와 의료·헬스케어, 에너지·송전, 운송, 국방 등 다양한 분야에 광범위한 적용이 예상되면서 선진국은 핵심 기술로 개발에 총력

< 미국·독일·일본의 제조업 창조경제 주요 정책 >

구분	미국	일본	독일
추진 배경	· 경쟁력 강화, 국가안보 대응 · 좋은 일자리 창출	· 산업기반 강화 과학기술 혁신 추진	· 경제성장, 일자리 창출 · 기후변화, 고령화 대응
기본 정책	· 국가 첨단 제조방식 전략계획(2012)	· 산업재흥플랜(2013)	· 하이테크 전략 2020 (2012)
핵심 사업	· 첨단 제조 기술사업(AMP)	· 전략적 이노베이션 창조사업(SIP)	· 인더스트리 4.0 (Industrie 4.0)
촉진 인프라	· 제조 혁신기관(NNI) · 제조 혁신네트워크(NNMI)	· 종합과학기술회의	· 인더스트리 4.0 플랫폼
주요 추진 과제	· 에너지 절감용 제조공정 혁신 · 제조 기술 가속화센터 건립 · 제조혁신 네트워크 구축 · 제조부문 로봇 개발	· 에너지 : 연소기술 및 구조 재료 등 5개 과제 · 차세대 인프라 : 자동운전 시스템 등 3개 과제	· 유무선 ICT를 활용한 스마트 공장(Smart Factory) 구현
정부 예산	· 2014년 29억 달러 · 2015년 예산편성 시 첨단 제조부문 최우선 고려	· 2014년 SIP 510억 엔	· 2012~2015년 간 2억 유로

자료 : 현대경제연구원, ‘제조업을 업그레이드하자, 미·일·독 제조업 R&D 정책 동향 및 시사점’, 2014.

II

ICT 기반의 인더스트리 4.0 부상

1. 인더스트리 4.0²⁾ 등장 배경

□ 추진 배경

- 인더스트리 4.0은 독일 산업 부흥 정책인 ‘High-Tech Strategy 2020 Action Plan’의 일환으로 추진하는 하나의 전략
 - 과학기술 혁신에 관한 핵심 전략인 하이테크 전략은 고용창출을 위해 중소기업 지원을 촉진하는 것으로, 고용창출에 중점을 두고 있는 것이 특징
 - 인더스트리 4.0은 독일 전기·통신·기계 공업회(BITKOM, VDMA, ZVEI)가 운영하는 ‘인더스트리 4.0 플랫폼’ 사무국에서 산학연관 워킹그룹³⁾이 공동 추진
 - ※ 인더스트리 4.0 WG과 과학기술 아카데미가 정리한 Industrie 4.0 전략을 ‘Industry-Science Research Alliance’s Implementation Forum’에서 독일 정부에 제안서로 제출(2012.10)

참 고

독일 ‘High-Tech Strategy 2020 Action Plan’

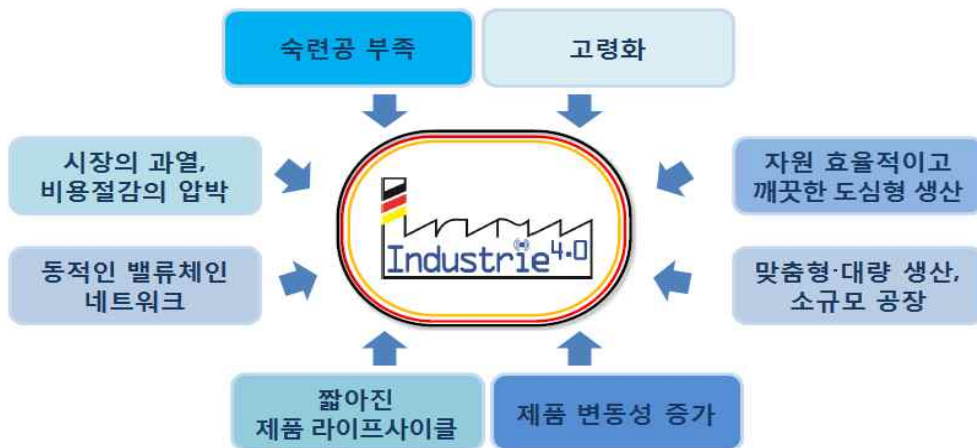
- ▶ 혁신적인 연구로 기술 혁신(Innovation)을 창출해 독일의 높은 경쟁력을 견지하겠다는 비전(2011년 11월에 공포됐지만, 2006년부터 이미 독일 정부가 강력하게 추진)
- ▶ 기후·에너지, 건강·식품, 모빌리티, 시큐리티, 통신 등 5개의 중점 분야 정의와 함께 향후 10~15년 이후의 중장기적인 과학·기술적 목표를 구체적으로 제시
- ▶ 독일이 글로벌 리더의 지위를 유지하기 위해서는, 이 계획의 달성이 필수라고 생각
- ▶ 메르켈 총리가 적극적으로 이를 추진, 산학연관으로 구성된 워킹그룹에 대담한 예산 배분

2) ‘인더스트리 4.0’은 제조업 강국인 독일이 ICT와 제조업을 융합해 생산성과 효율성을 제고시켜 제조 강국의 입지를 더욱 공고히 하고, 새로운 산업혁명을 리드하겠다는 의지로 국가 차원에서 추진하는 제조업 발전 전략으로, 다가오는 제4차 산업혁명을 대표하는 하나의 국가 전략임

3) 인더스트리 4.0 워킹그룹에는 독일을 대표하는 기업과 연구기관, 대학들이 참여하며 정부기관에서도 옵저버를 초대하고 있음. 주요 기업으로 ABB, BASF, BMW, Bosch, Infineon Technologies, SAP, Siemens, Daimler, ThyssenKrupp, TRUMPF 등이 참여함

- 인더스트리 4.0은 독일 제조업이 직면한 사회(S)·기술(T)·경제(E)·생태(E)·정치(P) 분야의 변화에 ICT를 접목해 총력적으로 대응하겠다는 전략
 - 제조업 위상 강화·고급인재 유치·양질의 일자리 마련·풍요로운 생활 영위 등의 파급효과를 기대하며, 산학연관의 힘을 결집해 새로운 제조업을 모색
 - 사이버물리시스템을 기반으로 스마트 팩토리 구축, 외부 제조 생태계와의 네트워킹 강화 등을 통해 4차 산업혁명을 일으키고 주도권을 확보하겠다는 목표
 - 또한, 사물인터넷·클라우드컴퓨팅·임베디드시스템 등의 기술을 접목해 숙련공의 지식과 노하우를 적재적소에서 적시에 활용하고 노동생산성 향상에 기여
 - 인터넷 등의 네트워크를 통해 공장 내외의 사물·서비스와 연계해 새로운 가치와 비즈니스를 창출하고, 궁극적으로는 에코사회 등 다양한 사회문제 해결에까지 연결
- ※ 인더스트리 4.0의 핵심 요인 : 표준화, 복잡한 시스템 관리, 산업용 차세대 인터넷, 안전·보안, 새로운 노동환경, 전문성 개발, 규제체계, 자원효율성(Industrie 4.0 WG, 2013.4)

< 인더스트리 4.0을 촉진하는 환경 요인 >



자료 : IDA 세미나 자료, 2013.

□ 추진 전략

- (정부) 독일 연방교육연구부와 연방경제기술부 지원 하에 4가지 프로젝트를 2015년부터 2017년까지 추진
 - 스마트 팩토리 구축, 기반 기술인 사이버물리시스템 및 인공지능시스템 기술 개발·확산, 통신 및 인터넷 기술 개발 등을 추진

- (산학연) 스마트 팩토리 사업은 독일 인공지능연구소(DFKI)가 주도하며 지멘스·보쉬 등 산업계, 시스코 등 해외기업, 스웨덴·스페인을 포함한 다국적 대학이 참여
 - 독일 인공지능연구소는 스마트 팩토리 기술의 사실상의 표준화 정책을 구축하기 위해 다양한 기관의 참여를 독려
 - 초기에는 독일인공지능연구소(DFKI)가 주축이 됐지만, 현재는 기업과 대학, 연구소 등 27곳이 스마트 팩토리 프로젝트에 참여

〈 인더스트리 4.0의 주요 R&D 프로젝트 〉

프로젝트	연구 내용	기간	예산(유로)	참여 기관
CyProS	스마트공장의 CPS 운용방식과 도구 개발	'12.9~'15.9	약 560만	21개
KapaflexCy	CPS를 활용한 유연한 생산시스템 구축	'12.9~'15.9	약 270만	10개
ProSense	인공지능시스템과 지능형센서 기반의 생산관리 실현	'12.9~'15.9	약 308만	9개
Autonomik	통신(인터넷) 기능, 상황감지 및 적응기능, 기기간 상호작용이 가능한 스마트 툴 개발	'13~'17	약 4,000만	미정

자료 : 현대경제연구원, '제조업을 업그레이드하자, 미·일·독 제조업 R&D 정책 동향 및 시사점', 2014.

□ 3차 산업혁명의 한계 및 인더스트리 4.0 기반의 혁신 방향

- ICT와 제조업의 결합은 3차 산업혁명(인더스트리 3.0) 시대에 시작했지만, 제조 공정 일부 자동화에 머물러 있고 공정 간, 또는 제조 생태계 차원의 최적화에는 한계
 - 중앙제어기가 명령을 내리면 생산설비가 받아들여 반제품을 가공하는 단순반복 체계
 - 개별 생산 공정에서는 최적화가 가능하지만 생산 공정 전체에서 최적화 달성은 곤란
- 인더스트리 4.0은 제조 공정의 최적화 문제를 해결하기 위해 다양한 기기·설비·작업자에게 센서를 부착해 정보를 중앙에서 수집하고 관리하는 체계 구축
 - 설비 제어 : 실시간 설비 모니터링, 장비의 원격 제어, 제조일정 지연 통보 및 대응책 마련, 이상 징후 예측 및 대응방안 생성 등
 - 에너지 효율화 : 에너지 소비량 파악, 환경오염도 파악 및 원격검침, 공장 환경 영향 평가 및 환경이상 원인 분석, 에너지 사용실적 집계 및 패턴 분석 등
 - 물류 효율화 : RFID 기반 재고 수량 정보의 자동 전송, 공정별 재고품 진행사항 추적 및 적정 재고량 분석, 3D 디지털 맵 기반으로 최적 이동 경로 안내 등

- 그러나 아직 사물 간 통신(IoT) 단계까지 발전하지 못했기 때문에 실시간 최적화가 미흡하고 중앙통제시스템의 지능화 속도가 더더 휴먼에러 노출은 여전히 상존
- 현재 중앙통제센터에 전문기술 및 관리 인력이 배치되어 화면의 신호 또는 모바일로 전송된 정보를 통해 상황을 파악
- 따라서 아직 실시간으로 지능화된 경영을 구현하는 단계에까지는 못 미치는 상황

〈 통합관제시스템을 통한 공정자동화 및 업무효율화 개요 〉



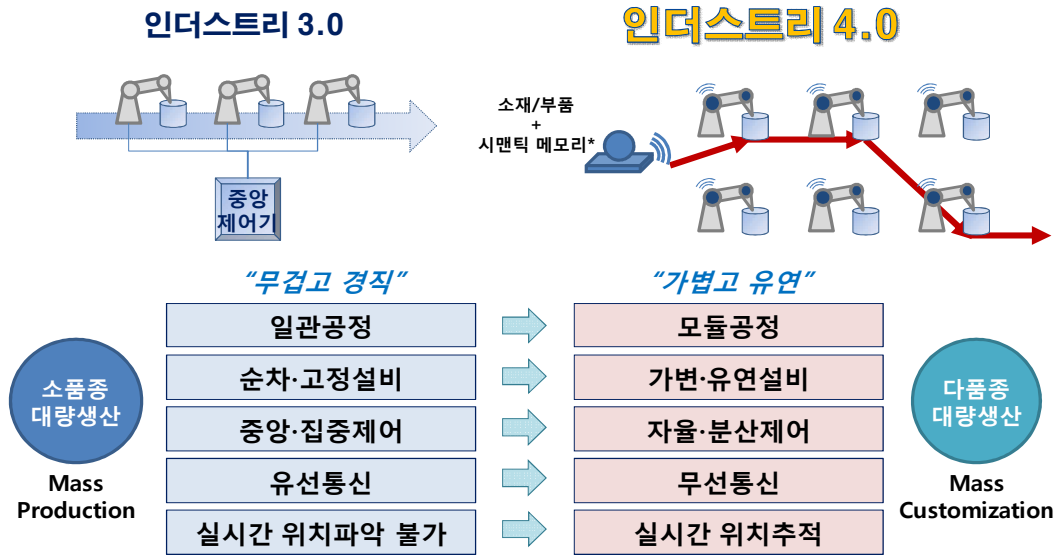
자료 : 포스코(2010), 스마트 팩토리 구축방안, 내부보고서

2. 인더스트리 4.0인 핵심 기술 구조

□ 지능형 메모리 개발을 통해 분산·자율제어 생산체계 구현

- 기계설비 뿐만 아니라 소재반제품에 센서와 메모리를 부착, 주문에 따라 설비에 가공 명령을 주면 생산 공정의 병목현상을 자가 진단해 유연하게 최적 생산 경로를 결정
- 메모리를 기계가 읽고 소비자 선호도, 공정상태, 가공방향 등을 스스로 분석해 실시간으로 최적 경로를 계산, 현 시점에서 가장 효율적인 경로를 선택하고 적용
- 고객 맞춤형 생산, 물류·유통현황 파악, 사용·재활용 과정 추적조사 등으로 제품 전 주기에서 최적화 문제를 검토, 상류공정에 실시간 피드백함으로써 공정혁신 달성

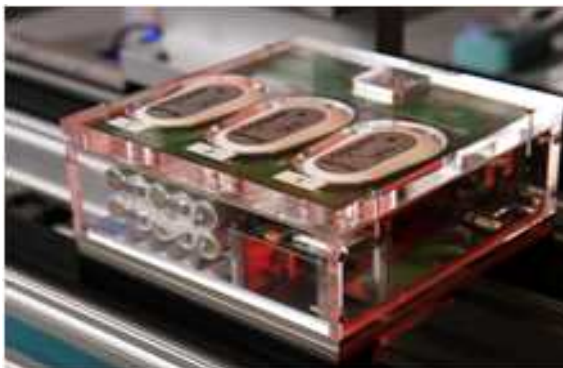
< 인더스트리 4.0 하에서 자율·분산제어 생산체계 >



자료 : 포스코경영연구소, '인더스트리 4.0, 독일의 미래제조업 청사진-ICT와 제조업 융합 지향', 2014.

- 시맨틱 웹(Semantic Web) 기술이 메모리에 탑재되고 산업용 시맨틱 메모리로 발전
 - SW가 통신, 또는 인터넷 문서 내용과 의미를 추출해 정보를 덧붙이고, SW 에이전트가 원하는 정보를 자동 추출하고 가공하는 시맨틱 웹 기술 발전
- ※ DFKI는 지능형 시맨틱 메모리 SemProM(Semantic Product Memories)를 개발, 생산라인에 적용
 - 지능형 메모리를 생산라인 이동 팔레트나 생산 로봇의 관절 등에 부착, All-IP 공장 구현

<SemProM을 장착한 이동 팔레트>



<SemProM을 장착한 로봇>

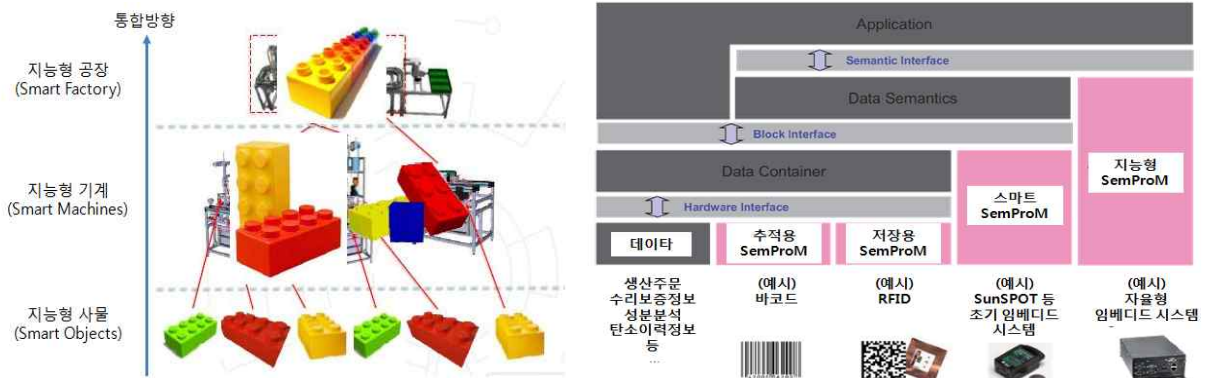


자료 : 독일인공지능연구소(DFKI) 홈페이지

- 시맨틱 메모리가 탑재된 설비는 레고블럭(Lego Block)처럼 움직이기 때문에 모듈형 생산 플랫폼을 구축할 수 있고, 고객맞춤에 따라 생산공정을 유연하게 변경 가능
 - 무선통신 기반으로 메모리 간 소통하기 때문에 단순한 레이아웃 설계 가능
 - 설비공유 및 교환, 리스 등을 통해 공장 운영자의 선호 및 고객니즈에 맞춰 최소 공간에서 다양한 공장 레이아웃 설계, 다양한 운영방식 적용이 가능

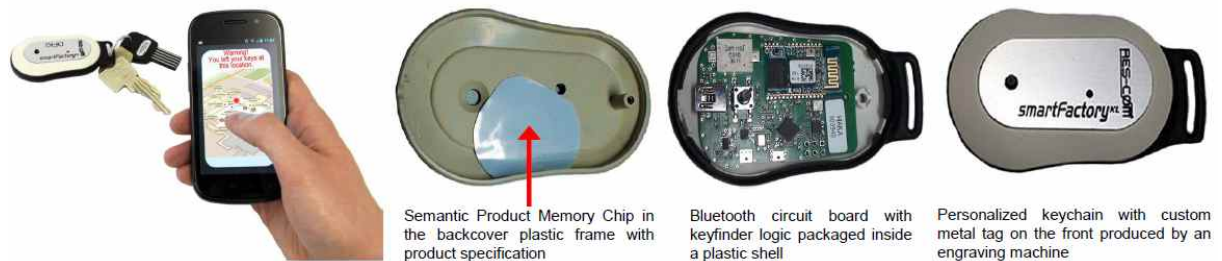
< 인더스트리 4.0 시대의 모듈형 생산 플랫폼 >

< DFKI의 시맨틱 메모리 발전 과정 >



자료 : 독일인공지능연구소(DFKI), 'Cyber-Physical System in Factory Automation'

< 시맨틱 제품 메모리 칩 >



참고

모듈형 조립 플랫폼 적용 사례 : 구글의 개방형 HW '아라' 프로젝트

- ▶ 구글 자회사인 모토로라 모빌리티가 모듈형 스마트폰과 개방형 무료 플랫폼을 개발 중
- ▶ 직육면체 케이스에 더 작은 직육면체 모듈을 끼는 방식으로 스마트폰을 조립해 '맞춤형 제작'이 가능. 이런 제작이 만약 모듈의 조립을 소비자의 주문에 맞춰 생산기계가 자율적으로 하는 방식을 택했다면 인더스트리 4.0 범위에 속함



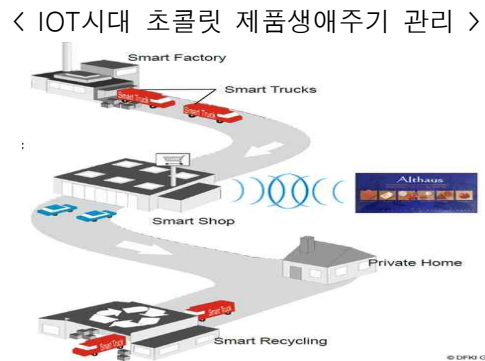
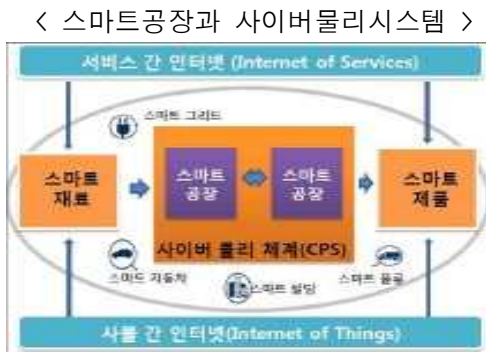
자료 : 연합뉴스, '구글, 개방형 하드웨어 '아라'로 삼성, 애플 압박', 2013.10.30.

□ All-IP 공장을 초월해 사물인터넷(IoT)으로 초연결 생태계 구현

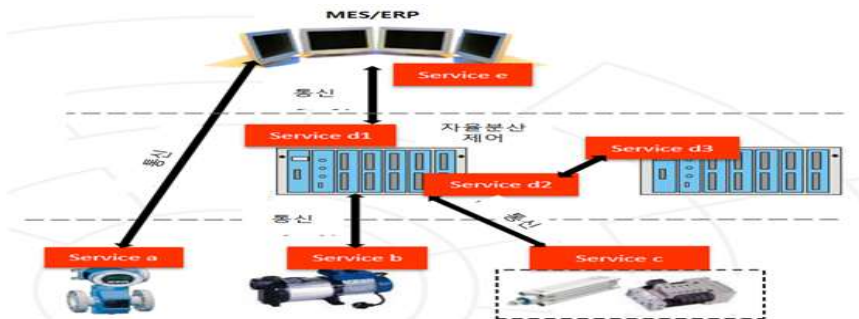
- 지능화된 생산설비가 생산관리시스템(MES), 전사적 자원관리시스템(ERP)과 연동
 - 중앙정보처리장치의 일방적 명령이 아닌 작업장 내 모든 설비가 상호간, 또는 중앙정보시스템과 실시간 통신하고 공장별 MES와 연동, 최적화된 조업 솔루션을 도출
 - 공장 내 최적화 솔루션은 실시간으로 전사적 자원관리시스템(ERP)과 연동되어 그룹사 전체의 경영·재무·재고·유통·인사전략 수립에 기여

※ 생산관리시스템(MES, Manufacturing Execution System) : 생산계획·작업지시·자재소요·생산추적·설비관리·생산성과분석 등으로 생산관리의 효율성을 높이는 시스템(위키피디아)

- 사이버물리시스템(CPS)을 통해 스마트 공장과 사물인터넷(IoT) 세상을 연결하고, 제품의 생애전주기(PLC) 관리 수행
 - 공장 내외 사물이 센서로 연결돼 IP공장IP세상을 연결하는 사이버물리시스템 기술 발전
 - 이에 따라 스마트 팩토리는 스마트 그리드, 스마트 교통체계, 스마트 빌딩과 연동되고 재료와 제품의 생애 전주기 관리시스템을 구축
 - 실시간 제품 정보가 출하에서 폐기 단계까지 공유되고 저장된 모든 정보가 생산 과정에 환류되어 자원 효율의 극대화에 기여



〈 인더스트리 4.0 시대 양방향 MES/ERP 시스템 〉



자료 : 독일인공지능연구소(DFKI) 및 현대경제연구원(2014)

참 고

사이버물리시스템(CPS : Cyber-Physical Systems) 개요

▶ 사이버물리시스템(CPS) 개념과 현상

- CPS(Cyber-Physical Systems)란 실세계와 IT가 긴밀하게 결합된 시스템
 - ※ IBM의 'Smarter Planet', HP의 'CeNSE(the Central Nervous System for the Earth)', MIT나 Auto-ID Labs가 추진하는 'Internet of Things(IoT)' 등도 유사한 개념
- '06년 미국과학재단(NSF)이 CPS 가능성과 과제 등의 논의를 시작하고, '09년에 연구지원 프로그램으로 연 300억 원의 예산을 투입하면서 CPS를 주목
 - ※ 미국경쟁력위원회가 미국이 향후 경쟁력 유지를 위해서는 CPS가 열쇠가 된다는 견해 피력
- 미국 오바마 대통령은 '13년에 발표한 혁신 프로젝트에 CPS를 포함시켰고, 독일은 CPS 기반 혁명이라고 할 수 있는 인더스트리 4.0을 국가 미래 프로젝트로 추진
- 유럽 EIT ICT LABS는 '12년부터 CPS 연구를 진행하면서 CPS 비즈니스 인큐베이션, 표준화된 아키텍처, ICT 인프라 및 범유럽 플랫폼 개발 등을 추진
 - ※ CPS를 '사물-데이터-서비스의 인터넷을 가져오는 현실세계와 가상세계와의 융합'이라고 정의

▶ CPS가 다시 주목받는 이유

- 임베디드시스템의 복잡성이 급속하게 증대하면서, 기존의 기법과 다르게 SW와 물리세계의 인터랙션을 위한 품질 높고 신뢰할 수 있는 설계 기법이 요구
- ICT가 환경·에너지·교통·경제·안전·의료 등 복잡한 사회시스템의 인프라가 되면서, 안전하고 효율적으로 사회시스템을 설계·운용·보수하기 위해 필요한 ICT 신기술 필요
- 센서기술 등 복잡한 CPS를 가능하게 하는 요소기술이 급속히 발전하면서 물리세계의 데이터를 쉽게 ICT 세계에 넣을 수 있게 되었고, 모아진 대량 데이터의 분석도 가능

▶ CPS 적용 사례

- (스마트 그리드) 전력망은 ICT로 효율을 향상시킬 수 있는 인프라. 특히, 풍력·태양광 등이 전력 그리드에 접속할 때 자원 낭비가 없도록 최적화하고 제어하는 데 ICT가 필수
 - ※ 덴마크 'EDISON 프로젝트': 풍력으로 생산된 잉여전력을 전기자동차에 임시저장해 전력 이용을 효율화
- (교통시스템) 도로교통은 ICT로 큰 변혁을 기대할 수 있는 분야. 개별 차량의 움직임을 ICT로 파악하면 세밀한 과금 조정 등 유연한 교통 정책을 실현이 가능
- (스마트 시티) 사람 이동·활동을 토대로 교통·에너지를 예측하고, 기상을 관측·예측해 최적의 에너지 생성·분배 계획을 세우는 도시 설계(UAE의 'Masdar 프로젝트')

▶ CPS와 기존 ICT와의 차별점

- (복잡함) CPS의 전형적 특징의 하나는 시스템이 양적·질적으로 복잡하다는 것. 데이터 처리량 등 양적 복잡함 이상으로 수많은 물리적 도메인을 연결해야 하는 질적 복잡함 요구
- (오픈성) CPS는 하나의 컴포넌트라고 할 수 있는 물리세계와 긴밀히 통합돼야 하기 때문에, 모델화와 예측이 어려운 물리세계의 동적인 변화에 유연한 대응이 필요
- (합의 형성의 어려움) CPS를 도입해 사회를 혁신하기 위해서는 수많은 이해관계자 간의 합의가 필요하며, 이는 CPS를 기획할 때 큰 장애로 작용

자료 : <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20101115/354117/>

3. 인더스트리 4.0의 기대 효과

□ 소비자 맞춤형 대량 생산(Mass Customization) 확대

- 소비자 고유의 선호도가 제품주문 및 생산계획 단계에 반영되고 고객의 선호도 변화에 따라 제조 방식 및 디자인이 실시간으로 변경
 - 고객 니즈 저장, 설비부문과 생산방식간의 통신, 생산정보를 고객사와 공유하기 위해 RFID 기술 개발 및 시스템 구축이 중요(예 : 보쉬 고객맞춤 연료 인젝터 생산)
 - 시장 변동성에 맞춰 용이하게 시제품을 제작하기 위해 3D 프린팅 기술 적용(예 : BMW의 Jigs and Fixtures)
- 나만을 위한 제품이 각광받는 'Batch Size 1' 시대 개막과 개인화된 제품 제공
 - 고객은 개인화된 제품에 5~20%의 프리미엄을 지불할 의사가 있기 때문에 생산원가를 낮출 경우, 이윤창출과 함께 고부가 시장 선점이 가능
 - ※ 파레토법칙에 따르면 상위 20% 제품이 전체 매출의 80%를 차지하지만 ICT 발전과 물류혁신으로 80%의 맞춤형 제품이 매출에 상당부분 기여(롯데일경제학, 크리스앤더슨)
 - 나이키는 세상에서 단 하나뿐인 운동화를 주문제작 해주고 있으며(NIKE ID), 단 하나뿐인 초콜릿 제품을 만들어주는 회사(Chocomize)도 등장
 - 제약업계에서는 약통에 스마트 메모리를 부착해 생산년도, 선적일 등을 저장하고 개봉 후 주변 환경에 반응하여 경과시간 등 환자를 위한 맞춤정보 제공

< Nike ID >



< 환자맞춤 제품경로 저장 >



< Chocomize >



< 환자맞춤 정보제공 >



자료 : 포스코경영연구소, 박형근(LG CNS 발표 자료), 2014.

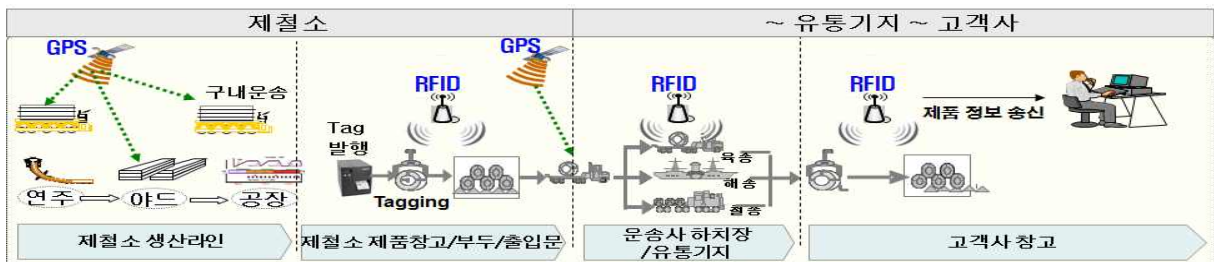
□ 사전 시뮬레이션 및 End-to-End 엔지니어링 등으로 자원 효율성 제고

- 고객주문이 생산공정에 미치는 영향 등을 사전에 시뮬레이션해서 비용 절감
 - 지멘스는 TIA(Totally Integrated Automation) SW를 개발해 공장 레이아웃 점검부터 제어설계, 생산 시뮬레이션, 가동 모니터링을 하나의 패키지에서 구현
- 고객주문에서 맞춤형 생산관리, 재고 및 유통관리, 고객사 이송 및 A/S까지 End-to-End 엔지니어링 실현
 - 포스코는 창고~유통기지~고객사 도착까지 RFID 체제를 구축
 - 고객사는 제품 입출고 및 재고관리를 자동화할 수 있고, 포스코는 고객사 재고 수준을 자동으로 확인하여 JIT(Just In Time) 생산이 가능

< 지멘스의 TIA 사례 >



< 포스코의 RFID/GPS 기반 물류혁신 사례 >



자료 : 지식경제부, 'RFID/GPS 기반 물류혁신 추진방안', 2009.

참 고

기업의 소비자 맞춤형 생산 사례

- ▶ (보쉬) 디젤엔진 핵심부품인 연료 인젝터 생산시 RFID 적용으로 수십 만 가지 제품 사양을 충족하고 실시간 생산정보를 고객사와 공유해 가치 제고
- ▶ (BMW) 신차 출시에 따라 수시로 변하는 부품형상을 3D 프린트로 제조하고, 비용 절감 및 생산성 제고는 물론 다양한 고객니즈에 대응
- ▶ (GM) 신속 프로토타입(Rapid Prototyping) 프로그램을 통해 차량 부품의 사전 조립 시뮬레이션 및 성능 검증 등을 수행

자료 : 포스코경영연구소, '인더스트리 4.0, 독일의 미래제조업 청사진-ICT와 제조업 융합 지향', 2014.

□ 제조업의 서비스화를 통한 경쟁력 제고

- 숙련공의 노하우를 디지털화하거나 숙련공과 미숙련공을 원격으로 연결시켜 숙인성 지식을 공유, 또는 전수하는 환경 마련
 - 숙련공의 숙인성 기술을 동영상으로 만들어 클라우드 컴퓨터에 저장하고 언제 어디서든지 지식을 공유하도록 시스템 구축
 - 가상·증강현실 기술의 발달로 구글 글래스나 모바일 기기를 통해 손쉽게 현장 교육이 가능해져 장거리 생산현장에 갈 필요 없는 원격교육 및 원격보수 가능

- 설비 교체를 통한 공장 업그레이드가 아니라, 설비기능을 상시 모니터링하고 설비에 탑재된 SW 앱을 업그레이드 할 수 있는 앱스토어 구축
 - 스마트 팩토리에서는 앱스토어에 저장된 앱을 이용해 실시간 설비 모니터링, 장비 원격제어, 생산 설비의 SW를 빠르고 쉽게 할 수 있고 원격갱신도 가능
 - 글로벌 시장에서 고객 Lock-In 효과와 함께 고객과 중장기적 신뢰관계 구축

< 숙련공 원격교육 >



< 증강현실 활용 미숙련공 교육 >



< 고객사 설비 상시 모니터링 >



< 스마트 팩토리를 위한 앱스토어 >



자료 : 독일 인공지능연구소, 'Industry4.0 : The semantic product memory as a basis for CPPS', 2013.

□ 도심형 공장, 재택근무 활성화로 지역사회 공헌 및 일과 가정의 양립이 가능

- 설비공유, 에너지 효율성 증대 등의 효과가 맞물리며 도심형 공장이 확산
 - 센서가 내장된 모듈형 설비 확산으로 공장 간 설비 공유와 함께 설비 배치 자유로워 작업공간의 효율성이 향상되며, 제조 근로자의 재택근무도 활성화
 - 지능화·자동화된 첨단 제조시설은 에너지 효율화와 함께 소음과 오염배출을 줄여서 도심형·아파트형 공장과 산업단지 구축을 가능하게 하고, 이는 스마트 시티 구축으로도 연계
- ※ 자동화기기 업체인 비텐슈타인은 소음과 오염배출을 획기적으로 줄인 친환경 도심형 공장을 운영, 근거리 출퇴근과 함께 생산 중 진열을 지역난방으로 활용해 지역사회에도 공헌

< 도심형 공장 : 독일 비텐슈타인 펠바흐 공장 사례 >



자료 : 포스코경영연구소, '인더스트리 4.0, 독일의 미래제조업 청사진-ICT와 제조업 융합 지향', 2014.

참 고

지멘스 : 제조 혁신을 위한 SW 투자 계획

- ▶ 2014년 2월 지멘스는 인더스트리 4.0 전략에 맞춰 기계자동화와 제조관련 신기술 투자에 집중하기 위해 1억 달러 규모의 투자펀드를 조성
- ▶ 제조업이 글로벌 경쟁력을 갖기 위해서 디지털화와 SW 경쟁력이 중요함을 인식하고 클라우드 기반 3D가상화 SW 기업('Lagoa'), 사이버보안회사('카운터택') 등에 투자 강화

자료 : 지디넷코리아, '지멘스, 스타트업 투자펀드 1억 달러 장전', 2014.2.18

4. 인더스트리 4.0 구현의 주요 과제

□ 스마트 팩토리를 목표로 신산업혁명을 유도하는 Industry 4.0은 필연적 흐름

- ICT 기반 스마트화는 스마트 폰, 스마트 미터, 스마트 시티, 스마트 그리드 등 모든 것에 적용되고 있으며, 공장을 스마트화 하는 인더스트리 4.0도 필연적 흐름
 - ※ 미 GE사는 인더스트리 4.0과 거의 유사한 컨셉으로 'Industrial Internet'를 제창
 - 공장 스마트화로 새로운 제품 생산뿐만 아니라, 에너지 소비나 기피되는 제조업 근로자의 노동환경 등 현대 사회가 안고 있는 다양한 문제까지도 해결이 가능
 - 현재는 조업 재개를 위해 많은 에너지를 소비하지만, 공장 조업에 맞춰 에너지 공급을 실시간 조정하면 전체 에너지 소비량을 큰 폭으로 절감하는 것이 가능
 - ICT 활용으로 기계·설비를 원격지에서 조작하게 되면 통근 자체가 불필요해지고 안전한 장소에서 쾌적하게 근무할 수 있게 되어 근로자 생활의 질을 제고
- 인더스트리 4.0은 공장자동화 기술, 제조 기술, 정보통신 기술, 그리고 차세대 인터넷의 중요한 방향성을 제시하고, 산업의 신시대를 선도할 것으로 기대

□ 인더스트리 4.0을 통한 제조업을 혁신을 기대하지만, 실현을 위한 과제도 존재

- 인더스트리 4.0 WG은 인더스트리 4.0 구현을 위한 주요 과제로 표준화, 복잡한 시스템 관리, 통신 인프라 정비, 안전과 시큐리티 등 4개의 과제를 제시
 - 1) (**표준화**) 제조 공장의 설비를 내외의 다양한 물건이나 서비스와 연결해야 하기 때문에 통신 수단이나 데이터 형식 등 많은 사물의 표준화가 중요하고 시급
 - 2) (**복잡한 시스템 관리**) 생산계 시스템과 그 이외 시스템이 다양하게 연결되면서 시스템 전체가 복잡해지고 어려워지므로 특별 관리가 필요
 - 3) (**통신 인프라 정비**) 산업용으로 견딜 수 있는 신뢰성(SLA) 높은 통신 인프라 정비가 필수
 - 4) (**안전·보안**) 외부 네트워크와 접속하면 악성SW 침입 등 사이버 공격의 위험성이 높아지므로 안전이나 시큐리티 확보가 급선무

<인더스트리 4.0 추진시 해결해야 할 과제>
* 278개사 설문(복수 응답)



자료 : 인더스트리 4.0 WG

참 고

인더스트리 4.0 실현 사례 : 노빌리아(Nobilia)

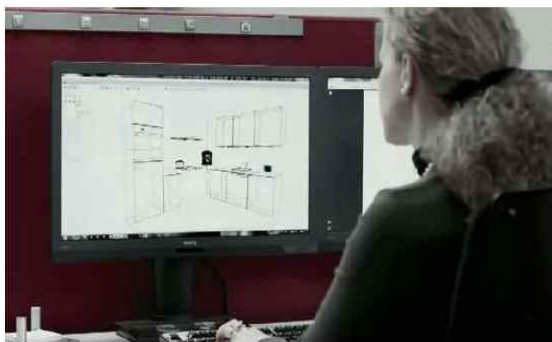
▶ 독일의 부엌가구 제조업체인 노빌리아(Nobilia)는 유럽 최대 규모의 메이커

- 노빌리아는 매일 2,600세트, 연간 58만 세트를 생산하는 고급 키친 메이커로서, 취급 제품은 모두 특별 주문 사양. 인건비가 높은 독일의 베스트팔렌(Westfalen) 지역에서 생산하기 때문에 경쟁력을 유지하기 위해서는 생산 자동화가 전제 조건
- 제조업으로 완성품 비즈니스를 하는 독일의 중견 기업이 생산 거점을 국내에 남기면서, 품질 유지와 생산 비용을 절감해 국제적인 가격 경쟁력을 유지하면서 세계 70개국을 대상으로 제품 출하가 가능한 것은 꾸준한 생산 자동화의 결과
- 2개의 공장에서 일하는 2,500명의 종업원으로 13,000억 원에 가까운 매출고를 달성 (종업원 당 매출고는 52,000만원)하고 있으며, 이는 인텔의 생산액과 거의 비슷

▶ 노빌리아(Nobilia)의 자동 생산 방식

- 생산 공정은 재료를 부품에 가공하는 ‘전(前)공정’과 부품을 완성품에 조립하는 ‘후(後)공정’으로 나누고 각각의 공정에 고도의 ICT를 접목해서 활용
- 전(前)공정에서는 부품이나 용도마다 다른 조립용의 구멍 위치를 모두 오라클로 동작하는 데이터웨어하우스로 관리
 - ※ 예를 들어 드릴 천공시 스피너의 전류치나 전력, 모터나 워크의 진동 등 모든 생산 공정의 데이터가 MES에 기록되어 부품 품질의 최적화를 위해 활용
- 후(後)공정에서는 가공이 완료된 부품에서 ERP·MES가 주문마다 필요한 부품을 선정, 포장된 부품에 RFID 태그나 바코드를 부착. 이 과정에서 생산 공정과 ERP가 직결되어 각 부품마다 개별로 식별(모든 부품이 아이덴티티를 보유)
 - ※ 어떤 고객이 주문한 키친의 어디에 들어가는 부품으로 언제 어디에 도착해야 하는지 파악이 가능. 이를 통해 조립 공정의 실시간 최적화와 불편 발생 시 부품 개별의 원인 구명을 효율화
- 공장은 모든 과정에 걸쳐서 Beckhoff Automation SW PLC/NC가 동작하는 540대의 PC 컨트롤러로 자동 제어
- 공장 전체의 하루 데이터 트랜잭션 수는 100만을 넘는데, 트랜잭션당 100밀리 세컨드 정도의 시간에 처리. 노빌리아는 자사의 이런 생산 방식을 ‘Manufacturing by Wire’라고 지칭

〈 노빌리아의 자동 생산 방식 〉



자료 : http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1404/04/news014_3.html

III

인더스트리 4.0 구현을 위한 3대 전략

1. 핵심 요소기술 로드맵 구축 및 개발

□ 지능형 공장 및 초연결 사회의 핵심 요소기술인 센서 경쟁력 강화방안 마련

- 우리나라 센서(sensor) 기술 수준은 선진국(미국·유럽·일본)의 2/3 수준에 불과하고, 중국은 90%까지 한국을 추격
- 세계 최고 수준을 100이라 할 때, 우리나라는 센서소재 55.5%, 센서설계 72.4%, 센서 생산설비 70.0%, 센서 양산기술 69.7%, 핵심 센서기술 55.8% 수준
- IoT·IoS 기반의 스마트 팩토리 구축, 더 나아가 궁극적으로 초연결 사회 구현을 위해서는 핵심 요소 기술인 센서 개발과 경쟁력 강화가 가장 시급한 과제

〈 국가별 센서 기술 수준 〉

구분	미국	유럽	일본	한국	중국
소재	100	100	100	55.5	47.3
설계	100	100	95	72.4	56.7
설비	90	95	90	70.0	57.5
양산	85	95	100	69.7	64.3
핵심	100	100	100	55.8	46.9
평균	95	98	97	64.6	54.5

자료 : 밸류에드, '국내 센서기업 실태 조사', 2010.

- 센서 기술은 미국, 독일 등 일부 선진국을 중심으로 디지털 센서 연구단계를 거쳐 첨단센서 연구가 활발히 진행 중(과학기술기획평가원, 2013)
- 자동차, 스마트폰 등 센서 수요 산업의 엄격한 요구에 따라 더욱 정밀하고 소형화 되고 에너지 효율적인 센서개발에 노력
- 최근에는 사물인터넷(IOT) 확산 등으로 단순한 주변상황 감지에서 신체정보, 사용자 행동, 감정인지 기능을 수행하는 등 영역이 확대

- 7대 분야별로 핵심 센서기술을 도출하고 선택과 집중 원칙에 따라 집중 지원하는 연구 개발 로드맵 작성이 중요

< 7대 분야 핵심 센서 기술(예시) >

분야	내용
(1) 자동차	RF레이더센서, 10cm급 초음파센서, 전기자동차용 전류센서 라이다센서 시스템, 가시광/적외선 센서, 차량용 6축 관성센서, 차량용 압축센서 고압센서 및 SoC, 머신비전용 이미지센서, SAW 자이로센서 등
(2) 모바일	마이크로폰센서, 10축 콤보센서, 압력센서, 온도센서 스마트TV 동작인지센서, MEMS 음향센서, 온도센서 어레이 등
(3) 로봇	자이로센서, 자세/위치센서, 인체감지센서 촉각센서, 인간로봇인테페이스, 영상인식 및 촉각센서, 전력량 센서 등
(4) 보안	영상/음향센서, 망막인식센서, 영상분석알고리즘, 지문인식센서 적외선 이미지센서, 스마트 음향센서, 열영상 적외선 이미지센서 등
(5) 바이오/의료	고속 유전자 진단 시스템, NanoFET 바이오센서, 생체신호 감지시스템 헤모글로빈 센서, 바이오센서, 대사측정센서 인체자기측정센서, 질병진단 가스센서 등
(6) 환경	고속영상센서모듈, 수질환경센서 시스템, 환경감지 나노경보기 마이크로 GC, 이산화탄소 검출시스템, 나노구조체 환경센서 복합 대기가스 측정, NOx센서, CMOS 광학센서 유해환경 모니터링 센서, 독성가스 감지용 광센서
(7) USN	유량 USN센서, 각속도센서 모듈, 자기유도형 전류센서, 포름알데히드 검출센서 전력설비 열화진단시스템, 네트워크 전력검침센서, 전력케이블 모니터링 사면 및 절개지 감시센서 등

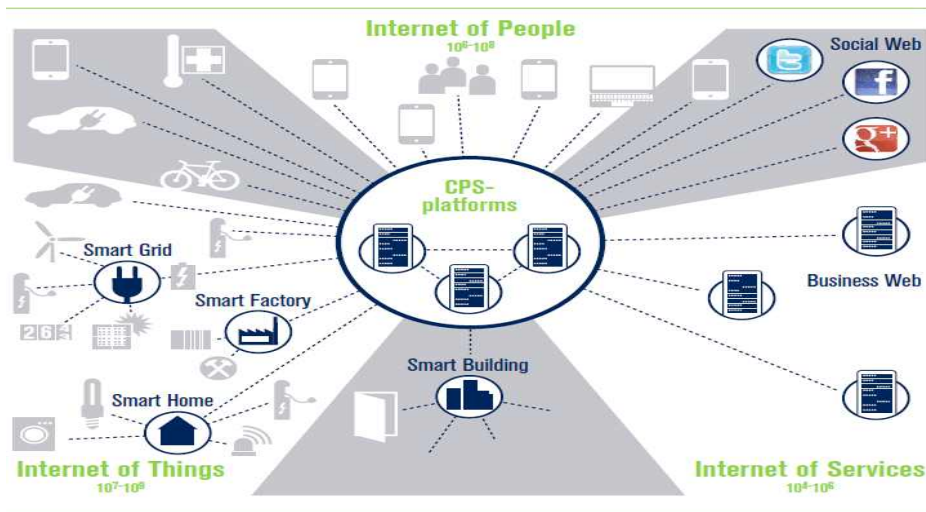
자료 : 한국과학기술기획평가원, '센서사업 고도화를 위한 첨단센서 육성 사업', 2013

□ 사이버물리시스템(CPS) 요소 기술 추진 로드맵 수립

- 사이버물리시스템(CPS) 기반의 혁명이라고 할 수 있는 인더스트리 4.0 구현의 핵심 운영기술인 사이버물리시스템 기술 수준 파악 및 청사진 마련이 중요
- 사이버물리시스템은 인더스트리 4.0 구현뿐만 아니라 의료·헬스케어, 에너지·송전, 운송, 국방 등 다양한 분야에 광범위한 적용이 예상되면서 다시 주목을 받는 상황
- 미국·독일·EU 등 선진국은 사이버물리시스템을 차세대 핵심 기술로 인식하고 사이버물리시스템 관련 기술과 플랫폼 개발에 총력을 기울이는 상황
- ※ 미국 오바마 대통령은 2013년 2월, 미국의 핵심 먹거리로 9개의 '혁신 프로젝트'를 발표했고, 추진해야 할 주요 과제에 사이버물리시스템을 포함

- 사이버물리시스템 구축을 위해서는 센서기술 뿐만 아니라 액추에이터, 보안기술, 최적화 SW, 인공지능 등 다방면의 기술이 동시다발적으로 개발·융합되는 것이 관건
 - ICT로 실제 세계와 가상세계를 연결하는 사이버물리시스템은 엄청난 데이터 처리와 함께 수많은 물리적 도메인을 연결해야 하는 매우 복잡한 시스템
 - 따라서 사이버물리시스템 구축을 위해서는 어떤 분야에 어떤 기술을 어떻게 적용하고 설계, 운용할지 체계적인 추진 로드맵을 수립하는 것이 필요
- 사이버물리시스템 추진을 위한 분야별 혁신 펠로우(KIF, Korean Innovation Fellow)를 선정하고 기술 개발을 조율하는 컨트롤타워 설치도 필요

< CPS 플랫폼과 IoT · IoS 관계 - 사람 · 시스템 · 사물 간 연계 >



자료 : Industrie 4.0 Working Group Final report, 'Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0', 2013.4.

□ 소프트웨어 조기교육 체계 마련

- 인더스트리 4.0를 구현하는 핵심 언어이자 부가가치의 원천으로써 어렸을 때 부터 컴퓨터 프로그래밍에 친숙한 환경을 마련하는 것이 중요
 - 오바마 대통령은 미국의 중장기적 경쟁력을 위해 코딩 조기교육이 필요함을 역설했고, 빌게이츠 등도 어렸을 때부터 독서하는 습관처럼 코딩 습관을 길러야 한다고 주장
 - 영국은 초중고 필수과목에 컴퓨터과학(CS)을 포함, 기존 컴퓨터 활용교육을 뛰어넘어 학생들이 컴퓨터 언어를 사용해 SW를 만드는 '코딩 교육'으로 전면 개편(한국경제, 2014)

- ICT 분야에 국한된 교육에서 탈피해 첨단 제조 기술 융합형 인재 육성 시스템 구축
 - 자동화·지능화·로봇화 등 선진국 제조 기술의 발전과 제조혁명에 대한 대응력 강화가 시급
 - 디자인, 3D 프린터, 디지털 제작, 센서와 자동화, 로봇과 같은 첨단기술을 보유한 인력의 공급이 중요해졌기 때문에 이를 육성할 수 있는 시스템 구축(STEPI, 2014)

2. 기술 교류 및 산학연관 협력 구심점 필요

□ 독일 인공지능센터(DFKI)처럼 제조업의 창조경제를 이끌 리더기관 선정

- 독일의 인더스트리 4.0은 정부의 전폭적 지원과 인공지능센터의 리더십을 통해 산재돼 있는 요소기술을 종합하고 협업을 이끌어내면서 효율적으로 추진되는 중
 - ※ DFKI(Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz) : 인공지능 기반의 혁신적인 SW기술연구소로 세계에서 가장 큰 비영리 연구기관 중 하나(주주로 MS, SAP, BMW 등이 있음, 1988년 설립)이며, 독일 인더스트리 4.0 전략의 청사진 제시
- 반면 많은 국가에서는 개별 기술들이 구심점이 없이 연구 개발되고 있기 때문에 추진력과 효율성이 상대적으로 떨어짐
 - 이미 센서기술, 인공지능, 보안기술, 빅데이터, 3D프린팅, 인지기능, 소프트웨어 등은 많은 국가의 대부분의 기업에서 연구·개발되고 있음
- 구호에 그치는 제조업 창조경제가 아니라 독일처럼 구체적인 리더기관 및 협업 기관을 선정하여 정부 지원 하에 강하게 추진하는 것이 필요

〈 독일의 스마트 팩토리 구축 산학연 협력 모델 〉



자료 : 포스코 경영연구소, '인더스트리 4.0, 독일의 미래 제조업 청사진-ICT와 제조업 융합 지향', 2014.

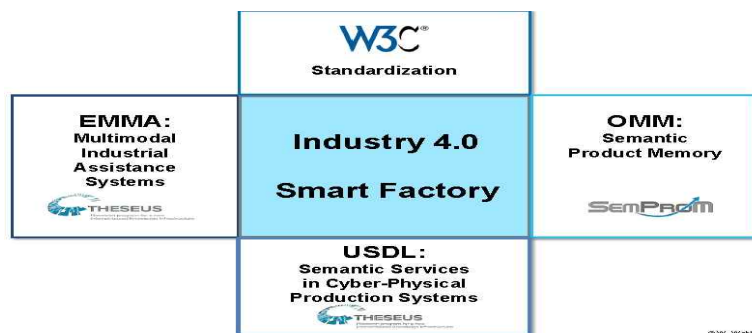
□ 표준화 경쟁에서 중요한 위치를 선점하기 위한 전략 구상

- 인더스트리 4.0 구현의 당면과제는 다수의 생산기기와 인터넷 연계를 위한 표준화
 - 개별 생산기기와 설비가 첨단 수준의 독자 제어 기능이 있어도 상호소통을 위한 방식이 통일되어 있지 않으면 유기적 생산체계 구축이 불가능
 - 실용적인 제품·기술의 표준과 생산 표준의 개발을 위해서는 개발 단계에서부터 정부의 조정 능력을 발휘하고, 산업계와의 협력을 꾀하는 것이 중요
- ※ 독일은 혁신적 기업 간 협력으로 산업 생산의 글로벌 표준화를 이루고자 노력한다(랄프 래식)

- 독일은 이미 제조업 창조경제 프로젝트에서 다양한 표준화 작업을 진행 중
 - 사물인터넷 통신 표준과 스마트 메모리, 생산기기 연결 소켓의 표준화를 통한 'Plug and Produce'를 추구
 - 스마트 팩토리 프로젝트에서도 국가가 산학연의 적극적 참여를 유도해 표준화 작업 진행
 - 독일이 글로벌 표준을 선점할 경우, 한국을 포함한 많은 후발국가 및 기업들이 다시 독일의 기술에 끌려갈 수밖에 없기 때문에 대비 필요
- ※ 독일이 산업계에서 존재감을 드러내는 것은 '표준화'에 뛰어나기 때문임. PLC 프로그램 언어의 국제 표준인 IEC 61131-3(PLCopen)은 독일 솔루션이 주류를 이룸

- 한국은 중장기적 관점에서 독일 스마트 팩토리 프로젝트, 세계 사물인터넷 포럼 등에 참여해 표준화 의견 개진과 동향 파악, 기술교류에 적극적인 견지가 필요
 - ICT와 제조업의 융합이 필수인 인더스트리 4.0 구상에서, ICT에 강점이 있는 한국과 제조업에 강점이 있는 독일과의 협업모델 구축과 글로벌 시장 선점도 가능

< 독일 인더스트리 4.0 표준화 프로젝트 구조 >



자료 : 독일 인공지능연구소, 'Industry4.0 : The semantic product memory as a basis for CPPS', 2013.

3. 대중소 기업 간 상생모델 구축

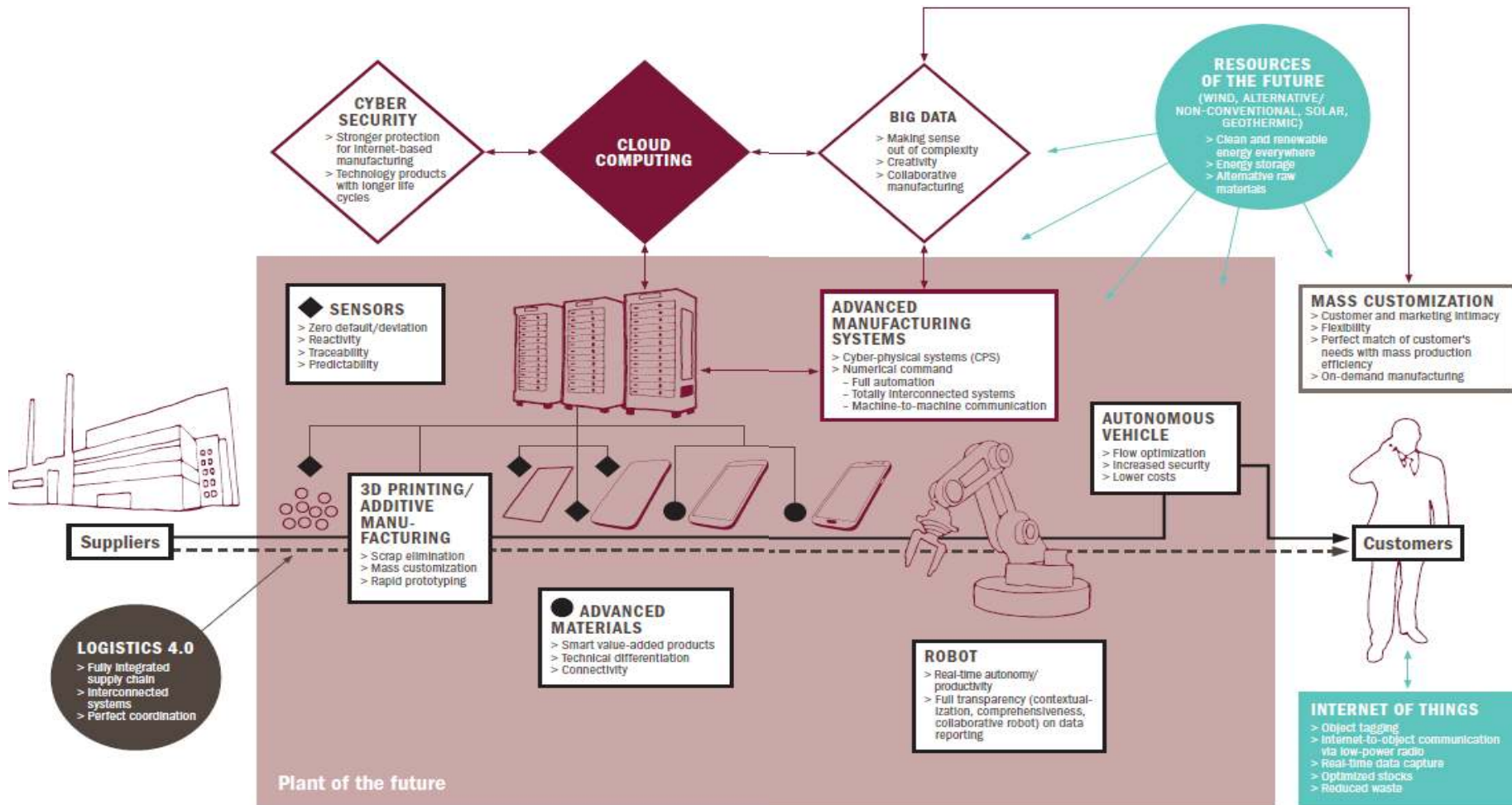
□ End-to-End 엔지니어링을 위해 대중소 협력업체간의 파트너십 구축

- 재고 관리의 효율화와 물류·유통의 혁신을 위해 RFID 사업을 활발하게 추진했으나, 공정 및 공급망 전체에 걸친 End-to-End 적용을 하지 못함
 - 특정 기업의 일부 생산품이나 물류 과정에만 RFID를 적용하고, 밸류체인 전체에 적용이 어려운 경우가 많아서 효과가 반감하는 경우가 발생
 - 대부분의 중소 유통 및 가공업체가 설치나 유지비용의 부담 때문에 참여하지 않으면서 완전하게 확대·적용도 되지 않고, 물류혁신의 속도도 지연
 - 비교적 투자가 쉬운 대기업이 자사 제품의 생산과 관리 유통에 RFID 기술을 적용해도 수많은 중소 협력업체들이 참여하지 못하면 성과는 반감되기 마련
 - ※ 포스코는 RFID로 입출고와 검수 절차를 자동화하고 유통·가공업체와 협업체계를 구축했으나, 중소기업의 비용 부담으로 확산하지 못하고 포스코의 물류혁신 속도도 지연
 - ※ 현대기아차가 RFID를 통해 통합 SCM 자재관리 체제를 구축한 사업도 50% 이상의 중소 협력업체들이 참여하지 못하면서 아직 충분한 성과를 발현하지 못하는 상황
- 제조업의 지속가능한 성장을 위해서는 대기업과 협력업체간 공존 생태계 필요
 - 스마트 팩토리 같은 거대한 최적화 시스템 구축을 위해서는 공정부터 공급망까지의 지능화가 필요하고, 이를 위해서는 대중소 기업간 협업체계 구축이 필수
 - ※ 독일·스위스 중견기업은 협력업체를 의사결정 과정에 참여시키고, 팀으로 간주해 협업(머니투데이)
 - 센서 개발, 기업 간 통합관리시스템 공유 등 제조 생태계 IoT 확산사업과 함께

< 제조 생태계 IoT 확산 사업(사례) >



< 인더스트리 4.0의 팩토리 4.0 >



자료 : Roland Berger Strategy Consultants, 'INDUSTRY 4.0 : The new industrial revolution How Europe will succeed', 2014.3.



참고 자료

- [1] 가트너(www.gartner.com)
- [2] 나이키사 홈페이지(www.nike.com)
- [3] 독일 인공지능연구소 홈페이지(www.dfki.de)
- [4] 독일 인공지능연구소(2013), Cyber-Physical System in Factory Automation
- [5] 독일 인공지능연구소(2013), Industry4.0 : The semantic product memory as a basis for CPPS
- [6] 딜로이트(www.deloitteconsulting.co.kr)
- [7] 박형근(2014), 인더스트리 4.0, 독일의 미래제조업 청사진, 「LG CNS 발표자료」
- [8] 벨류에드(2010), 국내 센서기업 실태조사
- [9] 사이버물리시스템협회 홈페이지(www.cyberphysicalsystems.org)
- [10] 연합뉴스(2013), 구글, 개방형 하드웨어 ‘아라’로 삼성, 애플 압박, 2013.10.30일자
- [11] 월드뱅크(www.worldbank.org)
- [12] 유엔 인구통계국(www.un.org)
- [13] 지디넷코리아(2014), 지멘스, 스타트업 투자펀드 1억 달러 장전, 2014.2.18일자
- [14] 지식경제부(2009), RFID/GPS 기반 물류혁신 추진 방안
- [15] 초코마이즈 홈페이지(www.chocomize.com)
- [16] 크리스앤더슨, 롱테일경제학(2006) 및 메이커(2013)
- [17] 포스코(2010), 스마트 팩토리 구축방안, 내부 보고서
- [18] 포스코경영연구소(2014), 인더스트리 4.0, 독일의 미래제조업 청사진-ICT와 제조업 융합 지향
- [19] 한국과학기술기획평가원(2013), 센서사업 고도화를 위한 첨단센서 육성사업, 2013년도 예비 타당성 조사 보고서
- [20] 한국경제(2014), 한국만 손 놓은 SW 조기교육, 2014.3.30.일자
- [21] 한국은행(2014), 2010년 기준년 산업연관표 작성 결과

- [22] 현대경제연구원(2014), 독일의 창조경제 : 인더스트리 4.0의 내용과 시사점
- [23] 현대경제연구원(2014), 제조업을 업그레이드하자, 마일·독 제조업 R&D 정책 동향 및 시사점
- [24] 과학기술정책연구원(2014), 선진국 진입에 따른 제조업 일자리 감소 현상 및 대응 방안, STEPI INSIGHT, 제134호, 2014. 1. 15.
- [25] 한국능률협회컨설팅(2013), 제조업, ICT로 다시 날다, 월간 CHIEF EXECUTIVE, 2013년 10월호
- [26] IDA 세미나 자료(2013)
- [27] Industrie4.0 Working Group Final report, 'Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0', 2013.4.
- [28] RolandBerger Strategy Consultants(2014), Industrie4.0(The new industrial revolution How Europe will succeed)
- [29] 관련 웹사이트(Accessed : 2014-04~06)
- http://www.ida.liu.se/ida30/program/Wolfgang_Wahlster-IDA30-20130924-Industrie_4_0_Active_Semantic_Memories_for_Smart_Factories.pdf
 - http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf
 - <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20101115/354117/>
 - http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1404/04/news014_3.html
 - <http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1404/04/news014.html>
 - http://www.hannovermesse.co.jp/news/CeBIT/2014/Release_CeBIT2014_ APR2014_3.pdf
 - http://www.nict.go.jp/int_affairs/int/4otfsk000000osbq-att/re130328.pdf
 - http://www.rolandberger.com/media/publications/2014-04-02-rb-sc-pub-IND USTRY_4_0_The_new_industrial_revolution.html
 - http://www.rolandberger.co.jp/news/2014-04-21-Press_Release_20140424.html
 - http://young-germany.jp/article_954
 - http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK2302G_T20C14A1000000/
 - <http://ameblo.jp/aqv04719/entry-11824692191.html>
- [30] 위키피디아 및 한경 경제용어 사전, 각 일간지 관련 기사 등 참조

IT & Future Strategy 보고서

- 제1호(2014. 4. 29), 「LOD 기반의 데이터 관리 패러다임 전환 전략」

- 제2호(2014. 5. 30), 「인더스트리 4.0과 제조업 창조경제 전략」

-

-

-

-

1. 본 보고서는 정보통신진흥기금으로 수행한 정보통신·방송 연구개발 사업의 결과물이므로, 내용을 발표할 때는 반드시 미래창조과학부 정보통신·방송 연구개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
2. 본 보고서 내용의 무단전재를 금하며, 가공·인용할 때는 반드시 출처를 「한국정보화진흥원」이라고 밝혀 주시기 바랍니다.
3. 본 보고서의 내용은 한국정보화진흥원(NIA)의 공식 견해와 다를 수 있습니다.