

2014.08.26 (제3호)
ICT 융합 Issue Report

인더스트리 4.0

한순흥, 조현수, 박흥석, 노상도
김 은

인더스트리 4.0

ICT 융합 Issue Report

2014.08.26 (제3호)

1. 인더스트리 4.0과 리쇼어링 그리고 모노즈쿠리

2. 제품과 제조의 통합을 통한 새로운 제조

패러다임: 인더스트리 4.0

3. 제조를 위한 인더스트리 4.0

4. 제조 최적화를 위한 인더스트리 4.0 실행 전략

[부록] 제조업의 산업 입지로서 독일의 미래를 보장할 미래

프로젝트인 인더스트리 4.0으로의 전환 권유 -

인더스트리 4.0 작업반 결과보고서 요약문 번역본

한순흥, 조현수, 박홍석, 노상도

김 은

(사) 한국ICT융합네트워크(가칭)

본 연구결과는 미래창조과학부의 지원 하에 2014년에 수행되는 "창조경제 실현을 위한 ICT 융합산업 경쟁력 강화정책 연구"로 수행되는 연구결과물 가운데 일부입니다. 본 연구결과물은 다음 URL에서 확인할 수 있습니다:
(<http://blog.naver.com/eunkim5512> → 연구보고서 → ICT 융합)

발간사

이번 이슈리포트는 인더스트리 4.0에 대해 2014년 5월에 개최된 ICT융합정책네트워크 조찬토론회에서 발표된 내용과 6월에 개최된 워크숍에서 다룬 내용을 기반으로 발간되었다. ICT융합정책네트워크는 2013년 5월에 결성되어 2014년 8월 현재 매월 한 번씩 개최되고 있다.

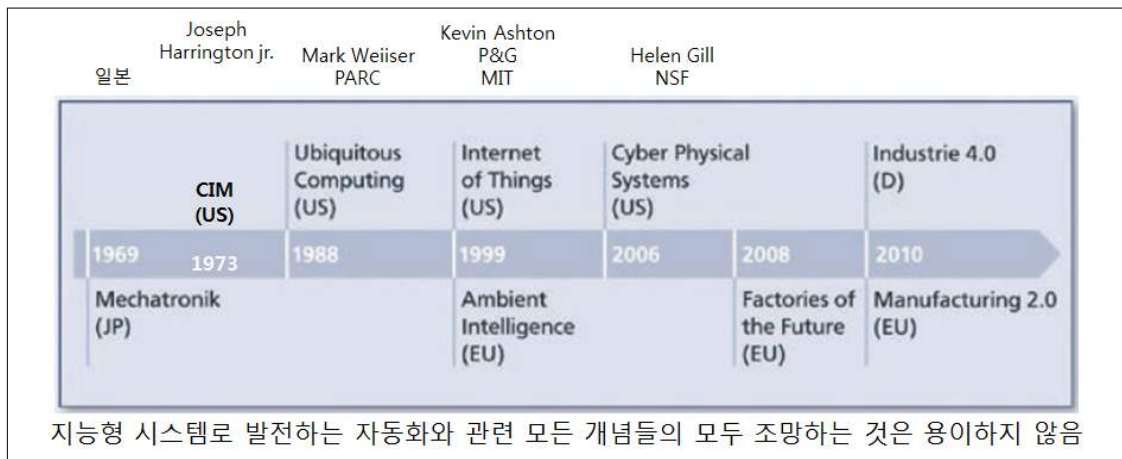
인더스트리 4.0은 제조업이 발달한 독일에서 제4차 산업혁명이라고 주장하며 추진하고 있는 새로운 사상이다. 국내에서는 ICT융합정책네트워크 조찬 모임 및 최근에 개최되는 다양한 행사에서 볼 수 있는 바와 같이 제조업을 주력 산업으로 하고 있는 우리나라에서도 많은 사람들이 관심을 가지고 있다.

이와 관련하여 근래에 국내에서 제조업 혁신 3.0, 스마트 공장 등이 시도되고 있다. 그러나 그 핵심 내용은 2035년까지의 로드맵을 그리며 단계적으로 구현하고자 하는 독일의 인더스트리 4.0과는 거리가 있어 보인다. 이러한 차이를 명확하게 하고 독일에서 추진되고 있는 인더스트리 4.0의 내용을 가능하면 정확하게 소개하기 위해 본 이슈리포트는 기획되었다.

본 이슈리포트에서 한순흥교수 원고는 ICT융합정책네트워크 5월에 조찬토론회에서 발표한 내용을 기반으로 작성되고, 박홍석교수는 5월에 독일에서 개최된 인더스트리 4.0 세미나 및 워크숍에서 확보한 자료를 기반으로 ICT융합네트워크 워크숍에서 6월에 발표한 내용을 기반으로 원고를 작성하였으나 Siemens의 조현수팀장과 성균관대학교의 노상도교수는 이슈리포트 작성 과정에서 참여하여 원고를 작성해 주셨다.

본 이슈리포트는 기획에서부터 원고 요청 및 원고 최종 마무리까지 한순흥교수께서 수고를 해주셨다. 이 자리를 빌려 한순흥교수님 및 조현수 팀장님, 박홍석교수님, 노상도교수님께 다시 한번 감사드린다.

본 이슈리포트의 마지막에는 인더스트리 4.0 작업반 결과보고서 (Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern **Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0** 제조업의 산업 입지로서 독일의 미래를 보장할 미래 프로젝트인 인더스트리 4.0으로의 전환 권유) 요약문의 번역본을 실었다.

[그림] 인더스트리 4.0 관련 개념의 역사¹⁾

인더스트리 4.0에서 추구하는 모습은 [그림]에서 볼 수 있는 바와 같이 이미 오래 전부터 논의되고 있으며 모두 새로운 내용은 아니지만 인더스트리 4.0이라는 신조어 아래 새로운 사상을 정립하는 과정에서 많은 새로운 개념들을 내포하고 있다. 이렇게 새롭게 정립된 개념은 인더스트리 4.0 작업반 결과보고서가 영문으로도 발간되었으나 일반인이 이해하거나 번역을 하기도 쉽지 않아 요약문이나 번역하여 본 이슈레포트에 삽입하였다. 본 번역본은 독일어 원본을 기반으로 하였으나 개념이 명확치 않은 부분이나 오해의 소지가 있는 내용은 영문으로 번역된 작업반 결과보고서²⁾도 참고하였다. 그리고 부분적으로 이해가 어려운 내용의 번역에 대해서는 서울대학교 박진우교수님 및 KAIST의 한순흥교수님께서 도와주셨다.

아무쪼록 독일에서 제조업의 경쟁력 강화를 위해 새롭게 추진되고 있는 인더스트리 4.0에 대한 내용을 가능하면 정확하게 이해하고 우리의 상황에 맞도록 활용하여 우리도 제조업의 경쟁력을 한층 강화할 수 있기를 기대해본다.

(사) 한국ICT융합네트워크 (가칭)
준비위원장 김은

1) 출처: Jasperneite, 2012, 25 in 12/12 <http://www.computer-automation.de/> & Harrington, J., New York, 1973
2) Securing the future of German manufacturing industry - Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0

인더스트리 4.0 이슈리포트를 발간하며

ICT 융합 이슈리포트 이번 호는 인더스트리 4.0 이라는 주제를 다루고 있다. 지난 2014년 5월 27일에 개최되었던 2014년 제4회 ICT융합정책네트워크 조찬토론회의 주제였던 [ICT 융합과 인더스트리 4.0]에서 발표내용의 일부를 바탕으로 정리한 내용이다.

이슈 리포트 내용은 서로 다른 4명의 전문가가 각자의 관점에서 본 인더스트리 4.0을 모아 놓은 것이다. 서로 상대방 전문가들의 원고를 교환하여 읽기는 하였지만, 전체를 한 개의 틀로 묶으려는 시도는 없었다는 것을 밝힌다. 인더스트리 4.0 독일 정부의 제조 혁신 정책으로서 실현 방법이나 기술 개발 내용이 계속 발전 중에 있기 때문에, 다양한 관점이 존재한다는 것을 독자들에게서 보시기 바란다. 장님 코끼리 만지듯이 아직 인더스트리 4.0 개념의 부분 부분이 전문가의 경험과 관점에 따라 정리된 것이며, 일부 중복된 부분도 나타나겠지만, 같은 주제가 다른 관점에서 어떻게 관찰되고 있는지 보시기 바란다.

KAIST의 한순흥 교수가 정리한 내용은, 독일의 인더스트리 4.0을 미국의 리쇼어링, 일본의 모노즈쿠리와 대비하여 정리하였으며, 이를 한국의 창조경제에 어떻게 연결할 것인지 검토한 내용이다. 인더스트리 4.0을 뒷받침하는 기술로는 사이버 물리 시스템 (CPS: Cyber-Physical System)과 사물인터넷 (IoT: internet of things)을 소개하고 있다.

지멘스 코리아의 조현수 상무가 정리한 내용은, 인더스트리 4.0의 배경을 소개하고, SIEMENS의 인더스트리 4.0 전략의 핵심 개념인 Product Engineering과 Production Engineering 간의 통합, 그리고 Hardware와 Software 간의 결합에 대해 소개하고 있다.

울산대의 박홍석 교수가 소개한 내용은, 제조에서 인더스트리 4.0의 역할을 시작으로, 인더스트리 4.0을 구성하는 핵심 요소기술들로 가상화 및 연결화 (Virtualization and Cross-linking), 자율 최적화 (Self-optimization), 인지 에이전트 기술 (Cognitive Agent Technology)의 세가지를 소개하면서, 울산대에서 이들 기술들을 구현했던 사례들을 소개하고 있다.

성균관대의 노상도 교수가 소개한 내용은, 제조 최적화를 위한 인더스트리 4.0의 실행 전략으로 지능형 공장(Smart Factory)을 소개하고 있다. 지능형 공장을 뒷받침하는 기술들로 사물인터넷(IoT)과 CPS가 소개 되었으며, 지능형 공장을 구성하는 세부분인, 실물공장(Real Factory), 가상공장(Virtual Factory), 서비스 지향 개방형 네트워크와 표준을 설명하였다. 인더스트리 4.0의 적용 사례로 독일 Infineon사의 반도체 생산라인의 에너지 절감을 소개하고 있다.

한순흥 (KAIST)

1. 인더스트리 4.0과 리쇼어링 그리고 모노즈쿠리	1
1.1 개요	
1.2 인더스트리 4.0의 기반	
1.2.1 독일 제조업의 재강화	
1.2.2 사물인터넷 (IoT: Internet of Things)	
1.3 미국의 리쇼어링	
1.4 일본의 모노즈쿠리	
1.5 창조경제에 시사점	
2. 제품과 제조의 통합을 통한 새로운 제조 패러다임: 인더스트리 4.0	9
2.1 인더스트리 4.0의 배경 및 글로벌 현황	
2.2 독일 대표 기업 SIEMENS의 인더스트리 4.0 전략	
2.2.1 Product Engineering과 Production Engineering 간의 통합	
2.2.2 Hardware와 Software 간의 결합	
2.3 인더스트리 4.0 대응을 위한 현 단계 준비 전략	
2.4 결론	
3. 제조를 위한 인더스트리 4.0 (Industry 4.0 for Manufacturing)	14
3.1 전망 (Perspective)	
3.2 제조에서 인더스트리 4.0의 역할 (Role of Industry 4.0 in Manufacturing)	
3.3 인더스트리 4.0 핵심 요소기술들	
3.3.1 가상화 및 연결화 (Virtualization and Cross-linking)	
3.3.2 자율 최적화 (Self-Optimization)	
3.3.3 인지 에이전트 기술 (Cognitive Agent Technology)	
3.4 결론 (Conclusion)	
4. 제조 최적화를 위한 인더스트리 4.0 실행 전략	25
4.1 인더스트리 4.0과 제조 최적화	
4.2 Cyber Physical System in Industry 4.0	
4.2.1 Cyber Physical System in Products	
4.2.2 Cyber Physical System in Manufacturing	
4.3 Smart Factory in Industry 4.0	
4.4 제조 최적화를 위한 인더스트리 4.0 적용 사례: 에너지 절감을 위한 Smart Factory	
[부록] 제조업의 산업 입지로서 독일의 미래를 보장할 미래 프로젝트인 인더스트리 4.0으로의 전환 권유 - 인더스트리 4.0 작업반 결과보고서 요약문 번역본	33

1. 인더스트리 4.0과 리쇼어링 그리고 모노즈쿠리

한순흥 (KAIST)

1.1 개요

한국은 일본과 유사한 산업구조와 인구구조를 가지고 있어 일본의 ‘잃어버린 10년’에 해당하는 어려운 시기에 이미 도달하여 있을 것으로 판단되지만, 상대적으로 어려움을 덜 느끼고 있다. 그것은 아마 중국 효과 덕분에 일본만큼 침체를 못 느끼고 있는 것이 아닐까? 이런 상황이 앞으로 계속되면 장기적으로 한국에게 유리한 것일까 아니면 독이 되는 것일까?

제조업이 일자리 창출에 중요하다는 점을 인식한 선진국들은 중국으로 몰린 전 세계의 제조업을 본국으로 다시 가져오려는 노력들을 하고 있다. 제조업 공동화로 알려진 이러한 현상을 극복하기 위해 독일에서 전통적인 제조 강국의 지위를 유지하거나 재현하려는 노력이 인더스트리 4.0 이다. 특히, 독일이 가지고 있는 최고의 제조 기술과 강력한 ICT 응용기술을 결합하여 제조 강국 독일을 지키려는 노력이다.

미국은 독일처럼 범국가적인 움직임 이라기보다는 몇 가지 움직임으로 나뉘어 관찰된다. 오프 쇼어링(off-shoring)의 반대 뜻으로 리쇼어링(re-shoring)이라는 용어를 사용하고 있으며, 이는 주로 세제나 금융 측면에서 접근하고 있고, 한편으로는 Smart manufacturing 이라는 용어가 사용되고 있으며, 백악관이 직접 추진하는 Institutes for Manufacturing Innovation도 관찰된다.

일본은 1980년대에 전 세계의 주목을 받으며 뉴욕의 부동산을 모두 사들이고, 미국의 헐리우드 영화산업, 즉 콘텐츠 산업까지 장악하여 가다가, 버블 붕괴 이후에 잃어버린 10년이라는 침체기를 겪었으며, 그 침체가 연장되어 지금은 잃어버린 20년이라는 용어도 사용되고 있다. 그 동안 모노즈쿠리라는 일본의 전통 제조기술을 현대화한 제조 부활 프로그램을 정부 주도로 진행해 왔으며, 이제 아베노믹스를 통하여 침체 경제에서 탈출하려는 모습이 보이고 있다.

한국도 제조업 공동화에 적극 대처하지 못하면 일본과 중국 사이에서 샌드위치 신세에 직면할 수 있으며, 추가로 미국과 독일의 제조업 재무장까지 실현된다면 더욱 어려운 상황에 직면할 수 있다. 따라서 한국은 이들 국가들의 움직임을 벤치마킹하여 우리의 제조업 국제 경쟁력이 뒤떨어지지 않도록 계속 담금질해야 하며, 특히 고령화 사회 등 인구 산업 구조가 비슷한 일본의 잃어버린 20년 동안에 찾아낸 노하우를 벤치마킹해야 할 것으로 판단된다.

일본의 모노즈쿠리 추진 배경이 된 제조업의 어려움은 한국의 경우와 유사하므로 여기에 정리해 보면, 젊은 층들의 중소기업 기피 현상, 전후 베이붐 세대의 대량 퇴직, 출산율 저하, 고령화 문제 (일본의 단카이 세대와 한국의 전후 베이비붐 세대는 약 8년 차이), 해외현지 공장 이전 등 제조업 공동화 현상, 중소기업들의 기술개발 부진, 인프라·숙련노동자 등 아웃소싱의 공백으로 인한 것이다.

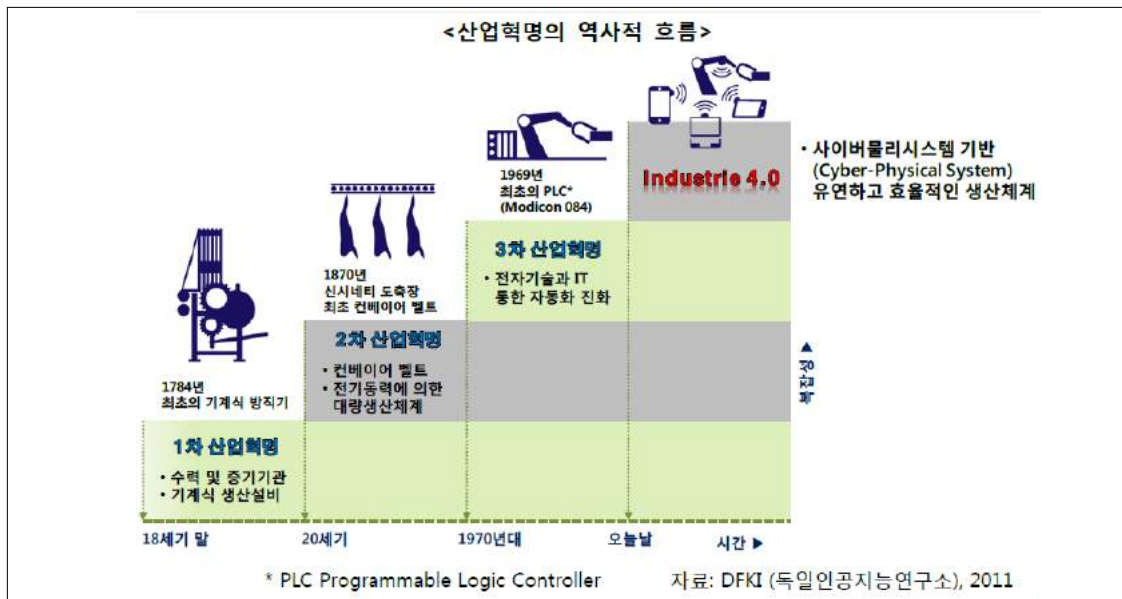
[표 1-1]은 독일의 인더스트리 4.0와 기반 기술인 CPS, 미국의 리쇼어링, 일본의 모노즈쿠리, 창조경제를 그 추진 주체와 핵심기술, 시작 시기를 비교한 표이다.

	Cyber Physical System	Re-shoring (Offshoring)	모노즈쿠리	Industry 4.0	창조경제
국가	미국	미국	일본	독일	한국
주도 기관	US National Science Foundation (NSF)	제조업체연합 (MAPI), White House	경제산업성, 동경대 모노즈쿠리 경영연구센터	정부, acatech	정부
핵심 기술	통신, 센서, 액추에이터, 물리 시스템	Manufacturing hubs, 3D printing	경영철학, 인재육성, 기반 기술 고도화	CPS, RFID, 3D 프린팅	창의성, 과학기술, ICT, RFID, LTE, 스마트폰
목표	운송, 전력망, 산업 자동화, 의료 헬스케어, 국방	생산시설 이전 American domestic manufacturing	경기부활에 원동력인 중소기업 육성	중소기업 창업 활성화	일자리와 시장 창출
시작 시기	2006	2010 (2000)	2000	2011	2013

[표 1-1] 인더스트리 4.0, 리쇼어링, 모노즈쿠리, 창조경제 비교표

1.2 인더스트리 4.0의 기반

독일은 ICT와 제조업이 융합되면서 세계 역사에 제4차 산업혁명이 일어나고 있다고 주장하면서 ([그림 1-1] 참조), 독일 정부가 앞장서서 대대적으로 연구개발과 현장적용에 노력하고 있다.



[그림 1-1] 산업혁명의 4 차례 물결 [3]

1.2.1 독일 제조업의 재강화



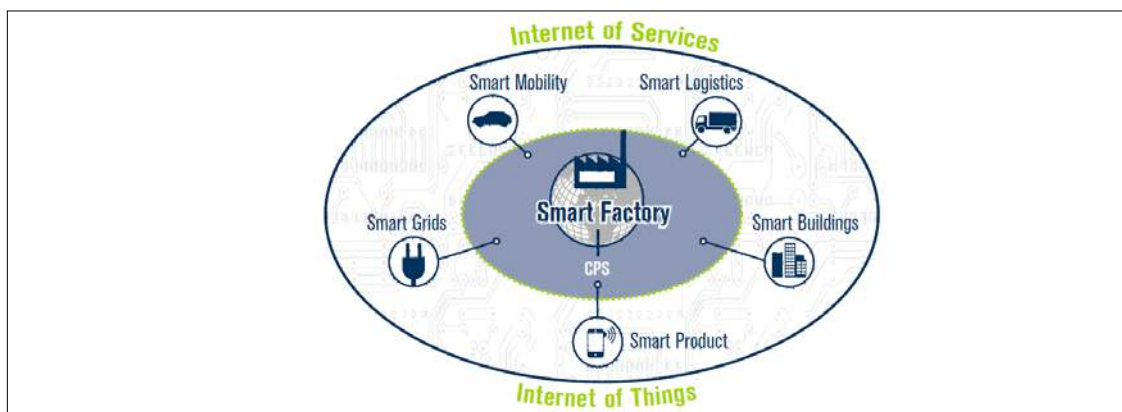
[그림 1-2] 독일의 인더스트리 4.0 추진배경과 주요 강점 [3]

[그림 1-2]는 독일 제조업의 재강화를 위한 인더스트리 4.0의 추진배경과 독일 제조업이 가지고 있는 주요 강점들을 보여주며, 이를 통해 독일의 제조업 경쟁력을 세계 최고 수준으로 유지하겠다는 전략을 보여 준다.

1.2.2 사물인터넷 (IoT: Internet of Things)

사물인터넷도 그 자체로 큰 분야이지만 여기서는 인더스트리 4.0의 구성요소로 소개한다. 기존의 제품들에는 이미 많은 아날로그 센서들이 장착되어 사용되고 있다. 예를 들어 자동차에는 속도계, 엔진회전수(RPM), 개솔린 주유량을 보여주는 계기판이 사용되고 있다. 만일 이들 아날로그 센서 정보가 디지털 정보로 변환되고, 인터넷 등의 통신망을 통해 연결되어 활용된다면, 다양한 스마트 서비스를 제공할 수 있다.

[그림 1-3]은 사물인터넷과 서비스인터넷을 기반으로 한 스마트 팩토리의 구성 체계를 보여준다. 지능형 공장은 인더스트리 4.0의 핵심 결과물의 하나이며 지능형 공장을 구성하는데 사이버 물리 시스템(CPS)과 사물인터넷이 요소로 포함되는 모습이 보인다.



[그림 1-3] 사물인터넷과 서비스인터넷을 기반으로 한 스마트 팩토리의 구성 [10]

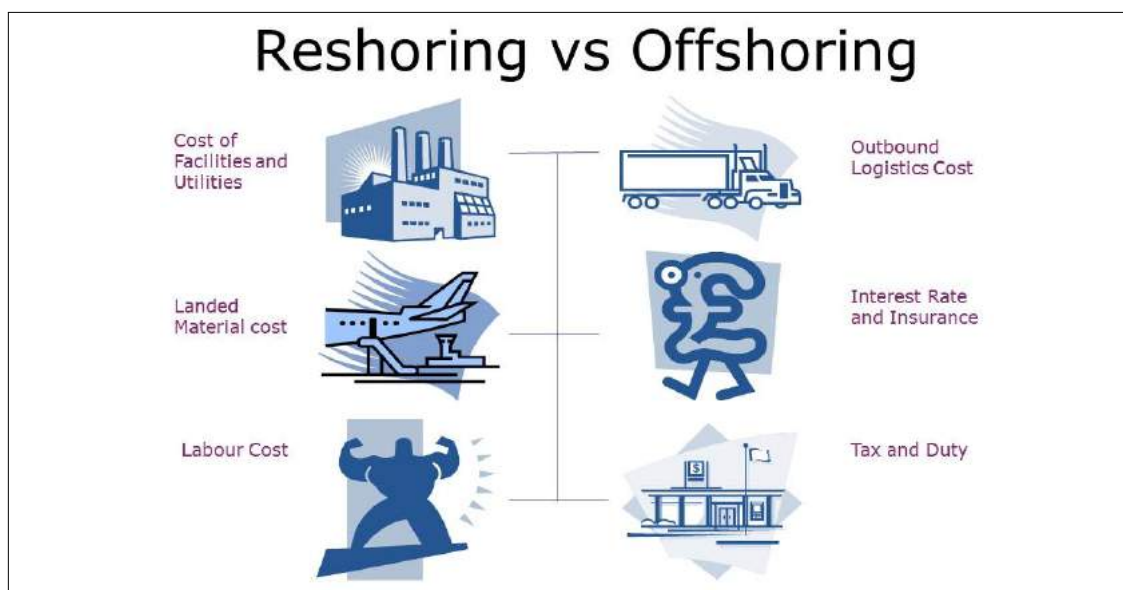
한국에서도 기기 간 통신을 활용한 사물인터넷 서비스가 나타나고 있는데, 예를 들면, 쓰레기 수거함에도 전화번호를 부여하여, 음식물 쓰레기 종량제를 관제하는데 사용하고 있다. 관제장치는 이동통신망과 연결되어, 위험 물질이나 축산물의 관리에도 사용되어 조류인플루엔자 확산을 방지하는 데에도 활용이 가능하다.

자동차 블랙박스에 통신모듈이 추가된다면, 원격지에서 스마트폰으로 차량 주변의 영상을 확인하는 것이 가능하고, 전기요금의 원격검침, 전자발찌의 추적, 독거노인 돌보미 서비스, LTE 통신 모듈을 탑재한 CCTV 등 다양한 인터넷 서비스를 개발하는 것이 가능하다. 이 과정에 전화번호 숫자에 한계를 가져와, 정부에서는 무선폭출기(삐삐) 번호 '012'를 기기 간 통신에 부여하여 245만 회선을 추가로 확보하고 있다.

1.3 미국의 리쇼어링

미국 정부가 리먼브러더스 파산 이후, 금융위기로 침체에 빠진 경제를 되살리고자 선택한 돌파구는 제조업 부흥이다. 중국으로 대거 이동한 제조업을 중국에서 미국으로 생산시설을 이전하려는 전략이 리쇼어링이다.

중국 등 저임금을 기반으로 한 대량 생산에서 탈피하여 소비지와 근거리에서 소량 주문 생산하는 새로운 전략이다. 즉, 다품종 소량생산을 하는 첨단 제조업을 미국 내에 활성화 하려는 전략이다. 그런데 한 가지 문제점은 오프쇼어링 또는 아웃소싱의 결과로 나타난 산업 인프라와 숙련노동자 등 공백을 단시간에 메울 수 있을 것인가 하는 문제이다. 그림 1-4는 미국에서 추진중인 리쇼어링과 오프쇼어링의 차이점을 비교한 그림³⁾이다.



[그림 1-4] 미국의 리쇼어링과 오프쇼어링의 비교

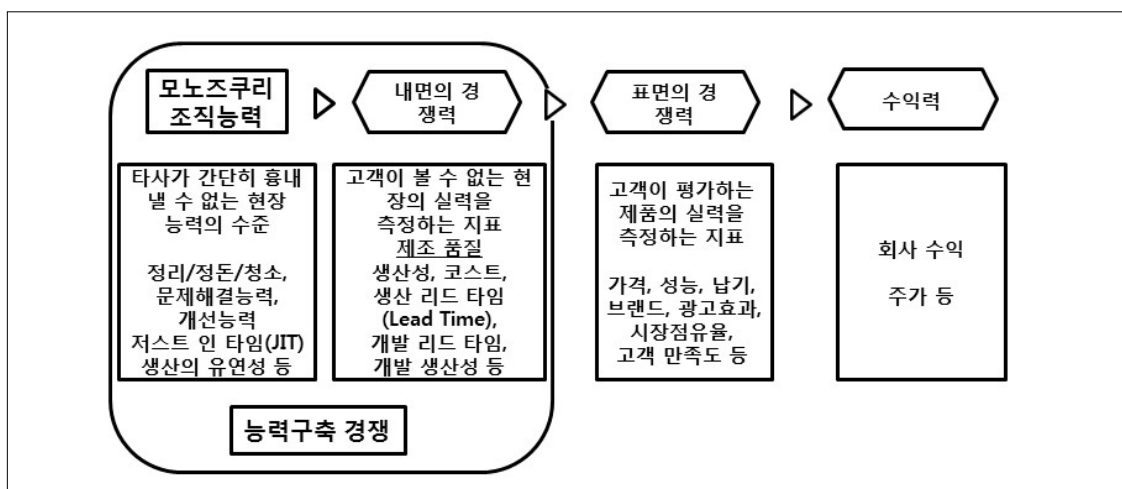
3) 출처 <http://www.iprosolutions.co.uk/reshoring-stick-to-the-facts>

1.4 일본의 모노즈쿠리

일본 정부는 2000년에 ‘모노즈쿠리 기반기술 진흥기본법’을 만들어 젊은 층의 중소기업 기피 현상을 극복하고 중소기업에서 기술개발을 통해 고부가가치의 제품 생산을 하는 것이 경기부활에 원동력인 중소기업을 강화하는 방법이라고 하였다.

일본 전통의 제조 혼이라고 불리우는 모노즈쿠리 정신을 살리고 정보통신(ICT)과 같은 신기술을 접목하면 일본 정신에 서양의 기술을 접목한다는 화혼양재(和魂洋才) 전통을 살리는 것으로 판단하고 있다. 따라서 제조업은 노동집약형 단순노동이 아닌, 고도의 정신적으로 높은 기술 활동이라는 인식을 심으려고 하였으며, 모노즈쿠리는 단순한 제조기술의 개발을 넘어 경영철학, 인재육성, 기반기술 고도화가 어우러진 종합적인 정책방향이다.

[그림 1-5]는 모노즈쿠리 조직능력의 단계를 보여준다. 조직능력이란 조직의 학습을 통해 만들어지는 조직문화와 같으며, 특히 일본의 자동차 산업에서 경쟁력의 기반이라고 얘기하고 있다. 이 조직능력은 경쟁국가에서 빠른 기간에 습득하기 어려운 경쟁력 기반이라고 보고 있으며, 이를 바탕으로 기업 내부의 경쟁력 요소인 제조 품질, 생산성, 리드 타임 등을 확보하고, 이를 기반으로 기업 외부로 비쳐지는 경쟁력 요소인 TQC (time, quality, cost)를 확보하여, 궁극적으로는 수익력을 확보한다는 흐름도이다.



[그림 1-5] 모노즈쿠리 조직능력의 단계 [9]

1.5 창조경제에 시사점

상해 뒷골목에는 여전히 지저분하고 낡은 중국 거리가 남아 있듯이 한국의 경제기술 발전도 세계의 첨단을 달리고 있는 삼성전자와 동시에 1960년대의 장비와 기술로 버티고 있는 중소기업들이 같이 존재한다. 청계천 뒷골목이 강남역 네거리처럼 현대적인 모습으로 탈바꿈 하듯이, 경쟁력 없는 중소기업들도 삼성전자처럼 새로운 기술과 경영 기법으로 탈바꿈하는 것이 필요하고, 이를 위해서 정부의 역할이 크다.

i-매뉴팩처링은 e-Business와 전자거래의 활성화에 따라 2000년경에 나타났던 e-매뉴팩처링의 한 단계 발전된 기술로, 생산기술연구원과 삼성전자 협력하여 개발한 제조혁신의 비전을 담고 있다.

i-매뉴팩처링의 3대 발전 목표는 (1) 전통 제조업의 IT화를 통한 디지털 제조역량 강화, (2) 지식기반의 협업적 제조를 통한 글로벌 경쟁력 강화, (3) 중소기업 기술력 강화를 통한 산업구조 선진화를 담고 있어, 인더스트리 4.0과 닮은 점이 많다.



[그림 1-6] 무인 헬기 드론이 찍은 야외 결혼식, LTE가 생중계

한국은 이를 위해 급속히 자리잡은 스마트폰과 LTE 고속무선망을 산업 경쟁력 강화에 활용하는 노력을 해야 한다. 지하철에서 모든 사람이 스마트폰으로 드라마나 스포츠를 관람하듯이 스마트폰을 업무나 자기 개발에 사용하게 된다면, 중소기업들도 세계적인 경쟁력을 갖추는 것은 시간 문제가 될 것이다. 마

침 선진국들은 고속망과 스마트폰 활용에 있어 한국에 비해 늦고 있으니, 이 차이를 잘 활용해야 하며, 한편으로는 더 빠르게 산업 정보화를 추진하고 있는 중국이나 저개발국들의 추격에도 대응이 필요하다.

[그림 1-6]은 무인 헬기 드론이 찍은 야외 결혼식 장면으로 LTE 기술이 결혼식을 스마트폰으로 생중계하고 있어 결혼식에 참석하지 못한 친지들이 원격지에서 스마트폰으로 결혼식에 참여가 가능하다. 한국은 이처럼 빠르게 자리잡은 정보통신 기술과 스마트폰 기술을 산업발전에 특히 중소기업의 국제경쟁력 강화에 활용하는 방법을 찾아야 할 것이다.

참고자료

1. 장운종, '창조경제와 ICT융합', ICT융합정책네트워크 조찬토론회, 2013-04-18
2. 이승훈 중기청 차장, '2005년 중소기업 정책방향', 2005-11
3. 박형근, 김영훈, POSRI 보고서, '인더스트리 4.0, 독일의 미래 제조업 청사진', 2014-02
4. udo.doebrich@siemens.com, Convenor IEC TC 65 WG16, 'Digital Factory and Industry 4.0 in the Context of the Internet of Things, Feb. 2014
5. 태문영, 연합인포맥스, '美 제조업의 부활 리쇼어링, 새로운 패러다임 되나', 2013-10
6. 김도훈, 한일산업기술협력재단 일본기업연구센터, '일본의 경제부활과 모노즈쿠리 중소기업', 아태연구 14권 2호, 2007년 11월
7. CPS (Cyber Physical System),
203.250.33.57/SySw/CPS%20(Cyber%20Physical%20System).pptx
8. 이석우, 한국생산기술연구원, '금형산업의 e-Manufacturing 현재와 미래', 2006-08
9. 모노즈쿠리 경영학, 후지모토 다카히로, 도쿄대학 제조업(모노즈쿠리) 경영 연구센터 (지은이), 고기영 (옮긴이), 대림인쇄, 2009-06-15
10. SMART SERVICE WELT - Recommendations for the Strategic Initiative Web-based Services for Businesses, Smart Service Welt Working Group, acatech - National Academy of Science and Engineering, Mar. 2014

2. 제품과 제조의 통합을 통한 새로운 제조 패러다임: 인더스트리 4.0

조현수 (지멘스 인더스트리 소프트웨어)

2.1 인더스트리 4.0의 배경 및 글로벌 현황

최근에 국내외적으로 제조업에 대한 관심이 재 부각되고 있다. 세계 최대의 제조업 국가의 위상을 중국에 넘겨준 미국, 전통적인 제조업 강국 독일, 일본 및 세계의 공장의 역할을 더욱 강화하기 위한 중국 등에서 각각 “스마트 매뉴팩처어링”, “인더스트리 4.0”, “이노베이션 25 이니셔티브”, “인텔리전트 매뉴팩처어링”라는 Theme을 가지고 국가 신성장 동력으로써의 제조업의 새로운 도약 또는 부흥을 모색하고 있다.

그 가운데 “인더스트리 4.0 (Industrie 4.0)”은 독일 정부가 추진하고 있는 개념으로 정보화 혁명으로 대변되는 3차 산업 혁명에 비견할 만한 획기적인 제조 환경과 프로세스의 변화를 추구한다는 측면에서 제4차 산업 혁명 수준의 혁신을 그 목표로 하고 있다.



[그림 2-1] 국내 제조 산업의 위상

이와 같이 범세계적으로 제조업에 대한 관심이 부각되는 이유는, 각국의 경제 성장 동력으로써의 재조명 측면뿐만 아니라, 오늘날 현재 이미 70억이 넘어 계속 빠르게 증가하고 있는 세계 인구를 고려할 때, 한정된 자원(물,

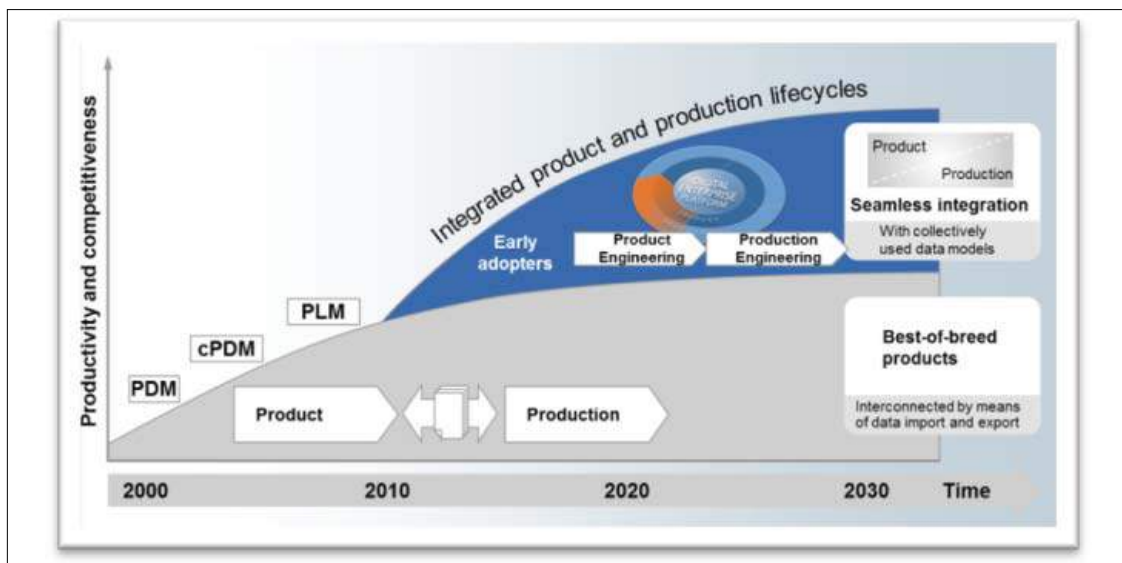
에너지, 재료 등)을 좀 더 효율적으로 활용/소비하는 제조 프로세스의 혁신이 필요하다는 측면도 있다고 할 수 있다. 특히, 중국, 인도 등과 같은 거대 인구가 국가의 경제 성장에 따른 중산층의 소비 확산으로 자원 부족이 가속화될 수도 있다.

우리나라 역시 GDP에서 제조업이 차지하는 비중(2012년 기준 세계 2위; [그림 2-1] 참조), 제조업 중심의 수출 주도형 산업 구조, 부족한 천연 자원 등의 현실을 고려할 때, 독일의 인더스트리 4.0 으로 대변되는 제조 산업의 혁신은 충분히 참고할 만한 가치가 있다고 본다.

2.2 독일 대표 기업 SIEMENS의 인더스트리 4.0 전략

SIEMENS는 1847년에 설립된 유럽 최대의 엔지니어링 기업이다. 자동화 및 제어, 전력, 운송, 의료, 정보통신, 조명 등의 다양한 분야에서 독일 제조업의 대표 기업으로써, 단순히 인더스트리 4.0의 향후 도입 측면에서 뿐만 아니라, 인더스트리 4.0의 기반이 되는 다양한 자동화, 제어, 정보 통신 기술에 대한 기반 기술 및 표준을 정의/제공 한다는 입장에서 독일 정부가 추진하는 인더스트리 4.0 구현에 적극적으로 참여하고 있다.

2.2.1 Product Engineering과 Production Engineering 간의 통합

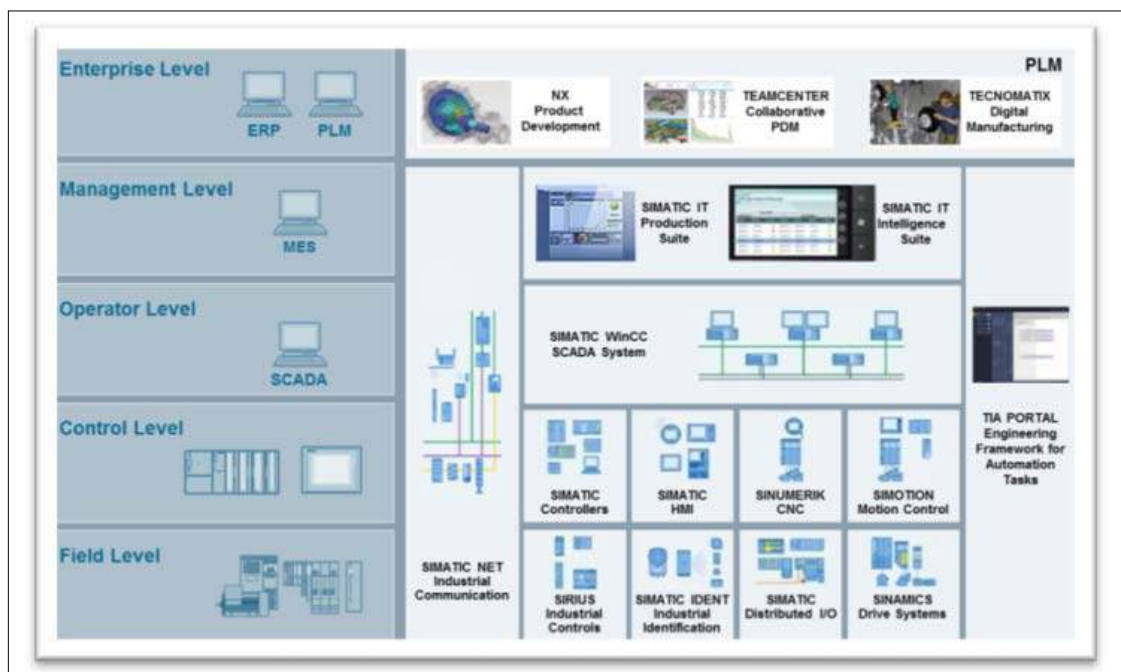


[그림 2-2] Integrated Product & Production Lifecycles

기본 개념인 자율 운영체제(Self-organization)을 보더라도, 인더스트리 4.0은 궁극적으로 제품(Product)과 제조(Production)의 통합이 필요하다. 이는 제품과 설비간의 커뮤니케이션 기술뿐만 아니라, PLM (Product Lifecycle Management)으로 대변되는 Product Engineering 환경과 PLC (Programmable Logic Controller), MES (Manufacturing Execution System), DM (Digital Manufacturing) 등을 포함한 Production Engineering 환경 간의 통합 IT 환경이 필요한데, 이런 통합 IT 환경을 제공하는 것이 SIEMENS의 인더스트리 4.0 관련 첫 번째 전략이다.

2.2.2 Hardware와 Software 간의 결합

인더스트리 4.0의 사이버 물리 시스템(CPS)은 사이버 세상과 물리적 세상의 결합 및 동기화를 기본 모델로 한다. 이를 위하여 실제 물리적 세상을 구성하는 Hardware와 이를 제어하는 Software간의 결합이 필수적이며, 이는 센서, 모터 등의 기초 부품 수준부터, 장비 컨트롤, 라인 오퍼레이션, 전사 생산 시스템 관리 수준까지의 유기적 통합을 요구하는데, 이것이 SIEMENS의 인더스트리 4.0과 관련한 또 하나의 주요 전략이다.



[그림 2-3] 자동화 관리 단계별 SIEMENS 제품 포트폴리오

2.3 인더스트리 4.0 대응을 위한 현 단계 준비 전략

전문가들 역시 인더스트리 4.0은 현재 비전 단계이며, 가시적인 현실화는 15~20년 후에 가능할 것으로 예상하고 있다. 그럼, 현재 시점에서 국내 기업들이 인더스트리 4.0 대응을 위하여 준비할 만한 전략은 무엇이 있을까?

먼저, Product Engineering 측면에서는 대다수 국내 기업들이 제품(Product) 자체에 대한 디지털화를 통하여 제품 기능 자체에 대한 설계 검증 및 시뮬레이션 환경은 구축하였다. 다만 아직까지도 제품 생산과 관련된 정보는 3D 모델 대신 2D 도면상에 표현하며, 이를 생산 담당자가 생산 현장에서 재해석하여 관련 생산 설비 및 프로세스를 결정하고 있다. 향후 인더스트리 4.0 단계에서는 제품의 Digital 모델이 제품의 생산과 관련된 정보도 포함하고 있어야하므로, 2D 도면 대신 3D 모델에 해당 정보를 최대한 포함하고 후 공정에서 활용하는 프로세스로 변화시키는 것이 1차적으로 현 단계에서 준비할 수 있는 부분이라 생각된다.

다음으로, Production Engineering 측면에서는 일부 기업에서 특정 제조 라인/공장에 대한 디지털화를 통한 Digital Manufacturing(DM)이 도입되어 생산 프로세스의 일부 영역에 시뮬레이션이 활용되고 있는데, 향후 인더스트리 4.0 시대에는 전체 제조 라인/공장뿐만 아니라 생산 관련 인프라에 대한 Digital 모델이 CPS 시스템 구현을 위한 필수 요소이다. 따라서, 관련 정보에 대한 Digital Model 생성 및 확보를 지금부터라도 점진적으로 준비하는 것이, 향후 Product와 Production을 연결하는 새로운 인더스트리 4.0 기술 및 솔루션들이 시장에 출시 시 이를 빠르게 도입/활용할 수 있는 콘텐츠 확보 측면에서 현 단계에서의 준비 전략이라 할 수 있겠다.

2.4 결론

많은 전문가들의 의견을 종합해 보면, 인더스트리 4.0은 현재 비전 단계이며, 크게 3가지 측면으로 요약될 수 있을 것이다. 첫째, 소프트웨어와 통신 네트워크를 통한 제품 개발, 제조/생산 및 서비스간의 긴밀한 커뮤니케이션, 둘째 생산 제품과 생산 설비/장비 간의 실시간 생산 관련 정보 교환, 그리고 마지막으로 기계 스스로의 자율적인 컨트롤 및 최적화이다.

전문가들 역시 가시적인 현실화는 15~20년 후가 될 것으로 예상하고 있지만, 인더스트리 4.0 환경이 한순간에 구축될 수 없으므로, 지금부터 새롭게 다가오는 제조업의 패러다임에 맞추어 제품 개발 및 생산에 관련된 IT 및 물리적 인프라를 점검하고 준비하는 것이 글로벌 무한 경쟁시대에서 경쟁력 확보를 위한 기본 발판이 될 것이다.



3. 제조를 위한 인더스트리 4.0

- Industry 4.0 for Manufacturing -

박홍석 (울산대학교)

3.1 전망 (Perspective)

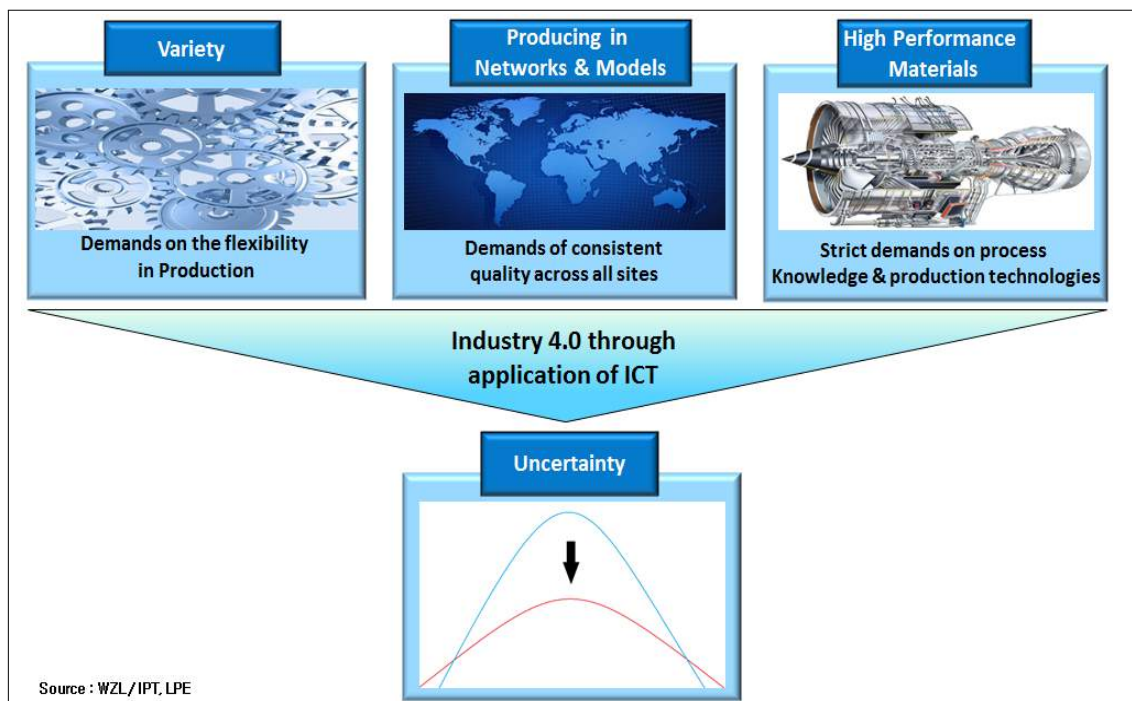
인더스트리 4.0은 ICT (Information and Communication Technology) 발달에 따라 이를 제조에 응용하여 기술적 및 조직적인 측면에서 기업의 혁신을 도모하고자 한다. ICT의 발달로 우리 일상의 삶이 변하고 있다. ([그림 3-1] 참조)



[그림 3-1] 신 기술에 의한 사회 진화

독일 Aachen 공대 생산기술연구소인 WZL의 조사에 따르면 1995년에는 4천만 명 정도가 전화, FAX 등 시스템에 의해 연결되었다면 2015년경에는 55억 명의 사람들이 인터넷 및 모바일 기반 하에서 연결된다고 한다. 또한 1997년에는 6백만 대의 컴퓨터가 인터넷 상에서 연결되었다면 2015년에는 66억 개의 사물들이 인터넷 및 Cloud 컴퓨팅 기술에 의해 연결되는 초연결사회가 된다고 한다.

이러한 환경 하에서는 세계화가 더욱 더 빠르게 진행되어 경쟁이 갈수록 심해지게 된다. 이에 따라 기업의 경영 환경은 점점 더 복잡해지고 있다. 제품의 다양화에 의한 유연성에 대한 요구는 증대되고 있으며, IT 기술의 발달에 따라 세계 각처에서 협력을 통한 생산이 가능하게 되었다. 또한 소재 기술의 발달에 따른 첨단 소재들에 의해 새로운 생산·제조 기술 개발 능력이 기업의 핵심 성장 동력이 되고 있다. 이러한 도전들로 인해 기업의 생존에 대한 불확실성이 크게 증가하였다. 불확실성의 가시화의 바탕 하에서 기계 및 사람들과의 Cross-linking 에 의한 지능적인 협업 환경 구축에 대한 갈망이 인더스트리 4.0의 개입을 정립시켰다고 해도 과언이 아니다. ([그림 3-2] 참조)

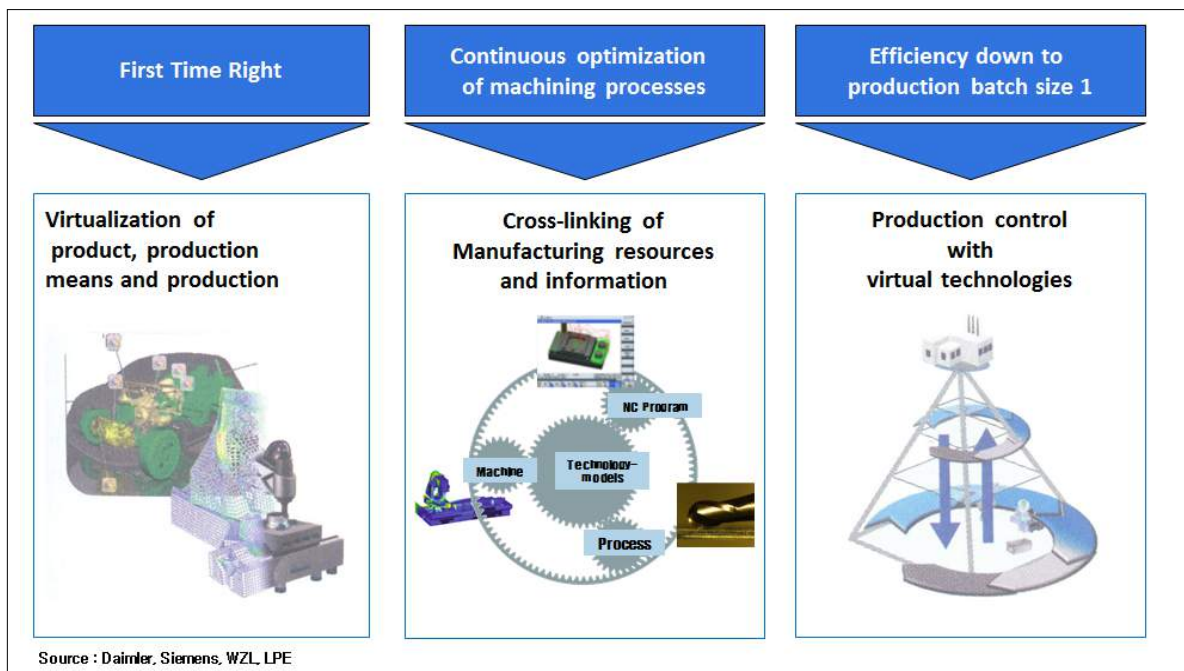


[그림 3-2] 신 개념에 의한 생산 필요성

제4차 산업혁명인 인더스트리 4.0은 첨단 ICT (Information and Communication Technology) 기술을 점진적으로 제조에 적용시켜 기술적 및 조직적 측면에서 산업의 대 변혁을 이루고자함이다. 즉 가상 모델 기반의 생산 제어 및 실행 시스템을 통해 비용은 줄이면서 유연성과 생산성을 극대화 시키는 것이다. 이런 가상 모델은 혁신적인 데이터 피드백 전략과 결합되어 공정으로부터 효율적인 학습 메커니즘을 갖고 있다. 이는 제조 및 서비스 산업 등에서 개별 공정과 전 공정 사슬들의 최적화 및 자원들의 효율적인 제어를 통해 경쟁력 강화에 크게 기여해야 한다.

3.2 제조에서 인더스트리 4.0의 역할 (Role of Industry 4.0 in Manufacturing)

기업에서 인더스트리 4.0에 대한 기대는 새로운 제품의 기획에서부터 재활용까지 포함되며, 기업에서 인더스트리 4.0을 통해 얻고자 하는 것을 [그림 3-3]에서 볼 수 있다.



[그림 3-3] 인더스트리 4.0에 대한 기대

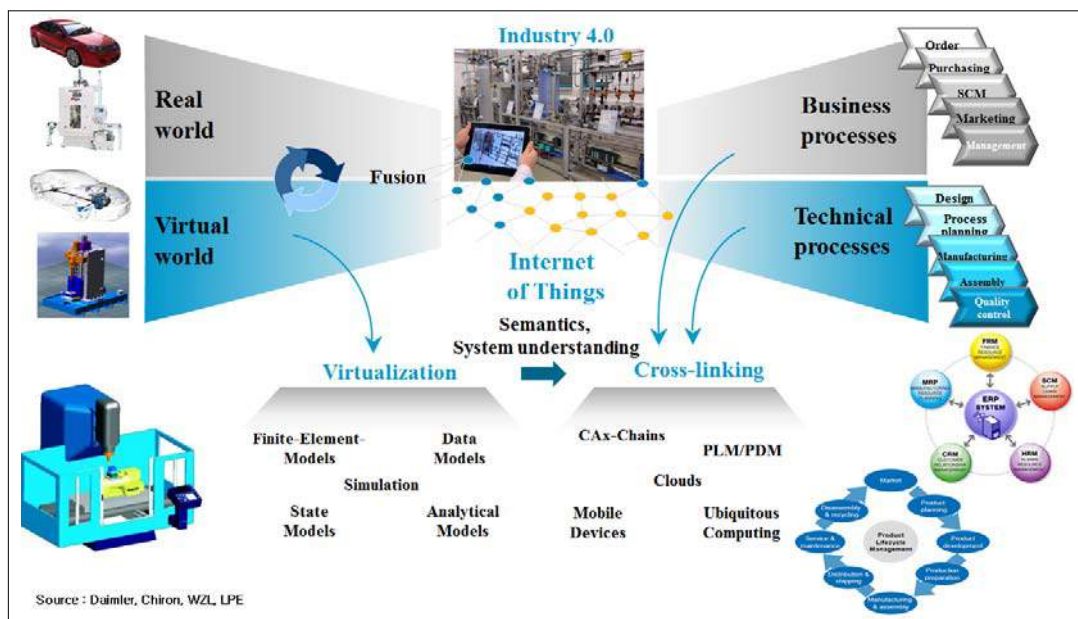
“First Time Right”의 의미는 제품 개발 시 프로토타입 단계에서 이미 설계 사양, 즉 고객의 요구사항들을 충족시킬 수 있는 제품을 구현하는 것이다. 생산 측면에서는 디지털 제조 (Digital Manufacturing) 기술의 개발을 통해 마찰 없이 생산을 시작할 수 있게 하는 것이다. 즉, Ramp-up 시간을 획기적으로 단축시키고자 하는 것이다. 그럼에도 불구하고 다양한 영향 요소들에 의해 최적 생산은 쉽게 이루어지지 않는다. 따라서 생산 요소들, 사람, 공정 및 장비들이 네트워크 기반으로 연결되어 데이터나 정보들이 분산 환경 하에서 수집되고 융합된다. 필요에 따라 이들이 공정 및 시스템의 학습기능에 의해 학습되어진다. 이런 분산 환경 속에서 학습 기능 등에 의한 지능적인 글로벌 네트워크는 생산의 드림체제인 Lot Size 1을 위한 기본 인프라이다. 이를 통해서 요구사항 지향적이며 지능적인 자동화 방안들이 경제적인 비용으로 구현되도

록 제품, 생산 공정 및 생산장비들에 대한 자료와 정보들이 결합되어 목표 지향적으로 해석되어야 한다.

이런 배경 하에서 개발 및 생산 효율성과 품질 향상에 획기적으로 기여하는 상기한 효과들은 인더스트리 4.0의 세 핵심 요소기술들에 의해 얻을 수 있다. 즉, 모델링 및 시뮬레이션 기술에 의한 가상화 (Virtualization)와 네트워크 기술에 의한 연결성 (Cross-linking), 자율 최적화 (Self-optimization)와 지능을 가진 인지 에이전트 (Cognitive Agent) 기술이다. 이 세 요소기술들에 대해 좀 더 깊게 논하고자 한다.

3.3 인더스트리 4.0 핵심 요소기술들

3.3.1 가상화 및 연결화 (Virtualization and Cross-linking)



[그림 3-4] 인더스트리 4.0을 위한 가상화 및 연결화 구성

가상화 (Virtualization) 기술에 의존하지 않고는 제품 주기 전 단계에 걸쳐 일관성 있는 정보 전달, 효과적인 데이터 처리와 지능적인 공정 수행이 불가능할 것이다. 정보나 자료들의 효과적인 피드백을 위해서는 센서 및 네트워크 기반의 혁신적인 연결화 (Cross-linking)를 통해 최적화 및 자율화를 추구할 수 있다. ([그림 3-4] 참조)

동시공학 및 개발 가속화를 위해 가상화 기술이 응용되어 왔으나 기능적인 측면에서 한계가 있었다. 사이버 프로토타입이 상용 CAE Tool 기반 하에서 단순한 동작 거동이거나 정적인 응력 해석 정도를 지원하였다. 프로토타입으로서 요구되는 실물의 정·동적 현장을 제대로 묘사하지 못하였다. 이에 따라 정밀도 및 해석 능력에서는 실물과 큰 차이가 있었다. 인더스트리 4.0 환경에서 “First Time Right”을 구현하기 위해서는 공학적 원리 하에서 해석 목표에 영향을 주는 핵심 요소들의 도출과 그들 간의 정확한 상관관계 해석을 통해 실제 실물의 거동을 정확히 기술할 수 있는 신뢰성 있는 공학적인 모델이 창출되어야 한다. 이의 기반 하에서 시뮬레이션 시스템의 개발로 실제 상황에 맞는 결과가 예측될 수 있어야 한다. 이런 가상화 기술 (Virtualization Technology)이 구현될 때 실물 프로토타입이나 테스트 베드 구축 없이 제품 및 생산시스템의 개발이 이루어질 수 있다. 이를 통해 인더스트리 4.0에서 바라는 진정한 “First Time Right”가 구현될 수 있다.

생산에 관련해서는 Digital Factory 기술이 응용되어 왔으나 이도 간접 체크 등 공정 수행보다 안전성에 중점을 두고 있어 본 기술을 충분히 활용하고 있다고 볼 수 없다. 또한 생산 부품과도 제대로 연결되어 있지 않다. 이로 인해 생산자나 설계자가 설계된 제품이 디지털 생산시스템에서 생산 가능한지를 판단할 수 없다. 추가적으로 디지털 시스템이 센서들에 의해 수집된 생산 공정에 관한 정보들과 연결되어 있지 않다. 즉 디지털 시스템이 실제 시스템과 동기화 되어 있지 않다. 인더스트리 4.0에서 모바일 기기 등에 의해 변화된 실제 상황이 디지털 시스템에 전달되어 변화에 적응하는 시스템이 되어야 한다. 인더스트리 4.0 적합 시스템이 되기 위해서는 실세계와 디지털 세계와의 차이가 실시간으로 보상되어야 한다. 이런 차이는 사용된 모델이나 시뮬레이션 시스템에서 정보 손실이나 제품 정보가 정확하게 시스템에 전달되지 않는 경우이다. 즉, 주물 제품의 형상오차, 재료성질의 변화 등이 생산 장비나 공정에 올바르게 전달되지 않으면 장비 동적 특성의 급격한 변화로 인해 표면 구도 및 공차 등의 품질 조건을 만족시킬 수 없다. 실제 부품 정보가 안정적인 공정 수행을 위해서는 지능 센서 네트워크 등에 의해 장비에 정확하게 전달되어야 한다.

세계화에 따라 언제 어디서나 생산 가능한 환경을 요구한다. 이를 위해서는 기업의 전 레벨에서 요구되는 정보들, 즉 전략적인 생산 계획에서부터 가공 등 직접 공정수행 단계까지 정보가 효과적으로 준비되고 효율적으로 처리되어야 한다. 기업에서는 이를 위해 현재 복잡한 IT 인프라 구축에 많은 비용을 투자

하고 있다. 그러나 정보의 적합성 및 문제 지향성 등의 효율성 측면에서 부족함이 많다. 인더스트리 4.0에서 요구되는 공정 진행에 따라 지식, 정보 및 데이터를 글로벌 적으로 수집하고 공유 및 처리하기 위해서는 Cloud 기반의 Cross-linking은 피할 수 없다. 이를 통해 다양한 정보기기(사무실 PC, 모바일 기기 등)들과 연결되어 시·공을 초월하여 정보의 접근성이 보장되어 생산공정의 각 단계들에 일관성 있고 투명한 정보가 제공되어 진다. 이들이 투명한 각 공정 알고리즘에 응용되어 공정의 최적화 및 비용절감을 이룬다.

3.3.2 자율 최적화 (Self-Optimization)

상황에 적합한 결정이 자율적으로 이루어지기 위해서는 합리적인 전략이 절대적이다. 계획 지향적인 전략에는 가능한 많은 영향 요소들을 고려하여 생산공정들이 정확하게 모델링되어야 하며, 가치 지향적인 전략에는 중앙집중식 계획 활동들이 가치 창출 공정들에 따라 분산된 계획 활동들로 이루어져야 한다. 경쟁력 강화를 원하는 기업들은 이 두 가지 전략을 동시에 추구하여야 한다. 이를 위한 자율 최적화 생산시스템 및 공정에 대해서 상세히 접근하고자 한다.

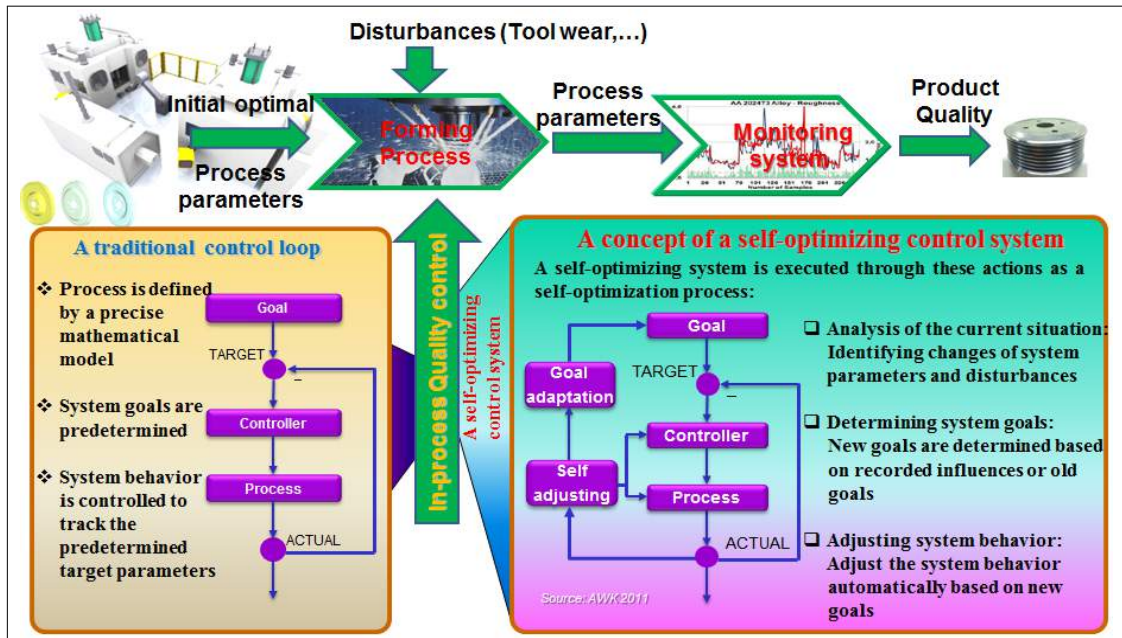
자율 최적화 시스템은 공정 및 시스템 내의 변하는 환경에 따라 자율적이며 유연하게 적응하는 능력을 갖는다. 시스템의 학습능력에 의해 자율적으로 최적화를 추구한다 [1]. 구성요소들의 상호작용에 의해 이루어지는 이 시스템의 주요 특성은 아래와 같다 [2].

- 현 상황의 지속적인 해석
- 현 상황에 적합 목표 선정
- 목표 도달을 위한 시스템 적응 능력

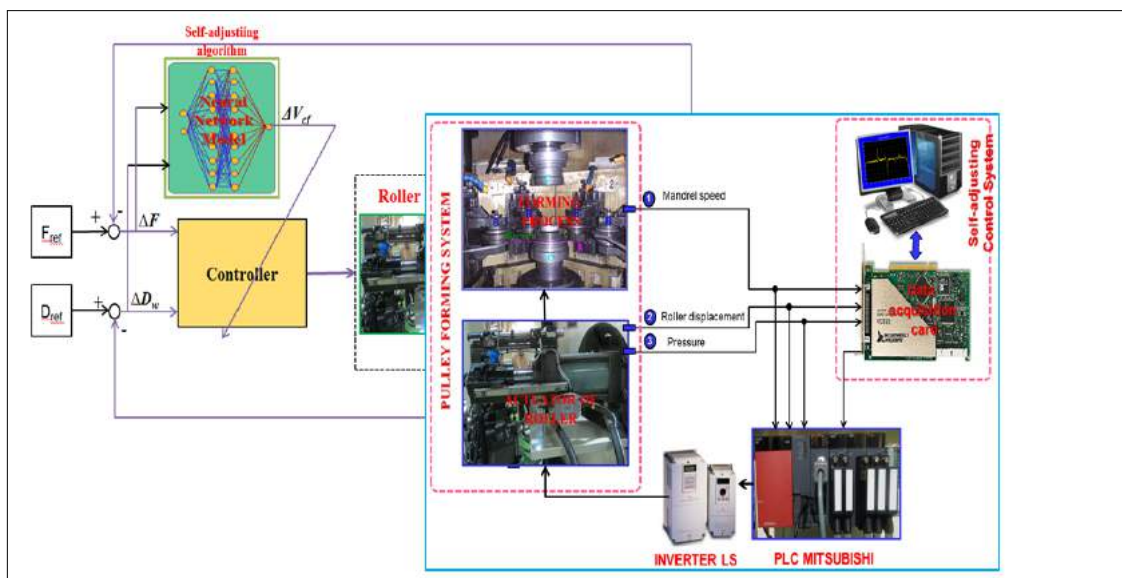
이 시스템의 원리를 제어회로 개념으로 해석하면 상황에 따라 변하는 목표 변수들에 의해 시스템이 제어될 수 있다. 주어진 목표 변수들에 의해 구성되는 기존 폐회로 외에 또 다른 회로를 갖고 있다. ([그림 3-5] 참조)

기존 시스템은 주어진 목표 변수 변화를 모니터링 하여 오차 범위를 벗어나면 원인을 제거하는 방식, 즉 절삭 가공의 예에서는 한계 절삭치를 초과할 경우에는 공구를 교환하여 새롭게 한계치 안에서 가공할 수 있게 하는 것이다. 이런 변화에 대응하는 자율 적응 기능에서는 목표치와 상관관계에 있는 변수

들을 자율 조정하여 항상 목표치에 따라 공정을 수행하게 한다. 이를 통해 항상 일정한 품질 수준을 유지할 수 있다.



[그림 3-5] 자율 최적화를 위한 제어회로



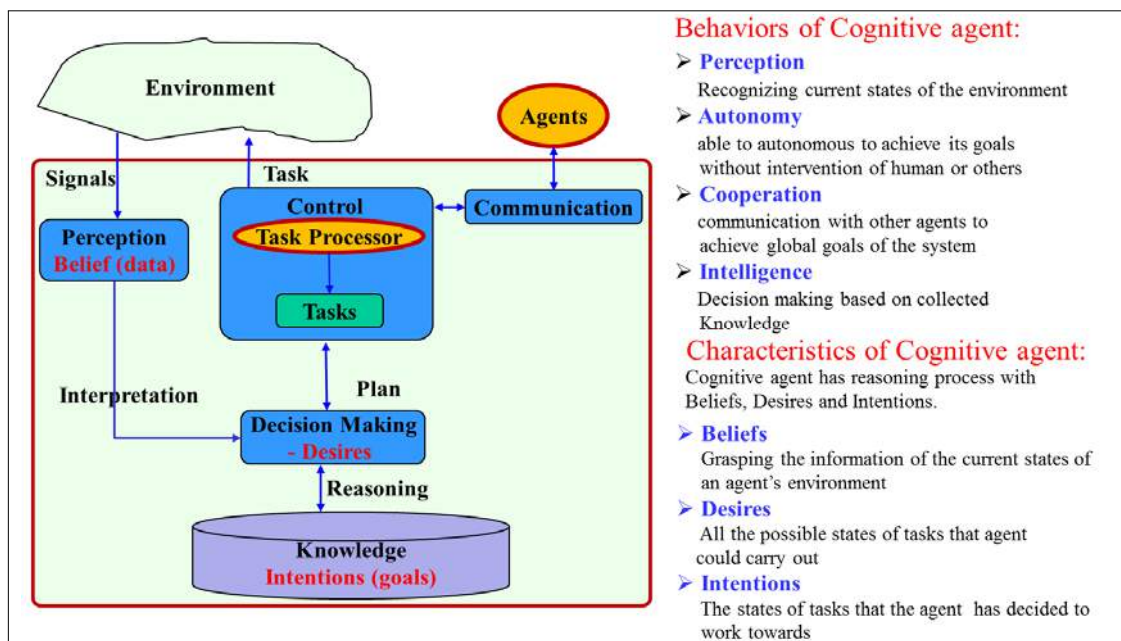
[그림 3-6] 자율 적응 풀리 성형 시스템

상관관계 변수들의 조정으로 기존 목표치에 도달할 수 없다면 자율 최적 기능을 이용하여 새로운 목표치를 산정한다. 이렇게 함으로써 기존 목표 자체를

변경하여 변화하는 환경에 대응하여 시스템이 항상 최적의 상태로 운전하게 된다. 자율 적응 시스템의 원리를 울산대학교 생산공학 실험실에서 자동차 부품인 폴리 부품의 성형공정에 응용하여 자율 적응 시스템을 구현하였다. ([그림 3-6] 참조)

생산 환경의 변화, 즉 공구의 마모에도 불구하고 균일한 품질의 폴리 제품을 얻기 위해 자율 적응 메커니즘을 응용하였다. 폴리 성형 원리를 해석하여 제어 목표치를 설정하였다. 공정중 이 값을 모니터링 하여 목표치와 차이가 발생하면 개발된 자율 적응 알고리즘이 오차와 상관관계에 있는 공정 파라미터의 제어치를 산정한다. 이 값이 장비의 제어기에 주어져서 자율적으로 오차가 보정되어 항상 균일한 품질의 제품이 생산되도록 한다.

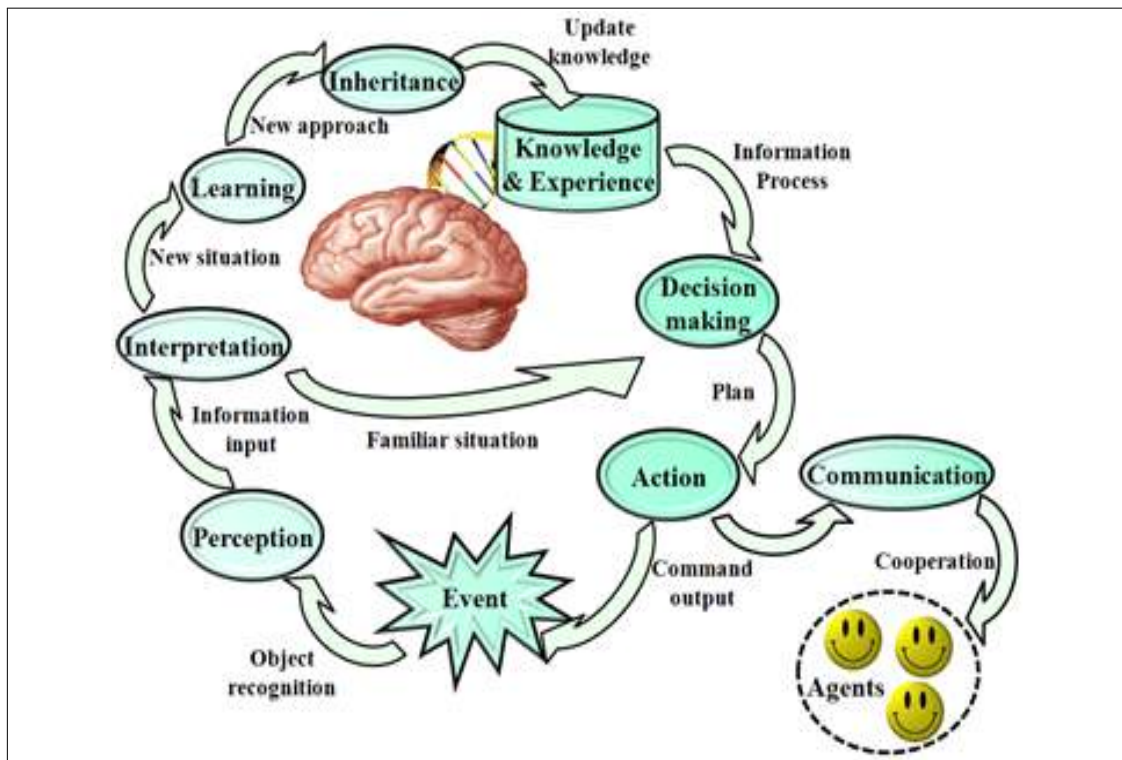
3.3.3 인지 에이전트 기술 (Cognitive Agent Technology)



[그림 3-7] 인지 에이전트의 아키텍처

역동적으로 변하는 생산 환경에서 상황에 적응하기 위해서는 시스템 내의 각 구성요소들이 연결되어 상호 정보 교환을 통해 적합한 결정을 내리는 것이 절대적으로 요구된다. 연결성(Cross-linking)에 의한 소통을 위한 IT 기술로는 에이전트 기술이 대표적이며, 자율적인 의사결정을 위한 지능적인 기술은 인공지능 (Artificial Intelligence) 기술이 오랜 기간 동안 응용되어왔다. 알고리즘

기본 인공지능 구현을 위해서는 IT 기술뿐만 아니라 인간의 인지 과학 능력 활용도 필수적이다. 이런 사고는 인지 에이전트 (Cognitive Agent) 개발을 추구하였다. 이는 생산시스템 및 공정제어를 위해 인간의 사고 및 인지 능력을 묘사하고자 하였다. ([그림 3-7] 참조)



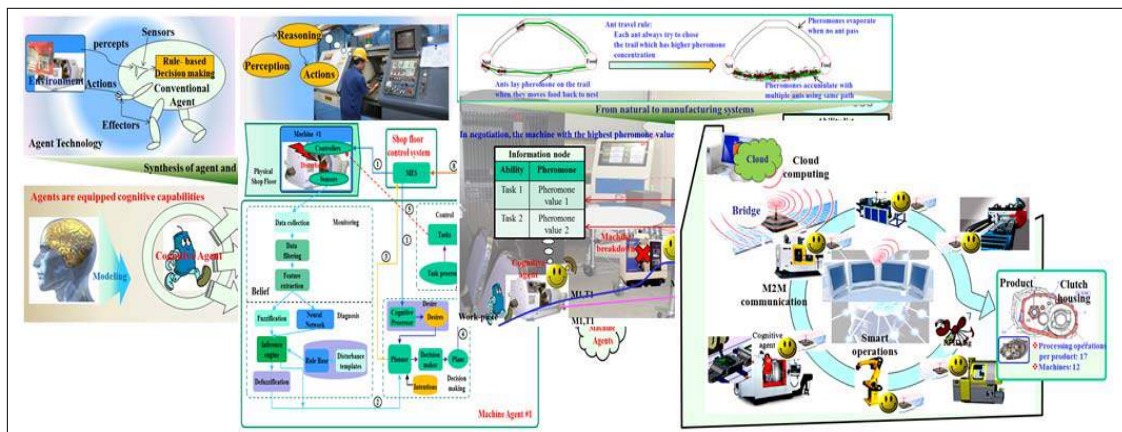
[그림 3-8] 인지 에이전트 아키텍처

생산시스템에서의 인지 능력은 기계 및 공정들이 발생하는 장애들에 대해 자율적인 결정을 내리기 위해 인간의 인지 및 제어 능력을 갖도록 하는 것이다. 이는 세 가지 기본 성격들에 의해 구현된다. 즉 BDI 기능들로 구성된다. B (Belief) 모듈은 외부 환경변화에 대해 인지하고, I (Intention)는 에이전트가 지향해야 할 방향성을 결정하고, D (Desire)는 에이전트가 수행할 수 있는 과제들의 상태 조건들을 파악하는 역할을 한다. 이 세 행위들에 의해 변하는 환경에 적합한 해를 도출하는 추론 (Reasoning) 공정을 수행할 수 있다. 이에 의해 기계시스템이 무엇을 행할 것인가를 알게 한다.

발생된 장애들에 대해 대응하는 인지 에이전트의 구체적인 실행 처리 과정이 [그림 3-8]에 나타나 있다.

Event, 즉 장애가 발생했을 때 [그림 3-8]에서 Perception 기능을 이용하여 상황변화를 인지하고 Interpretation으로 Agent의 I (Intention) 기능을 수행하고자 한다. 이 기능으로 알려진 지식이 있을 경우에는 Knowledge Base System의 도움으로 지향할 방향성을 결정하고, 지식이 존재치 않을 경우에는 학습을 시켜 해를 창출하여 Knowledge Base System에 저장한다. 그 해에 따라 I (Intention) 기능은 지향할 방향성을 결정한다. 그림의 Decision Making은 결정된 방향성의 실행을 위해 주변 상황, 즉 실행 조건들을 파악하여 조치 사항들을 실행시킨다. 주변 상황들을 파악하기 위해서 Agent들은 필요에 따라 상호 협력한다. 이런 일련의 과정들이 D (Desire) 기능에 의해 수행된다.

지능적이며 소통 능력을 갖는 인지 에이전트 기술을 장애가 발생되어 생산라인이 정지되는 기존 시스템에 적용한 울산대학교 생산공학 실험실에서 개발된 자율대응 시스템을 [그림 3-9]에서 볼 수 있다.



[그림 3-9] 인지 에이전트 기반 자율대응 생산시스템

자율대응 시스템에서는 시스템 내의 구성요소(장비, 공작물 등)들을 BDI 기능을 갖는 인지 에이전트로 구현시켜 시스템 내에 발생하는 장애들에 자율적으로 대응하게 하였다. 개미 이론에 기반 한 알고리즘을 개발하여 공작물, 장비, 이송시스템들이 장애의 내용에 따라 상호 협력하여 자체적으로 해결하는 스마트 시스템이다. 이를 통해 생산시스템 생산성, 즉 시스템 가동률을 획기적으로 개선하였다. 본 시스템의 효율성을 향상시키고자 Clouding Computing 기술에 의해 시스템의 기능들을 확장하여 Cloud based Smart Manufacturing System을 구현하였다.

3.4 결론 (Conclusion)

인더스트리 4.0은 개념이 아니라 4차 산업혁명이다. 따라서 이전의 산업혁명처럼 산업전반에 실제적인 효과가 나타나야한다. ICT 기술의 산업 접목이 목적이 아니라 글로벌 경쟁력 강화 및 부가가치 창출 등을 위해 생산 현장에 융·복합 시키는 것이다. 이를 통해 산업에서 생산성 및 경제적인 효율성 향상 등에 공헌하여야 한다. 인더스트리 4.0의 핵심사항은 이들을 위한 융·복합 기술들이 개발되어야 한다.

신기술 개발이 국가 발전에 크게 기여하기 위해서는 우리나라에서 중소기업이 차지하는 비율이 90% 이상이므로 신기술 개발이 이들을 지원할 수 있어야 한다. 인력 등 자원 및 기술력 부족과 Infrastructure 미비 등으로 중소기업이 인더스트리 4.0 개념을 실물에 응용하기에는 현재 무리가 있는 것 같다. 국가적인 창조경제의 시너지 효과를 상승시키기 위해서는 산업혁명이라고 불리는 이 기술을 중소기업에서 응용할 수 있도록 하여야 한다. 이를 위한 방안 개발에도 진지한 자세로 일해야 한다. 아울러 신기술을 기업에 접목시킬 수 있는 중소기업인의 육성과 훈련을 위한 전략 개발에도 소홀히 할 수 없다.

참고자료

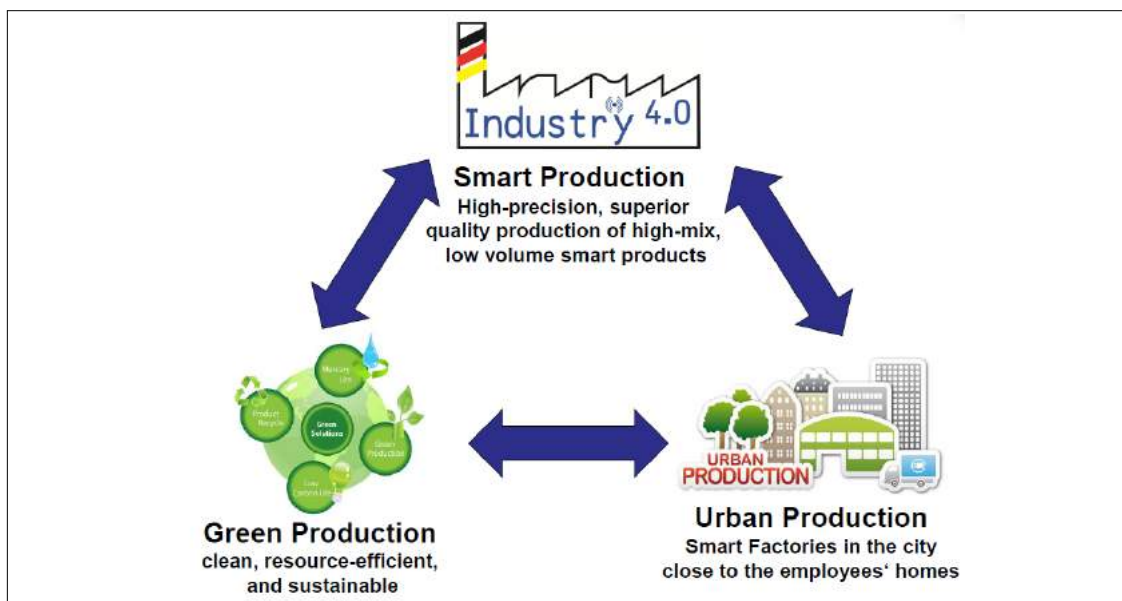
1. Frank et al. (2004) Frank, U.; Gausemeier, J.: Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus: Definitionen und Konzepte/ Sonderforschungsbereich 614; Heinz-Nixdorf-Institut, Paderborn, 2004.
2. Gausemeier, J. (2009) Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus; Heinz-Nixdorf-Institut, Paderborn, 2009.

4. 제조 최적화를 위한 인더스트리 4.0 실행 전략

노상도 (성균관대학교)

4.1 인더스트리 4.0과 제조 최적화

인더스트리 4.0은 동력을 이용한 다량 제조 설비 도입에 의한 1차 산업혁명, 분업과 생산라인을 이용한 대량 생산 개념의 2차 산업혁명, 그리고 생산자동화 기술과 유연생산시스템으로 대표되는 3차 산업혁명을 이어나가는 차세대 산업혁명을 의미한다. [1, 2] 기본적으로 인더스트리 4.0은 전통 제조업에 IoT와 같은 ICT를 결합, 적용하여 모든 생산 과정을 최적화하는 전략이라고 할 수 있다.



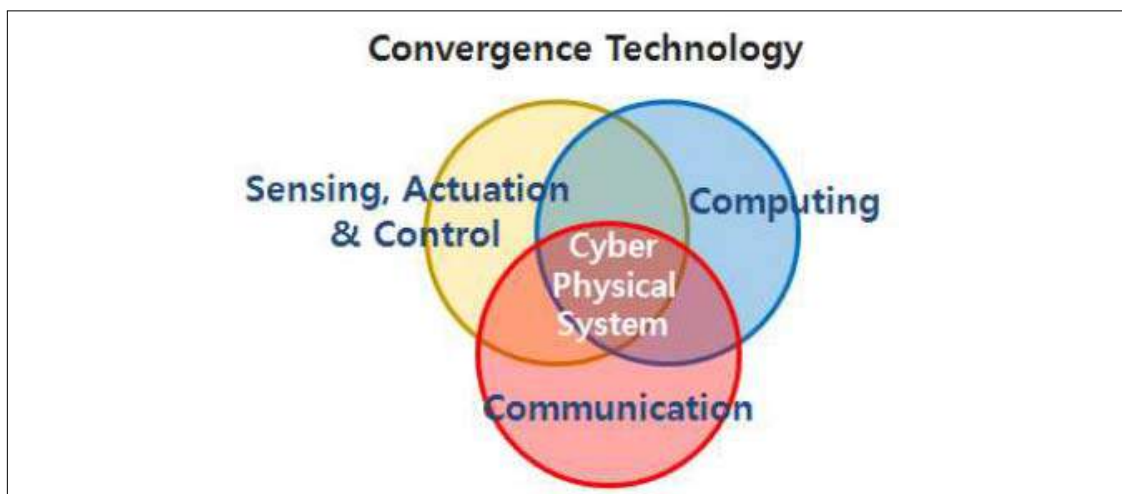
[그림 4-1] 인더스트리 4.0: Smart, Green, and Urban Production [6]

여러 가지 새로운 기술과 방법을 통해 인더스트리 4.0에서 추구하고자 하는 가장 큰 목적 중 하나는 “제조 최적화”이며, 이러한 관점에서 보면 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System: 컴퓨터통합생산 시스템), IMS(Intelligent Manufacturing System: 지능생산시스템), 그리고 e-Manufacturing으로 이어지는 생산자동화와 전사적 정보 통합, 유연하고 효율적인 생산 시스템 추구의 맥락을 이어간다고 할 수 있다.

특히 인더스트리 4.0에서 새롭게 적용되는 개념은 (1) IoT로 대표되는 새로운 ICT의 도입과 (2) 인지, 판단, 행동을 능동적이고 자율적으로 수행하는 CPS의 구성이며, 이를 통해 (3) 제품, 공정, 설비가 통합, 상호 연계되어 제품 생산의 전 과정에서 최적화가 이루어지는 Smart Factory를 구현, 운영한다. 또한 인더스트리 4.0은 Smart Factory를 기반으로 [그림 4-1]과 같이 미래 생산의 키워드들, Smart Production, Green Production, Urban Production으로의 발전을 지향하고 있다.

4.2 Cyber Physical System in Industry 4.0

4.2.1 Cyber Physical System in Products

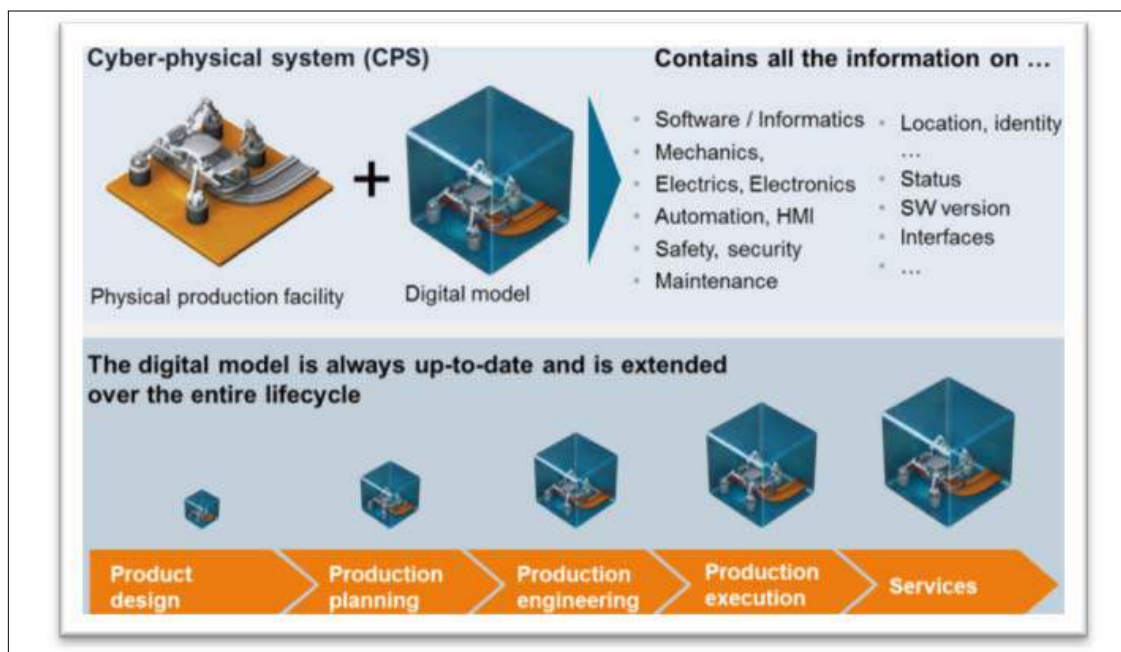


[그림 4-2] 제품 Cyber Physical System의 3가지 구성요소 [3]

제품 CPS의 개념을 생각해보자. 로봇이 인간과 비슷하게 행동하는 패턴은 크게 보면, 인지(sensor), 판단(decision, control), 행동(actuation)의 세 덩어리로 볼 수 있다. 이러한 기능이 소형화되고 모듈화 되어 제품, 부품 단위까지 탑재가 된다면, 그리고 이들이 서로 인터넷을 통해 정보를 소통한다면, 큰 변화를 얻을 수 있을 것이다. 다음의 [그림 4-2]는 CPS를 구성하는 3가지 요소를 보여준다. 센서, 액추에이터, 컨트롤 기술과 이들을 뒷받침하는 컴퓨팅 기술, 그리고 이들을 서로 연결시켜주는 통신 기술이다. 이들 3가지 요소기술이 융합(convergence)하면서 새로운 시스템으로 나타나게 된다.

제품 CPS의 연구 개발 사례로는 Google의 클라우드 로봇틱스가 있다. 이 과정에 컴퓨터 운영체제(OS)인 안드로이드와 호환되는 자바 기반의 ROS (Robot OS)인 ROSjava 개발에 착수하였다. 카메라, 시계, 자전거, 가전제품 등 모든 사물을 상호 연결하는데 안드로이드 OS가 핵심 역할로 자리 잡았으며, 이 기술 통해 나타난 제품들로 Android Cellphone NXT Robot, RoboEarth 프로젝트 (EU), Google의 무인 드라이브 자동차 등이 있다.

4.2.2 Cyber Physical System in Manufacturing

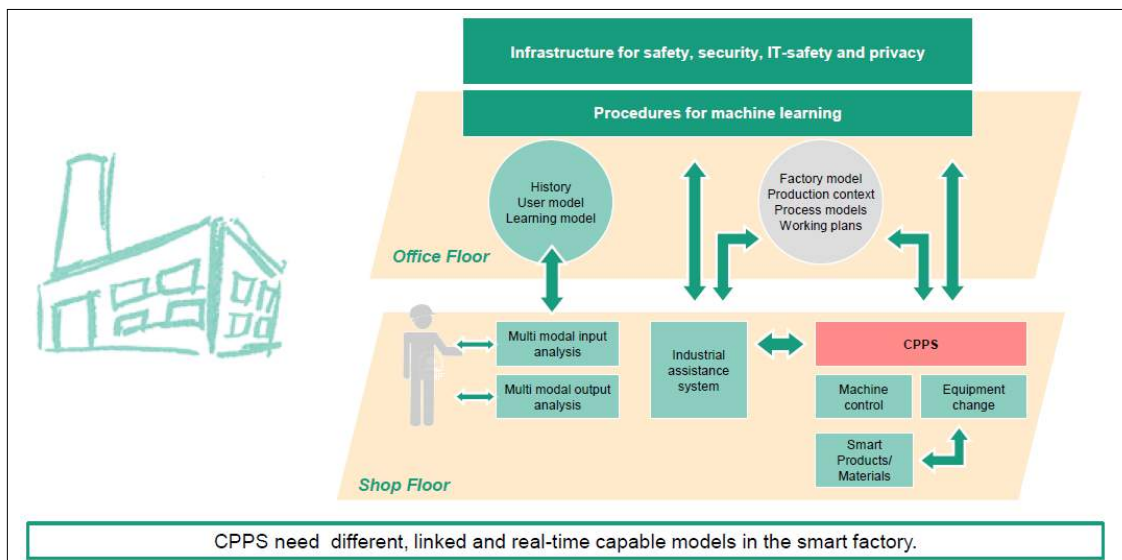


[그림 4-3] 생산 CPS의 개념 [4]

생산 CPS는 제품, 생산 설비의 디지털 모델에 기반 한 가상 세계와 실물 세계의 통합 시스템이라 할 수 있다. 즉, IT기술을 기반으로 사이버 세계에 실물(제품, 생산 설비, 생산 라인/공장 등)에 대한 디지털 모델을 구축한 이후 이를 활용한 사전 시뮬레이션을 통한 최적의 생산 계획, 공정 설계를 수행하고, 이를 실물 시스템에 그대로 적용하고, 설비 고장 등의 실물 환경의 변화 등을 각종 센서 등으로 인지하여 사이버 세계에 실시간으로 동기화시키는 것이다. 실시간 최적 생산 및 유연 생산 환경 구축을 위한 인더스트리 4.0의 핵심 개념이라고 할 수 있다.

생산 측면에서는 Self-Organization(자율 운영체제)도 인더스트리 4.0의 주요 개념 중 하나이다. 이것은 사람의 통제나 관리 없이 생산 설비 또는 라인이 스스로 판단하여 각 개별 제품 별로 제조 프로세스를 결정하는 진일보한 자동화 체제이다. 생산될 제품 자체가 개별 단위별로 인식 가능하며, 완제품이 될 때까지의 생산 과정에 대한 모든 정보를 포함하고 있어, 각 단계별로 생산 설비와 상호 커뮤니케이션을 통하여 제조 프로세스가 자동으로 결정되는 것이다. 이 때 자율적인 최적 판단을 위하여 빅데이터 분석 및 인공지능 등의 기술이 활용된다.

4.3 Smart Factory in Industry 4.0

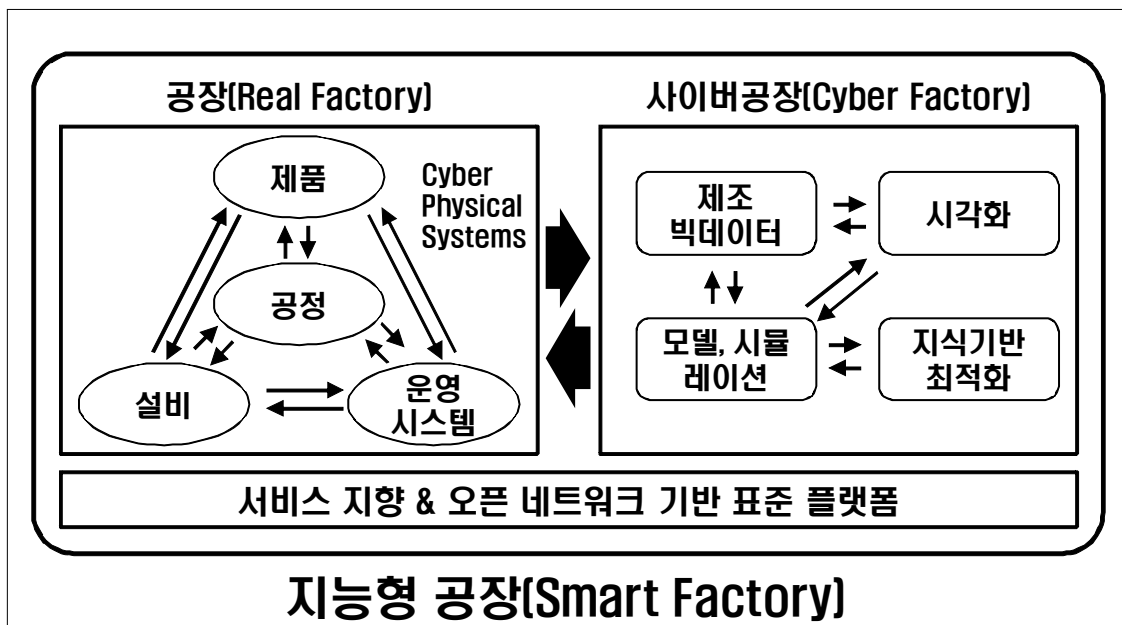


[그림 4-4] Cyber Physical Production System in Smart Factory [5]

Smart Factory는 (1) IoT 기술을 적용해 생산의 전 과정에서 제품, 공정, 설비, 공장 등 모든 개체를 식별, 추적, 모니터링하고, (2) 모아진 제조 빅데이터를 관리, 분석하며, (3) 다양한 물리 개체와 논리적 정보를 포함하는 사이버 모델을 수립, 시뮬레이션하고 가시화함으로써, (4) 자율, 능동적으로 최적화된 설계, 계획, 제조실행 및 운영을 달성하는 것으로 인더스트리 4.0의 핵심적인 실행 전략이라고 할 수 있다. 한마디로 제품 생산의 전 과정에서 어떠한 낭비도 없는 “제조 최적화”를 달성하고자 하는 것이다. [4,6]

인더스트리 4.0에서 목표로 하는 Smart Factory는 [그림 4-4]와 같이 CPS들과 다양한 모델, 생산정보시스템들 간의 연계와 통합을 통해 구성, 운영된다.

특히 “제조 최적화”를 위해 매우 중요한 요소는 사이버 모델의 구축, 시뮬레이션의 수행과 가시화이며, 이는 기업의 핵심 지식관리 및 활용과 연계되어야 한다. 이러한 측면에서 볼 때 제품 엔지니어링(Product Engineering, PE), 생산 엔지니어링(Manufacturing Engineering, ME)과 제조 실행(Manufacturing Execution) 관점에서 살펴본 Smart Factory의 구성 요소와 실행 전략은 [그림 4-5]와 같이 정리하여 설명할 수 있다.

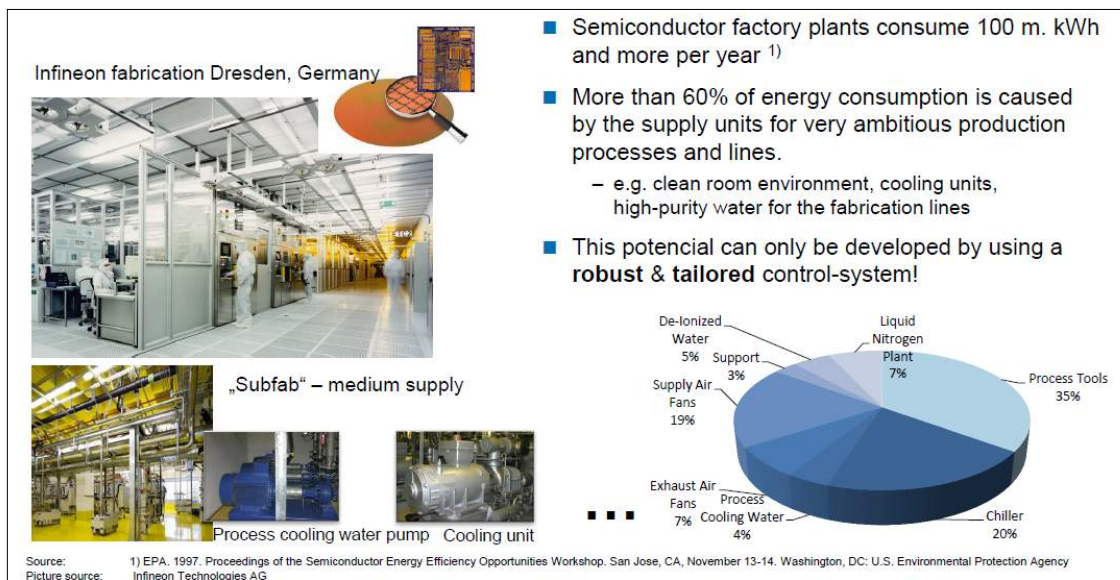


[그림 4-5] Smart Factory의 구성 요소와 실행 전략

- 공장(Real Factory): 제품, 공정, 설비, ERP(Enterprise Resource Planning), MES(Manufacturing Execution System) 등 여러 가지 공장 객체와 운영 시스템들의 CPS화를 기반으로 한 하드웨어, 소프트웨어의 통합과 상호 연계를 달성하며, 이를 바탕으로 자동 운영된다.
- 사이버공장(Cyber Factory): 제조 빅데이터 관리와 해석을 통한 디지털 모델(Digital Model)과 가상 시뮬레이션(Virtual Simulation) 구성, 운영과 가시화를 수행하며, 이를 바탕으로 한 제조 최적화와 관련 지식관리를 달성한다.

- (1) 클라우드(Cloud) 기반 제조 빅데이터 및 해석
- (2) 모델, 시뮬레이션과 가시화(Model, Simulation and Visualization)
- (3) 제조 최적화와 지식 관리
- 서비스 지향 & 개방형 네트워크와 표준 플랫폼(Service-Oriented and Open Network-Based Standard Platform)을 바탕으로, ERP, MES 등 여러 서비스 지향적이면서, IoT로 대표되는 개방형 네트워크를 통한 구성 요소들의 통합과 상호 연계를 지원한다.

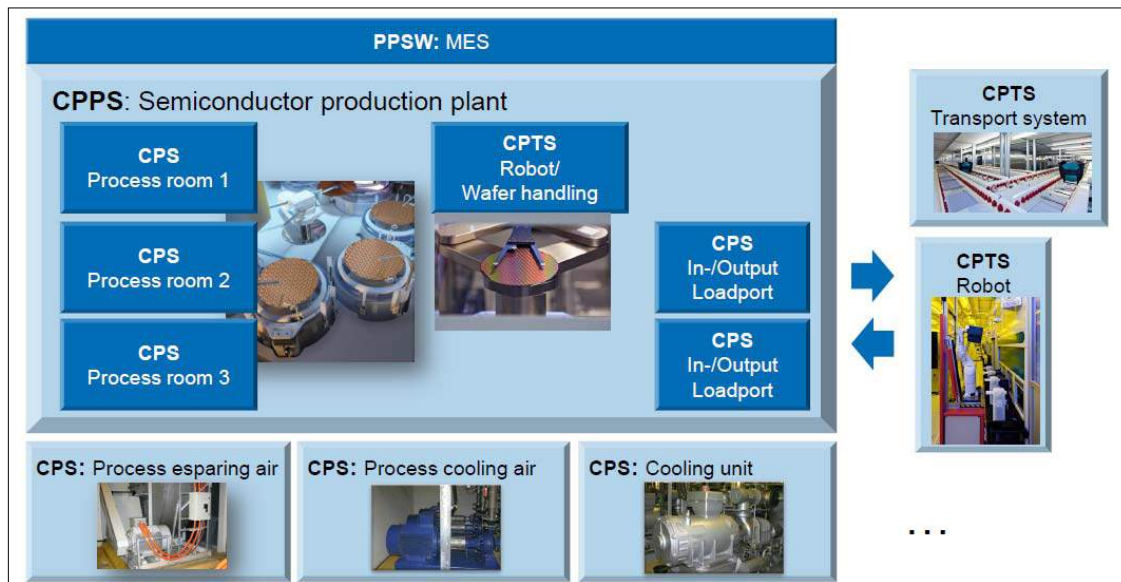
4.4 제조 최적화 적용 인더스트리4.0 적용 사례: 에너지 절감을 위한 Smart Factory



[그림 4-6] 인더스트리 4.0 적용을 통한 Infineon의 반도체 생산라인 에너지 절감 사례 [7]

여러 제조 선진국들은 정부, 산업계, 학계가 힘을 합하여 Smart Factory를 통해 생산성 극대화와 제조업 경쟁력 강화를 위한 발전 전략을 국가적으로 추진하고 있다. 특히 독일의 경우 생산성 향상의 핵심적인 측면을 에너지 절감으로 삼고 있으며, 생산라인에서 에너지 소비를 모델링, 시뮬레이션, 시각화한 후 자동으로 최적화하여 전체 에너지 소비를 24%까지 절감한 사례를 보고하고 있다. 즉, Smart Factory에서 생산설비들이 스스로 에너지 소비량을 모니터링하고, 연결된 다른 설비들과 상호 연계하여, 생산성을 유지하면서도 에너지 소비를 절감하는 것을 실현한 것이다. [7,9,10]

[그림 4-6]의 그림들은 Infineon사의 반도체 생산라인에 대한 Smart Factory 적용 사례를 보여주며, 인더스트리 4.0 적용을 통한 제조 최적화의 좋은 사례라고 할 수 있다.



[그림 4-6] 인더스트리 4.0 적용을 통한 Infineon의 반도체 생산라인 에너지 절감 사례 [7]

참고자료

1. Brecher, Christian, "Virtualization and Cross-linking in Production Systems", The Aachen Machine Tools Colloquium, 2014
2. Nikolaus, Katrin, "Building the Nuts and Bolts of Self-Organizing Factories", Pictures of the Future, 2013
3. Prinz, Wolfgang, "Applied ICT for Manufacturing and Case Studies", Korea-Germany Joint Forum on Manufacturing Innovation, 2014
4. Stich, V., "Cyber Physical Production Control", The Aachen Machine Tools Colloquium, 2014
5. Schmitt, Robert, "Collaborative Cyber Physical Production System - Escaping from the Productivity Trap", The Aachen Machine Tools Colloquium, 2014
6. Wahlster, Wolfgang, "Industry 4.0: From the Internet of Things to Smart Factories", 3rd European Summit on Future Internet, 2012

7. Wegener, D., “Industry 4.0: Concept of the Resilient Factory”, The Aachen Machine Tools Colloquium, 2014
8. Zuehlke, Detlef, “Industry 4.0: From Smart Technologies to Smart Factories”, Korea-Germany Joint Forum on Manufacturing Innovation, 2014
9. 전자신문, “에너지 선진국, 독일을 해부한다.”, 2014
10. 현대경제연구원, “독일의 창조경제: Industry 4.0의 내용과 시사점”, 2013

제조업의 산업 입지로서 독일의 미래를 보장할

미래 프로젝트인 인더스트리 4.0으로의 전환 권유

인더스트리 4.0 작업반 결과보고서⁴⁾

번역: 김 은

요약문

독일은 전 세계에서 가장 경쟁력 있는 제조업의 산업 입지 가운데 하나이고 동시에 **제조 설비 분야 리더** 임. 이는 혁신적인 제조 기술의 연구, 개발 및 생산research, development and production of innovative manufacturing technologies에 있어서의 전문성뿐만이 아니라 복잡한 제조 과정을 관리할 수 있는 능력에 있음. 강력한 기계 및 설비 제조 산업, 전 세계적으로 높은 수준의 IT 역량 그리고 임베디드 시스템 및 자동화 기술에서 보유한 노하우와 함께 독일은 제조 기술에 있어서 선도적인 지위를 확대할 수 있는 전제 조건들을 갖고 있음. 다른 나라와는 달리 독일은 **소위 인더스트리 4.0**이라는 새로운 형태의 산업화 잠재력을 확보할 수 있는 능력을 갖고 있음.

지난 세 번의 산업혁명이 기계화, 전(동)화(전기이용), IT를 통해 진행된 이후 사물(들 간) 인터넷과 서비스(들 간) 인터넷Internet of Things and Services이 공장에 도입되는 것은 4차 산업혁명의 시작을 뜻함. 기업들은 미래에 그들의 기계, 창고 시스템, 설비를 **Cyber-Physical System (CPS)**를 통해 전 세계적으로 연결할 것임. 이는 제조 환경에서 CPS가 지능형 기계, 창고 시스템, 설비를 포함하며, 이러한 개체들은 스스로 정보를 교환하고, 작동을 시작하고, 서로 상대방을 제어함. 이를 통해 생산, 엔지니어링, 자재 사용 그리고 납품 업체관리 및 생애주기관리에서 제조 과정은 근본적으로 향상될 수 있음. 새롭게 만들어지는 **스마트 팩토리**에서는 완전히 새로운 제조 논리가 지배함: 지능화된 제품은 명확하게 확인 가능하며, 언제나 어디에나 전달 가능하며, 그 제품들의 이력, 현재 상태 및 목표 상태에 도달 할 수 있는 다른 방법을 앎. 내장형 (SW가 설치된) 생산 시스템the embedded manufacturing systems은 **수직적**⁵⁾으로는 공장 및

4) 출처: Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern **Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0** Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0

5) 역자 주: 인더스트리 4.0은 제품 개발을 위한 아이디어 도출에서부터 제품의 생산, 판매 그리고 판매 이후 리사이클링까지 전 단계에 걸쳐 수직적으로 기업 내부에서는 물론 수평적으로 기업 간의 활동에 있어서도 ene-to-end engineering 혹은 integration을 하고자 하며, 이러한 연계·통합을 특정 지역 내에서 뿐만이 아니라 관련 조직이 전 세계에 분산되어있는 경우도 마찬가지로 추진되는 시도임. 인

기업 내부에서 비즈니스 프로세스 차원에서 네트워킹 되어 있고, 수평적으로는 (주문에서부터 판매 물류까지의) 분산되고 실시간으로 제어 가능한 가치 창출 네트워크와 연결되어 있음. 동시에 그러한 시스템은 전체 가치창출사슬을 관통하는 end-to-end 엔지니어링을 가능하게 하고 요구함.

인더스트리 4.0의 잠재력은 엄청나게 큼: 스마트 팩토리는 **개별 고객의 요구사항**을 고려할 수 있으며, 이를 감안해 하나씩 생산한다고 해도 이윤이 보장될 수 있음. 인더스트리 4.0에서 비즈니스 프로세스와 엔지니어링 프로세스는 다 이내믹하게 구성됨. 이는 다시 말하면 생산 과정은 짧은 시간 내에 변경될 수 있으며, 예를 들어 공급업체의 장애와 납품 취소 등에 대해 유연하게 대처할 수 있음. 조직 내부는 물론 조직 간에 발생하는 제조 과정 전반에 걸쳐 투명하게 추적할 수 있으며 end-to-end transparency **최적의 결정**을 가능하게 함. 인더스트리 4.0을 통해 **새로운 형태의 가치창출과 새로운 형태의 비즈니스 모델**이 만들어짐. 이를 통해 특히 창업 기업과 소규모의 기업에게 판매 후 서비스 downstream services를 개발하고 제공할 수 있는 기회를 제공함.

더 나아가 인더스트리 4.0은 자원 및 에너지 효율성, 도시형 제조, 인구 구성비의 변화 등과 같은 **도전적인 현안 해결**에 기여할 것임. 자원의 생산성과 효율성은 인더스트리 4.0에서 지속적으로 그리고 전체 가치창출 네트워크에 걸쳐 향상될 것임. 업무는 **인구통계적으로 민감하게** 그리고 사회적 요인을 고려해 구성될 것임. 직원들은 지능형 어시스턴트 시스템 덕분에 창의적이고 가치를 창출하는 활동에 집중할 수 있으며 반복되는 업무에서 벗어날 것임. 전문인력 부족의 위협 측면에서 고령의 종사자들은 더 오랜 기간 동안 생산성을 유지하며 직장 생활을 할 수 있음. 유연한 업무 조직 flexible work organisation은 직원들, 직업과 사생활 및 평생 교육을 더 좋게 서로 조합하는 것을 가능하게 하고 일과 삶의 균형(**Work-Life-Balance**)을 향상시킴.

제조 기술 경쟁은 전 세계에서 더욱 치열해질 것임. 독일 이외의 다른 나라들도 제조업에서 사물과 서비스 인터넷 이용 동향을 인식하고 있음. 아시아의 경쟁자들로부터만 독일 제조업이 압박을 받는 것이 아님. 미국도 자국의 탈제조

인더스트리 4.0의 핵심 기술인 CPS와 이를 이용해 구현되는 스마트 팩토리에서는 제품을 생산하는데 사용되는 기계 설비는 물론 제품의 조립 라인에 있는 부품 및 부품을 담은 용기들도 지능을 가지고 있어 기계 설비, 부품, 부품이 담긴 용기들 간에 스스로 커뮤니케이션을 하며 심지어는 부품 조립도 스스로 찾아가서 할 수 있도록 하고자 하는 시도임. 요약문에서 사용하는 수직과 수평은 다음과 같은 의미를 갖고 있음: 수직은 기업 내에 존재하는 활동 간의 관계를 의미하며, 수평은 조직 간에 존재하는 활동 간의 관계를 의미함.

업에 “**첨단 제조업** *advanced manufacturing*” 지원 프로그램을 통해 자국의 제조업을 육성하는 방향으로 발전하도록 영향을 미치고 있음.

제조업을 인더스트리 4.0으로 변환시키기 위해 독일은 두 가지 전략⁶⁾dual strategy을 동시에 취해야 함: 독일의 설비 산업(manufacturing equipment industry)은 계속해서 전 세계 시장에서 리더로 남아있어야 하며, 이는 ICT와 전통적인 첨단 기술 전략을 결합해 지능형 제조 기술을 선도하는 공급자가 되어야 가능함. 이는 CPS 기술 및 CPS 제품의 새로운 선도하는 시장을 만들고, CPS 기술과 CPS 제품을 이용하는데 있어서도 마찬가지임. 이러한 두 가지 CPS 전략의 목표를 달성하기 위해 다음과 같은 인더스트리 4.0 특성이 실현되어야 함:

- **가치창출 네트워크의 수평적 통합** Horizontal integration through value networks
- **모든 가치창출사슬 전반에 걸친 엔지니어링에 있어서 디지털 통합** End-to-end digital integration of engineering across the entire value chain
- **수직적 통합과 네트워크화 된 생산 체계** Vertical integration and networked manufacturing systems

인더스트리 4.0으로의 접근은 독일에서 연구 및 개발에 있어서 엄청난 노력을 필요로 함. 상기한 두 가지 전략을 실현하기 위해서는 생산 시스템의 수평적이고 수직적인 통합 및 엔지니어링에 있어서 end-to-end 통합에 대한 연구가 필요함. 더 나아가 인더스트리 4.0 체계로부터 도출되는 업무환경에 대한 새로운 사회 인프라를 고려하고, 또한 CPS 기술을 계속 개발해야 함.

연구 및 개발 이외에도 인더스트리 4.0으로의 전환을 위해서는 산업 정책 및 제조업 차원의 결정이 불가피해질 것임. 인더스트리 4.0 작업반은 다음과 같은 8가지 중요한 영역에서 충족되어야 할 사안을 확인함.

- **표준화와 참조 아키텍처** Standardisation and reference architecture: 인더스트리 4.0은 가치창출 네트워크 상에서 하나의 기업을 넘어서 기업 간에 네트워크로 연결되는 것과 기업 간의 통합을 의미함. 이러한 긴밀한 협력(collaborative partnership)은 공동의 단일 표준을 통해서만 가능함. 그러한 표준의 기술적인 서술(description)과 구현을 위해서는 참조 아키텍처가 필수적임.

6) 역자 주: 여기서 두 가지 전략이란 leading supplier 및 leading market 전략으로 구분됨. Leading supplier 전략은 선도적인 CPS 공급자 역할을 하는 것을 의미하며, leading market 전략은 선도적인 CPS 이용자 역할을 하는 것을 말함.

- 복잡한 시스템의 관리 *Managing complex systems*: 제품과 생산 시스템은 점점 더 복잡해짐. 그에 상응하는 계획 모델과 해석 모델 *planning and explanatory models*은 증가하는 복잡성을 극복하기 위한 기반임. 엔지니어들은 그러한 모델을 만들기 위해 방법과 도구를 다루어야만 함.
- 제조업을 위한 광범위한 광대역망 인프라 *a comprehensive broadband infrastructure for industry*: 인더스트리 4.0을 위한 기본 전제 조건은 높은 품질의 끊어지지 않는 광범위한 통신망임. 따라서 독일 내 뿐만이 아니라 파트너 국가들에 연결되는 광대역 인터넷 인프라는 대규모로 확장되어야 함.
- 안전 및 보안 *Safety and security*: 안전과 보안은 지능형 생산 시스템에서 중요한 성공요인 임. 제조 시설과 제품으로 인해 인간과 주변 환경에 대한 위험은 발생되지 않아야 하며, 다른 한편 시설과 제품 (특히 그것에 포함된 데이터와 정보)은 잘 못 사용되거나 무단 액세스로부터 보호되어야 함. 이를 위해서는 예를 들면 통합된 안전 및 보안 아키텍처와 명확한 신분 확인이 구현되어야 함. 또한 그에 상응한 직업 교육과 평생 교육 내용 *training and continuing professional development content*도 보완되어야 함.
- 업무조직과 업무설계 *Work organisation and design*: 직원의 역할은 스마트 팩토리에서 상당한 변화를 겪을 것임. 증가하고 있는 실시간 제어 기술은 작업 내용, 작업 절차 그리고 작업 환경을 변화시킬 것임. 이것은 직원들에게 보다 많은 자기 책임과 자기 개발을 위한 기회를 제공할 것임. 그 기회는 업무 조직에 대한 사회-기술적인 접근 방법 *a socio-technical approach to work organisation*과 함께 구현될 수 있음. 이를 위해서는 직원이 참여하는 업무 설계 및 평생 교육과 관련된 자격 인증 방법 *lifelong learning measures*이 당연히 고려되어야 하며 레퍼런스 프로젝트는 롤 모델을 가지고 시작되어야 함.
- 직업교육과 평생 교육 *training and continuing professional development*: 직원들의 업무 및 역량 내역은 인더스트리 4.0에 의해 많은 변화를 겪게 될 것임. 그것은 상응하는 교육 전략 *training strategies* 및 학습을 촉진하는 업무 조직을 필요로 하며 이런 요구로 인해서 평생 학습과 실무에 가까운 재교육이 가능하게 될 것임. 이를 위해 예를 들면 모델 프로젝트와 “베스트 프랙티스 네트워크” *best practice networks*가 장려되어야 하며 디지털 학습 기법도 연구되어야 함.

- 법적인 틀 regulatory framework: 인더스트리 4.0에서 새로운 생산 프로세스와 수평적 비즈니스 네트워크는 적법하게 설계되어야 하고, 기존 법은 혁신을 수용할 수 있도록 계속 수정되어야 함. 도전 과제에는 기업 데이터의 보호, 책임 소재 문제, 개인 정보 처리 및 무역 제한 등이 속함. 문제는 입법기관 뿐만 아니라, 특히 경제적인 문제임: 이를 테면 가이드 라인, 표준 계약 및 표준 경영 합의 model contracts and company agreements 또는 회계 감사와 같은 자기 규제 등이 적절한 도구들임.
- 자원의 효율성 resource efficiency: 제조업에서 많은 자원과 에너지 사용은 고비용을 뜻할 뿐 아니라 환경 및 공급 위험을 의미함. 인더스트리 4.0에서 자원의 생산성과 효율성은 증가할 수 있음. 스마트 팩토리를 통한 자원의 추가 투입과 비용 절감 잠재력 간의 상충 관계 trade off는 당연히 연구되어야 함.

인더스트리 4.0으로의 길은 일종의 진화 과정임. 기존의 기초 기술과 경험은 (새로운) 생산 기술의 특수성에 맞게 조정되어야 하며, 동시에 새로운 산업 입지와 새로운 시장을 위한 혁신적인 솔루션이 연구되어야 함. 이러한 조건이 충족되면 독일은 인더스트리 4.0을 기반으로 국제 경쟁력을 확대하고 산업 입지 내에서의 생산량을 유지할 수 있음.

※ 참고사항: **볼드체**와 *이탤릭체*는 원문의 표시를 그대로 반영하였고, 밑줄은 독자의 주의를 기울이기 위해 역자가 강조한 표시임

요약문 원문 출처

독일어

http://www.bmbf.de/pubRD/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf

영어

http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Report_Industrie%204.0_engl_1.pdf

저자 프로필

한순홍

서울대 조선공학과에서 학사, 미국 미시간대에서 조선해양공학 박사 학위를 받았으며, 한국선박연구소에 근무하다, KAIST로 옮겨 기계공학과, 산학협력단장, 해양시스템공학과에 근무하며 iCAD연구실을 운영하고 있다. 전문분야 경력으로는 캐드캠학회 부회장, 전자거래학회 회장, STEP센터 회장을 역임했다. STEP은 제품 도면의 교환을 위한 ISO 표준이다.

조현수

서울대학교 기계설계학과 졸업 후 동 대학원에서 석사학위를 취득하였다. 삼성전자 연구소에서 근무하였으며, HP 컨설턴트를 거쳐, 글로벌 PLM 솔루션 전문업체인 MatrixOne, 다쏘시스템에서 자동차, 전기/전자, 기계, 중공업 등의 다양한 제조 산업의 국내 대표 기업을 대상으로 PLM 도입/구축 컨설팅을 담당하였으며, 현재는 지멘스 인더스트리 소프트웨어에서 인더스트리팀장을 맡고 있다.

박홍석

한양대학교 기계공학과를 졸업하고 삼성중공업 및 한국과학기술원(KIST)에서 근무하다 독일 RWTH Aachen에서 석사, University of Hannover에서 박사 학위를 취득하였다. 독일생산공학연구소(IFW)를 거쳐 현재까지 울산대학교 공과대학 기계공학부에 재직하고 있으며 생산공학연구실(Laboratory of Production Engineering)을 운영하고 있다. 전문분야 경력으로는 한국정밀공학회 부회장, 한국자동차공학회 부회장을 역임하였으며, 각종 국내 및 국제학술대회(DAAAM, CARV, SysInt, ModTech 등)에서 Scientific Committee member 및 Editor로 활동 중이다. 주요 연구 분야는 자율 최적 생산시스템 및 공정 개발, 생산 장비 및 도구 개발, 지능 및 자동화 시스템 설계 및 제어 기술 등이다.

노상도

KAIST 기계공학과를 졸업하고, 서울대학교 대학원 기계설계학과에서 “Networked Virtual Manufacturing System for Collaborative Engineering”으로 공학박사학위를 취득했다. 학위 취득 후 고등기술연구원 생산기술센터에서 선임연구원으로 근무했으며, 서울대학교 기계항공공학부 연구교수를 거쳐 2002년부터 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과에 재직하고 있다. 주요 연구 분야는 엔지니어링 프로세스 및 생산시스템 모델링, 시뮬레이션 및 분석, 동시 협업, 디지털 가상생산, PLM(Product Lifecycle Management), 엔지니어링 자동화 및 상호운용성, e-Manufacturing, 대량 맞춤형 네트워크 생산, 지속가능 생산 등이다.

역자 프로필

김 은

독일 Köln 대학교(University of Cologne)를 졸업(Diplom Kaufmann)하고 동 대학에서 경영학 박사학위(Dr. rer. pol.)를 마쳤다. 학위 취득 후 한국정보화진흥원, SAP 등에서 근무했으며, KAIST 소프트웨어 대학원의 초빙교수로 재직한 바 있다. 현재는 설립 중인 (사) 한국ICT융합네트워크(가칭)의 준비위원장 역할을 맡고 있고, 소프트웨어 정책연구소의 초빙연구원으로 재직 중이며, (주) 소프트웨어 경영연구소를 운영하고, KAIST 경영대학 겸직교수로 재직 중이다. 최근의 주요 연구 분야는 소프트웨어 경영 및 정책이다.

편집위원

성함	소속	연락처	전공분야
김용진	서강대학교 경영학과 교수	yongjkim@sogang.ac.kr	경영학, MIS, 서비스
김 은	(주) 소프트웨어경영연구소 대표이사 소프트웨어정책연구소 초빙연구원 KAIST 경영대학 겸직교수	eunkim@kaist.ac.kr	경영학, 전략기획, 정보 전략, 조직간 정보시스템, 성과관리, 소프트웨어 기업 경영, 소프트웨어 정책
김인철	산업연구원	ikim@kiet.re.kr	경제학
박진우	서울대학교 산업공학과 교수	autofact@snu.ac.kr	산업공학
우한균	UNIST 경영학과/MIS 교수	hwoo@unist.ac.kr	경영학, MIS, Requirement Engineering, Innovation Management
이은택	오픈타이드 대표	euntaik.lee@samsung.com	경영학, 운영혁신 및 생산관리
임성배	세인트 메리대 경영학과/MIS 교수	seongblim@gmail.com	경영학, MIS, Innovation Management
임채덕	한국전자통신연구원 임베디드SW연구부장	cdlim@etri.re.kr	컴퓨터과학 (임베디드SW, 분산컴퓨팅)
한순흥	KAIST/해양조선학과 교수	shhan@kaist.ac.kr	선박, 해양플랜트, 기계(자동차)의 설계 (engineering design)와 CAD (computer aided design)

ICT융합 Issue Report 2014-03

인더스트리 4.0

2014년 8월 26일 인쇄

2014년 8월 26일 발행

발행인 (사) 한국ICT융합네트워크 회장

발행처 (사) 한국ICT융합네트워크

서울 강남구 강남대로 320 1312호

Homepage: www.kicon.org

사단법인
한국ICT융합네트워크 (가칭)
Korea ICT Convergence Network

회원가입문의

김은 010-4941-6601 | eunkim55@gmail.com
김도윤 010-2520-3905 | chic-hn@hanmail.net
www.kicon.org