

 POSRI 보고서

인더스트리 4.0, 독일의 미래 제조업 청사진

박형근 수석연구원, 미래창조연구실 (hyungkeun.park@posri.re.kr)

김영훈 수석연구원, 미래창조연구실 (golyong@posri.re.kr)

[목 차]

1. 왜 인더스트리 4.0에 주목하는가?
2. 인더스트리 4.0이란?
3. 새로운 제조업 패러다임, 무엇이 바뀌나?
4. 독일의 4차 산업혁명 구상이 우리에게 주는 의미

Executive Summary

- **인더스트리 4.0은 독일이 제조업 주도권을 이어가기 위해 구상한 차세대 산업혁명을 지칭하며, ICT와 제조업의 융합을 통한 경쟁력 유지가 핵심**
 - 독일은 신흥국의 원가경쟁력을 통한 추격, 선진국의 기술추격에 대응해 제조업 주도권을 지속하기 위해 한 단계 앞서 나가는 4차 산업혁명을 구상
 - 소비자의 개별 취향을 충족하는 고품질 제품을 빠르게 전달해 부가가치를 높이고 차별화함으로써 독일의 제조업 경쟁력을 유지할 것으로 기대
 - 친환경 도심형 공장에서 숙련된 노동자들이 오랜 세월 일할 수 있으며, 기술교육을 받은 전문인력에 대한 수요가 늘어 고용창출 효과도 발생
- **다품종 대량생산이 가능한 가볍고 유연한 생산체계가 인더스트리 4.0의 중심에 있으며, 이를 위해서는 사물인터넷과 사이버물리시스템 기술이 필수**
 - 제조업의 넥스트 패러다임은 IT와 제조의 융합이 기본 바탕이 되며, 현실의 물리적 세계와 인터넷의 가상서비스를 연결해주는 사이버물리시스템 필요
 - 기존의 경직된 중앙제어식 일관공정시스템이 유동적인 분산제어식 가변 공정시스템으로 바뀌어 소비자 및 생산자 가치 모두 향상
 - RFID 등 스마트 메모리 장착을 통해 소재와 제품, 생산기기의 지능화를 이루어 제품이 능동적으로 생산 및 이동경로를 선택하는 시스템
- **지멘스, BMW 등은 이미 스마트 팩토리 개념을 도입해 공정을 고도화 하고 있으며, 관련하여 국가간 표준화 경쟁이 치열할 것으로 예상**
 - 산업용 기기 및 소프트웨어 분야 선두주자인 지멘스는 연구인력 3만 명 가운데 절반을 소프트웨어 엔지니어로 채용해 제조와 IT 융합을 주도
 - 보쉬는 연료 인젝터에 RFID를 부착해 수십만 가지 제품조합을 효율적으로 생산하고 있으며, BMW는 3D 프린팅 기술을 적용함으로써 생산 현장의 가변성을 높임
 - 독일은 다국적 기업 및 대학 연구기관의 참여를 통해 스마트팩토리 프로젝트를 주도해 시범공장과 표준화 개발에 박차를 가하고 있음
- **제조업과 IT분야 강국인 한국에게는 중요한 기회이며, 효과적 기술 융합을 통해 제조업을 한 단계 진화시키는 것도 가능**
 - ① **인더스트리 4.0은 특정 기술을 지칭하는 것이 아닌 제조업 전반의 시대적 전환을 총칭하는 용어로 이해하는 것이 바람직**
 - ② **포스코는 후판용 RFID개발 등 스마트팩토리를 구축 중이나, 보다 종합적인 접근을 통해 전 밸류체인에서 리더십을 확보할 수 있는 End-to-End 엔지니어링 필요**
 - ③ **독일은 국가 차원에서 표준화 및 기술 개발을 서두르고 있어, 선점 경쟁에서 한 발 뒤진 후발 주자들은 적극적인 표준화 참여와 협업이 필요**

1. 왜 인더스트리 4.0에 주목하는가?

□ 독일은 인더스트리 4.0을 통해 미래 제조업 시장 주도 구상

○ 자국 제조업의 진화를 통한 양질의 일자리 창출, 노동 고도화 통한 고임금·고령화 구조 대응, 고부가 생산 통한 경쟁력 유지가 궁극의 목적

- 독일은 제조업 기술 리더이자 세계 2위 수출국이지만 신흥국과의 저가 생산경쟁, 중국·한국 등 후발주자의 기술추격에 위기 인식
- 생산 패러다임의 변화를 통한 제조업 경쟁력 강화와 고부가 제품시장 장악으로 마켓 리더십을 유지하는 End-to-End 리더십 전략 채택
- 최근 많은 발전을 이룬 IT분야와 전통적 강점인 생산기술분야의 결합을 통해 새로운 돌파구 모색

○ 국가 경쟁력 유지를 위한 ‘하이테크 비전 2020’ 내 에너지, 환경, 통신 등 핵심 미래기술과 함께 인더스트리 4.0 항목 추가해 국가로드맵 작성

- 2006년 시작된 국가 하이테크 비전 2020의 액션플랜에 인더스트리 4.0을 2012년 새로 편입시키고 이를 추진하기 위해 2.5억 유로 규모의 국가 프로그램 운영
- 사물인터넷(IoT¹), 사이버물리시스템(CPS²), 스마트팩토리 등 산학연 연구 프로그램을 운영해 국가 차원의 기술표준을 개발하고 시범모델 운영
- 스마트팩토리 프로젝트는 독일인공지능연구소 주도 하에 지멘스, 보쉬 등 산업계, 시스코 등 해외기업, 스웨덴·스페인을 포함한 다국적 대학 등이 참여

□ 미국과 중국 또한 제조업의 중요성을 재조명하며 경쟁력 강화를 위한 국가 플랜 마련, 3D 프린팅과 IoT 등 기술개발 적극 지원

- 미국은 제조업 발전을 위한 국가 협의체인 AMP³를 운영하고 있으며, NIST⁴, NSF⁵ 등 과학기술 단체를 통해 수 억불 규모의 연구개발 투자를 실시
- 중국도 12차 5개년 계획 내 7대 전략사업분야 가운데 생산장비 고도화 및 정보통신 진흥을 위한 계획을 수립하고 IoT센터를 설립해 CPS연구 등에 1.17억 달러를 편당하는 등 적극적 입장

¹ Internet of Things

² Cyber Physical System

³ American Manufacturing Partnership

⁴ National Institute of Science and Technology

⁵ National Science Foundation

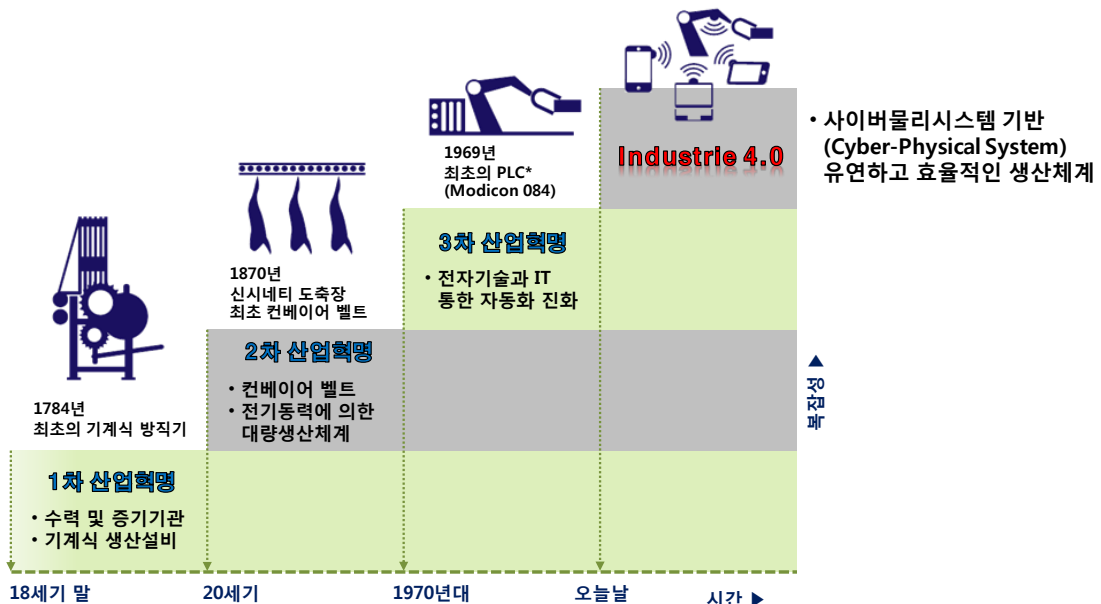
<독일의 인더스트리 4.0을 통한 미래성장 구상, 포스리 분석>



2. 인더스트리 4.0이란?

- 기계의 도입, 자동화의 진행, 컴퓨터와 로봇의 등장에 이어 기계와 사람, 인터넷 서비스가 상호 연결되는 생산 패러다임의 진화
- 센서, 액추에이터, 모바일 기기 등 물리적 세계의 사물이 CPS라는 매개체를 통해 인터넷 상의 생산 및 재고관리, 고객관리 등의 서비스와 연결
- 물리적 세계에서 진행되는 일들이 실제 가상의 세계로 미러링(동일하게 복제)되어 사전검증, 실시간 관리, 사후분석이 가능 [별첨1 참조]

<산업혁명의 역사적 흐름>

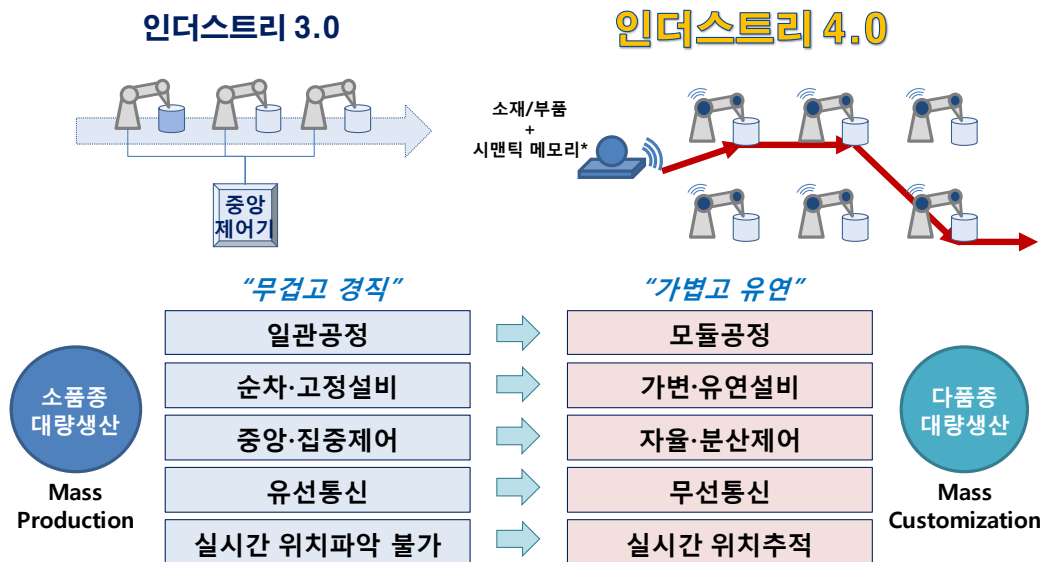


* PLC Programmable Logic Controller

자료: DFKI (독일인공지능연구소), 2011

- 소재/제품/기기의 지능화 통해 과거 경직된 중앙집중식 생산체계에서 모듈 단위의 유연한 분산·자율제어 생산체계 구현

<인더스트리 3.0 vs. 인더스트리 4.0>



*시맨틱 메모리: RFID 등 제품의 이동경로 등 이벤트를 기록해 저장할 수 있는 메모리 분류

- 과거 중앙제어장치의 명령을 받아 생산기기가 소재를 가공하던 일방향 서비스 로직에서 소재와 반제품에 RFID⁶ 등 스마트메모리를 장착해 스스로 지능화된 생산기기와 통신 통해 경로를 결정하는 분산제어체계
- 모듈단위 생산체계로 인해 제품의 변경이나 고객주문에 따라 수시로 생산 Layout 변경이 가능하고 교체 즉시 가동하는 Plug&Produce 시스템
- 고객 주문으로부터 택배 물류까지 밸류체인 전 과정의 서비스 연결 및 기기간 통신을 구축해야 하는 End-to-End 엔지니어링 기술 필요
- 기기가 인터넷에 연결되어 Stuxnet⁷ 등 외부의 공격에 취약해질 수 있으므로 클라우드 보안기술 등의 확보는 선결해야 할 과제

3. 새로운 제조업 패러다임, 무엇이 바뀌나?

- 제품의 가치 향상, 고효율의 지능화된 공장, 편리하고 안전한 근로자 환경을 추구하는 새로운 생산 패러다임으로 전환

⁶ Radio Frequency Identification: 극소형칩에 안테나를 달아 무선으로 데이터를 송신하는 장치

⁷ 발전소·공항·철도 등 기간시설 파괴 목적으로 제작된 바이러스

○ ‘나만을 위한 제품’이 각광받는 ‘Batch Size 1’시대 개막

- 3D 프린팅 업체인 스트라타시스의 조사에 따르면 소비자는 개인화된 제품에 대해서 5~20%의 프리미엄을 지불할 의사를 갖고 있음
- 보쉬는 디젤엔진 핵심부품인 연료인젝터 생산시 RFID 적용으로 수십만 가지 제품사양을 충족하고, 실시간 생산정보를 고객사와 공유해 가치 제고
- 제약업계에서는 약통에 스마트메모리를 부착, 생산연도, 선적일 등을 저장하고, 내장 센서를 이용해 개봉 후 경과시간과 투약횟수를 보여줌으로써 환자의 편의를 개선

○ 도시에 위치한 친근한 공장, 인간에 반응하는 똑똑한 생산로봇

- 자동화기기 기업인 비텐슈타인은 소음과 오염배출을 혁신적으로 줄인 친환경 도심형 공장을 독일 슈투트가르트 근교에 운영, 근로자들이 가까운 거리를 출퇴근하고 생산 과정에서 남는 열을 지역난방에 활용해 지역에도 공헌
- 빌레펠트 대학에서는 생산로봇을 가벼운 소재로 제작해 한 사람이 들어 옮길 수 있고, 사람의 동선을 피해 움직이게 하는 지능화 연구를 진행



자료: Wittenstein

○ 가상공간에서의 공장 구현을 통해 사전에 많은 가능성들을 타진해볼 수 있고, 지구 반대편에서도 공장 설비의 보수가 가능한 가상현실 기술

- 지멘스는 TIA (Totally Integrated Automation) 소프트웨어를 개발해 공장 레이아웃 점검부터 제어설계, 생산 시뮬레이션, 가동 모니터링을 하나의 패키지에서 구현하도록 해 혁신적 비용절감 실현
- 가상/증강현실 기술의 발달로 구글 글래스나 모바일 기기를 통해 손쉽게 현장교육이 가능해져 멀리 떨어진 생산현장에 갈 필요가 없는 원격 교육 및 원격 보수 활성화

- 증강현실 통한 조립교육
- 증강현실 통한 원격보수



자료: SAP

○ 인더스트리 4.0에서도 중요한 축을 담당하는 3D 프린팅과 빅데이터

- BMW는 신차 출시에 따라 수시로 변하는 부품형상에 맞추어 반제품을 실어 나르는 Jigs&Fixtures를 3D프린팅 기술로 생산함으로써 경제적이고 신속하게 대응
- 센서, 액추에이터의 연결, 소재와 제품의 메모리 사용으로 유통 데이터가 기하급수적으로 늘어나면서 빅데이터 처리기술의 중요성 증대
- 생산기기의 업그레이드 앱 판매를 통해 새로운 애프터세일즈 시장 창출



자료: Stratasys, DFKI, GE

4. 독일의 4차 산업혁명 구상이 우리에게 주는 의미

① 기술개발 및 표준화 서두르는 독일에 뒤처지지 않으려면...

- 인더스트리 4.0은 특정 기술을 지칭하는 것이 아닌 제조업 분야 시대적 전환을 총칭하는 용어로 이해해야

- 많은 기업들이 각 요소기술에 대해 단편적으로 접근하고 있으나, 표준화로 전 밸류체인에 걸친 리더십을 갖는 것이 핵심으로 독일과 같이 종합적 접근을 통해 협업을 유도하는 것이 유리
- 독일이 국가 차원의 육성을 통해 글로벌 표준을 선점할 경우, 후발주자들은 다시 그들에 끌려 갈 수 밖에 없어 대비 필요
- 따라서, 한국도 독일 스마트 팩토리 프로젝트, 세계 사물인터넷 포럼 등에 참가해 적극적으로 의사를 개진하고 동향 파악과 기술교류를 실시할 필요

② 제조업과 IT 강점분야인 한국에겐 기회 요인

- 독일 인공지능연구소장, 지멘스 등 전문가 인터뷰에 따르면, 인더스트리 4.0은 2020년 경에 본격화 될 전망으로 아직 초기 단계
- 제조업 경쟁력 5위, IT발전지수 1위인 한국으로서는 두 분야의 성공적 융합을 통해 제조업을 한 단계 업그레이드 시킬 수 있는 기회

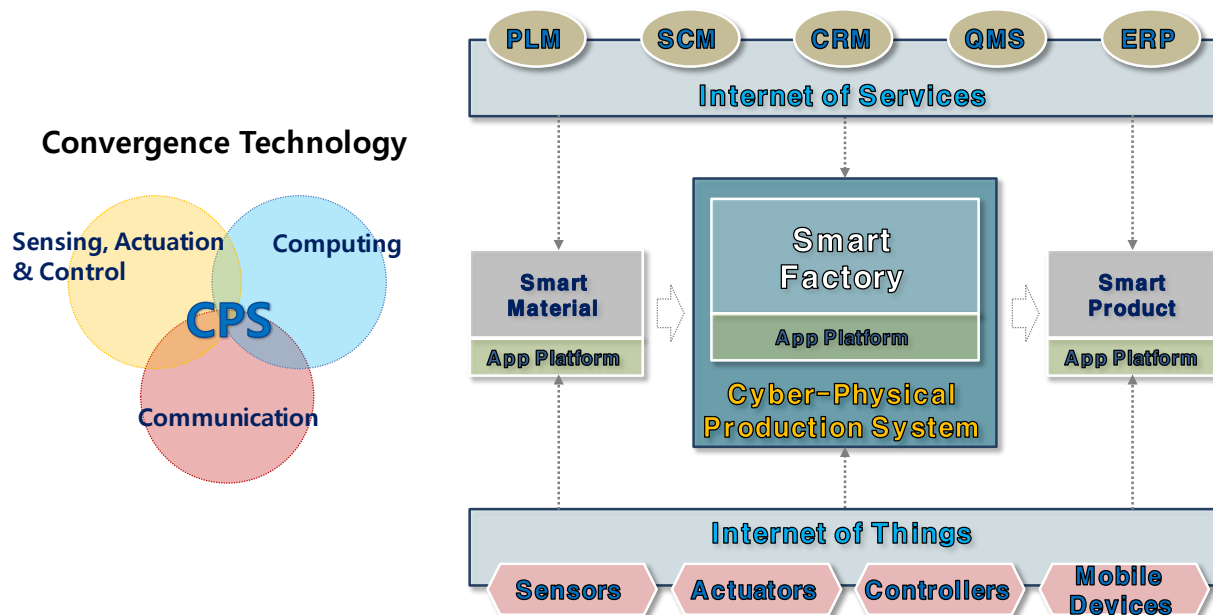
③ 포스코 패밀리도 이미 인더스트리 4.0에 진입

- 포스코는 냉연, 열연코일에 직립형 **RFID**를 개발해 적용한데 이어 후판용 **RFID**도 지난 1월 세계 최초로 개발해 물류 혁신 주도
- 포스피아 3.0의 일환으로 모바일 기기와 데이터베이스를 연동해 안전작업을 확인하고 재고를 관리하는 등 스마트 워크플레이스 운영
- 또한, 제철소 산소공장의 에너지 제어관리시스템 개선으로 가시적 성과를 창출하여 확대 적용을 추진
- 종합적인 스마트팩토리 개념 적용을 통해 마케팅 단계에서부터 사후관리의 전 밸류체인에 걸친 발전 로드맵 수립 필요

④ 표준화는 여전히 넘어야 할 벽

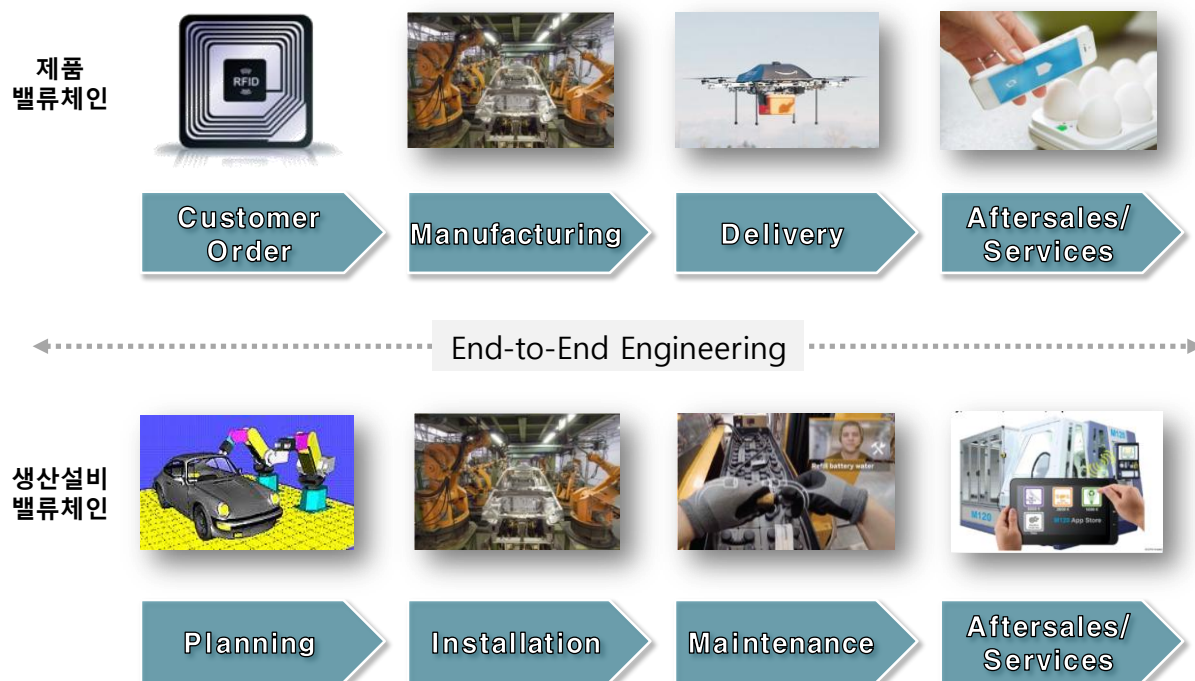
- 독일은 사물인터넷 통신표준과 스마트 메모리, 생산기기 연결 소켓의 표준화를 통한 **Plug & Produce**를 추구하고 있으나 기업간 기술주도권 경쟁으로 표준 개발과 단일화에 상당한 노력이 필요할 것
- 시장과 기술 리더십이 모두 강한 일본, 중국, 미국도 국가 차원의 로드맵 및 기술표준을 개발하고 있어 지역별 표준이 세분화될 가능성도 있음
- 독일의 스마트팩토리 프로젝트처럼 국가 차원에서 산학연 단체의 적극적인 참여를 유도함으로써 기술정보를 공유하고 표준화 작업도 서둘러야

[별첨 1] 개념적 서비스를 물리적 하드웨어와 연계해주는 CPS



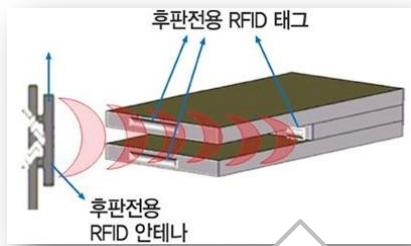
자료: DFKI (독일인공지능연구소), 2011

[별첨 2] 밸류체인 전반에 걸친 End-to-End 엔지니어링



자료: 포스리 분석

[별첨 3] 포스코의 인더스트리 4.0



코일, 후판용 RFID 상용화

재고 및 물류관리, 고객정보제공



스마트워크

생산현장 모바일 업무환경 제공



자료: 언론자료 종합

[별첨 4] 독일의 산학연 협력 프로젝트인 스마트팩토리



자료: DFKI (독일인공지능연구소), 2011

[참고자료]

- 『**Industrie 4.0, Smart Manufacturing for the Future**』, German Trade & Invest, 2014.1.14
- 『**Industry 4.0: The Semantic Product Memory as a CPPS**』, Wolfgang Wahlster, DFKI 2013.5.27
- 『**Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industry 4.0**』, German Acatech, 2013.4
- 『**Innovation and Production**』, A Preview of the MIT Taskforce on Innovation and Production Reports, 2013.2.22
- 『**Industry 4.0-The German Vision for Advanced Manufacturing**』, Detlef Zuehlke, DFKI 2013.12
- 『www.dfki.de, www.smartfactory.de』, 독일인공지능연구소, 스마트팩토리 프로젝트
- 『**장벽붕괴 25년, 게르만의 비상**』, 한국경제신문-포스코경영연구소 공동기획 한국경제신문 기사, 2014.1.2~1.16
- 한국경제신문-포스코경영연구소 2013년 12월 독일공동취재팀 '인더스트리 4.0' 전문가 인터뷰
 - Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wahlster, 독일 인공지능연구소장
 - Prof. Dr.-Ing. Detlef Zuehlke, 독일 인공지능연구소 생산혁신시스템 연구소장
 - Dipl. Ruediger Dabelow, Managing Director, 스마트팩토리 카이저스라우턴
 - Prof. Dr. Dieter Wegener, Siemens Industry