

특집원고 1 [2015 학회상 수상자 특집기사]

인더스트리 4.0에서 국제 표준

[글] 한순홍
한국과학기술원
shhan@kaist.ac.kr

이 글은 2015년 2월 강원도 휘닉스파크에서 개최된 카드캡학회 행사에서 발표한 내용을 정리한 글이다. 내용적으로는 2014년 8월 무주리조트에서 개최된 카드캡학회 행사에서 ‘모노즈쿠리와 CAM 연구 활성화’라는 제목으로 진행된 발표의 연장선 상에 있다.

1. 배경과 문제점

1.1 한국의 잃어버린 10년 ?

일본의 잃어버린 10년은 1990년에 시작되었다. 버블붕괴라고 불리는 부동산 거품 붕괴는 그 전에 일본에서 장기간 진행된 부동산 투자 열풍의 부작용으로 나타난 것이고, 일본의 자본이 뉴욕의 고층 건물들을 매입하여 관심을 끌기도 했다. 지금은 중국인들이 뉴욕의 고층빌딩들을 매입하고 있다. 그림 1처럼 ‘잃어버린 20년’이라는 용어가 사용되듯이 일본

은 많은 노력에도 불구하고 저성장 늪에서 벗어나지 못하고 있다. 1997년에 한국을 포함한 동남아시아 국가들의 (IMF) 외환위기로 일본도 타격을 받았고, 2006년에는 제로금리 정책의 종료를 선언하였지만, 2007년에 미국발 버블붕괴인 리먼브라더스 사태로 다시 경기가 가라앉았고, 급기야 아베노믹스라는 강력한 경기부양책을 도입하고 있다.

한국은 일본과 많은 면에서 닮아 있다. 인종적으로 언어적으로도 닮아 있지만, 특히 일제강점기와 해방 이후에 경제의 압축 성장을 이루는 과정에 일본을 모델로 삼아 발전해 왔기에, 일본의 산업 발전 과정을 뒤따라 발전해 왔다고 할 수 있다.

인구 구조면에서도 비슷한 면이 많기 때문에, 경제 구조적으로 일본과 유사한 면이 많아, 일본의 저성장 상황이 한국에도 그대로 나타날 가능성이 높다. 저출산, 고령화, 베이붐 세대의 대량 퇴직, 고용 없는 성장, 청년 실업률 상승, 제로금리시대, 부동산 버블 등의 많은 용어들이 일본에서 유행하고 곧이어 한국에도 적용되고 있다. 이런 산업 및 인구구조를 볼 때 한국도 일본처럼 저성장의 늪에 빠져 잃어버린 10년을 갖게 될 가능성이 높다.

일본의 단카이 세대는 한국의 베이비붐 세대에 대응하는 세대인데, 1945년 2차대전 종료 이후에 출생한 세대를 말한다. 한국에는 1953년의 6.25 한국전쟁이 종료된 이후에 태어난 세대를 베이비붐 세대라고 한다. 전쟁으로 줄어든 인구가 전쟁 직후에 폭발적인 증가를 보인 세대이고, 이들을 중심으로 경제



그림 1. 일본의 잃어버린 20년

부흥을 이뤘으며, 지금은 이 세대의 수명이 늘어나면서 고령화 시대로 진입하며, 한편으로는 저출산으로 젊은 경제인구가 줄고 있어, 그 차이가 더 크게 느껴지고 있다.

다행히 중국 덕분에 한국은 일본에 비해 경제 상황이 덜 어두워 보이지만, 그것이 오히려 경제 체질을 개혁할 시기를 늦추는 효과를 내어, 뒤늦게 더 많은 어려움을 겪을지도 모른다. 미래에 예상되는 어려움을 회피하기 위하여 한국은 일본의 상황과 그 해결책을 위한 노력을 참고해야 할 것이다.

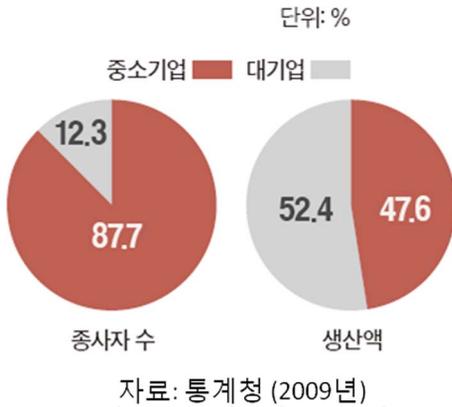
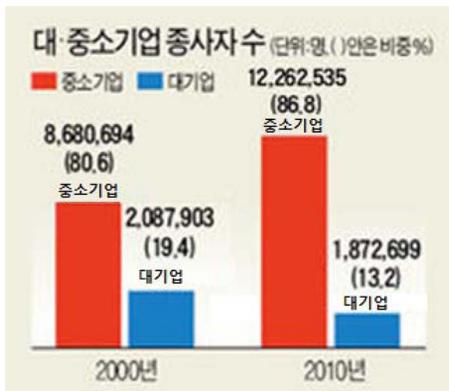


그림 2. 중소기업이 한국경제에서 차지하는 비중



자료: 한국경제신문

그림 3. 중소기업과 대기업의 고용 변화

1.2 고용 없는 성장

중소기업과 대기업의 매출액과 고용비용을 보면, 고용을 늘리기 위해서는 중소기업을 육성해야 할 필요성이 크다. 그림 2를 보면, 우리나라의 중소기업들과 대기업들의 매출액 합계액은 서로 비슷하지만, 고용자 숫자는 중소기업이 90%에 가까우며, 그 차이는 더 커지고 있다. 그림 3을 보면, 2000년부터 10년 사이에 중소기업 종사자 수는 81%에서 87%로 증가하였지만, 대기업 종사자 수는 19%에서 13%로 줄어들었다. 대기업의 경우에 매출액이 성장했지만 고용 숫자는 오히려 감소하고 있다.

이와 같은 상황이 지속되고 있기 때문에 정부와 정치권은 고용과 성장 둘 중에 하나만 택하라고 한다면, GDP 성장보다는 일자리 창출을 정책의 우선 순위로 채택할 준비가 되어있다. 세계의 많은 나라는 지금 일자리 창출과의 전쟁 중에 있다고 해도 과언이 아닐 것이다. 고용 없는 성장 시대를 맞아 각국이 일자리 창출을 최우선 과제로 추진하고 있다.

따라서 일자리 창출을 위해서는 중소기업을 육성하는 것이 중요한 항목의 하나이다. 문제는 젊은 사람들이 중소기업, 특히 중소제조업에 취업하는 것을 기피하여, 중소제조업은 구인난에 허덕이며, 공장을 해외로 이전하거나, 저임금 국가의 인력을 한국으로 초빙하여 고용하고 있는 실정이다. 이와 같은 부조화를 해결하기 위해서는 중소제조업의 고도화, 즉 고급 직장으로 육성하고 활성화하는 것이 필요하다. 대기업에 버금가는 급여수준과 복지수준, 그리고 안정된 고용을 중소제조업에도 가능하게 하는 것이 필요하며, 이는 선진국들도 오랫동안 같은 고민을 하고 있다.

2. 해외 추진 현황

이러한 어려움은 한국만의 문제가 아니고, OECD 국가들의 대부분이 겪고 있는 어려움이다. 유럽을 비롯하여 일본과 미국이 오래 전부터 경험하고 있는 어려움이고, 그에 대한 해법을 계속 찾아 오고 있는데, 한국은 그동안의 고성장 시기가 종료되고 이제는 선진국들과 비슷한 처지에 도달하여 일본처럼 저성장이 고착화되는 것을 걱정하고 있다.



그림 4. 독일의 인더스트리4.0 [6]

2.1 인더스트리 4.0 (독일)

독일은 전통적으로 세계 최고의 제조기술력을 보유하고 있다고 자부하는 국가이며, 세계 1위의 제조업 강국이라는 타이틀을 일본, 한국에 이어 중국에 빼앗기고 있고, 또한 저성장과 소득의 양극화, 그리고 고용불안으로 걱정을 하고 있으며, 그 해법의 하나로 인더스트리4.0을 추진하고 있다.

독일이 보유한 세계 최고의 제조기술에 첨단 ICT 기술을 융합하여, 지난 20여년간 일본, 한국, 중국 등의 추격 국가들에 잠식당했던 제조업 강국의 지위를 유지하겠다는 목표를 가지고 있다. 이 프로그램은 국가적인 차원에서 강하게 추진하고 있어, 그 영향력이 다른 나라에 비해 크게 느껴진다. 그림 4는 독일에서 추진하는 인더스트리4.0을 보여주며, 이를 구성하는 요소기술로는 IoT, CPS, 스마트 팩토리, 그리고 표준이 있다.

IoT는 Internet of Things의 줄인 말로 사물인터넷이라고 번역한다. 그동안 인터넷이 웹브라우저, 구글 등 자료 검색과 이메일 등 인간 중심으로 발전해 왔다면, 앞으로는 세상의 모든 물체들에 인터넷 주소(IP)가 부여되어, 인터넷을 통해 사물들이 디지털 통신망에 연결되는 모습을 그리고 있다. 공장 자동화 입장에서 보면 장비들이 인터넷에 연결되고, 특히 센서 단위까지 구분되어 인터넷 주소를 갖게 되면, 중앙통제실에서 공장 라인의 개별 장비들의 상태를 직

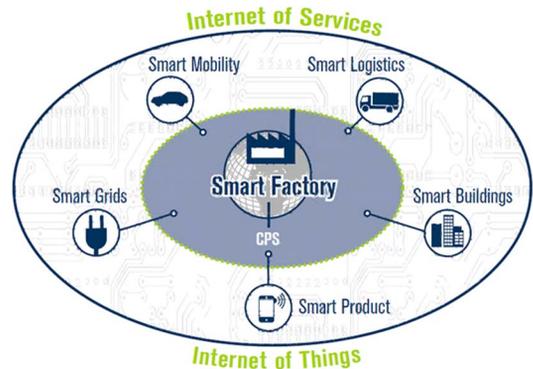


그림 5. 스마트 팩토리 [7]

접 관찰하고 제어하여, 자동화 수준을 높이고, 예비적인 유지보수(preventive maintenance)를 수행하기 좋다. 사물인터넷은 디지털 센서 네트워크의 발전된 모습이라고 볼 수도 있으며, 이 사물의 범위가 일반 생활용 사물로 확대되면, 환경보호, 장보기, 쓰레기 재활용 등 다양한 모습으로 활용이 가능하다.

CPS는 Cyber Physical System의 약자로 사물인터넷으로 연결된 개별 장치들에 센서와 액츄에이터(근육에 해당)가 포함되어, 로봇팔과 같은 작업이 가능한 자동화 부품에 가깝다. 이런 CPS들로 구성된 디지털 자동화 장비들이 모여 그림 5에 보여진 스마트 팩토리를 구성한다. 스마트 팩토리는 지능을 가진 로봇들이 작업하는 무인화 공장으로도 비슷한 모습을 보

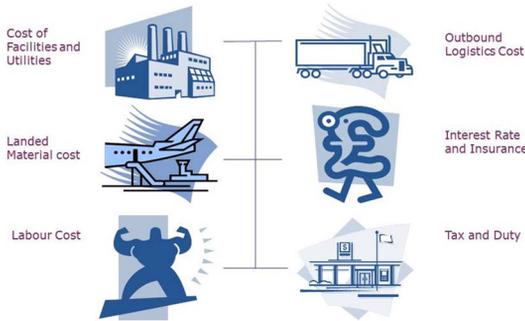


그림 6. 미국의 리쇼어링과 오프쇼어링 [14]

일 것이다. 소프트웨어 에이전트 기술은 사용자의 개입 없이 센서들과 행위자를 사용하여 외부환경과 상호작용하므로, CPS와 소프트웨어 에이전트는 이렇게 닮은 점이 있다. 한편, 다양한 장치들과 로봇들이 사람들처럼 하나의 제품을 완성하기 위해 협력하기 위해서는 서로 대화가 가능해야 하며, 이를 위해 통일된 표준언어가 사용된다.

2.2 리쇼어링 (Re-shoring, 미국)

미국은 나이키 신발처럼 마케팅과 파이낸싱, 그리고 설계력만 보유하고, 생산은 현지에서 아웃소싱하려는 전략이 오랫동안 진행되어 와서, 제조업 공동화를 일찍부터 경험했다. 콜센터, 애프터서비스 등의 비즈니스 서비스 분야도 인도 등으로 아웃소싱하여 인건비의 압력을 낮춰 경쟁력을 유지하는 아웃소싱 또는 오프쇼어링(Off-shoring) 전략이 우위에 있었는데, 이제는 그림 6처럼 이를 거꾸로 미국 내에서 제조를 진행하려는 리쇼어링(Re-shoring) 전략으로 움직이고 있다.

미국에서는 독일처럼 정부가 앞장서는 대규모의 움직임은 없지만, 다양한 노력들이 관찰된다. 스마트 팩토리는 독일보다 미국이 먼저 추진하였으며, 오바마 정부에서는 제조혁신 네트워크(National Network for Manufacturing Innovation: NNMI)라는 이름으로 지방의 거점대학을 중심으로 중소기업체를 연결하여 고용을 늘리려는 사업을 백악관이 직접 추진하고 있다. 중국의 인건비가 빠르게 상승하고 있고, 한편으로는 시장의 경쟁이 심해지면서 대량생산에서 다

품종소량생산으로 동일한 상품의 주문량이 줄어들고 있다. 시장변화에 빠르게 대응해야 하는 압력과, 3D 프린팅 등의 새로운 제조방식이 발전하면서, 저가로 대량 주문하던 해외공장보다는 소규모의 빠른 근접 지역 생산이 주목을 받고 있다.

2.3 모노즈쿠리 (일본)

일본은 1990년 부동산 버블붕괴 이후로 경제 활성화와 고용창출을 위해 노력을 해 왔고, 모노즈쿠리 진흥법을 2000년에 제정한 것을 봐서도 앞선 노력이 있어 왔다는 것을 알 수 있다. 모노즈쿠리는 중소기업의 제조기술적인 고도화를 통한 경제 활성화뿐만 아니라, 교육을 포함한 문화 운동으로 발전시키려고 노력한다. 한국처럼 젊은 세대들이 중소기업에 취업을 기피하고 있어, 중소기업에 매력 있는 일자리로 탈바꿈하려는 노력이 포함되어 있다.

모노즈쿠리는 도자기나 음식 등 몇대에 걸쳐 기술을 전수하고 가업을 이어오는 일본 특유의 장인정신을 살리고, 한편으로는 일본에 부족한 마케팅, 정보통신, 소프트웨어 등의 서구 기술을 접목하여, 중소기업을 고도화하며, 고용과 경제활성화를 얻겠다는 전략을 가지고 있어, 화혼양재(和魂洋才)라는 슬로건처럼 일본의 전통 정신문화와 첨단 해외기술을 접목한다는 전략을 가져, 독일의 인더스트리4.0과도 닮은 점이 있다.

2.4 한국의 움직임

해외진출기업의 국내 복귀 지원에 관한 법률(유턴기업지원법)은 2013년 12월부터 시행되고 있는 법으로, 낮은 인건비와 유연한 고용을 찾아 해외, 특히 중국으로 중견 제조업체들이 공장을 이전하여, 국내에는 제조업 공동화라는 현상을 가져오고, 이에 따른 일자리 감소가 나타났다. 하지만 중국의 인건비도 빠르게 상승하고 있어 정부에서는 해외진출기업의 국내 복귀를 위해 지원법을 만들었고, 이를 통해 설비 투자액 지원금, 법인세 감면, 직원 고용보조금 등의 혜택을 제공하고 있다.

제조업 공동화 현상은 아웃소싱을 통한 경쟁력 강화와 글로벌경영의 영향으로 확산된 것이다. 그림 7



그림 7. 초창기 포드자동차의 조립라인 (1913년)

자료: 조선일보



그림 8. 모닝 자동차의 아웃소싱

은 100년 전의 자동차 산업의 초창기에 도입된 컨베이어벨트 방식의 조립라인의 모습을 보여준다. 그 당시 세계 최대의 공장이었던 미국 디트로이트의 루지 공장은 10만명의 종업원이 종사하며, 석탄 부두를 가지고 철광석과 원료를 수송하여 철판과 유리를 자체 생산하는 자급자족형 복합공장이었다. 하지만, 현재는 공장 부지의 대부분이 포드박물관으로 사용되고,

귀퉁이의 일부분이 픽업트럭의 조립생산 라인으로 사용되고 있다.

미국에서 시작된 아웃소싱 개념은 시장의 빠른 변화에 유연하게 대응하기 위하여, 사업조직의 핵심 기능 이외는 외부조달로 돌리는 방법으로, 서비스 콜센터를 인도로 이전하고, 저가 대량 부품제조는 중국으로 외주를 주는 방식으로 발전해 왔다. 자동차 산업도 모듈생산 방식이라는 개념을 통해 엔진 모듈도 외주를 통해 조달하는 업체가 늘어나고 있으며, 이윤이 작은 소형 경차는 완제품을 외주로 조달하고 있다. 그림 8은 기아자동차의 모닝 자동차를 OEM 방식으로 납품하는 동희오토의 생산실적과 조립라인을 보여준다.

독일에서 시작된 인더스트리4.0 움직임과 미국 등의 스마트 팩토리 움직임의 영향으로, 한국에서는 산업통상자원부의 제조업 3.0과 미래창조부의 인더스트리4.0 등으로 추진되어 오다가, 현재는 산업통상자원부에 스마트공장팀이 조직화 되면서 스마트 공장이라는 용어가 더 많이 사용되고 있는 것으로 판단된다.

3. 인더스트리4.0을 위한 국제표준

독일 표준협회에서는 인더스트리4.0을 추진하는데 필요한 표준들을 정리하여 2014년에 보고서로 발간하였다. 인더스트리4.0 표준 추진 책자[8]에 소개된



그림 9. 로봇들의 협력 생산

표 1 인더스트리 4.0 관련 국제표준 조직 [7]

IEC/TC 65 Industrial-process measurement, control and automation	SC 65A System Aspects
	SC 65B Measurement and control devices
	SC 65C Industrial networks
ISO/TC 184 Automation Systems and Integration	SC 1 Physical device control
	SC 2 Robots and robot devices
	SC 4 Industrial data
	SC 5 Interoperability, integration, and architectures for enterprise systems and automation applications
ISO/IEC JTC 1 Information Technology	JTC 1/SWG 5 Internet of Things (IoT)
	JTC 1/SC 6 Telecommunications and information exchange between systems
	JTC 1/SC 25 Interconnection of information technology equipment
	JTC 1/ SC 31 Automatic identification and data capture techniques
	JTC 1/ SC 32 Data management and interchange

내용은 표준의 필요성을 포함하여, 국제 표준화 조직, 관련 국제 표준 문서, 인더스트리4.0을 위해 추가로 제정이 필요한 표준화 추진 방향을 소개하고 있다.

미래의 무인공장을 가정해 본다면, 사람 대신에 로봇들이 작업장에서 일을 하게 되며, 그 로봇들은 자동차와 같은 하나의 제품을 완성하기 위해 협력해야 한다. 이때 문제가 되는 것은 그 로봇들이 사용하는 언어가 통일되어야 한다는 것이다. 지금도 한국의 산업현장에 동남아에서 취업한 외국인 근로자들이 많이 근무하기 때문에, 이들 간의 의사소통은 문제로 여겨지고 있다. 사람과 마찬가지로 로봇들도 특화된 기능이 필요하며, 로봇의 특수기능에 따라 다양한 국가나 조직에서 로봇이 제작되기 때문에 사용하는 언어가 서로 다르다. 따라서, 그림 9와 같이 자동차 조립을 위해 다양한 로봇들이 협력하기 위해서는 표준화된 자동화 언어의 사용이 필수적이다.

다양한 언어가 사용되는 국제 사회에서는 언어 사이의 번역이 필요하며, 언어 번역을 위해 구글 번역기와 같은 통역사가 필요하다. 이때 가장 좋은 방법은 언어 사이의 직접 번역이다. 한국과 중국 사람이 만나서 대화를 할 때 중국어나 한국어로 대화를 하는 것이 제일 좋으나, 그것이 여의치 않은 경우는 영어와 같은 공용어를 사용하게 된다. 언어 사이의 직

표 2 국제 및 유럽의 표준화 조직

ISO	International Organization for Standardization
IEC	International Electrotechnical Commission
ITU	International Telecommunication Union
CEN	(Comité Européen de Normalisation), European Committee for Standardization
CENELEC	(Comité Européen de Normalisation Electrotechnique), European Committee for electronic Standardization

접 번역과 간접 번역의 개념은 각각 장단점을 가지고 있다. 한국 사람은 중국어에 능통하기 어렵고, 마찬가지로 중국 사람은 한국어에 능통하기가 어려우며, 두 나라 사람에게 영어는 생소한 언어이기 때문이다.

인더스트리4.0을 위한 기존의 국제 표준화 조직들이 표 1에 정리되어 있다. 세계적인 3대 표준화 조직은 ISO, IEC, ITU라는 조직들이다. 이들에 대한 명칭과 유럽의 표준화 조직명들이 표 2에 정리되어 있다. 표 1에서 TC는 기술위원회(technical committee), SC는 소위원회(sub committee)의 약자이며, JTC는 합동 기술위원(joint TC)로 ISO와 IEC가 컴퓨터 분야의 표준화를 위해 합동으로 구성한 위원회이다.

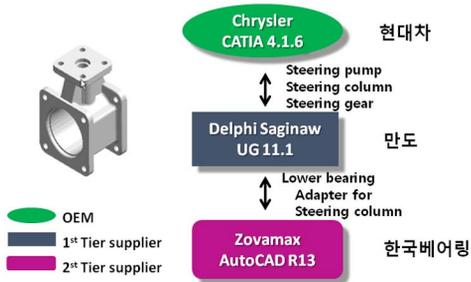


그림 10. 자동차 부품협력업체와의 설계정보 공유



그림 11. ISO의 TC184/SC4 2001년 포르투갈 회의 한국 참석자

4. 한국STEP센터

ISO의 STEP 표준은 ISO/TC184/SC4에서 제정 중인 ISO 10303 표준들을 묶어서 부르는 표준으로 Standards for the exchange of product model data 의 약어이다. STEP 표준은 600여권의 파트라고 부르는 세부표준들로 구성된 방대한 표준으로 제품의 설계정보를 담고 있는 표준이다. IGES는 오토캐드와 같은 설계도면을 담은 컴퓨터 파일(DXF)의 표준화된 포맷을 정의하는 미국의 국가표준이다. STEP은 IGES를 대체하는 3차원 표준으로 1984년에 제정이 시작되었는데, 지난 30년간에 CAD 기술이 비약적으로 발전하고, 그 적용도 모든 산업분야로 확산되고 있어, STEP 표준도 산업기술의 발전에 따라서 방대하게 확장되고 있다.

한국에서의 STEP 표준화 활동은 1996년에 결성된 전자거래협회와 전자거래학회에서 다루던 CALS (computer aided logistics support)와 e-비즈니스의 표준의 일부로 STEP이 포함되어 있어, 관심을 받기 시작하였다. 2000년대 초에는 e-비즈니스의 활성화에 맞추어 e-매뉴팩처링[1]이라는 개념이 도입되어 제조업에 ICT를 접목하는 융합분야로 발전되었으며, CAD/CAM, CIM(computer integrated manufacturing), PLM(product lifecycle management)과 함께 엔지니어링에 ICT 기술의 융합이 발전하여 왔고, 인더스트리 4.0도 이러한 맥락에서 조명해 볼 수 있다.

그림 10은 STEP 표준을 자동차산업에 적용하는 미국의 시범사업인 Auto-STEP 사업을 소개하는 그림으로, 한국의 대응되는 조직명을 같이 보여주고 있다. 자동차 산업은 대표적인 공급망(supply chain) 산업으로 완성차 업체를 뒷받침하는 많은 부품 협력업체들이 있다. 이들 사이에 디지털화된 설계정보들이 정확하고 빠르게 공유되기 위해서는, STEP과 같이 국제적으로 표준화된 설계정보 포맷이 필요하다.

한국에서 STEP 표준화 활동은 조선산업, 건설산업, NC공작기계 산업을 중심으로 확산되어 왔는데, 그림 11은 2001년 포르투갈에서 개최되었던 ISO회의에 참석했던 한국 대표단과 SC4의 의장인 영국의 Howard Mason씨가 같이 찍은 사진이다. 영국 BAE사의 표준화 담당 임원인 Mason씨는 아직도 SC4의 의장을 맡고 있다.

5. 참고문헌

1. 이석우, 한국생산기술연구원, ‘금형산업의 e-Manufacturing 현재와 미래’, 2006-08.
2. 김도훈, 한일산업기술협력재단 일본기업연구센터, ‘일본의 경제부활과 모노즈쿠리 중소기업’, 이태연구 14권 2호, 2007-11.
3. 장윤중, ‘창조경제와 ICT융합’, ICT융합정책네트워크 조찬토론회 2013-04-18.
4. 태문영, 연합인포맥스, ‘美 제조업의 부활 리쇼어링, 새로운 패러다임되나’, 2013-10.

5. udo.doebrich@siemens.com, Convenor IEC TC65 WG16, 'Digital Factory and Industry 4.0 in the Context of the Internet of Things, Feb. 2014.
6. 박형근, 김영훈, POSRI 보고서, '인더스트리 4.0, 독일의 미래 제조업 청사진', 2014-02.
7. The German Standardization Roadmap-Industrie 4.0, VDE Association for Electrical, Electronic & Information Technologies, April 2014.
8. 한순홍, "Industry 4.0, Re-shoring, 모노즈쿠리, 그리고 창조경제", 2014년 제4회 ICT융합정책네트워크 조찬토론회, 삼성호텔, 2014-06.
9. 전인걸, 강성주, 전재호, 이수형, 임채덕, 미래 제조산업 경쟁력 향상을 위한 한국형 스마트팩토리 기술, 임베디드SW기술동향, ETRI, 2014-07.
10. 한순홍, 조현수, 박홍석, 노상도, 김은, 인더스트리 4.0, ICT 융합 Issue Report, 제3호, (사)한국ICT융합네트워크, 2014-08.
11. 한순홍, '모노즈쿠리와 CAM 연구 활성화', 한국캐드캠학회 하계학술대회, 펠로우 초청강연, 무주리조트, 2014-08-21.
12. 한순홍, '인더스트리 4.0에서 국제 표준', Keynote, 2015 한국CAD/CAM학회 20주년 동계학술대회, 휘닉스파크 컨벤션센터, 2015-02-05.
13. Alec McMillan, IEC SG8 Scope Document for Smart Manufacturing / Industry 4.0 Version 1.0, March 2015.
14. Re-shoring, <http://www.iprosolutions.co.uk/reshoring-stick-to-the-facts/>
15. CPS (Cyber Physical System), [http://203.250.33.57/SySw/CPS%20\(Cyber%20Physical%20System\).pptx](http://203.250.33.57/SySw/CPS%20(Cyber%20Physical%20System).pptx)



▲ 2014하계, 2015동계학술대회 기조연설 (한순홍 교수, 한국과학기술원)



▲ 2015동계학술대회 시상식 대상 (한순홍 교수, 한국과학기술원)