

국외출장 결과보고 요약문

1. 출장개요

○ 목 적

- 최근 국내 제조업의 스마트화가 급속히 진행*됨에 따라 새롭게 발생할 수 있는 위험요인에 대한 선제적 대응 필요
- 선진국의 스마트팩토리 구축 사례 조사 및 관련 전문가 자문을 통해 스마트팩토리 안전성 확보를 위한 국내 안전보건제도 개선 방안 검토

* ('18.12.13.) 중소기업 스마트 제조혁신 전략: '22년까지 스마트공장 3만개 구축 추진

○ 기 간: '19. 11. 24.(일) ~ 11. 30(토) [5박 7일]

○ 대상국가: 독일

○ 방문기관

- 벤츠 진델핑겐(Mercedes-Benz in Sindelfingen) 공장
- SPS 2019(smart production solutions) 박람회
- 안전장치(솔루션) 전문기관: EUCHNER, PILZ

○ 출장자

- 사업기획본부 김인성 부장, 산업안전보건인증원 박지훈 차장,
서울지역본부 이경환 차장, 충북지역본부 한병덕 차장

2. 수행사항

○ 스마트팩토리 안전보건체계 구축 기반 마련을 위한 실태 조사

- 스마트팩토리 구축 우수사업장 벤치마킹
- 스마트팩토리 안전시스템 구축 현황(안전솔루션 등)

○ 스마트팩토리 안전장치(솔루션) 전문기관 방문 및 자문

- 스마트팩토리 안전제어시스템 설계 방식
- 국제 규격 관련 제도 검토 및 자문(ISO 13849, IEC62061 등)

「스마트팩토리 안전보건체계 구축 기반마련」

국외출장 결과 보고

'19. 12.

산업재해예방

안전보건공단

사업기획본부



순 서

I. 출장개요	1
II. 스마트팩토리 구축 우수사업장 견학	2
III. 안전장치(솔루션) 전문기관 방문	6
IV. SPS 2019 박람회(세미나) 참석	8
V. 시사점 및 특이사항	13
VI. 선물 수령 및 신고 여부	33

□ 목 적

- 최근 국내 제조업의 스마트화가 급속히 진행*됨에 따라 새롭게 발생할 수 있는 위험요인에 대한 선제적 대응 필요
- 선진국의 스마트팩토리 구축 사례 조사 및 관련 전문가 자문을 통해 스마트팩토리 안전성 확보를 위한 국내 안전보건제도 개선 방안 검토

* (18.12.13.) 중소기업 스마트 제조혁신 전략: '22년까지 스마트공장 3만개 구축 추진

□ 개 요

- 기간: '19. 11. 24.(일) ~ 11. 30.(토) [5박 7일]
- 출장지: 독일
- 출장자

연번	소속	직급	성명	비고
1	사업기획본부	1급	김 인 성	사업담당 부서장
2	산업안전보건인증원	4급	박 지 훈	안전인증 담당
3	서울지역본부	3급	이 경 환	일선기관 사업담당
4	충북지역본부	3급	한 병 덕	일선기관 사업담당

□ 중점수행사항

- 스마트팩토리 구축 우수사업장 벤치마킹
 - 사업장 제어시스템(데이터, 생산관리 등) 구축 실태
 - 스마트팩토리 안전시스템 구축 현황 등
- 스마트팩토리 안전장치(솔루션) 전문기관 방문 및 자문
 - 국제 규격 관련 제도 검토 및 자문(ISO 13849, IEC62061 등)
- 국제 자동화 시스템 및 부품 전시회(SPS) 참관 및 세미나 참석

□ 출장일정

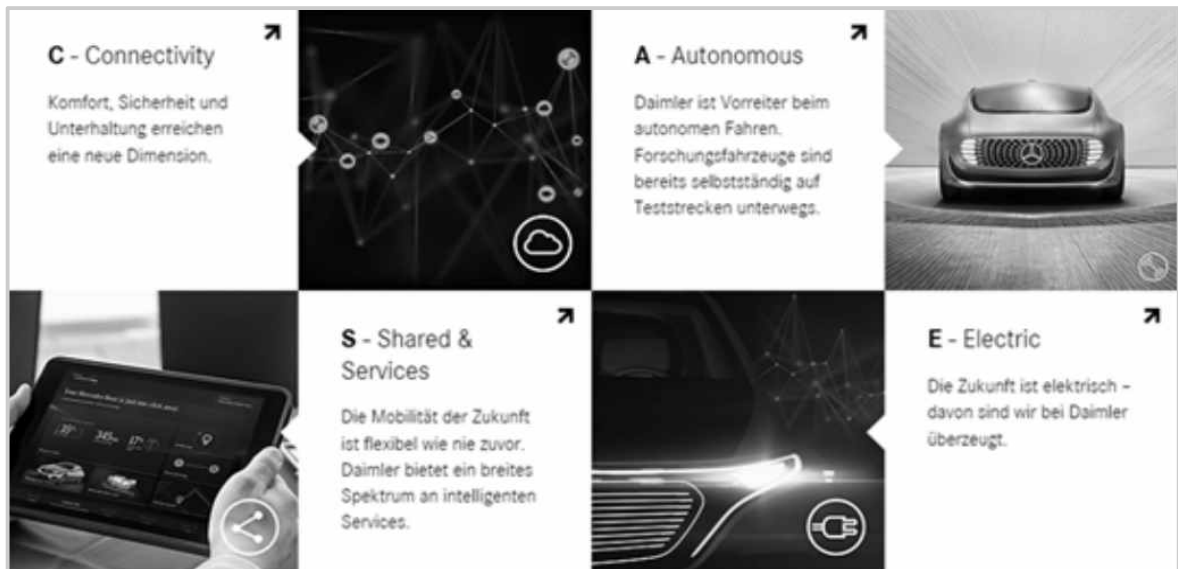
일자	주요일정	비고
11. 24.(일)	■ 출국: 인천 → 프랑크푸르트	
11. 25.(월)	■ 이동: 프랑크푸르트 → 진델핑겐 ■ 스마트팩토리 구축 우수사업장 견학: Benz Sindelfingen 공장	Sindelfingen
11. 26.(화)	■ 이동: 진델핑겐 → 뉘른베르크 ■ SPS 박람회 참관 및 안전장치 전문기관 방문: EUCHNER	Nurnberg
11. 27.(수)	■ SPS 포럼(세미나) 참석	Nurnberg
11. 28.(목)	■ SPS 박람회 참관 및 안전장치 전문기관 방문: PILZ ■ 이동: 뉘른베르크 → 프랑크푸르트	Nurnberg
11. 29.(금)	■ 귀국: 프랑크푸르트 → 인천	

II 스마트팩토리 구축 우수사업장 견학

□ Benz Sindelfingen 공장

- 사업장 개요
 - 벤츠 S와 E시리즈를 생산, 본사의 생산기획, 연구개발부서가 위치.
 - 모듈화된 플랫폼과 주문 생산 전략(Make-to-order)을 통해 개인화된 제품 생산을 실현
- 위치: Bela-Barenzyi-Straße 71059 Sindelfingen
- 근무인원: 약 42,000명
- 주요내용
 - 독일 최고의 자동차 럭셔리 클래스인 S와 E시리즈를 생산하는 공장으로 본사의 생산기획, 연구개발부서도 함께 자리 잡고 있는 곳임. 벤츠사는 미래의 자동차가 결국 전기자동차에 의해 주도될 것으로 보고 자율주행과 자동차 내에서 고객이 필요로 하는 다양한 IT 서비스를 제공하기 위해 전략적 총력을 기울이고 있으며, 메르츠 벤츠의 CASE전략, 즉 새로운 변화의 방향성은 다음과 같음.

- ▣ 자동차간의 연결
- ▣ 자율 주행 진행 차량의 증가
- ▣ 디지털 이동성 및 운송 서비스의 발전
- ▣ 전기자동차에 의한 이동성



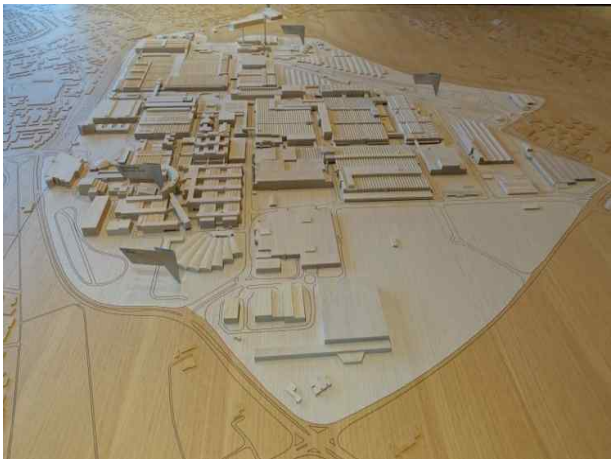
<메르츠벤츠의 CASE전략>

- 자동차 산업의 변화는 새로운 기술로 도전하는 것이며 이것이 기업 문화로 정착되고 있고, 역동성과 신속성, 시장 및 고객 중심의 행동 그리고 혁신속도에 적응하는 것임.
- Mercedes-Benz사 직원들과 함께 Leadership 2020을 통해 새로운 리더십 문화를 개발하여 함께 일하고, 공개적으로 정보와 피드백을 다루며, 계층 구조보다는 아이디어를 발전시키며, 관료주의를 줄이고 기업이 정신을 강화하며 더 빨리 성장 하고 혁신을 위한 여지를 가치창출에 집중하고 있음.
- 특히 연구개발 등 학제 간 협력 모델에서 새로운 방법을 장려하고, 사내 직원 및 외부 파트너로부터 신 혁신제안을 받아 들여 구현 하며, 동시에 Lab1886란 혁신 플랫폼을 통해 추가 비즈니스 아이디어를 모집하고 있음.

- 혁신은 우연이 아닌 계획의 결과라 믿고 상상할 수 없는 상상력을 가능하게 하는 열정을 플랫폼 속에 담고 있고, 캘리포니아, 슈투트가르트, 베를린, 베이징, 서니 베일에 위치한 혁신센터에서 지식을 모으고 연구 개발하는 오픈활동을 하고 있음.
- Lab1886은 아이디어, 인큐베이팅, 상업화의 세 단계로 나뉘어 자체 생존철학을 실천해 나가고 있고, 특히 3개 창업프로그램에 초점을 맞추고 있음
- Mercedes-Benz사는 우선적으로 고객의 니즈와 욕구에 적응하고자 하고 있고, 미국, 중국 등 글로벌 연구네트워크를 통해 변화하는 시장조건 및 고객요구에 유연하고 신속히 대응할 수 있는 기술과 서비스를 개발해 나가고 있음.
- 시장이 원하는 새로운 혁신은 기업내부 인적 자원뿐만 아니라 다양한 산학협력모델과 전 세계의 창업아이디어를 지원함으로써 혁신을 구현하고 있음.
- 특히 Lab1886은 벤츠사의 글로벌 혁신 연구 네트워크로서 혁신 아이디어를 보육과정을 통해 실제 상업화할 수 있도록 실천하고 있음.
- 정교한 계획을 통해 혁신을 창조해 나가고 있음을 감지할 수 있었고, Leadership 2020은 조직의 관료주의를 줄이고 기업가 정신을 강화하며 직원 간 정보 공개와 소통을 통해 더 빨리 시장에 반응하며 혁신하고 지속가능한 조직으로의 변신을 실천하고 있음.
- 스마트 공장은 인간이 작업하기에 힘들거나 반복적인 공정프로세스를 로봇에 의해 자동화 하고 있었고, 기계마다 다양한 독일 제조 기업들의 명칭이 선명하게 보였음.
- 자동화 시설은 벤츠사와 외부 로봇제작사 그리고 대학과 연구소 컨설팅사의 합작품임을 알 수 있었고, 차와 사람이 컨베이어위에서 움직이며 조립이 진행되고 있었음

- 이 복잡한 조립공정은 사람에 의해 통제되고 있었고, 자동차 계기판인 대시보드만 16,000개의 모듈에 의해 조립되며, S-클래스 고객은 자신만이 원하는 자신의 차를 선택 가능
- 결국 최고의 경쟁력은 고객의 요구를 만족시켜 줄 수 있는 다양한 제품모델과 이를 뒷받침하는 스마트 생산력이라 할 수 있음
- 8개의 조립라인에서 일하는 직원들은 2시간 일하고 15분 휴식을 통해 다른 조립업무로 교체 투입되고 있었고, 인간의 기계화를 방지하고 Job Rotation을 통해 직원들이 다양한 조립기술을 익힐 수 있도록 기능 인력의 장인화를 도모하고 있었음.
- 공장 내 위치하고 있는 연구소는 R&D 관련 비밀유지차원에서 철저한 보안체제하에 있어 접근자체가 어려웠고, 이곳에서는 새로운 모델의 연구 산실로 외부 기업들, 컨설팅사 그리고 대학 등과 함께 다양한 프로젝트가 진행되고 있다고 함.
- 1만1천명의 엔지니어와 디자이너들이 연구진으로 활동하고 있고, 벤츠사는 고객센터를 이곳 스마트 공장에 두고 전 세계의 고객들에게 공장견학을 할 수 있도록 서비스하고 있음.

○ 관련사진

(사진)	
<사진1> 벤츠 진델핑겐 고객 센터	<사진2> 벤츠 진델핑겐 공장 조형물

□ EUCHNER

○ 사업장 개요

- 설립: 1953년, Leinfelden
- 18개국에 해외 자회사를 두고 22개 영업점을 운영
- 자동·수동 시스템 및 기계 안전을 위한 Safety & Automation Parts 생산·공급, Multiple Limit S/W 및 Safety S/W를 세계 최초 개발
- 유럽 자동차 산업의 Safety 분야에서 80% 이상의 시장 점유율 보유

○ 주요내용

- 한국에서는 산안법에 따라 산업용 로봇(협동로봇 포함)이 자율안전 확인신고 및 안전검사 대상인데, 독일에서는 산업용 로봇(협동로봇 포함)의 안전 및 신뢰성을 확보하기 위한 제도적 장치가 있는지
- 유럽에서는 Machinery Directive 2006/42의 규제를 따르고, Annex II에 따라 자기적합성 선언을 해야 하며, 최종 로봇 시스템을 설치한 후 Annex III에 따라 CE Mark를 부착해야 함
- 협동로봇을 위한 별도 법규나 제도는 마련되어 있지 않으며, 기존 산업용 로봇 규제를 적용하여 ISO 10218-2*에 따라 검증하면 안전 펜스 없이 협동로봇 사용 가능

* 산업용로봇 규제와 동일하며, ISO 10218-2의 Collaborative operation(협동운전)항의 준수 여부로 적합성 판단 가능

(사진)	(사진)
안전장치(솔루션) 전문기관 방문 및 자문: EUCHNER	

□ PILZ

○ 사업장 개요

- 설립: 1948년, Stuttgart
- 인원: 약 5,000명(본사 약 1,100명)
- 50여개 국가에 진출하여 42곳의 지사, 17곳의 파트너사와 협력
- 전 세계적으로 표준 지침 및 법률에 대한 전문지식 보유
- 글로벌 조직으로 각 지역, 국가별 신속한 지원과 납기 가능

○ 주요사업

- (Service) 안전 컨설팅, 위험성 평가, 안전 시스템 설계·구현
- (Training) 국제 자격 프로그램 및 인증 과정 운영
- (Component) 안전관련 부품(Sensor, Safety Relay, Safety PLC, controller 등)
생산 및 솔루션 개발

○ 주요내용

- ISO 10218-1에 따른 안전관련 제어시스템 성능

5.4.2 성능 요구사항

제어 시스템의 안전관련 요소들은 KS B ISO 13849-1:2006에서 설명하는 구조 분류 3을 갖는 PL=d를 준수하거나, IEC 62061:2005에서 설명하는 20년 미만 간격을 가진 증명 시험을 가지는 하드웨어 고장 허용 1을 갖는 SIL2를 준수하도록 설계해야만 한다. 특히, 이것은 다음을 의미한다.

- a) 요소들 중의 어느 하나의 고장으로 인하여 안전기능의 상실로 이어져서는 안된다.
- b) 합리적으로 가능한 한, 단일 고장은 안전기능과 관련한 다음 요구가 있기 전에 검출되어야 한다.
- c) 단일 고장이 발생한 경우, 안전기능은 항상 수행되어야 하며, 검출된 고장이 고쳐질 때까지 안전한 상태가 유지되어야 한다.
- d) 합리적으로 예측 가능한 모든 고장은 검출되어야만 한다.

이 요구사항 a)~d)를 KS B ISO 13849-1에서 설명한 구조 분류 3과 동등한 것으로 간주한다.

비고 본 단일고장 검출에 대한 요구사항은 모든 고장이 검출되어야 한다는 것을 의미하지는 않는다. 따라서, 미검출 고장이 누적되면 기계에 의도되지 않은 출력 및 위험 상황이 초래될 수도 있다.

- ISO 10218-1에 따라 'Category 3'과 'PL=d'에 관한 준수 의무 확인
- 2021년 국제표준 개정 관련 진행사항 및 그에 따른 필요 기능 확인
- 기타 기능안전(PL, SIL)에 대한 검증 및 인증서 발행가능 유럽기관 관련 협의

(사진)	(사진)
안전장치(솔루션) 전문기관 방문 및 자문: PILZ	

IV SPS 2019 박람회(세미나) 참석

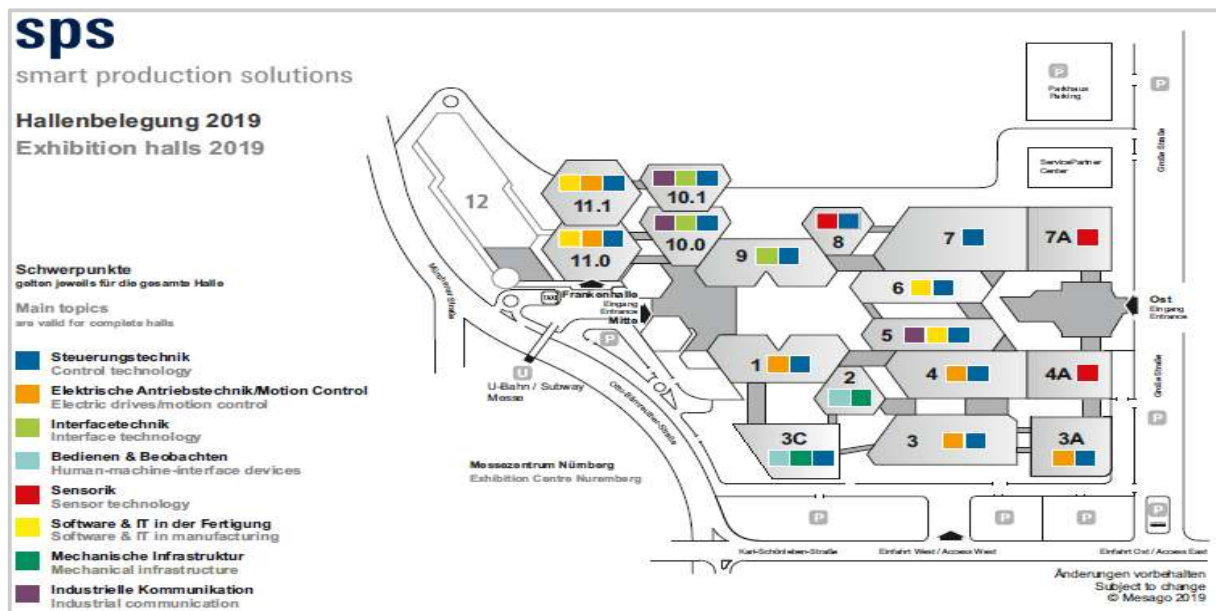
□ SPS 2019 (Smart Production Solutions) 박람회

○ 박람회 개요

- 개최기간: '19. 11. 26 ~ 11. 28
- 개최도시: 뉘른버그
 - ※ NürnbergMesse Karl-Schönleben-Str. Messeplatz 1 90471 Nürnberg
- 자동화 산업* 관련 최대 규모의 박람회
 - ※ 간단한 센서부터 지능형 솔루션에 이르기까지 스마트 및 디지털 자동화의 전 영역을 포괄
- 전시장 규모: 135,500 m²
- 전시 참여 업체수: 1,585개사(독일 65.4%, 그 외 국가 34.6%)
- 방문자수: 63,708명(독일 73.7%, 그 외 국가 26.3%)

○ 주요 주제

- 제어 기술, IPC, 산업통신
- 전기 구동 시스템 및 구성 요소
- 인간-기계-인터페이스
- 제조 분야의 소프트웨어 및 IT
- 인터페이스·센서 기술, 기계인프라 등



<전시장 배치도>



(사진)

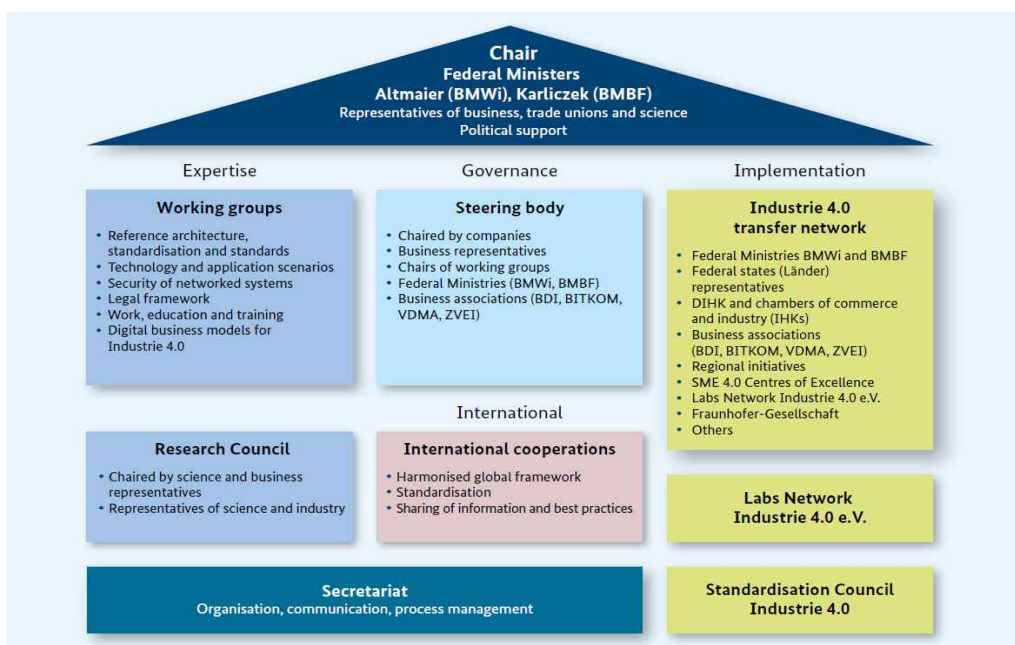
SPS 2019 박람회 참석

□ SPS 2019 (Smart Production Solutions) 세미나

- 포럼(세미나): “I4.0의 센서기술 - 공장 및 공정 자동화를 위한 공통 모델”
Sensor Technology in Industry 4.0 - A Common Model for Factory and Process Automation?
- 주 관: ZVEI(독일 전기전자산업협회)
- 발표자: Benedikt Rauscher, Pepperl+Fuchs AG
- 요 약: 센서의 관리 셸(Administration Shell)을 상호 운용하기 위한 표준화가 필요하여 제조사들이 ZVEI 내 임시 작업그룹을 구성. I4.0 센서의 관리 셸 표준화를 위한 구조와 하위모델을 정의하기 위하여 공통 모델을 개발함
 - 관리 셸 및 하위모델(Submodel)의 표준 구조를 정의하기 위해 eCl@ss, IEC-CDD, Namur, IO-Link 등을 참조해서 개발

[참고] 플랫폼 인더스트리 4.0 조직도(Plattform Industrie 4.0, 2018.7)

- 인더스트리 4.0을 구현하기 위한 2013년 플랫폼 인더스트리 4.0 조직 구성 이후 현재까지 3번의 조직이 바뀌면서 지속적으로 변화
- BMWi(연방경제에너지부), BMBF(연방교육연구부) 장관이 지도부에 참여, 산업별협회(BDI, BITKOM, VDMA, ZVEI), 노조, 과학기술계 등 참여



[출처 : plattform-i40.de]

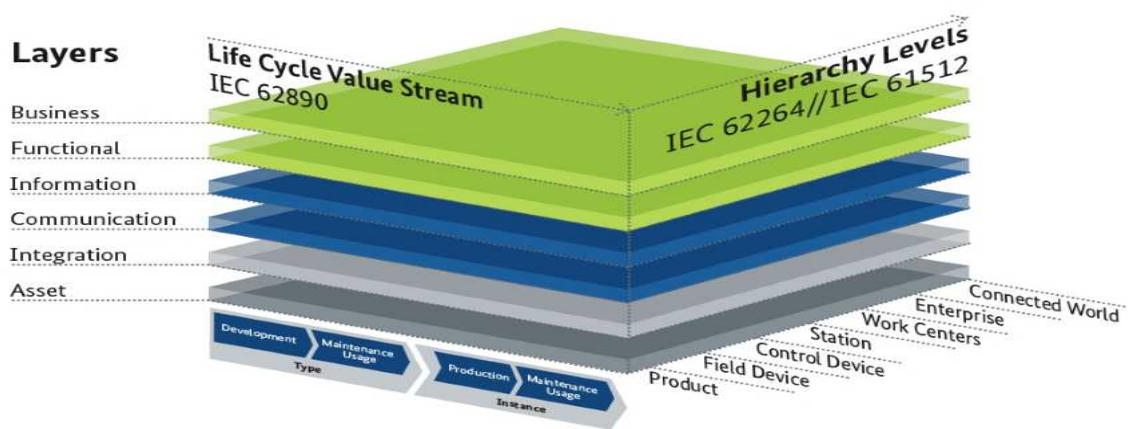
○ 6 Working groups

- 1) Reference Architectures, Standards and Norms(표준화 및 참조체계 구축): I4.0 구성요소 간 작용모델 개발, 네트워크 구축 표준화 (RAMI 4.0, The administration Shell 등)
- 2) Technology and Application Scenarios(기술 및 응용프로그램 시나리오): 업계의 변화되는 시나리오를 제시
- 3) Security of Networked Systems(네트워크 시스템 보안): 안전한 네트워크를 위한 솔루션, 권장사항 및 적용사례 개발
- 4) Legal Framework(법적 체계): 새로운 법률적 대응방안 연구
- 5) Work, Education and Training(노동 및 직업교육): 미래고용, 노동 직업교육 위험요인 분석 및 대응방안 연구
- 6) Digital Business Models in Industrie 4.0(I4.0의 디지털 비즈니스 모델): 디지털 비즈니스 모델의 기본 메커니즘을 분석해 활용방안 연구

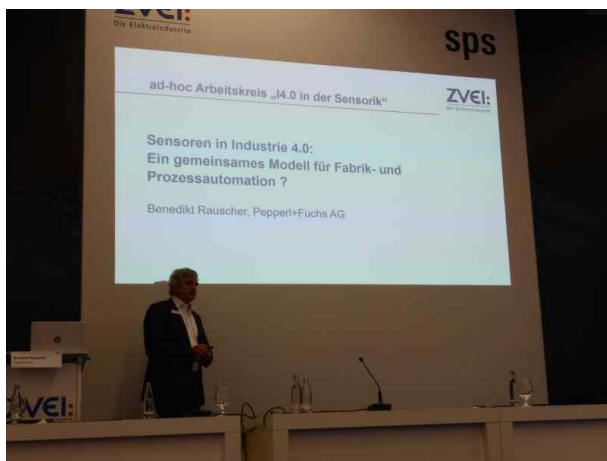
○ RAMI 4.0(Reference Architecture Model for Industry 4.0): Industry 4.0의 스마트 팩토리를 구성하는데 실무적으로 구현하는 표준을 만들기 위해 3축으로 구성된 참조 모델

- 기존의 표준과 적용사례, 국제규격 등을 활용하여 종합적인 참조 모형으로 설계

- 1) Hierarchy Levels: Product에서 Connected World 까지 기업의 계층구조를 표시한 축
- 2) Life Cycles & Value Stream(생애주기 및 가치흐름): Type(유형) 과 Instance의 공급자와 수요자 관점에서 제품의 수명주기를 나타내는 축
- 3) Layers: Asset에서 Business까지의 솔루션의 기능을 나타내는 수직 축



- 관리 쉘(Administration Shell)을 통해 I4.0의 구성요소 사이의 통신



(사진)

SPS 2019 포럼(세미나) 참석

□ 스마트팩토리 기술 동향

○ 어플리케이션

- 지능형 생산 시스템으로는 생산 관리, 정보 시스템 등이 해당되며, 생산 관리를 담당하는 FA 시스템인 MES는 공장에서 설비와 원자재 수량과 상태를 실시간으로 파악하고 생산 계획에 기초해 작업 스케줄 작성 및 제출 등을 실행할 수 있다. 그동안 수요의 중심이었던 유럽, 미국과 함께 중국에서도 수요가 높아지고 있으며 향후 공장의 정보화가 더욱 진행되면 MES의 역할이 커질 것으로 기대
- ERP는 사람·재화·돈·정보 등의 경영 자원을 일원 관리하는 소프트웨어로 IoT를 ERP와 연계시킴으로써 제조 장치의 가동 상황을 실시간으로 파악하고, 경영 판단도 활용할 수 있다. 최근 패키지 판매로 클라우드, SaaS의 제공이 증가하여 서비스 단가는 낮아지고 있지만 신흥국 수요가 성장해 완만한 확대가 예상됨
- 현재 제조 어플리케이션 공급 기업들은 자사 솔루션의 영향력을 늘리기 위해서 각자의 독립된 플랫폼만을 제공하고 있으며, 이러한 어플리케이션은 수평·수직적 연계성이 낮은 문제점이 있음
- 기존의 엔지니어링 소프트웨어 공급 기업들과 비즈니스 솔루션 공급 기업들도 서비스하던 솔루션의 영역을 넓혀가고 통합하는 추세
 - 독일의 SAP은 기존의 PLC→MES→ERP로 수직구조화 되어 있는 아키텍처에서 PLC와 바로 실시간 인터페이스 가능한 MES와 통합된 ERP를 통해 생산 환경의 동적 변화에 보다 유연하게 대응할 수 있는 솔루션 제공

- 친환경 공작기계 기반의 쏘 공장 에너지 효율화 솔루션 공급
 - 생산현장에 운영 중인 기계들의 에너지 소비패턴을 명확히 식별하여 예상치 못한 낭비요인을 규명하고 이를 생산공정 전반의 에너지 관리 활동에 피드백 할 수 있는 에너지 관리 솔루션 출시
 - 공작기계의 운전 상태별로 에너지 소비패턴을 분석하고, 각각의 모드에 따라 다시 기계를 구성하는 주축, 이송계, 냉각펌프 등의 기능 유닛별로 소비전력을 분석하는 솔루션 공급 확대

○ 플랫폼

- 제조장치, 센서, 컨트롤러, 생산시스템 등의 FA 기기·시스템과 이를 연결하는 네트워크와 M2M/IoT, 지금까지 폐쇄된 네트워크 환경 아래 있던 제조장치 등을 연결하는데 필요한 FA 시큐리티 시스템, 작업자와 로봇의 협업에 필요한 안전시스템 등이 결합된 스마트팩토리를 구현될 수 있을 것으로 예상
- 산업용 제조 디바이스 업체들이 쉽게 접근할 수 있는 IoT, 빅데이터와 같은 플랫폼 전문기업들의 제조업 지원 솔루션의 개발
- 생산시스템의 부가가치를 극대화하기 위해서 기존 장비(공작기계) 위주의 생산시스템 공급을 탈피하여 H/W와 S/W가 결합된 ICT 융합형 기계·장비 및 생산시스템 패키지 공급 확대
- 생산시스템 공급업체들이 ICT를 접목하여 장비들의 최적운영을 지원하는 S/W를 동반 개발하고 장비와 결합된 형태로 패키지화하여 공급하는 시장이 급증
- 다품종 생산체계 하에서는 이 기종 장비들을 신축적으로 운영하기 위한 통합운영 솔루션의 중요성이 더욱 부각되고 있어 공작기계도 이러한 시장 환경의 변화에 대응하여 다양한 ICT 접목 필요
- 공작기계 자체의 성능뿐 아니라 공작기계 간 네트워크, 주변장치와의 인터페이스, 상·하위 시스템으로의 확장이 고려된 High-End 장비가 필요

- 실시간 데이터 수집·모니터링·제어·활용을 가능하게 하는 ICT를 공작기계 및 공정기술에 융합·응용하여 생산시스템을 지능화·고유연화·친환경화하는 고부가가치 기술 확보가 필수적
- 다품종 유연생산 대응 공작기계 간 인터페이스 및 재구성 가능한 가공시스템 토탈솔루션 공급 확대

○ 디바이스

- 지능형 컨트롤러는 FA 기기·시스템의 차세대형 컨트롤러로 처리 능력이 높고, 유연성과 확장성이 있는 PC 기반 컨트롤러는 기존의 마이크로컴퓨터 기반 컨트롤러를 대체 진행 중에 있음
- 단순 자동화에서 벗어나 센서를 통해 다양한 기기상태 정보를 전송하고, 기기에서 이를 실시간 피드백을 통해 제조기기에 반영할 수 있는 다양한 스마트 디바이스 출시
- IoT 플랫폼과의 연계된 산업용 스마트 디바이스를 통해 기기 간 제어 및 모니터링을 수행하는데 상호 운용성을 극대화할 수 있음
- 글로벌 장비업체들은 공작기계 구성요소인 CNC부터 공작기계들로 구성된 생산라인에 이르기까지 지능화·고유연화·친환경화 기술 경향에 대응할 수 있는 다양한 ICT 활용 기술 개발
- CNC 제어기의 지능화·개방화에 따른 임베디드 S/W 개발 가속화
- CNC 및 센서모듈 피드백 기반의 자가진단 및 능동제어 기능을 탑재한 가공시스템 상품화

□ 독일의 스마트팩토리 수준 구분

- 독일 중·소규모 사업장의 스마트팩토리 보급·확산을 위해 사업장의 디지털 전환을 준비하도록 지원하고 있다. 이를 위해 VDMA(기계 공학산업협회)에서 개발한 I4.0 Readiness 모델을 기반으로 사업장의 디지털화 수준을 평가하고 있다.

- I4.0 Readiness 모델은 사업장의 디지털화 전환을 위한 준비수준을 자체적으로 평가하는 모델이다. 이 모델은 기업규모 및 업종분류별 설문내용을 바탕으로 개발하였다. 이 평가모델에는 아래와 같이 6개 영역, 18개 세부 평가영역, 21개 체크리스트 항목으로 구성되어 있으며 6단계 성숙도 모델을 제시하고 있다.

I4.0 Readiness 모델의 평가항목

중점 요소	중점 과제
1. 전략과 조직	1. 전략
	2. 투자
	3. 혁신관리
2. 스마트팩토리	4. 디지털화
	5. 기계류
	6. 데이터 활용
	7. IT 시스템
3. 스마트 경영	8. 클라우드 활용
	9. IT 보안
	10. 자동화된 공정
	11. 정보 교환
4. 스마트 제품	12. ICT 추가기능
	13. 데이터 분석 활용 단계
5. 데이터 드라이브 서비스	14. 데이터 활용 비율
	15. 매출비율
	16. 데이터 기반 서비스
6. 임직원	17. 권한 수립
	18. 구성원 권한

비즈니스 모델의 단계

단계 0:	▪ 4차산업 기술을 활용하지 않거나, 관련 없는 사업장
단계 1: (Beginner)	▪ 일부 생산 공정에 IT 시스템이 지원 ▪ 운용중인 기계류는 부분적으로 네트워크와 통신이 연계됨 ▪ IT 보안은 단계적 진행중 ▪ Beginner 사업장은 IT에 기반한 완성공정에 추가적인 기능들을 도입하려고 하고 있으며, 사업장은 부분적으로 필요한 능력을 보유하고 있음. ▪ 기계류는 부분적으로 4차산업 기술 활용(M2M, 기계류간 상호 정보교환 가능)
단계 2: (Advanced)	▪ 4차산업 전환을 위한 기업의 전략방향을 정함 ▪ 생산에서 데이터를 부분적으로 자동화에 적용 ▪ 부분적 시스템 통합을 위해 기업내부에서 정보 교류가 이루어짐 ▪ 협력사와 시스템 통합을 통해 정보교류가 이루어짐 ▪ 기계류에 부분적으로 미래지향적 기능을 탑재되어 있고, 부분적으로 업그레이드 가능(기계·설비류는 부분적으로 IT 시스템에 의해 제어 가능 및 상호 정보 교류 또는 네트워크 됨)
단계 3: (Experienced)	▪ 4차산업 기술 활용을 기업내 정형화했음 ▪ 부서별 혁신관리와 부서 직무에 4차산업을 활용하고 있음 ▪ 완성공정 지원과 공정간 IT 시스템이 생산활동에 대한 연계가 이루어짐 ▪ 필요한 IT 보안이 실행되고 보안을 통한 시스템 통합이 이루어짐 ▪ 기계류에 완전히 미래지향적 기능이 탑재되어 있고, 완전히 업그레이드 가능(기계·설비류는 IT 시스템에 의해 제어가능, 부분적으로 네트워크화됨) ▪ 클라우드 기반으로 기업 생산품이 기획됨 ▪ IT 기반으로 고객관리가 이루어짐
단계 4: (Expert)	▪ 공정 혁신관리에 4차 산업기술이 이용되고 있음 ▪ IT 시스템은 완성공정과 광범위한 기업정보를 담당하고 있음

	▪ 클라우드 기반으로 보안 정보교류가 협력사와 이루어지고 있음 ▪ 완성공정의 작업수단들이 IT 시스템에 의해 제어됨 ▪ 다품종 소량 제품의 생산과 유통을 위한 고객 서비스가 생산 시설과 IT 시스템 연동으로 고객이 원하는 제품을 제공 가능 ▪ 기업 내부 역량강화를 통해 4차 산업 기술의 활용이 매우 높음
--	---

단계 5: (Excellent)	▪ 혁신관리가 정착되고, 회사의 모든 사항에 IT 시스템이 활용되어 경영전략이 수립됨 ▪ 기계류는 M2M이 이루어지고 있으며, 필요한 정보가 협력사에게 전달되고 있음(지역에 제한받지 않고 다른 지역의 공장과 정보가 실시간으로 교류됨) ▪ IT 기반으로 생산 공정의 일부가 자동제어되고 공정변경이 가능 ▪ 조직 구성원은 4차산업 기술에 역량을 가지고 있음 ▪ 고객이 제공하는 정보가 다른 생산공장과 연계하여 실시간 제품 생산 가능
-------------------------------------	---

VDMA는 이 모델의 실질적 적용을 위하여 기계설비 제조업(234개사)과 가공 제조업(602개사)의 실태조사를 실시하였고, 대부분의 사업장이 해당 없음과 1단계(Beginner)로 나타났다.

인더스트리 4.0 Readiness 적용 결과

단계	업종	
	기계설비 제조업	가공 제조업
해당 없음	38.9	58.2
1 단계	37.6	30.9
2 단계	17.9	8.6
3 단계	4.6	1.7
4 단계	1.0	0.6
5 단계	0	0.6
Readiness 평균	0.9	0.6

□ 국내 스마트팩토리 수준 구분

○ 민관합동스마트팩토리추진단의 스마트팩토리 수준 구분

- 민관합동 스마트팩토리 추진단에서는 국내 스마트팩토리를 ICT 기술의 적용 정도와 역량 등에 따라 'ICT 미적용 - 기초 - 중간 1 - 중간 2 - 고도화'의 5단계로 구분한다.
- 'ICT 미적용'은 정보화 시스템을 전혀 갖추지 못한 단계이며, '기초수준'은 바코드, RFID 등 기초적 ICT를 활용한 정보수집 및 이를 활용한 생산관리 시스템 운영 등이 가능한 단계이다.
- '중간수준 1'은 다양한 ICT를 활용해 설비정보를 자동으로 획득하고 협력사와 신뢰도 높은 정보를 공유하여 기업운영의 자동화가 가능한 단계이며, '중간 수준 2'는 협력사와 공급사슬 및 엔지니어링 정보를 공유하고 IT·SW 기반으로 실시간 자율제어 및 분야별 관리 시스템 간 실시간 연동이 가능한 단계이다.
- '고도화 단계'는 IoT와 CPS를 기반으로 맞춤형 유연생산이 가능하고 스스로 판단하는 지능형 설비와 자율적 공장 운영이 가능한 최상의 기술 수준으로, 사이버 공간 상에서 비즈니스가 구현되는 단계이다.

스마트팩토리의 수준별 단계 구분

구분	현장자동화	공장 운영	기업 자원관리	제품 개발	공급사슬 관리
고도화	IOT/IOS 기반 CPS화				인터넷 공간상의 비즈니스 CPS 네트워크 협업
	IOT/IOS화	IOT/IOS(모듈)화 빅데이터 기반의 진단 및 운영			
중간 수준2	설비 제어 자동화	실시간 공장 제어	공장 운영 통합	시뮬레이션과 일괄 프로세스 자동화	다품종 생산 협업

중간 수준1	설비 데이터 자동집계	실시간 의사결정	기능 간 통합	기술 정보 생성 자동화와 협업	다품종 생산 협업
기초 수준	실적 집계 자동화	공정 물류 관리(POP)	관리 기능 중심 기능 개별 운용	서버를 통한 기술/납기 관리	단일 모기업 의존
ICT 미적용	수작업	수작업	수작업	수작업	전화와 이메일 협업

○ 스마트팩토리 수준확인 제도에서의 구분

- 2019년부터 국내에서는 기업의 스마트화 수준을 규정된 절차에 따라 공신력 있는 제3자가 확인하고 검증하는 제도인 스마트팩토리 수준확인제도를 시행하고 있음. 아래표는 스마트팩토리 수준확인제도 등급기준으로 ICT 미적용부터 고도화 단계까지 Level 0~5 수준으로 분류한다.

스마트팩토리 수준확인제 등급 기준

단계	기존수준	조건(구축수준)	주요 도구	점수
Level 5	고도화	모니터링부터 제어, 최적화까지 자율로 진행	인공지능, AR/VR, CPS등	950 이상
Level 4	중간2	공정운전 시뮬레이션을 통한 사전 대응 가능	센서 제어기 최적화 도구	850~950
Level 3	중간1	수집된 정보를 분석하여 제어 가능	센서+분석도구	750~850
Level 1~2	기초수준	생산정보 모니터링 실시간 가능	센서	650~750
Level 0	ICT 미적용	부분적 표준화 및 데이터 관리	바코드, RFID	550~650

- 주요 심사항목은 아래와 같이 스마트팩토리 추진 전략, 프로세스, 정보시스템과 자동화, 성과의 4개 심사영역에 하위 10개의 심사범위와 44개 평가항목, 총점 1,000점으로 구성된다.

스마트팩토리 수준확인 제도 등급 평가기준 및 배점

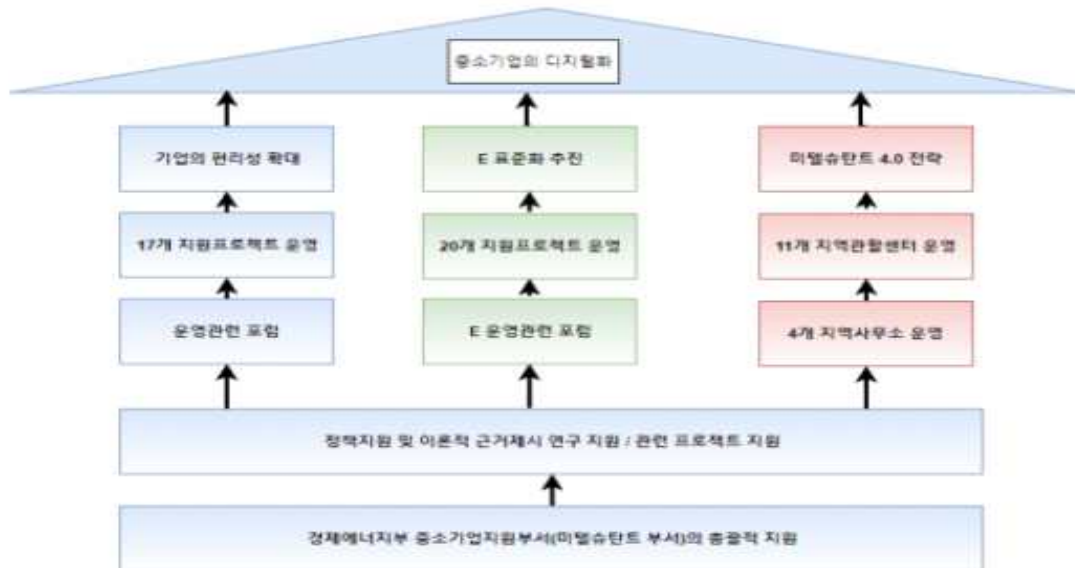
심사 영역(4)	심사범위(10)	배점	평가항목(44)
추진전략	리더십과 전략	100	1. CEO 리더십 2. 전략 및 실행계획 3. 조직 및 역량관리 4. 성과지표(KPI) 관리
프로세스	제품개발	100	1. 제품개발 절차 2. 제품설계 및 검증 3. 공정설계 및 검증 4. 제품정보 관리 5. 기술정보 관리
	생산계획	80	1. 기준정보 관리 2. 수요 및 주문대응 3. 중장기 총괄생산계획 4. 단기 기준 생산일정계획
	공정관리	60	1. 작업계획 수립 및 지시 2. 생산진도 관리 3. 이상 발생 대응관리
	품질관리	80	1. 고객품질정보 관리 2. 품질표준 및 문서 관리 3. 공정검사 및 데이터 분석, 모니터링 4. 작업기기 및 검사기기 및 측정장비 관리
	설비관리	80	1. 설비가동 관리 2. 설비보전 관리 3. 보전자재 관리 4. 금형/지그/치공구 관리
	물류운영	60	1. 구매 및 외주 2. 자재 관리 3. 출하배송 관리
정보시스템과 자동화	정보시스템	220	1. 전사적 자원관리(ERP) 2. 공급망관리(SCM) 3. 제조실행시스템(MES) 4. 제품수명주기관리(PLM) 5. 공장 에너지관리시스템(FEMS) 6. 보안관리

	설비자동화	100	1. 생산설비 2. 물류설비 3. 검사설비 4. 설비정보 네트워크 5. 안전/환경/에너지 관리
성과	성과	120	1. 생산성 2. 품질 3. 원가 4. 납기 5. 안전 6. 환경
계		1,000	

□ 독일의 스마트팩토리 추진 정책

- 최근 미국, 독일, 일본 등이 저렴한 인건비를 앞세우며 개발도상국으로 이전한 자국 기업들을 본국으로 복귀시키기 위한 정책을 확대하고 있다. 제조 선진국들이 제조업의 본국 회귀를 뜻하는 이른바 리쇼어링(Reshoring) 정책이 확대하는 동시에 제조업을 통한 새로운 가치 창출의 기회마련에 적극적으로 나서면서 제조업기반의 국제경쟁은 더욱 심화되고 있다.
- 독일은 4차 산업혁명 시대의 디지털화 성과에 대한 '15년도 조사에서 대기업보다 중소기업의 디지털화 전환 성과가 미비함을 인지하고 정부적 차원에서 중소기업 지원정책을 실시하고 있다. 독일 연방정부 경제에너지부(BMWI), 교육연구부(BMBF), 노동사회부(BMAS), 독일신용회복은행(KfW)는 인더스트리 4.0 기반 기술을 중소기업에 지원하고자 많은 노력을 기울이고 있고, 그 중에서 경제에너지부의 “디지털 아젠다(Digitalen Agenda)”의 일환으로 중소기업지원정책 “미텔슈탄트 4.0(Mittelstand 4.0)”을 추진하고 있다.
- 정부지원정책의 목적
 - 경제에너지부는 중소기업의 디지털화 촉진 및 혁신을 달성하기 위해 아래와 같은 지원 사업을 추진하고 있으며, 지원 사업은 다음의 3가지 기본원칙 하에 추진하고 있다.

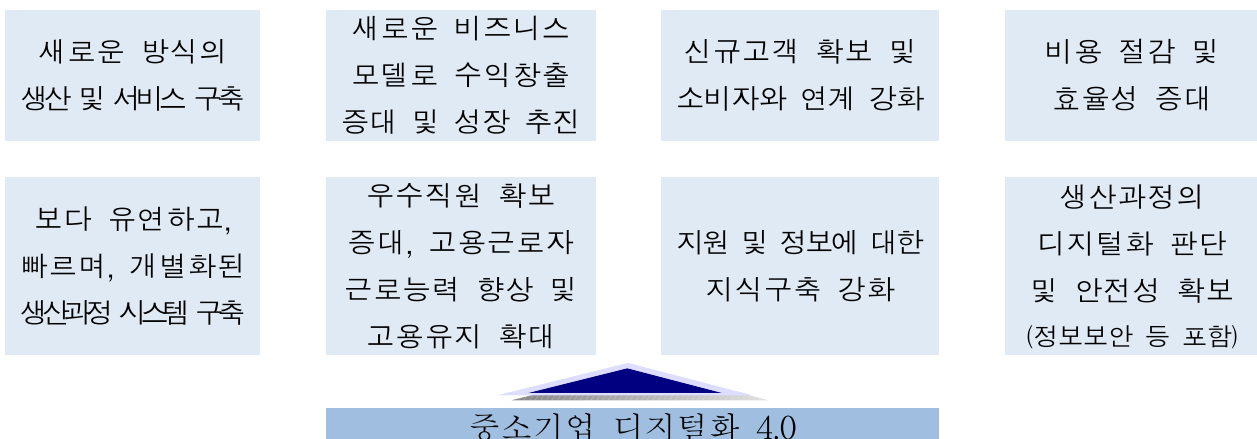
- 단순화 전략: 중소기업의 운영소프트웨어 품질 및 가용성 향상
- 전자표준(E-Standards): 디지털화에 따른 거래와 운송 등에서 표준화 문제를 다루면서 시장에서의 표준화 수립을 위한 노하우 제공
- 중소기업의 디지털화 생산 및 작업 프로세스 구축



<경제에너지부의 중소기업 지원정책 4.0>

○ 중소기업 디지털화를 통한 경쟁력 강화

- 독일 정부는 정부주도 하에 아래 그림과 같이 새로운 비즈니스 모델 구축, 노동시장의 유연성, 노동자의 역량강화 및 생산방식의 디지털화를 위해 노력하고 있다.

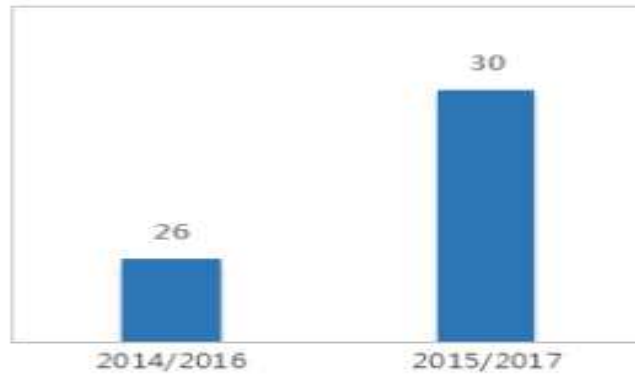


<중소기업의 디지털화를 통한 경쟁력 강화>

○ 재정지원

- 독일은 경제에너지부와 교육연구부에서 2억 유로를 기금하여, 교육연구부에서 1억 2천만 유로를 중소기업을 위한 인더스트리 4.0 관련 기술 연구에 투자하고 있다. 경제에너지부 중소기업지원 지원부서의 '17년도 예산계획은 약 9억 1,500만 유로(약 1조 1,579억 원)로 전체 경제에너지부 예산에 약 12.31% 비중을 차지하고 있다. 두 기관의 예산은 다음의 정책지원에 따라 집행된다.
 - 중소기업 이자 보조금 지원
 - 연구기관 지원
 - 직업교육 비용 지원
 - 중견 및 중소기업 숙련노동자 육성 지원
 - 서비스 산업 및 혁신기업 창업 지원
 - 기업 노하우 개발 촉진 지원
 - 직업교육 및 재교육기관 설립 및 운영 지원
- 중소기업 지원정책(Mittelstand 4.0)에 따른 재정지원
 - 중소기업 지원정책 기금을 통해 중소기업들의 디지털화 및 인터넷 기반 네트워킹의 강화를 통한 생산, 물류 서비스 및 소비자간 거래에 있어서의 제한과 장벽을 완화하려고 노력하고 있다. 경제에너지부 중소기업 지원부는 이 기금을 이용하여 11개 역량센터를 설립하여 중소기업의 디지털화 전환을 위한 실무와 관련성이 높은 주제별 중점정책들을 확대해 나가고 있다. 역량센터를 통해 경제, 학문 및 공공부분의 정비된 전략 및 학제 간 네트워크를 통해 독일의 각 지역의 새로운 경영모델(Business model)과 가치 창출을 개발하고, 인터페이스를 규정하며, 실제 응용 가능한 파일럿 솔루션을 개발하여 기업에 제시하고 있다.
- 독일신용회복은행(KfW)의 재정지원
 - 독일 정부는 중소기업의 디지털화 전환을 위한 기금뿐만 아니라 신용회복은행의 중소기업 자금 대출을 위한 특별프로그램을 설립

하여 디지털화 전환을 원하는 기업의 약 30%를 성공적으로 전환 시켰다. 중소기업 신용회복을 위한 프로그램인 “특별프로그램 (Sonderprogramm)”을 통해 09년~10년도 약 5000개 기업에 최대 120만 유로를 지원하여, 총 133억 유로를 신용보조금으로 지원한다.



중소기업 디지털화 전환 단위 (%)

- 이러한 신용회복은행의 지원을 받기 위해서는 기업은 디지털 전환과 혁신을 위한 기업활동에 대한 다음과 같은 체크리스트를 통해 자체 측정하고, 그에 대한 결과를 신용회복은행에 제출함으로써 지원을 받을 수 있도록 시스템화 하였다.

○ 교육지원

- 중소기업의 디지털화 전환을 위한 정부의 노력으로 중소기업 지원 정책4.0에 따른 역량센터의 활용과 노동사회부의 노동 4.0에 의한 노동의 디지털화, 유연화 그리고 네트워크화를 지원하고 있다.
- 노동사회부의 노동 4.0은 사업장의 디지털화 전환에 따른 문제를 노·사·민·관·학의 사회적 대화 플랫폼을 통해 다음의 원칙을 제안하여 정책을 시행하고 있다.
 - 디지털화된 노동시장 변화에 대한 적극적 조치
 - 디지털화 관련 이해관계 충돌에 대한 예방과 조율에 대한 동반자적 해결
 - 정부가 이해관계 관철이 어려운 개인을 지원, 동반자적 관계 여건 조성

- 인더스트리 4.0에 따라 변화된 환경에 대한 경제 및 기술적 접근보다는 사회적 접근

- 정책시행

- 노동 4.0의 정책은 독일 상공회의소(IHK)와 협업을 통해 다음의 사항에 대하여 지원한다. 다음 표와 같이 내용은 미텔슈탄트 4.0 정책과 연계하여 11개 역량센터는 노동 4.0의 핵심내용인 "인간-기술 상호작용(Man-Technique Interaction), 인간-기계 역할 구분, 워크 콤비네이션에 대한 조직 환경"을 실질적으로 실행하기 위한 지원을 하고 있다.

노동 4.0 교육지원 정책시행

주제	내용
노동방식 및 노동조건	유연 근무시간모델 운영, 노동시간 조직 시 종업원 참여, 중장기적 노동시간 Account 및 학습시간 Account 도입 등
조직 모델과 조직 프로세스	변화 이니셔티브 운영, 기업 내 네트워크 촉진, 디지털화에 따른 리버심의 변화, 계획 및 실행 주기의 단축 등
커뮤니케이션·협력·협업	종업원, 고객, 공급업체들과의 목표지향적인 관계관리, 기업의 기능 및 계층 간 협업 촉진, 지식자원관리, 데이터 보안을 위한 규정 수립 등
동기의식 및 리더십	디지털화에 따른 노동변화에 대한 의사소통, 신뢰 기반 기업 문화 및 관리자 문화, 관리자 역량 개발 촉진, 일과 가정의 균형 방안 제공 등
역량 및 교육	재교육 기회 제공, 긍정적인 실수 문화 확립, 종업원의 역량 개발 촉진, 학습문화, 종업원의 IT 역량 활용 등

- 중소기업 지원정책(Mittelstand 4.0)에 따른 교육지원

- 중소기업 지원정책에 따라 역량센터와 에이전시를 통해 중소기업의 디지털화를 현장에 지원하고, 노동사회부에서 추진하는 아젠다 “노동 4.0(Arbeit 4.0)”의 주제들에 대한 전문지식과 노하우를 제공한다.

- 스마트팩토리 구축 지원 사업사례

• 포장회사 “Möller GmbH”



[Mittelstand Digital]

“물러”사는 제품개별포장을 위한 종이상자와 플라스틱 재질의 포장제품을 30년 이상 만들어오던 회사로서 150명의 종업원을 고용하고 있으며, 최고 경영자 Klaus Eckert는 “4차 산업혁명 시대에 세계적인 경쟁력을 가지기 위해서는 시장변화에 적응하기 위해 발전된 IT기술과 다른 기술분야의 전문적 정보를 받아들여야 한다”라는 취지로 경제에너지부의 중소기업정책(Mittelstand 4.0)의 카이저스라우터른(Kaiserslautern)시에 위치한 지역역량센터의 생산설비의 디지털화로 도움을 받아 제품무게 측정을 위한 압력센서의 장착과 페이퍼 롤러의 just in time에 따른 적절한 활용 및 데이터화에 따른 경쟁력 향상을 가져왔다.

• 음료수 제조회사 Christine Berger GmbH & Co. KG



[Mittelstand Digital]

“크리스티안 베르거”사는 자사의 제품을 웹사이트와 온라인에서만 판매를 하다가, 다품종 제품을 원하는 고객의 요구에 의해 제품자체의 내용물뿐만 아니라 포장 제품의 다양성도 고객이 요구하게 되어 목적에 적절한 생산시설의 변경과 관리의 필요성이 발생하였다. 위와 같은 이유로 실시간 디지털화된 경영시스템의 도입을 필요로 하게 되어 베를린 지역역량센터의 지원을 받아 2016년 중순부터 제품의 저장 및 중앙 공정관리 및 고객요구에 대한 분석을 통해 경쟁력 향상을 가져왔다. 스마트팩토리 구축현황의 독일 사례에서 알 수 있듯이 사업장의 디지털화 전환은 고객의 요구사항 이행을 위해 사업주의 의지, 조직구성원의 참여와 정부의 지원이 필수요소이다. 독일 경제에너지부의 지원정책 미텔슈탄트 4.0은 11개 역량지원센터와 더불어 SmartfactoryKL 및 InSA 등과 같은 기업연합, 대학연구소 그리고 정부가 합동으로 사업장의 안전을 위한 연구를 지원하고 있다.

□ 협동로봇에 대한 국내·외 현안 사항

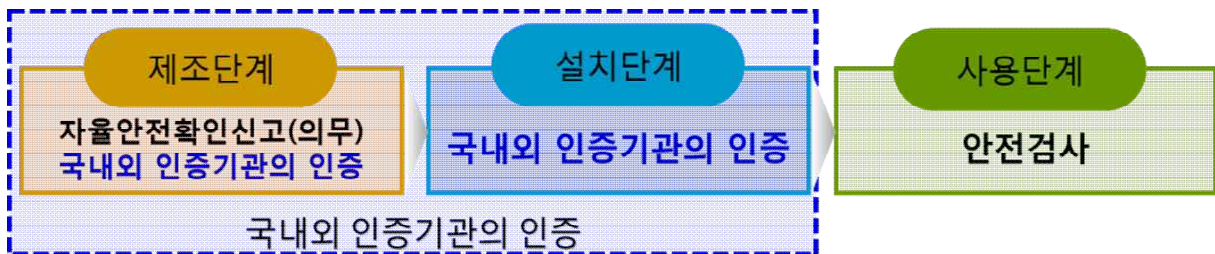
○ 『산업안전보건기준에 관한 규칙』 개정*에 따른 울타리 설치 예외 조건

제223조(운전 중 위험 방지) 사업주는 로봇의 운전(제222조에 따른 교시 등을 위한 로봇의 운전과 제224조 단서에 따른 로봇의 운전은 제외한다)으로 인하여 근로자에게 발생할 수 있는 부상 등의 위험을 방지하기 위하여 **높이 1.8미터 이상의 울타리**(로봇의 가동범위 등을 고려하여 높이로 인한 위험성이 없는 경우에는 높이를 그 이하로 조절할 수 있다)를 설치하여야 하며, 컨베이어 시스템의 설치 등으로 울타리를 설치할 수 없는 일부 구간에 대해서는 안전매트 또는 광전자식 방호장치 등 감응형 방호장치를 설치하여야 한다. 다만, 고용노동부장관이 해당 로봇의 안전기준이 「산업표준화법」 제12조에 따른 한국 산업표준에서 정하고 있는 안전기준 또는 국제적으로 통용되는 안전기준에 부합한다고 인정하는 경우에는 본문에 따른 조치를 하지 아니할 수 있다.

<개정 2016.4.7., 2018.8.14.>

- * 협동로봇의 개념에 따라 로봇과 사람이 작업영역을 공유하도록 시스템을 구성하여야 하므로, 안전기준에 부합하는 경우 안전매트 및 방책 설치 등의 조치를 하지 아니함

- ‘안전기준에 부합한다고 인정하는 경우’의 적용



○ ‘안전검사 고시(제2019-16호)’에 따른 협동로봇에 대한 안전검사

[별표14] 산업용 로봇 검사기준 제11호(협동운전)

협동운전을 위해 설계된 로봇의 경우 한국산업표준(KS B ISO 10218-1, 10218-2 및 KS B ISO TS 15066)에서 정하고 있는 안전기준 또는 국제적(ISO 10218-1, 10218-2 및 ISO TS 15066)으로 통용되는 안전기준에 따라 설치해야 한다.

- 한국로봇산업진흥원에서는 (KS B) ISO 10218-1에 대한 해외 인증기관의 인증서를 확인 후 (KS B) ISO 10218-2에 대해서만 추가 인증 가능
- 공단과 MOU를 체결한 국외 인증기관 중 3개소(SGS, TÜV SÜD, TÜV Rheinland) 역시 국내에서의 자체적인 인증서 발행은 어려운 실정임

○ 국내·외 협동로봇 관련 안전기준의 적용

분 야	국내기준	국제기준	비고
산업용 로봇의 제조	KS B ISO 10218-1:2011	ISO 10218-1:2011	
산업용 로봇 시스템 설치	KS B ISO 10218-1:2012	ISO 10218-2:2011	
협동로봇	KS B ISO TS 10566:2016	ISO TS 15066	CE인증기준에서 제외됨

※ 국내기준은 대응국제기준의 기술적 내용 및 구성을 변경하지 않고 작성됨

○ KS B ISO 10218-1의 협동로봇 관련 부분

협동운전 타입	위험감소 수단 및 특징	개념도
안전정격 감시 정지 (Safety-rated monitored stop)	- 사람이 협동작업 영역 내에 있으면 로봇 정지 - 사람의 협동작업 영역에의 침입여부는 외부 장치 (센서 등)에 의함	
핸드가이딩 (Hand guiding)	- 동작허가장치를 통한 직접 조작, 안전정격 감시 속도 운전 - 핸드가이딩 전에는 안전정격감시 운전, 핸드가이딩 시에는 로봇 자체 동작허가장치와 속도 모니터링 장치 작동	
속도 및 위치 감시 (Speed and separation monitoring)	- 지정된 속도 및 운전자와의 이격거리 유지 - 로봇과 사람의 이격거리 및 속도는 로봇 자체 내 장치와 외부장치(센서 등)에 의한 것이 있음	
설계 또는 제어에 의한 동력 및 힘 제한 (power and force limiting by inherent design or control)	- 사람과 로봇 접촉시 사람에게 상해를 가하지 않는 제한된 크기의 힘만 전달 - 사람과의 접촉 여부는 로봇 자체에 내장된 감지장치(토크센서 등)에 의함	

○ 산업용 로봇 사고사망 현황(2007년~2019년)

2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	합계
1	1	2	6	1	5	1	3	4	2	1	5	2	34

※ (국내·외) 협동로봇 관련 재해사례 없음

- KS B ISO TS 15066의 접촉에 대한 압력-힘의 최대값 관련 연구
 - KS B ISO TS 15066의 부속서 표 A.2에 따른 마인츠대학 실험

IFF Study for Completing Transient Limit Values Test facilities

Quasi-static loads (clamping)

- Same facility as used by Mainz
- One-axis load cell (force) and TekScan system (pressure)
- Hand-switch for notifying pain onset
- Manual loading gear



Transient loads (impact)

- Created by IFF
- Three-axes load cell (force) and TekScan system (pressure)
- Masses: 6.2kg and 16.5kg
- Impact speeds up to 1.25m/s



For force values

For pressure values

© Fraunhofer IFF, Magdeburg 2019

- KS B ISO TS 15066의 부속서 A에 따른 경희대학교 실험

Body Region	Specific Body Area	Quasi-static Contact				Transient Contact			
		Mainz study	IFF controls			Pressure (N/cm²)		Force (N)	
						Study 2014	Study 2019	Study 2009	Study 2019
Skull and forehead	1 Middle of forehead	130	100	130	80*	NA	270	NA	140*
	2 Temple	110	40	130	60*	NA	120	NA	80*
Face	3 Masticatory muscle	110	40	65	50*	NA	80	NA	60*
Neck	4 Neck muscle	140	x	150	50*	280	40*	300	60*
	5 7 th neck vertebra	210	110	150	100	420	150	300	160
Back and shoulders	6 Shoulder joint	160	50	210	70	320	110	420	110
	7 5 th lumbar vertebra	210	90	210	100	420	200	420	210
Chest	8 Sternum	120	50	140	90	240	110	280	150*
	9 Pectoral muscle	170	40	140	60	340	90	280	90*
Abdomen	10 Abdominal muscle	140	40	110	60	280	60*	220	90*
Pelvis	11 Pelvic bone	210	190	180	100	420	350	360	160
Upper arms and elbow joints	12 Deltoid muscle	190	70	150	100	380	100	300	130
	13 Humerus	220	140	150	70	440	140	300	170
Lower arms and wrist joints	14 Radial bone	190	140	160	110	380	200	380	200
	15 Forearm muscle	180	70	160	100	360	140	380	180
Hands and fingers	16 Ulnar nerve	180	60	160	90	360	130	380	160
	17 Forefinger pad D	300	150	140	170	600	270	280	440
	18 Forefinger pad ND	270	140	140	160	540	260	280	430
	19 Forefinger end joint D	280	180	140	160	560	670	280	450
	20 Forefinger end joint ND	220	170	140	170	440	600	280	380
	21 Thenar eminence	200	70	140	130	400	200	280	280
	22 Palm D	260	90	140	190	520	340	280	440
	23 Palm ND	260	90	140	160	520	300	280	340
	24 Back of the hand D	200	160	140	150	400	820	280	340
	25 Back of the hand ND	190	140	140	140	380	560	280	270
Thighs and Knees	26 Tight muscle	250	70	220	160	500	160	440	220
	27 Kneecap	220	150	220	170	440	310	440	320
Lower legs	28 Middle of shin	220	170	130	150	440	460	260	290
	29 Calf muscle	210	80	130	150	420	190	260	280

© Fraunhofer IFF, Magdeburg 2019
 x not tested
 * from cluster study (will be tested in latest study)
 NA not applicable

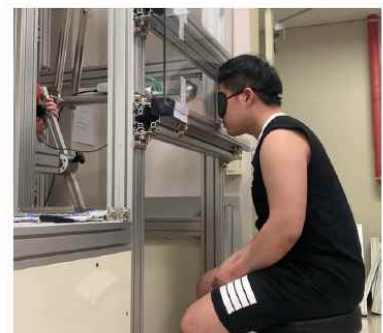
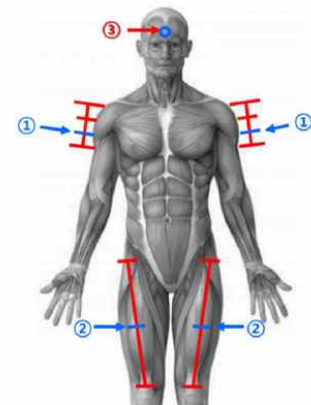
Collision Safety Study at KHU

2019. 06. 27.

Sungsoo Rhim
Kyung Hee University
ssrhim@khu.ac.kr

Pain Threshold for Transient Contacts – Experiment

- 3 body points
 - Forehead (thin skin)
 - Deltoid (thick muscle)
 - Thigh (thick muscle and moderate fat)
- 30 subjects
- Unconstrained human motion
- Three types of impactors
 - Sphere with radius 40 mm
 - Wedge with fillet round 5 mm
 - Wedge with fillet round 40 mm
- Contact velocity upto 2 m/sec
- Effective mass upto 7 kg
- Force, pressure, position, velocity were measured
- IRB approved
- Collaboration with KHU Hospital



KHU Experiment V.S. ISO TS 15066

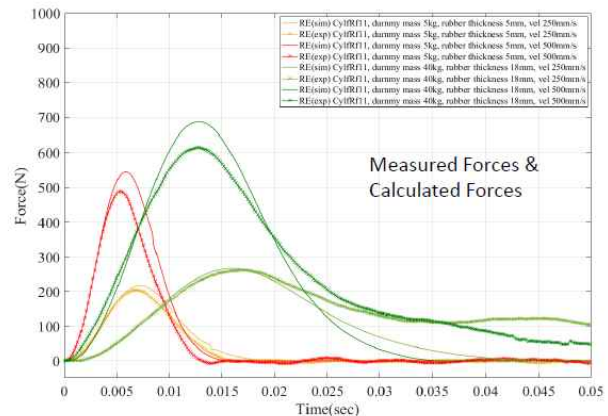
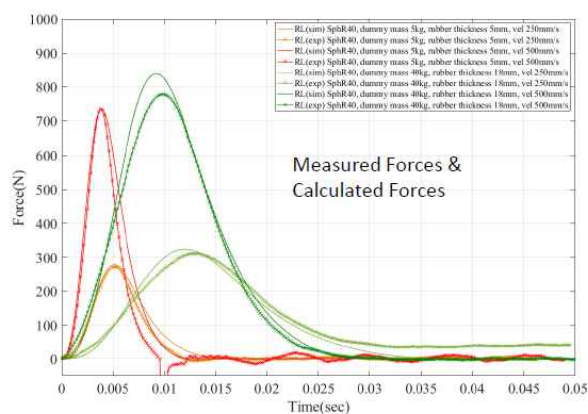
Body region	Specific body area	Quasi-static contact		Transient contact	
		Maximum permissible pressure ^a P_s N/cm ²	Maximum permissible force ^b N	Maximum permissible pressure multiplier ^c P_T	Maximum permissible force multiplier ^c F_T
Skull and forehead ^d	1 Middle of forehead	130	130	not applicable	not applicable
	2 Temple	110		not applicable	
Upper arms and elbow joints	12 Deltoid muscle	190	150	2	2
	13 Humerus	220		2	
Thighs and knees	26 Thigh muscle	250	220	2	2
	27 Kneecap	220		2	

Pain-onset Force

Contact Area	TS 15066 Transition	KHU (Wedge w/ R40)	KHU (Wedge w/ R5)
Forehead	260 N	320 N	-
Deltoid	300 N	250 N	160N
Thigh	440 N	290 N	240N

Further analysis is ongoing.

Contact Force Estimation (Measured & Calculated)



Impact on a sliding dummy mass with human skin like material on the surface.

○ 협동로봇 인증에 대한 해외 적용 사례

- (유럽) Machinery Directive 2006/42의 규제에 따르며, Annex II에 따라 자기적합성 선언을 해야 하며, 최종 로봇 시스템을 설치한 후 Annex III에 따라 CE Mark를 부착해야 하고,
- 협동로봇을 위한 별도 법규나 제도는 마련되어 있지 않으며, 기존 산업용 로봇 규제를 적용하여 ISO 10218-2*에 따라 검증하면 안전 펜스 없이 협동로봇 사용 가능

* 산업용로봇 규제와 동일하며, ISO 10218-2의 Collaborative operation(협동운전)항의 준수 여부로 적합성 판단 가능

- (일본) 협동로봇을 설치한 사업주는 ISO 10218-2 국제표준에 따라 자기적합성선언을 한 경우 안전펜스 없이 사용 가능하며,
- 협동로봇에 대한 규제 개선을 위하여 '13년 6월 규제 개혁 실시에 따라 관련 법규 개정 완료

VI

선물 수령 및 신고 여부

수령 여부	신고 여부	비고
X	X	