

2019.08.13 (제23호)

ICT 융합 Issue Report

## 독일 제조분야 Digital Transformation

— 인더스트리 4.0 (스마트 팩토리 포함), 스마트 서비스, 자율 시스템 및  
중소중견기업 Digital Transformation 지원 현황 —

김은

# 독일 제조분야 Digital Transformation

- 인더스트리 4.0 (스마트 팩토리 포함), 스마트 서비스, 자율 시스템 및  
중소중견기업 Digital Transformation 지원 현황 -

**ICT 융합 Issue Report**

2019.05.14. (제22호)

## 목차

1. 인더스트리 4.0 추진 현황 및 주요 내용
2. 독일의 제조 분야 Digital Transformation

[별첨] 독일연방정부의 디지털 경제 논의  
현황

3. Mittelstand Digital과 Mittelstand 4.0

4. 인더스트리 4.0 구현 현황

[부록] 인더스트리 4.0 비전 2030: 글로벌  
디지털 생태계 구축

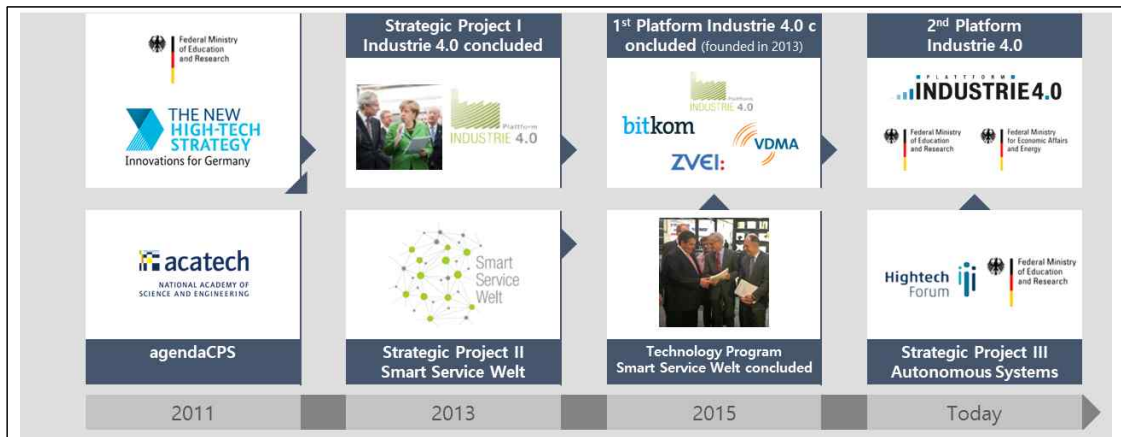
김은  
(사) 한국ICT융합네트워크

본 이슈리포트는 과기정통부의 『ICT 융합 Industry 4.0s 기술개발사업』 가운데 「조선 내업공정 표준 시뮬레이터 및 의사결정 지원시스템 개발」 과제의 일환으로 진행된 연구 결과물의 일부를 포함하고 있습니다. 본 연구결과물은 독일 인더스트리 4.0의 주요 내용과 최신 동향 및 독일 제조분야 Digital Transformation 컨셉 그리고 중소중견기업 Digital Transformation 지원) 추진 현황을 소개합니다.

## 발 간 사

독일에서는 2011년에 인더스트리 4.0에 대한 논의가 시작된 이후 Smart Service Welt, Autonomous System 등을 포함해 **제조분야 Digital Transformation의 전략 프로젝트**로 논의가 진행되었다.

[그림 1] 독일의 제조분야 Digital Transformation 전략



출처: Kagermann (2017)

국내에서는 인더스트리 4.0에 대한 내용이 정확하게 소개된 글을 찾아보기 힘들다. 이는 독일에서 2013년에 발표된 인더스트리 4.0 추진 제안(FU & Acatech, 2013E)을 기반으로 인더스트리 4.0에 대한 내용이 정확하게 파악되지 못한 상황에서 국내에 소개된 데 기인한 것으로 추정된다.

당시에 인더스트리 4.0에 대한 내용이 정확하게 소개되지 못한 이유 가운데 하나는 그 시점에 인더스트리 4.0에 대한 문서가 대부분 독일어로 작성되어 그 내용을 확인하기 쉽지 않았다. 또한 현재 시점에서 돌이켜보면 그 내용이 기존의 전통적인 자

동화 사고(思考)에서는 벗어나서 그 내용을 파악하기 어려웠을 수도 있다. 그리고 이러한 내용은 2019년 8월 현재도 국내에서는 정확히 이해되는 경우가 많지 않다.

상기한 이유로 그 내용이 정확하게 파악되지 않은 채 소개된 내용들이 이후 그대로 복제되어 다시 소개되는 과정에서 많은 오류가 발생된 것으로 추정된다.

본고에서는 먼저 인더스트리 4.0의 주요 내용과 최신 동향을 상세하게 소개한다. 그리고 인더스트리 4.0을 포함해 Smart Service Welt, Autonomous System 등 독일의 제조분야 Digital Transformation 추진 현황을 정리하여 소개한다. 더불어 독일의 중소중견기업(Mittelstand)을 대상으로 Digital Transformation을 지원하고 있는 Mittelstand Digital 및 Mittelstand 4.0 내용에 대해서도 간략히 소개한다. 마지막에는 2017년 시점의 인더스트리 4.0 구현 현황을 간략히 소개하고 부록에는 2019년4월에 발표된 인더스트리 4.0 비전 2030의 한글 번역본도 첨부한다.

2019.8.13

한국ICT융합네트워크

상근부회장 김은

## 목 차

1. 인더스트리 4.0 추진 현황 및 주요 내용 .....	1
1.1 인더스트리 4.0 추진 연혁 .....	1
1.2 인더스트리 4.0의 주요 내용 .....	2
1.2.1 인더스트리 4.0 정의 .....	2
1.2.2 인더스트리 4.0의 Dual Strategy .....	3
1.2.3 범 기업적인 가치창출네트워크 구축 .....	5
1.2.4 Win-Win 구조 창출을 위한 생태계 전략 .....	8
1.3 인더스트리 4.0의 주요 구성요소 .....	12
1.4 스마트 팩토리 .....	17
1.4.1 스마트 팩토리 개념 및 주요 기술 .....	17
1.4.2 기술 기반 스마트 팩토리 사례: 팩토리 4.0 .....	21
1.4.3 스마트 팩토리 구축에 필요한 기술들의 상관관계 .....	25
1.4.4 인더스트리 4.0 구현을 위해 필요한 주요 분야 .....	25
1.4.5 구현 난이도에 따른 인더스트리 4.0 로드맵 .....	26
1.4.6 독일의 스마트 팩토리 수준 분류 체계 사례 .....	29
[별첨] 독일연방정부의 디지털 경제 논의 현황 .....	31
2. 독일의 제조 분야 Digital Transformation .....	33
2.1 Smart Service Welt .....	34
2.1.1 독일의 Smart Service Welt 추진 개요 .....	34
2.1.2 제조 기반 스마트 서비스의 특성 .....	38
2.2 Autonomous System .....	44

3. Mittelstand Digital과 Mittelstand 4.0 .....	46
3.1 Mittelstand Digital .....	46
3.1.1 Mittelstand Digital 추진 현황 (2018년 11월까지) .....	46
3.1.2 Mittelstand Digital - 디지털화의 미로에서 이정표 .....	53
3.2 Mittelstand 4.0 추진 현황 .....	54
4. 인더스트리 4.0 구현 현황 .....	59
[부록] 인더스트리 4.0 비전 2030: 글로벌 디지털 생태계 구축 .....	61

## 그림 목차

[그림 1.1-1] 인더스트리 4.0의 주요 활동 연혁 .....	1
[그림 1.2-1] 인더스트리 4.0 Dual Strategy .....	4
[그림 1.2-2] Industrie 4.0 - Transformation process ....	4
[그림 1.2-3] 시장 수요의 변화 .....	5
[그림 1.2-4] 전체 가치창출사슬을 관통하는 엔지니어링의 투명성 .....	6
[그림 1.2-5] 인더스트리 4.0이 제조 생태계에 미치는 파급효과 .....	10
[그림 1.3-1] 인더스트리 4.0 및 스마트 팩토리 유관 개념들의 도입 시점 .....	12
[그림 1.3-2] IoT와 IoS의 일부분으로써의 인더스트리 4.0 및 Smart Factory .....	15
[그림 1.3-3] 인더스트리 4.0의 주요 구성요소 .....	16
[그림 1.4-1] Factory 4.0 .....	21
[그림 1.4-2] 해체되고 (decoupled), 완전히 유연하고 고도로 통합된 제조시스템 .....	22
[그림 1.4-3] 기존의 가치 창출 구조를 새로 생각해야 함 ....	23
[그림 1.4-4] 인더스트리 4.0 구현을 위한 요인들 간의 상관관계 .....	24
[그림 1.4-5] 인더스트리 4.0 구현을 위해 필요한 주요 분야 .....	25
[그림 1.4-6] 인더스트리 4.0으로 가는 길 .....	26
[그림 1.4-7] 독일의 스마트 팩토리 수준 분류 체계 사례 ....	30
[그림 2-1] 독일의 Digital Transformation 전략 .....	33
[그림 2.1-1] 스마트 서비스 - 이용자가 중심에 있음 .....	40



[그림 2.1-2] 제조업의 디지털 트랜스포메이션 .....	41
[그림 2.1-3] 전통적인 제조업에서 데이터 기반 비즈니스 생태계로의 발전 단계 .....	42
[그림 2.1-4] 데이터 경제 .....	43
[그림 2.2-1] Autonomous System의 요구사항 및 참조모델 .....	44
[그림 3.1-1] Mittelstand Digital (2013) .....	46
[그림 3.1-2] Mittelstand Digital 구조 및 책임 기관 .....	48
[그림 3.1-3] 독일 기업의 디지털 트랜스포메이션 현황 .....	51
[그림 3.1-4] 디지털화의 미로에서 이정표 .....	54
[그림 4-1] 인더스트리 4.0 2017년도 구현 현황 .....	59

## 표 목차

<표 I-3.1-1> Mittelstand-Digital 프로그램 세부 비교 .....	48
<표 I-3.1-2> 독일 미텔슈탄트의 디지털화 현황 .....	50
<표 I-3.1-3> 독일에서 디지털화를 촉진하기 위한 파트너와의 협력 현황 .....	51

## 1. 인더스트리 4.0 추진 현황 및 주요 내용

### 1.1 인더스트리 4.0 추진 연혁

- 인더스트리 4.0과 관련하여 독일에서는 최근 2019년4월에 Hannover Messe (산업박람회)에서 “인더스트리 4.0 비전 2030” (영: 2030 Vision for Industrie 4.0<sup>1)</sup>; 독: Leitbild 2030 für Industrie 4.0<sup>2)</sup>)을 발표했다 (한글 번역본 [부록] 참조)

[그림 1.1-1] 인더스트리 4.0의 주요 활동 연혁



- 인더스트리 4.0은 2011년에 발의되고, 2013년에 추진 제안이 발표되고, 2015년에 구현 전략이 발표됨
- 인더스트리 4.0은 2011년에 독일연방정부의 자문위원회인 연구연합 (Forschungsunion) 경제 및 학문 - 통신 (Wirtschaft und Wissenschaft - Kommunikation) 프로모션 그룹에 의해 발의됨 (2011.1.25.)
  - 이후 2011년 4월에 Hannover Messe에서 발표됨 ([그림 1.1-1] 참조; VDI, 2011)

1) <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Standardartikel/vision.html>

2) BMWi (2019) <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Standardartikel/leitbild.html>

- 2013년에는 독일연방정부의 자문위원회인 연구연합 (Forschungsunion) 및 독일공학한림원(acatech)에 의해 향후 추진 방안에 대한 제안이 발표됨 (FU & Acatech, 2013)
- 2015년에 BITKOM (정보통신미디어협회), VDMA (기계설비협회), ZVEI (전기전자협회) 3개 협회에 의해 추진 전략이 발표됨 (BITKOM/VDMA/ZVEI, 2015)
- o 2017년에는 Merkel 집권 이후 2006년에 시작된 Digital Submit<sup>3)</sup>에서 인더스트리 4.0 10대 강령이 발표됨

## 1.2 인더스트리 4.0의 주요 내용

### 1.2.1 인더스트리 4.0 정의

인더스트리 4.0 개념은 제4차 산업혁명을 의미하며, 이는 제품 라이프사이클 (전반)에 걸친 **전체 가치창출사슬 조직과 관리의 새로운 단계**임. 이러한 라이프사이클은 점점 더 **개인화된 고객의 요구사항**에 맞추며 아이디어, 개발과 제조에 대한 주문, 최종 고객에게 전달 및 리사이클링까지 그리고 그러한 것들과 연계된 **서비스**까지 확대된다.

기반은 모든 가치창출에 관여하는 조직의 **네트워킹**을 통한 **모든 중요한 정보의 실시간 가용성** 및 **데이터로부터 언제든지 최적의 가치창출흐름**을 도출할 수 있는 능력이다. 인간, 객체 (대상물) 및 시스템의 연계를 통해 다이내믹하고 실시간으로 최적화되고 **자율적으로 조직하는 범 기업적인 가치창출 네트워크**가 만들어지며, 이는 예를 들어 비용, 가용성 그리고 자원 소비와 같은 다양한 요인이 최적화되도록 한다.

(출처: BITKOM/VDMA/ZVEI, 2015D, 8)

- o 인더스트리 4.0을 정의하는 다양한 구성요소 가운데 **가장 중**

3) 독일에서는 Merkel 집권 이후 2006년부터 수상 주재 하에 독일 내 IT 정상들이 모여 회의하는 National IT Gipfel Treffen (독일 내 IT 정상회의)를 시작하였으며 2017년에는 그 명칭이 Digital Submit으로 변경됨

요한 특징은 “개인화된 고객의 요구사항의 반영”과 최적의 “가치창출 네트워크” 구축임

- 인더스트리 4.0의 핵심 목표는 개인 맞춤형 제품 및 그러한 제품 제조를 최적화할 수 있는 기계설비를 활용한 범 기업적인 가치창출 네트워크의 창출이며,
- 새로운 유형의 기계·설비는 네트워킹 기반의 분권화된 자율 시스템(Networked Decentralized Autonomous System)을 추구함

### 1.2.2 인더스트리 4.0의 Dual Strategy<sup>4)</sup>

제조업(industrial production)을 인더스트리 4.0으로 변환/전환하기 위해 독일에서는 두 가지 전략(dual strategy)을 구사해야 한다:

- 독일 설비산업(equipment industry)은 전통적인 하이테크와 ICT의 지속적인 통합을 통해 지능형 제조기술의 선도공급자가 됨으로써 계속해서 세계 시장에서 리더 역할을 해야 한다. CPS 기술\*과 제품의 새로운 선도적인 시장은 만들어지고 관리되어야 한다.
- 동시에 독일 제조업(manufacturing)은 효율적이고 자원을 절감하는 제조 기술을 통해 매력적이고 경쟁력을 확보할 수 있도록 계속해서 개발되어야 한다. 목표는 독일 기업의 경쟁우위 확대이며, 이는 인터넷을 통해 공간적으로 가깝고 이용자 및 생산자의 적극적인 네트워킹을 통해 창출된다. 독일의 자동화, 프로세스 그리고 제조기술은 이러한 전략을 통해 마찬가지로 이익을 본다.

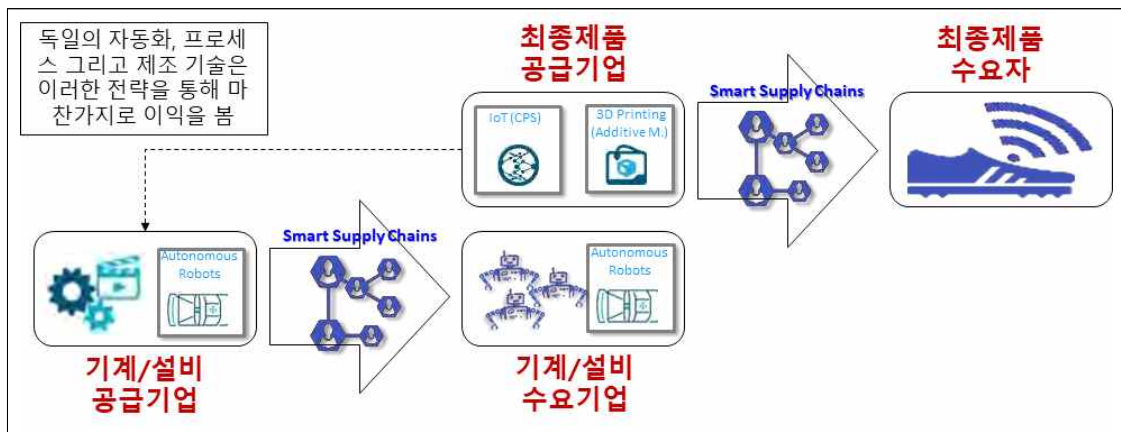
\* 구현 전략(Umsetzungsempfehlungen)의 정의 (FU&Acatech, 2013D, 84): CPS (Cyber-Physical Systems)는 임베디드 시스템, 제조, 물류, 엔지니어링, Coordination 및 Management 프로세스 그리고 인터넷 서비스를 포함하는데, 이는 센서를 이용해 직접적으로 물리적인 데이터를 확보하고, 액추에이터를 통해 물리적인 처리에 영향을 주고, 디지털 네트워크를 통해 서로 연결되고, 전 세계에서 가용한 데이터 및 서비스를 활용하고, multi-modal 인간-기계 인터페이스를 통해 이용 가능하다. CPS는 개방형 사회·기술적 (socio-technical) 시스템이며 새로운 기능, 서비스 및 특성을 가능하게 한다.

(출처: BITKOM/VDMA/ZVEI, 2015D, 9)

4) 독일에서 인더스트리 4.0과 관련하여 Dual Strategy를 2013년에 발표한 후 2015년에 다시 수정함. 2013년과 2015년에 정리된 내용에는 약간의 차이가 있음. 원래 독일에서 추진하고자 하는 내용은 2015년에 발표된 내용에 더 잘 나타나 있음. 여기에서는 2015년에 발표된 문서의 내용을 기준으로 소개함

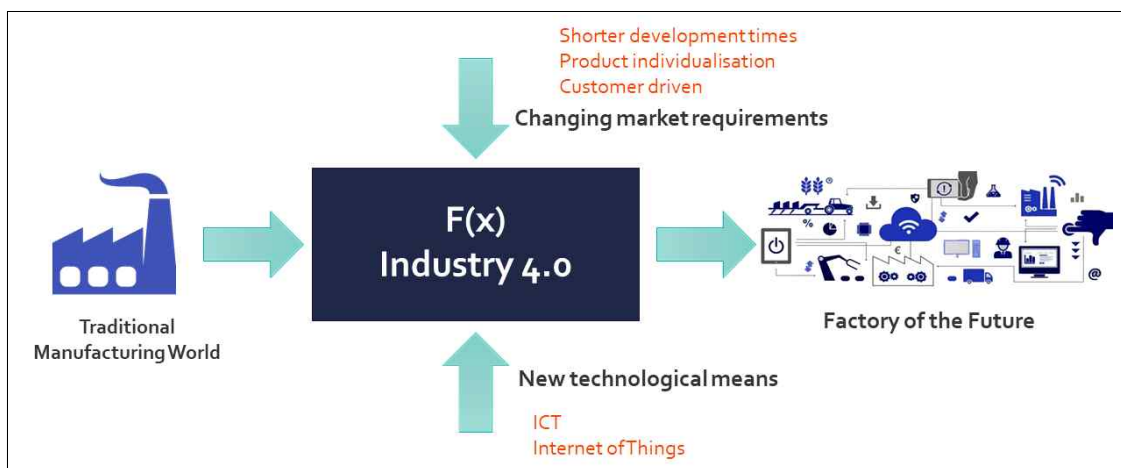
- 인더스트리 4.0에서 추구하는 Dual Strategy는 **개인 맞춤형 제품 시장**과 그러한 제품 제조를 최적화할 수 있는 **기계설비 시장**에서 선도적인 지위를 확보하고자 하는 것임

[그림 1.2-1] 인더스트리 4.0 Dual Strategy



- 인더스트리 4.0은 새로운 기술을 기반으로 시장의 변화에 대한 대응으로 볼 수 있음

[그림 1.2-2] Industrie 4.0 - Transformation process

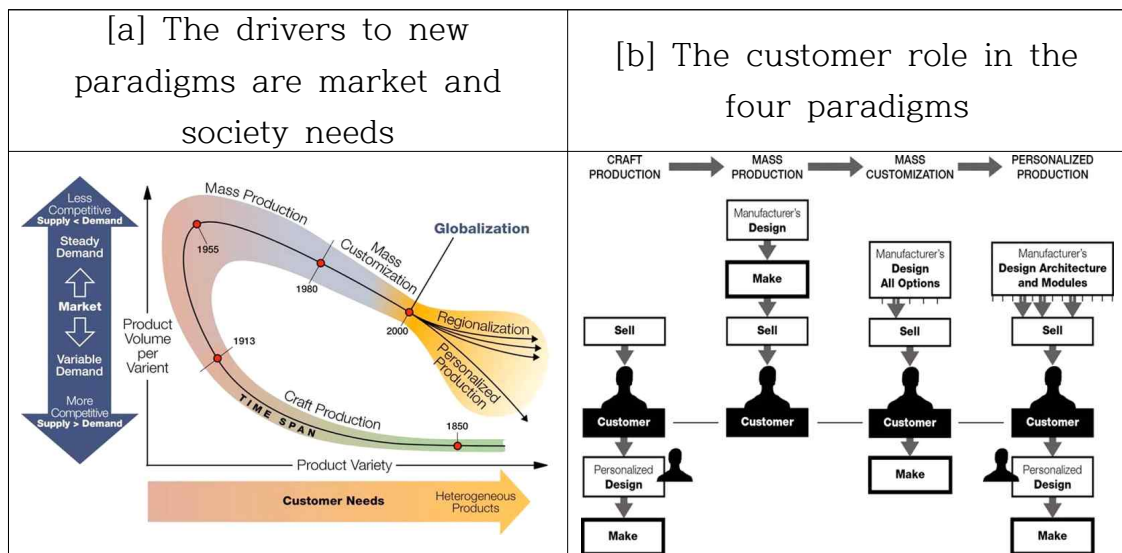


출처: DFKI/SmartFactory<sup>kl</sup> (2015)

- Koren에 따르면 2000년을 기점으로 개인 맞춤형 제품에 대

- 한 수요가 확대되는 형태로 시장이 변화하고 있음
- 이는 높은 제조 비용에서는 충족되기 쉽지 않았던 수요가 새로운 기술과 연동되어 나타나는 잠재 수요로 볼 수 있음

[그림 1.2-3] 시장 수요의 변화

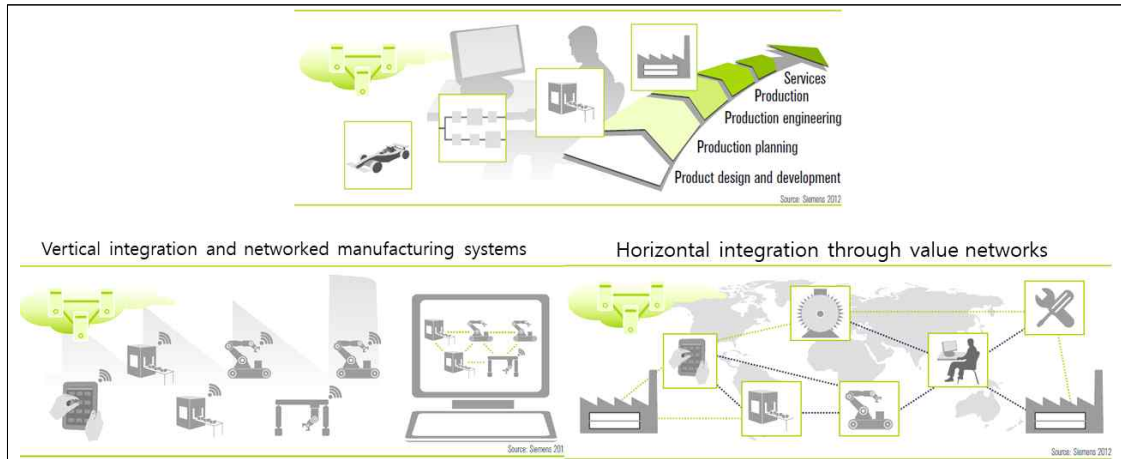


출처: Koren (2010)

### 1.2.3 범 기업적인 가치창출네트워크 구축

- o 인더스트리 4.0의 목표 가운데 하나는 수직적 및 수평적 통합을 통해 **자율적으로 최적화**하기 위한 투명하고 긴밀하게 연계된 **범 기업적인 가치창출 네트워크**를 구축하는 것임
- o 인더스트리 4.0의 Dual Strategy에서 추구하는 두 가지 CPS 전략(dual CPS strategy)의 목적 달성을 위해서는 가치창출 체계 전체의 효율적인 운영이 필수이며 전체 가치창출 네트워크 전반에 걸친 엔지니어링에 있어서 디지털 통합이 필수적이며, 이를 위해서는 수직적 및 수평적 통합의 필요성을 강조하고 있음 (FU & Acatech, 2013E: 31)

[그림 1.2-4] 전체 가치창출사슬을 관통하는 엔지니어링의 투명성<sup>5)</sup>



출처: FU & Acatech (2013)

두 가지 CPS 전략(dual CPS strategy)의 목표를 달성하기 위해 다음과 같은 인더스트리 4.0 특성이 실현되어야 함:

- **가치창출네트워크의 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

출처: FU & Acatech (2013E)

○ 수직적 통합<sup>6)</sup>

- 하나의 조직 내에서 품질, 유연성 증대, 효율성 및 생산성을 극대화하기 위해
- 기업 내부의 제품 및 데이터 흐름을 최적화하여 조직, 기능

5) 전체 가치창출사슬을 관통하는 엔지니어링의 투명성 (독: Durchgängigkeit des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette; 영: End-to-end engineering across the entire value chain, 전체 가치창출사슬을 관통하는 처음부터 끝까지 잘 연계된 엔지니어링)

6) agiplan et. al., 2015; IAB, 2015, 13; IMPULS-Stiftung, 2015, 39; PwC, 2014

간에 긴밀하게 연계된 생산 체계를 의미

- 즉, 가치창출과 관련하여 기업 내에서 업무가 배분된 다양한 활동들
- 기능적인 측면에서는 판매에서부터 제품 개발 및 기획을 거쳐 제조, 판매 그리고 마지막으로 재무부서에 이르기까지
- 이러한 비즈니스 프로세스가 기술적 프로세스와 함께 정보, 통신, 제어, 경영관리 시스템의 연계 하에 서로 연결되는 것을 의미

○ 수평적인 통합<sup>7)</sup> (네트워킹된 수평적인 가치창출사슬)

- 목적은 고객 요구사항의 충족을 위해 가치창출 네트워크 내에서 제품과 정보의 흐름을 최적화하는 것임
- 기본 사상은 기업 내·외부를 불문하고 가치창출 관련 모든 이해관계자들 간에 관련 모든 활동의 통합, 즉 데이터 및 프로세스의 공유 및 연계를 의미
- 공급자에서 고객에 이르기까지 모든 내·외부 가치창출 파트너의 연계
- 독자적인 기업이거나, 흔히 법적으로 독립된 조직 간에 업무를 수행 때 업무 수행과 관련된 의사결정에서도 효율성을 극대화하기 위해 긴밀하게 연계하고 협력하는 것을 의미함
- 수평적 통합은 제조 프로세스의 범 산업적인 네트워킹을 포함
- 이를 통해 전체 제품 라이프사이클의 범 기업적인 기획 및 제어를 위한 네트워크가 창출됨
- 프로세스와 자원은 가치창출사슬을 따라 서로 네트워킹됨
- 이러한 네트워킹은 하나의 기업 내에서 개별 기계 및 분야에 제한되지 않을 뿐만이 아니라 기업의 경계를 극복함

---

7) agiplan et. al., 2015; IAB, 2015: 13; IMPULS-Stiftung, 2015, 39; PwC, 2014



- (기계적인) 커뮤니케이션은 고객과 공급업체 사이에 수평적으로 그리고 나아가 전체 가치창출사슬 내에서 기업의 모든 계층 및 기능에서 이루어짐
  - 수평적 통합에서는 디지털 노드 점을 통해서 기계가 수행해야 하는 작업이 배분
  - 기계는 스스로 원료, 작업 도구, 직원 수요를 파악하고 그것의 투입을 결정하며 스스로 업스트림 단위에서 자재를 추가 주문
- o End-to-end digital integration of engineering across the entire value chain<sup>8)</sup>
- 이는 하나의 조직 내부에서 처리되든지 여러 개의 조직에 걸쳐서 처리되든지 상관없이 가치창출과 관련된 모든 이해관계자들 간의 활동이 긴밀하게 연계되어 전체 가치창출 네트워크에서 엔지니어링 프로세스, 즉 처음 기획에서 제품 출고 이후 After Service까지 투명하게 확인할 수 있고 긴밀하게 연계되어야 한다는 것을 의미함

#### 1.2.4 Win-Win 구조 창출을 위한 생태계 전략

- o 수평적 통합에서 볼 수 있는 바와 같이 인더스트리 4.0은 단순히 디지털화의 촉진을 통한 하나의 기업 내에서의 프로세스 이노베이션만을 추구하는 개별 기업의 전략이 아님. 인더스트리 4.0은 가치창출 네트워크에 참여하는 모든 이해관계자가 모두 이익을 볼 수 있는 구조를 만들어 전체 생태계

8) (독) **Digitale Durchgängigkeit** des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette: 영어로 End to End Integration으로 번역된 Durchgängigkeit는 독일 관련자의 설명에 따르면 의미상으로 차이가 있다고 함. 독일어의 Durchgängigkeit는 투명성의 의미가 강하고 영어의 End to End Integration는 Streaming의 의미가 강하다고 함.

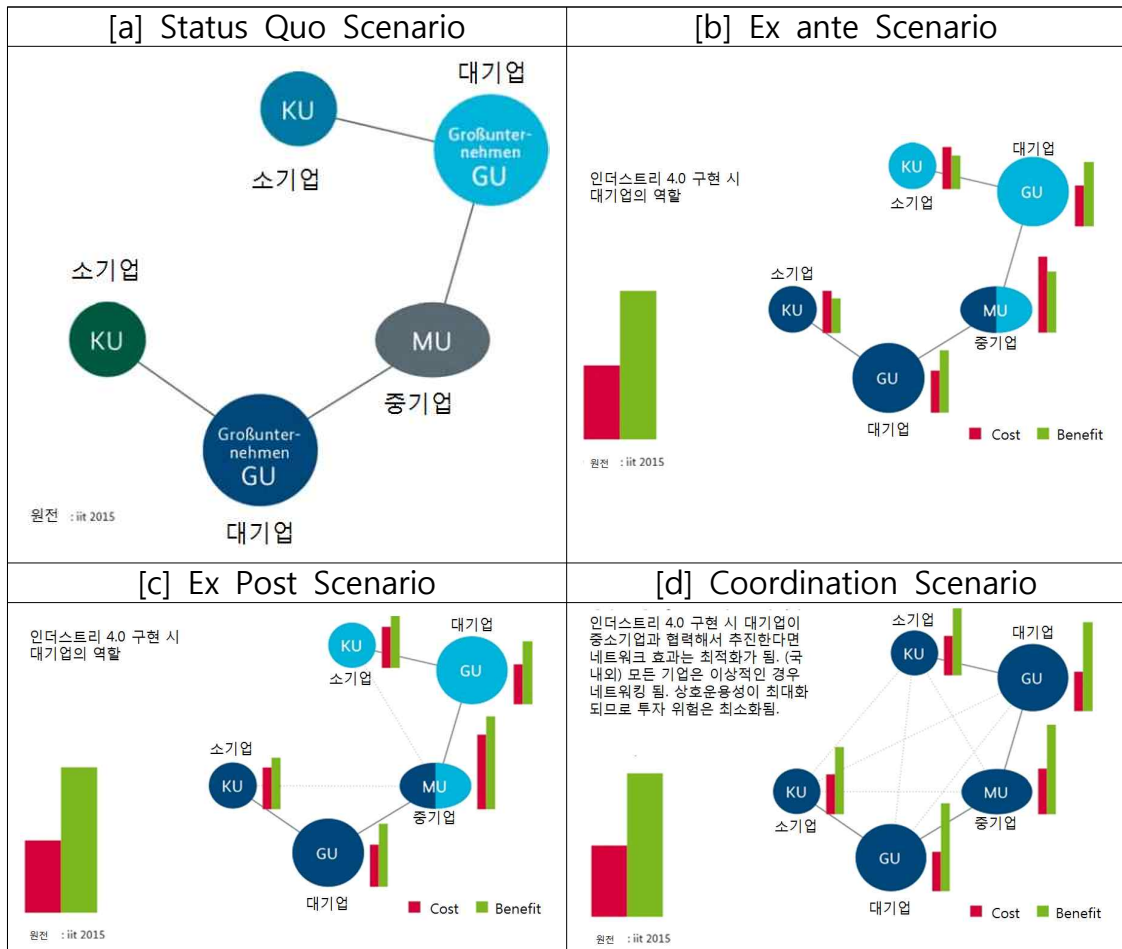
가 경쟁력을 확보할 수 있는 방안을 강구하는데 중점을 두고 있는 **생태계 전략**임

- 인더스트리 4.0은 수평적 통합을 통해 참여자가 많을수록 효용이 커지는 네트워크 효과를 극대화하며 생태계의 경쟁력을 강화하고자 함
- 여기서 생태계란 반드시 특정 국가에 속한 이해관계자를 의미하지 않으며 국적과 무관하게 가치창출과 관련된 모든 이해관계자를 의미함

네트워크 효과는 일반적으로 긍정적인 외부효과로 이해됨. 이는 전체 효용이 개별적인 효용을 상회할 때 나타남. 이는 인더스트리 4.0과 관련하여 이용자 숫자의 증가와 함께 표준 및 네트워크의 효용이 증가하는 것을 의미함. 최소한의 숫자에 도달하면 이용자 숫자의 증가는 가속화되어 나타나며, 기술의 확산은 스스로 진행됨. (BMW, 2015, 39)
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- 독일에서는 인더스트리 4.0의 파급효과를 네트워크 효과를 기반으로 현상 유지 (status-quo), 사전적 (ex ante), 사후적 (ex post), 조율된 (coordination) 등 4가지 시나리오로 구분하여 설명함 ([그림 1.2-5] 참조)
- 인더스트리 4.0을 도입하지 않은 현상 유지 (status-quo) 시나리오에서 상호작용은 단지 발주자와 수주자 사이에서만 일어남. 그 결과 정보의 흐름은 직접적인 상호작용을 하는 이해관계자 사이에서만 일어나며 제한적임. 대기업은 많은 중소기업과 OEM으로 연계되어 있으나 제조 설비는 연결되어 있지 않음. 그 결과 기업 간 정보는 개별적으로 다양하게 흐름.  
[그림 1.2-5] 인더스트리 4.0이 제조 생태계에 미치는

## 파급효과



출처: BMWi (2015)

- 사전적 (ex ante) 시나리오에서 기업들은 **정적인 관점**에서 비용 대비 효용 관계를 고려함. 여기에서는 동적인 네트워크 효과를 고려하지 않았을 경우 임. 이 경우 대기업에서는 효용이 비용을 상회하는데 반해 중소기업에서 기대되는 효용은 비용보다 적음. 따라서 인더스트리 4.0은 확산되지 않음. 그 이유는 중소기업은 인더스트리 4.0에 투자하는 것이 매력적이지 않기 때문임
- 사후적 (ex post) 시나리오에서는 사전적 시나리오와 비교해

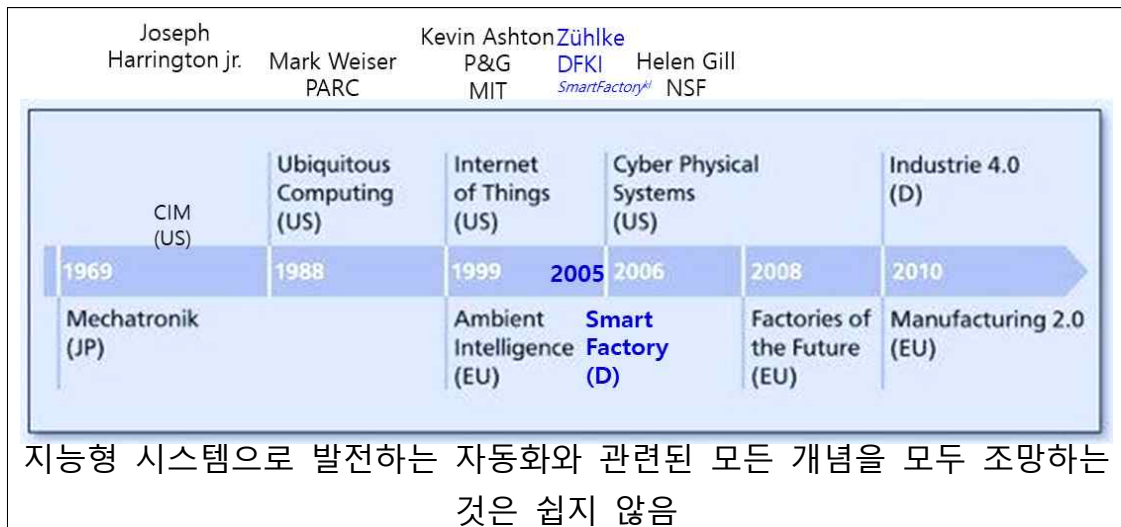
동적인 관점에서 네트워킹의 추가 가능성이 나타나는데 이는 협력하는 제조 집단에서 통일된 통신 표준으로부터 도출됨. 여기에서 대기업에서 시작되는 표준을 통해 중소기업 사이의 통신은 용이해지며 이를 통해 새로운 가능성이 생겨 남

- 조율된 시나리오에서 공동의 의사소통 형태 구현이 성공하는 것을 가정하였음. 규격과 표준을 통해 인더스트리 4.0은 큰 경제적인 잠재력을 확보할 수 있음

### 1.3 인더스트리 4.0의 주요 구성요소

- 인더스트리 4.0의 주요 구성요소로 특히 국내에서는 흔히 **스마트 팩토리**가 전면부에 부각되며, 스마트 팩토리는 최근 논의되고 있는 ICT 융합 기술의 집약체임

[그림 1.3-1] 인더스트리 4.0 및 스마트 팩토리 유관 개념들의 도입 시점



출처: Jasperneite<sup>9)</sup> 및 Harrington, Jr., New York, 1973 및 일부 내용은 저자에 의해 추가됨

인더스트리 4.0은 지능적인 제품의 제조, 공정 및 프로세스 (*Smart Production*)에 집중한다. 인더스트리 4.0의 중요한 요인은 **지능형 공장**이다 (*Smart Factory*). *Smart Factory*는 복잡성을 해결하며, 고장이 잘 나지 않으며 제조에 있어서 효율성이 향상된다. *Smart Factory*에서는 인간, 기계·설비 그리고 자원이 마치 SNS에서와 같이 의사소통한다. **지능형 제품** (*Smart Products*)은 그들의 제조 과정 및 미래의 이용에 대해 알고 있다. 지능형 제품은 제조 과정을 적극적으로 지원한다 ("언제 스스로 제조가 완료되고, 어떤 파라미터에 의해 작업되어야 하며, 내가 어디로 배송되어야 하는지 등"). (출처: FU & Acatech, 2013D, 23)

9) <http://www.computer-automation.de/steuerungsebene/steuern-regeln/artikel/93559/>

- 스마트 팩토리는 독일에서 2005년부터 논의되기 시작했으며, 이는 2011년부터 논의되기 시작된 독일의 제조분야 제4차 산업혁명 정책인 인더스트리 4.0에서 수용되었음
- 국내에서 최근 추진되는 스마트 공장은 많은 경우 대량생산에 초점을 맞추는 반면, 독일의 인더스트리 4.0 범주 내에서 논의되는 스마트 팩토리는 개인화된 제품을 대량생산 가격에 제조하는 것이 목표임
- 이러한 논의에서 대량생산 혹은 개인화된 제품 가운데 어떤 제품에 초점을 맞추는지가 **일견 큰 차이가 없는 것**으로 보임. 그러나 대상 제품에 따라 제품 경쟁력에 미치는 파급효과에는 매우 큰 차이가 존재함
  - 국내에서 논하는 스마트 공장에서는 대부분 대량생산 제품에서 원가를 절감을 통한 생산성 향상을 목표로 함
  - 이 경우 아무리 원가를 낮춰도 중국 등 인건비가 저렴한 국가에서 제조되는 대량생산 제품과는 가격 경쟁이 불가능함
  - 즉, 스마트 공장을 제품 자체가 아니라 제조 원가 절감에만 초점을 맞출 경우 기대하는 효과를 거두기 쉽지 않음
- 인더스트리 4.0의 주요 구성요소에는 **스마트 팩토리**뿐만이 아니라 **스마트 제품 (Smart Product)**도 포함되며 스마트 제품은 스마트 팩토리의 기반임 (Impuls-Stiftung, 2015, 44)
  - 만일 개인화된 (스마트) 제품을 제조할 필요가 없다면 (즉 대량 생산 제품을 위해서는 굳이) 많은 비용이 소요되는 인더스트리 4.0에서 논하는 스마트 팩토리가 필요 없을 수 있음

**지능형 제품 (Smart Products)**은 그들의 제조 과정 및 미래의 이용에 대해 알고 있다. 지능형 제품은 제조 과정을 적극적으로 지원한다 ("언제 스스로 제조가 완료되고, 어떤 파라미터에 의해 작업되어야 하며, 내가 어디로 배송되어야 하는지 등"). *Smart Mobility, Smart Logistics* 및 *Smart Grid*의 접점과 함께 지능형 공장은 미래 지능형 인프라에 있어서 중요한 구성요소이다. ([그림 1.3-2] 참조) (출처: FU & Acatech, 2013D, 23)

새롭게 만들어지는 **스마트 팩토리**에서는 완전히 새로운 제조 논리가 지배한다: **지능화된 제품**은 명확하게 확인 가능하며, 언제나 어디에나 전달 가능하며, 그 제품들의 이력, 현재 상태 및 목표 상태에 도달 할 수 있는 다른 방법을 안다. (출처: FU & Acatech, 2013D, 5)

스마트 팩토리는 지능형 제품을 제조하는데, 이 제품은 스마트 팩토리를 떠난 이후에도 계속해서 개발되고 변경된다. (출처: Inverto, 2015)

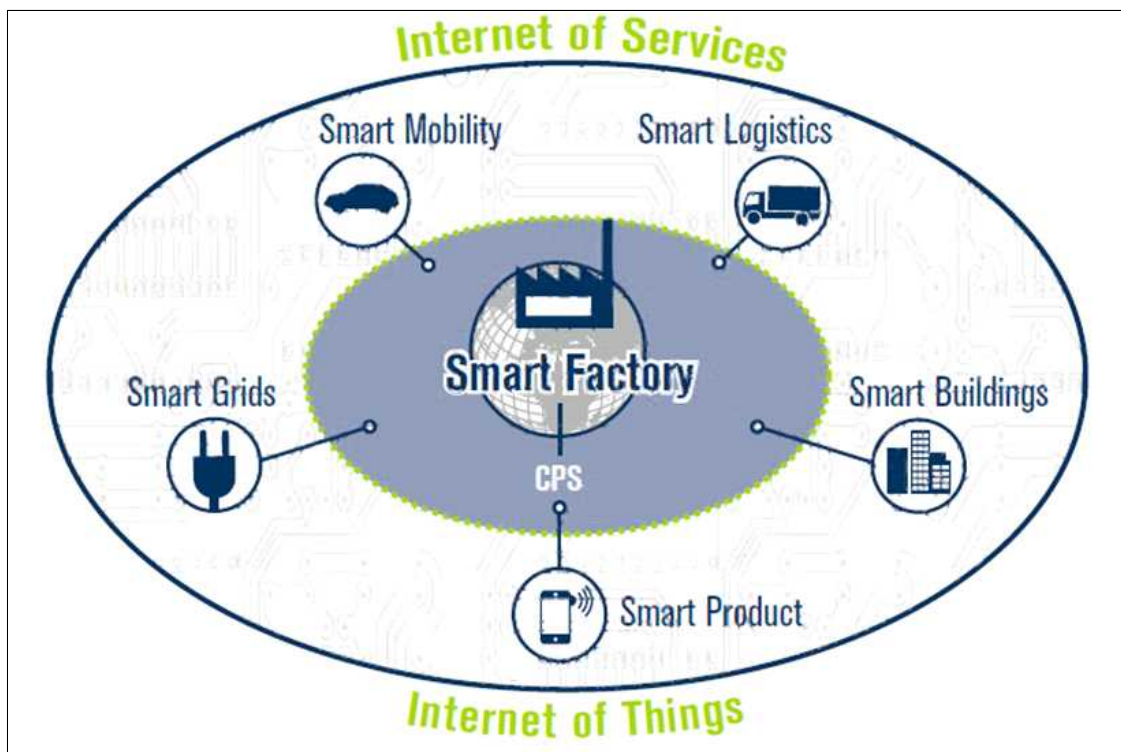
제품 디자인에 있어서는 이용에 있어서 나중에 (즉 판매 이후에) 새로운 혹은 확대된 기능을 가능하게 하는 대안들이 통합되어야만 한다. 따라서 제품 모델의 다양성이 증가한다는 것에서부터 시작될 수 있다. **새로운 것은 한 제품의 다양한 개별 모델이 납품 시 아직 최종 결정되어 있지 않고 더욱이 제품의 생애주기 동안 변할 수 있다는 것이다.** 예를 들어 고객이 미래에 오픈카를 타고 알프스로 주말여행을 가기 위해 추가로 엔진 성능을 제조사에게 예약하면, 해당 고객에게 한 번의 주말을 위해 소프트웨어를 통해 원하는 것이 제공되는 것을 생각할 수 있다.

- 스마트 제품에는 스마트 팩토리에서 제조되는 최종소비자를 대상으로 한 제품뿐만이 아니라 스마트 팩토리에서 활용되는 기계·설비 또한 그 스스로가 스마트 제품에 속함
- o 스마트 팩토리에는 공장 내에서 제조를 담당하는 기계·설비와 그러한 기계·설비의 운영(**스마트 운영; Smart Operation**)도

스마트 팩토리의 구현에 있어서 중요한 역할을 담당함

- 인더스트리 4.0에서는 **스마트 물류 (Smart Logistics** 혹은 **Logistics 4.0)** 또한 중요한 역할을 담당함
- 인더스트리 4.0에서는 또한 물류도 중요한 변수로 떠오르고 있음. 조직 내에서의 물류체계는 물론 조직 간의 물류체계도 대 변혁이 예상됨. 최근에는 **제조와 물류가 통합되는** 움직임도 보임 (BMW, 2016.4-9, 13)

[그림 1.3-2] IoT와 IoS의 일부분으로써의 인더스트리 4.0 및 Smart Factory



출처: FU & Acatech, 2013D, 23

- 인더스트리 4.0과 관련하여 최근에 다양한 **신규 비즈니스 모델**이 개발되고 있음
- 스마트 팩토리에서 활용되는 기계·설비가 단순히 구매되는 것이 아니라 공급자에 의해 (예지 정비 서비스와 같이) 점점



- 더 추가로 부가서비스가 제공되거나
- (예를 들어 Compressor를 구매하는 대신에 Compressor에서 나오는 공기를 구매하는 것과 같이) 물리적인 제품의 구매보다는 오히려 그 제품에서 제공되는 기능만을 임대하는 형태로 변화되어가고 있음

스마트 팩토리는 **개별 고객의 요구사항**을 고려할 수 있으며, 이를 감안해 **하나씩 생산한다고 해도 이윤이 보장될 수 있다**. 인더스트리 4.0에서 비즈니스 프로세스와 엔지니어링 프로세스는 다이내믹하게 구성된다. 이는 다시 말하면 제조 과정은 짧은 시간 내에 변경될 수 있으며, 예를 들어 공급업체의 장애와 납품 취소 등에 대해 유연하게 대처할 수 있다. 조직 내부는 물론 조직 간에 발생하는 제조 과정 전반에 걸쳐 투명하게 추적할 수 있으며 end-to-end transparency **최적의 결정**을 가능하게 한다. 인더스트리 4.0을 통해 **새로운 형태의 가치창출과 새로운 형태의 비즈니스 모델**이 만들어진다. 이를 통해 특히 창업 기업과 소규모의 기업에게 판매 후 서비스 downstream services를 개발하고 제공할 수 있는 기회를 제공한다. (출처: FU & Acatech, 2013D, 5)

[그림 1.3-3] 인더스트리 4.0의 주요 구성요소



## 1.4 스마트 팩토리

### 1.4.1 스마트 팩토리 개념 및 주요 기술

- o VDMA (독일기계설비산업협회)의 장학재단인 Impuls-Stiftung (이하 Impuls)이 발간한 보고서는 스마트 팩토리를 다음과 같이 설명함

스마트 팩토리는 기계와 설비가 지능적으로 연결된 공장을 의미한다. 공장 내의 제조 설비들은 제조실행시스템(MES), 전사적자원관리(ERP), 공급망관리(SCM) 등과 같은 상위의 IT 시스템뿐만 아니라 스마트 제품과도 직접 통신한다. 모든 제조 프로세스는 상호 연결되고, 자율적인 조정을 통해 가치창출네트워크 전체의 디지털화가 폭 넓게 구현된다.

- o 스마트 팩토리를 가능하게 해주는 중요한 기술은 사이버물리 시스템(CPS)임

CPS는 임베디드 시스템, 즉 기기, 건물, 운송 수단 및 의료기기, 그리고 또한 물류, 조율/조정 그리고 경영/관리 프로세스 및 인터넷 서비스 등을 포함하는데, 그러한 것들은

- 센서를 통해 직접적으로 물리적인/실제 현실 세계의 데이터를 확보하고 액추에이터를 통해 물리적인/실제 현실 세계에 행동에 영향을 줌
- 데이터를 분석/평가하고 저장하고 이를 기반으로 능동적으로 혹은 반응하여 물리적인 (현실) 그리고 디지털 (가상) 세계와 함께 상호작용함
- 디지털 네트워크를 통해 무선 및 유선으로 그리고 지역 및 글로벌로 서로 연결됨
- 전 세계에서 활용 가능한 데이터 및 서비스를 활용함(출처: Fraunhofer IPA, 2014, 10ff)

- o Scheer (2015)에서는 스마트 팩토리의 특징을 다음과 같이

CPS, 지능형 자재를 이용해 설명하고 있음

공장에서 중요한 새로운 인더스트리 4.0 기술은 소위 Cyber Physical (Production) System (CP(P)S)이다. CPPS는 SW가 집약된 (SW intensive) 제조 시스템인데, 이는 인터넷과 연결되고 상호 간에 그리고 **지능형 자재** (intelligent material/work piece)와 통신을 가능하게 한다. 자재는 “똑똑하다 (intelligent)”고 표현되는데, 그 이유는 자재가 품질 및 필요한 제조 단계(작업 계획)와 같은 특성을 데이터 저장장치(chip 혹은 RFID)에 넣어 스스로 움직이기 때문이다. RFID 기술을 통해 자재는 스스로 제조 경로를 찾을 수 있다. CPS와 자재는 (제조) 능력(Capacity)의 수요와 공급을 거의 하나의 시장과 같이 조율(Coordination) 한다. CPS가 작동이 갑자기 중단 될 경우 다른 시스템(Production Cell 혹은 CPPS)이 자동으로 그것의 업무를 넘겨받고 시스템이 스스로 자재 흐름을 새로 조직한다. (Scheer, 2015, 5ff.)

- o Scheer (2015)에서는 현재 진행되고 있는 스마트 팩토리의 분권화되고 자율적인 특징을 과거의 제조 관리 방식과 비교하여 설명하고 있음

경영(학)적으로 스마트 팩토리의 조직적인 동력은 인간의 개입이 없는 **공장의 자체 조직화(Self-organization)**이다. 이는 **극단적인 분권화**이다. 지난 40년 동안 현재 이렇게 극단으로 발전되어 가고 있는 **공장 제어의 분권화** 동향은 명확하게 인지된다. 80년대까지는 중앙집중식 제조 관리 방식이 일반적이었다. 즉, 중앙집중식 제조 기획에 의해 제조 주문이 확정되고, 이러한 주문은 그제서야 공장에서 “실행”되어야 한다. 그러나 공장에서 발생하는 다양한 장애 때문에 이러한 방식은 즉각적으로 기획의 비 최신화 및 중앙집중식 제조 관리 방식의 실패를 가져왔다. 다음 단계에서는 공장이 (production cell/cellular manufacturing, Leitstandsbereiche<sup>10</sup>/control station areas, flexible manufacturing system, work center 등과 같이) 보다 더 작은 조직 단위로 분할되었는데, 이러한 조직 단위는 제어에 있어서 자율성을 확보했다. 최근 지속적으로 확대되는 **제조 자체 제어(Self**

**Control**)는 이러한 발전의 거의 논리적인 결과이다. 만일 시스템의 모든 관련 구성 요소가 자신의 상태를 인지하고 업무상의 요구사항을 알고 있다면, Coordination은 알고리즘적으로 해결해야 할 문제이다.

확장된 기능에서 자율 조직화(Self organization)는 자율 최적화(Self optimization)로 이어진다. 만약 예를 들어 한 기계의 공구(tool)가 단지 약간만 마모된 것으로 인식하게 된다면, 제조 부품에게 공구 (tool) 상태가 아직 충분하다는 것을 자동으로 알려줄 수 있다.

CPS의 높은 유연성은 **제조의 강력한 개인화**를 가능하게 하는데, 그 이유는 시스템의 재조정 혹은 구조 변경이 시간 소모 및 추가 소요 비용 없이 이루어지기 때문이다. 이와 함께 이미 오랫동안 논의되어온 로트 사이즈 (lot size) 1의 제조 목표는 대량 생산 비용으로 달성가능하다.

또 다른 중요한 기술은 제조에 있어서 **대량 데이터의 저렴한 저장**인데, 이는 그러한 저장이 (외부 저장 매체 대신 컴퓨터의 메모리에 데이터를 저장하는, 즉 "in memory"라고 일컫는) 새로운 저장 매체 및 DB 기술의 가격 하락을 통해 가능하게 되는 것과 같다. (이러한 기술을 기반으로) 센서를 통해 기계·설비, 자재 및 주변 환경 상태 등이 실시간으로 파악될 수 있다. 분석적 평가방법(analytics)은 과거의 작동 상태를 설명하는 것뿐만 아니라 현재 상태에 즉각적으로 개입하는데 이용하고, 더 나아가 예상되는 미래의 시스템 작동에 대한 단서를 제공해준다. 가장 잘 알려진 예로는 예지 정비(predictive maintenance) 인데, 여기서는 시스템의 현재 작동 상태로부터 (예를 들어 가까운 미래에 구성 요소의 교체를 제안하는 것과 같이) 기계·설비의 비정상적인 상태를 예측한다.

확보되어야 하는 데이터의 품질은 거의 임의로 선택 가능한 금 세공 작업 (filigree)과 같다. 그래서 예를 들어 터빈이나 공기압축기(Compressor)와 같은 설비마다 100에서 200개까지 실시간으로 조회되는 측정 포인트가 정의될 수 있다. 상응하게 높아지는 것은 처리되어야 하는 데이터 분량이다.

설비의 에너지 소비 패턴은 몇 초의 시간 간격으로 입력된다. 시스템이

불규칙적인 에너지 소비를 통해 유지 보수 조치가 필요한지 실시간 분석을 통해 파악될 수 있다. 전체적으로 보면 **기술의 조합은 실시간으로 스스로 제어하는 공장**의 비전을 이끌어 가고 있다. (Scheer, 2015, 6ff.)

- MES와 관련하여 Scheer (2015)는 제조기업 내에서 모든 구성 요소가 직접 서로 통신될 것으로 예상하며, **현재 활용되고 있는 MES는 장기적으로는 필요 없어질 것으로 내다봄**

하나의 중간 단계를 이루는 것은 현재 소위 MES (Manufacturing Execution System)인데, 이는 공장과 그 위에 있는 Scheer의 Y 모델 상위 부분 사이의 중간층으로 데이터의 필터링과 집적을 수행한다. 그러나 계층적 접근법은 점차적으로 사라지고, 모든 구성 요소가 하나의 제조기업 내에서 직접 서로 통신될 것으로 기대된다.

이는 물론 전체 시스템의 복잡성을 크게 증가시킬 것이다. 그 결과 스마트 팩토리 비전의 예외 없는 일반적인 (혹은 무작정) 실현은 신중히 고려되어야 한다. 여기서는 또한 CIM Concept 논의에서 약 30년 전에 논리적으로 의미 있는 콘셉이 부족한 실현 가능성 또는 높은 비용으로 인해 빠르게 실패로 끝났던 것을 상기해 볼 필요가 있다. 따라서 스마트 팩토리는 물론 목표로 정의되어야 한다. 그러나 현실적인 구현 단계와 연결되어야 한다. (Scheer, 2015, 7)

- 위에서 볼 수 있는 바와 같이 Scheer (2015)는 “**스마트 팩토리 비전의 예외 없는 일반적인 (혹은 무작정) 실현은 신중히 고려되어야 한다**”고 경고하고 있음

10) PPS (Production Planning System)의 Control Station area를 말함

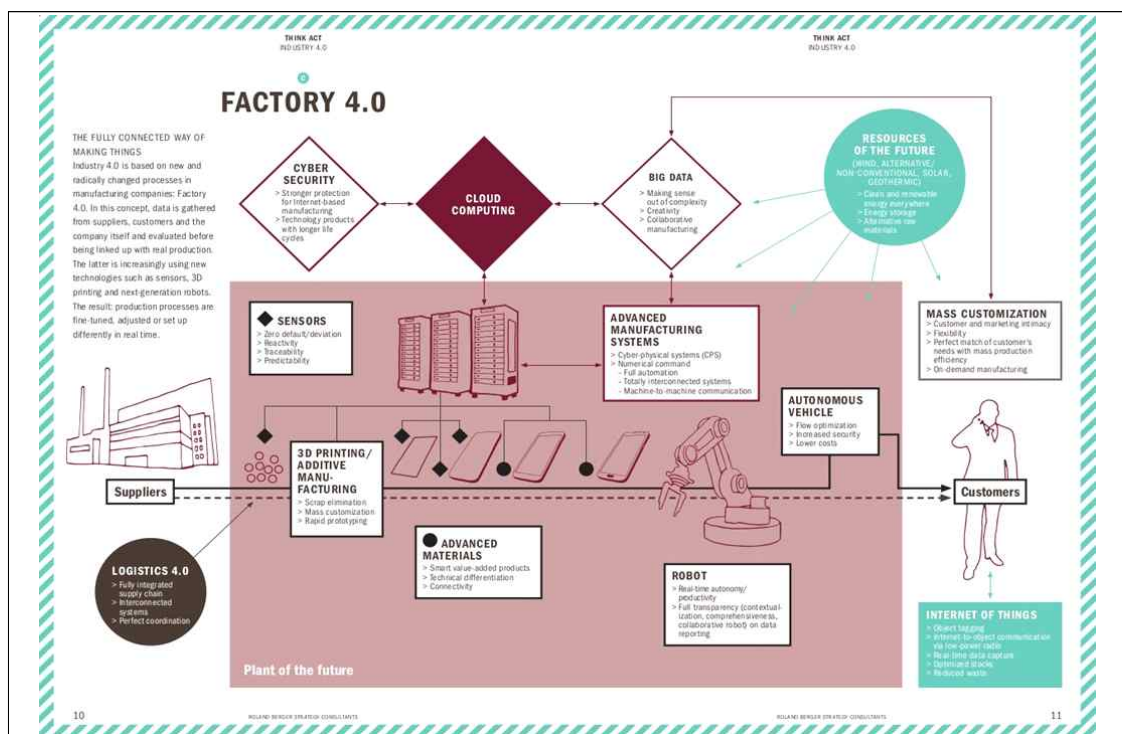
<https://books.google.co.kr/books?id=yPXNBgAAQBAJ&pg=PA39&lpg=PA39&dq=Leitstandsbereiche&source=bl&ots=CPVduOg-ZX&sig=0xNxLyLowDAGljcUNrFvnktFXjw&hl=ko&sa=X&ved=0ahUKEwj-lb2fxdjNAhXJJZQKHS3VBY4Q6AEIHDA#v=onepage&q=Leitstandsbereiche&f=false>  
<https://books.google.co.kr/books?id=866fBwAAQBAJ&pg=PA130&lpg=PA130&dq=Leitstandsbereiche&source=bl&ots=my1LruouSV&sig=yY4r9QGn6Bx19TozrhPtlhJAMEU&hl=ko&sa=X&ved=0ahUKEwj-lb2fxdjNAhXJJZQKHS3VBY4Q6AEIITAB#v=onepage&q=Leitstandsbereiche&f=false>

- 상기한 바와 같이 Scheer는 스마트 팩토리의 주요 구성요소를 다음과 같이 봄
- **CPS** (여기서는 기계·설비만을 의미함. 따라서 CPPS가 더 적절함) 및 **지능형 자재**(지능형 자재 역시 RFID와 함께 CPS로 볼 수도 있는 것으로 판단됨)와 이를 확인하도록 지원하는 **RFID** 그리고 **데이터** 등에 집중함

#### 1.4.2 기술 기반 스마트 팩토리 사례: 팩토리 4.0

- 2000년대 초중반부터 도입되기 시작된 IoT, CPS, Cloud, Big Data 등 ICT 융합 관련 기술들을 설비/기계 및 공장에 접목 가능성이 높아짐

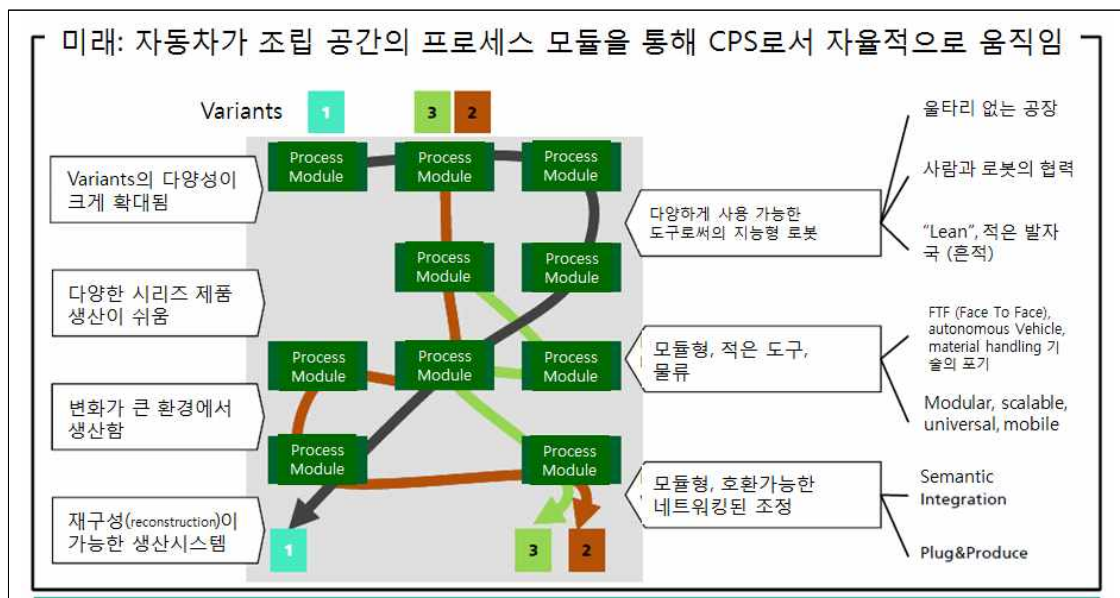
[그림 1.4-1] Factory 4.0



출처: Roland Berger (2014)

- 스마트 팩토리는 적용된 기술 관점에서 보면 [그림 1.4-1]과 같이 볼 수 있음
  - 스마트 팩토리에 적용되는 기술에는 Sensor, IoT, Big Data, Cloud Computing, 3D Printer, Additive Manufacturing, Robot, COBOT, Artificial Intelligence, Logistics 4.0, Advanced Manufacturing, Autonomous System 등을 들 수 있음
- 개인화된 요구사항에 맞추어 개인 맞춤형 제품을 생산하되 대량생산 가격에 맞추기 위해서는 기존의 유연시스템 보다는 한 단계 더 발전한 제조시스템의 유연성이 높아야 하고 자원 효율성을 향상하며 생산성은 당연히 높여야 하는 것임

[그림 1.4-2] 해체되고 (decoupled), 완전히 유연하고 고도로 통합된 제조시스템



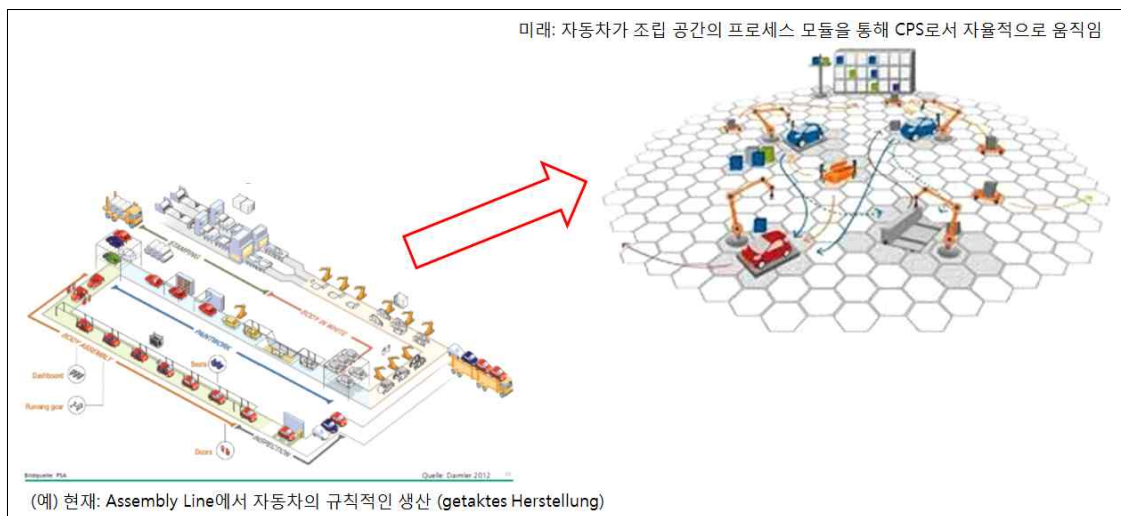
출처: Bauernhansl (2013)

- 그러기 위해서는 제조 시스템이 Assembly Line 형태의 조

립 시스템이 아니라 Process Module로 구성된 체계로 변화되어야 한다고 주장됨 ([그림 1.4-2] 참조)

- o 개인 맞춤형 제품 제조(Personalized Production)은 산업에 따라서는 assembly line에서도 작동되며, assembly line에서 예전과 같이 전통적인 대량생산이 가능하지만 그 사이에 언제든지 개별 생산이 **추가 비용 없이** 가능한 상황을 말함

[그림 1.4-3] 기존의 가치 창출 구조를 새로 생각해야 함



출처: Bauernhansl (2013) 및 Smart Face (2015)

- o 프로세스 모듈로 구성된 Job Shop 형태의 제조 시스템([그림 1.4-3] 참조)을 구현하기 위해서는 물류 시스템도 그러한 체계를 지원할 수 있는 형태로 바뀌어야 함. 이러한 체계를 지원할 수 있는 조직 내부에서의 물류시스템은 이미 오래 전부터 구현되었음
- 조직 내부에서 물자의 자율 이동 및 자동 분류를 가능하게 하는 물류체계는 이미 오래전부터 실현되었음<sup>11)</sup> (주석 Site

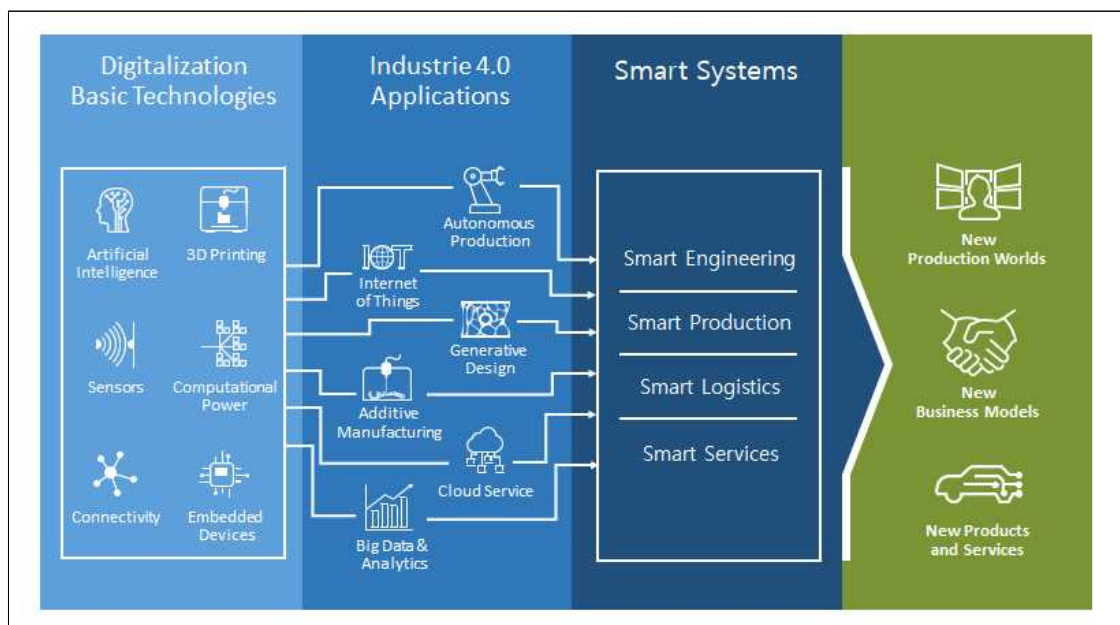
11) 조직 내부에서의 Logistics 4.0 <https://www.youtube.com/watch?v=--oA-V6emRI> 및 <https://www.youtube.com/watch?v=6KRjuuEVEZs> 동영상 참조



의 동영상 참조)

- 최근에는 자율 이동 시스템이 고정된 형태가 아니라 유연하게 필요에 따라 즉시 조립하여 사용할 수 있는 시스템도 개발되고 있음. Fraunhofer IOSB에서 개발한 물류시스템은 간단하게 조립 및 변경이 가능하며 이는 CPS 기반으로 작동 가능한 것으로 보임<sup>12)</sup>
- o 인더스트리 4.0에서는 상기한 바와 같은 물류시스템을 특정 조직의 내부가 아니라 **외부**에서도 작동될 수 있도록 만들기 위해 노력하고 있음. 이러한 물류 시스템이 내부가 아니라 외부에서도 작동하기 위해서는 드론 혹은 자율자동차 등이 이용될 수 있음<sup>13)</sup>

[그림 1.4-4] 인더스트리 4.0 구현을 위한 요인들 간의 상관관계



출처: PROSTEP (2017)

12) 조립형 Logistics 시스템 동영상 참조 <http://www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/64031/> (제조 및 물류 업체 등에서) 운송 장치/설비를 효율적으로 그리고 간단하게 구조변경이 가능

13) <https://www.youtube.com/watch?v=O1ATzujZBzI> 동영상 참조

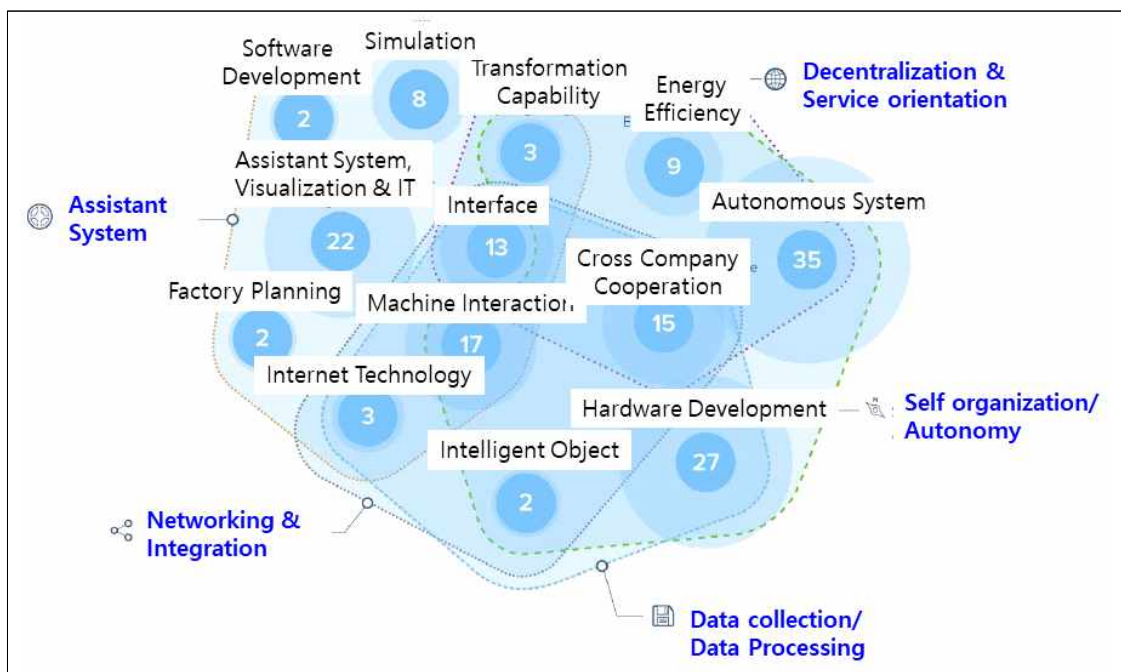
### 1.4.3 스마트 팩토리 구축에 필요한 기술들의 상관관계

- 인더스트리 4.0 관련 요소 기술, 응용기술, 제품의 상관관계는 PROSTEP (2017)에서 제안한 [그림 1.4-4]와 같이 볼 수 있음

### 1.4.4 인더스트리 4.0 구현을 위해 필요한 주요 분야

- 독일에서는 중소·중견기업의 지원을 위한 사전 연구에서 중소·중견기업의 인더스트리 4.0 구현을 위한 연구 및 지원 프로젝트의 중요한 사안들([그림 1.4-5] 참조)로부터 다섯 기능영역([그림 1.4-5] 및 [그림 1.4-6] 참조)이 도출되었음. 이는 (예를 들어 제조, 물류, 유지보수 등) 기업 기능 분야 전반에 걸쳐 유효함

[그림 1.4-5] 인더스트리 4.0 구현을 위해 필요한 주요 분야

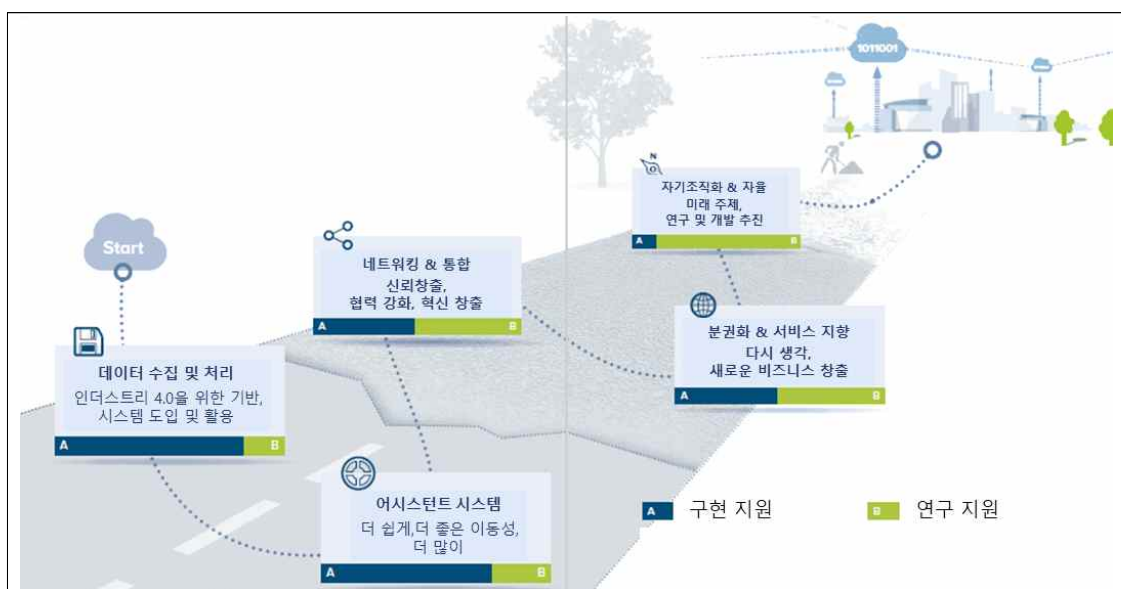


출처: agiplan et al. (2015)

- o 기능 분야는 기업에서 도입 분야들을 넘어 개별 인더스트리 4.0 응용 프로그램을 취합함. 그룹화는 기본 기능과 이용 관점에 따라 만들어졌음

#### 1.4.5 구현 난이도에 따른 인더스트리 4.0 로드맵

[그림 1.4-6] 인더스트리 4.0으로 가는 길



출처: agiplan et al. (2015)

- o 독일에서는 2015년에 독일의 미텔슈탄트를 대상으로 향후 인더스트리 4.0을 추진하기에 바람직한 방안을 도출함
- 독일에서 구현의 난이도를 고려해 분석한 인더스트리 4.0 및 스마트 팩토리 구성요소 및 단계별 로드맵을 보면 [그림 1.4-6]과 같음
  - 1단계는 데이터 수집 및 처리
  - 2단계는 지원 (Assistant) 시스템
  - 3단계는 네트워킹 및 통합
  - 4단계는 분권화 및 서비스 지향

- 5단계는 자기조직화 및 자율
- 상기한 로드맵에서 4, 5 단계는 인더스트리 4.0과 함께 새롭게 도출된 비전임
- o 인더스트리 4.0 및 스마트 팩토리 구성요소 및 단계별 로드맵에서 개별 단계의 상세한 내용은 다음과 같음

#### a) 데이터 수집 및 처리

- o 데이터 수집 및 처리는 인더스트리 4.0의 기반이 됨
- 이 기능 분야는 **프로세스, 품질, 제품, 제조 도구, 작업자와 그들의 환경에 대한 데이터의 수집 및 평가를 포함함**
- 인더스트리 4.0의 핵심 가운데 하나는 **고객, 제품, 제조, 이용 정보에 대한 IT 기반 데이터 수집임**
- “데이터 수집 및 처리” 기능 분야에는 **전체 설비 효과성부터 빅 데이터 분석**까지를 고려하는 것과 같은 불연속적 데이터 분석이 중심에 있음
- **목적은 프로세스 및 품질 개선임**
- “자율” 기능 분야와는 달리 **여기에서는 제품과 기계의 분권화된 결정이 이루어지지 않음**. 그 이유는 데이터가 특화된 시스템 혹은 중앙 시스템에 전달되고, 이를 기반으로 수행된 의사결정은 작업자에 의해 혹은 사전에 정의된 규칙을 통해서 전달되기 때문임
- (파급효과) 단지 데이터 측정 및 분석을 하는 것만을 통해서도 지금까지 활용되지 않은 엄청난 효율성을 얻을 수 있다.

#### b) 어시스턴트/지원 시스템

- o 어시스턴트/지원 시스템의 **목적은 직원에게 가능한 한 쉽고 빠르게, 언제든지, 어디에서나 직원이 바로 필요한 정보를 제공할 수 있게 하기 위한 것임**
- o 어시스턴트/지원 시스템 기능 분야에서는 **업무 수행에 있어 직원을 지**

**원하고 그들에게 핵심 업무에 집중하는 것을 가능하게 해주는 모든 기술이 취합됨**

- 이는 특히 시각화 시스템, 모바일 단말기, 태블릿 및 data glasses 혹은 계산을 대행하고 동적으로 지원하는 보조 장치와 같은 정보 제공을 위한 기술임
- 이때 범위는 직원을 위한 **업무 지시의 단순한 표시**부터 (예를 들어 수 집 시스템에서와 같이) **시각적 및 멀티미디어적 지원**을 넘어 **컨텍스트 기반 증강현실**까지 이름
- o 특히 점점 더 줄어드는 대량 생산제품에 대한 수요와 함께 점점 더 강력해지는 **제품의 개별 맞춤화**는 이용 기업에게 **가치창출 프로세스를 효율적으로 구성할 수 있게 하는 커다란 기회**를 열어줌
- 그 이유는 어시스턴트/지원 시스템을 통해 흔히 가치를 창출하지 않는 제조 프로세스의 추가 시간을 줄여주기 때문임

#### **c) 네트워킹 & 통합**

- o **인더스트리 4.0 비전의 핵심 구성요소**: 기업 내에서 분야 간 혹은 부서 간 (**수직적 통합**) 및 서로 다른 기업 간 (**수평적 통합**) 네트워킹과 통합
- o 디지털 네트워킹의 **목적**은 기업 분야들을 넘어서 그리고 공급 및 가치 창출 사슬을 따라 **협력, 조율, 투명성 개선**임
- o 기능 분야는 **기업 내에서의 분야를 넘어서는 협력과 가치 창출 네트워크**에서의 **범 기업적인 협력**을 포함함
- 이는 클라우드 컴퓨팅 접근 방식 및 사물인터넷을 포함함

#### **d) 분권화 & 서비스 지향**

- o 인더스트리 4.0 혁명은 다음을 통해 나타남
- **중앙 제어에서 분권화된 프로세스 책임**으로의 변화
- **제품 지향적에서 고객/서비스 지향적**으로의 변화
- o 따라서 **분권화**와 서비스 지향 기능 분야는 다음을 포함함

- 제품과 프로세스의 모듈화 및 분권화된 제어, 서비스 지향으로의 변화
  - o 소프트웨어뿐만이 아니라 부서 및 하위 조직과 함께 전체 기업도 그들의 **(제공) 성과를 서비스**로 기업 내부 혹은 네트워크에 존재하는 파트너에게 제공하는 **서비스 단위** service unit Leistungseinheiten로 구성함. 이를 표현하는 키워드는 XaaS (Everything as a Service)임
- 분권화는 **명확한 조율**을 가능하게 하고, **복잡성을 해결할 수 있도록** 만듦. 그 이유는 **제어 업무가 더 이상 한 곳에서만 수행될 필요가 없기** 때문임

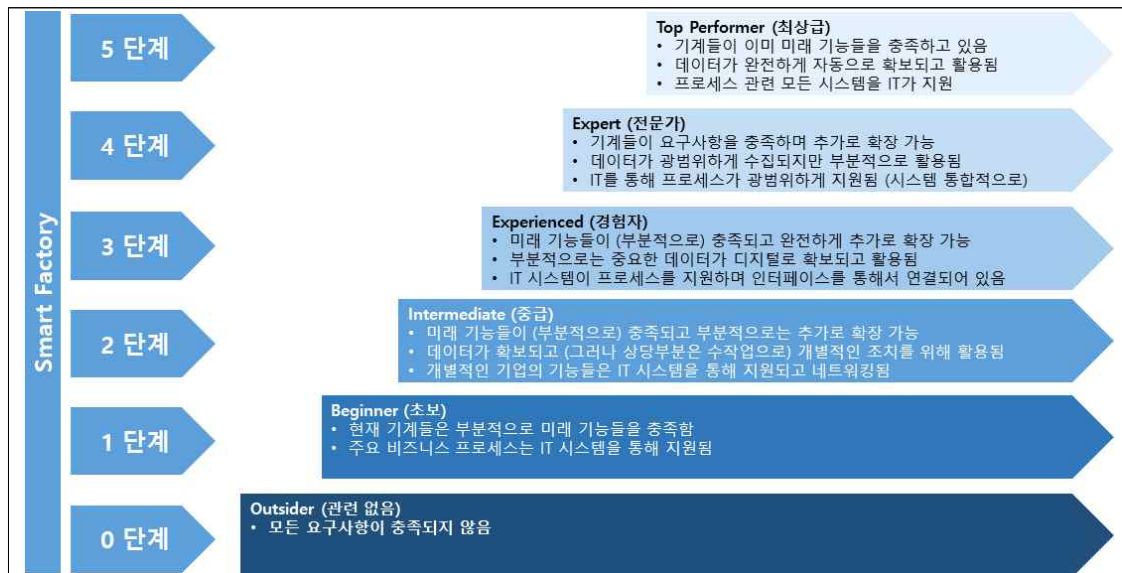
#### e) 자기 조직화 & 자율

- o 자기 조직화 & 자율 기능 분야에서는 **지능형 제품이 자기 스스로의 제조를 제어**한다는 인더스트리 4.0의 비전이 현실화됨
- 여기서는 **자동적인 데이터 평가**가 진행되고, 그 결과에 따라서 **시스템이 연계되어 독립적으로 반응하는 기술과 프로세스가 취합됨**.
- 그러한 control loops와 함께 예를 들어 **시스템의 자기 구성 및 자기 최적화**가 **완전한 자기 조직화**까지 도달됨
- o **자기 조직화 및 자기 제어 능력**은 - 데이터를 수집, 평가, 저장 이외에 또한 상호 커뮤니케이션하고, 자기 스스로에 대한 정체성(identity)을 가지며, 그들의 주변 환경과 상호 작용하는 - CPS의 중요한 특징임
- o 자기 제어 설비의 가능성을 이용할 수 있고 그로부터 효익(advantages)을 창출하기 위해서 그 안에서 설비가 투입되는 시스템은 상응하게 **자유도**가 제공되어야만 함
- 그러한 자율 시스템에 대한 예는 **내부 물류에서 지능형 유연 무인 운송 시스템 (FTS) 솔루션** 혹은 **자동적으로 재주문을 발주하는 지능형 저장 용기(Container)**임

### 1.4.6 독일의 스마트 팩토리 수준 분류 체계 사례

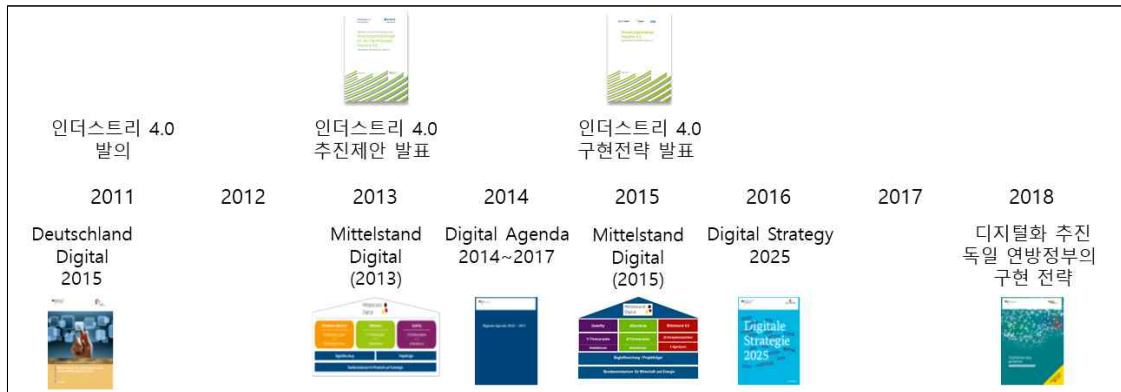
- 독일에서 Impuls에 제안한 스마트 팩토리 수준 분류는 최종 단계가 **네트워킹 기반의 분권화된 자율 시스템**을 기준으로 만들어졌음

[그림 1.4-7] 독일의 스마트 팩토리 수준 분류 체계 사례



출처: Impuls, 2015 (원전: VDMA)

## [별첨] 독일연방정부의 디지털 경제 논의 현황



- 독일에서는 인더스트리 4.0이 추진되기 이전부터 다음과 같이 디지털 경제에 대한 논의가 다양한 형태로 진행되었음
- 2010년에 “독일연방정부의 ICT 전략 (IKT-Strategie der Bundesregierung) ‘Deutschland Digital 2015’”이 발표됨 (Die Bundesregierung, 2010)
- 2013년부터 중소기업을 대상으로 Mittelstand Digital (중소 중견기업 디지털)이 추진됨
- 2014년에는 Digital Agenda 2014~2017이 발표됨 (Die Bundesregierung, 2014)
- 2015년에는 Mittelstand Digital이 수정보완되었으며, 그 범주 내에서 중소중견기업의 인더스트리 4.0을 지원하기 위한 Mittelstand 4.0이 추진됨
- 2016년에는 Digital Strategy 2025가 발표됨 (BMW, 2016)

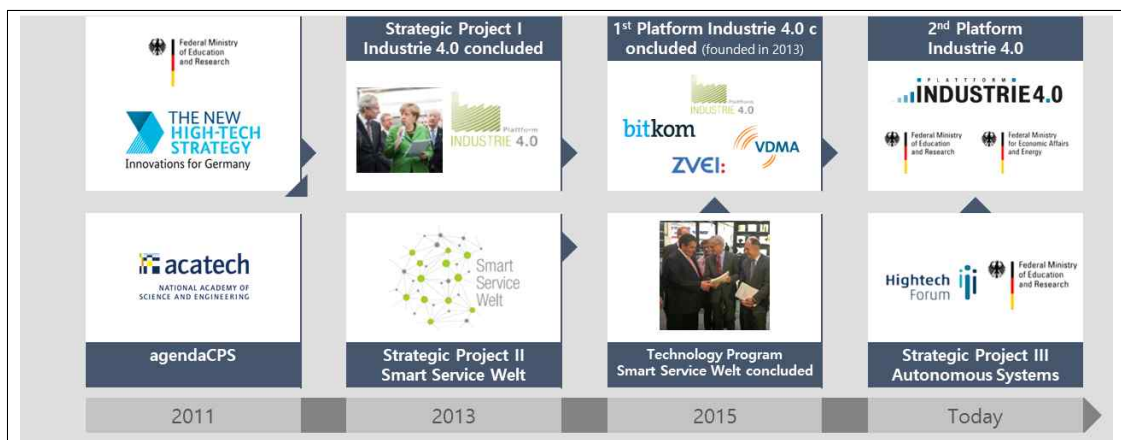


- 2018년에는 디지털화 추진 - 독일연합정부의 구현 전략 (Digitalisierung gestalten - Umsetzungsstrategie der Bundesregierung)이 발표되었고 (2018.11), 2019년3월에는 다시 수정보완되어 발표됨 (Die Bundesregierung, 2019)
- 본 보고서에서는 상기한 독일연방정부의 디지털 경제 전체에 대해 분석하고 논하지 않고 인더스트리 4.0과 관련된 내용만 일부 소개함

## 2. 독일의 제조 분야 Digital Transformation

- 인더스트리 4.0은 독일에서 최근 Digital Transformation으로 범위를 확대함
- 독일에서는 제조 분야의 Digital Transformation을 Strategic Project I (Industrie 4.0), Strategic Project II (Smart Service Welt), Strategic Project III (Autonomous System)로 분류함

[그림 2-1] 독일의 제조분야 Digital Transformation 전략



출처: Kagermann (2017)



- 독일 제조분야 Digital Transformation Strategic Project I로 분류된 인더스트리 4.0에 대해서는 이미 앞(1장)에서 상세하게 설명했음
- 여기서는 독일의 제조분야 Digital Transformation Strategic Project II로 분류한 Smart Service Welt (2.1) 및 Strategic Project III으로 분류한 Autonomous System (2.2)에 대해 간략히 소개함

## 2.1 Smart Service Welt

- 첫 번째 Strategic Project인 인더스트리 4.0을 2011년에 High-Tech Strategy 2020 실행계획의 일환으로 선정한 이후 바로 이어서 2012년에 두 번째 Strategic Project인 Smart Service Welt가 제안되고, 2015년에 추진 제안이 발표됨
- 독일에서는 Smart Service Welt를 2012년에 High-Tech Strategy 2020 실행계획의 일환으로 국가차원에서 추진하기로 결정함
- Smart Service Welt 프로그램은 2014년 3월에는 추진 방안에 대한 제안 초안 (Acatech, 2014), 2015년 3월에는 제안 최종본(Acatech, 2015)이 발간되었음

### 2.1.1 독일의 Smart Service Welt 추진 개요

#### 1) 제조 기반 스마트 서비스의 정의 및 추진 배경

○ 제조 기반 스마트 서비스 진행 현황

- 최근 외국의 제조업체가 새로운 유형의 **제조 기반 스마트 서비스**를 제공하면서 국내에서도 제조 기반 서비스에 대한 관심이 확대되고 있음
- 예를 들면 공기 압축기를 판매하는 대신 공기 압축기에서 나오는 공기를 판매하는 것과 같이 기계를 판매하는 대신 기계가 제공하는 기능을 판매하는 방식임
- 또 다른 예로는 일정기간이 지나면 부품의 실제 기능과 무관하게 정기적으로 부품을 교체하던 예방 보전(Preventive Maintenance)을 대신해 IoT와 빅데이터를 활용해 실제 부품의 상태를 기반으로 부품을 교체하는 예지 정비(Predictive Maintenance) 서비스 등을 들 수 있음
- 이러한 서비스를 제공하기 위해 GE는 Predix, Siemens는 MindSphere와 같은 플랫폼을 제공하고 있음

○ 인더스트리 4.0 관련 독일의 제조 기반 스마트 서비스

- 독일에서 2015년에 발간된 스마트 서비스 벨트 추진에 대한 제안 최종결과보고서(acatech, 2015)에서 “스마트 서비스 벨트 2025 비전은 제조에 집중한다”고 설명하고 있으며
- “그 이유는 제조 분야가 인더스트리 4.0 비전에 직접적으로 접목되고, 독일이 이 분야에서 특히 좋은 출발 조건을 갖고 있기 때문이다”라고 강조하고 있음
- 즉, 스마트 서비스는 물류, 의료, 농업 등 다른 응용 분야에서도 활용될 수 있음. 그러나 스마트 서비스 벨트에서는 **제조 기반 스마트 서비스**에 대해 집중적으로 다룬다고 명기하고 있음
- 여기에서는 인더스트리 4.0과 연계하여 제조 기반 스마트 서

비스에 대해서만 스마트 서비스 벨트 추진에 대한 제안 최종 결과보고서에서 논의된 내용을 기반으로 소개함

## 2) 독일의 스마트 서비스 벨트 추진 현황 및 비전

- 스마트 서비스 벨트는 인더스트리 4.0의 스마트 팩토리 비전과 연계되며, 관련 주요 내용은 다음과 같음
- 스마트 팩토리 와 스마트 제품
  - 스마트 팩토리에서 개별 고객의 주문은 제조 과정 및 이와 연계된 공급망을 결정함
  - 스마트 팩토리는 스마트 제품을 제조함
  - **스마트 제품**이란 스마트 서비스 벨트에서 제공되는 스마트 서비스를 가능케 하는 지능적이고 네트워크로 연결된 제품, 기기 및 기계를 의미함
  - 이러한 스마트 서비스는 고객 요구에 맞추어 만들어짐
- 스마트 팩토리의 작동 방식
  - 스마트 서비스 벨트에서는 모든 기계, 시스템 및 공장이 저비용으로 “Plug & Use” 원칙에 따라 디지털 플랫폼을 통해 인터넷에 연결됨
  - 기계, 시스템 및 공장은 디지털 플랫폼 상에서 가상의 형태로 활용 가능함
  - 플랫폼을 통한 통합은 제품 운영 데이터를 어디서든 파악할 수 있게 함
  - 스마트 팩토리 및 스마트 서비스 플랫폼이 독일의 중소기업에게 미치는 영향

- 스마트 서비스를 위한 플랫폼은 결국 독일 기업에 의해 제공되며 중요한 (소프트웨어) 모듈 역시 독일 기업에 의해 개발되고 제공됨
- 결국 스마트 제조 서비스는 독일의 주요 수출 품목이 되며 새로 창업한 기업이나 중소기업에게 매우 큰 기회가 주어지게 됨

#### ○ 독일에서 스마트 서비스 벨트를 추진하는 이유

- 독일에서 스마트 서비스 벨트를 추진하는 이유로 독일이 스마트 서비스 플랫폼을 통해 스마트 기계·설비를 사이버물리 시스템(Cyber Physical System, CPS)을 통해 통합하는 형태로 비즈니스를 전개하고, 그러한 플랫폼을 조기에 장악하기 위함이라고 밝히고 있음
- 한편, 스마트 팩토리에서 공장 근로자는 단순 기계 운영자가 아니라 창의적인 리더 및 의사결정자가 되며 공장의 상위자는 디지털 기술에 의해 제공되는 기회들을 시스템적으로 활용하게 된다고 설명하고 있음

#### ○ 독일의 스마트 서비스 벨트 2025 비전

- 스마트 서비스 벨트에서는 이용자를 위해 다양한 스마트 서비스가 실현됨. 결국 2025년까지 아래 사항을 달성하는 것이 독일의 스마트 서비스 벨트 2025 비전임
  - 독일에서 제조 생산성을 30% 이상 상승시키며,
  - 독일이 고임금 국가임에도 불구하고 장기적 경쟁력을 확보하면서
  - 가치를 창출하고,
  - 고용을 유지

## 2.1.2 제조 기반 스마트 서비스의 특성

### 1) 스마트 서비스 구현에 있어 데이터의 의미와 역할

#### ○ 스마트 서비스와 스마트 제품

- 인더스트리 4.0의 범주에서는 스마트 서비스와 함께 스마트 제품도 중요하게 논의됨
- 그 이유는 스마트 제품은 대규모의 데이터를 생성·교환하며, 이러한 데이터를 스마트 데이터로 정제하여, 이를 기반으로 고객 혹은 이용자 맞춤형 스마트 서비스를 제공할 경우 보다 높은 부가가치를 창출할 수 있기 때문임

#### ○ 스마트 제품과 데이터

- 스마트 제품은 이미 어디에나 존재한다. 여기에서 의미하는 것은 사물, 기기, 기계 등이며, 이들은 센서가 장착되어 있어 소프트웨어로 제어되며 인터넷에 연결되어 있음
- 이에 따라 모든 종류의 데이터를 수집하고 분석, 평가하며 다른 기기들과 공유함

#### ○ 스마트 서비스 및 스마트 서비스 벨트에서 데이터의 역할

- 스마트 서비스 및 스마트 서비스 벨트에서 데이터는 중요한 역할을 담당함
- **스마트 제품**은 제조 공장을 떠난 후에 인터넷으로 연결되며, 이용되는 동안 제조업체와 그리고 이용자 영역 내에서 많은 양의 데이터가 생성, 교환되며 빅데이터가 창출됨
  - 예를 들어 비행기 엔진이나 의료기기인 MRI 등은 제품 공급자와 대량의 데이터를 교환함

- 또 다른 예로는 스마트 팩토리 내에서 스마트 기계가 운영되는 동안 기계 간, 기계와 기계 공급자 간에 대규모의 데이터가 교환됨

#### ○ 데이터의 의미: 빅데이터 vs. 스마트 데이터

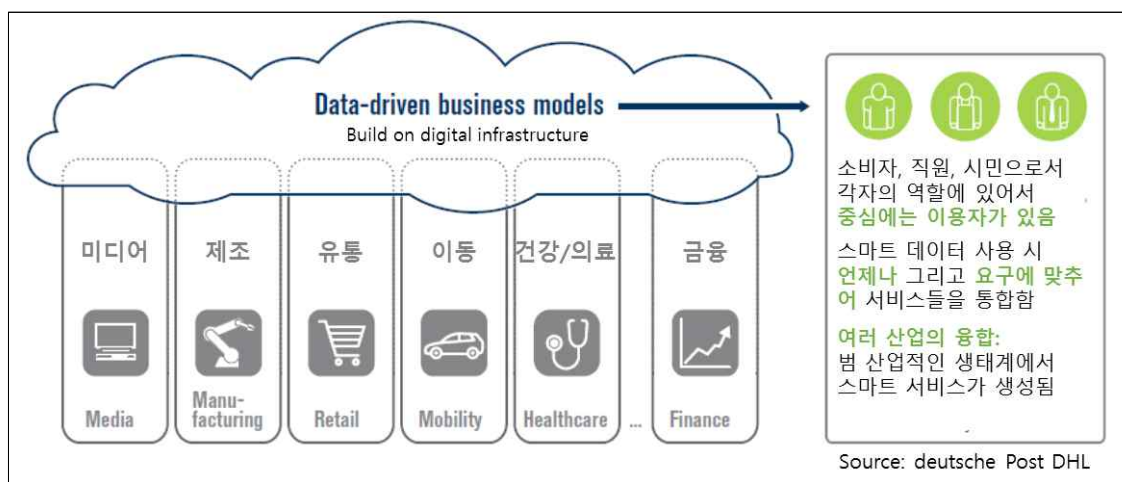
- **빅데이터**는 21세기에 가장 중요한 자원이 될 것으로 예상되는 가운데 빅데이터는 분석, 해석, 연결 및 보완되며, 이를 통해 **스마트 데이터**로 고부가가치화 됨
- 스마트 데이터는 단순히 많은 양의 데이터를 의미하는 것보다 한 단계 더 발전된 지능적인 면이 부각된 개념임
- 스마트 데이터는 스마트 제품 및 스마트 서비스의 제어, 유지 및 개선을 위해 다시금 활용됨
- 스마트 데이터에서는 새로운 비즈니스 모델의 기반인 지식이 생성됨
- 다시 한번 요약하면 빅데이터는 스마트 데이터로 고부가가치화 되고, 고객별로 조합 가능한 새로운 스마트 서비스를 통해 현금화됨
  - 제조와 관련된 산업적 (B2B) 맥락에서 보면 스마트 서비스는 예를 들어 공기압축기를 제품으로 판매하는 대신 압축공기를 서비스로 (as a service) 판매하는 것이 가능함
  - 최종 이용자(B2C)에게 있어 스마트 서비스는 예를 들어 개인 차량을 구입하는 대신에 이동 서비스들을 인터넷에서 자유롭게 조합하여 이용하는 것을 생각할 수 있음

## 2) 스마트 서비스 벨트와 이용자 그리고 데이터 기반 비즈니스 모델



- Acatech은 “스마트 서비스는 와해적(disruptive)이며, 스마트 서비스 벨트에서는 **이용자가 중심에 있다**”고 주장함
- 스마트 서비스의 조합 및 제공 방식
  - 스마트 서비스에서는 스마트 제품에 서비스가 연계되며 스마트 서비스는 이용자의 요구에 따라 조합됨
  - 이용자는 최종 소비자일 수도 있으며 제품 및 서비스를 만드는 직원일 수도 있음
  - 고객은 언제, 어디서나, 상황에 맞게 자기 자신에게 가장 적합한 제품, 서비스, 서비스 인력의 조합을 기대할 수 있음 ([그림 2.1-1] 참조)

[그림 2.1-1] 스마트 서비스 - 이용자가 중심에 있음

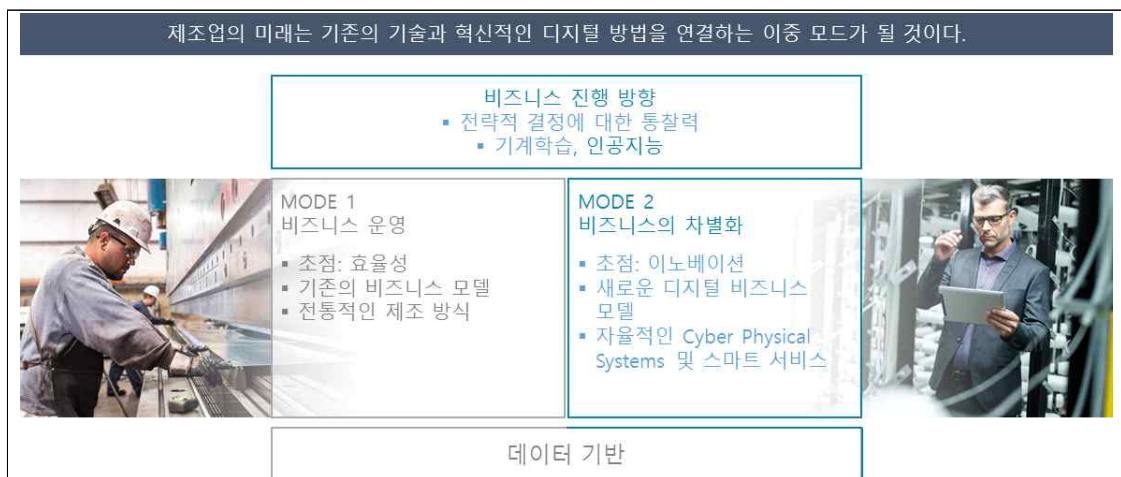


출처: acatech (2015)

- 스마트 서비스 공급자는 이용자, 이용자가 좋아하는 것 그리고 이용자가 필요로 하는 것에 대한 깊은 이해가 필요함
- 스마트 서비스 공급자는 많은 데이터(빅 데이터)를 지능적인 방식으로 연결시키고 (즉, 스마트 데이터화 하고), 스마트 서비스로 제공해 수익을 창출할 수 있어야 함

- 스마트 서비스 벨트에서는 데이터 기반 비즈니스 모델이 출발점이 되며, 비즈니스 모델 개발을 위해 공급자는 이용자 생태계 및 상황에 적합한 배경을 이해해야 함
- 이러한 이해는 데이터와 그 데이터의 분석에 기반을 두며, 그러한 데이터는 각각의 네트워크에 있는 모든 관련자들을 확인함
- 스마트 제품에 의해 수집된 다양한 데이터를 실시간으로 연계하고, 이를 기반으로 고객에게 적합한 스마트 서비스 제공을 제안할 수 있는 가능성은 기존 비즈니스 모델을 완전히 와해시키는데 영향을 미침
- 이러한 데이터를 기반으로 한 비즈니스 모델의 개발에 따라 단순히 제조 방식의 최적화에서 스마트 서비스를 거쳐 비즈니스의 이노베이션이 이루어지게 됨 ([그림 2.1-2] 참조)

[그림 2.1-2] 제조업의 디지털 트랜스포메이션



출처: Kagermann (2017)

- 전통적인 제조업에서 데이터 기반 비즈니스 생태계로의 발전 단계
- Kagermann (2017)에 따르면 전통적인 제조업에서 **데이터 기**

**반 비즈니스 생태계로의 발전단계**는 네 단계로 나눌 수 있음

- 첫 번째 단계는 연결이 최우선 과제로 제조기술과 정보기술의 **수직적 통합**, 기계들 간의 연결을 통해 제품 판매 확대를 추구하는 단계임
- 두 번째 단계는 제품 설계에서 판매까지 **수평적 통합**을 통한 프로세스 최적화와 효율을 극대화함으로써 제품 판매 이외에도 제품 판매 후 매출(After Sales Service)의 확대를 추구하는 단계임. 상기한 두 단계는 제조 프로세스의 최적화에 초점을 맞춤
- 세 번째 단계는 **서비스 플랫폼 구축** 등으로 서비스를 관리함으로써 제품을 제품 그 자체가 아니라 서비스 형태로 판매하여 부가가치를 증대시키는 **스마트 서비스를 실현하는 단계**가 됨
- 마지막으로 데이터 기반 디지털 비즈니스 단계로 오픈 데이터 플랫폼 등으로 산업 간 경계를 뛰어 넘어 **새로운 생태계를 창출해 내는 혁신적인 단계**라고 볼 수 있음 ([그림 2.1-3] 참조)

[그림 2.1-3] 전통적인 제조업에서 데이터 기반 비즈니스 생태계로의 발전 단계

	실시간 연결 및 실행	최적화 및 효율화 제공	확대 및 매출 확대	혁신 및 생태계 확장
비즈니스 모델	제품 및 지원 서비스	제품 및 AS 서비스	서비스로서의 제품 및 부가(가치)서비스	데이터 기반 디지털 비즈니스
비즈니스 동인	제품 판매	프로세스 최적화	서비스 확대	생태계의 확장
IoT 스킬	임베디드 시스템, 증강현실	분석, 기계 학습, 최적화	서비스 관리 (포트폴리오, 제품관리)	생태계 비즈니스 발전
통합 및 기술	수직적 통합 (OT-IT), 기계 간 연결	수평적 통합 (제품설계부터 배송까지)	서비스 플랫폼, SLA(서비스 수준 협약) 관리, 서비스 비용청구	개방형 데이터 플랫폼, 비즈니스 네트워크
표준	연결성 (예: OPC-UA)	시멘틱 표준	서비스들 간의 상호운용성	범 산업 표준
	최적화된 제조		스마트 서비스	비즈니스 이노베이션

출처: Kagermann (2017)

- 스마트 서비스 비즈니스 모델은 명확하게 더 낮은 한계 비용을 발생시키며, 그 이유는 서비스로 (As a Service) 제공 되는 것이 소유권 제공보다 훨씬 저렴하기 때문임
- 스마트 서비스 공급자는 스마트 데이터를 예측 방법(예를 들어 실시간 예측 분석)을 위해 사용할 수 있으며, 이 방법은 제품의 제어 처리 프로세스에 직접 유입되어 이전에 달성할 수 없었던 수준의 품질 및 서비스 수준을 가능하게 함
- 스마트 서비스 제공 시 요구되는 변화
  - 상기한 바와 같은 **제품 중심의 사후적 서비스에서 이용자 중심의 선제적 서비스**를 제공하는 **비즈니스 모델의 변화**는 특히 성공한 제품 공급자에게는 고통스러운 **패러다임의 변화**를 요구함
  - 이런 변화를 수행하기에 제조자로서 자신의 역량만으로는 일반적으로 불충분하기 때문에 스마트 제품은 흔히 **새로운 디지털 플랫폼 상에서 타사의 서비스와 실시간으로 스마트 서비스로 조합됨** ([그림 2.1-4] 참조)

[그림 2.1-4] 데이터 경제

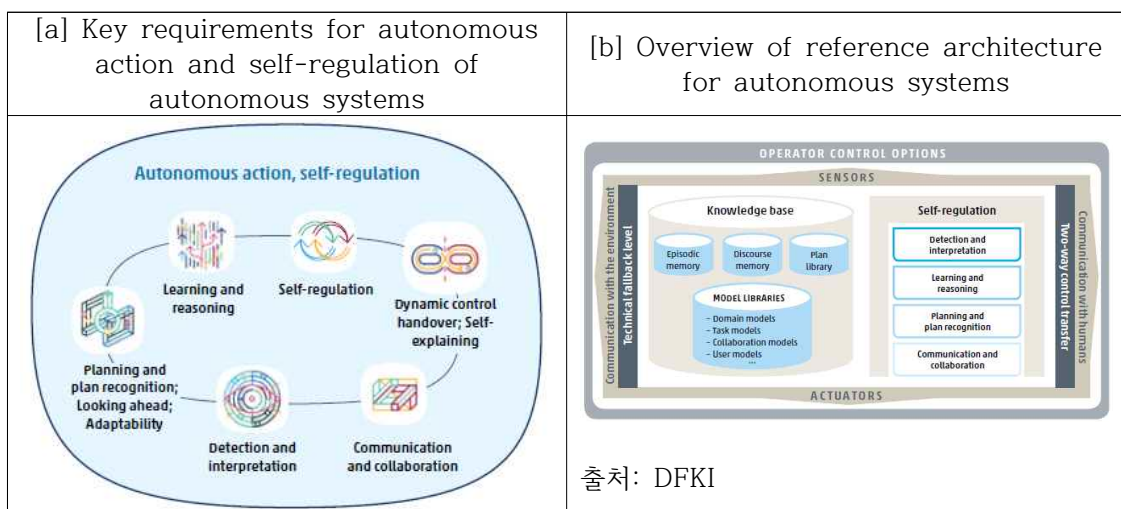


출처: Kagermann (2017)

## 2.2 Autonomous System

- 독일공학한림원인 Acatech 및 정부 위원회인 Hightech Forum은 2017년에 “Fachforum (전문 포럼) Autonome Systeme (자율시스템), Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft (경제, 학문 및 사회를 위한 기회 및 위험)”
- 여기에서는 인더스트리 4.0에서 논의되는 자율시스템에 대한 이해를 돕기 위해 상기한 결과물에 포함된 자동화된 시스템과 자율시스템의 차이만 간략히 소개함

[그림 2.2-1] Autonomous System의 요구사항 및 참조모델



출처: Acatech & Hightech Forum (2017)

- 자동화된 시스템은 응용/이용 분야에 따라 다양한 자동화 단계에서 이용될 수 있음
  - 예를 들어 자동차를 위해 이미 부분, 많이 그리고 완전히 자동화된과 같이 규격화된 분류 체계가 존재함
  - 증대되는 자동화는 일반적으로 점점 더 적어지는 통제 그리

고 보다 적게 자주 반복되는 컨트롤 이양(Control Transfer)을 요구함

o 자율시스템이 자동화 시스템과 다른 특징

- 하나의 시스템은 - 만일 사람의 제어나 혹은 상세한 프로그램 없이 사전에 주어진 목적을 스스로 그리고 상황에 적응해 달성할 수 있을 때 - **자율화**로 표현됨
- 이 시스템은 - **센서**를 통해 환경을 인지하고 능동적으로 상황에 맞게 적절한 실행 계획을 만들고 **엑츄에이터**를 통해 실행할 수 있게 실행하는 것이 - 가능함
- 학계와 업계는 긴밀한 조율을 통해 참조 아키텍처를 위한 제안/디자인이 작업되었는데, 이는 자율시스템의 세 가지 중요한 구성요소 **센서, 자율 조정, 엑츄에이터**에 집중함
- 인지와 해석, 기획과 계획 인지, 학습과 결론 및 통신과 협력 등의 구성요소와 함께 자율 시스템의 자율 조정이 가능함

### 3. Mittelstand Digital과 Mittelstand 4.0

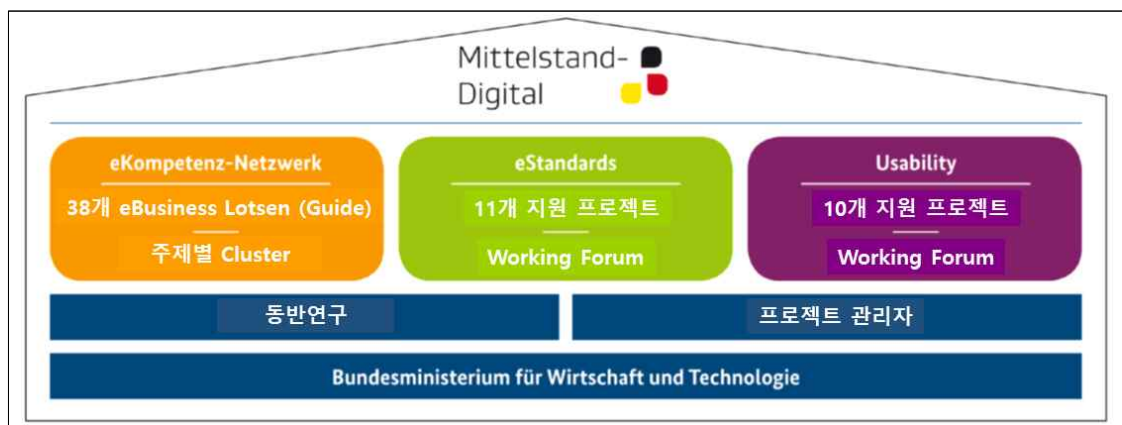
#### 3.1 Mittelstand Digital

##### 3.1.1 Mittelstand Digital 추진 현황 (2018년11월까지)

###### 1) Mittelstand Digital 추진 현황 (2013년 시점)

- 독일에서는 독일 경제의 경쟁력을 향상시키기 위해 2010년 11월에 “IKT-Strategie der Bundesregierung (독일연방정부의 ICT 전략) ‘Deutschland Digital 2015’” (BMWi, 2010.11) 및 2012년에 제7차 독일 내 IT 정상회의 (Nationale IT Gipfel Treffen)에서 BMWi가 Action Program “**디지털 경제 (Digitale Wirtschaft)**”를 시작함

[그림 3.1-1] Mittelstand Digital (2013)



출처: BMWi (2013.9) p. 5

- 세부 프로그램은 세 영역을 목표로 추진: “지능형 네트워크 (intelligente Netze)”, “신생기업 및 스타트업 육성 (junge Unternehmen und Start-ups)”, “제조업의 디지털화

(Digitalisierung der Industrie)”

- Mittelstand가 최신의 ICT를 창의적으로 도입하는 것이 BMWi에 의해 지원되는 Mittelstand-Digital - 경제/산업에서의 ICT 활용 (IKT-Anwendungen in der Wirtschaft)는 Mittelstand를 위한 ICT 혁신 (IKT-Innovationen für den Mittelstand) 활동 영역의 중요한 구성요소
- Mittelstand-Digital은 “기업을 위한 eCompetence Network (eKompetenz-Netzwerk für Unternehmen)”, “단순히 직감적인 - 중소중견기업을 위한 이용 용이성 (Einfach intuitiv - Usability für den Mittelstand)” 및 “비즈니스 프로세스를 표준화하고 성공을 보장함 (eStandards: Geschäftsprozesse standardisieren, Erfolg sichern)” 등 3가지 지원 이니셔티브와 함께 “IKT-Strategie der Bundesregierung (독일연방정부의 ICT 전략) ‘Deutschland Digital 2015’” (BMWi, 2010.11) 및 독일연방정부의 High-tech Strategy (BMBF, 2006 및 2010 참조)가 지역에서도 성공에 도움을 주는데 중요한 역할을 함

## 2) Mittelstand Digital: 하나의 지원 중점 (사업) - 3개의 지원 이니셔티브 (2015년 9월 시점)

- o 2015년 9월 시점에서 보면 Mittelstand-Digital은 3개의 지원 이니셔티브로 구성됨. “Mittelstand 4.0 - 디지털 제조 및 노동 세계 (Digitale Produktions- und Arbeitswelten)”, “eStandards: 비즈니스 프로세스를 표준화하고 성공을 보장함 (Geschäftsprozesse standardisieren, Erfolg sichern)” 및 “단순히 직감적인 - 중소중견기업을 위



한 이용 용이성 (Einfach intuitiv – Usability für den Mittelstand)”

- 지원 조치 “기업을 위한 eCompetence Network (eKompetenz-Netzwerk für Unternehmen”는 38개의 eBusiness-Lotsen과 함께 2015년 9월 30일에 종료됨

[그림 3.1-2] Mittelstand Digital 구조 및 책임 기관



출처: <http://www.mittelstand-digital.de/DE/Homepage/MittelstandDigital/verantwortliche,did=509040.html>

<표 I-3.1-1> Mittelstand-Digital 프로그램 세부 비교

2013년 상황	eKompetenz- Netzwerk für Unternehmen (2015년9월30일에 종료)	Einfach intuitiv – Usability für den Mittelstand	eStandards: Geschäftsprozesse standardisieren, Erfolg sichern
2015년 9월	Mittelstand 4.0 - Digitale Produktions- und Arbeitswelten		

출처: 연구진 자체 작성

### 3) 2018년 시점 현황 (2018년 6월 시점)

## a) Mittelstand Digital 개요

- 독일에서는 **Mittelstand**의 디지털화 지원 위해 **Mittelstand Digital** 프로그램이 진행되고 있음
  - **Mittelstand Digital** 프로그램에서는 독일의 중소·중견기업 대상 인더스트리 4.0 지원 보다는 **일반적인 디지털화**에 초점을 두고 있음
  - Mittelstand Digital 프로그램에서 **중소중견기업에게 디지털의 의미**에 대해 다음과 같이 설명함

## b) Mittelstand Digital 프로그램에서 중소중견기업에게 디지털의 의미<sup>14)</sup>

**디지털화**가 미텔슈탄트에게 제공하는 가능성: **신제품**이 보다 더 빠르게 제조될 수 있고, **고객 요구사항**이 보다 더 잘 고려될 수 있고, **신규 비즈니스 영역** 및 **서비스**가 제공될 수 있다. 특히 보다 더 작은 기업들에게 인터넷은 가치창출네트워크에 참여하는데 있어서 **완전히 새로운 가능성**을 제공하며, 직원, 고객, 공급업체와의 **관계를 근본적으로 변화**시킨다.

출처: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/mittelstand-digital.html> (2018년 6월 시점)

- **디지털화**가 **미텔슈탄트**에게 제공하는 가능성
  - **신제품**이 보다 더 빠르게 **제조**될 수 있음: **신제품 창출**, **신제품 개발** 및 **제조 프로세스**의 변화를 의미함
  - **고객의 요구사항**이 보다 더 잘 고려될 수 있음: **제공하는 제품 및 서비스의 변화**를 의미함
  - **신규 비즈니스 영역** 및 **서비스**가 제공될 수 있음: **신규 비즈니스 및 신규 서비스 (즉, 신규 비즈니스 모델) 창출**을 의미함

14) <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/mittelstand-digital.html>

- 특히 **보다 더 작은 기업**에게 인터넷은
  - **가치창출네트워크에 참여하는데 있어서 완전히 새로운 가능성을 제공함: 가치창출네트워크에서 소규모 기업 역할의 변화를 의미**
  - **직원, 고객, 공급업체와의 관계를 근본적으로 변화시킴: 가치창출네트워크, 즉 기업 간 및 기업 내부 구조의 변화를 의미**
- 독일에서는 “**디지털화의 잠재력**을 얼마나 잘 이용하는가에 따라 **독일 경제의 미래 성과**가 달려 있다”고 봄

#### c) 독일 Mittelstand의 디지털화 이용 현황<sup>15)</sup>

- 독일의 Mittelstand는 경제를 지탱하는 하나의 축으로서 **디지털화의 기회를 점점 더 잘 이용함**
- 기업의 약 60%는 고객과 디지털로 네트워킹 되어 있고, 1/3은 스마트 서비스를 이용하고, 1/5은 빅데이터를 이용

<표 I-3.1-2> 독일 미텔슈탄트의 디지털화 현황

독일 미텔슈탄트의 디지털화 현황	비중
고객과 디지털로 네트워킹	약 60%
스마트 서비스 이용	33% (1/3)
빅데이터 이용	20% (1/5)

출처: 연구진 자체 작성

- 디지털화를 촉진하기 위한 파트너와의 협력 현황
  - 독일 기업 가운데 20%는 자신이 속한 산업의 파트너와 협력함. 15%는 범 산업적으로도 마찬가지로 협력함. 그러나 기

15) 데이터 수집 시점 2017년

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/monitoring-wirtschaft-digital.html>

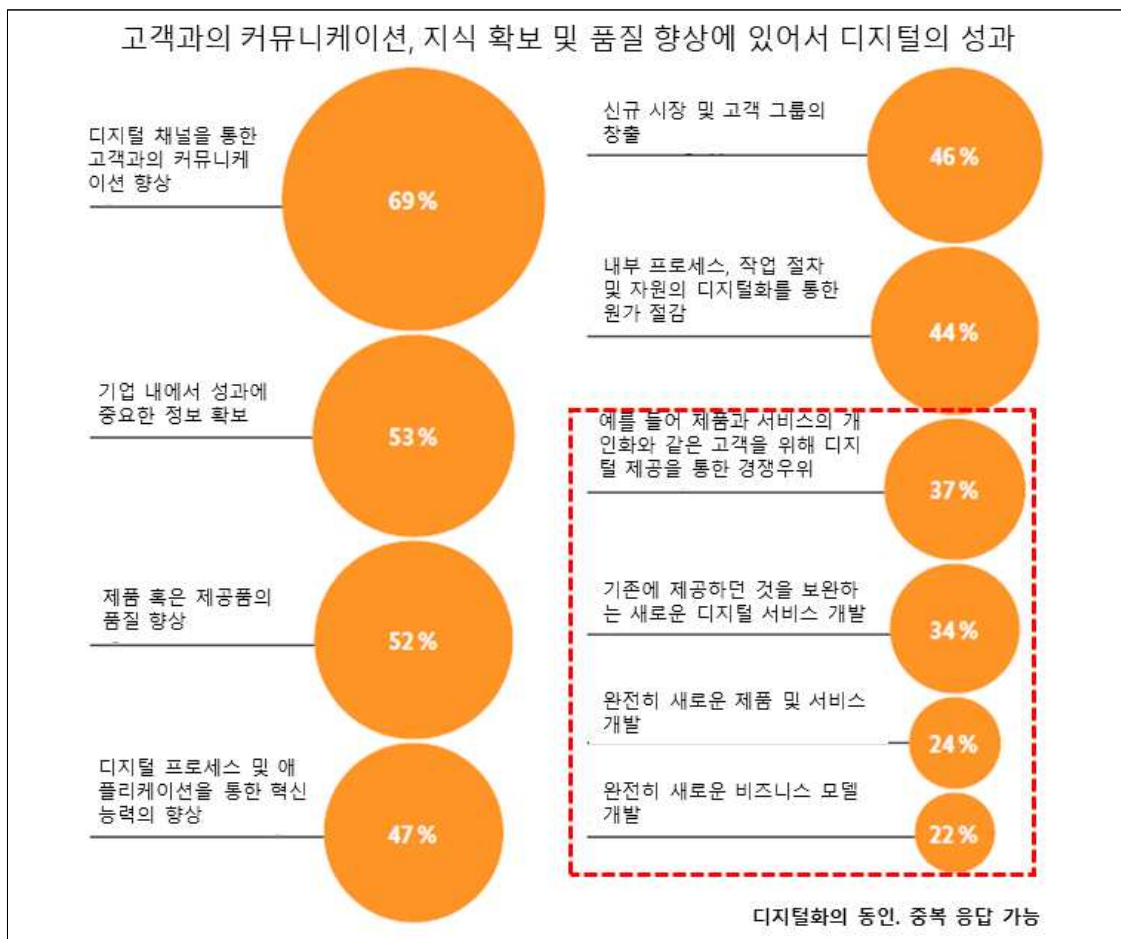
업들의 단지 4%만이 이러한 이유로 현재까지 스타트 업과 협력함

<표 I-3.1-3> 독일에서 디지털화를 촉진하기 위한 파트너와의 협력 현황

디지털화를 촉진하기 위한 파트너와의 협력 현황	비중
자신이 속한 산업의 파트너와 협력	20%
범산업적인 협력	15%
스타트 업과의 협력	4%

※ 독일 미텔슈탄트의 디지털화 및 네트워킹에 대한 더 많은 정보 및 지표는 매년 발간되는 Monitoring-Report "Wirtschaft DIGITAL"에서 볼 수 있음

[그림 3.1-3] 독일 기업의 디지털 트랜스포메이션 현황<sup>16)</sup>



출처: BMWi (2018.6) p. 14

16) 2018년 6월 발간 (2017년 자료 기반으로 추정됨)

- [그림 3.1-3] 독일 기업의 디지털 트랜스포메이션 현황을 보면 인더스트리 4.0과 관련된 개인 맞춤형 제품, 신제품, 새로운 서비스, 새로운 비즈니스 모델 분야는 아직 매우 취약한 것을 볼 수 있음 (그림 빨간색 Box 참조)

#### d) 디지털화에 있어서 Mittelstand 지원

##### ○ 과제

- Mittelstand가 어떻게 **디지털 변환**을 **전략적**으로 볼 수 있으며, 디지털로 확보한 정보를 **경제적으로 활용**할 수 있는가?
- **인더스트리 4.0**은 **어떻게 작동**하며, **개별 기업**에게는 어떤 의미를 갖고 있는가? 그리고 어떤 **자격확보조치**(Qualifizierungsmaßnahmen)이 직원들에게 의미 있는가?

##### ○ 지원 방안

- 구체적인 답변 및 실질적인 지원을 Digital Agenda 2014~2017의 일부로 만들어진 **지원의 중심 역할**을 담당하는 “**Mittelstand 4.0 - Competence Center** 및 **Mittelstand 4.0 - Agency**를 통한 ‘**Mittelstand-Digital**’ 중소기업”이 제공함
- 점점 더 네트워킹되어 가는 세계에서 기계, 서비스 제공자, 제품 그리고 고객이 서로 의사소통할 수 있도록 하기 위해서 인터페이스는 **표준화**되어야만 함. 그러한 해결책이 어떻게 보여질 수 있는지 **eStandards** 프로젝트는 다양한 산업에서 모범 사례를 보여줌
- 또한 **소프트웨어 애플리케이션**이 **이용자에게 편리한 것** 그리고 **이상적인 경우에 심지어는 이용자 경험을 만들어내는 것**

이 중요함. 단지 그럴 경우에만 고객, 파트너 혹은 직원이 이를 그들의 작업 프로세스에 도입함. **소프트웨어**에서 얼마나 많은 **이용자 편리성**이 다다를 수 있는지를 프로젝트 지원 이니셔티브 **Usability**가 보여줄 것임.

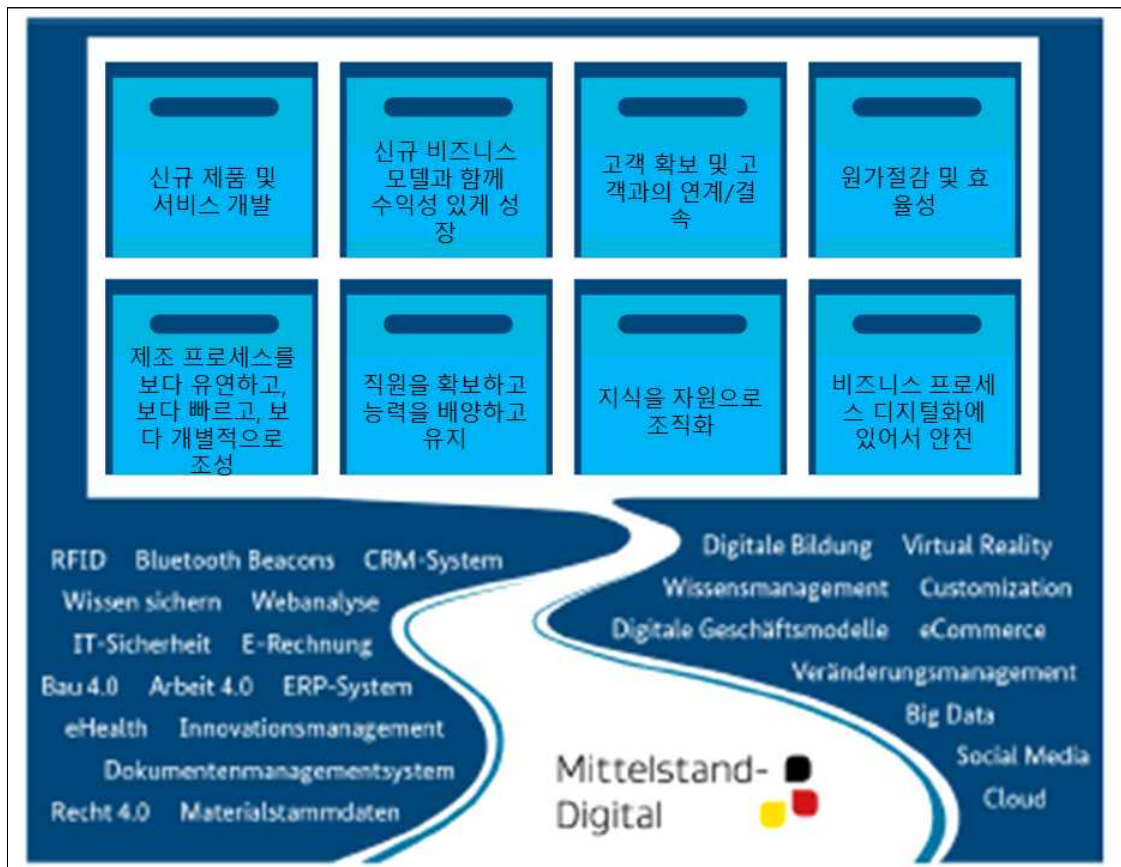
- 2018년6월 시점에 독일에서 추진하고 있는 **Mittelstand Digital** 사업에는 아래와 같이 5개 사업이 존재함
  - 1) 창업 경진대회 - 디지털 이노베이션
  - 2) **Mittelstand 4.0**
  - 3) eStandard (표준)
  - 4) Usability (이용 편이성)
  - 5) Go Digital

### 3.1.2 Mittelstand Digital - 디지털화의 미로에서 이정표

- 독일의 Mittelstand Digital 로드맵 작업에서는 [그림 3.1-4]와 같은 이정표를 도출함 (BMW, 2017.3, 10)
  - 이정표는 기업이 업무 차원에서 도달해야 하는 과제를 구체적으로 명시함
- 이정표에서 주요 업무는 다음과 같이 8가지로 정의
  - 신규 제품 및 서비스 개발
  - 신규 비즈니스 모델과 함께 수익성 있게 성장
  - 고객확보 및 고객과의 연결/결속
  - 원가절감 및 효율성
  - 제조 프로세스를 보다 유연하고, 보다 빠르고, 보다 개별적으로 조성

- 직원을 확보하고 능력을 배양하고 유지
- 지식을 자원으로 조직화
- 비즈니스 프로세스 디지털화에 있어서 안전

[그림 3.1-4] 디지털화의 미로에서 이정표



출처: BMWi (2017.3) P. 10

- [그림 3.1-4] 이정표의 주요 업무에서 신규 제품 및 서비스 개발은 인더스트리 4.0과 함께 발생한 신규 업무이며, 나머지 7가지는 기존에 정보화 시대에 추진하던 업무와 유사함
- 신제품 및 신규 서비스 개발은 인더스트리 4.0에서 논의되고 있는 개인 맞춤형 제품 시장에 진입 및 관련 스마트 서비스 제공 추진이 반영된 것으로 보임

### 3.2 Mittelstand 4.0 추진 현황

- 독일에서 미텔슈탄트의 인더스트리 4.0 추진을 지원하는 정부 프로그램으로 아래 사항에 대해 소개함
  - 독일의 인더스트리 4.0 관련 중소기업 지원 사업인 Mittelstand 4.0의 추진 배경
  - Mittelstand 4.0 추진 현황

#### 1) Mittelstand 4.0의 추진 배경<sup>17)</sup>

- 인더스트리 4.0 및 디지털화 전략 추진에 있어 독일 중소 및 중간 규모 미텔슈탄트 기업들의 **성과가 예상보다 미흡**하였기 때문이라고 설명하고 있음
  - 2015년 BMWi의 “2015 경제 디지털화 현황 조사 보고서 (Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2015)”를 통해 첫 번째로 발표된 독일 경제의 **디지털화 지수**는 100점 만점 기준 **49점**이었으며, 2015년 기준 추정에 의하면 해당 지수는 2020년 까지 **56점**으로 상승할 것으로 예측되었음 (BMWi, 2015.10, 5)
  - 그러나 산업 및 기업 규모 별로 디지털화 정도와 속도에 있어서 격차 존재
  - 디지털화가 기업의 **고립** 문제를 지속적으로 개선했음에도 불구하고 아직까지 **기업 전략의 일부분으로서의 역할을 충분히 하지 못하고 있으며**, 여전히 **자사 생산시스템에 디지털 네트워크를 본격적으로 적용하는데 있어 확신을 가지지 못하는 기업들도 존재** (BMWi, 2015.10, 86~95)

17) 본 내용은 본 과제 수행을 위한 자문회의에서 발표한 김경아 (2018, 3ff.)에서 발췌, 수정, 보완한 것임



- 또한, 2016년 3월 시행된 독일상공회의소(Deutscher Industrie- und Handelskammertag; DIHK)의 “경제 디지털화 기업실태조사” (DIHK, 2016.6, 5~6)에서도 응답 기업의 약 68%가 새로운 경영모델을 활용하고 있었으나, 이들 기업 가운데 25%만이 디지털화에 대한 만족을 표하였음
- 특히 종사자 규모별 기업의 디지털화 정도를 비교해본 결과, 종사자 0~499명의 기업들의 디지털화 지수 (최대 6점 만점 기준)는 2014년 3.7점, 2016년 3.9점, 종사근로자 500~999명의 기업들의 디지털화 지수는 2014년 3.9점, 2016년 4.1점이었으며, 종사자 1,000명 이상 기업들의 디지털화 지수는 2014년 3.9점, 2016년 4.2점이었음 (DIHK, 2016.6, 5~6)
- o 상기한 이유로 독일연방정부는 디지털화로의 전환에 대한 지속적인 정부 지원을 통해 독일 산업 및 기업 현장의 경쟁력을 향상시키고 미텔슈탄트 기업들의 디지털화 확대에 목적을 두고 Mittelstand 4.0을 추진함

## 2) Mittelstand 4.0 현황 (공급 관점)

- o 독일에서는 인더스트리 4.0과 관련하여 특정 그룹의 중소중견기업인 미텔슈탄트를 지원하기 위해 “Mittelstand 4.0” 프로그램을 추진하고 있음
- o Mittelstand 4.0 프로그램은 그 뿌리를 Digital Agenda 2014~2017에 두고 있음 (Die Bundesregierung, 2014)
- o Mittelstand 4.0 “지원 이니셔티브 (Förderinitiative)

‘Mittelstand 4.0 제조 및 업무 프로세스 (Digitale Produktions- und Arbeitsprozesse)’” 1차 공모가 2015년 6월 19일에 공지됨 (BMW, 2015.6)

- o Mittelstand 4.0 프로그램을 본격적으로 추진하기 전에 BMW의 발주로 “Mittelstand에서 ‘인더스트리 4.0’ 이용 잠재력 개발” 연구 (STUDIE: Erschliessen der Potentiale der Anwendung von ,Industrie 4.0‘ im Mittelstand)가 수행됨 (agiplan et. al., 2015)
- o 2015년 6월 1차 공모에 이어 2016년 8월 22일에 “Mittelstand 4.0” - “경제의 디지털화 및 네트워킹에 대한 혁신적인 솔루션”을 위한 추가 역량센터 (weitere Kompetenzzentren für „Innovative Lösungen für die Digitalisierung und Vernetzung der Wirtschaft” 지원 이니셔티브 (Förderinitiative)가 공지됨

### 3) Mittelstand 4.0 Competence Center

- o 독일 내에는 2018년 11월 현재 25개의 Mittelstand 4.0 Competence Center (CC, 역량센터) 및 디지털 수공업 CC에서 경영자들은 역량 있는 전문가를 만날 수 있음
  - CC의 전문가들은 경영자가 어떻게 디지털화를 단계별로 추진하고 인더스트리 4.0 기술을 그들의 기업 내에 도입할 수 있는지에 대해 질문에 대해 답변하고, 다른 기업의 사례 (Best Practice)와 솔루션을 기반으로 잘 보여줌
  - CC는 또한 다양한 교육 방안 및 자신의 기술 발전 혹은 제

## 품 및 고객의 인터페이스 테스트 가능성을 제공함

### o Mittelstand 4.0 Agency<sup>18)</sup> (4개)

- Mittelstand 4.0 Agency는 Cloud, Communication (의사소통; 홍보/마케팅 측면), Trade (유통) 및 Process 등 디지털화의 범용 주제에 대해 지원하는 역할을 수행함
- Mittelstand 4.0 Agency는 4개가 존재하며, 기본적으로 CC를 지원하는 조직임

## 4) 독일 내 존재하는 (17개) 지역 Competence Center (2018년4월 현재)

### o Mittelstand 4.0 CC 존재 지역

- Augsburg, Berlin, Bremen, Chemnitz, Cottbus, Darmstadt, Dortmund, Hamburg, Hannover, Ilmenau, Kaiserslautern, Lingen, Magdeburg, Rostock, Saarbrücken, Siegen, Stuttgart<sup>19)</sup> (BMWi, 2018.4)

---

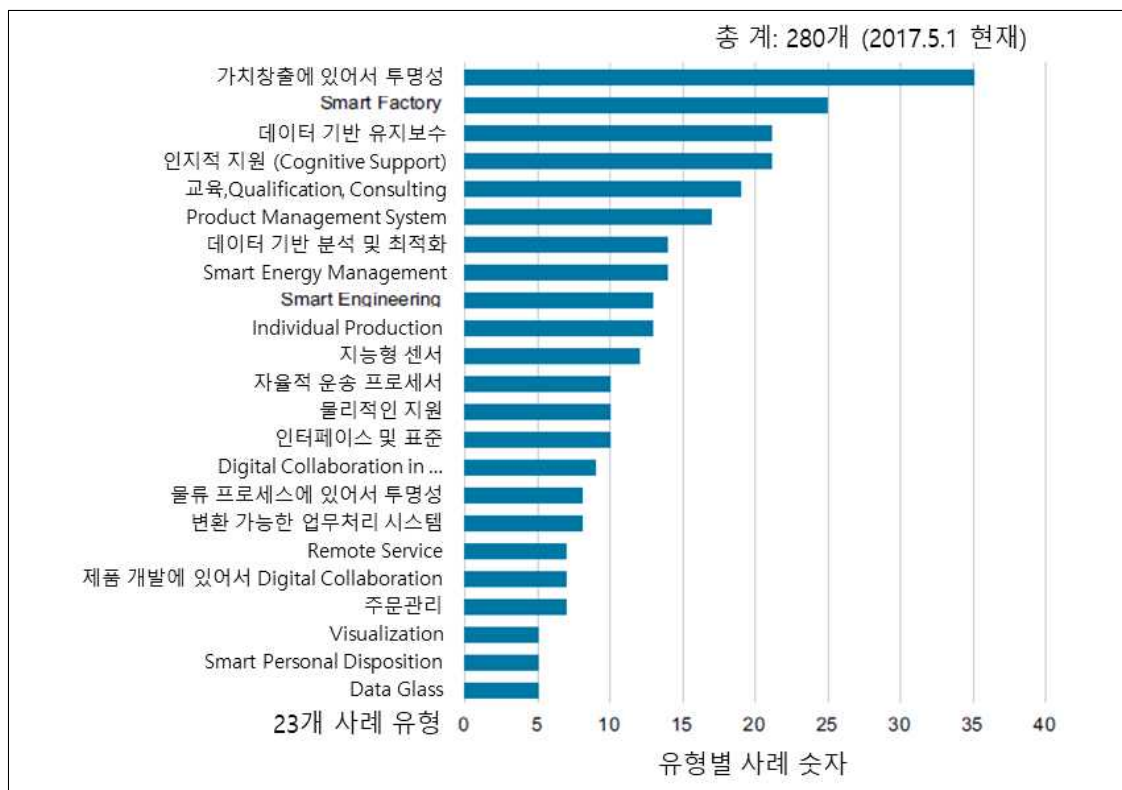
18) 독일어로는 Mittelstand 4.0 Agenturen

19) 진한색은 Kompetenzzentrum Digitales Handwerk와 함께 1차 추진 지역 (BMWi, 2017.2)

#### 4. 인더스트리 4.0 구현 현황

- 독일에서는 인더스트리 4.0에 대한 논의가 일부 Digital Transformation에 대한 논의로 진화되어가고 있음
- 제조분야의 Digital Transformation에 대한 논의에 인더스트리 4.0이 포함되어 논의되기도 하며,
- 부분적으로는 인더스트리 4.0과 Digital Transformation이 함께 병행하며 논의됨

[그림 4-1] 인더스트리 4.0 2017년도 구현 현황



출처: Fay et al. (2018)

- 인더스트리 4.0의 최신 동향은 산업별, 기능별로 분화되어가고 있음
- 예를 들어 조선해양분야의 인더스트리 4.0이 Maritime 4.0

과 같이 산업별로 분화되어가는가 하면

- 예를 들어 Logistics 4.0과 같이 기능별로 분화되어가고 있음
- o 인더스트리 4.0 구현은 독일에서도 여전히 실험 중임
  - 독일에서 인더스트리 4.0은 일부 부분적으로는 구현이 서서히 확대되어가고 있으며, 인더스트리 4.0 구현 현황을 발표한 자료를 보면 진행 현황을 파악할 수 있음 ([그림 4-1] 참조)
  - 인더스트리 4.0 관련 구현 현황을 보면 2017년5월 시점에 총 280개<sup>20)</sup> 가운데 인더스트리 4.0의 주요 특징 가운데 하나인 개인 맞춤형 제품 구현 현황은 13개, 스마트 팩토리는 25개에 불과함

---

20) 2019년6월 초 시점에 370개가 등록되어있음

<https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-anwendungsbeispiele-formular.html>

## [부록] 인더스트리 4.0 비전 2030: 글로벌 디지털 생태계 구축<sup>21)</sup>



인더스트리 4.0은 (산업/기계적) 제조 가치창출의 근본적인 이노베이션 및 트랜스포메이션 프로세스를 말한다. 이러한 변화의 비전은 **글로벌 디지털 생태계**에 있어서 경제 활동과 노동의 새로운 형태이다: 현재 경직되고 고정적으로 정의된 가치창출 사슬은 협력의 새로운 유형과 함께 유연하고 고도로 다이내믹한 그리고 세계적으로 연결되어 있는 가치창출네트워크에 의해 해체될 것이다. 데이터 중심의 비즈니스 모델은 고객의 효용과 솔루션 지향성을 강조하며, 제조 가치창출에 있어서 예전에 지배적이던 패러다임인 제품 중심을 대체한다. **데이터에 대한 가용성, 투명성 및 접근**은 네트워킹된 경제에서 핵심 성공 요인이며 많은 부분 경쟁력을 결정한다.

21) 본 번역본은 독일어 본의 번역임

출처: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Leitbild-2030-f%C3%BCr-Industrie-4.0.html>

영문본 <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Standardartikel/vision.html>

여기에 제시된 비전 2030과 함께 플랫폼 인더스트리 4.0의 이해관계자는 디지털 생태계 구축을 위한 총체적인 해결방안을 보여준다. 산업 입지로서 독일의 특수한 조건과 기존 강점에서 시작해 미래의 데이터 경제 체제는 (다음과 같은) 사회적 시장 경제 요구를 반영해 구축되어야 한다: **다양성 및 다원성<sup>22)</sup>을 강조하고 시장에서 모든 이해관계자의 경쟁을 지원하는 개방된 생태계**. 이러한 비전은 기본적으로 제조 및 경제 입지 독일을 대상으로 하지만, 명시적으로 유럽 및 전 세계 파트너에 대한 개방성 및 협력 지향성을 강조한다.

독일 제조업의 강점은 이질성/서로 다름 (heterogeneity), 다양성 (Diversity) 및 특성화 (Specialization)의 특성을 갖고 있는 혁신 및 경제 시스템에 기반을 둔다. 기업가적인 자유, 데이터 및 정보 보안 및 개인의 사적인 권한의 보장 등과 연계하여 이는 유럽의 산업 사회의 핵심 토대이다. 개방되고 유연한 생태계의 분권화 전략은 직접적으로 이 구조에 기반하고 있으며, 자유 및 사회적 시장 경제의 가치 표준 (canon of values) 안에서 디지털 경제를 구축하기 위한 최상의 전제 조건을 제공한다.

이러한 의미에서 인더스트리 4.0의 성공적인 구현을 위한 핵심은 - **주권, 상호운용성 및 지속가능성 - 세 가지 전략적 활동 영역**과 그들 간의 긴밀한 연계이다. 플랫폼 인더스트리 4.0의 이해관계자들은 공동으로 이러한 활동 영역에 있어서 선도적으로 도래하는 10년 간 독일, 유럽 그리고 전 세계에서 인더스트리 4.0의 지속적인 확대를 확신한다. 전 세계에서 선두에 서

---

22) diversity and plurality: plurality는 숫자가 많은 것을 의미. 아래 내용은 plurality에 대한 아래의 글 사전 설명 ① 回 복수, 복수성(상태); 【哲】수다성(數多性). ② 回 다수, 대다수, 과반수

있는 독일 제조업의 출발점에 추가로 독일의 디지털 트랜스포메이션을 지속가능하도록 추진하기 위해서 그리고 인더스트리 4.0을 독일 중소·중견기업들에게 폭 넓게 경제적으로 성공적으로 정착시키기 위해 산업 사회의 모든 이해관계자들과의 대화를 통해 행동 규범이 만들어져야 할 것이다.

## 주권

비전으로서의 주권은 시장에서 (기업, 직원, 학계, 개인 등) 모든 이해관계자들이 - 인더스트리 4.0 생태계 내에서 개인적인 비즈니스 모델의 정의와 구축에서부터 개인별 구매 결정까지 - 자기 주도적으로 독립적으로 결정하고 공정한 경쟁에서 서로에게 영향을 미치는 자유를 강조한다.

글로벌 인더스트리 4.0 생태계에서 주권은 다음과 같은 것들을 필요로 한다:

### ▶ 디지털 인프라

가치창출네트워크의 지속적인 다이내믹한 구성을 통해 기업의 경계를 넘어서도 디지털 제조 가치창출을 위해서는 경쟁력 있는 주도적인 인프라가 핵심 역할을 하게 된다. **이러한 인프라는 모든 참여자들에게 동일하게 개방적으로 접근 가능해야 하며 제한 없이 사용될 수 있어야만 한다.** 인프라는 또한 인더스트리 4.0 생태계로의 진입을 정의하며, 시장에서의 다원적 행동과 다양성을 보장한다. 전략적인 자산으로서 탄력적인(resilient<sup>23)</sup>) 인프라는 데이터의 경계 및 분야를 넘는 확보,

23) 역자 주: 탄력성(resilience)은 복원성이 높음을 의미



교환, 분석과 이용에 필요한 모든 포괄적인 요구 사항과 서비스를 연결한다.

### ▶ 보안

데이터 보호, IT 및 정보 보안은 산업적 그리고 사회적으로 중요하다. 이는 인더스트리 4.0과 디지털 생태계 내 협력을 위한 전제 조건이다. 모든 이와 관련된 도전 과제에서 그들은 **인더스트리 4.0에서 전 세계적으로 높은 신뢰를 위한 기반**을 만들었다. 기업, 직원 및 개인은 미래에도 그들의 데이터가 안전하고, 그 데이터의 이용이 투명하고 그리고 그들이 데이터 이용을 허용하거나 허용하지 않고, 언제 그들이 그들의 잊혀질 권리를 요구할 수 있는 지를 독자적으로 결정할 수 있다는 것이 보장될 수 있어야만 한다.

### ▶ 기술 발전

인더스트리 4.0의 주권은 디지털 제조 가치창출의 핵심 분야에서 기술 개방적인 연구, 개발 및 혁신을 전제로 한다. **발전의 기술적인 선도 역할** 이외에도 **동시에** 특히 지속 가능성 그리고 상호운용성에서와 마찬가지로 **데이터 보호와 security “by design”**이 실현되어야 한다. 어플리케이션과 디지털 비즈니스 모델에서 다이내믹한 통합은 결국 생태계의 모든 참여자가 기술 발전에 참여하고 이득을 보는 것을 보장한다.

### 상호운용성

빠르게 변화하는 가치창출네트워크에서 다양한 이해관계자들의 유연한 네트워킹은 인더스트리 4.0에서 디지털 비즈니스 프로

세스의 핵심 기반 가운데 하나이다. 그런 복잡하고 분권적으로 조직된 구조를 만들기 위해서 모든 이해관계자들 간의 상호운용성은 전략적 핵심 요소이다. 단지 높은 (생태계의 모든 파트너들이 서로를 알고, 동일하게 기여하는) 상호운용성만이 기업 및 산업의 경계를 넘어 직접적인 운영상(operational)의 그리고 프로세스상(prozessual)의 네트워킹을 보장한다. 반대로 상호운용적인 구조와 인터페이스들은 제조업체뿐만이 아니라 고객들에게도 디지털 가치창출네트워크에 제한 없이 참여 및 이와 함께 결과적으로는 새로운 비즈니스 모델 구축을 가능하게 한다. 이와 함께 상호운용성은 또한 주권을 강화한다.

### ▶ 표준과 통합

인더스트리 4.0에 있어서 개별 솔루션으로부터 시스템 솔루션까지의 통합에서 전 세계적으로 좋은 포지셔닝은 많은 부분 표준 개발에서 집중적이고 장기적인 노력에 기반을 두고 있다. 이는 통합을 매우 용이하게 하고 따라서 상호운용성을 위한 기반이다. 이러한 핵심 역량은 이용되고 디지털 생태계의 요구사항에 따라 계속해서 개발되어야 한다. 마지막은 아니지만 범산업적인 참조 아키텍처 및 administration shell의 안정화를 통해 디지털 (세계)에서 물리적인 세계의 디지털 모습으로써 새로운 접근 방법이 존재하는데, 그들의 추가 지원 및 작업이 결과적으로 인더스트리 4.0을 위한 USB 표준 방향으로 진행될 것이다.

### ▶ 규제 체계

네트워킹, 교환 및 협력을 열린 생태계에서 모든 이해관계자들에게 공정하고 동일한 조건으로 보장하기 위해서는 규제 체계

환경이 - 국내, 유럽 그리고 또한 국제적인 기준에 있어서 - (국내, 유럽 그리고 또한 국제적인 기준에 적합한 규제 체계 환경이) 필수적이다. 동시에 통제구조 (Governance) 규칙을 연계하고 이노베이션 시스템을 계속해서 개발하고, 더욱이 직원과 개인의 일반적인 관심에 따라 데이터의 소유권 및 안전 관점을 마찬가지로 만드는 것이 필요하다.

### ▶ **분권화된 시스템과 인공지능**

지능이 내재된 분권화되고 자율적인 시스템은 제조 (B2B) 가치 창출 디지털 생태계에서 B2C 분야보다 훨씬 더 중요하다. 톱니바퀴처럼 잘 연계된 생태계에서 표준화된 아키텍처를 통한 **매우 다양한 기계 및 이용자 데이터의 협력적이고 투명한 이용과 연계**는 인공지능의 다양한 접근방법을 고려한 가운데 새로운 솔루션 접근방법과 비즈니스 모델 개발을 가능하게 한다. 제조 실무의 다양한 차원(Edge, Premises, Cloud)에서 효용을 제공하는 인공지능의 투입을 위해 빅 데이터 이외에 특히 스마트 데이터의 확보 및 이용은 중요한 역할을 한다.

### **지속가능성**

경제적, 환경적 및 사회적인 지속 가능성은 우리 사회의 가치에 있어서 근본적인 토대이다. 이러한 관점은 인더스트리 4.0에서 영향을 미치는 한편, 다른 한편 인더스트리 4.0은 지속 가능 노력에 많은 발전을 가능하게 한다. 개인의 복지와 삶의 질의 큰 부분은 미래지향적이며 경쟁력 있는 산업에 기반을 둔다. 이와 함께 혁신 생태계와 인더스트리 4.0 구현은 - 지속 가능한 인더스트리 4.0 스스로를 위한 것과 마찬가지로 - 인더

스트리 4.0을 통한 지속가능성을 위한 토양을 제공하며, 이와 함께 결과적으로 사회의 삶의 수준을 확보하는데 결정적으로 기여한다.

### ▶ 좋은 일자리와 교육

사람 중심을 통해 인더스트리 4.0은 사회 파트너와의 대화에서 노동 조건의 개선에 괄목할만한 기여를 했다. 혁신적인 설비 산업 및 국제적으로 경쟁력 있는 어플리케이션/응용 산업들과 함께 **인더스트리 4.0은 높은 고용 수준 유지에 기여한다.** 상승 효과와 낙수효과(Multiplier and spill-over effects)는 다른 산업에 영향을 미친다. **직원의 높은 교육 수준**은 평생 학습을 가능하게 하는 안정적인 기반을 제공하는데, 이를 위해 수많은 재교육 가능성이 수요에 맞춘 가능성을 제공한다. 이는 지속적으로 변화되고 있는 역량에 대한 수요(Skill-Shift)를 충족시키기 위해 선제적으로 활용되고 촉진되어야 한다.

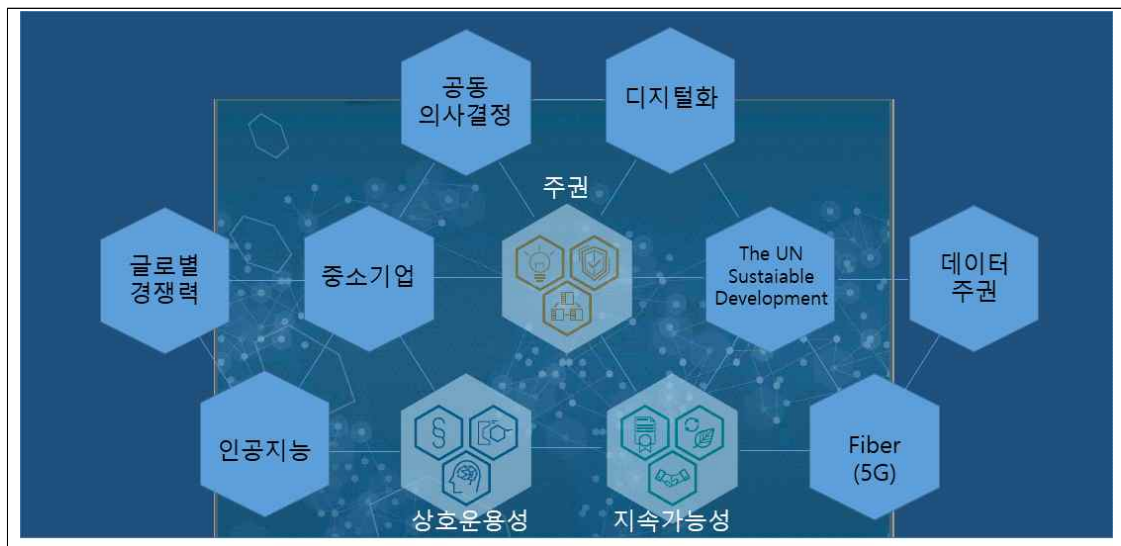
### ▶ 사회 참여

인더스트리 4.0은 전체 사회의 전환 프로세스이다. 이와 함께 이해관계자들을 위한 광범위한 변화를 수반한다. 최우선 목표는 **인더스트리 4.0이 산업적, 사회적 혁신 의미에서** 이러한 이해관계자들에게 도전과제를 제공할 뿐만이 아니라 무엇보다도 새로운 기회를 제공한다. 이러한 사회 변화 프로세스는 기업 차원의 긴밀한 협력뿐만이 아니라 결과적으로 모든 이해 관계자들의 참여와 합의를 필요로 함: 우리의 일상에서 디지털 기술과 인공 지능 이용과 관련하여 개별 기업에서 사회 파트너와 대화에서 시작해 협력의 범 기업적이고 범 산업적인 관점을 거쳐 전체 사회적인 문제까지.

## ▶ 환경보호

인더스트리 4.0은 원자재 효율성의 추가 잠재력을 개선시키는 것을 가능하게 한다. 건설적이고 절차적 접근 방법을 연계하여 물질 순환이 전체 제품 수명주기에 걸쳐 포함될 수 있다. 서비스 지향 비즈니스 모델과 함께 제품이 서비스 제공자가 되고 제조업체의 보호 및 유지 보수 아래 있게 되는데, 이는 이를 통해 이미 조립 시 지속가능한 접근방법을 실현할 수 있다. 따라서 인더스트리 4.0은 재활용 경제 및 환경과 기후 보호를 위해 중요한 동력이다.

[그림] 인더스트리 4.0 비전 2030: 글로벌 디지털 생태계 구축



※ 위의 그림은 4월 Hannover Messe에서 인더스트리 4.0 비전 2030 발표 시 활용된 그림으로 본 비전의 맨 앞에 있는 그림을 보완한다. 본 그림은 인더스트리 4.0 비전 2030에 대한 독자의 이해를 돕기 위해 여기에 번역하여 추가한다.

## 참고자료

- Acatech (2014) (독) Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech (Hrsg): Smart Service Welt: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsproject - Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft  
작업반 스마트 서비스 벨트/acatech (편집인): 스마트 서비스 벨트 - 경제/산업을 위한 미래 프로젝트인 인터넷 기반 서비스 구현 제안
- Acatech (2015) Arbeitskreis Smart Service Welt / acatech (Hrsg): Smart Service Welt - Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internet-basierte Dienste für die Wirtschaft. Abschlussbericht, Berlin, März 2015.  
작업반/acatech (편집): 스마트 서비스 벨트 - 경제/산업을 위한 미래 프로젝트인 인터넷 기반 서비스 구현 제안, 최종보고서, 베를린, 2015년3월  
(영문본) Smart Service Welt Working Group/acatech (Eds.): Smart Service Welt - Recommendations for the Strategic Initiative Web-based Services for Businesses. Final Report, Berlin, March 2016.  
<http://www.acatech.de/smart-service-welt>
- Acatech & Hightech Forum (2017) Fachforum Autonome Systeme, Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft
- agiplan et. al. (2015) agiplan GmbH, Fraunhofer IML 및 ZENIT, “STUDIE: Erschliessen der Potentiale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand” (중소·중견기업에서 ‘인더스트리 4.0’ 이용 잠재력 개발), 요약본, 발주 기관 BMWi
- BMBF (2006) Die Hightech-Strategie für Deutschland, Hrsg.: BMBF 2006, 112 Seiten  
[https://www.fona.de/pdf/publikationen/die\\_hightech\\_strategie\\_fuer\\_deutschland.pdf](https://www.fona.de/pdf/publikationen/die_hightech_strategie_fuer_deutschland.pdf)
- BMBF (2010) Ideen. Innovation. Wachstum, Hightech-Strategie 2020 für Deutschland, 2010BMWi (2013.9) Mittelstand-Digital - IKT-Anwendungen in der Wirtschaft, September 2013
- BMWi (2010) Deutschland Digital 2015

- BMW (2013.9) Mittelstand Digital
- BMW (2015) Industrie 4.0 - Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland (산업입지 독일을 위한 경제 및 경영요인) - Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm (기술(지원)프로그램 동반 연구 범주에 속한 연구 결과) AUTONOMIK für Industrie 4.0 (인더스트리 4.0을 위한 AUTONOMIK)
- BMW (2016.4-9) Aspekte der Forschungsroadmap in den Anwendungsszenarien (응용시나리오에 있어서 연구 로드맵의 관점), 2016.04
- BMW (2017.3) Mittelstand-Digital: Strategien zur Digitalen Transformation der Unternehmensprozesse, März 2017
- BMW (2018.6) Monitoring-Report Wirtschaft Digital (디지털 경제) 2018, Kurzfassung (요약본), June 2018
- BMW (2019) Leitbild 2030 für Industrie 4.0 - Digitale Ökosysteme global gestalten
- BITKOM/VDMA/ZVEI (2015D) Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0
- DFKI/SmartFactory<sup>kl</sup> (2015) DFKI/SmartFactory<sup>kl</sup> 내부 발표자료
- Fay et al. (2018) Alexander Fay, Jürgen Gausemeier, Michael ten Hompel (Hrsg.), Einordnung der Beispiele der Industrie 4.0-Landkarte in die Anwendungsszenarien, Januar 2018
- Fraunhofer IPA (2014) Herausgeber (발간인) Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Baden-Württemberg 주정부의 재무 및 경제/산업부), Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl, Michael Lickefett, 2014
- FU & Acatech (2013D) Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0
- FU & Acatech (2013E) Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 Final report of the Industrie 4.0

- Working Group (FU & Acatech (2013D) 영문본)
- Harrington, Jr. (1973) Computer Integrated Manufacturing New York, 1973
- IAB (2015) Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft (인더스트리 4.0 그리고 노동시장과 경제에 미치는 파급효과)  
- B-BB - IAB - 자격요건 및 직업영역 예측 범주에서의 시나리오 계산 (영문판: Industry 4.0 and the consequences for labour market and economy)
- IMPULS-Stiftung (2015) Dr. Karl Lichtblau; Prof. Dr.-Ing. Volker Stich; Dr. Roman Bertenrath; Matthias Blum; Martin Bleider; Agnes Millack; Katharina Schmitt; Edgar Schmitz; Moritz Schröter: **INDUSTRIE 4.0-READINESS**; Dieses Forschungsvorhaben wurde gefördert von der IMPULS-Stiftung des VDMA; Aachen, Köln, Oktober 2015
- Inverto (2015) Automobil Produktion: Vier-Null: Weit mehr als nur Smart Factory, 2015.02.09.  
<http://www.inverto.com/publikationen/automobil-produktion-vier-null-weit-mehr-als-nur-smart-factory/> (2016.05.25)
- Jasperneite (연도미상)  
<http://www.computer-automation.de/steuerungsebene/steuer-n-regeln/artikel/93559/>
- Kagermann (2017) 2017년3월30일 한국 내 컨퍼런스 발표자료
- Koren, Yoram (2010) The Global Manufacturing Revolution. 요약본  
<http://adrge.engin.umich.edu/wp-content/uploads/sites/50/2013/08/12pgbook.pdf>
- PROSTEP (2017) Whitepaper: SMART ENGINEERING: WAS INDUSTRIE 4.0 FÜR PLM BEDEUTET
- PwC (2014) PriceWaterhouseCoopers, Industrie 4.0 - Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution (strategy&) Formerly Booz & Company  
(영문본) PriceWaterhouseCoopers, Industry 4.0 - Opportunities and challenges of the industrial internet (strategy&) Formerly Booz & Company
- Roland Berger (2014) Industry 4.0: The new industrial revolution -



How Europe will succeed; Beyond Mainstream; Think Act;  
2014.03

Scheer, August-Wilhelm (2015) Industrie 4.0: Von der Vision zur  
Implementierung, AWSi Whitepaper Nr. 5, Mai 2015

VDI (2011) VDI Nachrichten Nr. 13-2011 Seite 2

<https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Standardartikel/vision.html>



사단법인  
**한국ICT융합네트워크**  
Korea ICT Convergence Network

회원가입문의

김은 010-4941-6601 | eunkim@kicon.org  
[www.kicon.org](http://www.kicon.org)

비매품/무료



9 791196 631727  
ISBN 979-11-966317-2-7 (EPUB2)