

4차 산업혁명과 기계산업의 미래

한국기계연구원 경영전략실

- ❶ 서론
- ❷ 4차 산업혁명과 기계기술·산업의 변화 방향
- ❸ 4차 산업혁명이 가져올 기계분야 변화 전망
 - ❸-1 수송/운송 분야의 미래: 자율주행 전기자동차
 - ❸-2 생산시스템의 미래: 스마트팩토리와 新제조장비

4차 산업혁명과 기계산업의 미래

한국기계연구원 경영전략실

- ❶ 서론 / 1
- ❷ 4차 산업혁명과 기계기술·산업의 변화 방향 / 3
- ❸ 4차 산업혁명이 가져올 기계분야 변화 전망 / 8
 - ❸-1 수송/운송 분야의 미래: 자율주행 전기자동차 / 8
 - ❸-2 생산시스템의 미래: 스마트팩토리와 新제조장비 / 13

1. 서론

□ 최근, 미래 트렌드에 대한 국가 차원의 (재)분석 및 4차 산업혁명 시대에 따른 과학기술 대응 방안 모색이 활발히 이루어지고 있음

○ 제5회 과학기술예측조사 초안('16.4.)에서 제시한 5대 메가트렌드 중 '휴먼 임파워먼트', '초연결에 의한 혁신'이 4차 산업혁명과 밀접히 연관

- 미래창조과학부는 2016년까지 제5회 과학기술예측조사를 마무리하고 2017년 상반기에 결과를 공표할 예정¹⁾

<표 1> 제5회 과학기술예측조사(2017~2040) 초안에서 제시된 트렌드

메가트렌드	트렌드	관련 글로벌 이슈
휴먼 임파워먼트	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기대수명 증가 ▪ 자아중심 사회 ▪ 출산율 저하 ▪ 여성 임파워먼트 ▪ 인간 강화(★) ▪ 초고속 이동(★) ▪ 인공지능과 자동화(★) ▪ 새로운 소재(★) ▪ 우주시대(★) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4차 산업혁명(★)
초연결에 의한 혁신	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 디지털 네트워크 사회(★) ▪ 초연결 기술(★) ▪ 네트워크 중심의 권력이동(★) ▪ 전자민주주의 가속화(★) 	
지구의 분노	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 식량위기 악화 ▪ 에너지 수급 불균형 ▪ 물스트레스 심화 ▪ 자연재난 증가 ▪ 생태계 파괴 심화 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신 기후체제

1) 과학기술기본법 시행령 제22조 4항에 의거, 2016년 4월에 1차년도 연구결과를 제시(KISTEP)하였으며, 5년 주기로 갱신하여 2017년에 새로이 공표할 예정

메가트렌드	트렌드	관련 글로벌 이슈
사회 복잡성의 진화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 융합을 통한 창조 ▪ 문화적 다양성 확대 ▪ 경제/사회적 불평등 심화 ▪ 사회적 재난 증가 ▪ 건강 위해요인 증가 ▪ 안보 위험요소의 진화 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 인문사회, 경제 중심 이슈
경제시스템의 재편	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 글로벌 인구 이동 및 세계인구 증가 ▪ 도시화 확대 ▪ 신흥국/개도국의 부상 ▪ 중국의 국제적 영향력 확대 ▪ 일자리 구조적 변화 ▪ 그리노믹스의 활성화 ▪ 제조업 패러다임 변화(★) 	<ul style="list-style-type: none"> - 일자리 변화와 새로운 일자리 - (경제) 정책 등

※ (★)는 4차 산업혁명과 연관성이 높은 트렌드

- 제2차 과학기술전략회의('16.8.)에서 국가전략프로젝트²⁾ 및 추진계획을 발표
 - * 미래부 장관은 스마트클라우드쇼('16.9.)에서 향후 10년간 1조 6,000억 원을 투자하여 국가전략프로젝트가 우리 경제를 이끌 수 있도록 만들 계획이며, 철저한 준비로 제4차 산업혁명이라는 거대한 변화를 선도해 나가겠다고 천명
- 제46회 다보스포럼('16.1.)은 '4차 산업혁명의 이해'를 주제로 개최

□ 미래 트렌드의 변화, 4차 산업혁명의 도래 등 불확실성이 커지는 시점에 미래 유망 기계산업 및 기계기술의 분야와 역할에 대한 분석이 필요함


- 4차 산업혁명의 주요 키워드인 AI, Big Data, IoT 등 정보통신, 소재, 바이오 분야의 부상에 따른 기계산업 및 기계기술의 역할 재설정 필요
 - 국가전략프로젝트인 스마트 자율주행 자동차(차세대 자동차 산업)도 더 이상 기계기술을 핵심 동인(Key enabler)으로 인식하기 어려움
- 기술과 산업의 경계, 제품수명주기(Product Life Cycle)가 모호해짐
 - 인공지능, 증강현실, 정보통신 앱(app), NT/BT 융합 기술 등 기술의 완성 시점이 바로 산업이 열리는 시점이며 빠르게 성장, 소멸을 반복





2) 9대 국가전략프로젝트: 자율주행차, 경량소재, 스마트시티, 인공지능, 가상증강현실, 정밀의료, 신약, 탄소자원화, 미세먼지

- 이에 따라, 미래 트렌드의 변화에 따른 기계산업의 주요 변화를 살펴보고 이에 대한 미래 모습과 시사점을 제시함
- 4차 산업혁명이 이끄는 미래에 대해 기계산업이 주도적으로 기여할 수 있는 기술적 방향성을 도출
- 대변혁이 예상되는 기계 분야의 미래 모습에 대해 전문가 그룹 토론('미래중점기술 TF'³⁾ 등) 의견을 참조하여 다양한 미래상을 제시

2. 4차 산업혁명과 기계기술·산업의 변화 방향

- 4차 산업혁명의 전개
 - 4차 산업혁명은 정보통신기술(ICT)을 기반으로 다양한 산업의 첨단 기술과 융합되는 기술혁신⁴⁾
 - 세계경제포럼(WEF)에서는 다보스포럼 등을 통해 4차 산업혁명의 키워드로 'Cyber-physical system'을 제시



Navigating the next industrial revolution			
Revolution	Year	Information	
	1	1784	Steam, water, mechanical production equipment
	2	1870	Division of labour, electricity, mass production
	3	1969	Electronics, IT, automated production
	4	?	Cyber-physical systems

<그림 1> 산업혁명의 흐름⁵⁾

3) 2016년 2월에 기계연 본부별 전문가 13명으로 구성된 '미래중점기술 TF'를 출범하여 10개월간, 15회의 심층 토론 방식으로 주요 분야별 미래모습에 대한 의견을 개진

4) 4차 산업혁명에 대한 정의는 다양하며, 다보스포럼(2016)에서는 4차 산업혁명을 정보통신기술(ICT)을 큰 범주로 IoT, AI, Robot, 3D Printer 등과 같은 첨단 기술이 업종 간 융복합으로 결합되는 기술혁신으로 정의

5) Klaus Schwab(2016.1.), The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond, WEF

- 세계경제포럼이 발간한 ‘Deep Shift’⁶⁾의 6대 메가트렌드도 ‘Cyber-physical system’에 기반한 초연결 사회를 지향

<표 2> DEEP Shift에서 제시된 6대 메가트렌드⁷⁾

메가트렌드	주요 내용
사람과 인터넷	<ul style="list-style-type: none"> 사람들이 다른 사람들, 정보, 그리고 세계와 연결되는 방식이 기술로 인해 변화되고 있으며, 웨어러블 기술 등으로 인해 사물과 소통하는 방식도 새롭게 등장 또는 변화될 것
컴퓨팅, 커뮤니케이션, 스토리지의 편재	<ul style="list-style-type: none"> 유비쿼터스 컴퓨팅이 가능해지고, 스토리지 규모가 무한대에 가까워질 것
사물인터넷	<ul style="list-style-type: none"> 더 작고, 저렴하고, 스마트한 센서가 집, 옷, 도시, 교통, 에너지 네트워크, 생산 과정 등에 도입될 것
인공지능과 빅데이터	<ul style="list-style-type: none"> 데이터의 폭증이 이루어지고, 동시에 소프트웨어 스스로 문제를 해결하는 능력이 생길 것. 인공지능 및 로봇은 의사결정 및 직업에 투입될 것
공유경제와 분산된 신뢰 (distributed trust)	<ul style="list-style-type: none"> 인터넷으로 네트워크와 플랫폼에 기반한 사회적 경제적 모델로 전환되고 있으며, 블록체인과 같은 기술이 재정, 계약, 투표 등에서의 신뢰 기반을 제공하는 제3의 기관을 대체할 것
물질의 디지털화	<ul style="list-style-type: none"> 3D 프린팅 기술 등의 발전으로 집에서도 생산이 가능하도록 산업 생산과정이 변화될 것

□ 4차 산업혁명 시대의 기계기술의 방향성

- 4차 산업혁명에 있어 기계산업의 혁신을 주도하는 산업 부문이 기계 산업 내부가 아닌 정보통신 등 타 산업 부문으로 옮겨가고 있음
- * 대표적인 기계산업이었던 자동차 산업도 배터리, 인공지능 등 전자·정보통신 기술이 혁신을 견인
 - * 스마트팩토리 시대를 여는 생산시스템의 혁신 기술의 핵심도 MES⁸⁾ 등 정보통신 기술에 의해 발전되고 있음
- 하지만, 기계산업의 기본 기능 속성에 대한 지속적 혁신은 여전히 강하게 요구되고 있으며, 이에 대한 충족은 4차 산업혁명의 선결조건임





6) WEF(세계경제포럼)에서 2025년 디지털 기술이 우리 사회를 어떻게 바꿔놓을 것인지에 대한 전세계 전문가 조사를 기반으로 한 보고서('15.9.)로 다보스포럼 등에서 4차 산업혁명의 참조 보고서로 인용

7) 김희연(2015), '세계경제포럼(WEF)의 미래기술과 사회적 영향 분석 동향', KISDI 정보통신방송정책 동향 제27권 18호 통권609호, pp. 24-31

8) MES(Manufacturing Execution System)은 제조회사의 실시간 모니터링, 제어, 물류 및 작업내역 추적 관리, 상태 파악, 불량관리 등에 초점을 맞춘 현장 시스템(지식경제용어사전, 산업통상자원부, 2010.11.)

- ‘초정밀’, ‘고내구성’ 등 기계기술의 ‘本 기능 속성(기계분야 전통 품질 속성)’에 대한 끊임없는 혁신은 결국 산업의 품질 수준을 좌우
- * 자율주행차량에서의 탑승자 안전, 신제조장비의 신뢰성(내구성, 효율성) 등 기계분야 전통 품질 속성은 여전히 해당 산업의 핵심 품질을 결정할 것
- * 기존 생산체계에서는 인간비가 중심을 이루었으나 스마트팩토리 시대에서는 장비의 유지·보수 관리비용이 제조원가의 핵심 비용으로 대두되면서 장비 내구성, 고효율성이 더욱 중요

〈표 3〉 산업혁명에 따른 기계기술의 방향성 분석

구분	1차 산업혁명	2차 산업혁명	3차 산업혁명	4차 산업혁명
시기 (주도국)	1784년~ (영국)	1870년~ (미국)	1969년~ (독일, 일본)	?
혁신 부문	증기기관, 기계식 생산설비	전력, 노동 분업	반도체, IT	사이버 물리 시스템, AI, IoT
기계산업 키워드	기계화	양산화	자동화	자율화
기계산업 혁신 주도 분야	기계(기술/산업)	기계	기계, IT	정보통신, 소재
생산공정 지시 주체	사람(작업자) → 기계	사람(작업자) → 기계	사람(작업자) → 기계	기계 ↔ 기계, 사람 ↔ 기계
(기계산업) 기술적 방향성	 초정밀, 초미세, 고효율, 고내구성, ...			
				 친환경, 기후변화, ...
				 무인화, 지능화, ...
				 IoT, 빅데이터, 인공지능, ...

○ 특히, 4차 산업혁명 시대에서는 전통적 품질 속성 중 협업, IoT 융합기술에 따른 고신뢰성(안전, 고내구성) 및 창의적 설계 기술이 더욱 부각

- 협업이나 IoT 기술의 품질 정밀도 향상을 위한 설계·엔지니어링, 안전/신뢰성 기술이 최근 더욱 부각되고 있음⁹⁾

9) 신제조방식(3D 프린팅, 산업용 로봇)에 맞는 새로운 (공정)설계기법, 스마트 플랜트나 팩토리 구현을 위한 설계·엔지니어링, 자율주행차에 맞는 고내구성, 고안전 설계기법 등

<표 4> 4차 산업혁명 시대 기계산업의 기술적 방향성 제안

4차 산업혁명 신기술 방향	세부 기술 키워드	주요 기계기술	시사점
지능화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무인화 ▪ IT 융합 ▪ 시스템 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 설계 엔지니어링 ▪ 新 설계방식 	인공지능 시대에서도 협업, IoT 구현을 위한 세부 핵심 기계기술으로는 창의적 설계(엔지니어링), 안전/신뢰성 기술이 부각됨
인공지능/초연결	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 빅데이터 ▪ 협업 ▪ IoT 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신뢰성 - 안전, 내구성 	

□ 4차 산업혁명 시대에 패러다임이 변화되는 대표적 기계산업 분야

- ‘Deep Shift’에서 제시된 2025년 전후 일어날 Tipping points 중 전통 기계 산업과 연관이 깊은 아이템으로는 신제조방식¹⁰⁾ 기반 스마트팩토리, 자율주행 전기자동차, IoT 센서, 로봇을 들 수 있음
 - * 스마트팩토리는 독일 Industrie 4.0의 대표적인 추진 아이템이며, 자율주행 자동차는 우리나라 국가전략프로젝트(2016년 공표) 및 구글 등 전세계 공통 관심사 중 하나
 - * 미래엔 1인당 150개 센서가 필요하며, 전세계 인구(약 70억 명) 대상 1조 개 센서 시대 (Trillion Sensor)가 열릴 것이라 역설 (‘Trillion Sensor Universe(김범준, 도쿄대)’, ‘Tech-Biz Korea 2014’)
- 본 보고서에서는 우선 기계산업 분야에서 대표적 혁신이 예상되는 수송/운송 및 생산시스템 분야의 대표적 아이템에 대한 가설적 미래 모습을 고찰¹¹⁾

<표 5> 기계산업 분야에 있어 대표적 혁신이 예상되는 분야 및 아이템

분야	세부 아이템	대표 아이템
수송/운송	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 자율주행 수송/운송기기 (자율주행차, 드론 등) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 자율주행 전기자동차
생산시스템	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 스마트팩토리 ▪ 신제조장비 (3D 프린팅, 협업 로봇 등) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 스마트팩토리 및 신제조장비

10) 혁신적인 방법으로 가공·제조할 수 있는 생산방식으로 3D 프린터, 산업용 협업 로봇, 물 기반 생산방식 등을 포함

11) 기계분야 전문가 의견(미래중점기술 TF 등)과 자체 분석을 토대로 미래 모습을 가설적으로 제시함

<표 6> 주요 기술들의 티핑 포인트(Tipping points) 전망과 관련된 주요 기계산업 분야¹²⁾

주요 기술	티핑 포인트	기계기술 기여도*	관련 기계산업 (기여가능한 분야)
서비스 분야의 로봇	▪ 최초의 로봇 약사가 미국에 출현	H	서비스 로봇 (로봇 분야)
사물인터넷	▪ 1조개의 센서가 인터넷에 연결	H	IoT 센서 (센서)
3D 프린팅과 제조업	▪ 최초의 3D 프린터 제작 차량 등장	H	3D 프린팅 (新 제조장비)
3D 프린팅과 의료	▪ 최초의 3D프린터 제조 간이식 (바이오프린팅)	H	3D 프린팅 (新 제조장비)
웨어러블 인터넷	▪ 10%의 사람들이 인터넷에 연결된 의복착용	H-M	인쇄전자 (新 제조장비)
3D 프린팅과 소비재	▪ 5%의 소비재가 3D프린터로 제작	H-M	3D 프린팅 (新 제조장비)
공유경제	▪ 전세계적으로 본인 소유의 차를 이용한 여행보다 차량공유를 통한 여행이 많아질것	M	자율주행차 등 (수송, 운송 분야)
스마트 시티	▪ 5만명 이상 거주하는 신호등이 없는 최초의 도시 탄생	M	자율주행차, 드론 등 (수송, 운송 분야)
무인자동차	▪ 미국에서 운행중인 자동차의 10%가 무인자동차인 시점	M	자율주행차 등 (수송, 운송 분야)
모든 사람이 이용 가능한 스토리지	▪ 90%의 사람들이 무제한 및 무료로 이용 가능한 스토리지(광고기반)		
신체 이식형 기술	▪ 최초의 신체 이식형 핸드폰의 상용화		
디지털 프레즌스 (Presence)	▪ 80%의 사람들이 인터넷에 디지털 프레즌스(SNS 등) 보유		
새로운 인터페이스로서의 시각	▪ 10%의 안경이 인터넷에 연결 (구글 글래스 등)		
주머니 속의 슈퍼컴퓨터	▪ 90%의 인구가 스마트폰 이용		
빅데이터를 활용한 의사결정	▪ 빅데이터를 활용해 인구센서스를 실시하는 최초의 정부 등장		
정부와 블록체인	▪ 블록체인을 통한 정부의 세금 징수 시작		
유비쿼터스 컴퓨팅	▪ 90%의 인구가 인터넷에 접속		
커넥티드 홈	▪ 50% 이상의 인터넷 트래픽이 가정용 전자용품과 기기에 집중		
인공지능과 화이트칼라 직업들	▪ 기업 회계업무의 30%가 인공지능에 의해 시행		
인공지능과 의사결정	▪ 최초의 인공지능 기기가 기업의 이사회에 출현		
비트코인 및 블록체인	▪ GDP의 10%가 블록체인 기술로 저장		

* H: 기계기술이 주도적으로 혁신 가능, M: 기계기술이 핵심 혁신 동인으로 작용 가능

12) '세계경제포럼(WEF)의 미래기술과 사회적 영향 분석 동향(김희연(KISDI), 2015)' 참조하여 주요 기계산업 분야 분석

3. 4차 산업혁명이 가져올 기계분야 변화 전망

1) 수송/운송 분야의 미래: 자율주행 전기자동차

□ **[트렌드]** 자율주행차의 대중화는 4차 산업혁명의 본격화를 알리는 변곡점

- (개요) 운전자의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능¹³⁾하며 다른 차량, 도로 정보와 네트워크를 통해 최적의 교통 편의 제공 가능
- 내연기관을 전기배터리로 대체하면서 내연기관을 사용하는 모든 산업에 혁신을 가져오고 있으며, 인공지능 기술과 맞물려 혁명적 파급을 일으키고 있음

□ **[발달 과정]** 가솔린 내연기관이 등장하면서 자동차 산업은 100년 이상 급격히 성장하였으나, 고내구성 배터리 기반 자율주행 자동차 시대 개막

- 내연기관의 개발로 자동차 산업은 급성장하였고, 수송, 물류, 여가, 공장 등 다양한 산업의 혁신을 가져옴
 - (초기) 1880년대 후반 최초의 가솔린 내연기관 자동차¹⁴⁾가 등장한 이래, 교통 신호 및 법규가 생겨나고, 여가, 보험, 철도, 항공, 병원(응급실) 등 다양한 신산업 및 연계 산업의 파급 효과를 가져옴
 - (과도기) 혁신 상품 초기의 다양한 자동차 모델 출시와 기반 시설의 미흡, 전문가들의 불확실한 산업 전망 등은 이후, 약 40여년간 지속
 - * 외형, 재질, 제어장치, 구조 등이 다른 선진기업(수백 개 社)의 신제품이 다양하게 출시되고 있어 표준화가 어려웠으며, 기반시설 부족으로 연료는 구하기 어려웠음
 - * 벤츠는 “인류가 존재하는 한, 자동차 운전수는 천 명 밖에 없을 것이다”고 전망 (당시, 자동차는 고도의 기술자만이 만들고 수리할 수 있는 것으로 여김)
 - (안정기) 포드의 소품종 대량생산(포디즘)¹⁵⁾ 구현으로 대중화 시대 개막
 - (타산업 파급) 교통 수단의 혁신을 가져온 내연기관 기술은 이후, 철도, 항공, 선박, 건설기계 등 수송/운송 산업의 혁신과 성장을 주도

13) 자동차 관리법 상 자율주행자동차 정의: 운전자의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차

14) 최초의 가솔린 자동차는 칼 벤츠에 의해 개발되었으며(1885년, 만하임에서 시연), 1888년 판매 시작

15) 포드는 1911년 컨베이어 벨트, 과학적 관리기법을 도입한 생산공정을 세상에 선 보임

- 자동차 산업은 100년 넘게 부동의 글로벌 기업을 중심으로 한 내연기관의 효율성 경쟁 구도였으나, 최근에는 2차, 3차 산업혁명에서 느끼지 못했던 혁명적 변화를 맞이하고 있음
- 자동차 산업의 대변혁: 내연기관을 들어내고 배터리, 인공지능 시대 개막
 - 패러다임 변화: 동력원(내연기관 → 배터리), 운행(사람 → 인공지능)
 - 100년 넘게 자동차 시장을 이끌어 온 내연기관을 배터리가 대체하는 시대 개막
 - * 대표적인 전기차인 테슬라의 자동차 중 모델 S는 1회 충전으로 400km 이상 달릴 수 있으며, 모델 P100D의 경우 제로백이 2.5초
 - * 테슬라 모델 3 차량은 출시 후 24시간 만에 11.5만 대 예약 판매
 - 차별화 요소: 자동차 내부 구조, 안전 기술, 편의성
 - 방향: 개인용 차량보다 상대적으로 덜 까다로운 트럭 등 물류 산업을 중심으로 먼저 적용 후 대중화 예상
 - * 벤츠는 유럽 물류 트럭을 대상으로 자율주행차 상용화 도전 선언
 - * 우리나라도 247억 원을 투입하여 대동공업(농기계 전문업체)이 1톤급 전기자동차(화물차) 개발에 착수(2019년 개발 완료 목표)
 - 대중화 시기: 2020~2025년 경 다양한 자율주행 스마트카 출시 예정

〈표 7〉 주요 기업의 자율주행차 개발 동향

기업명	주요 동향	상용화 예상시기
포드	2021년까지 완전 자율주행 승용차의 대량생산 체제를 갖추고, 우버/리프트 같은 콜택시 회사나 차량 공유 서비스 기업에 자율주행차 공급하며, 2025년 이후에 개인 운전자 대상 판매를 시작할 계획	2025년 전후
볼보	오토리브(에어백 전문업체)와 합작으로 자율주행 시스템 개발 회사를 2017년에 설립 예정	2025년 전후
GM	리프트에 5억 달러를 투자해 자율주행차 공동개발에 착수하였고, 2017년이면 자율주행 기술을 장착한 차량을 상용화할 것으로 전망	2020년 전후
로봇택시(日)	인건비를 뺀 저렴한 가격의 자율주행 로봇택시를 2020년 전후로 선보일 예정	2020년 전후

- **[미래 모습]** 자율주행 전기자동차가 가져올 미래 모습에 대해 개인차량, 물류 차량, 파급산업 등에 대한 가설적 모습을 제시
- (개인차량) 대부분은 소유보다는 장기 리스 개념으로 운행되며, 기업에서 유지, 고장, 손해(보험사고, 범칙금 등)에 대한 일체의 책임을 부담
 - 교통경찰, 신호등, 속도위반 카메라, 개인 정비소 등 현재 운전자의 운행 때문에 필요한 제반의 관리·서비스 산업이 대폭 축소되거나 사라짐
 - 차량 간에 통신으로 사각지대(교차로 등)의 위험 등이 사라지고, 신호 체계를 대신하게 되며 자동차 사고 발생률이 현저히 감소됨
 - 자동차 내부 구조 디자인에 대한 다양한 인테리어 산업과 자동차 안에서 여가를 즐길 수 있는 각종 콘텐츠 산업 등이 새로 생겨남
 - 교통 체증이 최소화되고 평균 소요시간이 단축되어 신도시나 약간 더 원 거리에 거주하는 사람들이 늘어나고 작은 도시들도 경쟁력을 갖추게 됨¹⁶⁾
 - 해외 여행에서도 지도나 위치를 고민할 필요 없이, 목적지만 말하면 자동으로 데려다주고, 충전이 필요할 경우 스스로 찾아서 충전하며, 실시간으로 도착 시간을 알 수 있는 등 일체의 교통 자동화 서비스를 제공함
 - 약간 더 먼 미래에는 용산 상가와 같이, 개인도 인공지능 스마트 차량을 직접 제조할 수 있으며 노브랜드 PC 시장과 같은 형태의 산업으로 발전됨
 - (물류차량) 물류/수송 시스템이 전자동화되고, 공장과의 연계되어 입고, 출고의 정밀한 관리와 정확한 예측이 가능하게 되며, 물류에 필요한 인력은 최소화됨
 - 개인 택배에서도 보다 정확한 실시간 배달 시간을 알 수 있게 되며, 휴대폰과 연결되어 원하는 장소·시간에 따라 배달 목적지를 자유로이 변경할 수 있게됨
 - 물류 자율주행차량의 선적·출하에 대한 자동화 산업이 창출되고, 이에 맞추어 차량 컨테이너·선적공간에 대한 자동화 설계 산업도 창출

16) 댄 메디슨(스트라포드 시장) 인터뷰, '기계와의 대결'(KBS, 2016.8.)

- (파급 산업) 배터리, 인공지능 산업은 물론 신재생 에너지, 해운, 항공 및 건설기계와 같은 유사 산업군에서도 다양한 신산업이 창출됨
 - 자율주행차의 배터리 충전도 자동화되고 드라이브-인 시스템과 같이 완충 배터리로 자동 교체해 주는 충전소가 선보임
 - 대부분의 가정 및 공원, 기업, 공공기관 주차장 마다 신재생 에너지와 연계된 전기 충전소를 구비하게 됨
 - * 우리나라는 한국전력공사 주관으로 ‘공동주택 충전인프라 구축 공모사업’ 시행('16.10.~)
 - 자율주행 선박·항공(드론 등)·건설기계 등이 출시되고 다양한 수송/운송 산업에 관련 기술이 적용됨
 - 자율적으로 협업하는 건설기계가 가능하며, 해외 건설 시장도 국내에서 작업하는 시대가 열림(각종 건설기계 자격증은 컴퓨터 자격증처럼 사무실에 앉아서 조작하는 형태로 바뀜)
 - 전쟁 시 원격 연동 자율주행 무인 탱크, 약간 더 먼 미래에는 인공지능 전투 기계 간의 협업 전투 및 최적 배치 시대가 열림
 - 미래 도시(스마트 시티, 도시 농업 등)의 수송/운송 체계, 미래 공장의 물류 체계, 국방 무인전 무기 체계 등이 최적화됨
- (부작용) 테러, 범죄 등에 악용될 소지가 있음
 - 자살 폭탄 테러, 무인 납치, 절도 등 대형 강력 범죄에 자율주행차가 악용될 수 있음
 - 해킹을 통해 자율주행 차량을 갈취하거나 기업배상 등의 범죄에 악용
 - * 최근, 중국 킨보안연구소는 테슬라 모델 S를 원격으로 해킹해 주행 중인 차에 브레이크를 걸거나 사이드미러를 접는 것을 시연(2016.8.22.)
 - GPS 교란이나 불안정한 전산망 등에 의한 교통체계의 일시적 대혼란 가능
- [산업구조 변화] 자율주행 전기자동차 경쟁 구도는 BMW, 현대 등 글로벌 자동차 메이커 중심에서 첨단 IT 기업과의 동등한 협력 구조로 변화
 - 배터리가 동력원인 상황에서 자율주행 스마트카는 더 이상 고도의 제조 산업이 아니며, IT 중심의 조립산업으로 인식하는 경향이 확산

- IT 전문기업, 통신업체들도 자율주행차 시장 진입을 준비하고 있으며, 조립 PC, 레고블럭처럼 쉬운 조립 산업으로 인지
 - * 구글은 2010년부터 자율주행차 개발에 돌입
 - * 애플도 자동차를 움직이는 모바일 기기로 인식하고 있으며 자율주행차 산업에 대해 준비 중
- 자동차의 수직계열화가 붕괴하고(IT기업과 자동차 제조사 간의 수평 협력), 기존의 파생 산업이 필수 산업으로 변모
 - 자동차 산업이 기계산업에서 첨단 IT 산업으로 변모함에 따라 첨단 IT 기업과 기존 자동차 업계 간의 생존을 위한 협력 확대
 - 공유 차량(콜택시 포함), 렌탈 서비스 등 자동차 산업의 파생 서비스 산업이 이제는 공유·협력해야만 하는 필수 협력 산업으로 변모
 - * 리프트, 우버, 오토리브, 인텔, 바이두, SK텔레콤 등 IT 또는 서비스 기업이 GM, BMW, 볼보, 현대 등 자동차 제조사와 협력하여 자율주행차 산업 진출 선언
- [선결조건 및 제언] 자율주행 전기자동차 대중화 시대를 위한 기계기술 관점에서의 선행 요구조건(안전, 신뢰성, 인프라, 법규 등)을 제언
 - (기술) 배터리, 인공지능 기술의 개발과 함께 안전, 신뢰성에 대한 기술이 더욱 중요해졌음
 - 사고 시 탑승자의 안전은 기업의 과도한 리스크를 초래할 수 있으므로, 탑승자에 대한 안전설계 및 내구성, 고장예지를 포함한 신뢰성 기술 개발이 더욱 중요해짐
 - (기반산업) 전기충전소의 시간적, 공간적 편의성이 가장 중요
 - 신재생 발전과 연계된 가정용 전기자동차 충전소 설치, 주유소 위치마다 전기충전소를 필수적으로 1개 이상 보유하게 하는 등 인프라에 대한 정부 지원 및 정책 필요
 - 인공지능, 배터리(2차전지) 관련 국제 표준이나 국가 표준 정립 필요
 - (법규) 인공지능 차량의 사고 시 기업 배상, 테러 방지, 교통 시스템, 연계 산업 등에 대한 행정 프로세스 정비 및 관련 규정·지침 필요

2) 생산시스템의 미래: 스마트팩토리와 新제조장비

- **[트렌드]** 생산시스템은 개별 생산장비의 진화(신제조장비)와 공정 상 생산장비 전체를 엮는 시스템(스마트팩토리)의 미래 두가지 방향에서 진화
- (스마트팩토리) 공장의 생산설비시스템을 기반으로 한 수직적 통합과 고객의 요구사항을 시작으로하는 제품개발에서 서비스에 이르는 전체 가치사슬 기반의 수평적 통합이 구현되는 자율 의사결정형 공장¹⁷⁾
 - * 유사어: 스마트 공장, 디지털 제조, 가상 제조, 지능형 유연생산시스템, Brilliant Factory(GE), 산업인터넷(Industrial Internet), 연결된 공장(Connected Factory) 등
 - (신제조장비) 새로운 생산장비의 개발이나 기존 생산장비의 지능화를 포괄하는 개념으로 3D 프린팅, 산업용 협업 로봇, 원격 로봇 가공, 자동·모듈형 생산장비 등을 예로 들 수 있음
- **[발달 과정]** 자동차 산업으로 촉발된 대량생산시스템은 정보통신 시대를 거쳐 지능형 공작기계 기반 공장 자동화로 확산되었고, 이제는 사람이 아닌 공장 스스로 의사결정이 가능한 스마트팩토리 시대를 준비 중
- 산업혁명에 따라 생산시스템은 비약적으로 발전: 기계장비 중심(1차 산업혁명) → 분업 기반 대량생산시스템(2차 산업혁명) → 공장자동화 기반 유연생산시스템(3차 산업혁명)

	1차 산업혁명 (18C 후반)	2차 산업혁명 (19C 후반)	3차 산업혁명 (20C 후반)
산업혁명 키워드	증기기관, 내연기관	전기	정보통신
생산시스템	공장제 기계공업	대량생산시스템	유연생산시스템
생산시스템 초점	기계장비	분업	공장 자동화

- (초기) 18세기 후반 1차 산업혁명(증기기관, 내연기관 등)으로 공장제 기계장비가 도입되면서 신제조장비의 기반이 마련되었고, 19세기 후반 포드의 자동차 대량생산을 기점으로 분업형 대량생산 체제가 시작됨

17) 스마트팩토리에 대한 다양한 유사어와 다양한 정의가 있으며, 여기서는 대표적인 정의에 '자율 의사결정형 공장'이란 용어를 추가(자율 의사결정형 공장이란 중요한 의사결정도 공장 스스로 빅데이터에 기반하여 기계가 스스로 결정할 수 있는 수준을 의미)

- (도약) IT의 비약적 발달(3차 산업혁명)을 거치면서 공장 자동화를 위한 다양한 모델이 제시되었으며, 글로벌 유연 생산시스템, 다품종 소량 생산 방식 등으로 기업 공정 경쟁력이 크게 강화되었음
- * 우리나라는 경공업 중심의 수입 대체형 전략(제조업 1.0)에서 조립·장치산업의 추격형 전략(2.0)을 거쳐 융합 신산업 선도형 전략(3.0)을 추진
- 생산시스템 대변혁: 프로세스(자동화된 유연생산시스템 → 스마트팩토리), 장비·설비(공작기계 → 신제조장비)
- 프로세스(자동화된 유연생산시스템 → 스마트팩토리)가 가져오는 패러다임 변화
 - (의사결정: 사람 → 기계) 공장 자동화 시대에도 최종 지시를 사람이 했으나, 스마트팩토리 시대에는 공정·생산모델 변경·재고관리 등 운영 전반에 걸친 의사결정을 공장이 스스로하고 사람에게 지시를 내림
 - (제조원가: 인건비 → 유지·보수비) 저렴한 인건비 중심의 제조원가 체계가 장비 유지·보수비 중심으로 변경되면서 리쇼어링¹⁸⁾ 확대 가능
 - * 아디다스는 100% 로봇 자동화 공정을 구축하여 23년만에 자국(독일)에 신발공장을 재가동(독일 아디다스 스피드팩토리: 상주인력 600명(기존) → 10명 규모)
 - 완전한 스마트팩토리를 구현한 공장에서는 품질관리, 생산단가, 납기가 두자리 수의 효율로 향상되며, 재고관리의 중요도는 약화되고 글로벌 최적 유연생산시스템 구현이 가능
 - * 중국 정부는 ‘중국제조 2025(Made in China)’에서 5대 중점 프로젝트를 발표하였으며, 이 중 하나가 스마트 제조업으로 운영비용, 상품생산주기, 불량률을 각각 50% 감소시키는 것을 목표로 설정
 - 중요하지 않던 데이터들도 모두 중요한 데이터로 부상되며 빅데이터로 수집되고 이를 해석·활용하기 위한 다양한 지능형 SW가 적용됨
 - * 현재의 생산시스템은 단위 공정별로만 자동화, 최적화가 이루어져 있으며, 공정 변경에 따른 유기적 연계가 어려워 수집된 데이터의 활용률이 낮음
 - 모델 변경 공정에서도 시뮬레이션을 통해 사전에 변경 공정 최적화를 계획할 수 있으며, 이를 통해 다품종 맞춤형 생산방식이 가능

18) 해외에 나가 있는 자국기업들을 각종 세제 혜택과 규제 완화 등을 통해 자국으로 불러들이는 정책

- (방향) 단기적으로는 제조실행시스템(MES)에 초점을 맞춘 스마트팩토리로 구현되고 있으나, 중장기적으로는 공장의 빅데이터, 인공지능, IoT의 성숙도에 의해 완전한 스마트팩토리가 결정될 것임
 - * CAD 전문기업인 프랑스 다쏘시스템즈는 APRISO(MES 전문기업) 인수
 - * SAP는 MES 솔루션 공급을 위해 기업 내 운영과 생산 등 모든 데이터 통합 추진
 - * 우리나라의 MES 솔루션 구축 현황(전문가의견)은 대기업 70%, 중견기업 50%, 중소기업 3% 내외 수준(IT DAILY, 2016.10.13.)
 - 대중화 시기: 2020년까지 표준화 경쟁이 예상되며, 2025년 경 스마트팩토리는 전세계 제조업에 본격 확산 예상
 - * 독일은 'Industrie 4.0' 전략으로 2025년에는 산업 부가가치 창출규모가 22.9% 증가하여 4,221억 유로에 이를 것으로 전망(Fraunhofer IAO & Bitkom(독일미디어협회))
 - * 중국은 '중국제조 2025(Made in China)'에서 2020년까지 스마트 제조설비의 국제 경쟁력(국내시장 60%, 관련 매출 3조 위안)을 높이고, 2025년까지 제조강국 진입 목표 제시
 - * 우리나라는 '제조업 3.0' 전략에서 2020년까지 스마트공장 1만개 추진을 발표
- 장비·설비(공작기계 → 신제조장비)가 가져오는 패러다임 변화
- 기존에 불가능했거나 복잡한 금형을 요구하던 생산 방식이 간결하고 용이한 방식으로 제조 가능
 - * GE는 총 14억 달러를 투자하여 유럽 3D 프린팅 업체 2곳(아르캠, SLM솔루션)을 인수하고, 이 기술로 상업용 제트엔진 연료 노즐 등 항공기 부품 생산능력을 강화하여 2020년까지 4만 개의 제트엔진 연료노즐을 3D 프린터로 제조 예정(블룸버그, '16.9.)
 - 기존의 대량생산 방식에서 다품종 또는 다목적 생산방식이 확대
 - * 예: 3D 프린팅, 협업 로봇들은 제품이나 부품 생산에 모두 활용 가능
 - 지식축적형 제조기술들이 많은 분야에서 경쟁력을 잃을 수 있으며, 결국 가치사슬에서 기존 생산방식의 부가가치는 더욱 낮아질 수 있음
 - (방향) 신제조방식에서는 3D 프린팅, 산업용 협업 로봇에 대한 투자가 수년 전부터 세계적으로 월등히 많으며, 원격 모바일 가공 로봇 등 새로운 생산방식에 대한 다양한 시도가 이루어지고 있음
 - * 오바마는 2013년 국정연설에서 "3D 프린팅은 우리가 모든 것을 만드는 방법에 있어 혁명의 바람을 일으킬 잠재력을 갖고 있다"며 중요성을 역설
 - * 일본은 로봇사회를 목표로 하는 '로봇 신전략'을 발표하였으며, 2020년까지 일본 내 로봇 시장을 2.4조엔까지 확대('15.1.)
 - * 우리나라는 '제조업 3.0 전략'('14.6.)의 세부 과제 중 '3D 프린팅 생산기반 확충'을 제시하였고, 핵심 분야 중 하나로 '인간과 로봇의 협업'을 제시

- 대중화 시기: 2025년 경 3D 프린팅 시장이 본격화 될 것이며, 산업용 협업 로봇도 스마트팩토리 대중화 시점(2025년 경)에 맞추어 확산 예상
- * 'DEEP Shift(WEF)'의 Tipping points 중 3D 프린터로 제작된 자동차가 2025년에 최초로 생산될 가능성이 있다라는 응답이 84%
- * 산업용 협업 로봇은 이미 YuMi(ABB), 7축 협업로봇(유니버설 로봇) 등 선도 기업들에 의해 상용화되고 있음
- * 우리나라는 2020년까지 금속 3D 프린팅 세계시장 점유율 15% 달성을 목표로 기계(연)에 '금속3D프린팅 융합사업단'을 출범('15.12)

□ [미래 모습] 신제조방식과 스마트팩토리가 가져올 미래의 공장, 유발되는 사회변화 등에 대한 가설적 모습을 제안

- (공장) 공장 안의 모든 장비 간 (협업) 연결, 데이터의 실시간 취합 및 분석, 공정 변경의 사전 시뮬레이션에 의한 최적 공정 구현으로 대량 생산 및 개인별 맞춤형 생산이 일정한 품질 수준으로 가능해짐
- 공장 내의 장비 간의 연결을 넘어, 기업 내 공장과 공장, 타기업(복수의 협력업체 등) 공장과 연결되어 생산, 품질관리, 서비스 대응이 가능한 최적 운용 시스템 구현
- 자율주행차 기술과의 시너지로 공장 자재 이송 자동화, 글로벌 최적 소싱·재고 관리가 가능
 - * 자율주행 물류트럭 및 납품업체 공장과의 연결로 부품 입·출고, 자재가 최적으로 관리되며 납품업체의 실시간 재고, 납품시간, 생산계획, 업체별 부품별 불량률 등이 파악되어 운영비용 급감
- 실시간으로 추가되는 제품 모델들을 종합하여 사전 공정 시뮬레이션으로 최적 공정 변경을 실행하며, 장비와 기계를 자율적으로 통제
- 공장관리자가 해외출장이거나 집에 있는 경우에도 모바일 기기를 통해 실시간으로 공장을 제어, 생산량 조정, 실시간 이슈 조치가 가능함
- 전세계 (생산) 공장 및 협력업체가 실시간으로 연결되고, 목표 시장별 최적 생산기지 및 단가 시뮬레이션으로 글로벌 적기 생산·공급 체계 가능
- 공장 전체를 거대한 장비로 보는 컨셉이 제시되고, 스마트팩토리 기반 생산전문 업체, 디자인과 마케팅에 집중하는 전문 업체 등이 출현하는 '밸류체인 분리형 사업 모델'¹⁹⁾이 확산

- 신제조방식들과 융합된 공정 제품 설계 방식은 기존의 공작기계 위주의 설계 방식과 다른 차원으로 전개되며, 이를 위해 새로운 공정 설계 SW 개발과 관련 교육 기관이 다수 출현
- 먼 미래에는 신제조장비를 구비한 개인, 소형 기업이 서로 연결되어 컨소시엄 형태의 프로젝트형 생산체제가 가능해져, 대기업 중심의 생산 방식은 분산형 생산방식 체제로 변모
- (제조방식) 3D 프린터, 협업 로봇, 이동식 제조 로봇 등 새로운 제조 방식을 활용한 다양한 신산업이 창출
 - 금형제작이 불가능했거나 제조공정이 매우 복잡했던 구조물을 새로운 설계기법과 새로운 생산방식으로 제작이 가능해짐
 - ① (제조방식 - 3D 프린터)
 - 기업이 10년 이상 보유해야하는 단종 부품들에 대해서 필요 시 3D 프린터로 즉시 생산하는 체제로 변경(단종품 재고 창고가 없어짐)
 - * 오머 크리거(CEO, Stratasys) 인터뷰(한국경제, 2016.9.12.): 조만간 3D 프린터로 자동차 업체의 부품창고가 사라질 것이며 다임러그룹(벤츠 제조)도 스트라타시스의 3D 프린터를 활용해 부품 재고를 관리(단종 부품 20년 보관 → 필요 시 제작) 예정
 - 간단한 제품이나 모듈은 도면, 기술정보가 앱 형태로 전송되어 전세계 어디든 동일한 방식의 장비에 의해 실시간 생산이 가능
 - 해외 직접 구매 방식도 앱을 통한 글로벌 직접 생산 방식으로 점차 변모하고 기업의 서비스 부품도 필요 시 소비자가 앱으로 다운받아 생산·조립
 - 더욱 먼 미래에는 가정마다 3D 프린터를 구비하게 되며, 스마트폰의 앱처럼 3D 프린터 도면을 올리거나 다운로드받아 필요한 부품이나 제품을 직접 제작할 수 있음(기업도 서비스 부품 도면을 온라인에 공개)
 - * 스마트폰이 무형(Intangible)의 앱 시장을 구축했다면, 3D 프린터 시장의 활성화는 유형(Tangible)의 앱 시장을 구축할 수 있음

19) 밸류체인(Value Chain) 분리형 사업 모델: 본 보고서에서 제안하는 용어로 상품기획-개발-생산-판매(AS 포함)의 밸류체인에서 생산을 담당하는 공장 자체를 거대한 스마트 장비로 인지하여 관련 품질을 보유한 업체에 생산을 외주하고 기업들은 부가가치가 높은 기획, 개발, 마케팅 영역에 집중하는 매출보다는 수익지향형 사업 모델

- 누구나 아이디어를 가지고 있으면 쉽게 제작할 수 있는 인프라(1인 제조, 공방 형태의 제조(테크샵 등))가 다양하게 구축됨
 - * 미국 테크샵(Techshop)의 경우, 3D프린터, 레이저절단기, CNC머신 등 주요 장비와 인프라를 갖추고 각종 교육 및 컨설팅 프로그램과 병행하여 개인의 아이디어를 시제품으로 제작 가능(모바일 결제 혁명을 이끈 스케어(기업가치 50억 달러)도 테크샵에서 탄생)
- 3D 프린팅 기업은 디자이너나 일반인이 그린 스케치를 상품화 설계 및 제품을 생산하여 배달해주고, 소비자들은 앱처럼 이러한 제품을 재판매하여 로열티를 받을 수 있는 사업이 활성화됨
 - * 네덜란드 셰이프웨이즈(Shapeways)는 고객이 업로드한 파일로 3D 프린팅 제품을 제공하고 제작한 고객의 상품 사진을 홈페이지에 올려 상품이 판매되면 3.5%의 수수료를 고객에게 제공함(현재, 3.5만명이 이 홈페이지를 이용)
 - * 셰이프웨이즈는 창고도 없고, 디자이너도 없으며, 소비자가 디자이너이자 상품기획자임
- 3D 스캐너와의 시너지로 조형물, 물체 등에 대한 복사 제작이 확대되고 모형, 예술품, 가족 피규어 제작, 의료 등 다양한 분야에 활용

② (제조방식 - 산업용 협업 로봇)

- 제조 현장에 안전 울타리가 필요 없는 인간과 협업하는 로봇이 다수 활용되고, 자연모사, 휴머노이드, 인간친화 기술 등 다양한 신기술 접목에 의한 산업 목적에 맞는 협업 로봇 다수 출현
- 기존에 인간만 할 수 있었던 정밀 반복 작업에도 협업 로봇에 의한 작업이 가능하며, 자율주행 기술과 접목하여 부품, 자재량 최적 지원 등 조달 로봇도 같이 협업 가능
- 고정형 협업 로봇과 (자율주행) 이동형 협업 로봇, 운반 로봇 등이 인간과 또는 로봇 간 상호 소통하고 함께 협업 가능
- 다품종 변량 생산이 가능하며, 고장 예상 부위를 스스로 예측하여 사전에 미리 정비할 수 있음
- 거대 구조물 제조에 있어서는 프레임없이 가공할 수 있는 이동형 가공(협업) 로봇이 현장에서 직접 가공할 수 있게되며, 먼 미래에는 원거리에서 축소 모형에 대한 아바타 작업으로도 거대 구조물 가공
- 공공·서비스 부문으로 협업 로봇 기술이 확산되어 의료진, 교사, 경찰, 미화원과 협업하는 서비스 로봇이 개발되고 가정으로 확대

- 더욱 먼 미래에는 인공지능 로봇 개발로 전산업에 파급되어 새로운 산업혁명 시대를 열게 됨
 - * 절삭용 로봇의 선도 기업인 화낙(FANUC)은 향후 IoT 기술을 활용하여 로봇 스스로 생각하고 생산하는 기술 개발 예정(전경련 CEO 하계포럼, 2016.7)
- (파급산업) 신제조방식, 스마트팩토리 기술은 점차 의료, 개인제조, 서비스, 예술, 가구업, 건설업, 공유경제(제조공유) 시장으로 확대
 - 산업용 시장에서 신제조방식의 성공적 확산은 개인용 제조시장을 성장 시키고, 가정용 3D스캐너, 서비스 로봇 산업도 창출
 - 3D 프린팅 산업이 확대되면, 3D 스캐너 산업도 같이 성장하게 되며 현실에 존재하는 제품은 3D 스캐너로 원하는 스케일로 제작 가능
 - 3D 스캐너와 신제조방식의 결합으로 산업에서는 경쟁기업의 부품 모사, 기술 흡수가 빨라지며, 가정에서는 가족 실물 모형, 피규어 제작, 새로운 방식의 가구 제작 등 예술 활동의 영역이 일반인에게까지 확대됨
 - 1인 제조, 동아리 제조, Fab lab 형태 제조 등 다양한 소규모 제조사업 모델이 활성화
 - 한 품목을 검색하면 개인의 아이디어별로 구현된 수천가지 제품 디자인이 존재 하고 원하는 사람은 제시된 비용을 지불하고 가정이나 인근 펩랩에서 생산
 - 병원에도 스마트팩토리 기술과 신제조방식이 도입되며 빅데이터를 활용한 맞춤형 개인 의료기기 사업도 활성화됨
 - * 첨단 정형외과에서는 피부, 방광 등을 연구실에서 배양하여 3D 프린터로 출력하는 시술 시행 중
 - * 대형 병원에서는 정밀 수술을 위해 다빈치 로봇 등 협업 로봇 사용 중
 - 드론 및 항공기, 자동차, 의료장비, 선박, 의류 등 모든 제조업 영역에서 신제조방식 기반의 새로운 설계 기법 및 제품 출시
 - 건설업에서는 신제조방식, 스마트팩토리 기술에 의해 새로운 건설 기법이 다수 모색되고 일정 시간이 지나면 집이 지어져있는 자율 협업 건축 기법이 활성화됨
 - * 네덜란드 건축가(얀야프)는 런던의 'Landscape' 빌딩을 3D 프린터로 제작
 - * DUS는 사람의 손을 거치지 않고 높이 6미터의 집을 3D 프린터로 제작하여 일반에 공개(24시간 만에 10채의 집을 지을 수 있음(미래성장보고서, 한국경제TV, 2015.12.))

- 먼 미래에는 개략적인 디자인 스케치만 주면 인공지능으로 최적설계를 제안하고 가공할 수 있는 인공지능 생산장비가 출현
- 더 먼 미래에는 협업 로봇 시스템, 자율주행차 등 인공지능 기술에 기반한 완전 자율 무인 생산시스템이 가능하며, 달 표면 등 원격지에서 수년에 걸쳐 공장 설립, 공장·장비·로봇 복제 및 무인 생산이 가능
- (부작용) 범죄 악용, 해킹에 의한 기업정보 유출, 지적재산권 분쟁이 확대될 수 있음
 - 총기, 무기, 자동차 등 허가를 받아야 생산이 가능한 기계에 대한 제작이 암암리에 성행할 수 있으며 범죄로 이어질 수 있음
 - 휴대용 3D 스캐너 등에 의해 작가의 조형예술품이나 시제품이 무단으로 제작되고, 산업에서는 경쟁 기업에 대한 제품, 부품 복사 등 지적재산권에 대한 분쟁이 확대됨
 - 악의적 생산정보 입력, 해킹 등을 통해 기업 비밀이나 운용시스템의 일시적 중단을 초래할 수 있음
- [산업구조 변화] 스마트팩토리 선점을 위한 국가적 정책 및 지원을 필두로 기업간 협업이 활발히 이루어지고 있으며, 신제조방식별 설계기법, 속도 개선 등 대중화를 위한 혁신기술의 개발이 가속화되고 있음
- (스마트팩토리) 글로벌 표준 선점을 위해 선도국은 정책적으로 지원
 - 독일과 미국은 스마트팩토리에 대한 표준화 합의를 도출하였으며, 여러 나라에서 스마트팩토리 표준화를 위해 정부차원의 정책을 추진·지원

〈표 8〉 주요국의 스마트팩토리 관련 정부정책

주요국	대표 혁신 체계	시기	주요 내용
독일, 미국	플랫폼 인더스트리 4.0	'15	200개 이상의 실제 적용 사례를 기반으로 독일과 미국의 산업인터넷 기업·협회간 논의를 통해 표준화 협력에 대해 합의 도출
일본	산업 밸류체인 이니셔티브(IVI)	'15	미쓰비시전기, 파나소닉, 닛산 등 주요 제조사 30곳이 공장 인터넷 연결 표준화를 위한 컨소시엄 결성 (일본 종합과학기술 혁신회의에서 정책적 지원)

주요국	대표 혁신 체계	시기	주요 내용
중국	중국제조 2025	'15	2020년까지 스마트 제조설비의 국제 경쟁력(국내시장 60%, 관련 매출 3조 위안)을 높임 (2014년엔 '중국-독일 인더스트리4.0 파트너십' 체결)
우리나라	민관합동 스마트공장 추진단	'15	2020년까지 1만여 개 공장을 스마트 공장화 목표

- 스마트팩토리 구현을 위한 제조기업과 IT업계 간 다양한 협력 및 M&A가 이루어지고 있음
 - * 화낙은 시스코시스템즈와 협력으로 제조용 로봇을 네트워크로 연결하고 주요 자동차 메이커에서 12개월에 걸쳐 제로다운타임(ZDT) 파일럿 프로젝트를 성공리에 완료 하였으며, 최근 로크웰 오토메이션과도 산업자동화 부문 글로벌 협력 합의
 - * 미쓰비시전기 오토메이션(NEC와 협력)은 'Industrie 4.0' 개념이 나오기 전부터 e-Factory 라는 솔루션을 제공
 - * SK C&C는 팍스콘의 스마트공장 구축 실적을 기반으로 중국 시장 진출 계획
 - * 중국은 올해('16) 상반기에만 쿠카(KUKA) 등 독일 제조기업 37개 M&A
- (신제조방식) 신제조방식의 확산을 위해 기술적 제약조건들을 단계적으로 해결해 나가고 있으며, 업체 간 협력 확대 중
 - (3D 프린팅) 소재, 정밀도, 속도, 제품 크기 제약 등이 지속적으로 지적 되어온 과제였으나 최근 적층방식과 크기 제약을 해결하는 기술이 개발
 - * EOS(독)는 SLS(Selective Laser Sintering)²⁰⁾방식으로 고정밀(μ 급) 부품 생산
 - * 캐리마(한)는 시간당 60cm(높이)의 출력속도 및 적층두께 0.001mm까지 가능한 고정밀 고속도 3D 프린터 개발(인사이드 3D프린팅 컨퍼런스, 2016.6.)
 - 3D 프린팅 산업이 중소기업 중심으로 이루어진 우리나라에 글로벌 기업이 진입 중
 - * Stratasys(3D 프린터 세계 1위 기업, M/S 약 50%)는 우리나라 제조업에 3D 프린터 보급을 확대하기로 선언(2014.1.)
 - * 3D Systems(3D 프린터 세계 2위 기업, M/S 약 20%)는 2012년 아이너스기술(한) M&A 후 한국 시장 본격 진출(아이너스기술 창업자(배석훈)를 CTO로 영입)
 - * 유압기기 중견 부품업체였던 TPC메카트로닉스(한)는 2013년에 애니웍스를 인수하고 2015년 말에 3D 프린팅, 협업 로봇 사업 진출

20) SLS 방식은 금속분말을 분사한 뒤 레이저빔을 조사하여 굳히는 방식으로 대중화된 FDM(Fused Deposition Modeling: 필라멘트를 녹여 노즐로 한 층씩 쌓아가는 방식)에 비해 상당한 고강도가 강점

- (산업용 협업 로봇) 다양한 협업 로봇들이 출시되고 있으며, 제조업체와 협력으로 제조 분야별 목적에 맞는 첨단제조로봇 표준화·선점 노력
 - * ISO(국제표준화기구)는 협업로봇 안전규정 제정 및 공표(ISO/TS 15066)
 - * BMW, 폭스바겐 등 글로벌 선도 제조업체에서는 조립공정에서 협업 로봇을 도입하여 생산성을 높이고 있음
- 산업용 협업 로봇 시장 선점을 위해 각 국의 정부 차원의 경쟁이 치열

〈표 9〉 주요국별 로봇 관련 정부정책

주요국	관련 정책	시기	주요 내용
미국	첨단제조파트너십 (AMP)	'11	협업로봇(Co-robot) 분야는 2013년부터 현재까지 R&D 비용 22억 달러를 투입
일본	신로봇전략	'15	로봇창출력 강화, 로봇활용 보급, 로봇혁명 전개를 3축으로 2020년까지 일본 로봇 시장을 2.4조 엔으로 확대
유럽	스파크(SPARC) 프로그램	'14	로봇 연구개발 및 혁신에 향후 7년간 약 21억 유로 투입
중국	중국제조2025	'15	상하이를 중심으로 10대 산업용 로봇 생산단지 발전방안 발표
우리나라	지능형 로봇 기본계획('14) 로봇산업간담회('16)	'16	향후 5년간 민관투자 5,000억 원을 로봇시장에 투입 계획: 2018년까지 스마트공장에 첨단제조로봇을 투입하는 시범프로젝트 20개를 추진

- 제조업 중심인 우리나라에 로봇 선도 기업이 협력 등의 형태로 대거 진입 중이며 우리나라 대기업도 사업 개시 노력
 - * 로드니 브룩스(리싱크로보틱스(미) 회장)는 TPC메카트로닉스(한)와 협력하여 한국 시장에 협업로봇 ‘소이어(Sawyer)²¹⁾’를 공급할 예정이며 한국시장은 향후 15~20% 수준까지 공장 업무가 자동화 될 것이라고 전망(2016 로보월드, 2016.10)
 - * 오스터가드(유니버설로봇 CTO)는 산업용 로봇 최초로 안전울타리(Fence)가 없는 협업 로봇을 개발하였으며, 삼성, 현대, LG 등 글로벌 회사와 협력을 위해 한국 지사 인력 충원, 영업망 다원화 등 한국에 투자 강화 언급(2016 로보월드, 2016.10.)
 - * 한화테크윈(한)은 2017년 초에 세계 수준의 산업용 협업 로봇 출시 예정
 - * 현대중공업은 로봇사업부가 분사하여 로봇전문기업 출범 예정(2016년 말)

21) 7축 로봇으로 팔 길이가 1260mm이며 4kg 하중을 감당하는 산업용 협업 로봇

- 다품종 변량생산, 소형 고속화를 위한 안전, 신뢰성, 서보 제어, 자중 보상 기술들이 구현되고 있으며, 일본, 유럽은 로봇 분야 선도기업²²⁾ 중심으로 출시되고 있음

〈표 10〉 주요 기업의 산업용 협업 로봇 비교

기업	모델명	주요 내용
ABB	YuMi (‘15.1.)	안전울타리가 필요없는 인간친화형 양팔 협업로봇 출시 (국제로봇연맹 혁신발명상(IEA) 수상(‘16.7.))
쿠카로보틱스	LBR iiwa (‘15.7.)	기존 자동화 공정에서 불가능했던 기어조립, USB 체결 등이 가능하며, 인간의 동작을 인식해 그대로 수행 가능
리싱크로보틱스	Saywer (‘15)	복잡한 프로그래밍 없이 작업자가 수행 지점에서 몇 번의 버튼 조작만으로 움직임 지정이 가능

□ [선결조건 및 제언] 미래 생산시스템 구현을 위해 새로운 설계기법의 표준화 선점, 신뢰성 기술, 중소기업 홍보 등이 선행되어야 함

- (기술) 스마트팩토리 구현을 위한 기술의 주도권은 IT 업체가 가지고 있으나, 지능형 장비나 신제조방식을 활용한 창의적 설계 기술, 장비 신뢰성(안전, 고내구성) 기술이 더욱 중요해지고 있음

- 기계기술에 있어서는 신제조방식에 의한 새로운 소재, 설계기법 개발과 표준화 선점이 중요
- 인건비 중심의 생산시스템 시대가 막을 내리고 고내구성 장비, 저렴한 유지보수 비용의 시대를 맞아 신뢰성(안전, 내구성)이 더욱 중요
 - * 3D 프린팅은 금속가공기술, 다양한 소재 적용 기술, 속도, 3D 프린팅을 위한 새로운 설계 기법에 대한 주도권 확보가 중요
 - * 산업용 협업 로봇은 사람과 협업시 절대 안전성, 내구성에 대한 주도권 확보가 중요
 - * 프레임없는 이동식 가공 로봇은 3차원 좌표 인지 기술, 협업 안전성, 고내구성에 대한 기술 확보가 중요

22) 일본, 유럽의 5대 메이저 기업(ABB, FANUC, 야스가와, 쿠카, 가와사키)은 산업용 로봇 시장의 50% 이상을 점유 (스마트공장 확산과 제조로봇 개발동향, KEIT, 2016.10)

- (기반산업) 스마트팩토리, 신제조방식 관련 산업 생태계를 고려한 플랫폼 구축이 필요
 - 대학에서 신제조방식, 창의적 설계기법에 대한 교과목을 만들고 실습 중심의 인재 대량 양성 필요
 - 웹랩 형태의 다양한 제작소를 전국에 구축하고, 관련 전문가를 다수 배치하여 일반인들이 쉽게 활용할 수 있게 장려
 - * 초기엔 대학의 학생들 실습 중심으로 활용하면서 문제점 파악 및 개선
 - 중소기업 생산성 혁신을 위한 스마트팩토리 도입 필요성에 대한 홍보 및 초기 투자비용에 대한 지원 정책 수립
- (법규) 스마트팩토리 장려정책, 신제조방식 인허가 관련 규정·지침 개정 및 일반인의 공유경제(제조분야) 참여 장려를 위한 상법 개정 필요
 - 신제조방식별 부흥 정책(아이디어·발명 대회 개최, 개인제조 시장 등) 및 중소기업이나 창업 시 초기 비용에 대한 인센티브 제도 마련
 - 연관산업(건설업, 의료업 등)의 개인 제조에 대한 상법 규정 개정

참고 자료

- 과학기술정책연구원(2016.4.), '제5회 과학기술예측조사(1차년도 연구)'
- 과학기술정책연구원(2012.2.), '제4회 과학기술예측조사'
- 제롬글렌, 박영숙 외(2015.1.), 「유엔미래보고서 2045」, 교보문고
- 세계경제포럼(2015.9.), 'Deep Shift'
- Klaus Schwab(2016.1.), 「제4차 산업혁명」, WEF
- 정보통신정책연구원(2015.), '세계경제포럼의 미래기술과 사회적 영향 분석 동향', 정보통신방송정책 동향, 제27권, pp.24-31
- KBS(2016.08), '기계와의 대결'
- 한국경제TV(2015.12.), '3D 프린팅 세상을 출력하다'
- 산업통상자원부(2014.6.), '제조업혁신 3.0 전략'
- 미래창조과학부(2015.12.), '스마트제조 로드맵'
- 미래창조과학부(2016.3.), '미래성장동력 2016년도 종합실천계획'
- 과학기술전략회의(2016.8.), '국가전략프로젝트 추진계획'
- 한국산업기술평가관리원(2016.10.), '스마트공장 확산과 제조로봇 개발동향'
- 독일투자무역진흥처(GTAI)(2016.5.), 'Industry 4.0 - Smart manufacturing for the future'
- 산업연구원(2015.5.), '중국제조 2025'
- LG경제연구원(2015.7.), '일본의 로봇 이노베이션 전략'
- 한국인터넷자율정책기구(2016.6.), '유럽연합의 로봇법 프로젝트'

기계기술정책

Technology Policy for Mechanical Engineering

:: No. 84 4차 산업혁명과 기계산업의 미래

| 발행인 | 임용택

| 발행처 | 한국기계연구원 경영기획본부 경영전략실

| 발행일 | 2016.11.

| 기획·편집 | 오승훈, 박주형, 이운규, 박상진, 이하목, 이미진

| 주소 | 대전광역시 유성구 가정북로 156번지

| 전화 | (042) 868-7313(경영전략실)