

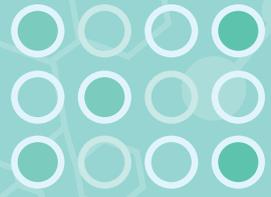
융합

# Weekly TIP

Technology · Industry · Policy

4차 산업혁명기 융합 R&D 전략

이남우 | 융합연구정책센터



Technology

Policy

Industry

## 4차 산업혁명기 융합 R&D 전략

이남우 | 융합연구정책센터

# 01

## 선정배경

- 2016년 1월 다보스 포럼의 주요 화두로 4차 산업혁명이 언급된 이후, 이에 대한 논의가 전 세계적으로 활발히 이루어지고 있음

  - 전 세계 각국 정부는 '4차 산업혁명' 언급 이전부터 기술개발에 따른 산업 환경 변화에 대응할 수 있는 다양한 정책을 마련·추진하고 있음
- 한편 4차 산업혁명에 따라 변화될 사회적·경제적 구조에 대한 분석은 상당수 이루어져 왔으나, 과학기술 R&D 변화에 대한 분석은 전무함

  - 4차 산업혁명을 가능하게 한 융합 R&D는 4차 산업혁명기 동안 사회·경제 전반에 큰 영향을 미칠 것으로 예상됨
  - 따라서 4차 산업혁명으로 인해 변화될 융합 R&D의 모습을 예측해 보고, 이에 대응할 수 있는 융합 R&D 전략 수립이 필요함
- 많은 전문가들이 예측하고 있는 4차 산업혁명에 따른 사회적·경제적 변화를 바탕으로 변화될 융합 R&D 모습을 살펴보고,

  - 이를 바탕으로 4차 산업혁명기 동안의 기술경쟁력 및 국가경쟁력 향상을 위한 융합 R&D 전략 방향을 고민해 보고자 함

# 02

## 4차 산업혁명

### 1 개요

- 디지털, 바이오 영역 등 다양한 분야의 '융합'을 통한 '사이버-물리 시스템(Cyber-Physical System)\*'이 구축되면서 혁명적 변화가 진행

\* 산업장비, 가전 등 현실 속 사물을 뜻하는 물리적 세계와 인터넷상의 사이버 세계가 네트워크로 연결, 집적된 데이터의 분석과 활용 및 사물 자동제어가 가능해지는 시스템

이러한 새로운 변화에 의해 경제체제 및 사회구조가 급격하고 전면적으로 변하는 시기가 도래할 것으로 예상

표 1. 4차 산업혁명에 따른 사회/경제적 변화

<b>개인</b>	① 고용 및 일의 성격 변화 ② 소득분배 ③ 고용 형태 ④ 소비자 효용의 비약적 증대
<b>기업/시장</b>	① 알고리즘이 경쟁력의 핵심으로 부상 ② 전 산업의 플랫폼화 ③ 기업간 경쟁에서 플랫폼간 경쟁으로의 전환 ④ 제품의 서비스화 및 전문직 서비스의 보편화 ⑤ 기업구조 및 의사결정과정의 변화 ⑥ 적시수요(On-demand) 경제의 부상
<b>정부/공공</b>	① 공공서비스의 플랫폼화 및 알고리즘을 통해 제공 ② 기민성(agility)의 핵 심적 요소화

※ 출처 : 4차산업혁명시대의 변화상과 정책 시사점, KISDI('16)

>> 참고 1. 산업 혁명의 발전 단계, 특징 및 의의

구분	연도	정의	특징
 1차 산업혁명	1784	가축, 인력 등의 생물자원 활용에서 화석 연료 및 기계 활용이 가능해진 시기	- 증기/수력 기관 - 기계식 생산설비
 2차 산업혁명	1870	컨베이어 시스템, 전기 등을 통한 대량생산이 가능해진 시기	- 전기사용 - 분업과 대량생산
 3차 산업혁명	1969	컴퓨터의 등장으로 정보의 생산·가공·공유가 용이해진 시기	- 전자기기, IT - 자동화 생산 - 인터넷
 4차 산업혁명	2016(?)	디지털, 물리적, 생물학적 영역의 경계가 사라지며, 기술이 융합 되는 시기	- 사이버 물리 시스템 (CPS)

※ 출처 : World Economic Forum('16.1월)

## 2 기대와 우려

- 금융위기 이후 침체국면이 지속되고 있는 세계경제에 새로운 활력이 될 수 있다는 기대와 함께 이에 따른 우려가 공존
  - **(기대)** 신기술의 발전·기술간의 융합을 통한 생산성 향상 및 소비자 수요의 획기적 증가가 새로운 성장엔진 역할 수행
  - **(우려)** 스마트 공장, AI 확대 등으로 인한 일자리의 감소, AI와 인간의 관계 설정에 대한 사회적 이슈화 등 파급영향 고려 필요

## 3 국내외 대응 정책

※ '융합'을 키워드로 하는 4차 산업혁명 대응 관련 정책을 중심으로 현황 파악

표 2. 주요국 4차 산업혁명 대응 비교

구분	미국	독일	일본	중국
민간/정부의 역할	민간 주도, 정부 지원	민간주도→민관공동	민관 공동 주도	정부 주도, 민간 실행
거버넌스	민간 컨소시움 민·관 파트너십	플랫폼 인더스트리 4.0(정부·기업·학계)	제4차 산업혁명 관민 회의(정부·기업·학계)	정부(국무원, 공업신식화부)
핵심전략	AMP 2.0	Industry 4.0	4차 산업혁명 선도전략	중국제조 2025 인터넷플러스
특징	- 기술과 자금을 보유한 기업 주도 - 제조업 중심	- 제조업과 ICT 융합 - 국제표준화 선도 - 프라운호퍼 연구소	- 기술, 인재육성, 금융, 고용, 지역 경제 등 종합대응	- 제조업 발전을 통한 경쟁력 제고 - 규모의 경제가 가능한 내수시장
한계	일자리, 소득분배 등 다양한 파급영향에 대한 종합적 대응 필요	제조업 중심에서 경제 전반으로 기술 발전의 시너지 제고 필요	사회구조적 과제 해결이 쉽지 않고 재정여력 약화 등 정부지원 지속의 한계	빈곤, 지역격차, 노령화 등을 동시에 대응해야 하는 복잡한 상황

※ 출처 : 한국은행 국제경제리뷰 2016-24호

- **(미국)** 첨단기술과 자금력을 보유한 민간 주도로 융합연구가 이루어지는 가운데, 정부도 다양한 지원책을 적극 추진
  - 사물인터넷(GE), 인공지능(Google), 무인자동차(Google, Tesla) 등 4차 산업혁명 핵심기술은 민간기업이 주도
  - 정부는 제조업 경쟁력 강화 정책\* 및 공공R&D 과제 지원\*\*을 통해 다각적인 지원을 추진

- \* 산·학·연 참여 AMP(Advanced Manufacturing Partnership) 구축('11.6월) 및 선진제조업 경쟁력 강화 방안(혁신역량 강화/인재양성/고용창출 등) 발표('12.7월, '13.9월)
- \*\* 사물인터넷, 로봇공학 등의 분야에 대한 지원 확대, 국방부·GE 등이 참여한 DMDII(Digital Manufacturing and Design Innovation Institute) 등을 운영하여 제조 관련 융합연구 프로젝트 확산

● (독일) 'Industry 4.0'의 선도적 추진을 통해 융합의 방점을 제조 강국의 경쟁력 향상에 노력

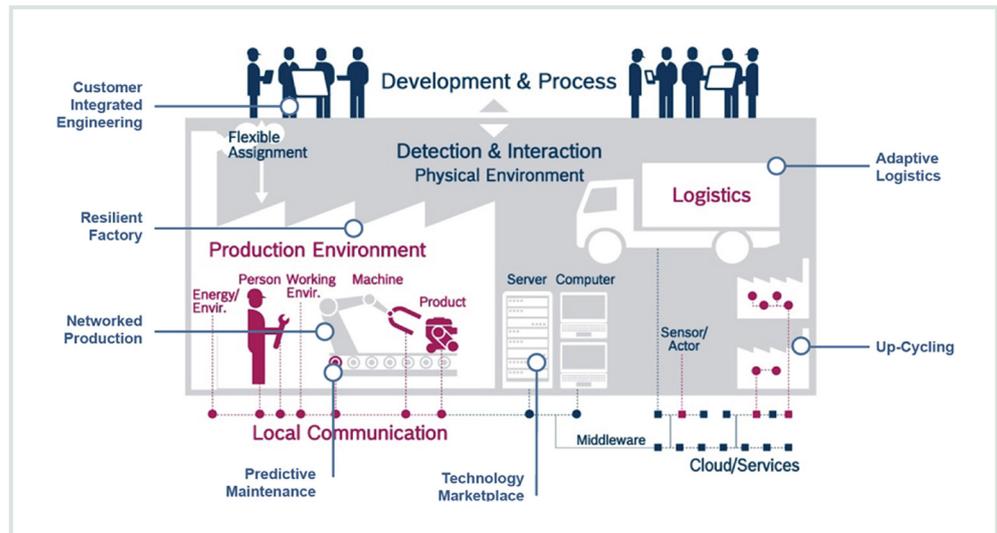


그림 1. 독일 Industry 4.0(스마트 팩토리) 개념도

※ 출처 : Bosch

- 글로벌 기업 중심에서 '15년 산·학·연 전체가 참여하는 'Platform Industry 4.0' 구성 후 민·관 공동으로 대응\*
- \* Industry 4.0 추진 과정에서 기업 간 이해관계 조정 및 중소·중견기업 대상 투자 정책금융 지원, 기술 및 노하우 전문가 파견, 연구개발 공동 참여 기회 제공
- 대학 및 기업과의 활발한 융합연구를 수행하고 있는 프라운호퍼(Fraunhofer)와 같은 융합연구 기관의 역할 확대

● (일본) 융합연구 기반 4차 산업혁명에 대한 총체적 대응 준비

- 장기 경기침체를 극복하고, 신성장동력 확충을 위해 IT, 로봇중심의 융합기술 육성에 관한 다양한 전략\*을 정부차원에서 추진
- \* 로봇 신전략('15.1월), 과학기술 이노베이션 종합전략 2015('15.6월) 등
- 기술 개발 지원뿐만 아니라 교육, 금융, 노동 등 경제·사회 전반에 걸쳐 융합 기반 4차 산업혁명 선도 전략 및 대응 시스템 마련\*
- \* '4차 산업혁명 선도전략' 발표('16.4월) 및 '제4차 산업혁명 민관회의'를 구성(일본경제재생본부(내각) 설치)을 통해 민관 공동 대응 시스템 마련

>> **참고 2.** 4차 산업혁명 선도전략

전략	내용
데이터 활용촉진을 위한 환경정비	- 데이터 플랫폼 구축 - 데이터 유통시장의 활성화 - 개인 데이터 활용 촉진 - 보안기술과 관련 인재를 창출하는 생태계 구축 - 4차 산업혁명 대응 지식재산정책 재정비 - 4차 산업혁명 대응 경쟁정책 재정비
인재육성·확보 및 고용시스템의 유연성 향상	- 새로운 요구에 대응한 교육시스템 구축 - 글로벌 인재 확보 - 다양한 노동 참가 촉진 - 노동시장 및 고용제도의 유연성 향상
혁신·기술개발의 가속화 (Society 5.0)	- 오픈 이노베이션 시스템 구축 - 세계를 선도하는 혁신거점 정비·국가 프로젝트 구축·사회구현의 가속 (인공지능 등) - 지식재산 관리 및 국제 표준화의 전략적 추진
금융기능의 강화	- 리스크 머니 공급을 위한 주식 파이낸스의 강화 - 4차 산업혁명을 위한 무형자산 투자의 활성화 - 핀테크를 중심으로 한 금융·결제 기능의 고도화
산업구조·취업구조 전환 원활화	- 신속 과감한 의사결정을 가능케 하는 거버넌스 체계 구축 - 신속하고 유연한 사업 재생사업 재편 등을 가능케 하는 제도 환경 정비
제4차 산업혁명의 중소기업 및 지역경제에의 파급	- 중소기업·지역에서의 IoT 등 도입·활용 기반 구축
4차 산업혁명을 대비한 경제사회 시스템의 고도화	- 4차 산업혁명에 대응한 규제개혁의 재정비 - 데이터를 활용한 행정 서비스의 향상 - 전략적 제휴 등을 통한 글로벌 전개의 강화 - 4차 산업혁명의 사회 확산

※ 출처 : 한국무역협회 동경지부

● **(중국)** ‘중국제조 2025(중국판 Industry 4.0)’ 및 ‘인터넷 플러스’ 전략을 추진하여 융합연구 기반 제조업의 혁신능력 제고에 주력

- 양적 성장의 ‘제조대국’에서 질적 성장의 ‘제조강국’ 도약을 위한 5대 중점 프로젝트\* 및 10대 육성산업\*\* 선정·추진

\* 제조혁신센터 건설, 스마트 제조, 공업기반 강화, 녹색(친환경)제조, 첨단 설비 등의 융합 연구 기반 제조업 전체의 혁신능력 강화를 추진

\*\* 차세대 정보기술, 디지털 공작기계, 로봇, 항공 우주 장비, 해양엔지니어링, 선진 철도설비, 신에너지 자동차, 전력설비, 농업기계, 신소재, 바이오 의류기기 등

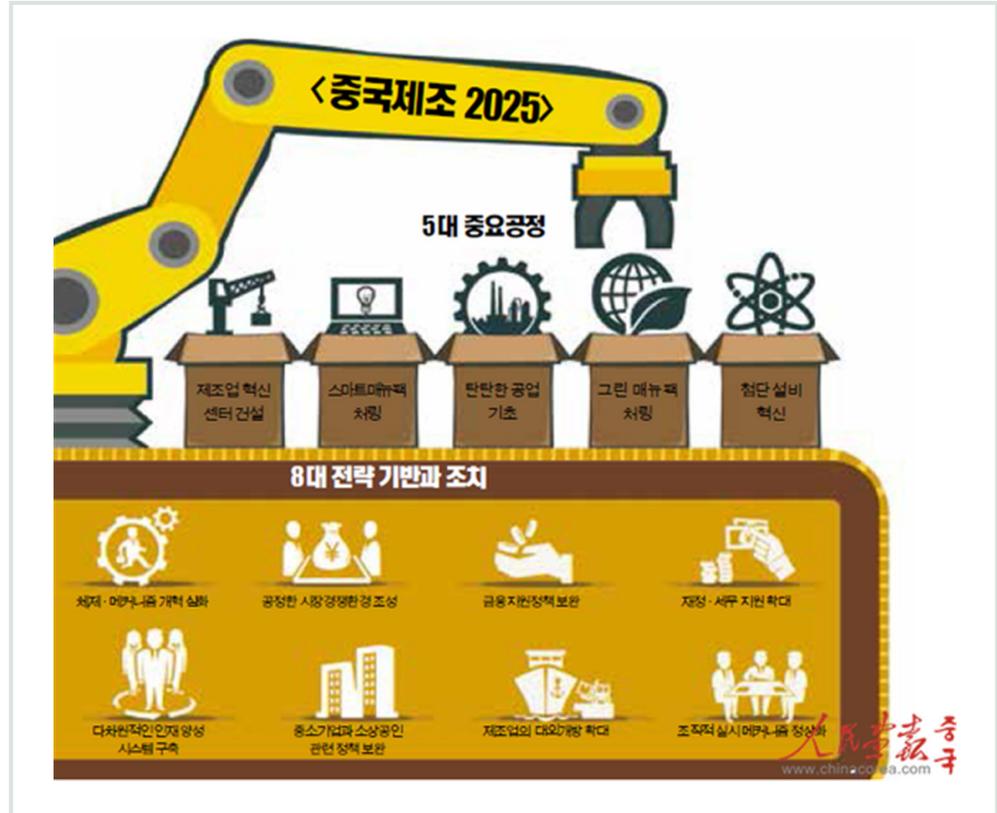


그림 2. 중국 제조 2025 개념도

※ 출처 : 머니투데이 중국망

- 인터넷, ICT와 경제·사회 각 분야의 융합을 통한 신성장동력 창출을 위한 4대 목표\* 및 분야별 액션플랜\*\* 제시

\* ①인터넷과 산업분야 융합을 통한 경제발전 ②민생·공공분야의 온·오프라인 융합을 통한 사회발전 ③이동통신망 및 인공지능, IoT, 클라우드 등 융합기술 기초인프라 구축 ④인터넷 융합 혁신을 위한 인식 제고 및 규제·법규 환경 조성

\*\* 인터넷-유통 융합 기반 전자상거래 확대, 융합연구 기반 AI 응용 내수시장 확대 등

● (국내) 융합연구를 통한 기술의 급격한 발전에 대응하여 다양한 정책 추진

- 창조경제 구현을 위한 제조업 3.0 전략(‘14.6월) 및 미래성장동력 종합 실천계획\*(‘15.3월) 등을 통해 기술 중심의 주요 융합 연구분야 도출

\* 미래성장동력으로 선정된 19개의 분야(4대 주력산업, 미래신산업, 공공복지산업, 기반산업 등)별 추진계획 수립

- 9대 국가전략 프로젝트\*(‘16.8월), 신산업 육성 및 중소기업 혁신 역량 강화(‘16.7월) 등을 통해 주요 융합연구 분야에 대한 R&D 투자 활성화 지원

\* 인공지능, 가상·증강 현실, 자율주행차, 경량소재, 스마트시티, 정밀의료, 바이오신약, 탄소자원화, (초)미세먼지

# 03

## 4차 산업혁명기 융합R&D 변화

### ① 범용 기술(General Purpose Technology or Platform Technology)

- 다양한 분야와의 결합을 통해 전혀 새로운 수요를 충족시키는 기술 R&D 중심으로 변화

  - 4차 산업혁명을 유도한 이전의 융합 R&D는 제품(End-product)를 직접적으로 창출하는 기술개발이었던 반면,
  - 4차 산업혁명 이후의 융합 R&D는 End-product를 창출하는 다양한 기술들에 범용적으로 적용되거나 근간이 될 수 있는 기술개발로 그 형태가 달라짐
- 4차 산업혁명기의 요구되는 혁신적 기술의 특성은 확장성(Scalability)과 경제성

  - 4차 산업혁명 이전의 혁신적 기술들은 사회로의 적용·확산에 많은 시간이 소요되었으나, 4차 산업혁명 이후에는 혁신 기술의 사회적 적용 및 확산이 빠르게 진행\*됨

\* 예) 클라우드 기술에 의해 소프트웨어의 확장성이 크게 증대되고 있으며, 소프트웨어 개발 플랫폼은 물론 인공지능 및 로봇, IoT 기술들이 클라우드 기술을 통해 급속히 발전·확대 중임

  - 4차 산업혁명 이후 혁신 기술이 적용된 제품/서비스의 가격이 하락\*하면서, 해당 기술의 활용은 융합 R&D 수행에 있어 필수적인 요소로 자리 잡음

**사례 1)** 차세대 로봇이라 불리는 백스터는 2만달러, UBR1은 3만달러에 불과  
→ 차세대 로봇을 통한 신개념 로봇 제작 및 혁신 R&D 활용 가능성 증가

**사례 2)** 6백만건의 법률자료 조사에 220만달러가 소요되던 것을 블랙스톤(알고리즘 기반 법률서비스)은 10만달러에 150만건의 자료 분석을 수행함  
→ 수만건의 R&D 결과 조사·분석 결과를 바탕으로 새로운 개념의 R&D 아이디어 도출 가능

**사례 3)** 13년, 27억달러가 소요되던 개인 유전정보 해독을 개인 유전자 분석기 NovaSeq 5000 (가격 85만달러)를 통해 2일, \$100로 가능해짐  
→ 맞춤형 의료 R&D 등 새로운 혁신 기술 개발에 응용확대 가능

### ② 직관적 R&D (Intuitive or Transcendent R&D)

- 4차 산업혁명을 유도한 융합 R&D는 과거의 과학기술 R&D 결과물들의 디지털화를 바탕으로 창출된 결과임

  - 이전까지 발견되지 않았던 여러 분야 간의 상호 연관성이 발견되며 새로운 R&D가 이루어짐

**사례 1)** 생명과학의 디지털화로 바이오 인포메틱스가 탄생되어 게놈 판독, 단백질 구조 시뮬레이션 등이 가능해지고, 이로 인해 새로운 생체 분자간의 상관관계 도출이 가능해짐

**사례 2)** 물리학적·수학적 지식이 디지털화 되고 컴퓨터 시뮬레이션이 가능해지면서 생산성 향상 및 고차원 로봇 개발 등이 가능해짐

**사례 3)** 인간 뇌 연구 결과의 디지털화를 바탕으로 인공신경망 기반의 인공지능 기술 개발이 가능해짐

**사례 4)** 디지털화 된 과학기술 지식으로 인해 대중의 접근성이 확장되면서 클라우드 소싱, 시민 과학 활성화 등과 같은 과학기술 저변 확대가 가능해짐

4차 산업혁명 이후에는 보다 더 인간의 “직관”의 영역\*을 증시킨 R&D가 혁신을 혁신할 수 있는 기술 창출을 담보함

\* 현재 임상시험 중인 IBM 왓슨의 경우, 의사의 진단결과와는 다른 결과를 도출하는 경우가 종종 발생하고 있어, 데이터 분석 기반의 인공지능 너머의 새로운 개념의 추가적인 R&D가 불가피함

- 디지털 데이터화가 부족한 인문사회예술 분야와 과학기술 간의 융합 R&D가 활성화되어 새로운 기술 혁신을 창출할 것임
- 데이터 간의 상호 연관성을 바탕으로 혁신이 이루어지기 때문에 데이터 자체를 창출하는 기반 R&D의 중요성이 증대될 것임
- 또한 데이터간의 상호 연관성 기반으로 한 융합 R&D가 아닌 이를 넘어 데이터 간의 인과관계를 고려한 새로운 개념의 융합 R&D가 등장할 것임
- 사회/경제/과학기술 모든 분야의 종합적 사고를 바탕으로 이루어지는 적정기술 개발과 같은 융합 R&D\*가 R&D의 메인으로 자리잡을 것임

\* 최근 스탠포드대 마누 프라카시 교수팀이 개발한 종이팽이를 이용한 저가형 원심분리기(15분 만에 혈액에서 말라리아 기생충 분리 가능) 등이 대표적으로 인간의 “직관”에 의해서만 가능한 혁신적 R&D 사례임



그림 3. 종이 원심분리기 ‘페이퍼플라이’

※ 출처 : 스탠포드대

- 직관적 R&D를 제외한 일반적인 R&D는 향후 인공지능과 로봇 등에 의해 이루어지는 것으로 대체될 것임
  - 신약 개발, 생산 효율성 증진 등과 같이 목적이 명확한 R&D의 경우, 인간이 아닌 인공 지능과 로봇에 의해 자동적으로 이루어질 가능성이 높음

# 04

## 4차 산업혁명기 융합R&D 전략

### ① 수요 창출형 융합 R&D 전략

- 수요 중심형(On-demand) 경제의 확산 속에서 융합 R&D 전략은 반대로 수요 창출형 R&D에 더 많은 정책적 관심을 가져야 함
  - 현재 R&D 정책의 핵심 기조인 수요 중심형 융합 R&D는 향후 인공지능과 로봇의 발전에 의해, 사회적 수요가 예측되면 자동적으로 수행되어, 별다른 전략이 필요하지 않게 될 것임
  - 당장의 수요로 이어지지 않지만, 10년 뒤 수요로 이어질 가능성이 있는 수요창출형 융합 R&D(기초과학기술 개발 포함)에 대해 전략적인 R&D 정책 지원이 요구됨
- 20세기 초와 같이 수요 창출형 R&D의 경쟁력이 국가 경쟁력으로 이어질 가능성이 높음
  - 4차 산업혁명으로 인해 기술의 확산 속도가 빨라지면서 전 세계적으로 기술경쟁력의 평준화가 빠르게 이루어지게 될 것이며, 이로 인해 수요 중심형 R&D에서는 국가간 차별성 확보가 어려워질 것임
  - 반면, 융합의 필요성이 확인 되지 않아 미래의 수요조차 예측되지 않는 분야에 대한 융합 R&D 투자는 해당 분야의 수요가 창출되는 시점의 연구역량 및 기술 경쟁력 우위로 이어져 상대적 우위의 국가 경쟁력을 창출하게 될 것임

### ② 융합 R&D 핵심 IP 확보 전략

- 빠른 기술 확산 속도에 따른 기술경쟁력 평준화에 대응하여, 4차 산업혁명 핵심 기술(플랫폼 기술)에 대한 IP 확보 전략 마련이 시급함

※ 4차 산업혁명 관련 지식재산 숫자는 최근 5년간 급속히 증가 중

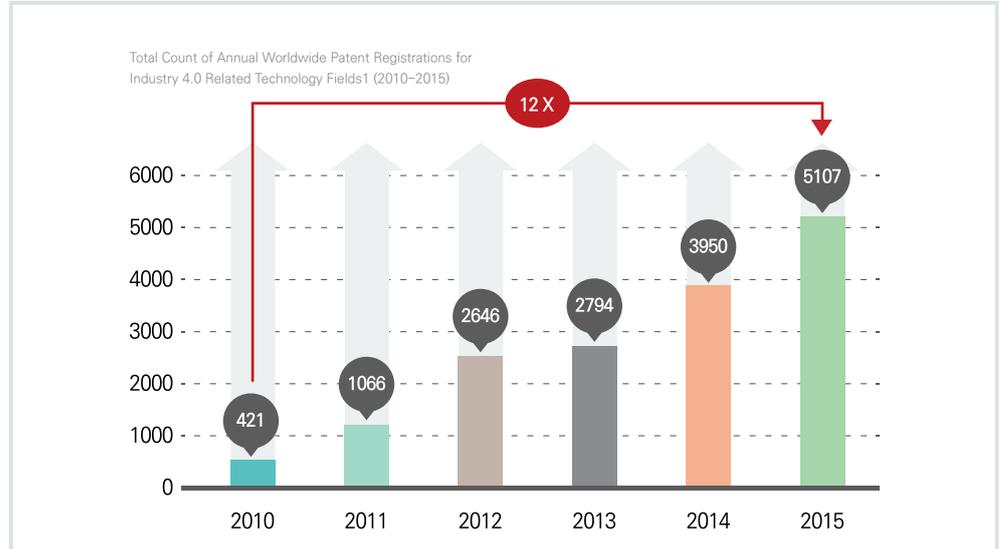


그림 4. Industry 4.0 관련 기술\*의 전세계 특허등록 건수

※ 출처 : European Patent Office

\* 클라우드 컴퓨팅, 증강현실, 3D 프린팅, 빅데이터, 시스템 보안, 휴머노이드 로봇, 사이버 물리 시스템

- 4차 산업혁명은 제조업의 가치를 '노동과 효율'에서 '지식과 기술' 중심으로 이동시켜 향후 지식 재산에 대한 중요성은 더욱 증가할 것이며, 지식재산이 경제적 해자로 작용될 가능성이 높음

※ '16.12월 제18회 국가지식재산위원회에서는 향후 5년간 4차 산업혁명에 대응하여 위원회 내 '차세대 지식재산 특별전문위원회'를 신설하고, 4차 산업혁명 선도 기술 IP 확보를 위해 4조 7백억원 투자를 결정함

- 수요 창출형 플랫폼 기술 개발 지원 정책과 함께 이에 대한 촘촘한 지식재산 전략 수립을 통한 기술적/경제적 해자 건설 필요



## 참고자료



1. 김진하, 제4차 산업혁명 시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색, KISTEP R&D Inl 15호(2016.08)
2. 최계영, 4차 산업혁명 시대의 변화상과 정책 시사점, KISDI Premium Report 16-04
3. 정현학, 최영임, 이사원, 4차 산업혁명과 보건산업 패러다임의 변화, 보건산업브리프 vol.215(2016.05.23.)
4. 이성기, 4차 산업혁명 시대에 대응하는 IP의 역할, 한국지식재산연구원 ISSUE & FOCUS on IP(2016.09.16.)
5. 이재원, 제4차 산업혁명 : 주요국의 대응현황을 중심으로, 한국은행 국제경제리뷰 2016-24호 (2016.08.18.)
6. 이상동, 4차 산업혁명을 이끄는 융복합 기술의 표준화 연계 전략, KSA Policy Study 017, 2016-2호(2016.05)
7. 장필성, 4차 산업혁명시대 산업트렌드와 제조업의 대응 전략, 산업입지 Vo..62
8. 2016년 다보스 포럼의 주요 내용과 시사점-‘4차 산업 혁명’ 글로벌 성장 원동력으로, 현안과 과제 16-2호, 현대경제연구원(2016.01.09.)
9. 4차 산업혁명의 등장과 시사점, 경제주평 16-32(통권 705호), 현대경제연구원(2016.08.12.)
10. 4차 산업혁명 시대..AI·VR 지식재산(IP) 전담기구 신설, ZDNet Korea(2016.12.23.)

