

보안과제(), 일반과제(○)

**제4차 산업혁명 선도를 위한 과학기술·ICT 기반
국가정책방안 연구**

(A Study on the National Policy Agenda based on Science &
Technology · ICT for leading the 4th Industrial Revolution)

2017. 5

정보통신정책연구원

미래창조과학부

보안과제(), 일반과제(○)

**제4차 산업혁명 선도를 위한 과학기술·ICT 기반
국가정책방안 연구**

(A Study on the National Policy Agenda based on Science &
Technology · ICT for leading the 4th Industrial Revolution)

2017. 5

정보통신정책연구원

미래창조과학부

제 출 문

미래창조과학부 장관 귀하

이 보고서를 “제4차 산업혁명 선도를 위한 과학기술·ICT 기반 국가정책방안 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

2017년 5월

주관연구기관명: 정보통신정책연구원

주관연구책임자: 김정연 ICT전략연구실장

참 여 연 구 원: 최계영 선임연구위원

조유리 연구위원

강준모 부연구위원

이학기 부연구위원

김민식 부연구위원

이은민 부연구위원

이시직 연구위원

정원준 연구위원

손가녕 연구위원

양수연 연구위원

최주한 연구위원

자 문 교 수: 손병호 본부장(한국과학기술기획평가원)

신민수 교수(한양대)

요 약 문

제1장 서론

제4차 산업혁명의 진전에 따른 파급력, 속도, 범위 등을 정확하게 예측하기는 어렵다. 그러나 핵심기술들의 진화와 기술간 융합을 통한 기술 혁신이 산업과 생활 전반에 파급되어 산업구조, 고용구조 등 사회·경제 전반의 상당한 변화가 진행될 것이라는 점은 분명해 보인다. 과학기술은 ICT와 융합하여 새로운 형태의 지식을 창출하고, ICT의 혁신과 이를 활용하는 과정에서 과학지식의 성격도 변화하면서 공진화하고 있다. 이러한 과정에서 과학기술과 ICT 융합을 통한 다양한 혁신 제품과 서비스가 창출되고, 기술혁신의 결과가 사회·경제 변화를 야기하는 촉매제가 되고 있다. 미국, 일본, 독일, 중국 등 주요 국가들은 이러한 과학기술과 ICT 융합의 확산이라는 패러다임 변화에 적극 대응하여 국가 정책의 패러다임을 전환하고 있다. 우리나라도 제4차 산업혁명을 선도할 수 있는 과학기술·ICT 기반의 혁신정책을 수립하는 것이 시급한 시점이라고 판단된다.

본 연구는 제4차 산업혁명에 선도적으로 대응할 수 있는 과학기술·ICT기반 혁신정책을 수립·추진하기 위한 국가적 정책 아젠다를 발굴, 제시하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 제4차 산업혁명 관련 환경 변화와 기업 동향 분석, 제4차 산업혁명이 야기할 사회·경제적 파급효과 파악, 과학기술·ICT의 미래 역할 분석, 제4차 산업혁명 대응 관련 과학기술·ICT 정책 현황 분석 등을 수행한다.

본 연구의 주요 내용과 구성은 다음과 같다.

제2장에서는 제4차 산업혁명의 개념과 특징을 살펴보고 과학기술 및 ICT의 역할을 고찰하였다. 제3장에서는 제4차 산업혁명 관련 기업동향 및 주요 혁신사례를 살펴보고, 각 국가에서 추진하고 있는 제4차 산업혁명 대응전략을 살펴보았다. 제4장에서는 제4차 산업혁명의 파급효과를 산업·경제적 측면, 고용·구조적 측면, 사회·문화적 측면으로 구분하여 분석하고 있다. 마지막으로 제5장에서는 제4차 산업혁명 대응을 위한 과학기술·ICT 혁신 정책을 6개 부문으로 구분하여 분야별 정책방향과 세부 정책과제들을 제시하고 있다.

제 2 장 제4차 산업혁명의 특징과 과학기술·ICT의 역할

제4차 산업혁명은 ‘초연결성’, ‘초지능화’ 및 ‘융합화’에 기반하여 ‘모든 것이 상호 연결되고 보다 지능화된 사회로의 변화’한다는 특성이 존재한다. ICT를 기반으로 하는 IoT 및 IoE의 진화를 통해 인간-인간, 인간-사물, 사물-사물을 대상으로 한 초연결성이 기하급수적으로 확대되고 있다. 그리고 ‘초연결성’ 및 ‘초지능화’에 기반하여 기술간, 산업간, 사물-인간간의 경계가 사라지는 ‘대융합’의 시대가 될 것으로 전망된다. 제4차 산업혁명은 과학기술과 ICT의 발전에 의하여 촉발되었다. 산업수학과 물리학, 생물학 등 기초과학기술의 급속한 발전과 인공지능, 사물인터넷 등 ICT 신기술의 확산은 기존 산업의 경계를 뛰어넘어 분야간 융합을 촉진시키고 있다.

이러한 융합은 단순히 과학기술·ICT의 범주 내에서만 그치지 않는다. 제4차 산업혁명의 기반기술이 가져오는 초연결성과 인공지능에 기반한 초지능성이 전통적인 제조업의 영역과 결합하면서 인간이 프로그래밍한 대로 움직이던 공정 자동화 수준을 벗어나 기계가 상호간에 소통하고 의사결정이 가능하도록 진화한다. 사물인터넷, 클라우드컴퓨팅, 빅데이터, 5G 등 ICT 기술을 통해 생산계획부터 자원관리, 생산공정, 유통에 걸친 상호 소통시스템을 지능적으로 구축함으로써 작업 경쟁력을 제고한다. 이러한 기계 간의 소통은 공장 안에서만 끝나는 것이 아니라, 생산물이 소비자에게 배달된 이후에도 적용된다. 사물인터넷 기술을 활용하면 제품의 상태를 실시간으로 체크하여 생산자에게 전송·관리하는 것이 가능해지고, 이는 소비자와 생산자가 정비 등을 위하여 불필요한 자원을 투입할 필요가 없어짐을 의미한다. 곧, 기계의 자동화, 지능화는 ‘제조 공정의 디지털화’, ‘제품의 서비스화’를 이끈다.

과거 산업혁명을 촉발한 혁신적 기술들은 파급에 적지 않은 시간이 소요되었지만 제4차 산업혁명의 주요 기술들, 특히 ICT·컴퓨터 관련 기술들은 클라우드와 초고속 통신기술의 결합으로 용이하게 확장이 가능해, 적용과 확산이 빠르게 진행될 수 있다. 클라우드로 인해 소프트웨어의 확장이 가능해지고 소프트웨어 개발 플랫폼도 확대되고 있으며, 인공지능 및 로봇을 비롯한 사물인터넷도 클라우드 상의 소프트웨어 플랫폼화가 진행되고 있다.

제4차 산업혁명을 이끄는 기술은 크게 물리학 기술, 생물학 기술, 정보통신기술로 분류할 수 있다. 물리학 기술에는 드론과 자율주행차 등의 무인 운송수단, 디지털 설계를 기반으로 3차원 물체를 적층하여 제작하는 3D 프린팅, 발달된 센서·인공지능과 결합하여 주변 환경에 적응하고 다양한 업무 수행이 가능한 로봇기술, 스마트 소재를 활용한 신소재 기술이

포함된다. 생물학 기술에는 비용과 속도가 크게 개선된 유전자 분석 기술, DNA 데이터를 기록하여 유기체를 제작하고 유전자 치료를 가능하게 하는 합성생물학, 유전자 편집 기술이 포함된다.

정보통신기술은 다시 인공지능과 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터, 통신기술로 분류할 수 있다. 인공지능은 과거 제어 프로그램에서 경로탐색, 머신러닝을 거쳐, 데이터를 변형하고 살피는 논리체계까지 기계가 스스로 찾아나가는 딥러닝으로 진화하였다. 사물인터넷은 인터넷을 기반으로 모든 사물을 연결하여 사람과 사물, 사물과 사물 간의 정보를 상호 소통하는 지능형 기술·서비스를 일컫는다. 특히 제4차 산업혁명을 제조업 혁신으로 보는 견해에서는 생산의 완전 자동화와 지능화를 위한 산업 사물인터넷이 필수 구성요소이다. 클라우드는 데이터센터 속에 미리 구축되어 있는 대규모 컴퓨팅 자원을 인터넷을 통해 임대한 후, 이를 활용하여 애플리케이션이나 서비스를 개발하는 것인데, 현존하는 대부분의 IT 서비스뿐만 아니라 인공지능, 자율주행차, 사물인터넷 등도 클라우드 위에서 개발되어 구동되고 있다. 빅데이터 기술은 디지털 환경에서 생성되는 다양한 형태의 방대한 데이터를 분석하여 가치 있는 정보를 추출하는 정보처리 체계를 포괄한다. 차세대 통신기술(5G)은 28GHz의 초고대역 주파수를 이용하여 초당 기가급의 데이터를 전송할 수 있는 기술로, 사물인터넷 체계 위에서 무한대의 디바이스가 만들어내는 방대한 양의 데이터를 처리하기 위한 핵심 요소이다.

인공지능과 데이터·네트워크 기술을 바탕으로 기계에 인간의 고차원적인 정보처리 능력(인지, 학습, 추론)을 구현하는 기술을 지능정보기술이라고 하는데, 이는 위에서 살펴본 정보통신기술과 기초과학 기술이 융합된 것이다. 지능정보기술은 크게 인지·학습·추론을 바탕으로 응용분야와 융합하는 인공지능 소프트웨어와 하드웨어, 이를 뒷받침하는 기초과학, 그리고 데이터의 수집·전달·저장·분석을 위한 데이터·네트워크 기술로 이루어진다. 인공지능 소프트웨어는 인간의 지능을 기계에 구현하기 위한 핵심 수단으로 인공지능기술의 기본 바탕이 되는 추론·기계학습 분야와 이를 활용한 기능별 세부 기술로 구분된다. 인공지능 하드웨어는 인공지능 기술의 인프라와 고성능 기술의 역할을 하는데, 현대 인공지능의 주류인 학습기반 인공지능 기술이 요구하는 막대한 계산 수요를 감당하기 위해서는 대용량 데이터를 분산·병렬처리하기 위한 고성능컴퓨팅(HPC) 기술과 고속 연산을 위한 멀티코어·매니코어 프로그래밍 기술이 필요하다. 기초과학은 학습기반 인공지능 알고리즘 자체의 개선을 위한 수학적 접근과 생리학적인 뇌의 특성에 기반한 새로운 인공지능 개념 발견 등 원천기술의 역할을 한다. 마지막으로 데이터·네트워크 기술은 지능정보기술에 필요한 데이

터를 공급하기 위한 기술로, IoT와 모바일 장비를 통해 수집한 빅데이터를 고속 모바일 네트워크(5G)를 통해 전송하면 클라우드에서 저장(스토리지)와 분석(컴퓨팅)이 이루어진다.

ICT의 발전은 또한 과학기술의 발전 자체에도 영향을 미친다. 컴퓨터 부문의 혁신 및 이를 활용하는 과정에서 과학 지식의 성격도 변화하고 있다. 또한 서로 연결된 컴퓨터 네트워크의 확장으로 과학 연구의 참여, 공유, 집단지성에 의한 발견도 가속화되고 있다. 새로운 정보 및 지식의 창출, 축적 속도가 가속화될수록 인간이 이를 모두 이해하고 활용하는 데 한계가 있고, 이에 따라 컴퓨터의 활용이 더욱 증대되며, 과학 지식의 발견을 더욱 활성화시키는 선순환 관계를 형성한다. 곧, 제4차 산업혁명의 기술은 기술발전을 혁신하는 기술의 특성을 갖는다.

제 3 장 제4차 산업혁명 관련 시장 및 정책동향

1. 제4차 산업혁명 관련 기술 M&A시장 및 기업동향

2016년 글로벌 M&A 거래건수는 전년대비 5% 하락한 3,796건을 기록했으나, 거래규모 측면으로는 전년대비 2% 증가한 4,666억 달러를 기록했다. 클라우드, IoT, 인공지능 등 4차 산업혁명에 따른 혁신적 기술에 대한 시장의 기대는 글로벌 기술 M&A시장을 2년 연속 높은 실적으로 이끌었다. 특히 기술M&A시장에서 비기술기업(Non-tech)과 사모펀드(PE: Private equity)의 실적이 전년대비 42%증가하여 비IT기술기업의 기술 M&A 활동이 활발해지고 있음을 알 수 있다. 비IT기업에서 디지털 기술이 접목되는 트랜스포메이션이 가속화됨에 따라 2017년에도 테크놀로지 M&A부문의 성장은 계속 이어질 것으로 예상되며, 인공지능과 머신러닝 등 4차 산업혁명의 핵심적 기술이 시장을 견인할 것으로 분석된다.

미국의 글로벌 인터넷 기업인 구글(Google), 애플(Apple), 페이스북(Facebook), 아마존(Amazon)의 M&A실적을 살펴보면, 주력분야를 기반으로 모바일 생태계 관련 업종으로 분야를 확장한 이후, 인공지능 등 제4차산업 기술기업에 대한 공격적인 M&A를 단행하는 특징을 보인다. 구글은 '14년 딥마인드, 비전 팩토리, 다크블루랩, '16년 아파치를 인수하여인공지능기반 서비스 확대에 실효적이고 주도적으로 대응하고 있다. 애플은 '15년 빅데이터 업체 맵센스, 머신러닝업체 퍼셉시오, 페이스 시프트, '16년 튜리 등을 인수하며 인공지능 기반의 제4차 산업혁명 시대에 대비하고 있다. 페이스북은 14년에는 오쿨러스(VR), Ascenta UK(드론), ProtoGeo Oy(빅데이터), '15년에는 Wit.ai(음성인식), The Find(머신러닝), '16년에

는 AR기업 Pebbles을 인수하는 등 AR, VR 업체 인수에 집중하고 있다. 아마존도 인공지능과 빅데이터 IoT 등 혁신기술 관련 기업들을 인수하며 적극 대응에 나서고 있다. 시장가치가 100억 달러가 넘는 등 기술력과 시장성을 인정받은 비상장 벤처기업인 유니콘(Unicorn)의 경우, 공유경제, 빅데이터 분석, 핀테크, 소셜메시징, 드론 등 혁신적인 기술이나 사업모델을 보유하고 있는 경우가 많다.

한편 벤처캐피탈(VC) 투자 추이를 분야별로 살펴보면, 소프트웨어(SW)의 비중이 '10년 약 22%에서 '16년 약 46%로 2배 이상 확대되며 글로벌 벤처캐피탈(VC) 투자시장의 성장을 주도하고 있다. 이러한 결과는 헬스케어, 핀테크, 인공지능, IoT, 생명공학 등 혁신적인 기술과 비즈니스의 기반이 되는 SW분야 벤처기업에 대한 투자에 관심과 기대가 집중되고 있음을 의미한다. '17년 1분기 기준, 인공지능(AI) 스타트업은 머신러닝, 자연어처리, 플랫폼, 앱, 스마트로봇, 음성인지, 행동인지 등 13개 분야에 1,730여개이며, 이들이 투자받은 금액은 133억 달러에 이른다. AI 스타트업과 더불어 VC투자시장을 견인하고 있는 IoT 스타트업은 '17년 1분기 기준, 농업, 자동차, HW플랫폼, SW플랫폼, 드론, 로봇, 시티, 교육, 헬스케어, 홈, 산업, 리테일 등 20개 분야에 1,808개의 스타트업이 있으며, 총투자금은 320억 달러 규모로 추산된다.

2. 제4차 산업혁명 관련 기업동향 및 주요 혁신 사례

제4차 산업혁명의 주요 혁신사례로 언급되고 있는 1) 스마트팩토리, 2) 자율주행자동차, 3) VR/AR, 4) 드론, 5) 지능형 로봇, 6) O2O(Online to Offline) 등 온오프라인을 아우르는 기술 결합형 비즈니스 모델, 7) 기타 인공지능 기반의 혁신서비스 등 광범위한 분야에서 주도권 선점을 위해 기업 간 경쟁이 심화되고 있는 양상이다.

스마트팩토리는 CPS(Cyber Physical Production System), IoT, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 등 ICT 기술을 제조업 기술과 융합하고, 공장 운영을 위한 설비, 부품 등을 상호연결하여 발생하는 모든 데이터를 분석·제어하는 자동화된 생산체계를 의미한다. GE는 스마트팩토리 구현을 위해 산업인터넷(Industrial IoT) SW 플랫폼인 'Predix'를 개발·적용하고 있으며, 인도 푸네(Pune)지역에 2억 달러 이상을 투자하여 '생각하는 공장(Brilliant Factory)'을 적용한 'Multi-Modal Factory'를 설립하였다. Siemens는 독일 암베르크(Amberg) 지역에 스마트 팩토리(Electronics Works Amberg)를 설치하여 공정 자동화를 통해 매년 1,200만 개의 제품을 생산하고 있다.

자율주행자동차 분야는 현재 Google, Apple, Baidu, Naver, Uber 등의 ICT 업체와 Qualcomm, Nvidia, Intel 등 반도체 업체, Daimler, Volvo, Ford, GM, Tesla 등 완성차 제조업체가 시장 주도권 선점을 위해 치열한 경쟁을 지속하고 있다. ICT 진영의 선도업체로 평가받는 Google의 Waymo는 '17년 1월 디트로이트 모터쇼에서 자사의 자율주행시스템이 탑재된 Chrysler의 Pacifica 미니 밴을 공개하였고, '17년 4월에는 일반 대중을 태우는 자율주행 미니 밴 시범운행 서비스를 애리조나주에서 시작하였다. 반도체업체의 경쟁상황을 살펴보면, Intel은 '17년 3월 153억 달러에 자율주행카메라 기술을 보유한 모빌아이 인수, '17년 1월 지도 및 위치기반 서비스를 제공하는 업체인 'Here'의 지분 매입, Automated Driving Group 신설 등 적극적으로 관련 기업 인수에 나서고 있다. 한편 완성차제조업체 진영은 '17년 Navigant Research가 실시한 경쟁력 조사 결과 Ford, GM, Nissan가 선두그룹으로 선정되었다.

VR/AR기술은 신규 융합제품으로서 제4차 산업혁명을 주도하는 핵심기술로 주목받고 있다. VR/AR분야에서 Google은 안드로이드 N 기반의 VR 플랫폼인 'DayDream'을 발표하였고, Microsoft는 HoloLens 디바이스뿐만 아니라 MR(mixed reality)플랫폼인 'Windows Holographic'을 디바이스 제조업체들에 개방하였다.

군사용 목적으로 기술적 진화를 이뤄 꾸준히 시장을 확대해온 드론은 단순 레저·취미용에서 벗어나 유통업, 교통업, 농업, 방송업 등 다양한 산업영역에서 혁신적인 서비스를 제공할 것으로 예상되고 있다. '17년 3월 미국 내 2위 항공사인 Airbus 그룹은 자동차가 드론택시로 그리고 열차로도 변신이 가능한 신개념 드론 콘셉트(Pop.Up)를 공개하였다. 또한 Google과 Amazon 등도 이미 비용절감을 위해 드론을 배송서비스에 이용하는 프로젝트를 진행하고 있다.

감성 로봇 및 소셜 로봇을 포함한 세계 개인서비스용 로봇 시장은 '13년 18억 4,200만 달러에서 연평균 성장률 19.9%로 '18년에는 45억 7,000만 달러 규모에 이를 것으로 보인다. 감성 로봇으로 대표되는 지능형 로봇 서비스에서 가장 앞서나가고 있는 국가는 일본으로, '99년에 세계 최초의 감성지능형 로봇인 아이보(AIBO)를 선보인 바 있으며, 최근에는 소프트뱅크에서 '15년에 사용자의 표정을 인식하고 각종 정보를 알려주는 기능을 가진 페퍼(Pepper)라는 지능형 로봇을 출시하였다. 우리나라의 지능형 로봇 서비스 산업은 '07년에 ETRI가 개발한 코비(Kobie)와 래비(Rabie) 이래로 최근 10년간 개발이 둔화된 상태다.

O2O(Online to Offline) 서비스는 기존의 단순 중개 역할을 넘어 제4차 산업혁명의 기술발전과 맞물려 새로운 형태로 진화하고 있다. 대표적인 사례는 센싱기술, 인공지능과 기계학습 등을 활용한 아마존의 무인마트 '아마존 고(Amazon Go)'가 있다. 기술과 결합하여 시

장 혁신을 이끌고 있는 국내 사례로, 부동산 O2O 서비스인 '다방'은 월세를 신용카드로 납부할 수 있게 하는 결제 시스템인 다방페이를 개발했다. 의료 O2O 서비스는 규제를 완화하여 혁신 서비스가 도입된 대표적인 사례로 향후 빅데이터 분석 및 인공지능 기술 등과 결합하여 더욱 향상되고 편리한 의료서비스를 제공할 것으로 보인다.

3. 제4차 산업혁명 대응을 위한 주요국의 대응 전략

미국, 독일, 일본, 중국 등 주요국은 제4차 산업혁명 관련 기술 및 서비스 혁신을 국가경쟁력 제고의 기회로 보고, 민간과 정부가 협력하여 적극적으로 대응하고 있다.

미국은 기술과 자금을 보유하고 있는 민간이 상용화 기술과 서비스를 주도하고, 정부가 기초 R&D, 인프라 및 시스템 구축 등 적극적으로 지원하고 있다. 미국정부는 연방정부, 주정부, 학계 및 민간이 협력하는 파트너십을 구축하고, 첨단제조업, 정밀의학, 뇌과학, 스마트시티, 첨단 자동차 등 첨단 산업의 성장을 뒷받침하고 있다. 특히 미국 정부는 제조업의 경쟁력 강화전략인 첨단제조 파트너십 프로그램(AMP: Advanced Manufacturing Partnership)을 중심으로 제조업의 경쟁력 강화를 중심으로 기술개발과 투자를 지속적으로 추진해왔다. AMP전략의 추진주체는 제조혁신 국가 네트워크(NNMI: Nationwide Network for Manufacturing Innovation)로, 국방부, 에너지부, 상무부 산하 국립표준기술연구소(NIST), 미국항공우주국(NASA), 미국과학재단(NSF), 교육부 등 관계부처가 합동으로 참여·운영하고 있다.

독일은 자국 제조업 경쟁력을 기반으로 스마트 제조시스템을 구현하기 위해 '인더스트리(Industry) 4.0'이라는 전략을 수립하였다. 인더스트리 4.0의 핵심은 ICT를 활용하여 생산 시스템을 연결하고 지능을 부여함으로써 효율적이며 유연한 생산 체계인 '스마트공장'을 구축하는 것이다. 인더스트리 4.0 전략은 초기에 독일의 기업을 중심으로 추진되었으나, '15년 이후 민간과 정부 그리고 학계가 참여하는 플랫폼(Platform) 4.0 전략으로 선회하고, 인프라/표준화/기업간 이해조정 등에 정부가 적극적으로 개입하는 방식으로 전환되었다.

일본은 장기침체를 극복하기 위해 제4차 산업에 대비하여 산업/기술/교육/금융/노동 등 사회전반 국가개혁을 추진하겠다는 입장이다. 이를 위해 정부는 '일본재흥전략 2016'을 발표하여 제4차 산업혁명을 핵심 성장 전략으로 설정하고, 생산시스템 고도화를 제조업에 국한하지 않고, 사회 전반 및 국가경제를 변화시키는 광범위한 국가혁신 프로젝트로 설정하였다. 또한 제4차 산업혁명의 핵심기술인 인공지능(AI) 기술 및 산업화 분야의 선도적인 역할을 하기 위해 'AI기술전략회의'를 창설하고 제조, 물류, 의료 등의 분야에 AI를 전면 적용해

서 생산효율성 제고에 힘쓰고 있다.

중국은 제4차 산업혁명을 성장 재도약을 기회로 활용하기 위해 혁신적인 제조업으로의 전환을 위한 '중국제조 2025'전략과 모든 서비스를 인터넷기반으로 재정의하는 '인터넷플러스 전략'을 정부 주도로 추진하고 있다. 중국제조 2025전략에서는 모든 제조업 분야에 걸쳐 혁신역량 제고, 품질 제고, IT·제조업 융합 그리고 친환경성장 등 4개의 과제를 제시하고, 성공적인 달성 여부를 판단하기 위한 정량적 지표와 목표 수준도 설정하였다. '15년 3월에 발표한 '인터넷플러스전략'은 인터넷과 중국 정부가 선정한 창업·혁신, 제조, 농업, 에너지, 금융, 민생, 물류, 전자상거래, 교통, 생태환경, 인공지능 등 11개 분야에 대한 융복합 전략을 포함한다. 중국 정부는 인터넷플러스의 성공적 추진을 위하여 인프라, 혁신촉진, 규제 완화, 국제협력, 인재육성, 진입장벽 완화 등 다방면에서 정책적 지원을 아끼지 않고 있다.

제 4 장 제4차 산업혁명의 파급효과

1. 산업·경제

제4차 산업혁명 시대에 들어서면서 데이터와 지식이 노동, 자본 등 기존의 생산요소를 압도하는 새로운 경쟁원천으로 부상하고 있다. 대규모 설비투자과 인건비 절감 여부 보다는 기술혁신 여부가 기업의 성과에 결정적인 요인으로 작용하면서 데이터와 핵심기술이 결합된 지식자원의 중요성이 확대되고 있다. 데이터와 핵심기술들이 산업의 경쟁 원천으로 부상하면서 이들을 보유한 혁신적인 기업들이 산업을 주도하고 있다. 도서 및 유통 분야의 아마존, 개인운송 분야의 우버, 사진 분야의 인스타그램 등이 대표적인 사례들이다.

ICT 융합의 확산, ICT 기업들의 타산업 진출 등에 따라 산업의 경쟁 구도 역시 변화하고 있다. 최근 몇 년간 ICT 부문에서 뚜렷하게 나타나고 있는 플랫폼 기반의 생태계 경쟁이 확산되고 있다. 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드 등 ICT 기술의 활용 증가는 보다 많은 사용자가 플랫폼 생태계에 참여할 수 있는 환경을 조성하고 있다. 플랫폼 기반 생태계의 핵심은 많은 사용자가 플랫폼에 직접 참여하여 데이터를 지속적으로 생성하는 동시에 활용하는 구조를 형성한다는 점이다. 이러한 플랫폼을 통해 관련 제품과 서비스들이 유기적으로 연결되어 통합 서비스가 제공됨으로써 기존의 제품·서비스(Stand alone 형태)를 압도하게 된다. 제4차 산업혁명의 핵심기술인 지능정보기술은 학습을 통해 성능이 지속적으로 발전되는 특징을 갖고 있기 때문에 우수제품을 시장에 먼저 출시하여 생태계를 구축한

플랫폼 기업들이 시장 지배력을 확대하며 빠르게 성장할 전망이다, 이에 따라 글로벌 시장에서 플랫폼 생태계 확보를 위한 경쟁은 더욱 치열해 질 것으로 보인다.

한편, 제4차 산업혁명 관련 혁신 기술들은 생산과 물류에 긍정적인 영향을 줄 것으로 전망된다. 최근 OECD 조사 보고서에 따르면, 혁신적인 제조 기술들과 디지털 기술들이 결합되면서 제조업체의 생산성을 높이는 사례들이 늘고 있다. 사물인터넷을 도입한 기업들은 평균적으로 18% 정도의 원가 절감을 이룰 것으로 추정되며, 데이터에 의한 의사결정 기업들의 생산성이 일반 기업들에 비해 5~6% 정도 높을 것으로 예상된다(최동용, 2017. 1).

새로운 기술들은 해당 기업과 산업의 생산성을 높임으로써 재무성과도 개선할 것으로 전망되고 있다. 미국 자동차업체들은 '11~'15년 동안 사물인터넷과 데이터 분석 능력을 높임으로써 20억 달러의 비용을 절감한 것으로 보고되고 있으며, 산업인터넷을 활용하여 항공 산업의 운영의 효율성이 1% 높아짐으로써 전 세계 상업 항공 산업의 비용을 연간 20억 달러 절감한 것으로 분석되었다(최동용, 2017. 1).

제4차 산업혁명의 진전에 따른 경제적 파급효과 분석에 대한 연구는 많지 않은 상황이다. 대표적인 연구는 Chen 외(2016)의 연구를 들 수 있다. Chen 외(2016)에 의하면 기업투자를 근거로 제4차 산업혁명의 핵심기술인 인공지능 기술이 세계경제 성장률에 미치는 파급효과는 향후 10년간('16~'25) 1.59~2.95조 달러에 이를 것으로 추정되고 있다. 맥킨지(2016)는 우리나라 정부가 지난해 말 발표한 '지능정보사회 종합대책'을 지원하기 위해 제4차 산업혁명에 따른 국내 경제적 효과를 추정하고 있다. 맥킨지(2016) 분석에 의하면 제4차 산업혁명에 따른 경제적 효과가 2030년 기준 최대 460조원에 달할 것으로 산출하였다. 이 같은 경제적 효과에는 신규매출 증대와 비용절감, 그리고 소비자후생 증가가 포함되어 있다.

2. 고용구조

제4차 산업혁명으로 인한 글로벌 산업의 변화는 일자리의 소멸과 생성 및 직업 구조에 지대한 영향을 미칠 것으로 기대되고 있다. 지능정보시대 이전의 기술 발달이 단순 반복적 작업에 한해서 인간의 노동력을 대체해 온데 반하여, 인공지능 기술의 발달은, 보다 복잡한 사고 능력을 요하는 일자리마저 기술이 인간을 대체할 수 있음을 보여주고 있고, 이로 인하여 사회 전반에 걸쳐 일자리 대체에 대한 공포감(Phobia)을 유발할 정도로 과도한 우려를 자아내고 있다. 이러한 우려 속에 제4차 산업혁명 시대의 고용에 관한 많은 연구와 토론이 진행되고 있으며, 아직까지 기술의 일자리 대체 전망에 대한 비관론과 낙관론이 대립하여

공존하는 가운데 뚜렷한 결과에 도달하지 못하고 있다.

새로운 산업과 직업 출현은 예상하기 어려우나, 기존 일자리 대체는 상대적으로 예측 가능하여 이후 지능정보기술에 따른 고용영향분석은 부정적인 것이 일반적이지만, 지능정보기술 발전에 따라 SW엔지니어 등 기존 일자리 창출 뿐 아니라 신규 직종 창출, 직종 다양성 확대 등의 고용 환경의 구조적 변화가 생길 것은 분명하다. 특히 지능정보기술은 인간의 활동과 지능을 보완하거나 대체할 것으로 예상되므로 전혀 예상하지 못한 직종의 출현 또한 가능하다.

제4차 산업혁명으로 인한 기술·산업 측면의 변화와 일자리 지형의 변화는 고용구조 외에도 요구되는 노동의 종류를 변화시키거나 고용 인력의 '직무역량(Skills & Abilities) 변화'에 영향을 미치고 있다. 제4차 산업혁명은 고용 인력이 직무역량 안정성(Skills Stability)에도 영향을 미치고, 산업분야가 요구하는 주요 능력 및 역량에도 변화가 생겨 '복합문제 해결능력(Complex Problem Solving Skills)' 및 '인지능력' 등에 대한 요구가 높아질 것으로 전망되고 있다. 직무역량과 더불어 자동화 또는 인공지능 등 기술 및 기계의 발전으로 노동력이 대체되더라도 창의성 및 혁신성 등과 같은 인간만의 주요 능력 및 영역은 자동화되지 않을 것으로 보인다.

3. 사회·문화

제4차 산업혁명 시대의 사회문화 패러다임 변화의 주요 특징으로는 첫째, 지능정보기술 기반 의사결정 시스템의 보편화에 따라 삶의 향상과 함께 새로운 사회적 역기능이 우려되고 있다. 먼저, 인공지능 기술을 사용한 시스템 설계 및 시뮬레이션 활성화로 각종 서비스의 비용 감소와 품질향상으로 삶의 편의성 및 소비자 후생을 증대시킬 것이다. 또한 알고리즘을 활용한 인공지능 기술의 발전이 인간의 사회적·경제적 편익을 증대하면서도 알고리즘에 의한 비의도적인 차별성, 편향성, 비도덕성, 편협성 등 알고리즘 기반의 평가시스템이 야기할 편견과 차별 등 새로운 사회·윤리적 이슈가 끊임없이 제기되고 있다. 나아가 인공지능, 로봇 등의 기술 진보가 사회에 긍정적 영향을 끼치기 위해서는 기술의 발달이 사회에 미치는 영향을 미리 예측하고, 이에 대한 적절한 대응방안을 마련하는 것이 중요하다.

둘째, 컴퓨터, 인터넷 중심의 정보화 시대에서 온·오프라인이 융합되어 개인이 스마트 디바이스를 통해 언제 어디서나 인터넷에 접속될 수 있는 초연결시대가 도래하면서 '더 많은 연결'과 '더 빠른 연결'로 인해 언제 어디서나 개인정보의 자유로운 유통은 더욱 가속화될

전망이다. 또한 IoT, 빅데이터 등 확산으로 대량의 개인정보가 실시간으로 수집되고, 인공지능(AI), 로봇틱스 등의 현실화에 따른 지능정보기술과의 결합으로 사람의 개입 없이도 신속하게 처리할 수 있는 사회로 변화 중에 있다. 나아가 다종·다양한 융합 환경의 네트워크 진화와 함께 사이버 위협도 더욱 지능화되고 은밀히 진행되며, 기존 사이버 공간에 국한되었던 피해가 현실공간으로 전이될 수 있다. 따라서 기존 PC, 모바일 기기 중심의 사이버환경과 달리 지능정보화 환경은 보호 대상, 주체, 방법 등에 있어 새로운 정보보호 패러다임으로 접근할 필요가 있다. 아울러 제4차 산업혁명시대에서는 관련한 기술 및 서비스들의 연결성과 개방성이 더욱 촉진될 것으로 예상되는 가운데 이러한 국경을 초월한 개인정보의 국외이전은 심화되는 등 빅데이터 활용과 개인정보보호 환경의 변화가 가속화될 것이다.

셋째, 인간-로봇 공존을 위한 규범(윤리·법) 환경의 변화가 예상된다. 제4차 산업혁명 시대의 새로운 성장 동력으로서 인공지능, 로봇 기술의 발전 및 관련 산업진흥 못지않게 중요한 것이 스스로 판단하고 의사결정을 내리는 로봇에 대한 사회적 수용과정에서의 윤리적 논의이다. 특히, 유럽연합(EU)의 경우 로봇, 인공지능 기술의 발전에 따라 야기되는 다양한 윤리적·법적 이슈에 대한 규범적 차원에서의 '법제화' 움직임이 가장 활발하다. 또한 최근 인공지능 기술의 비약적인 발전은 강한 인공지능(strong AI)의 출현을 굳이 상정하지 않더라도 현행 인간 중심의 법체계에 큰 혼란을 야기할 가능성이 높다. 또한 인공지능이 만든 음악, 그림, 기사 등 창작물이 타인의 저작물을 침해하는 경우, 그 책임을 누가 부담할 것인지 등에 대한 사항은 현 상황에서도 중요한 쟁점이 된다. 따라서 인간과 동등한 법적지위는 아니더라도 인공지능을 가진 로봇이 인간에게 도움을 주는 존재로서 일정한 권리를 갖고 행동할 수 있는 특수한 형태의 법적지위를 부여하는 방안은 검토될 필요가 있다.

제 5 장 제4차 산업혁명 대응을 위한 과학기술·ICT 혁신 정책과제

제4차 산업혁명은 자동화와 무인화, 생산성, 범용성, 데이터 기반 등의 핵심기술들에 내재된 특성들이 상호 작용하면서 촉발되고 있다. 산업수학, 바이오등 기초 과학기술의 급속한 발전과 인공지능, IoT 등 신기술이 확산 및 융합되면서 기존의 산업구조, 고용구조, 사회구조 등을 전반적으로 변화시키고 있다.

제4차 산업혁명은 경제·사회 전반의 변화와 상당한 파급효과를 야기할 대변혁이라는 점에서 정부와 민간의 협력을 통한 범국가적 대응체계를 구축하는 것이 시급하다고 판단된다.

정부는 민간의 역할이 극대화될 수 있도록 시장의 환경을 개선시켜 주는 조력자(Facilitator) 역할을 적극적으로 수행할 필요가 있으며, 이러한 측면에서 두 가지 역할을 생각해 볼 수 있다. 첫 번째는 기술혁신의 결과물이 시장으로 성공적으로 출시될 수 있는 혁신 생태계 조성에 초점을 두는 것이다. 혁신 생태계 조성을 통해 기술혁신의 성과물이 산업과 사회 전반으로 확산될 수 있는 선순환 구조를 구축하는 것이 무엇보다 중요할 것으로 보인다. 두 번째는 제4차 산업혁명으로 인해 야기될 수 있는 잠재적 역기능을 해소할 수 있는 갈등 조정자로서의 역할을 충실히 수행해야 한다. 저출산·고령화, 저성장 고착화 등 현재 당면하고 있는 문제들뿐만 아니라 제4차 산업혁명의 진전에 따라 야기될 수 있는 소득불평등, 중산층의 약화와 같은 위험과 갈등 요인을 기업, 학계, 시민사회 등과 함께 논의할 수 있는 통합적 관점의 생태계를 조성하는 것이 중요하다.

이러한 정부의 역할 관점에서 제4차 산업혁명을 선도할 수 있는 과학기술·ICT 혁신정책 아젠다와 주요과제를 제안하고자 한다. 먼저 범정부 차원의 혁신전략을 기획하고 혁신정책을 종합 조정할 수 있는 시스템을 구축하여, 향후 5~10년간의 혁신정책 방향을 설정하고 주요 실천과제를 도출하는 것이 필요하다. 나아가 R&D혁신 역량 강화, 미래 창의인재 양성 등을 통해 혁신생태계 기반을 구축하고, 미래성장산업 육성, 지능정보산업 생태계 구축, 지능정보사회 제도 확충 등을 통해 산업과 사회로 혁신이 확산되고 선순환 될 수 있는 환경을 조성해야 한다.

1. 범정부 차원의 국가 혁신전략 수립 및 거버넌스 구축

제4차 산업혁명에 대응한 과학기술·ICT기반의 국가혁신 전략을 기획하고, 관계 기관 간 협의가 필요한 사항을 효율적으로 조정하는 등의 종합적이고 지속가능한 혁신 정책추진 및 집행을 위한 거버넌스를 마련할 필요가 있다. 구체적으로 제4차 산업혁명을 선도하기 위한 과학기술·ICT 기반의 혁신 거버넌스를 통해 범정부 차원의 혁신전략을 기획하고 정책을 종합적으로 조정하는 기능을 부여하는 것이 중요하다. 한편, 제4차 산업혁명이 초래할 사회경제적 변화에 대한 과학적인 예측과 대응을 위한 중장기 기술혁신 전략을 수립할 필요가 있다. 제4차 산업혁명의 준비가 다소 늦은 우리나라는 ‘인력·기술 혁신’이 ‘산업’, ‘정부’ 나아가 ‘사회’로 혁신이 확산될 수 있도록 분야별 혁신 자체가 갖는 영향력보다는 보다 광범위한 경제·사회적 파급력을 갖는 국가 차원의 집중적 지원이 필요하다. 무엇보다 혁신의 주체인 민간부문의 역할이 극대화될 수 있도록 시장 환경을 개선하는데 노력할 필요가 있다.

2. R&D 혁신역량 강화

제4차 산업혁명의 변화에 효과적으로 대응하기 위해서는 R&D 체계의 근본적인 개편을 통해 지속적 혁신이 가능한 생태계를 조성하는 것이 중요하다. 과학기술·ICT 기반의 제4차 산업혁명 주도를 위해 우선적으로 기업에서 적극적으로 수행하기 어렵거나 성장가능성이 큰 유망분야의 경우 기초과학 R&D 투자를 전략적으로 확대할 필요가 있다. 인공지능, 자율주행자동차, 드론 등의 첨단기술은 응용과학 이전에 기초과학 기술력이 필요하므로 지능정보기술을 한 단계 끌어올리기 위해서는 기초과학 연구가 뒷받침 되어야 한다. 특히 뇌과학, 산업수학, 바이오, 나노 등 이론적 기초를 제공하는 과학기술 분야와 언어 시각지능, 지능형 반도체, ICBM(IoT, Cloud, Big Data, Mobile) 등 선진국과의 격차 극복이 필요한 기술 분야는 대학 및 연구소를 중심으로 안정적이고 장기적인 선도형 R&D가 추진되어야 한다. 한편으로는 기업현장 및 수요 중심의 R&D 지원을 위해 Bottom-up 방식을 적극 도입하고, 목표지향·도전적 문제해결 중심의 연구를 촉진할 필요가 있다. 'Roboetics Fast Track', 'Robotics Challenge' 등을 추진하는 미국 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency) 사례 등을 참조하여 '경쟁형-후불지원 방식'을 적극 도입해야 한다.

3. 창의혁신 인재 양성

제4차 산업혁명의 발전을 주도하기 위해서는 설비, 자금 등 물적 투자 못지않게 고숙련된 융합지식을 보유한 창의적 인재의 양성이 필수적이다. 제4차 산업혁명 시대에는 기존의 직무들이 더욱 전문화·세분화될 것이므로 융합형 지식과 과학기술·ICT를 바탕으로 하는 핵심역량을 보유한 전문인재 육성이 필요하다. 우선 융합인재 양성을 위한 STEAM 프로그램을 대폭 확대하여 초중고 교육과정에서부터 SW 개발, 인공지능(AI)과 빅데이터 분석 등 미래기술 분야에 능통한 창의적 인재를 조기에 발굴·육성해야 한다. 또한 제4차 산업혁명에서 요구하는 창의적이고 융합적 지식의 소양을 갖추기 위해서는 역량 강화 중심의 교육이 필요하므로 기존의 암기·주입식이 아닌 문제해결형·사고력 중심의 교육시스템으로 전환할 필요가 있다. 끝으로 맞춤형 실무인력 양성을 위해 실제 고용과 연계될 수 있는 직무 교육 확대와 현장맞춤형 교육을 강화할 필요가 있다. 현장 중심의 실습교육이 더욱 확대되어야 하며, 이를 위해 채용연계형 산업인턴제 확대, 현장교육 산업체에 인센티브 부여, 문제해결형 평가제도 개발, 실험·실습 인프라 확충 등 정부의 적극적인 제도적 지원이 수반되어야 할 것이다.

4. 미래 신성장동력 육성

저성장 기조, 고령화 사회 진입 등 침체 국면의 우리나라 경제 상황을 타개하기 위해서는 다양한 산업분야에서 융복합을 통한 신성장동력 발굴이 중요하다. 과학기술·ICT 기반의 융합 활성화를 통해 산업경쟁력을 개선해 나갈 수 있는 정책 방안 마련이 시급하다. 과학기술·ICT 기반의 인프라를 고도화하고, 융합 및 규제개혁 등을 확대해 융복합 신산업이 성장할 수 있는 기반을 구축하는 것이 필요한 시점이다. 우리나라뿐만 아니라 전 세계 주요국에서는 신성장동력 발굴을 위해 과학기술·ICT를 기반으로 새로운 부가가치를 창출할 수 있도록 정책적 지원을 확대하고 있다. 실제로 각국에서 지원하는 혁신 정책의 대부분이 과학기술과 ICT를 기반으로 추진되고 있다는 점과 미래 사회 및 산업구조는 '초연결성'과 '초지능성'을 중심으로 개편되고 있다는 점에서 과학기술과 ICT의 중요성이 더욱 강조될 필요가 있다. 이에 따라 과학기술·ICT를 기반으로 하는 제조업·서비스업에서의 융합현상을 더욱 확산해 나갈 필요가 있으며, 이러한 과정에서 제4차 산업혁명이라는 패러다임의 변화 속에 미래사회를 선도하기 위한 유망 산업을 조기 선정하여 집중적인 지원과 투자를 아끼지 않아야 할 것이다.

5. 지능정보산업 생태계 구축

제4차 산업혁명을 선도할 지능정보산업의 혁신 생태계 기반을 구축할 필요가 있다. 우선 지능정보사회는 지식·데이터 중심으로 경쟁력이 전환되므로 국가데이터 관리체계를 확립하여 기계가 학습할 수 있는 대규모 데이터 기반을 구축하고, 데이터가 프라이버시 침해 없이 안전하게 유통·활용될 수 있도록 관련 규제 및 법제도 개선을 통해 데이터 유형별로 차별화된 전략을 추진할 필요가 있다. 또한 정부는 국방·치안, 행정 등 국가·공공서비스에 선제적으로 지능정보기술을 도입하여 국민들에게 안전하고 편리한 고품질의 지능화된 공공서비스를 제공하고, 나아가 관련 민간산업 전반에 지능정보기술 도입을 촉진하기 위한 마중물 역할을 수행할 필요가 있다. 아울러 정부는 양극화, 인간소외 등 지능정보사회의 역기능 문제 해결을 위한 체계적인 시스템을 구축하여 인간 중심의 지능정보문화 창달 및 확산을 위한 노력도 함께 진행할 필요가 있다. 이와 함께 방송통신·전파 자원의 효율적인 운영과 함께 사이버 침해 대응 등 정보보호 및 보안이 내재화된 데이터·서비스 중심의 초연결 네트워크 환경을 구현할 필요가 있다.

6. 지능정보사회 제도 정비

지능정보사회에 대응한 선제적 윤리 및 법제를 정비할 필요가 있다. 로봇, 인공지능 등 지능정보기술의 이용 및 확산은 인간과 사회에 혜택을 주기도 하지만 잠재적으로 인간의 존엄성과 안전, 프라이버시, 완전성, 자율성 등에 위협요인으로 작용할 우려가 높은 만큼 지능정보기술에 관한 윤리 및 법제도적 대응이 시급히 요구된다. 또한 인공지능의 자율적인 의사결정 및 행위로 인하여 타인(他人)에게 생명·신체·재산상 손해가 발생한 경우, 법적책임의 귀속주체, 책임범위와 보상방법 등을 판단에 있어 현행 책임관련 규정 및 요건을 그대로 적용하기에는 한계가 있다. 따라서 인간 중심의 지능정보사회를 구현하고, 지능정보기술의 안전한 활용을 담보할 수 있도록 지능정보기술 윤리와 안전에 관한 구체적인 윤리기준이 제시된 지능정보기술의 개발 및 이용에 관한 ‘윤리헌장’을 제정할 필요가 있다. ‘윤리헌장’은 기본적으로 지능정보기술의 연구, 개발, 이용에 대한 인간존엄, 프라이버시, 안전 등의 공통적인 일반원칙을 설정하고, 구체적으로 지능정보기술의 오작동·남용을 최소화하기 위한 설계자, 개발자, 이용자 등의 관련 당사자들이 취해야 할 개별적 행동 준칙을 제시할 필요가 있다. 또한 향후 지능정보기술의 보편화·일상화로 인한 사회적 변화는 과거 기술적 변화보다 전면적으로 이루어질 것으로 예견되는 바, 기존의 법제도들을 활용하는데 한계가 있을 수밖에 없으므로 이를 극복하기 위한 입법적 차원의 대응도 함께 필요하다.

SUMMARY

The Fourth Industrial Revolution, which involves innovation of existing industries and creation of new ones by technologies such as IoT, big data, and AI, is leading to drastic changes in the social, economic, cultural, and political realms. As science and ICT coevolve, their importance as media for improved efficiency and creation of values in social, political, cultural and economic fields is growing. Major countries including the U.S., Japan, Germany, and China are actively dealing with the changes brought by the Fourth Industrial Revolution and expansion of ICT convergence technologies. It is necessary for the Korean government to propose national agenda for the establishment and implementation of innovative policies for leading the Fourth Industrial Revolution based on science and ICT.

This report consists of the followings: In Chapter 2, concepts and characteristics of the Fourth Industrial Revolution and the roles of science and ICT were considered. It is seen that the Fourth Industrial Revolution generates new types of knowledge through the convergence of science and ICT, as well as bringing about various innovations through the evolution of science and ICT. Chapter 3 examined the trends of businesses and policies related to the Fourth Industrial Revolution. First, an observation of market values and trends related to breakthrough technologies was made with focus on the venture capital market and M&A market. Then, trends of businesses and major cases of innovation related to the Fourth Industrial Revolution were examined, in addition to response strategies to the Fourth Industrial Revolution introduced by different countries. In Chapter 4, various effects of the Fourth Industrial Revolution were considered in terms of industrial economy, employment structure and social culture, as well as the extent and roles of the government's preemptive actions to domestic and global environmental changes. In Chapter 5, policy tasks for the innovation of science and ICT to deal with the Fourth Industrial Revolution were proposed. The research report provides the present status and limitations of the current government support policies for policy tasks.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction

Section 1-1. Background

Section 1-2. Purpose and Main Contents

Chapter 2. Characteristics of the Fourth Industrial Revolution and the Roles of Science, Technology and ICT

Section 2-1. Concept and Characteristics of the Fourth Industrial Revolution

Section 2-2. Fourth Industrial Revolution and the Roles of Science, Technology, and ICT

Chapter 3. Business and Policy Trends in Relation to the Fourth Industrial Revolution

Section 3-1. M&A Trends to the Fourth Industrial Revolution

Section 3-2. Business Trends and Major Innovation Cases Related to the Fourth Industrial Revolution

Section 3-3. Strategies to Respond to the Fourth Revolution in Major Countries

Chapter 4. Ripple Effects of the Fourth Industrial Revolution

Section 4-1. Industrial and Economic Dimensions

Section 4-2. Employment and Structural Dimensions

Section 4-3. Social and Cultural Dimensions

Chapter 5. Policy Implications of Innovation in Science, Technology, and ICT to Respond to the Fourth Industrial Revolution

Section 5-1. Developing Intra-Governmental National Innovation Strategies and Establishing Governance

Section 5-2. Strengthening R&D Innovation Capabilities

Section 5-3. Nurturing Creative and Innovative Talent

Section 5-4. Promoting New ICT-Based Driving Forces

Section 5-5. Building an Ecosystem for the Intelligent Information Industry

Section 5-6. Improving Systems for an Intelligent Information Society

목 차

국문요약문	3
영문요약문	19
제 1 장 서 론	29
제 1 절 연구의 배경	29
제 2 절 연구의 목표 및 주요내용	31
제 2 장 제4차 산업혁명의 특징과 과학기술·ICT의 역할	34
제 1 절 제4차 산업혁명의 개념과 특징	34
제 2 절 제4차 산업혁명과 과학기술·ICT의 역할	36
1. 제4차 산업혁명을 이끄는 동력으로서의 기술	36
2. 세부기술	40
제 3 장 제4차 산업혁명 관련 기업 및 정책동향	51
제 1 절 제4차 산업혁명 관련 기술 M&A시장 및 기업동향	51
1. 시장동향	52
2. 기업동향	53
제 2 절 제4차 산업혁명 관련 기업동향 및 주요 혁신 사례	59
1. 스마트팩토리	59
2. 자율주행자동차	62
3. VR/AR	65
4. 드론	68
5. 지능형 로봇	69
6. O2O(Online to Offline)	72
7. 기타 인공지능 기반 혁신 서비스	75
제 3 절 제4차 산업혁명에 따른 주요국의 대응 전략	77
1. 미국	77
2. 독일	80

3. 일본	83
4. 중국	86
5. 소결 및 시사점	89
제 4 장 제4차 산업혁명의 파급효과	91
제 1 절 산업·경제적 측면	91
1. 산업 구조의 변화	91
2. 경제적 파급효과	95
제 2 절 고용 구조적 측면	98
1. 고용 구조의 변화	98
2. 직업 구조의 변화	103
제 3 절 사회·문화적 측면	106
1. 의사결정 시스템의 보편화에 따른 삶의 질 향상과 사회적 역기능	106
2. 빅데이터 활용과 개인정보보호 환경의 변화	108
3. 인간-로봇 공존을 위한 규범(윤리·법) 환경의 변화	112
제 5 장 제4차 산업혁명 대응을 위한 과학기술·ICT 혁신 정책과제	116
제 1 절 범정부 차원의 국가 혁신전략 수립 및 거버넌스 구축	118
제 2 절 R&D 혁신역량의 강화	120
제 3 절 창의혁신 인재 양성	123
제 4 절 미래 신성장동력 육성	125
제 5 절 지능정보산업 생태계 구축	128
제 6 절 지능정보사회 제도 정비	130
참고문헌	134
[부록 1] 제4차 산업혁명 대응을 위한 과학기술·ICT 정책 우선순위 조사	142

표 목 차

〈표 1-1〉 UBS에 의한 제4차 산업혁명 준비도	30
〈표 2-1〉 산업혁명의 역사적 전개와 특징	37
〈표 2-2〉 제4차 산업혁명을 이끄는 기술	38
〈표 2-3〉 인공지능기반의 응용산업 소분야별 내용	45
〈표 2-4〉 세계 주요 ICT 기업의 빅데이터 현황	48
〈표 3-1〉 글로벌 인터넷기업들의 주요 M&A실적(2013년 이후)	54
〈표 3-2〉 글로벌 상위 유니콘 기업 현황	55
〈표 3-3〉 자율주행차 부문 주요 업체의 최근 동향	65
〈표 3-4〉 지능형 로봇 사례	71
〈표 3-5〉 신 미국혁신전략의 주요 내용	78
〈표 3-6〉 미국의 첨단 제조업 경쟁력 전략(AMP)의 주요 내용	78
〈표 3-7〉 디지털아젠다(Digital Agenda) 2014~2017의 7대 정책방향	82
〈표 3-8〉 독일의 디지털전략 2025의 10대 정책방향	83
〈표 3-9〉 제4차 산업혁명에 대한 일본 정부의 7가지 대응방침	84
〈표 3-10〉 중국 제조 2025, 4대 과제와 주요지표	86
〈표 3-11〉 중국 제조 2025, 10대 중점 육성산업	87
〈표 3-12〉 중국 '인터넷플러스' 발전 목표	88
〈표 3-13〉 중국의 인공지능 정책방향	88
〈표 3-14〉 주요국의 제4차 산업혁명에 대한 대응전략	89
〈표 4-1〉 제조업과 서비스의 융합 사례	94
〈표 4-2〉 제4차 산업혁명의 고용 부문 파급효과 전망	99
〈표 4-3〉 지능정보기술로 인한 일자리 창출 효과 추정	100
〈표 4-4〉 스마트 기술에 의한 제조·서비스 분야 고용 대체가능성	102
〈표 4-5〉 산업분야별 요구 직무역량 변화 전망(2015~2020)	104
〈표 5-1〉 인공지능 윤리제정 현황 및 주요내용	132

그 림 목 차

[그림 1-1] 국가별 과학기술 인프라 경쟁력 현황(2015~2016)	31
[그림 2-1] 산업혁명 과정 비교	34
[그림 2-2] 제4차 산업혁명의 주요 특징	35
[그림 2-3] 데이터활용 기술의 ICBM 관계도	49
[그림 3-1] 2016년 Technology 부문 M&A시장 추이	52
[그림 3-2] 2016년 Technology 부문 M&A 동향	53
[그림 3-3] 전 세계 상위 인터넷 기업 현황(2016년 기준)	56
[그림 3-4] 분야별 글로벌 벤처캐피탈 시장 추이(2010~2016)	57
[그림 3-5] 인공지능(AI) 스타트업의 투자현황	58
[그림 3-6] IoT 스타트업의 투자현황	59
[그림 3-7] GE의 'Brilliant Factory'	60
[그림 3-8] PREDIX 활용한 Gas Monitoring System	60
[그림 3-9] SIMENS의 'MindSphere'	61
[그림 3-10] SIMENS의 'EWA'공장	61
[그림 3-11] Amazon의 'KIVA Robot'	62
[그림 3-12] VR/AR 생태계 구성 현황	66
[그림 3-13] Facebook Spaces 'Social VR' 서비스	67
[그림 3-14] Foxsports의 US Open VR 중계	67
[그림 3-15] Airbus의 '팝업드론'	69
[그림 3-16] Amazon의 'Prime Air'	69
[그림 3-17] 소프트뱅크의 '페퍼'	70
[그림 3-18] 치료용 로봇 '파로'	70
[그림 3-19] Amazon의 'Amazon Go'	73
[그림 3-20] O2O 주차서비스의 개요	73
[그림 3-21] Amazon의 'Echo'	76
[그림 3-22] SK텔레콤의 '누구'	76
[그림 3-23] 브레인 이니셔티브 주요 연구자별 투자안	79

[그림 3-24] 인더스트리 4.0의 개념도	80
[그림 3-25] 인더스트리 4.0과 플랫폼 4.0	81
[그림 3-26] 독일의 산학연 협력 프로젝트 방식	81
[그림 3-27] 독일 Fraunhofer 연구기구 구조 및 역할	82
[그림 3-28] 제4차 산업혁명 일본 정부 로드맵	84
[그림 3-29] 일본의 AI 연구개발 체계 및 산업화 로드맵	86
[그림 4-1] 제4차 산업혁명의 주요 변화 동인	91
[그림 4-2] 2006년과 2016년 시가총액 10대 기업 비교	92
[그림 4-3] 2030년 기준, 국내 지능정보기술 도입에 따른 경제효과	96
[그림 4-4] 미래 유망 10대 신서비스별 파급효과	97
[그림 4-5] 미국 내 직종의 대체확률별 고용인원	101
[그림 4-6] 미래 산업분야에서 요구하는 직무역량	105
[그림 4-7] 인공지능이 야기한 사회·윤리적 이슈의 예	108
[그림 4-8] 국내 스마트폰 가입자 수(좌) 및 태블릿PC 가입자 수(우)	109
[그림 4-9] 소셜미디어 데이터 생산 및 이용현황	110
[그림 4-10] 글로벌 빅데이터 시장전망(좌) 및 국내 빅데이터 시장규모(우)	111
[그림 5-1] 제4차 산업혁명의 메커니즘	117
[그림 5-2] 제4차 산업혁명 대응 체계 및 주요 정책 아젠다	118
[그림 5-3] 연도별 연구비 탄력적 지원과 연구목표 변경 간소화 개념	122
[그림 5-4] 현재 추진 중인 국가 전략 프로젝트 주요 내용	127
[그림 5-5] 지능정보기술 활용을 통한 전 산업의 지능정보화 촉진	129
[그림 5-6] 개인정보 침해신고·상담접수 현황	129

제1장 서론

제1절 연구의 배경

다보스포럼(2016)이 제4차 산업혁명은 “디지털을 통해 자동화와 연결성이 극대화되는 변화를 의미”하는 것으로 규정한 이후, 제4차 산업혁명에 대한 의미와 개념에 대한 다양한 논의가 이어지고 있다. 국가별로 중점을 두는 산업과 핵심기술 분야에 따라 제4차 산업혁명을 바라보는 시각차가 존재하지만, 공통적으로 지적되는 것은 제4차 산업혁명은 초연결과 지능화를 기반으로 한 디지털 대변혁(Digital Transformation)을 야기할 것이라는 점이다. 이런 측면에서 개념적으로는 ‘디지털혁명’으로 지칭되는 ‘제3차 산업혁명’과 유사한 것으로 볼 수 있지만¹⁾, 우리가 제4차 산업혁명을 주목하는 이유는 2016년 다보스포럼에서 클라우드 슈밥 회장이 지적한 것처럼 파급력이나 속도, 그리고 범위에 있어서 많은 차이가 있을 것으로 예측된다는 데 기인하고 있다. 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터 등의 핵심기술들은 고도의 생산성과 효율성을 창출하면서 산업과 경제 구조, 고용구조 전반의 변화를 가속화시킬 것으로 전망되고 있다. Chen 외(2016)에 의하면 기업투자를 근거로 인공지능 기술이 세계경제성장률에 미치는 파급효과는 향후 10년간(‘16~’25) 1.59~2.95조 달러에 이를 것으로 추정되고 있다.

제4차 산업혁명의 진전에 따른 파급력, 속도, 범위 등을 정확하게 예측하기 어렵다는 불확실성이 존재하지만, 핵심기술들의 진화와 기술간 융합을 통한 기술 혁신이 산업과 생활 전반에 파급되어 산업구조, 고용구조 등 사회·경제 전반의 상당한 변화가 진행될 것이라는 점은 분명해 보인다. 과거 우리가 경험한 산업혁명이 주는 교훈이 시사하듯이, 기술혁신이 산업과 사회 전반으로 파급되기 위해서는 생산성 향상과 함께 신기술이 초래할 갈등을 사회적 합의로 해결하는 것이 중요할 것으로 판단된다. 제4차 산업혁명이라는 구조적 변화에 효율적이고 선제적인 대응을 통해 최근 우리나라가 직면하고 있는 저성장, 청년 실업, 그리고 다양한 사회현안 문제들을 해소해 나가는 노력이 매우 시급한 시점이다.

1) 인공지능, IoT, 빅데이터 등 ICT 기반 기술들이 핵심동인이라는 측면에서 2차 정보화 혁명, 디지털 트랜스포메이션 등의 다양한 용어로도 설명되고 있다. 제레미 리프킨은 저서 ‘제3차 산업혁명(2011)’, ‘한계비용 제로사회(2014)’에서 인공지능, 사물인터넷 등의 기술 진화로 인터넷 기반의 융합이 활성화되면서 창출되는 효율화된 미래를 제3차 산업혁명으로 지칭하고 있다.

그러나 우리나라의 제4차 산업혁명 준비 수준은 주요국에 비해 뒤쳐져 있거나 신흥국들의 추격을 받고 있는 것으로 나타나고 있다. UBS(2016)에서 45개국에 대해 제4차 산업혁명 대응준비 수준을 평가한 결과, 미국은 5위, 독일은 13위를 기록한 반면, 우리나라는 25위로 낮은 평가를 받고 있다. 이번 조사에는 미국, 독일, 일본 등의 23개 선진국과 러시아, 인도, 중국 등 22개 개발도상국이 포함되어 있다. 중국이 첨단 기술 분야에서 우리나라와의 격차를 매우 빠르게 좁히고 있는 것으로 나타났으며, 노동시장, 교육 시스템, 법률 시스템 등의 지표에서 다른 국가들에 비해 매우 취약한 것으로 지적되고 있는 점이 우리나라의 제4차 산업혁명 준비도가 매우 낮게 나타난 주요인으로 작용한 것으로 보인다.

〈표 1-1〉 UBS에 의한 제4차 산업혁명 준비도

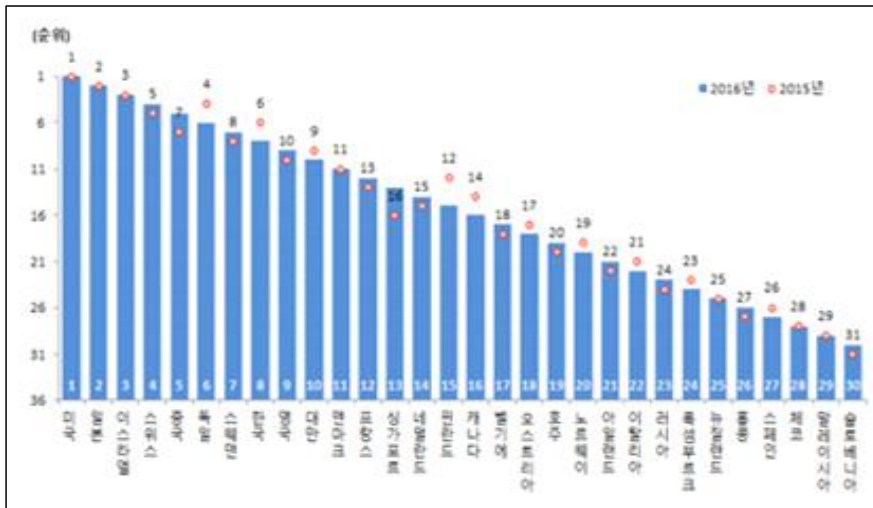
	한국	미국	일본	독일	중국
전체	25	5	12	13	28
노동시장	83	4	21	28	37
교육 시스템	23	6	21	17	68
법률 시스템	62	23	18	19	64

자료: UBS(2016)

제도적인 측면 이외에 기술혁신의 성과에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 과학기술경쟁력도 최근 들어 다소 하락한 것으로 나타났다. 2016년 IMD 세계경쟁력연감에 따르면, 우리나라의 국가경쟁력은 29위로 전년 대비 4단계 하락하였으며, 과학 인프라 순위는 8위로 전년 대비 2단계 하락하였다. 과학기술 인프라 경쟁력 순위에서는 미국과 일본이 각각 1위와 2위를 지키고 있으며, 중국은 작년 7위에서 5위로 순위가 상승하여 우리나라를 앞지른 것으로 나타났다.

제4차 산업혁명의 핵심은 과학기술·ICT 기반 융합을 바탕으로 한 기술혁신에 있다는 점을 감안하면 최근의 과학기술 경쟁력의 하락은 하루 빨리 개선해 나가야 할 점이라고 판단된다.

[그림 1-1] 국가별 과학기술 인프라 경쟁력 현황(2015-2016)



자료: 한국과학기술기획평가원(2016)

과학기술은 ICT와 융합하여 새로운 형태의 지식을 창출하고, ICT의 혁신과 이를 활용하는 과정에서 과학지식의 성격도 변화하면서 공진화하고 있다. 이러한 과정에서 과학기술과 ICT 융합을 통한 다양한 혁신 제품과 서비스가 창출되고, 기술혁신의 결과가 사회·경제 변화를 야기하는 촉매제가 되고 있다. 미국, 일본, 독일, 중국 등 주요 국가들은 이러한 과학기술과 ICT 융합의 확산이라는 패러다임 변화에 적극 대응하여 국가 정책의 패러다임을 전환하고 있다. 미국의 '신 미국 혁신전략(New Strategy for American Innovation)', 독일의 '플랫폼 Industry 4.0', 일본의 '로봇신전략', 중국의 '중국 제조 2025' 등이 대표적인 정책들이다. 우리나라도 제4차 산업혁명을 선도할 수 있는 과학기술·ICT 기반의 혁신정책을 수립하는 것이 시급한 시점이라고 판단된다.

제2절 연구의 목표 및 주요내용

본 연구는 제4차 산업혁명에 선도적으로 대응할 수 있는 과학기술·ICT기반 혁신정책을 수립·추진하기 위한 국가적 정책 아젠다를 발굴, 제시하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 제4차 산업혁명 관련 환경 변화와 기업 동향 분석, 제4차 산업혁명이 야기할 사회·경제적 파급효과 분석, 과학기술·ICT의 미래 역할 분석, 제4차 산업혁명 대응 관련 과학기술·ICT 정책 현황 분석 등을 수행한다.

연구의 주요 내용과 구성은 다음과 같다.

제2장에서는 제4차 산업혁명의 개념과 특징을 살펴보고 과학기술 및 ICT의 역할을 고찰하였다. 제4차 산업혁명은 산업수학, 바이오 등 기초과학 기술의 급속한 발전과 인공지능, ICBM 등의 지능정보기술 확산에 의하여 촉발되고 있다. 이전에는 서로 단절되어 있던 분야들이 경계를 넘어 분야간 융복합을 통해 발전해나가는 ‘기술혁신’의 패러다임 전환이 일어나고 있다. 본 장에서는 이러한 측면에서 제4차 산업혁명에서 핵심역할을 수행하는 과학기술·ICT의 세부 분야별 기능과 역할을 정리, 제시하는 데 초점을 두고 있다.

제3장에서는 제4차 산업혁명 관련 기업동향과 정책동향을 살펴보았다. 먼저 벤처캐피탈(VC)시장과 인수합병(M&A) 시장을 기반으로 혁신기술에 대한 글로벌 추이를 살펴보고, 주요 글로벌 기업들의 M&A 특징을 분석해보았다. 이어서 제4차 산업혁명 관련 기업동향 및 주요 혁신사례를 살펴보고, 각 국에서 추진하고 있는 제4차 산업혁명 관련 대응전략도 살펴보았다.

제4장에서는 제4차 산업혁명의 파급효과를 산업·경제적 측면, 고용 구조적 측면, 사회 문화적 측면으로 구분하여 분석하고 있다. 첫째, 제4차 산업혁명은 경제구조 측면에 광범위한 영향을 미치고 있다. 데이터와 지식이 산업의 새로운 원천으로 부각되고, 플랫폼 중심으로 산업의 경쟁방식이 변화함에 따라, 기술 선점기업의 독과점 현상이 심화될 가능성이 증대되는 등 산업구조의 근본이 변화하고 있다. 둘째, 제4차 산업혁명은 고용구조 패러다임을 변화시키고 있다. 지능정보기술의 발달은 기술의 일자리 대체 가능성에 대한 논쟁을 불러일으키고 있으며, 산업 분야가 요구하는 주요 능력 및 역량을 변화시키고 있다. 셋째, 제4차 산업혁명은 사회문화 패러다임을 변화시키고 있다. 지능정보기술 기반 의사결정 시스템의 보편화에 따른 각종 서비스의 비용감소 및 품질향상으로 삶의 편의성이 증대하고 생활 전반에 걸쳐 개인 맞춤형 서비스의 제공이 확대되고 있다. 한편, 양극화, 프라이버시, 인간 소외 등의 사회적 역기능 문제도 함께 제기되고, 초연결시대의 도래와 초지능정보사회로의 발전에 따른 데이터 활용과 개인정보보호 환경도 함께 변화하고 있다. 아울러 인간과 로봇이 공존을 위한 지능정보기술의 윤리 및 안정성 확보 및 인간 중심의 법체계 환경 변화에 따른 규범적 차원에서의 논의도 가속화되고 있다.

제5장에서는 제4차 산업혁명 대응을 위한 과학기술·ICT 혁신 정책을 6개 부문으로 구분하여 분야별 정책방향과 세부 정책과제들을 제시하고 있다. 주요 내용은 아래와 같다.

첫째, 기술, 인력, 제도 등의 혁신을 통해 기술혁신이 활성화될 수 있는 생태계를 조성하고, 생태계에서 창출되는 혁신의 결과물들이 산업과 사회 전 분야로 확산될 수 있도록 범정부 차원의 국가 혁신전략을 기획/조정하고, 거시적이고 체계적인 대응을 위한 거버넌스를

구축할 필요가 있다.

둘째 제4차 산업혁명의 변화에 효과적으로 대응하기 위해서는 R&D 체계의 근본적인 개편을 통해 국가 R&D 투자의 효율성을 지속적으로 향상시키는 노력이 중요하다. 기업에서 적극적으로 수행하기 어렵거나 성장가능성이 큰 유망분야의 경우 기초과학 R&D 투자를 전략적으로 확대할 필요가 있다. 또한 기업현장 및 수요 중심의 R&D 지원을 위해 Bottom-up 방식을 적극 도입하고, 목표지향·도전적 문제해결 중심의 연구를 촉진할 필요가 있다.

셋째 융합인재 양성을 위한 STEAM 프로그램을 대폭 확대하여 초중고 교육과정에서부터 SW 개발, 인공지능(AI), 빅데이터 분석 등 미래기술 분야에 능통한 창의적 인재를 조기에 발굴·육성해야 한다. 또한 기존의 암기·주입식이 아닌 문제해결형·사고력 중심의 교육시스템으로 전환할 필요가 있다. 제4차 산업혁명에서 요구하는 창의적이고 융합적 지식의 소양을 갖추기 위해서는 역량 강화 중심의 교육이 필요하다. 그리고 맞춤형 실무인력 양성을 위해 실제 고용과 연계될 수 있는 직무 교육 확대와 현장맞춤형 교육을 강화할 필요가 있다.

넷째 저성장 기조, 고령화 사회 진입, 고용둔화 등 구조적 문제에 직면한 우리나라 경제 상황을 타개하기 위해서는 다양한 산업분야에서 융복합 현상을 촉진하는 ICT를 기반으로 신성장동력을 발굴하여 과학기술 경쟁력을 확보하는 방안 마련이 필요하다. 제4차 산업혁명을 대비하고 미래사회 변화를 선도하기 위해 국가차원에서 전략분야를 선정하고, 해당 기술 및 산업 분야로의 투자확대 등을 통해 과학기술 경쟁력 강화를 도모할 필요가 있다.

다섯째 방송·통신·전파 자원의 효율적 운영, 정보보호·보안이 내재화된 데이터 거래 활성화, 서비스 중심의 초연결 네트워크 환경 구축 등을 추진하고, 사회 전반의 지능정보화 촉진을 통한 제4차 산업혁명을 선도할 지능정보산업 혁신 생태계 기반 구축도 중요한 과제로 추진해야 한다.

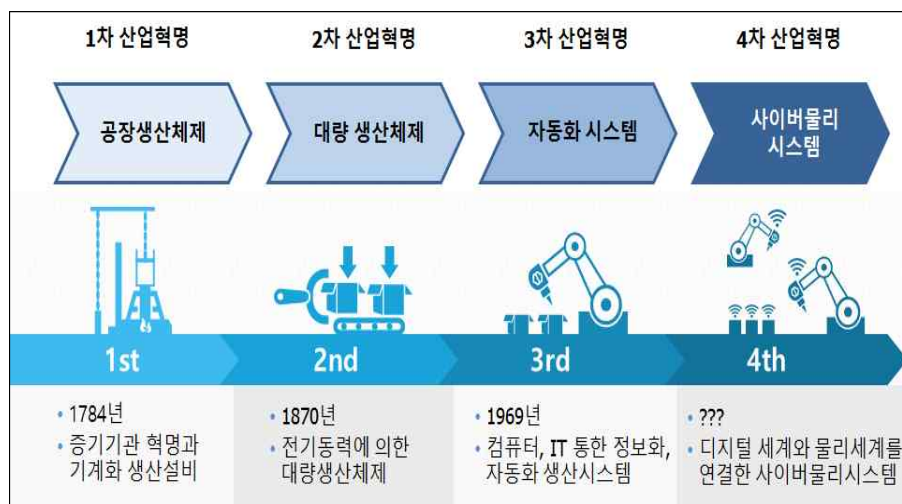
마지막으로, 지능정보기술 이용 및 확산이 인간과 사회에 혜택을 주기도 하지만 잠재적으로 인간의 존엄성과 안전, 프라이버시, 완전성, 자율성 등에 위협요인으로 작용할 우려도 높은 만큼 선제적으로 지능정보기술에 관한 윤리 및 법제도적 대응이 이뤄질 필요가 있다.

제 2 장 제4차 산업혁명의 특징과 과학기술·ICT의 역할

제 1 절 제4차 산업혁명의 개념과 특징

산업혁명은 18세기 중반부터 19세기 초반까지 영국에서 시작된 기술의 혁신과 이로 인해 일어난 사회·경제적 큰 변혁을 일컫는다. 아놀드 토인비는 「Lectures on the Industrial Revolution of the Eighteenth Century in the England」에서 ‘산업혁명’이라는 용어를 처음 사용하였다. 각 산업혁명은 기계혁명(1차), 에너지혁명(2차) 및 IT/디지털 혁명(3차) 등의 키워드로 설명이 가능하다. 특히 제4차 산업혁명은 IT 기술 등에 따른 디지털 혁명(제3차 산업혁명)에 기반하여 물리적 공간, 디지털적 공간 및 생물학적 공간의 경계가 희석되는 기술융합의 시대를 의미한다(WEF, 2016). ‘제4차 산업혁명’ 용어는 본래 독일 「Industry 4.0(2011)」에서 제조업과 정보통신이 융합되는 단계를 의미하였으나, 세계경제포럼(World Economic Forum: 이하 WEF)에서 제4차 산업혁명을 언급하며 전 세계적으로 관심을 받고 있다. 급속한 과학기술 발전에 기반한 제4차 산업혁명은 현재의 시장 경제모델과 더불어 일자리 지형에 커다란 영향을 미칠 것으로 전망된다.

[그림 2-1] 산업혁명 과정 비교

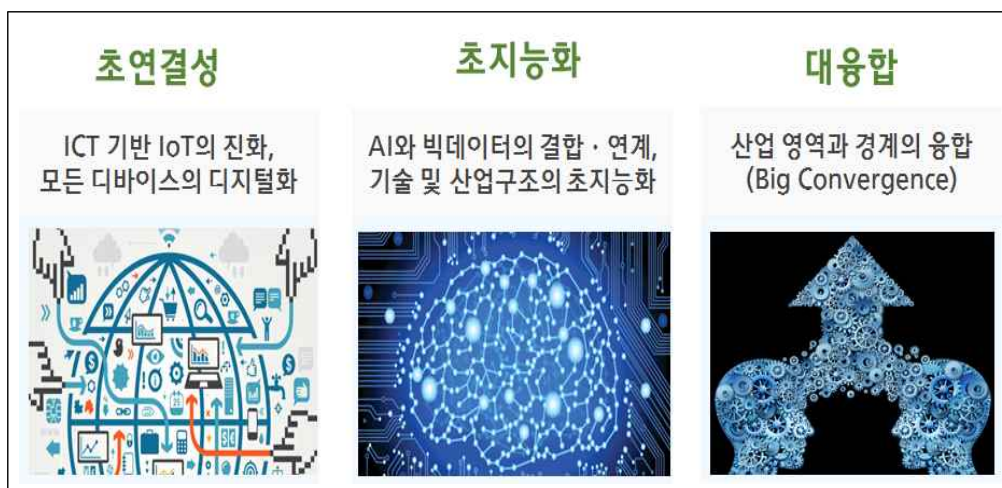


자료: WEF(2016a)

제4차 산업혁명은 인류가 전혀 경험하지 못한 빠른 속도의 획기적 기술진보와 파괴적 혁신기술에 의해 전 산업분야가 대대적으로 개편되는 등 3차 산업혁명과 차별화된다. 생산·관리·지배구조 등을 포함한 전체 산업·사회 시스템의 변화를 일으키는 영향력이 매우 클 것으로 전망된다.

제4차 산업혁명은 ‘초연결성’, ‘초지능화’ 및 ‘융합화’에 기반하여 ‘모든 것이 상호 연결되고 보다 지능화된 사회로의 변화’한다는 특성이 존재한다. ICT를 기반으로 하는 IoT 및 IoE의 진화를 통해 인간-인간, 인간-사물, 사물-사물을 대상으로 한 초연결성이 기하급수적으로 확대되고 있다. '20년까지 30억 인터넷 플랫폼 가입자와 500억개의 스마트 디바이스에 의해 상호간 네트워킹 될 것으로 전망된다(삼성증권, 2016). 그리고 인공지능(AI)과 빅데이터의 결합·연계에 기반하여 기술과 산업구조의 초지능화가 강화되고 있다. Google의 AlphaGo, IBM의 Watson 등 기계학습과 딥러닝(Deep Learning; 인공지능 신경망) 및 빅데이터에 기반한 인공지능은 초지능적 제품 생산과 서비스 제공에 기여할 것으로 전망된다. 그리고 ‘초연결성’ 및 ‘초지능화’에 기반하여 기술간, 산업간, 사물-인간 간의 경계가 사라지는 ‘대융합’의 시대가 될 것으로 전망된다.

[그림 2-2] 제4차 산업혁명의 주요 특징



자료: 손병호(2016) 재구성

제 2 절 제4차 산업혁명과 과학기술·ICT의 역할

1. 제4차 산업혁명을 이끄는 동력으로서의 기술

인류 역사는 새로운 기술의 등장과 기술적 혁신, 그리고 이러한 혁신들이 결합하여 새로운 생산방식을 창출하며 발전하였다. 새로운 기술의 등장은 단순히 기술의 변화에 그치는 것이 아니라, 사회와 경제구조에 큰 변화를 일으켰다. 채집·수렵 경제에 농업이 시작되면서 정착생활이 이루어지고 마을과 도시를 이루게 된다. 증기기관의 등장으로 가내수공업 중심의 생산체제가 공장형 대량생산체제로 변화되었고, 경제·사회적으로는 자본주의가 발아하는 계기가 된다. 전기의 발견으로 대량생산체제가 구축되었으며, 대기업이 경제성장을 주도하기 시작하여 독점자본주의가 등장하고, 미국과 독일 등의 후발 산업국들이 영국의 생산을 넘어서는 동시에 국제적으로는 제국주의가 확산되었다.

송성수(2017)는 역사적으로 존재하였던 세 차례의 산업혁명에 대하여 분석하여, 산업혁명이 성립하기 위한 다음 네 가지 조건을 제시하였다: ① 산업혁명을 선도하는 핵심 기술이 등장한다. ② 핵심 기술이 다른 기술혁신과 연결되면서 포괄적인 연쇄효과를 유발한다. ③ 해당 산업혁명으로 인해 경제적 구조의 변화가 발생한다. ④ 사회문화적 차원에서도 이전의 시기와 구분되는 변화가 존재한다. 이중 가장 중요한 조건은 과학과 기술의 발전이다. <표 2-1>에서 보듯 각 단계의 산업혁명마다 새로운 기술이 등장하여 주요 산업과 생산양식이 변화하고, 연쇄적으로 경제·사회적인 변화를 가져왔다.

제4차 산업혁명도 같은 조건에 따라서 생각해볼 수 있다. 제4차 산업혁명은 과학기술과 ICT의 발전에 의하여 촉발되었다. 산업수학과 물리학, 생물학 등 기초과학기술의 급속한 발전과 인공지능, 사물인터넷 등의 ICT 신기술의 확산은 기존 산업의 경계를 뛰어넘어 분야간 융합을 추구하게 하였다.

이러한 융합은 단순히 과학기술·ICT의 범주 내에서만 그치지 않는다. 독일의 인더스트리 4.0(Industrie 4.0)이나 미국 제너럴일렉트릭(General Electric Company: 이하 GE)이 주도하는 산업인터넷(Industrial Internet) 전략에서 보는 것처럼, 제4차 산업혁명 시대에는 제조업 전반에 ICT 기술이 결합된다. 제4차 산업혁명의 기반기술이 가져오는 초연결성과 인공지능에 기반한 초지능성이 전통적인 제조업의 영역과 결합하면서 인간이 프로그래밍한 대로 움직이던 공정 자동화 수준을 벗어나 기계가 상호간에 소통하고 의사결정이 가능하도록 진화한다. 사물인터넷, 클라우드컴퓨팅, 빅데이터, 5G 등 ICT 기술을 통해 생산계획부터 자원관

리, 생산공정, 유통에 걸친 상호 소통시스템을 지능적으로 구축함으로써 작업 경쟁력을 제고한다. 이러한 기계간의 소통은 공장 안에서만 끝나는 것이 아니라, 생산물이 소비자에게 배달된 이후에도 적용된다. 사물인터넷 기술을 활용하면 제품의 상태를 실시간으로 체크하여 생산자에게 전송·관리하는 것이 가능해지고, 이는 소비자와 생산자가 정비 등을 위하여 불필요한 자원을 투입할 필요가 없어짐을 의미한다. 곧, 기계의 자동화, 지능화는 '제조 공정의 디지털화', '제품의 서비스화'를 이끈다.

〈표 2-1〉 산업혁명의 역사적 전개와 특징

구분	1차 산업혁명	2차 산업혁명	3차 산업혁명
주요 산업	면공업, 제철업, 증기기관, 공작기계	염료산업, 전기산업, 통신, 자동차	컴퓨터, 반도체, 자동화, 인터넷
주요 기술 혹은 사건	<ul style="list-style-type: none"> - 1709 코크스 제철법 - 1769 수력방직기 - 1776 와트의 증기기관 상업화 - 1785 역직기 - 1789 방직기와 증기 기관 결합 - 1804 증기기관차 	<ul style="list-style-type: none"> - 1856 전로법 - 1856 인공염료 - 1876 전화 - 1879 백열등 - 1886 가솔린 자동차 - 1888 교류형 전동기 - 1896 무선전신 - 1903 비행기 - 1908 포드 모델T 	<ul style="list-style-type: none"> - 1946 에니악 - 1947 트랜지스터 - 1958 집적회로(IC) - 1962 산업용 로봇 - 1969 아르파넷 - 1981 IBM 호환 PC - 1994 인터넷 대중화
과학기술적 변화	<ul style="list-style-type: none"> - 기술혁신의 상호연관성 강화 - 과학과 기술의 간접적 연결 	<ul style="list-style-type: none"> - 오늘날의 많은 기술 시스템 출현 - 과학의 내용이 기술에 활용되기 시작 	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 기술의 결합 혹은 융합 - 과학과 기술이 밀착되어 '과학기술' 탄생
경제적 구조의 변화	<ul style="list-style-type: none"> - 공업 중심의 경제로 전환 - 지속적인 경제성장의 국면에 진입 	<ul style="list-style-type: none"> - 대기업이 경제성장을 주도하기 시작 - 후발공업국의 본격적 산업화 	<ul style="list-style-type: none"> - 벤처기업이 중요한 혁신 주체로 등장 - 세계 경제의 서비스화 및 글로벌화
사회문화적 변화	<ul style="list-style-type: none"> - 계급사회의 형성과 기계 파괴운동 	<ul style="list-style-type: none"> - 기술에 대한 인류의 의존도 심화 	<ul style="list-style-type: none"> - 첨단기술의 사회적 문제 대두

자료: 송성수(2017)에서 일부 인용

과거 산업혁명을 촉발한 혁신적 기술들은 파급에 적지 않은 시간이 소요되었지만 제4차 산업혁명의 주요 기술들, 특히 ICT·컴퓨터 관련 기술들은 클라우드와 초고속 통신기술의 결합으로 용이하게 확장이 가능해, 적용과 확산이 빠르게 진행될 수 있다. 클라우드로 인해 소프트웨어의 확장이 가능해지고 소프트웨어 개발 플랫폼도 확대되고 있으며, 인공지능 및

로봇을 비롯한 사물인터넷도 클라우드 상의 소프트웨어 플랫폼화가 진행되고 있다.

세계경제포럼을 이끌고 있는 클라우드 슈밥(Klaus Martin Schwab)은 제4차 산업혁명을 이끌 주요 혁신기술로 물리학기술, 디지털기술, 생물학기술을 꼽았다. <표 2-2>는 제4차 산업혁명을 이끄는 주요 혁신기술과 이에 부속된 세부기술들을 정리한 것이다.

<표 2-2> 제4차 산업혁명을 이끄는 기술

메가트렌드	핵심기술	내용
물리학 기술	무인운송수단	<ul style="list-style-type: none"> - 센서와 인공지능의 발달로 자율 체계화된 모든 기계의 능력이 빠른 속도로 발전함에 따라 드론, 트럭, 항공기, 보트 등 다양한 무인 운송수단 등장 - 현재 드론은 주변 환경의 변화를 감지하고 이에 반응하는 기술을 지녀 충돌을 피하기 위해 항로변경 등이 가능
	3D 프린팅	<ul style="list-style-type: none"> - 3D 프린팅은 입체적으로 형성된 3D 디지털설계도나 모델에 원료를 층층이 겹쳐 쌓아 유형의 물체를 만드는 기술임 - 기존의 절삭(subtractive) 가공 방식이 필요없는 재료의 층을 자르거나 깎는 방식인데 반해, 3D 프린팅은 디지털설계도를 기반으로 유연한 소재로 3차원 물체를 적층(additive)해 나가는 방식 - 현재 자동차, 항공우주, 의료산업에서 주로 활용되며, 의료 임플란트에서 대형 풍력발전기까지 광범위하게 활용 가능
	로봇공학	<ul style="list-style-type: none"> - 로봇은 과거 프로그래밍되어 통제된 업무수행에 국한되었으나 점차 인간과 기계의 협업을 중점으로 개발되고 있음 - 센서의 발달로 로봇은 주변환경에 대한 이해도가 높아지고 그에 맞춰 대응도 하며, 다양한 업무 수행이 가능해짐 - 클라우드 서버를 통해 원격정보에 접근이 가능하고 다른 로봇들과 네트워크로 연결이 가능
	그래핀 (신소재)	<ul style="list-style-type: none"> - 기존에 없던 스마트 소재를 활용한 신소재(재생가능, 세척가능, 형성기억합금, 압전세라믹 등)가 시장에 등장 - 그래핀(graphene)과 같은 최첨단 나노소재는 강철보다 200배 이상 강하고, 두께는 머리카락의 100만분의 1만큼 얇고, 뛰어난 열과 전기의 전도성을 가진 혁신적인 신소재
디지털 기술	사물인터넷	<ul style="list-style-type: none"> - 사물인터넷은 만물인터넷이라고도 불리우며 상호 연결된 기술과 다양한 플랫폼을 기반으로 사물(제품, 서비스, 장소)과 인간의 관계를 의미 - 더 작고 저렴하고 스마트해진 센서들은 제조공정, 물류, 집, 의류, 액세서리, 도시 운송망, 에너지 분야까지 내장되어 활용
	블록체인 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 블록체인(Block Chain)은 서로 모르는 사용자들이 공동으로 만들어 가는 시스템인데, 프로그래밍이 가능하고 암호화(보완)되어 모두에게 공유되기 때문에 특정 사용자가 시스템을 통제할 수 없음 - 현재 비트코인(bitcoin)이 블록체인 기술을 이용하여 금융거래를 하고 있으며, 향후 각종 국가발급 증명서, 보험금 청구, 의료기록, 투표 등 코드화가 가능한 모든 거래가 블록체인 시스템을 통해 가능할 전망

메가트렌드	핵심기술	내용
생물학 기술	유전학	<ul style="list-style-type: none"> - 과학기술의 발달로 유전자 염기서열분석의 비용은 줄고 절차는 간단해졌으며, 유전자 활성화 및 편집도 가능 - 인간게놈프로젝트 완성에 10년이 넘는 시간과 27억 달러가 소요되었으나, 현재는 몇 시간과 1,000달러 가량의 비용이 필요
	합성생물학 (synthetic biology)	<ul style="list-style-type: none"> - 합성생물학 기술은 DNA 데이터를 기록하여 유기체를 제작할 수 있는 심장병, 암 등 난치병 치료를 위한 의학분야에 직접적인 영향을 줄 수 있음 - 데이터 축적을 통해 개인별 맞춤형 의료 서비스 및 표적치료법도 가능 - 농업과 바이오 연료생산과 관련해서도 대안을 제시할 수 있는 기술
	유전자 편집	<ul style="list-style-type: none"> - 유전자 편집 기술을 통해 인간의 성체세포를 변형할 수 있고 유전자 변형 동식물도 만들어낼 수 있음

자료: 클라우스 슈밥(2016), 이은민(2016)에서 재인용

표에서 검토된 신기술은 제4차 산업혁명에 사용되는 주요 기술의 일부이다. 이들 기술을 살펴보면 중요한 특징을 발견할 수 있다. 수학과 과학기술, ICT기술이 다양하게 융합되면서 경계가 모호해지고 있다는 점이다. 가령 로봇공학은 물리학 기술로 분류가 되어있지만, 센서를 통한 데이터의 수집과 전송은 ICT 기술이 담당하고, 이를 실시간으로 분석하여 판단을 내리는 것은 빅데이터 분석과 인공지능에 관련되어 있다. 로봇의 다양한 움직임을 위한 효율적인 관절 움직임의 조합과 이동경로, 그리고 거시적인 관점에서 공장 내의 로봇끼리 겹치지 않는 동선을 구성하는 것은 산업수학을 활용한 결과이다. 디지털 기술로 분류된 사물인터넷의 경우에도 센싱기술의 개발에는 물리학의 연구 결과들을 활용하고, 이전보다 폭발적으로 늘어난 연결점의 수와 이들 사이의 연결을 최적화하기 위한 네트워크 구성 방식을 찾는 데에는 수학의 그래프 이론이 활용된다. 생물학의 유전자 염기서열분석은 연산력과 데이터 분석의 발전 없이는 불가능했으며, 합성생물학은 생물학의 영역을 넘어 엔지니어링, 화학, 물리학, 컴퓨터공학, 생체정보학 등 다수의 과학기술이 결합하여 발전해왔다.

기술적 활용의 차원 이전에 기반기술인 과학기술과 ICT 자체도 상호작용하면서 혁신을 이끌고 있다. ICT의 많은 부분이 제4차 산업혁명 이전부터 수학과 물리학의 발전에 힘입어 이루어져온 것은 주지의 사실이다. 최근 들어 딥러닝이 급격하게 발전할 수 있었던 중요한 요인 중 하나가 컴퓨팅 능력의 혁신인데, 이는 나노 분야의 기술 발전이 CPU와 GPU 등 연산유닛의 집적도 향상으로 이어진 대표적인 사례이다. 그리고 이러한 컴퓨팅 능력의 향상과 응용수학 기술의 성과가 맞물려 이론적으로만 논의되던 딥러닝이 현실화된 것이다.

과학기술 또한 컴퓨팅의 발전으로 ICT와 융합하여 새로운 형태의 지식으로 변모하고 있다.

특히 연구방식 자체가 이론과 실험 중심에서 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션 중심으로 변화하고 있는데, 생물학에서 유전자 분석 뿐만 아니라 단백질 구조의 시뮬레이션과 이를 통한 유전자 치료와 신약 개발은 컴퓨터가 없이는 불가능하다. 뿐만 아니라 추상적으로 여겨지던 수학의 증명에도 컴퓨터가 활용되고 있으며, 물리학의 공식도 대부분 프로그램 형태로 제공되는 계산형 지식(computational knowledge)의 형태를 띤다.

과학 연구에 컴퓨터의 역할이 증가함과 동시에, 과학자들의 소셜 네트워킹을 통한 과학 연구의 참여와 공유, 집단지성에 의한 발견도 가속화되고 있다. 과학지식이 디지털 파일의 형태로 공유되고 모든 사람이 접근할 수 있게 되면 크라우드 소싱과 시민 과학의 활성화를 가져온다. 인간 뇌 뉴런 지도의 경우, 수천억 개의 뉴런 연결을 파악하기 위하여 뇌 단면사진의 분석에 컴퓨터와 대중들이 협업하고 있는데, 이는 인터넷이 없이는 불가능한 작업이다. 바이오브릭스 재단(Biobricks Foundation)에서는 합성생물학을 위한 표준생물학 부품 목록을 관리하고 있으며, 수많은 관련자가 부품 목록을 자유롭게 이용, 추가하고 있다.²⁾

새로운 추적 속도가 가속화하고 관련 데이터의 수가 천문학적으로 증가하면서 인간이 이를 모두 활용한다는 것은 불가능해졌고, 이에 따라 과학 연구에서 컴퓨터의 역할이 더욱 강화되었다. 주요 ICT 기업의 검색 서비스는 예측 검색 방식으로 진화하고 있으며, 구글에서는 Scholar 서비스를 통하여 세계 최대의 연구정보 검색을 제공하고 있다. 인공지능과 빅데이터 분석 기술은 과학자들이 일견 의미가 없어 보이는 데이터에서 정보를 추출하는 것을 돕고, 이를 통해서 발견된 과학적 지식은 다시 기술 혁신을 가져올 수 있다. 즉, 제4차 산업혁명의 과학기술·ICT는 혁신을 위한 기술, 자기 발전적 기술의 성격을 갖는다.

2. 세부기술

가. 과학기술

1) 산업수학

수학은 과학과 공학을 포함한 많은 영역에서 영향력이 확대되고 있다. 특히 응용수학의 패러다임이 변하고 있는데, 수학이 과학에 기여하고, 과학의 결과가 공학에 사용되는 순차적인 활용에 그치지 않는다. 현대 첨단 기술에서는 이미 정립된 특정 공학 분야의 기술만으로는 해결하기 어려운 형태의 문제들이 나타나는데, 이를 해결하기 위해서는 이미 존재하는 수학적 지식을 응용하는 차원을 뛰어넘어, 새로운 사고방식과 수학적 기법을 요구하기

2) 최계영(2016)

때문이다. 따라서 전통적인 수학과 물리학의 연계나 수학 내 여러 분야의 연관을 넘어서, 수학과 타 학문이나 산업현장과의 접목이 강화되는 추세이다.

이전 시기부터 수학이 활용되었던 물리학과 생물학 등의 영역을 차지하더라도, 4차 산업혁명을 이끄는 신기술의 개발과 활용에서 수학의 역할은 지대하다. 특히 인공지능과 빅데이터 분석은 응용수학이라고 불릴 수 있을 정도로 수학이 광범위하게 활용되고 있다. 딥러닝에서의 학습은 훈련 데이터가 제시하는 연습 문제를 잘 해결하는 방향으로 시냅스 연결 강도를 변경하면서 이루어지는데, 이때 시냅스 연결 강도를 어떻게 변경해야 할지 다변수 함수의 편미분을 사용하여 구하게 된다. 또한 기계학습 전반에 걸쳐서 확률 이론이 광범위하게 활용되고, 다양한 종류의 최적화 문제가 등장하여 최적화 알고리즘의 수렴성 증명이나 수렴 속도 분석에 다양한 부등식과 해석학적 아이디어가 활용된다.³⁾

빅데이터 분석에서도 수학의 역할이 중요하다. 방대한 데이터 속에서 필요한 정보를 찾아내고 분석하는 핵심은 CPU와 GPU를 수천 개 연결한 확장된 계산자원이 아니라, 혁신적인 알고리즘을 통하여 계산자원의 필요성을 획기적으로 줄인 데에 있다. 특히 사물인터넷이 확산되고 초연결성이 진화되면서 실시간으로 모이는 데이터의 양이 늘어남에 따라 데이터의 관측치 뿐만 아니라 차원 자체가 늘어나게 되는데, 높은 차원의 데이터는 계산복잡도의 급격한 증대로 인해 기계학습이나 딥러닝 알고리즘의 단순 적용이 어려워진다. 흔히 '차원의 저주(Curse of dimensionality)'라 불리는 이러한 현상을 해결하기 위해서는 수학적인 엄밀성을 갖춘 차원 축소 방법이 요구된다. 거대 문제를 작은 규모의 문제로 바꾸면서도 정보의 손실을 최소화하는 수학적 알고리즘이 빅데이터 분석의 핵심인 것이다.

보안 문제에도 수학이 큰 역할을 담당한다. 모든 사물이 네트워크로 연결되어 있는 4차 산업혁명시대에는 보안 문제가 이전에 비해서 더욱 주목을 받는다. 이중 전송되는 데이터를 암호화하여 제3자가 중간에 패킷을 탈취하더라도 그 안에서 유용한 정보를 획득하거나 조작할 수 없도록 만드는 것은 초연결사회의 신뢰성을 담보하는 핵심 기술일 것이다. 특히 연산력의 증가와 양자컴퓨터의 개발로 기존에 사용하던 소수 기반 암호화 알고리즘들이 위협을 받고 있는 지금, 수학의 정수론과 통계학을 응용한 암호론에서는 보안을 지켜줄 새로운 암호기술을 연구 중에 있다.

3) 김준모(2016)

2) 물리학

물리학 기술은 제4차 산업혁명의 여러 분야 중에서 특히 무인운송수단과 3D 프린팅, 로봇 공학과 관련이 있다. 무인운송수단은 드론과 자율주행차로 대표되는데, 센싱기술과 레이더(RADAR) 기술, 빛을 이용한 전송기술(LIDAR) 등에 모두 물리학의 연구 결과들이 활용된다. 3D 프린팅은 입체적으로 형성된 디지털 설계를 기반으로 원료를 적층(additive)하는 방식으로 물체를 만드는 기술이다. 주조나 절삭 등의 기존 제조공정과 완전히 다른 작업방식이 요구되며 이미 자동차, 의료 등의 다양한 분야에 활용되고 있는데, 특히 모형을 미리 만든 후에 제작하는 기존의 대량생산 제품과 달리 맞춤형 생산이 가능하기 때문에 제조업의 서비스화와 더불어 3D 프린팅 방식이 널리 퍼질 것으로 예상된다. 로봇은 센싱기술과 인공지능의 발달로 주변 환경에 대한 이해도가 높아지고 이에 맞춰 대응이 가능해져, 공장 등에서 사용되는 통제되는 방식이 아닌 일상에서 발생하는 다양한 업무를 스스로의 의사결정을 통해서 수행하는 것이 가능해졌다. 복잡한 생물학적 구조를 차용할 수 있게 됨에 따라 로봇의 구조는 더욱 생물체에 가깝게 진화하고 있다.

3) 생물학

생물학은 전산생물학에 따른 유전자 분석과 분자생물학의 발전을 통한 유전자 편집 기술 등을 토대로 빠르게 발전하고 있다. 과거 인간게놈프로젝트 완성에 10년이 넘는 시간과 27억 달러가 소요되었으나, 현재는 몇 시간과 1,000달러가량의 비용으로 개인의 유전자 지도를 완성할 수 있다.⁴⁾ 또한 CRISPR 등의 유전자가위⁵⁾를 이용하여 잘못된 유전자 자체를 교정하는 유전자 치료가 발달하고, 합성생물학 기술을 통해 유기체를 제작하는 등 새로운 의학 적 치료법에 생물학 기술이 기여한다. 인간 유전자 지도와 뇌 뉴런 지도 등의 축적으로 개인별 맞춤형 의료 서비스가 가능해지고, 난치병으로 여겨졌던 심장병이나 암, 치매 등을 사전에 차단할 수 있으며, 발병하더라도 예후가 좋은 표적치료법을 발견할 수도 있을 것이다. 인공지능의 발전은 이러한 생물학과 의학적인 진보를 더욱 가속화할 것이다. 이미 IBM의 슈퍼컴퓨터 Watson 시스템은 몇 분 만에 질병과 치료 기록, 정밀검사와 유전자 데이터를 거의 완벽한 최신 의학지식으로 비교·분석하여 암 환자들에게 개인 맞춤형 치료법을 권해준다. 유전공학의 발달은 경제적이고 효율적인 작물을 키워내는 것부터 인간이 세포를 편집하여 병증을 미연에 방지하는 것까지 광범위하고 우리의 삶과 직결되어 있다.

4) 이은민(2016)

5) 유전자가위(Genetic scissors)는 동식물 유전자에 결합해 특정 DNA 부위를 자르는데 사용하는 인공 효소로 유전자의 잘못된 부분을 제거해 문제를 해결하는 유전자 편집(Genome editing) 기술을 말한다.

나. ICT

제4차 산업혁명에 대한 여러 논의들이 있지만 공통적으로 포함되어 있는 기술은 ICT이다. 제조업에 있어서의 자동화와 서비스화, 로봇의 지능화, 바이오 혁명 등 삶의 질과 환경을 변화시키는 과학 혁명 모두가 ICT와의 융합에 의해서 이루어졌다. 자율주행자동차와 드론이 인간 조종이 없이도 움직일 수 있는 것은 주위 환경을 인식하고 이에 따른 대응책을 학습하여 가능해졌다. 센서로 인식한 환경(사물인터넷)을 클라우드로 전송하고(클라우드), 여러 기기에서 수집한 정보와 이미 가지고 있는 정보(빅데이터)를 기반으로 학습하여(인공지능) 다음 행동을 지시하는 것이다. 바이오·의료 분야에서도 게놈 데이터의 분석뿐만 아니라 인체 각 세포를 모형화하고 이들 간의 상호작용을 분석하는 데에 있어서는 클라우드에서 작동하는 인공지능의 역할이 필수적이다. 따라서 제4차 산업혁명 시대의 ICT 기술은 범용기술(GPT, General Purpose Technology)라고 불릴 수 있을 것이다. 아래에서는 ICT 세부 기술에 대해 간략하게 설명하고, 각 기술이 제4차 산업혁명의 파급에 어떠한 역할을 하는지에 대해서 살펴볼 것이다.

1) 인공지능(AI, Artificial Intelligence)

2016년 3월 구글-딥마인드의 '알파고'가 상금 100만 달러를 내걸고 이세돌 9단과 5차례 대국을 벌였다. 과거 딥블루가 체스에서 모든 경로를 탐색하는 무차별 계산으로 체스를 정복하였지만, 바둑은 경우의 수가 너무 많아 모든 경로를 탐색하는 것이 불가능하기 때문에 인간의 숙련된 직관이 반드시 필요하다고 믿어지는 영역이었다. 승리를 믿어 의심치 않던 인간 대표 이세돌은 4:1로 대패하고 말았다. 이는 바둑계는 물론 인공지능을 연구하는 전문가에게도 충격으로 다가왔다.

인공지능이란 인간의 지능으로 할 수 있는 사고, 학습, 자기 개발 등을 컴퓨터가 할 수 있도록 하는 기술이다.⁶⁾ 개념적으로는 강한 인공지능(Strong AI)와 약한 인공지능(Weak AI)로 구분되는데, 강한 인공지능이란 사람처럼 자유로운 사고가 가능한 인공지능을 말하고, 약한 인공지능이란 자의식이 없이 특정 분야의 문제를 해결하기 위해 개발된 인공지능을 말한다. DeepMind 사의 알파고나 IBM의 왓슨(Watson) 등이 약한 인공지능의 대표적인 예이다.

초기의 인공지능은 가전제품에 구현되는 단순한 제어 프로그램 수준에 지나지 않았다. 제품의 설계 당시에 예측 가능한 경우에 대하여 규칙이 프로그램화 되어 있어 간단한 작업 밖에는 할 수 없었다. 경로탐색과 DB 서치를 활용한 2세대 인공지능은 많은 정보와 규칙을

6) 네이버 두산백과(검색일: 2017. 6. 12)

두꺼운 시나리오 북으로 미리 준비하고 탐색하는 방식으로 전문가 시스템이라고 불린다. 1997년 체스 챔피언을 이긴 딥블루가 2세대 인공지능의 대표적인 예이다.

2010년을 전후로 빅데이터 관련 기술과 클라우드 컴퓨팅이 발전하고 컴퓨팅 파워의 향상으로 이론적으로만 연구되던 다양한 알고리즘이 실제로 구현되면서 인공지능이 급성장했고, '지능화'라는 새로운 시대의 패러다임을 형성하였다. 머신러닝으로 대변되는 3세대 인공지능에는 방대한 규칙을 준비하는 대신, 컴퓨터가 입력 데이터를 바탕으로 규칙이나 지식을 스스로 학습하는 방식이 사용되었다. 지금의 4세대 인공지능은 2012년 토론토 대학의 제프리 힌튼 교수팀이 구축하여 발전해온 딥러닝으로 대표되는데, 3세대의 머신러닝에서는 데이터를 어떻게 추상화하여 로직을 찾을지에 대하여 인간이 정해서 알려주는 지도학습(Supervised Learning)이 활용되었다면, 4세대의 인공지능에서는 인간이 일일이 정보와 판단 기준을 입력하지 않아도 기계가 정보를 추상화시켜서 스스로 배워야 할 목표를 찾아나가며 학습하는 '딥러닝'이 핵심이다. 기계는 뇌의 신경망 구조를 모방한 인공신경망(ANN, Artificial Neural Network) 방법을 통하여 학습하는데, 인간이 물체를 인식하는 데 사용하는 신경망이 10~15층 정도라면, 이세돌과의 바둑대국에 쓰인 알파고는 이미 48층 높이의 신경망을 사용한 것으로 알려져 있고, 현재 최신 딥러닝의 층수는 152층까지 발전하였다고 한다.⁷⁾ 최근의 이미지 인식이나 음성인식 기술의 비약적인 발전도 대부분 딥러닝 방법이 적용된 이후에 이루어진 것이다.

인공지능은 제4차 산업혁명을 이루는 핵심 기술이다. 제4차 산업혁명의 특징은 초연결성, 초지능성, 예측 가능성으로 대표되는데, 사물인터넷(IoT), 더 나아가 만물인터넷(Internet of Everything)으로 대표되는 초연결성에서 획득한 막대한 데이터를 분석하여 패턴을 파악하고 각각의 기기들이 작동하는 논리를 제공하는 기술이 인공지능이기 때문이다. 따라서 제4차 산업혁명에 요구되는 인공지능은 고정화된 프레임에서 작동하는 시스템을 넘어서, 추상적인 목표만이 주어진 상황에서 스스로 정보를 받아들여 의사결정을 하는 단계까지 발전한다는 것이다. 2015년 일본 특허청에서 발표된 인공지능기술에 관한 특허출원 기술동향조사 보고서는 각 산업분야에서 인공지능의 활용 방향을 잘 요약하고 있다. <표 2-3>은 응용산업분야를 공공분야, 기업분야, 생활분야 등의 대분류와 그에 따른 세부분류에 따라서 살펴본 것이다

7) 김대식(2016)

〈표 2-3〉 인공지능기반의 응용산업 소분야별 내용

대분류	소분류	내용
공공 분야	교통·운수	운수 시스템의 운용·관리나 이용자를 위한 서비스
	통신	정보통신시스템의 운용·관리, 제어·통신계 서비스
	에너지	전력 시스템의 운용·관리, 주택의 에너지 컨트롤
	기상·환경	기상예보나 자원 절약화 등의 환경 매니지먼트
	방재·방법	방재·감재 등의 재해 대책이나 방법 시스템·서비스
기업 분야	금융	투자 운용이나 파이낸스계 서비스 어플리케이션
	제조	기계 설계나 효율적인 제조 프로세스(공장 자동화)
	농림수산	농업이나 수산업으로의 대규모 생산이나 절약
	법무	계약, 사무 등 법률 업무나 판례를 포함한 법령상의 판단
	상거래	매매, 마케팅이나 광고 등
	경영·관리	경영전략, 업무관리, 자원관리, 공정관리, 재고관리 등
생활 분야	오락·게임	여행이나 영화, 놀이공원 등 오락 서비스나 오락 설비
	건강·의료	건강관리나 진단 등의 의료분야에서 응용
	교육	개별 학생의 이해도나 문제점을 개선하여 교육 효과를 높이는 교육 방법이나 교재 등
범용	분야를 특정하지 않는 것, 기재되지 않은 것	
기타	상기의 어느 것에도 해당하지 않는 것	

자료: 일본특허청(2015), 원동규 외(2016)에서 재인용

2) 사물인터넷

사물인터넷(IoT, Internet of Things)이란 인터넷을 기반으로 사람과 사물 간, 사물과 사물 간의 정보를 주고받는 지능형 기술 및 서비스를 일컫는다. 즉, 사물에 센서를 부착해 데이터를 수집하고, 실시간으로 데이터를 전송하는 기술이나 환경을 말한다. 이를 구현하기 위해서는 사물 자체의 동작 데이터와 사물에 접촉한 다른 사물·사람, 그리고 주위 환경으로부터 정보를 얻는 ‘센싱기술’, 사물이 인터넷에 연결되어 다른 기기와 정보를 주고받도록 하는 ‘유무선 통신 및 네트워크 인프라 기술’, 각종 서비스 분야와 형태에 적합하게 정보를 가공하고 처리하거나 각종 기술을 융합하는 ‘서비스 인터페이스 기술’, 대량의 데이터를 처리하는 ‘빅데이터 기술’이 핵심이며 사물 인터넷 구성 요소에 대한 해킹이나 정보 유출을 방지하기 위한 ‘보안 기술’도 필요하다.⁸⁾

사물인터넷은 인공지능과 더불어 제4차 산업혁명에 필요한 초연결성과 초지능성을 담보하는 핵심 기술이다. 사물인터넷은 단순히 기계간의 연결을 의미하는 M2M(Machine to

8) 정보통신용어사전(검색일: 2017. 6. 12)

Machine)의 의미를 뛰어넘어, 이를 통해서 판단하고 필요한 동작을 결정하는 서비스의 의미까지 함의하고 있기 때문이다. 가령 스마트홈의 경우를 생각해보면, 실내에 있는 사람의 체온이나 활동상황, 실내의 온도와 습도 등 제반 데이터를 수집하고, 더 나아가 집주인의 스케줄과 연동되어 귀가할 시간에 맞추어 조명과 공조장치 등을 통제하는 일련의 행위들이 기계 간 상호소통이 없이는 불가능하기 때문이다.

산업 현장의 완전 자동화를 위해서도 사물인터넷 기술이 필수적이다. 제조라인 전체에 있어 사람의 개입이 없이 각 파트끼리 공정의 상태를 보고하고 문제가 발생한 경우 전체적인 생산계획을 조율하며, 고객의 니즈에 따른 맞춤형 제작방식에 따라 세부적인 조정을 하기 위해서는 생산에 참여하는 모든 기계가 현재 상태(status quo)를 공유해야 하기 때문이다. 김민식 외(2016)에 따르면 산업 사물인터넷(Industrial IoT; IIoT)은 일반 산업(제조업)에서 고객에게 전달하는 가치 및 생산성의 증가, 경쟁력 강화, 작업 상태·환경·안전의 개선 및 향상 등에 있어 커다란 영향을 미치고 있다. IDC(2015)는 사물인터넷(IoT)의 적용과 활용으로 제조업체의 제품, 서비스 및 운영 등의 영역에서 혁신이 가속화될 것으로 분석했다.

3) 클라우드

제4차 산업혁명의 모든 변화가 가능하게 하는 중요 기술 중 하나가 클라우드 컴퓨팅이다. 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing)이란 집적·공유된 정보통신기기, 정보통신설비, 소프트웨어 등 정보통신자원을 이용자의 요구나 수요 변화에 따라 정보통신망을 통하여 신축적으로 이용할 수 있도록 하는 정보처리체계를 말한다.⁹⁾ 아마존과 구글, 페이스북 뿐만 아니라 현존하는 IT 서비스 대부분이 클라우드를 활용하여 개발되어 서비스되고 있다. 또한 앞서본 인공지능, 사물인터넷 등도 클라우드가 없이는 데이터를 저장하고 분석하는 것이 불가능하다.

클라우드 컴퓨팅은 초기 투자비용 없이 이용한 만큼 지불하는 탄력성, 최소 자원으로 시작 후 사용량에 따라 동적 확장이 가능한 확장성, 그리고 IT 자원 및 신기술 도입 기간, Risk를 최소화시키는 민첩성의 특성을 갖는다. 클라우드가 활성화되기 전에는 기업이 IT 서비스를 개발하여 제공하기 위해서는 직접 서버를 구축해야 했다. 그만큼 개발 속도가 더디어 신규 서비스 출시가 느려지거나, 비용 상의 문제로 서비스 자체가 불가능할 수밖에 없었다. 하지만 클라우드가 활성화되자 기업은 인프라와 소프트웨어를 구축하는데 시간을 낭비할 필요가 없어졌다. 한국을 포함해 전 세계 경제에 큰 영향을 미치고 있는 스타트업 열풍

9) 미래창조과학부(2015)

은 클라우드가 없었다면 현실화될 수 없었을 것이다. 클라우드를 이용하면 기존의 대기업이든, 작은 규모의 스타트업이든 동일한 인프라, 소프트웨어 환경에서 앱과 서비스를 개발할 수 있다. 세계 최대의 동영상 서비스 유튜브를 창업한 스티브 첸(Steve Chen)은 “과거에는 서버(인프라)를 확충하려면 이에 대한 수요를 예측하고 최소 3주 전에 주문을 넣어야 했다. 그마저도 예측이 틀리는 경우가 비일비재했다. 하지만 현재는 클라우드를 활용하면 1시간도 안돼 인프라를 늘리거나 줄일 수 있다. 그만큼 창업하기 좋은 환경이 된 것이다”라고 클라우드의 의의를 평가했다.

빅데이터를 이용한 경영과 서비스가 각광받고 있는 제4차 산업혁명 시대에는 클라우드의 중요성이 더욱 커질 것으로 예상된다. 데이터 기반 사회를 구축하기 위해서는 방대한 데이터를 보관하고 분석할 수 있는 인프라와 이를 바탕으로 유용한 정보를 분석해내는 도구가 필요한데, 클라우드를 활용한 고성능 병렬 컴퓨팅(HPC)과 스토리지가 이러한 데이터의 저장과 분석을 가능하게 해준다. IDC(2015b)에 따르면 2020년까지 지구상에 존재하는 데이터는 지금의 10배 이상으로 확대될 것으로 전망하는데, 이 많은 데이터를 저장하고 분석하는 방법에 대한 유일한 답은 클라우드가 가지고 있다.

4) 빅데이터

빅데이터란 단순히 대용량 데이터만을 의미하는 것이 아니라, 대용량 데이터를 활용하여 가치 있는 정보를 추출하는 정보처리 체계 전체를 의미한다. 인구 전체에 대한 센서스 자료라든지, 주식시장에서 틱 단위로 수집되는 거래자료, 1년간 대형 유통업체에서 거래되는 모든 상품의 판매·구매 자료 등 제4차 산업혁명 시대 이전에도 대용량의 데이터는 존재해왔다. 빅데이터는 이러한 정형화된 자료를 뛰어넘어, 텍스트나 음성, 영상 등 비정형화된 자료들까지도 모두 분석대상으로 삼아서 필요한 정보를 추출해낸다.

인터넷 환경의 변화와 모바일 서비스의 활성화 등으로 디지털 정보량이 기하급수적으로 증가하면서 빅데이터라는 용어가 등장하였다. 트위터·페이스북 등 SNS의 급격한 확산은 기업들이 사용할 수 있는 데이터의 범위를 확장시켰고, 자연어 처리 기술, 이미지·음성 인식 기술의 발달로 기존에는 처리에 어려움을 겪었던 데이터들도 분석할 수 있게 되어 과거에는 특별한 의미를 가지지 못한 비정형 데이터들도 제4차 산업혁명에서는 중요한 자원의 하나로 여겨진다. 이미 구글, 아마존, 페이스북, 애플 등의 주요 ICT 기업들은 핵심 서비스를 통해 방대한 데이터를 수집하고 활용하고 있다.

〈표 2-4〉 세계 주요 ICT 기업의 빅데이터 현황

기업	핵심 데이터	매일 발생하는 데이터 양
구글	<ul style="list-style-type: none"> - 방문자의 검색어와 클릭한 광고나 링크 - 음식점 리뷰, 여행 정보, 지도 데이터, 교통 정보 등 일상 생활과 밀접한 각종 정보 - 안드로이드 디바이스를 통한 사용자 정보 	<ul style="list-style-type: none"> - 6억 2,000만명의 방문자 - 10억 건의 검색 - 72억 건의 페이지뷰
아마존	<ul style="list-style-type: none"> - 1억 2,000만명의 고객정보 - 고객의 검색어와 상품 탐색 및 구매내역 - 230만 종의 서적 데이터베이스 	<ul style="list-style-type: none"> - 440만명의 방문자 - 900만개의 상품 주문(2010년 크리스마스)
페이스북	<ul style="list-style-type: none"> - 20억명의 회원, 1,000억 건의 친구관계 - 회원의 관심사, 소속, 결혼여부, 심리 상태 등의 소셜 데이터 보유 	<ul style="list-style-type: none"> - 2억 5,000만 장의 사진 - 27억 건의 '좋아요'와 댓글

자료: 북경수(2016)

5) 차세대 통신기술

앞서 살펴본 인공지능과 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터를 실시간으로 활용할 수 있도록 만들기 위해서는 초고속 통신 기술이 바탕이 되어야 한다. 무한대로 증가하는 디바이스에서 발생하는 데이터 트래픽을 클라우드로 전송하고, 이를 인공지능을 활용하여 분석하여 다시 각각의 디바이스로 전송하는 일련의 과정이 빠르게 진행되어야 하기 때문이다. 현재 상용화되어 있는 이동통신 기술인 LTE 방식은 최대 600Mbps 정도의 다운로드 속도를 보장하고 있는데, 제4차 산업혁명 시대에 발생할 것으로 예상되는 트래픽을 처리하기에는 한계가 있다. 이에 다음 세대인 5G로의 전환이 이루어지고 있다.

5G(fifth Generation)란 28GHz의 초고대역 주파수를 이용하는 이동통신 기술로서, 국제전기통신연합(ITU)에서 정의한 5G 이동통신의 총속 속도는 20Gbps 이상으로, LTE 이동통신에 비해 데이터 전송 속도가 2백 배 이상 빨라진다.¹⁰⁾

제4차 산업혁명 시대의 통신기술은 데이터가 흘러 다니는 통로의 역할을 한다. 이미 2억 5천만 개의 DVD에 해당하는 엑사바이트 수준의 데이터가 매일 인터넷 상에서 생성되고 있으며¹¹⁾, 4차 산업혁명의 핵심응용산업인 자율주행차나 VR 등이 확산되면 생성되는 데이터 이외에도 처리 후 전송되는 데이터 역시 기하급수적으로 증가할 전망이다. 가령 가상현실 콘텐츠의 경우 360도 입체영상에 해당하는 영상 데이터가 모두 17대의 카메라를 사용하여 촬영된다. 따라서 머리를 움직이지 않은 상태에서도 약 7억 개 정도의 픽셀을 시각적으로

10) 김문홍 외(2015. 10. 8)

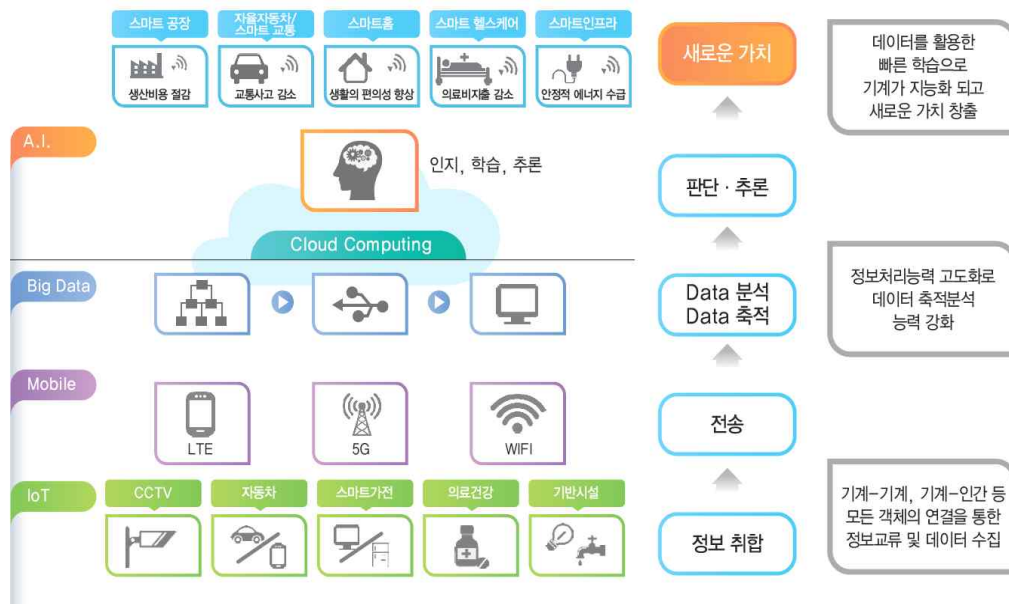
11) 최계영(2017)

처리하는데, VR로 인한 멀미 현상을 최소화하려면 초당 60~120 프레임이 필요하다. 또한 가상현실 헤드셋을 사용하면 사용자가 시점을 변화하는 것이 가능하기 때문에, 동적 캐싱이나 멀티캐스트 방식으로 데이터양을 줄이는 것도 어렵다. 이러한 서비스가 WebVR 등의 형식으로 실시간으로 모바일에서 제공되기 위해서는 네트워크의 고도화가 필수이다.¹²⁾

다. ICT 기술 간의 융합과 지능정보기술

앞서 살펴본 인공지능(AI) 기술과 데이터·네트워크(ICBM) 기술의 융합으로 기계에 인간의 고차원적 정보처리 능력(인지, 학습, 추론)을 구현하는 기술을 지능정보기술이라고 한다. 지능정보기술은 크게 네 종류의 기술로 이루어진다. 인지·학습·추론을 바탕으로 응용분야와 융합하는 인공지능 소프트웨어와 하드웨어, 이를 뒷받침하는 기초과학, 그리고 데이터의 수집·전달·저장·분석을 위한 데이터·네트워크 기술이 그것이다.

[그림 2-3] 데이터활용 기술의 ICBM 관계도



자료: 관계부처 합동(2016)

인공지능 소프트웨어는 인간의 지능을 기계에 구현하기 위한 핵심 수단으로 인공지능기술의 기본 바탕이 되는 추론·기계학습 분야와 이를 활용한 기능별 세부 기술로 구분된다. 규칙기반의 추론과 데이터를 학습하여 의사 결정하는 기계학습 방법은 인공지능 기술의 근

12) 김정연 외(2016)

간이 되는 알고리즘이다. 추론 및 기계학습을 활용한 기능별 인공지능 SW는 지식표현 및 언어 지능, 청각 지능, 시각 지능, 복합 지능, 지능형 에이전트, 인간-기계 협업 분야로 분류된다.

인공지능 하드웨어는 인공지능 소프트웨어를 지원하는 기술로 인공지능 기술의 인프라와 고성능 기술의 역할을 한다. 현대 인공지능의 주류인 학습기반 인공지능 기술은 빅데이터를 학습한다는 관점에서 필연적으로 막대한 계산 수요가 발생한다. 대용량 데이터를 분산·병렬 처리하기 위한 고성능컴퓨팅 기술과 고속 연산을 위한 멀티코어·매니코어 프로그래밍 기술 필요하다. 또한 인간의 뇌구조를 모사한 저전력 반도체 뉴로모픽칩, 양자의 특성을 활용한 양자컴퓨팅 등이 차세대 컴퓨팅 환경으로 부상 중에 있다.

기초과학은 학습 기반 인공지능 알고리즘 자체의 개선을 위한 수학적 접근과 생리학적인 뇌의 특성에 기반한 새로운 인공지능 개념 발견 등 원천기술의 역할을 한다. 특히 딥러닝이 가능하게 된 것이 수학적 영역의 발전인데 기존 신경망분석에 합성곱 연산, 순환연결 등의 기법이 추가됨으로 해서 추상화된 고급 지식을 익힐 수 있게 되었다.

마지막으로 데이터·네트워크 기술은 지능정보기술에 필요한 데이터(정보)를 공급하기 위한 기술이다. 데이터·네트워크 기술은 ICBM이 긴밀하게 연계하여 데이터를 수집·전달·저장·분석하기 위해 필요한 기술로서, IoT와 모바일 장비를 통해 수집한 데이터를 고속 모바일 네트워크(5G)를 통해 클라우드 컴퓨터에 전송하여 빅데이터 형태로 저장한다. 클라우드는 저장(스토리지)와 분석(컴퓨팅) 단계에서 모두 활용된다. 특히 데이터·네트워크를 구성하는 각 요소들이 인공지능과 접목함으로써 더욱 효율적으로 기능할 수 있다. 가령 인공지능과 사물인터넷이 결합하는 경우 장비의 오작동으로 인한 오류를 지능적으로 탐지하여 수집 효율을 향상시킬 수 있고, 인공지능과 빅데이터가 결합하는 경우 빅데이터의 신뢰성을 보장하기 위한 클린징, 데이터 자가 증식 등이 가능해진다.

제3장 제4차 산업혁명 관련 기업 및 정책동향

제1절 제4차 산업혁명 관련 기술 M&A시장 및 기업동향

제4차 산업혁명은 전통적인 산업이 보유하고 있는 비즈니스 방식과 제품기획에서 판매에 이르는 공급망을 파괴적으로 혁신시켜, 차량공유서비스 우버(Uber)나 숙박공유서비스 에어비앤비(Airbnb) 등의 새로운 사업모델을 만들어 내고 있다. 기존의 산업에서도 혁신적인 비즈니스가 창출되며 새로운 수익창출의 기회를 만들고 있는데, 자동차 산업이 좋은 예이다. 지금까지 자동차의 가치는 하드웨어가 중심이었기 때문에, 벤츠, 포드, 폭스바겐, GM 등 전통적인 자동차 제조사는 좋은 자동차를 합리적인 가격으로 제조하고 판매하며 경쟁해왔다. 그러나 제4차 산업혁명이 부상되고 센서, 데이터분석, 인공지능에 기반한 커넥티드카, 자율주행자동차 시대가 도래함에 따라. 자동차 경쟁력의 원천은 HW뿐 아니라 SW와 플랫폼으로 이동하고 있다. 이제 자동차 시장에서 구글, 애플, 아마존 등 인터넷 서비스 기업들은 기존 자동차 제조사와 경쟁하고 있다. BMW, GM, 포드 등 자동차업체들은 차량을 단기간 렌트해주는 P2P 카셰어링을 도입했으며, 차량을 빌려준 고객은 대여료를 받고, 자동차 제조업체는 임대계약에 따른 수수료를 받는 비즈니스모델도 생겨나고 있다.

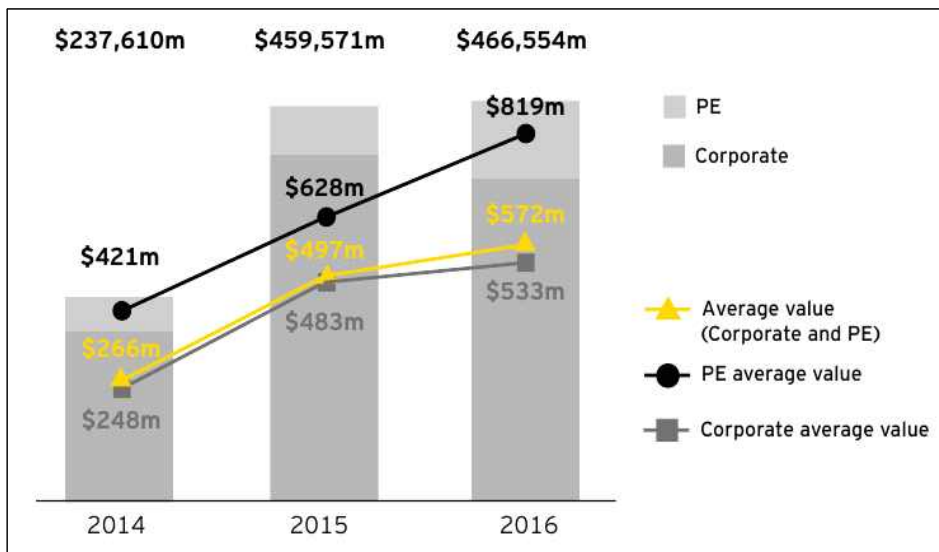
이렇듯 제4차 산업혁명 시대에는 디지털플랫폼이 물리적 플랫폼을 빠르게 대체 혹은 보완하고 있으며, 기존에 없던 혁신적인 비즈니스가 나타나고 있다는 특징을 지닌다. 기존의 기업들은 부동산, 인프라, 공급망 등 기존의 수익모델 기반의 자산들을 디지털 기반 자산으로 변화시키거나 혁신적인 기술 및 아이디어를 가진 기술기반 스타트업을 인수함으로써 이를 내재화시키려 한다.

실제로 IT기업인 구글, 애플, 아마존, 페이스북 등 글로벌 인터넷 기업들은 혁신기술을 주도해 타산업에서 이니셔티브를 가져가기 위한 목적으로 혁신적 기업들을 인수합병(M&A)하고 있다. 마찬가지로 비IT기업들은 혁신기술기반 산업재편이라는 패러다임 변화속에서 IT기업에 주도권을 빼앗기지 않기 위해 혁신기술을 개발하거나 혁신적인 아이디어를 보유한 스타트업 인수에 집중하고 있다.

1. 시장동향

2016년 글로벌 M&A 거래건수는 전년대비 5% 하락한 3,796건을 기록했으나, 거래규모 측면으로는 전년대비 2% 증가한 4,666억 달러를 기록했다. 클라우드, IoT, 인공지능 등 4차 산업혁명에 따른 혁신적 기술에 대한 시장의 기대는 글로벌 기술 M&A시장을 2년 연속 높은 실적으로 이끌었다. 특히 기술M&A시장에서 비기술기업(Non-tech)과 사모펀드(PE: Private equity)의 실적이 전년대비 42%증가하여 비IT기술기업의 기술 M&A 활동이 활발해지고 있음을 알 수 있다. 비IT기업에서 디지털 기술이 접목되는 트랜스포메이션이 가속화됨에 따라 2017년에도 테크놀로지 M&A부문의 성장은 계속 이어질 것으로 예상되며, 인공지능과 머신러닝 등 4차 산업혁명의 핵심적 기술이 시장을 견인할 것으로 분석된다.

[그림 3-1] 2016년 Technology 부문 M&A시장 추이

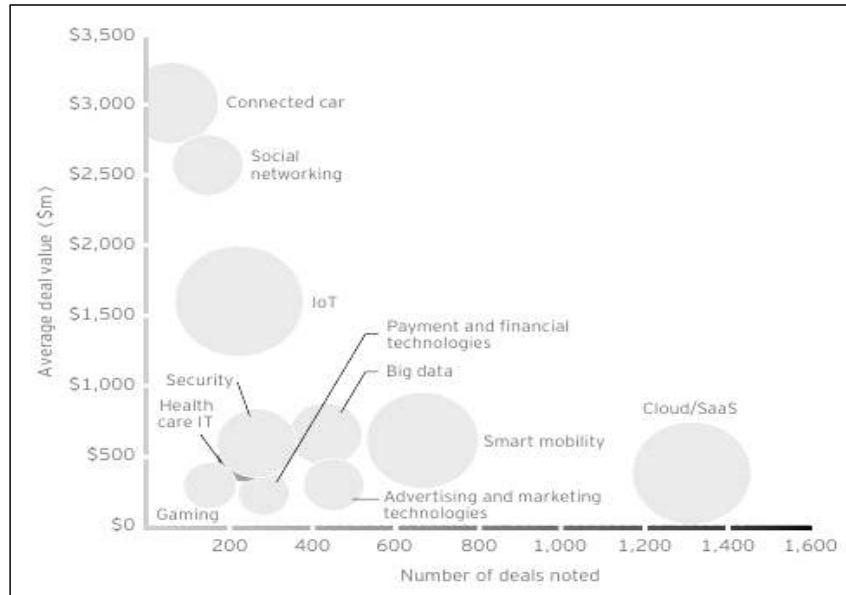


자료: EY(2016)

2016년 테크놀로지 M&A 실적을 분석해보면 Cloud/SaaS, Smart Mobility에 대한 거래가 가장 많았으며, 빅데이터, 헬스케어, 광고기법, 핀테크에 대한 거래도 많이 발생한 것으로 나타났다. SW와 SaaS 분야에 M&A가 많이 발생한 것은 혁신적 기술을 활용한 비즈니스로 전환(디지털 트랜스포메이션)하고자 하는 기업들의 높은 수요를 반영한다. 통신사업자 버라이즌이 M&A를 통해 기존의 비즈니스에서 IoT서비스사업자로 사업영역을 확대한 것이 그 예이다. 한편 거래당 평균가격이 가장 높은 분야는 커넥티드카, 소셜네트워킹, IoT 분야인 것으로 나타났다. 주요 글로벌 인터넷 기업들이 구체적으로 어떤 벤처기업을 인수하여 어떤

한 전략을 펼치고 있는지는 다음 장에서 살펴보도록 한다.

[그림 3-2] 2016년 Technology 부문 M&A 동향



자료: EY(2016)

2. 기업동향

글로벌 IT기업들은 VC를 통해 벤처기업에 자본투자를 함으로써 미래가치를 준비하는 동시에, 인수합병(M&A)을 통해 해당기업이 가진 혁신적 기술과 아이디어를 내재화시키고 있다. 미국의 대표적 IT기업인 구글(Google), 애플(Apple), 페이스북(Facebook), 아마존(Amazon)의 M&A실적을 살펴보면, 각 사의 주력분야에서 모바일 생태계 관련 업종으로 분야를 확장한 이후, 인공지능 등 4차산업 기술기업에 대한 공격적인 M&A를 단행하는 특징을 보인다.

첫째 구글은 검색과 광고가 주력이었으나 혁신적인 모바일 환경에 적극 대응하고 경쟁력을 제고하기 위해 미디어, 모바일 SW/HW(안드로이드, 크롬, 크롬캐스트), IoT기반 응용서비스(스마트홈, 커넥티드카 등) 분야로 영역을 확장하고 있다. 구글은 이를 위해 SW, 인공지능, 자동차, 홈 관련 기술력을 보유한 다양한 스타트업들을 인수해왔다. 특히 2014년 딥마인드, 비전 팩토리, 다크블루랩, 2016 아파지의 인수는 인공지능기반 서비스 확대에 실효적이고 주도적으로 대응하기 위한 것으로 보인다.

둘째 애플은 아이폰이 주력이었으나 앱스토어, 아이튠스 등 미디어와 iOS와 아이폰 기반의 모바일 생태계를 만들어내고, 이제 iCloud를 바탕으로 헬스케어, 커넥티드카 등 IoT기반 다양한 서비스들을 출시하고 있다. 애플은 2015년 빅데이터 업체 맵센스, 머신러닝업체 퍼

웹시오, 페이스 시프트, 2016년 튜리 등을 인수하며 인공지능 기반의 4차 산업혁명 시대에 대비하고 있다.

셋째 페이스북은 SNS와 광고가 주력이었으나 모바일 미디어(인스타그램, 왓츠앱)와 VR(오쿨러스) 분야로 영역을 확장해왔으며, 이를 위해 최근 AR, VR 업체를 다수 인수하며 경쟁력을 확보하고 있다. 2014년에는 오쿨러스(VR), Ascenta UK(드론), ProtoGeo Oy(빅데이터), 2015년에는 Wit.ai(음성인식), The Find(머신러닝), 2016년에는 AR기업 Pebbles을 인수하는 등 4차 산업혁명 대응을 위해 적극적으로 기업을 인수하였다.

마지막으로 아마존은 온라인유통이 주력사업이었으나 아마존 웹클라우드를 기반으로 미디어사업과 킨들 등 모바일 SW/HW 사업을 성공적으로 이어나가고 있다. 인공지능과 빅데이터 IoT 등 혁신기술이 서비스의 핵심으로 대두됨에 따라, 아마존도 관련 기업들을 인수하며 적극 대응에 나서고 있다.

〈표 3-1〉 글로벌 인터넷기업들의 주요 M&A실적(2013년 이후)

	연도	피인수기업	분야
Google	2013	Waze(GPS navigation software)	GPS
	2013	Boston Dynamics(military robots)	로봇
	2013	Industrial Perception	머신비전
	2014	Nest Labs(thermostats; fire alarms)	온도계
	2014	Skybox Imaging(satellite technology)	위성기술
	2014	Deep Mind Techn.(artificial intelligence)	인공지능
	2014	Vision Factory	머신러닝
	2014	Dark Blue Labs	자연어처리
	2015	Mobviov	음성인식
	2016	Apigee(predictive analytics)	데이터분석
Apple	2013	Topsy Labs(media research)	미디어조사
	2013	PrimeSense(3D sensor manufacturer)	3D 제조
	2014	Beats Electronics(headsets; music streaming)	음악스트리밍
	2015	Mapsense	빅데이터
	2015	Perceptio	머신러닝
	2015	Faceshift	머신러닝
	2015	Vocla IQ	음성인식
	2016	Emotient	이미지 처리
Facebook	2013	Parse(appplatform)	앱플랫폼
	2014	WhatsApp(messagingservice)	메시징
	2014	OculusVR(virtualreality)	VR

	연도	피인수기업	분야
Facebook	2014	Ascenta UK	드론
	2014	ProtoGeo Oy	빅데이터
	2015	Wit.ai.	음성인식
	2015	The Find Inc	머신러닝
	2015	Surreal Vision(augmentedreality)	AR
	2015	Pebbles(augmented reality)	AR, 머신러닝
Amazon	2013	Good reads	북커뮤니티
	2013	INOVA Software Sp 200	음성인식
	2013	Songza Media Inc	빅데이터
	2014	Double HelixGames(videogames)	게임
	2014	Twitch(videogameplatform)	게임
	2015	Zlementry Inc	IoT
	2015	Safaba Translation Solutions	자연어처리
	2016	Curse(game portal)	게임

자료: Ulrich Dolata(2017); 현대증권(2016. 3)을 중심으로 재정리

시장가치가 100억 달러가 넘는 등 기술력과 시장성을 인정받은 비상장 벤처기업인 유니콘(Unicorn)의 경우, 공유경제, 빅데이터 분석, 핀테크, 소셜메시징, 드론 등 혁신적인 기술이나 사업모델을 보유하고 있는 경우가 많다. '17년 2월 기준, 유니콘 중 세계 1위는 차량 공유서비스 우버(Uber)인데 현재 680억 달러의 높은 시장가치를 기록하고 있고, 차량 공유서비스 디디추싱(Didi Chuxing, 3위)은 330억 달러의 가치이며, 숙박공유서비스 에어비앤비(Airbnb, 4위)도 현재 310억 달러의 시장가치에 이르고 있다.

〈표 3-2〉 글로벌 상위 유니콘 기업 현황

	업체명	시장가치	자금조달	사업분야	설립년도(국적)
1	Uber	\$68.0b	\$12.9b	공유경제(차량)	2009(미국)
2	Xiaomi	\$46.0b	\$1.4b	스마트 제조	2010(중국)
3	Didi Chuxing	\$33.0b	\$8.6b	공유경제(차량)	2012(중국)
4	Airbnb	\$31.0b	\$3.3b	공유경제(숙박)	2008(미국)
5	Palantir	\$20.0b	\$1.9b	빅데이터 분석	2012(미국)
6	Lufax	\$18.5b	\$1.7b	핀테크(P2P대출)	2011(중국)
7	Meituan-Dianping	\$18.3b	\$3.3b	전자상거래	2015(중국)
8	WeWork	\$17.2b	\$300m	공유경제(사무실)	2010(미국)
9	Flipkart	\$15.0b	\$3.0b	전자상거래	2007(인도)
10	SpaceX	\$12.0b	\$1.1b	항공우주	2002(미국)

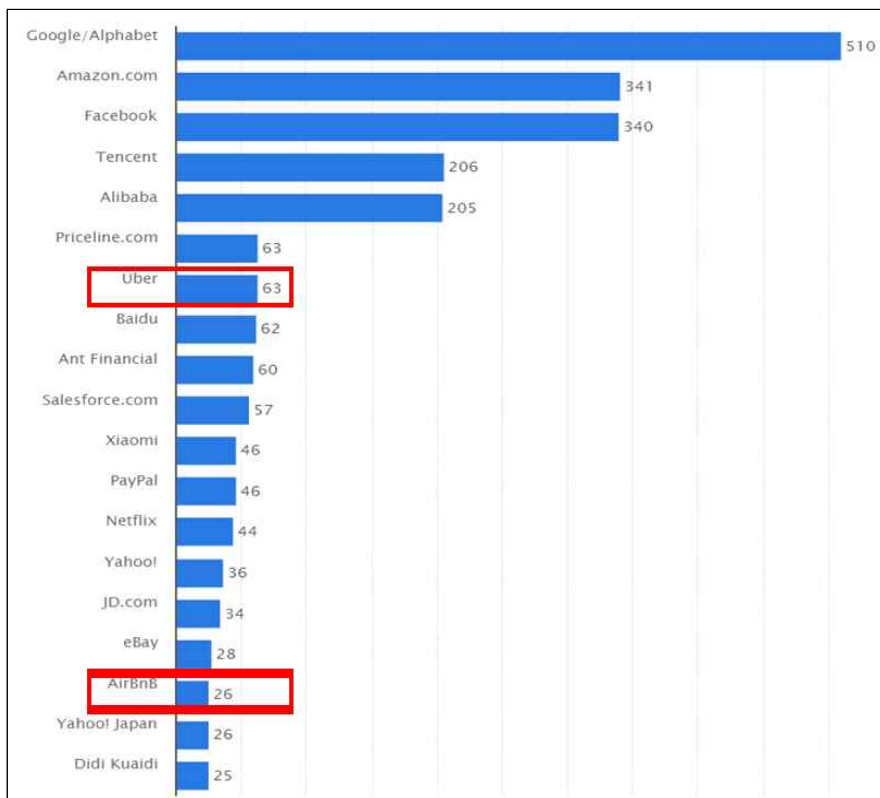
	업체명	시장가치	자금조달	사업분야	설립년도(국적)
11	Pinterest	\$11.0b	\$1.3b	소셜 메시징	2008(미국)
12	Dropbox	\$10.0b	\$607m	웹기반 파일공유	2007(미국)
13	DJI	\$10.0b	\$576m	드론	2006(중국)
14	Stripe	\$9.2b	\$460m	핀테크	2009(중국)
15	Theranos	\$9.0b	\$750m	바이오	2003(미국)
16	Spotify	\$8.5b	\$1.0b	음악 스트리밍	2006(미국)
17	Zhong An Online	\$8.0b	\$934m	핀테크(보험)	2013(중국)
18	Snapdeal	\$6.5b	\$1.7b	전자상거래	2010(미국)
19	Lyft	\$5.5b	\$2.0b	공유경제(차량)	2012(미국)
20	Ola Cabs	\$5.0b	\$903m	공유경제(차량)	2011(인도)

자료: WSJ 웹페이지(<http://graphics.wsj.com/billion-dollar-club/>)(검색일, 2017. 2. 20)

전 세계 상위 인터넷기업들과 시장가치를 비교하더라도 차량공유서비스 우버, 숙박공유서비스 에어비앤비, 차량공유서비스 디디추싱 등 O2O서비스 기업의 시장가치는 각각 7번째(630억 달러), 17번째(260억 달러), 19번째(250억 달러)로 상장기업들과 경쟁하고 있다.

[그림 3-3] 전 세계 상위 인터넷 기업 현황(2016년 기준)

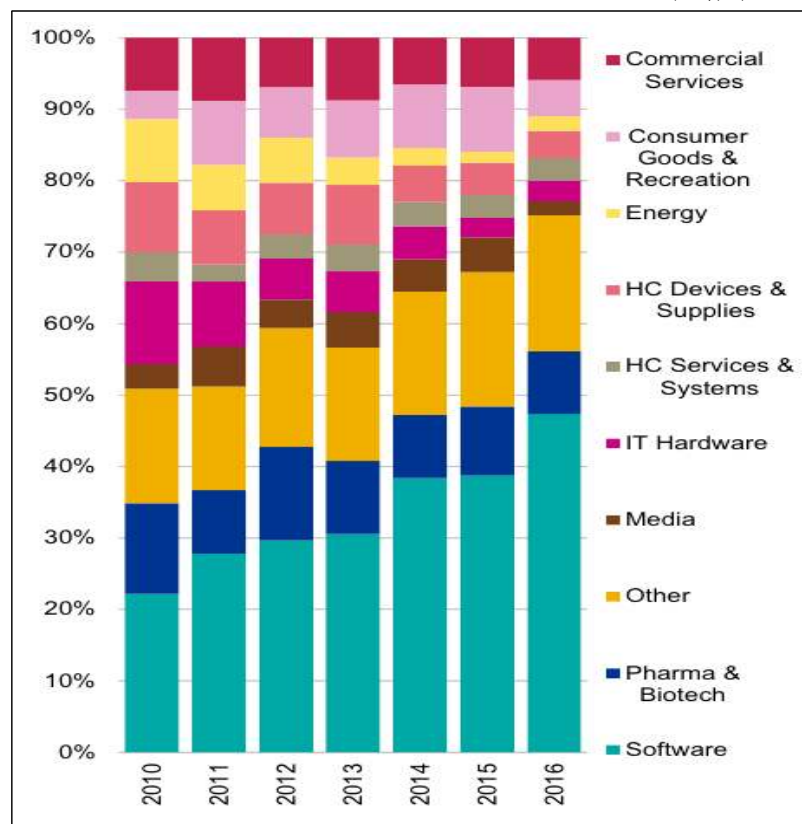
(단위: 십억 달러)



자료: Statista 웹페이지

벤처기업은 그 특성상 혁신적 기술 보유하고 있으나 상업화에 어려움이 있기 때문에, 정부와 민간, 기관과 개인 등 다양한 자본투자를 받아 위험부담과 기대이익을 공유하게 된다. 벤처캐피탈(VC)은 기술력은 있으나 일반 금융기관으로부터 용자를 받기 어려운 벤처기업에 무담보 주 식형태로 투자하는 기업이나 그러한 자본을 의미한다. 최근 글로벌 벤처캐피탈(VC) 투자 추이를 분야별로 살펴보면, 소프트웨어(SW)의 비중이 '10년 약 22%에서 '16년 약 46%로 2배 이상 확대되며 전체 VC투자시장을 주도하는 것을 알 수 있다. 특히 '16년 글로벌 벤처캐피탈(VC) 투자 총액이 전년대비 다소 감소했음에도 불구하고, 소프트웨어의 비중은 오히려 증가하였다. 이는 헬스테크, 핀테크, 인공지능, IoT, 생명공학 등 혁신적인 기술과 비즈니스의 기반이 되는 SW분야 벤처기업에 대한 투자에 관심과 기대가 집중되고 있다는 것을 의미한다. SW분야 이외에도 에너지 분야와 의료&바이오 분야에 대한 투자도 높은 것으로 나타났는데, 이 두 분야는 스마트그리드나 헬스케어 등 혁신기술을 활용하여 신규시장이 창출되고 있는 대표적인 분야로 볼 수 있다.

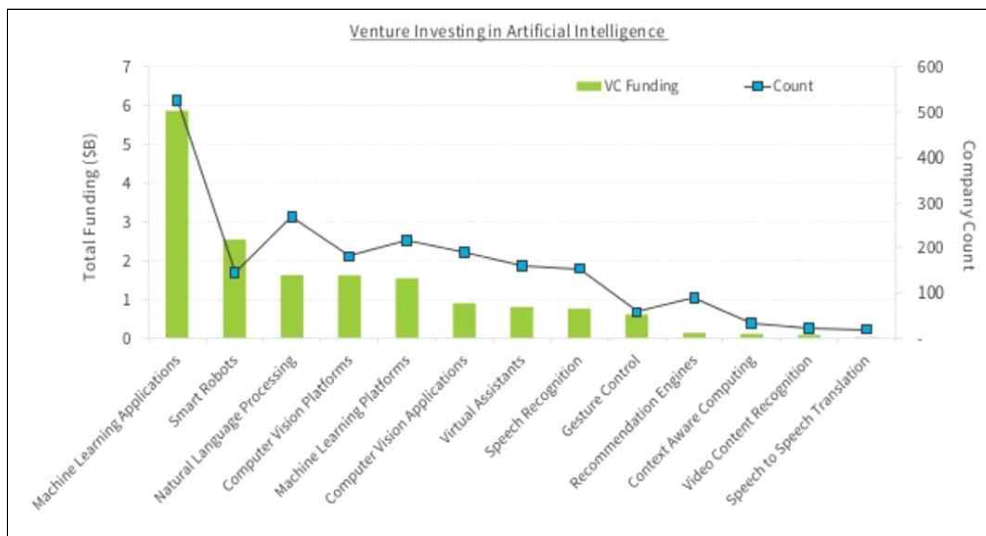
[그림 3-4] 분야별 글로벌 벤처캐피탈 시장 추이(2010-2016)
(단위: 십억 달러)



자료: KMPG(2017)

'16년 기준 전체 벤처캐피털 시장에서 40% 이상의 비중인 소프트웨어 스타트업에 세부적으로 보면 인공지능(AI)과 사물인터넷(IoT) 스타트업의 비중이 매우 높다. 2017년 1분기 기준, 인공지능(AI) 스타트업은 머신러닝, 자연어처리, 플랫폼, 앱, 스마트로봇, 음성인식, 행동인식 등 13개 분야에 1,730여개가 있으며 이들이 투자받은 금액은 133억 달러이다. 머신러닝 어플리케이션 관련 기업이 전체 AI의 25%를 차지하고, 전체 AI스타트업 투자금의 35%를 차지하는 것으로 나타났다. 투자규모 순으로 살펴보면 스마트로봇, 자연어처리(NLP), 컴퓨터 시각(computer vision) 등이 높은 순위로 나타났다.

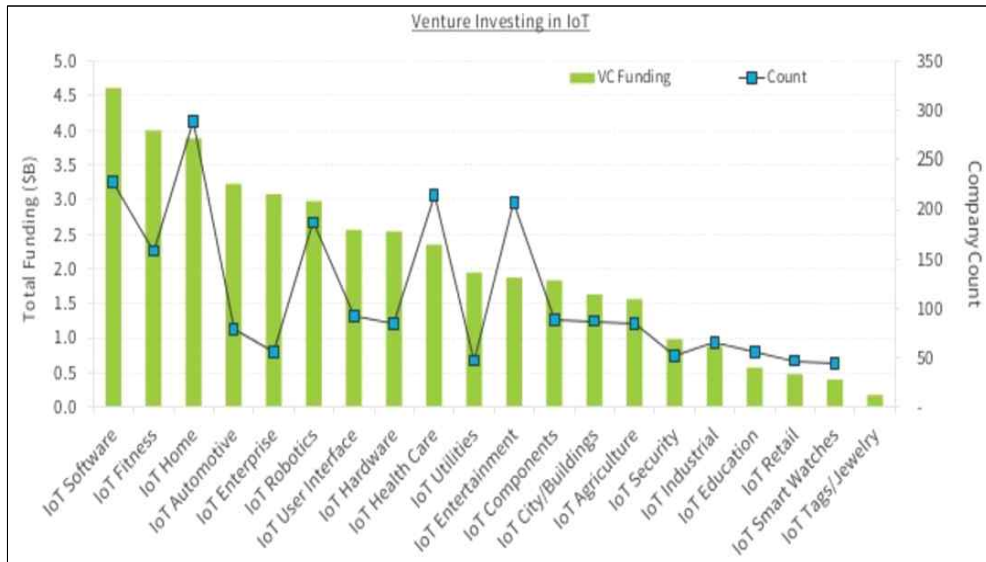
[그림 3-5] 인공지능(AI) 스타트업의 투자현황



자료: Venture Scanner(2017a)

AI 스타트업과 더불어 VC투자시장을 견인하고 있는 IoT 스타트업은 '17년 1분기 기준, 농업, 자동차, HW플랫폼, SW플랫폼, 드론, 로봇, 시티, 교육, 헬스케어, 홈, 산업, 리테일 등 20개 분야에 1,808개의 스타트업이 있으며, 총투자금은 320억 달러 규모로 추산된다. IoT SW 스타트업이 전체 IoT기업의 10%를 차지하고, 전체 IoT스타트업 투자금의 11%를 차지하는 것으로 나타났다. 투자규모 순으로 살펴보면 IoT 피트니스, IoT홈, IoT자동차, IoT기업, IoT로봇, IoT UI 등이 높은 순위를 기록했다.

[그림 3-6] IoT 스타트업의 투자현황



자료: Venture Scanner(2017b)

제 2 절 제4차 산업혁명 관련 기업동향 및 주요 혁신 사례

1. 스마트팩토리

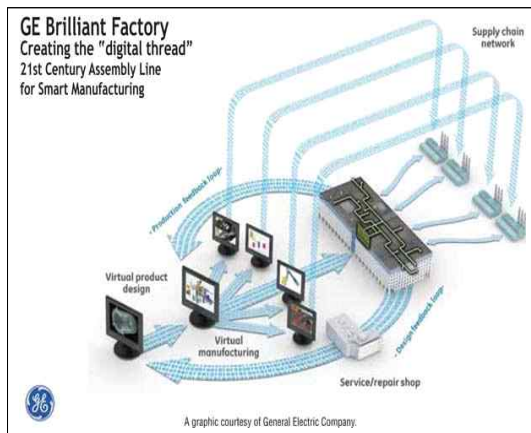
스마트팩토리는 CPS(Cyber Physical Production System), IoT, Cloud Computing, Big Data 등 ICT 기술을 제조업 기술과 융합하고, 공장 운영을 위한 설비 및 부품 등을 상호연결하여 발생하는 빅데이터를 분석·제어하는 자동화된 생산체계를 의미한다. 즉, 기존의 공장자동화 시스템에서 센서, 액추에이터 등 물리적 요소와 시스템을 제어하는 첨단 컴퓨팅 요소를 결합하여 네트워크 기반의 공정혁신을 이루는 복합시스템을 구축하는 것이다.

스마트팩토리의 대표적인 사례로 언급되는 GE는 스마트팩토리 구현을 위해 산업인터넷(Industrial IoT)¹³⁾ SW 플랫폼인 'Predix'를 개발·적용하여 산업 기계·설비 공정에서 발생하는 대규모 데이터를 수집·분석하고 있다. 2015년 GE는 ICT 기업이 밀집된 인도 푸네(Pune)지역에 2억 달러 이상을 투자하여 '생각하는 공장(Brilliant Factory)'을 최초로 적용한 'Multi-Modal Factory'를 설립하였다. GE는 자동화 공장을 통해 항공, 파워, 오일, 가스, 부품제조, 철도운송사업 등에 필요한 다양한 제품을 생산 및 가공하고 있으며, Industrial IoT를 통해

13) 산업인터넷은 M2M(Machine to Machine), 빅데이터 분석, SCADA, HMI 등 다양한 기술을 활용해 제품진단 SW와 분석 솔루션을 결합하여 기존의 설비 및 운영체계의 효율성 및 생산성을 극대화시키는 기술을 말한다. GE(2013)는 전 산업에 걸쳐 1%의 효율성만 높여도 향후 15년간 2,700억 달러의 비용 절감이 가능하다고 보고 있다.

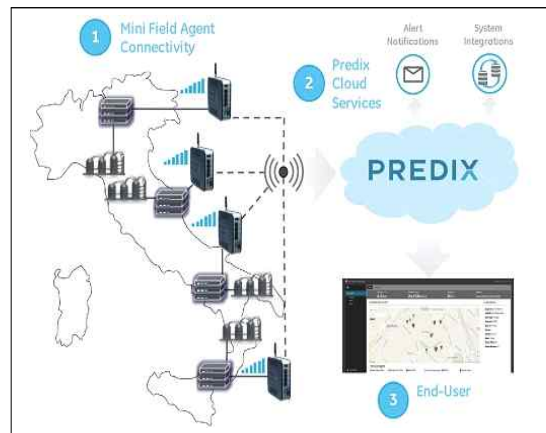
실시간으로 연결된 공급망·서비스·유통망에서 최적화된 생산라인을 가용하고 있다. Multi-Modal Factory는 축구장 38개의 면적에 달하는 67에이커 규모로 1,500명의 직원을 두고 있으며, 3D 프린팅 부품 생산뿐만 아니라 초과 수요 발생 시 신속하게 대응할 수 있는 유연한 생산시스템을 구축하고 있다.

[그림 3-7] GE의 'Brilliant Factory'



자료: GE Automation 홈페이지

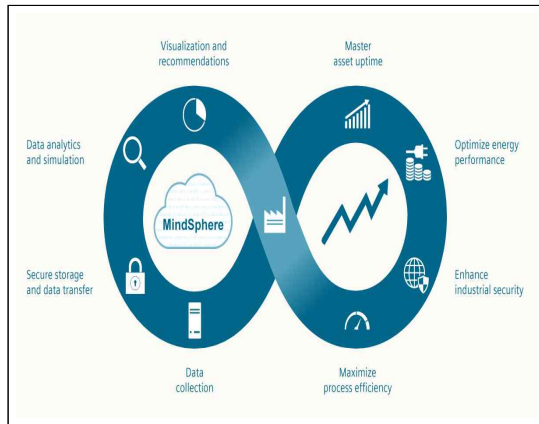
[그림 3-8] PREDIX 활용한 Gas Monitoring System



자료: GE Automation 홈페이지

또 다른 사례로 독일 전기전자 기업 Siemens는 독일 암베르크(Amberg) 지역에 축구장 1.5배 규모의 스마트팩토리(Electronics Works Amberg)를 설치하여 공정 자동화를 통해 매년 1,200만 개의 제품을 생산하고 있다. EWA 공정 운영의 75%를 기계 및 컴퓨터가 담당하고 있으며, 하루 기준 5,000만 건의 데이터를 분석하여 제조공정을 최적화해 제품 불량률을 크게 낮추고 있다. 지멘스의 발표에 따르면, 제품 불량률을 1989년 100만개 당 500개에서 2014년 11.5개 수준으로 크게 줄였다고 한다. 일련번호에 이상이 생기면, 이를 즉각적으로 확인하여 수정할 수 있는 자동화된 시스템을 구축함으로써 불량률이 크게 감소한 것이다. 또한 Siemens는 다양한 제조환경에서 쉽고 빠르게 연결되어 빅데이터 분석 알고리즘을 활용하여 산업 현장의 설비와 제조공정을 최적화하는 클라우드 기반의 개방형 IoT 시스템인 'MindSphere'를 개발하여 Microsoft 등의 기업들에 제공, 적용하고 있다.

[그림 3-9] SIMENS의 'MindSphere'



자료: SIMENS 홈페이지

[그림 3-10] SIMENS의 'EWA'공장



자료: SIMENS 홈페이지

일본에서 대표적인 스마트팩토리 사례로 꼽히는 Mitsubishi전기는 공장 내 설비 및 생산상황 등에 대한 정보를 공유하여 에너지 소비를 최소화하는 'e-F@ctory' 자동화 기술을 개발하였다. Mitsubishi는 로봇을 비롯해 제어장치, PLC 등 FA 시스템(공장자동화)과 관련된 다양한 디바이스 및 제어솔루션을 보유하고 있다. 최근에는 Intel과의 업무제휴를 통해 IoT 기술과 빅데이터가 접목된 패키지형 솔루션 개발을 위한 파일럿 프로젝트를 말레이시아 페낭 공장에서 추진중이다.

미국의 Rockwell Automation은 센서장치, 제어장치 등의 HW 기술뿐만 아니라 네트워크 기술, SW 등 산업 전 분야에 걸쳐 공장 자동화 및 정보솔루션을 제공하고 있다. Amazon은 2012년 3월 무인자동화 로봇업체인 'Kiva System'을 7억 7,000달러에 인수하였고, 무선통신 및 바코드 인식을 통해 로봇을 제어하여 물류 처리 과정의 생산성과 정확성을 상당 부분 증가시키는 배송자동화 시스템을 구축하였다. 또한 드론을 활용한 배송시스템인 'Prime Air', 물건 주문과 연계되는 인공지능 기반 스피커 'Echo', 센서 인식을 통해 가정용품을 자동 주문하는 'Dash button', 빅데이터 분석을 기반으로 하는 '예측배송시스템(anticipatory shipping)' 등 완전한 물류 자동화 체계를 구축하기 위해 다양한 서비스를 개발하고 있다.

[그림 3-11] Amazon의 'KIVA Robot'



반면 국내에서 스마트팩토리는 이제 막 투자가 시작되는 단계로 볼 수 있다. 현재 대기업을 중심으로 일부 도입이 진행되고 있지만, 전반적으로 해외기업의 솔루션 적용에 의존하고 있는 상황이다. 스마트팩토리 시스템 구축에 적극적인 POSCO는 2017년까지 국내 제철소에 에너지 절약, 안전관리, 설비점검 등을 위해 스마트팩토리 시스템을 적용하는 프로젝트를 추진하고 있다. POSCO는 기존에 RFID와 GPS를 기반으로 하는 물류체계를 이미 구축했으나 비용 부담의 문제로 인해 다른 협력업체로의 확산은 미진한 상황이다. 한편 국내에서 가장 스마트한 공장이라고 평가받고 있는 LS산전은 청주지역 공장에 PLC (Programmable Logic Controller)를 기반으로 하는 조립자동화 라인을 구축하였고, 수요예측시스템(APS)을 통해 유연한 생산·관리 시스템을 운영하고 있다.

2. 자율주행자동차

자율주행자동차는 자동차 제조업 이외에도 다양한 산업 분야에서 막대한 영향력을 발휘할 것으로 예상되면서 제4차 산업혁명의 핵심 산업 분야로 주목받고 있다. 자율주행자동차 분야는 현재 Google, Apple, Baidu, Naver, Uber 등의 ICT 업체와 Qualcomm, Nvidia, Intel 등 반도체 업체, Daimler, Volvo, Ford, GM, Tesla 등 완성차 제조업체가 시장 주도권 선점을 위해 치열한 경쟁을 지속하고 있다.

먼저 ICT 업체의 최근 동향을 살펴보면, ICT 진영의 선도업체로 평가받는 Waymo¹⁴⁾는 '17년

14) Google은 2009년 이후 도로주행 시험을 통해 자율주행시스템 개발을 위한 주행데이터 수집에 매진하고 있으며, 2014년에는 프로토타입의 'Bubble car'를 발표하기도 하였다. 이후 2016년 9월 Google의 모기업인 Alphabet은 자율주행자동차 프로젝트를 독립적으로 추진하기 위해 Waymo를 자회사로 분사시켰다.

1월 디트로이트 모터쇼에서 자사의 자율주행시스템이 탑재된 Chrysler의 Pacifica 미니 밴을 공개하였고, '17년 4월부터 애리조나주에서 일반 대중을 태우는 자율주행 미니밴 시범운행 서비스를 시작하였다. Apple은 그 동안 전기차 프로젝트인 'Titan 프로젝트'를 추진해왔고, '16년 9월 머신러닝과 컴퓨팅 비전을 활용한 충돌회피시스템에 관한 특허를 출원하여 주목받기도 하였다. 또한 '17년 4월 30번째로 캘리포니아주의 자율주행자동차 시범운행에 대한 허가를 취득하였다. 중국 Baidu는 '15년 12월 베이징에서 자사의 센서시스템을 이용한 완전자율주행차 도로주행을 마쳤고, 이후에도 Ford와 함께 인식기술 업체인 Velodyne Lidar에 1억 5,000만 달러 투자, Nvidia와의 클라우드 기반 플랫폼 개발계획 발표 등 적극적인 행보를 보이고 있다. 또한 Baidu는 '17년 4월 19일 자율주행차 제조업체에 SW 플랫폼을 오픈소스 형태로 제공하는 'Apollo' 프로젝트 계획을 발표하였다. 차량 공유서비스업체인 Uber는 포드 'Fusion hybrid', 볼보 'XC90' 등의 차량에 자사의 자율주행시스템을 탑재하여 피츠버그에서 시범운행을 해왔으며, '16년 12월부터는 샌프란시스코 지역에서 우버X의 호출 승객을 대상으로 상용화 서비스를 제공하고 있다.

다음으로 반도체업체의 경쟁상황을 살펴보면, Intel은 '17년 3월 153억 달러에 자율주행카메라 기술을 보유한 모빌아이 인수, '17년 1월 지도 및 위치기반 서비스를 제공하는 업체인 'Here'의 지분 매입, Automated Driving Group 신설 등 적극적으로 투자에 나서고 있다. Intel은 자동차로부터 수집된 데이터를 저장·관리하는 클라우드와 인공지능시스템을 연결하는 자율주행 운영체제(OS)를 제공하는 것을 최종 목표로 하고 있다. 그래픽 반도체업체인 Nvidia는 Baidu, Tesla, Daimler 등 다수의 기업과 협업하여 자율주행차 플랫폼을 개발 중이며, 최근 자동차부품업체인 Bosch와도 인공지능 자율주행시스템 개발협력을 발표하였다('17. 3. 15). Nvidia와 Bosch가 함께 개발하는 'Drive PX chip'은 인공지능 차량용 반도체인 Xavier를 탑재하여 레벨 4수준의 자율주행이 가능하도록 구현해주는 단일칩 프로세서이다. 또한 스마트폰 반도체 업체 Qualcomm은 '16년 10월 네덜란드의 차량용 반도체 회사 NXP를 470억 달러에 인수하였고, 머신러닝, edge 분석 등의 첨단기술을 구현할 수 있는 'Drive Data Platform'을 비롯하여 ADAS 시스템, 보안장치, 인포테인먼트 시스템 등 다양한 차량용 반도체를 개발하고 있다.

마지막으로 완성차제조업체 진영은 '17년 'Navigant Research'의 경쟁력 조사¹⁵⁾에서 선두 그룹으로 평가된 Ford, GM, Nissan과 전기차제조업체인 Tesla를 살펴보도록 한다. Ford는

15) Navigant Research(2017).

'Fusion Hybrid' 차량에 센서, 고정밀 3D 지도, Localization and path planning 알고리즘 등을 설치하여 캘리포니아, 미시건, 애리조나 등 다양한 지역에서 자율주행 시범운행을 진행 중이다. 특히 Ford는 다른 제조사들의 전략과는 달리, 자율주행의 통제권이 운전자에게 있는 부분자율주행자동차는 안전상 문제가 있다는 이유로 '21년 곧바로 완전자율주행차를 생산하겠다고 발표하였다(16. 8. 16). GM은 '16년 3월 자율주행시스템 개발업체인 'Cruise Automation'을 인수하였고, '17년부터 Lyft와 협력하여 웨보레 볼트 모델로 대대적인 도로주행 테스트를 진행할 예정이다. 또한 '17년 출시되는 'Cadillac CT6' 차량에는 고속도로용 자율주행시스템을 탑재할 계획이다. 일본의 Nissan은 'CES2017'에서 돌발상황이나 장애물을 피할 수 있는 핵심기술인 'SAM(Seamless Autonomous Mobility)'을 발표한 바 있다. '16년 출시한 고속도로 자율주행이 가능한 시스템인 'ProPILOT'은 '17년 2세대 리프 모델부터 적용될 예정이다. 한편 전기자동차 제조업체인 Tesla는 '15년 10월부터 부분자율주행기술(Auto Pilot)을 탑재한 차량을 적극적으로 양산하기 시작하였으며, '17년 말까지 'Model 3'를 포함한 전 차종에 완전자율주행이 가능한 HW를 탑재하겠다고 발표하였다(16. 10. 20). 완전자율주행기능을 탑재하게 될 신형 모델은 8개의 서라운드 카메라가 360도 범위의 시야를 제공하고, 우천, 안개 등의 열악한 기상 상황에서도 차량 인식이 원활할 수 있도록 12개의 울트라 소닉 센서를 탑재할 예정이다.

우리나라는 자동차제조사인 현대·기아차를 비롯하여 ICT업체인 네이버랩스도 임시운행허가를 취득하여 자율주행 관련 기술을 시험·개발 중이다. '15년 Navigant Research의 자율주행차 경쟁력 순위에서 13위를 기록하였던 현대·기아차는 '15년에서 '18년까지 관련 기술개발에 약 2조원을 투자하면서, '17년 평가에서는 전체 10위로 순위가 3단계 상승하였다. 네이버랩스는 그간 역량을 키워온 시각인지 기술과 딥러닝 기술을 바탕으로 레벨 4 수준의 자율주행기술 개발을 목표로 하고 있다. 또한 차량 내 개인 환경 구축에 최적화된 인포테인먼트(IVI, in-vehicle infotainment)를 개발 중이며, 3차원 실내지도 맵핑 로봇 'M1'을 공개하였다.

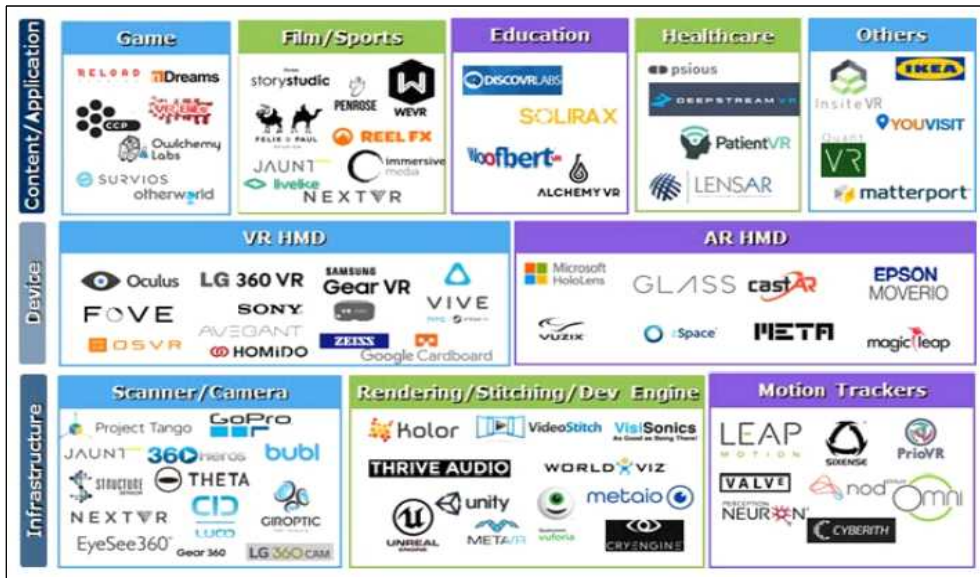
〈표 3-3〉 자율주행차 부문 주요 업체의 최근 동향

주요업체		최근 주요 동향
ICT 업체	Waymo	<ul style="list-style-type: none"> • 디트로이트 모터쇼에서 자율주행시스템 탑재한 Chrysler의 Pacifica 미니 밴 공개(17. 1) • 애리조나주에서 자율주행 미니밴 시범운행 서비스 개시(17. 4)
	Apple	<ul style="list-style-type: none"> • 장애물 충돌회피시스템 특허 출원(16. 9) • 캘리포니아주 30번째 자율주행차 시범운행 허가 취득(17. 4)
	Baidu	<ul style="list-style-type: none"> • 오픈소스 형태의 SW플랫폼 제공하는 'Apollo' 프로젝트 공개(17. 4)
	Uber	<ul style="list-style-type: none"> • 피츠버그 지역 자율주행 택시 시범운행(16. 9) • 샌프란시스코 지역 자율주행 택시 상용화 서비스 제공(16. 12) • 애리조나주 충돌사고로 인해 시범서비스 일시 중단(17. 3)
반도체업체	Intel	<ul style="list-style-type: none"> • 자율주행카메라 기술을 보유한 모빌아이 인수(17. 3) • 지도 및 위치기반 서비스를 제공하는 업체인 '히어'의 지분 15% 매입(17. 1)
	Qualcomm	<ul style="list-style-type: none"> • 네덜란드 차량용 반도체 회사 NXP 470억 달러에 인수(16. 10)
	Nvidia	<ul style="list-style-type: none"> • Bosch와 함께 인공지능 차량용 반도체인 Xavier를 탑재한 'Drive PX chip' 개발 발표(17. 3)
완성차 제조업체	Ford	<ul style="list-style-type: none"> • '21년 완전자율주행차량 상용화 계획 발표(16. 8)
	GM	<ul style="list-style-type: none"> • 자율주행시스템 개발업체인 'Cruise Automation' 인수(16. 3) • '17년 출시 예정인 'Cadillac CT6' 차량에 고속도로용 자율주행시스템 탑재 계획
	Nissan	<ul style="list-style-type: none"> • CES2017에서 돌발상황이나 장애물을 피할 수 있는 핵심기술인 'SAM (Seamless Autonomous Mobility)' 발표 • 고속도로에서 자율주행이 가능한 시스템인 'ProPILOT'을 '17년 2세대 리프 모델에 적용할 예정
	Teslar	<ul style="list-style-type: none"> • '17년 말까지 Model 3를 포함한 전 차종에 완전자율주행이 가능한 HW 탑재 발표(16. 10)

3. VR/AR

VR/AR기술은 제4차 산업혁명을 이끄는 핵심 기술로서 온라인과 오프라인 경계를 무너뜨리고 사용자에게 초융합적 가치를 제공한다. VR/AR 시장은 스캐너, 카메라, 모션인식 등 인프라 부문과 디바이스, 콘텐츠 등의 영역으로 구성된다. Google, Facebook, Samsung, Sony, HTC, Microsoft 등 글로벌 리딩 ICT 기업을 포함해 Vuzix, Virtuix, Seebright, Avegant 등 다양한 분야의 기업들이 VR/AR 시장 선점을 위해 집중 투자하고 있다.

[그림 3-12] VR/AR 생태계 구성 현황



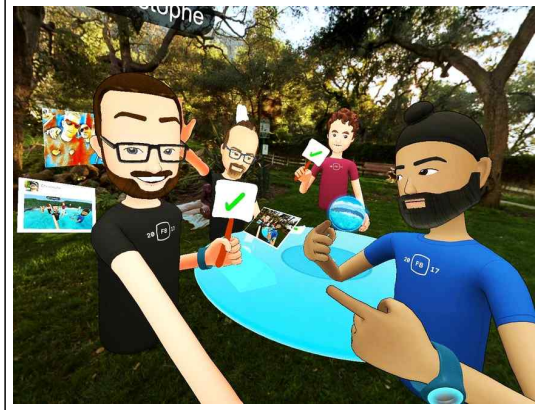
자료: 정보통신기술진흥센터(2017)

VR 시장에서 Google은 안드로이드 N 기반의 VR 플랫폼인 'DayDream'을 발표하였고, Microsoft는 MR(mixed reality)플랫폼인 'Windows Holographic'을 디바이스 제조업체들에 개방하였다. Facebook은 '14년 VR 디바이스 업체인 'Oculus VR'을 인수하면서 VR 산업에 뛰어들었으며, '17년 4월 Oculus Rift에서 이용가능한 VR SNS 콘텐츠인 'Facebook Spaces' 베타서비스를 발표하였다. 해당 콘텐츠는 영상통화가 가능하며 가상의 마커로 허공에 그림을 그리거나 자신의 모습을 촬영하여 공유하는 것도 가능해 서로 다른 장소에 위치한 친구들이 함께 어울릴 수 있는 새로운 형태의 Social VR이라는 점에서 주목받고 있다. 한편 휴대폰 제조업체인 대만 HTC는 Valve와 협력하여 공동 개발한 'Vive'를 공개하였으며, Vive 전용 플랫폼인 Viveport를 통해 콘텐츠 확보에 본격적으로 나서고 있다. Viveport에는 2만 명이 넘는 개발자가 가입하였고, 등록된 어플리케이션은 2,200개에 달한다.

Gaudiosi J.(2016)에 따르면, VR/AR 콘텐츠의 92%를 차지하는 것이 게임 분야이다. Sony는 기존의 플레이스테이션 콘솔을 이용해 VR 게임을 즐길 수 있는 'PSVR 헤드셋'을 출시하였고, 해당 모델은 출시 이후 HMD(Head Mounted Display) 제품 중 가장 많은 판매량을 보이고 있다('17. 2. 19 기준으로 91.5만 대). 한편 스코넷엔터테인먼트, 네오위즈 등 게임업체들은 오컬러스 스토어에 VR 게임콘텐츠를 등록 중이다. 이밖에도 Intel Realsense, Qualcomm Vuforia 등을 활용한 이러닝 교육프로그램을 비롯하여 테마파크(유니버셜스튜디오, 디즈니랜드 등), 영화(Google의 360도 영화 'Help' 등), 스포츠 중계(Fox Sports 등) 등 다양한 영역

에서 VR/AR 기술이 적용·확산되고 있다.

[그림 3-13] Facebook Spaces
'Social VR' 서비스



자료: Facebook 홈페이지

[그림 3-14] Foxsports의 US Open VR 중계



자료: Foxsports 홈페이지

AR 환경 구축을 위한 디바이스는 아직까지는 스마트폰을 중심으로 생태계가 구축되고 있으며, 안경 형태의 EDG(Eye Glassestype Display) 디바이스는 현재 기술의 한계가 명확히 존재하고 있어 광학 투시 기술을 기반으로 하는 제품이 주류를 형성하고 있다. 대표적인 EDG 디바이스로는 Microsoft의 Hololens, Google의 GoogleGlass, Recon Instruments의 ReconJet, Sony의 SmartEyeGlass 등이 있다. 구글은 디바이스의 센서 및 카메라를 이용해 실제 사물을 3D로 디지털화해 증강현실을 구현하는 탱고기술을 적용한 AR플랫폼인 'Glimpse'를 오픈소스 형태로 공개하였다. Facebook은 최근 AR 전용 안경 대신 스마트폰 카메라를 활용해 Facebook에 올린 사진 및 동영상에 AR 효과를 적용하는 'Camera Effects Platform'을 발표하였다('17. 4. 18) Apple은 최근 메타이오, 프라임센스, 플라이바이 미디어 등 AR 관련 기업을 인수하면서 뒤늦게 생태계에 뛰어들었으나, 스마트폰의 카메라 센서와 모션 센서만을 이용해 높은 품질의 AR 기술을 구현하고 있다.

국내 시장의 경우 일부 기업들이 디스플레이 및 제어기술 부문에서 VR/AR 시장에 진출 하였으나, 삼성의 Gear VR을 제외하면 시장 점유율이 높지 않은 상황이다. LG의 360VR, Noon 등에서도 디바이스 사업을 추진하고 있지만, 기술 수준에서 글로벌 기업들에 열위에 있다.

4. 드론

군사용 목적으로 기술적 진화를 이뤄 꾸준히 시장을 확대해온 드론은 단순 레저·취미용에서 벗어나 유통업, 교통업, 농업, 방송업 등 다양한 산업영역에서 혁신적인 서비스를 제공할 것으로 예상되고 있다. 하지만 민간용 드론은 허가제도, 운행 정책 미비 등 제도적인 인프라가 아직 미흡하여 아직까지는 농법방제 작업, 배송서비스 등 제한적인 분야에서만 상업용으로 활용되고 있다.

상업용 드론 기기의 경우 구글 검색, 뉴스 게시 등을 기준으로 한 글로벌 랭킹에서 중국 DJI가 전체 글로벌 시장의 약 65%(16년 3분기 기준)로 1위를 차지하였다(Drone Industry Insights). 프랑스의 Parrot, 중국의 Xiaomi, 미국의 Hover 등이 뒤를 이었다. 중국 DJI사는 '13년 저렴한 가격의 소형 드론을 출시하면서 글로벌 시장에 진출하였고, 신제품들을 빠르게 발표하여 고객이 원하는 수요에 대응하고 있다. DJI의 핵심 제품은 소니와 협력하여 개발한 일체형 카메라를 기본으로 장착하고 있는 '팬텀시리즈'이다. 이 밖에도 샤오미는 'Mi Drone', 이항사는 사람이 탈 수 있는 1인용 드론을 출시하였고, XAIRCRAFT는 농업용 드론 시장에서 높은 점유율을 차지하는 등 전반적으로 중국 업체의 약진이 돋보인다. 반면 우리나라는 상업용 드론 양산을 이제 막 시작하는 단계이며, 최근에는 소수 업체에서 엔터테인먼트, 촬영용, 농업용으로 활용되는 소형 드론을 위주로 개발하고 있다. 대표적으로 바이로봇은 완구용 드론인 '드론 파이터', 유콘시스템은 방제드론 Remo Farm, 유비파이는 자동운항 소프트웨어 개발을 통해 인공지능 기반의 드론을 개발하는 등 국내 드론 개발을 선도하고 있다.

드론서비스 부문의 최근 동향을 살펴보면, '17년 3월 미국 내 2위 항공사인 Airbus 그룹은 자동차가 드론택시로 그리고 열차로도 변신이 가능한 신개념 드론 컨셉트(Pop.Up)를 공개하였다. 이와 별개로 Airbus는 '16년 2월부터 'Vahana Project'에 착수하여 어플리케이션을 통해 작동할 수 있는 1인용 전기 드론을 개발 중이며, 다른 프로젝트에서는 드론택시도 개발하고 있다. UAE 두바이 도로교통청은 중국 드론업체 이항이 개발한 '이항 184'가 '17년 7월 두바이 상공에서 세계 최초로 드론택시 시험비행을 한다고 발표하였다(17. 2. 14). 한편 Google과 Amazon 등의 기업들은 이미 비용절감을 위해 드론을 배송서비스에 이용하는 프로젝트를 진행하고 있다. Google은 버지니아 공대에서 자사의 드론기기 'Project Wing'을 이용하여 주문 음식을 배달하는 시범서비스를 실험하였다(16. 9). Amazon의 'Prime Air'는 최대 5파운드(약 2.3kg)까지 제품을 실어 30분 거리까지 배송이 가능하며, '16년 12월 예외 조치를 통해 규제

를 풀어준 영국에서 시범서비스를 실시하였다.

[그림 3-15] Airbus의 '팝업드론'



자료: Airbus 홈페이지

[그림 3-16] Amazon의 'Prime Air'



자료: Amazon 홈페이지

5. 지능형 로봇

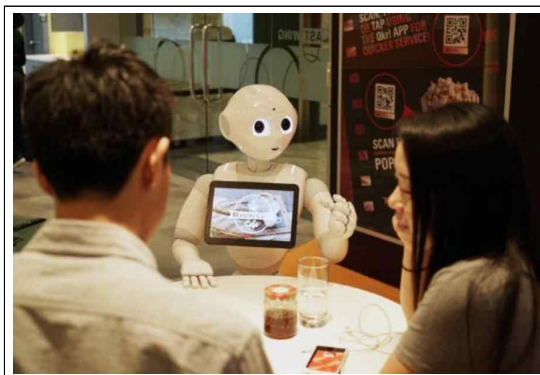
로봇 분야에서 산업용 로봇을 제외한 지능형 로봇은 서비스업 부문에 속한다. 지능형 로봇은 감성 로봇, 소셜 로봇 등으로 대표되며 지능형 로봇의 차별화 되는 기술은 감정 시스템이다. 감정 시스템은 지능형 로봇의 인지 과정 및 그에 따른 기능 수행 과정에서 인간과 친밀히 교감하도록 해주는 역할을 한다(김평수, 2016). 감정 시스템은 크게 세 부분으로 나뉜다. 사람과 주변 상황을 인식하는 '감성 인식'과 로봇이 감성을 느끼고 그에 따른 행동을 생성하는 '감성 모델', 로봇 플랫폼에 따라 자연스럽게 행동하는 '감정 표현' 부분이다(안호석·최진영, 2007). 감성 로봇, 소셜 로봇 등이 포함된 세계 개인서비스용 로봇 시장 규모는 '13년 18억 4,200만 달러에서 연평균 19.9%씩 성장해 '18년에는 45억 7,000만 달러에 달할 전망이다(중소기업청·중소기업기술정보진흥원·웹스, 2015).

지능형 로봇 분야에서 가장 앞서나가고 있는 것은 일본이다. 일본은 '99년에 세계 최초의 감성지능형 로봇인 아이보(AIBO)를 선보인 바 있다. 아이보는 초창기 감성 로봇 모델이었음에도 애완동물을 대체하는 개념으로 만들어져 외부 자극과 스스로의 행동으로 감성과 본능 수치가 변화하는 기능을 내포했다. 이밖에 일본의 유명한 감성 로봇으로는 치료를 위한 로봇인 파로(PARO)가 있다. 파로는 일본 산업기술 총합연구소(AIST)와 마이크로제닉스(MJ) 주식회사가 '93년부터 공동으로 연구 개발한 것으로 '04년 출시되었다. 형태는 바다표범 모양이며 바다표범 새끼의 울음소리를 흉내 낸다. 감성 로봇은 사람의 마음에 즐거움이나 평온

함 등의 정신적인 영향을 주므로 로봇을 이용한 매개 치료(Robot therapy)에 사용되고 있다 (박천수 외, 2008).

일본에서 가장 최근에 출시한 지능형 로봇은 '15년에 출시된 소프트뱅크의 페퍼(Pepper)다. 페퍼는 이용자의 표정으로 감정을 인식하고 농담과 동작으로 반응하여 이용자의 기분을 맞춰준다. 또한, 클라우드 기반 스마트 로봇으로 이용자가 요청하는 각종 정보를 제공한다. 소프트뱅크는 '페퍼월드 2016'에서 페퍼의 활용 분야를 일반 매장에서 서비스 접수와 관광안내, 노인 돌봄 서비스 및 의료서비스, 교육 분야에서의 활용 등 네 가지 분야라고 소개한 바 있다(전상원, 2015).

[그림 3-17] 소프트뱅크의 '페퍼'



자료: 로봇신문(2016. 12. 19)

[그림 3-18] 치료용 로봇 '파로'



자료: KBS뉴스(2016. 5. 26)

미국에서는 MIT 미디어랩에서 '16년 가족용 소셜 로봇 지보(Jibo)를 개발하였다. 지보는 가족의 얼굴과 목소리를 구별하고 가족 구성원의 정보를 기억해서 유대감을 형성하는 기능을 갖추고 있으며 가정용 로봇으로서 가족 내 구성원의 역할을 수행한다. 프랑스의 알데바란 로보틱스는 '14년에 교육에 최적화된 감성형 지능 로봇 나오(NAO V5)를 출시하였다. 나오는 '08년에 첫 출시되어 지속적으로 업그레이드되고 있다. 어린이들을 대상으로 한 교육용 로봇으로, 교사들도 나오를 활용해 수학이나 물리, 컴퓨터 과학 지식을 효과적으로 가르칠 수 있다(로봇신문, 2014. 6. 22).

중국은 '16년 로봇 개발사인 고와일드(Gowild, 狗尾草)에서 중국 최초의 지능형 감성로봇인 '공쯔소백(公子小白)'을 개발하였다. 공쯔소백은 클라우드 시스템 기반의 데이터베이스와 연동되어 운영되며 자기학습 기능이 있다. 사람과 대화할 수 있으며 날씨정보, 아침뉴스, 스케줄 등을 알려준다. 인공지능을 활용해 사용자 개인의 취향을 파악할 수 있다. 인공지능

로봇 공쓰소백은 스트레스를 받아 안정감과 신뢰감이 결여된 직장인 등을 위해 개발되었다 (CCTV뉴스, 2016. 4. 25). 싱가포르 난양공과대학에서도 '16년 감성 지능을 갖춘 로봇 나딘 (Nidine)을 개발하였다. 감성로봇 나딘은 이전에 나뉘던 대화를 회상할 수 있으며 인간과 구분이 어려울 정도로 고차원의 지능형 행동이 가능하다. 나딘은 이미 오래 전에 튜링 테스트 (Turing test)¹⁶⁾를 통과하였다.

우리나라의 지능형 로봇으로는 '07년에 ETRI가 개발한 코비(Kobie)와 래비(Rabie)가 있다. 코비와 래비는 네트워크 기반 감성표현 기술이 탑재된 국내 최초의 네트워크 기반 감성로봇이다. '코비'는 코알라 인형 형태를 하고 있으며 접촉행동 중심의 상호작용으로 이용자에게 정서적인 안정과 호기심을 줄 수 있어 심리적 위안이 요구되는 환자의 경우에 로봇 매개 치료용으로도 활용할 계획으로 만들어졌다. '래비'는 네트워크 로봇으로서 어린이와 놀아주거나 원격지에서 로봇이 보낸 영상을 휴대폰을 통해 집안의 경비와 어린이 보호 감시용으로 활용하고 교육용 콘텐츠의 목적으로 개발되었다(김종철, 2009). 우리나라의 지능형 로봇 서비스 산업은 코비와 래비 이래로 최근 10년간 개발이 둔화된 상태다.

〈표 3-4〉 지능형 로봇 사례

이름	출시년도	개발사	특징
아이보 (AIBO)	1999	소니	인공지능의 'AI'와 로봇의 'BO'의 합성어가 이름인 아이보는 소니에서 '99년 5월 발표한 세계 최초의 감성지능형 완구 로봇
키스멧 (Kismet)	1999	MIT	터키어로 '행운'을 의미하는 단어에서 이름을 따으며 MIT 인공지능연구실에서 인간과 로봇의 상호작용 연구를 위해 개발
파페로 (PaPeRo)	2001	NEC	NEC사의 파페로(PaPeRo)는 가정에서 사람들과 함께 생활하는 개인용 감성로봇을 목표로 1997년 연구가 시작되어 '01년 제품으로 출시
SDR-4X	2002	소니	소니가 '02년 3월에 발표한 감성 및 지능형 엔터테인먼트 로봇으로 인식 가능한 단어가 5~6만 개에 달하며 사람의 얼굴을 대략 10명까지 인식 가능
파로 (PARO)	2003	AIST	일본 산업기술 총합연구소(AIST)와 마이크로제닉스(MJ) 주식회사가 '93년부터 공동으로 연구 개발하여 '04년 출시한 바다표범형의 정서 로봇

16) 튜링 테스트는 사람이 컴퓨터와 대화를 나누어 상대가 컴퓨터인지 인간인지 구분할 수 없을 경우 해당 컴퓨터가 인공지능을 갖었다고 보는 실험이다.

이름	출시년도	개발사	특징
코비와 래비 (Kobie & Rabie)	2007	ETRI	'07년 ETRI에서 개발되었으며 네트워크 기반 감성표현 핵심기술이 탑재된 국내 최초의 네트워크 기반 감성로봇
나오 (NAO V5)	2014	알테바란 로보틱스	'08년 초기 버전 출시 후 지속적으로 업그레이드하여 '14년 4월에 선보인 휴머노이드 로봇으로 교육·연구 및 엔터테인먼트용 로봇으로서는 당시 가장 진보된 기술이 탑재
페퍼 (Pepper)	2015	소프트뱅크	소프트뱅크가 '15년 6월 출시한 가정용 로봇으로 이용자의 얼굴 표정을 통한 감정 인식이 가능하고 농담 및 동작 등을 통해 이용자에게 반응
버디 (Buddy)	2015	블루 프로그 로보틱스	탑재된 태블릿 PC화면을 통해 만화 캐릭터 같은 귀여운 표정들을 제시하며 각종 스마트기기들과 연결해 음성명령과 모바일앱을 통한 통제 기능 지원
공쯔소백 (公子小白)	2016	고와일드	클라우드 시스템 기반의 데이터베이스와 연동되고 자기 학습 기능을 갖추고 있으며, 사람과 대화를 통해 날씨정보, 아침뉴스, 스케줄 등을 알려줌
나딘 (Nadine)	2016	싱가포르 난양공과대학	인간과 자율적으로 대화를 나눌 수 있는 감성로봇으로 이전에 나눴던 대화를 회상하는 것이 가능하며 거의 인간과 구분이 어려울 정도의 지능형 행동이 가능
지보 (Jibo)	2016	MIT 미디어랩	MIT 미디어랩의 Cynthia Breazeal 교수가 개발한 가족용 소셜 로봇으로 가족의 얼굴 및 목소리를 구분하고 가족구성원의 개별 정보를 기억

자료: 김평수(2016), 임지택(2016)을 재구성

6. O2O(Online to Offline)

O2O(Online to Offline) 서비스는 오프라인의 비즈니스 기회를 온라인으로 연결하는 새로운 비즈니스 모델을 의미한다(Du and Tang, 2014). 그간 대표적인 O2O 서비스 사례로는 우버(Uber)와 리프트(Lyft), 에어비앤비(Airbnb) 등이 있었다. 우버는 '17년 2월 현재 기업가치가 680억 달러에 이르는 초대형 비상장 스타트업으로 성장했으며, 에어비앤비는 '15년 숙박 이용실적이 6천 1백만 건에 이르는 등 동 업계 1위로 부상했고, 시장가치는 현재 호텔업계 시가총액 1위인 힐튼을 역전한 상황이다(김정연 외, 2017).

최근에는 제4차 산업혁명의 기술 발전과 맞물려 기술 기반으로 진보한 형태의 O2O가 새롭게 대두되고 있다. 대표적인 사례는 인공지능 및 기계학습과 센싱기술 등을 활용한 아마존의 무인마트 '아마존 고(Amazon Go)'다. 현재 내부 직원들을 대상으로 시범 서비스를 운영 중이며, '17년 하반기 중에 미국 시애틀에 약 50평 규모로 첫 번째 매장이 개장할

예정이다.¹⁷⁾

[그림 3-19] Amazon의 'Amazon Go'



자료: Amazon 홈페이지

[그림 3-20] O2O 주차서비스의 개요



자료: 비즈넷타임즈(2016. 10. 25)

단순 중개업을 넘어서 시장 혁신을 이끌고 있는 국내 O2O 서비스의 부문별 사례로는 부동산 O2O 서비스, 숙박 O2O 서비스, 주차 O2O 서비스 등이 있다. 부동산 O2O 서비스인 '다방'은 다방페이를 개발하여 세입자가 월세를 신용카드로 납부할 수 있게 하는 시스템을 도입했다. 이 시스템을 통해 세입자는 포인트 적립, 월세 납부액의 소득공제 등의 혜택을 얻을 수 있으며, 집주인은 용이한 월세 수금이 가능하다(앱스토리 매거진, 2017. 1. 9).

위드이노베이션이 '16년 발표한 7대 숙박 O2O 키워드 중 'Meet up staytech'는 기술을 통한 공간 혁신을 의미한다. 사례를 살펴보면 '여기어때'는 360도 VR 객실정보를 도입해 왜곡 없는 숙박 이미지를 제공한다. 또한 사물인터넷 기반의 숙박시스템인 키리스(keyless)를 통해 열쇠 분실 우려를 없애고, 프런트 대기시간을 줄였다. 또한 여기어때는 인공지능을 기반으로 한 고객 서비스 응대용 챗봇을 도입할 예정이다. 브랜드호텔인 '호텔 여기어때'는 지능형 영상분석이 가능한 CCTV인 '클라우드캠'을 도입해, 호텔점주가 편리하게 매장을 관리할 수 있으며, 수집된 빅데이터는 통합 마케팅에 활용한다. '야놀자'는 객실운영, 예약관리, 효과적인 광고 집행 등을 한 번에 관리하는 IoT 기반 숙박 운영 통합 플랫폼인 스마트프런트를 활용 중이다(ITWorld, 2016. 12. 22).

주차 O2O 서비스의 혁신적 사례로는 국내 최대 주차시스템공급업체인 '다래파크텍'의 스

17) 온라인과 오프라인의 연결을 넘어 오프라인 비즈니스를 위해 온라인 플랫폼을 활용하는 것을 O4O(Online for Offline)라는 개념으로 설명하기도 한다. O4O란 온라인 기업이 보유하고 있는 고객 정보와 자산을 기반으로 하여 오프라인으로 사업 영역을 확장하면서 새로운 가치와 매출을 만들어내는 비즈니스 플랫폼을 뜻한다. O2O가 온오프라인을 연결시켜주는 단순 중개업의 개념이라면 O4O는 온라인 기업이 오프라인 사업을 직접 운영하며 시장 혁신을 주도한다는 것이 차이점이다.

마르폰을 활용한 무정차 자동주차요금 결제 서비스가 있다. 이 시스템은 차량감지기가 차량번호판을 자동으로 인식하는 주차장 기술 시스템과 카드결제 시스템, 스마트폰 앱이 유기적으로 연동되어 있다. 결제 방식은 고속도로의 하이패스와 유사하여, 차량이 들어올 때 차량감지기가 번호를 자동으로 인식하여 주차 후 출차 시에 등록해 놓은 카드에서 주차요금이 자동으로 결제된다(비즈넷타임즈, 2016. 10. 25).

이밖에 의료 O2O 서비스도 혁신이 기대되는 분야다. 특히 중국의 경우 정부 주도로 '20년까지 8조 위안 규모의 건강서비스산업 육성 계획'을 발표하며 내륙지역에 O2O 서비스를 통한 원격진료로 의료 사각지대 해소하는 것을 목표로 삼고 있다. 중국 헬스케어 시장의 선두기업인 복성의약(復星医药)은 O2O 의료서비스 강화를 위해 알리페이와 기술·플랫폼·미디어·시장 부문에서 전략적 제휴를 맺고 매달 정기 교류를 통해 헬스 분야에서 클라우드 약국, 의료지식 데이터 등과 같이 혁신적인 비즈니스 모델을 창출할 예정이다. 파하오왕(挂号网)은 중국 위생부가 승인한 가장 큰 규모의 온라인 진료 예약서비스로 복잡한 중국 내 병원 접수 과정을 개선하고자 만들어졌다. 환자의 대기 시간을 줄이기 위해 온라인으로 모든 예약과정을 마칠 수 있도록 하였다. 현재 약 1,400개 병원에 예약 플랫폼 서비스를 제공하고 있으며, O2O 의료 시범 프로젝트를 진행하기 위해 바이두, 알리바바, 텐센트는 각각 병원과 제휴 중이다(KOTRA 해외시장뉴스, 2016. 9. 30).

우리나라의 경우 가벼운 의료 상담부터 병원 예약까지 도와주는 모바일 헬스케어 서비스인 '굿닥(goodoc)'과 병원과 환자들의 소통을 돕는 신개념 의료 정보 서비스인 '콕션(Cocsion)' 등이 있다. '엠케어(M-care)'는 긴 대기시간과 번거로운 이용절차 등 본 의료 서비스의 불편함을 해결하고 진료 예약부터 결제까지 이르는 전 과정을 스마트폰 하나로 해결할 수 있는 스마트 헬스케어 솔루션이다. 의료 영역은 규제로 인해 O2O 서비스의 확장 가능성이 낮았으나 정부 3.0 사업인 공공데이터 개방 정책이 시행되면서 O2O 서비스의 활용 가능성이 높아지게 되었다. 현재 건강보험심사평가원의 오픈API를 통해 전국 병원과 약국 데이터의 활용이 가능해졌다(EPNC, 2016. 12. 2). 의료 O2O 서비스는 규제를 완화하여 혁신 서비스가 도입된 대표적인 사례로 향후 빅데이터 분석 및 인공지능 기술 등과 결합하여 더욱 향상되고 편리한 의료서비스를 제공할 것으로 보인다.

7. 기타 인공지능 기반 혁신 서비스

인공지능 기술의 확산은 금융, 의료, 인공지능 비서 서비스 분야에 빠르게 정착하며 여러 가지 혁신서비스를 제공하고 있다. 금융 서비스 부문에서는 주식과 채권, 외환 등 금융상품에 대한 투자 결정뿐 아니라 대출 승인 여부, 효율적 자산배분, 금융 부문 상담, 주요 핵심 의사결정까지 영역을 확장 중이다. 맥킨지 보고서에 따르면 '25년에는 은행 이익 중 대부분이 인공지능 기술을 기반으로 한 핀테크 업체들이 잠식할 것으로 전망되며, 구체적으로는 소비자금융 부문(60%), 지급결제 부문(35%), 중소기업대출 부문(35%), 자산관리 부문(30%) 순으로 잠식될 것으로 보인다.

월스트리트의 대형 기업인 골드만삭스는 이미 인공지능 '켄쇼'를 이용해 주식을 사고팔고 있다. '00년대 초 골드만삭스 뉴욕 본사 트레이더는 600여명에 달했으나 현재 2명까지 줄어들었다. 미국 시티그룹은 개인 대출업무에 인공지능을 적용하고 있다. 소셜네트워크 데이터를 모니터링한 후 개인 대출 신청 시 신용등급 판단에 부가 정보로 활용하며, 인공지능을 활용해 소비자 트렌드를 모니터링한다. 호주뉴질랜드은행(ANZ)은 IBM의 인공지능인 '왓슨'을 활용하여 글로벌 자산관리부문 중 재무설계 업무 지원 시스템에 활용 중이다. 호주뉴질랜드은행(ANZ)은 몇 주가 걸렸던 재무설계 자문을 왓슨을 통해 단 한 번의 미팅으로 해결 중이다(조선비즈, 2017. 3. 20).

미쓰비시도쿄UFJ은행은 인공지능을 활용해 중소기업 거래처를 개척 중이다. 이 은행은 도쿄 일부 지점에 인간 감정 분석이 가능하며 20개 언어를 구사하는 휴머노이드 로봇 '나오'를 배치하였다. 나오는 단순 업무인 안내, 송금, 환전 등을 처리하는 것은 물론 100개 이상의 금융상품 정보와 500만 명의 고객정보를 저장하고 있다. 미즈호금융그룹은 소프트뱅크와 함께 개인용 대출 심사에 인공지능을 활용 중이다. 중국 텐센트 산하 인터넷은행인 '위뱅크'도 인공지능을 이용하여 개인 신용대출 심사를 하고 있다. 위뱅크는 빅데이터를 분석해 신용평가를 하며 분석에 활용되는 자료는 대출자의 소셜네트워크 친구 목록, 거래기록, 소비 결제 등의 데이터다. 인공지능을 통한 대출심사는 2.4초만에 가능하며, 40초 안에 통장으로 대출 승인된 금액이 입금된다(SK C&C, 2017. 3. 29).

인공지능은 의료 부문에서도 혁신적인 서비스를 일으키고 있다. 의료 부문에서 인공지능의 쓰임새는 매우 다양한데 환자의 암을 진단하고, 의료영상을 판독하고, 유전정보를 분석하며, 임상시험을 보조한다. 그밖에 건강보험 적용 여부를 심사하고, 전자의무기록(EMR)을 분석한다.

IBM이 만든 인공지능인 왓슨은 의학적 의사결정지원 시스템(clinical decision support system)

으로 의사의 의료적 의사결정 과정에서 환자의 암 진단 등에 활용 중이다. '12년 3월 미국의 메모리얼 슬론 케터링 암센터(MSKCC)의 암 진단 진료에 처음 도입됐다. 왓슨은 의학 저널과 교과서 200종 이상과 방대한 양의 임상 데이터에 대한 학습을 마쳤다. 인공지능을 활용한 디지털 병리학 기술의 발전과 더불어 암 조직 검사를 수행 중이며, 암 진단뿐만 아니라 기타 질병의 유무, 유전 정보 분석, 임상시험 보조 등의 형태로 활용되고 있다(The Science Times, 2016. 3. 16). 왓슨은 메모리얼 슬론 케터링 암센터(MSKCC) 외에도 도입이 확산되어 주피터 메디컬센터, 클리블랜드 클리닉 등 전 세계 병원 곳곳에서 암 환자를 진료 중이다. 우리나라에서는 가천대길병원, 부산대병원, 건양대병원에서 차례로 왓슨을 활용한 의료 시스템을 도입하였다. 왓슨은 '16년 12월에 국내에서는 처음으로 인천 가천대길병원에서 암 환자 진단에 활용되었으며, 왓슨이 현재까지 국내에서 진료한 암 환자는 '17년 3월 17일 기준으로 총 215명이다. 암종별로는 대장암이 65명으로 가장 많았으며, 폐암(50명), 유방암(50명), 위암(35명), 부인암(15명)이 뒤를 이었다(The Science Times, 2016. 3. 30).

구글도 의료 부문의 인공지능 개발에 나서고 있다. 구글의 자회사인 베릴리는 개발 중인 수술로봇에 기계학습을 도입해 이전 수술 영상의 자료 분석을 통해 수술 담당 의사에게 절개 부위를 더욱 세밀하게 보여주는 등의 기술을 더할 계획이다. 구글은 이밖에도 눈 사진만 보고 당뇨를 예측하는 프로그램, 암세포를 탐지하는 나노입자가 든 알약, 혈액 속의 암세포를 파괴할 수 있는 손목 부착형 기기 등 헬스케어 분야의 기술을 개발 중이다(최윤섭, 2017).

인공지능 비서 서비스 역시 플랫폼 혁신을 주도하려는 글로벌 기업들의 경쟁이 가열되고 있는 분야다. 인공지능 비서는 사용자의 음성명령을 인식해 음악을 재생하고, 음식을 주문하고, 차량공유서비스 기사를 부르는 등 다양한 업무를 수행한다.

[그림 3-21] Amazon의 'Echo'



자료: Amazon 홈페이지

[그림 3-22] SK텔레콤의 '누구'



자료: SK텔레콤 블로그

'14년에 아마존에서 출시한 스피커 형태의 인공지능 비서 '에코'가 500만대 이상 팔리면서 다른 IT 기업들도 인공지능 비서 제품을 잇달아 출시하였다. 구글은 '16년 11월 '구글 홈'을 출시하였으며, 마이크로소프트도 하만과 합작하여 만든 인공지능 스피커 '인보크'를 '17년 5월 공개하였다. 애플은 현재 인공지능인 시리를 아이폰에만 적용하고 있으나 곧 스피커와 TV 등에 적용한 인공지능 비서를 출시할 계획이다. 페이스북 최고경영자(CEO)인 마크 저커버그도 스마트홈 인공지능 비서인 '자비스' 시스템을 직접 개발해 공개하였다(전자신문, 2016. 12. 27). 국내에서도 음성인식 기술 기반의 인공지능 비서를 개발 중이다. SK텔레콤은 '16년 9월 국내 최초로 인공지능 비서 서비스인 '누구'를 출시했으며, KT는 '17년 1월 인공지능 TV인 '기가 지니'를 출시하였다. 삼성전자와 네이버, LG유플러스 역시 '17년 하반기 출시를 목표로 인공지능 비서를 개발 중이다.

제 3 절 제4차 산업혁명에 따른 주요국의 대응 전략

1. 미국

GE의 사물인터넷, Google의 인공지능기반 서비스, Google과 Tesla의 무인자동차 등 미국의 글로벌 기업들은 제4차 산업혁명시대의 주도권 확보를 위해 기술력을 확보하고 혁신적인 서비스를 출시하며 시장을 리드하고 있다. 한편 미국정부는 연방정부, 주정부, 학계 및 민간이 협력하는 파트너십을 구축하고, 첨단제조업, 정밀의학, 뇌과학, 스마트시티, 첨단 자동차 등 첨단 산업의 성장을 뒷받침하고 있다.

미국의 대표적인 혁신 지원정책은 '신 미국혁신전략(New Strategy for American Innovation)'이다. 신 미국혁신전략은 첨단제조업 생태계 구축을 위한 AMP 전략을 비롯하여 정밀의학 전략, 두뇌이니셔티브 전략, 스마트시티 전략, 첨단 자동차 전략, 고성능컴퓨팅 지원전략 등을 담고 있다.

〈표 3-5〉 신 미국혁신전략의 주요 내용

주요 전략분야	주요 전략 내용
첨단 제조업 (Advanced Manufacturing)	기업과 국민들에게 보다 많은 경제적 편익을 가져다 줄 수 있는 첨단 제조업 육성
정밀의학 (Precision Medicine)	환자 개인별 체질, 건강 상태, 질병 이력에 초점을 맞춘 효과적 치료 수단 개발
두뇌이니셔티브 (BRAIN Initiative)	인간의 뇌활동 연구를 통해 각종 뇌신경 질환을 효과적으로 진단, 치료함으로써 사회 경제적 부담 해소
스마트시티 (Smart Cities)	주요 지역 및 도시 간 협력 체계를 통한 스마트시티 구축으로 공 동의 도시 문제 해결
첨단자동차 (Advanced Vehicles)	센싱, 컴퓨팅, 데이터 과학 분야의 획기적 발전으로 차량 간 통신 과 자율 주행이 가능해짐으로써, 운전자의 실수로 발생하는 차량 사고의 90% 이상을 줄일 것으로 기대
고성능컴퓨팅 (New Frontiers in Computing)	미 정부는 '15년 7월 '국가전략컴퓨팅이니셔티브(NSCI)'를 발표, 고성능컴퓨팅을 활용한 공공 서비스 개선, 경제 성장 기여, 새로 운 과학적 발견 기대

자료: 한국정보화진흥원(2015)

특히 미국 정부는 제조업의 경쟁력 강화를 중심으로 기술개발과 투자를 지속적으로 추진해 왔다. 제조업의 경쟁력 강화전략인 첨단제조 파트너십 프로그램(AMP: Advanced Manufacturing Partnership)를 통해 첨단제조업 육성을 위한 제도를 마련하고, 제조혁신 네트워크전략에서는 첨단제조업 생태계를 구축하기 위한 기술개발과 로드맵에 이르는 구체적 실행방안을 마련하고 있다. AMP 전략은 혁신역량강화, 인재양성, 기업여건 개선 등 3가지 분야에서 중점적으로 추진되고 있으며, 3D 프린팅, 디지털 제조 및 디자인, 금속제조, 광대역 반도체, 첨단 합성제조, 하이브리드 전기소자, 클린 에너지, 혁신섬유 및 직물 등이 대표적인 분야이다.

〈표 3-6〉 미국의 첨단 제조업 경쟁력 전략(AMP)의 주요 내용

정책	내용
혁신역량 강화	- 국가차원의 선진제조업 전략 책정 - 중요기술에 대한 R&D 투자 확대 - 선진제조에 관한 기업대학 연계 확대 등
인재양성	- 선진제조업에서 요구되는 기술습득 기회 제공 - 선진제조에 대한 대학교육 확충 - 국가수준 제조업 Fellowship 인터넷 제도 창설 등
기업여건 개선	- 세계개혁 및 세계제도 효율화 도모 - 통상정책 및 에너지정책 개선 등

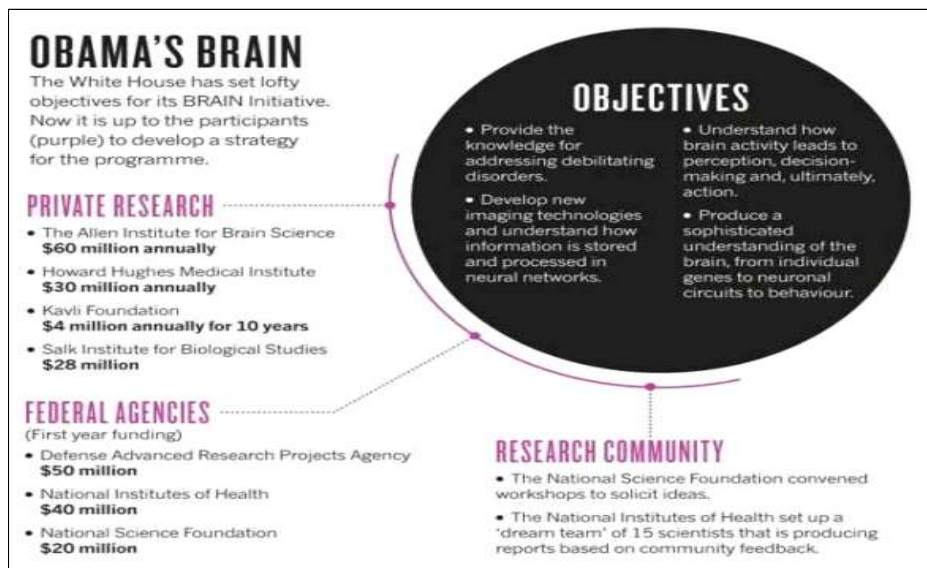
자료: 이재원(2016. 8. 18)

첨단제조 파트너십 프로그램(AMP) 전략의 추진주체는 제조혁신 국가 네트워크(NNMI: Nationwide Network for Manufacturing Innovation)로, 국방부, 에너지부, 상무부 산하 국립표준기술연구소(NIST), 미국항공우주국(NASA), 미국과학재단(NSF), 교육부 등 관계 부처가 합동으로 참여·운영하고 있다. NNMI는 지역별로 R&D 및 산업화를 위한 민간·국립연구소를 설립하는데 필요한 예산과 제도를 지원하고, 각 연구소는 민간기업(스타트업, 중소기업, 대기업), 학계, 비영리단체, 연방정부 및 주정부와 협력하여 산업적으로 적용이 가능하도록 지원한다.

AMP의 일환으로 '로봇산업 육성정책(NRI; National Robotics Initiative)'도 추진되고 있다. NRI 프로그램의 목표는 차세대 로봇틱스 기술을 개발하여 시스템과 제품의 역량 및 활용 가능성을 높이고, 나아가 로봇이 포함된 혁신적인 생태계가 구축되어 개발-제조-확산까지 공급사슬이 만들어지는 것이다. 국립연구재단(NSF)은 항공우주국(NASA), 국립보건원(NIH)과 협력해 인간 협업형(Co-Robot) 로봇의 발전과 활용 촉진을 위해 3,150만 달러를 지원하기로 발표했는데(2014. 11), 이는 NRI를 통한 3차 지원으로 로봇 센싱, 작동, 컴퓨터 비전, 기계 학습과 인간과 컴퓨터 상호작용에 대한 연구개발 부문에 지원된다(오현환 외, 2016).

또한 미국정부는 과학기술정책국(OSTP) 범정부 차원의 브레인 이니셔티브 정책을 수립하여, 10년간 총 30억 달러 규모의 투자를 진행하고 있다. 인간의 뇌 지도 작성을 비롯한 의식, 지각, 행동 등이 이루어질 때 발생하는 뇌활동에 대한 연구로, 기초연구가 80% 비중이

[그림 3-23] 브레인 이니셔티브 주요 연구자별 투자안



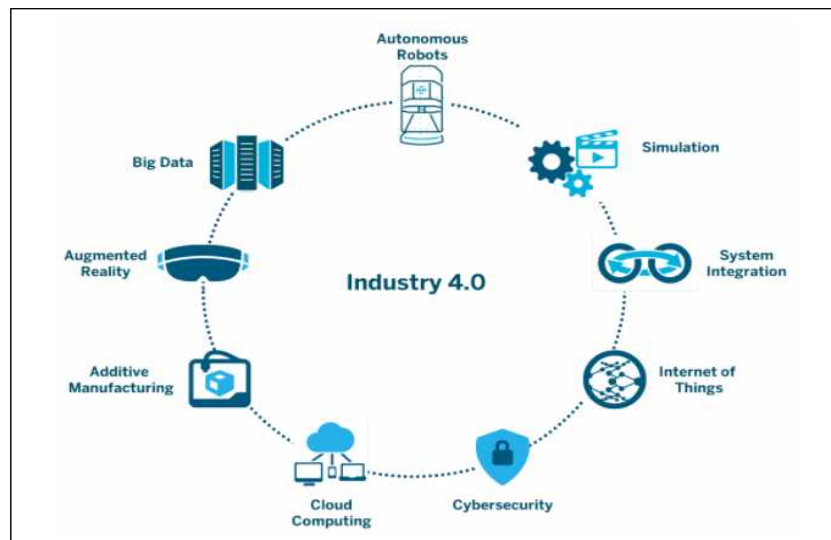
자료: 한국지식재산연구원(2016. 3)

고 뉴로모픽칩(IBM), 뇌스캔이미지 분석(Inscopix), 뇌시물레이션(Google) 등이 20%를 차지한다. 과학기술정책국 외에도 DARPA(국방고등연구계획국), FDA(식품의학국), NSF(국립과학재단), NIH(국립보건원) 등이 참여한다.

2. 독일

독일은 자국 제조업 경쟁력을 기반으로 스마트 제조시스템을 구현하기 위해 '인더스트리 4.0'이라는 전략을 수립하였다. 인더스트리 4.0의 핵심은 ICT를 활용하여 생산 시스템을 연결하고 지능을 부여함으로써 효율적이며 유연한 생산 체계인 '스마트공장'을 구축하는 것이다. 스마트공장의 목표는 빅데이터, AR, 3D프린팅, 클라우드, 사이버보안, IoT, 시스템통합, 시물레이션, 로봇기술 등 지능형 첨단기술을 통해 실시간으로 최적 제품생산 방식을 계산하여 가장 효율적인 경로를 적용하여 제품을 생산하는 것이다. 센서 및 인공지능 등을 활용하여 제조 생산성을 제고하고 공정을 유연화하여 비용도 절감할 수 있으며, 실제 독일의 글로벌 제조업체인 SAP, 지멘스, 보쉬 등이 '인더스트리 4.0'을 추진하고 있다.

[그림 3-24] 인더스트리 4.0의 개념도

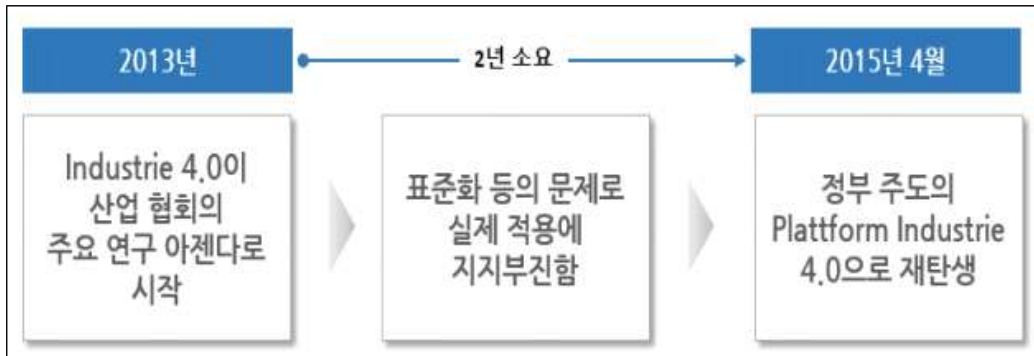


자료: anthon.com(2015. 7. 10)

독일은 인더스트리 4.0 초기에 독일내 기업들을 중심으로 제조 기업을 중심으로 하여 전략을 추진하였으나, '15년 이후부터는 민간과 정부 그리고 학계가 참여하는 플랫폼(Platform) 4.0 전략으로 선회하고 민·관의 공동대응 방식으로 확대되었다. 플랫폼 4.0을 통해 민간주도

의 혁신 중심에서 민간에서 해결하기 어려운 인프라 측면, 표준화 측면, 기업간 이해관계 조정 역할 등에 정부가 적극적으로 개입하고 오히려 주도하는 방식으로 전환된 것이다.

[그림 3-25] 인더스트리 4.0과 플랫폼 4.0



자료: 임재현(2015. 6)

[그림 3-26] 독일의 산학연 협력 프로젝트 방식

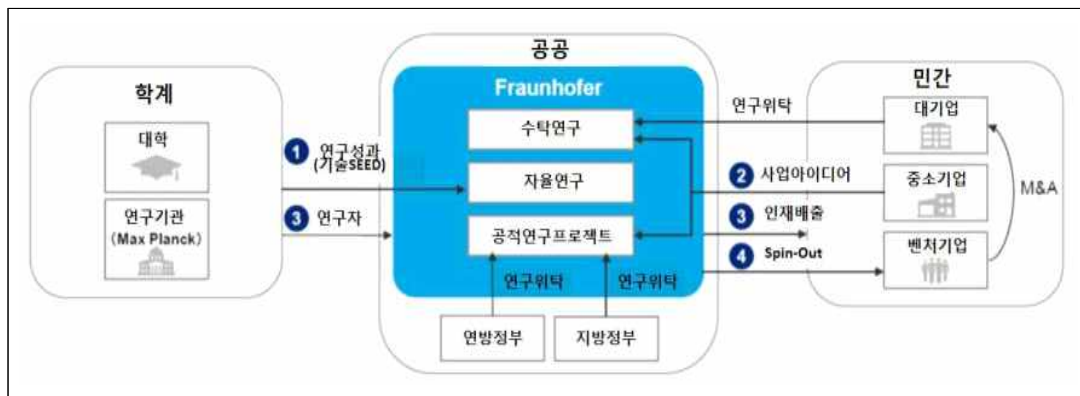


자료: 박형근·김영훈(2014)

독일은 국가경쟁력의 핵심인 중소·중견기업이 인더스트리 4.0에 잘 대응할 수 있도록 정책금융을 비롯하여, 기술력 전수, 전문가파견, 공동연구개발 확대 등을 지원하고 있다. 더욱이 독일전역 67개에 이르는 프라운호퍼(fraunhofer) 연구소에 24,000여명이 종사하고 있는데, 연간 21억 유로의 예산으로 민간 및 공공분야의 위탁연구를 수행하고 있다. 이 기구

는 각 지역 거점에 위치하여 수 많은 성공사례를 기반으로 각 지역의 창업자 및 중소기업에 유망기술의 연구개발 및 제품·서비스화를 지원하고 나아가 창업까지 지원하고 있다. 현재 주요 연구분야는 보건·환경(Health and Environment), 보안·보호(Security and Protection), 이동성·교통(Mobility and Transport), 서비스의 생산·공급(Production and Supply of Services), 정보통신(Communication and Knowledge), 에너지·자원(Energy and Resources) 등 6개이다.¹⁸⁾

[그림 3-27] 독일 Fraunhofer 연구기구 구조 및 역할



자료: 이재원(2016. 8. 18)

독일정부는 주력산업인 제조업을 스마트 제조업으로 혁신하여 제4차 산업혁명에 적극 대응하는 동시에, 사회·경제 전역에 디지털화를 촉진하여 독일 경제성장의 새로운 동력으로 마련하고자 지속적으로 산업고도화 정책을 추진해왔다. '14년 8월 발표한 '디지털아젠다(Digital Agenda) 2014~2017'에는 디지털 인프라, 디지털 경제 및 노동, 혁신국가, 디지털 생활, 교육·연구·과학·문화·언론, 사회·기업을 위한 안전, 보호 및 신뢰, EU·국제차원 디지털아젠다 등 총 7개 분야에 ICT를 적극적으로 활용한다는 내용을 담고 있다.

<표 3-7> 디지털아젠다(Digital Agenda) 2014~2017의 7대 정책방향

구분	주요지원 정책
1	Digital infrastructure
2	The digital economy and digital workplace
3	Innovative public administration
4	Shaping digital environments in society

18) 프라운호퍼 한국사무소, <http://www.fraunhofer.kr/>

구분	주요지원 정책
5	Education, science, research, culture and media
6	Building security, protection and trust within society and the economy
7	European and international dimensions of the Digital Agenda

자료: The Federal Government(2014. 8)

'16년 4월에 발표한 '디지털전략 2025'에서는 디지털경제로의 전환을 위한 독일정부의 10대 중점추진과제를 발표하였다. 10대 추진과제는 망고도화, 창업활성화, 혁신제도마련, 스마트네트워크, 정보보안, 중소기업 사업모델, 인더스트리 4.0, 혁신적 기술개발, 디지털교육, 디지털청 설립 등이다.

〈표 3-8〉 독일의 디지털전략 2025의 10대 정책방향

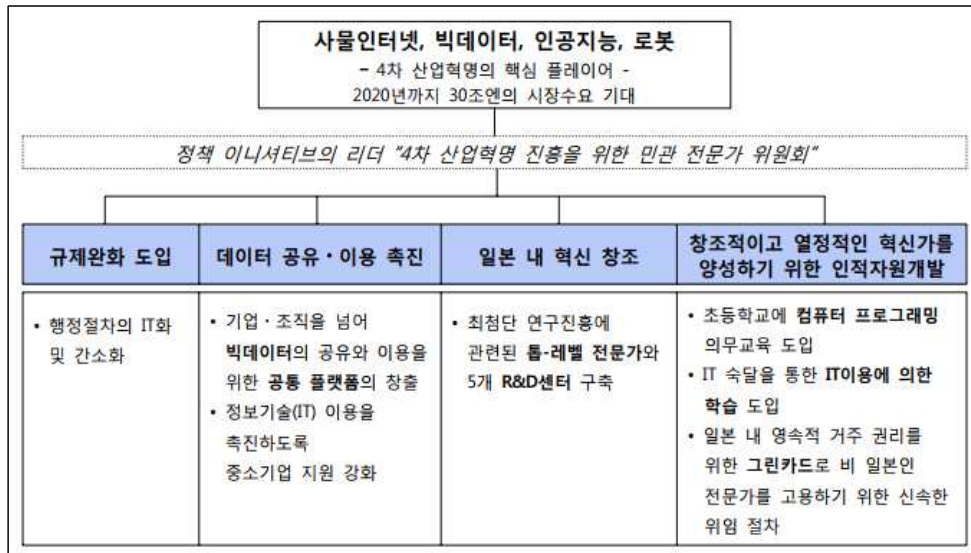
구분	주요지원 정책
1	기가비트급의 광통신망 전국확대
2	창업활성화와 신규 기업간 협력 강화
3	투자확대와 혁신을 위한 제도 마련
4	핵심 인프라 분야에 대한 스마트 네트워크 장려
5	정보보안 및 정보 자기결정권 강화
6	중소기업, 수공업, 서비스업의 새로운 비즈니스모델 창출
7	인더스트리 4.0을 활용한 생산거점의 현대화
8	디지털 기술의 연구개발 혁신수준 제고
9	생활전반에 디지털교육 적용
10	디지털청(Digital Agency) 설립

자료: 한국산업기술진흥원(2016)

3. 일본

일본은 장기침체를 극복하고 새로운 성장동력의 발굴이라는 차원에서, 정부가 주도하여 제4차 산업혁명에 대응할 수 있는 다양한 정책을 추진하고 있다. 먼저 정부는 '일본재흥전략 2016'에서 제4차 산업혁명을 핵심 성장 전략으로 설정하였다. 제4차 산업혁명을 제조업의 생산시스템 고도화에 국한하지 않고, 사회 전반 및 국가경제를 변화시키는 광범위한 국가혁신 프로젝트 설정하였다. 이를 위해 경제산업성을 비롯한 내각부, 공정거래위원회, 총무성, 재무성, 금융청, 문부과학성, 후생노동성, 농림수산업성, 국토교통성 등이 공동으로 실행계획을 마련하였다. 정책의 효율적인 실행을 위해 민관전문가 위원회도 구성하여, 규제 완화, 데이터 공유·이용·촉진, 일본내 혁신창조, 인적자원개발 등도 전략도 함께 추진하고 있다.

[그림 3-28] 제4차 산업혁명 일본 정부 로드맵



자료: 한국표준협회(2016. 11)

일본 정부는 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 로봇 등 미래 기술력을 확보하고 이를 바탕으로 최첨단 경제·사회 시스템으로 나아가겠다는 입장이다. 구체적으로 7대 중점 추진과제를 선정하여, 이 전략을 추진하고 있는데, 데이터 활용, 인재육성, 이노베이션 가속화, 파이낸스 기능 강화, 산업구조 전환, 중소기업/지역경제에 파급, 경제사회 시스템 고도화 등이 해당된다.

<표 3-9> 제4차 산업혁명에 대한 일본 정부의 7가지 대응방침

	대응전략	세부내용
1	데이터 이용·활용·촉진을 위한 환경 정비	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 플랫폼의 구축, 데이터 유통시장의 창출 개인 데이터의 이용·활용·촉진 보안기술이나 인재를 키워내는 생태계(에코시스템)의 구조 제4차 산업혁명의 지적재산 정책의 방향
2	인재육성·인재획득, 고용시스템의 유연성 향	<ul style="list-style-type: none"> 새로운 요구에 대응한 교육시스템의 구축 글로벌 인재의 획득 노동시장·고용제도의 유연성 향상
3	이노베이션·기술개발의 가속화('Society 5.0')	<ul style="list-style-type: none"> 오픈 이노베이션 시스템의 구축 세계를 주도하는 이노베이션 거점의 정비·국가사회 실증의 가속(인공지능 등) 지적재산관리이나 국제표준화의 전략적 추진

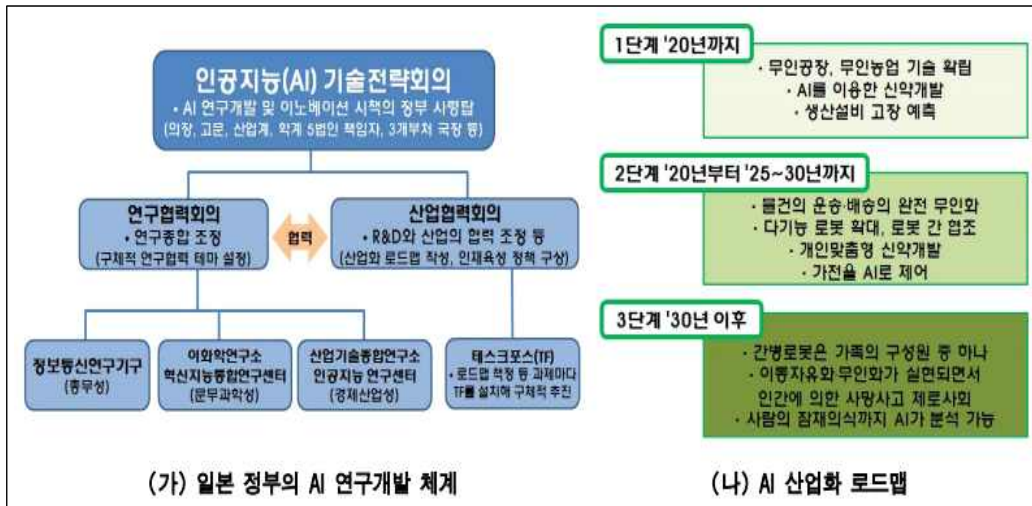
	대응전략	세부내용
4	금융조달(파이낸스) 기능의 강화	<ul style="list-style-type: none"> • 리스크 매니지먼트 공급을 위한 에퀴티1) 파이낸스의 강화 • 제4차 산업혁명을 향한 무형 자산투자의 활성화 • 핀테크를 중심으로 하는 금융·결제기능의 고도화
5	산업구조·취업망 전환의 원활화	<ul style="list-style-type: none"> • 신속·과단성 있는 의사결정을 가능케 하는 거버넌스 체제 구축 • 신속하고 유연한 사업재생·사업재생을 가능케 하는 제도·환경 정비
6	제4차 산업혁명의 중소기업, 지역경제에 파급	<ul style="list-style-type: none"> • 중소기업과 지역에 사물인터넷 등의 도입·이용·활용 기반 구축
7	제4차 산업혁명을 향한 경제사회 시스템의 고도화	<ul style="list-style-type: none"> • 제4차 산업혁명에 대응한 규제 개혁의 모습 • 데이터를 활용한 행정 서비스의 향상 • 전략적인 제휴 등을 통한 글로벌 전개 강화 • 제4차 산업혁명의 사회 확산

자료: 한국표준협회(2016. 11)

일본 정부는 제4차 산업혁명의 핵심기술인 인공지능(AI) 기술 및 산업화 분야의 선도적인 역할을 하기 위해 「AI기술전략회의」를 창설하고 제조, 물류, 의료 등의 분야에 AI를 전면 적용해서 생산효율성을 높이겠다는 계획이다. 일본 정부는 '16년 11월에 총 3단계에 이르는 AI산업화에 대한 로드맵을 발표했는데, 이 계획안에 따르면 '30년까지 간병로봇이 대중화 되고, 완전 무인 운송·배송 서비스가 가능하며, 사람의 잠재의식까지 AI가 분석할 수 있게 된다.

한편 일본은 로봇에 대한 많은 연구를 진행해왔는데, 최근에는 로봇산업에 인공지능을 접목하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. '15년 1월에 발표한 '로봇 신전략'에는 일본이 세계 최고수준의 로봇활용력을 보유하고 로봇의 대중화를 주도하겠다는 내용이 담겨있다. 또한 IoT시대에 맞춰 빅데이터, IT와 융합, 네트워크, 인공지능을 구사하는 첨단기술기반 로봇혁명을 추진하겠다는 점도 강조했다. 나아가 인공지능이 결합된 로봇산업을 이용하여 제조, 서비스, 간호·의료, 농림수산업·식품산업, 인프라·재난대응·건설 등 5개 분야를 '20년까지 집중 지원하겠다고 밝히고 있다.

(그림 3-29) 일본의 AI 연구개발 체계 및 산업화 로드맵



자료: 정보통신기술진흥센터(2017. 3. 10)

4. 중국

중국은 전 세계의 공장으로서 불리울 만큼 양적으로 성장해왔는데, 이제 제4차 산업혁명에 따른 혁신기술을 기반의 질적 성장을 추진하고 있다. '15년 5월 중국 정부는 13차 5개년 계획(2016~2020년)의 일환으로 「중국제조 2025」 전략을 발표했다. 주요 내용을 살펴보면 모든 제조업 분야에 걸쳐 혁신역량 제고, 품질 제고, IT·제조업 융합 그리고 친환경성장 등 4개의 과제를 제시하고, 성공적인 달성 여부를 판단하기 위한 정량적 지표와 목표 수준도 설정하였다. '25년까지 매출액 대비 R&D지출 비중을 '13년 0.88%에서 1.68%로 높이고, 매출액 대비 발명특허 수도 0.36개에서 1.1개로 높이는 것이 목표이다. 질적인 측면에서도 제조업 품질경쟁력 지수를 85.5로 높이고, 제조업 노동생산성 증가율도 '20~'25년간 6.5% 증가시키는 것이 목표이다.

〈표 3-10〉 중국 제조 2025, 4대 과제와 주요지표

과제	지표	달성목표
혁신역량	- 매출액 대비 R&D 지출 비중	- 0.88%(2013년) → 1.68%(2025년)
	- 매출액 대비 발명특허 수	- 0.36(2013년) → 1.1(2025년)
품질 제고	- 제조업 품질경쟁력 지수	- 83.1(2013년) → 85.5(2025년)
	- 제조업 노동생산성 증가율	- 6.5%(2020~25년간 평균)
IT·제조업 융합	- 인터넷 보급률	- 37%(2013년) → 82%(2025년)
	- 핵심공정 컴퓨터 수치제어 공작기계 비중	- 27%(2013년) → 64%(2025년)

과제	지표	달성목표
친환경 성장	- 산업생산량 단위당 에너지소모 감축 비율 - 산업생산량 단위당 이산화탄소 배출 감축 비율	- 2015년 대비 34%감축 - 2015년 대비 40%감축

자료: 이재원(2016. 8. 18)

이러한 목표를 실행하기 위해 10대 중점 육성산업을 선정했는데 ICT과 로봇을 비롯해서 교통, 농업기계장비, 소재, 의료분야 등 산업 전반의 생산성과 첨단기술력을 배가하여 향후 중국의 성장 동력으로 이끌어내겠다는 계획이다.

〈표 3-11〉 중국 제조 2025, 10대 중점 육성산업

산업 구분		
1	차세대 정보기술 산업	집적회로 및 전용장비
		정보통신설비
		조작시스템 및 공업용 소프트웨어
2	고정밀 수치제어 및 로봇	고정밀 수치제어
		로봇
3	항공우주 장비	항공장비
		우주장비
4	해양장비 및 첨단기술 선박	
5	선진 궤도교통설비	
6	에너지절약 및 신에너지 자동차	
7	전력설비	
8	농업기계장비	
9	신소재	
10	바이오의약 및 고성능 의료기기	

자료: 산업연구원(2015)

한편 중국 리커창 총리는 '15년 3월 인터넷 발전 전략을 담은 「인터넷플러스」 정책을 발표했고, 같은 해 7월 국무원이 구체적인 내용과 발전목표를 제시하였다. 동 전략에서는 인터넷이 통신망이나 인프라에 그치는 것이 아니라 경제발전, 사회발전의 플랫폼으로써 역할을 하는 것을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 관련 제도개선 및 법규마련에도 힘쓰고 있다. 구체적으로 모바일 인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, IoT 등의 기술과 제조업의 결합, 전자상거래, 핀테크, 산업인터넷 등을 통해 세계 시장 개척을 위한 교두보를 마련하고자 했다. 「인터넷플러스」 전략은 인터넷과 중국 정부가 선정한 창업·혁신, 제조, 농업, 에너지, 금융,

민생, 물류, 전자상거래, 교통, 생태환경, 인공지능 등 11개 분야의 융복합 전략을 중심으로 추진된다. 중국 정부는 인터넷플러스의 성공적 추진을 위하여 인프라, 혁신촉진, 규제 완화, 국제협력, 인재육성, 진입장벽 완화 등 다방면에서 정책적 지원을 아끼지 않고 있다.

〈표 3-12〉 중국 '인터넷플러스' 발전 목표

구분	발전목표
경제발전	- 인터넷을 통한 제조업, 농업, 에너지, 환경보호 산업분야의 업그레이드와 노동 생산성 제고 - 전자상거래 및 인터넷 금융 육성
사회발전	- 헬스의료, 교육, 교통 등 민생분야에서의 인터넷 응용 확대 - 공공서비스의 온오프라인 통합 및 서비스 다각화
기초인프라	- 광대역, 차세대 이동통신망 구축 - IoT, 클라우드 컴퓨팅 등 신형 인프라 시설 구축 - 인공지능 기술의 산업화 촉진
환경조성	- 인터넷 융합 혁신에 대한 인식제고 - 관련 기준, 규범, 신용체계, 법률 및 법규체계 완비

자료: 산업연구원(2015)

한편 중국 정부는 '15년 3월 '차이나브레인' 프로젝트를 발표했는데, 인간과 기기간 상호작용, 드론, 무인자동차 등 향후 혁신적인 서비스를 포함한 모든 분야에 인공지능을 적용하겠다는 내용이다. 중국의 뇌과학 연구는 '16년부터 시작되는 중국의 13차 5개년계획에서 제시한 100대 국가전략 프로젝트에서도 뇌관련 연구는 4위, 인공지능 연구는 34위에 랭크될 정도로 주요 관심사이다. 중국은 향후 인공지능 관련 핵심기술을 확보하고, 가전, 자동차, 로봇 등 다양한 분야에 적용하여 글로벌 선도기업을 육성하겠다는 계획이다.

〈표 3-13〉 중국의 인공지능 정책방향

구분	정책방향
인공지능 신규산업 양성	- 음성, 동영상, 지도 등의 라이브러리 구축, 인공지능의 기초 자원과 공공 서비스 등 창의적 플랫폼 건설 - 주요 인공지능 기술의 연구와 산업화를 추진 - 인공지능의 스마트 상품, 공업제조 등 영역에서의 상업화를 추진
주요 산업의 스마트화 추진	- 가전기업의 연구개발을 통해 스마트기기로 나아가고 서비스 능력 제고 - 자동차 기업과 IT 기업의 합작 시스템을 구축하여, 스마트 운전, 환경 감지 능력, 스마트 설비 탑재 등 기술 상품의 연구 개발과 응용을 가속화

구분	정책방향
단말 상품의 스마트화 제고	<ul style="list-style-type: none"> - 이동단말(mobile terminal)핵심기술의 연구개발 및 산업화 능력을 제고 - 스마트 기술의 로봇 영역에서의 응용을 추진하여 로봇 상품의 감지, 통제 등 분야에서의 성능과 스마트 수준을제고

자료: 한국지식재산연구원(2016. 3)

5. 소결 및 시사점

앞서 살펴본 바와 같이 미국, 독일, 일본, 중국 등 주요국은 제4차 산업혁명 기술 및 서비스 혁신을 국가경쟁력 제고의 기회로 보고, 민간과 정부가 협력하여 적극적으로 대응하고 있다. 첫째 미국은 기술과 자금을 보유하고 있는 민간이 상용화기술과 서비스를 주도하고, 정부가 기초 R&D, 인프라 및 시스템 구축 등 적극적으로 지원하며 시너지를 발휘하고 있다. 기업이 금융·제도 등 기업 생태계의 변화에 큰 영향을 미치는 미국은 기업 중심의 전략을 실행에 옮기고 있는 가운데 정부는 파트너십 형성 등 기반 강화에 중점을 두고 있다. 둘째 독일은 민간이 주도하는 인더스트리 4.0이라는 핵심전략으로 출발했으나, 이후 발생한 한계와 문제점을 정부가 개입하는 민관 공동대응방식(플랫폼 4.0)으로 전환하였다. 실용성과 실행력을 강화하기에는 기업만의 대응으로는 한계가 있음을 인식한 독일은 기업과 정부가 공동대응하는 전략을 택했다. 셋째 일본은 민관 공동으로 제4차 산업에 대비하여 산업/기술/교육/금융/노동 등 사회전반 국가개혁을 추진하겠다는 입장이다. 일본은 정부 중심으로 신성장동력 확충을 위한 산업·기술 육성뿐만 아니라 금융 및 노동과 더불어 교육에 이르기까지 사회 전반의 국가 개혁에 중점을 두고 있다. 넷째 중국은 이를 성장 재도약을 기회로 활용하기 위해 혁신적인 제조업 전환(중국제조 2025)과 모든 서비스를 인터넷기반으로 재정의하는 인터넷플러스 전략을 정부 주도로 강력하게 추진하고 있다. 성장세가 둔화되고 있는 중국은 정부 주도의 제조 강국 계획을 수립하였으며, ‘중국제조 2025 전략’에서 정부가 독자적으로 전략을 추진하기 보다는 민간과의 보완을 중시하고 있다.

〈표 3-14〉 주요국의 제4차 산업혁명에 대한 대응전략

구분	미국	독일	일본	중국
민간과 정부 역할	<ul style="list-style-type: none"> - 민간주도 - 정부지원 	<ul style="list-style-type: none"> - 先민간주도 - 後민관공동대응 	<ul style="list-style-type: none"> - 민관 공동주도 	<ul style="list-style-type: none"> - 정부주도 - 민간실행
거버넌스	<ul style="list-style-type: none"> - 민간컨소시엄 - 민관컨소시엄 	<ul style="list-style-type: none"> - 先인더스트리 4.0 - 後플랫폼 4.0 	<ul style="list-style-type: none"> - 제4차 산업혁명 관민회의 (정부/기업/학계) 	<ul style="list-style-type: none"> - 정부(국무원, 공업 신식화부)

구분	미국	독일	일본	중국
핵심전략	- 신미국혁신전략 - AMP 2.0	- 인더스트리 4.0	- 제4차 산업혁명 선도회의	- 중국제조 2025 - 인터넷플러스
특징	- 기술/자금보유기 업 주도 - 제조업중심	- 제조업과 ICT융합 - 국제표준화선도 - 프라운호퍼연구소		- 제조업경쟁력 제고 - 내수시장 중심

자료: 이재원(2016. 8. 18)의 내용 재정리

주요국의 4차 산업혁명 대응 전략은 우리에게 시사점을 준다. 우리나라의 여건 및 경쟁력에 알맞는 4차 산업혁명 추진전략을 수립할 필요성이 제기되며, 이를 위해 우리의 여건을 돌아볼 필요가 있다. 우선 제4차 산업혁명이 우리의 경제, 문화, 그리고 고용구조에 미치는 영향을 평가해볼 필요가 있다. 또한 4차 산업혁명에 따른 산업 구조 전환기 대응에 적합한 거버넌스 구축이 필요하다는 점을 고려해야 한다. 4차 산업혁명에 대한 효과적인 대응을 위한 경제사회 시스템의 변화와 기술 발전 전략을 수립하여 정책의 정합성을 제고해야 한다. 나아가 여러 가지 격차 해소를 위한 사회 통합을 위한 노력과 더불어 고용 불안 등 경제적 측면에서의 불확실한 요인에 대한 국민적 공감대 형성과 선제적 대응 방안 수립을 통해 정책 실행력 기반 강화가 요구된다.

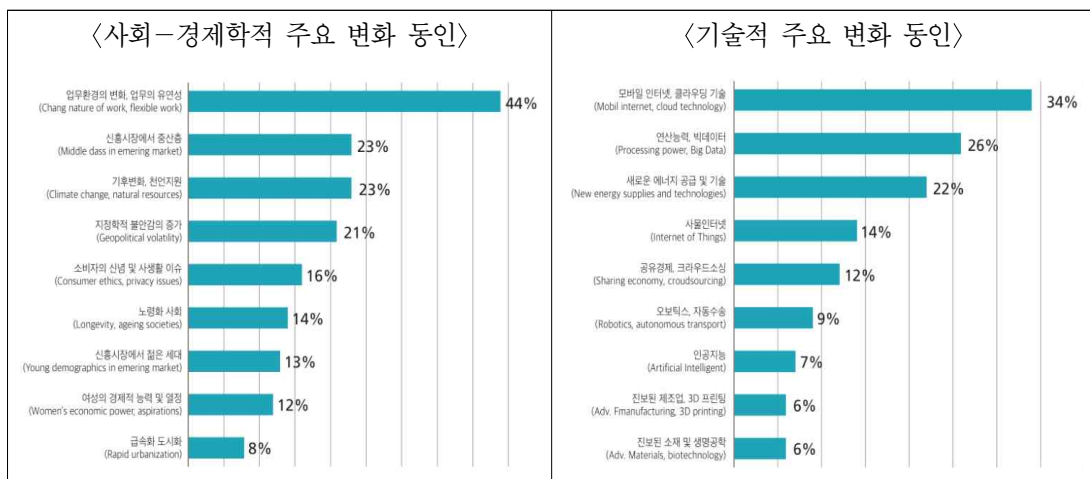
제 4 장 제4차 산업혁명의 파급효과

제 1 절 산업 · 경제적 측면

1. 산업 구조의 변화

인공지능, IoT, 빅데이터, 클라우드 등 ICT 기반 기술들이 제4차 산업혁명의 핵심동인으로 작용하고 있다. ICT 핵심기술들은 범용기술로 작용하면서 생산성 개선을 통한 산업 고도화에 기여하고 있을 뿐만 아니라, 비즈니스 전 과정의 '디지털화'를 촉진시킴에 따라 기존의 산업구조를 빠르게 변화시키고 있다. 특히, ICT 기업들이 다양한 산업 영역으로 진출하면서 가치사슬 전반의 혁신을 야기하고, 기존의 수직적 산업 영역 구분이 붕괴되고 있다. 구글과 애플 등 글로벌 ICT기업들은 모바일 OS 경쟁력을 기반으로 자동차, 의료 등 타 산업으로 영향력을 확대시키고 있으며, 아마존은 오프라인 진출을 본격화하며 오프라인 업체들을 위협하고 있다. 이처럼 ICT 기업들의 타 산업으로의 진출이 활발해지면서 ICT 생태계 경쟁 양상이 전산업으로 확대되고 있다.

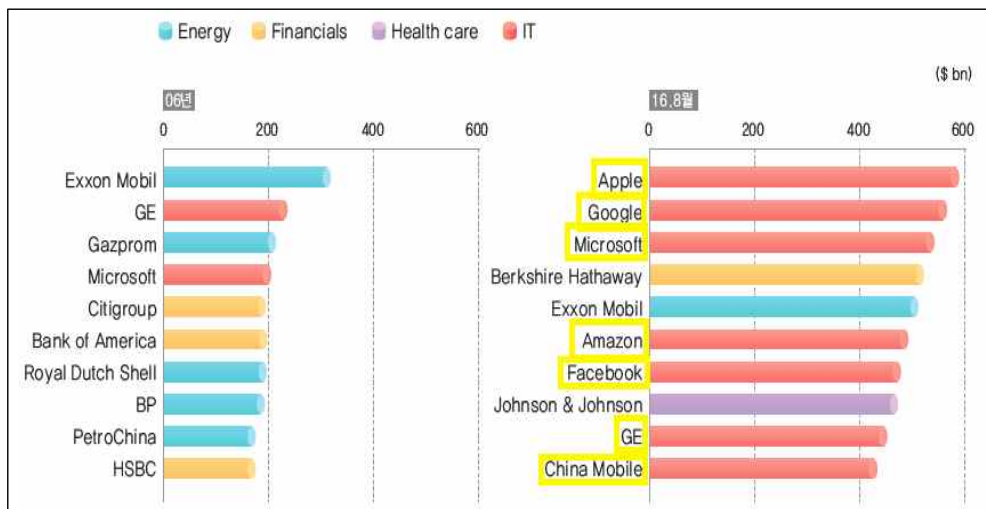
[그림 4-1] 제4차 산업혁명의 주요 변화 동인



자료: WEF(2016b)

제4차 산업혁명 시대에 들어서면서 데이터와 지식이 노동, 자본 등 기존의 생산요소를 압도하는 새로운 경쟁원천으로 부상하고 있다. 대규모 설비투자과 인건비 절감 여부 보다는 기술혁신 여부가 기업의 성과에 결정적인 요인으로 작용하면서 데이터와 핵심기술이 결합된 지식자원의 중요성이 확대되고 있다. 데이터와 핵심기술들이 산업의 경쟁 원천으로 부상하면서 이들을 보유한 혁신적인 기업들이 산업을 주도하고 있다. 도서 및 유통 분야의 아마존, 개인운송 분야의 우버, 사진 분야의 인스타그램 등이 대표적인 사례들이다. 데이터를 확보할 수 있는 생태계를 구축하고, 이를 활용할 수 있는 핵심기술을 보유한 기업이 시장을 주도하고 많은 이윤을 창출하고 있다. [그림 4-2]를 보면, '16년 8월 기준으로 전 세계 시가총액 10대 기업 대부분이 데이터와 기술 기반의 혁신적인 ICT 기업임을 확인할 수 있다.

[그림 4-2] 2006년과 2016년 시가총액 10대 기업 비교



자료: 관계부처 합동(2017. 1)

ICT 융합의 확산, ICT 기업들의 타 산업 진출 등에 따라 산업의 경쟁 구도 역시 변화하고 있다. 최근 몇 년간 ICT 부문에서 뚜렷하게 나타나고 있는 플랫폼 기반의 생태계 경쟁이 확산되고 있다. 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드 등 ICT 기술의 활용 증가는 보다 많은 사용자가 플랫폼 생태계에 참여할 수 있는 환경을 조성하고 있다. 플랫폼 기반 생태계의 핵심은 많은 사용자가 플랫폼에 직접 참여하여 데이터를 지속적으로 생성하는 동시에 활용하는 구조를 형성한다는 점이다. 이러한 플랫폼을 통해 관련 제품과 서비스들이 유기적으로 연결되어 통합 서비스가 제공됨으로써 기존의 제품·서비스(Stand alone 형태)를 압도하게 된다.

제4차 산업혁명의 핵심기술인 지능정보기술은 학습을 통해 성능이 지속적으로 발전되는 특징을 갖고 있기 때문에 우수제품을 시장에 먼저 출시하여 생태계를 구축한 플랫폼 기업들이 시장 지배력을 확대하며 빠르게 성장할 전망이다. 이에 따라 글로벌 시장에서 플랫폼 생태계 확보를 위한 경쟁은 더욱 치열해질 것으로 보인다. 애플, 구글 등과 같이 글로벌 생태계를 주도하는 인공지능 기반의 새로운 플랫폼 기업의 등장도 예상해 볼 수 있다. 스타트업과 중소벤처기업들에게는 응용 서비스 분야의 경우 이미 형성된 글로벌 플랫폼을 통해 글로벌 시장 진출이 가능해지면서 새로운 성장의 기회가 발생할 수 있을 것으로 판단된다.

한편, 제4차 산업혁명의 진전에 따른 산업구조 변화에 있어서 우리가 간과해서는 안될 한 가지는 제조업의 서비스화가 빠르게 진행되고 있다는 점이다. 신기술 및 플랫폼 비즈니스와 같은 혁신적인 패러다임과 결합되면서 맞춤형 소량생산, 스마트팩토리 등 제조·공정 측면의 혁신이 활발하게 일어나고 있다. 기존 저비용 기반의 대량생산과 유통에서 벗어나 인터넷을 통한 맞춤형 생산·유통·소비가 가능한 디지털 제조 시대가 시작되었다. 누구든지 아이디어를 디지털화하고 시제품 공유를 통한 피드백을 통해 제품의 완성도를 높일 수 있는 기회가 주어지기 때문에 개인이나 벤처기업 등도 소규모 자본으로 생산이 가능해졌다(이은민, 2016). 또한, 인터넷 기반의 온디맨드 경제가 확산되어 다품종 맞춤형 소량생산에 대한 수요가 증가하였고, 더불어 스마트 기기들의 발전과 빅데이터, 클라우드가 결합되어 디지털 제조공정이 가능해짐에 따라 스마트팩토리가 확산되고 있다. 가까운 미래에는 IoT를 통해 누적된 빅데이터를 클라우드로 공유하고, 빅데이터를 분석해 생산시물레이션을 가동하는 스마트팩토리가 일반화될 것으로 예상된다.¹⁹⁾ 스마트팩토리의 도입으로 에너지·인건비 등의 비용 절감 및 부가가치 증대로 인한 생산성 증가를 기대하며 제조업의 질적 고도화를 통한 경제 성장의 기반이 마련될 것으로 예상된다(조운정, 2015). 이미 GE 등 해외 선도 기업은 스마트팩토리의 도입으로 납기 단축, 라인 정지시간 최소화, 불량 축소, 에너지 절감 등의 성과를 보이고 있으며, 국내에서도 '14년 스마트팩토리 시범사업으로 그 효과를 입증하였다(조운정, 2015).²⁰⁾

이처럼 디지털 제조공정이 가능해짐에 따라 학습이 가능한 인공지능과 로봇이 점차적으로 노동을 대체하고 있으며, 적은 비용으로 더 높은 생산성을 얻게 되었다. 이러한 변화로

19) 스마트 공장의 시장규모를 살펴보면, 글로벌 시장 기준으로 '12년 1,552억 달러를 기록하였으며, '18년에는 2,460억 달러 규모로 성장할 것으로 전망된다. 국내 스마트 공장 시장규모는 '12년 24억 달러로 세계시장의 1.5% 수준이었으나, '18년 44억 달러로 연평균 11.2%의 성장을 기대하고 있다(홍승호 외, 2015. 12. 11)

20) '14년 277개 중소·중견기업을 대상으로 스마트공장 시범사업을 진행하였는데 그 결과, 생산성 22.7%, 품질 33%, 비용 23%, 매출 17%의 개선효과가 나타났다. 향후 확대 적용으로 '17년까지 제조업 부가가치율과 생산성 향상을 기대하고 있다.

인해 비용절감 등을 목적으로 해외에 제조 공장을 이전했던 기업들이 해외 인건비 상승 등 각종 비용 상승으로 인해 오프쇼어링 매력을 상실하고, 고객 니즈에 대한 보다 신속한 대응 필요성 증대와 기술 혁신으로 인한 비용 감소 등이 겹쳐 다시 자국으로 돌아오는 리쇼어링으로 방향을 전환하고 있다.²¹⁾ 여기에 사물인터넷과 3D 프린터, 로봇 등 신기술을 적극 접목한다면 자국에서 제조하더라도 충분히 원가 경쟁력이 있고, 오히려 시장 수요에 맞춰 민감하게 대응할 수 있다는 판단이 리쇼어링을 가속화 시키고 있다.

최근 많은 글로벌 기업들은 제조업에 ICT 서비스를 결합하는 비즈니스를 추진하고 있다. 과거 제조업 기업들은 제품의 생산과 판매에 주된 가치를 두었지만, 점차 소비자 데이터를 기반으로 한 서비스(마케팅, 애프터 서비스 등)에 더 많은 가치를 두고 있다.²²⁾ 쉽게 말해 제조와 서비스의 융합으로 제품을 단순히 만들어 유통하는 것에 그치지 않고 서비스 모델을 융합함으로써 그 가치를 확장하는 것이다(문형철, 2016). 단순하게 제조 라인을 효율화하는 것이 아니라 제조업에서 나아가 고객과의 접점이 많고 스펙트럼이 넓은 서비스업의 성격을 접목하여 기존과는 다른 비즈니스를 만들어나가는 것이다. 제조업의 서비스화에 따른 대표적인 10가지 유형은 아래 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 제조업과 서비스의 융합 사례

	서비스 유형	설명
1	IT 서비스 융합 (IoT/클라우드 등)	- 사물인터넷이나 클라우드 등 다양한 IT 서비스를 결합 - 예시: 스마트홈 기기, 스마트카, 원격제어
2	금융/리스	- 자산관리나 장기간 임대 서비스로 비즈니스를 전환 - 예시: 자동차 리스, 장기 임대형 주택
3	아웃소싱/공유/사용단위 지불	- 재화를 소유하지 않고 사용단위로 지불하는 서비스 형태 - 예시: 소카, Adobe나 MS의 소프트웨어, GE의 항공엔진
4	컨텐츠 제공/서비스 번들링	- 제품과 함께 여러 관련 서비스를 패키지로 제공하는 형태 - 예시: 삼성 갤럭시 APPs, IPTV, CCTV 등 보안서비스
5	유지관리/진단/멤버십	- AS/진단과 같은 사후관리 서비스 및 멤버십 부가가치 제공 - 예시: 복사기 회사 제록스, 침대관리 비즈니스 등
6	컨설팅/교육/맞춤형	- 제품에 필요한 교육이나 컨설팅, 디자인 개인화 등을 서비스 - 예시: 웨딩 플래너, IBM장비, e-training
7	운송/설치	- 고객이 제품을 사용하기까지의 니즈에 부합하는 가치 제공 - 예시: 배달의 민족, 홈쇼핑

21) 대표적으로 GE는 해외에 만들었던 공장을 미국으로 이전시키거나 신설 공장을 미국에 건립하는 형태로 리쇼어링을 강화하고 있다. '12년 6월, 1억 7천만 달러 규모의 산업용 배터리 공장을 미국에 지었고 같은 해 중국에 있던 온탕기 공장과 멕시코에 있던 가전 공장을 미국으로 옮겨 왔다(송재용, 2016. 4. 4).

22) 이와 같은 변화를 제조업의 서비스화(Product Servitization)라고 일컫는다(장병열, 2014).

	서비스 유형	설명
8	self 서비스+모듈화	- 반제품으로 생산하여 소비자가 셀프 서비스로 가치 창출 - 예시: IKEA가구, 구글의 ARA프로젝트*, 레고, 은행 ATM
9	체험/시범 서비스	- 사용자가 직접 만들어보거나 체험을 통해 경험을 극대화 - 예시: 화장품 회사의 피부관리 샵
10	폐기/처리/회수/재활용	- 제품 사용 후 효과적인 폐기, 처리, 회수, 서비스 제공 - 예시: SK엔카, BMW 인증 중고차, 중고폰 회수 중개 서비스

자료: 문형철(2016) 참고로 수정·보완

애플이 하드웨어 및 소프트웨어와 서비스를 연계하는 플랫폼인 아이튠즈(i-tunes) 와 앱스토어(App Store)를 구축하여 소비자와 콘텐츠 제공자를 서로 연결시키는 소비 생태계를 구축한 것이 대표적인 예이다. 애플이 스마트폰 등의 기기와 플랫폼을 결합하여 사용자에게 고부가가치 서비스를 제공한 것이 애플을 글로벌 시가총액 1위의 기업(2015년 기준)으로 성장시킨 결정적인 원동력이었다(이은민, 2016).

기존의 제조업은 기술의 표준화와 저비용 생산으로 더 이상 성능과 가격으로 제품의 차별화가 어려운 상황이었다. 이러한 상황에서 제조업의 서비스화는 제품 차별화를 위한 대안이 되고 있으며, 이러한 추세는 향후에도 지속될 것으로 판단된다.

2. 경제적 파급효과

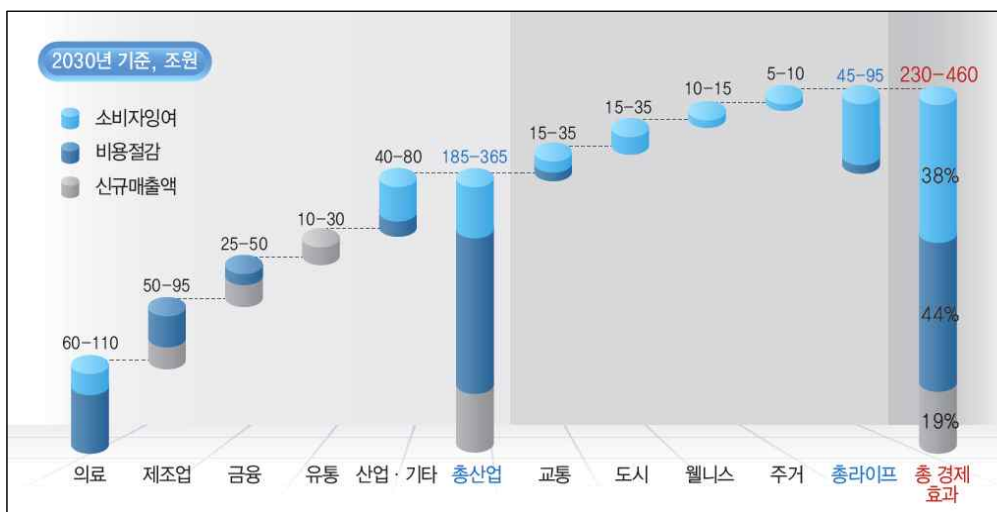
제4차 산업혁명 관련 혁신 기술들은 생산과 물류에 긍정적인 영향을 줄 것으로 전망된다. 최근 OECD 조사 보고서에 따르면, 혁신적인 제조 기술들과 디지털 기술들이 결합되면서 제조업체의 생산성을 높이는 사례들이 늘고 있다. 사물인터넷을 도입한 기업들은 평균적으로 18% 정도의 원가 절감을 이룰 것으로 추정되며, 데이터에 의한 의사결정 기업들의 생산성이 일반 기업들에 비해 5~6% 정도 높을 것으로 예상된다(최동용, 2017. 1). 또한, 데이터 품질과 접근을 10% 정도 개선하면 노동생산성을 평균적으로 14% 증가시키는 것으로 분석되었고, 로봇에 의해 운영되는 자동화된 창고업은 일반 창고업에 비해 네 배 많은 주문량을 처리할 수 있는 것으로 조사되었다(OECD Council, 2016. 4, 최동용, 2017. 1). 이밖에도 광산의 운반용 트럭을 자율주행으로 전환시키면 생산량은 15~20% 증가하면서, 연료비와 운영비용은 각각 10~15%, 8% 낮출 수 있는 것으로 추정되었으며, 자율주행 굴착장비 도입은 생산성을 30%에서 최대 60%까지 증가시킬 것으로 기대되었다(OECD Council, 2016. 4).

한편, 새로운 기술들은 해당 기업과 산업의 생산성을 높임으로써 재무성과를 개선할 것으로 전망되고 있다. 미국 자동차업체들은 '11~'15년 동안 사물인터넷과 데이터 분석 능력을

높임으로써 20억 달러의 비용을 절감한 것으로 보고되고 있으며, 산업인터넷을 활용하여 항공 산업의 운영의 효율성이 1% 높아짐으로써 전 세계 상업 항공 산업의 비용을 연간 20억 달러 절감한 것으로 분석되었다(최동용, 2017. 1).

제4차 산업혁명의 진전에 따른 경제적 파급효과 분석에 대한 연구는 많지 않은 상황이다. 대표적인 연구는 Chen 외(2016)의 연구를 들 수 있다. Chen 외(2016)에 의하면 기업투자를 근거로 제4차 산업혁명의 핵심기술인 인공지능 기술이 세계경제 성장률에 미치는 파급효과는 향후 10년간('16~'25) 1.59~2.95조 달러에 이를 것으로 추정되고 있다. 맥킨지(2016)는 우리나라 정부가 지난해 말 발표한 '지능정보사회 종합대책'을 지원하기 위해 제4차 산업혁명에 따른 국내 경제적 효과를 추정하고 있다. 맥킨지(2016) 분석에 의하면 제4차 산업혁명에 따른 경제적 효과가 2030년 기준 최대 460조원에 달할 것으로 산출하였다. 이 같은 경제적 효과에는 신규매출 증대와 비용절감, 그리고 소비자후생 증가가 포함되어 있다. 구체적으로 살펴보면, 우선 데이터 활용 마케팅(최대 10조원), 신규 로봇산업(최대 30조원) 등으로 41조 9천억원에서 85조 4천억원 규모의 신규매출 증대효과가 기대되는 것으로 분석되었고, 의료 진단 정확도 증대로 인한 의료비 감소(최대 55조원), 제조 공정 최적화로 인한 설비비용 감소(최대 15조원) 등으로 109조에서 199조원의 비용절감 효과가 있을 것으로 분석하였다. 또한, 교통사고 감소(최대 10조원) 대기의 질 향상(최대 706조원), 교통체증 감소(최대 30조원), 가사노동 단축(최대 10조원), 국민건강 향상(최대 10조원) 등으로 소비자 후생 규모도 76조 4천억원에서 174조 6천억원에 달할 것으로 전망하였다.

[그림 4-3] 2030년 기준, 국내 지능정보기술 도입에 따른 경제효과

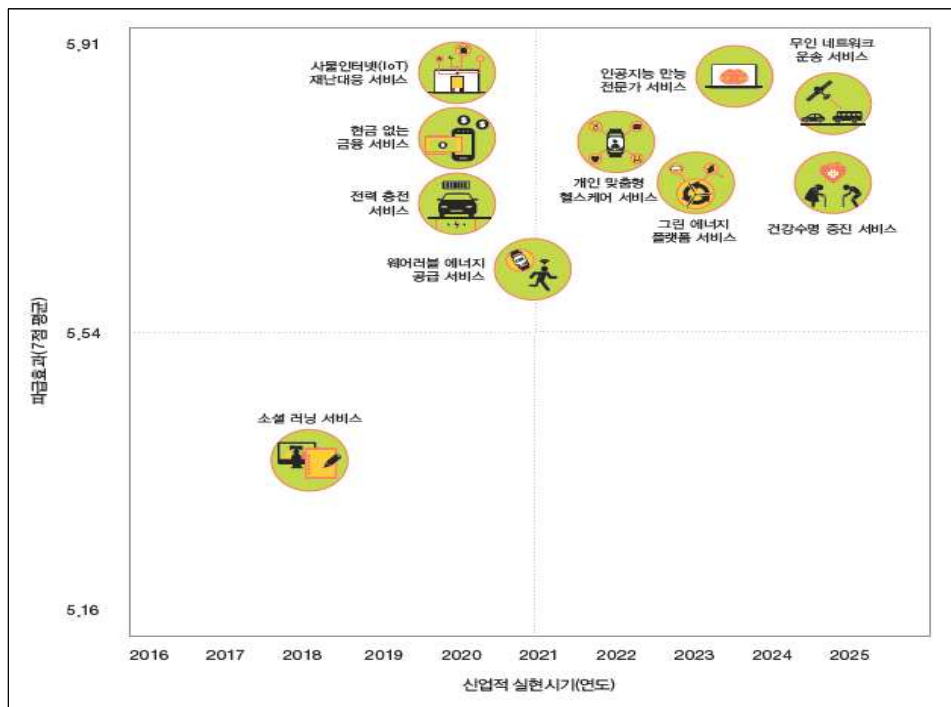


자료: 맥킨지(2016), 관계부처 합동(2016. 12. 27) 인용

의료, 제조, 금융, 유통, 기타 산업으로 구분한 산업에서는 신규매출 증대와 비용절감 등에 의해 의료 분야에서 최대 109조 6천억원의 경제효과가 발생해 가장 큰 영향을 미칠 것으로 분석되었고, 제조 분야(최대 95조원), 금융 분야(최대 47조 7천억원) 순으로 효과가 발생할 것으로 예상하였다. 소비자 후생증가가 주로 발생하는 생활영역에서는 자율주행 자동차 도입 등 교통 발달에 의한 경제효과가 최대 36조 5천억원으로 가장 클 것으로 예상되었고, 스마트 도시 등에 의한 도시의 발달(최대 3조 2천억원), 웰니스(최대 17조 2천억원) 순으로 경제적 파급효과가 클 것으로 전망하였다.

미래준비위원회(2016)는 국내 산학연 전문가 932명을 대상으로 조사한 결과를 토대로 미래 유망 10대 신서비스의 파급효과를 제시하고 있다. 조사 결과에 의하면, 인공지능 서비스, 사물인터넷 재난대응 서비스, 무인 네트워크 운송서비스, 개인 맞춤형 헬스 서비스 등의 순으로 파급효과가 높을 것으로 나타나고 있다. 미래 유망 10대 신서비스를 선정하기 위해 조사한 27개 서비스의 평균보다 소셜 러닝 서비스를 제외한 9개 서비스의 예상 파급효과가 높은 것으로 나타났다. 이로부터 미래 유망 10대 신서비스가 고용 유발과 부가가치 창출 등 경제성장에 크게 기여할 것임을 예측할 수 있다.

[그림 4-4] 미래 유망 10대 신서비스별 파급효과



자료: 미래창조과학부 미래준비위원회 외(2016. 4)

제4차 산업혁명에 따른 경제적 파급효과에 대한 연구들의 공통점은 4차 산업혁명에 따른 경제적 파급효과가 산업에 효율화를 가져올 뿐만 아니라 이로 인해 경제 규모가 확대된다는 점이다. 하지만 4차 산업혁명에 따른 경제적 파급효과에 대한 분석은 많은 가정을 전제로 하여 다양한 산업에서의 생산성 개선 정도를 측정하고, 새로운 산업의 등장에 따른 부가가치 창출 등을 추정하는 형태로 제시되고 있다는 한계가 존재한다.

제 2 절 고용 구조적 측면

1. 고용 구조의 변화

'16년 세계경제포럼(World Economic Forum)에서는 제4차 산업혁명을 화두로 던지면서 유전학, 인공지능(AI), 로봇기술(Robotics), 나노기술 및 바이오기술 등 지능정보기술의 발전이 비즈니스 모델을 빠르게 변화시키고 있음을 보였다. 이런 비즈니스 모델의 대대적인 변화는 향후 노동시장의 고용구조에 지대한 영향을 미칠 것이며, 현재 글로벌 산업의 변화에 영향을 미치는 많은 주요 요인들은 일자리의 소멸과 생성 및 직업 구조에 광범위한 영향을 미칠 것으로 보인다(WEF, 2016).

기술의 발달이 인간의 노동력을 대체할 것인가에 대해서는 지속적인 논쟁이 있어왔다. 기술 혁신은 전통적인 산업의 생산성을 향상시켜 시장 규모를 증가시키거나 혹은 기존 산업과 융합하여 새로운 시장을 창출함으로써 노동 수요의 증가와 새로운 직업군을 만드는 등 인적자본과 상호 보완적인 역할을 수행한다. 이와는 반대로 기술 혁신으로 인하여 사람이 하던 일을 기계가 대신할 수 있게 되고, 이는 노동 수요를 감소시키거나 혹은 관련 직업군의 소멸로 이어지기도 한다. 지능정보시대 이전의 기술 발달이 단순반복적 작업에 한해서 인간의 노동력을 대체해 온데 반하여, 인공지능 기술의 발달은 보다 복잡한 사고 능력을 요하는 일자리마저 기술이 인간을 대체할 수 있음을 보여주고 있다.²³⁾ 이러한 현상으로 인하여 사회 전반에 걸쳐 기술이 인간 노동력을 대체할 것인가에 대한 논란이 급증하고 있다.²⁴⁾

23) '16년 초, 게임의 전계가 다양해 오랫동안 컴퓨터가 정복하지 못했던 바둑에서 구글의 인공지능 알파고가 인간을 대표한 이세돌에게 승리를 거둬 복잡한 사고를 요하는 분야에서마저 기계의 인간 대체에 대한 우려를 자아냈다.

24) '15년 테크프로 리서치(Tech Pro Research)는 인공지능에 관한 인식 수준을 알아보기로 설문 조사를 진행하였는데, 응답자의 63%는 인공지능이 비즈니스에 도움이 될 것이라고 기대하고 있으나, 34%는 인공지능 관련 기술로 인해 일자리를 잃게 될 가능성에 두려움을 나타냈다.

〈표 4-2〉 제4차 산업혁명의 고용 부문 파급효과 전망

전망	기관 및 저자	주요 내용
긍정적	Boston Consulting Group(2015)	독일 제조업, IT 및 데이터 통합 분야 일자리 96% 증가 로봇 관련 일자리 약 40,000개 증가
	Autor(2015)	비관론이 기술의 노동보완 측면 간과를 비판 기술 혁신으로 시장 확대 및 노동 수요 증가
	GE(2016)	제 4차 산업혁명 관련 기술 분야에서 200만개 일자리 창출
	관계부처합동(2017)	신산업으로 60-80만 명 신규 고용 창출
부정적	김세움(2015), 최창욱(2015)	국내 노동시장, 향후 20년 이내 55~57% 일자리 소멸 가능성
	CEDA(2015)	호주 노동시장, 39.6% 수십 년 내 컴퓨터로 대체 예상
	Boston Consulting Group(2015)	독일 제조업, 생산부문 4%, 품질관리부문 8%, 유지부문 7% 일자리 감소
	WEF(2016)	710만 개 일자리 소멸, 200만 개 생성
	Frey & Osborne(2017)	미국 노동시장, 일자리의 47%가 향후 20년 이내 대체 고위험군에 속함

하지만, 그간 기술의 발전이 노동시장에 미치는 영향을 살펴봤을 때, 혁신적 기술이 개발되고 발전해도 경제적 효용가치에 대한 검증, 관련 법제도의 정비, 사회적 합의가 전제되어야 사회에 온전히 적용될 수 있기 때문에 기술이 완전하게 사람을 대체하는 데는 상당한 시간이 소요됨을 알 수 있다. 따라서 혁신적 기술이 도입되기까지의 시간 동안 노동시장과 근로자들이 새롭게 바뀌어가는 환경에 적응하므로 일자리의 대체 폭은 제한적일 수 있고, 따라서 지능정보기술의 발달로 인해 감소할 수 있는 일자리 수에 대한 현재의 예측치는 과대계상된 것일 수 있다.

현재 진행 중인 제4차 산업혁명은 그 어느 때 보다 기술혁신의 파급력이 크다는 점에서 기술과 인적자본 간 대체효과와 보완효과에 대한 불확실성을 내포하고 있다. 이러한 불확실성 속에서 제4차 산업혁명 시대의 고용에 관한 많은 연구와 토론이 진행되고 있으며, 아직까지 기술의 일자리 대체 전망에 대한 비관론과 낙관론이 대립하여 공존하는 가운데 뚜렷한 결과에 도달하지 못하고 있다.

기술 발전의 노동시장 파급력에 관한 그간의 역사에 비춰볼 때, 제4차 산업혁명의 혁신을 단순히 일반적인 자동화의 발전으로 간주할 경우 기술혁신이 꼭 수많은 직업의 소멸, 고용 감소로 이어질 이유는 없다. 제4차 산업혁명으로 인하여 고숙련(High-skilled) 노동자에 대한 수요가 증가할 뿐만 아니라, 관련한 기술 직군 및 산업분야에서 새로운 일자리가 등장할 것

이라는 예측도 존재한다. 특히 산업계에서는 인공지능, 3D 프린팅, 빅데이터 및 산업로봇 등 제4차 산업혁명의 주요 변화 동인과 관련성이 높은 기술 분야에서 200만개의 새로운 일자리가 창출되고, 그 중 65%는 신생직업이 될 것이라는 전망도 있다(GE, 2016). 또한 독일 제조업 분야 내 노동력의 수요는 대부분 IT와 S/W 개발 분야에서 경쟁력을 가진 노동자를 대상으로 나타날 것이고, 특히 IT 및 데이터 통합 분야의 일자리 수는 110,000개(약 96%)가 증가하고, 인공지능과 로봇 배치의 일반화로 인해 로봇 코디네이터 등 관련 분야 일자리가 40,000개 증가 할 것으로 전망되고 있다(Boston Consulting Group, 2015).

일반적으로 기술 혁신이 고용에 미치는 영향은 크게 인적자본을 기계로 대체하는 대체효과와 인적자본과 상호 보완하여 시너지를 창출하는 보완효과 두 가지로 나뉜다. 앞서 살펴본 기술 발전이 고용에 미치는 영향에 대한 낙관적인 견해는 지능정보기술의 노동 보완효과가 클 경우를 상정한 것이다. 이 경우 생산량이 증대하면서 노동 수요가 증가 하고 이에 따라 공급에 변화가 일어나면서 임금 간 상호작용으로 순고용의 큰 변화 없이 노동시장이 작동하게 된다. 이 과정에서 점진적으로 직업과 직무의 변화가 일어날 수 있다. Autor(2015)는 기술의 인간 일자리 대체에 관한 비판론이 기술혁신의 노동 보완 측면을 간과하고 있음을 비판하고, 오히려 기술 진보로 인해 시장이 확대되고, 이에 따르는 노동수요 증대를 통해 순고용은 큰 변화가 없을 것이라 전망했다.

〈표 4-3〉 지능정보기술로 인한 일자리 창출 효과 추정

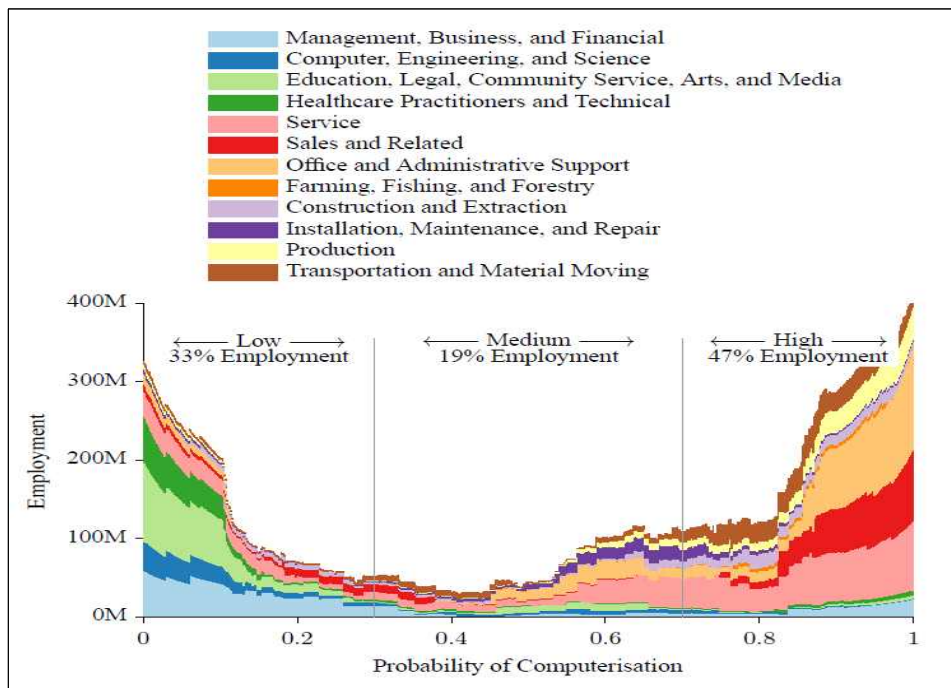
구분	설명	고용창출 효과
해외 AI 관련 산업 종사자 예측치 기반	미국, 캐나다, 호주 등 선진국 AI 관련 업종의 미래 고용 예측치를 기반으로 한국의 고용 증가분 추정	10~45만명
외부기관 예측자료 기반	한국고용정보원 등의 산업 및 직종별 인력 수요 예측치 중 AI, 빅데이터 등 신산업 직종 수치 합산	60~80만명

자료: 관계부처합동(2016. 12. 27)

미국, 캐나다, 호주 등 해외 선진국 AI 관련 업종의 미래 고용 예측치를 기반으로 우리나라의 고용 증가분을 추정한 결과, 2030년까지 지능정보기술의 발달로 인한 고용창출 효과는 10~45만 명에 달할 것으로 분석됐다. 또한, 한국고용정보원 등의 산업 및 직종별 인력 수요 예측치 중 AI, 빅데이터 등 신산업 직종 수치를 합산한 결과 해외 예측치 기반의 추정보다 더 큰 60~80만 명의 신규 고용이 창출될 것이라는 결과를 얻었다(관계부처합동, 2017).

제 4차 산업혁명이 고용에 미치는 긍정적인 영향뿐만 아니라 기술 혁신의 대체효과를 더 크게 상정하는 부정적인 견해도 존재한다. Frey and Osborne(2017)은 미국의 노동시장을 대상으로 기술의 일자리 대체 가능성을 분석한 결과, 향후 20년 이내에 미국 내 일자리의 47%가 대체확률 0.7 이상인 고위험군 직종에 속하는 것을 도출하였다(그림 4-5 참조). 독일 제조업 분야에서는 기계가 인간의 업무를 대체함에 따라 생산부문 120,000개(부문 내 4%), 품질관리부문 20,000개(부문 내 8%) 및 유지부문 10,000개(부문 내 7%)의 일자리가 감소하고 생산계획부문의 반복형 인지업무(Routine cognitive work)도 20,000개 이상의 일자리가 사라질 것으로 예측되고 있다(Boston Consulting Group, 2015). 이러한 현상은 '25년 이후 더욱 가속화 될 것으로 전망되고 있다. 호주는 노동시장의 39.6%(약 5만 명의 노동인력)가 수십 년 내 컴퓨터에 의해 대체 될 것으로 예상하고 있고, 그 중 18.4%는 업무에서의 역할이 완전히 사라질 가능성이 높을 것으로 보고 있다(CEDA, 2015).

[그림 4-5] 미국 내 직종의 대체확률별 고용인원



자료: Frey and Osborne(2017) Figure III, p.37.

기술의 일자리 대체 가능성에 대한 부정적인 연구결과들에 이어 최근 '16년 다보스 포럼에서는 '20년까지 인공지능과 로봇의 영향으로 전 세계적으로 총 710만개의 일자리가 소멸되고, 새롭게 200만개의 일자리가 창출되어 총 510만개의 일자리 감소를 예상했다(WEF,

2016b). 정지형 외(2014)는 직업별 전산화 위험도 측정 방식을 도입하여 스마트 기술 발전에 따른 우리나라 산업별 고용 대체가능성을 분석하기 위해 전문가조사를 이용하였다. 그 결과 제조업보다 오히려 의료, 운수, 교육, 상담 등 서비스 분야 고용이 많이 대체될 수 있다는 결과를 제시하였다(〈표 4-3〉 참조).

Frey and Osborne(2017)의 연구방법을 참조하여 우리나라 노동시장에서 기술진보에 따른 고용대체 고위험군 일자리의 비중이 얼마나 되는지를 분석한 결과 향후 20년 이내 약 55~57%의 일자리가 소멸할 것으로 나타났다(김세움 2015, 최창욱 2015). 이런 연구결과들은 연구대상 및 방법론에 차이가 있으나 거의 모든 직종에서 향후 10~20년간 자동화, 인공지능 및 로봇에 의한 고용대체가 이뤄진다는 것을 말하고 있다.

〈표 4-4〉 스마트 기술에 의한 제조·서비스 분야 고용 대체가능성

대분류 (기술群)	소분류 (세부기술)	스마트기술에 의한 고용 대체가능성								합계
		제조		서비스						
		조립 운반	공정 관리	의료	법률	운수	금융	교육	상담	
스마트 컴퓨팅	빅데이터 분석	1	3	3	3	2	3	3	3	21
	딥러닝	0	0	3	3	2	2	2	3	15
	감성 컴퓨팅	1	0	2	0	2	1	3	3	12
	NLQA	1	1	3	3	2	3	3	3	19
	자동통역	1	1	3	1	3	1	3	2	15
스마트 머신	웨어러블 디바이스	2	1	3	0	0	0	1	3	10
	개인 비서로봇	1	1	2	2	0	0	2	3	11
	자율주행 자동차	0	0	0	0	3	0	0	0	3
	학습적응형 로봇	3	1	0	0	0	0	0	0	4
	물류자동화 로봇	3	1	0	0	1	0	0	0	5
	무인 택배머신	0	0	0	0	3	0	0	0	3

대분류 (기술群)	소분류 (세부기술)	스마트기술에 의한 고용 대체가능성								합계
		제조		서비스						
		조립 운반	공정 관리	의료	법률	운수	금융	교육	상담	
스마트 인프라	클라우드 컴퓨팅	1	3	2	3	2	3	3	3	20
	사물인터넷 (IoT)	1	3	1	1	2	1	3	1	13
	5세대 이동통신	1	2	2	1	3	3	3	1	16
합계		16	17	24	17	25	17	26	25	167

자료: 정지형 외(2014).

물론 기존 일자리 기반의 연구는 지능정보기술의 발전에 따른 새로운 고용수요 창출을 온전히 예측하지 못하기 때문에 미래 고용 변화를 예측하는 것은 쉽지 않다. 새로운 산업과 직업 출현은 예상하기 어려우나, 기존 일자리 대체는 상대적으로 예측 가능하여 이후 지능정보기술에 따른 고용영향분석은 부정적인 것이 일반적이다. 하지만 지능정보기술 발전에 따라 SW 엔지니어 등 기존 일자리 창출 뿐 아니라 신규 직종 창출, 직종 다양성 확대 등의 고용 환경의 구조적 변화가 생길 것은 분명하다. 특히 지능정보기술은 인간의 활동과 지능을 보완하거나 대체할 것으로 예상되므로 전혀 예상하지 못한 직종의 출현 또한 가능하다.

2. 직업 구조의 변화

제4차 산업혁명에 따른 일자리 지형의 변화는 단순히 고용 구조에만 영향을 미치는 것에 그치지 않고, 요구되는 노동의 종류를 변화시키거나 고용 인력의 “직무역량(Skills & Abilities) 변화”에 영향을 미치고 있다.

Muro and Andes(2015)는 로봇 활용도가 고용에 미치는 영향을 파악하기 위해 17개국 14개 산업의 로봇 활용도를 분석하였는데, 그 결과 고용과 로봇 활용 간 상관관계는 발견할 수 없는 반면 로봇의 이용으로 인하여 요구되는 노동의 종류가 변화되는 것을 보였다. 즉, 자동화의 대표적 사례인 로봇이 생산성을 향상시키나 직업은 감소시키지 않고, 대신 비숙련 노동의 수요를 감소시킨다는 것이다. 지능정보기술의 발달로 인한 자동화는 직업을 대체하기 보다는 직무를 변화시키고 시장의 확대를 이끌 수 있다. Remus and Levy(2015)는 특정 변호사 직종 내 직무별 자동화의 노동대체 가능성 및 피고용인의 직무별 시간 분배를 모두 고려한 분석에서 인공지능으로 인한 법률서비스 자동화는 변호사와 보조인의 대체효

과(약 13% 투입시간 감소)도 있으나 법률서비스 시장 확대를 고려하면 고용에 큰 변화가 없을 것이라고 전망했다.²⁵⁾

Bessen(2016)은 '80년부터 '13년까지의 데이터를 이용하여 컴퓨터의 활용이 고용에 미치는 영향을 분석하였는데, 이 기간 동안 평균 이상으로 컴퓨터를 활용한 산업의 고용은 증가한 반면, 그렇지 않은 산업의 고용은 상대적으로 부진하였음을 보였다. 이는 문제가 노동의 대체가 아닌 노동의 종류에서의 차이 즉 'skill gap'에 있음을 나타낸다.

〈표 4-5〉 산업분야별 요구 직무역량 변화 전망(2015~2020)

구분(%)	기초/인프라		소비자		에너지		금융서비스		보건		정보통신기술		미디어		이동수단		전문서비스		평균	
	현재	2020	현재	2020	현재	2020	현재	2020	현재	2020	현재	2020	현재	2020	현재	2020	현재	2020	현재	2020
복합문제 해결능력	42	33	28	31	49	38	35	39	35	36	36	46	-	-	32	24	35	38	36	36
사회적 능력	17	17	26	27	27	28	32	23	30	28	20	19	27	32	22	20	26	24	20	19
공정 능력	10	19	21	22	24	29	36	34	25	36	26	25	27	31	18	22	37	29	18	18
체계적 능력	22	26	28	25	24	18	23	22	-	-	26	24	-	-	16	23	16	16	16	17
지원관리 능력	21	15	38	35	29	24	20	20	-	-	16	19	28	32	26	28	24	29	14	13
기술적 능력	25	20	20	18	29	22	5	16	-	-	22	20	-	-	26	21	19	18	14	12
인지 역량	10	19	13	25	-	-	15	23	35	36	20	23	-	-	11	27	19	22	11	15
콘텐츠 능력	6	13	-	-	-	-	22	24	-	-	19	18	-	-	22	28	11	15	10	10
신체적 역량	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4

자료: WEF(2016b), 김진하(2016) 재인용

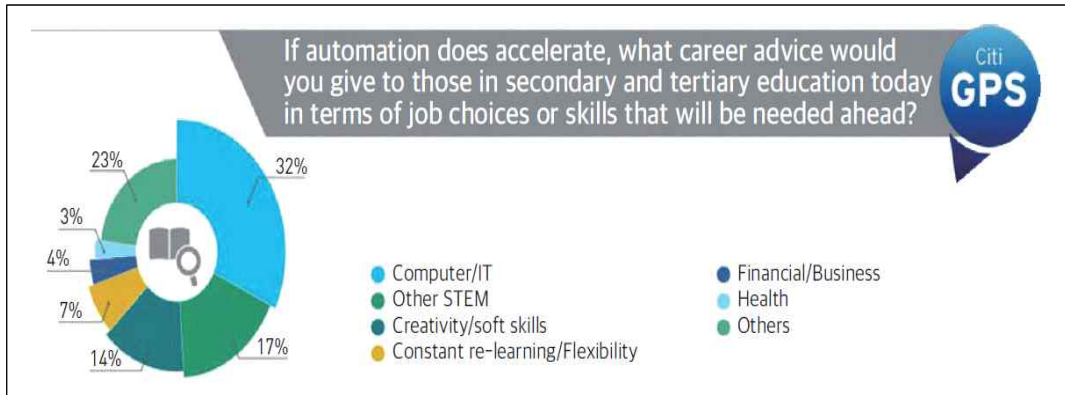
WEF 보고서에 따르면 제4차 산업혁명은 고용 인력의 직무역량 안정성(Skills Stability)에도 영향을 미치고, 산업분야가 요구하는 주요 능력 및 역량에도 변화가 생겨 '복합문제 해

25) Remus and Levy(2015)에서는 법률회사 피고용인의 직무를 6개 카테고리(문서 검토 등)로 구분하고, 이 가운데 현재 자동화 효과가 큰 직무(문서 검토 등)에 투입되는 시간은 불과 4.1%, 어느 정도 대체 효과가 예상되는 직무의 시간은 39.7%, 대체 효과가 거의 없을 것으로 예상되는 직무(사례 심층 분석 등)의 시간 비중은 56.0%로 나타났다.

결능력(Complex Problem Solving Skills) 및 '인지능력' 등에 대한 요구가 높아질 것으로 전망되고 있다(WEF, 2016).

다수의 전망 보고서에서도 '컴퓨터/IT' 및 'STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics)' 분야의 지식이 효율적인 업무수행을 위해 필요함을 강조하고 있다(Oxford Univ., 2016). 특히 미국 제조업계에서는 '18년까지 전체 일자리의 63%가 STEM 분야의 교육 이수를 요구하고, 첨단제조분야의 15% 이상이 STEM 관련 고급학위(석사 이상)를 필요로 할 것으로 전망하고 있다(GE, 2016). 또한 미래사회에는 새로운 역할과 환경에 적응할 수 있는 유연성을 갖추고, 다양한 하드스킬(Hard Skills)을 활용할 수 있는 인력이 요구된다고 말하고 있다. 이와 함께 지속적인 학제간 학습(Interdisciplinary Learning)이 필요할 것이라고 전망하고 있다. 로봇이나 기계를 다루는 전문적인 직업 노하우를 정보통신기술(ICT)과 접목할 수 있는 역량과 더불어 다양한 지식의 활용을 기반으로 소프트스킬(Soft Skills)이 미래사회에서 더욱 중요한 역량이 될 것으로 보고 있다(Boston Consulting Group, 2015).

[그림 4-6] 미래 산업분야에서 요구하는 직무역량



자료: Technology at Work v2.0(Oxford Univ., 2016), 김진하(2016) 재인용

직무역량과 더불어 자동화 또는 인공지능 등 기술 및 기계의 발전으로 노동력이 대체되더라도 창의성 및 혁신성 등과 같은 인간만의 주요 능력 및 영역은 자동화되지 않을 것으로 전망되고 있다. Mckinsey는 미국 내 800개 직업을 대상으로 업무활동의 자동화 가능성을 분석한 결과, 800개 중 5% 만이 자동화 기술로 대체되고 2,000개 업무 활동 중 45%만이 자동화 될 것으로 분석하고 있다. 그리고 인간이 수행하는 업무 중 창의력을 요구하는 업무(전체 업무의 4%)와 감정을 인지하는 업무(전체업무의 29%)는 자동화되기 어려울 것으로 보고 있다(Mckinsey, 2015).

즉, 기존 산업화 시대에 강조되던 정형화된 지식이나 기술 등의 중요성은 퇴화되고, 복합문제 해결능력(Complex Problem Solving Skills), 창의력, 감성, 협업능력 등과 같은 새로운 숙련의 필요성이 높아질 것이다. 우리나라 근로자의 직무 역량 중 읽기, 쓰기, 수리, ICT 활용 능력은 OECD 33개국 중 평균 이상인데 비해 문제해결 능력은 하위권에 위치하고 있다.²⁶⁾ 제 4차 산업혁명으로 인해 가까운 미래에는 복합문제 해결능력(Complex Problem Solving Skills)과 인지능력을 필요로 하는 일자리가 증가할 것으로 예상²⁷⁾되는 시점에서 이에 대한 신속한 대응이 요구된다.

미래를 대비한 업무 역량을 기르기 위해서는 프로젝트 기반 학습(Project-Based Learning)을 장려하는 방향으로 교육방식을 변화시키고, 직업 교육이나 훈련을 현장과 결합시키는 등 직장 내 재교육 시스템을 구축하고 이를 지원하는 것이 필요하다.

제 3 절 사회 · 문화적 측면

1. 의사결정 시스템의 보편화에 따른 삶의 질 향상과 사회적 역기능

가. 삶의 모습 · 환경 변화

'16년 인공지능(알파고)과 인간(이세돌 9단)의 바둑 대결에서 지난 20년 동안 컴퓨팅 환경과 기술의 발전, 엄청난 양의 데이터를 통한 학습, 새로운 알고리즘 개발 등의 연구와 각 기업 및 정부의 끊임없는 투자와 노력으로 인공지능 기술의 성능이 급성장한 것을 확인할 수 있었다. 최근 구글, 페이스북, 아마존 등 글로벌 기업들을 중심으로 개인비서서비스, 자산관리를 위한 로보어드바이저, 암 진단 서비스, 법률 서비스 등 다양한 영역에서 인공지능 기술 기반의 서비스가 출시되고 있다. 나아가 이러한 인공지능에 대한 의존성이 확대됨에 따라 개인의 삶에 중요한 영향을 미치는 다수의 의사결정들까지도 이미 인공지능 알고리즘에 의해 이루어지고 있으며, 앞으로 이러한 현상은 더욱 확대될 것으로 예상된다.

우선, 인공지능 기술을 사용한 시스템 설계 및 시뮬레이션 활성화로 각종 서비스의 비용 감소와 품질향상으로 삶의 편의성 및 소비자 후생을 증대시킬 것이다.²⁸⁾ 예를 들어 네덜란드 암스테르담에 세워진 '디엣지(The Edge)'는 친환경 스마트빌딩으로 건물 전 구역에 설치

26) OECD(2016)

27) Autor and Price(2013) 과 Cedefop(2016) 참조

28) 관계부처 합동(2016. 12. 27)의 '지능정보사회 중장기 종합대책'에 따르면, 전 산업의 지능정보화로 인하여 국내의 경우, 신규 매출 85조원, 비용절감 200조원, 소비자후생 175조원 등 약 460조원(2030년 기준)에 달하는 총 경제효과를 창출할 것으로 예상된다.

된 약 3만 개의 센서를 통해 사무실 직원 수, 실내외 온도, 냉난방 상황, 조명의 밝기 등의 정보를 중앙서버에서 실시간으로 수집, 분석하여 건물 곳곳의 조명과 냉난방 스위치를 자동으로 조절하고 있다(매일경제, 2016. 10. 10). 또한 IBM의 인공지능 왓슨(Watson for Oncology)을 통한 암 진단 및 치료의 정확도가 90% 이상으로 향상됨에 따라 환자입장에서는 의료비용을 절감하고 고품질의 의료 서비스를 제공받을 수 있는 환경으로 변화되고 있다.

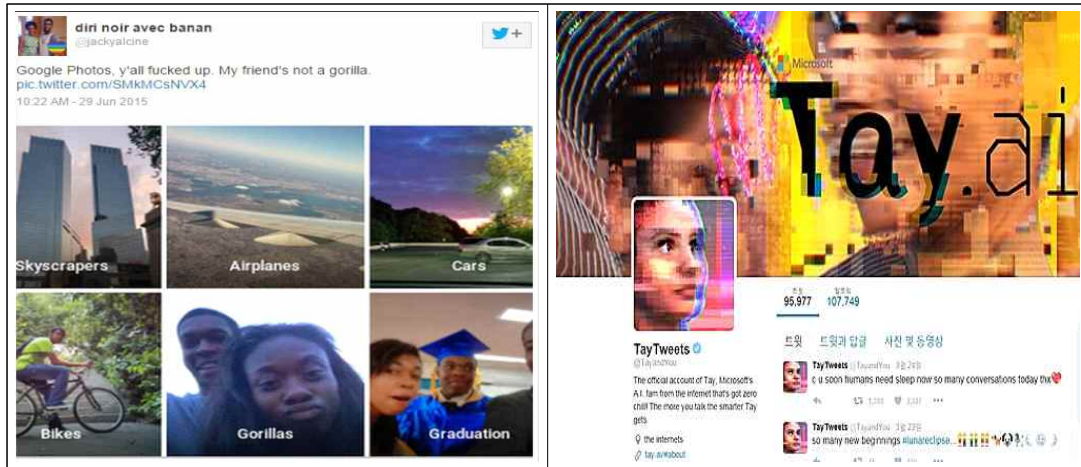
또한 지능정보기술의 활용을 통해 노동시간의 단축이나 재택근무, 원격근무, 스마트워크 등의 활성화로 여가시간이 증대하고 단순 반복적 업무로부터 해방되어 자발적 학습과 취미 활동 활성화로 일과 노동의 균형을 회복하는데 도움을 줄 수 있다. 노인·장애인·아동·저숙련 노동자 등 취약계층 및 빈곤계층에 대한 복지사각지대 예측을 강화하여 복지행정의 내실화도 가능하게 될 것이다.

나. 사회적 불평등

알고리즘을 활용한 인공지능 기술의 발전이 인간의 사회적·경제적 편익을 증대시킬 것이라는 예측과 함께, 알고리즘에 의한 비의도적인 차별성, 편향성, 비도덕성, 편협성 등 알고리즘 기반의 평가시스템이 야기할 편견과 차별 등 새로운 사회·윤리적 이슈가 끊임없이 제기되고 있다. 지난 '15년 7월 구글의 포토 서비스가 흑인 여성을 고릴라로 인식하여 인종 차별문제가 부각된 사례가 대표적이다. '16년 3월 마이크로소프트에서 출시한 채팅 로봇 '테이(Tay)'는 극우 백인 우월주의자의 망언과 욕설을 학습하여 실제로 트위터에서 인종차별적 발언과 욕설을 쏟아내면서 사회적 비난이 높아지자, 결국 마이크로소프트는 15시간 만에 서비스를 중단하기도 했다. 또한 '16년 7월 인공지능 심사 프로그램인 '뷰티닷에이아이(Beauty.AI)'를 활용한 온라인 국제미인대회에서 44명의 입선자 전원이 백인여성이었으며, 백인을 제외한 유색인종 여성들은 입선하지 못한 것으로 나타나 인종 차별문제가 제기되었다. 마찬가지로 미국 비영리 탐사보도 매체인 프로퍼블리카(ProPublica)는 “재범의 위험이 높은 범죄자로 낙인찍힌 흑인의 숫자가 백인의 2배에 가깝다”며 미국 법원에서 사용하는 재범 위험을 평가하는 알고리즘이 인종 편향적이라는 조사 결과를 보도하기도 하였다.²⁹⁾ 나아가 인공지능 기술은 무인기, 살상용 무기 등에 활용되어 인간의 신체·생명에 위협을 가하는 잠재적 위험성도 내포하고 있으므로 인공지능, 로봇 등의 기술 진보가 사회에 긍정적 영향을 끼치기 위해서는 기술의 발달이 사회에 미치는 영향을 미리 예측하고, 이에 대한 적절한 대응방안을 마련하는 것이 중요하다.

29) 프로퍼블리카 홈페이지(검색일: 2016. 8. 10)

[그림 4-7] 인공지능이 야기한 사회·윤리적 이슈의 예



자료: 중앙일보(2015. 7. 3)

자료: 국민일보(2016. 3. 25)

최근 각 국 정부, 학계 및 글로벌 기업들을 중심으로 이러한 인공지능 기반 알고리즘 평가시스템이 만들어내는 ‘차별’, ‘불평등’ 등의 사회·윤리적 위험성에 대응하기 위한 연구와 정책들이 추진되고 있다. '16년 9월에는 알파벳(구글), 아마존, 페이스북, IBM, 마이크로소프트 등 5대 IT기업들이 관련 단체를 만들어 자율적으로 인공지능의 윤리적 기준을 만들고, 인간과 사회에 혜택을 주기위한 방안, 사회적 영향력 등을 연구하기로 하였다(John Markoff, 2016³⁰⁾). 미국에서는 '16년에만 2개의 보고서(백악관³¹⁾, FTC³²⁾)를 발표하면서 빅데이터 기반의 알고리즘 시스템이 야기할 사회적 문제를 경고하였고, 스탠포드 대학교는 '16년 9월에 「Artificial Intelligence and Life in 2030」을 발표하여 인공지능 시스템의 사회적 위험성을 강조한 바 있다.

2. 빅데이터 활용과 개인정보보호 환경의 변화

가. 초연결시대의 도래와 초지능정보사회로의 발전

컴퓨터, 인터넷 중심의 정보화 시대에서 온·오프라인이 융합되어 개인이 스마트 디바이스를 통해 언제 어디서나 인터넷에 접속될 수 있는 초연결시대가 도래하고 있다. 시장조사기관

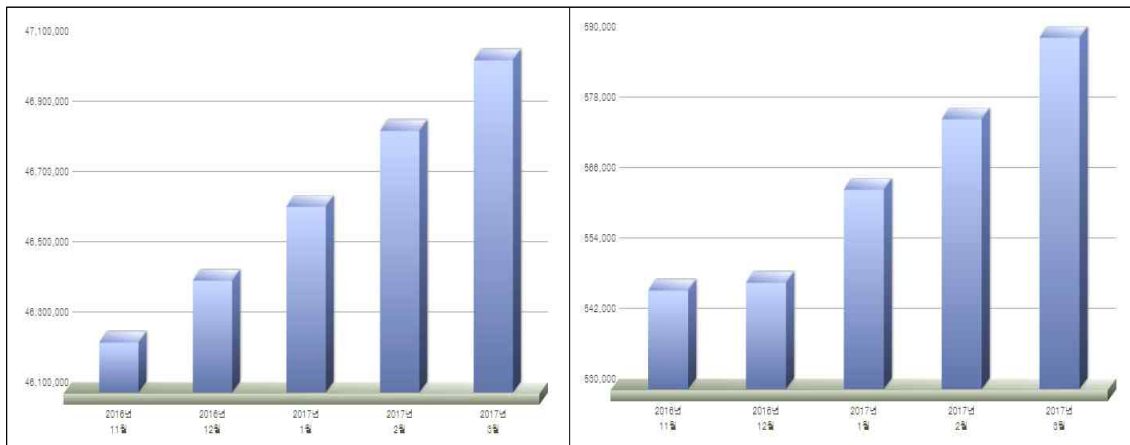
30) John Markoff(2016). "How Tech Giants Are Devising Real Ethics for Artificial Intelligence". Retrieved from https://www.nytimes.com/2016/09/02/technology/artificial-intelligence-ethics.html?_r=0(검색일: 2016. 8. 7)

31) 「Big Data: A Report on Algorithmic Systems, Opportunity, and Civil Rights」에 따르면, 알고리즘이 편향된 결과를 내는 4가지 요인으로 1) 데이터 자체를 잘못 채택한 것, 2) 불완전하고 부정확한 시기에 맞지 않는 데이터, 3) 편향적인 데이터, 4) 역사적인 편향성 등을 제시하고 있다.

32) 「Big Data: A Tool for Inclusion or Exclusion?」(2016. 1)

인 가트너(2017)에 따르면, '17년에는 사물인터넷(Internet of Things: IoT)에 84억 개의 사물 인 연결되고 '20년에는 204억 대에 이를 것으로 전망하였다. 또한, 미래창조과학부·한국정보통신진흥협회(2017)에 따르면, 국내 스마트폰 가입자 수가 47,046,099명('17. 3 기준), 태블릿 PC 가입자 수는 589,872명('17. 3 기준)에 이르는 등 '더 많은 연결'과 '더 빠른 연결'로 인해 언제 어디서나 개인정보의 자유로운 유통은 더욱 가속화될 전망이다.

[그림 4-8] 국내 스마트폰 가입자 수(좌) 및 태블릿PC 가입자 수(우)
(17. 3 기준)



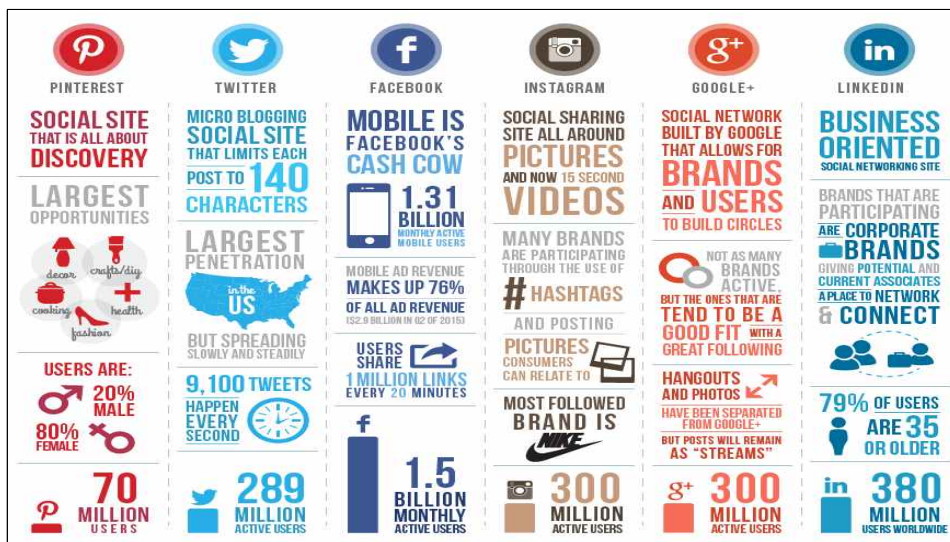
자료: 미래창조과학부·한국정보통신진흥협회(2017).

또한 IoT, 빅데이터 등 확산으로 대량의 개인정보가 실시간으로 수집되고, 인공지능(AD), 로봇틱스 등의 현실화에 따른 지능정보기술과의 결합으로 사람의 개입 없이도 신속하게 처리할 수 있는 사회로 변화 중에 있다. 즉, 인공지능, 데이터마이닝, 클라우드 컴퓨팅 기술 등의 비약적 발전은 인간 능력의 통제 범위를 벗어나는 규모의 데이터 송수신을 추동하고 있다. 한편, 지능정보 환경에서 수집되는 정보의 종류 또한 다양해짐에 따라 수집한 정보가 개인을 식별할 수 없는 정보라고 하더라도 수집한 개별 정보들을 조합할 경우 개인화된 서비스를 제공할 가능성이 그 어느 때보다 증가하게 된다. 나아가 다종다양한 융합 환경의 네트워크 진화와 함께 사이버 위협도 더욱 지능화되고 은밀히 진행되며, 기존 사이버 공간에 국한되었던 피해가 현실공간으로 전이될 수 있다. 따라서 기존 PC, 모바일 기기 중심의 사이버환경과 달리 지능정보화 환경은 보호 대상, 주체, 방법 등에 있어 새로운 정보보호 패러다임으로 접근할 필요가 있다.

나. 신기술·서비스 등장에 따른 개인정보의 다양화 및 활용 증가

인공지능(AI), 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅 등 ICT 기술 환경의 고도화에 따라 개인이 직접 생성하거나 기기를 통해 자동으로 수집되는 정보의 분석을 통해 재(再)생성되는 개인정보의 양이 기하급수적으로 폭증하고 있다. 다양한 센서 기기를 통해 전달되는 실시간 스트리밍 정보, 사물 정보 등으로 개인정보의 실시간적인 생성과 유통도 증가하고 있다. IDC(2015)에 따르면, 소셜 데이터가 2년마다 그 크기가 2배로 증가하여 '20년이 되면 44제타바이트 혹은 442조 기가바이트에 이를 것으로 전망되고 있다. CISCO(2015)는 국내 웨어러블 기기의 경우, 530만개('14년)에서 2,450만개('19년)로, 각 기기의 트래픽은 월 396MB('14년)에서 954MB('19년)로 증가할 것으로 예측하고 있다. 특히, 이러한 빅데이터는 단지 데이터 규모의 증가만을 의미하는 것이 아니라 정형 데이터에서 로그기록, 위치, 생체, 음성, 사진, 동영상 등 비정형화된 데이터까지 그 종류 및 유형도 점차 다양해지고 있다.

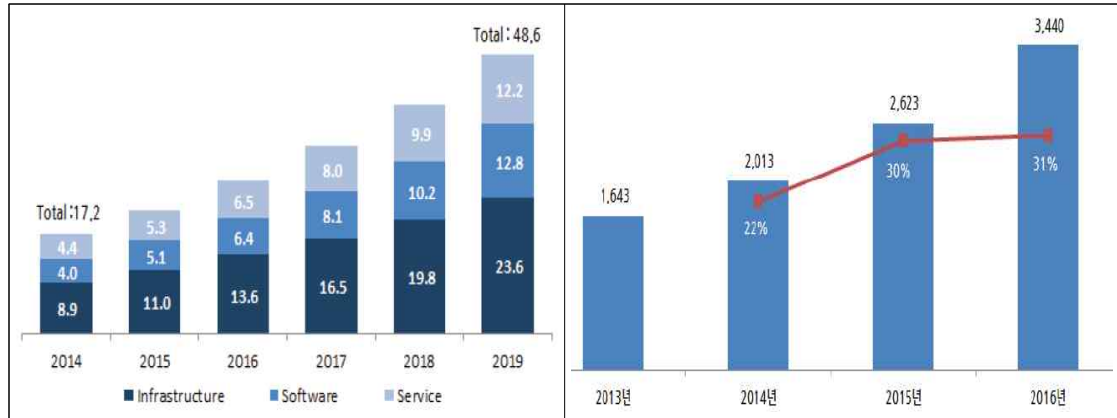
[그림 4-9] 소셜미디어 데이터 생산 및 이용현황



자료: LEVERAGE(2015).

'제4차 산업혁명의 꽃'이라 불리는 인공지능 산업에서 스스로 학습하는 딥러닝(Deep Learning)의 가장 중요한 도구는 데이터이며, 나아가 개인정보의 수집과 활용을 통한 핀테크, 헬스케어 등 새로운 산업과 서비스의 등장이 가속화됨에 따라 개인정보의 잠재적인 사회·경제적 가치 또한 증가하고 있다.

[그림 4-10] 글로벌 빅데이터 시장전망(좌) 및 국내 빅데이터 시장규모(우)



자료: IDC(2015).

자료: 미래창조과학부·한국정보화진흥원·인사이트 플러스(2017).

다. 개인정보 국외이전의 보편화에 따른 국제적 개인정보보호의 중요성 증대

국가 간 디지털 거래의 확대, 클라우드 활성화와 글로벌 서비스의 보편화 등으로 인하여 온라인상에서 생성, 처리, 저장되는 데이터는 물리적인 위치의 제약을 받지 않고 자유롭게 국경을 넘어 유통되고 있다. 특히 제4차 산업혁명시대에서는 관련한 기술 및 서비스들의 연결성과 개방성이 더욱 촉진될 것으로 예상되는 가운데, 이러한 국경을 초월한 개인정보의 국외이전은 심화될 것이다.

최근 국경 간 개인정보의 유통이 급증함에 따라 자국민 및 기업의 보호를 위한 국가별 개인정보 보호에 관한 규제 수준에 대한 논의가 활발히 진행되고 있다. 예를 들어 일본의 경우, 「개인정보보호법」개정을 통해 개인정보보호위원회 설치, 개인정보 범위의 명확화, 국외 이전 및 역외적용, 적용범위 등을 확대하였다. 러시아는 자국민의 개인정보를 최소 6개월 간 러시아 현지 서버보관을 의무화하는 한편, EU는 현재 적용중인 개인정보보호지침(Directive 95/46 EC)보다 강화된 일반개인정보보호규정(General Data Protection Regulation, GDPR)을 제정하였다.

이와 더불어 국가 간 서로 상이한 개인정보 보호 법체계가 운용되는 환경에서 개인정보의 글로벌 상호운용성(interoperability)을 높이기 위한 국제적인 협력도 함께 진행되고 있다. 예를 들어 APEC과 EU가 각각 운영 중인 인증제도(CBPRs-BCRs)의 통합을 위한 연구가 진행되고 있으며, 우리나라도 EU 집행위원회가 운영하는 'EU 개인정보보호수준 적정성 평가' 승인을 추진 중에 있다.

3. 인간-로봇 공존을 위한 규범(윤리·법) 환경의 변화

가. 지능정보기술의 윤리 및 안정성 확보를 위한 논의 가속화

제4차 산업혁명 시대의 새로운 성장 동력으로서 인공지능, 로봇 기술의 발전 및 관련 산업진흥 못지않게 중요한 것이 스스로 판단하고 의사결정을 내리는 로봇에 대한 사회적 수용과정에서의 윤리적 논의이다. MIT Technology Review(2015)는 영국 철학자 필리파 풋트(Philippa Foot)가 제시한 ‘트롤리 딜레마(Trolley Dilemma)’ 상황을 자율주행자동차에 적용 가능하도록 3가지 경우³³⁾로 나누어 설문조사를 실시하였다. 그 결과, 응답자 대부분은 희생자를 최소화하도록 자율주행자동차를 만들어야 한다고 답하면서도 탑승자의 안전이 우선적으로 보장되지 않는 자율주행자동차에 탑승하기를 거부했다. 이는 인공지능, 로봇기술의 상용화에 앞서, 로봇이 직면한 돌발 상황에서 로봇이 어떠한 선택이든 내려야 할 경우 로봇이 어떠한 선택을 내려야 하는지, 로봇이 내린 결정이 과연 옳은 선택이었는지, 옳은 선택이었다는 기준은 무엇인지, 로봇의 의사결정에 따라 희생자가 발생한 경우 그 책임을 누가 부담할 것인지 등의 다양한 윤리적 이슈에 대한 충분한 사회적 합의가 필요하다는 것이다.

이러한 인공지능 또는 로봇의 윤리담론에서 대표적으로 언급되는 사례가 아이작 아시모프(Isaac Asimov)의 ‘로봇의 3원칙’이다. 이 후에도 ‘로봇이 초지능을 바탕으로 스스로 추론하고 의사결정을 내리는 행위의 주체가 될 수 있는가?’에 관하여 ‘트롤리 문제(The Trolley Problem)³⁴⁾’, ‘차이니즈 룸 논쟁(Chinese room Argument)³⁵⁾’, ‘도덕적 튜링 테스트(Moral Turing Test)³⁶⁾’ 등의 다양한 논의가 전개되었다. 최근에는 본격적으로 로봇공학자의 윤리, 규칙기반의 인간 친화적 인공지능 시스템 구축, 나아가 인공지능, 로봇자체의 윤리적 판단과 책임 등 로봇에 대한 윤리적 접근방식이 다양해지고 있다.³⁷⁾ 또한 윌러치·알렌(2014)은 ‘인공

33) (1) 직진을 하는 경우에는 여러 명의 보행자를 치게 되고, 방향을 꺾으면 한 명을 치게 되는 상황, (2) 직진을 하는 경우에는 한 명의 보행자를 치게 되고, 방향을 꺾으면 자동차 탑승자가 위험한 상황, (3) 직진을 하는 경우에는 여러 명의 보행자를 치게 되고, 방향을 꺾으면 자동차 탑승자가 위험한 상황

34) 트롤리 딜레마(Trolley Dilemma)란 영국의 철학자 필리파 풋트(Philippa Foot)와 미국의 철학자 주디스 자비스 톰슨(Judith Jarvis Thomson)이 고안한 윤리학 분야의 사고실험으로, 다섯 사람을 구하기 위해 한 사람을 죽이는 것이 도덕적으로 허용 가능한지에 대한 질문이다(두산백과).

35) 차이니즈 룸 논쟁(Chinese room Argument)이란 존 설(John Searle)이 튜링 테스트로 기계의 인공지능 여부를 판정할 수 없다는 것을 논증하기 위해 고안한 사고실험으로, 인간 또한 외부에서 접한 자극의 반응으로 습득된 기억속에서 대응방식을 도출하여 표현하게 되는데 이러한 골자를 그대로 따라한 중국어 방의 핵심인 ‘영어만 할 줄 아는 사람’이 ‘인간의 지능’과 같다고 볼 수 없다는 것이 중국어 방 논변이 갖는 논리적 바탕이다(위키백과).

36) 도덕적 튜링 테스트(Moral Turing Test)란 로봇에 인간의 도덕성을 주입하여 도덕적 기준을 갖추기 위한 실험으로 도덕적 튜링 테스트 설계에 있어 하향식 방법과 상향식 방법 그리고 최상의 장점을 결합한 하이브리드 방식이 있다(한상기, 2016).

37) 이와 관련하여 고인석(2014)은 로봇윤리에 대한 논의가 ① 로봇을 설계, 제작, 관리하는 공학자의 관점과 ② 로봇이 실현하는 행위의 도덕적 지위와 함의를 분석하는 윤리학자 등 두 가지 관점에서 접근하고 있으며, 한상기(2016)는 닉 보스트롬과 엘리저 슈트루크프스키가 ‘인공 지능의 윤리’ 에세이에서 제시한 ① 로봇 공학자의 전문가적 윤리, ② 로봇 안에 프로그램된 ‘모럴 코드’, ③ 로봇에 의해 윤리적 추론이 이루어질 수 있는 자기 인식 능력을 의미하는 로봇 윤리에 추가로 ④ 사용자 윤리까지

적 도덕 행위자(AMA: Artificial Moral Agent)의 개념을 통해 의도하지 않아도 도덕적 의사결정을 내려야 하는 기계나 소프트웨어가 도덕적 판단을 할 수 있도록 알고리즘 설계단계에서 도덕과 윤리기준을 프로그래밍 하는 방법론(윌러치·알렌(노태복 역), 2014; 한상기, 2015)을 제시하고 있다. 한편, 미국의 인공지능 전문가 엘리저 유드코프스키(Eliezer Yudkowsky)는 로봇이 인간에게 우호적으로 행동하도록 설계되어야 한다는 ‘우호이론(friendliness theory)’을 제시하였다. ‘17년 1월 인류미래연구소(FLI: Future of Life Institute)는 인간에게 유용하고 혜택을 주는 착한 인공지능(beneficient AI)을 개발해야 한다는 이른바 ‘아실로마 AI원칙(ASILOMAR AI PRINCIPLES)’을 도출하기도 하였다.³⁸⁾

나아가 인공지능, 로봇기술이 군사용, 해킹 등 이른바 ‘치명적 자율무기 시스템(LAW: Lethal Autonomous Weapon system)’에 활용되면서, 인간의 생명·신체에 해를 가하거나 인간 고유의 기본권 침해 가능성에 대한 우려가 지속되고 있다. 이에 따라 윤리적 차원의 논의를 넘어 법·제도적 대응의 필요성도 점차 높아지고 있다. 뿐만 아니라 자율주행자동차가 상용화될 경우, 운전자 및 운행자를 기준으로 규정된 현행 자동차 관련 법령, 사고발생 시 책임주체 그리고 보험제도 등 일상생활 영역에서도 다양한 법적 환경의 변화도 함께 요청되고 있다.

특히, 유럽연합(EU)의 경우 로봇, 인공지능 기술의 발전에 따라 야기되는 다양한 윤리적·법적 이슈에 대한 규범적 차원에서의 ‘법제화’ 움직임이 가장 활발하다. 우선, 로봇기술연구단체인 유럽로봇연구네트워크(EURON: European Robotics Research Network)가 ‘07년 4월 이탈리아 로마에서 개최된 국제로봇자동화학회(ICRA: IEEE International Conference on Robotics and Automation)에서 발표한 ‘EURON 로봇윤리 로드맵(The EURON roboethics roadmap)’을 시작으로, EU 집행위원회는 ‘12년부터 2년 동안 진행한 ‘로봇법 프로젝트(RoboLaw Project)’의 결과물로서 ‘14년 9월에 ‘로봇규제에 관한 가이드라인’(Guidelines on Regulating Robotics)을 제정하였다. 최근 ‘16년 5월에는 유럽의회 법사위원회(Committee on Legal Affairs)가 ‘로봇법 규칙 초안을 위한 보고서(Draft Report)’을 위원회에 제출하였고, ‘16년 10월에는 영국하원 과학기술 상임위원회는 로봇과 인공지능의 윤리적·법적 이슈를 다루는 ‘로봇공학과 인공지능(Robotics and artificial intelligence)’ 보고서를 발표하는 등 유럽연합 차원에서 로봇, 인공지능 기술이 야기할 윤리적·법적 영향을 고려한 로봇규제의 근거를 마

고려해야 한다고 말한다.

38) ‘아실로마 AI원칙(ASILOMAR AI PRINCIPLES)’의 구체적인 내용은 ‘진보넷 홈페이지(<http://act.jinbo.net/wp/29625/>)’에서 확인 가능하다.

련하기 위한 노력이 한창 진행 중이다. 특히, 최근에 발표된 ‘로봇법 규칙 초안을 위한 보고서(Draft Report)’는 유럽연합 차원의 로봇법 법제화 방향을 담고 있을 뿐만 아니라, 유럽연합 회원국을 포함하여 인공지능, 로봇 등에 관한 법제화를 시도하는 각국에게 지침으로 작용할 수 있다(Committee on Legal Affairs, 2016). 전자적 인격(electronic person) 부여, 로봇 등록제 도입, 로봇기술현장 마련, 로봇기술 규제기구 창설, 지적재산권 및 개인정보의 보호, 로봇기술 표준화, 법적 책임 등 로봇법 관련 법제화 과정에서 고려해야 할 원칙과 주요내용도 구체적으로 제시하고 있다는 점에서 중요한 의미를 갖는다.

이 밖에도 미국의 백악관은 '16년 5월부터 7월까지 5회에 걸친 워크숍을 통해 ‘인공지능의 미래를 위한 준비(Preparing for the Future of Artificial Intelligence)’ 보고서를 10월에 발표 한데 이어 12월에는 ‘인공지능과 자동화가 경제에 미치는 영향(Artificial Intelligence, Automation and the Economy)’ 보고서를 발표하였다. 또한 스탠포드 대학은 '16년 9월에 발표한 ‘인공지능과 2030년의 삶(ARTTIFICIAL INTELLIGENCE AND LIFE IN 2030)’ 보고서를 통해 교통, 가정/서비스 로봇, 의료, 교육, 빈곤지역, 공공안전·보안, 고용·직장, 엔터테인먼트 등 8대 분야에 미칠 인공지능의 사회적 영향을 분석하였다. 이를 통해 규제와 정책을 통한 인공지능의 역기능에 대비할 필요가 있음을 강조하였다. '16년 12월 국제전기전자기술자협회(IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers)에서도 인권, 책임, 투명성, 교육 등 4대 쟁점을 다룬 인공지능 윤리 지침서인 ‘윤리적인 디자인(Ethically Aligned Design)’을 발표하였다. 아울러 우리나라도 '07년에 로봇기술의 윤리적 발전방향과 로봇의 개발·제조·사용 시 지켜야 할 윤리적 가치 및 행동지침을 담은 ‘로봇윤리 헌장’ 초안을 발표한 바 있지만 더 이상 논의가 지속되지는 못하였다.

나. 인간중심 법체계 환경의 변화

최근 인공지능 기술의 비약적인 발전은 강한 인공지능(strong AI)의 출현을 굳이 상정하지 않더라도 현행 인간 중심의 법체계에 큰 혼란을 야기할 가능성이 높다. 물론 우리 「헌법」상 기본권의 주체와 「민법」상 권리와 의무의 주체, 「형법」상 형사책임의 주체 등은 모두 자연인(自然人)인 ‘사람’으로 한정하고 있으므로, 인간 중심의 현행법 체계상으로는 인공지능, 로봇에게 권리주체성을 인정하기는 어렵다. 다만, 기계 또는 알고리즘이 인간의 개입 없이 스스로 법률행위를 하거나 새로운 콘텐츠를 생성하고, 심지어 특정 영역에서는 인간을 넘어서는 행위결과를 만들어내는 사례가 증가하고 있다. 예를 들어 인공지능은 로봇저널리즘(기사 작성), 투자자의 자산 운용(로보어드바이저), 영화, 음악, 미술 등의 다양한 영역에서 창

의성 높은 결과물을 만들어내고 있다. 특히, 저작권 영역에서는 인간의 창작물과 인공지능이 만들어낸 결과물 사이의 경계도 모호해지는 등 창작행위가 더 이상 인간만의 독점 영역이 아닐 수 있다는 불안감이 커지고 있다. 따라서 인간과 유사하게 자율성을 바탕으로 생각하고 행동을 하는 인공지능에게 법적지위를 부여할 것인가, 인공지능이 권리와 법적책임의 주체가 될 수 있는지에 대한 고민이 필요한 시점이다.

물론 현재까지 인공지능에 의해 만들어진 대부분의 결과물들은 인간의 의도 내지 개입 하에 인공지능이 도구적으로 활용되어 왔다. 그러나 지속적으로 학습하고 지능화하는 인공지능 기술의 특성 상 인간이 관여되지 않는 상황에서 인공지능이 타인의 저작물을 이용하거나 스스로 만든 결과물에 대한 저작권을 어디까지 인정할 것인가에 대한 법률적인 검토가 필요할 수 있다. 또한 인공지능이 만든 음악, 그림, 기사 등 창작물이 타인의 저작물을 침해하는 경우, 그 책임을 누가 부담할 것인지 등에 대한 사항은 현 상황에서도 중요한 쟁점이 된다. 예를 들어 로봇저널리즘이 타(他) 언론 기사의 내용을 무단으로 재사용하여 기사를 작성하거나 로봇저널리즘에 의해 작성된 기사가 오보일 경우, '정정보도' 청구의 대상 및 책임주체는 누가 될 것인지에 대한 보다 심도 깊은 논의가 필요하다. 마찬가지로 인간의 개입 없이 인공지능이 스스로 계약을 체결하는 경우, 자율성을 가진 인공지능에게 대리인으로서의 법인격을 부여할 것인지 그리고 만약 인공지능이 행한(법률)행위의 효과가 이용자 입장에서 전혀 의도하지 않거나 반할 경우 그 책임을 누구에게 귀속시킬 것인지 등에 대한 민사법적 쟁점도 제기될 수 있다.

이처럼 로봇, 인공지능 등 지능정보기술의 급속히 발전이 인간의 생활, 삶 전반에 큰 변화를 야기하고 있지만, 여전히 인간과 유사하거나 인간을 초월하는 수준으로의 기술 발전은 금명간 이루어지지 못할 것이라는 것이 중론이다. 확실치 않은 기술적 발전, 소위 '강한 인공지능(Strong AI)'을 예상하면서까지 현행 인간중심의 법체계를 바꾸는 것은 신중할 필요가 있다. 다만, 최근 유럽연합(EU) 의회에서 인공지능을 탑재한 로봇에게 '전자인간(electronic personhood)'이라는 특수한 형태의 법적지위를 부여하는 결의안을 채택한 바와 같이,³⁹⁾ 적어도 인간과 동등한 법적지위는 아니더라도 인공지능을 가진 로봇이 인간에게 도움을 주는 존재로서 일정한 권리를 갖고 행동할 수 있는 특수한 형태의 법적지위를 부여하는 방안은 검토될 필요가 있다.

39) <https://www.theguardian.com/technology/2017/jan/12/give-robots-personhood-status-eu-committee-argues>

제5장 제4차 산업혁명 대응을 위한 과학기술·ICT 혁신 정책과제

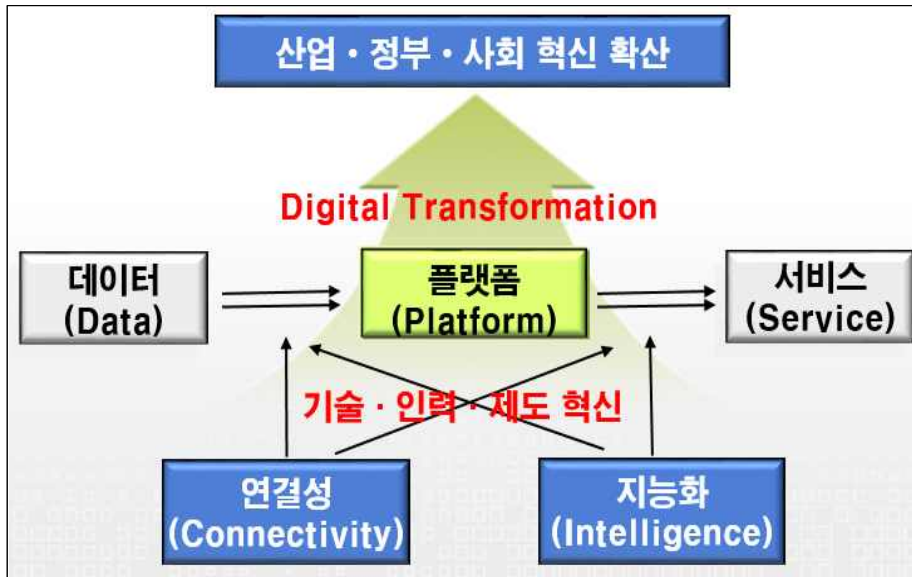
앞에서 살펴 보았듯이, 제4차 산업혁명은 자동화와 무인화, 생산성, 범용성, 데이터 기반 등의 핵심기술들에 내재된 특성들이 상호 작용하면서 촉발되고 있다. 산업수학, 바이오등 기초 과학기술의 급속한 발전과 인공지능, IoT 등 신기술이 확산 및 융합되면서 기존의 산업구조, 고용구조, 사회구조 등을 전반적으로 변화시키고 있다. 특히, 과학기술과 ICT의 융합은 제4차 산업혁명을 주도하는 핵심동인으로 작용하고 있다. 과학기술은 컴퓨팅의 발전으로 ICT와 융합하여 새로운 형태의 지식을 창출하고, 컴퓨팅 부문의 혁신과 이를 활용하는 과정에서 과학지식이 발전적으로 변화하고 있다. 물리학의 공식이나 수학의 증명 등은 대부분 프로그램 형태의 지식으로 계산형(Computational) 지식으로 진화하고 있다. 생물학의 경우에도 인간 게놈(Genome)의 판독 자체가 컴퓨터 없이는 불가능하였고, 단백질 구조의 시뮬레이션(Simulation)도 많은 분야에서 과학지식이 컴퓨팅 과정을 토대로 한 지식이다. 과학지식의 창출에 컴퓨터의 역할이 증대함과 동시에, 서로 연결된 컴퓨터 네트워크의 확장으로 인해 과학에의 참여, 공유, 집단지성 등에 의한 발전도 가속화되고 있다. 인간 뇌 뉴런 지도의 경우, 천억개 이상의 뉴런 연결을 파악하기 위해 수많은 뇌 단면 사진의 경계 파악에 컴퓨터와 수 많은 대중이 협업하고 있으며, 이는 인터넷 없이는 불가능한 상황이다. 유전자 편집 기술이 바이오 데이터와 결합하면 신약, 신종작물, 바이오 에너지 개발 등이 가능하며, 로봇과 인공지능이 결합되면 특정산업에서 지능형 로봇이 해결할 수 있는 일의 범위가 확대될 것으로 보인다.⁴⁰⁾

제4차 산업혁명은 인공지능, IoT, 빅데이터 등 핵심기술간의 상호작용과 과학기술과 ICT 기반의 융합을 통해 산업과 사회 전반을 ‘디지털화(Digital Transformation)’ 시키고 있다. 이러한 관점에서 제4차 산업혁명의 메커니즘을 도식화하면 아래 [그림 5-1]으로 설명할 수 있다. 제4차 산업혁명은 기술역량, 창의적 인력, 제도 혁신 등을 통해 기술혁신이 활성화되는 혁신 생태계가 조성되고, 혁신 생태계에서 창출된 성과물이 ‘디지털화’를 축매로 산업과 사회 전반으로 확산되는 형태로 나타나고 있다. 혁신 생태계는 연결성(Connectivity)과 지능화(Intelligence)를 기반으로 양질의 데이터(Data)가 플랫폼(Platform)을 통해 최적화된 서비스

40) 위의 내용은 최계영(2016)의 내용을 일부 인용, 재정리하였다.

를 창출하는 구조로 이해될 수 있다.

[그림 5-1] 제4차 산업혁명의 메커니즘

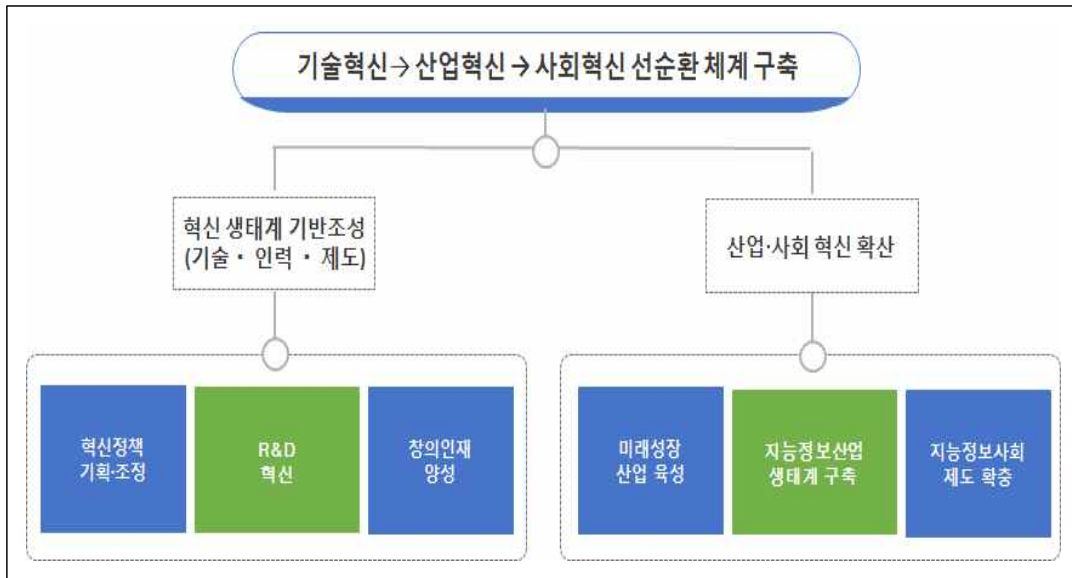


제4차 산업혁명은 경제·사회 전반의 변화와 상당한 과급효과를 야기할 대변혁이라는 점에서 정부와 민간의 협력을 통한 범국가적 대응체계를 구축하는 것이 시급하다고 판단된다. 정부는 민간의 역할이 극대화될 수 있도록 시장의 환경을 개선시켜 주는 조력자(Facilitator) 역할을 적극적으로 수행할 필요가 있다. 이런 측면에서 두가지 역할을 생각해 볼 수 있다. 첫 번째는 기술혁신의 결과물이 시장으로 성공적으로 출시될 수 있는 혁신 생태계 조성에 초점을 두는 것이다. 혁신 생태계 조성을 통해 기술혁신의 성과물이 산업과 사회 전반으로 확산될 수 있는 선순환 구조를 구축하는 것이 무엇보다 중요할 것으로 보인다. 두 번째는 제4차 산업혁명으로 인해 야기될 수 있는 잠재적 역기능을 해소할 수 있는 갈등 조정자로서의 역할을 충실히 수행해야 한다. 저출산·고령화, 저성장 고착화 등 현재 당면하고 있는 문제들 뿐만 아니라 제4차 산업혁명의 진전에 따라 야기될 수 있는 소득불평등, 중산층의 약화와 같은 위험과 갈등 요인을 기업, 학계, 시민사회 등과 함께 논의할 수 있는 통합적 관점의 생태계를 조성하는 것이 중요하다.

본 장에서는 이러한 정부의 역할 관점에서 제4차 산업혁명을 선도할 수 있는 과학기술·ICT 혁신정책 아젠다와 주요과제를 제안하고자 한다. 먼저 범정부 차원의 혁신전략을 기획하고 혁신정책을 종합조정할 수 있는 시스템을 구축하여, 향후 5~10년간의 혁신정책 방향

을 설정하고 주요 실천과제를 도출하는 것이 필요하다. 두 번째는 R&D혁신 역량 강화, 미래 창의인재 양성 등을 통해 혁신생태계 기반을 구축하고, 미래성장산업 육성, 지능정보산업 생태계 구축, 지능정보사회 제도 확충 등을 통해 산업과 사회로 혁신이 확산되고 선순환 될 수 있는 환경을 조성해야 한다.

[그림 5-2] 제4차 산업혁명 대응 체계 및 주요 정책 아젠다



제 1 절 범정부 차원의 국가 혁신전략 수립 및 거버넌스 구축

해외 주요국에서는 제4차 산업혁명에 선제적으로 대응하기 위해 범정부차원의 추진체계를 중심으로 다양한 정책과 전략을 수립하여 추진하고 있다.⁴¹⁾ 특히, 일본 정부는 인공지능, 빅데이터 등 제4차 산업혁명의 구체화를 위해 기존 ‘산업경쟁력회의’, ‘관민대화’, ‘제4차 산업혁명 관민회의’ 등을 아베 총리를 의장으로 하는 ‘미래투자회의’로 일원화하였다. 제4차 산업혁명을 국가경제 및 사회전반을 변화시키는 국가사회혁신 프로젝트로 확대하는 전략을 수립하는 등 지능정보기술을 활용한 제4차 산업혁명의 주력국가로 부상하기 위한 범정부 추진체계와 전략로드맵을 마련하였다.

최근 우리나라도 지능정보기술을 바탕으로 사회·경제(산업), 삶 전반에 혁신과 근본적인

41) 미국은 “新미국혁신전략”을 통한 글로벌 플랫폼 선점, 독일은 “Industry4.0”을 통한 제조업 재건, 중국은 “중국제조2025”을 통한 거대자본을 기반으로 산업부흥, 일본은 “일본제휴전략2016”을 통한 로봇 개발을 주도하고 있다

변화가 예상되는 제4차 산업혁명 시대에 대응하기 위해 기술·산업·사회분야 정책을 아우르는 ‘지능정보사회 중장기 종합대책(관계부처 합동, '16. 12)’을 발표하였다.⁴²⁾ 그러나 이러한 정책 설정만으로는 제4차 산업혁명을 선제적으로 대응하기에는 역부족이며, 국가차원의 혁신전략을 기획·조정하고 거시적이고 체계적인 대응을 위한 거버넌스를 구축하는 것이 무엇보다 중요하다. 하지만 현재 우리나라는 제4차 산업혁명과 관련한 정책⁴³⁾, 규범⁴⁴⁾, 추진체계⁴⁵⁾가 각 부처·분야별로 분산, 산재(散在)되어 있어 R&D투자와 인력 양성을 통해 기술혁신이 사회, 산업 혁신으로 연계 및 확산될 수 있는 혁신정책의 기획·조정 기능이 미약한 상황이다. 나아가 미래사회 변화에 대한 예측과 대응에 관한 범정부 차원의 전략이 부재하다. 특히 현재의 거버넌스 체계로는 지능정보기술이 촉발하는 산업 혁신 및 다양한 경제·사회적 변화를 수반하는 지능정보사회를 종합적이고 체계적으로 대응하는 것은 사실상 불가능하다. 즉, 지능정보기술의 확산이 야기하는 전 사회적 변화에 종합적으로 대응하고, 일관되고 지속가능한 정책수립 및 집행을 총괄적으로 수행할 새로운 유형의 추진체계가 필요한 시점이다. 따라서 제4차 산업혁명에 대응한 과학기술·ICT기반의 국가혁신 전략을 기획하고, 관계 기관 간 협의가 필요한 사항을 효율적으로 조정하는 등 범정부 차원의 거버넌스를 구축할 필요가 있다.⁴⁶⁾

구체적으로 제4차 산업혁명을 선도하기 위한 과학기술·ICT 기반의 혁신 거버넌스를 통해 범정부 차원의 혁신전략을 기획하고 정책을 종합적으로 조정하는 기능을 부여하는 한편, 제4차 산업혁명이 초래할 사회경제적 변화에 대한 과학적인 예측과 대응을 위한 중장기 기술혁신 전략을 수립할 필요가 있다. 또한 제4차 산업혁명의 준비가 다소 늦은 우리나라는 ‘인력·기술 혁신’이 ‘산업’, ‘정부’ 나아가 ‘사회’로 혁신이 확산될 수 있도록 분야별 혁신 자체가 갖는 영향력보다는 보다 광범위한 경제·사회적 파급력을 갖는 국가 차원의 집중적 지

42) 이 밖에도 ‘지능정보 민관합동 자문위원회’ 운영(15. 10-12, 3차례), ‘지능정보산업 발전전략’ 마련(16. 3), ‘지능정보사회추진단’ 출범(16. 9), ‘지능정보사회 추진 민관 컨퍼런스’ 개최(16. 12)등 제4차 산업혁명에 대응하기 위한 국가 차원의 다양한 노력이 전개되었다.

43) ‘지능정보산업발전전략’, ‘K-ICT 전략 2016’, ‘ICT R&D 중장기 기술로드맵’ 등(이상 미래창조과학부), ‘제조업 혁신 3.0 전략’, ‘제4차 산업혁명 시대 신산업 창출을 위한 정책과제’ 등(이상 산업통상자원부) 등

44) 「국가정보화기본법」, 「정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률」, 「클라우드컴퓨팅 발전 및 이용자보호에 관한 법률」, 「정보통신 진흥 및 융합 활성화 등에 관한 특별법」, 「소프트웨어산업 진흥법」, 「산업융합촉진법」, 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」 등

45) ‘제4차 산업혁명 전략위원회’, ‘과학기술전략회의’, ‘신산업민관협의회’, ‘정보통신전략위원회’, ‘지능정보사회추진단’ 등

46) 이와 비슷한 맥락으로 최근 지능정보사회에 대응한 입법방향 및 거버넌스에 대한 논의가 활발히 진행되는 가운데, 강효상 의원(자유한국당)은 「지능정보사회기본법」 제정을 통해 대통령 소속의 ‘지능정보사회 전략위원회’를 두는 방안을 제시하였고, 미래창조과학부는 기존 「국가정보화기본법」을 「지능정보화기본법」으로 개편하고, 「정보통신융합 특별법」상 정보통신전략위원회를 ‘(가칭)지능정보사회 전략위원회’로 확대하는 방안으로 추진하고 있다.

원이 필요하다. 이를 통해 무엇보다도 혁신의 주체인 민간부문의 역할이 극대화될 수 있도록 시장 환경을 개선하는데 노력할 필요가 있다.

제 2 절 R&D 혁신역량의 강화⁴⁷⁾

제4차 산업혁명의 변화에 효과적으로 대응하기 위해서는 R&D 체계의 근본적인 개편을 통해 지속적 혁신이 가능한 생태계를 조성하는 것이 중요하다. 그 동안 정부 R&D 투자는 '13년 17.1조원, '14년 17.8조원, '15년 18.9조원, '16년 19.1조원으로 계속적으로 확대⁴⁸⁾되었고, 정부 R&D 중장기투자전략 수립('16. 1), 대통령 주재의 과학기술전략회의 신설('16. 3), 정부 R&D 혁신방안 마련('16. 5) 등의 성과를 보였다. 또한 출연연의 민간수탁 활성화, 기업공감원스톱 서비스 운영 등 중소·중견기업에 대한 R&D 지원을 확대해왔다.⁴⁹⁾ 하지만 현행 R&D 체계는 혁신적 기술과 아이디어를 중심으로 산업 패러다임이 변화하는 제4차 산업혁명 시대를 주도하기 위해서는 몇 가지 측면에서 한계가 드러난다.

우선 정부 R&D 투자 현황을 검토해보면, 연구주체별(대학/출연연/기업)로는 출연연, 연구단계별(기초/응용/개발)로는 개발연구의 투자 비중이 높아 출연연을 위주로 정부가 지정하는 상용화 연구를 수행하는 전형적인 추격형 R&D 형태를 띠고 있다. 국가 전반적으로 연구주체별 혹은 연구단계별 투자전략과 역할 분담이 불명확한 상황이어서 비효율을 초래하고 있다. 민간 R&D에서 개발연구에 대한 비중이 70%에 달하고 있으며, 정부 R&D 예산도 상대적으로 개발연구의 비중이 높은 편이어서 중복 투자에 대한 우려가 있다(미래창조과학부, 2016)⁵⁰⁾ 기초연구를 주도해야 할 대학에서도 응용·개발 연구의 비중(35.9%)이 여전히 높아 혁신의 토대가 되는 기초연구 부문의 투자가 미미한 수준이다(미래창조과학부, 2016). 또한 기술분야별 R&D 규모 면에서도 기초과학 분야는 1조 1,196억원('16년 기준)으로 전체 R&D

47) KISDI가 실시한 '4차 산업혁명 대응 위한 과학기술·ICT 정책 우선순위 조사'에서 총 34개 정책과제 중 R&D부문과 관련하여 ① R&D투자의 전략성 강화, ② R&D 수행 단계에서의 전문성 강화, ③ 평가 및 관리 체계 고도화를 통한 R&D 성과 창출, ④ R&D혁신 현장차근 촉진, ⑤ 연구자 중심의 연구환경 조성, ⑥ 출연연 혁신 및 연구 거점 조성 등 6개의 과제를 선정하였다. 이 중 시급성 측면에서는 R&D투자의 전략성 강화(7.69)와 연구자 중심의 연구환경 조성(7.66)이 가장 높은 수치를 기록하였고, 효과성 측면에서는 연구자 중심의 연구환경 조성(6.94), R&D투자의 전략성 강화(6.76) 순으로 나타났다(자세한 내용은 부록의 설문조사 결과를 참조).

48) 기획재정부 정보공개시스템 열린재정(<http://www.openfiscaldata.go.kr>) 및 2015년 과학기술통계백서, 한국과학기술기획평가원/미래부 데이터 편집; 이경제(2017)에서 재인용.

49) '15년 기준으로 출연연의 중소기업 예산지원 비중은 '13년 대비 97%나 상승하였고, 인력지원 55%, 패밀리기업 57%, 기술이전 32% 등 여러 항목에서 중소기업에 대한 지원을 강화하였다(미래창조과학부, 2017).

50) 정부는 국가전략 차원에서 정부 R&D 예산의 기초연구 부문 투자를 지속적으로 확대하고 있는데, '10년 31.1%에서 '16년 39.0%까지 매년 소폭으로 꾸준히 증가하고 있는 추세이다.

예산 대비 약 6%에 불과⁵¹⁾하여, 취약 분야 혹은 미래혁신 창출을 이끌 핵심 유망 분야를 선도적으로 육성하기 어려운 여건이다. 응용·개발기술 R&D 투자에 대한 지나친 편중은 인공지능 구현의 핵심기술인 인공신경망(artificial neuron network), 양자컴퓨팅, 고성능컴퓨팅 등의 기초·원천기술 분야에서 기술격차 극복을 더욱 어렵게 한다. 이러한 상황에서는 응용기술과 원천기술의 발전이 균형 잡힌 미국, 일본 등의 선진국과의 경쟁에서 우위를 갖기 쉽지 않을 것이다.

다음으로는 R&D 과제 추진방식에 있어서 연구자가 주제를 제안하는 'Bottom-up 방식'의 지원이 적고, 'Top-down 방식'의 정부 주도 과제의 경우도 부처간 경쟁적·관행적 투자로 인해 국가 전략분야에 대한 장기적·집중적 투자가 어렵다는 점이다. 기초연구비 비중에서 Bottom-up 방식의 체감 비중은 '11년 27%에서 '13년 25%, '15년 21%로 오히려 하락하고 있는 추세이며, '16년 정부R&D 개발연구과제 중 지정공모형 과제는 58.6%로 높은 비중을 차지하고 있다(미래창조과학부, 2016). Top-down 위주의 R&D 기획방식은 산업 확산과 연결될 수 있는 기업의 실질적인 수요 반영이 어렵다는 점에서 R&D 성과확산을 위한 사업화에 원천적 한계가 존재한다.

이와 같은 국내 R&D 체계의 문제점을 해결하고, 과학기술·ICT 기반의 제4차 산업혁명 주도를 위해 우선적으로 기업에서 적극적으로 수행하기 어렵거나 성장가능성이 큰 유망분야의 경우 기초과학 R&D 투자를 전략적으로 확대할 필요가 있다. 인공지능, 자율주행자동차, 드론 등의 첨단기술은 응용과학 이전에 기초과학 기술력이 필요하므로 지능정보기술을 한 단계 끌어올리기 위해서는 기초과학 연구가 뒷받침 되어야 한다. 특히 뇌과학, 산업수학, 바이오, 나노 등 이론적 기초를 제공하는 과학기술 분야와 언어 시각지능, 지능형반도체, ICBM 등 선진국과의 격차 극복이 필요한 기술 분야는 대학 및 연구소를 중심으로 안정적이고 장기적인 선도형 R&D가 추진되어야 한다.⁵²⁾ 분명한 목표와 성공전략이 존재하는 추격형 R&D는 단기적 성과 달성에 용이할 수 있으나, 혁신적 변화에 대응하기에는 한계가 존재하기 때문이다. 또한 첨단기술 분야는 기술력 배양에 장시간이 소요되므로 산·학·연 주체간, 대·중소기업간, 이중산업 분야간 개방형 혁신 형태의 R&D 활동을 강화해야 한다.

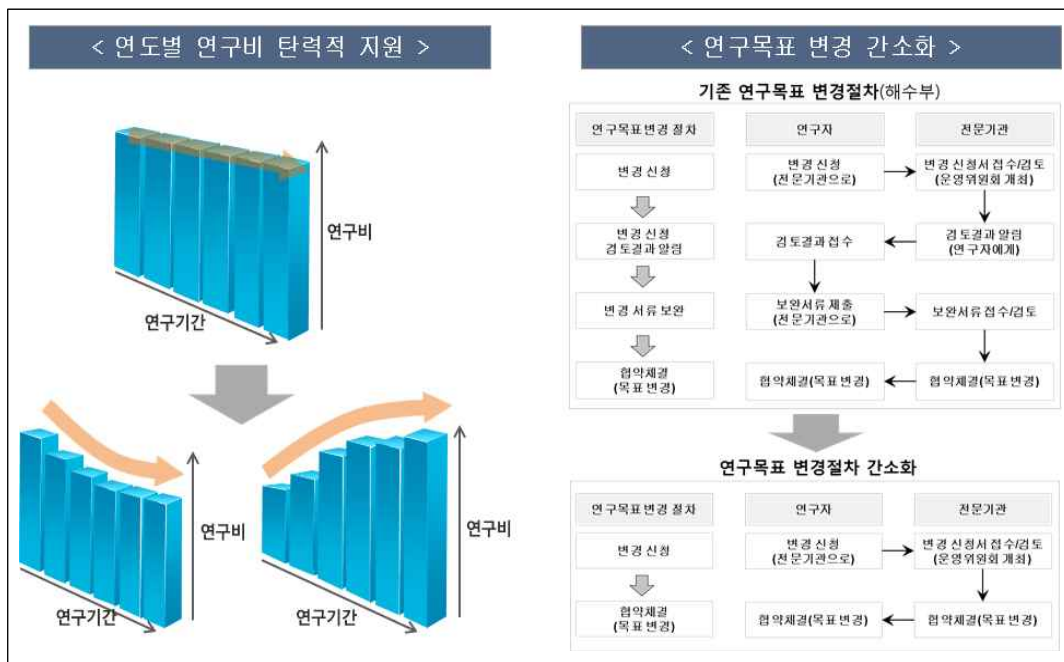
한편으로는 기업현장 및 수요 중심의 R&D 지원을 위해 Bottom-up 방식을 적극 도입하고, 목표지향·도전적 문제해결 중심의 연구를 촉진할 필요가 있다. 'Robotics Fast Track',

51) 안승구·김주일(2017), 「정부연구개발예산 현황분석」, 한국과학기술기획평가원.

52) 참고로 KISDI가 실시한 '4차 산업혁명 대응 위한 과학기술·ICT 정책 우선순위 조사'에서 과학기술·ICT 분야별 투자의 중요성을 조사한 결과, Robot(7.78), AI 인공지능(7.71), Big data(7.63) 순으로 나타났다(자세한 내용은 부록의 설문조사 결과를 참조).

'Robotics Challenge' 등을 추진하는 미국 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency) 사례 등을 참조하여 '경쟁형-후불지원 방식'을 적극 도입하는 것도 고려해 볼 필요가 있다. 이러한 방식으로의 전환은 빠르게 변화하는 혁신기술 분야의 시장 수요를 적극 반영할 수 있고, 기업과의 사업 연계성 강화로 R&D 성공률을 높일 수 있다. 제4차 산업혁명에 따라 기존 산업 및 기술의 경계가 급속히 허물어져 다양한 배경을 가진 전문가의 집단 지성을 통한 과제 기획도 추진하는 것이 필요하다. 위키피디아 운영방식과 같이 기획자가 seed를 던지고 다양한 전문가들이 침삭과정을 통해 아이디어를 발전시키는 기획방식을 도입하되, 여러 전문가의 자발적 참여를 촉진할 수 있는 인센티브 체계와 다양한 전문가의 집단 지성을 효율적으로 취합 및 발전시킬 수 있는 운영시스템을 마련하는 것이 중요하다.

[그림 5-3] 연도별 연구비 탄력적 지원과 연구목표 변경 간소화 개념



자료: 제4차 산업혁명시대의 R&D 혁신방안(김윤중, 2016), 국민경제자문회의의 간담회 발표자료

더불어 이러한 R&D 기획 방식의 장점을 실질적 성과로 연결하기 위해서는 평가 단계에서도 도전성·독창성을 중심으로 하는 평가체제로 전환하여야 할 것이다. 현행 R&D평가시스템이 '상피제도' 등을 통해 공정성에 중점을 두면서 평가 결과에 대한 신뢰성 문제가 빈번하게 제기되고 있다. 세부 분야별 전문가 층이 충분하지 못한 국내의 현실에서 평가의 공정성과 전문성을 동시에 확보할 수 있는 방안마련이 필요하다. 연구이력을 활용하여 과제에

적합한 평가자를 자동으로 추천하는 연구관리 시스템의 지능화가 한 가지 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.⁵³⁾ 연구내용에 따라 자율성과 다양성을 보장할 수 있도록 탄력적인 연구비 지원체계를 구축하고, 연구목표 변경절차를 간소화((그림 5-3) 참조)하는 것도 필요할 것으로 판단된다. 이와 함께 연구자의 행정 부담 완화를 위해 연구관리 제도를 간소화하고 R&D 관리제도를 관리·감독형에서 수요자 중심형으로 전환시켜 나가야 한다. ‘정부 R&D 혁신방안’을 통해 R&D 관리제도를 지속적으로 개선하고 있지만, 연구현장에서 체감하는 행정 부담은 여전히 높은 것으로 나타나고 있다.⁵⁴⁾ 다년도 과제에 사업비 지급 방식을 개선하여 사업비 공백 기간이 발생하지 않도록 제도개선을 추진하고, 회의비 및 출장비 등 정산 시 스마트폰을 활용한 모바일 정산시스템을 도입해 증빙서류 제출과정을 대폭 간소화하는 것도 필요할 것으로 보인다.

제3절 창의혁신 인재 양성⁵⁵⁾

제4차 산업혁명에서는 지적 자산과 정보 자산 등 무형적 자산이 핵심적인 역할을 한다. 따라서 무형자산의 극대화를 통해 제4차 산업혁명의 발전을 주도하기 위해서는 설비, 자금 등 물적 투자 못지않게 고숙련된 융합지식을 보유한 창의적 인재의 양성이 필수적이다.

지난 정부에서 창조경제 플랫폼 구축을 위해 벤처기업 사업화지원, 혁신센터 취업 연계 등을 추진하였다. SW 분야 인재양성을 위해 ‘18년 초·중·고 SW교육 필수화 확정(15. 9), SW 중심대학 선정 등 SW 관련 교육을 강화하는 한편 창의·도전적 맞춤형 실무인력 양성을 위한 ‘공과대학 혁신방안(14~)’등을 마련하기도 하였다. 하지만 현 시점에서 관련 지표를 살펴 보았을 때 아직까지는 창의혁신인재 수요확대에 대한 대응이 미흡한 것으로 판단된다. 맥킨지(2016)⁵⁶⁾에 의하면 ‘30년까지 SW엔지니어, 데이터사이언티스트 등 지능정보 분야에 80

53) NTIS, R&D관리기관 DB 내의 전문가 이력 정보를 공유하고 인공지능, 빅데이터 등의 기술을 활용해 연구관리 시스템을 지능화하는 방안을 생각해 볼 수 있다.

54) 미국 Federal Demonstration Partnership(FDP) 대학 교수들은 연구개발 외 행정업무에 업무시간의 50.2%를 소요하나, 한국 연구자들은 62.7%를 할애하는 것으로 나타나고 있다(김이경 외, 2016).

55) KISDI가 실시한 ‘4차 산업혁명 대응 위한 과학기술·ICT 정책 우선순위 조사’에서는 총 34개 정책과제 중 인력양성 및 교육혁신과 관련하여 ① 전주기적 R&D 인재 확보, ② 차세대 공학인재 양성, ③ 신산업 분야 전문가 양성, ④ SW·사이버보안 인재 양성, ⑤ 문제해결·사고력 중심 교육 실현, ⑥ 초·중·고교육의 전면적인 개편 추진 등 6개의 과제를 선정하였다. 이 중 시급성 측면에서는 차세대 공학인재 양성(7.95)과 문제해결·사고력 중심 교육 실현(7.93)이 가장 높은 수치를 기록하였고, 효과성 측면에서는 차세대 공학인재 양성(7.22), SW·사이버보안 인재양성(7.18) 순으로 나타났다(자세한 내용은 부록의 설문조사 결과를 참조).

56) ‘16년 12월 미래창조과학부가 발표한 ‘지능정보사회 종합대책’ 인용

만 명의 신규 인력 수요가 발생할 것으로 예측되고 있다. 그러나 국내의 AI 분야 박사급 인력은 연간 20~30명 배출에 불과한 수준이다(관계부처 합동, 2016. 12. 27).

한편 '16년 GEI(Global Entrepreneurship Index)의 기업가정신지수 평과결과 137개국 중 27위 기록, '15년 Martin Prosperity Institute가 발표하는 글로벌 창의성 지수는 139개국 중 31위를 기록하는 등 창의성과 관련된 혁신 지표에서 낮은 순위를 기록하고 있다. 이에 따라 창의성 있는 융합인재를 교육하고 양성할 수 있는 체계로의 전환이 시급한 상황이다. 제4차 산업혁명 시대에는 기존의 직무들이 더욱 전문화·세분화될 것이므로 융합형 지식과 과학 기술·ICT를 바탕으로 하는 핵심역량을 보유한 전문인재 육성이 필요하다.

첫째, 융합인재 양성을 위한 STEAM 프로그램⁵⁷⁾을 대폭 확대하여 초중고 교육과정에서부터 SW 개발, 인공지능(AI), 빅데이터 분석 등 미래기술 분야에 능통한 창의적 인재를 조기에 발굴·육성해야 한다. 미국에서는 '교육혁신계획(ConnectED)'을 통해 초고속 인터넷과 첨단과학 도구를 교육에 활용하도록 지원하며, 영국은 '14년을 'The Year of Code'로 지정하여 SW 교육을 의무화하는 프로그램(5세~16세)을 추진하였다. 우리나라도 '15년 9월 초중등 과정의 SW교육을 필수화하였는데, 실효적인 교육 프로그램으로 유망 인재들의 SW역량을 강화하기 위해서는 프로그래밍, 코딩 등 다양한 교육 콘텐츠를 개발하여 수준별 교육이 이루어지도록 해야 한다. 이를테면, 융합교육을 체계적으로 지원할 수 있는 지능정보 분야 특성화 고등학교를 설립하거나, SW 중심 대학과의 입시 연계방안 등 인센티브 확보방안을 마련해야 할 것이다.

둘째, 기존의 암기·주입식이 아닌 문제해결형·사고력 중심의 교육시스템으로 전환할 필요가 있다. 제4차 산업혁명에서 요구하는 창의적이고 융합적 지식의 소양을 갖추기 위해서는 역량 강화 중심의 교육이 필요하다. WEF(2016)가 '20년 요구되는 10대 'Human Skill'로 제시한 복잡한 문제해결능력(Complex Problem Solving), 비판적 사고능력(Critical Thinking), 창조성(Creativity), 인간관계(People Management), 협업능력(Coordinationg with Others) 등의 역량을 감안한 미래인재방향을 설정해야 할 것이다. 해외 주요국에서도 이와 같은 혁신역량을 배양할 수 있는 교육시스템으로의 전환이 추진되고 있다. 특히 미국 샌프란시스코의 신생 대학인 'Minerva School'은 혁신적인 교육으로 주목받고 있다. 미네르바스쿨은 기존의 온라인 강의와는 달리 상호 교류하는 형태로 진행되며, 미국, 아르헨티나, 독일, 인도, 한국, 이

57) 미국은 STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics) 교육에서 인문·예술(Arts) 분야를 추가한 'STEAM 교육 프로그램'을 운영하고 있다. 미국은 전 학년에서 STEAM 교육을 강조하는 등 재정적 지원을 확대하고 있으며, 민간 또는 지자체와 협력하여 혁신교육 학교를 지원하는 'P-TECH 사업'도 추진하고 있다.

스라엘, 영국 등 기숙사 위치를 바꾸면서 글로벌 역량을 쌓을 수 있는 기회를 제공한다. 또한 모든 학생들에게 융합된 전공을 가르치고 있어 스펙 쌓기가 아닌 역량 강화에 초점을 둔 교육커리큘럼을 운영하고 있다. 국내에서도 교육부는 미네르바 스쿨 방식의 온라인 공동교육과정을 시범 도입하겠다고 발표(2017. 1. 31)하였는데, 이를 창의적·융합적 인재 양성을 위한 대학 교육과정에도 확산시킬 필요가 있다. 또 한편으로는 새롭게 출현하는 첨단과학기술 분야의 새로운 교육프로그램을 꾸준히 개발하고, 전문 자격증제도도 지식 중심에서 역량 강화 중심의 테스트로 전환할 필요가 있다.

셋째, 맞춤형 실무인력 양성을 위해 실제 고용과 연계될 수 있는 직무 교육 확대와 현장 맞춤형 교육을 강화할 필요가 있다. 정부는 공학인재들의 전공기초 지식이 산업계에서 기대하는 수준에 미치지 못하고 실제 산업 현장과 괴리된다는 지적에 따라 '14년, '16년 '공대 혁신방안'을 발표하였다. 또한 교육부는 '16년 산업연계 교육 활성화를 선도하는 '프라임 사업'을 통해 취업·진로 중심으로 대학을 개편하는 '사회수요 선도대학'과 신기술·융합 전공과 미래 유망산업 중심으로 개편하는 '창조기반 선도대학'에 속하는 21개 선도대학을 선정하여 지원하고 있다. 향후 제4차 산업혁명에 민첩하게 대응하는 과학기술 인재 육성을 위해서는 현장 중심의 실습교육이 더욱 확대되어야 하며, 이를 위해 채용연계형 산업인턴제 확대, 현장교육 산업체에 인센티브 부여, 문제해결형 평가제도 개발, 실험·실습 인프라 확충 등 정부의 적극적인 제도적 지원이 수반되어야 할 것이다.

제 4 절 미래 신성장동력 육성⁵⁸⁾

저성장 기조, 고령화 사회 진입 등 침체 국면의 우리나라 경제 상황을 타개하기 위해서는 다양한 산업분야에서 융복합을 통한 신성장동력 발굴이 중요하다. 과학기술·ICT 기반의 융합 활성화를 통해 산업경쟁력을 개선해 나갈 수 있는 정책 방안 마련이 시급하다. 과학기술·ICT 기반의 인프라를 고도화하고, 융합 및 규제개혁 등을 확대해 융복합 신산업이 성장할 수 있는 기반을 구축하는 것이 필요한 시점이다.

해외 주요국에서도 과학기술·ICT를 기반으로 새로운 성장동력을 확충해 나가고 있다. 미

58) KISDI가 실시한 '4차 산업혁명 대응 위한 과학기술·ICT 정책 우선순위 조사'에서는 총 34개 정책과제 중 미래성장산업 육성과 관련하여 ① 미래성장동력 조기 안착 지원, ② 바이오경제 선도, ③ 나노 기술개발·산업화, ④ ICT 융합 신산업 시장 창출, ⑤ SW·콘텐츠 기업 성장 지원, ⑥ ICT 분야의 국제사회 영향력 확대 등 6개의 과제를 선정하였다. 이 중 시급성과 효과성 측면 모두에서 ICT 융합 신산업 시장 창출(7.60/7.19)이 가장 높게 나타났다(자세한 내용은 부록의 설문조사 결과를 참조).

국은 과학기술자문회의를 통해 8대 ICT R&D 분야를 선정하였는데, '사이버보안', '고성능 컴퓨팅', '빅데이터와 데이터 집중형 컴퓨팅', 'IT 및 물리적 시스템', 'IT 및 헬스', '사이버 휴먼시스템' 등을 중점적으로 추진해야 할 핵심 분야로 제시하였다(2015. 8). 또한 미국은 혁신 생태계를 지속하고 국가적 당면과제 해결을 위해 'A Strategy for American Innovation' 개정안을 발표하였다(2015. 10. 21). 해당 개정안은 '대도전(Grand Challenges) 해결', '스마트 도시 건설', '우주기술혁신', '새로운 컴퓨팅 기술의 개척' 등 11가지 당면과제를 제시하면서, 과학기술과 ICT를 기반으로 이러한 문제들을 해결하고 있다.

일본 종합과학기술혁신회의(CSTI)는 향후 5년 간의 과학기술 진흥 정책방향을 제시한 '제5차 과학기술 기본계획'을 승인하였다. 여기에서 일본은 혁신 기반을 강화하고 인재·지식·자본이 결집하는 시장 창출과 더불어 ICT를 기반으로 한 초스마트사회를 실현하는 것을 주요 사안으로 제시하고 있다. 초스마트 사회(Society 5.0) 실현을 위해 IoT, 네트워크 등의 기술을 활용해 제조업 혁신으로 사회적 변화에 대응하고, 사이버 안전, IoT, 빅데이터, AI, 기계장치 등 초스마트 사회 플랫폼 구축을 위해 필요한 기술과 로봇, 바이오, 센서, 양자·광학 등 새로운 부가가치를 창출하는 핵심 기술들을 전략적으로 개발하고 있다. 특히 '15년 IoT, 빅데이터, 로봇, AI 등을 스마트제조시스템 구축을 위한 전략 분야로 선정하여 집중 육성하는 '과학기술 이노베이션 종합 전략'을 발표하기도 하였다. 일본 경제산업성은 '로봇전략' 발표(15. 1), '로봇혁명이니셔티브' 협의회 구축, 제4차 산업혁명 대비 국가혁신 프로젝트를 확대하는 '제4차 산업혁명 선도전략' 발표(16. 4) 등 제4차 산업혁명의 주도권 확보를 위해 정부가 적극적으로 지원하고 있다.

독일의 경우에는 강점이 있는 제조업을 기반으로 ICT와 융합하는 Industry 4.0을 선도적으로 추진하여 제조업 강국으로서의 경쟁력 확보를 위해 노력하고 있다. 또한, 독일은 '14년 기존의 'The New HighTech Strategy Innovation for Germany'을 수정하여 Industry 4.0의 실현을 최우선 과제로 두고 있다. '15년부터는 몇몇 글로벌 기업 중심의 기존 제조융합에서 벗어나기 위해 민관이 함께 참여하는 'Platform Industry 4.0'으로 전환하여 지원정책을 추진하고 있다.

우리나라도 과학기술과 ICT를 기반으로 신산업 발굴 및 일자리를 창출하는 「미래성장동력 종합실천계획」을 발표(2015. 3)하면서, 4대 주력산업, 미래신산업, 공공복지·에너지 산업, 기반산업에서 19개 분야를 미래성장동력으로 선정하였다. 이후 19대 분야 중 스마트자동차, 지능형 IoT, 고기능무인기 등을 핵심 10대 분야로 재선정하여 상용화 계획을 수립하

고, 초기 시장 창출을 위한 정책을 추진하고 있다. 또한 9대 국가전략 프로젝트에서도 자율주행자동차, 스마트시티, 인공지능, VR/AR 등 ICT를 기반으로 하는 분야들이 선도적인 중점과제로 선정되었다(제2차 과학기술전략회의, 2016. 8). 인공지능(AI), 정밀의료 등 타당성 검증이 완료된 사업들을 중심으로 추진하되, 민간 전문가의 참여를 높여 실질적인 성과창출로 연계될 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 특히, 국가전략프로젝트는 이전 정부들에서 추진해 온 성장동력⁵⁹⁾ 육성정책과의 연계 및 시너지 창출이 가능할 수 있는 방향으로 추진해 나가는 것이 필요하다. 단기적으로는 미래성장동력과 국가전략프로젝트의 역할을 분담하여 추진하되, 중장기적으로는 통합 운영을 검토하는 것이 적절해 보인다.

[그림 5-4] 현재 추진 중인 국가 전략 프로젝트 주요 내용



자료: 한국과학기술기획평가원 내부 정리자료(2016)

살펴본 바와 같이 우리나라뿐만 아니라 전 세계 주요국에서는 신성장동력 발굴을 위해 과학기술·ICT를 기반으로 새로운 부가가치를 창출할 수 있도록 정책적 지원을 확대하고 있다. 실제로 각국에서 지원하는 혁신 정책의 대부분이 과학기술과 ICT를 기반으로 추진되고 있다는 점과 미래 사회 및 산업구조는 '초연결성'과 '초지능성'을 중심으로 개편되고 있다는 점에서 과학기술과 ICT의 중요성이 더욱 강조될 필요가 있다. 이에 따라 과학기

59) 참여정부 10대 차세대성장동력, MB정부 17대 신성장동력, 이진 정부 19대 미래성장동력 등

술·ICT를 기반으로 하는 제조업·서비스업에서의 융합현상을 더욱 확산해 나갈 필요가 있으며, 이러한 과정에서 제4차 산업혁명이라는 패러다임의 변화 속에 미래사회를 선도하기 위한 유망 산업을 조기 선정하여 집중적인 지원과 투자를 아끼지 않아야 할 것이다.

제5절 지능정보산업 생태계 구축⁶⁰⁾

최근 지능정보기술이 제조업, 의료, 교통, 교육, 안전 등 거의 모든 영역에 활용되기 시작하면서 새로운 경제적 가치 창출의 촉매제 역할을 할뿐 아니라 개인과 사회 전반에 걸쳐 광범위한 영향을 미칠 것으로 예상되고 있다. 이미 주요국들은 저상장이 고착화된 '뉴노멀(New Normal)시대'를 극복하기 위해 소위 '지능정보기술'의 활용을 통한 국가·산업·사회 전반의 지능정보화를 촉진하고 있다. 즉, 지능정보기술을 적극적으로 활용함으로써 기존 산업과 지능정보기술의 융합에 따른 생산성 향상, 신산업 창출 등을 통해 국가경쟁력을 제고하고, 무엇보다 모든 산업영역에서 지능정보기술이 활용될 수 있도록 지식·데이터 중심의 지능정보산업 생태계 기반을 구축하는 것이 중요하다.

하지만, 우리나라는 여전히 지능정보기술과 관련한 인적, 산업적 생태계 기반이 미약하고, 선진국 대비 지능정보기술 전반에서 큰 격차를 보이고 있다. 예를 들어 정보통신기술진흥센터(2015)의 '인공지능(AI) 기술수준 조사결과'에 따르면, 인공지능 전체 기술 분야의 기술수준은 선진국의 기술수준을 100%라 가정했을 때 우리나라의 기술수준은 약 65%로 해외 대비 낮은 기술수준을 보유하고 있으며, '2015년도 ICT 기술수준 조사' 결과에서도 인공지능·인지컴퓨팅 분야의 기술수준은 최고수준 대비 약 70.5%로 약 2.4년의 기술격차가 존재하는 것으로 조사되었다(정보통신기술진흥센터, 2016). 또한 세계최고 수준의 ICT 기반으로 데이터 경쟁력에 대한 잠재력은 있으나, 데이터 보호에 관한 규제, 법·제도 등으로 데이터의 활용률은 4.3%에 불과하여(한국정보화진흥원, 2016) 여전히 양질의 대규모 데이터 활용을 위한 기반이 상당히 취약한 것으로 나타났다.

따라서 제4차 산업혁명의 진전에 따라 지식·데이터 중심으로 경쟁력이 전환되므로 국가 데이터 관리체계를 확립하여 기계가 학습할 수 있는 대규모 데이터 기반을 구축하는 것이 시급하다. 데이터가 프라이버시 침해 없이 안전하게 유통·활용될 수 있도록 관련 규제 및

60) KISDI가 실시한 '4차 산업혁명 대응 위한 과학기술·ICT 정책 우선순위 조사'결과에 따르면, 34개 정책과제 중 '산업영역별 지능형 융합서비스 발굴'이 전체응답자(기업체 및 전문가)가 응답한 시급성(7.16) 및 효과성(6.81)이 높은 정책과제로 나타났다.

법제도 개선을 통해 데이터 유형별로 차별화된 전략을 추진할 필요가 있다. 또한 정부는 국방·치안, 행정 등 국가·공공서비스에 선제적으로 지능정보기술을 도입하여 국민들에게 안전하고 편리한 고품질의 지능화된 공공서비스를 제공하고, 나아가 관련 민간산업 전반에 지능정보기술 도입을 촉진하기 위한 마중물 역할을 수행할 필요가 있다. 아울러 정부는 양극화, 인간소외 등 지능정보사회의 역기능 문제 해결을 위한 체계적인 시스템을 구축하여 인간 중심의 지능정보문화 창달 및 확산을 위한 노력도 함께 진행할 필요가 있다.

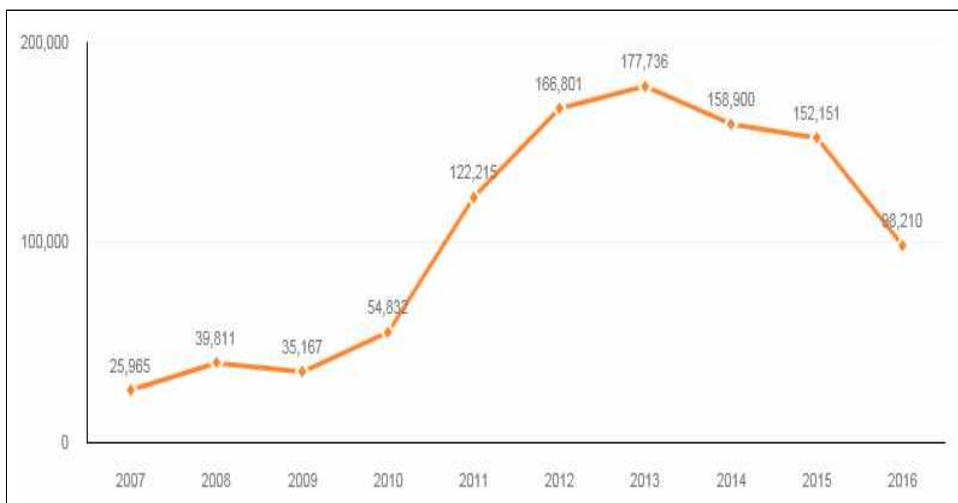
[그림 5-5] 지능정보기술 활용을 통한 전 산업의 지능정보화 촉진



자료: 관계부처합동(2016. 12. 27)

[그림 5-6] 개인정보 침해신고·상담접수 현황

(단위: 건)



자료: 개인정보보호 종합포털.

다음으로 방송통신·전파 자원의 효율적인 운영과 함께 사이버 침해 대응 등 정보보호 및 보안이 내재화된 데이터·서비스 중심의 초연결 네트워크 환경을 구현할 필요가 있다. 그 동안 우리나라는 국가적인 정보화 추진을 통해 세계 최고 수준의 ICT 인프라를 확보하고 있으나, 세계경제포럼(WEF)이 발표한 ‘글로벌 정보기술 보고서(Global Information Technology) 2016’에 따르면, 우리나라 네트워크 준비지수(NRI:Network Readiness Index)는 139개국 중 13위로 작년(2015년)보다 한 계단 하락하였으며, 특히 사이버 공격기법이 지능화·복잡화되고, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 모바일 등 새로운 기술이 시장 전반에 확대되면서 예측하기 어려운 사이버 침해 사고는 매년 증가하고 있다.

이를 위해 먼저, 사람·사물을 포함하여 만물로부터 생성된 데이터가 네트워크를 통해 언제 어디서나 안전하게 전달되고, 다양한 사업자가 신규 네트워크를 손쉽게 구축하여 더 많은 데이터를 생성, 수집, 전달, 활용할 수 있는 고성능 네트워크 혁신이 필요하다. 구체적으로 세계 최초로 5G 도입 및 기가인터넷 서비스를 상용화하여 초고용량 실감형, 초실시간, 초연결 서비스 등 다양한 혁신적 융·복합 서비스와 관련 신산업 창출을 위한 핵심 인프라를 지원하는 것이 중요하다. 또한 제4차 산업혁명 시대에 맞는 주파수 정책 체계를 수립하여 글로벌 무선혁명을 선도하고, IoT, 비면허대역 네트워크 등 새로운 서비스 네트워크의 구축을 촉진하기 위한 관련 네트워크 규제를 지속적으로 개선해 나가야 한다. 또한 IoT, 지능정보사회의로의 안착을 위해서는 정보보호 및 보안이 내재화된 네트워크 환경을 구축할 필요가 있다. 이를 위해 사전에 지능화된 사이버위협을 예측하기 위한 인공지능(AI) 기반의 고신뢰-제어 네트워크 기술을 개발하여 실용화하고, 해킹을 원천 차단할 수 있는 양자암호통신을 단계적으로 도입하여 지능정보사회의 신뢰성을 제고해 나갈 필요가 있다.

제 6 절 지능정보사회 제도 정비⁶¹⁾

로봇, 인공지능 등 지능정보기술의 이용 및 확산은 인간과 사회에 혜택을 주기도 하지만 잠재적으로 인간의 존엄성과 안전, 프라이버시, 완전성, 자율성 등에 위협요인으로 작용할 우려가 높다. 이에 지능정보기술에 관한 윤리 및 법제도적 대응이 시급히 요구되고 있다. 예를 들어 지난 '15년 7월 구글의 포토서비스가 흑인 여성을 고릴라로 인식한 것이 대표적

61) KISDI가 실시한 '4차 산업혁명 대응 위한 과학기술·ICT 정책 우선순위 조사'결과에 따르면, 34개 정책과제 중 전체응답자(기업체 및 전문가)가 응답한 시급성(7.85) 및 효과성(6.94)이 높은 정책과제로 '28. 지능정보사회 대비 선제적 법제 정비'로 나타났다. '29. 지능정보사회 대응 사회분야 정책기반 조성'도 시급성(7.62) 및 효과성(6.75)이 높은 정책과제로 나타났다.

인 사례이다. 또 다른 사례로는 '16년 3월 마이크로소프트에서 출시한 채팅 로봇 '테이(Tay)'는 극우 백인 우월주의자의 망언과 욕설을 학습하여 실제로 트위터에서 인종차별적 발언과 욕설을 쏟아내면서 사회적 비난이 증가했던 것을 들 수 있다.⁶²⁾

또한 인공지능의 자율적인 의사결정 및 행위로 인하여 타인(他人)에게 생명·신체·재산상 손해가 발생한 경우, 법적책임의 귀속주체, 책임범위와 보상방법 등을 판단에 있어 현행 책임관련 규정 및 요건을 그대로 적용하기에는 한계가 있다. 예를 들어 완전자율주행자동차가 스스로 운행하던 중 사고를 일으킨 경우, 사고의 원인에 따라 자동차 제조자, 탑승자, 알고리즘 개발자 등 책임귀속 주체가 다양해 질 수 있다. 나아가 인간과 유사하게 자율성을 바탕으로 생각하고 행동을 하는 인공지능에게 법적지위를 부여할 것인가, 인공지능이 권리와 법적책임의 주체가 될 수 있는지 여부 등 윤리적인 문제부터 법적 문제까지 다양한 규범적 이슈가 제기되고 있다.

최근 규범적 측면에서 인공지능, 로봇 개발과 이용에 관하여 가장 활발한 논의가 진행되고 있는 EU의 '로봇법 규칙 초안을 위한 보고서(Draft Report)'에 따르면, '로봇기술 개발자들을 위한 행동강령(a code of conduct for robotics engineers)'과 로봇 프로토콜을 심사하고 설계자, 이용자에게 대한 면허여부를 심사하는 '연구윤리위원회규정(a code for research ethics committees)' 등으로 구성되는 '로봇기술헌장(안)'을 제안한 바 있다. 구체적으로 인공지능 개발자들을 위한 '행동강령'에는 인간이익 우선원칙, 인간에 대한 해악금지 원칙, 인간의 자율성보장원칙, 인공지능 기술의 공정한 이용을 통한 정의실현원칙 등 윤리적·직업적 행위원칙을 규정하고 있다. 동시에 기본권 존중원칙, 사전예방원칙, 정보공개를 포함한 접근성을 보장해야 한다는 의미에서 포괄성원칙, 프라이버시 존중원칙, 책임성원칙을, 언제든지 로봇의 행위를 최종단계 이전에 되돌릴 수 있도록 설계하여야 한다는 의미에서 가역성원칙 등을 포함하고 있다. 또한 '연구윤리위원회규정'은 기술, 윤리, 법적 전문성을 갖춘 다양한 배경의 위원들로 연구윤리위원회를 구성하도록 하는 한편 독립적으로 심사할 수 있는 절차를 마련하는 내용을 포함하고 있다(이시적, 2017; Committee on Legal Affairs, 2016).

이처럼 인간 중심의 지능정보사회를 구현하고, 지능정보기술의 안전한 활용을 담보할 수 있도록 지능정보기술 윤리와 안전에 관한 구체적인 윤리기준이 제시된 지능정보기술의 개발 및 이용에 관한 '윤리헌장'을 제정할 필요가 있다. '윤리헌장'은 기본적으로 지능정보기술의 연구, 개발, 이용에 대한 인간존엄, 프라이버시, 안전 등의 공통적인 일반 원칙을 설정하

62) 결국 마이크로소프트사는 15시간 만에 서비스를 중단하였다.

고, 구체적으로 지능정보기술의 오작동·남용을 최소화하기 위한 설계자, 개발자, 이용자 등의 관련 당사자들이 취해야 할 개별적 행동 준칙을 제시할 필요가 있다. 또한 윤리현장의 내용은 기존의 다양한 국내·외 사례를 참고하여 도출할 필요가 있으며, 연구자, 설계자, 이용자 등이 지능정보기술의 개발 및 이용함에 있어 규제 차원이 아닌 최소한의 윤리적 기준으로 활용될 수 있도록 설계하는 것이 무엇보다 중요하다.

〈표 5-1〉 인공지능 윤리제정 현황 및 주요내용

구분	주요 내용
아시모프(Asimov)의 '로봇의 3원칙'	로봇은 인간에 해를 가하거나, 행동을 하지 않으므로써 인간에게 해가 가도록 해서는 안 된다. 로봇은 인간이 내리는 명령들에 복종해야만 하며, 단 이러한 명령들이 첫 번째 법칙에 위배될 때에는 예외로 한다. 로봇은 자신의 존재를 보호해야만 하며, 단 그러한 보호가 첫 번째와 두 번째 법칙에 위배될 때에는 예외로 한다.
국제전기전자기술자협회(IEEE)의 '윤리적인 디자인' 지침서	인공지능이 인권을 보장하고, 투명하게 동작하고, 자동화된 결정들이 어떻게 도출되는 것인지를 설명할 수 있어야 한다는 등 인공지능의 일반적인 원칙과 적절한 인간의 규범과 가치를 시스템에 내재시키기, 일어날 수 있는 차별 방지, 신뢰성, 가치 판단 기준 평가 등
아실로마 AI원칙	안전, 장애 투명성, 사법 투명성, 책임성, 가치 정렬, 인간의 가치, 프라이버시, 자유와 프라이버시, 공동의 이익, 공동의 번영, 인간통제, 비전복, 인공지능 군비 경쟁, 능력 경계, 중요성, 위험성, 반복적 자기개선, 공동선 추구 등
우리나라의 '지능형 로봇윤리현장(초안)'	제1장(목표), 제2장(공동원칙), 제3장(인간의 윤리), 제4장(로봇의 윤리와 책무), 제5장(로봇 제조자의 윤리와 책무), 제6장(로봇 사용자의 윤리와 책무), 제7장(실행의 약속)
일본 인공지능윤리위원회의 '인공지능학회 윤리지침'	제1조(인류에의 공헌), 제2조(법규제의 준수), 제3조(다른 사람의 프라이버시 존중), 제4조(공정성), 제5조(안전성), 제6조(성실한 행동), 제7조(사회에 대한 책임), 제8조(사회와의 대화와 자기개발), 제9조(인공지능에 대한 윤리준수 요청)

또한 향후 지능정보기술의 보편화·일상화로 인한 사회적 변화는 과거 기술적 변화보다 전면적으로 이루어질 것으로 예견되는 바, 기존의 법제도들을 활용하는데 한계가 있을 수 밖에 없으므로 이를 극복하기 위한 입법적 차원의 대응이 필요하다. 이와 관련하여 우선, 현행 「국가정보화기본법」을 '(가칭)지능정보화 기본법'으로 개정하여 국가·사회 전반의 지능정보화 방향을 제시하고, 기존의 법률을 바탕으로 현실 적합성 있는 진흥 등의 정책을 추

진하기 위한 노력이 진행 중에 있다(관계부처합동, 2016). 반면, 기존 IT산업 진흥과 관련한 다양한 정책적 입법이 과도하게 존재하고 있는 상황이지만 융합(convergence)환경 속에서 실질적인 조율 및 조정 기능을 제대로 수행하지 못하고 있으므로 인간 중심의 지능정보사회를 구현하기 위한 별도의 기본법(안)⁶³⁾이 발의된 바도 있다.

한편 법적 책임과 관련하여 EU Committee on Legal Affairs(2016)에 따르면, 로봇의 책임에 대하여 어떠한 책임법리가 적용되더라도 로봇, 인공지능 등이 비인간적 주체에 의해 발생한 손해라는 이유만으로 배상범위, 배상방법 등을 제한해서는 아니된다는 점을 강조하고 있다. 즉, 지능정보사회에서의 새로운 법적 책임의 입법적 수단으로는 먼저, 로봇과 인공지능의 행위와 손해 간의 인과적 연관이 인정되면 ‘엄격책임원칙(strict liability)’을 적용하여 배상책임을 인정할 필요가 있다. 이에 따라 확정된 책임당사자의 책임범위는 당사자의 구체적인 지시 수준 즉, 로봇, 인공지능의 자율성 정도에 따라 비례적으로 분배될 수 있을 것이다. 예를 들어 로봇의 학습능력이나 자율성이 크면 클수록 다른 당사자들의 책임은 낮아지고, 로봇의 교육기간이 길면 길수록 그 교육자의 책임은 확대될 것이다. 또한 SW·인공지능 기술의 급속한 발전 속도를 감안할 때, 야기된 손해에 대한 책임분배 측면에서 제조물책임보험과 같은 ‘강제적’ 보험 제도를 도입하여 사전에 위험발생을 대비할 필요가 있으며, 나아가 보험 제도를 통해서도 완전히 손해를 보전할 수 없는 경우에는 기금을 통해 보충할 수 있는 방안도 함께 고려되어야 할 것이다.

63) 지난 2월 23일 자유한국당 강효상 의원이 ‘지능정보사회 기본법안(의안번호: 2005749)’을 발의하였다.

참 고 문 헌

[국내문헌]

- 고인석(2014), “로봇윤리의 기본 원칙: 로봇 존재론으로부터”, 《범한철학》, 75, 범한철학회.
- 관계부처 합동(2016. 12. 27), 「제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책」.
- 기획재정부(2017), 「제4차 산업혁명 대응을 위한 중장기 정책과제」.
- 김대식(2016), 《인간 vs 기계》, 동아시아
- 김문홍·박종한·나민수·조성호(2015. 10. 8), “5G 이동통신기술 발전방향”, 《정보와 통신 열린강좌》, 32(9), pp.46~54, 한국통신학회.
- 김민식·최주한(2016), “제4차 산업혁명과 Industrial IoT·Industrial Internet의 이해”, 《정보통신방송 정책》, 28(12), pp.20~26, 정보통신정책연구원.
- 김세움(2016), “기술진보에 따른 고용대체 고위험군 일자리 비중 분석”. 《월간 노동리뷰》, 2016(7), pp.49~58, 한국노동연구원.
- 김정연·박유리·염수현·이원태·조유리·강준모·이학기·김민식·이은민·정원준·이시직·손가녕·최주한(2017), 「ICT 신산업 활성화와 효율적 규제개혁 추진을 위한 정책방안 연구」, 정보통신정책연구원.
- 김종철(2009), 「지능형 로봇의 감성기술 연구 현황과 전망」, KT 경영경제연구소 디지에코 오픈세미나, 2009. 7. 15.
- 김준모(2016), 「알파고, 인공지능, 그리고 수학」, KAIST 수리과학과 소식지, 2016년 6호.
- 김진하(2016), “제4차 산업혁명 시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색”, 《한국과학기술기 획평가원 Inl》, 15, pp.45~58
- 김평수(2016), “인간과 교감하는 감성로봇 관련 기술 및 개발 동향”, 《한국통신학회지(정보와통신)》, 33(8), pp.19~27.
- 문명기·이도형(2017. 4), “제4차 산업혁명 시대 신성장산업의 수출 동향과 경쟁력 분석”, 《Trade Focus》, 2017(10), 한국무역협회 국제무역연구원.
- 문형철(2016), “제조와 서비스 융합, 그 현황과 나아갈 길”, 《Issue & Trend》, 디지에코 보고서.
- 미래창조과학부(2015), 「클라우드 컴퓨팅 발전 및 이용자 보호에 관한 법률」.
- 미래창조과학부(2016), 「정부R&D 혁신방안」.

미래창조과학부(2017), 「과학기술·ICT 혁신으로 지능정보사회 선도(2017년 업무계획)」.

미래창조과학부 미래준비위원회·한국과학기술기획평가원·KAIST(2016. 4), 「10년 후 대한민국 뉴노멀 시대의 성장전략」.

미래창조과학부 미래준비위원회·한국과학기술기획평가원·KAIST(2017. 4), 「10년 후 제4차 산업혁명 시대의 생산과 소비」.

미래창조과학부 보도자료(2016. 12. 29), 「지능정보사회 도래에 대비한 중장기 국가전략 수립」.

미래창조과학부·한국정보화진흥원·인사이트플러스(2017), 「2016년 빅데이터 시장현황 조사」.

박가열·천영민·홍성민·손양수(2016), 「기술변화에 따른 일자리 영향 연구」, 기본연구, 한국고용정보원.

박천수·류정우·손주찬(2008), 「로봇과 감성」, 《정보과학회지》, 26(1), pp.63-69.

박형근·김영훈(2014), 「인더스트리 4.0, 독일의 미래 제조업 청사진」, 《POSRI 보고서》, 포스코경영 연구소

북경수(2016), 「제4차 산업혁명과 빅데이터」, 충북대학교.

산업통상자원부(2017), 「17년도 주요 업무계획」.

손병호 (2016), 「과학기술분야 미래 일자리 지형변화와 대응방향」, 서비스강국 특별세미나 발표자료 (2016. 4. 28)

송성수(2017), 「역사에서 배우는 산업혁명론: 제4차 산업혁명과 관련하여」, 《STEPI Insight》, 207.

송재용(2017. 1), 「GE로부터 촉발된 미국 제조업 혁명 해외 나갔던 공장 'U턴' 미국 제조업 경쟁력 'UP」, 《이코노미플러스》, 143.

신산업 민관협의회(2016. 12. 21), 「제4차 산업혁명 시대 신산업 창출을 위한 정책과제」.

안승구·김주일(2017), 「정부연구개발예산 현황분석」, 조사자료 2017-001, 한국과학기술기획평가원.

안호석·최진영(2007), 「지능형 서비스 로봇을 위한 선형 동적 시스템 기반의 감정 기반 행동 결정 모델」, 《제어·로봇·시스템학회 논문지》, 13(8), pp.760~768.

오현환·한종민·김덕형·김이경·주혜정·지선미·정의진(2016), 「과학기술 & ICT 정책 ·기술 동향 분석」, 연구보고, 2016(66), 2016. 4. 28.

원동규·이상필(2016), 「인공지능과 제4차 산업혁명의 함의」, 《ie매거진》, 72.

윌러치, 웬델·알렌, 콜린(2014), 『왜 로봇의 도덕인가: 스스로 판단하는 인공지능 시대에 필요한 컴퓨터 윤리의 모든 것(Moral Machines: Teaching Robots Right from Wrong, 2009)』. 노태복 (역). 메디치미디어.

이경재(2017), 「2017년도 정부연구개발 투자방향과 주요 특징」, 한국과학기술기획평가원 INI 13호, 한국과학기술기획평가원.

이시직(2017), 「제4차 산업혁명 시대, 지능정보기술의 사회적 영향과 법적 과제」, 《연세 공공거버넌

- 스와 법》,8(1), 연세대학교 법학연구원.
- 이은민(2016), “제4차 산업혁명과 산업구조의 변화”, 《정보통신방송정책》, 28(15), 629, pp.1~22. 정보통신정책연구원.
- 이재원(2016. 8. 18), “제4차 산업혁명: 주요국의 대응현황을 중심으로”, 《국제경제리뷰》, 2016(24), 한국은행.
- 임재현(2015. 6), “다시 시작하는 인더스트리 4.0”, 《POSRI 보고서》, 포스코경영연구소.
- 임지택(2016), “글로벌 소셜 로봇 시장 현황 및 전망”, 《정보통신방송정책》, 28(13), pp.1~26, 정보통신정책연구원.
- 장병열(2015), “제조업의 서비스화 R&D 혁신 전략”, 《STEPI INSIGHT》, 174. 과학기술정책연구원.
- 장필성(2016), “제4차 산업혁명시대 산업트렌드와 제조업의 대응전략”, 《산업입지》, 62, pp.6~12.
- 전상원(2015), “지능형 로봇의 국내의 산업 동향”, 《TTA Journal》, 158, pp.49~54.
- 정보통신기술진흥센터(2015), “국내 인공지능(AI) 실태 조사”, 《Issue Report》2015(10).
- 정보통신기술진흥센터(2016), 「2015년 ICT 기술수준조사 보고서」.
- 정보통신기술진흥센터(2017. 3. 10), “일본, AI 산업화.. '30년 완전 무인화 로드맵 발표”, 《ICT Brief》, 2017(9)
- 정보통신기술진흥센터(2017), “VR산업 주요 동향”,《주간기술동향》, ICT Zoom, 2017. 2. 1.
- 정지형·이승민·신현준(2014), 「스마트기술의 발전과 고용환경 변화 전망」, 한국전자통신연구원
- 조윤정(2015. 8), “국내 제조업 고도화 방안으로서 스마트공장의 가능성”, 《산업이슈》, 산업은행 경제연구소.
- 조윤정(2017), “한국형 제4차 산업혁명 대응전략”, 《이슈분석》, 736, pp.65~81, KDB 산업은행 Research.
- 중소기업청·중소기업기술정보진흥원·웍스(2015), 「중소기업기술로드맵 2016-2018—첨단융합, 로봇응용편」.
- 최계영(2016), “제4차 산업혁명 시대의 변화상화 정책 시사점”, 《KISDI Premium Report》, 16(4).
- 최계영(2017), “제4차 산업혁명과 ICT”, 《KISDI Premium Report》, 17(2).
- 최동용(2017), “제4차 산업혁명의 전개와 확산—산업용 로봇과 센서시장 중심으로—”, 《POSRI 이슈리포트》, 포스코경영연구원.
- 최윤섭(2017), “인공지능은 의료를 어떻게 혁신할 것인가”, 삼성서울병원 디지털 헬스케어 포럼, 2017. 2.
- 최창욱(2015), “컴퓨터 기술진보와 미래 일자리 변화”, 《SPRi 이슈리포트》.
- 클라우드 슈밥(2016), 『클라우드 슈밥의 제4차 산업혁명』, 송경진 옮김, 새로운 현재.

포스코경영연구원(2015. 11), 「2016 경제전망, 세계경제, “구조적 저성장세” 지속」.

한국과학기술기획평가원(2016), 「IMD 2016 세계 경쟁력 연감분석-과학 및 기술인프라 중심」, 조사자료 2017-002.

한국산업기술진흥원 보도자료(2017. 2. 2), 「제4차 산업혁명이 바꿀 산업인력의 미래를 전망하다」.

한상기(2016), “인공지능 기술의 사회적 이슈와 윤리 문제”, 《한국멀티미디어 학회지》, 20(3).

한국산업기술진흥원(2016), “독일 「디지털전략 2025」의 주요내용”, 《산업기술정책브리프》, 2016(6)

한국표준협회(2016. 11), “제4차 산업혁명을 리드하는 일본 정부의 추진전략과 정책시사점”. 《Global 동향분석》, 2016(7), 201.

한국정보화진흥원(2015), “미국, ‘신 미국혁신전략’ 발표”, 《ICT ISSUE WEEKLY》, 517, 2015. 11. 16.
 _____(2016), 「2015년 빅데이터 시장현황조사」.

한국지식재산연구원(2016. 3), “지식재산 환경변화에 능동적으로 대비하기 위한 지식재산 동향정보 서비스”, 《ISSUE & Focus on IP》.

홍승호·서정환·남해운(2015. 12. 11), 「제조업 혁신 3.0 구현을 위한 스마트공장 발전 전략 수립 및 고도화 계획」.

현대증권(2016. 3), 「인공지능(AI)산업의 이해와 투자기회」.

[해외문헌]

Angwin, J., Larson, J., Mattu, S., and Kirchner, L.(2016). “Machine bias. There is software that is used across the county to predict future criminals. And it is biased against blacks.”. Retrieved from: <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>

Anthon.com(2015. 7. 10). “What Industry 4.0 Means for Manufacturers” Retrieved from: <http://www.aethon.com/industry-4-0-means-manufacturers/>

Boston Consulting Group(2015). “Man and Machine in Industry 4.0.”

Carl Benedikt Frey and Michael A Osborne(2013). “The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?”. Oxford Martin School.

CEDA(2015). “Australia’s Future Workforce?” Retrieved from: http://adminpanel.ceda.com.au/FOLDERS/Service/Files/Documents/26792-Futureworkforce_June2015.pdf

Cedefop(2016). “Forecasting Skill Demand and Supply: Employment Trend”.

Chen, N., Christensen, L., Gallagher, K., Mate, R., & Rafert, G. (2016). “Global Economic Impacts Associated with Artificial Intelligence”. Study, Analysis Group, Boston, MA, February, 25.

Committee on Legal Affairs(2016). “Draft Report with recommendations to the Commission on Civil

Law Rules on Robotics”.

Dana Remus and Frank S. Levy(2015). “Can Robots Be Lawyers? Computers, Lawyers, and the Practice of Law”, Social Science Research Network.

D. Autor(2015). “Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation”, *Journal of Economic Perspectives*, 29(3).

D. Autor and B. Price(2013). “The Changing Task Composition of the US Labor Market: An update of Autor, Levy, and Murnane”, MIT Working Paper.

Du, Y. and Tang, Y.(2014). “Study on the Development of O2O E-commerce Platform of China from the Perspective of Offline Service Quality.” *International Journal of Business and Social Science*, 5(4), pp.308~312.

European Parliament(2016). “Draft Report with Recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics”.

Executive Office of the President, National Science and Technology Council Committee on Technology(2016). “Preparing for the Future of Artificial Intelligence”.

EY(2016). “Digital disruption propels industry shifts- and record annual value”, *Global Technology M&A Report*, Issue 34,

Frey, C. B., &Osborne, M. A. (2017). “The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?”, *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280.

Gaudiosi J.(2016). “Over 200 Million VR Headsets to be Sold by 2020”, *Fortune Tech*. Retrieved from: <http://fortune.com/2016/01/21/200-million-vr-headsets-2020/>.

GE(2013). “Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines”.

GE(2016). “The Workforce of the Future”.

House of Commons Science and Technology Committee(2016). “Robots and Artificial Intelligence”.

IDC(2015a). “Adapted from Perspective: The Internet of Things Gains Momentum in Manufacturing in 2015”.

IDC(2015b). “Worldwide Big Data Technology and Services Forecast, 2015~2019”.

IEEE(2016). “ETHICALLY ALIGNED DESIGN”.

James Bessen(2014). “Employers Aren’t Just Whining – the “Skills Gap” Is Real”.

James Manyika, Michael Chui, Jacques Bughin, Richard Dobbs, Peter Bisson, and Alex Marrs(2013.

3). “Disruptive technologies: advances that will transform life, business, and the global

economy”. Mckinsey Global Institute.

John Markoff(2016). “How Tech Giants Are Devising Real Ethics for Artificial Intelligence”.

Retrieved from: https://www.nytimes.com/2016/09/02/technology/artificial-intelligence-ethics.html?_r=0.

Leverage(2015). “Social Media Comparison Infographic”.

KPMG(2017). “Venture Pulse Q1 2017”, 2017. 1. 12.

Mckinsey&Company(2015). “Four Fundamentals of workplace Automation”.

MIT Technology Review(2015). “Why Self-Driving Cars Must Be Programmed to Kill”. Retrieved from:

<https://www.technologyreview.com/s/542626/why-self-driving-cars-must-be-programmed-to-kill/>.

Muro, Mark, and Scott Andes(2015). “Robots Seem to Be Improving Productivity, Not Costing Jobs”, Harvard Business Review.

Navigant Research(2017). “Navigant Research Leaderboard Report: Automated Driving”.

OECD(2016). “Programme for the International Assessment of Adult Competencies: PIAAC”.

OECD Council(2016. 4). “Enabling the next production revolution: the future of manufacturing and services”. Interim Report.

Oxford Martin School & Citi Research(2016). “The Technology at Work v2.0”.

Standing Committee of the One Hundred Year Study of Artificial Intelligence(2016). “Artificial Intelligence and Life in 2030”.

The European Commission(2014). “Guidelines on Regulating Robotics”.

The Federal Government(2014. 8). “Digital Agenda 2014~2017”.

UBS(2016). “Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution”.

Ulrich Dolata(2017). “Apple, Amazon, Google, Facebook, Microsoft”, SOI Discussion Paper, 2017-01.

Venture Scanner(2017a). “Venture Scanner AI Report Q1 2017”, 2017. 4.

Venture Scanner(2017b). “Venture Scanner IoT Report Q1 2017”, 2017. 4.

WEF(2016a). “The Future of Jobs”, 2016. 1.

WEF(2016b). “Global Information Technology Report 2016”.

일본특허청(2015). 「인공지능기술 특허출원동향조사보고서(개요)」.

[신문기사]

《국민일보》(2016. 3. 25). “인종차별 옹호… 영혼 없는 AI”.

《로봇신문》(2014. 6. 22), “로봇 기술, 감성을 담아라”.

《로봇신문》(2016. 12. 19), “소프트뱅크 ‘페퍼’, 돈버는 단계 접어든다”.

《매일경제》(2016. 10. 10). “에너지 효율화 앞장선 슈나이더일렉트릭…IoT 접목 스마트빌딩 전력 소모 70% ‘뚝’”.

《비즈니스타임즈》(2016. 10. 25), “주차 시장에도 O2O 혁신 바람”.

《앱스토리 매거진》(2017. 1. 9), “2017년 대세, O2O에서 O4O 서비스로 전환”.

《전자신문》(2016. 12. 27), “[2016 해의 10대 뉴스] 인공지능(AI) 비서 잇달아”.

《조선비즈》(2017. 3. 20), “[은행의 미래] ① AI, 금융산업 패러다임을 바꾼다”.

《중앙일보》(2015. 7. 3). “구글, 이번에는 흑인을 ‘고릴라’로 표시해 진땀”.

《CCTV뉴스》(2016. 4. 25), “인공지능 로봇 기술개발 동향 및 시장성 분석”.

《EPNC》(2016. 12. 2), “의료계에 부는 O2O 혁신 바람”.

《ITWorld》(2016. 12. 22), “위드이노베이션, 2016년 국내 숙박O2O 트렌트 발표”.

《KBS뉴스》(2016. 5. 26), “‘하나 살까?’…개인용 로봇시대 열린다”.

《KOTRA 해외시장뉴스》(2016. 9. 30), “中, O2O 서비스로 의료혁신 주도한다”.

《SK C&C》(2017. 3. 29), “인공지능 기술을 활용한 혁신적인 금융 서비스 사례”.

《The Science Times》(2016. 3. 16), “인공지능이 바꾸는 미래의 의료”.

《The Science Times》(2016. 3. 30), “AI의사 왔습, 정밀의료시대 열까”.

[웹페이지]

네이버 두산백과 웹페이지, “<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1136027&cid=40942&categoryId=32845>”, 2017. 6. 12 검색.

정보통신용어사전 웹페이지, “<http://word.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?subject=%EC%82%A%EC%9D%B8%ED%84%B0%EB%84%B7>”, 검색일: 2017. 6. 12 검색.

진보넷 홈페이지, “<http://act.jinbo.net/wp/29625/>”, 2017. 4. 검색

프로퍼블리카 홈페이지, “<https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>” 2016. 8. 10. 검색.

Airbus 홈페이지, “<http://www.airbus.com>”, 2017. 4. 8 검색.

Amazon 홈페이지, “<https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?node=8037720011>”, 2017. 4. 8 검색.

Amazon 홈페이지, “<https://www.amazon.com/>”, 2017. 4. 8 검색.

Drone Industry Insights 홈페이지, “<http://www.droneii.com>”, 2017. 4. 8 검색.

Facebook 웹페이지, “<https://www.facebook.com/spaces>”, 2017. 4. 8 검색.

Foxsports 웹사이트, “<http://www.foxsports.com/virtual-reality>”, 2017. 4. 8 검색.

Guardian 웹사이트, “<https://www.theguardian.com/technology/2017/jan/12/give-robots-personhood-status-eu-committee-argues>”, 2017. 4 검색.

GE Automation 홈페이지, “<http://www.geautomation.com/>”, 2017. 4. 8 검색.

SIMENS 웹사이트, “<http://www.industry.siemens.com/services/global/en/portfolio/plant-data-services/pages/index.aspx>”, 2017. 4. 8 검색.

ITU 웹사이트, “<http://www.itu.int/net4/ITU-D/di/2016/>”. 2017. 4. 검색.

SK텔레콤 블로그, “<http://www.sktfom.co.kr/>”, 2017. 4. 13 검색.

Statista 웹사이트, “<https://www.statista.com/statistics/277483/market-value-of-the-largest-internet-companies-worldwide/>”, 2017. 4. 검색.

WEF 웹사이트, “<https://widgets.weforum.org/gitr2016/>”. 2017. 4. 검색.

WSJ 웹사이트, “<http://graphics.wsj.com/billion-dollar-club/>”, 2017. 2. 20 검색.

[부록 1] 제4차 산업혁명 대응 위한 과학기술·ICT 정책 우선순위 조사

제4차 산업혁명 대응 위한 과학기술·ICT 정책 우선순위조사	ID				
<p>안녕하십니까?</p> <p>정보통신정책연구원은 「제4차 산업혁명 대응 위한 과학기술·ICT 정책 우선순위 조사」 분석을 위해 제4차 산업과 연관성이 있는 기업과 전문가 분들께 향후 정책에 대한 우선순위 조사를 실시하고 있습니다. 응답해 주시는 내용은 향후 제4차 산업혁명과 관련한 정책 개선에 귀중한 기초자료로 활용될 것입니다.</p> <p>본 설문에 응답하신 내용은 연구조사 이외의 목적으로는 일체 사용되지 않을 것이며, 통계법 제33조에 의해 비밀이 보장됨을 알려드립니다. 바쁘시겠지만 시간을 허락하시어 협조해 주시면 대단히 감사하겠습니다.</p> <p style="text-align: right;">2017년 4월</p> <p style="text-align: center;">※ 본 조사와 관련된 문의나 의견이 있으시면 아래로 연락 주시기 바랍니다.</p> <p>▶ 조사주관기관: 정보통신정책연구원</p> <p>▶ 설문조사실시: 2017년 4월</p>					
「통계응답자의 의무 및 보호에 관한 법률」					
<p>제33조 (비밀의 보호)① 통계의 작성과정에서 알려진 사항으로서 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.</p> <p>② 통계의 작성을 위하여 수립된 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 자료는 통계작성 외의 목적으로 사용되어서는 아니 된다.</p>					
<p>응답자의 인적사항은 설문응답에 미진한 점이 있을 때 응답자에게 다시 확인을 하기 위한 정보를 구하는 것으로, 그 외의 목적으로는 사용되지 않습니다.</p>					

- * 아래 응답자 정보는 오류 답변을 확인하기 위한 용도로 반드시 입력을 부탁드립니다.
- * 응답 요청드린 과학기술·ICT 정책들에 관한 간략한 내용은 설문지 제일 마지막 별첨을 참고 부탁드립니다.

작성자 성명		소속(부서)	/
작성자 전화번호		작성자 이메일	@
작성자 직위	① 대표이사 ② 임원 ③ 부장·차장·과장 ④ 대리·주임·사원 ⑤ 공공기관 담당자 ⑥ 창업/투자자 ⑦ 학계(대학교) ⑧ 기타: ()		

A1. 응답기업 · 소속기관 정보

A1-1. 기업명(소속기관)	
A2-1. 창업년도 또는 관련분야종사기간(공공기관 및 학계 전문가)	_____년

A2-1. 귀사(전문가)께서는 아래 정책에 대해 얼마나 시급하다고 생각하십니까?

구분	정책 시급함의 정도									
	시급 하지 않음		-----	-----	-----	시급함				
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
1. 선제적인 과학기술 미래전략 수립	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
2. R&D투자의 전략성 강화	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
3. R&D 수행 단계에서의 전문성 강화	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
4. 평가 및 관리 체계 고도화를 통한 R&D 성과 창출	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
5. R&D혁신 현장착근 촉진	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
6. 연구자 중심의 연구환경 조성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
7. 출연연 혁신 및 연구 거점 조성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
8. 과학기술기반사회 문제해결	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
9. 전주기적 R&D 인재 확보	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
10. 차세대 공학인재 양성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
11. 신산업 분야 전문가 양성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
12. SW·사이버보안 인재양성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
13. 문제해결·사고력 중심 교육 실현	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
14. 초중등교육의 전면적인 개편 추진	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
15. 미래성장동력 조기 안착 지원	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
16. 바이오경제 선도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
17. 나노 기술개발·산업화	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
18. ICT 융합 신산업 시장 창출	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
19. SW·콘텐츠 기업 성장 지원	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
20. ICT 분야의 국제사회 영향력 확대	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
21. 세계최초5G 상용화	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
22. UHD방송 확대	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
23. 양자정보통신 핵심기술 개발	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
24. 신산업 성장 필수 주파수 지속 발굴 및 우선공급	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
25. 4차 산업혁명을 선도할 핵심·원천기술 개발	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
26. 데이터 인프라 구축	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
27. 지능정보 전문기업 육성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
28. 지능정보사회 대비 선제적 법제 정비	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

구분	정책 시급함의 정도									
	시급 하지 않음		-----	-----	-----	시급함				
29. 지능정보사회 대응 사회분야 정책기반 조성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
30. 국가 근간 서비스에 지능정보기술 접목	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
31. 산업영역별 지능형 융합서비스 발굴	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
32. 소통과 참여의 과학문화 조성 및 인간 중심의 신기술 정보문화 확산	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
33. 소외계층에 대한 배려와 참여 확산을 통한 정보 격차 해소	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
34. 신산업·신기술 등에 대한 사전규제 완화 및 법적기반 정비	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

A3-1. 귀사(전문가)께서는 아래 정책에 대해 얼마나 **효과(성장·고용측면에서)**가 있다고 생각하십니까?

구분	효과성의 정도									
	효과가 낮음		-----	-----	-----	효과가 높음				
1. 선제적인 과학기술 미래전략 수립	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
2. R&D투자의 전략성 강화	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
3. R&D 수행 단계에서의 전문성 강화	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
4. 평가 및 관리 체계 고도화를 통한 R&D 성과 창출	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
5. R&D혁신 현장착근 촉진	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
6. 연구자 중심의 연구환경 조성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
7. 출연연 혁신 및 연구 거점 조성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
8. 과학기술기반사회 문제해결	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
9. 전주기적 R&D 인재 확보	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
10. 차세대 공학인재 양성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
11. 신산업 분야 전문가 양성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
12. SW·사이버보안 인재양성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
13. 문제해결·사고력 중심 교육 실현	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
14. 초중등교육의 전면적인 개편 추진	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
15. 미래성장동력 조기 안착 지원	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
16. 바이오경제 선도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
17. 나노 기술개발·산업화	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
18. ICT 융합 신산업 시장 창출	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
19. SW·콘텐츠 기업 성장 지원	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

구분	효과성의 정도									
	효과가 낮음		-----						효과가 높음	
20. ICT 분야의 국제사회 영향력 확대	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
21. 세계최초5G 상용화	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
22. UHD방송 확대	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
23. 양자정보통신 핵심기술 개발	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
24. 신산업 성장 필수 주파수 지속 발굴 및 우선공급	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
25. 4차 산업혁명을 선도할 핵심·원천기술 개발	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
26. 데이터 인프라 구축	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
27. 지능정보 전문기업 육성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
28. 지능정보사회 대비 선제적 법제 정비	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
29. 지능정보사회 대응 사회분야 정책기반 조성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
30. 국가 근간 서비스에 지능정보기술 접목	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
31. 산업영역별 지능형 융합서비스 발굴	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
32. 소통과 참여의 과학문화 조성 및 인간 중심의 신기술 정보문화 확산	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
33. 소외계층에 대한 배려와 참여 확산을 통한 정보 격차 해소	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
34. 신산업·신기술 등에 대한 사전규제 완화 및 법적 기반 정비	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

A4-1. 귀사(전문가)께서는 아래 관련 분야에 대해 정부가 투자해야 할 중요성이 얼마나 높다고 생각하십니까?

기반 과학 및 기술 구분	투자의 중요성									
	낮음		-----						높음	
1. AI 인공지능	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
2. Cloud 서비스	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
3. Big data	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
4. Internet of things	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
5. Mobile	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
6. Robot	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
7. Security	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
8. AR & VR	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
9. 3D printing	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
10. NANO 나노	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
11. BIO 바이오	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
12. Material 재료	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
13. Quantum computing 양자 컴퓨팅	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
14. 기타 ()	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

A4-2. 귀사(전문가)께서는 아래 관련 분야에 대해 과학기술·ICT가 얼마나 활용가능하다고 생각하십니까?

활용 분야 구분	과학기술·ICT 활용 가능성									
	낮음	-----				보통	-----			
1. 국방 및 치안	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
2. 행정	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
3. 복지	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
4. 문화	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
5. 제조	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
6. 금융	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
7. 의료	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
8. 교통	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
9. 유통 및 물류	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
10. 에너지	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
11. 농업(임업 및 어업)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
12. 건설	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
13. 교육	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
14. 기타 ()	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

※ 별첨. 34개 과학기술·ICT 정책 간략 설명

구분	정책 설명
1. 선제적인 과학기술 미래전략 수립	중장기 과학기술 정책방향 및 세부계획 제시
2. R&D투자의 전략성 강화	투자 포트폴리오 제시, 정부·민간 역할분담, 기초 연구 투자 확대, 협력형 R&D시스템 구축, 융합선도형 투자모델 제시
3. R&D 수행 단계에서의 전문성 강화	R&D - IP 연계 강화, 공공연구기관 IP 경영전략 도입
4. 평가 및 관리 체계 고도화를 통한 R&D 성과 창출	주요 국책사업 평가 강화
5. R&D혁신 현장착근 촉진	기존 과제 홍보·현장방문 및 개선·보완, R&D 투자 효율화 및 연구현장 애로 개선을 위한 추가 과제 발굴
6. 연구자 중심의 연구환경 조성	연구자 역량을 평가에 의한 연구비 지원 방식 강화, 연구자 주도의 상향식 기획 확대, 정부-연구자 협업체계 구축
7. 출연연 혁신 및 연구 거점 조성	장기과제 추진 및 연구·임무 중심의 조직 강화, 출연금 비중 확대 및 연구성과에 따른 보상체계 도입, 연구인력 관리체계 개선

구분	정책 설명
8. 과학기술기반사회 문제해결	미세먼지 및 재난재해 대응
9. 전주기적 R&D 인재 확보	연구자의 성장을 위한 맞춤형 사업 추진, 장기 안정적 연구 지원
10. 차세대 공학인재 양성	공대생 중심의 실전형 교육·연구, 공대생의 현장 맞춤형 연구 및 경력개발촉진, 학·연 교류협력 확대로 연구 및 경력개발촉진
11. 신산업 분야 전문가 양성	바이오 기술투자 전문가, 나노융합 연구인력, 기후 기술협력 전문가, 연구개발 지원 전문가 양성
12. SW·사이버보안 인재양성	SW교육 혁신, SW영재 발굴 및 육성, 데이터 전문인력 양성, 사이버 보안 인력 양성, 선도인력 양성 사업 추진
13. 문제해결·사고력 중심 교육 실현	컴퓨터적 사고력 및 문제해결 능력을 배양하는 교육 실현, 학생의 자율적 역량 개발 및 미래 준비를 지원
14. 초중등교육의 전면적인 개편 추진	커리큘럼·수업방식·입시제도 등 연관된 문제로 장기간에 걸친 전면적인 개혁을 추진
15. 미래성장동력 조기 안착 지원	미래성장동력 10대분야별 상용화 시기 설정 및 단계별 제도개선 등 추진계획 수립, 금융지원
16. 바이오경제 선도	바이오경제 국가 전략 제시, 신약 성능 증진 플랫폼 기술 개발, 미래형 의료 선도 기술 개발
17. 나노 기술개발·산업화	나노-바이오 융합, 소재 원천기술 확보, 상용화 가속화, 국제공동연구
18. ICT 융합 신산업 시장 창출	사물인터넷 성장 가속화, 민간 클라우드 촉진, 빅데이터 플랫폼 사업 추진, 모바일 분야의 O2O·핀테크 활성화. 정보보호 신시장 창출
19. SW·콘텐츠 기업 성장 지원	SW기업 경쟁력 제고, 공개SW 활성화, 글로벌 SW 기업 육성, 디지털콘텐츠 투자 확대
20. ICT 분야의 국제사회 영향력 확대	5G, IoT, 클라우드, 사이버보안 분야에서 국제공동연구를 확대하여 글로벌 기술·표준 주도
21. 세계최초5G 상용화	핵심기술 및 단말·장비 개발, 시범망 연동시험 및 국제표준 후보기술 제안, 주파수 수급 제도 마련
22. UHD방송 확대	세계최초 지상파 UHD의 수도권 본방송 개시, 전국 광역시권으로 확대 추진
23. 양자정보통신 핵심기술 개발	-
24. 신산업 성장 필수 주파수 지속 발굴 및 우선공급	-
25. 4차 산업혁명을 선도할 핵심·원천기술 개발	인공지능 핵심기술 개발, 블록체인 활용기반 조성, AI기반 초연결 네트워크 구조혁신, 지능화 기초역량 강화, 국가 컴퓨팅 역량 강화, 무인화 기반 기술 개발

구분	정책 설명
26. 데이터 인프라 구축	양질의 데이터 구축, 데이터 유통·활용 촉진
27. 지능정보 전문기업 육성	인공지능 전문 엑셀러레이터 육성, 지능정보 SW 소스코드 공개, 지능정보 전문 펀드 조성
28. 지능정보사회 대비 선제적 법제 정비	국가 사회 전반의 지능정보화 방향 제시를 위해 기본법제 및 신규이슈 대응
29. 지능정보사회 대응 사회분야 정책기반 조성	지능정보사회의 고용구조 변화에 효과적으로 대응할 수 있는 방안 마련, 취약계층 복지를 위한 활동보조기기 개발 분야 발굴 및 기술개발 추진
30. 국가 근간 서비스에 지능정보기술 접목	지능정보기술을 활용한 방위력 및 병영관리 기능 고도화, 산업영역별 지능형 융합서비스 발굴, 초·중·고 학습에 에듀테크를 접목하여 맞춤형 교육 확대
31. 산업영역별 지능형 융합서비스 발굴	대량 맞춤 생산과 제조업의 서비스화를 통한 글로벌 경쟁력 확보, 홈 IoT 제품 및 서비스간 연동성 확대, 스마트자동차 관련 원천기술 개발 및 서비스 실증 지원
32. 소통과 참여의 과학문화 조성 및 인간 중심의 신기술 정보문화 확산	과학콘텐츠 개발·보급 확대 및 프로그램 다양화, D.I.Y. 활동 활성화, 맞춤형 과학관 확대, 디지털 과의존 예방과 바른 사용 지원을 위한 체험프로그램 운영확대
33. 소외계층에 대한 배려와 참여 확산을 통한 정보 격차 해소	농어촌 BcN 구축, 취약계층 통신비 경감 지원, 여성과기인 활용 확대, 장애인·고령층 등 정보소외계층의 정보격차 해소 방안 제시
34. 신산업·신기술 등에 대한 사전규제 완화 및 법적기반 정비	「규제개혁특별법」 및 규제프리존특별법 제정 등 규제완화 가속화, 인·허가 기준 등이 미비한 신산업·신기술에 대한 법적 기반 마련

[조사 목적]

우리나라는 4차 산업혁명 대응 초기단계로, 범국가적 노력이 시급한 상황에서 정부에 요구되는 관련 정책 도출 및 우선순위를 조사하여 정책건의의 기초자료로 활용

[조사 범위 및 방법]

- 1) 기업체 조사 모집단: 제4차 산업과 관련한 품목과 사업목적을 가지고 있는 중소기업: 746개
- 2) 전문가 모집단: 정보통신정책연구원이 보유하고 있는 제4차 산업 관련 전문가 리스트:

505명(외부연구전문가: 485명, 관련협회: 20개)

- 3) 조사기간: 2017년 04월~05월
- 4) 표본수: 기업체(101개 기업), 전문가/협회(64개)
- 5) 과학기술·ICT 정책 평가 기준 제시: 효과성(성장 및 고용효과), 시급성(시간적수행순위) 등
- 6) 조사 방법: 전화, Fax, e-mail 조사 병행
- 7) 조사 척도: 10점 척도

정책 시급함의 정도/효과성 정도/투자의 중요성/과학기술·ICT활용 가능성									
시급하지 않음 (낮음)					시급함 (높음)				
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

※ 10점 척도 중 5-6점 척도 사이를 정책 시급함의 정도, 정책 효과성 정도, 투자의 중요성, 과학기술·ICT 활용 가능성이 존재하는 것으로 해석하여, 기준점으로 제시

- 8) 표본 오차: 95% 신뢰수준에서 오차한계 ± 5.95%

[응답표본의 특성]

기업체 101개, 전문가 64명이 참가

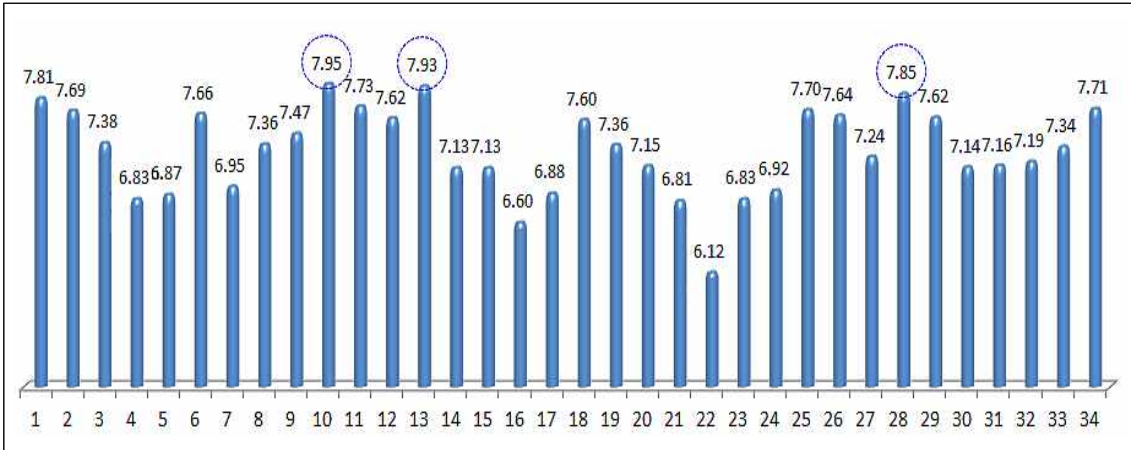
〈응답 기업체 및 전문가 분포〉

대분류	기업체	전체	비율
	전체	101	100.0
설립 년도	2000년 이전	17	16.8
	2001-2005년	14	13.9
	2006-2010년	17	16.8
	2011년 이후	53	52.5

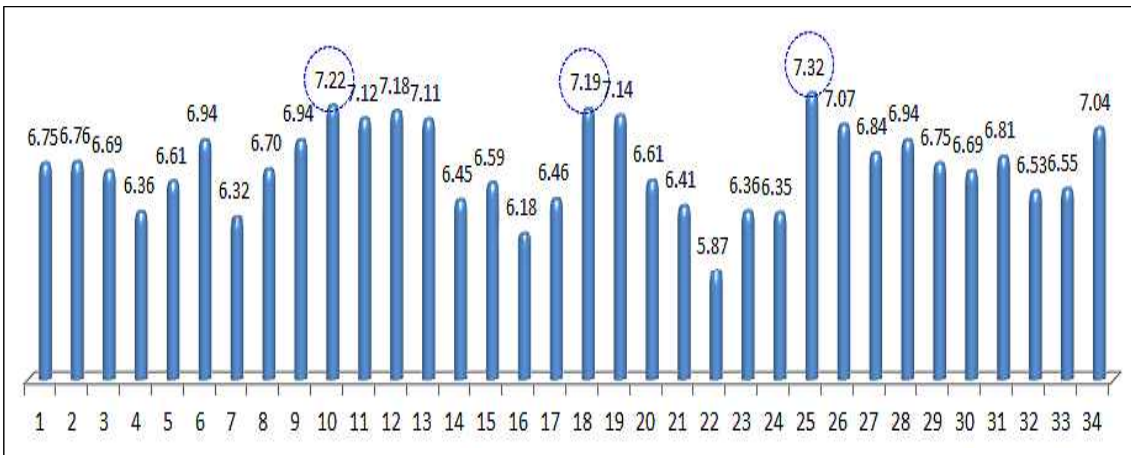
대분류	전문가	전체	비율
	전체	64	100.0
전문가 구분	산업계('협회'는 산업계로 포함)	6	9.4
	연구계	17	26.6
	학계	41	64.1

[조사결과]

〈34개 정책과제의 시급성〉



〈34개 정책과제의 효과성(전체)〉



순번	정책	순번	정책
1.	선제적인 과학기술 미래전략 수립	18	ICT 융합 신산업 시장 창출
2.	R&D투자의 전략성 강화	19	SW·콘텐츠 기업 성장 지원
3.	R&D 수행 단계에서의 전문성 강화	20	ICT 분야의 국제사회 영향력 확대
4.	평가 및 관리 체계 고도화를 통한 R&D 성과 창출	21	세계최초5G 상용화
5.	R&D혁신 현장차근 촉진	22	UHD방송 확대
6.	연구자 중심의 연구환경 조성	23	양자정보통신 핵심기술 개발
7.	출연연 혁신 및 연구 거점 조성	24	신산업 성장 필수 주파수 지속 발굴 및 우선 공급

순번	정책	순번	정책
8.	과학기술기반사회 문제해결	25	4차 산업혁명을 선도할 핵심·원천기술 개발
9.	전주기적 R&D 인재 확보	26	데이터 인프라 구축
10.	차세대 공학인재 양성	27	지능정보 전문기업 육성
11.	신산업 분야 전문가 양성	28	지능정보사회 대비 선제적 법제 정비
12.	SW·사이버보안 인재양성	29	지능정보사회 대응 사회분야 정책기반 조성
13.	문제해결·사고력 중심 교육 실현	30	국가 근간 서비스에 지능정보기술 접목
14.	초중등교육의 전면적인 개편 추진	31	산업영역별 지능형 융합서비스 발굴
15.	미래성장동력 조기 안착 지원	32	소통과 참여의 과학문화 조성 및 인간 중심의 신기술 정보문화 확산
16.	바이오경제 선도	33	소외계층에 대한 배려와 참여 확산을 통한 정보 격차 해소
17.	나노 기술개발·산업화	34	신산업·신기술 등에 대한 사전규제 완화 및 법적기반 정비

● 저 자 소 개 ●

김 정 언

- 고려대학교 경제학 학사
- Iowa State Univ. 경제학 박사
- 현 정보통신정책연구원 ICT전략연구실장

최 계 영

- 서울대학교 국제경제학 학사
- Univ. of Califor한국정보화진흥원, Davis 경제학 박사
- 현 정보통신정책연구원 선임연구위원

조 유 리

- 서울대학교 산업공학 학사
- 한국과학기술원 경영공학 박사
- 현 정보통신정책연구원 연구위원

강 준 모

- 서울대학교 경제학 학사
- UCLA 경제학 박사
- 현 정보통신정책연구원 부연구위원

이 학 기

- 경희대학교 경제학 학사
- University of Pittsburgh 경제학 박사
- 현 정보통신정책연구원 부연구위원

김 민 식

- 고려대학교 경제학/경영학 학사
- 한국과학기술원 경영학 석사
- 고려대학교 과학기술학 박사과정 수료
- 현 정보통신정책연구원 부연구위원

이 은 민

- 성신여자대학교 경제학 학사
- 성신여자대학교 경제학 석사
- 현 정보통신정책연구원 부연구위원

이 시 직

- 연세대학교 법학 학사
- 연세대학교 법학 석사
- 현 정보통신정책연구원 연구원

정 원 준

- 성균관대학교 법학 학사
- 고려대학교 법학 석사
- 현 정보통신정책연구원 연구원

손 가 녕

- 성신여자대학교 경제학 학사
- 성신여자대학교 경제학 석사
- 현 정보통신정책연구원 연구원

양 수 연

- 서울대학교 소비자학 학사
- 서울대학교 환경계획학 석사
- 현 정보통신정책연구원 연구원

최 주 한

- 한양대학교 수학 학사
- 한양대학교 통계학 석사
- 현 정보통신정책연구원 연구원

손 병 호

- 고려대학교 경영학 학사
- 한국과학기술원 산업경영 박사
- 현 한국과학기술기획평가원 본부장

신 민 수

- 고려대학교 경제학/통계학 학사
- University of Cambridge 경영정보시스템 박사
- 현 한양대학교 경영학부 교수