

# 제4차 산업혁명 시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색

김진하, KISTEP 부연구위원



## 1. 제4차 산업혁명의 도래

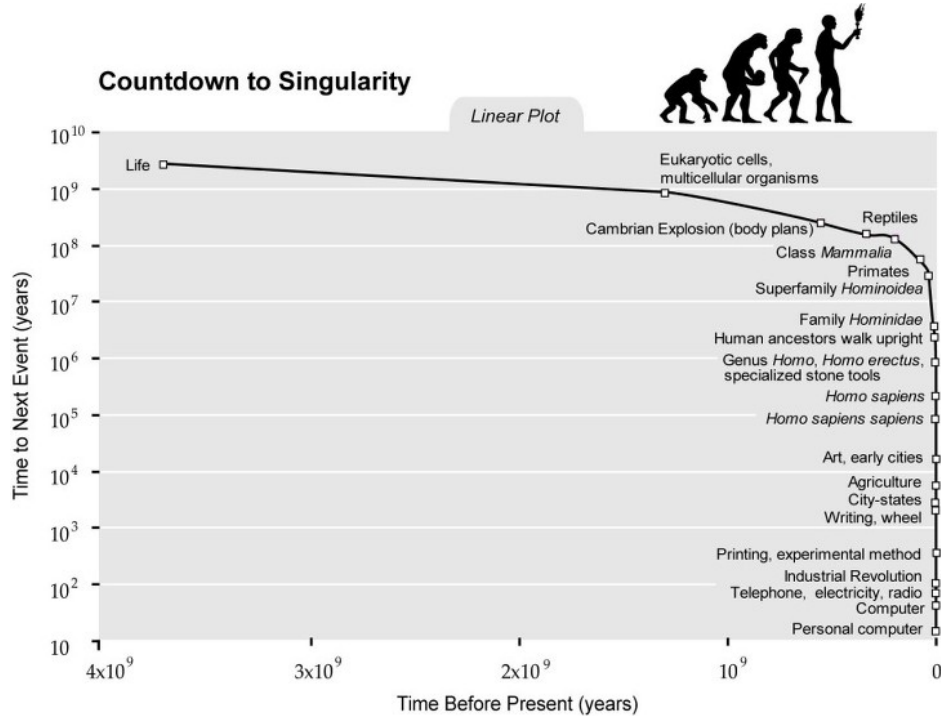
기원전 3500년 전 고대 사람들이 무거운 물건을 쉽게 옮기기 위해 나무 조각 3개를 엮은 ‘바퀴’<sup>1</sup>가 만들지 않았다면, 지금의 자동차는 존재하지 않았을지도 모른다. 벨(Alexander Graham Bell)이 최초의 실용적인 전화기를 발명하지 않았다면 오늘날의 스마트폰은 존재하지 않고 여전히 파발마나 횃불을 통해 장거리 의사소통을 했을지도 모른다. 이렇게 인류 역사 변화의 중심에는 새로운 기술의 등장과 기술적 혁신이 자리하고 있었고, 새로운 기술의 등장은 단순히 기술적 변화에 그치지 않고 전 세계의 사회 및 경제구조에 큰 변화를 일으켰다. 기술적 혁신과 이로 인해 일어난 사회·경제적 큰 변화가 나타난 시기를 우리는 ‘산업혁명’<sup>2</sup>이라고 부르고 있다.

인류 역사적 관점에서 보자면 현재 사회의 산업혁명과 같은 과학기술적 사건(Events)은 매우 최근에 발생하였다. 최초의 인류인 ‘호모 사피엔스’가 등장한 시기가 20만 년 전에서 7, 8만 년 전이고, 농경 중심의 사회에서 현대 사회로의 첫 번째 전환점이라고 할 수 있는 제1차 산업혁명이 약 200여 년 전에

1. 통나무를 원판모양으로 잘라 만든 것이 최초의 바퀴라고 할 수 있으나, 메소포타미아 문명의 수메르인들은 기원전 3500년경에 나무판자 세 조각을 구리 못으로 연결하여 만든 바퀴가 현재 바퀴 형태의 시초(책 철틀러, 2010).

2. ‘산업혁명’ 단어는 ‘아널드 토인비’가 『Lectures on the Industrial Revolution of the Eighteenth Century in England』에서 처음 사용하였고, 그는 기술적 혁신은 한 순간에 나타난 격변적인 현상이 아니라 그 이전부터 진행되어온 점진적이고 연속적인 기술혁신의 과정으로 보고 있다.

<그림 1> 특이점으로의 카운트다운(인류의 기술 발전 속도)



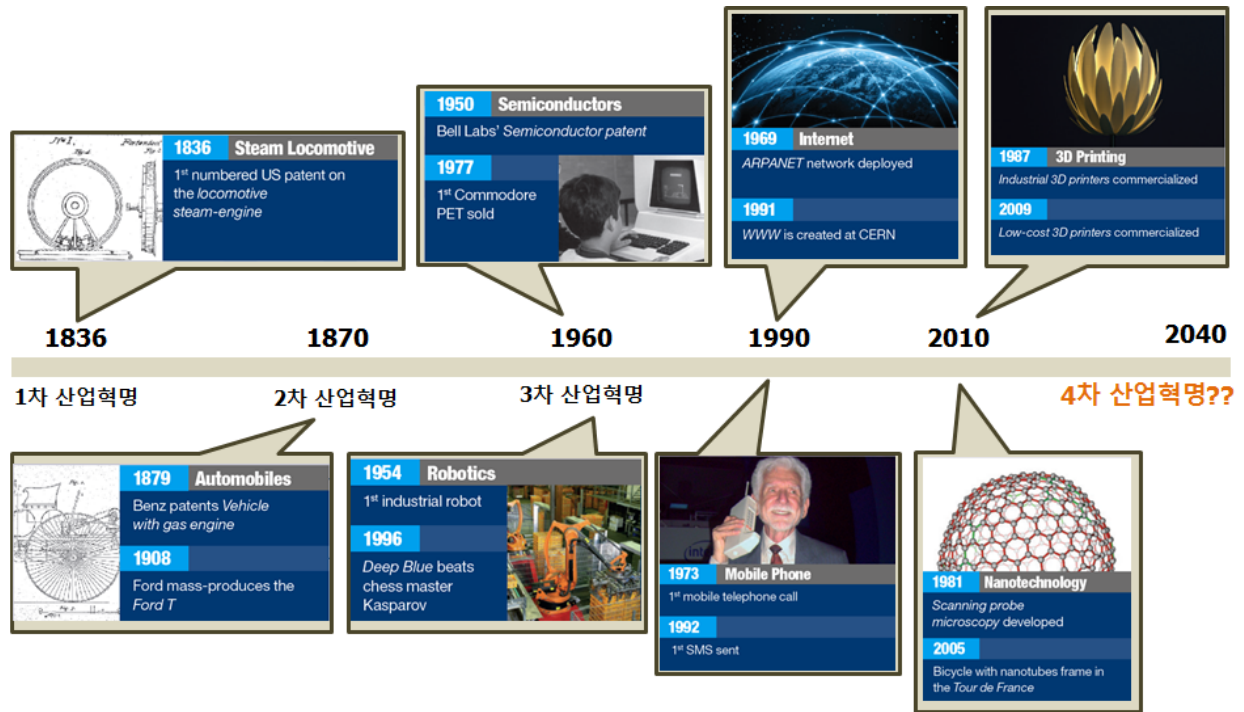
※ 출처 : 「The Singularity Is Near, Ray Kurzweil, 2006

발생했다는 점은 우리 사회가 매우 짧은 시간동안 발전하고 변화하였다는 것을 보여준다. 또한 현대사회로 진입할수록 새로운 기술과 기술적 혁신이 나타나는 주기가 극단적으로 빨라졌으며, 기술의 파급속도도 급격하게 빨라지고 있다. 1876년 벨(Bell)이 발명한 유선 전화기의 보급률이 10%에서 90%로 도달하는데 걸린 기간이 73년이었으나, 1990년대에 상용화된 인터넷이 확산되는데 걸린 시간은 20년에 불과했고, 휴대전화가 대중화되는 기간이 14년이라는 점은 기술발전의 속도와 더불어 기술의 파급력이 급진적으로 빠르다는 점을 보여주고 있다. 즉 새로운 기술이 등장하고 기술적 혁신이 나타나는 주기가 점차 짧아지며, 그 영향력은 더욱 커지고 있다는 것이다. 이는 현재 우리가 스마트폰이 없는 일상생활을 상상하면 쉽게 이해할 수 있을 것이다.

우리 사회는 지금까지 2차례의 산업혁명으로 인한 변화를 경험하였고, 우리는 현재 제3차 산업혁명<sup>3</sup> 시대를 살고 있다고 한다. 1차 산업혁명은 '기계 혁명'이라고도 불리며 18세기 중반 증기기관의 등장으로 가내수공업 중심의 생산체제가 공장생산체제로 변화된 시기를 말한다. 제2차 산업혁명에서는 전기동력의 등장으로 '에너지 혁명'이라고도 불리며 대량생산체제가 가능해졌다. 그리고 우리는 컴퓨터 및 정보통신기술(CT)의 발전으로 인한 '디지털 혁명'이라는 제3차 산업혁명의 시대를 지내고 있으며, 이로 인해 정보화·자동화 체제가 구축되었다. 이들 산업혁명은 역사적 관점에서 보자면 아주 짧은 기간동안 발생하였으나, 그 영향력은 개인 일상생활에서부터 전 세계의 기술, 산업, 경제 및 사회 구조를 뒤바꾸어 놓을 만큼 거대하였다. 그리고 새로운 기술의 등장과 기술적 혁신은 계속 진행 중에 있으며 또 다른 산업혁명을 야기하고 있다.

<sup>3</sup> 제3차 산업혁명은 널리 정착된 용어는 아니나, 2012년 미국 경제학자이자 문명비평가인 Jeremy Rifkin이 「The Third Industrial Revolution(Economist, 2012)」에서 제시한 미래사회의 모습

<그림 2> 기술적 혁신과 산업혁명의 시계열



※ 출처 : 200 Years of Innovation and Growth, WIPO Report, 2015 재구성

지난 2016년 1월 다보스 포럼(WEF; World Economic Forum)에서는 제4차 산업혁명<sup>4</sup>이라는 화두가 세상에 던져졌다. WEF는 『The Future of Jobs』 보고서를 통해 제4차 산업혁명이 근 미래에 도래할 것이고, 이로 인해 일자리 지형 변화라는 사회 구조적 변화가 나타날 것이라고 전망하고 있다. 또한 제4차 산업혁명을 '디지털 혁명(제3차 산업혁명)에 기반하여 물리적 공간, 디지털적 공간 및 생물학적 공간의 경계가 희석되는 기술융합의 시대'라고 정의하면서, 사이버물리 시스템(CPS; Cyber-Physical System)<sup>5</sup>에 기반한 제4차 산업혁명은 전 세계의 산업구조 및 시장경제 모델에 커다란 영향을 미칠 것으로 전망하고 있다.

우리가 인지하고 있지 못하는 사이에 제3차 산업혁명 시대를 살고 있는 것과 같이, 제4차 산업혁명 또한 알지 못하는 사이에 우리를 둘러쌀 것이다. 10여 년 전 지하철에서 쉽게 볼 수 있었던 '신문 접어서 보기'라는 에티켓은 '휴대전화를 진동모드로 하고 조용히 통화하기'로 바뀔 만큼 제3차 산업혁명의 주요기술인 컴퓨터와 정보통신기술(CT)은 이미 우리 일상생활 속에 녹아들어있다. 지금까지 새로운 기술의 등장과 기술적 혁신에 따른 사회적 변화는 생활 편의성, 생산성 향상 및 새로운 일자리 창출 등의 긍정적인 변화가 주를 이루었다. 그러나 제4차 산업혁명에서는 생산성 향상이라는 긍정적인 측면과 더불어 일자리 감소라는 부정적 변화가 급격하게 나타날 것으로 전망되고 있다.

이에 WEF의 보고서를 기점으로 수많은 미래학자와 연구기관들은 제4차 산업혁명과 미래사회 변화에 대한 전망들을 논의하기 시작했고, 독일, 미국, 일본 등의 주요 국가들은 미래변화에 선제적으로 대응하고 미래사회를 주도하기 위해 정부차원에서 다양한 전략과 정책을 수립하여 추진하고 있다. 따라서 우리나라도 다양한 논의를 기반으로 제4차 산업혁명의 도래에 따른 미래사회 변화에 대응하기 위한 전략을

4. 제4차 산업혁명이라는 용어는 본래 2010년 발표된 독일의 『High-tech Strategy 2020』의 10대 프로젝트 중 하나인 『Industry 4.0』에서 제조업과 정보통신이 융합되는 단계를 의미하였으나, WEF에서 제4차 산업혁명을 언급하며 전 세계적으로 주요 화두로 등장하게 되었다.

5. 사이버물리시스템(CPS) : 통신 기능과 연결성이 증대된 메카트로닉 장비에서 진화하여 컴퓨터 기반의 알고리즘에 의해 서로 소통하고 자동적, 지능적으로 제어되고 모니터링 되는 다양한 물리적 개체(센서, 제조장비 등)들로 구성된 시스템 (www.wikipedia.com)

마련해야 할 시점이다. 이를 위해서는 제4차 산업혁명과 미래사회 변화 그리고 주요국의 대응 방안 등에 대해 면밀하게 분석할 필요가 있고, 이를 기반으로 우리나라 환경에 적합한 대응 방안 및 전략을 모색할 필요가 있다.

이에 본론에서는 제4차 산업혁명에 대한 특성을 분석하고, 제4차 산업혁명에 따른 미래사회 변화 현황을 살펴보고자 한다. 결론 부분에서는 제4차 산업혁명의 특성, 미래변화 및 주요국의 대응 동향을 바탕으로 제4차 산업혁명에 대한 전략적 대응 방안을 모색하고자 한다.

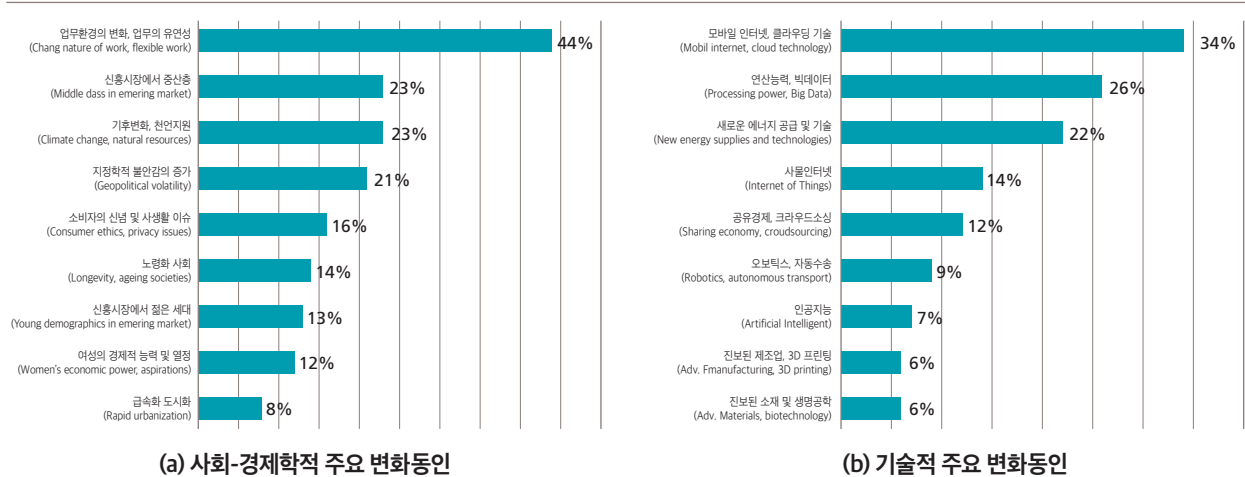
## 2. 제4차 산업혁명, 그리고 미래사회 변화

### (1) 제4차 산업혁명의 주요 변화동인(Drivers of changes)

우선 제4차 산업혁명의 특성을 찾기 위해 제4차 산업혁명을 일으키는 원인을 살펴보고자 한다. 많은 미래 전망 보고서들은 제4차 산업혁명과 미래사회 변화가 기술적 측면의 변화동인과 사회·경제적 측면의 변화동인으로 인해 야기될 것으로 전망하고 있다. 특히 「The Future of Jobs(WEF, 2016)」는 '업무환경 및 방식의 변화', '신흥시장에서의 중산층 등장' 및 '기후변화' 등이 사회·경제적 측면에서의 주요 변화동인이고, 과학기술적 측면에서는 '모바일 인터넷', '클라우드 기술', '빅데이터', '사물인터넷(IoT)' 및 '인공지능(A.I.)' 등의 기술이 주요 변화동인이 될 것으로 보고 있다.

보스턴 컨설팅(Boston Consulting Group), 옥스퍼드 대학(Oxford Univ.) 및 CEDA(Canadian Engineering Development Association) 등 주요 컨설팅 기업, 대학 및 연구기관들도 미래사회의 변화동인과 미래사회 변화에 대한 연구를 수행하여 다음과 같은 결과를 제시하고 있다. Boston Consulting은 「인더스트리 4.0(Industry 4.0)」에 기반하여 독일 제조업 분야에서 나타나는 노동시장의 변화를 연구하였는데, 기술적 측면의 변화동인들이 일자리 지형에 직접적인 영향을 미쳐 기술발전을 적용(adoption)함으로써 제조업 생산성이 크게 향상될 것으로 전망하고 있다. 그리고 이러한 변화의 중심에는 빅데이터, 로봇 및 자동화

<그림 3> 「The Future of Jobs」가 전망한 제4차 산업혁명의 주요 변화동인



※ 출처 : The Future of Jobs(WEF, 2016) 재구성

등의 기술이 자리할 것으로 예측하고 있다(Boston Consulting, 2015).

옥스퍼드 대학(Oxford Univ.)의 Martin School은 유럽에서의 미래 일자리 지형 변화를 연구하였는데, 유럽 노동시장이 '글로벌화'와 '기술적 혁신'으로 인해 변화될 것으로 전망하고 있다(Oxford Univ., 2015). 또한 과학기술의 발전이 단순 업무에서부터 복잡한 업무까지 자동화시켜 일자리뿐만 아니라 업무영역에서도 커다란 변화가 나타날 것으로 전망하고 있다. 특히 S/W 및 빅데이터 등 정보통신기술(ICT)의 발달로 업무영역이 자동화되고, 자율주행기술 및 3D 프린팅 기술 등의 등장으로 일자리 지형이 크게 변화할 것으로 예측하고 있다(Oxford Univ., 2015).

CEDA는 호주 노동시장의 미래 변화에 대한 연구를 수행하였는데, 과학기술적 측면과 과학기술 외적 측면에서의 변화동인을 제시하고 있다. 과학기술 외적으로는 글로벌화, 인구통계학적 변화, 사회변화 및 에너지 부족 등이 변화동인으로 제시되었고, 과학기술적 측면에서는 클라우드 서비스, 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능 및 로봇기술 등이 변화동인으로 제시되고 있다(CEDA, 2015). 또한 세계적 민간기업인 제너럴일렉트릭(GE, General Electronics Corp.)는 미래 공급체인의 발전과 고객 니즈 충족과 관련된 기술을 연구하였는데 다양한 과학기술의 보고서는 다양한 과학기술의 발달이 기업의 공급체인을 더 발전시키고 고객의 다양한 요구를 충족시켜 경제규모를 더욱 크게 만들 것으로 전망하고 있다. 특히 클라우드, 자동화 기술, 예측 분석 및 실행제어를 위한 스마트 시스템 등의 기술이 미래에 생산성을 높일 기술로 제시되고, 기계 센서와 커뮤니케이션 기술, 3D 프린팅 기술 등은 고객의 니즈를 충족시킬 수 있는 기술이 될 것으로 예측하고 있다(GE, 2016)

이러한 다양한 미래 전망자료를 종합 분석해보면, 과학기술 측면에서 제4차 산업혁명과 미래사회 변화를 야기하는 주요 변화동인이 ICBM<sup>4</sup> 등 정보통신기술(ICT) 기반의 기술임을 알 수가 있다. 이를 바탕으로 우리는 제4차 산업혁명이 가지고 있는 특성을 이해할 수 있을 것이다.

## (2) 제4차 산업혁명의 특징

제4차 산업혁명은 '초연결성(Hyper-Connected)', '초지능화(Hyper-Intelligent)'의 특성을 가지고 있고, 이를 통해 "모든 것이 상호 연결되고 보다 지능화된 사회로 변화"시킬 것이다.

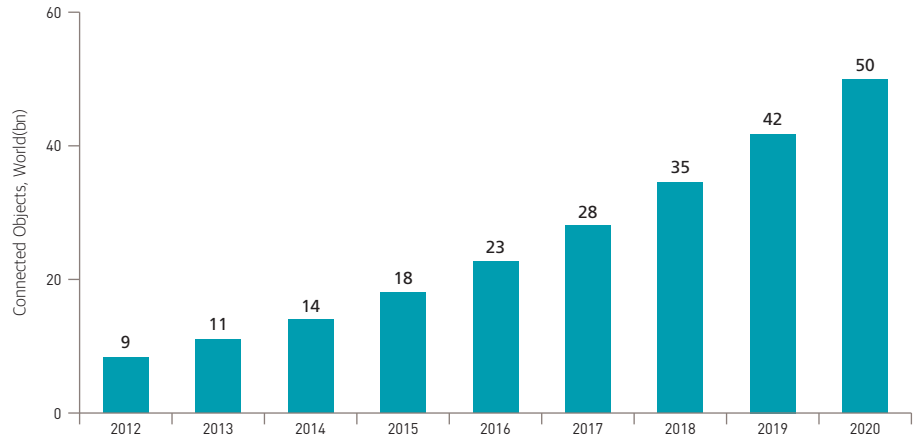
우리 사회는 이미 초연결 사회로 진입하고 있다. 사물인터넷(IoT), 클라우드 등 정보통신기술(ICT)의 급진적 발전과 확산은 인간과 인간, 인간과 사물, 사물과 사물 간의 연결성을 기하급수적으로 확대시키고 있고, 이를 통해 '초연결성'이 강화되고 있다. 2020년까지 인터넷 플랫폼 가입자가 30억 명에 이를 것이고 500억 개의 스마트 디바이스로 인해 상호 간 네워킹이 강화될 것이라는 전망은 초연결사회로의 진입을

<표 1> 국가별 미래사회 변화의 주요 변화 동인

구분	주요 변화 동인
독일	빅데이터, 로봇, 자율주행 물류자동차, 스마트 공급망, 자가조직화 기술 등
영국	바이오 및 나노 테크놀로지, 차세대 컴퓨터, 가상현실, 홀로그램, 3D 프린팅 등
미국	클라우드, 자동화기술, 센서 및 커뮤니케이션 기술, 3D프린팅, 소프트웨어, 사물인터넷, 자율주행자동차 등
호주	클라우드, 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 로봇 등

※ 출처 : Technology, Globalisation and the Future of Work in Europe(Oxford Univ., 2015); The Shape of Jobs to Come(Fast Future Research, 2010) 등 재구성

<그림 4> 인터넷과 연결된 사물(Connected objects)의 수 증가



※ 출처 : The Internet of Everything in Motion(Cisco 2013)

암시하고 있다(삼성증권, 2016). 또한 인터넷과 연결된 사물(Internet-connected objects)의 수가 2015년 182억 개에서 2020년 501억 개로 증가하고, M2M(Machine to Machine, 사물-사물) 시장 규모도 2015년 5조2000억 원에서 2020년 16조5000억 원 규모로 성장할 것으로 전망되고 있다. 이러한 시장 전망은 '초연결성'이 제4차 산업혁명이 도래하는 미래사회에서 가장 중요한 특성을 보여주고 있다.

또한 제4차 산업혁명은 '초지능화'라는 특성이 존재한다. 즉 제4차 산업혁명의 주요 변화동인인 인공지능(A.I.)과 빅데이터의 연계 및 융합으로 인해 기술 및 산업구조가 '초지능화' 된다는 것이다. 2016년 3월 이미 우리는 '초지능화' 사회로 진입하고 있음을 경험하였다. 인간 '이세돌'과 인공지능 컴퓨터 '알파고(AlphaGo)'와의 바둑 대결이 그것이다. 바둑판 위의 수많은 경우의 수<sup>7</sup>와 인간의 직관 등을 고려할

<그림 5> IBM Watson과 인간과의 퀴즈대결



<sup>7</sup> 19×19의 바둑판 위의 10171의 경우의 수가 존재하고, 바둑을 두어가는 과정에서 나타나는 경우의 수 까지 고려한다면 무한대의 경우의 수가 가능(<http://tromp.github.io/go/legal19.html>)

※ 출처 : IBM(재인용 <http://www.techrepublic.com>)

때 인간이 우세할 것이라는 전망과 달리 ‘알파고’의 승리는 사람들에게 충격으로 다가왔다. 이 대결은 ‘초지능화’ 사회의 시작을 알리는 단초가 되었고, 많은 사람들이 인공지능과 미래사회 변화에 대해 관심을 갖기 시작했다. 사실 2011년에도 이미 인공지능과 인간과의 대결이 있었다. 미국 ABC 방송국의 인기 퀴즈쇼인 ‘제퍼디!(Jeopardy!)’에서 인간과 IBM의 인공지능 컴퓨터 왓슨(Watson)과의 퀴즈대결이 있었는데, 최종 라운드에서 왓슨은 인간을 압도적인 차이로 따돌리며 우승하였다. 이 대결은 인공지능 컴퓨터가 계산도구에서 벗어나 인간의 언어로 된 질문을 이해하고 해답을 도출하는 수준까지 도달했음을 보여주는 사례로 회자되고 있다.

산업시장에서도 딥 러닝(Deep Learning) 등 기계학습과 빅데이터에 기반한 인공지능과 관련된 시장이 급성장할 것으로 전망되고 있다. 트랙티카 보고서에 따르면 인공지능 시스템 시장은 2015년 2억 달러 수준에서 2024년 111억 달러 수준으로 급성장할 것으로 예측되고 있고(Tractica, 2015), 인공지능이 탑재된 스마트 머신의 시장 규모가 2024년 412억 달러 규모가 될 것으로 보고 있다(BCC Research, 2014). 이러한 기술발전 속도와 시장성장 규모는 ‘초지능화’가 제4차 산업혁명 시대의 또 하나의 특성이라는 점을 말해주고 있다.

지금까지 우리는 제4차 산업혁명의 주요 변화 동인을 살펴보고, ‘초연결성’과 ‘초지능화’라는 제4차 산업혁명의 특성을 이해하였다. 이제는 이러한 특성을 통해 미래사회가 어떻게 변화할 것인지에 대해 살펴볼 필요가 있다. 미래사회 변화의 방향에 대한 분석함으로써 우리는 보다 합리적이고 우리나라 현실에 맞는 대응 방안을 모색할 수 있을 것이다.

### (3) 제4차 산업혁명에 따른 미래사회 변화

많은 미래학자들과 전망 보고서들은 제4차 산업혁명에 따른 미래사회 변화가 크게 기술·산업구조, 고용구조 그리고 직무역량 등 세 가지 측면에서 나타날 것으로 예측하고 있다. 앞서 언급하였듯이 미래사회 변화는 기술의 발전에 따른 생산성 향상 등 긍정적인 변화도 존재하는 반면, 일자리 감소 등과 같은 부정적인 변화도 존재한다. 따라서 미래사회의 다양한 변화를 면밀하게 살펴봄으로써 우리는 보다 현실적이고 타당한 대응 방안을 모색할 수 있을 것이다.

우선 기술·산업적 측면에서 제4차 산업혁명은 기술 및 산업 간 융합을 통해 “산업구조를 변화”시키고 “새로운 스마트 비즈니스 모델을 창출”시킬 것으로 판단된다. 제4차 산업혁명의 특성인 ‘초연결성’과 ‘초지능화’는 사이버물리시스템(CSP)기반의 스마트 팩토리(Smart Factory) 등과 같은 새로운 구조의 산업생태계를 만들고 있다. 예를 들어 사이버물리시스템은 생산과정의 주체를 바꾸게 되는데, 기존에는 부품·제품을 만드는 기계설비가 생산과정의 주체였다면 이제는 부품·제품이 주체가 되어 기계설비의 서비스를 받아가며 스스로 생산과정을 거치는 형태의 산업구조<sup>8</sup>로 변화한다는 것이다. 이로 인해 이미 제조업 분야에서 인간의 노동력 필요성이 점차 낮아지고 있어 “리쇼어링(Reshoring)” 현상<sup>9</sup>이 나타나는 등 산업생태계가 변화하기 시작했다. 이러한 변화가 반영하듯 보스턴컨설팅그룹(BCG)은 2013년 보고서에서 미국이 다시 생산기지로 적합해지고 있다고 진단하였다. 이미 제너럴일렉트릭(GE, General Electric Corp.)은 세탁기와 냉장고, 난방기 제조공장을 중국에서 쉐먼 주(州)로 이전하였고, 구글(Google)도 미디어 플레이어인 넥서스Q를 캘리포니아 주(州) 세너제이에 만들고 있다. 그리고 독일은 2011년 제조업의 혁신과 부흥을 위해 정보통신기술(ICT)과 제조업을 융합하여 사이버물리시스템 기반의 ‘인더스트리 4.0(Industry 4.0)’ 전략을 선제적으로 추진하고 있다.

8\_ 사이버물리시스템은 생산공정 상에서 주체(기존 기계설비)와 객체(기존 부품 및 제품)가 바뀌도록 유도하고 있고, 더 나아가 생산과정의 모든 요소들이 주체가 되는 분권화(Decentralization)이 실현되어 중앙통제가 아닌 부품과 기계설비들이 서로 의사소통을 하며 작업이 이루어짐으로써 인간의 노동력이 필요하지 않게 됨

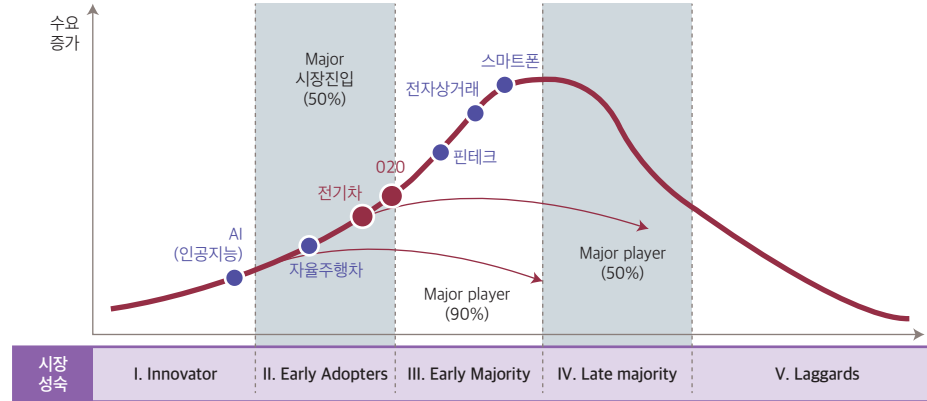
9\_ 리쇼어링(Reshoring)은 해외에 나가 있는 자국기업들을 각종 세제혜택이나 규제완화 등을 통해 자국으로 불러들이는 정책으로, 기존 싼 인건비나 판매시장을 찾아 해외로 생산공장을 설치하는 ‘오프쇼어링(Offshoring)’의 반대 개념

10\_ O2O(Online to Offline)는 온라인과 오프라인을 연결하여 고객에게 편리하고 가치 있는 서비스를 제공하는 온/오프라인 연계 비즈니스를 총칭

11\_ 공유경제는 하버드 대학의 교수인 로런스 레식(Lawrence Lesig)이 ‘Remix(2008)’이라는 책에서 처음 사용한 단어로써 ‘한번 생산된 제품을 여러이 공유해서 쓰는 협력소비’를 기준으로 한 경제방식으로 정의

12\_ 온디맨드경제는 ‘유무선 인터넷에서 온라인 플랫폼 업체의 중계를 통해 개인-개인, 개인-기업이 거래를 통해 제품과 서비스를 소유없이 이용할 수 있는 경제 활동을 의미

<그림 6> 글로벌 스마트 산업의 제품 사이클



※ 출처 : Global Market Strategy(삼성증권, 2016)

또한 사물인터넷(IoT) 및 클라우드 등 '초연결성'에 기반을 둔 플랫폼 기술의 발전으로 O2O(Online to Offline)<sup>10</sup> 등 새로운 '스마트 비즈니스 모델'이 등장할 것이다. 공유경제(Sharing Economy)<sup>11</sup> 및 온디맨드경제(On Demand Economy)<sup>12</sup>의 부상은 소비자 경험 및 데이터 중심의 서비스 및 새로운 형태의 산업간 협업 등으로 이어지고, 정보통신기술(ICT)과 '초연결성'에 기반한 새로운 스마트 비즈니스 모델이 등장시킬 것으로 전망되고 있다. 또한 제4차 산업혁명의 주요 변화 동인이자 기술 분야인 빅데이터, 사물인터넷, 인공지능 및 자율주행자동차 등의 기술개발 수준 및 주기를 고려할 때 향후 본격적 상용화로 인해 새로운 시장이 나타날 것으로 예상하고 있다.

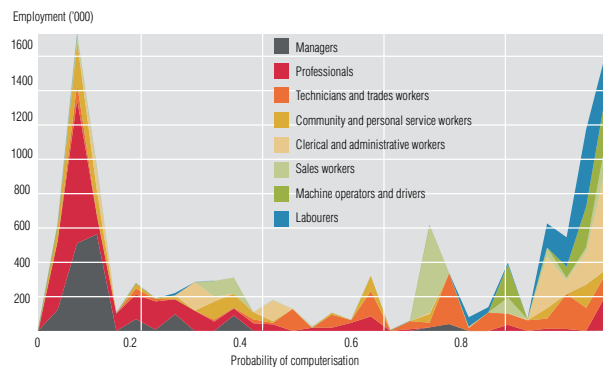
두 번째로 제4차 산업혁명으로 인해 "고용구조의 변화"가 나타날 것이다. 즉, 제4차 산업혁명을 야기하는 과학기술적 주요 변화동인이 미래사회의 고용구조인 일자리 지형을 변화시킬 것으로 전망되고 있는 것이다. 특히 자동화 기술 및 컴퓨터 연산기술의 향상 등은 단순·반복적인 사무행정직이나 저숙련(Low-

<그림 7> 직업별 컴퓨터화(Computerisation) 가능성

Computerisable				
Risk	Probability	Label	SOC code	Occupation
687	0.98		43-4151	Order
688	0.98		43-4011	Brokerage Clerks
689	0.98		43-9041	Insurance Claims and Policy Processing Clerks
690	0.98		51-2093	Timing Device Assemblers and Adjusters
691	0.99	1	43-9021	Data Entry Keyers
692	0.99		25-4031	Libray Technicians
693	0.99		43-4141	New Accounts Clerks
694	0.99		51-9151	Photographic Process Workers and Processing Machine Operators
695	0.99		13-2082	Tax Prepaerers
696	0.99		43-5001	Cargo and Freight Agents
697	0.99		49-9064	Watch Repairers
698	0.99	1	13-2053	Insurance Underwriters
699	0.99		15-2091	Mathematical Technicians
700	0.99		51-6051	Sewers, Hand
701	0.99		23-2093	Title Examiners, Abstrctors, and Searchers
702	0.99		41-9041	Telemarketers

(a) 직업별 20년 내 컴퓨터화 될 가능성

DISTRIBUTION OF JOB CATEGORIES AGAINST PROBABILITY OF COMPUTERISATION



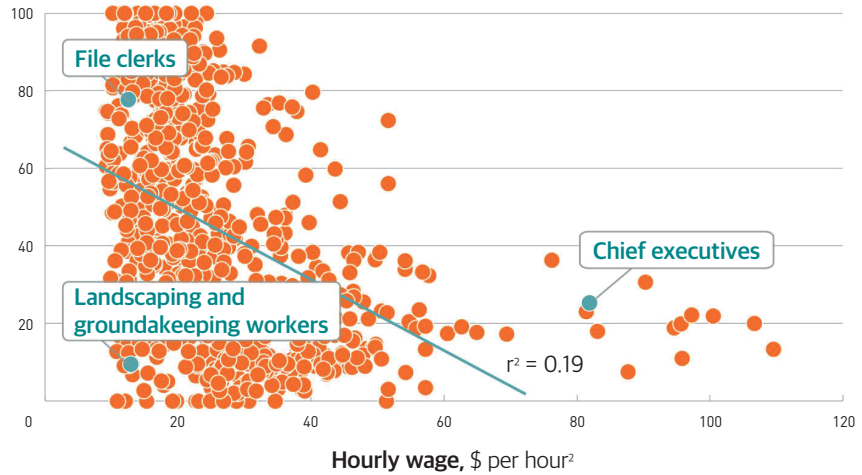
(b) 컴퓨터화 가능성 관련 직업 분포

※ 출처 : The Future of Employment(Oxford Univ., 2013); Australia's Future Workforce?(CEDA, 2015)



<그림 8> 미국내 직업별 임금에 따른 자동화 가능성 분포

Ability to automate, % of time spent on activities<sup>1</sup> that can be automated by adapting currently demonstrated technology



※ 출처 : Four fundamental of workplace automation(Mckinsey, 2016)

skills) 업무와 관련된 일자리에 직접적으로 영향을 미쳐 고용률을 감소시킬 것으로 예측되고 있다. 옥스퍼드 대학(Oxford Univ.)의 Martin School은 컴퓨터화 및 자동화로 인해 미래에 사라질 가능성이 높은 직업에 대한 연구를 수행하였는데, 현재 직업의 47%가 20년 이내에 사라질 가능성이 높은 것으로 도출되었다. 특히 텔레마케터, 도서관 사서, 회계사 및 택시기사 등의 단순·반복적인 업무와 관련된 직업들이 자동화 기술로 인해 사라질 것으로 전망하고 있다(Oxford Univ. 2013). 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).

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 있고, 이러한 현상은 2025년 이후 더욱 가속화 될 것으로 전망되고 있다(Boston Consulting Group, 2015). 미국의 경우에도 인공지능, 첨단로봇 등 물리적/지적 업무의 자동화로 인해 대부분 업무의 특정 부분이 자동화 될 것으로 보고 있다. 구체적으로는 저숙련 및 저임금 노동인력이 수행하는 단순 업무와 더불어 재무관리자, 의사, 고위간부 등 고숙련 고임금 직업의 상당수도 자동화되어, 인간이 하는 업무의 45%가 자동화될 것으로 전망되고 있다(Mckinsey, 2016).

그러나 일자리 지형 변화와 관련하여 부정적인 전망만 있는 것은 아니다. 제4차 산업혁명과 관련된 기술 직군 및 산업분야에서 새로운 일자리가 등장하고, 고숙련(High-skilled) 노동자에 대한 수요가 증가할 것이라는 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

<표 2> 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
복합문제해결 능력	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
자원관리 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

※ 출처 : The Future of Jobs(WEF, 2016)

일자리 수는 110,000개(약 96%)가 증가하고, 인공지능과 로봇 배치의 일반화로 인해 로봇 코디네이터 등 관련 분야 일자리가 40,000개 증가할 것으로 전망되고 있다(Boston Consulting Group, 2015).

마지막으로 제4차 산업혁명에 따른 기술·산업 측면의 변화와 일자리 지형의 변화는 여기에서 멈추지 않고 고용 인력의 “직무역량(Skills & Abilities) 변화”에 영향을 미치고 있다. WEF 보고서에 따르면 제4차 산업혁명은 고용 인력이 직무역량 안정성(Skills Stability)<sup>13</sup>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(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 2018년까지 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 미래사회의 고용 인력은 새로운 역할과 환경에 적응할 수 있는 유연성과 더불어 지속적인 학제간 학습(Interdisciplinary Learning)이 필요하고, 다양한 하드스킬(Hard Skills)<sup>14</sup>을 활용할 수 있어야 한다고 말하고 있다. 로봇이나 기계를 다루는 전문적인 직업 노하우를 정보통신기술(ICT)과 접목할 수 있는 역량과 더불어 다양한 지식의 활용을 기반으로 소프트스킬(Soft Skills)<sup>15</sup>이 미래사회에서 더욱 중요한 역량이 될 것으로 보고 있다(Boston Consulting Group, 2015).

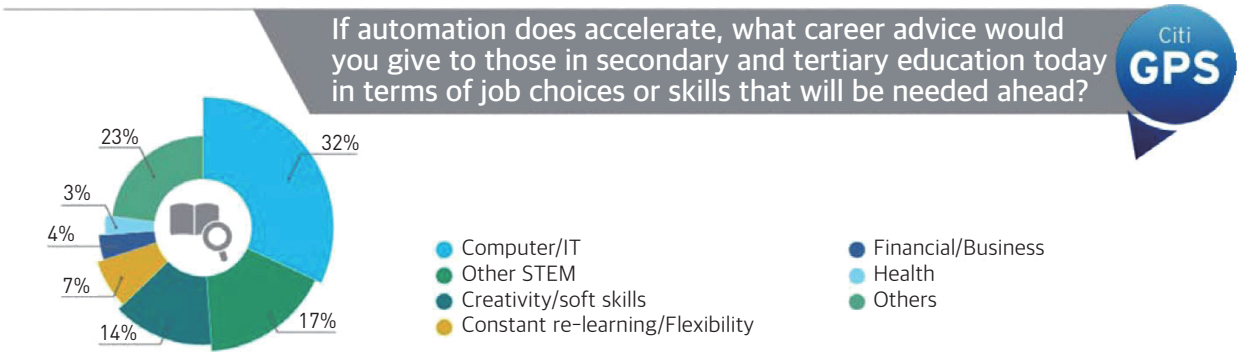
직무역량과 더불어 자동화 또는 인공지능 등 기술 및 기계의 발전으로 노동력이 대체되더라도 창의성 및 혁신성 등과 같은 인간만의 주요 능력 및 영역은 자동화되지 않을 것으로 전망되고 있다. Mckinsey는 미국 내 800개 직업을 대상으로 업무활동의 자동화 가능성을 분석한 결과, 800개 중 5%만이 자동화 기술로 대체되고 2,000개 업무 활동 중 45%만이 자동화 될 것으로 분석하고 있다. 그리고 인간이 수행하는 업무 중 창의력을 요구하는 업무(전체 업무의 4%)와 감정을 인지하는 업무(전체업무의 29%)는 자동화되기 어려울 것으로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

13. 직무역량 안정성(Skills Stability)은 기술발전 및 산업변화에 따른 고용 인력에 게 요구되는 역량의 변화 정도 또는 이미 확보하고 있는 역량의 유통기한의 변화 정도를 의미

14. 하드스킬(Hard Skills)은 기술적 능력 및 실력 또는 전문지식을 의미

15. 소프트스킬(Soft Skills)은 변화에 대한 유연성 및 다양한 기술의 활용능력 또는 조직 내 커뮤니케이션, 협상, 팀워크, 리더십 등을 활성화 할 수 있는 능력을 의미

<그림 9> 미래 산업분야에서 요구하는 직무역량



※ 출처 : Technology at Work v2.0(Oxford Univ., 2016)

다양한 미래 전망보고서들이 제시하고 있는 제4차 산업혁명에 따른 미래사회 변화를 종합·분석해보면, 제4차 산업혁명은 '기술·산업구조' 및 '고용구조'와 같이 사회 외적인 측면에만 영향을 미치는 것뿐만 아니라 '역량'이라는 사회 내적인 측면이자 인간 개개인의 특성에도 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 이는 미래사회 변화에 대비하기 위해서 사회 외적인 측면에서의 대응과 사회 내적인 측면에서의 대응이 병행되어야 함을 의미한다. 이에 마지막 장에서는 제4차 산업혁명의 주요 변화 동인 및 특성, 미래사회 변화에 대한 분석을 기반으로 외적인 측면과 내적인 측면의 변화에 대응하기 위해 우리가 취해야 할 전략 방안을 모색해보고자 한다.

### 3. 제4차 산업혁명에 대비한 전략적 대응 방안(안)

제4차 산업혁명과 미래사회 변화는 이미 우리의 가시권 안에 들어와 있다. 많은 미래 전망보고서들이 이야기하고 있듯이 정보통신기술(ICT)에 기반한 주요 변화동인으로 인해 기술·산업구조가 변화하고, 일자리 지형이 변화하며, 미래사회에서 요구되는 직무역량도 변화할 것으로 전망하고 있다. 그리고 이러한 변화는 우리 후손뿐만 아니라 수년 내 우리가 직접적으로 직면하게 될 현실이다. 따라서 중·단기적으로는 미래사회 변화에 대응하기 위한 방안을 마련할 필요가 있고, 보다 장기적 관점에서 미래사회 변화를 주도하기 위한 전략을 수립할 필요가 있다.

#### (1) 제4차 산업혁명에 대비한 범정부차원의 전략 수립

독일, 일본 등 해외 주요국은 제4차 산업혁명에 직접적으로 대응하기 위해 다양한 정책과 전략을 수립하여 추진하고 있는 중이다. 상기 언급된 것처럼 독일은 정보통신기술(ICT)과 제조분야의 융합을 통해 「인더스트리 4.0(Industry 4.0, 2011.9)」이라는 제조업 혁신전략을 이미 추진하고 있다. 이를 통해 '대기업-중소/중견기업 간 협업 생태계 구축', 'IoT/CPS 기반의 제조업 혁신' 및 '제품개발 및 생산공정관리의 최적화와 플랫폼 표준화' 등을 추구하고 있어 단순 생산기술 고도화에만 초점을 맞추고 있지 않다는

16. 제4차 산업혁명에 대한 이해와 준비를 위한 범정부차원의 논의 및 차세대 기술과 산업비전에 대한 중간 검토 결과로서 「신산업구조비전(경제산업성)」을 발표

<표 3> 「신산업구조비전」 7대 전략의 분야

분야	7대 전략
기술	데이터 활용 촉진을 위한 환경정비, 이노베이션 신기술 개발 가속화
산업 및 고용	산업구조 및 취업구조 전환 원활화
인력양성	인재육성 등 고용시스템 유연성 향상
사회 및 경제	금융기능 강화, 지역경제 활성화, 제4차 산업혁명을 위한 경제사회 시스템 고도화

※ 출처 : 과학기술&ICT 정책기술동향(2016.6) 재구성

점을 알 수 있다. 일본의 경우에는 제4차 산업혁명을 주도하기 위해 「신산업구조비전(2016.4)」<sup>16</sup>을 수립하고 범정부차원의 7대 국가전략을 선정하여 제4차 산업혁명을 성장의 기회로 활용하고 있다. 특히 「신산업구조비전」은 '기술'(데이터 관련 환경정비 등), '산업 및 고용'(산업구조/취업구조 전환 원활화) 및 '인력양성'(인재육성 등 고용시스템 향상) 등 전 분야에 걸친 범정부차원의 제4차 산업혁명 대응 전략을 수립하였다.

이에 우리나라도 제4차 산업혁명에 대비하여 “범정부 차원에서의 국가 혁신전략을 수립”할 필요가 있다. 현재 우리나라도 「차세대 정보 컴퓨팅기술개발사업(미래부)」 및 「제조업 혁신 3.0전략(산업부)」 등 미래기술과 관련된 사업 및 전략을 추진하고 있으나, 제4차 산업혁명에 따른 미래사회 변화에 대한 국가차원의 거시적이고 체계적인 대응에 한계가 존재한다. 이에 일본 등 해외사례를 참고하여 부처별, 분야별 단편적 전략 또는 단순 생산시스템 고도화에서 벗어나, 국가 기술·산업·경제·사회 전반 측면에서 제4차 산업혁명에 대응할 수 있는 범정부차원의 혁신전략을 수립할 필요가 있다.

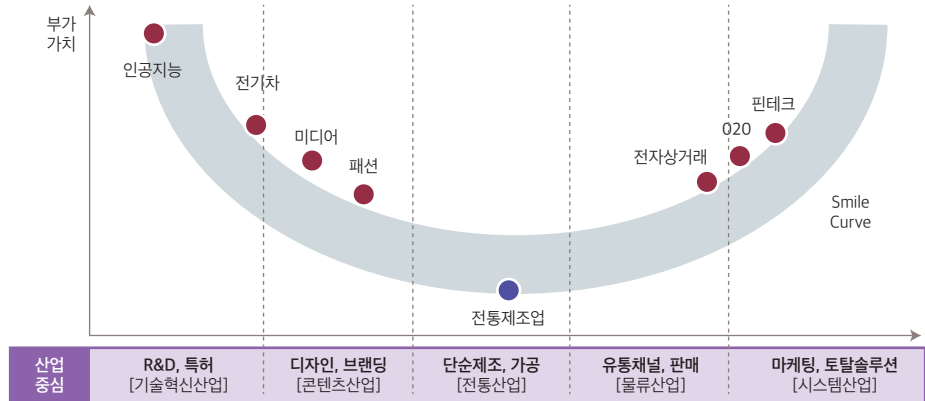
## (2) ICT 기반의 신성장동력 발굴을 통한 과학기술 경쟁력 강화

미국은 제4차 산업혁명에 대비하는 측면에서 대통령 과학기술자문회의가 8대 ICT 연구개발 분야를 선정·제시(2015.8)하였다. NITRD(The Network and Information Technology R&D) 평가보고서를 기반으로 2017년 회계연도 기간 중 중점적으로 채택해야 할 분야로 '사이버 보안', 'IT와 헬스', '빅데이터 및 데이터 집약형 컴퓨팅', 'IT와 물리시스템', '사이버 휴먼 시스템' 및 '고성능컴퓨팅' 등 8개 분야를 선정하였고, 이를 집중적으로 추진하고 있는 중이다. 또한 미국 대통령실은 미래사회 변화에 대응하기 위해 '스마트 아메리카 프로젝트(Smart America Project)'를 추진하여 IoT를 활용한 스마트 시티 구축을 위한 연구를 추진 중이다. 이러한 미국의 선제적 대응은 자국 내 정보통신기술(ICT) 기반의 과학기술 경쟁력을 강화함으로써 기술·산업적 측면에서 제4차 산업혁명 시대의 주도권을 선점하기 위한 전략으로 볼 수 있다.

따라서 우리나라도 정보통신기술(ICT) 기반의 “신성장동력 발굴을 통한 과학기술 경쟁력을 강화”를 위한 방안 마련이 필요하다. 여기에서 우리는 전 세계적으로 빠른 기술진화 속도와 맞물려 자율주행자동차(스마트 카) 및 인공지능 등 부가가치가 높은 기술 분야의 상용화가 가시화되고 있고는 것과, O2O 기반의 산업생태계가 조성되고 있다는 기술·산업적 측면의 변화에 주목할 필요가 있다. 따라서 미래 기술 및 산업구조가 '초연결성'과 '초지능성'을 중심으로 개편된다는 점을 고려하여 ICT와 제조업의 융합 및 ICT와 서비스산업의 융합 등을 통한 국가차원의 신성장동력을 발굴하고 육성할 필요가 있다. 제4차 산업혁명을 대비하고 미래사회 변화를 선도하기 위해 국가차원에서 전략분야를 선정<sup>17</sup>하고, 해당 기술 및 산업 분야로의 투자확대 등을 통해 과학기술 경쟁력 강화를 도모할 필요가 있다.

17. 이러한 측면에서 우리나라는 제2차 「과학기술전략회의」를 통해 '인공지능', '가상증강현실', '자율주행자동차' 및 '스마트 시티 구축'등을 성장동력 확보 분야로 선정하여 국가 전략 프로젝트를 통한 새로운 성장동력을 만들기 위한 노력을 진행 중

<그림 10> 스마트 산업의 Smile Curve



※ 출처 : Global Market Strategy(삼성증권, 2016)

### (3) 창의적·혁신적 과학기술인력 양성 체계 구축

상기 제시된 범정부차원의 정책 수립 및 신성장동력 발굴에 따른 과학기술 경쟁력 강화라는 2개의 전략이 중·단기적 관점에서의 전략이라면, 장기적 관점에서 제4차 산업혁명에 대응하기 위한 전략으로 과학기술 인력양성 체계를 구축할 필요가 있다. 제4차 산업혁명의 주체는 인간이라는 점에서 미래사회 변화를 주도하고 주체적으로 대응하기 위해서는 미래사회가 요구하는 역량을 갖춘 인력의 양성이 필요하다.

첫 번째 미래기술에 대한 대응 및 활용 역량을 강화하기 위해 정보통신기술(CT)에 기반한 “S/W에 대한 교육을 확대·강화”하고 “스마트 교육환경을 구축”할 필요가 있다. 이미 영국은 2014년을 ‘코드의 해(The Year of Code)’로 지정하여 5세 ~ 16세를 대상으로 S/W 교육을 의무화하여 S/W 교육을 진행하고 있고, 미국은 K-12 교육과정에서 ‘컴퓨터 과학’과 관련된 커리큘럼을 개발하여 운영 중에 있다. 또한 미국은 교육혁신계획인 ‘ConnetED(2013)’를 추진하여 학생들이 초고속 인터넷 및 최첨단 학습도구를 활용하도록 지원하고 있고, 세계수준의 IT 교육 인프라 제공을 목표로 ‘Education Cloud Program’을 추진하고 있는 중이다. 유럽의 경우에도 ‘Opening up Education(2014)’를 추진하여 초·중등과정에서 정보통신기술(CT)에 대한 학생들의 흥미 유도 및 창의성 증진을 위해 디지털 교육자료를 확대하는 등 IT 기반의 교육환경을 구축하고 있는 추세이다. 따라서 우리나라도 2018년 초·중등 S/W 교육 의무화를 대비하여 S/W에 대한 접근성 증진 및 역량 강화를 위해 수준별 프로그래밍 및 코딩 중심의 S/W 교육 체계를 구축할 필요가 있다. 이와 더불어 S/W 기반의 교육 및 콘텐츠 활용을 위해 ICT 기반의 교육 환경 구축이 필요하다.

두 번째 제4차 산업혁명은 미래사회 인력이 갖추어야 할 역량이 변화할 것을 요구하고 있다는 점에서 기존 교육시스템에서 벗어나 창의적이고 융합적인 역량을 갖춘 인재의 양성을 위해 “역량 키우기” 중심의 “교육시스템 전환”이 필요하다. 이미 미국 등 주요국을 중심으로 미래사회의 인재를 양성하기 위한 교육시스템 전환이 시작되고 있는 중이다. 특히 미국에서는 ‘미네르바 스쿨(Minerva School)<sup>18</sup>’과 같은 새로운 유형의 대학이 설립·운영되고 있고, 하버드 대학교(Harvard Univ.) 및 매사추세츠 공과대학(M.I.T.) 등과 같은 세계 명문대학을 중심으로 ‘MOOC(Massive Open Online Course)’와 같은 새로운 교육 방식이 도입되고 있다. 기존의 지식 습득에 초점이 맞춰진 교육시스템에서 벗어나, ‘창의성’, ‘융합성’ 및 ‘문제해결능력’ 등과 같은 “역량”에 초점을 맞춰진 교육시스템을 운영하고 있는 것이다. 또한 스탠포드

18. 미네르바 스쿨(Minerva School)은 온라인 수업을 기반으로 토론 및 세미나 등을 통해 지적 개발에 중점을 두는 ‘거꾸로 수업(Flipped Learning)’ 방식을 활용하여 창의성 및 융합성 등을 키우는 새로운 고등교육 시스템

대학교(Stanford Univ.)는 과학기술분야의 지식과 디자인적 사고를 융합한 ‘D-School at Stanford’를 운영하여 학생들의 창의성과 혁신성 등의 역량을 키우는데 집중하고 있다. 이에 우리나라도 무학제/무학과 무학년 개념의 온/오프라인 학제 등 새로운 교육 시스템을 도입하고, 이공학적 소양과 디자인적 사고를 갖춘 창의적·융합적 과학기술인재의 육성을 위해 지식 중심이 아닌 “역량 키우기” 중심의 교육시스템으로 전환할 필요가 있다.

---

#### ● 참고문헌

- The Future of Jobs, WEF, 2016
- The Future of Employment : How susceptible are jobs to computerisation?, Oxford Martin School, 2013
- The World at Work; Jobs, pay and skills for 3.5 billion people, Mckinsey&Company, 2012
- Australia's Future Workforce, CEDA, 2015
- Are robots taking our jobs, or making them, The Information Technology and Innovation Foundation, 2013
- The Shape of Jobs to Come, Fast Future Research, 2010
- The Workforce of The Future, General Electronics, 2016
- Four Fundamentals of Workplace Automation, Mckinsey&Company, 2015
- From Sectoral Systems of Innovation to Socio-technical Systems Insights about Dynamics and change from Sociology and
- Institutional theory, Geels, F., Research Policy, Vol 33, No.6-7, 2004
- Man and Machine in Industry 4.0, Boston Consulting Group, 2015
- Technology, Globalisation and The Future of Work in Europe, IPPR, 2015
- The Technology at Work v2.0, Oxford Martin School & Citi Research, 2016
- The Future of Work: Jobs and Skills in 2030, UKCES, 2014
- The Human Capital Report, WEF, 2015
- The Singularity Is Near : When Hmans Transcend Biology, Ray Kurzweil, 2006
- BCC research, 2014(<http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/digitalization-and-software/artificial-intelligence-facts-and-forecasts.html>)
- The Internet of Everything in Motion, Cisco, 2013
- ‘창의인재’, 미래사회의 새로운 패러다임, The Science Times, 2016
- 과학기술 & ICT 정책기술 동향 - 일본. 국가산업미래전망보고서, KISTEP, 2016
- 죽기 전에 꼭 알아야 할 세상을 바꾼 발명품 1001, 잭 첼로너, 2010