

시민행복과 상생협력을 선도하는 창의적 연구기관  
Daejeon Sejong Research Institute

DAEJEON SEJONG FORUM

# 대전세종포럼

**기획특집 4차 산업혁명 시대 대전·세종의 과제 및 대응전략**

- 4차 산업혁명의 본질
- 정부의 4차 산업혁명 추진계획
- 4차 산업혁명 시대의 일자리
- 4차 산업혁명 시대의 한·중 과학기술
- 4차 산업혁명 시대 미래도시 교통체계의 혁신방향과 과제
- 4차 산업혁명특별시 대전의 추진방향성과 과제

## 시민행복과 상생협력을 선도하는 창의적 연구기관



### 시민과 함께하는 행복한 미래 대전·세종

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

#### 미래지향적 도시정책 연구 선도

- 도시의 미래 비전과 발전방향 연구
- 연구지원체계의 선진화
- 연구 인력의 역량 강화

#### 정책기여도가 높은 연구성과 생산

- 활용도 높은 맞춤형 정책 개발
- 대전시와 세종시의 상생발전 지원
- 시민 참여형 정책네트워크 강화

#### 열정과 창의가 넘치는 공동체 구축

- 공정하고 투명한 인사·회계시스템 확립
- 소통, 신뢰 및 상호존중의 조직문화 조성
- 경영관리시스템 혁신

# 대전세종포럼

통권 제65호

대전세종포럼

제 65호

4차 산업혁명 시대  
대전 · 세종의 과제 및 대응전략

## Contents

- 07 **4차 산업혁명의 본질**  
심진보 ETRI 기술경제연구그룹 그룹장
- 25 **정부의 4차 산업혁명 추진계획**  
이재용 국토연구원 스마트·녹색도시연구센터 센터장
- 43 **4차 산업혁명 시대의 일자리**  
허재준 한국노동연구원 고용정책연구본부 선임연구위원
- 59 **4차 산업혁명 시대의 한·중 과학기술**  
김성현 ETRI 부품소재연구소 연구원
- 77 **4차 산업혁명 시대 미래도시 교통체계의  
혁신방향과 과제**  
여화수 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 교수  
안용준 대전세종연구원 연구위원
- 95 **4차 산업혁명특별시 대전의 추진방향성과 과제**  
황혜란 대전세종연구원 선임연구위원

# 대전세종포럼

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

1장

# 4차 산업혁명의 본질

심진보 ETRI 기술경제연구그룹 그룹장

# 4차 산업혁명의 본질

심진보 ETRI 기술경제연구그룹 그룹장

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

## I. 대한민국은 왜 4차 산업혁명을 주목하는가?

2016년 이후, 우리 국민들은 전 세계 그 어떤 국가의 국민들보다 '4차 산업혁명'이라는 용어를 빈번하게 접하고 있다. 우리나라에서는 4차 산업혁명을 주제로 하는 수많은 강연과 세미나가 거의 매일매일 개최되고, 메스미디어에서도 4차 산업혁명과 관련된 변화를 다루는 프로그램들을 경쟁적으로 송출하고 있다.

4차 산업혁명이라는 용어를 본격적으로 이슈화시켰던 세계경제포럼(일명 다보스포럼)이 개최되는 유럽이나, 지능정보기술 등 4차 산업혁명 관련 과학기술 분야에서 최고의 기술수준을 보유하고 있는 미국에서조차도 우리나라만큼 4차 산업혁명을 자주 언급하지는 않는다.

그렇다면, 왜 유독 우리나라에서 4차 산업혁명이란 용어에 주목하는 걸까?

우리나라 국민들이 변화에 민감하고, 뒤처지는 것을 병적으로 두려워하기 때문이라고 해석하는 전문가도 있지만, 그 근본적인 이유는 미래 성장동력에 대한 불안감 때문이라고 말할 수 있다.

1945년 일제강점기에서 막 벗어난 대한민국은 1인당 국민소득이 45달러 수준에 불과한 세계적 최빈국이었다. 하지만 1970년대부터 1990년대 초반까지 '한강의 기적'이라는 해외에서의 찬사를 받을 정도의 고도압축 성장기를 거치면서 1990년대에 1인당 GDP 10,000달러를 돌파하고, 2000년대 초반에는 20,000달러를 돌파했으며, 2017년에는 1인당 GDP 2만 9,730달러(세계 29위) 수준에 도달했다. 따라서 2018년에는 1인당 GDP 3만 달러 돌파가 확실시 되는 상황이다. 충분히 국가적 자부심을 가질 만한 경제적 성과라 하겠다.



하지만 그 과정을 자세히 들여다보면, 우려되는 상황이 눈에 띄게 된다. 1990년대 중반부터 우리나라의 경제성장률이 조금씩 둔화되는 조짐이 나타나기 시작한 것이다.

우리나라가 OECD에 가입하던 1996년에 7.6%에 달하던 경제성장률은 IMF<sup>1)</sup> 사태 직후인 1998년에 -5.7%로 크게 하락했다가 다시 반등에 성공하기는 하지만, 2004년 4.6%, 2006년에 5.2%, 2008년 2.3%, 2010년에 6.3%, 2012년 2.0% 등 완만한 둔화세를 보이고 있다.

게다가 현재 우리나라 전체 수출액의 약 1/3을 차지하고 있는 가전기기 및 정보통신 분야에서 우리나라의 기술경쟁력이 위협받고 있는 상황이다. 특히, 해당 분야에서 우리나라의 최대 경쟁국인 중국이 대규모 투자를 바탕으로 빠르게 기술격차를 극복해오고 있어서 2020년대에는 기술경쟁력에서 우위를 장담할 수 없을 것으로 예상되고 있다.

한국수출입은행(2016.12.)의 분석에 따르면, 4차 산업혁명 관련 5대 핵심기술 분야(로봇, 사물인터넷, 3D 프린팅, 빅데이터, 인공지능 분야)에서 우리나라와 중국의 경쟁력을 비교한 결과, 우리나라가 중국에 비해 경쟁 우위에 있는 분야는 '사물인터넷' 분야 하나인 것으로 나타났다. 또한, 경쟁력이 비슷한 분야는 '로봇' 분야뿐이고, 나머지 3개 분야인 '3D 프린팅', '빅데이터', '인공지능' 분야에서는 모두 중국이 우리나라보다 경쟁력이 앞서는 것으로 분석되었다.<sup>2)</sup>

이렇게 국가성장동력에 대한 우려가 커지면서 2000년대 이후부터 정권 차원에서 새로운 성장동력을 찾기 위한 노력의 일환으로 대표적인 경제정책 키워드들이 대두되었다. 노무현 정부의 '혁신', 이명박 정부의 '저탄소 녹색성장', 박근혜 정부의 '창조경제'가 바로 그런 키워드들의 대표적인 사례이다. 하지만 모두 이상적인 지향점을 가지는 경제정책 키워드들로 인식되었음에도 불구하고, 그 추진과정의 비효율성과 근본적인 혁신의 실패로 인해 새로운 국가성장동력을 발굴해 내는 데에 큰 기여를 하지 못했던 것으로 평가된다.

그런 와중에 2016년 초부터 해외에서부터 4차 산업혁명이라는 개념이 대두되었고, 경제성장동력에 대한 불안감에 시달리던 우리나라의 지도층과 식자층에서 이러한 새로운 키워드 하에서 무엇인가 새로운 성장동력을 발굴해 낼 수 있지 않을까라는 기대감을 피력하기 시작했다.

결국, 대한민국은 네 번째 산업혁명으로 불릴 정도의 거대한 변혁 속에서 새로운 미래 성장동력을 기대하고 있는 것이다.

그렇지만 여전히 많은 국민들이 4차 산업혁명의 본질을 제대로 이해하지 못하고 있는 것도 사실이다. 심지어 '네 번째 산업혁명(4th Industrial Revolution)'을 '4차 산업(지식 집약/기반 서비스업)으로의 변화'라는 의미로 축소해서 이해하고 있는 사람도 많다.

4차 산업혁명은 4차 산업으로의 변화만으로 발생하는 것이 아니라, 기존의 1차-2차-3차 산

1) International Monetary Fund(<http://www.imf.org/external/index.htm>)

2) 한국수출입은행 해외경제연구소(2016), '4차 산업혁명 시기의 한·중 산업 정책 및 경쟁력 비교 연구'.

업 전반에서 벌어지는 혁신이기 때문에 우리는 보다 정확하게 그 의미를 깨달아야만 할 것이다.

따라서 본고에서는 먼저 산업혁명의 개념이 무엇인지를 명확히 하고, 이어서 과거에 전개되었던 세 차례 산업혁명이 어떤 변화를 가져왔는지 시사점을 생각해 볼 것이다. 그리고 이러한 고찰을 기반으로 4차 산업혁명 시대에 벌어지고 있는 변화들을 종합하여 4차 산업혁명의 본질을 이해해 보고자 한다.

## II. 산업혁명의 개념과 역사

### 1. 산업혁명의 개념

혁명(革命; Revolution)은 단순하게 말해서 ‘전복시킨다, 뒤엎다’라는 의미다. 정치적인 성격을 배제하고 바라보자면, 혁명은 ‘이전의 관습이나 제도, 방식 따위를 단번에 깨뜨리고 질적으로 새로운 것을 급격하게 세우는 일’이라고 정의된다.<sup>3)</sup>

그래서 프랑스 대혁명이나 왕조·황조의 교체를 의미하는 역성혁명(易姓革命)과 같이 주로 정치적인 의미로 사용되는 용어임에도 불구하고, 산업의 급격한 혁신, 기술의 급격한 진보, 사회·문화의 대규모 변화 양상을 설명할 때에도 혁명이라는 용어를 사용하고 있는 것이다.

본고에서 다루고자 하는 산업혁명을 이런 관점에서 바라보면, ‘기존의 산업 구조나 방식을 뒤엎고 새로운 구조와 방식으로 급격하게 바뀌는 현상’이라고 쉽게 이해할 수 있다.

다만, 과거 산업혁명의 전개 양상을 볼 때, 새로운 과학기술의 등장에 의해서 산업 구조와 생산-소비 방식에서의 대변혁이 일어났음을 확인할 수 있기에, 본고에서는 과학기술과 산업의 연관성을 중심으로 산업혁명을 고찰하고자 한다.

이런 관점에서 산업혁명은 ‘과학기술혁신에서 비롯된 경제·사회의 혁명적 발전을 통해 인류사에 지대한 영향을 미친 일련의 사건들이 연속적으로 발생하는 현상’이라고 정의할 수 있다. 즉, 시대적 상황이 혁신적인 과학기술의 등장을 야기하고, 이를 통해 산업구조가 급변하면서 인류의 경제·사회시스템이 혁명적으로 변화하는 양상을 총괄하는 개념이 바로 산업혁명인 것이다.<sup>4)</sup>

3) 네이버 국어사전, <http://krdic.naver.com/>

4) 심진보 외(2018), ‘신기술과 소비자이슈’, 한국소비자원 정책연구실. 중 일부수정.

## 2. 산업혁명의 역사와 그 시사점

먼저 ‘산업혁명(Industrial Revolution)’이라는 용어를 최초로 사용한 학자는 ‘로마제국 흥망사’로 유명한 영국의 역사학자인 아놀드 J. 토인비의 친척이자 같은 이름을 가졌던 아놀드 토인비(Arnold Toynbee) 교수로 알려져 있다. 토인비의 사후에 동료 교수였던 벤자민 조엣(Benjamin Jowett)이 토인비의 강의내용을 정리해서 1884년에 발간한 “18세기 영국 산업혁명 강의”라는 저서를 통해 산업혁명이라는 용어가 최초로 알려지기 시작한 것이다.

보다 본격적으로 산업혁명이라는 용어가 널리 사용되기 시작한 것은 1906년에 프랑스의 역사가자인 폴 망뚜(Paul Mantoux)가 “18세기의 산업혁명-영국의 근대공업 시원론”이라는 저서를 출판하면서 부터다. 여기서의 산업혁명은 18세기 중엽부터 19세기 중엽에 걸쳐 영국을 중심으로 전개되었던 1차 산업혁명을 뜻하는 것이다.

현재까지도 전문가들 사이에 다양한 이견(異見)이 존재하고는 있지만, 1차 산업혁명 이후에 두 차례의 산업혁명이 더 발생했던 것으로 보편적으로 받아들여지면서 현재에 이르러 ‘산업혁명’이라는 용어 자체가 일반명사로 쓰이고 있는 것이다.

### 1) 1차 산업혁명의 전개 결과와 그 시사점

1차 산업혁명은 섬유산업을 새로운 국가성장동력으로 주목한 영국에서 비롯되었다.

간략하게 그 전개과정을 요약하자면, 모직물의 원료가 되는 양의 대량 방목, 양모를 섬유로 가공하는 방적기·방직기의 발전, 내구성이 약한 나무로 만들어진 방적기·방직기를 금속으로 대체하기 위한 제철기술의 발전, 내구성은 강하지만 무게가 많이 나가는 금속기계를 가동시키기 위해서 혁신적 동력원으로 등장·개량된 증기기관, 그리고 증기기관이 다양한 교통수단과 결합되면서 산업혁명의 지리적 범위를 넓히는 혁신이 벌어지는 양상으로 1차 산업혁명이 전개되었다.

1차 산업혁명의 결과 가운데 주목할 만한 사실은 다음과 같다.

첫째, 과학기술의 혁신과 산업적 변화로 인해 영국은 세계 최초로 ‘공업국가’라는 타이틀을 얻게 되었으며, 이러한 ‘공업화’가 바로 1차 산업혁명의 가장 특징적인 개념으로 설명된다. 1700년경에 영국의 국가총생산(GDP)에서 농업은 약 40%, 공업은 약 20%의 비중이었는데, 제 1차 산업혁명 이후 1841년에는 농업의 비중이 26.1%로 줄어들고, 공업의 비중은 31.9%로 증가한 것이다.<sup>9)</sup> 이러한 공업화 혁명을 선도한 영국에서는 공산품의 생산성이 크게 높아져서 국제무역에서 다른 국가들을 압도하는 현상이 벌어지게 되었고, 전 세계에 걸쳐 거대한 식민지

5) 과학기술정책연구원(2017), “역사에서 배우는 산업혁명론: 4차 산업혁명과 관련하여”.

네트워크를 건설·유지할 수 있는 경제력과 군사력을 보유함으로써 빅토리아 여왕 시대에 ‘해가지지 않는 대영제국(British Empire)’이라는 명예로운 호칭을 얻게 되었다.

둘째, 인류의 생산시스템이 소규모 도제식 생산방식으로부터 ‘공장제(Factory System)’로 전환되는 계기가 마련되었다. 공장제의 성립으로 인해, 기존의 소규모 도제식 생산시스템에서 보편적이었던 고용주-노동자 간의 온정주의적 관계가 계약에 기초한 금전적 관계로 전환되는 상황이 발생한다. 즉, 과학기술의 혁신이 산업 시스템의 변혁을 가져오고, 또 이러한 변화가 인류의 삶과 사회에까지도 영향을 미치게 된 것이다. 궁극적으로는, 공장제라는 새로운 생산시스템을 통해 자본가 세력이 급성장하면서 사회구조와 정치의 패러다임까지 바꾸게 되었고, 결국 이러한 변화가 ‘자본주의’ 등장의 기반으로 작동하게 된다.

그렇다면, 1차 산업혁명의 전개 과정과 결과가 우리에게 주는 시사점은 무엇인가?

첫째, 산업혁명이 기본적으로 과학기술의 혁신에 기반을 둔 대변혁이라는 사실을 알 수 있기에, 우리는 과학기술의 글로벌 선도를 국가 정책의 우선순위 상단에 두어야 한다는 점이다.

하버드대학의 경제사학자인 니얼 퍼거슨(Niall Ferguson)은 1차 산업혁명을 ‘기계의 물결’로 특징지으면서, 토지, 노동, 자본이라는 생산 3요소의 생산성이 기술적 혁신에 의해 획기적으로 증대되었다고 설명하고 있다. 여기서 더욱 중요한 사실은 총산출량이 노동자와 방적공장의 증가분을 합친 것을 넘어서는 기술혁신이었다는 점이다.<sup>6)</sup> 즉, 토지·노동·자본의 투입량이 늘어난 것 이상의 생산성 향상이 벌어진 것은 결국 과학기술의 발전에 의한 혁신이 있었기 때문이며 2차, 3차 산업혁명 역시 과학기술의 혁신에 기반을 둔 산업구조의 변화가 그 본질이라고 하겠다.

둘째, 산업혁명은 단순히 파괴적이고 혁신적인 단일 기술의 등장에 의해 발생하는 것이 아니라, 그러한 기술들이 상호연관성을 가지면서 연속적으로 출현함으로써 나타난다는 사실을 알 수 있다. 따라서 일시적인 과학기술의 연구개발 성과만으로는 산업혁명을 선도할 수 없고, 지속적인 혁신이 이루어져야만 진정한 선도국가가 될 수 있다는 점을 명심해야 하겠다.

셋째, 1차 산업혁명이 과학기술을 축적하고 보호하는 시스템이 갖추어진 영국에서 시작된 대변혁이라는 점을 기억해야만 할 것이다. 시카고대학의 역사학자인 케네스 포메란츠(Kenneth Pomeranz)는 ‘영국에서는 산업혁명이 일어났는데, 왜 같은 시기에 중국에서는 산업혁명이 일어나지 못했는가?’라는 질문에 대한 답을 찾아서 ‘대분기(大分岐; Great-Divergence) 이론’을 정립했다. 이 이론에서는 ‘내생적 잠재력’, ‘우연에 의한 분리’, ‘내재적 발전’으로 인해 산업혁명이라는 인류사의 대변혁이 초래될 수 있었다고 해석하고 있는데, 이 가운데 내생적 잠재

6) 니얼 퍼거슨(2011), “시빌라이제이션: 서양과 나머지 세계”, 21세기북스.

력을 축적된 과학기술로 이해할 수 있겠다. 1차 산업혁명이 시작되기 한 세기 전인 1660년에 영국에서는 제임스2세의 왕명으로 ‘자연과학 진흥을 위한 런던왕립학회(The Royal Society of London for Improving Natural Knowledge; 일명 ‘영국왕립아카데미’)가 설립되어 과학기술과 지식을 축적하는 국가적 시스템이 구축되어 있었다. 또한 세계 최초로 특허 제도를 만들어낸 것도 영국이었다는 점에 우리는 주목해야 할 것이다.

## 2) 2차 산업혁명의 전개 결과와 그 시사점

2차 산업혁명이라는 용어를 최초로 사용한 사람은 영국의 석학이었던 패트릭 게데스(Patrick Geddes)로 알려져 있다. 그가 1913년에 발간한 “진화하는 도시(Cities in Evolution)”에서 2차 산업혁명이라는 용어가 최초로 사용되었던 것이다. 이후 미국의 경제사학자인 데이비드 랜디스(David Landes)가 1969년에 “자유의 몸이 된 프로메테우스(The Unbound Prometheus)”를 발간하면서 2차 산업혁명은 학술적으로 공인된 용어로 자리 잡게 되었다.<sup>7)</sup>

19세기 후반부터 20세기 초까지 전개되었던 2차 산업혁명 시기에는 1차 산업혁명에 비해 더욱 다양한 과학기술들이 연달아 등장하면서 기존의 산업구조를 크게 변화시켰다.

그 전개과정을 간략하게 살펴보면, 먼저 강철(Steel)과 인공염료 등의 재료 혁신으로 시작해서, 증기를 대체하는 전기의 등장이라는 동력원의 변혁이 발생하게 된다. 이러한 혁신을 기반으로 증기기관보다 진일보한 내연기관, 즉 가솔린기관과 디젤기관이 등장하여 교통수단과 산업용 기계의 발전을 이끌어냈고, 무선전신기·유선전화·FM라디오 등 통신산업의 기초가 세워지게 되며, 자동차산업과 초보적인 항공기의 개발도 이 시기에 이루어졌다.

한편, 1차 산업혁명을 이끌었던 영국을 대신해서 미국, 독일, 이탈리아, 일본 등의 신흥국들이 산업혁명을 선도하였고, 이로 인해 ‘제국주의 시대’가 정점에 달하게 된 것으로 이해되기도 한다.

중요한 사실은 2차 산업혁명을 선도했던 국가들이 100여 년이 지난 지금까지도 여전히 글로벌 경제대국이나 패권국의 지위를 차지하고 있다는 점이다. 즉, 2차 산업혁명은 20세기~21세기 초반까지 국제사회와 산업구조의 모습을 결정한 ‘진정한 산업화’ 혁명으로 이해할 수 있겠다.

이러한 2차 산업혁명의 주요 결과들을 요약해 보자면 다음과 같다.

첫째, 기업의 경영방식에서 혁신적인 변화들이 나타나고, ‘대기업’ 집단이 경제성장을 주도하기 시작했다. 경영방식에서는 ‘과학적 관리’ 개념이 적용되면서 ‘테일러리즘(Taylorism)’과 ‘포디즘(Fordism)’ 등의 경영방식이 등장하게 되었다. 이러한 테일러리즘과 포디즘을 통해 대량생산

7) Landes, David, S.(1969). The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present, Cambridge, New York: Press Syndicate of the University of Cambridge.

과 대중소비의 결합이 이루어지게 되었고, 대기업이 성장의 주역으로 등장하기 시작했다. 미국과 유럽은 1870년대~1890년대 중엽에 걸쳐 ‘대불황(Great Depression)’을 겪고 있었는데, 이 시기에 기업들 간의 합병과 통합이 빈번하게 발생하면서 거대 기업들이 등장하게 되었다. 이 대기업들은 규모의 경제 및 범위의 경제를 달성할 수 있는 자본력을 갖추고 있었기 때문에 다른 기업들에 비해 생산효율성과 가격경쟁력을 높일 수 있었고, 이후 세계 경제는 이러한 대기업들의 선도에 의해 성장을 하는 양상을 보이게 된 것이다.

둘째, 인류의 삶이 기술에 상당부분 의존하게 되면서 기술과 사회의 연관성이 강화되었다. 2차 산업혁명 시대에 전기, 통신, 의류, 자동차 등이 발전하게 되면서, 삶에 필요하고 유용한 도구였던 기술이 점차 복잡해지고 세밀해지면서 인간이 기술의 세계에서 빠져나와 삶을 영위하는 것은 매우 어려워지기 시작했던 것이다.

그렇다면, 2차 산업혁명의 전개 과정과 결과가 우리에게 주는 시사점은 무엇인가?

첫째, 일련의 기술과 사회가 공생적으로 발전하는 ‘기술시스템(Technological System)’ 시대가 열리게 되었고, 이런 모습이 현재까지도 지속되고 있다는 점을 인식해야 할 것이다. 이와 관련하여, 토머스 휴즈(Thomas Hughes) 등은 ‘기술시스템 접근론’이라는 이론을 주장했는데<sup>8)</sup>, 이는 기술적 인공물과 더불어 다양한 사회적 요소를 포괄하는 시스템 관점에서 기술을 바라보는 이론이다. 이들이 주장하는 내용의 핵심은 시스템공학자들과는 존재들이 중요한 기술을 개발하는 것은 물론 그 기술이 활용될 수 있는 사회적 조건을 만드는 데도 크게 기여함으로써 점차 기술시스템을 진화시켜 나간다는 것이다. 결국, 2차 산업혁명 시대를 거치면서 기술과 사회의 결합이 일상화되었고, 이를 통해 기술시스템이 진화할 수 있었던 것으로 이해된다.

둘째, 과학과 기술의 연관성이 강화되면서 ‘공학(Engineering)’이라는 새로운 영역이 등장하게 되었고, 현대의 과학기술에서 이러한 공학이 차지하는 비중이 상당히 높다는 점을 인정해야 한다는 것이다. 2차 산업혁명 시대의 가장 큰 특징 가운데 하나는 과학분야에서 발명 또는 발견된 결과물들이 기술혁신으로 연결되는 사례가 크게 증가했다는 점이다. 예를 들어, 세계 최초의 인공염료인 합성 아닐린 ‘모브’는 유기화학 분야에서 우연하게 발견된 염료인데, 이 발견을 통해 염료산업이 크게 발전할 수 있었다. 또한, 전자기학 분야에서의 발명과 발견들은 전기산업과 통신산업의 발전에 크게 기여하게 된다. 이에 따라 기술혁신을 주도하던 대기업들이 과학과 기술을 연구하는 연구소들을 설립하여 산업적 연구를 수행하기 시작했으며, 과학에 기반을 둔 기술지식을 체계화하는 학문영역인 ‘공학’이 등장함으로써 과학과 기술의 연관성은 더욱 강화되게 된 것이다.

8) Bijker, Wiebe E., Thomas P. Hughes, & Trevor Pinch(1987), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge.

### 3) 3차 산업혁명의 전개 결과와 그 시사점

세계적 미래학자인 앨빈 토플러(Alvin Toffler)는 1980년에 출간한 “제3의 물결(The Third Waves)”에서 미래사회를 ‘정보화사회’라고 규정하였다. 즉, 제1의 물결은 농업혁명으로 과거 수천 년에 걸쳐 진행되었고, 제2의 물결인 산업혁명은 300년 정도에 걸쳐 진행되었으며, 제3의 물결인 정보화혁명이 20~30년 내에 진행될 것이라고 주장했던 것이다. 토플러의 주장에 공감하는 많은 전문가들은 이러한 제3의 물결(정보화혁명)을 바로 3차 산업혁명으로 간주한다.

한편, 정보화혁명이라는 용어 대신에 3차 산업혁명이라는 용어를 학술적으로 처음 사용한 사람은 제레미 리프킨(Jeremy Rifkin)으로 알려져 있다. 그가 2011년에 출간한 “3차 산업혁명(The Third Industrial Revolution)”에서는 인터넷과 재생에너지기술의 융합을 통해 새로운 산업혁명, 즉 3차 산업혁명이 도래하고 있다는 주장이 펼쳐진 바 있다.

현재 다수의 전문가들이 3차 산업혁명을 ‘정보화혁명’ 또는 ‘디지털혁명’이라고 설명하고 있으며, 일부 전문가들은 ‘지식혁명’이나 ‘네트워크혁명’과 같은 용어를 사용하기도 한다.

3차 산업혁명을 이끈 대표적 기술은 컴퓨터와 인터넷 등의 정보통신기술이다. 이와 더불어, 생명공학, 뇌과학, 우주기술, 자동화기술, 로봇기술 등의 다양한 과학기술과 이를 결합하는 융합기술들이 대거 등장하면서 인류 삶의 무대인 지구는 ‘물리적 행성’으로부터 ‘사이버 행성’으로 변모하게 되었고, 새로운 기술융합과 산업융합의 혁신이 빈번하게 발생하게 된 것으로 3차 산업혁명의 전개과정을 이해할 수 있겠다.

이러한 3차 산업혁명의 주요 결과들을 요약해보자면 다음과 같다.

첫째, 디지털기술이 인류의 삶과 산업·사회 전반에 내재화(Embedded)되기 시작하며 ‘DX(Digital Transformation)’ 현상이 발생했다. DX는 인간 사회의 모든 분야에서 디지털기술의 적용과 관련된 변화로 정의할 수 있다.<sup>9)</sup> 또한, 기업 측면에서 DX는 디지털 기술을 활용해 기업·조직의 운영효율성 및 서비스 품질을 향상시키는 것을 의미한다.

3차 산업혁명이 시작된 1970년대 이후 디지털 역량 기반의 비즈니스 모델 혁신을 통해 완전히 새로운 고객가치와 생태계 가치를 창출하는 사례들이 DX라는 용어와 함께 부각되었는데, DX는 기업이 디지털 비즈니스, 물리적 비즈니스, 그리고 고객 경험을 이음매 없이 결합할 수 있도록 하며, 궁극적으로 운영효율과 조직성고를 향상시켜온 것으로 분석되고 있다.<sup>10)</sup> 그래서 4차 산업혁명 시대에 접어든 이후에도 여전히 유럽과 북미에서는 DX라는 용어를 새로운 대변혁의 핵심 패러다임으로 인식하는 경향이 있다.

9) Stolterman, E., & Fors, A.C.(2004), Information Technology and the Good Life, in: "Information systems research: relevant theory and informed practice".

10) IDC(2015), "Digital transformation(DX): An opportunity and an imperative".

둘째, 2차 산업(제조업) 중심에서 '3차 산업(서비스업) 중심'으로 산업의 중심이 이동하였다. 이전의 두 차례 산업혁명을 통해 형성된 산업사회에서는 제조업이 산업의 핵심이었지만, 3차 산업혁명을 통해 형성된 정보사회에서는 3차 산업인 서비스업의 성장이 가파르게 나타나게 된다. 이에 따라, 미국과 EU 등 선진국 집단에서는 1990년대부터 서비스 부문의 취업자가 차지하는 비중이 60%를 넘어서기 시작했고, 대다수의 개발도상국들도 2000년대에 접어들면서 서비스업의 비중이 제조업 비중을 넘어서기 시작했다.

그렇다면, 3차 산업혁명의 전개 과정과 결과가 우리에게 주는 시사점은 무엇인가?

가장 중요한 사실은 과학과 기술의 연관성이 점차 강화되고, 그 연관성의 범위가 크게 확대되면서 '융합의 시대(Age of Convergence)'가 열리게 되었다는 점이다. 과학과 기술의 상호작용은 20세기 중반 이후에 더욱 심화되었는데, 과학이 기술로 현실화되는 시간이 비약적으로 단축되고, 과학에 기반한 새로운 산업들이 출현하는 사례도 빈번해졌다. 그래서 최근에는 과학과 기술을 따로 떼어서 바라보지 않고 '과학기술'이라는 용어로 묶어서 사용하기에 이르렀다. 또한, 정보통신기술(ICT) 중심의 디지털 기술이 타산업 분야와 다른 과학기술 분야에 접목되는 사례가 빈번해졌기 때문에 '디지털 융합(Digital Convergence)'이라는 개념이 보편화된 점도 3차 산업혁명의 주요 시사점이라 하겠다.

### Ⅲ. 4차 산업혁명의 본질

#### 1. 과연 4차 산업혁명이 실제로 일어나고 있는 것일까?

과거 세 차례의 산업혁명의 경우에도, 실제로 산업혁명으로 정의 내려지기 위해서는 많은 분석기간과 합의의 시간이 필요했다. 그래서 산업혁명은 모두 그 혁명적 변화가 끝나갈 무렵 또는 완전히 끝난 후에야 학술적으로 인정받아 왔다.

현재 벌어지고 있는 과학기술의 혁신과 그로 인한 산업과 사회의 변혁을 과연 4차 산업혁명이라는 개념을 통해 바라보아야 하는가에 대해서는 여전히 전문가들 사이에 이견이 존재한다. 특히, 일부 전문가들은 장기파동론 관점에서 현 시점이 네 번째 산업혁명의 시기가 아니라는 주장을 펴곤 한다.

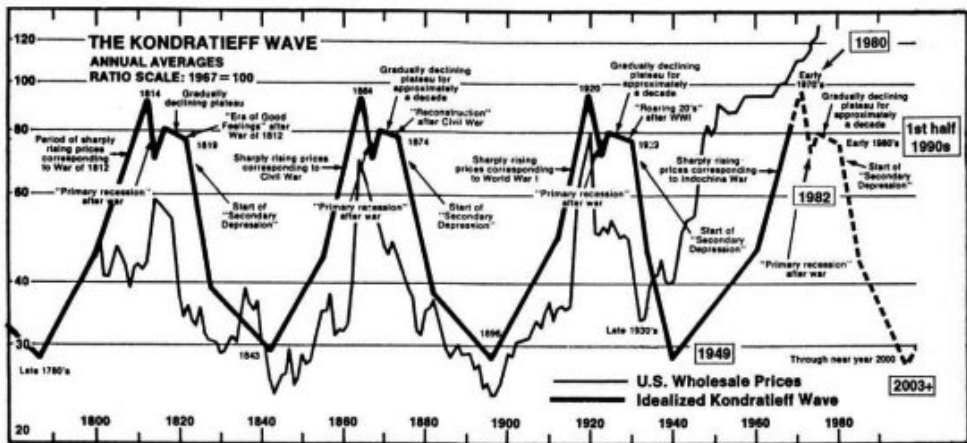
니콜라이 콘드라티에프(Nikolai D. Kondratiev)의 '장기파동론(Kondratieff Cycle or Long



Wave Cycle)에서는 자본주의 경제시스템이 약 40~60년을 주기로 호황(prosperity) → 침체(recession) → 불황(depression) → 회복(recovery) 형태의 파동을 경험해 왔다고 설명하고 있는데, 이 이론은 舊소비에트연방의 경제전문가가 펼쳤던 이론이었음에도 불구하고, 새로운 과학기술의 등장과 글로벌 산업구조의 재편이 서로 맞물려서 발전해왔다는 사실을 잘 설명하는 이론으로 평가받아 왔다.

장기파동론의 맥락에서 보면, 1차 장기파동은 1차 산업혁명과, 3차 장기파동은 2차 산업혁명과, 5차 장기파동은 3차 산업혁명과 연관된 것으로 이해된다. 이처럼 홀수 차의 장기파동을 과거의 산업혁명에 대응시키고, 짝수 차의 장기파동을 산업혁명의 확산·연장의 시기로 본다면, 4차 산업혁명은 별개의 산업혁명이라기보다는 3차 산업혁명의 확산 또는 연장의 시기로도 이해할 수 있다.<sup>11)</sup> 반면에 장기파동론이 주장한 주기(40~60년)를 입증할만한 통계적 근거가 빈약하다는 반론 또한 만만찮은 상황이기 때문에, 장기파동론을 근거로 해서 4차 산업혁명이 실제로 존재하지 않는다고 주장하는 것은 설득력이 떨어지는 것으로 판단된다.

여기서 과거 세 차례의 산업혁명사를 돌아켜보면, 산업혁명이 학술적으로 인정되거나, 보편적으로 받아들여지기 위해서는 크게 두 가지 조건이 충족되어야 함을 알 수 있다.



〈그림 1〉 콘드라티에프의 장기파동(Kondratieff Cycle)<sup>12)</sup>

첫째, 산업혁명을 촉발할 정도의 혁신적인 과학기술들이 연달아 등장해야 한다는 조건이다.

둘째, 그러한 혁신적·연속적 과학기술의 등장에 의해 글로벌 산업 및 사회시스템에 확연한 변화가 발생해야 한다는 조건이다.

이런 측면에서, 현재 진행되고 있는 혁신적 과학기술들(인공지능, 빅데이터, IoT, 드론, 자율주

11) 심진보 외(2018), '신기술과 소비자이슈', 한국소비자원 정책연구실.

12) [http://blogfiles.naver.net/20140723\\_291/justalive\\_1406089820644wJdY\\_JPEG/jubilee-page77image.jpg](http://blogfiles.naver.net/20140723_291/justalive_1406089820644wJdY_JPEG/jubilee-page77image.jpg)

행차, 3D·4D 프린터, 유전자편집기술 등)의 잇단 등장이 첫 번째 조건을 충족시키고 있다면, 아직까지 글로벌 산업·사회시스템의 변화가 지난 3차 산업혁명 시기에 비해 확연하게 나타나지 않고 있기 때문에, 현재 진행되고 있는 대변혁을 4차 산업혁명으로 정의내리는 것을 주저하게 만드는 것이 사실이다.

하지만 과거의 산업혁명들과 마찬가지로, 4차 산업혁명의 학술적 입증은 아마도 산업혁명의 끝날 무렵 또는 완전히 끝난 후에나 가능할 것이다. 따라서 4차 산업혁명이 실제로 존재하는가에 대해 소모적인 논쟁을 벌이기보다는, 현재 벌어지고 있는 대변혁을 4차 산업혁명이라고 가정하고, 그 변화의 본질을 이해해서 변화에 선제적으로 대응하는 정책과 전략이 필요한 시점이라 하겠다.

## 2. 4차 산업혁명 시대의 핵심적 변화상

### 1) 초연결사회의 도래

‘초연결사회(Hyper-Connected Society)’는 사람과 사람, 사람과 기기, 기기와 기기가 디지털 네트워크를 통해 촘촘하게 연결되어 실시간으로 정보를 주고받고 의사소통 할 수 있는 사회를 의미한다. 2020년경이 되면, 약 50억의 인류가 인터넷을 사용하고, 600억 개가 넘는 스마트디바이스가 서로 연결되며, 수 조개의 사물에 센서와 네트워크가 장착될 것으로 예측된다. 이렇게 많은 사람·기기·사물들이 디지털 네트워크로 연결되면서 지금까지의 지구와는 전혀 다른 ‘연결의 세상(Connected-World)’이 펼쳐질 수 있다. 즉, 그 연결의 세상 속에서는 보다 높은 수준의 편리성이 제공되고, 실시간 커뮤니케이션이 이루어지며, 그 와중에 엄청난 빅데이터가 실시간으로 쏟아지면서, 그 빅데이터를 학습하여 진화하는 인공지능에 의해 편리성과 정보교환의 효율성이 점점 더 높아지는 미래의 구현이 가능해지는 것이다.

초연결사회를 구현하는 핵심기술들로는 유선 네트워크 기술, 이동통신기술들(2G, 3G, 4G, 5G 등), M2M(Machine-to-Machine), 사물인터넷(IoT : Internet of Things), 만물인터넷(IoE : Internet of Everything), 클라우드(Cloud) 기술 등의 네트워크 기술들을 꼽을 수 있다.

또한, 초연결사회는 모든 것이 연결된다는 장점만큼 우려되는 부분이 있는데, 바로 보안(Security) 문제다. 모든 사람과 사물이 연결되면 어느 한 곳의 보안이 뚫릴 경우에 자칫 모든 연결망의 보안이 취약해질 수도 있다는 우려를 말한다. 따라서 초연결사회를 제대로 유지하기 위해서는 보다 진화된 보안기술이 필요하다. 현재 가상화폐 분야에서 많이 언급되는 블록체인

(Blockchain) 기술이 바로 그 대표적인 미래형 보안기술이다.

한편, 향후의 초연결기술 진화 방향에 대해서도 다양한 전망들이 나오고 있는데, 공통적인 전망은 사람, 사물, 기기 간의 연결이 촘촘해질 것이라는 ‘유기체化’와 지능정보기술과의 결합을 통해 스스로 진화하는 네트워크가 될 것이라는 ‘지능형 인프라化’로 압축할 수 있겠다.<sup>13)</sup>

## 2) 초증강현실사회의 도래

최근에 실감화 기술이 발전하면서, 평소에도 자주 접할 수 있는 용어가 바로 가상현실(VR)과 증강현실(AR)이라는 기술명이다. 여기서 ‘증강현실(AR; Augmented Reality)’은 현실 속의 이미 지나 배경에 3차원 가상이미지를 겹쳐서 하나의 영상으로 시각화해주는 기술을 말하는데, 혼합현실(Mixed Reality, MR)이라는 용어도 그런 개념으로 사용되고 있다. 반면에, ‘가상현실(VR; Virtual Reality)’은 증강현실과 달리 배경, 환경, 객체(이용자 자신 포함) 모두가 현실이 아닌 가상 이미지로 구현되어 시각화해주는 기술을 말한다.<sup>14)</sup> 한 마디로, 우리가 사용하는 다양한 스마트 기기 화면에 나타나는 이미지가 현실과 가상적인 것이 혼합되어서 나타나면 증강현실 또는 혼합현실이라고 부르는 것이고, 모든 이미지가 가상이라면 가상현실인 것이다.

이 밖에 실감적으로 디지털세상을 보여주는 대표적 기술로는 ‘홀로그램(Hologram)’을 꼽을 수 있다. 홀로그램은 2차원의 화면을 벗어나 실제 인간이 보는 것처럼 360도 전 방향에서 입체 영상을 구현하는 기술이다. 스타워즈 영화 속의 통신방법을 실제로 구현시키는 기술이라고 생각하면 쉽다.

한편, 단순히 실감을 높여주는 기술뿐만 아니라 가상세계와 현실세계를 밀접하게 연결시켜 주는 기술도 발전하고 있다. 바로 ‘CPS(Cyber-Physical System; 사이버 물리 시스템)’ 기술이다. CPS는 현실 세계의 다양한 물리, 화학 및 기계공학적 시스템(Physical Systems)을 컴퓨터와 네트워크(Cyber Systems)를 통해 자율적, 지능적으로 제어하는 시스템 기술을 말한다. 즉, 가상으로 만들어진 사이버세계와 현실세계를 긴밀하게 연결해서, 현실공간이나 사이버공간에서 어떤 작업을 하면 반대의 공간에서도 같은 일이 일어나도록 만들어주는 기술이 바로 CPS라고 이해하면 쉽겠다.

가까운 미래에 이상의 실감화 기술들과 CPS 기술이 발전하게 되면서 인류사회는 현실세계(물질세계)와 가상세계가 서로 구분할 수 없을 정도로 밀접해지는 ‘초증강현실사회’에 진입하게 될 것으로 예견되며, 이러한 변화를 이끄는 것이 바로 4차 산업혁명일 것으로 전망된다.

13) 심진보 외(2016), “대한민국 4차 산업혁명”, 콘텐츠하다.

14) 네이버 지식백과; <http://terms.naver.com>

### 3) 지능정보사회의 도래

4차 산업혁명의 가장 큰 변화를 말하라면, 바로 인간의 두뇌를 보완하고 대신할 수 있는 기술들이 속속 등장하고 있다는 점일 것이다.

과거 세 차례의 산업혁명이 주로 인간의 손과 발, 즉 노동력을 대신하는 과학기술들의 등장으로 인해 생산성이 크게 향상되는 형태의 대변혁이었다면, 네 번째 산업혁명은 인간의 두뇌를 보완하고, 궁극적으로는 인간의 두뇌를 대신하는 형태의 대변혁이 될 가능성이 높다.

그렇다면 왜 인간의 두뇌를 보완하거나 대신하는 과학기술이 필요하냐고 묻는다면, 현재 인간사회가 너무 복잡해지고, 빠르게 변화해서 '분석'과 '예측'을 하는 것이 너무 어려워졌기 때문이라고 답할 수 있을 것이다.

정보화 혁명(3차 산업혁명)이 벌어지던 20세기 후반에 사람들이 어떤 분야의 미래를 예측하기 위해서 수천~수만 행의 엑셀을 분석했었다면, '초연결사회(Hyper-Connected Society)'로 불리는 21세기는 실시간으로 엄청난 데이터가 쏟아져 나오는 세상이기 때문에 미래 예측을 위해서 기본적으로 수천억~수조 개의 행과 열로 이루어진 엑셀을 분석해야 하고, 게다가 그 수치들이 눈앞에서 실시간으로 변화하게 된다.

결국 현재의 인간 두뇌가 가진 분석력과 판단력만으로는 도저히 예측을 할 수 없는 세상이 되어간다는 말이다. 그래서 인류가 생각해 낸 해결책은 크게 두 방향으로 진행 중이다. 그 하나는 인간의 두뇌를 보완·대신하는 디지털기술을 발전시키는 것이고, 다른 하나는 인간의 두뇌 자체를 제대로 이해해서 그 능력을 더 강화시키는 방법이다.

지능정보기술이라고 불리는 빅데이터(Big-Data) 기술, 인공지능(AI; Artificial Intelligence) 기술 등이 전자의 대표적인 예이고, 후자로는 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI; Brain-Computer Interface) 기술, 커넥톰(Connectome) 연구, 두뇌 임플란트(Brain Implant) 기술 등을 꼽을 수 있다. 또한, 여기에 생명공학, 신경과학, 유전자 편집기술, 합성생물학 등 다양한 바이오기술이 융합되고 있어서 그 변화를 가속화시키고 있다.

그래서 '지능정보사회(Intelligent Information Society)'란 고도화된 정보통신기술 인프라를 통해 생성, 수집, 축적된 데이터와 인공지능(AI)이 결합한 지능정보기술이 경제, 사회, 삶 모든 분야에 보편적으로 활용됨으로써 새로운 가치가 창출되고 발전하는 사회를 의미한다.<sup>15)</sup>

현재, 데이터와 지식이 토지·노동·자본 등의 기존 생산요소보다 중요해지고, 다양한 제품·서비스 융합으로 산업간 경계가 붕괴되며, 지능화된 기계를 통한 자동화가 지적노동 영역까지 확장되는 등 경제와 사회 전반에 걸쳐 혁신적인 변화가 발생하면서 지능정보사회가 도래하고 있는 중이다.

15) 위키백과, <https://ko.wikipedia.org/>

### 3. 4차 산업혁명의 본질

지금까지 세 차례의 산업혁명들을 돌이켜보면, 그 진행속도가 점차 빨라지고, 그 파급력 또한 점차 넓어졌음을 알 수 있다. 그래서 21세기부터 시작된 4차 산업혁명이 기존 산업혁명들에 비해 더 짧은 기간에 더 큰 파급력을 발휘할 것으로 전망되고 있는 것이다.

또한, 4차 산업혁명의 기반기술이라 할 수 있는 디지털기술이 가지는 특성이 데이터를 보다 값싸게 생산·유통시키고, 보다 빠르게 전달하는 것이다 보니, 이러한 디지털기술이 더욱 고도화되면서 발행하는 4차 산업혁명의 속도와 파급력은 예측불허의 수준으로 전개될 가능성이 높다.<sup>16)</sup>

세계경제포럼 의장인 클라우스 슈밥(Klaus Schwab)은 4차 산업혁명 시대에는 정보통신기술, 유전자 조작기술, 나노기술, 신소재기술, 재생가능에너지, 퀀텀컴퓨팅, 로봇 등 다양한 기술이 융합하여 물리학·디지털·생물학 분야가 상호 교류하여 발전하는 양상을 보일 것으로 예상한 바 있다.<sup>17)</sup>

앞서 살펴보았던 대로, 1차 산업혁명 시대에 영국은 국가 차원에서 과학과 기술 지식을 축적시키는 시스템을 갖추었으므로 산업혁명이라는 거대한 변혁을 잉태시킬 수 있었다. 현재 4차 산업혁명을 이끄는 기술적 변화들은 무엇보다도 디지털 데이터의 '수집'과 '축적'을 필요로 한다. 또한, 이렇게 축적된 데이터들을 '분석'해서 가능한 정확한 '예측'을 해야만 다른 경쟁자들을 앞설 수 있다. 이러한 분석과 예측을 가능케 하는 기술들로서 빅데이터와 인공지능 기술 등의 지능정보기술이 대두하고 있는 것이다.

따라서 4차 산업혁명의 본질은 한 마디로 '초연결 기반의 지능화 혁명'이라고 정의할 수 있다. 즉, < 초연결사회 속에서 디지털 데이터를 수집·축적하는 시스템을 잘 갖추고, < 그렇게 축적된 데이터를 분석·예측하는 시스템을 통해 새로운 비즈니스모델과 효율적인 생산-유통 방식, 그리고 새로운 아이디어들을 끄집어내며, < 그렇게 해서 창출된 새로운 제품과 서비스를 보다 '실감'있게 제공할 수 있는 기업이나 국가가 경쟁에서 승리하는 게임이 바로 4차 산업혁명이라는 것이다.

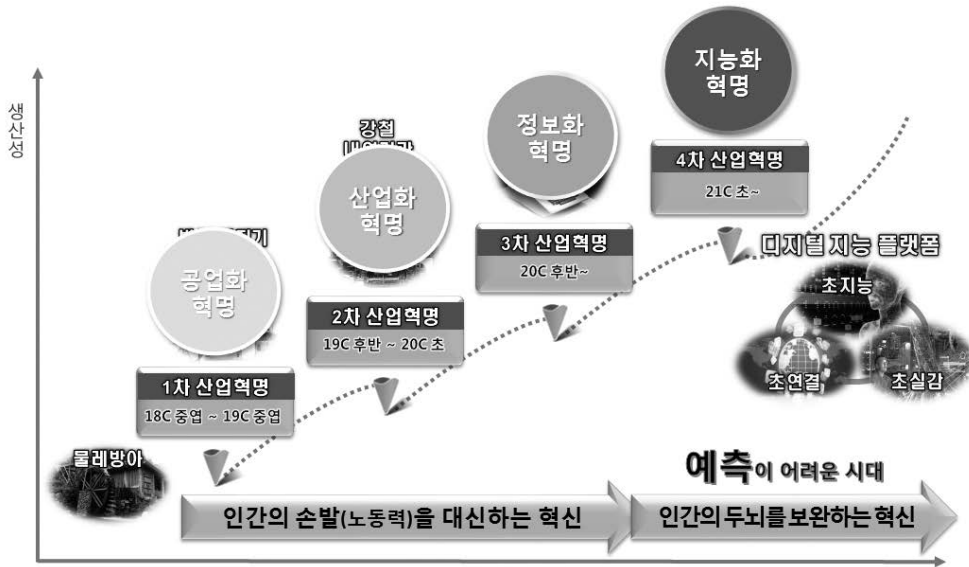
결국, 3차 산업혁명을 이끄는 원동력이었던 '디지털 변혁(DX; Digital Transformation)'이 점차 지능화되면서 '디지털 지능화(IDX; Intelligent Digital X-formation)'가 벌어지고 있고, 바로 이러한 디지털 지능화를 선도해야만 새로운 미래성장동력을 창출해낼 수 있는 거대한 변혁이 바로 4차 산업혁명이라 하겠다.

16) ETRI IDX 추진위원회(2018), '5대 융복합 분야 디지털 지능화(IDX) 추진전략'.

17) 클라우스 슈밥(2016), "클라우스 슈밥의 4차 산업혁명", 새로운 현재.

18) 심진보(2018), '사물인터넷과 소비생활', 한국소비자학회 2018 춘계학술대회 기초강연 내용 중.

4차 산업혁명의 본질



<그림 2> 4차 산업혁명의 본질<sup>18)</sup>

### 참고문헌

- 과학기술정보통신부(2018), 4차 산업혁명의 파급효과와 대응방향, 정부 4차산업혁명위원회 발제자료.
- 과학기술정책연구원(2017), 역사에서 배우는 산업혁명론: 4차 산업혁명과 관련하여.
- 니얼 퍼거슨(2011), 〈시빌라이제이션; 서양과 나머지 세계〉, 21세기북스.
- 심진보 외(2016), 4차 산업혁명과 ICT, ETRI Insight Report.
- 심진보 외(2016), 〈대한민국 제4차 산업혁명〉, 콘텐츠하다.
- 심진보(2018), 사물인터넷과 소비생활, 한국소비자학회 2018 춘계학술대회 기조강연.
- 클라우드 슈밥(2016), 〈클라우드 슈밥의 4차 산업혁명〉, 새로운 현재.
- 하원규, 최남희(2015), 〈제4차 산업혁명〉, 콘텐츠하다.
- 한국소비자원 정책연구실(2018), 〈신기술과 소비자이슈〉.
- 한국수출입은행 해외경제연구소(2016), 4차 산업혁명 시기의 한·중 산업 정책 및 경쟁력 비교 연구.
- Bijker, Wiebe E., Thomas P. Hughes, & Trevor Pinch(1987), The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology, Cambridge.
- ETRI IDX 추진위원회(2018), 5대 융복합 분야 디지털 지능화(IDX) 추진전략.
- IDC(2015), Digital transformation(DX): An opportunity and an imperative.
- Landes, David, S.(1969), The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present, Cambridge, New York: Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Stolterman, E., & Fors, A.C.(2004), Information Technology and the Good Life, in: Information systems research: relevant theory and informed practice.
- 네이버 국어사전, <http://krdic.naver.com>
- 네이버 지식백과, <http://terms.naver.com>
- 위키백과, <https://ko.wikipedia.org>
- [http://blogfiles.naver.net/20140723\\_291/justalive](http://blogfiles.naver.net/20140723_291/justalive)
- International Monetary Fund, <http://www.imf.org>

# 대전세종포럼

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM



## 2장

# 정부의 4차 산업혁명 추진 방향 - 스마트시티를 중심으로

이재용 국토연구원 스마트녹색도시 연구센터장

# 정부의 4차 산업혁명 추진 방향

## - 스마트시티를 중심으로

이재용 국토연구원 스마트녹색도시 연구센터장

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

## I. 4차 산업혁명과 공간 패러다임의 변화

2016년 다보스 포럼의 주제로 '4차 산업혁명의 이해'가 채택되면서 4차 산업혁명이라는 용어는 전 세계 많은 사람들의 주목을 받는 어젠다로 급부상하게 되었다. 산업혁명은 기술 발전으로 인하여 급진적이고 근본적인 변화가 생겨나는 것을 의미한다고 하겠는데 기술의 변화는 또한 공간구조의 변화 역시 병행하여 발생한다.

〈표 1〉에서 볼 수 있는 것처럼 수렵 및 채집생활에 기반하여 이동생활을 하던 인류는 농업생활을 기반으로 정착생활을 시작하게 된다. 농업기술의 발견은 공동 노동 및 식량생산의 증가로 나타나며 이는 다시 물리공간상의 인구 증가 및 기반시설 등의 집적을 발생하게 하였다. 그리고 이러한 물리공간상의 집적을 기반으로 도시화가 이루어지게 된다. 농업혁명 이후 오랜 세월이 지난 후 인간의 노동력이 기계의 노동력으로 대체되는 변화가 발생하게 된다. 제1차 산업혁명과 2차 산업혁명은 대량생산체계를 구축하게 만든 기술이 중심이 되어 물리공간의 집적이 확대되면서 공간상의 수평적 확대와 건물들의 수직적 상승 등을 포함하는 입체적 집적을 가능하게 하였다. 그리고 3차 산업혁명은 인터넷을 중심으로 이전에 존재하지 않았던 가상공간 출현을 가능하게 하였다. 가상공간의 출현은 물리적으로 떨어져 있어도 가상공간을 통하여 상호 교류를 가능하게 하였다. 현재는 정보통신기술을 기반으로 인터넷 중심의 가상공간과 물리적 공간의 통합 및 연계가 확대되고 있는 4차 산업혁명의 도입 시기라고 할 수 있다.

〈표 1〉 산업혁명과 공간 패러다임 변화

	농업혁명 (BC 3000)	1차 산업혁명 (1782)	2차 산업혁명 (1913)	3차 산업혁명 (1954)	4차 산업혁명 (2015)
기술 발전	농업의 산업화	증기기관	컨베이어 벨트	컴퓨터 제어/ 인터넷 등	사물인터넷, 인공지능, 빅데이터 등
공간	물리공간상의 집적	물리공간상의 입체적 집적		가상공간 출현	가상 및 물리적 공간 통합·연계

자료: 이재용 외 5인(2016)

1, 2차 산업혁명과 다르게 3, 4차 산업혁명은 가상공간을 통하여 시간과 장소의 제약을 벗어나게 되면서 산업 창출에 있어서 많은 차이를 나타나게 된다. 1차 산업혁명과 2차 산업혁명에서 새로운 산업 창출을 위해서는 사업 전 공장 및 시설물 등의 설치 등을 포함하여 대규모 자원 투자가 선행되어야 하였다. 기계가 사람들의 노동력을 대체하게 되면서 더 많은 기계 설비 및 대형 공장을 구축하여 더 많은 상품을 더 싼 가격에 제공할 수 있는 것이 경쟁력에 있어서 가장 중요한 요소였다. 또한 생산체계를 효율적으로 하기 위하여 하나의 상품을 생산하는 수직적 통합이 중요하였다. 초기 대규모 자원투자를 가능하게 하는 것은 한번 시설을 갖추고 난 이후 생산이 크게 변화 없이 장기적으로 지속가능하기 때문이다.

반면 3차 및 4차 산업혁명의 경우는 상대적으로 소규모의 자원투자만으로 창업이 가능하기 때문에 많은 사람들이 쉽게 참여할 수 있다. 그리고 사업에서의 경쟁력은 이전과 다른 새로운 아이디어를 기반으로 하며 저장, 운송, 복제에 드는 비용이 거의 없는 데이터가 산업재료로 사용되고 있다. 특히, 정보통신기술의 발전은 기존에 존재하고 있는 산업군 간 연계를 통하여 새로운 산업군을 만들어 가는 것이 가능하기 때문에 다양한 분야 산업 간 연계 협력을 위한 수평적 통합이 중요하게 작동한다. 즉, 기업의 '수확체감의 법칙(자본과 인력 등 생산요소를 투입할수록 생산량이 많아지지만 한계점 도달 이후 생산요소를 투입할수록 생산량이 낮아진다는 경제법칙)'이 항상 유효하게 적용되지 못하는 시대가 되었다. 실제 파괴적 혁신을 지향하는 인스타그램 등과 같은 4차 산업혁명 관련 기업들은 소자본으로 큰 성공을 이루어내고 있음을 보여주고 있다. 〈표 2〉는 1, 2차 산업혁명과 3, 4차 산업혁명의 특성을 보여주고 있다.

〈표 2〉 1, 2차 산업혁명과 3, 4차 산업혁명의 특성

	산업 특성	연계 통합	창업 동력	대표 기업	산업 주기
1차 및 2차 산업혁명	소품종 대량생산 체계	수직적 통합	초기 대규모 자원투자	포드	장기
3차 및 4차 산업혁명	다품종 소량생산 체계	수평적 통합	혁신적 아이디어 및 데이터	구글	단기

4차 산업혁명은 그 개념에 대하여 다양한 의견들이 아직까지 존재하고 있으며 일부 전문가들의 경우는 3차 산업혁명의 연장에 불과하다는 의견 역시 존재하고 있다. 하지만 공간적 측면의 변화를 생각해 본다면 이전과 다르게 정보통신기술의 도움으로 가상 및 물리적 공간이 통합·연계되어 새로운 공간을 만들어 간다는 점은 분명한 차이점으로 판단된다.

4차 산업혁명과 공간이 융합되어 나타난 현재 가장 주목받고 있는 새로운 분야가 스마트시티라고 할 수 있을 것이다. 본 원고에서는 4차 산업혁명의 특성을 스마트시티를 중심으로 살펴보고 향후 정부의 4차 산업혁명 추진 방향에 대하여 논의해 보고자 한다.

## II. 4차 산업혁명과 스마트시티

### 1. 연계 및 융·복합의 핵심기술, ICBM

4차 산업혁명의 특성은 정보통신기술 기반의 연계 및 융·복합이라는 단어로 설명될 수 있다고 생각된다. 앞서 언급한 것처럼 사물인터넷의 발전은 가상공간과 물리적 공간의 공간적 연계를 확대시키며 기존 산업과 산업 간 경계를 허물어 융·복합을 기반으로 새로운 산업 창출을 용이하게 한다. 연계 및 융·복합의 기반이 되는 핵심 정보통신기술은 ICBM (IoT, Cloud, Big Data, Mobile)로 대표되는데 각 핵심기술의 특성을 살펴보면 정보의 흐름과 직접적으로 관련되어 있음을 알 수 있다. 즉, IoT(Internet of Things: 사물인터넷)를 통한 물리공간상의 정보 취득, 취득된 대용량 정보를 통칭하는 Big Data, 이전과 다른 대용량 정보를 저장하기 위한 효율적 수단인 Cloud, 언제 어디서나 대용량 정보 중 필요한 정보를 취득하기 위해 필요한 Mobile로 생각되는데 그 기술 중요성으로 인하여 세계 각국에서는 새로운 성장동력으로 인식하고 국가 현안 해결, 공공부문 혁신 및 민간부문 경쟁력 강화를 위하여 적극적으로 활용되고 있다.

연계 및 융·복합을 위한 출발점이 되는 IoT 기술은 2011년 이후 가트너가 제시한 10대 IT 전략기술에 항상 포함되고 있으며 IoT가 창출하는 경제효과는 향후 10년 간 ('13~'22) 19조 달러(공공 4.6조 달러, 민간 14.4조 달러) 규모가 될 것으로 예측되기도 한다(Cisco, '13년). 해외 각국 역시 IoT를 향후 4차 산업혁명 시대가 도래할 때 가장 핵심 기술로 인식하고 다양한 계획들을 발표하여 왔다. EU의 경우 2006년 이미 '유럽정보화사회 2010' 계획 하에 사물인터넷 시대를 준비하기 시작하였고, 2013년 '사물인터넷의 역동적이고 신뢰도가 높은 발전을 위한 정책 옵션'을 제시하며 사물인터넷 정

책을 적극 추진 중에 있다. 또한 미국에서는 국가정보위원회에서 2025년까지 세계에 중요한 영향을 미칠 이머징 기술에 대한 보고서(Global Trends 2025)에서 6대 혁신문명기술 중 하나로 IoT를 선정하고 이에 대한 세부 계획을 설정하였다. 일본 역시 '스마트 IoT 추진전략'을 수립하고 이에 대한 사업들을 추진하고 있는데 IoT 분야를 크게 대용량 정보 처리 중심의 스마트시티(고정계 IoT)와 실시간 정보 처리 중심의 자율주행(이동계 IoT)을 구분하여 접근하고 있다.

Cloud는 미국기업들이 세계 시장 대부분을 차지하고 있다. 특히 서버 가상화 기술은 VMware, IBM, HP, Parallels, Citrix 등 상위 5개 글로벌 기업이 세계시장의 96%를 차지하고 있는데, 구글, IBM 등의 미국 기업이 전 세계 데이터센터의 34%를 차지하며 클라우드 컴퓨팅 분야 기술 개발 및 투자를 확대 중에 있다.

빅데이터 분야는 플랫폼 기술과 연결되고 데이터를 오픈할 수 있는 방안들에 대한 논의가 전 세계적으로 지속되고 있다. 특히 유럽 등 국가에서는 데이터를 시민에게 오픈하여 이를 서비스로 연결시키려는 다양한 프로그램들을 갖춰 나가고 있는 중이다.

기술적 측면에서 살펴보면 정보통신기술은 기존에 존재하던 분야들을 연계 및 융·복합하는 측면에서 장점을 가지고 있다. 데이터라고 하는 중간 매개체는 정보통신기술을 기반으로 각 분야들을 연결해 주는 역할을 수행한다. 따라서 현재 중요하게 인식되고 있는 정보통신기술을 살펴보면 IoT는 가상공간과 물리공간을 연결시켜 주기 위하여 물리공간상의 주변 현황에 대한 실시간 데이터를 수집하고 이를 가상공간에 전송하여 가상공간 역시 물리공간과 동일하게 변화시켜 나감으로써 두 공간상의 연결을 크게 확대시켜 나간다. 두 개 공간이 실시간으로 동일하게 작동한다는 의미에서 디지털 트윈이라는 표현을 사용하기도 한다. 물리공간 여기저기에 센서들을 통하여 정보들을 수집하게 되면 이는 빅데이터 형태로 전환되어 우리가 세상을 이해하고 예측하는 힘을 부여해준다. 막대한 양의 빅데이터 자체를 효율적으로 저장하기 위하여 클라우드 기술을 활용하고 다시 이를 분석하기 위해서는 인공지능 기술이 필요하게 된다. 결국 물리공간 상의 모든 정보들을 가상공간과 연결하여 이를 효과적으로 분석함으로써 현상에 대한 이해도를 높여주고 이는 다시 공공의 이익으로 전환될 수 있다. 또 분야별로 접근하였던 방식을 전체적으로 연계 및 통합하는 플랫폼 역시 매우 중요한 기술로 자리 잡고 있다.

4차 산업혁명에서의 기술적 특성은 물리공간상에서 발생하는 모든 현상들을 이해할 수 있을 만큼 많은 데이터를 수집하고 이를 분석하는 것이 가능해진 시대로 도래하고 있음을 알 수 있다. 이러한 데이터 기반 외 4차 산업혁명의 특성은 속도와 범위에 있어서 이전과 비교할 수 없을 만큼 빠르고 넓다는 특성을 지니고 있다. 변화의 속도에 있어서는 이전 농업혁명 이후 1차 산업혁명이 등장한 시기와 3차 산업혁명 이후 4차 산업혁명이 등장한 시기를 비교해 보면 혁신의 속도를 실

감할 수 있다. 정보통신 관련 기술 자체로도 1876년 벨이 발명한 실용 전화기 보급에 걸린 시간이 73년이었다면 인터넷은 20년, 휴대전화는 14년 밖에 걸리지 않았다고 한다. 또한 범위에 있어서도 전통적 산업군들 간 경계가 정보통신기술의 연결성에 의하여 점차 무너지고 있다. 일례로 자동차 중 전자부품의 비중은 2005년 23%에서 2013년 60% 이상이 되면서 더 이상 제조업과 정보통신업 간 구분이 무의미한 시대로 접어들고 있다. 이전 산업과 다른 속도 및 범위로 인하여 신산업들을 예측하기 더욱 어려워지고 있으며 이러한 예측을 기반으로 특정 산업을 육성하는 것 역시 어려운 시대가 되고 있다.

## 2. 정보통신기술과 스마트시티

### 1) 스마트시티의 등장배경과 해외 동향

정보통신기술 발전으로 대용량의 실시간 정보들을 제공하고 이를 분석 가능해지면서 이전에 불가능하였던 다양한 사회적 문제를 해결하고 새로운 가치를 창출할 수 있는 시대가 되었다. 해외 각국에서는 정보통신기술을 기반으로 사회적 과제를 해결하고 새로운 가치 창출을 위하여 실제 도시공간상에서 이를 실증하는 정책들을 수행하는데 이러한 정책들이 스마트시티 정책으로 구현되고 있다.

우리는 장기적으로 지속될 수 밖에 없는 시대의 커다란 흐름 또는 추세를 메가트렌드로 정의하고 있으며 대표적으로 인구 추세, 기술변화 등을 메가트렌드로 생각하고 있다. 특히 도시 인구의 증가는 가장 중요한 메가트렌드의 하나로 UN의 '세계 도시화 전망(World Urbanization Prospect, 2014) 보고서에서는 1950년 18억 명 정도에 불과했던 세계 도시인구가 2014년 39억명, 2050년에는 63억명에 이를 것으로 예상하였다. 즉 100년이라는 짧은 기간 동안 도시 인구는 3배 이상 증가할 것으로 예측되고 있으며, 급격히 증가하는 도시 인구를 수용할 수 있는 지속 가능한 새로운 도시 모델 필요성이 증대되었다.

새로운 도시 모델의 필요성을 가장 먼저 인지한 것은 유럽이었으며 특히 급격한 도시화 및 개발도상국 경제 성장에 따른 에너지 소비량 증가가 도시의 지속가능성을 위협하고 있다고 판단하고 이를 해결하기 위한 수단으로 스마트시티 전략을 추진하였다. 이를 위하여 EU는 2012년 7월에 '스마트시티 및 커뮤니티 혁신 파트너십(Smart Cities and Communities Innovation Partnership)'을 출범하였다. 이 시기 유럽의 스마트시티 모델은 새로운 방식을 채택하여 효과적으로 에너지 중심의 도시문제들을 해결하기 위한 목적을 두고, 시민참여 기반 도시문제 해결,

운송수단 및 에너지 분야의 친환경적이고 지속 가능한 정보통신기술 기반의 해결 수단 채택, 데이터 거버넌스를 포함한 융복합적 조직체계 구축 등을 제시하였다. 스마트시티 모델을 도시 문제해결 수단으로 채택한 것은 정보통신기술이 실용화 수준에 이를만큼 이미 발전해 있었고 또한 저비용 고효율적 문제해결 수단이라는 스마트시티 특징 때문이었다. 스마트시티의 문제 해결 방식은 유용한 정보를 필요한 사람에게 실시간으로 전달해 주는 것으로 도시문제 해결에 있어서 매우 효율적인 방식이었다(〈표 3〉 참조).

〈표 3〉 1, 2차 산업혁명과 3, 4차 산업혁명의 특성

구분	기존도시 대응	스마트도시 대응	효과 분석
교통 혼잡	교통이 혼잡한 도로를 확장 또는 신규 도로를 건설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혼잡한 도로에 대한 정보를 운전자에게 실시간으로 전달하여 혼잡하지 않은 도로로 우회할 수 있도록 유도</li> <li>• 실시간 교통량에 따라 교통신호를 제어하여 원활한 교통흐름 유도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로 확장 및 신규도로 건설 등 투자비용 절감</li> <li>• 차량정체로 인해 발생하는 환경오염 및 차량 연료 절감</li> <li>• 영국 M42 고속도로의 스마트교통시스템 적용 후 통행소요시간 25%, 교통사고 50%, 대기오염 10% 감소</li> </ul>
주차 문제	새로운 신규 주차장의 건설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 빈 주차공간을 운전자에게 실시간으로 전달하여 주차할 수 있도록 유도</li> <li>• 도시의 특정 행사정보나 기상상태정보에 따른 사전 수요예측정보로 대중교통이용 유도</li> <li>• 카 셰어링 등의 서비스를 활용하여 차량의 도심진입을 최소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주차공간을 찾기 위하여 헤맬 필요가 없어 시간, 차량 연료 절감 및 환경오염 해결</li> <li>• CISCO에 의하면 향후 전 세계 410억 달러 이상의 수익이 스마트주차에서 발생할 것으로 예측</li> </ul>
방법 문제	경찰 인력의 전 지역적 투입	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 방법 CCTV와 교통용 CCTV의 복합화로 적정규모의 예산으로 범죄 발생 시 경찰인력의 즉각적 투입</li> <li>• 스마트 범죄 관련 앱 활용을 통하여 범죄 발생 시 인근 경찰에게 연락</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 범죄 발생 시 경찰인력의 즉각적 투입으로 국내의 경우 지자체 대부분이 스마트 방법 시스템 도입 후 20% 정도 범죄 발생을 감소</li> </ul>
상하수도	상하수도 누수 지점에 대한 정보 취득 불가능	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실제 상하수도 누수지점을 센서를 통하여 전달 받아 즉각적 조치 가능</li> <li>• 상하수도설치시점과 지질정보 통합에 의한 장기적 노후도 추정에 따른 누수가능지역 추정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 카타르 도하/브라질 상파울로/중국 베이징의 경우 40 ~ 50% 정도의 누수예방 효과</li> </ul>
쓰레기	정기적으로 쓰레기 수거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 쓰레기통에 센서를 적용하여 쓰레기 배출량을 모니터링하고 쓰레기통이 가득 찬 경우만 수거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국 신시내티의 경우 쓰레기 배출량 17% 감소 및 재활용 쓰레기 49% 증가</li> </ul>
가로등	저녁 일정시간 동안 가로등 점등	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가로등에 센서를 부착하여 사람들이 가로등 근처에 접근할 경우만 점등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스페인 바로셀로나의 경우 연간 30% 정도의 에너지 절감효과</li> </ul>

자료: 이재용 외 5인(2016)

이후 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 등으로 대표되는 정보통신기술을 적용하는 새로운 방식의 도시 모델에 대한 전 세계적 관심이 집중되면서 2014년 대표적 개발도상국이라 할 수 있는 중국의 500개 스마트시티 건설 및 인도의 100개 스마트시티 건설 추진으로 스마트시티 관련 논의가 전 세계적으로 본격화 되었다. 중국정부는 2020년까지 전국 500개 스마트시티(지혜성시) 건설 사업을 완료하기로 결정하고 이를 위하여 각 부처 25개 위원회를 참여시킨 가운데 총 사업비 1조 위안(182조 원)을 투자하기로 선언하였다. 중국은 특히 급속한 도시화 외 도시전체 인구 대비 중상위층이 2013년 14%에서 2020년 56%로 증가할 것으로 전망되면서 중상위층 소비증가로 다양한 도시문제가 발생할 가능성이 높기 때문에 저비용 고효율의 도시문제 해결 수단이 필요한 상황이었다. 인도 역시 5년 간 중앙정부 예산 약 75억 달러(약 8조 원)를 우선적 투자하여 100개 스마트시티 추진을 선언하였으며 모자라는 재원을 보충하기 위하여 적극적인 해외 투자 및 민간자본 유치를 추진 중에 있다.

초기 스마트시티 관련 논의는 유럽의 도시문제를 해결하기 위한 시민 참여 중심의 스마트시티 추진방식과 중국으로 대표되는 중앙정부의 과감한 투자를 통하여 스마트시티 건설을 확산시키는 형태로 구분하여 추진되었다. 즉, 스마트시티 추진은 도시문제를 다수 시민들의 참여를 통하여 해결하는 유럽 방식의 리빙랩으로 대표되는 스마트시티 추진방식과 정보통신 인프라 구축을 통하여 시민 편의성을 최대화하고 내수 산업 육성을 병행하는 형태의 중앙정부 차원의 개발도상국형 스마트시티 추진으로 분리되어 추진이 본격화 되었다고 하겠다.

2016년 이후 세계 많은 국가들과 도시들이 스마트시티를 추진하고 이에 대한 논의가 활발히 진행되면서 스마트시티 개념들은 점차 구체화되고 또한 확장되기 시작한다. 특히, 미국과 글로벌 대기업들이 스마트시티 추진을 본격화하면서 기존의 규제 등으로 인하여 기술 및 서비스 개발이 어려웠던 분야들에 대하여 실제 도시공간을 대상으로 테스트하는 방식의 사업적 개념이 새롭게 스마트시티 논의에 추가되었다. 이는 4차 산업혁명 기술이 데이터를 기반으로 하면서 물리공간과 가상 공간이 긴밀하게 연결되는 공간적 특성이 본격화되면서 우버 또는 에어비앤비 등의 실제 도시를 대상으로 하는 첨단 서비스 산업분야들에 대한 관심이 높아졌기 때문이다. 정보통신기술은 기존의 타 분야들을 연결시켜 새로운 형태의 고도화 산업으로 변화시켜나가는 특성을 지니고 있다. 동시에 이전 산업분야와 다르게 기존에 존재했던 산업들 간 연계 및 융복합을 통하여 새로운 산업들이 도출되는 형태이기 때문에 산업의 생명주기가 매우 짧으면서 어떤 산업이 나올 수 있을 것인가에 대한 예측이 어려운 측면이 있다. 따라서 데이터를 통한 기존 산업들 간 연계를 통해 생겨나는 새로운 융·복합 산업이라는 점에서 이전 대량 생산 체계에 적합하게 구성된 법제도 및 조직 체계가 걸림돌이 되는 문제가 부각되기 시작한다. 이런



측면에서 스마트시티는 거버넌스 체계에 대한 논의가 활발히 진행되는 동시에 기존 규제를 완화해야 한다는 점이 강조되면서 일본의 규제 특구 내 샌드박스 도입, 미국 샌프란시스코의 규제 완화 노력, 구글 자회사인 사이드워크랩의 토론토와 규제 완화 협의 등 스마트시티 추진과 관련한 규제가 새로운 이슈로 제기되고 있다. 실질적으로 스마트시티에 대한 글로벌적 논의는 2010년 이후로 생각할 수 있으며 10년이 안되는 짧은 기간 동안 도시문제 해결을 위한 새로운 방식의 도입과 신산업 창출을 위한 혁신적 공간 조성이라는 두 가지 목표를 분명히 하고 이를 위해 초기 시민 참여 확대를 통한 도시문제 해결시도에서 규제 샌드박스 도입 등을 통한 신산업 육성 지원에 이르기까지 빠르게 개념을 확대시키며 변화하고 있음을 알 수 있다.

## 2) 국내 스마트시티의 개념 변화와 단계적 추진

국내 스마트시티는 해외에서 이슈가 되기 이전 2000년대 초반부터 추진이 되어 왔다. 국내 스마트시티는 현재까지 3단계로 변화가 이루어져 왔다고 판단된다.

스마트시티 정책 추진이 본격화되기 이전 한국에서는 이미 U-City 정책을 추진하고 있었다. 하지만 U-City 정책이 추진된 배경은 2010년 이후의 문제의식에 기반한 해외 각국 스마트시티 논의와 다르게 그 때 당시의 국내 환경적 요인에 기인한다. 2010년 초기 국내에서는 정보통신 정책 측면에서 고속정보통신망이 전국에 구축되어 이를 활용할 수 있는 기반이 마련된 동시에 수도권 주변에 2기 신도시들을 구축하고 국토 균형발전이라는 측면에서 전국 각 지역에 지역발전 거점이 될 수 있는 혁신도시라는 신도시들을 구축하기 시작한 시기였다. 이 시기에는 20여 개 이상의 신도시들을 전국적으로 구축하려는 시기였기 때문에 기존과 다르게 전국적으로 확보된 정보통신망을 활용하여 도시를 관리 운영코자 하는 정책 방향이 수립되었고 이를 적극적으로 반영하여 이전과는 다른 첨단 교통 인프라 및 안전 관련 인프라 구축사업을 병행·추진하였다. 첨단 인프라 구축사업의 재원은 신도시 구축 시 발생하는 개발이익을 통하여 마련하였다.

2014년 이후부터는 연계 서비스라는 이름으로 국내 각 지자체에 교통, 방법, 시설물 관리 등 개별적으로 운영되던 서비스 및 시스템을 통합적으로 관리할 수 있는 스마트시티 플랫폼 보급 사업을 추진하고 있다. 기존의 첨단 인프라 시설에서 개별적으로 제공되던 서비스들을 통합 플랫폼을 설치하여 통합적으로 관리 운영하는 것이 가능해지면서 다양한 연계 서비스들을 시민에게 제공할 수 있는 토대를 마련하였다. 즉, 이전의 경우 목적별로 활용되던 서비스들을 연결하여 다른 용도로 활용하는 것이 가능해졌다. 예를 들어 교통 관제를 위하여 설치된 CCTV를 범죄예방 및 세금탈루 차량 적발에 활용하는 등 이전의 경우 하나의 목적으로 사용되던 용도별

CCTV를 다용도로 활용하는 등 플랫폼을 통하여 다양한 연계서비스를 개발하였다. 동시에 서비스의 연계는 단순하게 기술 및 시스템 연계만으로 불가능하기 때문에 조직간 협력 체계를 구축해 나가는 시기이기도 하였다.

2016년 이후부터는 해외 스마트시티 개념과 관련한 논의들을 적극적으로 수용하여 혁신적 일자리 창출공간 조성과 동시에 도시문제의 효율적 해결이라는 두 가지 목표를 설정하고 각 개별 목표에 맞는 추진전략들을 구성 중에 있다. 국내 스마트시티 정책 추진은 우선적으로 이전의 '유비쿼터스도시의 건설 등에 관한 법률'을 '스마트도시의 조성 및 산업 진흥 등에 관한 법률'로 개정하면서 다양한 분야들이 스마트시티 사업에 참여할 수 있도록 하고 동시에 이전 건설 중점의 U-City 정책을 관리운영과 신산업 육성까지 포괄할 수 있도록 법령칭 및 내용을 재구성하였다. 동시에 해외 각국에서 논의 중인 스마트시티 관련 논의들을 실제 도시공간에서 구현할 수 있도록 다양하게 시도하고 있다. 특히 신산업 육성을 위하여 첨단 기술 및 인프라를 집중적으로 투자할 수 있는 국가시범도시를 선정하였고 이들 시범도시 지역에는 규제 샌드박스를 도입하여 다양한 산업군들이 이전의 규제와 관계없이 추진이 가능할 수 있도록 준비 중이며 민간기업들의 참여를 확대시키기 위한 산업 특례 및 입지 특례 등 제도적 지원책을 마련하는 동시에 재정적 지원책을 준비하고 있다. 이를 통하여 이들 두 지역에 한해서는 타 지역에서 테스트 할 수 없는 자율주행자동차, 드론 등을 포함하여 다양한 신산업들을 우선적으로 도입할 수 있는 기반이 마련되었다. 또한, 시민이 참여하여 도시문제를 해결할 수 있도록 쇠퇴도시 및 원도심 지역의 스마트시티 역시 동시에 추진하고 있다. 이전과 다르게 각 도시공간의 특성에 맞도록 스마트시티 추진 전략들을 마련한다는 점 역시 이전의 U-City 정책과 다른 방식을 채택한 것으로 볼 수 있으며 한국의 경우 빠른 경제성장으로 인하여 첨단인프라 도입과 도시실험장 마련이 유리한 신도시 지역과 시민참여를 통한 다양한 문제 해결이 가능한 쇠퇴지역 및 원도심 지역이 동시에 존재한다는 것은 해외 각국과 비교하여 다양한 스마트시티 정책 도입이 가능하다는 점에서 장점으로 작용할 수 있을 것으로 보인다.



〈그림 1〉 국내 스마트시티 발전 단계

### 3) 저비용 고효율 측면의 도시문제 해결로서 스마트시티: 문제해결형 스마트시티

현재 국내 스마트시티 정책은 앞서 언급한 것처럼 크게 두 가지 목표를 가지고 추진 중에 있다. 저비용 고효율 측면의 도시문제 해결은 정보통신기술을 활용하여 유용한 정보를 실시간으로 필요한 사람에게 제공하면서 이루어진다. 이런 측면에서 문제 해결형 스마트시티에서 접근 방향은 정확한 문제의 진단, 가장 효과적인 솔루션의 발굴, 효과성 검토를 위한 객관적 성과기준 도출, 우수 솔루션의 확산 지원 등으로 정리할 수 있다.

정확한 문제를 진단하기 위한 가장 효과적인 방법은 시민 참여이며 그 중요성에 대해서 일찍부터 유럽의 스마트시티에서는 강조해 왔다. 대부분의 도시계획에서 그 중요성을 언급하고 있는 시민 참여는 그 지역의 문제를 가장 잘 알고 있는 집단은 그 지역에서 살고 있는 시민이라는 생각에서 출발하고 있다. 스마트시티 역시 정보통신기술이라는 새로운 수단을 활용하는 측면은 있지만 큰 틀에서는 도시문제를 해결하려는 목표 하에서는 시민 참여가 가장 기본이 될 수밖에 없다. 현재 해외 스마트시티 현황에서 살펴보면 시민 참여는 다시 3가지 정도로 유형이 구분될 수 있을 것으로 생각된다. 첫째는 기존 도시계획에서 활용하였던 이해관계자들이 모여 다양한 논의를 통하여 정책을 제안하고 이를 사업에 반영하는 방식이다. 대표적인 예는 핀란드 헬싱키의 칼라사타마에서 추진되고 있는 혁신자 클럽(innovator's club)이다. 칼라사타마 혁신자 클럽은 기업, 시청공무원, 주민, 시민단체 및 학자들 등 200여 명이 참여하여 스

마트시티와 관련한 혁신적 제안을 제시하고 이를 사업에 반영하는 모임이다. 혁신자 클럽을 통하여 도시개발단계에서부터 적용하는 리빙랩 형태 스마트시티의 대표주자로 최근 많이 언급되고 있다. 둘째는 개발된 제품을 실제 시민들이 사는 공간에 설치하고 시민들의 반응을 기반으로 이를 개선해 나가는 형태의 리빙랩이다. 거주하는 시민들이 느끼는 불편을 제품에 반영하기 때문에 최종적 제품들은 시민의 만족도를 높이는 것이 가능하다. 이러한 측면에서 접근하고 있는 대표적 사례는 덴마크 코펜하겐의 DoLL(Denmark Outdoor Light Living Lab)이라고 할 수 있는데 다양한 회사의 LED 관련 제품들을 특정 공간에 배치하고 시민들이 피드백하여 실제 공간 상에서 시민들이 참여하는 새로운 형태의 실험이다. 셋째, 시민들이 의식적으로 또는 무의식적으로 제공하는 데이터를 통한 참여 방식이다. 정보통신기술 발전으로 스마트폰 및 센서의 발전으로 가능한 형태의 참여이다. 의식적인 형태로 사용되는 데이터는 공공시설물이 훼손되거나 고장났을 때 이를 스마트폰으로 촬영하여 신고하면 위치정보를 기반으로 수리하는 공공시설물 관리 서비스가 대표적일 수 있다. 이는 공무원 혼자 모든 공공시설물 관리에 어려움이 있기 때문에 정보통신기술을 활용하여 주민들이 관리할 수 있도록 하는 참여방식이다. 무의식적으로 제공하는 데이터는 최근 많은 지자체에서 정책 수립을 위하여 활용하고 있는 정보통신회사들의 유동인구 빅데이터가 예가 될 수 있다. 이전의 경우 수집이 불가능했던 개개인의 유동인구 데이터를 교통 정책 등에 활용하는 사례 역시 정보통신기술에 기반한 주민참여로 볼 수 있다. 또한, 네덜란드 암스테르담의 스마트툴키트 프로젝트는 환경 센서를 시민들에게 배포하고 그 개별 정보가 플랫폼으로 모여 지도화하는 방식의 시민참여 방식을 실험하였는데 개인정보가 모여 공동체에 유용한 빅데이터를 생산한다는 측면에서 이전과는 다른 방식의 주민참여로 생각해 볼 수 있다. 즉, 스마트시티에서의 시민참여는 앞서 언급된 것처럼 지역문제를 가장 잘 아는 시민으로부터 해법을 찾는 방식과 집단의 힘에 기반하는 시민참여로 구분하여 생각해 볼 수 있다.

문제 해결형 스마트시티에서는 시민이 제시한 지역의 문제에 대해서 기업에서 그 솔루션을 찾는 분리된 방식의 접근도 활용되고 있다. 기업에 지역 스마트시티 솔루션 구축을 맡길 경우 실제 문제를 해결하기 위한 솔루션보다 기업이 가지고 있는 기술 기반으로 접근할 수 있기 때문에 문제 제시와 해결 솔루션의 역할을 분리하여 맡기는 것이 유리할 수 있다. 일례로 국내에서는 전통시장의 활성화를 위하여 정보통신기술을 적용하는 사업들을 추진하였는데 많은 사업이 범죄예방 CCTV 설치 위주로 진행된 경우가 있다. 하지만 범죄예방보다 더 큰 문제는 매년 발생하는 전통시장의 대형화재이기 때문에 화재센서 설치가 더 시급하였을 수도 있다. 그 지역의 가장 큰 문제를 찾고 그 문제를 해결하는 방식의 접근이 필요하다.

도시문제 해결을 위한 스마트시티적 접근은 이전에 없었던 방식이기 때문에 우리는 각각의 개별 솔루션들이 얼마나 효과가 있을지 짐작하기 힘들다. 따라서 초기 사업 추진 시 반드시 정량적 성과(3년 내 교통 정체율의 15% 해소, 3년 내 에너지 소비 절감 10% 등)를 제시하고 이를 모니터링 하는 과정이 반드시 필요하며 이러한 정량적 성과 달성에 탁월한 우수 솔루션들은 확산할 수 있도록 추진하는 것이 반드시 필요하다. 도시 네트워크를 구축하여 정량적 성과에 기반하여 각각의 솔루션들을 실험하고 성과가 우수한 솔루션들을 찾아나가고 우수 솔루션은 도시 네트워크를 통하여 확산하는 과정은 이미 유럽의 ENoLL(European Network of Living Labs) 과 미국의 GCTC(Global City Team Challenge) 등의 프로그램에서 찾아볼 수 있다. 국내의 지난 스마트시티 추진에서 간과하여 놓친 부분이기 때문에 이제라도 반드시 염두에 두고 추진할 필요가 있다.

#### 4) 혁신적 일자리 창출 공간 조성을 위한 스마트시티: 기회 창출형 스마트시티

앞서 논의한 것처럼 새로운 신산업 육성을 위해서는 4차 산업혁명 시대의 산업 특성을 파악하여야 한다. 4차 산업혁명 시대의 신산업의 특성은 가상공간과 물리공간의 연계, 빠르게 변화하는 기술, 개별 산업들의 수평적 통합, 혁신적 아이디어와 데이터를 기반으로 하는 창업 등으로 요약될 수 있다. 4차 산업혁명 시대 특성이라 할 수 있는 빠른 속도와 넓은 범위라는 특성은 기존 제도가 도저히 따라 올 수 없는 구조를 가지고 있다. 또한 가상공간과 물리공간의 연계라는 측면에서 데이터가 풍부하고 혁신적 아이디어를 가지고 있는 다양한 사람들이 존재하고 있는 공간인 도시를 포함하는 것이 반드시 필요한 측면 역시 있지만 문제는 가장 규제가 많은 공간이 도시라는 점이다. 따라서 이전의 방식으로는 도시를 대상공간으로 하여 예측할 수 없는 다양한 산업들을 실험한다는 것이 불가능하기 때문에 일정 기간 규제 유예를 주고 이 기간 동안 신산업들을 테스트하게 하는 방식의 규제 샌드박스가 주목받게 된다.

데이터와 혁신적 아이디어를 기반으로 새로운 산업들이 창출되는 구조이기 때문에 자유로운 데이터 공유 및 데이터를 통합적으로 활용 가능할 수 있도록 하는 데이터 플랫폼 역시 혁신적 일자리 창출 공간 조성을 위한 필수적인 부문이다. 데이터가 오픈되고 연결되면서 이전 분리된 산업군들 간 수평적 통합을 통하여 새로운 신산업이 창출되기 때문에 다양한 분야의 민간 기업들 간 협력 측면이 중요하며 이렇게 만들어진 새로운 산업이 안정적으로 시장을 확보할 수 있도록 글로벌 네트워크와 연계하여 스마트시티를 추진하는 것 역시 산업의 지속가능성 측면에서 매우 중요하다.

해외 역시 최근 저성장 돌파구를 4차 산업혁명 기반의 혁신적 일자리 창출공간 조성으로 접

근하고 있다. 일본의 경우 아베노믹스의 성장전략으로 “민간투자를 환기시키기 위해 특정의 지역에 한해서 다양한 규제의 완화와 면제를 시행한다”는 것을 주요 내용으로 하여 국가전략 특구를 추진하였다. 하지만 국가전략특구 체제에서 기술 발전 성장세가 매우 빠른 근미래기술 분야에 대한 선제적 대응이 어렵다는 것을 인식하고 자유로운 실증시험이 가능한 규제샌드박스 제도를 시행하고 있다(2017.3). 즉, 예측을 기반으로 하는 신산업 지원 정책 자체가 불가능할만큼 이제는 기술 및 산업발전 속도가 빠르기 때문에 모든 것이 가능할 수 있는 특정 공간을 조성하는 방식으로 정책을 변화한 것이다. 규제샌드박스와 관련한 제도들은 일본 외 싱가포르, 영국, 아랍에미레이트 등 다양한 국가들에서 채택 중에 있다. 데이터와 관련된 부문은 4차 산업혁명 기술 및 산업의 기반이기 때문에 이미 많은 국가들에서 논의 중에 있으며 플랫폼 등 기술적 부문에 있어서는 많은 진전이 있었지만 개인정보 등과 관련한 규제 부문과 해킹 등에 취약할 수 있는 보안 등의 이유로 실용화하는데 제약이 되고 있는 것도 사실이다. 하지만 빅데이터는 이미 존재하고 있고 언제든지 기술적으로 활용가능하기 때문에 이에 대한 논의 역시 전 세계적으로 이루어지고 있다.

마지막으로 기회창출형 스마트시티의 최종 목표는 결국 새로운 신산업을 육성하는 것이기 때문에 시장의 확대가 반드시 필요하다. 이에 대하여 체계적으로 접근하고 있는 프로그램이 미국의 GCTC 프로그램이라고 판단된다. GCTC는 “복제가능하고 측정 가능한 지속가능한 모델에 대한 실증”이라는 철학을 분명히 하고 있으며 도시와 민간기업이 모두 윈-윈할 수 있는 모델을 구축 중에 있다. “복제가능하고 측정 가능한 모델”이라는 말에서 알 수 있듯이 GCTC는 민간기업이 특정 도시와 팀을 이루어 그 도시에서 기업 솔루션들이 반드시 실증되어야 하며 또한 그 솔루션이 다른 도시들에도 반드시 적용 가능해야 한다고 전제하고 있다. 현재 전 세계 150여 개 도시와 400여 개 기업 및 기관들이 참여하고 있는 이 프로그램에서 민간업체의 입장에서는 전 세계 도시 네트워크를 기반으로 하는 규모 경제를 달성할 수 있는 시장이 조성되어 있고 자회사 제품에 대한 홍보 측면도 매우 유리한 장점이 있다. 도시 입장에서는 민간업체가 실제 도시에서 실증이 완료된 다양한 솔루션들을 한 번에 살펴볼 수 있기 때문에 자신의 도시에 맞는 솔루션 채택에 용이하다는 장점이 있다. 이러한 GCTC는 시장 확대 및 제품 검증을 동시에 추구하고 있기 때문에 지속가능한 산업 생태계 조성에 있어서 반드시 고려해야 할 시사점을 주고 있다.

### Ⅲ. 4차 산업혁명 시대의 스마트시티 전략

최근 스마트시티 정책의 새로운 방향이 설정되었다. 새로운 스마트시티 정책에서는 기존 스마트시티 사업에서 나타났던 여러 문제점들을 개선하는 동시에 해외 각국에서 경쟁적으로 추진하고 있는 정책들을 선별하여 정책 방향의 차원에서는 해외 어느 국가 정책과 비교해도 뒤처지지 않을 만큼 파격적 내용들을 담고 있다. 이제는 제시된 방향들을 실제로 달성할 수 있도록 구체적인 전략들을 마련해야 할 시기이다.

한국의 지난 U-City 정책에 있어서 가장 큰 문제는 목표와 수단, 그리고 대상 공간의 비매치에서 발생하였던 시행착오라고 판단하고 있다. 즉, 목표는 신성장동력 육성과 일자리 창출로 규정하고 그 수단으로 자동화에 기반하는 교통정체 및 방범 등의 도시문제를 해결하기 위한 스마트시티 솔루션 구축을 확대하면서 그 대상 공간을 신도시 지역으로 설정하였다는 점이라고 생각한다. 즉, 일자리 확대를 목표로 하면서 그 수단으로 사람들의 일자리를 대체하는 문제해결형 스마트시티 솔루션을 보급하면서 그 대상 공간을 도시문제가 상대적으로 없는 신도시 지역으로 하였기 때문에 결국은 국가 목표 달성과 시민들의 만족 모두에서 실패하였다고 본다. 물론 이러한 측면의 배경에는 스마트시티 구축을 위한 자원조달 방식에 있다고 할 수 있으며 첨단기반시설 구축 등에 있어서는 일정부분 기여한 측면도 있다고 할 수 있다. 만일 U-City 정책의 목표를 “새롭게 조성되는 지역의 고도화를 위한 첨단기반시설 확대”로 규정하였다면 실제 어느 정도 성과를 달성한 사업이며 빠르게 다음 단계에 대한 준비를 해 나갈 수 있었을 것으로 생각한다.

스마트시티는 하나의 유형으로 접근하기에는 어려움이 있는 매우 포괄적 개념이다. 따라서 <표 4>와 같이 초기에는 스마트시티의 목표, 수단, 대상 공간을 구분하여 접근할 필요가 있었을 것으로 판단된다. 향후 중장기적인 관점에서는 도시문제 해결과 일자리 창출이 동시에 이루어질 수 있는 도시공간을 조성할 필요가 있지만 스마트시티 초기 단계에서는 각각의 도시공간이 보유한 특성들을 반영하여 목표 달성에 유리한 지역을 대상으로 적정 수단들을 채택하여 추진할 필요가 있을 것이다. <표 4>에서 볼 수 있는 것처럼 스마트시티가 달성하고자 하는 목표에 따라 그 수단 역시 매우 차이가 있을 것이다.

〈표 4〉 스마트시티 접근 방향

유형	목표	중점 사항	중점 수단	대상 공간
문제해결형 스마트시티	저비용 고효율적 도시문제 해결	시민참여 기반 도시문제 발굴 및 솔루션 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시민참여 기반 리빙랩</li> <li>• 문제해결 중심의 정량적 성과기준 및 측정</li> <li>• 도시 네트워크를 통한 성과 공유</li> <li>• 문제해결과 매칭 되는 개별 솔루션적 접근</li> </ul>	도시문제가 많은 원도심 및 쇠퇴지역
기회창출형 스마트시티	혁신적 신산업 창출	혁신적 아이디어와 데이터만으로 산업 창출	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 규제 샌드박스 등 규제 유예</li> <li>• 상품적 가치를 고려한 산업 창출</li> <li>• 글로벌 네트워크 활용 세계시장 창출</li> <li>• 데이터 오픈 플랫폼 등 통합적 관점의 정보통신 인프라 구축</li> </ul>	첨단인프라 및 신규 공간 조성에 유리한 신도시 지역

단기간에 성장한 우리나라는 낙후된 도심 지역과 매우 고도화된 신도시 지역을 동시에 보유하고 있기 때문에 유럽형 시민참여 중심의 도시문제해결형 스마트시티에서 구글이 추진하고 있는 캐나다 토론토 사이드워크랩과 같은 첨단기술들의 전시장 형태의 스마트시티까지 다양한 스마트시티 유형을 추진할 수 있다. 또한 전국적으로 첨단기술 인프라가 구비되어 있으며 시민들의 정보통신기술에 대한 습득이 매우 빠르기 때문에 스마트시티 추진을 리드할 수 있는 충분한 기반을 보유하고 있다.

세계 각국은 4차 산업혁명 시대라는 새로운 변화를 통하여 도약을 준비하고 있다. 다행히 국내 역시 스마트시티 추진에 있어서 해외 각국 정책들과 비교하여도 손색 없는 국가 정책 방향을 제시하였기 때문에 이러한 방향들과 매치되는 구체적 수단들을 마련하여 추진한다면 해외 각국과의 4차 산업혁명 및 스마트시티 경쟁에서 우위를 점할 수 있을 것으로 기대한다.



---

#### 참고문헌

- 이재용 외 5인(2016), <스마트도시 성숙도 및 잠재력 진단모형 개발과 적용방안 연구>, 국토연구원
  - 이재용 외 6인(2016), <한국형 스마트시티 해외진출 전략수립 및 네트워크 구축>, 국토연구원
  - 클라우스 슈밥(2016), <제4차 산업혁명>, 새로운현재
  - 하원규 · 최남희(2015), <제4차 산업혁명>, 한국전자통신연구원
  - Cisco시스템즈 IoT인큐베이션 랩(2015), <사물인터넷의 충격>, 인포더북스
-

# 대전세종포럼

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

## 4차 산업혁명 시대의 일자리

허재준 한국노동연구원 고용정책연구본부 선임연구위원

# 4차 산업혁명 시대의 일자리

허재준 한국노동연구원 고용정책연구본부 선임연구위원

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

## I. 머리말

21세기의 첫 10년 동안 미국의 총 취업자 수는 1.6% 증가에 그쳤다. 연평균 고용증가율이 0.16% 미만이었다는 얘기이다. 같은 기간 일본의 취업자 수는 2.3% 감소했다. 연평균 0.23% 감소한 것이다. 같은 기간 영국 등 일부 유럽 국가들의 노동시장 성과는 좋지 않았지만 유럽 전반을 두고 보면 미국, 일본보다는 나았다. 다른 아시아 국가들의 고용사정은 미국, 일본, 유럽보다는 확실히 나았다. 같은 기간 동안 한국에서는 취업자가 연평균 1.2%씩 증가했다. 그럼에도 불구하고 지난 15년 동안 일자리에 대한 우려는 점점 증가하였고, 한국의 청년층 실업률은 독일은 물론 미국, 일본을 추월하여 11%에 이르게 되었다. 상대적으로 양호한 노동시장 성과에도 불구하고 과거보다 나빠진 노동시장 상황은 일자리 우려를 지속적으로 확대 재생산하였다.

디지털 기술은 생산과정의 전통적 공급사슬과 가치사슬을 해체하고 있다. 전혀 새로운 방식으로 상품이나 서비스를 생산하는 새로운 사업 형태가 등장하고 기존의 시장 경쟁력 판도가 극심한 변화를 겪는 경우가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 현상과 동전의 양면을 이루는 현상으로서 자동화 진행과 함께 기존 일자리의 '업무' 혹은 '직무'가 현저한 변화를 겪고 있다. 인공지능 기능을 지닌 기계나 로봇은 점점 정형화된 업무를 대체하고 있다. 앱 개발자, 데이터 과학자, 데이터 분석가, 사이버 보안 전문가 등의 일자리는 늘어나는 반면 전통적 제조업 공장은 점점 더 적은 인력으로 생산을 한다.

특정 직업 종사자의 수가 줄어든다고 해서 전체 '일자리의 수'(고용량)은 줄어드는 것은 아니다. 자동화로 인해 사람이 전통적으로 수행하던 직무가 사라지고 그에 따라 어떤 직업 종사자

들의 수가 줄어들기도 하지만, 새로운 직업이 생겨나면서 그보다 많은 수의 일자리가 생겨나고 있기 때문이다. 실제 지난 54년간의 취업자수 증가율을 살펴보면 취업자수가 감소한 유일한 시기는 외환위기 시기가 유일하다. 4차 산업혁명 기술이 확산된 시기를 최근 5년간이라고 두고 본다면 어떤 나라에서도 4차 산업혁명 기술이 고용을 감소시켰다고 볼 증거를 찾기 힘들다. 그렇다면 사람들이 일자리 감소를 우려하는 불안감의 근원은 무엇일까?

## II. 일자리 감소의 조건

### 1. 경제의 발전과정과 일자리 증가의 역사

디지털 기술을 이용한 자동화는 노동자의 업무(tasks)를 전적으로 대체해서 일자리를 잃게도 하고 보완해서 생산성을 높이기도 한다. 기술발달에 따라 자동화할 수 있는 업무를 주로 수행하는 노동자들은 기계가 대체한다. 기계를 이용해서 일함으로써 생산성을 향상시키는 노동자들의 수요는 증가한다. 이러한 상반된 영향이 작용할 때 전반적인 결과는 어떻게 나타날까? 경제 전체의 생산량이 고정되어 있다면 자동화가 진행될수록 전체 일자리 수는 줄어들 것이다. 하지만 경제 전체의 생산량이 늘어나고 양(+)의 성장률로 성장하는 경제라면 전체 일자리 수가 줄어들지 않을 것이라고 볼 이유들이 존재한다.

생산성 향상은 동일한 인력으로 더 많은 상품과 서비스를 생산하는 것이다. 혁신은 생산성 향상과 경제 성장의 근본 동력이다. 생산성을 높이는 혁신이 이루어지면 상품과 서비스의 가격이 하락한다. 가격이 하락하면 그 자체로 수요가 늘어날 뿐만 아니라, 저렴해진 그 상품 혹은 서비스를 이용해 사람들 사이에 잠재해 있던 욕구를 자극하고 충족시키는 새로운 상품이나 서비스 시장을 개척하는 기업가와 기업이 등장한다. 그리하여 결국 기술이 일자리를 대체하는 효과가 있다고 하더라도 전보다 많은 상품과 서비스를 생산함으로써 전체 일자리는 늘어나는 생산 효과가 지배적이 된다. 이처럼 전보다 더 많은 상품과 서비스가 생산되는 과정이 성장과정이며, 성장하는 경제는 이처럼 수요를 창출하는 새 기업들이 등장하고 그러한 과정에 적응하지 못한 과거기업은 소멸하는, 즉 본질적으로 생산효과가 지배하는 생태계이다.

자본주의 시장경제 발달사는 바로 혁신과 생산성 향상을 통해 새로운 인간 욕구를 충족하면서 생산이 증가했던 과정이었다. 20세기 초에 케인즈는 당시 그가 예측할 때를 기준으로 100

년 후인 지금쯤에는 사람들이 15시간만 일해도 될 것으로 보았다. 케인즈는 인간의 욕구가 무한하다는 것을 간과했거나 욕구가 현실화되는 속도보다 생산성 증가가 더 빠를 것이라고 생각했던 것으로 보인다. 케인즈는 유효수요 부족을 진단하고 이를 타개할 대책을 제안한 측면에서는 경제의 심리적 측면을 꿰뚫어 보는 혜안을 지녔지만 노동의 미래를 예측함에서는 인간 본성과 경제의 진화 과정을 그다지 잘 통찰하지 못했다.

미국의 노동생산성은 1900년도에 비해 790% 증가했다. 같은 기간 주당노동시간은 40% 감소에 그쳤다. 미국인들은 1900년도에 주당 57.3시간을 일했다(허재준 2018). 오늘날의 미국인들이 1900년도의 소비수준에 만족하고, 더 좋은 물건, 더 좋은 식당, 더 좋은 구경거리를 욕심 내지 않았다면 주당 7.3시간만 일해도 되었을 것이다. 케인즈는 생산성 향상도 실제 진행되었던 향상 속도보다 1/2정도에 그치리라고 보았을 뿐만 아니라 100년 후의 후손들이 그가 살던 당시의 생활수준에 만족하고 살리라고 생각했던 것 같다.

가격이 저렴해지면 수요가 늘어나 고용증가를 수반할 만큼 생산량이 증가하는 것이 일반적이다. 개별 기업이나 산업에 따라서는 농업(기업)처럼 고용이 늘지 않을 수 있지만 경제 전체로 보면 일반적으로 고용이 늘어난다. 경제발전의 과정을 살펴보면 단기적으로나 한 기업 단위에서는 대체효과가 우세할 수 있으나 장기적으로나 경제 전체 차원에서는 보완효과와 결합한 생산효과가 지배적이다. 왜 그럴까? 인간의 욕구가 무한하기 때문이다. 과거에 기술적으로 불가능하거나 너무 비싸서 충족되지 않았던 인간 욕구를 새로이 충족하며 생활수준을 개선할 수 있는 과정은 필연적으로 노동 생산성 향상을 통해서 이루어진다.

## 2. 기계와 인공지능이 사람의 일자리를 줄일 조건

기술이 기존 노동자의 일자리를 앗아갈 것이라는 우려는 과거에 없던 새로운 현상은 아니다. 과거에도 제기된 적이 있었다. 대표적인 사례는 19세기의 러다이트 운동이다. 경제가 높은 성장률과 인플레이션을 보였던 20세기에도 그런 우려가 팽배했던 시기가 있었다. 1961년 <타임>은 “자동화가 만들어 낸 실직자(The Automation Jobless)”라는 제목으로 기계화와 사무자동화로 인한 대규모 실업을 걱정하는 기사를 내보냈다. 자동화로 인한 실업에 대한 대중들의 우려는 린든 존슨 미국 대통령으로 하여금 “기술 자동화 경제진보 블루리본 위원회(Blue-Ribbon National Commission on Technology, Automation, and Economic Progress)”를 구성하고, 동 위원회로 하여금 향후 기술발전으로 발생할 수 있는 노동시장 문제를 논의하게 하였다. 동 위원회는 자동화가 고용에 큰 위협을 미치지 못할 것이라 결론을 내렸다(Autor 2015).

21세기에도 유사한 우려가 다시 대두하고 있다. 일련의 공학자들이 기술적 가능성에 입각해서 인간노동을 종횡무진으로 대체하는 기계의 대두를 보고하고 있고 Brynjolfsson & McAfee(2013)는 자동화로 노동시장이 겪을 불안정한 미래를 우려하고 있다. 클라우스 슈밥(Klaus Schwab)은 2016년 벽두의 세계경제포럼에서 2020년까지 510만개의 일자리가 줄어들 것이라고 예상하기도 했다. 디지털 기술 심화로 과거보다 훨씬 광범한 영역에서 기계가 인간을 대체하게 되리라는 것이다. 이러한 우려는 이번에는 사실로 드러날까? 앞의 논의에 비추어 보면 이러한 우려가 현실이 되려면 적어도 다음 둘 중 한 조건이 현실에서 충족되어야 한다.

- 인간 욕구가 포화되어 더 이상 상품과 서비스에 대한 추가적인 수요가 없다.
- 경제의 생산성이 증가하고 저렴한 상품과 서비스가 늘어나더라도 새로운 상품과 서비스로 잠재적 욕구를 충족시켜 돈을 벌고자 하는 기업가와 기업이 등장하지 않는다.

둘 중 어느 하나라도 현실이 될 수 있을까? 그럴 가능성은 없어 보인다. 그러므로 ‘디지털 기술의 심화에 따라 대두된 새로운 일자리 감소 우려도 과거에 반복된 일자리 감소 우려의 역사와 마찬가지로 이내 자취를 감추게 될 것’이다. 사실 기술적 자동화 가능성이 일자리를 위협할 수 있다고 분석한 Frey and Osborne(2013)은 컴퓨터로 자동화할 수 있는 가능성이 30% 이하인 ‘저위험군 직업’이 33%, 30~70%인 ‘중위험군 직업’은 19%, 70% 이상인 ‘고위험군’이 47%라고 했지만 기실 그들은 47% 정도의 직업에서 70% 이상의 직무가 변화할 가능성이 있다고 말했어야 한다.

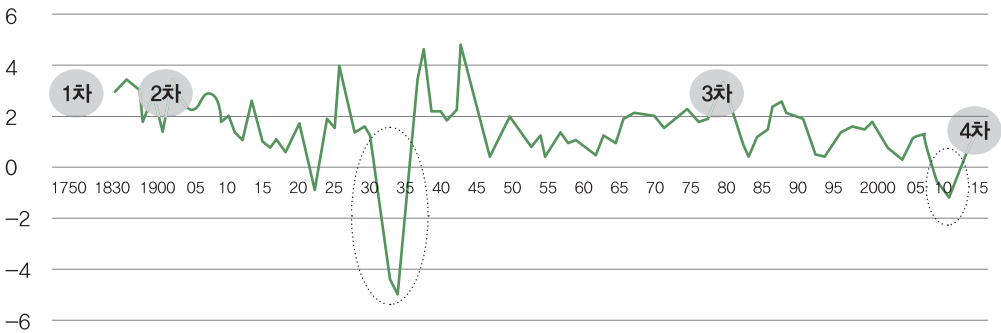
### 3. 산업혁명과 고용지표

Schwab(2016)은 현재 진행되고 있는 기술변화를 4차 산업혁명으로 정의하고 18세기 이후 4차 산업혁명까지 세 차례의 다른 산업혁명을 정의한 바 있다. ‘4차 산업혁명’이라는 용어 사용 자체가 적절하지 않다는 논의도 있지만 설사 그 유용성을 받아들이더라도 1,2,3차 산업혁명 시기를 확정하는 데에는 논자마다 다소간의 차이가 있다. ‘4차 산업혁명’이라는 용어를 사용하는 사람들은 대략 1차 산업혁명은 18세기말 19세기 초, 2차 산업혁명은 19세기 말 20세기 초, 3차 산업혁명은 1970-80년대 초, 4차 산업혁명은 현재 진행 중이라고 간주한다.

‘과거 세 차례의 산업혁명기와 4차 산업혁명이 진행되는 시기에 일자리 감소나 고용증가를 감소를 확인할 수 있을까?’ 이 질문에 답하는 형식으로 고용지표가 현저히 악화된 시기가 기술 진보와 관련이 있는지를 생각해 보기로 하자. Schwab(2016)의 구분에 따라 각 산업 혁명기를

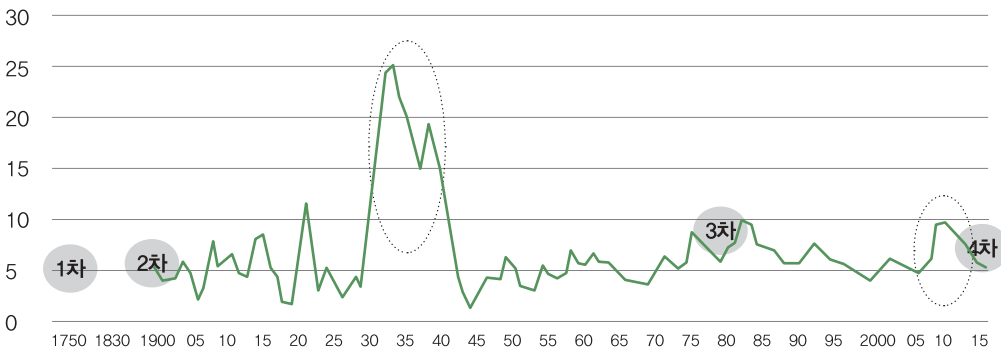
정하고 장기에 걸쳐 고용지표를 구할 수 있는 미국의 고용지표 시계열에 클라우드 슈밥이 정의한 산업 혁명기를 도시해 보면 <그림1>, <그림2>, <그림3>과 같다. 2,3,4차 산업혁명의 시기로 인용되는 시기와 고용증가율, 실업률, 고용률을 연결해 보아도 산업혁명이 고용을 줄이거나 고용증가율을 둔화시키거나, 고용률을 저하시켰다고 볼 증거를 찾을 수 없다. 클라우드 슈밥이 정의한 2,3,4차 산업혁명이 일자리 감소나 실업률 증가를 초래했다고 볼 징후를 찾기 어렵다. 예외적인 시기를 제외하면 고용증가율은 2% 안팎, 실업률은 5% 안팎에서 움직이고 있음을 확인할 수 있을 뿐이다.

고용증가율이나 실업률의 장기 시계열 속에서 고용증가율이 두드러지게 '음의 움직임'을 보이거나 실업률이 크게 증가해서 지속된 시기는 미국의 경우 두 기간 정도를 들 수 있는데 점선 타원으로 표시되어 있다. 두 점선 타원이 위치한 곳은 대공황기와 서브프라임모기지 사태로 금융위기가 닥쳤던 시기이다. 기술혁명이 충격으로 다가온 시기라기보다는 거시경제 충격이 훨씬 심각하게 고용지표를 상궤에서 벗어나게 하는 요인이었던 시기였다.



<그림 1> 취업자수 증가율과 산업혁명(미국)

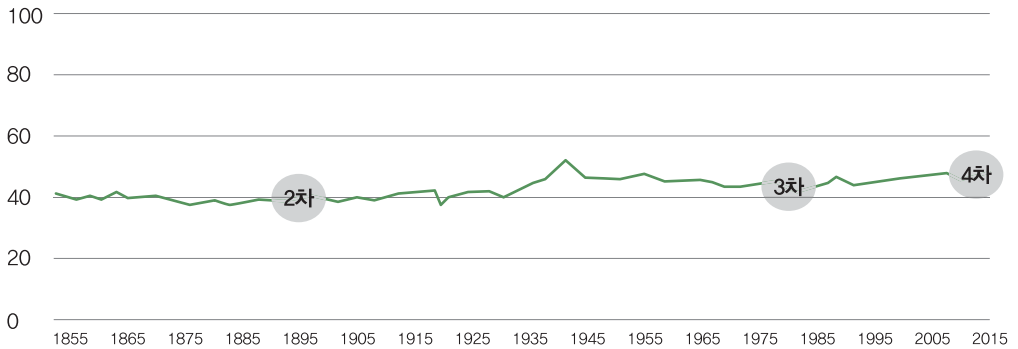
자료: Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor Historical Statistics of the United States 1789-1957



<그림 2> 실업률과 산업혁명(미국)

자료: Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor Historical Statistics of the United States 1789-1957





〈그림 3〉 고용률과 산업혁명(영국)

주: 역사적으로 생산가능인구의 기준연령이 변화했기 때문에 그림에서 고용률은 전체인구대비 취업자수 비율로 정의되어 있음

자료: The Bank of England's collection of historical macroeconomic and financial statistics.

### Ⅲ. 우려의 근원

#### 1. 일자리가 줄어들기 어려운 이유

어떤 자동화 방식이 기술적으로 가능하다고 해서 바로 자동화가 실현되고 인간 노동을 대체하지는 않는다. 기술적 가능성이 현실에서 실현되기 위해서는 경제성, 안전성, 수용성 요건 등을 충족시켜야 한다. 즉 자동화 공정을 설치하는 것이 사람을 사용하는 것보다 저렴해야 한다. 아직 안전을 담보하기 어렵다는 공감대가 일반적이어서 채택되지 않는 기술도 많다. 지금까지 자동차 사고로 죽은 사람의 수가 2차 대전 때 전사한 사람의 수보다도 많지만 자동차가 운행되고 있다. 하지만 최근 테슬라나 우버의 자율주행차가 낸 사고는 운전자 없는 자율주행차가 확산되고 기사 일자리를 없애는 것과 같은 일이 진전되는 것을 아직 막고 있다. 설사 경제성 요건과 안정성 요건을 충족하더라도 사람들이 별로 그 생산물을 선호하지 않으면 팔리지 않기 때문에 역시 채택되지 않는다.

그러한 요건을 충족시켜서 자동화가 인간이 수행하는 업무를 대체하거나 보완하면, 다양한 직업의 직무에 영향을 미칠 것이다. 이 때 영향의 구체적 양태는 직종, 업종, 사업체 규모에 따라 다르게 나타날 것이다. 이 때 나타나는 현상은 대다수의 직업이나 일자리가 갑자기 없어지거나 생기는 형태보다는 기존 직업들을 구성하는 직무가 변화하고 해당 직업과 결부되었던 다른 직업의 직무나 성격이 변화하는 형태를 띠 것이다. 즉 디지털 기술의 심화는 각 일자리의 직

무를 구성했던 전통적 작업을 분리하고 재조정함으로써 직업을 변화시킨다는 점에서는 과거의 기술진보와 다르지 않다.

기술이 어떤 일자리의 직무 일부를 대체하더라도 다른 일부와는 보완관계에 있는 경우가 일반적이다. 기술과 보완되는 업무가 있다면 기술이 업무의 일부를 대체하더라도 보완관계에 있는 업무의 생산성을 증가시킨다. 해당 일자리의 생산성이 올라갈 때 동종 일자리 중 어느 만큼 이 없어질지의 여부는 기업의 생산효과에 달려 있다. 한 경제 안에는 생산효과가 충분히 크지 않아 고용을 줄이는 기업도 있고 생산효과가 커서 고용을 늘리는 기업도 있을 것이다. 한 기업 단위에서는 기술이 고용감소의 원인이 될 수도 있고 고용창출의 기회가 될 수도 있다. 하지만 경제 전체에 나타나는 종합 효과는 양(+)으로 나타나는 것이 일반적이다. 증가한 생산성에 기초해서 새로운 시장의 탄생을 예견하는 기업, 그 시장을 겨냥하는 새로운 기업이 지속적으로 나타나기 때문이다.

결국 일국 내에서 일자리가 없어지고 줄어드는지 여부, 즉 고용이 파괴되는지 여부는 자동화 기술에 달려있다고보다 이러한 변화·생성·소멸 과정이 원활하도록 경제주체와 제도가 변화에 어떻게 적응하는지 여부에 달려 있다. 그것이 생산효과가 큰 기업과 새로운 시장을 겨냥한 기업이 활발하게 활동하는 환경을 결정하기 때문이다. 제조업의 경우 전통적 공정자동화에서 스마트 공장으로 자동화의 차원이 변화했지만, 경제 전반 일자리에 인공지능이 미치는 영향은 과거 기술진보의 영향과 마찬가지로 연장선상에 있다.

아시아 외환위기나 미국의 서브프라임 모기지 부실이 촉발한 세계 금융위기는 경제주체의 비이성적 행동이나 거시경제 충격에 정책실패가 결합하면 파국적인 결과를 낳는다는 사실을 보여준다. 그에 비하면 아무리 기술진보 속도가 빠르다고 하더라도 디지털 기술 심화의 영향은 그렇게 파국적이지 않으며 점진적이다.

직무가 대체된다고 해서 그만큼 일하는 시간이나 일하는 사람의 수가 줄어드는 것이 아니다. 자동화로 생산성이 향상되면 같은 생산량을 생산하는 데에는 적은 인력이 필요하지만, 새로이 창출되는 수요로 인해 더 많은 생산량을 생산할 필요가 있게 되고 그에 따라 노동수요도 늘어난다. 인간의 욕구가 무한한 탓에 생산성이 향상되어 가격이 싸지면 새로운 수요에 착안한 기업가가 등장하고 잠재해 있던 새로운 수요가 창출되기 때문이다.

## 2. 직업이 사라지기 어려운 이유

인공지능 발달과 자동화로 특정 직무가 대체된다면 그런 직무로만 이루어진 직업은 기계로

대체될 가능성이 높다. 하지만 대부분의 직업들은 그 안에 기계와 협업하여 생산성을 높일 수 있는 직무도 포함하고 있다. 새로운 기술이 특정 직업의 직무 일부를 대체하더라도 그 직업을 구성하는 다른 직무가 새로운 기술과 보완관계에 있다면 그 직무의 생산성은 증가한다. 그러므로 이러한 직업들은 비록 종사자 수가 줄어들 수는 있을지언정 그 직업 자체가 사라지기는 어렵다. 해당 직업에서 새로운 기술로 대체되지 않은 직무의 생산성이 올라가고 그러한 직무를 수행하는 인적자원에 대한 수요가 증가하면 해당 직업의 일자리는 오히려 늘어날 수 있다. 설사 해당 직업의 일자리가 늘어나지는 않더라도 온전히 없어지기는 어렵다. 종국에 일자리가 없어지더라도 상당히 오랜 시간에 걸쳐 소멸 과정을 거칠 것이다.

교사의 직무에서는 전통적으로 지식 전달자로서의 직무가 커다란 비중을 차지했다. 그런데 인터넷이 확산되고 자연어를 인식하는 인공지능이 발달함에 따라(구글이나 네이버의 검색기능을 이용하면 수백 명의 교사가 가르쳐줄 지식에 단박에 접근할 수 있다), 인터넷이 발달하고 손 안에 슈퍼컴퓨터를 휴대하고 다니는 세상이 됨에 따라(쿼드코어를 장착한 요즘의 스마트폰은 15년 전 대덕연구단지의 과학기술원 건물 한 층을 차지하고 있던 슈퍼컴과 맞먹는 연산속도를 갖고 있다), 지식전달자로서 교사의 중요성은 현저하게 줄어들었다. 화식자리에서 사실에 관한 사소한 이견이 있는 경우 요즘은 논쟁을 하기 전에 이미 누군가가 손 안의 스마트폰으로 누구의 주장이 옳은지를 확인하고 있는 시대이다. 정확하게 기억나지 않는 사실에 관한 기억이라면 손 안의 컴퓨터나 음성인식 스피커에 물어보면 금세 사실을 확인할 수 있는 시대이다. 지식전달자로서의 교사의 기능이 줄어들었다고 해서 교사 직업이 없어질까? 교사 직업은 아마도 지식을 구조화해서 인식하게 하고 그 틀을 이용해 지식을 흡수하도록 도와주는 역할, 상담 역할, 질문을 해주는 역할을 확대하는 방식으로 지속될 것이다. 학생이 배워야 할 사안은 기억만을 필요로 하는 단순 지식 외에도 많다. 그 중 많은 부분을 인공지능이 대신한다고 하더라도 교사가 해야 할 일의 내용이 변화는 할지언정 여전히 남아 있을 것이다.

베테랑 변호사를 위해 판례를 찾아주고 정리하던 일부터 경력을 쌓던 수습변호사의 업무를 인공지능 컴퓨터 로스(Ross)가 대신한다고 해서 변호사 직업이 없어지지는 않을 것이다. 과거와 달리 앞으로 수습변호사는 판례를 효과적으로 찾아주는 인공지능 컴퓨터와 협업하는 일부터 그 경력을 시작할 것이기 때문이다. 선임 베테랑 변호사가 인공지능 컴퓨터를 직접 사용할 줄 안다고 하더라도 새로운 기기를 다루는 일은 젊은 수습변호사가 더 능란할 가능성이 높다.

직업의 소멸에 관해 다른 추론을 가능케 하는 영역이 없는 것은 아니다. 존슨앤존슨사의 'SEDASYS'는 내시경으로서 역할뿐만 아니라 종양을 발견해서 수술이 필요하다고 판단하면 아예 마취까지 진행하는 장비이다. 마취전문의 없이 바로 수술로 진행할 수 있게 해 줌으로써 마

취직문의들의 강력한 반발을 사서 현재는 병원에서 추방된 상태이다. 'SEDASYS'가 병원으로 명예귀환을 하면 일단 마취의사에 대한 수요가 줄어들고 마취의사의 보수가 오르는 일도 제약 될 것이다. 하지만 모든 진단기기가 마취의사를 겸하게 될 때까지는 마취의사를 병원에서 사라 지게 만들지는 못할 것이다. 그 다음 단계로 예견할 수 있는 일은 마취의사 업무가 진단기계를 조작하고 판독하는 의사나 일반 수술의사의 업무가 되거나, 마취의사가 진단기계를 사용하여 진단과 마취 업무를 동시에 하는 방식으로 변화하는 것이다. 전자의 경우는 마취전문의 직업의 소멸이라고 불러도 좋을 것이다. 후자의 경우 마취전문의 직업이 사라진 것이 아니라고 주장할 수도 있지만 이미 그 주된 직무가 마취전문이 아니어서 더 이상 마취전문의로 불리기보다는 다른 이름으로 불릴 가능성이 높다. 이런 방식으로 마취전문의라는 직업은 사라지고 새로운 직업 이 출현할 수 있다. 물론 여전히 마취전문의라고 불릴 수도 있다.

줄어드는 일자리는 설명할 수 있고 정형화할 수 있는 업무(explicit and routine task)로 이루어진 직업이다. 하지만 정형화된 업무로 정의되는 직업이라 할지라도 해당 직업의 직무가 변화하면서 살아남을 수 있다. 적응 과정이 모두 개인에만 맡겨져 있는 것도 아니다. 기업은 필요 없어진 직무 대신 다른 직무를 맡기며 개인이 새로운 직무에 적응하도록 돕는 것이 일반적이다. 그 리하여 없어지는 직무만큼 새 직무가 정의되어, 없어지는 일자리와 새로 생기는 일자리가 구분 되지 않는 경우도 많다.

사실 이러한 과정은 새로운 직업이 생겨나는 과정이기도 하다. 2007년 스마트폰이 등장한 이후 10년만에 전 세계에 1,200만 명의 앱 개발자가 생겨났다. 이들 앱 개발자는 기존의 소프트웨어 개발자를 모두 쫓아내고 전혀 새롭게 등장한 직업이 아니다. 스마트폰이 등장하기 전에 핸드폰 소프트웨어 프로그래밍을 하던 소프트웨어 엔지니어나 프로그래머, 모바일 인터페이스 확산으로 기존의 퍼스널 컴퓨터 웹을 모바일 버전으로 바꾸어야 했던 웹 개발자 등이 스마트폰 확산에 따라 앱 개발 관련 업무를 하는 일이 많아졌고 그러다보니 앱 개발자라는 새로운 직업 명칭을 가진 사람으로 다시 정의된 것이다. 그가 하는 업무의 변화가 그 직업 명칭의 변화를 가져온 이런 경우는 새로운 직업 탄생의 일반적 과정이다. 이는 마취전문의의 미래에 관해 예상한 시나리오 중 후자의 경우와 일치한다.

특정 직업의 직무가 바뀌고 자동화를 보완하는 업무를 새롭게 직무로 삼는 이러한 현상 때문에 시간이 지나면서 기술이 진보하고 자동화 가능성이 증가하더라도 특정 직업의 자동화 확률이 지속적으로 높아지지 않을 수도 있다. 직무의 일부가 자동화될 때 인간은 그대로 있는 것이 아니라 자동화되지 않는 일이나 자동화와 보완적인 일을 자신의 직무로 삼기 때문이다. 이러한 적응과정은 민활한 조직에 속한 개인일수록 빠르게 이루어진다.

그러므로 오늘 어떤 사람이 하는 일의 자동화 확률이 50%쯤 된다고 하더라도 내년에 그 사람이 하는 일의 자동화 가능성이 반드시 50%를 상회하는 것은 아니다. 특히 직업 전체가 아니라 개인 수준에서라면 더 말할 것도 없다. 개인이 자동화와 보완적인 일을 얼마나 자신의 업무로 정의하느냐에 의존해 그 개인의 업무가 자동화할 확률은 현저히 달라질 것이다. 기술진보에도 불구하고 내년에 그 사람이 하는 일의 자동화 가능성은 오히려 50% 미만으로 떨어질 수도 있다. 실제로 미국 O\*Net이 제공하는 직업별 자동화 가능성을 보면 2006~2016년간에 거의 변화가 없거나 오히려 자동화 가능성이 줄어든 직업을 다수 발견할 수 있다. 그 이유는 바로 기술진보와 함께 해당 직업의 직무가 변화했기 때문이다.

20~30년 전과 비교해 보면 세상의 거의 모든 직업이 컴퓨터 등 디지털 기술의 영향을 받았다. 하지만 20~30년 전의 직업과 현재의 직업사전을 비교해 보면 사라진 직업은 1%에도 미치지 않는다. 그리고 직업사전의 항목 수가 과거보다 늘어나기는 할망정 줄어든 적은 없었다. 기술진보의 결과 없어진 직업보다 새로 생긴 직업이 더 많았기 때문이다.

### 3. 직업과 일자리의 미래

디지털 기술을 이용할 수 있는 가능성에서는 나라에 따라 차이가 크지 않다. 하지만 디지털 기술이 만들어내는 충격에 대응하기 위한 자산과 이에 대응하는 인적자원 역량의 국가간 차이는 크다. 이는 개인 차원에게도 마찬가지로 적용된다. 즉 디지털 기술을 활용하기 위한 동기부여, 유형무형의 자산, 적응능력은 개인 간에 많은 차이를 보인다. 이 점에 주목하면 개인의 일자리 안전성뿐만 아니라 일국에서 만들어지는 일자리의 양이나 질 모두에 결정적 영향을 미치는 요인은 기술 자체가 아니라 사람과 조직(기업 혹은 정부)의 적응력이고 제도임을 알 수 있다. 일자리의 양이나 질은 직무와 업무가 외부 충격에 대응하여 변화하는 과정에서 정부, 기업, 개인, 제도가 어떻게 적응력을 발휘하며 변화하는가에 따라 규정되는 것이다.

향후 디지털 기술이 심화되는 과정에서 일어날 일자리 변화는 이렇게 요약해 볼 수 있다. 모든 직업의 '직무'가 변화할 것이다. 어떤 직업의 직무는 다른 직업보다 현저하게 급격한 변화를 겪을 것이다. 어떤 직업의 직무 변화는 그리 크지 않을 것이다. 없어지는 직업도 드물게 존재할 것이다. 하지만 소수의 직업이 없어지는 동안 그 이상의 직업이 생길 것이다. 특정 직업의 일자리 수가 줄어들 수 있겠지만 그 만큼 혹은 그 이상으로 다른 직업의 일자리가 늘어날 것이다.

지능정보기술은 기술진보에도 불구하고 상대적으로 변화 정도가 크지 않을 것으로 보였던 직업군들의 직무조차도 현저히 빠른 속도로 변화시킬 것이다. 과거 200여 년 동안의 산업혁명

역사 속에서 확인할 수 있는 바와 같이, 종내에는 일자리가 '없어지기'보다는 지금 우리가 보고 있는 대부분의 직업들의 직무와 일하는 방식이 '변화'할 것이다. 그 변화의 속도가 워낙 빨라서 빠른 적응을 통해 기회를 잡거나 스트레스 없이 (혹은 적절한 스트레스를 성취욕구로 연결하며) 적응하는 사람보다는 적응을 잘 하지 못하거나 스트레스를 받으며 적응하는 사람이 과거보다 늘어날 수 있다. 사실 그 여부와 정도는 기업과 노동자와 정부가 어떻게 적응과정에 대응하는가에 달려 있다. 그 중 가장 대표적인 집단은 중후장대형 제조업 기업에서 단순 직무에 종사하면서도 높은 기업임금 프리미엄을 누리다가 전업에는 성공하지 못하고 기술적 실업상태를 겪는 사람들일 것이다.

## IV. 맺음말

사람들이 일자리가 줄어들고 있다고 말하는 바와 현실에서 확인할 수 있는 사실 사이에 존재하는 간극을 우리는 어떻게 이해해야 할까? 인공지능과 같은 디지털 기술로 인해 일자리가 현저하게 줄어드는 현상이 우리가 당면한 도전의 요체일까? 현재 진행 중인 기술진보가 직업세계와 고용에 가져올 변화의 요체는 무엇일까?

제4차 산업혁명 기술들이 자동화를 통해 숙련수준 고하를 막론하고 '일자리가 위협받고 없어질 것'이라는 우려는 실현될 미래에 관한 우려라기보다는 실제 전체 일자리 수 감소보다 기대에 미치지 못하는 일자리 기회와 소득 기회를 둘러싼 현실 불안감의 반영일 가능성이 높다. 특히 전통적 공정의 일익을 담당하던 제조업 종사자들의 기술적 실업 가능성 확대는 일자리가 없어지고 있다고 인식하게 만드는 중요한 요인 중 하나이다. 과거보다 고용증가율이 둔화하고, 특히 경력개발을 할 만한 일자리가 현저히 줄어든 현상도 일자리가 감소한다는 우려와 관련이 있어 보인다. 평생직장이라고 생각하던 곳이 어느 날 갑자기 문을 닫거나 극심한 구조조정을 해야 한다는 소식을 듣는다면, 일은 열심히 하는데도 소득은 예전 같지 않고 생활에 여유는 전만 못하다든가, 뭔가 공정한 규칙이 없어 보이는 일이 빈번하게 눈에 띈다면 하는 현상도 일자리 감소 우려와 함께 불안감을 확산시킨 요인일 것이다.

올바른 미래전략과 대응방안을 마련하기 위해서는 일어나고 있는 현상을 올바르게 이해하고 직면한 도전을 잘 식별해야 한다. 과거 수십 년간을 돌이켜 보면 디지털 기술이 새로운 변화 양상을 보인 최근 5-6년 동안을 돌아보면, 고용 감소를 겪은 나라는 많지 않다. 고용이 감소한 경

우에도 기술 충격보다는 거시경제 충격과 정책실패에 기인했다. 산업화의 역사가 오래된 영국과 미국의 170년 이상의 역사 통계나 과거 수십 년간의 OECD국가 통계를 돌이켜 보았을 때도, 기술 변화속도가 빨라졌다는 최근 5-6년 동안의 추이를 고찰했을 때도, 취업자 수 감소를 겪은 나라는 거의 없다. OECD 35개국 중 2011년 이후 5-6년간 고용감소를 겪은 핀란드, 그리스, 네덜란드, 포르투갈, 슬로베니아, 스페인은 디지털 기술의 급격한 발전이나 도입이 아니라 거시경제 충격을 받은 나라들이다.

사람들이 일자리 사정에 관해 비관적인 이유는 실제로 일자리 수가 감소해서라기보다는 디지털 기술이 새로운 차원에서 전개되면서 기술적 실업 가능성을 높인데 기인한다. 기술진보가 과거처럼 공정에 점진적 변화를 가져오기보다는 전혀 새로운 비즈니스 모델로 기존 기업의 경쟁기반을 잠식함으로써 기존 기업이 도태되거나 극심한 구조조정을 강요받는 일이 잦아졌기 때문이다. 에릭 브린올프슨이나 다른 논자들이 말하듯 인공지능을 비롯한 최근의 디지털 기술이 새로운 차원의 업무 자동화 가능성을 보여주고 있는 점이 미칠 영향은 과연 과거의 기술진보와 다를까? 적어도 일자리의 양이 줄어들지 않으리라는 점에 관한 한, 실현될 결과가 과거와 다르지 않을 것이라고 보는 것이 합당해 보인다. 없어지는 일자리가 유독 더 눈에 띄고 사람들은 이를 민감하게 느끼지만, 생겨나는 일자리, 변화하면서 살아남는 일자리에 대해서는 그만큼 민감하게 느끼지 못하고 있다. 변화 속도가 전례없이 빠르고 변화의 폭도 크기 때문에, 한편으로는 내가 모르는 곳에서 생기는 일자리보다 내가 보았던 곳에서 없어지는 일자리가 눈에 잘 띄는 측면도 있다. 다른 한편으로는 사람들에게 요구되는 변화의 정도도 커서 고통스럽고 불편하게 느끼는 사람이 많아서 생기는 현상이기도 하다.

인터넷을 발명하고 이용한 초기 세대들 중 인터넷이 오늘날과 같이 광범위하게 확산되면서 여러 가지 비즈니스 기회를 만들어내고 기존 사업체계와 경쟁력 구도를 이렇게 흔들 것으로 예상한 사람은 거의 없었다. 카카오톡 창업자 김범준이나 페이스북을 만든 마크 저커버그도 자신이 만들어낸 고안물이 수 년 안에 지금처럼 확산되고 새로운 비즈니스 플랫폼이 되어 과거에 없던 일자리를 만들어낼 것이라고 생각하지 못했을 것이다. 하지만 비즈니스 가능성을 감각적으로 느끼고 투자하는 사람들과 기업가 정신으로 이러한 서비스를 이용하여 새로운 기회와 일자리를 만들어 내는 사람들이 있었기에 카카오톡과 페이스북이 새로운 일자리를 창출하는 기술이 된 것이다.

사람들이 일자리 사정에 관해 비관적인 이유는 실제로 일자리 수가 감소해서라기보다는 디지털 기술이 새로운 차원에서 전개되면서 기술적 실업 가능성을 높이고 소득과 일자리 불안정성이 높아진 데에 기인한다. 기술진보가 과거처럼 공정에 점진적 변화를 가져오기보다는 전혀

새로운 비즈니스 모델로 기존 기업의 경쟁기반을 잠식함으로써 기존 기업이 도태되거나 극심한 구조조정을 강요받는 일이 잦아졌기 때문이다. 한 세대보다 훨씬 짧은 시간 지평 안에 많은 경쟁자와 직면해야 하는 현실은 일자리와 소득이 불안해질 가능성을 높이고 있다.

지금처럼 기술변화의 속도가 빠르고 그 파급효과가 광범위한 시기에 높은 적응력으로 기회를 발견하는 기업가와 노동자는 항상 소수이다. 적응력 격차는 기업과 노동자들 사이에 커다란 소득격차를 초래한다. 그로 인해 소득분배상태가 악화되는 경향이 있다. 기술진보의 혜택이 고루 배분되지 않는 상황은 사회와 정치의 불안정성을 초래한다. 과거와 달라진 오늘날의 정책과 정치의 소명이라면 바로 이러한 환경에서 과거와 다른 역량을 발휘하여 이해를 조정해 내는 것이다.

(높아진 기술적 실업 가능성, 장기실업 가능성, 고용 불안정, 소득 불안정 등과 같은) 노동시장 환경 변화에 편승하여 선동하는 것이 아니라 그 중심에서 기회를 확대하고 공정한 경쟁규칙을 확립하는 정책과 정치, 창업환경을 개선해 일자리 창출 가능성을 증진하여 시장 참여자들이 상층이동의 기회로 여기도록 함으로써 사회이동성을 증진하는 정책과 정치, 패자도 포용하여 최저한의 삶과 재도전의 기회를 보장하는 무대로 만드는 정책과 정치를 사람들은 기대하고 있다. 세계 도처에서 일어나고 있는 정치 지형의 변화는 그런 정부를 모색하는 진통과정 속의 한 모습일 것이다. 세계사 속에서 국가의 미래도 그런 정책과 정치가 작동하느냐에 의존해 변화할 것이다. 시선을 안으로 옮겨보면 서울경기권과 다른 고유의 여건을 파악해 창업환경을 조성하고 지역의 시장참여자에게 활력을 주는 지방정부가 다수 출현할 수 있고 또 그래야 하는 시대에 살고 있다는 말이기도 하다.



---

#### • 참고문헌

- 허재준(2018), 디지털 기술의 심화와 일자리, 2018.1.30.일 한국노동연구원-한국사회학회 공동 세미나 발표논문.
  - Autor, David H. (2015), “Why Are There So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation,” *Journal of Economic Perspectives*, 29(3):3~30.
  - Brynjolfsson, Erik and Andrew McAfee (2014), *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, New York: W.W. Norton & Company(이한음 역, <제2의 기계시대>, 청림출판).
  - Frey, Carl Benedikt and Michael A. Osborne (2013), “The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?”, Oxford Martin School Programme on the Impacts of Future Technology, September 17, futuretech.ox.ac.uk.
  - Schwab, Klaus (2016), *The Fourth Industrial Revolution*, Geneva: World Economic Forum(송경진 역, <클라우드 슈밥의 제4차 산업혁명>, 새로운 현재, 2016).
-

# 대전세종포럼

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

# 4차 산업혁명 시대의 한·중 과학기술

김성현 ETRI 부품소재연구소 연구원

# 4차 산업혁명 시대의 한·중 과학기술

김 성 현 ETRI 부품소재연구소 연구원

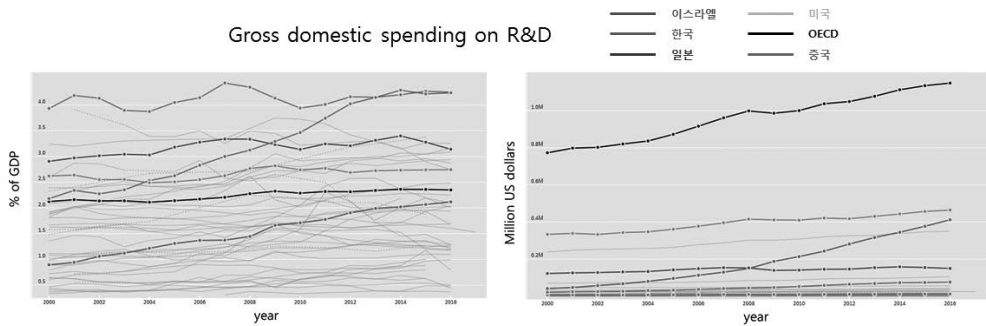
DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

## I. 서론

4차 산업혁명이란 용어는 2016년 1월 20일 스위스 다보스에서 열린 '세계경제포럼(WEF)'에서 주요 의제로 다루어지면서 폭넓은 관심을 받게 되었다. WEF 회장인 클라우스 슈밥은 자신의 책 '4차 산업혁명'에서 4차 산업혁명을 '3차 산업혁명을 기반으로 한 디지털과 바이오산업, 물리학 등 3개 분야의 융합된 기술들이 경제체제와 사회구조를 급격히 변화시키는 기술혁명'으로 정의하였다. 하지만 4차 산업혁명이 이미 시작되었는지 아니면 현재 진행 중인지, 또는 현재의 단계가 3차 산업혁명의 연장선상에 있는 것인지에 대한 논의는 아직도 진행 중이다. 그럼에도 불구하고 4차 산업혁명이 특히 우리나라에서 더욱 관심을 가져야 하는 이유는 미래에 대한 대비 차원이다. 우리나라가 GDP 대비 R&D 투자 수준이 OECD 국가 중 가장 높은 수준이지만 절대 금액으로는 미국이나 일본 중국에 비해 많이 떨어지는 수준이다(그림 1) 참조). 따라서 정해진 R&D투자의 방향을 잘 설정하는 것은 무엇보다 중요한 일이며 과학기술발전에 효율성을 기하는 일이다. 4차 산업혁명의 방향이 어디로 행할지 정확하게 예측하는 것은 불가능하겠지만 현재의 기술에 대한 이해를 바탕으로 미래의 발전 방향을 최대한 근접하게 예측하고, 그 방향으로 한정된 인프라는 투입하는 것이 미래세대에 우리나라가 세계를 선도할 수 있는 가능성을 높이는 일이 되겠다.

또한 우리가 깊이 고려해야 할 요소가 중국의 급격한 부상이다. 비록 한국이 지난 해 R&D 투자의 절대 금액 기준으로 지난 해 프랑스를 제치고 전 세계 5위 규모를 보이고 있지만, 중국은 거의 미국을 따라가고 있고 증가 속도를 고려하면 2022년경에는 미국을 따라잡을 것으로 전망되고 있다.<sup>1)</sup> 한국경제연구원에서 발간된 또 다른 보고서<sup>2)</sup>에 의하면, 2014년 한국과 중국의 기술 격차는 상당히 좁혀진 상황이고 이를 연도수로 환산하면 1.4년 밖에 걸리지 않았다. 하지만 평가지표 대부분 응용기술이 포함되어 있는 점과 원천기술만 놓고 볼 때 중국이 이미 한국의 앞 지르고 있다고 보고하고 있다. 또한 같은 보고서에서 수출점유율 1위 품목의 수가 2007년 한국과 중국은 각각 73개와 1,210개였는데, 2013년에는 각각 65개와 1,538개로 한국은 12.3% 감소한데 반하여 중국은 오히려 27.1% 증가하였다. 중국의 휴대전화 시장에서도 삼성이나 LG가 샤오미나 화웨이, 레노버 등에게 지속적으로 밀리는 등 ICT에 있어서도 중국에 우위를 주장하기 힘들게 되었다.

이러한 관점에서 우리나라가 어떤 전략으로 과학기술정책을 끌고 가는가가 4차 산업혁명 시대를 대비하는 가장 중요한 요소 중 하나로 작용할 것이다. 따라서 본 포럼지에서는 과학기술이 경제에 미치는 영향에 관하여 살펴보고, 4차 산업혁명 시대를 맞이하여 중국과 한국의 과학기술현황에 관하여 살펴보고자 한다.



〈그림 1〉 GDP대비 R&D 투자

자료: OECD(2018), Gross domestic spending on R&D(indicator).  
do:i 10.1787/d8b068b4-en(Accessed on 27 March 2018) 가공.

1) 이강봉(2018), "2022년, 중국 R&D 투자 미국 앞질러", 〈The Science Times〉 4월 4일자.  
2) 김산월(2016), "한·중 양국의 기업경쟁력 분석 및 시사점", 〈정책연구 2016-09〉 6월, p.6.

## II. 생산성 문제

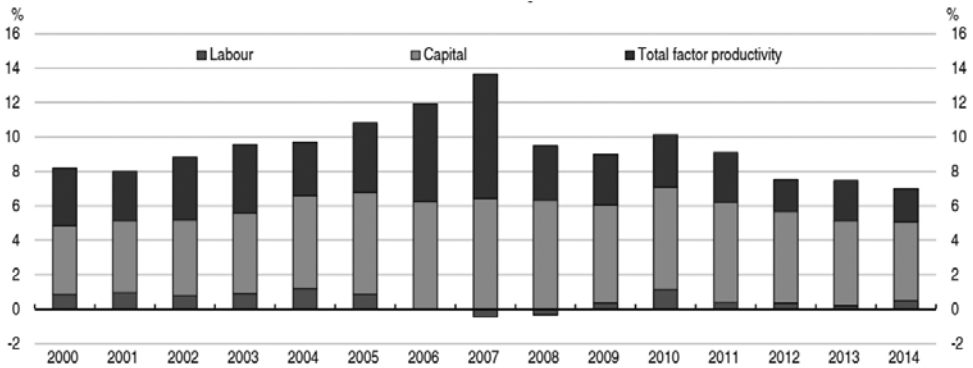
최근 발간된 KDI 보고서<sup>3)</sup>에 의하면, 4차 산업혁명에 기인한 신기술 및 혁신이 쏟아지고 있음에도 불구하고 선진국 노동생산성은 계속 부진한 '생산성 역설'이 지속되며, 구조적 장기침체 가능성에 대한 우려가 확대되고 있다고 한다. 동 보고서에서는 선진국 노동생산성 증가율의 하락이 상당부분 총요소생산성(Total Factor Productivity, TFP) 증가율 둔화에 기인한 것이라고 분석하고 있다. 그 비중은 40%에 달한다고 한다. 노동생산성, 자본생산성, 에너지 생산성 등 한 가지 투입요소에 의한 효율성이 아니라 총요소생산성은 전체 투입 요소에 의한 효율성을 말하는 것으로 기술혁신을 의미한다. 동 보고서에서는 또한 구조적 요인 중 하나로 과거 생산성 증가를 주도했던 ICT의 혁신 효과가 약화되면서 노동생산성 회복이 느려지고, ICT붐(90년대 후반~00년대 초반) 이후 ICT 집약부문의 TFP 증가율이 눈에 띄게 하락하고 있다고 분석하였다. 이는 4차 산업혁명을 주장하는 학자들에게는 곤욕스러운 결과로 아직 실제적으로 나타나는 4차 산업혁명의 증거 부족으로 인한 논란일 것이다.

미국의 경우도 TFP의 감소경향은 최근 뚜렷하게 나타나고 있다. 1970년 2%대를 보이던 TFP는 1990년대에 들어 0.5% 대까지 추락한 후 다시 1% 내외까지 반등하기는 하였으나 최근 다시 0.5% 대로 떨어졌다. 이러한 추세가 계속될지는 장담할 수는 없지만 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 양자통신/컴퓨팅, 가상현실, 5G 등 4차 산업혁명을 이끌 기술로 거론되는 이 기술들이 얼마나 빠르게 산업구조를 바꾸어갈지에 결과가 달려 있다고 판단된다.

중국도 이러한 경향에서 벗어나지 못하고 있다. 전례 없는 경기부양책에도 불구하고 중국의 성장속도는 2005-07년 평균 13.5%에서 2013-15년에는 약 7%를 보였다. 2012년 이후 중국의 TFP 증가율은 계속 감소하고 있으며, 이러한 감소가 조만간 멈출 거라는 증거는 발견되고 있지 않다.<sup>4)</sup> 1992~1997년간 중국이 다소 높은 경제성장률을 유지할 수 있었던 것은 자본 이외에 노동생산성이 뒷받침되었기 때문이다. 당시 노동생산성이 강화된 것은 농촌지역의 잉여 노동력이 도시로 이동했기 때문이다. 1992~2014년간, 잠재적 경제성장률에 대한 자본의 기여도가 높아졌고, 2011년 이후에는 특히나 더 명확해졌다. 한편, 잠재적 성장률에 대한 총요소생산성의 기여도는 2007년부터 하락하기 시작했는데, 이는 2008년 글로벌 금융위기 이후 중국 경제의 전체적 효율성이 악화되었음을 보여준다. 최근 정책 결정자들은 총요소생산성을 제고시켜야 한다는 것을 명확히 인식하고 있다. 2008년 글로벌 금융위기가 발생한 이후, 경제 발전에 대

3) 박희원(2017), "선진국 노동생산성 부진의 원인과 시사점", <월간 KDB국제금융> 12월.

4) Harry X. Wu(2016), "What's behind China's productivity slowdown", <East Asia Forum> 8월 9일.



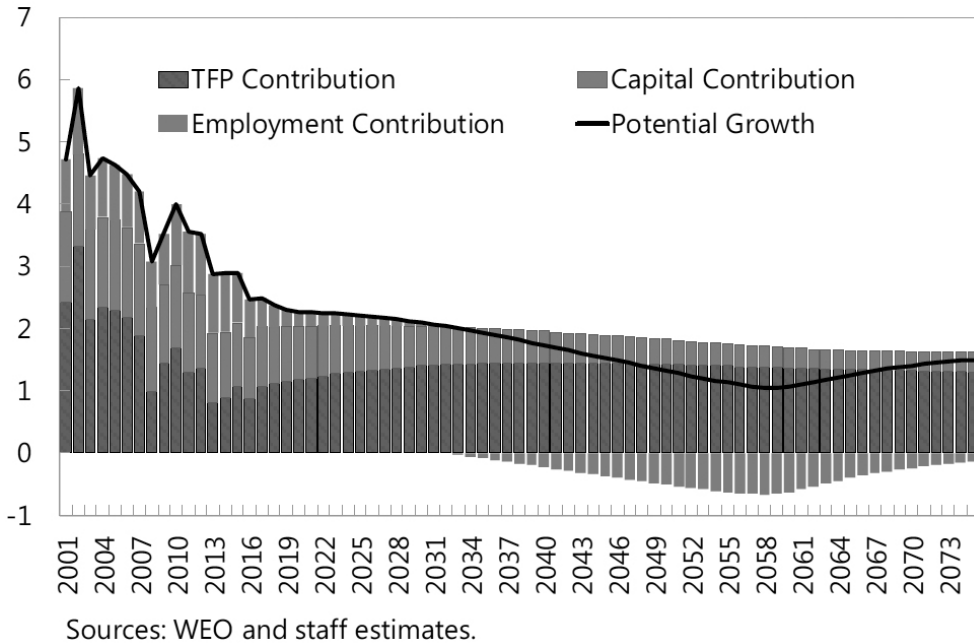
〈그림 2〉 중국의 성장률에 대한 노동, 자본, 총요소생산성 기여도

자료: OECD Economic Surveys: China©OECD 2017.

한 자본의 기여도가 조금씩 상승하였으나, 총요소생산성의 기여도는 반대로 하락하였다. 이는 중국 경제의 전체적인 운용 효율성이 악화되고 있음을 보여주는 것이다.<sup>5)</sup> 〈그림 2〉에 중국 성장률에 대한 노동, 자본, 총요소생산성에 대한 기여도를 나타내었다. 각 요소의 성장률에 대한 기여를 고려해보면 장기적으로 성장률을 향상시키기 위해서는 TFP 기여를 확대하는 것이 필수적이다.

국제통화기금(IMF)이 발표한 우리나라의 잠재성장률을 보면(〈그림 3〉 참조) 노동 인구 감소로 인한 고용 성장 둔화(2030년 이후)가 두드러지는 것을 볼 수 있다. 이는 우리나라의 현재 출생아 비율이 급격히 낮아지는 것에 기인한 것으로 쉽게 극복하기 어려운 과제이다. 중국은 한 자녀 정책으로 인한 비용 상승분이 존재하기는 하지만 중국의 독특한 가계제도인 독특한 hukou(户口)를 개선함으로써 보다 많은 노동력을 도시로 유입하여 노동의 기여분을 증대시킬 가능성이 있으나 우리나라의 경우에는 이미 도시화율이 2015년 기준 82.5%로 충분히 높기 때문에 노동자 수에 의한 노동의 기여분을 높이는 쉽지가 않다. 다만 교육에 의한 단위 노동자의 생산성을 높이는 방향은 가능하다. 총요소생산성의 증가도 두드러지지 않을 것으로 IMF는 예측을 하였는데 이는 우리나라의 R&D 투자 비율의 증가 속도를 보면 다소 R&D 투자의 효율성의 재고가 절실하다는 것이 느껴진다. 다만 세계적으로 금융위기 이후 선진국의 총요소생산성의 감소나 중국의 감소에 비해 한국의 대체로 양호한 흐름을 보일 것으로 예측되는 것은 적극적인 R&D 투자에 기인하는 것이라 판단된다. 우리나라도 이러한 장기적인 저성장 추세에서 벗어나기 위해서는 기술혁신을 통한 생산성 증대가 필수적 요소라고 할 것이다.

5) 상해증권보(上海證券報)(2016). 〈중국 노동생산성을 통해 본 경제체질 개선〉 10월 21일.



〈그림 3〉 중요요소생산성, 노동, 자본의 한국의 잠재성장률에 대한 기여도

자료: IMF Country Report (2018) No. 18/41, 〈Republic of Korea〉 2월.

### Ⅲ. 한·중 과학기술 정책

2050년 이후 중국의 GDP 총액이 미국을 뒤로하고 세계 GDP의 40%로 1위를 차지할 것이고 그 밑바탕은 인구에 근거한 내수 소비가 받쳐주고, 후발주자로서의 이점 및 높은 자본축적율, 지역안배를 통한 전략과 더불어 '기초과학을 중시했던 관리경험에 따른 이점 등에 기인한다는 주장이 있다.<sup>6)</sup> 동 논문에 의하면, 급속한 경제성장에 따른 구조조정, 금융제도 미비, 높은 실업율, 환경 오염 등 다양한 문제의 해결을 위하여 예전처럼 노동과 자본투입 기반의 성장만으로는 어렵다는 것을 인지하고, 정보, 기술, 지식 등 무형자산과 인적자원 기반의 혁신경제로 도약을 꿈꾸고 있다고 보고하였다. 한중과학기술협력센터에서 발간한 “시진핑 정부의 중국 과학기술 동향”<sup>7)</sup>에 의하면 중국의 과학기술정책을 다음과 같이 요약할 수 있다.

중국 경제가 고속성장에서 중고속 성장으로 전환되어 산업구조 고도화와 새로운 성장동력

6) 왕혁(2016), 중국의 과학기술체계와 정책변화에 관한 연구, 강원대학교 석사 학위논문.

7) 한중과학기술협력센터(2017), 시진핑 정부의 중국과학기술 동향, 재정리.



육성을 요구하는 뉴노멀 시대에 진입함에 따라 과학발전의 패러다임을 ‘추격자’에서 ‘추격자·병행자(parallel mover)·선도자’ 공존 구조로 전환하고, 세계과학기술발전 트렌드에 따라 기술이전 회피가 가속되고, 새로운 과학기술 혁명과 산업 혁명이 곧 일어나므로 대응을 마련하고 있다. 이러한 노력을 토대로 ‘20년까지는 ‘혁신형 국가’가 되고 ‘30년에 혁신형 국가의 선두권에 오른 뒤, ‘49년에는 미국과 어깨를 나란히 하는 세계 과학기술 혁신강국으로 부상한다는 계획을 세우고 있다. 주요 육성 대상을 보면, 과기혁신 2030 중대프로젝트(2016-2030)에서 전자정보분야의 양자통신과 양자 컴퓨터, 우주-지구 일체화 정보망, 사이버보안, 빅데이터 등이 있고, 첨단제조 분야의 항공엔진 및 가스터빈, 스마트 제조 및 지능형 로봇, 핵심 신소재 개발 및 활용 등이 있다. 또한 에너지/환경 분야의 스마트 그리드, 석탄 청정 고효율 활용, 징진지(京津冀) 환경 종합 관리, 농업의 종자업의 자주 혁신, 바이오/건강의 헬스, 뇌과학 및 뇌 유사 과학, 우주/goeoid 개발 활용의 심해정거장, 심우주 탐사 및 우주선의 궤도 서비스 및 유지보수 시스템 등이 있다.

시진핑 정부는 과학기술 정책의 일관성 및 연계성을 유지함과 함께 시대의 변화에 맞춰 과기정책을 동적으로 조정하고, 미시적으로 단일한 문제점 해결보다는 거시적 차원에서 문제를 분석하여 체계적 솔루션을 제공하는 등 융통성 있게 추진하고 있다. 역대 지도자 및 시진핑 정부의 노력하에 중국은 이제 기술 추격 및 혁신역량 축적 단계를 거쳐 과학기술대국에서 과학기술강국으로 매진중이다. 정량적인 성과도 보고되었는데, R&D투자는 세계 2위이며, SCI 논문 수도 세계 2위, 발명특허 세계 2위이며, 혁신지수의 경우 2005년, 2010년, 2015년에 각각 21위, 18위, 15위로 과학기술 정책이 실시될 때마다 정량적 성과가 상승하는 결과를 나타내었다.

우리나라도 각 시대별로 다양한 과학기술정책을 펼쳐왔고, 그 결과에 따라 지금의 경제적 성과를 이루는데 기여하였다. 하지만 세계 최고수준의 GDP 대비 R&D 투자 비율에 최고의 효율적 결과를 도출하였는지는 의문이 남는다. 이는 정부의 일관되지 못한 정책타과 과학기술자들의 최선을 다하지 못한 책임이 함께 있다고 판단된다. 과학정책 수립에 더욱 더 많은 과학자들이 참여하여 실제 기술개발에 종사하는 연구자들이 필요로 하는 환경 조성, 필요로 하는 분야의 지원, 필요로 하는 시기에 연구 시작 및 종료를 할 수 있는 요구와 지원의 ‘벡터’를 일치시키는 일이 필요하다고 판단된다.

지난 대선 때 더불어민주당, 자유한국당, 국민의당, 바른정당, 정의당 등 주요 5당의 과학기술 관련 공약을 보면 가장 큰 공통분모는 역시 4차 산업혁명이다. 4차 산업혁명은 이미 일어난 일 이 아니라 현재 일어나고 있고 앞으로 올 불연속적 산업혁명을 선제적으로 대비하자는 일이다. 4차 산업혁명기의 대표적인 특징 중 하나인 속도를 따라가기 위해서는 가장 효율적인 과학기술정책과 투자/평가가 일어나지 않으면 안 된다. 우리나라처럼 GDP 대비 R&D 투자 비율은 높

지만 절대적인 R&D 투자액이 가장 큰 교역국인 중국에 비해 많이 낮은 경우에는 전략적 투자 정책 뿐만 아니라 효율적 투자를 하지 않으면 경쟁에서 크게 뒤떨어질 수밖에 없다. 최근 과학기술정책연구원에서 발표한 보고서<sup>8)</sup>에서 발표된 “과학기술정책영역별 정권간 연속성 및 문제 반복성 평가”를 보면 각 영역별로 정권간 연속성이 낮거나 문제가 반복되고 있다는 것을 확인할 수 있다(표 1) 참조. 이는 R&D 투자대비 효율성이 크게 떨어진다는 것을 말해준다. 따라서 단순히 우리나라가 이스라엘과 함께 GDP 대비 R&D 투자 비율이 세계 top이라는 것으로 미래를 기대할 것이 아니라 정책적으로 일관성을 가지고 장기적 비전을 정책으로 실천하는 것이 국가를 위해 필수적으로 해야 할 일이라 판단된다.

〈표 1〉 과학기술정책 영역별 정권간 연속성 및 문제반복성

과학기술정책 8대영역	정권간 연속성	문제 반복성	정책고려의 초점
국가 전략과학기술 개발	높음	적음	정책 고도화를 위한 정책 성과평가 및 환류 필요
정부 연구개발 투자확대 및 효율화	높음	많음	정책 인식의 패러다임 전환 필요
기초과학연구	낮음	적음	정무적 관심 제고 정책 합리화
지역과학기술과 혁신	낮음	많음	정책 합리화 및 일관성 제고
민간 기술개발 및 창업지원	낮음	많음	정책 합리화 및 일관성 제고
과학기술인력 양성 및 활용	높음	많음	정책 인식의 패러다임 전환 필요
과학기술 국제화	낮음	적음	정무적 관심 제고 정책 합리화
과학기술 기반조성 및 문화진흥	높음	적음	정책 고도화를 위한 정책 성과평가 및 환류 필요

## IV. 4차 산업혁명을 주도할 주요 과학기술 분야의 한·중 비교

### 1. 인공지능(AI)

컴퓨터가 등장하고 난 직후부터 연구가 시작된 AI는 사고 기능이나 학습능력을 가진 인간의 뇌를 컴퓨터를 통하여 구현하는 기술이다. 2016년 3월, 구글 딥마인드가 개발한 바둑프로그래밍인 알파고(AlphaGo)와 이세돌의 바둑 대결로 인해 우리에게 다가온 AI는 경제사회발

8) 홍성주(2017), “신정부 과학기술정책 방향 모색”, 과학기술정책연구원, 정책연구 2017-25.

전에 기여할 수 있을 것이라는 기대 속에 발전 속도는 점점 빨라지고 있다. 시는 그동안 사람이 오랜 기간 동안 수행해야 했던 많은 일들을 짧은 시간 내에 해결할 수 있으므로 시를 이용한 기술혁신의 속도는 상상하기 어려울 정도로 빠를 것으로 판단된다. 이러한 속도가 4차 산업혁명의 특징 중 하나가 될 것이며, 이러한 이유로 시는 새로운 경제발전의 엔진이 될 것이다.

중국위 인터넷 기업인 왕이의 발표에 의하면, 세계 인공 지능 기업의 수는 미국, 중국, 영국 등 일부 국가에 집중되어 있으며, 이들 국가의 기업 수는 전체의 65.73%에 달한다(그림 4) 참조). 전 세계 인공지능 기업의 수는 미국이 2905개, 중국이 709개, 영국이 366개로 보고되었다. 동 보고서에 의하면 투자적 측면에서 미국, 중국, 영국은 각각 179.12억불, 25.72억불, 8.16억불로 중국이 역시 세계 2위를 차지하고 있다. 중국 국무원은 지난 2017년 7월 20일, <새 시대의 인공지능 발전 계획에 관한 통지><sup>9)</sup>를 발표하였다. 통지에 의하면, 전략적 목표로 “2020년에는 인공 지능의 전반적인 기술과 응용 프로그램이 세계의 고급 수준과 동기화 될 것이다. 인공 지능 산업은 새로운 중요한 경제 성장 포인트가 될 것이다. 인공 지능 기술의 응용은 사람들의 생계를 개선하고 혁신 국가의 진입 및 구현을 효과적으로 지원하는 새로운 방법이 될 것이다. 모든 면에서 사회 복지를 구축하려는 목표이다.”라고 되어 있다. “2025년까지 인공 지능의 기본 이론에서 획기적인 발전이 이루어질 것이다. 일부 기술 및 응용 프로그램은 세계 최고 수준에 도달할 것이다. 인공 지능은 중국의 산업 발전과 경제 변화의 주요 원동력이 될 것이며, 현명한 사회 건설은 긍정적 진보를 이룰 것이다.”라고 되어 있으며, 또한 “2030년까지는 인공 지능 이론, 기술 및 응용 프로그램이 세계 최고 수준에 이르러 세계 최고의 인공 지능 혁신 센터가 될 것이며, 스마트 경제와 스마트 사회는 혁신적인 국가와 경제력의 선구자가 되기 위한 중요한 토대를 마련하는 놀라운 성과를 이루어 낼 것이다.”라고 예측하고 있다.

이처럼 중국은 국가적으로 시에 대한 지극한 관심을 가지고 지원, 육성하고 있다. 이러한 노력의 실적으로 2016년 기준 중국 인공지능 관련 지적재산권은 9만 여건에 달하고 있어 미국의 두 배 수준을 보이고 있다.<sup>10)</sup> 대표적인 기업으로는 바이두, 알리바바, 텐센트, 아이플라이테크 등이 있으며, 신형 인공지능 업체로는 IFLYEK, 小로봇, SinoVoice, Mobvoi, DeepGlint, Face++, Yuring로봇, Horizon Robotics, iCarbonX 등이 있다.

9) [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content\\_5211996.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm)

10) ‘글로벌 시 발전보고서’



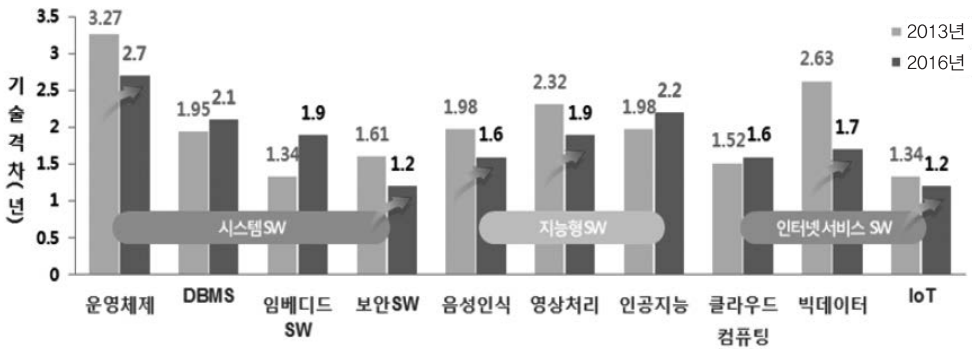
〈그림 4〉 전 세계 인공지능 기업 분포

자료: <http://sike.news.cn/hot/pdf/6.pdf>.

국내는 주로 플랫폼기반을 중심으로 포털과 통신, 게임분야 등 기존 기업들을 중심으로 인공지능 기술 및 서비스 개발을 추진 중이다. 특히, 투자 여력, 분석 가능한 빅데이터 등을 보유하고 있는 국내 포털 및 통신사를 중심으로 머신러닝 기반의 서비스가 출시되거나 개발 중이다. 국내 기업들은 원천기술 개발보다는 플랫폼 중심으로 단기간에 성과를 낼 수 있는 빅데이터 기반 응용기술 개발 중심의 기존 해외 선도 원천 기술을 ‘활용’하는 수준에 머물러 있다. 기술적으로 볼 때 국내는 아직 자연어 처리, 이미지 인식, 음성 인식 등 빅데이터 처리를 중심으로 하는 연구는 미국의 3~4년 전 연구개발을 답습하는 수준이며, 중국과 비교해서도 특허분석 및 기업현황을 볼 때 이미 음성인식 및 처리 관련 기술 마지막 단계로 1~2년 이내에 미국과 같이 감정을 분석하는 2단계로 넘어 갈 것으로 예측된다.<sup>11)</sup> 그러나 우리나라의 AI에 관한 연구 수준은 세계 최고 수준인 미국 대비 2.2년의 기술력 차이가 있는 것으로 IITP는 분석하였다(그림 5) 참조). 보고서에 의하면 인공지능의 경우 기술격차가 2013년 1.98년에서 2016년에는 2.2년으로 다소 늘었다. 상대적으로 우리나라의 인공지능에 대한 연구가 뒤처지고 있다고 조사된 것이다. 4차 산업혁명의 특징 중 하나인 속도라는 측면에서 보면 2.2년이라는 시간은 그 자체적으로만 보면 따라가기 힘든 시간일 수도 있다는 점에서 불안감을 준다. 또한 중국이 연간 2,000명 이상의 AI 관련 박사학위 보유자를 배출하는 반면에 한국은 연간 20명에서 30명 수준<sup>12)</sup>이어서 이러한 차이를 극복하기 위해서는 보다 전향적인 노력이 필요하다고 생각된다. 또한 AI 관련 창업 기업의 수도 미국이나 중국에 비하면 보잘 것 없는 수준이어서 향후 4차 산업혁명 시대를 대비하기 위한 적극적인 지원책이 필요하다고 판단된다.

11) 김동순(2017). “인공지능의 발전현황과 뇌 모방형 컴퓨팅 기술”, 《KIET 산업경제》 7월.

12) 한중과학기술협력센터(2017). “중국의 4차 산업 기술동향”, 12월.



〈그림 5〉 10대 SW 기술별 기술격차(2013년 vs 2016년) 비교

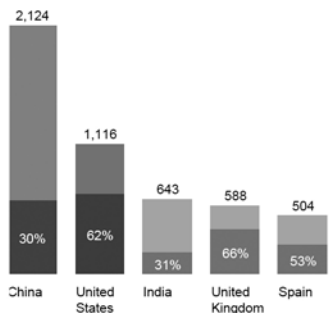
자료: 정보통신기술진흥센터(2017), “2016년도 ICT 기술수준조사 보고서”, 2월.

SW면에서는 미국이나 중국에 뒤지고 있으나 전자, 반도체, 통신 등 HW면에서의 한국의 인프라는 상당한 경쟁력을 갖추고 있어 잠재력은 있다. 산업적으로는 데이터센터, 인공지능(AI), 사물인터넷 등의 급속한 확대에 따라 핵심부품인 반도체의 유효수요 증대가 계속될 것으로 보여 우리나라의 반도체 수출이 당분간 고속성장을 유지할 것으로 판단된다.

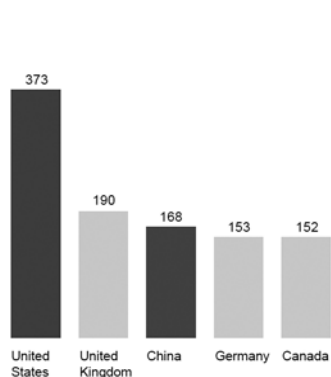
학술 논문 면에서 중국이 널리 인용 된 시 관련 논문을 많이 생산하지만 미국과 영국의 연구는 여전히 더 많은 영향력을 행사하고 있다(〈그림 6〉 참조). 이는 아직 중국이 기초원천 기술의 확보 측면에서는 미국은 물론 영국에도 뒤떨어지고 있다는 것을 말해준다. 또한 전체 특허 중 절반 정도가 로봇과 관련이 있어 우리나라의 강점에 해당하는 ICT 관련 분야로의 접근이 필요해 보인다.

Although China produces a large number of widely cited AI-related papers, US and UK research remains more influential

While China ranks first for absolute AI citations, the United States holds an edge when self-citations are taken out  
Number of AI publications cited



Publication influence  
H-index<sup>2</sup>



1 Self-citation occurs when a journal cites another article published in the same journal.  
2 The H-index ranks both the productivity of scholars and the citation impact of their publications. A higher H-index number indicates more publications that are widely cited.

SOURCE: SCImago Journal Rank 2015; McKinsey Global Institute analysis

〈그림 6〉 AI 관련 논문 인용수와 영향력

자료: McKinsey&Company(2017), “ARTIFICIAL INTELLIGENCE: IMPLICATIONS FOR CHINA”, 4월.

## 2. 빅데이터(Big Data)

4차 산업혁명에서는 data의 중요성이 한층 중요해지고 있다. 데이터의 수집·저장·분석을 통한 고객의 요구를 혁신적인 제품과 서비스를 얼마나 신속하게 제공하는지가 기업경쟁력의 핵심요소 중 하나이다. 세계 빅데이터 시장은 2016년 1,342억 달러에서 2020년 2,100억 달러로 두자리수 성장이 전망된다. 한국의 빅데이터 시장 규모도 2016년 3,440억 원에서 2020년 9,671억 원으로 연평균 29.5% 성장하는 등 급격하게 팽창할 것으로 예상되지만 기술수준은 일본과 미국 등을 밀돌고 있다. 우리의 빅데이터 기술수준은 미국(100 기준, 2016년)의 77.3로, 3.3년의 기술격차를 보이고 있고, 일본과도 약 1.9년의 기술 격차를 보이고 있다.<sup>13)</sup> 빅데이터는 유전자 성향 분석 등 정치 및 사회분야, 고객의 구매성향 분석을 통한 구글이나 페이스북에 정보를 제공하는 광고분야, 운동선수들의 운동 능력 분석 등을 통한 스포츠 분야, 나아가 구글 번역 등에서도 활발히 활용되고 있다. 얼마나 많은 양의 data를 축적하고, 여기에서 유효한 결과를 도출해 낼 수 있는지에 기업들은 사활을 걸고 있다.

2017년 12월, 한중과학기술협력센터에서 발표한 자료에 따르면 빅데이터 관련 시스템은 대부분이 공개 및 공유의 오픈소스 기술이 중심이고 아직 세계 범위의 기술독점이 이루어지지 않아 중국은 빅데이터 발전 초기부터 경쟁참여가 가능하다<sup>14)</sup>고 전망하고 있다. 동 보고서에서는 중국은 최대의 인구와 경제 규모를 보유하고 있어 중국의 빅데이터 자원 규모도 세계 1위를 차지할 것으로 전망된다고 주장하고 있다. 중국은 핵심기술개발, 산학연 학술교류 및 기술협력, 데이터 공유 플랫폼 구축, 정부부처에 빅데이터 연구와 활용 건의 제기 등을 목적으로 한 컴퓨터학회 빅데이터 전문가위원회와 최신 빅데이터 발전상황 분석, 발전과 활용에 관한 중요과제 실시, 산·학·연 교류·협력으로 빅데이터 R&D와 발전 추진의 목적으로 통신학회 빅데이터 전문가 위원회를 2012년 설립하는 등 빅데이터 연구분야에 박차를 가하고 있다. 2016년에만 <‘빅데이터 발전 촉진 행동요강’의 3년 업무방안 구체화>(국가임업국), <생태환경 빅데이터 구축 총체적 방안>(환경보호국), <빅데이터 발전 촉진 3년 업무방안(2016-2018)>(국가발전개혁위원회), <건강의료 빅데이터 응용발전촉진 및 규범화 지도의견>(국무원판공청), <국토자원 빅데이터 응용발전 촉진실시의견>(국토자원부), <중국입업 빅데이터 발전 가속화 관련 지도의견>(임업국), <교통운수산업 데이터자원 개방공유 추진 관련 지도의견>(교통국), 중국 발전개혁시스템 빅데이터 사업추진 관련 지도의견>(국가발전개혁위원회), <농업 농촌 빅데이터 시범방안>(농업부), <빅데이터산업 발전계획(2016-2020)>(공업정보화부) 등 10여개 이상의 중요 정책이 각 부처에

13) 정현숙(2018), “빅데이터를 활용한 한일 중소기업의 한계 극복 전략”, <Trade Focus> 3월.

14) 한중과학기술협력센터(2017), “중국의 4차 산업 기술동향”, 12월.

서 발표되었다.<sup>15)</sup>

중국 과기부와 공업정보화부에서 주로 빅데이터 연구개발을 추진하고 있으며, 관련 특허 출원량은 2010년부터 급속히 증가하여 2016년에는 634건의 특허를 출원하였다. 대표적인 빅데이터 R&D 업체로는 Alibaba, Tencent, Baidu, Huawei 등이 있다.

우리나라도 빅데이터 활용을 위한 정부정책이 다각도로 시행중이다. 행정안전부(장관 김부겸)는 4차 산업혁명의 핵심인 빅데이터 활용을 향상시키기 위해 새 정부 국정과제인 공공빅데이터센터 구축을 본격 추진한다고 밝혔다.<sup>16)</sup> 국내의 경우 공공 및 민간부문에서 분야별로 빅데이터센터가 설립·운영되고 있으나 빅데이터센터 간 협력과 연계가 부족하여 데이터 활용이 특정 분야에 한정되고 공동 활용 및 다각적 분석이 미흡함에 따라 빅데이터센터간 허브 기능을 수행할 수 있는 기구 신설이 절실하였다라고 밝히고 있다.

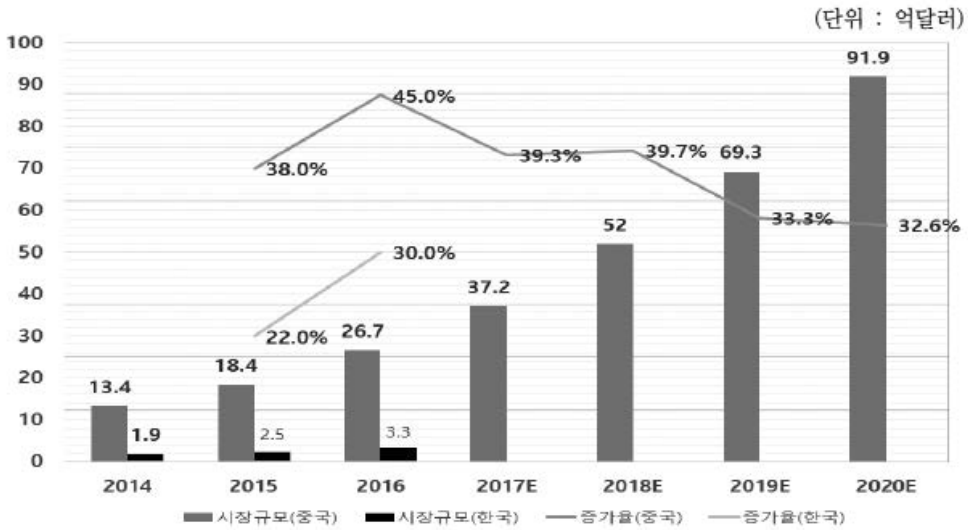
과학기술정보통신부와 한국정보화진흥원은 2013년부터 부처 간 데이터 연계와 빅데이터 이용 활성화, 그리고 국가 현안해결에 대처하는 차원에서 빅데이터 시범사업을 추진하고 있다. 몇 가지 예<sup>17)</sup>를 들면 다음과 같다. 2013년 서울시는 KT와 함께 ‘올빼미 버스’ 사업을 실시한다. 빅데이터 분석을 통한 심야버스 노선지원 정책으로 심야버스 운행 노선 최적화를 위해 KT의 심야시간대 통화량 데이터와 서울시의 교통량 및 정류장 위치정보를 융합하여 최적의 정류소 위치 선정하는 것을 목적으로 하였다. 서울시는 심야버스를 ‘올빼미 버스’라 이름 붙였는데, 본 사업 종료 이후 올빼미 버스의 하루 평균 승객 수는 2015년 12월 기준 7,954명에서 2016년 12월에는 9,883명으로 증가했다. 2016년에는 도로교통공단이 더아이엠씨와 함께 교통사고 감소를 위한 데이터 분석 기반 사고예보 서비스 개발을 목적으로 한 교통사고 예보 서비스를 실시하였다. 교통사고 제보, 사고 기록, 기상 데이터를 분석하여 주요 위치·시간대별 교통사고 위험도를 평가하고, 분석된 결과로 ‘교통사고 예보 서비스’라는 방송용 서비스로 개발했고, 대구·부산 교통방송을 통해 매일 시민에게 제공하였다. 전세계 약 53%의 기업들이 적극적으로 빅데이터를 도입하여 제품과 서비스혁신을 추구하고 있지만, 우리나라 IT 관련기업의 빅데이터 시스템 도입률은 5.8%에 그치는 등 빅데이터를 보유하지 않는다는 이유로 아직까지 활용이 저조한 실정이다.<sup>18)</sup> <그림 7>에 한·중 빅데이터 시장규모를 비교하였다.

15) 중국보고대청(www.chinabgao.com), 2017.03.

16) 행정안전부 보도자료(2017), ‘공공빅데이터센터 구축 본격 추진’, 1월.

17) 이상근(2017), “4차 산업혁명과 빅데이터 전략”, 한국정보화진흥원, 12월, 재정리.

18) 박소영(2018), “빅데이터 거래의 한·중 비교: 기업활용을 중심으로”, (Trade Focus) 4월.



〈그림 7〉 한·중 빅데이터 시장 규모

자료: 중국정보통신연구원(2017), 한국정보화진흥원자료 가공, 박소영(2018) 재인용.

### 3. 가상현실/증강현실(virtual reality, VR/augmented reality, AR)

가상현실 시장은 2016년 40억 달러에서 2017년 200억 달러로 급속하게 성장하고 있다. 또한 2020년에는 1,500억 달러까지 성장할 예정이다. 우리나라는 반도체 소자, 디스플레이 등 기술적 우위에 있는 기술들로 인해 경쟁력이 있을 유망분야로 기대된다.

중국의 AR/VR 시장은 무한한 발전 가능성은 있지만 아직까지는 걸음마 수준이다. 1990년대 VR게임 개발이 추진되었으나 기반기술의 부족으로 인해 활성화되지 못하였다. VR 디바이스 핵심기술을 아직 확보하지 못하였고, 디자인 미비, 짧은 제품수명 등 아직은 많은 어려움을 겪고 있다. 2016년 2월 VR 기술은 ‘국가 중장기 과학과 기술 발전요강(2016~2020)’에서 선정한 3대 선진 정보기술 중 하나로 선정하였다. 1990년부터 가상현실 관련 연구를 863계획에 포함시켜 과학기술부, 자연과학기금위원회 등에서 지원하고 있다. 2016년 3월에 발표된 ‘국민경제와 사회발전 제13차 5개년 계획요강(2016~20년)’에서 가상현실 관련 산업을 전략적 신흥산업에 포함하였다. 강서성 강창시, 청도시 남산구 등에 가상현실관련 기지를 설치하는 등 여러 지방정부에서도 전략적으로 가상현실 산업 육성을 위해 노력하고 있다.<sup>19)</sup>

우리나라는 미국 등 선도국 대비 VR시장 진입이 늦은 편이고, VR산업 생태계를 구성하는 핵

19) 한중과학기술협력센터(2017), “중국의 4차 산업 기술동향”, 12월, 재정리.



심기술 측면에서 격차가 존재한다는 한계가 있다. 그러나 최근 시장규모가 급증하고 있고, VR 기기와 콘텐츠 등 신제품 개발 및 출시가 활발하게 진행 중이라는 점에서 VR산업 활성화를 위한 정책적 지원과 제도적 개선방안 마련이 필요할 것이다. 미래창조과학부는 2015년 19대 미래성장동력에 VR과 관련성이 높은 ‘가상훈련시스템’, ‘실감형 콘텐츠’ 두 분야를 포함하였고, 각각에 대한 종합 실천계획을 수립하였다. 2016년 2월에 VR의 미래성장동력화를 위한 구체적 계획인 “가상현실 신산업 플래그십 추진방안”을 발표하여 핵심적인 추진방안인 5개 선도 프로젝트로 VR게임 및 체험, VR테마파크, VR영상플랫폼, 다면상영, 글로벌 유통을 제시하였고, 2016년 8월 제2차 국가기술전략회의는 9대 국가 전략프로젝트 후보사업 중 하나로 ‘가상증강현실(VR/AR)’을 선정하여 원천기술 개발, 인력양성, 법제도 개선 등을 지원하고, 플랫폼 핵심원천 기술 개발, 콘텐츠 확대, 시장활성화에 초점을 맞춘 민관 합동 ‘플래그십 프로젝트(플랫폼+콘텐츠)’를 추진했다. 여기에는 개발·서비스 플랫폼 고도화, 오감·인터랙션 기술, 초경량·고성능 디바이스 개발, 이용자 안전성 확보 등을 포함한다.<sup>20)</sup>

## V. 결론 및 대전시, 세종시의 역할

과학기술을 기반으로 한 중국의 급부상은 어느덧 G2로서의 위상을 공고히 하고 있으며 세계 1위 기술의 개수를 매년 갱신하고 있고, 일관된 정책으로 과학기술이 국가 경제에 주도적 역할을 하고 있다. AI나 빅데이터 등 4차 산업혁명 시대에 결정적 역할을 할 분야에 있어서도 미국을 제외하면 세계 정상급의 결과를 보이고 있다. 이러한 경향은 더욱 굳어져갈 것으로 예상되며, 오히려 미국을 따라잡아 추월할 가능성도 점쳐지고 있다. 문제는 그런 중국이 교역량 측면에서 미국과 일본을 합친 것 보다 더욱 큰 우리나라의 경쟁국이라는 것이다. 경쟁자 측면에서 어쩌면 우리가 세계의 공장을 중국으로부터 물려받아야 할지 모른다는 불안감도 있다. 이러한 불안감은 새로운 변화 없이는 극복하기 어려운 측면이 있다. 어쩌면 4차 산업혁명 시대가 그러한 변화를 만들어낼 수 있는 계기가 될 것이다.

최근 선진국을 중심으로 과학기술혁신을 나타내는 지표로 쓰이는 총요소생산성이 감소를 하거나 증가의 가능성을 보여주지 못하고 있다. 이러한 문제는 잠재성장율의 감소를 의미하므로 국가적으로도 위기를 맞이할 수 있다. 우리나라도 역시 총요소생산성의 증가가 기대되지 못하

20) 최민식(2017), “가상현실산업 관련 국내외 현황과 개선 과제”, 인터넷 법제 동향, Vol. 121, 10월.

고 있으므로 이러한 경향에서 예외는 아니다. 하지만 ‘산업혁명’이라는 것이 불연속적 증가를 의미하므로 이전의 경향에서 탈피하여 새로운 경향을 이끌어낼 수 있는 계기가 될 수 있다는 점이 될 수 있고, 특히 그 계기가 가까이 있다는 것이 고무적인 일이다. 우리가 4차 산업혁명을 철저히 대비하고 준비해야하는 이유이다.

대전시는 우리나라 과학기술의 메카라고 할 수 있는 대덕연구단지를 보유하고 있다. 대덕연구단지는 26개의 정부출연연구기관, 7개의 대학, 24개의 정부 및 국공립 연구기관, 1,613개의 기업이 입주해 있는 매머드급 연구/산업/교육 단지이다. 이러한 지역적 특성을 살리기 위해 대전시는 2017년 2월 산학연 TF 구성을 시작으로 8월 국회정책포럼에서 4대전략 24개 과제 발표와 10월 기획평가위에서 발표과제 보완에 이르기까지 4차 산업혁명특별시 조기 가시화를 위해 노력하고 있다. 이러한 노력은 각 분야의 전문가그룹에 의해 도출된 전략에 대하여 소위원회 구성하여 과제를 도출하였다. 하지만 구체적인 실천 방안이나 대정부 설득작업 등에 있어서는 다소 노력이 부족한 것으로 보여 대전이 4차 산업혁명 시대를 확고하게 리딩할 수 있도록 보다 세밀한 실천 노력이 필요하다고 판단된다. 또한 출연연 등과 협력하여 대전만이 아닌 우리나라 전체의 ICT 정책을 수립하고 그 안에서 어떻게 대전이 포지셔닝할 것인가에 대하여 고민하여야 한다. 대전의 과학기술 정책 입안 능력과 지자체의 의지가 융합될 때 4차 산업 특별시는 비로소 완성될 수 있을 것이다.

4차 산업혁명은 기술이 시발이 될 것이지만 그 완성은 사람이다. 기술개발이나 산업혁명도 궁극의 목표는 인간의 행복이어야 하므로 급속한 기술개발과 인간의 상대적으로 느린 생활/환경/문화의 발전 사이의 간극은 세종시의 인문사회 분야의 국책 연구기관이 맡아야 한다. 과학으로 시작된 산업혁명은 문화로써 완성이 되어야 한다. 대전과 세종이 함께 노력해야 하는 분명한 이유이다.



# 대전세종포럼

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

## 4차 산업혁명 시대 미래도시 교통체계의 혁신방향과 과제

여 화 수 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 교수

안 용 준 대전세종연구원 연구위원

# 4차 산업혁명 시대 미래도시 교통체계의 혁신방향과 과제

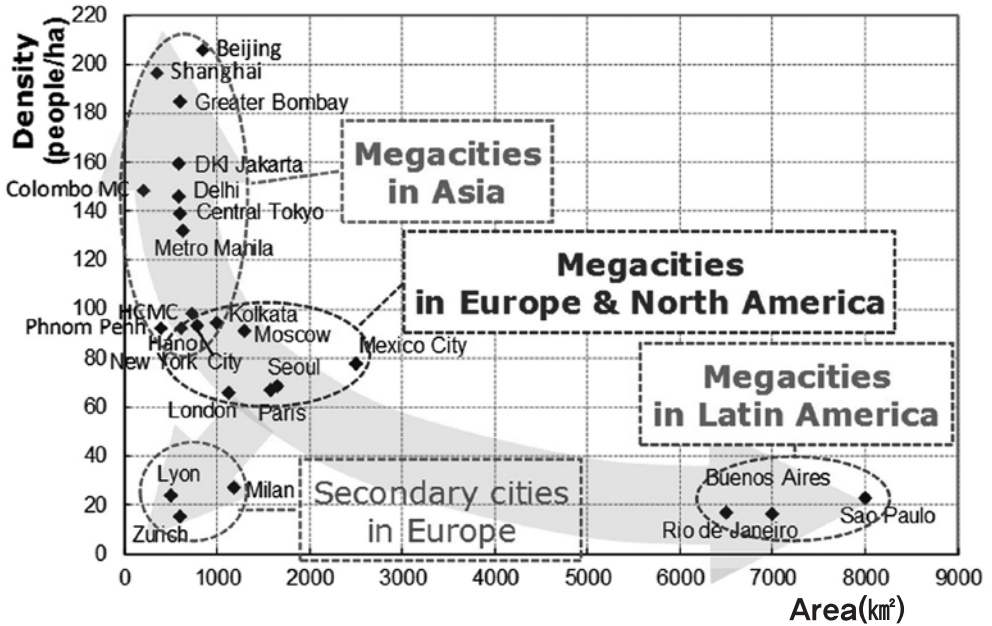
여 화 수 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 교수  
안 용 준 대전세종연구원 연구위원

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

## I. 도시교통의 이슈들과 대응

### 1. 거대도시의 문제

중국을 포함한 아시아 국가들의 빠른 성장세는 세계경제의 중심을 아시아로 이동시켜오고 있으며, 도시화와 거대도시의 출현이라는 어려운 문제를 만들어 내고 있다. 국제연합은 2050년까지 70%의 인구가 도시에 거주하게 될 것이라고 전망하고 있다(United Nations, 2014). 중국 베이징을 비롯한 인구 천만이상의 거대 도시들이 증가함에 따라 아시아의 교통문제는 더욱 어려운 국면을 맞이하게 될 것이다. <그림 1>에서 보는 것과 같이 많은 아시아의 도시들이 미주나 유럽 등 다른 지역의 국가들에 비해 월등히 높은 인구밀도를 가진 거대도시들로 성장하고 있다. 지난 수 십년 동안 우리나라도 이런 빠른 도시화의 과정을 거쳐오면서, 교통혼잡과 교통안전 등의 많은 문제들을 겪어왔으며, 21세기에 들어서는 기후변화와 함께 도시의 지속가능성이 인류가 해결해야 할 가장 중요한 이슈로 떠올랐다.



〈그림 1〉 아시아 지역 도시들의 인구밀도(Seichiro Akimura, 2015)

## 2. 도시문제에 대한 대응 방안

이런 거대도시의 교통문제를 해결하는 것은 점점 더 어려워지고 있다. 도시의 규모가 커짐에 따라, 시민들의 이동거리, 이동빈도가 늘어나고, 이에 따른 교통혼잡과 교통사고의 증가, 에너지 소비의 증가 및 온실가스 배출량의 증가로 이어지는 악순환의 구조를 벗어나기는 매우 어렵다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 도시의 의사결정자들은 두 가지 도전적인 과제에 대응해야 할 것이다.

첫 번째 과제는 어떻게 지속가능한 “녹색” 교통시스템으로의 전환을 이룰 것인가의 문제로, 도시의 지속가능성 역량을 평가하고, 시스템을 개선하는 것이 중요하다. 녹색 교통시스템으로의 전환을 위해서는 ①기술발전 위주의 공급중심의 전략과 ②수요의 관리를 통한 방법이 있다. 기술 중심의 접근방법은 신재생에너지, 저탄소 차량, 최적화된 운영등의 향상된 기술을 통해 온실가스 배출을 줄일 수 있으나, 교통수요를 증가시킬 수 있어서, 온실가스 저감효과가 그리 크지 않을 수도 있다. 그러므로, 수요관리 정책과의 결합을 통하여 최대의 효과를 얻을 수 있도록 해야 할 것이다. 수요관리 정책은 ①저탄소의 교통수요로의 대체, ②수요의 통합을 통한 시스템의 효율 향상과 ③교통수요 자체를 줄이는 방법이 있으며, 이를 통하여 낮은 수요와 동시에 낮은 온실가스 배출량을 갖춘 교통시스템을 구축하는 것이 목표라 할 수 있다.

두 번째는 4차 산업혁명 등 새로운 기술의 발전과 패러다임의 변화에 맞추어, 기존의 시스템에서 새로운 기술들을 어떻게 수용하고, 시스템을 변화시켜 나가야 할 것인가의 문제이다. 이 문제에 대응하기 위해서는 도시관리와 계획, 정책결정에 있어 인적 자원의 기술역량의 증진이 필수적이다. 새로운 기술에 대한 수용성의 증대와 리빙랩 등의 방법으로 기술발전에 빠르고 지속적으로 대처할 수 있는 역량의 개발이 지자체 단위로도 필요할 것이다. 이를 위해서는 탄탄한 산학연관의 연구-실험-활용-산업화로 이어지는 협력체계의 구축이 필수적이다.

## II. 4차 산업혁명과 교통기술

### 1. 4차 산업혁명

최근 발전된 ICT기술을 기반으로 물리적 객체요소들과 디지털 네트워크상의 요소들의 연계가 급속하게 발전하고 있으며, 이를 통해 혁신적인 제품 생산 및 서비스 제공이 가능해졌다. 그 결과 개인의 삶뿐만 아니라 사회, 경제 및 산업 전반에 걸쳐 시스템 차원의 변화가 진행되고 있으며, 변화 속도, 범위, 그리고 파급효과가 기존의 산업혁명과는 차별성을 보인다는 점에서 제4차 산업혁명이라고 불린다(Schwab, 2016). 4차 산업혁명으로 인한 첨단 디지털기술과 자동화의 융합은 제품생산에 필요한 가상 및 물리적 시스템이 전 세계적차원에서 상호 협력할 수 있는 체계가 실현될 수 있게 하였다. 이러한 4차 산업혁명으로 인한 패러다임의 변화는 제품생산 체계뿐만 아니라 도시, 교통, 복지, 경제 등 여러 분야에서 영향을 끼치고 있다. 교통분야에서 주로 언급이 되고 있는 변화는 자율주행차, 초고속철도, 드론 등 첨단교통수단의 등장과 데이터 기반의 교통운영관리 및 예측시스템의 확대일 것이다. 첨단교통수단은 공간적 이동성과 접근성을 개선시키고 장기적으로 도시 및 지역의 공간구조를 변화시킨다. 4차 산업혁명 시대에 교통분야에 영향을 미치는 혁신기술들은 이동형 인터넷, 사물인터넷, 첨단 재료, 자율주행차량 기술, 실감있는 인터페이스 등이 있다. 이러한 혁신기술들의 융합개발을 통해 다양한 신규 교통서비스 및 기술이 창출되고 개발될 수 있다.



〈표 1〉 교통분야에 영향을 미치는 4차 산업혁명 주요 기술 (Baker, et al, 2016)

기술	정책고려의 초점
이동형 인터넷	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트폰과 태블릿 PC와 같은 이동형 전산 장치와 고속 무선통신 네트워크의 조합 및 이를 통해 구현되는 애플리케이션</li> <li>통행 중에 이동 경로나 교통수단을 전환하는 데 필요한 실시간 정보 서비스 제공</li> </ul>
사물인터넷	<ul style="list-style-type: none"> <li>물리적인 객체에 탑재된 센서 및 통신 기술을 활용하여 대상 객체를 추적 및 관리할 수 있는 데이터 네트워크 체계</li> <li>교통신호, 가로등과 같은 도로 시설 장비를 원격으로 모니터링하고 관리하는 데 활용 가능</li> </ul>
첨단 재료	<ul style="list-style-type: none"> <li>반응성을 높이거나, 원하는 수준의 전기적 특성 및 강도를 갖도록 가공하여 제작된 재료</li> <li>내구성이 향상된 재료의 사용으로 도로 유지관리 비용 절감</li> </ul>
자율주행차량 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>운전자의 개입이 거의 또는 전혀 없이 도로상에서 차량을 운행하는 기술</li> <li>대여한 카셰어링 차량을 자율주행을 활용하여 반납하는 서비스</li> </ul>
실감 있는 인터페이스	<ul style="list-style-type: none"> <li>정보의 모니터링 및 입력을 상호작용이 가능한 방식으로 구현하는 가상현실 환경의 인터페이스</li> <li>차량 내 인터페이스를 통해 도로 표지나 단속 정보 제공</li> </ul>

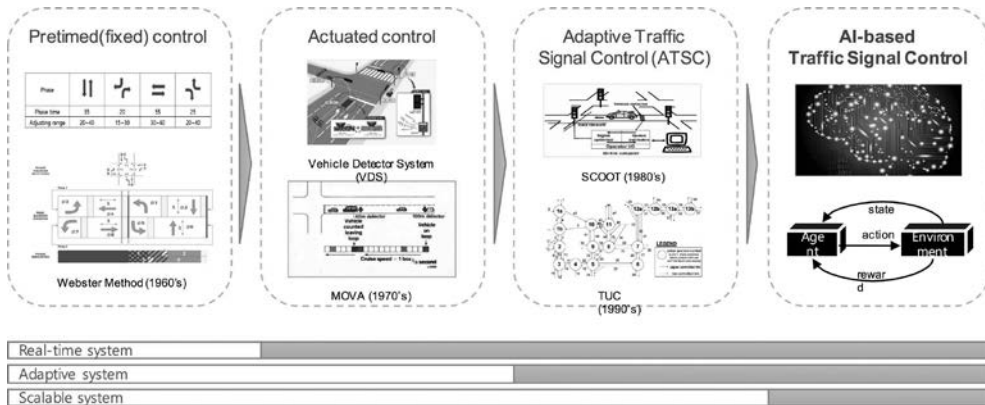
## 2. 4차 산업혁명 기술과 교통시스템

4차 산업혁명의 핵심개념 중 도시의 교통 시스템 분야에 적용이 가능한 개념은 크게 연결성(Connectivity), 지능화(Intelligence), 그리고 자동화(Automation)라고 할 수 있다. IoT를 이용한 센서정보들의 연결과 무선통신기술 기반의 정보공유를 통하여, 차량과 보행자를 포함한 도시내의 교통흐름에 대한 정보가 공유되고 축적될 것이다. 기존의 정보수집보다 광범위한 개인정보를 포함한 데이터가 수집될 것이며, 이런 대용량의 교통정보의 축적은 기존의 차량중심의 교통(Transportation)이라는 개념에서 사회를 구성하는 개인들의 이동(Mobility)이라는 개념으로 변혁적인 확장을 가능하게 하며, 보다 정밀한 수준의 빅데이터를 활용하게 되어 교통시스템의 지능화의 수준을 한 층 높여 줄것으로 전망된다. 빅데이터와 인공지능의 결합은 보다 높은 수준의 예측적인 시스템(Predictive System)으로의 발전과 더불어 궁극적으로는 사람의 간섭을 최소화하는 자동화된 시스템을 지향하게 된다. 4차 산업혁명의 결과로 만들어지는 시스템과 기존의 시스템의 차이는 결국 의사결정의 범위와 주체가 될 것이다. 기존의 시스템이 인간의 의사결정을 지원하는 시스템이었다면, 새로운 시스템은 스스로 많은 의사결정을 하고 이를 실행하는 시스템이 될 것이다. 이런 시스템의 핵심은 가상의 컴퓨터상의 체계와 실제 물리세계를 연결하는 사이버물리 시스템(CPS, Cyber Physical System)의 형태로 구현될 것이다.

### Ⅲ. 미래 교통시스템을 위한 도전적인 과제들

#### 1. 거대도시를 위한 대규모 교통신호 제어 기술

2016년 3월 알파고로부터 일어난 전 세계적인 충격은 인공지능에 대한 새로운 가능성을 보여주었고, 기존의 전통적인 방법으로 풀기 힘들었던 많은 공학적인 문제들에 대한 딥러닝 기반의 해법이 개발되고 있다. 이런 접근방법은 과학, 공학계를 포함한 우리사회 전체를 새로운 혼돈에 빠뜨리고 있으며, 이런 혼돈 가운데서 사회의 새로운 진보가 시스템의 재정의를 통해 이루어지는 시스템적인 변혁의 시기를 맞고 있다고 할 수 있을 것이다. 이런 시스템적인 변혁의 예로 기존 교통신호 제어 부분도 큰 변화를 맞이하게 될 것이다. <그림 2>에서와 같이 교통신호의 제어는 1960년대의 TOD(Time of Day)방식의 시간대별 고정식 제어방법에서, 70년대의 차량감응식 제어방법과, 80년대의 적응형 제어방법을 거쳐서, 최근에는 인공지능 기반의 방법으로 발전하고 있다. 기존의 교통신호는 독립교차로 또는 교통축 단위로 제어하는 기술이 주를 이루는데 비하여, 최근의 교통제어 분야의 도전적인 과제는 혼잡도가 높은 거대도시에 적용할 수 있는 광역적인 제어 방법의 개발이다.

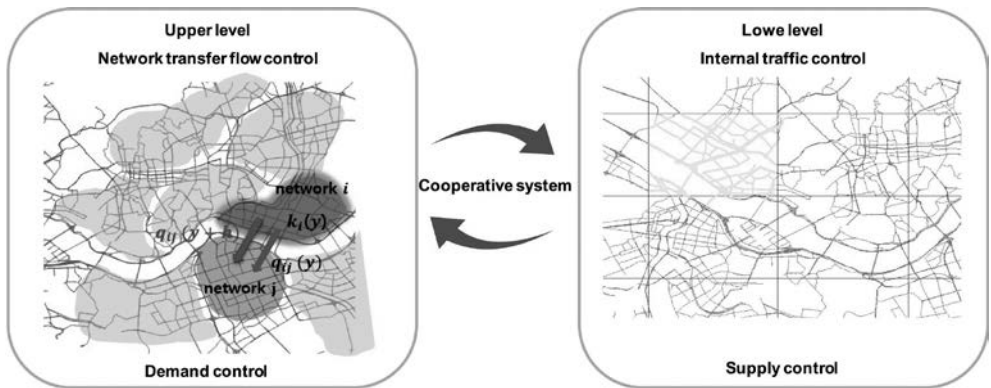


<그림 2> 교통신호 제어 방법의 발전

거대도시의 경우는 교통량이 높은 수준이라 개별 신호제어로는 효과적인 흐름의 제어가 어렵다. 이 때문에 최근에는 버클리 의 다간조 교수가 제안한 MFD(거시적 교통기본도, Macroscopic Fundamental Diagram, Geroliminis and Daganzo, 2008)를 활용한 도시지역의 교통상태 모니터링과 도시부 지역별 진입제어 방식이 많이 연구되고 있다. 그러나 아직까지는 이런 도시부의 광역적인 제어기술의 구현이 이루어지지 않고 있으나, 차세대의 도시신호체계로

구현될 것으로 전망된다.

거대도시 전체를 대상으로 하는 광역적인 제어를 위해서는 <그림 3>과 같이 다단계의 계층적인 구조를 갖는 제어시스템이 연구되고 있는데, 상위레벨에서는 도시내의 지역간의 흐름을 제어하여, 혼잡지역으로의 진입 교통량을 줄이고, 다시 서브네트워크 단위에서 인공지능을 활용한 최적신호제어를 구성할 수 있다.

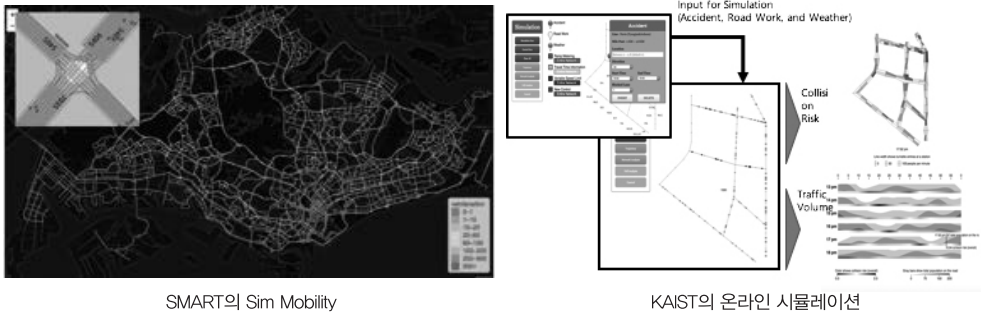


<그림 3> 거대도시의 교통흐름제어를 위한 MFD기반의 다단계의 광역신호제어 구조

## 2. 대응적 시스템에서 예측적 시스템(Predictive System)으로의 전환

교통체계를 포함하여 기존의 도시를 운영하는 시스템들은 대부분 대응적 시스템(Reactive System)들이 주류를 이루었다고 할 수 있다. 예를 들어 교통분야의 경우 교통량이 증가하게 되면 이에 대한 대응으로 신호를 제어하는 방식이다. 고속도로의 경우는 교통량 또는 사고발생 유무에 따라 가변속도 제어, 램프미터링 등의 교통흐름 제어 방법이 사용될 수 있는데, 이런 대응적인 시스템은 교통혼잡의 사후대응에는 효과적이지만, 혼잡을 미연에 방지하거나, 교통사고를 유발할 수 있는 상황을 줄여 사고를 미연에 방지하는 등의 시스템 제어에는 효과적이지 못한다. 이를 위해서는 좀 더 진보된 개념의 예측적 시스템으로의 전환이 이루어질 것이며, 교통 시뮬레이션은 이런 예측과 제어를 위한 핵심기술이다.

싱가폴은 MIT 대학과의 협업을 위한 SMART(Singapore-MIT Alliance for Research and Technology, <https://smart.mit.edu/>) 프로그램에서 도시 단위의 대규모 시뮬레이션 기술을 개발 중이다. 시뮬레이션 기술은 미래 자율차 기반의 교통시스템의 설계, 교통상태의 예측, 교통제어 등에 효과적으로 이용될 수 있다.



〈그림 4〉 예측을 위한 교통 시뮬레이션 기술

### 3. 자율주행을 위한 도시 교통체계로의 이행

#### 1) 자율주행차 개요

4차 산업혁명에서 자주 언급되는 자율주행차는 '자동차 스스로 주변 환경을 인식하고 위험을 판단해 운전자의 차량 운전을 최소화하며, 출발지에서 목적지까지 주행경로를 스스로 계획하여 안전하게 주행이 가능한 자동차'이다. 자율주행차의 기술 개발 수준은 미국이 5단계, 유럽이 6단계로 구분하고 있고, 자율주행 수준이 4단계 이상이면 운전자의 개입이 거의 없이 자율운행할 수 있는 단계를 말한다.

향후에 자율주행차는 개인형 이동수단과 공유형 이동수단으로 활용될 수 있다. 개인형은 소유한 자율주행차를 개별적인 통행에 활용하는 것이다. 완전 자율주행단계에서는 차량 탑승자는 이동 중에 운전행위에 집중할 필요 없이 업무나 휴식 등의 활동을 할 수 있기 때문에, 기존의 운전행위에서 벗어나 효율적이고 안락한 이용의 혜택을 누리게 된다. 공유형은 자율주행차가 현재의 택시나 카셰어링 등 공유 이동수단으로 활용되는 것이다. 공유형 자율주행차는 기존의 대중교통 서비스를 보완하여 대중교통 환승 지점의 접근성을 향상시킬 수 있으며, 교통약자들에게 교통 형평성 개선효과도 기대할 수 있다.



런던 히드로 공항의 Ultra pods PRT



싱가폴 nuTonomy의 자율주행자동차

〈그림 5〉 자율주행차량 사례

## 2) 자율주행차가 교통에 미치는 영향

일반적으로 자율주행차가 도입되면 많은 교통 문제들이 획기적으로 개선될 것으로 기대하고 있다. 하지만 자율주행차 도입에도 긍정적 효과와 부정적 효과는 상존한다.

교통안전면에서는 자율주행차는 교통사고의 약 90%를 차지하는, 인적 요인으로 인한 사고를 획기적으로 감소시킬 수 있다고 평가하고 있다(Litman 2016). 반면에 새로운 교통사고 발생 가능성도 있는데, 이용자가 자율주행차의 안정성을 과신하고 의존하여 안전벨트 미착용, 전방 부주의 등 사고가 발생할 수 있다.

교통용량면에서는 자율주행차는 차량간 통신으로 군집주행이 가능하다. 군집주행중인 모든 차량들은 동시에 가·감속을 할 수 있어 차간 거리를 좁힐 수 있고, 이에 대한 효과로 도로 용량이 증가된다. PATH(2014)의 연구에 의하면 최대 2.7배 이상 용량증가가 예측된다. 또 차량 좌우의 거리도 좁힐 수 있어, 차선 개념이 없어지거나 기존의 2차로 도로를 3차로 도로처럼 이용할 수도 있다. 반면에 오히려 자율주행차가 안전 중심의 보수적인 패턴으로 운행되면 교통정체가 증가할 수도 있다. 또한 자율주행차는 청소년이나 고령자들이 자동차를 쉽게 이용할 수 있고, 일반인들의 자동차 의존도를 높일 수 있으므로, 교통 형평성의 개선효과가 있는 반면에 자동차 이용량을 증가시킬 수 있다.

교통행태면에서는 자율주행차량으로 이동하는 시간에 대한 가치가 변화할 것이다. 자율주행차를 이용하면 전방을 주시하며 집중하여 운전해야 하는 행위가 아니라, 이동 중 업무, 회의, 휴식 등의 다양한 활동이 가능한 행위로 교통이동중의 행태의미가 변화된다.

〈표 2〉 자율주행차가 교통에 미치는 영향

분야	자율주행차 기술	정책고려의 초점
교통 안전	자율주행차의 보급 확대	교통사고 감소
	위험보상심리(2차 효과)로 안전에 부주의	교통사고 증가
	자율주행차와 일반차의 상충	교통사고 증가
	자율주행차 시스템 오류	교통사고 증가
교통 이동	자율주행차 군집주행	이동속도 증대
	자율주행차와 공공 교통인프라 연계	이동속도 증대
	자율주행차 자동주차	이동속도 증대
교통 행태	자율주행차의 보급 확대	통행거리 증가
	자율주행차의 보급 확대	개인차량 통행량 증가
	카셰어링(Car-sharing), 자율주행택시	개인차량 통행량 감소
	고령자, 청소년의 이동권 확대	교통 형평성 개선 개인차량 통행량 증가
	개인형 자율주행차의 의존도 확대	개인차량 통행량 증가

자료: 이백진, 2017

### 3) 자율주행차가 도시공간구조에 미치는 영향

자율주행차는 사람들의 공간적 이동성, 접근성, 편의성을 획기적으로 개선하여 사람들이 도시에서 생활하는 활동공간이 확대되어 도시공간구조가 기능적 다핵구조로 변화될 수 있다. 또한 장거리를 운전하는 부담이 감소하여 거주지나 업무지를 선택하는 유연성이 높아질 수 있다. 또한 자율주행차가 확산되면 지금까지 충분한 대중교통서비스를 제공할 수 없었던 도시외곽 지역의 접근성을 개선시켜 토지이용 변화를 유도할 수 있다.

〈표 3〉 자율주행차가 도시공간구조에 미치는 영향

도시공간		영향
도시	도시 내 특정 공간	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주차공간 이용 변화(도심지 주차공간 확보 불필요)</li> <li>• 자율주행차가 승객을 탑승시키거나 하차시키는 도로주변 공간의 확보</li> <li>• 도로 폭 감소에 따른 도로공간 이용 변화 등</li> </ul>
	도시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율주행차 도입에 따라 사람들의 도시공간에 대한 접근성이 향상되고, 이에 따라 도시기능의 분산화 촉진</li> <li>- 도시공간에서 활동패턴의 변화(활동 종류, 활동 지속시간 등)와 통행빈도의 변화</li> </ul>
도시권	도시의 주변 지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율주행차 도입에 따른 거주지 선택 변화</li> <li>• 자율주행차 도입에 따른 통행거리의 변화</li> <li>- 장거리 통행의 통행빈도 변화 → 도시권의 외연적 확산 등</li> </ul>

자료: 이백진, 2017

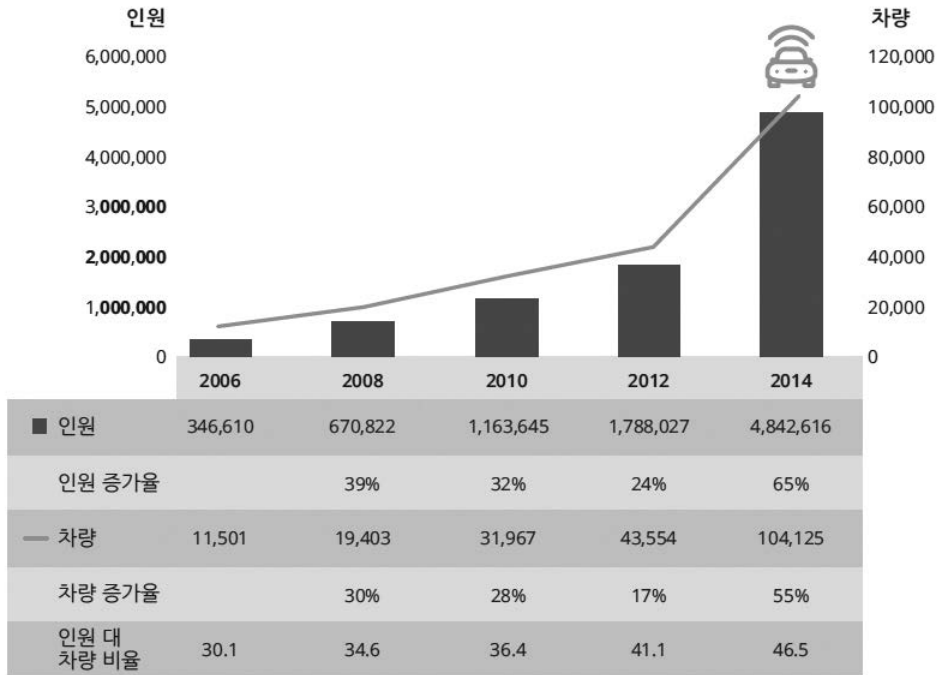
### 4) 자율주행차와 일반차 혼재기에 대한 대비

자율주행차의 도입 과정에서 일반차와 혼재는 불가피하다. 혼재기 기간동안에는 자율주행차와 일반차의 운행 방식 차이로 사고가 발생할 수 있다. 자율주행차가 모든 교통사고를 예방할 수 있다고 절대 과신해서는 안 된다. 기본적으로 교통사고는 운전자만의 과실에 의해 발생하는 것이 아니며, 상대 차량, 교통 및 도로환경, 기상 상황 등이 복합적으로 적용되어 발생하기 때문이다. 최근 자동차 회사들의 공격적인 자율주행자동차의 실주행 실험이 이루어지고 있으나, 최근의 우버와 테슬라의 사고의 예에서와 같이 아직 안전성능에 대한 신뢰성은 확보되지 못한 단계이다. 특히 보행자, 장애물 등이 많은 복잡한 시가지와 다양한 기상조건에 따라, 자율주행자동차의 안전성능에 대한 검증과 이에 따른 인증체계가 시급히 요구된다. 따라서, 자율주행자동차의 안전성능에 대한 신뢰성이 충분히 확보되기 이전에는 자율주행자동차와 일반 차량을 분리하는 정책, 즉 자율주행 전용도로 또는 전용차로로부터 시작하는 것이 합리적이며, 신뢰성의 향상과 함께 단계적으로 자율주행자동차의 운행범위를 늘려가는 것이 필요하다.

또한 자율주행차와 일반차가 혼재한 경우 자율주행차의 군집주행이 불가능해져 용량증대 효과가 미미하거나, 자율주행차량이 보수적인 안전운행패턴방식으로 운행한다면 오히려 용량이 감소할 수도 있다. 이러한 관점에서 교통운영관리 측면도 신중하게 살펴볼 필요가 있다.

### 5) MaaS(Mobility as a Service)

4차 산업혁명의 도래와 더불어 공유모빌리티 서비스에 대한 접근이 더 용이해졌다. ICT기술, 차량위치관련 기술, 모바일 전자결제 서비스 등으로 인해 카셰어링의 이용이 편리해졌으며, 공유경제에 대한 사회 전반의 긍정적인 인식수요 증가는 공유모빌리티의 활성화에 긍정적인 요인으로 작용하고 있다. 예를 들면, 전기차 기반의 카셰어링, 수요 맞춤형 라이드셰어링 등의 공유모빌리티 서비스는 통행자에게 환경친화적이고, 비용 효과적인 교통수단으로 인식되고 있다. 더 나아가 향후 자율주행차량의 상용화는 값비싼 고급 차량기술을 저비용으로 이용하려는 공유모빌리티의 새로운 수요층을 형성할 것으로 전망된다.



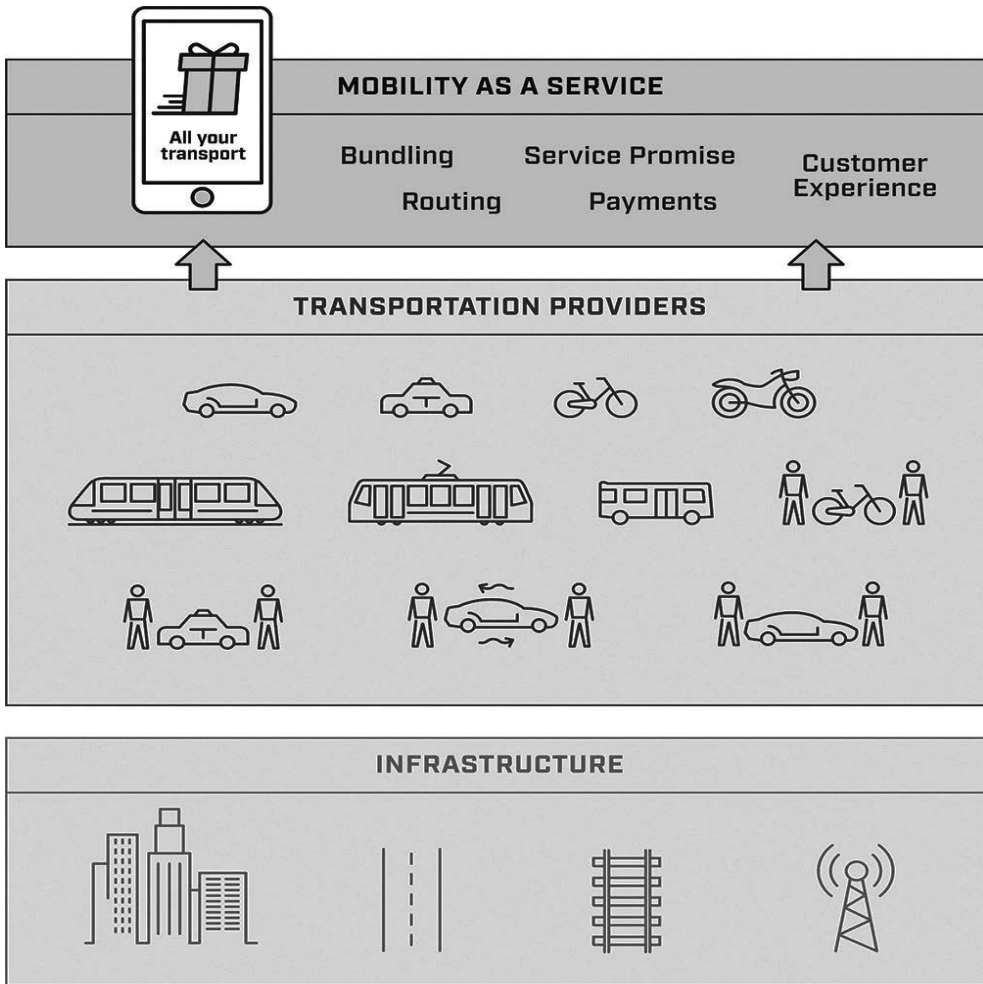
〈그림 6〉 전 세계 차량 공유 성장세, 2006~2014년

#### (1) MaaS(Mobility as a Service)의 개념

MaaS는 ‘Mobility as a Service’의 약자로 서비스로서의 이동성을 의미한다고 할 수 있다. MaaS는 다수의 교통서비스운영회사들로 구성된 교통관리 시스템이며 인터넷 플랫폼인 앱을 기반으로 사람들의 이동 수요를 실시간으로 충족시키는 수요자 중심의 교통시스템이다. 이용

가능한 대중교통수단, 셰어링 수단, 택시 등 다양한 수단에 대한 정보를 통합하여 이용자들이 쉽게통행 계획을 세울 수 있도록 한다. 또한, 개인 자동차이용을 줄이고 기존의 대중교통수단과 카셰어링 수단을 활용하여 소유에서 공유로의 전환과, 교통서비스에 대한 합리적인 가격과 편리성을 제공하는 것이 목적이다.

MaaS는 한 개의 디지털 플랫폼을 통해 여러 교통운영 서비스들을 통합함으로써 ①상이한 모빌리티 서비스를 묶어서 패키지로 제공하기 때문에 해당 서비스를 담당하는 교통 운영자로 하여금 고객들의 모빌리티 패키지에 가급적 많이 포함되도록 노력하게 하는 동기부여 효과가 있으며, ②승객들의 모빌리티 요구사항에 대한 정보를 교통운영자들이 상호 공유하도록 지원함으로써, 교통서비스 개선에 기여할 수 있다(Datson, 2016).



〈그림 7〉 MaaS(Mobility as a Service) Concept



## (2) 효율적인 도시: 수요와 공급 일치

교통분야에서 효율적인 도시가 되기 위해서는 교통서비스 제공자가 시민들의 이동 패턴을 이해하고 운송 네트워크 전반을 최적화하며, 수요와 공급을 일치시키는 것이다. 미래의 MaaS는 기존의 교통 네트워크보다 유연하게 통합 모빌리티 시스템을 구축해야 한다. 이러한 시스템에서 공급은 실제 수요와 연동되고 승객들은 출발지에서 목적지까지 현재보다 더 쉽고, 빠르며, 저렴하고, 깨끗하며 안전한 방식으로 이동할 수 있다.

그러나, 현실적으로 수요와 공급을 일치시키는 것은 이용자의 수요를 실시간으로 대응하는 동시에 운영회사는 최소한 적자를 보지 않아야 하기 때문에 이해관계의 조정이 어려울 수 있다. 헬싱키 정부가 운영하였던 주문형 버스 서비스인 쿿수플루스(Kutsuplus)는 도입 후 2년만에 규모와 유연성의 부족으로 사업을 접어야 했다.

민간기업이 운영하는 주문형 버스 서비스인 브리지(Bridj)는 현재 미국의 3개 도시-보스턴, 워싱턴DC, 캔자스시티에서 운영 중이다. 이 서비스는 특정주거지역과 상업지구 간의 이동으로 한정되어 있다. 미니버스의 경로는 승객의 탑승위치와 목적지에 기반해 동적으로 설정되고, 운송 용량도 수요에 맞춰 조정된다.

싱가포르의 비라인 SG(Beeline SG)는 스마트국가 추진계획의 일부인 시범사업으로, 헬싱키의 쿿수플루스와 브리지의 주문형 버스 서비스의 중간 형태에 해당된다. 정부는 새로운 수요중심의 운송경로를 만들기 위해 대중교통 스마트카드에서 수집된 익명화된 데이터를 민간 부문의 버스 운송업체와 공유하였다. 이 서비스는 정해진 정류장에서 승하차하는 일반적인 버스가 아니라, 각각의 셔틀은 하루에 한번 출발지에서 목적지까지 아침에 한번 운행하고 저녁에는 반대로 한번 운행하는 서비스로, 승객들은 반드시 사전예약을 해서 이용해야만 한다.

〈표 4〉 MaaS 시범사업 사례 (Goodall, et al, 2017)

프로젝트	설명	운영 주체	지역
웜 (Whim) app	<ul style="list-style-type: none"> <li>통합 모빌리티 앱인 웜을 통해 MaaS 글로벌은 사용자들에게 택시, 차량 대여, 대중교통, 자전거공유까지 다양한 교통 옵션을 제공.</li> <li>이 앱은 사용자의 선호도를 학습하고 사용자 일정 앱과 동기화해 이동 방법을 지능적으로 제시.</li> </ul>	MaaS 글로벌(MaaS Global)	헬싱키
유비고 (UbiGo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>완전히 통합된 모빌리티 서비스로 대중교통, 승차공유, 차량 대여, 택시, 자전거 시스템을 모두 하나의 앱과 청구서에 통합.</li> <li>365일 24시간 서비스 지원 및 환경친화적 교통수단의 선택에 대한 보너스를 제공.</li> </ul>	린드홀멘 사이언스 파크(Lindholmen Science Park)의 프로젝트 Go: smart의 일부로 기업, 학계, 정부와 협업하고 Vimova 기술혁신청과 공동으로 자금 조달	80가구, 스웨덴 예테보리시에 거주하는 약200명의 사용자

4차 산업혁명 시대 미래도시 교통체계의 혁신방향과 과제

프로젝트	설명	운영 주체	지역
킵시트 (Qibxiti)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 21곳 이상의 서비스 제공업체들과 함께, 킵시트앱은 사용자의 요구에 따라서 경로를 계획.</li> <li>• 자동차공유, 승차공유, 자전거공유 옵션을 제공하고, 이상적인 열차 연결편을 파악.</li> <li>• 가능한 모든 이동 수단을 모두 제시해 사용자가 비교 선택.</li> </ul>	도이치반(Deutsche Bahn)	독일
무벨 (Moovel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자들이 하나의 앱으로 승차 검색, 예약, 지불이 가능.</li> <li>• 카2고(car2go), 마이택시(mytaxi), 도이치반(Deutsche Bahn)의 예약과 지불을 한번에 할 수 있음.</li> <li>• 대중교통 모바일 지급결제가 슈투트가르트와 함부르크에서 가능.</li> </ul>	다임러(Daimler)	독일, 보스턴, 포틀랜드, 헬싱키에서 시험 중
비라인 (Beeline)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 싱가포르 최초의 클라우드소싱 버스 서비스로, 사용자들은 민간버스 운영업체가 명단에 올린 버스의 좌석을 예약하고 버스의 위치를 추적.</li> <li>• 새로운 경로가 커뮤니티의 수요에 따라 활성화 될 수 있기 때문에 사용자들이 새로운 경로를 제안할 수도 있음.</li> </ul>	정부 기관인 인포컴(Infocomm) 개발 당국과 육상교통 당국이 교통서비스업체, 학계, 민간 부문과 협업	싱가포르의 통근자
스마일 앱 (SMILE app)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마일 앱의 아이디어는 정보, 예약, 지급결제, 사용현황, 청구 같은 기능과 함께 다양한 교통 옵션을 제공하는 것</li> <li>• 표준화된 인터페이스가 모든 모빌리티 파트너들이 특정한 연결 기제를 통해 자신들의 기술 시스템을 상호 연결 가능하게 해, 티켓팅을 포함한 모든 데이터를 제공할 수 있음.</li> </ul>	스마일 프로젝트는 비너 스타트베르크 (Wiener Stadtwerke)이 주도해 비너 리니엔 (Wiener Linien, 빈의 대중교통 제공업체), 오스트리아연방철도, 민간자동차공유, 택시, 자전거공유서비스 제공업체들과의 협업으로 시작	빈의 시범 사업 참가자 1,000명
브리지 (Bridj)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 브리지는 주문형 통근셔틀 서비스로, 휴대전화 앱을 이용해 승객들은 통근시간 동안 집과 직장 사이를 이동할 수 있음.</li> <li>• 유연한 차량선단을 이용해, 브리지는 승차, 하차, 경로 설정을 수요에 맞춰 최적화했고 기존 교통수단에 비해 40~60% 더 효율적인 이동을 제공.</li> </ul>	브리지 주식회사 (Bridj Inc.)	보스턴, 캔자스 시티, 워싱턴 DC의 통근자
코뮤아우토 /빅시 (Communauto /Bixi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 캐나다 퀘벡주 일부 지방자치단체 교통당국은 빅시가 제공하는 자전거공유와 코뮤아우토가 제공하는 자동차공유 서비스를 포함한 모빌리티패키지를 제공.</li> <li>• 사용자는 빅시-자동차-버스 패키지를 구입해서 대중교통패스와 자전거공유 비용을 절약.</li> </ul>	코뮤아우토	캐나다 퀘벡의 일부 시

### (3) 원활한 이동의 도시: 티켓없는 인터모달 모빌리티

MaaS 모델의 핵심요소 중 하나는 티켓이 없는 이동이다. 스마트카드나 스마트폰을 이용해 사용자는 어떤 여정에서도 필요한 모든 교통수단들에 승하차 할 수 있다.

국내에서도 예전부터 마을버스, 일반버스, 광역버스 또는 지하철 환승시스템 등 대중교통에서 교통카드를 이용하여 활용되고 있다. MaaS는 이러한 시스템을 대중교통, 승차 공유, 차량 공유 및 렌트, 택시, 자전거 등 모든 교통수단을 포함하여 교통이동의 출발지부터 목적지까지 확장하는 통합 모빌리티서비스 개념이다.

한편, 티켓없는 이동을 위해서는 요금체계의 공정성이 필요하다. 따라서 미래의 MaaS 서비스는 정액제보다는 통합된 요금 종량제 방식이 필요할 것이다. 이 방식은 교통서비스 사용자들은 출발지에서 목적지까지 전체 여정에 대해 한 번만 비용을 지불하고, 전 과정의 모든 교통수단에 대한 통합적인 요금 책정 및 지불시스템의 개발이 필요할 것이다.

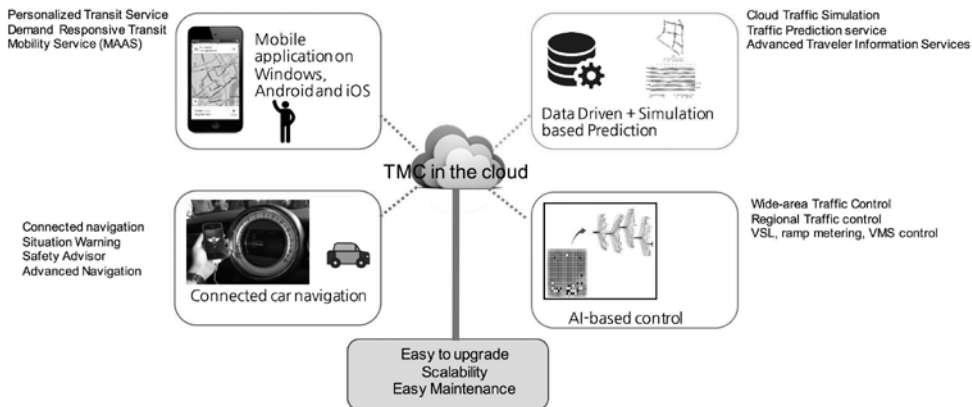
### (4) 자율주행과 MaaS

향후 MaaS 서비스는 자율주행을 통합할 가능성이 높다. 싱가포르는 누토노미(nuTonomy)란 업체가 제공하는 제한적인 무인택시의 시험을 시작했으며, 우버는 피츠버그에서 자율주행차량을 시험하고 있다. 그리고 도쿄는 2020년 올림픽까지 로봇셔틀과 자율주행버스 선단의 운영을 목표로 하고 있다. 비록 자율주행기술은 시범 사업 단계지만 미래의 MaaS에 엄청난 역할과 새로운 전망을 제시하고 있다.

## IV. 결론 및 제언

이러한 미래의 다양한 정책적, 기술적 변화를 수용하는 방법으로, 인공지능 기반의 스마트 모빌리티 센터의 개념을 제안할 수 있다. 스마트 모빌리티 센터는 기존의 차량위주의 교통정보 센터, 또는 교통관리 센터에서 개인별로 교통수단에 대한 수요응답형 서비스를 포함하는 개념의 센터로 역할을 하는 것이 바람직하다. 대중교통, 공유형 자율주행 서비스 등을 포함한 MaaS 서비스를 구현과, 교통 신호를 포함한 교통인프라의 운영과 제어의 최적화의 기능을 담당할 수 있을 것이다.

또한 기존의 센터들이 지자체 단위로 개발 운영되어 오던 비효율성에서 벗어나기 위해, 클라우드 기반의 시스템으로 구현되어 쉽게 업그레이드가 가능하며, 서비스 요구사항에 따라 쉽게 확장할 수 있는 비용 효율적인 시스템이 되어야 할 것이다.



〈그림 8〉 차세대 스마트 모빌리티 센터의 제안 개념

대전시와 세종시의 경우 이미 도시통합센터가 설치 운영되고 있어 이런 차세대 교통서비스를 위한 데이터 수집, 처리에 필요한 인프라와 경험을 보유하고 있고 스마트 모빌리티 센터로의 전환에 유리한 위치에 놓여 있다. 결국 미래로의 빠른 전환은 지자체의 역량을 효과적으로 증진시킬 의지에 달려 있다고 할 수 있다.

또한, 자율주행차나 MaaS를 비롯한 공유 모빌리티의 경우는 차량 제조업체나 민간 서비스업체가 주요 운영주체이기 때문에, 해당 인프라의 구축에 따른 공공성뿐만 아니라 해당 서비스의 수익성도 고려해야 하므로 이해관계의 조정이 쉽지 않다. 그럼에도 불구하고 민간이 운영하는 신규 첨단교통서비스도 다른 교통서비스와 마찬가지로 정부의 재정사업으로 구축한 공공의 교통 및 도로 인프라를 사용한다는 것을 명심하여야 한다. 따라서 4차 산업혁명 시대의 신규 첨단교통서비스도 전체 교통체계 내에서 공공성을 유지하면서 다른 교통수단과 조화롭게 운영될 필요가 있다.

## 참고문헌

- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, (2014). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, CD-ROM Edition.
- Baker, E. H., Crusius, D., Fischer, M., Gerling, W., Gnanaserakan, K., Kerstan, H., Kuhnert, F., Kusber, J., Mohs, J., Schulte, M., Seyffert, J., Stephan, J. and Warnke, T. (2016). Connected Car Report 2016: Opportunities, Risk, and Turmoil on the Road to Autonomous Vehicles. London: PricewaterhouseCoopers(PWC).
- Seiichiro Akimura, (2015), Transportation statistics that can contribute to policies and social infrastructure development aimed at ensuring the healthy growth of cities and providing support for smooth economic activity, IATSS Research, Volume 39, Issue 1, Pages 9–18.
- Schwab, K., (2016). The Fourth Industrial Revolution . Geneva: World Economic Forum.
- Geroliminis, N, and Daganzo, C., (2008). Existence of urban-scale macroscopic fundamental diagrams: Some experimental findings, Transportation Research Part B: Methodological, Volume 42, Issue 9, Pages 759–770.
- Goodall, W., Dovey, T., Bornstein, J., & Bonthron, B. (2017). The rise of mobility as a service. Deloitte Rev, 20, 112–129.
- 이백진, 김광호(2017), 자율주행차 도입과 도시교통 정책방향, 국토, 428, 27–34.
- 김광호(2017), 제4차 산업혁명으로 인한 교통 운영 · 관리의 변화, 국토, 424, 36–43.
- 워임, <http://whimapp.com>
- 유비고, <http://www.ubigo.me/>
- 킱시트, <https://www.qjxxit.de/en/>
- 무벨, <https://moovelgroup.com/en>
- 비라인, <https://www.beeline.sg/>
- 스마일 앱, [http://smile-einfachmobil.at/pilotbetrieb\\_en.html](http://smile-einfachmobil.at/pilotbetrieb_en.html)
- 브리지, <http://www.bridj.com/welcome#how>
- Ultra pods, <http://www.ultraglobalprt.com/how-it-works/ultra-vehicle>
- nuTonomy, <https://www.nutonomy.com/>

# 대전세종포럼

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

## 4차 산업혁명특별시 대전의 추진방향성과 과제

황 헤 란 대전세종연구원 미래전략실장

# 4차 산업혁명특별시 대전의 추진방향성과 과제

황 헤 란 대전세종연구원 미래전략실장

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

## I. 서론

다보스 포럼 창시자인 클라우스 슈밥(Klaus Schwab)이 2016년 다보스포럼에서 '4차 산업혁명'을 언급한 이래 4차 산업혁명의 기술적, 경제사회적 영향에 대한 많은 관심과 정책적 움직임이 나타나고 있다. 클라우스 슈밥은 그의 저서 『제4차 산업혁명』에서 물리적 영역, 디지털 영역, 생물학 영역에서 일어나는 상호혁신이 새로운 비즈니스 모델의 등장과 기존 시스템의 파괴, 생산과 소비, 운송과 배달 시스템의 재편으로 산업 전반에 걸쳐 거대한 변화를 이끌고 있다고 주장한다. 동시에 사회적으로는 일과 소통하는 방식, 자신을 표현하고 정보를 교환하며 즐길거리를 누리는 방식에서도 패러다임의 전환이 일어나고 있음을 지적하고 있다. 교육과 보건, 교통 시스템의 변화를 포함하여 우리의 행동양식과 생산, 소비 체제 전반을 변화시킬 기술-경제-사회적 패러다임 혁신의 물결이 일어나고 있다는 것이다.

특히 4차 산업혁명의 기술적 진보가 사람들의 삶의 행태에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 점 때문에 많은 관심을 집중시키고 있다. 디지털 기술, 특히 급증한 연산력과 방대한 데이터, 인공지능 등이 다양한 기술 분야에 접합되면서 디지털 제조, 전산설계(computational design), 자율주행자동차, 드론, 인공지능 로봇 등 '학습하는 인공물(artefact)'이 전방위적으로 우리 삶을 파고들 예정이다. 클라우스 슈밥이 이러한 현상을 '혁명'이라는 개념으로 명명한 이유는 변화의 속도, 방향, 시스템에의 영향 등의 측면에서 급진적 변화를 초래하며, 거의 모든 국가의 전 산업에서 외해적 혁신과 생산, 경영 및 거버넌스를 포함한 전체 시스템의 변혁을 초래할 만큼의 파급효과가 있다는 의미에서이다.

1) 클라우스 슈밥 저/송경진 역(2016), 클라우스 슈밥의 제4차 산업혁명, 새로운 현재



‘4차 산업혁명’의 학문적 개념으로서의 의미에 대해서는 이견이 많다. 특히 『3차 산업혁명』의 저자 제레미 리프킨은 역사상 모든 산업‘혁명’은 커뮤니케이션 매개체, 동력원, 운송 메커니즘의 3대 인프라의 혁신을 동반하며, 이미 3차 혁명시기부터 3종의 사물인터넷(커뮤니케이션 인터넷, 에너지 인터넷, 물류 인터넷)이 기술혁신을 추동하였다고 주장<sup>2)</sup>한다. 이러한 논지를 따라가면 현재 언급되는 4차 산업혁명은 디지털 기술 기반의 연속성이라는 차원에서 3차 산업혁명의 연장선상에서 파악될 수 있을 것이다.

기술경제사학자인 카를로타 페레즈에 의하면 역사상 기술혁명의 장기파동은 도입기와 활용기로 구분되며, 활용기에는 도입기에 개발된 기술이 인간의 ‘삶의 양식’을 변화시키는 방향으로 적용, 확산된다<sup>3)</sup>고 하고 있다. 예를 들어 대량생산체제 기술발전의 활용기에는 미국 도시의 교외화(suburbanization)와 중산층의 성장, 개별 가구의 자가용, 가전제품, 전화 보유, 대형 쇼핑몰의 등장 등 전반적인 삶의 변화를 가져왔다는 것이다.

이러한 의미로 볼 때 지금 회자되고 있는 ‘4차 산업혁명’은 디지털 기술혁명이 활용기에 접어들면서 모든 산업분야와 삶의 양식에 디지털 기술이 접목됨으로써 생산성을 높이고, 새로운 비즈니스를 창출하며, 사용자 편익을 증진시킴으로써 전반적인 사회·경제시스템과 삶의 양식의 변화를 가져오는 디지털 전환(Digital Transformation)의 관점에서 파악할 수 있다.

이 글에서는 디지털 사회·경제 시스템의 전환을 가져오는 4차 산업혁명이 지역혁신의 관점에서는 어떻게 해석될 수 있는지를 고찰하고, 대전광역시의 4차 산업혁명특별시 추진현황을 살펴본 후 디지털 전환의 관점에서 4차 산업혁명특별시 정책의 방향성과 과제를 검토해 보도록 하겠다.

## II. 4차 산업혁명 패러다임 도래에 따른 중앙정부 대응과 지역혁신

### 1) 4차 산업혁명에 대한 중앙정부의 대응

4차 산업혁명 패러다임의 도래에 따라 중앙정부에서도 혁신주도 성장을 이끌 핵심동인으로 범정부차원에서 대응전략을 추진 중에 있다. 신정부에서는 4차 산업혁명을 경제-사회 구조적

2) 제레미 리프킨 저/ 안진환 역(2012), 3차 산업혁명, 민음사

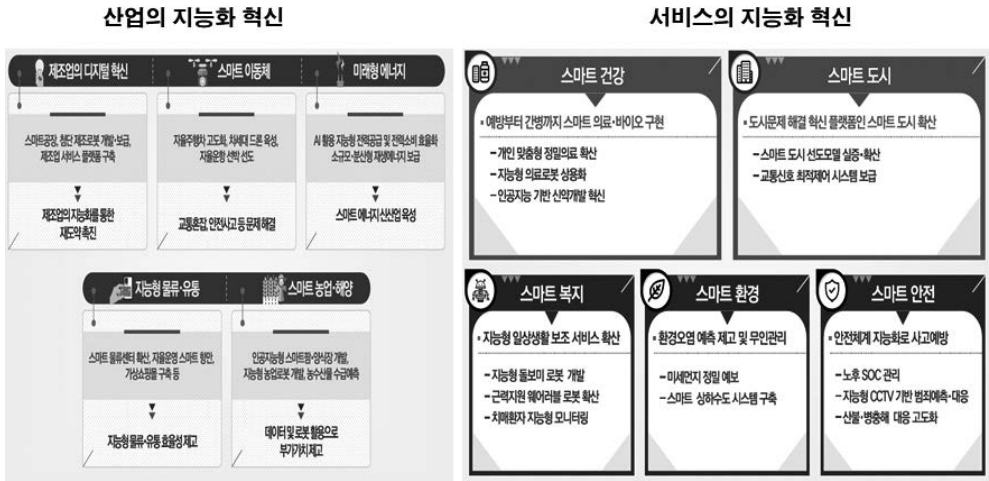
3) 카를로타 페레즈 저/김창대 등 역(2006), 기술혁명과 금융자본, 한국경제신문사

과제를 동시에 해결하는 새로운 성장의 기회로 인식하고 '4차 산업혁명 위원회'를 구성, 4차 산업혁명을 위한 통합적 국가적 대응전략을 추진하고 있다. 4차 산업혁명 위원회에서는 아래 <그림 1>에서 나타나는 바와 같이 과학·기술-산업·경제-사회·제도를 아우르는 국가적 대응을 추진하고 있으며, 이를 통해 융합신산업의 창출, 사회문제 해결, 일자리 창출, 삶의 질 제고 등의 목표를 달성할 수 있다는 비전을 제시하고 있다.



<그림 1> 4차 산업혁명 위원회 목표 및 비전 제시

동 정책방안의 특징은 과거 산업성장만을 강조했던 성장동력 창출을 위한 계획들과 달리 서비스의 지능화 혁신을 통한 사회문제 해결과 삶의 질 제고를 동시에 추구하고 있다는 점이다. <그림 2>와 같이 산업성장 측면에서는 제조업의 디지털 혁신, 스마트 이동체, 미래형 에너지, 지능형 물류·유통, 스마트 농업·해양 등의 분야에서 스마트화를 추구하고 있다. 동시에 서비스의 지능화 혁신 부문에서는 스마트 건강, 스마트 도시, 스마트 복지, 스마트 환경, 스마트 안전 등의 공공서비스 분야에서 지능화를 적용함으로써 사회문제 해결과 삶의 질 제고라는 목표를 달성하기 위한 산업의 지능화-서비스의 지능화라는 이중 경로 모델을 추구하고 있다.



〈그림 2〉 신정부의 4차 산업혁명 추진계획: 산업-서비스 지능화 혁신

자료: 4차산업혁명위원회(2017), 4차 산업혁명 대응을 위한 기본 정책방안

## 2) 4차 산업혁명과 지역 혁신

그렇다면 4차 산업혁명은 지역혁신에 어떤 영향을 미칠 것인가? 4차 산업혁명을 통해 지역 성장의 계기로 삼을 수도 있다는 낙관적 견해와 수도권과의 격차를 더 벌려놓을 수 있다는 비관적 견해 모두가 존재한다. 4차 산업혁명 패러다임의 특성이 지역에 어떠한 의미를 갖는지 다음의 네 가지 요인을 정리해 보겠다.

첫째, 지역 입지 요건에 대한 의존도 감소이다. 4차 산업혁명 기술발전으로 인한 고도의 자동화와 초연결성은 시공간적 제약을 완화함으로써 토지에의 의존도와 교통여건과 같은 입지요인의 의존도를 감소시킬 가능성이 크다. 과거 지역이 산업단지 중심의 저렴한 물리적 입지 제공의 장점으로 인해 누렸던 효과가 사라질 가능성이 있다.

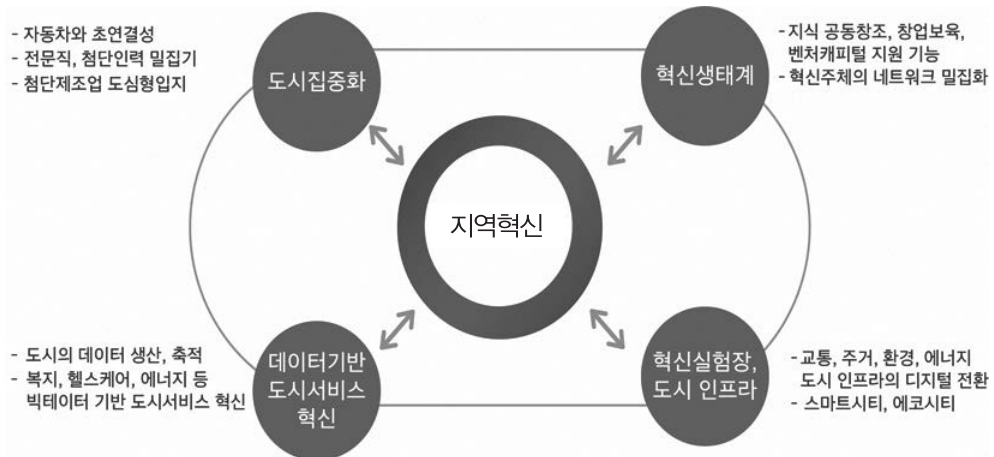
둘째, 산업단지의 물리적 입지로서의 지역의 기능이 축소되는 것과 관련하여 생산공정이 3D 프린팅과 같은 적층형 생산방식으로 변화하고 소규모 맞춤형 생산 등 생산활동의 규모 자체가 축소되는 경향이 나타날 가능성이 크다. 이에 따라 대규모 입지가 필요하지 않게 된 기업들은 대도심권 입지를 선호할 가능성이 높다. 특히 첨단 인력 및 전문가 중심의 인력군이 중요해짐에 따라 이들이 선호하는 대도심권 인접 입지로 소규모 제조시설이 집적될 가능성이 있다.

셋째, 4차 산업혁명 패러다임 하에서 혁신활동의 중요성과 혁신 주체 간 상호작용, 네트워크 연결성 등이 더욱 중요해 질 것으로 예상할 수 있으며, 이에 따라 도심형 혁신생태계가 지역혁신의 중추적 기능을 담당할 것으로 전망된다. 새로운 기술에 대한 교육훈련, 첨단기술 기반의

창업보육지원 시스템, 혁신적 스타트업과 투자자 유인 등이 핵심이 되는 혁신공간(innovation district)의 중요성이 지속적으로 커질 것으로 예상된다.

마지막으로 혁신의 장으로서 도시공간의 중요성이 부상될 것이다. 물리적 공간과 디지털(가상) 공간의 연결 가능성 증대에 따라 방대한 양의 데이터가 생산, 수집, 가공될 수 있는 혁신공간으로서의 도시의 중요성이 증가할 것으로 예상된다. 교통, 에너지, 주거, 안전 등의 도시 인프라와 복지, 각종 거래, 공공서비스 등의 도시 서비스에서의 전면적인 디지털 전환이 진행됨에 따라 도시공간 자체가 4차 산업혁명 혁신의 테테스트베드화가 되고 시민의 참여와 피드백을 통한 리빙랩으로서 활용될 가능성이 크다. 즉 4차 산업혁명 혁신 실험의 장으로서 도시 인프라(하드웨어/서비스)가 작동할 것이다.

4차 산업혁명 기술진보가 지역의 혁신과 성장에 미치는 영향요인을 종합하면 다음 <그림 3>과 같다. 이를 종합하면 4차 산업혁명의 기술진보를 지역혁신으로 발현하기 위해서는 기술발전과 도시(사회-제도)의 공진화가 필요하다는 것을 알 수 있다. 기술-산업의 성장을 위해서는 4차 산업혁명 관련 신기술의 창출과 이의 사업화를 촉진하는 혁신생태계가 필요하다. 동시에 4차 산업혁명 기술성고가 발현하여 도시의 인프라와 서비스에 적용되어 시민의 삶의 질을 높이고 도시문제를 해결하기 위해서는 기술의 사용과 확산을 담당하는 시민사회의 참여와 이에 부합하는 제도적 진화가 필요하다는 것을 알 수 있다.



<그림 3> 4차 산업혁명의 지역혁신에의 영향

### Ⅲ. 대전광역시「4차 산업혁명특별시」추진현황과 방향성 검토

#### 1) 대전광역시 「4차 산업혁명특별시」 추진

대전광역시는 4차 산업혁명의 중요성을 인식하고, 4차 산업혁명을 연계한 지역성장을 도모하기 위해 2017년 7월에 4차 산업혁명을 총괄하는 전담 태스크포스(TF)팀을 구성하고 10월에 정규 조직인 ‘4차 산업혁명 운영과’를 설치했다. 동시에 전국 최초로 「4차 산업혁명 추진위원회」를 발족하여 민간 중심의 협업체계를 구축하고, 11월에 대전시 4차 산업혁명 육성과제를 도출, 현재 24개 과제를 기획 중에 있다.

대전광역시 「4차 산업혁명특별시」조성을 위한 4대 전략은 i) 아이디어가 창업으로 연결되는 4차 산업혁명, ii) 첨단과학이 산업과 융합되는 4차 산업혁명, iii) 시민이 주도하고 체감하는 4차 산업혁명, iv) 중소기업이 강소기업으로 성장하는 4차 산업혁명으로 구성되어 있다. 4대 전략을 기초로 24개 세부과제가 도출되어 기획 중이거나 실행 중에 있다(그림 4).

목표		「4차 산업혁명 특별시 대전」 조성			
4대 전략	아이디어가 창업으로 연결되는 4차 산업혁명	첨단과학이 산업과 융합되는 4차 산업혁명	시민이 주도하고 체감하는 4차 산업혁명	중소기업이 강소기업으로 성장하는 4차 산업혁명	
	24개 과제	①대학(청년) 혁신창업 Start-up 타운 조성 ②기술아이디어 융합 네트워크 구축 ③4차 산업혁명 전용펀드 조성 ④SW산업 융합캠퍼스 조성 ⑤신기술 테스트베드 융·복합 콤플렉스 조성 ⑥D메이커 창업 플랫폼 조성	①스마트 지방행정 서비스 40 ②유전자 의약산업 진흥센터 건립 ③라온바이오 융합 의학원 설립 ④IoT 기반 스마트센서 산업 육성 ⑤대덕특구 융합 공동연구센터 조성 ⑥연구소기업 종합 지원센터 건립	①4차 산업혁명 국제 박람회 개최 ②스마트 제로에너지 대전 3050 기반구축 ③IoT 기반 에너지 공유 거래시장 선점 ④문제해결형 혁신플랫폼 구축 ⑤스마트 월드 조성	①AI기반 맞춤형 인재 양성-연결시스템 마련 ②국방 ICT 첨단 산업 육성 ③미래 핵심소재산업 융합 플랫폼 구축 ④융복합 콘텐츠 클러스터 조성 ⑤스마트 제조혁신 기술센터 건립 ⑥4차산업혁명 전용 국가산업단지 조성 ⑦블록체인 지역거점센터 구축

〈그림 4〉 「4차 산업혁명특별시 대전」 목표, 전략 및 과제

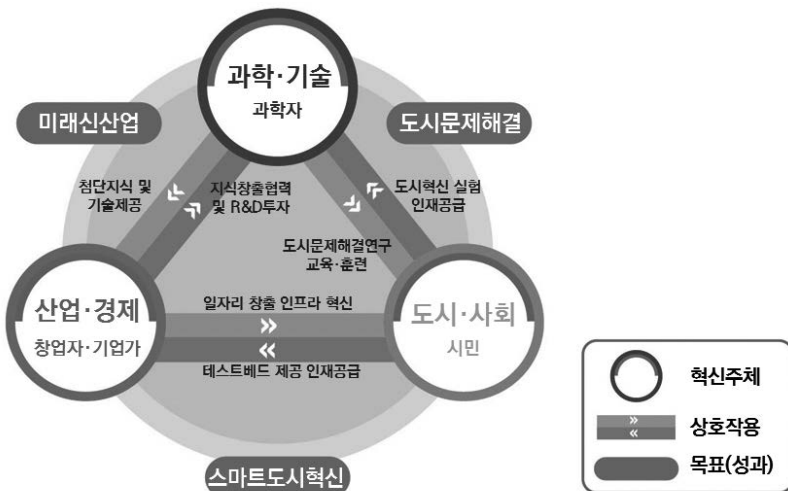
자료: 대전광역시(2018), “대한민국의 4차 산업혁명” 대전이 선도해 나가겠습니다

현재 대전광역시의 「4차 산업혁명특별시」 추진체계는 대전 4차 산업혁명 기획평가정책위원회가 전체 사업의 기획총괄과 자문, 개별 사업 간 조정 역할을 담당하고 있고, 대전시 4차 산업혁명운영과에서 전체 사업의 실행 지원, 24대 과제별 기획위원회가 개별 과제의 기획과 실행을 담당하는 체제로 운영되고 있다.

이와 같은 비전, 목표 및 과제를 기반으로 대전광역시는 대덕연구개발특구에 입지한 정부출연연구기관들(2018년 4월 현재 한국원자력연구원, 한국전자통신연구원, 한국과학기술정보연구원, 한국에너지기술연구원)과도 업무협약을 체결하였다. 대전광역시는 대덕특구 내 첨단 기술 및 연구성과물을 시민생활과 밀접한 행정분야에 접목해 시민생활을 개선하기 위해 연구개발을 추진할 수 있도록 사업비를 지원하고, 성과물의 활용 및 실증화를 위해 상호긴밀히 협력할 수 있는 정책적 기반을 마련하는 등의 노력을 기울이고 있다.

## 2) 「4차 산업혁명특별시」 추진 방향성에 대한 중장기적 관점의 검토

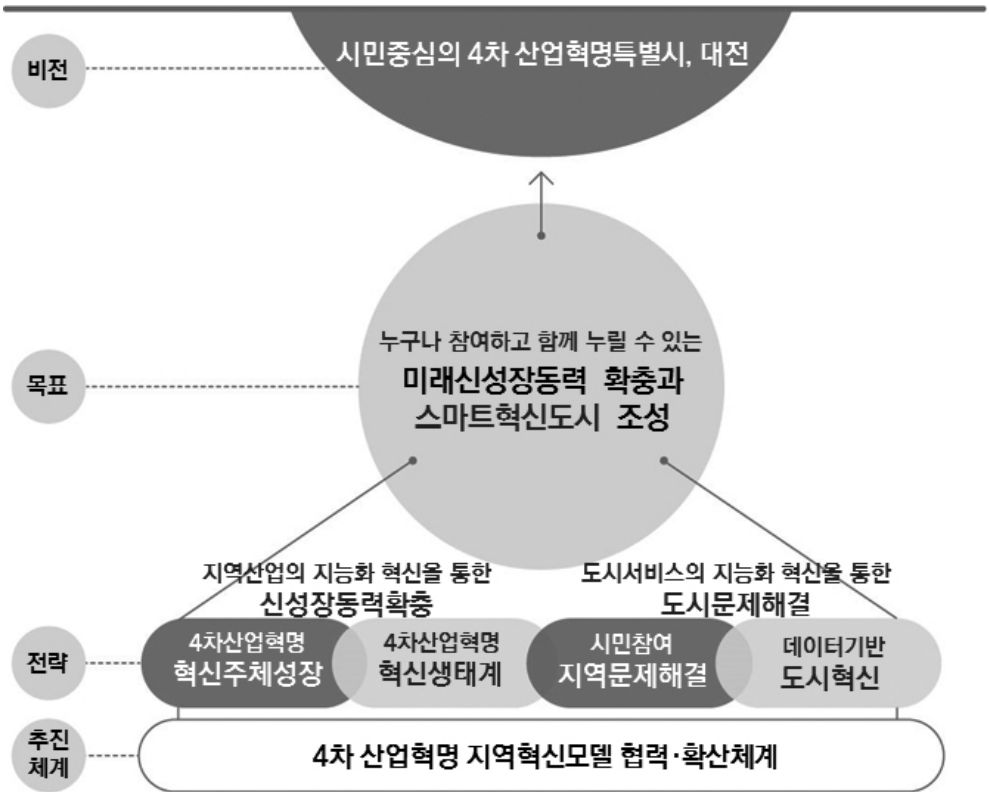
현재 대전광역시는 24개 단위과제별로 기획, 사업을 추진하고 있으나, 4차 산업혁명 사업을 지속성있게 추진하기 위해서 중장기적 관점에서 보완할 필요가 있다. 4차 산업혁명 기술패러다임은 앞서 살펴본 바와 같이 다음과 같은 특징을 지니고 있다. 첫째, 신기술을 기반으로 한 미래신산업 육성, 둘째, 기술의 사회적 적용을 통한 문제해결, 셋째, 디지털 리터러시를 보유한 시민들의 사용자 혁신의 중요성, 넷째, 도시인프라 자체가 기술 실험의 장이 되는 시티랩의 가능성 등이 그것이다. 따라서 과거와 같이 산업육성 중심의 관점을 벗어나 과학기술자-기업가-시민의 3대 혁신 주체의 협력구조를 기반으로 혁신시스템을 설계할 필요가 있다(〈그림 5〉).



〈그림 5〉 「4차 산업혁명특별시 대전」 추진의 시스템적 관점

이에 따라 4차 산업혁명 추진의 목표는 미래신산업 육성을 통한 신성장확보와 함께 도시문제해결 및 스마트 도시혁신의 달성 등 보다 도시의 혁신과 산업성장이 함께 이루어지는 포괄적인 목표가 제시될 필요가 있다.

이러한 과학·기술-산업·경제-도시·사회의 3대 혁신주체를 축으로 하는 시스템을 형성하고 이를 통해 미래신산업육성, 도시문제해결, 스마트도시혁신의 목표를 달성하기 위해서는 다음 <그림 6>의 4대 전략 추진이 필요하다. 첫째, 4차 산업혁명 혁신주체의 성장, 둘째, 4차 산업혁명 혁신생태계 조성, 셋째, 시민참여 지역문제해결 시스템 구축, 넷째, 데이터기반 스마트도시혁신이 그것이다. 앞의 혁신생태계와 혁신주체 형성의 측면은 지역산업의 지능화 혁신을 통한 신성장동력 확충을 달성할 수 있는 전략군이며, 뒤의 시민참여 지역문제해결 시스템의 구축과 데이터기반 스마트도시혁신은 도시서비스의 지능화 혁신을 통한 도시문제해결을 달성할 수 있는 전략군이다. 이상을 종합하면 다음 <그림 6>과 같은 4차 산업혁명특별시 대전의 비전, 목표, 전략, 전략을 도출할 수 있다.



<그림 6> 「4차 산업혁명특별시 대전」 비전, 목표와 전략

### 3) 「4차 산업혁명특별시」 4대 추진전략에 따른 세부전략

위의 4대 추진전략에 따른 세부전략은 다음 <그림 7>과 같이 고려될 수 있다. 우선, 혁신주체의 육성에는 대학과의 4차 산업혁명 관련 커리큘럼 개발과 중점응용기술분야에서의 전문가 과정 운영 등을 통한 4차 산업혁명 인재양성이 필요하다. 또한 4차 산업혁명 관련 기업풀을 형성하기 위한 창업/기업화 지원 사업이 전략적으로 추진되어야 한다. 둘째, 4차 산업혁명 생태계 조성을 위해 혁신주체 간 네트워킹과 집적효과를 달성하기 위한 클러스터링이 필요하다. 최근 벤처 창업 생태계 지원 기능을 공간적 개념에서 재해석한 다양한 창업인큐베이팅 및 협업시설(co-working space) 등이 설치될 필요가 있다. 또한 혁신생태계의 기술적 지원을 위한 융·복합 플랫폼이 조성되어야 한다. 융·복합 플랫폼은 4차 산업혁명 신기술 융·복합 기술개발이나 문제해결형 융·복합 연구개발 활동을 수행하거나 데이터 기반 도시혁신을 위한 도시서비스 적용 연구개발 등을 수행 혹은 이를 지원하는 활동을 담당한다. 셋째, 시민참여 지역문제해결이 활성화되기 위해서는 공공적 가치를 지향하는 지역문제 발굴-해결을 위한 시스템을 구축할 필요가 있다. 시민과 마을공동체가 상시적으로 지역의 문제를 발굴하고 이의 해결을 위한 사용자혁신 활동을 지원할 수 있는 플랫폼이 존재해야 지역문제 해결을 통한 시민이 체감하고 사회적 편익을 만들어 낼 수 있는 도시혁신이 가능하다. 또한 시민, 이해관계자가 직접 참여하여 사용자 혁신 과정에 참여할 수 있는 리빙랩 플랫폼이 조성될 필요가 있다. 리빙랩 플랫폼은 시민들이 메이커 활동을 할 수 있는 작업공간의 제공과 실제 문제해결 활동에 사용자로서 참여하여 혁신활동에 영향을 미칠 수 있는 사용자 혁신활동 지원 등의 기능을 수행한다. 마지막으로 데이터 기반 도시혁신을 달성하기 위해서는 데이터 혁신활동 지원이 필요하다. 이제까지 하드웨어 중심의 산업육성을 지향해온 지역혁신활동의 지향성을 바꾸어 데이터 중심의 연구개발 활동을 지원하고 이의 결과를 공공인프라에 적용함으로써 스마트 도시혁신을 추구할 필요가 있다.



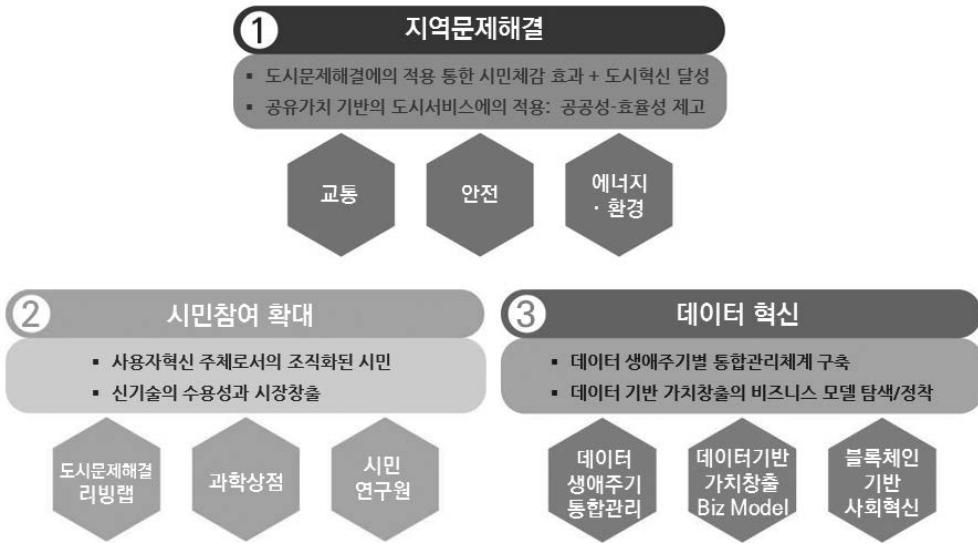
4대 추진전략	8대 세부전략
4차산업혁명 혁신주체 육성	- 4차산업혁명 인재양성 - 연구성과 연계사업(기업/창업)화 지원
4차산업혁명 혁신생태계 조성	- 4차산업혁명 혁신주체간 네트워킹&클러스터링 - 융·복합 플랫폼 조성
시민참여 지역문제해결	- 미래 신기술 시민참여 리빙랩 플랫폼 - 공유기반 지역문제 발굴-해결 시스템 구축
데이터 기반 도시 혁신	- 데이터 혁신 지원 - 스마트 공공인프라 구축
추진체계	- 4차산업혁명 특별시 추진거버넌스 구축 - 4차산업혁명 신지역혁신모델 협력 및 확산 지원

〈그림 7〉 「4차 산업혁명특별시 대전」 4대 추진전략별 세부전략

## IV. 대전광역시 「4차 산업혁명특별시」 추진을 위한 보완 과제

### 1) 중장기적 관점의 보완

현재 대전시에서 추진하는 4차 산업혁명특별시 사업을 중장기적으로 지속 추진하기 위해서는 다음의 세 가지 관점(〈그림 8〉)에서 보완할 필요가 있다. 첫째, 4차 산업혁명 기술혁신의 목표로서 신산업육성과 함께 도시혁신을 통한 도시문제해결이 동시에 고려되어야 한다는 관점을 가질 필요가 있다. 4차 산업혁명 기술은 앞서 살펴본 바와 같이 산업육성 관점만이 아니라 기술의 활용과 확산을 통한 삶의 양식 변화까지를 포괄하는 의미를 지니고 있다. 따라서 기술의 기획 단계에서부터 수요와 적용을 동시에 고려하지 않으면 개발의 성과로 연결되지 않을 가능성이 크다. 바로 이러한 특성은 두 번째 관점인 시민의 참여 확대로 연결된다. 4차 산업혁명 기술적 성과의 상당 부분이 도시인프라나 공공서비스, 시민들의 생활에 적용될 가능성이 크다는 특성을 가지고 있기 때문에 기술의 사용자인 시민의 참여가 초기 기술기획과 지식생산 단계부터 투입될 필요가 있다. 셋째, 4차 산업혁명 기술의 핵심은 데이터 혁신이다. 데이터를 기반으로 현실과 가상세계를 연계함으로써 새로운 비즈니스 모델과 가치를 창출하는 것이 4차 산업혁명의 핵심적 전개방식이다. 따라서 도시 인프라 및 공공서비스와 관련된 데이터의 축적, 기존 데이터 간의 연동성 확보, 데이터 기반 가치창출 비즈니스 모델 탐색, 블록체인 기반 사회적 혁신의 기획과 실행 등 도시서비스에 관련된 데이터 혁신의 내용이 포괄될 필요가 있다.



〈그림 8〉 4차 산업혁명특별시 대전의 중장기적 보완관점

## 2) 추진체계의 보완

현재 4차 산업혁명특별시 대전의 추진방식은 대전 4차 산업혁명 기획평가정책위원회가 전체 사업의 기획과 총괄을 담당하고 각 사업별 기획위원회가 개별 사업의 기획과 실행을 담당하는 구조로 진행되고 있다. 대전시는 4차 산업혁명 운영과에서 종합적인 지원을 담당하고 있다.

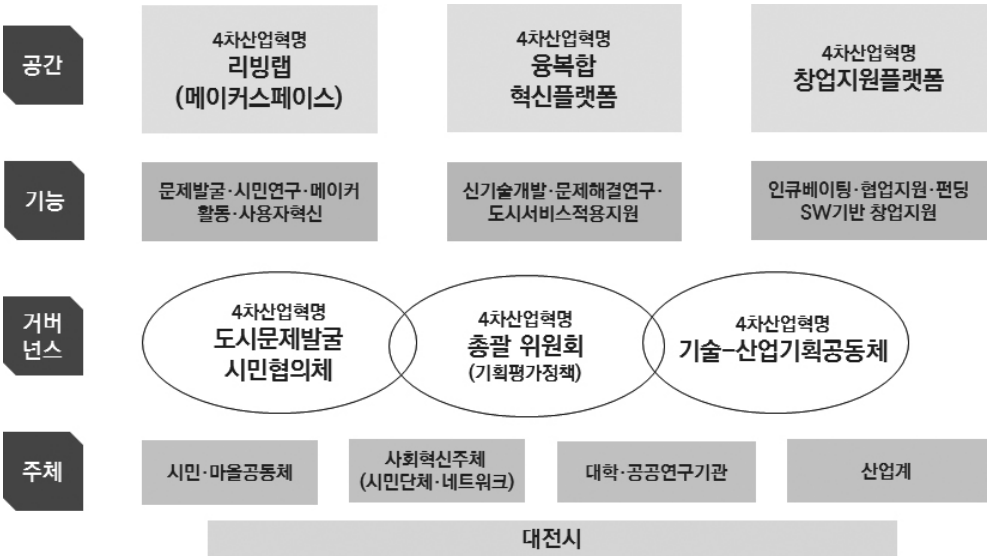
4차 산업혁명 기술혁신과 이를 적용한 도시문제해결의 선순환이 이루어지기 위해서는 지역의 문제를 상시적으로 모니터링하고 제안하는 시민협의체의 구성이 필요하다. 마을공동체와 시민이 지역의 문제를 발굴하고 지역 내에서 공감대를 형성함으로써 의제화하는 작업이 선결되어야 실제 4차 산업혁명 기술의 편익을 시민이 체감하고 나아가 지역의 문제해결에 실질적인 도움이 되는 혁신활동이 일어날 수 있을 것이다.

또한 지역문제와 이의 해결에 대한 시민의 관심을 높이고 이를 사업화로 연결짓기 위해서는 해커톤<sup>4)</sup>이나 데이터 기반 사회문제해결 공모전과 같이 아이디어를 모으고 기반을 만드는 프로그램도 함께 기획될 필요가 있다.

4) 해커톤이란 해킹(hacking)과 마라톤(marathon)의 합성어로 한정된 기간 내에 기획자, 개발자, 디자이너 등 참여자가 팀을 구성해 쉽 없이 아이디어를 도출하고, 이를 토대로 앱, 웹 서비스 또는 비즈니스 모델을 완성하는 행사(매일경제용어사전, <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=4348098&cid=43659&categoryId=43659>)

### 3) 4차 산업혁명 혁신시스템 기능 고도화

4차 산업혁명 관련 혁신시스템의 고도화를 위해 필요한 거버넌스와 기능, 공간전략을 종합하면 다음 <그림 9>와 같다. 공간적으로는 시민(마을공동체), 사회혁신주체(시민단체와 시민연대, 네트워크), 기술공급주체(대학 및 공공연구기관), 산업계(창업, 기업)가 연계될 수 있는 세 가지 유형의 공간 기능이 요구된다. 먼저, 4차 산업혁명 리빙랩(메이커스페이스)은 시민과의 접점 기능을 통한 지역문제의 발굴과 공감대 형성, 시민연구단 운영, 메이커 활동과 사용자 혁신 등을 지원하는 기능을 수행한다. 둘째, 4차 산업혁명 융·복합 혁신플랫폼은 융복합 기술개발, 지역문제해결 연구, 4차 산업혁명 기술의 도시서비스에의 적용 지원, 데이터 혁신 등의 역할을 수행하는 기능을 담당한다. 셋째, 4차 산업혁명 창업지원 플랫폼은 4차 산업혁명 관련 창업의 인큐베이팅, 협업공간(co-working space) 제공, 펀딩, IR지원 등 종합적인 창업 지원 기능을 담당한다.



<그림 9> 4차 산업혁명 혁신시스템 기능 고도화

## V. 결론

이상에서 살펴본 바와 같이 4차 산업혁명은 도시혁신을 촉진하고 시민의 삶의 양식 변화를 초래한다는 점에서 검토될 필요가 있다. 현재 대전시가 추진하고 있는 4차 산업혁명특별시 사업은 중장기적 차원에서 지역문제해결, 시민참여확대, 데이터 혁신 등의 관점이 보완될 필요가 있다. 특히 데이터 혁신은 4차 산업혁명의 기술적 잠재성이 비즈니스 모델로 발현되기 위해 반드시 필요한 부분이므로 사업의 경제적 효과 창출을 위해서라도 함께 설계되어야 한다. 4차 산업혁명 기술 패러다임의 가장 큰 특징은 기술의 활용을 통해 전반적인 커뮤니케이션 양식과 사람과 사물 사이의 관계가 재정립됨으로써 생활양식의 변화를 초래할 가능성이 크다는 점이다. 따라서 기술이 사회와 공진화하고 도시라는 플랫폼을 기반으로 기술-사회 공진화의 실험이 진행된다는 측면이 가장 중요하게 고려되어야 한다. 대전은 우수한 인력, 과학기술자원, 기술사업화의 경험, 과학문화의 기반 등이 잘 갖추어진 도시로 4차 산업혁명의 기술적 성과를 도시 플랫폼에 적용하여 과학도시로서의 정체성을 강화한다는 중장기적 관점에서 사업을 추진할 필요가 있다.



### 편집위원

**위원장** 박종찬(고려대학교 경영학과 교수)

**위원** 임병호(대전세종연구원 기획조정실장)

문충만(대전세종연구원 연구위원)

송양현(목원대학교 생의학화학과 교수)

윤자영(충남대학교 경제학과 교수)

이범규(대전세종연구원 선임연구위원)

이윤희(대전세종연구원 연구위원)

이진선(우송대학교 철도경영학과 교수)

조윤철(대전대학교 환경공학과 교수)

지남석(대전세종연구원 연구위원)

한상헌(대전세종연구원 연구위원)

## 대전세종포럼

대전세종포럼 통권 제65호

**발행일** 2018년 6월 1일

**발행인** 박재묵

**발행처** 대전세종연구원

**등록번호** 대전중, 바00002

**주소** 34863 대전광역시 중구 중앙로 85(선화동)

**전화** 042-530-3500

**팩스** 042-530-3508

**제작** (주)봄인터랙티브미디어 (Tel.042-633-7800)

© 본지에 게재된 내용은 본 연구원의 공식견해와 일치하는 것은 아닙니다.

## 연구과제 제안 안내



DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

대전세종연구원은 대전시·세종시 각계각층의 연구요구를 수용하고  
활발한 지적교류와 정책연구에 반영하기 위하여  
연구과제 아이디어를 모집합니다.

연구과제로서 적정하다고 판단되는 참신한 아이디어가 있으시면  
대전세종연구원 홈페이지([www.dsi.re.kr](http://www.dsi.re.kr)) 시민의소리(연구제안)로  
신청하여 주시기 바랍니다.

여러분들의 많은 관심과 참여 부탁드립니다.

DAEJEON  
SEJONG  
FORUM

[www.dsi.re.kr](http://www.dsi.re.kr)