

4차 산업혁명과 서울시 산업정책

주재욱 이지연

Fourth Industrial Revolution and the Industrial Policy in Seoul



서울연구원
The Seoul Institute

4차 산업혁명과 서울시 산업정책

연구책임

주재욱 시민경제연구실 연구위원

연구진

이지연 시민경제연구실 연구원

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

요약

인공지능 등 주요 핵심기술 10년 내 보편화 교육개혁·공공 신기술 활용·법제도 정비 필요

4차 산업혁명, 용어 실효성 논란 있지만 '기술변화 의미' 공감대

과거 세 번의 산업혁명은 각각 증기기관, 전기, 디지털 기술이 변화의 동력이었고, 산업 영역에 국한하지 않고 정치, 사회, 문화 전반에 걸쳐 큰 변화를 가져오는 계기로 작동했다. 산업혁명이란 말은 19세기 중반 독일의 경제학자이자 철학자인 프리드리히 엥겔스가 최초로 사용했고, 이후 영국의 역사가 아놀드 토인비가 본격적으로 개념화했다. 최근에는 미국의 미래학자 제레미 리프킨과 스위스의 경영학자 클라우스 슈밥이 새로운 산업혁명에 대한 논쟁에 참여했다.

4차 산업혁명이란 발달된 정보통신기술이 다양한 형태의 산업과 공공부문 그리고 시민 생활에 활용되면서 발생하는 모든 변화로 이해되고 있다. 기술변화에 대해서는 많은 전문가들이 다양한 전망을 내놓았다. 에릭 브린올프슨, 앤드류 맥아피, 돈 탭스콧, 에릭 슈미트, 제러드 코언 등은 기술변화가 앞으로 우리 사회를 긍정적으로 변화시킬 수 있을 것으로 전망했다. 반면 니콜라스 카는 정보통신기술이 우리에게 미칠 악영향과 위험에 대해 경고했으며, 로버트 솔로우는 이른바 '생산성 역설(productivity paradox)'을 통해 디지털 기술이 노동생산성 향상에 기여하고 있다는 실증적 증거가 존재하지 않는다고 주장하기도 했다.

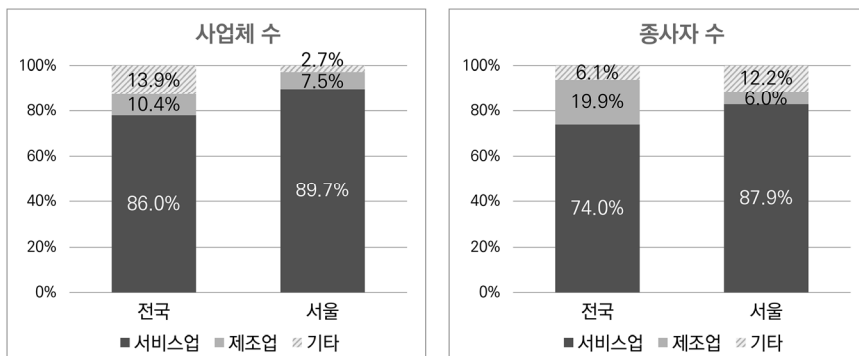
4차 산업혁명이란 표현은 우리나라를 제외한 다른 나라에서는 크게 주목받지 못하고 있고, 국내에서도 용어의 실효성을 둘러싸고 논쟁이 일고 있다. 하지만 기술의 변화가 의미하고 우리 사회에 미칠 영향이 크다는 점에 대해서는 많은 국내외 전문가들이 동의하고 있다. 기술변화의 영향으로 우리가 주목하는 것은 일자리의 미래에 관한 것이다. 프레이와 오스본(2013)은 직종별로 과학기술의 발전에 따라 자동화에 의해 대체될 위험을 계량화했다. 그 결과 텔레마케터, 세무대리인, 보험조정인, 스포츠 심판, 법률비서, 레스토랑 종업원 등의 직업이 자동화에 따른 대체 위험성이 높은 것으로 나타났다. 또한 현재 미국 내 모든 직업의 약 47%가 향후 20년 이내에 자동화로 대체 위험에 처할 수 있다는 결론을 도출했다.

서울시 산업구조, 신기술 관련 업종 비중 커 4차 산업혁명에 유리

전국사업체조사, 서비스업조사, 광업·제조업조사 자료를 바탕으로 서울시 산업구조를 파악하고 전국과 비교했다. 우리나라의 서비스업은 사업체 수 기준으로 전체의 86.0%에 달하고, 종사자 수 기준으로 74.0%에 달한다. 서울시의 경우 서비스업은 사업체 수 기준으로 서울시 전체의 89.7%, 종사자 수 기준으로 서울시 전체의 87.9%에 달해 전국 평균에 비해 서비스업의 비중이 더 높다. 또한 서비스업의 증가 추세와 제조업의 감소 추세도 서울에서 더 뚜렷하게 나타나고 있다.

서비스업 중 매출액 기준으로 비중이 큰 업종을 살펴보면 ‘출판·영상·방송통신 및 정보서비스업’이 39.4%로 가장 컸으며, 그 다음으로 ‘보건업 및 사회복지서비스업’ 17.4%, ‘부동산 및 임대업’ 12.6% 순으로 나타났다. 세부 업종별로는 출판업이 17.5%로 가장 컸고, 그 다음으로 보건업(15.1%), 부동산업(11.1%), 컴퓨터 프로그래밍 시스템 통합 및 관리업(10.0%) 순이었다. 종사자 수를 기준으로 서울시 상위 5대 제조업을 살펴보면 ‘의복·의복액세서리·모피 제조업, 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비 제조업, 인쇄 및 기록매체 복제업, 의료·정밀·광학기기·시계 제조업, 기타 기계 및 장비 제조업’의 순서로 종사자 수가 많은 것으로 나타났다.

서울시에서 중요한 비중을 차지하는 업종인 출판·영상·방송통신 및 정보서비스업과 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비 제조업 등은 신기술의 기반이 되는 산업이고, 보건업 및 사회복지서비스업과 의료·정밀·광학기기·시계 제조업 등은 4차 산업혁명의 신기술이 적용되기 용이한 산업이므로 서울시는 4차 산업혁명에 유리한 산업구조를 지니고 있는 것으로 판단된다.



[그림 1] 서울 및 전국의 산업구조 현황 비교

4차 산업혁명 대응 정부대책, 종합적 성격... 한국적 특성은 없어

우리나라 정부는 지능정보기술의 확산으로 우리 사회가 맞이할 혁신적인 변화상을 분석하고, 새로운 가치 창출과 경쟁력 확보를 위해 2016년 12월 ‘지능정보사회 중장기 종합대책’을 수립하였다. 종합대책에서는 기술, 산업, 사회 분야로 나누어 정책 방향과 전략과제를 제시하였다. 기술 부문에서는 기업들이 자체 기술력과 데이터, 네트워크 인프라를 확보하여 세계시장에서 경쟁력을 갖추는 것을 목표로 했고, 산업 부문에서는 공공 및 민간 산업 전반에 지능정보기술의 도입을 활성화하는 것을 목표로 했다. 사회 부문에서는 사회의 변화상을 반영하면서도 복지·교육·고용 제도를 통해 국민 모두가 소외되지 않고 인간다운 삶을 누릴 수 있도록 사회정책과 제도를 정비하는 것을 목표로 설정했다.

정부가 4차 산업혁명에 대응하기 위한 국가 전략으로 제시한 ‘지능정보사회 중장기 종합대책’은 정보통신기술로 인해 발생할 변화에 대응하고, 양적·질적인 국가 발전을 위한 종합적인 내용을 포함하고 있다. 또한 종합대책에서는 기술변화를 국가 전반에 영향을 미치는 일반 현상으로 이해한 흔적을 찾을 수 있다. ‘지능정보사회 중장기 종합대책’은 기술과 관련된 정책 이슈를 포괄적으로 다루는 종합대책의 성격을 띠고 있지만, 한국적 특성을 고려한 특징적 요소가 없다는 것이 단점으로 지적될 수 있다.

獨 ‘산업 4.0’·美 ‘스마트아메리카 챌린지’, 4차 산업혁명 대표정책

한편 4차 산업혁명과 관련된 해외의 대표적 정책사례로 독일의 ‘산업 4.0’과 미국의 ‘스마트아메리카 챌린지’가 거론된다. ‘산업 4.0’은 독일 하노버 박람회에서 독일의 제조업 진흥을 목적으로 제창한 정책 슬로건으로, 현재는 제조업을 중심으로 한 산업의 새로운 트렌드로 이해되고 있다. 독일은 제조업 경쟁력을 강화하기 위한 국가적인 노력을 꾸준히 해왔으며, 산업 4.0은 더 포괄적인 국가 기술 전략인 ‘10-point 계획’의 일환으로 하이테크 전략 10대 프로젝트의 하나로 수립되었다.

산업 4.0의 네 가지 원칙은 다음과 같다. 첫째, 인간과 기계의 ‘상호 운용성(Interoperability)’은 기계, 장비, 센서, 사람이 사물인터넷(Internet of Things)이나 사람인터넷(Internet of

People)을 통해 서로 충분히 소통함으로써 기계의 장점을 극대화함과 동시에 인간의 적절한 노동 역할을 모색함을 의미한다. 둘째, ‘정보의 투명성(Information Transparency)’은 디지털 플랫폼 모델과 센서 데이터를 이용해 실제 세계의 가상 복사본을 만들 수 있는 능력을 의미한다. 이는 정보의 투명한 공개와 공유가 디지털 세계뿐만 아니라 현실 세계에까지 확대하는 것을 가능케 한다. 셋째, ‘기술의 지원(Technical assistance)’은 정보를 종합, 시각화해서 인간의 의사결정과 문제 해결을 돕고, 힘들고 위험하거나 더러운 일을 기계가 사람 대신 해줌으로써 인간을 돕는다는 것을 의미한다. 넷째, ‘분산 결정(Decentralized decisions)’은 모듈 간 목표가 상충하는 예외적인 상황을 제외한 모든 경우에 가상물리체계(CPS)가 가능한 한 자율적으로 결정한다는 원칙을 의미한다.

독일의 ‘산업 4.0’을 둘러싸고 다양한 논의와 함께 비판적 의견도 존재한다. 하지만 학문으로서의 과학기술과 이를 활용하고자 하는 산업계와의 적절한 조화, 인간에게 이로운 기술의 발전 방향, 변화된 노동 환경에서 노동의 의미를 재정립하기와 같은 주제들은 기술과 관련된 거시적 국가 발전 방향을 제시하는 데 있어 심도 있는 사회적 논의를 필요로 한다. ‘산업 4.0’은 단순한 실적지상주의의 산물이 아닌 이러한 사회적 논의의 성과물로, 국가 발전의 중요 요소인 과학기술을 대하는 독일의 철학을 종합적으로 반영한 거시적 국가전략이라는 점에서 의의가 있다.

한편, 미국은 오바마 정부 시절 정보통신기술을 활용해 국민의 일상생활에 실질적인 이익을 주는 것을 목적으로 하는 ‘스마트아메리카 챌린지(SmartAmerica Challenge)’ 프로젝트를 마련했다. 이 프로젝트는 스마트홈/건축, 기후/환경, 재난, 산업, 교통, 헬스케어, 보안, 에너지 등 총 8개 분야를 대상으로 개발 프로젝트를 발굴하고자 했다. 이를 위해 미국 내 65개 이상의 기업, 정부 기관(agency), 연구소를 모아 국민의 생활 개선과 관련된 총 12개의 프로젝트 팀을 출범시켰으며, 해당 프로젝트마다 CPS 개발 작업의 성과를 구체적으로 보여줄 수 있는 시스템이나 프로토타입, 파일럿 모형 등 다양한 상품을 만들었다.

스마트아메리카 챌린지는 민간기업의 경쟁력과 우수하고 풍부한 전문 인력을 바탕으로 시민들의 생활에 밀접한 각종 서비스들을 IoT, 인공지능 등 첨단 정보통신기술을 활용해 구현함으로써 ‘4차 산업혁명 시대’라는 구호에 어울리는 미국의 역량을 보여준 사례로 평가할 수 있다.

인공지능, 금융·의료·법률 등 전문 지식산업 분야에서 다양한 활용

인공지능 연구는 최근 기계학습 분야, 특히 딥러닝 분야에서 괄목할 만한 기술의 진보로 인해 다시 주목받고 있다. 특히 최근에 소개되고 있는 인공지능 기술의 사례는 업무 생산성과 삶의 질 향상에 기여하게 되리라는 낙관적 기대와 함께, 가까운 시일 내에 현재 인간의 일자리를 상당 부분 대체할 수도 있다는 우려를 낳으면서 사회적 관심을 끌고 있다.

기계학습이란 인간의 학습과정을 모방하여 데이터를 통해 스스로 문제 해결 방법을 찾아내는 기술이다. 오랜 시간에 걸쳐 꾸준히 진화해 온 패턴인식 기반기술의 발전과 인터넷의 보급으로 인해 폭발적으로 증가한 데이터, 그리고 다양한 언어로 된 텍스트 데이터가 축적됨에 따라 빠른 속도로 발전한 통계적 자연어 처리(statistical natural language process) 기술들이 최근의 눈부신 발전에 기여했다. 기계학습 분야에서 특히 주목받고 있는 기술은 인간의 뇌 구조를 모방한 인공신경망(ANN, artificial neural network) 모형이며, 그 중 인공신경망을 구성하고 있는 요소 중 하나인 은닉층을 여러 겹으로 확장한 것이 딥러닝이다.

인공지능 기술은 현재 기계학습과 딥러닝 기술을 중심으로 활발하게 연구되고 있으며, 특히 구글, 페이스북, 마이크로소프트 등 글로벌 ICT 기업이 투자에 열을 올리고 있다. 또한 현재 인공지능은 금융, 유통, 의료, 법률 등 전문적인 지식 산업 분야에서 다양하게 활용되고 있으며, 기술도 빠르게 확산되는 추세이다.

사물인터넷, 스마트 홈·카·시티 중심 급성장 중..일부기능 상용화

통신 기능을 갖춘 기기인 사물인터넷의 생태계는 물리적 특성으로 인해 제조업 등 다른 산업에 미치는 파급력도 큰 것으로 평가된다. 시스코, 맥킨지, 가트너 등 해외 주요 시장조사 기관들은 향후 10년 내 사물인터넷 시장이 작게는 약 2조 달러, 크게는 10조 달러 이상의 규모까지 성장할 것으로 예상된다.

사물인터넷은 스마트홈, 스마트카, 스마트시티 분야에서 연구개발되고 있으며, 일부 기능은 상용화되기도 했다. 스마트홈은 가정에서 쓰이는 기기들이 통신망에 연결되고 지능화되어 새로운 서비스를 제공하는 기술(전해영, 2016)이다. 우리가 생활하는 데에 필요한 청소, 요리, 조

명, 환기 등을 쉽게 하도록 해주는 스마트 가전이나 홈 오토메이션, 보안성을 높여주는 홈시큐리티, 에너지 절감 등을 통해 경제성을 높여주는 스마트 그린홈, 우리에게 즐거움을 제공하는 홈엔터테인먼트 등 다양한 가치를 창출하는 산업들이 존재한다.

스마트카는 정보통신기술이 접목된 지능형 자동차로, 사고위험을 줄이고, 에너지 효율성을 높이며 그 밖에 각종 지능화된 기능들을 통해 운전자나 승객의 만족을 극대화시킬 수 있는 차량을 말한다. 세부적으로 커넥티드카와 자율주행차가 있다. 스마트시티는 도시의 다양한 영역에서 ICT 인프라를 활용하여 부가가치를 창출하는 도시를 의미하며 스마트 헬스케어, 스마트 교통, 스마트 그리드 등의 유형들이 있다(전해영, 2016).

전문가들 “미래에 가장 큰 영향력 가질 핵심기술 1위는 인공지능”

이 연구에서는 4차 산업혁명 핵심기술의 발전 전망과 효과, 이에 대응하기 위한 정책방향을 도출하기 위해 총 30명의 전문가를 대상으로 델파이조사를 실시하였다. 대다수의 응답자(75%)들은 4차 산업혁명의 유효성과 중요성에 동의했으며, 4차 산업혁명이 특히 우리나라에서 크게 관심을 끌게 된 배경으로 사회적 요인(71.6%), 정치적 요인(13.6%), 산업과 관련된 요인(12.3%) 등을 선택했다. 전문가들은 미래에 가장 큰 영향력을 갖게 될 핵심 기술로 인공지능을 꼽았고, 그 다음으로 ‘사물인터넷’, ‘로봇공학’, ‘블록체인’ 등을 들었다.

[표 1] 주요 기술들의 잠재 영향력에 대한 전문가 예상 순위

순위	핵심기술
1위	인공지능
2위	사물인터넷
3위	로봇공학
4위	블록체인
5위	무인운송수단

인공지능 활용 기능의 실현가능 예상 시점을 질문한 결과 전문가들은 이미지인식, 추상화, 언어 이해 분야는 평균 2022년~2026년, 감정노동, 자율행동, 자발적 지식획득 분야는 평균적으로 2029년~2032년 사이에 실현 가능할 것으로 예측하였다. 사물인터넷 기술 활용 분야의 실현가능 시점을 질문한 결과 스마트홈 분야는 평균 2023년, 스마트카와 스마트시티는 2027년으로

예측하였으나, 표준편차는 스마트시티(5.62)가 스마트카(3.93)보다 높은 것으로 나타났다.

4차 산업혁명이 사회에 미칠 영향을 긍정적 영향과 부정적 영향으로 구분해 질문한 결과, 순기능에서는 1) 삶의 편의성, 안전성 증대, 2) 새로운 일자리 창출, 일자리 질 상승, 3) 소규모 기업의 빠른 성장 기회 제공 순으로 응답이 많았다. 역기능에서는 1) 데이터·기술 격차에 따른 양극화 발생, 2) 윤리적 문제 발생과 법·제도적 대응 미비, 3) 인공지능의 영향력 확대에 인한 사회적 문제 야기 순으로 응답이 많았다.

4차 산업혁명의 순기능을 촉진하기 위한 정책으로는 교육을 선택한 응답이 가장 많았으며, 공공 부문 관련 정책, 법·제도 개선, 기업 생태계 조성 등이 뒤를 이었다. 역기능을 막기 위한 정책으로는 법·제도 개선이 가장 많은 응답을 보였고, 그 다음으로 정보 데이터 정책, 교육, 기업 생태계 순으로 응답이 많았다. 중앙정부와 서울시의 역할에 대한 질문에서는 중앙정부의 경우 연구개발 투자 확대가, 서울시의 경우 일자리 문제 해결이 가장 중요한 정책이라는 응답이 가장 많았다.

[표 2] 4차 산업혁명 대비를 위한 중앙정부 및 서울시의 역할에 대한 전문가 의견

우선순위	중앙정부의 역할	서울시의 역할
1위	연구개발 투자 확대	일자리 문제 해결
2위	창업 지원 및 기업 육성	창업 지원 및 기업 육성
3위	일자리 문제 해결	ICT 신기술의 공공부문 도입

교육정책 · 공공부문 · 법제도 · 기업생태계 측면에서 맞춤형 정책 필요

지금까지의 연구 결과를 바탕으로 4차 산업혁명에 대응하기 위한 서울시의 정책 방향을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 4차 산업혁명을 고려한 교육정책의 개혁이 필요하다. 4차 산업혁명 대비 교육정책에서 고려할 교육은 크게 세 가지로 볼 수 있는데, 직업교육, 인재양성교육, 신기술 활용 교육이 그것이다. 직업교육은 일자리가 사라지는 것에 대한 대응 방안으로서의 교육 프로그램이다. 인재양성교육은 4차 산업혁명의 기반이 되는 기술 경쟁력을 확보하기 위해 과학기술과 정보통신 분야의 전문성을 갖춘 인재를 중장기적으로 육성하기 위한 것이다. 특수목적 고등학교의 인재 육성 기능을 강화하고, 중장기적으로 연구성과 향상에 기여할 수 있는 방향으로 이공계 대학교육을 개선하는 내용이 포함된다. 마지막으로, 신기술 활용 교육은 일반 시민 전

체를 대상으로 누구나 신기술을 친숙하게 활용할 수 있도록 도와주기 위한 교육이다. 특히 기술 접근성이 상대적으로 취약한 노인과 장애인, 빈곤계층의 디지털 기술 활용 교육을 강화하는 내용의 교육 프로그램을 포함시키고, 기술 변화에 따라 교육 내용 또한 빠르게 변화시키는 노력이 병행되어야 한다.

둘째, 공공부문에서의 신기술 활용 정책이 필요하다. 유용한 신기술과 이를 기반으로 한 미래형 서비스들은 공공부문에서 먼저 도입함으로써 서비스를 제공할 수 있는 국내 기업들에게 좋은 기회를 제공하고, 신기술의 저변 확산을 국가가 도와주는 계기로 삼을 수 있다. 다만 이러한 공공 서비스들은 시장프로세스에 의한 검증과정이 생략되는 만큼 전문 인력을 활용한 철저한 검증이 필요하다. 공공부문에서 신기술을 도입하기 위한 효과적인 방법은 제한된 지역에서 시범사업을 실시하는 것이다. 수요조사와 기술 적합성 조사를 거쳐 적용 기술에 대한 구상이 구체화되면, 리빙랩 등 제한된 공간에서 벗어나 단계적으로 적용 범위를 확대하고, 마지막으로 테스트 성과에 대한 피드백을 접수하고, 일반 시민을 대상으로 선호도 조사를 실시해 적용 여부를 최종적으로 판단한다.

셋째, 관련 법·제도의 정비가 필요하다. 신규서비스의 도입을 가로막는 각종 규제가 존재하는 이유는 특정 집단이 자신들의 이익을 보장받기 위함인 경우가 많다. 그렇기 때문에 작은 규제 하나를 철폐하거나 개선하는 데에도 많은 저항이 따른다. 법·제도의 개선을 위해서는 이로 인해 영향을 받을 수 있는 당사자들을 모아 향후 대책을 포함해 충분한 합의를 도출하는 과정이 필요하다. 특히 4차 산업혁명의 신규서비스 도입은 다른 이들에게는 자신의 직업이 위협받는 사건이 될 수도 있으니, 규제 개혁을 성공시키기 위해서는 의견수렴 단계에서 매우 고통스러운 과정을 겪을 수 있음을 이해할 필요가 있다. 또한 개인정보 규제, 소득 재분배에 대해서도 사전에 기준을 마련해야 한다.

넷째, 기업과 관련해서는 크게 시장 독과점 피해를 방지할 수 있는 경쟁정책과 창업이 활발히 일어날 수 있는 건전한 기업 생태계를 조성하기 위한 창업정책이 강조될 수 있다. 먼저, 플랫폼 사업자의 독점을 견제할 수 있는 법적, 제도적 장치 마련이 필요하다. 다음으로 공정거래를 관리하고, 대중소기업 간 상생을 촉진할 수 있는 제도를 마련해야 한다. 데이터 윤리의 확립과 데이터에 대한 공공성 강화는 데이터를 보유한 기업의 의무를 엄격하게 정함으로써 실현할 수 있다. 역동적인 기업 생태계 조성을 위해서는 스타트업에 대한 지원을 강화할 필요가 있다. 특히, R&D 투자에 있어 현재보다 더 파격적인 지원이 필요하다. 다만 R&D 정책과 관련된 역할은 중앙정부가 담당하는 것이 적절하다는 전문가들의 의견이 다수이므로, 서울시는 기업정책에 있어 창업에 초점을 맞추는 것이 바람직하다.

목차

01 연구개요	2
1_연구배경 및 목적	2
2_연구내용 및 방법	4
3_4차 산업혁명의 의미와 특징	6
02 서울시 산업구조의 4차 산업혁명 대응 가능성	20
1_분석 개요	20
2_서울과 전국의 산업구조 비교	21
3_서울의 서비스업 및 제조업 구조	24
4_소결	32
03 4차 산업혁명 관련 국내외 정책 동향	34
1_국내 정책 동향	34
2_국외 정책 동향	42
04 4차 산업혁명 주요 핵심기술 현황	54
1_인공지능(Artificial Intelligence)	54
2_사물인터넷(Internet of Things)	65
3_블록체인(Blockchain)	83

05 4차 산업혁명의 기술발전 전망과 사회적 파급효과	94
1_조사 개요	94
2_기술발전 전망	95
3_사회적 파급효과	102
4_산업별 파급효과 및 산업정책 방향	108
06 기술 발전 로드맵과 서울시 정책 방향	118
1_4차 산업혁명 기술 발전 로드맵	118
2_4차 산업혁명에 대응하기 위한 서울시 산업정책 방향	122
참고문헌	129
Abstract	132



표

[표 1-1] 자동화에 따른 대체 위험이 높은 직업군	15
[표 1-2] 자동화에 따른 대체 위험이 낮은 직업군	15
[표 2-1] 2014년 전국, 서울 사업체 현황 비교	22
[표 2-2] 2014년 전국, 서울 산업별 종사자 현황 비교	23
[표 2-3] 서비스업과 제조업의 사업체 현황 비교	23
[표 2-4] 서울 서비스업의 매출액 비중	24
[표 2-5] 사업체 수 상위 5대 제조업	26
[표 2-6] 2014년 전국 및 서울시 제조업체 수 비교	27
[표 2-7] 종사자 수 상위 5대 제조업	28
[표 2-8] 2014년 전국 및 서울시 제조업 종사자 수 비교	29
[표 2-9] 부가가치 상위 5대 제조업	30
[표 2-10] 2014년 전국과 서울의 제조업 부가가치액 및 비중	31
[표 3-1] 우리나라 정부의 데이터 유형별 유통 및 활용 촉진 전략	36
[표 3-2] 우리나라 정부의 양자암호통신 도입 단계	37
[표 3-3] 독일 하이테크 전략 10-point 계획의 관·산·학 역점 사항	44
[표 3-4] 독일 HTS2020의 5개 실행분야	45
[표 3-5] 독일 HTS2020의 10대 프로젝트	45
[표 3-6] 독일 산업 4.0 작업반 구성	46
[표 3-7] 미국 SmartAmerica Challenge 12개 대표 프로젝트 팀	48
[표 4-1] 사물인터넷 생태계	66
[표 4-2] 사물인터넷의 기술적 동인	68

[표 4-3] 국내 사물인터넷 사업체 수(사업장 규모 및 사업분야별)	71
[표 4-4] 국내 사물인터넷 사업분야별 관련 업체들의 매출액	72
[표 4-5] 국내 사물인터넷 사업장 규모별 관련 업체들의 매출액	72
[표 4-6] 국내 사물인터넷 사업분야별 개발 인력 수	73
[표 4-7] 스마트홈 산업 및 제품	75
[표 4-8] 국내 스마트홈 시장 전망	77
[표 4-9] 커넥티드카 기술의 활용 전망	79
[표 4-10] 주요국들의 스마트시티 추진사례	82
[표 4-11] 블록체인의 유형	85
[표 4-12] 국내외 금융기관의 블록체인 기술 활용 현황	90
[표 4-13] 민간 기업의 블록체인 기술 활용 현황	92
[표 5-1] 델파이조사 응답자 현황	95
[표 5-2] 국가지역 정책 수립에 있어서 4차 산업혁명의 중요성	95
[표 5-3] 4차 산업혁명의 국내 이슈화 배경	98
[표 5-4] 잠재 영향력이 큰 핵심기술	99
[표 5-5] 인공지능 기술을 활용한 기능들의 실현가능 예상 시점	100
[표 5-6] 사물인터넷 기술을 활용한 기능들의 실현가능 예상 시점	101
[표 5-7] 블록체인, 자율로봇 기술을 활용한 기능들의 실현가능 예상 시점	102
[표 5-8] 4차 산업혁명의 사회적 영향	103
[표 5-9] 4차 산업혁명의 순기능 촉진을 위한 필요 정책	104
[표 5-10] 4차 산업혁명의 역기능 개선을 위한 필요 정책	105
[표 5-11] 인공지능 기술 활용 분야의 사회적 파급효과	107
[표 5-12] 혁신기술로 인한 변화가 클 것으로 예상되는 산업 분야	108
[표 5-13] 혁신기술로 인한 변화가 클 것으로 예상되는 세부업종	108
[표 5-14] 4차 산업혁명에 대응하기 위한 중앙정부, 서울시의 역할	110

[표 5-15] 서울의 서비스업에서 중요한 기술 유형	111
[표 5-16] 서울의 제조업에서 중요한 기술 유형	111
[표 5-17] 전국의 서비스업에서 중요한 기술 유형	112
[표 5-18] 전국의 제조업에서 중요한 기술 유형	112
[표 5-19] 4차 산업혁명의 의미	113



그림

[그림 2-1] 서울의 제조업 변화 추이	26
[그림 3-1] 지능정보사회 중장기 종합대책의 정책 방향 및 추진 과제	35
[그림 3-2] Closed Loop Healthcare 기본 개념	49
[그림 3-3] 산호세와 인텔이 합작한 “스마트시티 USA”의 홍보 배너	50
[그림 4-1] 인공지능 기술의 발전 시나리오	64
[그림 4-2] 사물인터넷 생태계의 주요 구성요소	66
[그림 4-3] 사물인터넷의 기술적 구성요소	67
[그림 4-4] 사물인터넷의 생태계	68
[그림 4-5] 기관별 2020년 사물인터넷 세계시장 규모 전망치	69
[그림 4-6] Mckinsey & company의 9개 시장부문별 전망	70
[그림 4-7] 신기술의 Hype Cycle, 2015	74
[그림 4-8] 신기술의 Hype Cycle, 2016	74
[그림 4-9] 세계 스마트홈 시장 규모 전망치	77
[그림 4-10] 삼성전자의 패밀리허브와 삼성커넥트 활용 장면	78
[그림 4-11] 세계 스마트카 시장 규모 전망치	79
[그림 4-12] 구글과 SKT의 자율주행차	80
[그림 4-13] 중앙집중식 및 분산식 원장기술의 비교	83
[그림 4-14] 블록체인을 활용한 거래 과정	84
[그림 4-15] 비트코인과 블록체인의 연간 글로벌 투자 및 거래 현황(2012~2016)	86
[그림 4-16] 2017~2030년 블록체인의 부가가치 전망치	87

[그림 4-17] 전 세계 분산원장 기술 관련 분야의 참여 현황	88
[그림 4-18] 블록체인 관련 기술들의 Hype Cycle, 2017	89
[그림 6-1] 주요 기술들의 발전 로드맵	118
[그림 6-2] 성동구 4차 산업혁명 체험센터의 교육 및 실습장	124
[그림 6-3] 암사시장 내 지능형 화재감지시스템 설치 모습	126



01

연구개요

- 1_연구배경 및 목적
- 2_연구내용 및 방법
- 3_4차 산업혁명의 의미와 특징

01 | 연구개요

1_연구배경 및 목적

본 연구의 목적은 '4차 산업혁명'에 대응한 서울시의 산업정책을 제시하는 것이다. 서울시의 산업구조를 이해하고, 4차 산업혁명과 관련된 국내외 정책 동향을 파악한 뒤, 핵심 신기술을 중심으로 기술 발전 시나리오와 로드맵을 도출하며, 이를 기반으로 4차 산업혁명에 대응하는 바람직한 서울의 산업정책을 제안하는 것이 본 연구의 주요 내용이다.

1) 도전 받는 한국 경제

한국 경제는 지금 여러 가지 도전에 직면해 있다. 장기화되고 있는 세계 경제 침체의 영향으로 저성장 기조가 지속되고 있는 가운데, 서울과 지방 간 지역불균형 문제와 날로 악화되고 있는 소득불평등 또한 각종 사회 문제의 원인으로 지목되고 있다. 미세먼지를 비롯한 대기 오염은 시민의 건강을 위협하는 수준에 이르렀으며, 저출산, 고령화로 인한 생산가능인구의 지속적인 감소와 복지 부담의 증가는 장기적으로 국가 성장 잠재력을 약화시킬 것으로 예상된다. 지금까지 지속돼 왔던 제조업 중심의 수출 지향적 경제 발전 전략은 후발 국가들의 추격으로 한계에 도달했으며, 제조업에서 서비스업으로 산업구조의 중심이 이동하고 있는 가운데 지식기반 서비스업이나 고부가가치 첨단 산업은 여전히 선진국에 뒤처져 있어 앞으로의 한국경제는 낙관적인 전망을 내놓기 어려운 상황이다.

2) 서비스업 중심의 서울 경제, 새로운 혁신이 필요

한국경제는 전통적으로 제조업을 기반으로 수출을 통해 성장해 왔지만, 우리나라의 산업구조는 서비스업 중심으로 꾸준히 변화해 왔으며, 특히 이러한 산업구조의 변화를 서울이 견인했다. 해마다 감소하던 서울시 제조업 비중은 2015년 이후 사업체 수 기준 10% 미만을 기록하기 시작했고, 2015년 부가가치 기준 서울시 서비스업 비중은 89.8%에 달하는 반면 제조업은 6.4%에 불과하다. 전국 서비스업에서 서울시가 차지하는 비중을 보면 출

판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업(58.2%), 금융 및 보험업(47.2%) 등 주요 서비스업 생산의 절반 정도를 서울이 책임지고 있다. 현재 서울시 제조업체는 대부분 영세한 규모로, 기술 혁신이나 경영 혁신을 도모하기 어렵다. 도·소매업 및 음식·숙박업은 경기 변동에 민감하여 특히 지금과 같은 저성장 시대에 장기적으로 지역경제를 견인하는 성장 동력으로 기능하기에 부족하다. 서비스업은 고용창출 효과가 크나 수출 효과가 부족하며, 내수 시장이 작은 우리나라에서 지속적으로 성장하기가 어렵다. 따라서 서비스업 중심의 산업 구조 변화가 지속가능한 경제성장으로 이어지기 위해서는 지역을 중심으로 내수시장을 육성하는 산업의 질적 고도화가 필요하고, 제조업 분야는 지역경제의 다양한 수요에 순발력 있게 대응하면서 일자리카까지 창출할 수 있는 중소기업의 성장과 혁신이 필요하다.

3) 4차 산업혁명, 서울 경제의 새로운 발전 모델

이러한 상황에서 2016년 ‘4차 산업혁명’ 논의가 시작됐다. 시민들이 관심을 갖고 있는 현상에 대해 그 실체를 정확히 파악하고, 정부와 지역사회의 대응방향을 제시하는 것은 정책 연구기관의 고유한 의무이다. 또한 현재 논의되고 있는 ‘4차 산업혁명’은 장밋빛 전망만 있는 것이 아니라, 일자리의 감소나 불평등의 심화 같은 부정적인 전망 또한 거론되고 있다. 이러한 전망이 현실화되는 시기가 예상보다 훨씬 이를 수 있다는 우려도 있기 때문에 정부는 ‘4차 산업혁명’이 앞으로 어떻게 전개될 것인지, 우리 경제와 사회에 미칠 영향은 어떠한 것인지에 대한 보다 정확한 정보를 파악하기 위해 노력해야 한다. 이러한 배경에 따라, 서울연구원에서는 ‘4차 산업혁명’을 주제로 한 연구를 수행하기로 했다. 이 연구를 통해 보다 명확한 실체로 우리가 ‘4차 산업혁명’을 이해할 수 있도록 용어의 의미를 기술과 산업정책의 영역으로 구체화하면서, ‘4차 산업혁명’의 핵심이라 할 수 있는 주요 ICT 신기술들의 발전 현황에 초점을 맞추어 ‘혁명’의 전개 방향을 추적하기로 했다.

따라서 본 연구는 4차 산업혁명의 의미를 이해하고, 미래에 실용화될 가능성이 큰 핵심기술을 중심으로 예상할 수 있는 기술로드맵을 작성함으로써, 이를 서울시 산업구조에 반영해, 4차 산업혁명에 대응한 서울시의 산업정책 방향을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2_연구내용 및 방법

본 연구의 목적은 4차 산업혁명에 대응한 서울시의 산업정책 방향을 제시하는 것이다. 이를 위해 먼저, 2016년 1월에 개최된 다보스 포럼 이후 지금까지 소개된 ‘4차 산업혁명’ 관련 논의들을 정리하면서 ‘4차 산업혁명’의 의미를 구체화하고, 4차 산업혁명의 핵심 동력이라 할 수 있는 주요 신기술들을 중심으로 보다 자세한 정보를 수집함으로써, 그 기술과 이를 기반으로 한 상품과 서비스의 발전 경로를 전망하는 것을 첫 번째 연구 목표로 설정했다. 문헌조사와 전문가 세미나를 통해 기술발전 시나리오를 구성하고, 델파이조사를 통해 기술 로드맵을 도출하여 이를 바탕으로 정책 시사점을 제시한다. 다음으로 4차 산업혁명의 관점에서 서울시의 산업구조와 특징을 파악하는 것을 두 번째 연구 목표로 설정했다. 먼저 서울시 산업구조를 각종 통계자료를 통해 살펴본 뒤, 공급 측면에서 신기술을 기반으로 한 각종 서비스 및 상품을 개발하는 데 있어 서울시 산업이 갖고 있는 경쟁력을 진단하고, 수요 측면에서 신기술의 서울시 산업 활용 가능성을 살펴볼 것이다. 이상의 연구 결과를 종합하여 향후 4차 산업혁명 시대에 서울시가 나아가야 할 산업정책의 방향을 제시하고자 한다.

본 연구의 주요 내용은 다음과 같다. 먼저 본 연구는 4차 산업혁명의 의미와 이를 둘러싼 다양한 쟁점들을 다룬다. 4차 산업혁명은 다보스 포럼에서 처음으로 정의한 바 있지만 이후 다양한 논의에서 언급되면서 조금씩 다른 의미로 정의되거나 해석되기도 한다. 또한 현재 개발 중인 4차 산업혁명 관련 신기술들이 상용화되면서 보다 구체화될 경우, 미래에 ‘4차 산업혁명’이란 용어는 지금과는 상당히 다른 의미로 이해되거나 아예 사장될 가능성도 높다. 또한 ‘4차 산업혁명’과 관련하여 다양한 비판적인 의견이 존재한다. 슈밥이 주장하고 있는 ‘4차 산업혁명’은 ‘혁명’이라 불릴 정도로 결정적인 변화는 아니라는 의견부터, 큰 변화임에는 분명하나 ‘3차’와 차별화되기 어렵다는 의견, 혁명의 실증적 증거가 발견되지 않기 때문에 ‘4차 산업혁명’ 자체가 허상이라는 의견 등 다양하다. 4차 산업혁명에 대한 다양한 관점들은 용어에 대한 이해의 폭을 넓히고 기술의 실체에 접근하는 데 도움이 될 것이다.

다음으로, 4차 산업혁명과 관련된 국내외 정책 동향을 살펴보고자 한다. 2016년 3월, 정

부는 정부 차원에서 4차 산업혁명에 대응하기 위해 경제부총리를 포함해 관계부처 장관 등 15인의 정부위원과 14인의 민간위원으로 구성된 「4차 산업혁명 전략위원회」를 개최하고, 12월에는 구 미래창조과학부(현 과학기술정보통신부) 주관으로 「제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책」을 발표한 바 있다. 또한 2017년 5월에 출범한 문재인 정부는 같은 해에 위원장을 총리급으로 격상시킨 대통령 직속의 「4차 산업혁명 위원회」를 출범시켰다. 외국의 주요 관련사례로 독일의 「Industrie 4.0」과 미국의 「SmartAmerica Challenge」가 언급된다. 이들은 4차 산업혁명과 직접적인 관련은 없지만 둘 다 ICT 첨단 기술의 산업 활용을 통해 자국 산업의 경쟁력을 강화하고자 하는 국가 프로젝트의 슬로건으로, 주목하고 있는 기술의 성격과 지향점에서 4차 산업혁명과 많은 유사성을 갖고 있기 때문에 해외 사례로 자주 소개되고 있다. 이러한 국내외 정책 사례들을 보면 4차 산업혁명과 유사한 현상들에 대해 각국 정부가 어떻게 대응하고 있는지를 이해할 수 있다.

다음으로, '4차 산업혁명'의 동력이라 할 수 있는 주요 신기술들의 발전현황과 전망을 다룬다. 4차 산업혁명 관련 기술은 전문가마다 강조하는 바가 다소 다르기는 하나, 기계학습 특히 최근에 각광받고 있는 딥러닝 기반의 인공지능 기술이 가장 중요한 핵심이라는 주장에는 대부분 동의한다. 클라우드 슈밥은 저서에서 4차 산업혁명의 주요 특징으로 '초융합, 초연결, 초지능'을 제시했고, 주요 핵심기술로 3D 프린팅, 로봇, 인공지능, 사물인터넷, 무인운송수단, 나노기술 등 크게 여섯 개의 기술을 언급했다. 핵심기술로는 전문가들에 따라 O2O, 핀테크, 차세대 배터리 등이 거론되기도 하고, 무인운송수단 또한 자율이동차와 드론으로 구분되기도 한다. 본 연구에서는 이 중 가장 핵심이 되는 기술인 인공지능과 사물인터넷, 그리고 핀테크 보안 기술인 블록체인에 한정하여 이들 기술을 중심으로 살펴볼 것이다. 문헌조사와 전문가 세미나를 통해 기술의 발전 현황을 살펴보고, 내용을 종합하여 기술 발전 시나리오를 작성한 뒤, 전문가 대상 델파이조사를 통해 기술 로드맵을 도출하고자 한다.

마지막으로, 본 연구를 통해 살펴본 4차 산업혁명의 틀 속에서 앞으로 서울의 산업이 나아가야 할 방향을 제시하고, 산업의 혁신을 효과적으로 지원할 수 있는 서울시의 산업정책을 제안할 것이다. 서울은 서비스업 중심의 산업구조를 형성하고 있으며, 그 중 지식기

반 산업은 다른 지역과 비교해 상대적으로 비중이 크다. 또한 서울 소재 우수 대학과 연구기관에서 수준 높은 연구개발 인력을 보유하고 있고, 인구밀집 대도시로서의 테스트 베드 조건도 갖추고 있어 기술의 개발과 확산에 유리한 입지를 갖고 있다. 인공지능을 중심으로 한 4차 산업혁명은 중장기적으로 산업 전반에 걸쳐 변화를 가져올 것으로 예상되지만, 단기적으로는 지식기반 산업에서 먼저 활용될 가능성이 높다. 서울 산업의 현황 및 변화 추세를 각종 통계를 통해 파악하고, 서울시의 산업혁신을 위한 정책적 시사점을 도출하며, 보다 구체적으로 실천할 수 있는 산업정책을 제시할 것이다.

본 연구 보고서는 다음과 같이 구성된다. 1장에서는 연구의 배경, 필요성, 연구목적 및 연구 구성을 소개하고, 경제·산업구조의 관점에서 본 4차 산업혁명의 정의와 특징을 다룬다. 2장에서는 4차 산업혁명과 관련된 국내외 정책 동향을 소개하고, 3장에서는 주요 핵심기술을 중심으로 기술발전 로드맵을 도출하며, 4장에서는 서울시 산업정책 방향을 제시한다. 4차 산업혁명은 매우 광범위한 연구 주제이며 정책과제를 도출하기 위해서는 세부 분야별로 추가적인 연구가 필요하다. 본 연구는 서울연구원에서 처음으로 수행하는 4차 산업혁명 연구로, 4차 산업혁명에 관한 기초적이고 종합적인 사항을 다루고, 앞으로 진행될 관련 후속 연구들에 대한 이론적인 틀을 제공하게 될 것이다.

3_4차 산업혁명의 의미와 특징

1) 개요

클라우스 슈밥(2016)은 4차 산업혁명을 “디지털 기술이 물질적¹⁾ 기술, 생물학 지식과 결합해 나타나는 생산방식의 획기적인 변화”로 정의했다. ‘4차 산업혁명’은 전 세계 경제 지도자들이 모이는 스위스 다보스 포럼(세계경제포럼, WEF)에서 현재와 미래의 글로벌 메가트렌드에 대한 성격을 규정하기 위한 용어로 제시된 이래 특히 우리나라에서 많은 주목

1) 클라우스 슈밥의 「제4차 산업혁명」 한글판에서는 ‘physical’을 ‘물리학’으로 번역했는데, 필자가 이해하기에 학문으로서의 물리학과 관련된 기술인 ‘물리학적 기술(technology in physics)’과 형태가 없는 디지털 기술과 대비되는 의미의 ‘물질적 기술(physical technology)’은 다르며, 물질적 기술이 본래 의미에 더 부합한다고 보았다.

을 받았다. 기술은 과거부터 지금까지 꾸준히 발달해 왔고, 발달된 기술은 어떤 형태로든 산업의 변화에 영향을 끼쳐 왔지만 신기술에 의해 산업이 변화하는 현상을 모두 ‘혁명’이라고 부르지는 않는다. 현재의 기술발전이 주목할 만큼 중요하고 획기적인 현상이라는 것이다. 이러한 주장에 현재 대다수의 사람들이 동의하고 있는 것은 아니지만 ‘4차 산업혁명’이란 이름으로 소개되고 있는 다양한 신기술들이 현재 교착상태에 빠진 한국 경제를 다음 단계로 도약시킬 새로운 돌파구가 되고, 불평등이나 고령화, 대기오염, 일자리 창출 등 현재 우리가 직면한 많은 문제들을 부분적으로나마 해결해 줄 수 있을 것이라는 기대가 변화를 갈망하는 한국인들로부터 ‘4차 산업혁명’이 특히 많은 관심을 받는 배경으로 작용했다. 본 절에서는 먼저 4차 산업혁명 이전의 산업혁명들에 대해 서술한 뒤, 클라우스 슈밥의 저서 「제4차 산업혁명」을 중심으로 4차 산업혁명의 의미를 살펴보고, 성장, 노동, 불평등 등 경제적 이슈, 고객, 기업 등 비즈니스 이슈, 정부, 국가안보, 국제사회, 시민권 등 정치적 이슈, 도덕성, 프라이버시 등 사회 이슈를 포함하여 그 결과로 나타날 것으로 예상되는 광범위한 영향에 대해 다양한 의견을 담아 접근하고자 한다.

2) 산업혁명의 역사와 4차 산업혁명

‘4차 산업혁명’이란 말은 과거에 세 번의 다른 ‘산업혁명’이 이미 존재했다는 사실을 전제하고 있다. 산업혁명이란 ‘산업 생산방식의 근본적 변화’를 말한다. 문헌에 따르면 산업혁명이라는 말은 1844년 독일의 경제학자이자 철학자인 프리드리히 엥겔스가 처음 사용하였고, 그 후 1884년 영국의 역사학자인 아놀드 토인비가 구체화하면서 널리 알려졌다. 원래 ‘혁명’이란 정치적 사건으로, 기존의 국가 체제를 무너뜨리고 새로운 체제를 등장시키는 사건을 말한다. 근대 이후 산업 분야에서 생산방식에 근본적인 변화라 불릴만한 사건이 몇 번 있었고, 그 변화가 너무도 극적이라 역사가들로부터 ‘혁명’이란 칭호를 부여받게 됐다. 산업혁명은 주로 생산방식과 관련된 기술의 변화가 초점이지만 산업 생산방식의 변화는 언제나 산업의 영역에 국한되지 않고 사회체제 전 영역에서 근본적이고 돌이킬 수 없는 변화를 수반하였다. 역사학자와 경제학자를 비롯한 다양한 분야의 인문, 사회과학

2) 여기서 아놀드 토인비(Arnold Toynbee)는 우리가 “도전과 응전”으로 잘 아는 유명한 역사학자 아놀드 J. 토인비(Arnold J. Toynbee)의 삼촌이다.

자들은 지금까지 있어왔거나 앞으로 일어날 것으로 예상되는 가장 근본적이고 중요한 산업 생산방식의 기술변화에 1차, 2차, 3차 산업혁명이란 이름을 부여해 왔다. 산업혁명은 엄밀히 말하면 혁명이 아님에도 불구하고 혁명이라 불릴 수 있는 이유는 일반적으로 혁명이 갖고 있는 것과 유사한 다음과 같은 특징을 가졌기 때문이다. 첫째, 혁명은 기존 방식의 틀을 벗어난 방식으로 변화를 이룬다. 산업혁명 또한 기존의 생산방식이 진화했다기보다는 완전히 새로운 방식이 발명되고 도입되면서 이루어졌다. 1차 산업혁명에서 증기기관의 발명이 그러했고, 2차 산업혁명에서 전기의 발명이 그러했다. 둘째, 혁명은 시스템의 일부가 아닌 전체를 근본적으로 변화시키며, 그 변화는 비가역적이다. 즉 혁명 이전으로 되돌아가는 것이 불가능하다. 과거 1, 2차 산업혁명은 산업의 영역에만 머무르지 않고 정치, 사회, 문화에 걸쳐 광범위한 변화를 가져왔으며, 산업혁명 이전의 생산기술을 ‘역사의 영역’으로 이전시켰다.

‘증기기관의 발명’으로 대표되는 제1차 산업혁명은 18세기 중반부터 19세기 초반까지의 시기에 영국에서 처음으로 일어났다. 증기기관은 1705년 토마스 뉴커먼이 발명하여 1712년 광산에서 최초로 상업적으로 이용하였고, 1769년에 제임스 와트가 개량해서 1781년 특허를 얻었다. 이후 증기기관은 광업, 방직 공업 그리고 증기선, 열차 등 교통수단에서 과거의 기술을 차례로 대체해 나갔으며, 폭발적인 생산성 증대의 기폭제가 되면서, 빅토리아 시대 대영제국의 경제적 번영을 이끌었다. 1차 산업혁명의 영향력은 산업의 영역에 머무르지 않고 정치, 사회, 문화 측면에서 엄청난 체제 변화를 파생시켰다. 1차 산업혁명은 공업의 생산규모를 비약적으로 확대시킨 결과 공장노동자와 시민, 자본가 등 새로운 사회 계급을 탄생시켰고, 이들 신형 계급의 주도로 일어난 시민 혁명으로 유럽 전근대 시대통치의 기틀이었던 왕족, 귀족 중심의 지배체제가 붕괴하였다. 1차 산업혁명은 결과적으로 근대 유럽 체제의 근간이라 할 수 있는 자본주의, 근대 민주주의, 사회주의, 제국주의의 등장에 결정적으로 기여하게 되었다.

토인비 이후의 역사학자들은 오랜 시간에 걸쳐 진행된 산업혁명의 과정이 서로 다른 성질을 가진 두 시기로 나누어질 수 있다는 사실을 발견하고, 1차와 2차를 구분하기 시작했다. 제2차 산업혁명은 19세기 중반부터 20세기 초반에 영국, 프랑스, 독일 등 유럽 일부 국가와 미국에서 거의 같은 시기에 진행되었으며, ‘전기의 상용화’를 가장 큰 기술적 사건

으로 다룬다. 기록에 의하면 인류가 전기의 존재를 인지한 것은 고대 이집트까지 거슬러 올라가지만 전기가 본격적으로 인간의 활동에 이용되기 시작한 것은 19세기부터이다. 1821년에 패러데이가 전동기를 최초로 발명했고, 1878년에는 에디슨이 전기 회사 에디슨 제너럴 일렉트릭(현 제너럴 일렉트릭)을 설립했다. 이후 그레이엄 벨, 니콜라 테슬라 등 19세기 말의 과학자들에 의해 전기는 그 이전과 이후를 가르는 가장 중요한 생산수단으로 발전했다. 2차 산업혁명의 시기는 전기 이외에도 가솔린 내연기관, 석유화학, 철강, 대량생산 등 생산기술의 변화와 영화, 라디오, 축음기 등 소비 시장에서의 기술 변화, 원자력, 우주공학, 나노 등 과학기술 분야에서의 눈부신 발전이 일어난 시기로 기록된다. 제2차 산업혁명은 1차 산업혁명에 이어 또 한 번의 혁신적인 기술진보와 생산성의 비약적 향상을 이뤄냈지만 다른 한 편으로 산업자본주의의 고도화 과정에서 많은 비극적 사건을 발생시키기도 했다. 폭발적으로 성장하던 경제에 대한 부작용으로 대불황(1873, 1896)과 대공황(1929)이 일어나 통제받지 않은 경제체제의 위험성을 경고했고, 서유럽 국가와 일본 등 강대국들의 금융, 산업 자본이 우리나라를 포함한 약소국들을 수탈한 신제국주의가 발생했다. 세계적 규모로 확대된 약탈 경제의 충돌로 인해 1, 2차 세계대전이 일어나기도 했고, 최초의 원자폭탄 실전 사용으로 과학기술의 위험성에 대해 경종을 울리는 등 기술발전이 가져올 재앙에 대해 인류의 성찰을 촉구하게 되었다.

‘3차 산업혁명’은 현재 컴퓨터나 인터넷 등 디지털 기술의 발전이 가져온 변화를 강조하는 문헌에서 일부 비유적으로 사용되기도 했지만, 용어로서 가장 널리 알려진 사례는 미국의 경제학자이자 사회학자인 제레미 리프킨이 2011년 발간한 그의 저서 「3차 산업혁명」에서 ‘재생가능 에너지 중심 산업으로의 이행’을 주장한 미래 비전이다. 리프킨은 2007년 5월에 발표된, EU의 장기비전을 제시하는 유럽 의회 선언문 작성에 참여하면서, 유럽 국가들로 하여금 화석연료의 고갈과 환경오염으로 한계에 직면한 탄소 중심의 ‘2차 산업혁명’ 시대 이후를 준비하기 위해 커뮤니케이션 기술과 탈집중화된 재생가능 에너지 기술을 개발함으로써 에너지 혁명에 나서줄 것을 제안하였다. 리프킨이 재생가능 에너지가 또 다른 산업혁명의 원천이 될 수 있다고 주장한 것은 재생가능 에너지는 화석연료와 여러 가지 면에서 큰 차이점이 있기 때문이다. 첫째, 태양광, 풍력 등 재생가능 에너지는 지리적으로 매우 불균등하게 분포된 석유 등 화석에너지와 달리 도처에 균질하게 분포되어 있다. 화석 에너지는 과거에 에너지 접근을 둘러싼 국가 간 적대행위가 빈번하게 일어나는 원인으로

작용하여 세계 평화를 위협하였다. 재생가능 에너지가 화석에너지를 대체하게 된다면 이러한 적대행위의 발생 가능성을 축소시켜 과거에 비해 평화로운 국제관계의 형성에 기여하게 될 것이고 이는 국제 정치 지형의 대변화를 가져오게 될 것이다. 둘째, 재생가능 에너지는 탈집중화되어 있다. 화석 연료를 기반으로 하는 화력발전소는 소수의 대형 발전시설이 주변 지역에 에너지를 공급하는 집중형 방식이 일반적인 데 비해, 재생 가능 에너지는 도처에서 생산되는 에너지를 스마트 그리드라는 차세대 지능형 전력 네트워크로 연결하여 서로 공유한다. 네트워크에 참여하는 모든 이가 에너지 소비자이자 동시에 생산자가 될 수 있고, 에너지 거래에 있어 서로 수평적인 관계를 형성할 수 있다. 산업화 이후의 경제 체제의 근간이라 할 수 있는 에너지 공급에서 집중적 관계가 탈집중적 관계로 바뀌면 경제 활동의 모든 측면에서 분산과 협업을 바탕으로 한 새로운 체제 수립이 가능해질 것이다. 셋째, 재생가능 에너지는 엔트로피와 지속가능성의 관점에서 경제활동의 의미를 재정립하게 한다. 2차 산업혁명 시대에는 한정된 시간에 더 많은 재화를 생산하는 것이 미덕이었으나, 미래에는 생산 과정에서 소비되는 에너지를 줄이는 것이 미덕으로 간주될 것이다. 에너지 효율을 향상시키면 엔트로피를 감소시킬 것이고 이것은 곧 지구 생태계를 보다 지속가능하게 보존하는 데 기여하게 될 것이기 때문이다. 재생가능 에너지가 에너지 공급의 중심으로 부상하기 위해서는 재생가능 에너지가 화석에너지에 비해 경제성이 있어야 한다. 화석연료는 매장량에 한계가 있고 채굴 난이도와 국제 환경규제로 생산비용이 점점 증가하고 있는 반면 재생가능 에너지는 기술의 발달로 생산비용이 감소하고 있어, 언젠가 두 에너지 사이에 생산비용의 역전 현상이 발생할 것이고, 따라서 3차 산업혁명은 필연적이라는 것이 리프킨의 주장이다. 리프킨은 환경에 대한 철학과 재생가능 에너지의 잠재력에 대한 믿음을 바탕으로 2020년까지 탄소 배출량을 20% 줄이고, 재생가능 에너지 사용 비율을 20% 늘리는 EU의 비전에 따라 EU로 하여금 재생가능 에너지의 생산과 지능형 에너지 보존 및 전송 네트워크 기술을 개발하고, 지역 내 모든 건물을 재생가능 에너지를 생산할 수 있는 발전소로 전환하는 계획을 제안하였다. 리프킨이 최초로 주장했던 ‘3차 산업혁명’은 주로 재생가능한 에너지에 초점을 맞춘 것이었지만 이후에는 주로 반도체와 컴퓨터 그리고 인터넷의 발달로 생겨난 ‘디지털 기술’이 주도하는 삶의 변화를 상징하는 용어로서 더 널리 사용되게 되었다. 리프킨 본인도 2015년경에는 사물인터넷과 3D 프린터를 활용한 제조업 혁명을 3차 산업혁명의 핵심 요소로 강조하기도 하면서 디지털 혁명

으로서의 3차 산업혁명론에 동참하였다. 다만 그가 최초로 주장했던 ‘분산과 협업’이라는 3차 산업혁명의 기본 철학은 용어의 의미가 변화된 뒤에도 여전히 유효한 것으로 간주되고 있다.

‘4차 산업혁명’은 세계경제포럼 회장 클라우스 슈밥이 2016년 1월 개최된 포럼의 토론 주제로 제시한 용어이다. 그가 말한 4차 산업혁명은 21세기에 새로 등장한 과학기술이 주도하는 산업혁명을 의미하며, 그 핵심적 기술 변화는 물질적, 생물학적, 디지털 기술의 융합이라 한다. 슈밥의 저서인 「4차 산업혁명」은 주요 기술로 인공지능, 로봇, 사물인터넷, 자율이동차, 3D 프린팅, 나노기술, 생명공학, 재료공학, 에너지 저장기술, 양자컴퓨터를 예로 들었는데, 이들은 넓게 보면 대부분 정보통신 응용기술에 속한다. 제레미 리프킨이 「3차 산업혁명」에서 언급한 탈집중화된 재생가능 에너지 중심의 경제 체제는 아직 실현되지 않은 미래의 일인 반면, 슈밥이 이야기하는 소프트웨어와 통신기술은 오히려 현재 빠른 속도로 개발되고 또한 다양한 산업 분야에서 활용되고 있다. 즉 4차 산업혁명은 3차 산업혁명과의 시간적 선후 관계와는 무관하게 정보통신기술을 중심으로 한 산업의 변화로 이해할 수 있다. 특히 인공지능과 사물인터넷 등 최근에 발달한 정보통신기술의 역할을 더 강조하고 있다.

여러 문헌에 등장하고 있는 네 개의 산업혁명을 정리하면, 산업혁명의 과정은 인간의 조직화된 모든 경제활동이 차수에 따라 각 단계별로 더 높은 수준으로 도약하는 과정으로 정의할 수 있다. 과거부터 인간은 자연으로부터 자원을 채취한 뒤 자신의 지식노동과 육체노동을 이용하여 유·무형의 새로운 생산물을 만들고 소비하면서 효용을 증대시켜 왔다. 1차 산업혁명은 기계의 발명을 통해 육체노동을 고도화했고, 2차 산업혁명은 전기의 발명을 통해 인간 활동에 필요한 에너지의 전달체계를 고도화했으며, 3차 산업혁명은 재생가능 에너지 기술의 발전으로 에너지 원천을 고도화했고, 4차 산업혁명은 컴퓨터와 정보기술의 발전으로 인간의 지식노동 활동을 고도화한다. 과거에 발생한 각각의 산업혁명은 변화가 발생한 지점뿐만 아니라 우리사회 전 영역에 걸쳐 엄청난 파급효과를 가져온 만큼 미래에 올 새로운 산업혁명 또한 우리 사회를 근본적으로 변화시킬 것이다. 다만 혁명이라는 것은 본질적 특성상 예측이 불가능한 현상이기 때문에 우리는 예상하기 힘든 근본적인 변화보다는 가까운 미래에 실현가능한 기술에 초점을 맞추어 예상할 수 있는 변화에

대비하는 것이 합리적이다.

‘4차 산업혁명’의 유효성을 둘러싸고 다양한 논쟁이 발생하고 있다. 그럼에도 불구하고 산업혁명 또는 기술변화의 과정을 통해 얻을 수 있는 의미는 있다. 그것은 역사발전의 동력이 오직 기술만은 아닐지라도 예상을 뛰어넘는 새로운 기술의 발견은 어떻게 활용하느냐에 따라서 국가나 지역공동체가 직면하고 있는 많은 문제들을 해결할 수 있는 열쇠가 될 수 있다는 점이다. 지금의 선진국들이 과거의 산업혁명을 통해 빈곤문제를 개선하고 경제와 정치적 영향력을 확대하며 나아가 사회, 문화적인 번영까지 이뤄냈듯이 최근에 주목받고 있는 머신러닝, 사물인터넷 등 신기술들은 우리로 하여금 더 나은 결정을 도와주고, 더 정확하고 효율적인 행동을 가능케 하여 저성장, 고령화 시대의 소득불평등이나 생산성, 환경오염 등 우리가 직면하고 있는 문제들을 해결하는 데 기여할 수 있을 것으로 전망된다.

3) 4차 산업혁명의 특징과 영향

슈밥은 4차 산업혁명이 세 가지 이유로 그 이전의 산업혁명과 구별된다고 주장하였다. 첫째, 4차 산업혁명은 속도 면에서 차별화된다. 이는 국가정책에서 과학기술이 우선순위에 서 뒤쳐지던 과거와 달리, 많은 국가들이 과학기술의 중요성을 인식하고 연구개발을 위해 막대한 국가 자원을 동원할 수 있게 된 현재의 흐름과 연관이 있다. 과학기술에 대한 국가 단위의 지원과 엄청난 규모의 투자를 받고 있는 기술 분야의 연구·개발은 과거에 비해 매우 빠르게 진행되고 있고, 전 세계로 연결된 통신 네트워크와 과거 어느 때보다 긴밀해진 글로벌 협력 체제로 인해 새로 개발된 기술이 확산되는 속도도 매우 빠르다. 슈밥이 4차 산업혁명의 현재 진행형으로 간주하고 있는 미국의 글로벌 IT 기업이 10년이 채 되지 않는 역사를 갖고 있으면서 2017년 시가총액 기준 세계 1위~5위를 석권하고 있다. 이러한 기업의 성장 속도는 자본주의 역사를 통틀어 전례가 없는 현상인데, 이는 다른 어떤 기존의 기술보다 빠른 발전 속도와 확산 속도를 가진 디지털 기술의 특성에 기인한다. 둘째, 4차 산업혁명은 범위와 깊이에서 과거와 차별화된다. 과거의 산업혁명이 특정 지역에서 특정 계급 또는 계층을 중심으로 제한적으로 발생하여 점진적으로 확산되는 과정을 거쳤다면, 현재의 기술혁신과 이를 기반으로 한 변화는 국가, 지역, 계층을 막론하고 전

영역에서 동시에 진행된다. 인터넷이나 모바일 기기를 기반으로 하는 각종 애플리케이션과 서비스는 인터넷에 연결만 되어 있다면 세계 어디든지 순식간에 확산된다. 이는 앱기반 경제(app-based economy)가 전 세계에서 동시에 영향을 미치는 결과로 나타나고 있다. 셋째, 4차 산업혁명에는 시스템 충격이라는 특징을 갖고 있다. 시스템의 변화에 기여한 바로는 과거의 산업혁명 또한 결코 작지 않으나, 슈밥은 현재 주목받고 있는 인공지능 등 관련 기술은 전통적인 제도, 조직 업무 프로세스 등을 근본적으로 변화시킬 잠재력을 지니고 있다는 사실에 주목하였다.

슈밥의 책은 기본적으로 기술이 만드는 미래를 낙관적으로 바라본다는 점에서 기술진보가 경제와 사회의 변화에 미치는 영향을 다룬 에릭 브린올프슨과 앤드류 맥아피의 「제2의 기계시대(The Second Machine Age)」의 영향을 많이 받았다. 실제로 책에서도 브린올프슨과 맥아피가 자주 인용되었다. 그 밖에 인터넷 환경에서 유년 시절을 보내 인터넷 활용에 탁월한 능력을 보이는 새로운 세대들을 조명한 돈 탭스콧의 「디지털 네이티브(Digital Native)」, 인터넷의 막대한 성장 가능성을 바탕으로 우리 생활에 더 밀접하게 다가올 인터넷 기술이 펼쳐갈 미래를 묘사한 에릭 슈미트와 제러드 코언의 「새로운 디지털 시대(The New Digital Age)」와도 맥락을 같이 한다. 브린올프슨과 맥아피는 기술이 자본에 의한 노동대체나 불평등의 이슈를 발생시킬 수 있음에도 불구하고, 이런 문제들이 충분히 극복 가능하거나, 아니면 생산성 향상과 새로운 사업 기회와 노동기회의 증대로 부작용을 상쇄하고도 남을 이익을 가져다준다고 생각했다. 또한 기계가 인간의 일자리를 위협한다는 우려에도 불구하고, 미래의 기계는 인간과의 협업을 통해 더 나은 인류의 미래를 만드는 데 기여할 수 있다고 전망하였다. 「디지털 네이티브」에서 돈 탭스콧은 인터넷의 보급으로 수많은 새로운 비즈니스의 기회가 생겨났을 뿐만 아니라, 어렸을 때부터 인터넷과 디지털 기기를 접하고 성장한 젊은 세대들이 이전 세대들이 가지지 못한 인지능력을 보유함으로써 우리 사회의 진화를 가속화시킬 수 있다고 주장했다. 인터넷과 모바일에 익숙해진 디지털 네이티브들은 긴 문서에 대한 독해 능력이나 깊이 있는 사고 능력이 이전 세대에 비해 떨어질 수 있다는 비판을 받고 있지만, 신속하고 즉흥적인 정보 수집과 이를 활용한 실질적 문제 해결에 상대적으로 더 뛰어난 능력을 발휘하며, 이는 정보량이 폭발적으로 증가한 오늘날의 세계를 살아가는 데 더 적합하다고 주장하였다. 구글의 CEO였던 에릭 슈미트는 인터넷이 전기와 마찬가지로 현대 사회를 살아가는 데 반드시 필요한 범용

기술(general purpose technology)임에도 불구하고 현재 이를 사용하고 있는 인구가 세계 인구의 1/3도 되지 않는다는 사실에 주목하며, 인터넷을 기반으로 한 디지털 세계는 향후 더욱 확장될 것이고, 그곳에 더 많은 비즈니스의 기회가 있을 것으로 내다봤다. 슈밥의 「제4차 산업혁명」은 앞에서 소개한 기술 낙관론적 논의들의 영향을 받아 “오늘날 발달한 다양한 첨단기술의 융합으로 인한 생산방식의 극적인 변화”라는 메시지를 도출해 냈다. 그러나, 슈밥과 같은 기술낙관론에 동의하지 않는 견해 또한 존재한다. 대표적인 학자가 「생각하지 않는 사람들(The Shallows)」을 쓴 니콜라스 카(Nicholas G. Carr)이다. 카는 그의 저서에서 하이퍼링크를 중심으로 한 인터넷 콘텐츠들이 인지 과부하를 일으켜, 인간의 집중력을 퇴보시키고 깊이 생각하는 능력을 감소시켜 지적활동의 퇴행을 일으킨다고 주장했다. 기술이 문명에 끼친 영향에 관한 논쟁에서 크게 두 가지 서로 다른 견해가 있다. 첫째, 도구주의는 ‘기술은 언제나 목적 달성을 위한 수단으로서만 존재했다’는 입장이고, 둘째, 결정주의는 ‘기술은 언제나 인간의 통제 범위를 넘어서 발전해 왔다’는 주장이다. 카는 특히 인터넷 기술의 결정주의적 관점을 견지하면서 인터넷의 과도한 이용이 가져올 피해와 위험을 경고하였다.

정보통신기술의 확산과 융합을 예상한 4차 산업혁명은 산업의 영역뿐 아니라 우리 사회의 다양한 측면에 깊은 영향을 미칠 것이다. 4차 산업혁명 이후의 경제 성장에 대해서는 상반된 의견이 있다. ICT 기술이 새로운 비즈니스의 기회를 창출할 것이라는 기대에도 불구하고 현재 대부분의 선진국들은 저성장 상태에서 벗어나지 못하고 있으며, 스마트폰을 비롯한 ICT 기술이 활발하게 보급되던 지난 10년간 생산성 향상의 증거 또한 발견되지 않았다. 미국의 경우 2007년에서 2014년 사이에 노동생산성 증가율은 1.3%로 그 이전인 2000년에서 2007년까지의 노동생산성 증가율인 2.6%의 절반에 그쳤다. 이를 두고 경제학자 솔로우는 한 기고문에서 “컴퓨터 시대는 도처에서 확인되는데, 생산성 통계에서만만큼은 그렇지 못하다”고 밝힌 바 있다. 다만 모바일 기술의 보급 이후 생겨난 다양한 편리한 서비스들에서 얻는 효용의 증대는 현재의 경제 통계로 측정하기 어렵다는 견해도 있다. 4차 산업혁명은 노동대체를 가속화하고 고용의 양극화 또한 심화시킬 것이라는 전망에 대부분의 학자들이 동의하고 있다. Frey와 Osborne(2013)은 직종별로 과학기술의 발전에 따라 자동화에 의해 대체될 위험을 계량화하는 시도를 했다. Frey와 Osborne은 현재 미국 내 모든 직업의 약 47%가 향후 20년 내에 자동화로 대체 위험에 처할 수 있다는

놀라운 결과를 내놨다. [표 1-1]과 [표 1-2]는 연구 결과 나타난 고위험 직업군과 저위험 직업군의 목록이다.

[표 1-1] 자동화에 따른 대체 위험이 높은 직업군

가능성	직업
0.99	텔레마케터
0.99	세무대리인
0.98	보험조정인
0.98	스포츠 심판
0.98	법률비서
0.97	레스토랑, 커피숍 종업원
0.97	부동산업자(부동산 중개업자)
0.97	외국인노동자 농장계약자
0.96	비서직(법률·의학·경영 임원의 비서직 제외)
0.94	배달직

자료: Frey & Osborne, 2013

[표 1-2] 자동화에 따른 대체 위험이 낮은 직업군

가능성	직업
0.0031	정신 건강 및 약물남용치료 사회복지사
0.0040	안무가
0.0042	내과·외과 의사
0.0043	심리학자
0.0055	HR 매니저
0.0065	컴퓨터 시스템 분석가
0.0077	인류학자, 고고학자
0.0100	선박기관사, 조선기사
0.0130	세일즈매니저
0.0150	전문 경영인

자료: Frey & Osborne, 2013

연구 결과에 따르면 고임금과 저임금 직종인 경우 수요가 증가할 것으로 예상되는 반면, 고위험 직업군이 주로 중간 소득 수준의 반복적 성격이 강한 사무직에 집중되어 있어 향후 고용의 양극화가 심화될 것임을 암시하고 있다. 4차 산업혁명은 단기적으로 고용의 양과 질에 악영향을 미칠 것이고 소득 불평등 문제를 악화시킬 우려도 있다. 세계경제포럼의 세계 성 격차 보고서에 따르면 4차 산업혁명은 현재 느린 속도로 개선되고 있는 일자리에 서의 성 격차를 다시 악화시킬 우려가 있다. 이는 자동화 위험이 높은 직업군이 최근에

여성의 진출이 상대적으로 활발했던 직업군이기 때문이다.

4차 산업혁명의 파괴적 혁신은 비즈니스에서 매우 활발하게 일어날 것으로 예상된다. 페이스북과 구글은 연수익 10억 달러를 달성하는 데 각각 6년과 5년이 걸렸으며, 지난 50년 동안 S&P500 지수 편입 기업의 평균 수명은 60년에서 18년으로 감소하였다(Knight, 2014). 글로벌 경쟁에 더 많이 노출된 비즈니스 환경과 기술 변화 속도에 따라 빨라지고 있는 시장 환경은 기업들에게 변화의 압박으로 작용하게 될 것이고, 그 결과 기업의 비즈니스 모델도 빠르게 변화하게 될 것이다. 4차 산업혁명이 향후 정부에 미칠 영향은 시민 사회가 어떤 선택을 하느냐에 따라 가변적이다. 블록체인을 비롯하여 새로 개발된 네트워크 기반의 암호화 기술들은 정부를 통하지 않고 신뢰를 확보할 수 있는 시스템을 가능케 하여 위임과 분권을 기본철학으로 하는 수평적 통치체제로의 이행 가능성을 제고하였다. 한편 CCTV나 센서, 그리고 각종 전산망을 통해 수집된 개인정보가 컴퓨터로 관리되고 있는 오늘날의 환경은 개인에 대한 감시와 통제가 과거에 비해 훨씬 강력하고 용이해질 수 있다. 이는 민주화된 국가라 할지라도 기술에 대한 사회적 합의와 시민의 견제가 적절히 이루어지지 못했을 경우 권력의 집중을 가져올 수도 있다.

앞에서 서술한 바와 같이 4차 산업혁명은 경제성장, 노동, 비즈니스, 정부 등 광범위한 분야에서의 변화를 예고하고 있으며, 기술의 개발과 활용을 두고 많은 논의를 필요로 한다. 기술의 변화는 개인의 삶과 밀접하게 연관되어 있으며, 고용과 불평등, 시민권의 변화 등 매우 중요한 이슈들에 대해 변화가 예상되는 만큼 사회 정의가 뿌리내린 가운데 개인의 권리와 자유가 보장되고, 창의적인 활동이 가능한 사회로 발전할 수 있도록 4차 산업혁명의 과학기술에 대하여 충분한 공론화를 통한 사회적 합의의 도출이 필요하다.

4) 「4차 산업혁명」을 둘러싼 논쟁들

4차 산업혁명은 정책연구의 주제어로서 많은 한계점을 지니고 있다. 4차 산업혁명은 오랜 시간에 걸쳐 다수의 역사학자들의 논의를 거쳐 그 개념이 수렴된 1, 2차 산업혁명과 달리 지금까지 충분한 논의를 거치지 못했다. 이는 지금으로부터 1년 전 한 사람의 학자에 의해 제안된 이래 우리나라를 제외한 다른 나라에서는 거의 관심을 받지 못했으며, 이와는

대조적으로 우리나라에서는 지금까지 슈밥 한 사람의 주장만을 무비판적으로 수용하는 경향을 보여 왔기 때문이다. 4차 산업혁명은 그동안 국내에서 개최된 수많은 컨퍼런스와 심포지엄 등의 행사에 제목으로 사용되면서 앞으로 다가올 미래의 변화를 총체적으로 상징하는 용어로 빈번히 사용되면서 오히려 미래 사회의 기술효과를 냉철히 분석하는 데 장애물로 작용하기도 했다.

최근 들어 국내에서도 4차 산업혁명에 대해 비판적인 의견이 등장하기 시작했지만, 상대적으로 이 주제에 대해 관심이 적은 외국에서는 주로 2016년 1월의 다보스 포럼 직후에 나왔다. 먼저 리프킨은 ‘4차 산업혁명’이라는 2016년 다보스 포럼의 주제에 매우 비판적인 견해를 제시하였다. 리프킨은 슈밥이 재정의한 것처럼 3차 산업혁명이 디지털 혁명이라는 것에 동의하면서도 슈밥이 주장하는 4차 산업혁명이 디지털 혁명과 차별화되지 못한다고 비판하였다. 슈밥은 4차 산업혁명이 3차 산업혁명에서 시작된 디지털 기술이 더욱 발전하여 물리적 영역과 디지털 영역 사이의 경계를 모호하게 만드는 것이라고 했지만, 리프킨은 이러한 ‘경계의 모호화’가 바로 지난 40여 년간 진행되어 온 디지털 혁명, 즉 3차 산업혁명의 아키텍처 그 자체로, 전혀 새로운 것이 아니라고 주장하였다.

2017년 8월 한국과학기술한림원 주최 토론회에서는 국내 과학자를 중심으로 ‘4차 산업혁명’이란 용어 사용의 문제점을 보다 신랄하게 지적하는 의견이 다수 나왔다. 홍성욱은 과학기술사의 큰 틀에서 볼 때 오늘날은 고도화된 산업 사회이며, 컴퓨터, 인터넷 등 각종 디지털 기술이 우리의 삶을 변화시켰음에도 불구하고 이러한 최근의 변화는 대부분의 사람들이 농업에 종사하던 산업구조에서 대부분의 사람들이 농업 이외의 산업으로 이동하게 만든 과거의 산업혁명에 비교할 바가 못 된다고 주장하였다. ‘4차 산업혁명’이 정치적 유행어에 불과함에도 이에 대한 사용을 경계해야 하는 이유는 이러한 잘못된 논의가 우리나라 과학기술의 정책 방향을 왜곡시킬 우려가 있기 때문이다. 최근에 주목받게 된 인공지능 분야의 딥러닝 기술도 수학자인 제프리 힌튼이 다수의 히든 레이어로 구성된 신경망 네트워크가 작동가능하다는 것을 입증했기 때문에 발전할 수 있었듯이, 토론회 참가자들은 우리나라 과학기술정책이 정치적 구호에서 벗어나 기초과학과 핵심기술을 중시해줄 것을 주문하였다.

앞서 지적한 바와 같이 3차, 4차 산업혁명이 생산성 향상에 기여한 증거가 아직 발견되지

않고 있다는 점을 미국의 경제학자인 로버트 솔로우와 로버트 제이 고든이 지적하였다. 솔로우는 한 기고문에서 “컴퓨터 시대는 도처에서 확인되는데, 생산성 통계에서만큼은 그렇지 못하다”고 서술한 바 있다. 이와 비슷하게 로버트 제이 고든은 저서인 「미국의 성장은 끝났는가」에서 생산성 증대의 측면에서 3차 산업혁명이나 4차 산업혁명은 성립하지 않는다는 의견을 피력하면서 4차 산업혁명은 기술낙관론자의 근거 없는 주장이라고 일축하였다. 2017년 8월 7일자 한겨레신문 사설에서는 대부분의 선진국에서 4차 산업혁명에 관한 이야기가 관심을 끌지 못하고 있는 가운데 유독 우리나라에서만 열광적으로 반응하는 원인으로 우리 사회 전반에 깔려 있는 과학기술에 대한 무지가 원인일 수도 있음을 지적하였다. 사설은 이러한 ‘4차 산업혁명’ 현상은 우리가 극복해야 할 문제이며 이를 위해 기술의 작동 원리를 기초부터 가르치고 대중을 상대로 디지털 리터러시 학습을 강조할 것을 제안하고 있다.

지금까지의 논의를 종합하면서, 향후 본 연구에서 사용하게 될 4차 산업혁명은 다음과 같이 정의하기로 한다. 4차 산업혁명이란 발달된 정보통신기술이 다양한 형태의 산업과 공공부문 그리고 시민생활에 활용되면서 발생하는 모든 변화를 말한다. 4차 산업혁명으로 인해 측정 가능한 것과 측정 불가능한 것을 포함한 산업 생산성 및 소비자 효용의 증대가 발생할 것이고, 새로운 비즈니스 기회를 창출하게 될 것이다. 또한 일자리 측면에서 가까운 미래에 반복적 지식노동을 중심으로 자본에 의한 노동의 대체가 발생할 것이 예상된다.

02

서울시 산업구조의 4차 산업혁명 대응 가능성

- 1_분석 개요
- 2_서울과 전국의 산업구조 비교
- 3_서울의 서비스업 및 제조업 구조
- 4_소결

02 서울시 산업구조의 4차 산업혁명 대응 가능성

1_분석 개요

서울의 산업적 특성을 고려하여 4차 산업혁명에 대응한 서울의 산업정책을 수립하기 위해 본 장에서는 서울의 산업구조를 파악해 보기로 한다. 4차 산업혁명의 핵심 기술인 인공지능과 사물인터넷 등 최근에 발달한 정보통신기술은 제조업뿐만 아니라 서비스업, 심지어 농림수산업을 포함하여 모든 산업의 영역에서 많은 혁신을 가져올 수 있다. 새로운 기술을 각 산업에 어떻게 활용하느냐에 따라 혁신은 다양한 형태로 나타날 수 있기 때문에 서울시가 4차 산업혁명에 성공적으로 대응하기 위해서는 서울의 고유한 산업구조적 특성을 정확히 파악하여 서울의 실정에 맞는 산업 정책을 수립하는 것이 필요하다. 본 장에서는 사업체수, 종사자수, 매출액 등 기본적인 지역 산업통계를 이용하여 서울이 다른 지역과 차별화되는 산업의 구조적 특성을 파악함으로써 4차 산업혁명의 핵심 기술 활용을 염두에 둔 정책 시사점을 도출하고자 한다.

서울의 산업구조를 파악하기 위해 통계청의 전국사업체조사, 서비스업 조사, 광업·제조업 조사 자료를 사용하였다. 전국사업체조사는 사업체의 기본적인 특성을 파악하기 위한 조사로, 통계청에서 전국의 모든 사업체를 대상으로 매년 실시하는 연간조사이다. 가장 최근까지 조사된 것은 2014년도 통계로서, 제9차 개정 한국표준산업분류를 적용하였다.³⁾

서비스업 조사는 연간 서비스업 분야의 구조변화와 사업체 경영실태를 파악하기 위한 기초자료이다. 1986년부터 총사업체조사 결과를 모집단으로 하여 연간 표본조사로 실시해 왔으며, 2008년부터는 제9차 개정 한국표준산업분류를 적용하였다. 서비스업 항목⁴⁾ 중

3) 통계청은 한국표준산업분류(KISC)를 개정하여 2017. 7. 1부터 국가 기본통계에 적용하고 있다. 제10차 개정 분류는 유엔통계처(UNSD)의 국제표준산업분류(ISIC)를 기반으로 하였으며, 3D프린터, 무인항공기 제조업 등 미래 성장산업 관련 분류를 신설한 것이 특징이다. 또한 대부분 J(출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업)는 '정보통신업'으로 명칭을 변경하였다.

4) 서비스업 조사에서의 '서비스업' 항목은 다음과 같다. (E: 하수·폐기물 처리 원료재생 및 환경복원업, J: 출판·영상·방송통신 및 정보서비스업, L: 부동산업 및 임대업, N: 사업시설관리 및 사업지원 서비스업, P: 교육 서비스업, Q: 보건업 및 사회복지 서비스업, R: 예술·스포츠 및 여가관련 서비스업, S: 협회 및 단체 수리 및 기타 개인 서비스업)

에서 일부 항목(금융 및 보험업, 교육업 등)은 다른 기관 통계와의 중복방지를 위해 제외되어있다. 또한 도매 및 소매업, 운수업, 숙박 및 음식점업은 별도의 지정통계조사(도소매업조사, 전문·과학·기술·서비스업조사)가 시행되고 있다.

광업·제조업조사는 1967년 한국산업은행에서 처음 실시한 후 1969년에 조사기관이 통계청으로 이전되었으며, 위의 통계들과 마찬가지로 2014년도 조사결과가 최신자료이다. 제9차 개정 한국표준산업분류에서의 B 광업, C 제조업을 조사범위로 하였고, 종사자수가 10인 이상인 사업체를 대상으로 하였다. 이 조사는 산업별 사업체수, 종사자수, 출하액, 생산액, 부가가치 등 광업 및 제조업 부문의 구조와 산업활동실태를 파악할 수 있어, 산업생산지수 개편이나 GDP 디플레이터 비중 산출 등 각종 표본조사의 모집단 자료로 활용되고 있다.

2_서울과 전국의 산업구조 비교

본 절에서는 서울 산업의 구조적 특성을 파악하기 위해 사업체수 및 종사자수를 기준으로 전국과 서울을 비교해 보기로 한다. 또한 구조변화의 추세를 함께 살펴보기 위해 과거 자료인 2006년의 통계를 참고 자료로 제시하였다.

먼저 각 산업이 전체 경제에서 차지하는 비중을 전국과 서울로 구분해 비교해 보기로 한다. 우리나라 산업에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 산업은 서비스업이다. 2014년 전국의 서비스업체는 총 3,280,397개로 전 산업의 86.0%에 달하며, 서비스업에 종사하고 있는 사람은 14,720,479명으로 74.0%를 차지하고 있다. 서비스업 중에서도 도매 및 소매업과 숙박 및 음식점업의 비중이 크지만, 사업체수의 연평균 증가율은 1%대에 그치고 있다. 반면에 사업시설관리 및 사업지원서비스업(7.3%), 출판·영상·방송통신 및 정보서비스업(6.6%), 하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업(6.5%), 전문·과학 및 기술서비스업(6.0%)은 큰 증가세를 보이고 있다. 산업별 종사자수를 살펴보면, 전문·과학 및 기술서비스업의 종사자는 연평균 8.9%, 보건업 및 사회복지 서비스업 종사자는 연평균 8.5% 증가하며 빠르게 성장하고 있다. 한편, 제조업체 수는 2014년 397,171개(10.4%), 제조업 종사자 수는 3,957,394명(19.9%)이었으며, 성장이 더딘 것으로 나타났다.

[표 2-1] 2014년 전국, 서울 사업체 현황 비교

(단위: 개, %)

구분	전국		서울		LO ⁵⁾
	개	비중	개	비중	
전 산업	3,812,820	100.0	812,798	100.0	
농업, 임업 및 어업	3,184	0.1	14	0.0	0.0
광업	2,013	0.1	29	0.0	0.1
제조업	397,171	10.4	61,218	7.5	0.7
전기, 가스, 증기 및 수도사업	1,840	0.0	140	0.0	0.4
건설업	128,215	3.4	22,049	2.7	0.8
하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	7,761	0.2	470	0.1	0.3
도매 및 소매업	997,120	26.2	233,196	28.7	1.1
운수업	378,884	9.9	95,128	11.7	1.2
숙박 및 음식점업	703,364	18.4	126,557	15.6	0.8
출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	40,664	1.1	22,663	2.8	2.6
금융 및 보험업	41,909	1.1	10,600	1.3	1.2
부동산업 및 임대업	141,186	3.7	36,648	4.5	1.2
전문, 과학 및 기술 서비스업	96,376	2.5	37,599	4.6	1.8
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	50,785	1.3	13,764	1.7	1.3
공공행정, 국방 및 사회보장 행정	12,096	0.3	1,253	0.2	0.5
교육 서비스업	175,389	4.6	33,288	4.1	0.9
보건업 및 사회복지 서비스업	131,505	3.4	26,224	3.2	0.9
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	103,635	2.7	20,937	2.6	0.9
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	399,723	10.5	71,021	8.7	0.8

자료: 통계청, 전국사업체조사

서울의 경우, 사업체 비중은 전국과 마찬가지로 도매 및 소매업(28.7%), 숙박 및 음식점업(15.6%)이 상당부분을 차지하고 있다(2014년). 전 산업에서 서비스업체 및 종사자가 차지하는 비중이 각각 89.7%, 87.9%로 상당히 큰 것 또한 전국과 유사하다.

주목할 점은 ‘서비스업의 증가세’와 ‘제조업 비중의 감소세’가 서울에서 더 뚜렷하게 나타났다는 것이다. 서울의 서비스업 종사자 비율은 87.9%로 전국의 서비스업 종사자 비율(74.0%)보다 훨씬 높게 나타났다. 그 중에서도 전문·과학 및 기술서비스업의 증가세가 주목된다. 서울의 전문·과학 및 기술서비스업 종사자는 2006년~2014년 동안 연평균 9.2% 증가하였고, 사업체 수는 연평균 6.6% 증가하여 빠른 성장세를 보였다.

5) LO=서울 비중/전국 비중, 즉 LO>1이면 그 산업이 서울 경제에서 차지하는 비중이 전국 평균보다 높다는 의미

[표 2-2] 2014년 전국, 서울 산업별 종사자 현황 비교

(단위: 명, %)

구분	전국		서울		LO
	인원	비중	인원	비중	
전 산업	19,899,786	100.0	4,739,883	100.0	
농업, 임업 및 어업	36,474	0.2	214	0.0	0.0
광업	16,311	0.1	652	0.0	0.2
제조업	3,957,394	19.9	283,523	6.0	0.3
전기, 가스, 증기 및 수도사업	70,593	0.4	7,771	0.2	0.5
건설업	1,098,535	5.5	283,226	6.0	1.1
하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	82,216	0.4	6,788	0.1	0.3
도매 및 소매업	2,998,923	15.1	859,536	18.1	1.2
운수업	1,047,788	5.3	260,415	5.5	1.0
숙박 및 음식점업	2,071,581	10.4	462,721	9.8	0.9
출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	533,297	2.7	328,519	6.9	2.6
금융 및 보험업	698,516	3.5	257,413	5.4	1.5
부동산업 및 임대업	494,750	2.5	154,768	3.3	1.3
전문, 과학 및 기술 서비스업	929,655	4.7	422,525	8.9	1.9
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	976,789	4.9	378,699	8.0	1.6
공공행정, 국방 및 사회보장 행정	648,579	3.3	129,059	2.7	0.8
교육 서비스업	1,509,046	7.6	318,984	6.7	0.9
보건업 및 사회복지 서비스업	1,413,443	7.1	298,024	6.3	0.9
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	365,964	1.8	78,509	1.7	0.9
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	949,932	4.8	208,537	4.4	0.9

자료: 통계청, 전국사업체조사

[표 2-3] 서비스업과 제조업의 사업체 현황 비교

(단위: %)

구분	사업체수		종사자수		
	2006	2014	2006	2014	
전국	서비스업 ⁶⁾ 비중	86.7	86.0	72.1	74.0
	제조업 비중	10.3	10.4	21.6	19.9
	기타기 비중	3.0	13.9	6.2	6.1
서울	서비스업 비중	86.6	89.7	83.2	87.9
	제조업 비중	8.7	7.5	10.0	6.0
	기타 비중	2.7	2.7	6.7	12.2

자료: 통계청, 전국사업체조사

3_서울의 서비스업 및 제조업 구조

앞 절에서는 전국 사업체 조사 통계 자료를 통해 서울시의 산업구조를 사업체수 및 종사자수를 기준으로 전국의 산업구조와 비교하여 서울시 가진 산업구조의 특성을 살펴보았다. 본 절에서는 서울의 서비스업과 제조업 내에서 보다 세부적인 산업별 구성 분포를 살펴보고자 한다.

1) 서울의 서비스업

서울 서비스업의 매출액 비중을 살펴보면 ‘출판·영상·방송통신 및 정보서비스업’이 39.4%로 가장 컸으며 그 다음으로 ‘보건업 및 사회복지서비스업’ 17.4%, ‘부동산 및 임대업’ 12.6%, ‘사업시설관리 및 사업지원서비스업’ 11.4% 순으로 나타났다. 세부 업종별로는 출판업이 17.5%로 가장 컸고 그 다음으로 보건업(15.1%), 부동산업(11.1%), 컴퓨터 프로그래밍 시스템 통합 및 관리업(10.0%), 사업지원 서비스업(9.5%) 순이었다.

[표 2-4] 서울 서비스업의 매출액 비중

(단위 : 백만 원, %)

구분	2012		2013		2014	
	매출액	비중	매출액	비중	매출액	비중
서비스업 계	141,810,350	100.0	141,793,696	100.0	146,737,236	100.0
하수·폐기물 처리 원료재생 및 환경복원업	771,420	0.5	861,904	0.6	952,478	0.6
하수·폐수 및 분뇨 처리업	248,514	0.2	250,007	0.2	281,282	0.2
폐기물 수집운반 처리 및 원료재생업	483,061	0.3	565,029	0.4	633,295	0.4
환경 정화 및 복원업	39,845	0.0	46,868	0.0	37,900	0.0
출판·영상·방송통신 및 정보서비스업	56,855,363	40.1	55,983,197	39.5	57,884,602	39.4
출판업	25,999,315	18.3	25,496,552	18.0	25,679,082	17.5
영상·오디오 기록물 제작 및 배급업	4,490,701	3.2	4,526,413	3.2	4,803,336	3.3
방송업	5,790,373	4.1	6,625,028	4.7	7,543,134	5.1
컴퓨터 프로그래밍·시스템통합 및 관리업	15,339,555	10.8	14,136,360	10.0	14,712,260	10.0
정보서비스업	5,235,419	3.7	5,198,844	3.7	5,146,789	3.5

6) 하수·폐기물처리, 원료재생 및 환경복원업, 도매 및 소매업, 운수업, 숙박 및 음식점업, 출판·영상·방송통신 및 정보서비스업, 금융 및 보험업, 부동산 및 임대업, 전문·과학 및 기술 서비스업, 사업시설관리 및 사업지원 서비스업, 공공행정·국방 및 사회보장 행정, 교육서비스업, 보건 및 사회복지 서비스업, 예술·스포츠 및 여가관련 서비스업, 협회·단체·수리 및 기타 개인 서비스업

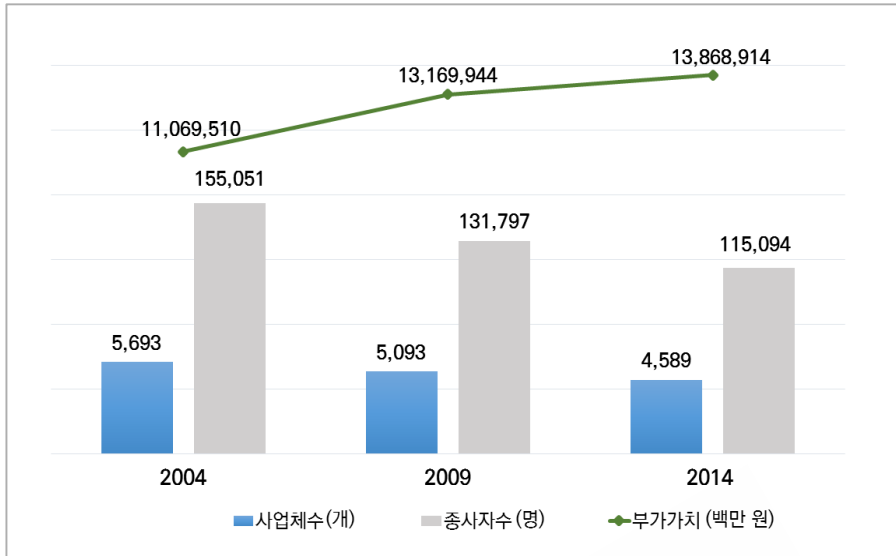
7) 농업, 임업 및 어업, 광업, 전기·가스·증기 및 수도사업, 건설업

구분	2012		2013		2014	
		비중		비중		비중
부동산업 및 임대업	18,010,593	12.7	17,604,395	12.4	18,443,917	12.6
부동산업	16,322,367	11.5	15,657,435	11.0	16,240,102	11.1
임대업(부동산 제외)	1,688,226	1.2	1,946,960	1.4	2,203,816	1.5
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	16,755,290	11.8	16,111,884	11.4	16,669,931	11.4
사업시설 관리 및 조경 서비스업	2,786,438	2.0	2,781,456	2.0	2,794,361	1.9
사업지원 서비스업	13,968,853	9.9	13,330,428	9.4	13,875,569	9.5
교육 서비스업	8,370,754	5.9	8,304,806	5.9	8,281,304	5.6
교육 서비스업	8,370,754	5.9	8,304,806	5.9	8,281,304	5.6
보건업 및 사회복지 서비스업	22,517,912	15.9	24,130,848	17.0	25,574,458	17.4
보건업	19,642,982	13.9	21,166,294	14.9	22,170,113	15.1
사회복지 서비스업	2,874,930	2.0	2,964,554	2.1	3,404,345	2.3
예술·스포츠 및 여가관련 서비스업	11,500,697	8.1	11,782,723	8.3	11,863,867	8.1
창작예술 및 여가관련 서비스업	1,394,522	1.0	1,507,598	1.1	1,690,280	1.2
스포츠 및 오락관련 서비스업	10,106,175	7.1	10,275,125	7.2	10,173,586	6.9
협회 및 단체 수리 및 기타 개인 서비스업	7,028,321	5.0	7,013,939	4.9	7,066,679	4.8
수리업	3,663,099	2.6	3,598,034	2.5	3,571,203	2.4
기타 개인 서비스업	3,365,222	2.4	3,415,906	2.4	3,495,477	2.4

자료: 통계청, 서비스업조사

2) 서울의 제조업

서울의 제조업 사업체 수는 2004년 5,693개에서 2014년 4,589개로 감소하였고, 제조업 종사자 수 또한 2004년 155,051명에서 2014년 115,094명으로 감소하였다. 앞선 ‘서비스업과 제조업의 사업체 현황 비교표’를 통해서도 서울의 제조업체 비중은 전 산업의 7.5%, 제조업 종사자 비중은 6.0%로 전국에 비해 상당히 낮게 나타났다. 2006년~2014년 서울의 제조업체는 연평균 0.5% 감소하였고, 종사자 수는 3.9% 감소하였다. 한편 전국의 제조업체 및 종사자 수는 연평균 2%대로 증가하여 서울과는 다른 양상을 보였다.



[그림 2-1] 서울의 제조업 변화 추이

(1) 사업체 수 상위 5대 업종

사업체 수를 기준으로 살펴본 상위 5대 제조업종은 ‘의복·의복액세서리·모피 제조업, 인쇄 및 기록매체 복제업, 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비 제조업, 의료·정밀·광학기기·시계 제조업, 기타 기계 및 장비 제조업’이었으며, 상위 5대 업종의 업체들은 전체 제조업체 수의 64.8%를 차지하고 있었다(2014년 기준).

[표 2-5] 사업체 수 상위 5대 제조업

(단위 : 개, %)

구분	2004		2009		2014	
	개	비중	개	비중	개	비중
제조업 계	5,693	100.0	5,093	100.0	4,589	100.0
의복, 의복액세서리 및 모피	1,922	33.8	1,662	32.6	1,578	34.4
인쇄 및 기록매체 복제업	601	10.6	568	11.2	391	8.5
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비	532	9.3	458	9.0	371	8.1
의료, 정밀, 광학기기 및 시계	235	4.1	307	6.0	323	7.0
기타 기계 및 장비	492	8.6	371	7.3	309	6.7

자료: 통계청, 광업·제조업조사

세부업종별 제조업체 수를 살펴보면, 2014년 전국 제조업체 중에서 가장 많은 업종은 금속가공제조업(9,524개, 13.9%)과 기타 기계 및 장비 제조업(9,521개, 13.9%)이었다. 그 다음으로는 고무 및 플라스틱 제조업(5,947개, 8.7%), 식료품 제조업(4,721개, 6.9%), 자동차 및 트레일러 제조업(4,579개, 6.7%) 순이었다.

[표 2-6] 2014년 전국 및 서울시 제조업체 수 비교

(단위 : 개, %)

구분	전국		서울	
	개	비중	개	비중
제조업 계	68,640	100.0	4,589	100.0
식료품 제조업	4,721	6.9	129	2.8
음료 제조업	262	0.4	9	0.2
담배 제조업	11	0.0
섬유제품 제조업; 의복 제외	3,224	4.7	214	4.7
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	2,703	3.9	1,578	34.4
가죽, 가방 및 신발 제조업	798	1.2	207	4.5
목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	845	1.2	2	0.0
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	1,803	2.6	104	2.3
인쇄 및 기록매체 복제업	1,184	1.7	391	8.5
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	138	0.2	2	0.0
화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	2,690	3.9	56	1.2
의료용 물질 및 의약품 제조업	453	0.7	24	0.5
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	5,947	8.7	104	2.3
비금속 광물제품 제조업	2,530	3.7	21	0.5
1차 금속 제조업	2,876	4.2	33	0.7
금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	9,524	13.9	152	3.3
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비	4,228	6.2	371	8.1
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	2,225	3.2	323	7.0
전기장비 제조업	4,275	6.2	265	5.8
기타 기계 및 장비 제조업	9,521	13.9	309	6.7
자동차 및 트레일러 제조업	4,579	6.7	15	0.3
기타 운송장비 제조업	1,722	2.5	4	0.1
가구 제조업	1,376	2.0	24	0.5
기타 제품 제조업	1,005	1.5	252	5.5

자료: 통계청, 광업·제조업조사

반면, 서울은 의복·의복액세서리·모피 제조업이 34.4%(1,578개)로 큰 비중을 차지하였고, 인쇄 및 기록매체 복제업(391개, 8.5%), 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비 제조업(371개, 8.1%), 의료·정밀·광학기기·시계 제조업(323개, 7.0%) 관련 사업체도 많았다. 이를 통해 서울의 제조업체는 전국과는 다르게 의류 및 가죽·신발 제조분야에 집중되어 있음을 알 수 있다.

(2) 종사자 수 상위 5대 업종

종사자 수를 기준으로 살펴본 상위 5대 제조업종은 ‘의복·의복액세서리·모피 제조업, 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비 제조업, 인쇄 및 기록매체 복제업, 의료·정밀·광학기기·시계 제조업, 기타 기계 및 장비 제조업’이었다. 이들 상위 5대 업종의 업체 종사자들은 전체 제조업 종사자의 67.6%에 해당하는 것으로 분석되었다(2014년 기준).

[표 2-7] 종사자 수 상위 5대 제조업

(단위 : 명, %)

구분	2004		2009		2014	
	명	비중	명	비중	명	비중
제조업 계	155,051	100.0	131,797	100.0	115,094	100.0
의복, 의복액세서리 및 모피	54,301	35.0	48,019	36.4	41,068	35.7
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향, 통신장비	23,491	15.2	16,096	12.2	12,671	11.0
인쇄 및 기록매체 복제업	13,124	8.5	11,726	8.9	8,932	7.8
의료, 정밀, 광학기기 및 시계	5,621	3.6	6,959	5.3	7,650	6.6
기타 기계 및 장비	10,868	7.0	8,719	6.6	7,530	6.5

자료: 통계청, 광업·제조업조사

2014년의 세부업종별 현황을 보면, 의복·의복액세서리·모피 제조업이 가장 큰 비중을 차지하고 있다(41,068명, 35.7%). 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비 제조업(12,671명, 11.0%)과 인쇄 및 기록매체 복제업(8,932명, 7.8%)도 상대적으로 많은 사람들이 종사하고 있는 것으로 나타났다.

[표 2-8] 2014년 전국 및 서울시 제조업 종사자 수 비교

(단위 : 명, %)

구분	전국		서울	
		비중		비중
제조업 계	2,904,914	100.0	115,094	100.0
식료품 제조업	181,377	6.2	3,650	3.2
음료 제조업	13,577	0.5	274	0.2
담배 제조업	2,145	0.1
섬유제품 제조업; 의복 제외	91,759	3.2	3,950	3.4
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	70,721	2.4	41,068	35.7
가죽, 가방 및 신발 제조업	19,728	0.7	4,169	3.6
목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	17,998	0.6
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	57,158	2.0	2,753	2.4
인쇄 및 기록매체 복제업	28,227	1.0	8,932	7.8
코르크, 연탄 및 석유정제품 제조업	10,595	0.4
화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	125,688	4.3	1,738	1.5
의료용 물질 및 의약품 제조업	32,209	1.1	647	0.6
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	216,391	7.4	2,760	2.4
비금속 광물제품 제조업	84,491	2.9	994	0.9
1차 금속 제조업	144,122	5.0	754	0.7
금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	268,545	9.2	2,791	2.4
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비	397,177	13.7	12,671	11.0
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	76,123	2.6	7,650	6.6
전기장비 제조업	177,060	6.1	6,258	5.4
기타 기계 및 장비 제조업	319,008	11.0	7,530	6.5
자동차 및 트레일러 제조업	338,333	11.6	390	0.3
기타 운송장비 제조업	169,168	5.8	93	0.1
가구 제조업	38,395	1.3	564	0.5
기타 제품 제조업	24,919	0.9	5,319	4.6

자료: 통계청, 광업·제조업조사

부가가치액을 기준으로 한 상위 5대 제조업종은 '의복·의복액세서리·모피 제조업, 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비 제조업, 가죽, 가방 및 신발 제조업, 의료·정밀·광학기기·시계 제조업, 인쇄 및 기록매체 복제업'이었다. 이들 상위 5대 업종의 업체 부가가치액은 전체 제조업 부가가치의 69.2%를 차지하고 있는 것으로 나타났다(2014년 기준).

[표 2-9] 부가가치 상위 5대 제조업

(단위 : 백만 원, %)

구분	2004		2009		2014	
		비중		비중		비중
제조업 계	11,069,510	100.0	13,169,944	100.0	13,868,914	100.0
의복, 의복액세서리 및 모피	4,211,870	38.0	6,321,084	48.0	6,361,516	45.9
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향, 통신장비	1,633,443	14.8	1,429,293	10.9	1,120,222	8.1
가죽, 가방 및 신발	324,906	2.9	480,163	3.6	717,110	5.2
의료, 정밀 광학기기 및 시계	325,450	2.9	501,016	3.8	703,055	5.1
인쇄 및 기록매체 복제업	726,727	6.6	774,251	5.9	699,436	5.0

자료: 통계청, 광업·제조업조사

2014년 서울의 세부업종별 부가가치액을 살펴보면, 의복·의복액세서리·모피 제조업의 부가가치액이 약 6조 3,615억(45.9%)으로 제조업의 절반 가까이를 차지하고 있었다. 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비 제조업(약 1조 1,200억, 8.1%)과 인쇄 및 기록매체 복제업(약 7,171억, 5.2%)의 부가가치액도 많았다.

전국의 제조업 중 부가가치액이 가장 큰 업종은 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비 제조업(약 113조, 23.3%)으로 나타났으며, 그 다음으로 자동차 및 트레일러 제조업(약 58조, 12.0%), 화학물질 및 화학제품 제조업(약 41조, 8.6%), 기타 기계 및 장비 제조업(약 37조, 7.7%), 금속가공제품 제조업(약 29조, 6.0%) 순이었다.

[표 2-10] 2014년 전국과 서울의 제조업 부가가치액 및 비중

(단위 : 백만 원, %)

구분	전국		서울	
	액	비중	액	비중
제조업 계	484,485,237	100.0	13,868,914	100.0
식료품 제조업	22,976,848	4.7	567,153	4.1
음료 제조업	5,875,089	1.2	86,112	0.6
담배 제조업	2,129,580	0.4	-	-
섬유제품 제조업; 의복 제외	7,202,394	1.5	416,853	3.0
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	7,944,941	1.6	6,361,516	45.9
가죽, 가방 및 신발 제조업	2,005,751	0.4	717,110	5.2
목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	1,719,894	0.4	-	-
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	7,195,330	1.5	213,936	1.5
인쇄 및 기록매체 복제업	2,059,594	0.4	699,436	5.0
코르크, 연탄 및 석유정제품 제조업	18,991,177	3.9	-	-
화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)	41,529,207	8.6	315,068	2.3
의료용 물질 및 의약품 제조업	8,630,228	1.8	118,311	0.9
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	22,603,392	4.7	291,495	2.1
비금속 광물제품 제조업	14,349,377	3.0	132,044	1.0
1차 금속 제조업	26,780,111	5.5	66,811	0.5
금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)	29,058,098	6.0	236,593	1.7
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향, 통신장비	113,026,623	23.3	1,120,222	8.1
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	8,048,804	1.7	703,055	5.1
전기장비 제조업	20,866,621	4.3	561,235	4.0
기타 기계 및 장비 제조업	37,259,657	7.7	653,991	4.7
자동차 및 트레일러 제조업	58,185,287	12.0	77,639	0.6
기타 운송장비 제조업	20,526,855	4.2	8,108	0.1
가구 제조업	3,563,842	0.7	52,715	0.4
기타 제품 제조업	1,956,537	0.4	471,283	3.4

자료: 통계청, 광업·제조업조사

종합해보면, 서울 제조업의 구조는 사업체 수, 종사자 수, 부가가치액 모든 항목에서 의복, 가죽, 신발 등 의류관련 업종이 상당 부분을 차지하고 있으며, 그 외에도 전자부품, 통신장비 등 IT 관련 업종도 다른 업종에 비해 비중이 큰 것으로 분석되었다.

4_소결

전반적으로 전국의 산업구조에서 제조업의 비중이 하락하고 서비스업의 비중이 증가하고 있다. 전국의 제조업 종사자 수는 2006년 21.6%에서 2014년 19.9%로 감소한 반면, 서비스업 종사자 수는 2006년 72.1%에서 2015년 74.0%로 증가하였다. 이러한 서비스업 증가 추세는 서울에서 두드러지게 나타난다. 서울의 제조업 종사자 수는 2006년 10.0%에서 2014년 6.0%로 감소하였고, 서비스업 종사자 수는 2006년 83.2%에서 2014년 87.9%로 증가하였다. 서비스업⁸⁾ 중에서는 출판·영상·방송통신 및 정보서비스업(39.4%)과 보건업 및 사회복지서비스업(17.4%)이, 제조업⁹⁾에서 의복·의복액세서리·모피 제조업(34.4%)과 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비 제조업(8.1%)이 큰 비중을 차지하고 있어 이들 산업이 각각 서울의 서비스업과 제조업을 대표하는 산업이라 할 수 있다.

출판·영상·방송통신 및 정보서비스업의 경우 4차 산업혁명의 기반으로 강조되고 있는 소프트웨어 개발 및 공급업, 유무선 통신서비스를 포함하고 있으며, 서울시 주요 제조업 중 하나인 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비 제조업과 함께 디지털 기술에 의한 산업구조 변화를 견인할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 서울시에서 큰 비중을 차지하고 있는 또 하나의 서비스업인 보건업 및 사회복지서비스업은 새로운 정보통신기술이 활용될 여지가 많다. 첨단 의료 기술은 현재 매우 빠른 속도로 발전하고 있으며, 특히 센서와 클라우드를 기반으로 하는 심리스 헬스케어는 미국에서 스마트아메리카 챌린지의 일환으로 개발되고 있다. 의복 액세서리·모피 제조업은 3D 프린터를 활용한 메이커 스페이스와 인공지능 기반의 이미지 처리 기술이 적용될 경우 많은 혁신을 기대할 수 있는 분야이다. 정보통신기술 및 서비스업과 이들 산업을 높은 수준으로 활용할 수 있는 산업들이 특화되어 있는 서울시는 디지털 전환을 대비하는 데 매우 유리한 산업구조를 갖고 있다고 평가할 수 있다. 핵심 기반 기술이 활발히 연구·개발되고, 개발된 기술이 타 산업에 적극적으로 활용될 수 있는 산업 간 선순환구조가 잘 발전한다면 4차 산업혁명 시대 서울 경제는 매우 희망적일 수 있다. 정보통신기술의 발전과 산업 활용을 촉진할 수 있는 산업정책의 모색이 필요하다.

8) 2014년 서울의 서비스업 매출액을 기준으로 한 비중이다.

9) 2014년 서울의 제조업 사업체 수를 기준으로 한 비중이다.

03

4차 산업혁명 관련 국내외 정책 동향

- 1_국내 정책 동향
- 2_국외 정책 동향

03 | 4차 산업혁명 관련 국내외 정책 동향

1_국내 정책 동향

1) 정책 추진의 배경

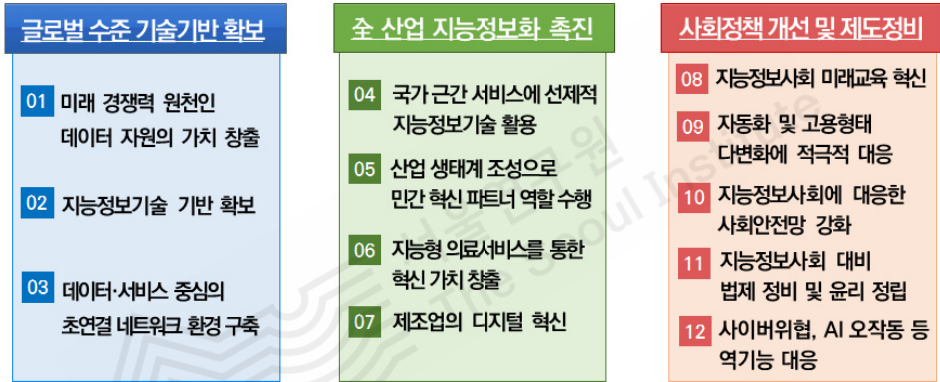
독일, 중국, 미국, 일본 등 제조업 강국으로 꼽히는 주요국들은 4차 산업혁명이라 불리는 변화의 흐름 속에서 글로벌 주도권을 잡기 위해 노력하고 있다. 독일은 국가 주도로 중소 제조기업의 경쟁력을 확보하고자 기술 표준화를 추진하고 있으며, IT 기술을 제조업에 활용하여 스마트 공장 등 차세대 생산모델을 구축하고 있다. 중국 또한 국가가 주도하여 제조업과 IT 기술(IoT, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅 등)을 접목시키는 인터넷 플러스 정책, 중국제조 2025를 추진하고 있다. IBM이나 구글 등 글로벌 주요 기업들도 인공지능, 딥러닝과 같은 지능정보기술 개발에 대규모 투자를 하고 있다.

이러한 4차 산업혁명의 전 세계적인 흐름은 우리나라의 산업 환경에도 새로운 변화와 질서를 가져올 것이라는 예측이 많다. 자동화로 인해 업무 성격이나 프로세스를 변화시키고, 고부가가치 업무 인력의 수요가 증가하는 등 고용의 구조도 바뀔 수 있다. 교육, 복지 등 우리 삶의 전반에 큰 변혁을 야기할 수 있어 4차 산업혁명에 대응하기 위한 국가적 정책수립의 필요성이 제기되고 있다. 또한 우리나라는 국제전기통신연합(ITU)이 평가하는 ICT 발전지수 분야에서 2015~2016년 세계 1위를 달성하며 ICT 인프라의 우수성을 인정 받았으나, 4차 산업혁명 적응에 있어서는 UBS의 발표 결과 세계 25위에 불과하여 지능정보사회를 위한 국가적 대비책 마련이 필요하다는 의견이 있다(관계부처합동, 2016).

우리나라 정부는 지능정보기술의 확산으로 사회가 맞이할 혁신적인 변화상을 분석하고, 새로운 가치창출과 경쟁력 확보를 위해 2016년 12월 국가 차원의 '중장기 종합대책'을 수립하였다.

2) 정책 과제 및 추진 전략

정부는 지능정보사회를 실현하는 데에 있어 ‘인간 중심’ 관점으로 접근하고, 지능정보사회 구조를 이루는 ‘기술·산업·사회’ 분야별로 정책 방향과 전략과제를 선정하였다.



[그림 3-1] 지능정보사회 중장기 종합대책의 정책 방향 및 추진 과제

자료: 과학기술정보통신부, 2016

(1) 기술 측면

기술 측면의 중장기 정책은 우리나라 기업들이 자체 기술력과 데이터, 네트워크 인프라를 확보하여 세계시장에서 경쟁력을 갖추는 것을 목표로 한다. 주요 원천기술 연구는 장기적 투자가 필요하므로 정부와 민간의 협력이 필요하다.

이를 위해 정부가 구체적으로 추진 중(또는 추진 예정)인 전략 과제로는 ① 미래 경쟁력 원천인 데이터 자원의 가치 창출, ② 지능정보기술 기반 확보, ③ 데이터·서비스 중심의 초연결 네트워크 환경 구축의 세 가지가 있다.

① 미래 경쟁력 원천인 데이터 자원의 가치 창출

정부는 국가적 데이터 관리체계를 확립하고 대규모 데이터 기반을 구축하기 위해 공공데이터 개방 및 공공기관의 민간 클라우드 도입을 추진할 예정이다. 2018년부터 20개의 공공기관에서 연구개발 빅데이터를 구축하고 2025년까지 이를 320여 개의 기관으로 확대할 계획이다. 또한 금융정보 데이터를 보유하고 있는 금융결제원, 의료정보를 보유하고 있는 건강보험심사평가원 등에 민간 클라우드를 선도적으로 도입하여 다량의 데이터를 보유 중인 기관들의 민간 클라우드 도입을 촉진하는 프로젝트를 추진하고 있다.

데이터의 유통 및 활용을 활성화하기 위해 개인정보가 ‘일반정보, 비식별정보, 개인정보’로 구분되어 안전하게 유통될 수 있도록 각 단계에 맞는 차별화된 전략을 추진하고 있다. 일반정보는 데이터 거래시장 활성화를 위해 공공데이터 포털 및 스토어(Kdata)의 플랫폼을 개방형으로 전환하고, 비식별 정보는 비식별화 전문기관을 지정하고, 기업들 간 데이터 결합을 테스트해볼 수 있는 프리존을 운영하고 있다. 개인정보는 프라이버시의 엄격한 보호 아래 특정 기업이 다른 기업의 개발에 개인정보를 지원하는 제도(개인동의 필요, K-MyData 제도)를 도입할 예정이다.

[표 3-1] 우리나라 정부의 데이터 유형별 유통 및 활용 촉진 전략

유형	성격	내용
일반정보	개인정보와 무관	공공·민간 데이터가 가치(가격)에 기반하여 거래될 수 있도록 개방형 플랫폼으로 전환(‘17), 결제기능을 추가하여 거래소로 확대(‘18)
비식별 정보	개인정보가 비식별 처리된 정보	비식별화 전문기관을 지정하여 개인정보가 안전하게 유통·활용되며 부가가치가 제고되도록 지원
개인정보	주민번호, 진료기록 등	특정 기업이 보유한 개인정보를 해당 개인의 동의하에 다른 기업에게 제공, 맞춤형 서비스 개발에 활용되도록 지원하는 K-MyData 제도 도입

자료: 관계부처합동, 2016

또한 데이터 분석 기업을 활성화하기 위해 각종 지원을 늘리고 전문인력을 양성하고 있다. 데이터 거래를 전문적으로 하는 서비스 기업을 2020년까지 100개로 확대하고(2016년 50개), 민간 포털과 협력하여 관련 서비스를 개발하는 데에 필요한 데이터들을 일반인들에게 테스트 자료로 제공할 계획이다. 데이터 관련 실무인력을 양성하기 위해서는 교육프로

그램(빅데이터 아카데미 등)을 제공하고, 전문가 양성을 위해 주요 대학원에 데이터 연구 센터를 운영할 계획이다.

데이터 관리의 안전성을 높이고 거래비용 절감을 위해 블록체인 기술을 적극적으로 활용할 계획이다. 금융 분야에서는 해외송금, 지급·결제 등 금융 전반에서 블록체인 기술을 활용하고, 무역거래·콘텐츠 저작권 관리 등 각종 산업분야에도 적용을 추진하고 있다.

② 지능정보기술 기반 확보

지능정보산업의 기반이라 할 수 있는 기초과학과 원천기술 연구를 활성화하여 세계적인 기술력을 확보하는 것이 필요하다. 이에 정부는 기초과학에 속하는 뇌과학, 산업수학 분야에 장기적 투자를 하고 있다. 인공지능, 하드웨어, 데이터 활용과 같은 원천기술에도 R&D 로드맵을 구성하여 연구목표와 추진방향을 명확히 하고 2017년부터 대학 중심의 자유공모·품목지정 연구를 70%(2016년 ICT R&D 전체의 43.5%)까지 확대하였다.

③ 데이터·서비스 중심의 초연결 네트워크 환경 구축

향후 모든 사람과 사물이 연결되는 초연결 네트워크 시대가 열리면 다양한 사업자가 신규 네트워크를 구축할 수 있도록 규제를 완화하고 지원하는 것이 정부의 역할이다.

이에 2020년부터는 5G 및 기가인터넷 서비스를 상용화하고, 하드웨어 중심의 시장을 개편하여 기술 강소기업과 후발 사업자가 초연결 네트워크 시장으로 진입할 수 있도록 할 예정이다. 또한 네트워크의 품질과 안전성을 높이기 위해 ‘양자암호통신’을 단계적으로 도입할 계획이다.

[표 3-2] 우리나라 정부의 양자암호통신 도입 단계

유형	시기	내용
1단계	2020년	보안이 절대적으로 필요한 국가 핵심시설, 데이터 센터 등의 전용회선 구간에 대해 양자보안망 시범적용
2단계	2025년	보안이 중요한 시설장비에 양자보안망 확대 적용 - 행정망, 국방망, 클라우드, 금융망, 스마트 공장, 의료망 등
3단계	2030년	‘양자인터넷’ 핵심기술 개발 및 인프라 구축 ※ 양자컴퓨팅 장비, 초장거리 양자중계기술, 양자인터넷 프로토콜 등 개발 필요

자료: 관계부처합동, 2016

(2) 산업 측면

지능정보기술은 다양한 산업에 걸쳐 폭넓게 활용해야 경쟁력이 확보되고 신산업 창출 등 저성장 극복의 기회가 생길 수 있다. 이에 정부는 공공 및 민간 산업 전반에 지능정보기술의 도입을 활성화하고자 한다. 나아가 혁신적인 아이디어와 지능정보기술이 융합되어 신산업이 발굴될 수 있는 생태계를 조성하고, 국민들에게 고품질의 데이터서비스를 제공하는 것을 정책 목표로 하고 있다.

이와 관련된 전략과제로 ① 국가 근간 서비스에 선제적인 지능정보기술 활용, ② 지능정보산업 생태계 조성을 통한 민간 혁신 파트너 역할 수행, ③ 지능형 의료서비스를 통한 혁신 가치 창출, ④ 제조업의 디지털 혁신의 네 가지가 있다.

① 국가 근간 서비스에 선제적인 지능정보기술 활용

‘공공서비스에 선제적으로 지능정보기술을 활용’하는 것이 중요하다. 국방, 범죄, 복지, 교통 및 도시 인프라 등의 시스템에 지능정보기술을 활용하는 것이 가능하다. 국방분야는 정밀탐지가 가능한 지능형 감시 시스템을 개발하여 2025년까지 배치할 예정이다. 딥러닝 기반의 군 전력장비의 수리부속 수요 예측시스템을 개발하여 국방예산을 절감할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 기존의 국방 지휘·통제 과정에서 획득한 정보들을 활용하여 통합적으로 분석하여 판단할 수 있는 인공지능 작전참모를 2030년까지 개발·활용할 계획이다.

범죄분야에서는 지능정보기술을 활용한 범죄정보 통합분석 프로그램을 2022년까지 구축하고, IoT센서나 CCTV를 통해 수집되는 정보를 토대로 범죄발생 징후를 탐지·예방하는 시스템을 2022년까지 개발·활용할 계획이다. 인공지능을 활용해 제한된 정보를 가지고도 용의자 얼굴을 특정할 수 있는 프로그램도 2030년까지 개발할 계획이다.

행정 및 복지분야에서는 인공지능의 자동 민원대응이 가능한 ‘지능형 민원시스템’ 구축을 2017년 시작했으며, 개인 맞춤형 통합서비스(me Gov)도 2020년까지 구축할 예정이다. 또한 복지사각지대(아동학대·고독사 등)에 놓인 취약계층을 지능적으로 분석해 발굴하는 시스템을 2017년부터 개발하기 시작했으며, 소득정보나 수급 이력 등을 토대로 복지서비스 대상을 자동 판정하는 ‘지능형 복지관리서비스’도 2020년부터 구축할 계획이다.

교통·도시 인프라에 있어서도 지능정보기술을 활용할 계획이다. 지능형 교통체계를 구현하기 위해 공공 ITS 기반 교통 빅데이터·GPS 센서 등을 연계한 '실시간·고정밀 교통정보 수집 기술'을 2019년까지 개발할 계획이며, 자율주행차 관련 제도를 정비하고 도시 정체 현황을 실시간으로 파악하는 '차량분산 유도 및 교통정체 개선 시스템'을 2020년까지 구축할 것이라고 발표하였다. 대국민 우편·배송도 드론을 이용한 서비스를 2017년부터 시범 운영하고, 우편집중국과 물류센터에 로봇·자동화를 2020년부터 구축할 예정이다. 사물인터넷 기술을 활용한 스마트시티 플랫폼도 2022년까지 구축하여 교통·물·에너지 등의 도시자원 관리를 최적화할 계획이다.

② 지능정보산업 생태계 조성을 통한 민간 혁신 파트너 역할 수행

혁신적 기술개발을 지원하고자 관계부처 및 지자체와 협력하여 테스트베드를 운영하고, 신기술 규제 제도를 보완하고자 '규제 샌드박스'를 도입할 예정이다. 규제 샌드박스는 기간과 대상을 설정하여 기존의 규제와 상관없이 자유롭게 기술·서비스를 테스트하는 제도이다. 그밖에도 2018년부터는 공공혁신조달 구매제도(PPI: 드론, 무인 농기계 등 현재 시장에 없는 새로운 제품, 서비스, 솔루션에 대해서 사전에 합의된 성능과 비용으로 구매약정하는 제도)를 지능정보기술과 관련된 상품들에 적용시킬 예정이다.

③ 지능형 의료서비스를 통한 혁신 가치 창출

의료산업에도 지능정보기술을 적용하면 의료서비스의 질을 높일 수 있다. 2025년까지 진료기록(EMR)을 전국의 모든 의료기관 간에 열람·활용이 가능하도록 하고, '지능형 감염병 예측경보서비스'를 개발할 계획이다. 또한 개인들의 건강을 체크하고 의료정보를 제공하는 '지능형 공공의료 서비스 앱'의 개발도 2020년까지 예정되어 있다.

④ 제조업의 디지털 혁신

제조업의 전 공정에 플랫폼 생산체제가 도입되어 소비자와 시장 데이터를 활용하고, 지능형 로봇이나 3D프린터로 생산성이 향상된다면 우리나라 제조업이 다시 한번 도약할 수 있는 발판이 마련될 것이다.

제조공정에 CPS(사이버물리시스템: IoT를 이용해 제조공정을 사이버상에서 재현하고 빅데이터 처리결과에 따라 제조공정을 최적상태로 실시간 제어하는 시스템)를 도입하여 다

품종 대량생산(Mass Customization)이 가능하도록 정부가 투자하고 있다. 사물인터넷 융합기술 개발에 2017년 61억 원을 투자하였으며, 스마트공장 고도화 기술개발에는 80억 원을 투자하였다. 또한 전국의 17개 “창조경제혁신센터”를 중심으로 「제조 CPS 파트너십」을 발족하여 관련 기술의 표준화를 확산시킬 예정이다. 2020년부터는 기업들이 스마트 서비스 관련 기술이나 설비를 도입하도록 하기 위해 보조 비용을 인센티브 형태로 제공할 예정이라고 발표하였다.

(3) 사회 측면

지능정보기술이 발달되면 자동차, 편의성 증대 등의 이점이 있지만 지능정보사회에 제대로 대응하지 못할 경우 소득수준 하락, 양극화 심화, 프라이버시 침해 등의 사회문제가 발생할 수 있다. 따라서 정부는 사회의 변화상을 반영하면서도 복지·교육·고용 제도들을 통해 국민 모두가 소외되지 않고 인간다운 삶을 누릴 수 있도록 사회정책과 제도를 정비할 필요성을 실감하고 있다.

이러한 정책을 위한 전략과제로는 ① 지능정보사회 미래교육 혁신, ② 자동화 및 고용형태 다변화에 적극적 대응, ③ 지능정보사회에 대응한 사회안전망 강화, ④ 지능정보사회에 대비한 법제 정비 및 윤리 정립이 있다.

① 지능정보사회 미래교육 혁신

정부는 소프트웨어 및 융합인재 교육을 위해 2018년부터 초·중·고 정규 과정에 소프트웨어 교육을 실시하고 소프트웨어 교육 전문기관을 설치하기 위해 세부 시행계획을 마련하고 있다. 핵심인력 양성을 위해 2018년부터 과학고·영재고 재학생들에게 클라우드 기반 슈퍼컴퓨터 이용환경을 제공하고 응용 프로그램 개발교육을 실시할 예정이다. 대학의 경우 인공지능(AI) 등의 지능정보기술 분야의 최고 수준 대학원을 선정하고 10년간 해당 대학원(연구실)에 연구혁신지원비, 우수 외국인 교수 채용 등 집중 지원을 할 예정이다.

② 자동화 및 고용형태 다변화에 적극적 대응

근무환경의 변화에 맞춰 2017년부터 유연근무제를 확대하고 근로시간 계좌제를 도입한다. 또한 기존에 없던 새로운 근로형태(플랫폼 노동, 다지역 근무 등)가 생겨남에 따라

주요 직종별로 표준계약서와 약관을 마련하여 보급하고 있다. 고용·산재보험의 적용에 있어서도 특수형태근로종사자 등을 점차 확대해갈 방침이다. 근로활동을 통해 생계를 유지하는 가구의 최저소득을 보장해주는 근로장려세제의 적용범위와 지급액도 2018년부터 확대하는 방안을 검토 중이다.

③ 지능정보사회에 대응한 사회안전망 강화

지능정보사회가 도래하면 발생할 수 있는 소득의 양극화, 실업 등의 문제에 대비하도록 정부는 사회보장제도를 확충하고 있다. 2017년부터 실업급여와 사회보험료의 지급기간과 지급액을 확대하고 기초연금, 기초생활보장제도의 대상 및 수급액도 확대할 전망이다.

또한 갈수록 늘고있는 노령인구에 대한 체계적인 지원을 하고자 ‘노후 준비 지원을 위한 5개년 계획’을 2017~2021년 동안 수립할 예정이다.

④ 지능정보사회에 대비한 법제 정비 및 윤리 정립

국가와 사회전반의 지능정보화 방향을 제시하기 위해 「국가정보화기본법」을 「(가칭)지능정보화기본법」으로 개정하는 방안을 검토하고 있다. 또한 데이터 수집, 인공지능 알고리즘 개발 등의 과정에서 발생할 수 있는 윤리적 문제를 방지하기 위해 지능정보기술 윤리헌장의 제정을 2018년 추진할 예정이다.

3) 소결

앞에서 살펴본 바와 같이 우리나라 정부는 지능정보사회가 실현되면 정부, 기업, 국민, 전문가들이 각 주체별로 해야 할 역할들을 종합적으로 고려하여 정책 목표를 설정하였다. 또한 지능정보기술의 보급으로 인해 발생할 수 있는 순기능과 역기능을 분석하고 이를 고려한 추진전략을 수립하였다. 특히, 정부는 국가 차원에서 데이터 관리체계를 확립하여, 데이터 자원을 풍부하게 하고 데이터 사용과 거래가 대중화되는 데이터 기반 사회를 만들기 위해 노력 중이다. 또한 공공서비스 분야에서의 지능정보기술 활용으로 국민들의 생활 편의와 안전성을 향상시키고, 환경·에너지·재난 등과 같은 주요 도시 문제를 예방, 해결할 수 있기 때문에 이를 지속적으로 확대해가야 할 것이다.

2_국외 정책 동향

1) 개요

다보스 포럼에서 클라우드 슈밥이 ‘4차 산업혁명’을 의제로 제시한 2016년 이전에도 ‘4차 산업혁명’이란 용어가 사용된 사례가 일부 발견되기는 하지만, 그 의미는 제각각으로 쓰였기 때문에 논의의 출발점으로 간주하기는 어렵다. 현재 사용되고 있는 용어의 의미를 고려할 때, 현재 진행되고 있는 ‘4차 산업혁명’에 관한 논의의 출발점은 2016년 다보스 포럼으로 보는 것이 타당하다. 4차 산업혁명이 “디지털 기술이 물질적 기술, 생물학 지식과 결합해 나타나는 생산방식의 획기적인 변화”로 정의된다면, 4차 산업혁명과 관련된 해외 사례는 산업과 과학기술이 발달한 선진국에서 ICT 등 최근의 발달된 기술을 산업에 적용함으로써 생산성의 혁신을 꾀하고자 한 여러 시도들로부터 찾을 수 있다. 이러한 시도들 중에는 민간이 주도한 사례도 있고, 정부가 주도한 사례도 있다. 본 절에서는 특히 정부가 직접 관여한 4차 산업혁명의 대표적인 정책사례로 거론되는 독일의 「Industrie 4.0」과 미국의 「SmartAmerica Challenge」의 내용에 대해 살펴보고자 한다.

2) 독일의 산업(Industrie) 4.0

‘산업 4.0’은 2011년 독일 하노버 국제산업박람회에서 처음 등장한 독일연방정부의 산업정책 슬로건이자, 제조업의 디지털화를 촉진시키기 위한 독일 정부의 하이테크 전략 프로젝트 중 하나로 처음 등장했다. 현재는 첨단 자동화 및 데이터 교환 기술이 접목되는 제조업의 최신 트렌드를 지칭하는 용어로도 사용되며, 일반적으로 받아들여지는 용어의 의미는 ‘4차 산업혁명’과 매우 유사하다. 클라우드 슈밥의 책 「4차 산업혁명」을 보면 슈밥 또한 ‘4차 산업혁명’에 대한 논의를 전개하는 과정에서 모범 사례로 독일의 ‘산업 4.0’을 자주 언급한 것으로 보아 ‘산업 4.0’의 영향을 많이 받았음을 알 수 있다.

‘산업 4.0’은 특히 제조업을 중심으로 한 산업의 새로운 트렌드로 정의되며, 제조업의 노동생산성을 향상시키는 가상물리체계, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 인지컴퓨팅을 주요 요소로 포함하고 있다. 가상물리체계(cyber-physical system)란 손으로 만질 수 있는 현실과 디지털 정보에 의해 정의되는 가상의 세계가 서로 연결된 체계를 말하며, 좁은 의

미로는 소프트웨어 기술이 혼재된 기계를, 넓은 의미로는 디지털 기술이 포함된 현실세계 전부를 의미한다. 특히, '산업 4.0'이나 '4차 산업혁명'에서 언급되는 가상물리체계는 인터넷에 연결된 디지털 기술에 의해 통제되는 메커니즘을 강조하고 있다. 독일에서 사용되기 시작한 '산업 4.0'을 상징하는 성과물로는 아디다스 등 독일 제조 기업이 추구한 스마트 팩토리를 들 수 있다. 스마트 팩토리는 디지털 기술을 이용해 모듈화된 구조와 분산된 의사결정 체계를 갖는 것을 특징으로 하는 지능형 첨단 공장 시스템을 말한다.

독일 정부가 추진한 '산업 4.0'의 진행과정을 살펴보면 두 가지 배경이 작용했다. 첫째, 독일정부는 독일의 전통적인 주력 산업인 제조업의 경쟁력을 제고하기 위한 국가적 노력이 꾸준히 존재해 왔으며, 특히 2006년 수립된 하이테크 전략이 '산업 4.0'과 깊은 연관을 갖고 있다. 둘째, 2008년 이후에 발생한 유럽 재정위기의 여파로 침체된 독일 경제를 회복 시키고자 하는 국가적 요구가 제조업 혁신 정책으로 나타나기 시작했다. 2008년 서브프라임 모기지 부실 사태와 리먼 브라더스의 파산으로 촉발된 미국발 금융위기는 유럽 재정 위기로 확대되어 EU 국가들에게도 막대한 경제적 타격을 가했다. 독일은 유럽 국가들 중에서도 상대적으로 경제 구조가 건실했음에도 불구하고, 경기 침체와 실업난이 장기화 되면서 독일 경제의 전망이 우려되었다. 이에 독일 정부는 주력 산업인 제조업 분야에 최근에 발달한 정보통신기술을 적극적으로 도입함으로써 산업 혁신을 도모하고, 새로운 경제성장의 기회를 모색해 보자 '산업 4.0'을 추진하게 되었다. 이렇듯 독일의 '산업 4.0'은 '4차 산업혁명'보다 그 뿌리가 깊다.

2006년 당시 독일 연방 교육연구부(Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF) 장관인 아네트 사반(Annette Schavan)은 그해 8월, 2009년까지 총 146억 유로, 우리 돈으로 약 18조 9천억 원을 투자한다는 내용을 포함한 국가 하이테크 전략을 발표하였다. 그 중 '산업 4.0'은 전략이 제시하는 10개의 포인트 중 하나로, ICT를 활용하여 산업경쟁력을 키우고자 하는 국가 이니셔티브로 제시되었다. 2006년 독일 하이테크 전략은 1) 과학과 비즈니스가 긴밀히 협력할 것, 2) 민간 섹터의 혁신에 더 많은 비중을 둘 것, 3) 선도 기술(leading technology)을 확산시킬 것, 4) R&D를 국제화할 것, 5) 재능 있는 개인에 대한 자금을 지원할 것을 주요 방향으로 제시하였다. 사반 장관은 연방정부의 투자의 중요성을 강조하면서도 기업이나 학계 등 다른 부문에서 상응하는 노력을 해

줄 것을 촉구하며, GDP 대비 R&D 지출을 3%까지 올리는 것을 목표로 제시하는 등 국가 과학 기술의 역량 강화에 역점을 두었다.¹⁰⁾ 사반 장관은 과학과 비즈니스의 협력을 도모하고자 각 분야 리더들이 모여 토론하는 포럼인 산업-과학 연구 얼라이언스(the Industry- Science Research Alliance)를 설립하였고, 본 포럼에 포함된 19명의 멤버들이 중심이 되어 독일 하이테크 전략의 세부 내용인 10-point 계획을 작성하였다. 본 계획은 독일의 연구와 혁신을 진흥하고 강화하기 위해 정부, 산업계, 학계가 노력해야 할 방향으로 다음과 같은 지침을 제시하였다.

[표 3-3] 독일 하이테크 전략 10-point 계획의 관산·학 역점 사항

-
- 혁신정책의 일관성 강조
 - 연구에 대한 과감한 재정지원 우선순위 확보
 - 미래에 대한 투자를 확대
 - 혁신의 법적 장애 제거
 - 혁신친화 조세체계, 기업 R&D 조세 인센티브
 - 지속적 방법으로 산·과 협력 강화
 - 강력한 혁신의 도입
 - R&D에 우수한 인재를 유치
 - 유럽 리서치 정책에 독일의 영향력을 확대
 - R&D의 국제화를 통해 독일의 기회를 최대한 활용
-

자료: Bill Lyndon, 2014

독일의 이러한 국가 하이테크 전략은 이후 보다 구체화되어 2010년 7월 독일 연방정부의 이름으로 「하이테크 전략 2020(HTS2020, High-Tech Strategy 2020)」이 수립되었다. HTS2020은 기존의 10-point 전략을 그대로 계승하되 보다 구체화된 5개 실행분야를 명시하고, 국가 연구 혁신 정책이 향후 10-15년 동안 미래지향적인 구체적 목표에 집중하도록 하는 기술 정책 방향을 제시하였다.

¹⁰⁾ 월드뱅크(World Bank) 자료에 의하면 2015년 현재 독일의 GDP 대비 R&D 지출은 2.88%로 여전히 3%에는 못 미치며 세계 8위 수준이다. 반면, 한국은 4.23%로 이스라엘에 이어 세계 2위이다. GDP 대비 R&D 지출이 4%가 넘는 나라는 전 세계에서 이스라엘과 한국밖에 없다.

[표 3-4] 독일 HTS2020의 5개 실행분야

-
- 기후/에너지 (climate/energy)
 - 보건/영양 (health/nutrition)
 - 교통·운송 (mobility)
 - 보안 (security)
 - 통신 (communication)
-

자료: Bill Lyndon, 2014

또한, 산업-과학 연구 얼라이언스의 자문을 받아 [표 3-5]와 같은 10대 프로젝트를 선정하였고, ‘산업 4.0’도 10대 프로젝트에 포함되었다.

[표 3-5] 독일 HTS2020의 10대 프로젝트

-
- 탄소 중립, 에너지효율, 기후적합 도시 (CO₂-neutral, energy-efficient and climate-adapted cities)
 - 석유를 대체하는 재생 가능한 생물자원 (Renewable biomaterials as an alternative to oil)
 - 에너지 공급의 지능적 재구조화 (Intelligent restructuring of energy supply)
 - 개인화된 의료로 질병에 효과적으로 대응 (Treating diseases more effectively with the help of personalized medicine)
 - 맞춤형 예방과 최적화된 식생활(diet)로 보건 개선 (Better health through targeted prevention and an optimized diet)
 - 고령자의 독립적인 삶 (Living an independent life well into old age)
 - 지속가능한 교통 (Sustainable mobility)
 - 웹기반 비즈니스 서비스 (Web-based services for businesses)
 - 산업 4.0 (Industry 4.0)
 - 안전한 신원확인(Secure identities)
-

자료: Bill Lyndon, 2014

독일 하이테크 전략의 일환으로 시작된 ‘산업 4.0’은 2011년 하노버 국제산업박람회에 처음 소개된 이후, 공동 의장인 헤닝 카거만(Henning Kagermann)과 지그프리트 다이스(Siegfried Dais)를 중심으로 그 내용을 구체화하기 위한 작업반(working group)이 설치되었다. 이 작업반은 2012년 10월 결과물인 「산업 4.0 이행권고안 모음」을 독일 정부에 제출, 2013년 4월 하노버 박람회 최종 보고서에 수록함으로써 구체적인 내용을 확정했다. 하위 작업반은 총 다섯 개이며, 그 주제와 각각의 의장은 다음과 같다.

[표 3-6] 독일 산업 4.0 작업반 구성

	주제	의장
WG1	스마트 팩토리 (Smart Factory)	Manfred Wittenstein
WG2	물질적 환경 (The Real Environment)	Siegfried Russwurm
WG3	경제적 환경 (The Economic Environment)	Stephan Fische
WG4	인간과 노동 (Human Beings and Work)	Wolfgang Wahlster
WG5	기술적 요인 (The Technology Factor)	Heinz Derenbach

자료: wikipedia (eng)

먼저 작업반은 ‘산업 4.0’의 네 가지 설계원칙을 제시했는데, 그 내용은 다음과 같다. 첫째, 인간과 기계의 ‘상호 운용성(Interoperability)’은 기계, 장비, 센서, 사람이 사물인터넷(Internet of Things)이나 사람인터넷(Internet of People)을 통해 서로 충분히 소통함으로써 기계의 장점을 극대화함과 동시에 인간의 적절한 노동 역할을 모색함을 의미한다. 둘째, ‘정보의 투명성(Information Transparency)’은 디지털 플랜트 모델과 센서 데이터를 이용, 실제 세계의 가상 복사본을 만들 수 있는 능력을 의미한다. 이는 정보의 투명한 공개와 공유가 디지털 세계뿐만 아니라 현실세계까지 확대하는 것을 가능케 한다. 셋째, ‘기술의 지원(Technical assistance)’은 정보를 종합, 시각화해서 인간의 의사결정과 문제 해결을 돕고, 힘들거나 위험하거나 더러운 일을 기계가 사람 대신 해줌으로써 인간을 돕는다는 것을 의미한다. 넷째, ‘분산 결정(Decentralized decisions)’은 모듈 간 목표가 상충하는 예외적인 상황을 제외한 모든 경우에 CPS가 가능한 한 자율적으로 결정한다는 원칙을 의미한다. 이러한 네 가지 원칙은 향후 ‘산업 4.0’이 보다 구체적인 목표를 갖고자 할 때 더 높은 차원에서 인간에게 이로움을 주고 사회의 효율성을 향상시키기 위한 일관된 방향성을 제시하기 위한 것이다.

‘4차 산업혁명’을 둘러싼 논쟁이 그랬던 것처럼 ‘산업 4.0’ 또한 용어 자체에 본질적으로 아무 의미가 없다는 비판이 따른다. 비판하는 사람들은 기술혁신이 인류 역사에서 대부분의 시기에 연속적이었으며, 사람들이 이를 ‘혁명’으로 인식하는 것은 단지 기술에 대한 세부 지식이 부족했기 때문이라고 주장한다. 또한 민간 주도로 운영되는 독일 산업계에 연방정부의 역할이 선언적인 방향 제시 외에는 달리 없어서 별다른 영향력을 행사할 수 없는 현실적 한계도 ‘산업 4.0’전략의 실효성에 의심을 품는 근거가 될 수 있다. 하지만 학문으로서의 과학기술과 이를 활용하고자 하는 산업계와의 적절한 조화, 인간에게 이로운 기술

의 발전 방향, 변화된 노동 환경에서 노동의 의미를 재정립하기와 같은 주제들은 기술과 관련된 거시적 국가 발전방향을 제시하는 데 있어 심도 있는 사회적 논의를 필요로 한다. ‘산업 4.0’은 단순한 실적지상주의의 산물이 아닌 이러한 사회적 논의의 성과물로, 국가 발전의 중요 요소인 과학기술을 대하는 독일의 철학을 종합적으로 반영한 거시적 국가전략이라는 점에서 의의가 있다.

3) 미국의 「스마트아메리카 챌린지(SmartAmerica Challenge¹¹⁾)」

‘스마트아메리카 챌린지(SmartAmerica Challenge)’는 미국 오바마 정부의 대표적인 국가 ICT 전략으로, 독일의 ‘산업 4.0’이 제조업을 중심으로 독일의 산업 경쟁력을 제고하는데 초점이 모아져 있는 것과는 달리, ICT를 활용해 미국 국민의 일상생활에 실질적인 이익을 주는 것을 목적으로 하는 정책이다. 미국은 소프트웨어와 하드웨어를 망라한 ICT 분야에서 압도적인 경쟁력을 갖고 있고, 구글, 애플, 페이스북, 아마존 등 초대형 ICT 기업이 세계 시장을 석권하고 있으며, 실리콘 밸리를 중심으로 스타트업 또한 매우 활발히 만들어지고 있기 때문에 국가 차원에서 산업 진흥 정책의 필요성이 특별히 강조되고 있는 것은 아니다. 다만 다른 선진국과 비교해 소득 불평등과 빈곤층의 문제가 심각하고 복지 및 소득 재분배 정책 수요가 큰 만큼 정부는 오래 전부터 ICT의 강점을 국민들의 복지와 일상생활을 개선하는 데 활용하는 방안에 관심을 보여 왔다. ‘스마트아메리카 챌린지’는 이러한 백악관의 정책적 관심이 반영된 국가 프로젝트이다.

‘스마트아메리카 챌린지’는 2013년 12월 대통령 직속의 혁신위원회 위원(Innovation Fellow)인 컴퓨터과학자 제프 물리건(Geoff Mulligan)과 스마트 그리드 전문가인 석우리(Sokwoo Rhee)에 의해 출범되었다. 공식적인 주요 임무는 정부-기업-학계의 역량을 모아 가상물리체계(cyber-physical system, CPS)에 관해 연구하고, 다양한 응용 분야의 프로젝트를 테스트베드와 연계시키는 것이다. 그럼으로써 CPS가 어떻게 새로운 일자리와 비즈니스 기회를 만드는지, 어떻게 사회 경제적 이익을 만드는지를 보여주는 것을 목표로 하고 있다.

11) 공식적인 명칭으로 ‘Smart’와 ‘America’를 붙여 쓴다.

이 프로젝트는 스마트홈/건축, 기후/환경, 재난, 산업, 교통, 헬스케어, 보안, 에너지 등 총 8개 분야를 대상으로 개발 프로젝트를 발굴하고자 했다. 이를 위해 미국 내 65개 이상의 기업, 정부 기관(agency), 연구소를 모아 국민의 생활 개선과 관련된 총 12개의 프로젝트 팀을 출범시켰으며, 해당 프로젝트마다 CPS 개발 작업의 성과를 구체적으로 보여줄 수 있는 시스템이나 프로토타입, 파일럿 모형 등 다양한 상품을 만들었다. 12개의 프로젝트 팀은 다음 [표 3-7]과 같다.

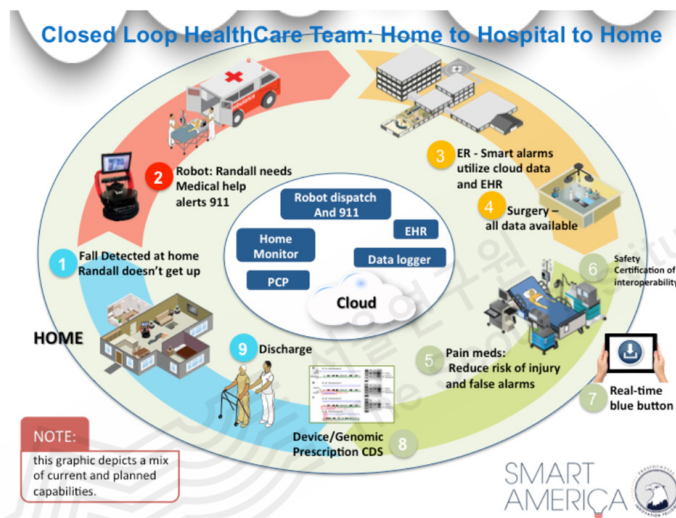
[표 3-7] 미국 SmartAmerica Challenge 12개 대표 프로젝트 팀

-
- Autonomous Robotics for Installation and Base Operations (ARIBO) (교통)
 - Closed loop healthcare (헬스케어)
 - Connecting Smart Systems to Optimize Emergency Neurological Life Support (헬스케어)
 - Convergence of Smart Home and Building Architecture (스마트홈/건축)
 - Cyber Secure Synchrophasor Security Fabric (보안)
 - Enhanced Water Distribution Infrastructure (에너지, 환경)
 - Event Management for Smart Cities (산업, 스마트시티)
 - Project Boundary (헬스케어)
 - SCALE: Safe Community Alert Network (a.k.a. Public Safety for Smart Communities) (재난)
 - Smart Cities USA (스마트시티)
 - Smart Emergency Response System (SERS) (재난)
 - Smart Energy CPS (에너지, 산업)
-

ARIBO는 미 육군에서 처음 시작된 일련의 자율주행차 개발 계획 파일럿으로, 미군 기지와 군사학교를 테스트베드로 이용하고 있다. 이용자와 개발자 모두를 위한 비즈니스 사례를 염두에 두고 작업이 진행되었으며, 특히 웨스트포인트 미 육군사관학교 내에서 자율주행 셔틀, 모의실험 환경, 차량/교통 관리 도구에 관한 파일럿을 진행했고, 포트 브래그(Fort Bragg) 미군 기지에서 주문형 근린자율차, 제어 기지, 충전 및 통신 파일럿을 수행했다. 그 외에도 포트 레오나드 우드(Fort Leonard Wood) 미군 기지, 탬파(Tampa), 메디컬 시티 올란도(Medical City Orlando) 등으로 테스트 베드를 확대했다.

‘클로즈드 루프 헬스케어(Closed Loop Healthcare)’와 ‘생명 유지를 위한 스마트 시스템(Connecting Smart Systems to Optimize Emergency Neurological Life Support)’은 의료 부문에서 ICT를 활용한 사례이다. 그 중 Closed Loop Healthcare는 센서 데이터와 첨단 ICT를 이용해 입원에서 퇴원까지 끊김없는(seamless) 의료 서비스를 제공하는

것을 목표로 하는 프로젝트이다. 이종(異種)의 기기들이 서로 연결되지 않은 상태에서 사람의 수작업을 통해 보완되는 현행 의료 서비스 시스템의 문제를 극복하고자 홈 모니터, 구급차, 응급실, 수술, 회복, 퇴원에 이르는 모든 단계를 통합된 클라우드를 통해 제어할 수 있는 시스템을 개발했다. 특히 비상상황 발생 시 도움을 받기 어려운 독거노인을 대상으로 집에서 갑작스러운 어깨 탈골 등의 사고가 발생했을 때 센서 데이터와 모니터가 즉시 감지해 구급차를 부르고 병원으로 이송하며, 병원에서 환자 정보를 즉시 알려줄 수 있도록 하는 시범서비스를 실시했다.



[그림 3-2] Closed Loop Healthcare 기본 개념

자료: <http://smartamerica.org/teams/closed-loop-healthcare>

‘스마트홈과 빌딩 건축의 융합(Convergence of Smart Home and Building Architecture, CSHBA)’ 프로젝트는 스마트홈과 빌딩 건축을 포괄하는 사전 표준화작업으로, IEEE 표준 협회(Standards Association)가 주관하고 있다. 스마트홈의 통신 네트워크 아키텍처와 전기자동차, 빌딩 에너지 관리를 포함하는 건물환경의 유사성을 활용하여 서로 다른 영역 간의 교작업(interworking)을 추구하는 프로젝트로, 다양한 도메인 안에서의 보안 및 프라이버시, 협업 컨트롤, 시스템 및 장치 제어 등의 세부 사항을 고려한 솔루션을 개발하고 있다.

‘개선된 상수 인프라스트럭처(Enhanced Water Distribution Infrastructure)’는 모바일을 기반으로 한 CPS를 통해 수원지역 환경오염, 가뭄, 누수, 수질 등 센서로 수집된 상수도 시설의 다양한 데이터를 종합하고 분석하여 최적의 수자원 공급 체계를 구축하기 위한 프로젝트이다.

Smart Cities USA
City of San Jose, CA + Intel Corporation

IoT Platform

- ❖ Edge to Cloud Solution
- ❖ Use case: Air Quality
- ❖ Scalable to Other Sectors
 - Energy
 - Transportation
 - Buildings
 - Manufacturing

Benefits

- ❖ Economic Growth
- ❖ “Clean Tech” Jobs
- ❖ Supports EPA Goals
- ❖ Climate Policy Mgmt
- ❖ Environmental Sustainability

Advocates

- ❖ President of Intel Corp*
- ❖ Mayor of San Jose
- ❖ US Congress - San Jose
 - Mike Honda
 - Zoe Lofgren

* Intel IoT Vision and Announcement

1st U.S. Engagement for Intel's Smart City Sensor IoT Platform

[그림 3-3] 산호세와 인텔이 협력한 “스마트시티 USA”의 홍보 배너

자료: <http://smartamerica.org/teams/smart-cities-usa>

스마트시티 관련 프로젝트로는 ‘스마트시티를 위한 이벤트 관리(Event Management for Smart Cities)’와 ‘스마트시티 USA’가 있다. ‘스마트시티를 위한 이벤트 관리’는 IBM과 AT&T가 협력한 사물인터넷 프로젝트로, 공연, 스포츠경기, 퍼레이드 등 도시에서 벌어지는 다양한 이벤트에 대해 계획-모니터링-커뮤니케이션의 전 과정에 대한 사물인터넷 기술 지원 서비스를 제공하는 것이 목적이다. ‘Smart Cities USA’는 반도체 기업 인텔(Intel)과 캘리포니아주 산호세(San Jose)의 민관 파트너십 프로젝트로, 인텔이 개발한 IoT 스마트시티 시범 플랫폼을 적용한 사례이다. 인텔과 산호세는 대기질 네트워크, 소음

및 미세기후 센서를 활용한 IoT 기반의 환경 인프라를 구축함으로써 시민의 삶의 질을 개선시키고 경제 성장과 클린 테크 분야의 고용창출을 기대하고 있다.

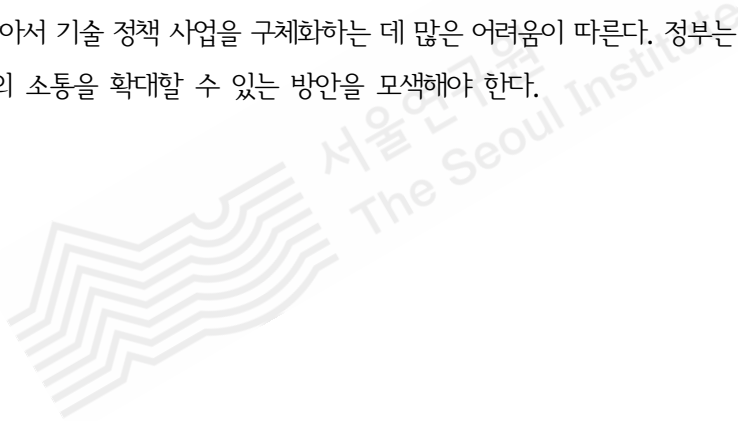
그 후 스마트아메리카 챌린지는 프로젝트 팀의 개별 연구 결과를 바탕으로 2014년 6월 11일, 워싱턴 DC 컨벤션 센터에서 주요 인사들이 발표하는 컨퍼런스와 학생 프리젠테이션을 포함한 「SmartAmerica Challenge EXPO」를 개최하여 대외적으로 홍보하였다. 스마트아메리카 챌린지는 민간기업의 경쟁력과 우수하고 풍부한 전문 인력을 바탕으로 시민들의 생활에 밀접한 각종 서비스들을 IoT, 인공지능 등 첨단 정보통신기술을 활용해 구현함으로써 '4차 산업혁명 시대'라는 구호에 어울리는 미국의 역량을 보여준 사례로 평가할 수 있다.

4) 소결

본 절에서는 4차 산업혁명과 관련된 해외 정부의 모범사례라 할 수 있는 독일의 '산업 4.0'과 미국의 '스마트아메리카 챌린지'의 주요 내용을 소개하였다. 정보통신 신기술을 정책에 활용하고자 하는 우리 중앙정부와 서울시는 향후 '4차 산업혁명'과 관련된 일련의 정책을 수립함에 있어 이러한 해외 사례들로부터 교훈을 얻을 필요가 있다. 첫째, 독일과 미국의 사례는 정책 수립 당시 자국의 상황에 대한 정확한 진단을 바탕으로 하고 있으며, 정책 수립의 이유와 배경을 명확히 밝히고 있다. 독일은 2008년 유럽 재정위기 이후 직면한 경기침체와 실업난으로부터 국가 경제 회복을 위해 '산업 4.0'을 통해 유럽 1위의 경쟁력을 갖고 있는 독일 제조업의 기술역량을 최대한 활용하고자 했다. 미국의 경우 ICT 기업이 세계 시장에서 괄목할 만한 실적을 거두고 있다는 자신감을 바탕으로 '스마트아메리카 챌린지'를 통해 시민들의 생활에 실질적으로 도움이 되는 서비스를 개발하겠다는 취지를 명확히 밝혔다. 우리나라의 경우, 다보스 포럼이나 알파고 등 대외적인 이슈로 인해 '4차 산업혁명'이란 용어 자체에 대한 관심이 높을 뿐, 앞으로 무엇을 할 것인가와 같은 방향성에 대한 논의가 별로 진전된 것이 없고, 배경과 원인에 대한 이해도 부족하다. 둘째, 독일과 미국의 경우 수량화된 목표치 제시 없이 현실에 대한 정확한 파악을 바탕으로 보다 본질적인 문제에 집중한 결과물을 보였다. 독일은 과학기술과 관련된 중장기 국가 전략을 수립하면서 독일의 산업적 배경과 철학을 충분히 반영하여 방향성을 제시하고, 작업그룹

의 분야와 주요 개발 프로젝트를 조직적으로 구성하였다. 미국도 실질적 성과를 얻을 수 있는 12개의 구체적인 프로젝트를 마련하였다. 우리나라의 경우 정책 수립 시 양적 목표에 치중하는 경향이 많으며, 그러한 목표치 또한 시장규모나 일자리 창출처럼 비현실적으로 통제가 가능하지 않은 변수를 설정하는 경우도 많다. 대부분의 경우 이렇게 설정된 목표는 달성 여부가 정책의 성공적인 실천과 무관한 경우가 많기 때문에 정부는 관성에서 탈피하기 위한 노력을 할 필요가 있다.

셋째, 이러한 사업의 구체화는 정부의 정책 취지를 충분히 이해하고 참여한 민, 관 관계자들이 서로 긴밀히 협력했고, 무엇보다도 사업을 구체화할 역량을 가진 과학 기술 분야의 전문가들이 역량을 발휘할 수 있었기에 가능했을 것으로 보인다. 다수의 전문가를 이미 정부 관료로 흡수했거나 현장 전문가들과 매우 긴밀한 소통을 했을 때 가능한 결과물들이라 할 수 있다. 우리나라의 경우 관료와 현장 사이의 괴리가 크고 충분한 소통이 이루어지지 않아서 기술 정책 사업을 구체화하는 데 많은 어려움이 따른다. 정부는 정부부처와 전문가의 소통을 확대할 수 있는 방안을 모색해야 한다.



04

4차 산업혁명 주요 핵심기술 현황

- 1_인공지능(Artificial Intelligence)
- 2_사물인터넷(Internet of Things)
- 3_블록체인(Blockchain)

04 | 4차 산업혁명 주요 핵심기술 현황

1_인공지능(Artificial Intelligence)

1) 개요

인공지능(artificial intelligence)이란 인간이나 동물의 지능을 의미하는 자연지능(natural intelligence)과 대비되는 말로, 기계에 의해 구현된 지능을 뜻한다. 특히 컴퓨터 과학에서 인공지능은 ‘지능을 가진 대리인(intelligent agent)을 연구하는 분야’로 정의되는데, 여기서 지능을 가진 대리인이란 주변 환경을 인지하고 그에 따라 설정한 목표 달성의 성공률을 최대화하는 행동을 하는 모든 장치를 말한다. 일반적으로 인공지능 기술은 4차 산업혁명의 핵심으로 평가받는다. 이는 인터넷 특히 소셜 미디어를 중심으로 축적된 대량의 디지털 데이터와 성능이 향상된 컴퓨팅 자원을 활용하는 과정에서 보여준 다양한 문제 해결 사례들이 전 세계적으로 대중적 관심을 집중시켰고, 이에 따라 클라우드 슈밥이 저서 ‘제4차 산업혁명’에서 미래의 변화를 가져올 대표적인 기술로 강조했기 때문이다. 인간은 누구나 힘든 노동으로부터 해방되기를 바라듯 인간의 지식노동을 대신해 줄 수 있는 기계의 출현 또한 인간의 오랜 바람이었고, 그 결과 컴퓨터의 발명은 곧바로 인공지능 개발에 대한 관심으로 이어졌다. 인공지능 연구의 역사는 매우 오래되었지만 부침을 거듭해 현재까지도 인간의 지능을 대신할 수 있는 기계의 출현은 요원한 상황이다.

인공지능의 발전단계는 네 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째 단계는 전자제품에 탑재된 단순 제어 프로그램으로, 현재 시판되는 청소기나 세탁기에 포함된 인공지능이 여기에 해당된다. 두 번째 단계는 극단적으로 많은 입·출력 데이터를 가진 경우에 추론, 탐색 및 지식 기반 판단이 가능한 경우를 말한다. 세 번째 단계는 추론의 구조 자체가 컴퓨터에 의해 자동적으로 이루어지는 경우로, 기계학습 알고리즘이 여기에 해당된다. 마지막으로 네 번째 단계는 판단을 위한 특징 자체를 스스로 학습하는 인공지능으로, 최근 인공지능 붐을 이끌고 있는 딥러닝이 여기에 해당된다.

역사적으로 인공지능 연구의 붐은 과거에 두 차례 있었고, 현재 세 번째 붐을 맞이했다.

인공지능 연구가 최근에 다시 주목을 받게 된 것은 인공지능 중에서도 기계학습 분야, 특히 딥러닝 분야에서 괄목할 만한 기술의 진보가 있었기 때문이다. 특히 최근에 소개되고 있는 인공지능 기술의 사례는 업무 생산성 및 삶의 질 향상에 기여하게 되리라는 낙관적 기대와 함께 가까운 시일 내에 현재 인간의 일자리를 상당 부분 대체할 수도 있다는 우려도 낚으면서 사회적 관심을 모으고 있다. 본 절에서는 4차 산업혁명과 관련된 기술의 실체를 보다 정확하게 파악하기 위해 최근의 인공지능 기술 현황에 대해 살펴보기로 한다.

2) 인공지능의 역사

(1) 인공지능의 시작

기계학습과 딥러닝의 개념을 이해하기 위해서는 그 이전의 인공지능 연구의 발전 과정을 먼저 살펴볼 필요가 있다. 인공지능 개발의 역사는 컴퓨터의 역사와 같이 한다. 세계 최초의 컴퓨터 ENIAC이 만들어진 것이 1946년이며, 학자들이 인공지능 연구의 출발점으로 삼는 것이 컴퓨터의 아버지이자 영국의 수학자인 앨런 튜링(Alan Turing)이 마인드(Mind)에 출간한 논문 “Computing Machinery and Intelligence”에서 처음으로 튜링 테스트의 개념을 소개한 것이 1950년이다. 당시의 컴퓨터 성능은 인공지능 이론을 실제로 구현하기에는 매우 뒤떨어지는 수준이었지만 하드웨어의 발전은 예견되어 있었던 만큼 활발한 연구가 있었다.

(2) 1차 인공지능 봄 - 다트머스 워크숍(Dartmouth Workshop, 1956)

첫 번째 인공지능 연구 봄은 1950년대에 시작되었다. 1956년 당시 인공지능 연구자의 선구자라 할 수 있는 컴퓨터 과학자들인 존 매카시(John McCarthy), 마빈 민스키(Marvin Lee Minsky), 앨런 뉴웰(Allen Newell), 허버트 사이먼(Herbert Alexander Simon)이 미국의 다트머스(Dartmouth) 대학교에서 만났던 다트머스 워크숍이 1차 인공지능 봄의 시작으로 본다. 여기서 ‘인공지능’이란 용어가 처음으로 사용되었다. 당시 인공지능 연구는 초창기였기 때문에 복잡한 문제를 푸는 것은 불가능했고, 학자들은 대신 제한된 조건을 가진 가상의 단순한 세계에서 문제를 해결하는 인공지능을 개발하는 데 관심을 가졌다. 이를 ‘장난감 문제(toy problem)’라 한다. 여기서 ‘하노이의 탑’ 문제나 오셀로, 체스

와 같은 게임에서 승률을 높이는 방법에 대한 연구가 진행되었다. 이 과정에서 경우의 수 연산을 체계화한 탐색트리 방식과 플래닝의 개념 등 장난감 문제의 주요 이론들이 개발되었다. 탐색트리는 미로에서 출구를 찾거나 하는 문제에서 발생하는 분기점을 모두 기억해 하나하나 검토해 나가는 방법으로, 하나의 분기점을 끝까지 탐색한 뒤에 다음 분기점으로 넘어가는 깊이우선 탐색(depth first search, DFS)과 첫 번째 단계에서 존재하는 모든 분기점을 먼저 확인한 뒤에 각각의 분기점별로 다음 단계의 분기를 밟아 나가는 너비우선 탐색(breadth first search, BFS)으로 나뉜다. 플래닝이란 스탠포드 대학교에서 개발한 인공지능 프로그램 STRIPS(Stanford Research Institute Problem Solver)에서 사용된 개념으로, 인공지능이 순차적으로 풀어야 하는 문제에서 전제조건과 행동 및 결과를 체계적으로 정리하는 방식을 말한다. 우리가 최근에 목격한 알파고의 바둑 또한 장난감 문제의 복잡한 형태 중 하나이다.¹²⁾ 탐색트리나 플래닝의 방법은 초기에는 간단한 장난감 문제를 해결함으로써 이를 확장해 보다 복잡한 형태의 문제 해결도 가능하리라는 기대가 있었지만, 얼마 지나지 않아 매우 제한된 상황이 아니면 제대로 작동할 수 없다는 지적이 나오면서 한계가 드러났다. 특히 마빈 민스키가 1969년에 저술한 책 <퍼셉트론>에서 이런 방식의 알고리즘은 매우 단순한 논리 문제인 XOR¹³⁾ 문제를 푸는 것이 불가능하다는 사실을 밝혔고, 미국정부가 인공지능 연구 현황을 모니터링해 발표한 ALPAC 리포트에서 전문가들이 “기계번역은 당분간 성과가 나오기 어렵다”는 의견을 피력한 이후 인공지능의 미래에 대한 대중의 전망은 부정적으로 바뀌었고, 이것으로 1차 인공지능 봄은 막을 내리게 된다.

(3) 2차 인공지능 봄 - 전문가 시스템, 온톨로지

1980년대 ‘전문가 시스템(expert system)’이라는 새로운 분야의 연구가 개척되고, 관련 기술이 현실 산업 영역에서 활용되기 시작하면서 두 번째 인공지능 봄이 시작되었다. 전문가 시스템이란 ‘한번 기억한 지식은 절대 잊어버리지 않는’ 컴퓨터의 장점을 활용한 방식

12) 체스나 바둑과 같은 천문학적 경우의 수를 가진 게임의 경우에는 고전적인 탐색트리나 플래닝 방법을 사용하는 것이 현실적으로 불가능하기 때문에 당시의 탐색트리와는 다른 방식의 알고리즘이 사용된다.

13) AND가 두 개의 인자 모두 참일 때 참을 도출하고, OR가 두 개의 인자 중 하나 이상이 참일 때 참을 도출하는 것과 달리 XOR(exclusive OR)은 두 개의 인자 중 오직 한 개의 인자만이 참을 가질 때 참을 도출하는 논리 연산자

으로, 지식을 끊임없이 컴퓨터에 입력함으로써 문제 해결능력을 향상시키고자 하는 방법이다. 다만 지식이란 단편적인 지식의 양만이 중요한 것이 아니라, 지식과 지식의 관계나 상위의 지식 안에서의 맥락 등 고려해야 할 요소가 매우 복잡하였기 때문에 이러한 지식의 구조화에 관한 연구가 주를 이루었다. 1964년에 미국에서 심리 치료 목적으로 개발된 대화 시스템인 이라이자(ELIZA)나 스탠포드 대학에서 개발된 MYCIN 등이 있다. 전문가 시스템 연구가 활발했던 2차 인공지능 봄 시기에는 지식의 구조화와 관련된 기술로 의미의 연결 구조를 만들기 위한 시멘틱 네트워크(semantic network), 개념화의 명시적인 사양을 만들기 위한 온톨로지(ontology) 연구 등이 활발하였다. 시멘틱 네트워크란 지식과 지식을 서로 연결하면서 그 연결된 관계를 명시하는 거대한 네트워크를 만드는 작업이라 할 수 있다. 이러한 분위기에 힘입어 1984년 더글러스 레나(Douglas Lenat)에 의해 시작된 사이크 프로젝트(Cyc Project)는 ‘모든 일반 상식을 컴퓨터에 입력’하는 것을 목표로 했다. 하지만 지식이라는 것이 모두 명확한 것은 아니고 모호한 것들도 많으며, 하나의 지식이 다양한 의미를 포함하고 있는데, 이들 중 특정 의미가 선택되는 상황을 지정할 수 없는 문제들이 제기되기도 하는 등 인간에게는 쉽고 단순한 문제임에도 불구하고 컴퓨터에서는 실제로 구현하기가 너무나 어려운 문제들이 끊임없이 발견되었다.

온톨로지 연구란 개념화의 명시적인 사양에 관한 연구로, 지식의 개념을 체계화시키는 것이다. 대표적으로 “...은 ...이다”라는 형태의 ‘is-a’와 “...은 ...의 한 부분이다”라는 형태의 ‘part-of’가 있다. 이러한 온톨로지 연구도 세부적으로 ‘인간이 적극적으로 지식 간의 상호관계를 찾자’는 취지를 반영한 헤비웨이트 온톨로지(heavyweight ontology)와 ‘컴퓨터가 알아서 관계를 찾게 해보자’는 취지의 라이트웨이트 온톨로지(lightweight ontology)로 분화되었다. 이 중 라이트웨이트 온톨로지 연구는 웹마이닝과의 적합성을 보여 일본에서는 국립정보학연구소의 다케다 히데야키와 게이오기주쿠대학 야마구치 다카하리가 제작한 웹개방형 연결데이터(LOD, linked open data)와 위키피디아를 바탕으로 라이트웨이트 온톨로지를 생성시킨 IBM의 Watson¹⁴⁾ 등의 성과가 도출되었다. 또한 일본국립정보학연구소는 2011년 라이트웨이트 온톨로지 연구에 대한 기대를 안고 인공지능

14) Watson은 2011년 미국 TV 퀴즈 쇼 제퍼디(Jeopardy!)에 참가해 역대 최고 상금 우승자인 브레드 러터, 최다연승 기록 보유자 켄 제싱스를 상대로 퀴즈 대결을 벌여 승리해 상금 100만 달러를 받았다.

능을 2021년까지 도쿄 대학에 합격시킨다는 목표로 인공지능을 개발하는 ‘토우로보군(東口ボくん) 프로젝트’를 출범시켰다. 개발 중인 인공지능으로 하여금 해마다 일본의 수학 능력평가 시험인 ‘대학입시 센터시험’을 실제로 치르게 했는데, 2014년 시험에서는 일본 사립 대학 전체의 80%에 해당하는 학교에 80%의 확률로 합격할 수 있는 수준의 성적을 올렸다.

온톨로지 연구를 바탕으로 한 전문가 시스템 인공지능은 Watson과 토우로보군과 같은 성과를 보였지만 다음과 같은 한계를 극복하지 못했다. 첫째, ‘프레임 문제’라 불리는 것인데, 전문가 시스템의 인공지능은 실제 문제를 접했을 때 갖고 있는 지식 중 어떤 것이 본 문제와 관련이 있는지를 판단하는 능력을 개발하지 못했다. 이는 보유한 지식의 양이 많을수록 더 큰 문제를 야기하였다. 둘째, ‘심볼 그라운드링 문제’라는 것으로, 컴퓨터는 ‘기호’의 의미를 알지 못하므로 기호와 의미를 결부시킬 수 없는 근본적인 단점이 있었다. 이러한 한계들로 인해 인공지능 연구는 다시 벽에 부딪혔으며, 1980년대 후반 이후 다시 침체기에 접어들었다.

(4) 3차 인공지능 붐 - 기계학습, 딥러닝

2017년 현재는 3차 인공지능 붐의 시기이다. 인공지능이 프레임 문제와 심볼 그라운드링 문제의 한계를 극복할 가능성을 보여주기 시작한 것은 기계학습이라는 새로운 영역에서의 연구 성과 덕분이다. 기계학습이란 인간의 학습과정을 모방하여 데이터를 통해 스스로 문제 해결 방법을 찾아내는 기술이다. 기계학습이 발달한 배경에는 오랜 시간에 걸쳐 꾸준히 진화해 온 패턴인식 기반기술의 발전과 인터넷의 보급으로 인해 폭발적으로 증가한 데이터가 있다. 다양한 언어로 된 텍스트 데이터가 축적됨에 따라 통계적 자연어 처리(statistical natural language process) 영역이 빠른 속도로 발전했는데, 이 또한 기계학습의 발전에 기여했다. 통계적 자연어 처리란 문법, 의미 구조를 생각하지 않고, 단지 기계적으로 번역되는 확률이 높은 것을 적용하는 방식인데, 대량의 텍스트 데이터가 축적되었기 때문에 성능이 향상될 수 있었던 기술이다.

기계학습의 근간은 데이터를 의미에 따라 분류해내는 능력을 배양하는 것으로, 지도학습(supervised learning)과 비지도학습(unsupervised learning)으로 구분된다. 지도학습

이란 올바른 분류 결과를 미리 보여주고 학습시키는 방법이며, 비지도학습은 분류결과를 보여주지 않고 데이터만 보여준 뒤 데이터에 내재된 패턴을 인공지능 스스로 찾게 하는 학습 방법이다. 기계학습의 성능 향상을 위해 다양한 분류 방법이 개발되었다. 먼저 최근 접 이웃(nearest neighbor) 방법은 가장 가까운 곳에 위치한 데이터의 분류를 따라가는 방법이고, 나이브 베이즈(naive Bayes)법은 특징마다 확률을 부여한 뒤 이를 곱해서 결론을 내리는 방식이다. 결정나무(decision tree) 방법은 속성의 차이에 따라 데이터를 나누는 방법으로, 속도가 빠르다는 장점이 있는 반면 애매한 조건을 설정할 수 없고 정밀도가 낮다. 서포트 벡터 머신(support vector machine) 방법은 구분선과 각 그룹 간의 간격을 최대로 나누는 방법으로, 높은 정밀도를 가지나 큰 용량의 데이터를 처리할 때 시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

그 중에서도 신경망(neural network), 또는 인공신경망(ANN, artificial neural network) 모형은 가장 주목받고 있는 기계학습 분류 방법이다. 신경망 모형이란 인간이나 동물의 신경 세포인 뉴런이 정보를 처리하는 원리를 모방한 것으로, 입력층(input layer), 은닉층(hidden layer), 출력층(output layer)으로 구성된다. 노드 단위별로 정보를 입력받아 임계값을 넘으면 1을 출력하고 넘지 못하면 0을 출력해 다음 노드로 전달하는 방식이다. 각 노드는 여러 개의 노드로부터 입력값을 받은 뒤 Sigmoid 함수로 결론을 도출하고 이를 다시 다음 노드로 전달한다. 노드는 입력값을 받은 노드들의 가중치를 학습 과정에서 변화시킴으로써 정확성을 높인다. 과거에 신경망 모형은 방대한 연산량 때문에 비효율적인 방법으로 간주되었으나, 하드웨어 및 병렬 분산처리 기술의 발달로 기술적 장벽이 극복되면서 딥러닝으로 발전하는 계기를 마련하였다. 신경망 모형의 연산은 컴퓨터의 CPU와 그래픽 데이터 처리를 목적으로 개발된 GPU를 동시에 활용한다. CPU가 빠른 연산에 장점을 가졌다면, GPU는 많은 양의 데이터를 처리하는 데 강점을 갖고 있기 때문이다. 신경망 모형은 영상인식 분야에 사용되는 CNN(convolutional neural network)과 자연어 처리에 사용되는 RNN(recurrent neural network)으로 분화되었다.

기계학습의 다양한 방법들이 연구되고 개발되었지만 특징설계(feature design) 부분에서 다시 한계에 직면했다. 어떤 특징을 인공지능에 학습시키느냐에 따라 기계학습의 성능은 큰 차이를 보이는데, 기계학습에서 그 특징은 결국 사람이 주는 방법밖에 없었다. 전문가

시스템의 한계였던 프레임 문제와 심볼 그라운드링 문제는 결국 기계학습에서 특징 문제로 수렴되었다. 딥러닝은 특징설계의 문제를 해결할 수 있는 열쇠로 주목받았다.

딥러닝이란 다수의 은닉층(hidden layer)을 가진 신경망을 이용하는 기계학습 인공지능 기술로, 오토인코더라는 정보 압축기를 이용해 ‘소멸하는 기울기(vanishing gradient) 문제¹⁵⁾’를 해결함으로써 가능해졌다. 기계학습 인공지능의 한 부류인 딥러닝은 2012년 ILSVRC(Imagenet large scale visual recognition challenge) 대회에 등장한 토론토 대학교 제프리 힌튼(Jeffrey Hinton)의 SuperVision의 활약에 힘입어 주목을 받기 시작했다. ILSVRC는 이미지를 인식하는 인공지능의 성능을 겨루는 대회로 2012년 이전까지는 약 26% 근방의 오차율에서 우승자가 결정되었는데, 2012년 대회에서 SuperVision은 15%대의 오차율로 우승하면서 대회 참가자들을 놀라게 하였다. 제프리 힌튼의 SuperVision은 딥러닝 알고리즘을 사용했으며, 데이터를 바탕으로 특징설계를 사람이 아닌 컴퓨터가 직접 한다는 차이점이 있었다. 신경망 알고리즘에서 여러 개의 은닉층을 포개는 아이디어인 딥러닝은 이미 오래 전에 제안된 바가 있었다. 그런데 성공하지 못했던 것은 소멸하는 기울기 문제(vanishing gradient problem)로 인해 기계학습의 핵심 과정이라 할 수 있는 오차역전파법의 전달이 제대로 이루어지지 않았기 때문이었다. 제프리 힌튼은 한 층씩 계층마다 학습시키고, 입력값과 완전히 동일한 데이터를 정답으로 제시하여 학습시키는 오토인코더(autoencoder)의 원리를 적용한 방법을 통해 소멸하는 기울기 문제를 해결하였다. 오토인코더를 적용한 기계학습은 은닉층을 몇 개까지라도 확장하는 것이 가능해졌고, 특징표현에 대한 고도의 추상화가 가능해짐으로써 인공지능 연구의 새로운 장을 열었다. 데이터 간 상관관계를 분석함으로써 특징표현 정보를 자동으로 찾을 수 있는데, 여기서 가장 많이 사용되는 방법은 통계학에서 사용되는 다변량 분석방법인 주성분 분석(principal component analysis)과 그 원리가 같다.¹⁷⁾ 구글은 2012년 이 방식을 도입해 비지도학습으로 고양이 이미지 인식에 관한 연구를 수행했다.¹⁸⁾ 이후 딥러닝은

15) 은닉층이 늘어날 경우에 오차역전파가 잘 전달되지 않는 현상

16) 인공지능의 분석 결과를 정답과 비교하여 맞거나 틀릴 때마다 가중치를 반복적으로 조정하여 인식의 정밀도를 올려가는 과정

17) 주성분 분석은 데이터의 분산을 최대화하는 선형 가중치를 찾아내는 방법인데, 딥러닝은 비선형의 방법을 사용하고 여러 층으로 겹친다는 점이 차이점이다.

기계학습 인공지능 분야에서 가장 각광받는 기술이 되면서 현재 세 번째 인공지능 붐을 이끌고 있다. 인공지능의 역사는 한계에 부딪혀 좌절하고, 다시 새로운 돌파구를 마련해 붐이 일어나는 과정이 반복되었다. 일본 도쿄 대학교 마쓰오 유타카는 딥러닝을 이용한 특징표현학습을 ‘인공지능의 역사에서 50년에 한 번 나올까 말까 한 혁명적인 돌파구’로 평가했다.

3) 인공지능 기술 현황

(1) 주요 글로벌 기업 및 국가별 인공지능 기술 개발 현황

인공지능 기술은 현재 기계학습과 딥러닝 기술을 중심으로 활발하게 연구되고 있으며, 특히 글로벌 ICT 기업이 투자에 열을 올리고 있다. 구글의 경우 딥러닝 연구의 선두 주자인 토론토 대학의 제프리 힌튼을 영입하여 심층신경망(DNN, deep neural network) 연구를 진행하고 있고, 딥러닝 기업인 DNN리서치, 딥마인드, 네스트를 차례로 인수했으며, 구글에서 자체 개발한 오픈소스 딥러닝 플랫폼인 텐서플로우(TensorFlow)를 공개하는 등 딥러닝 생태계를 이끌고 있다. 페이스북은 실리콘밸리와 뉴욕, 파리에 각각 페이스북 인공지능 연구소(Facebook AI Research, FAIR)를 설립하고, 구글에서 영입한 제프리 힌튼 대신 그의 제자인 뉴욕대학교의 딥러닝 전문가 얀 레쿤(Yann Lecun)을 영입했다. 또한 사람을 능가하는 안면인식 능력을 보이고 있는 딥페이스 서비스를 보유한 기술기업 페이스닷컴(face.com)을 인수하고 딥러닝 플랫폼인 토치(Torch)를 공개하는 등 활발한 행보를 보이고 있다. 마이크로소프트는 딥러닝 기반의 인공지능 개인 비서 코타나(Cortana)를 개발해 선보였고, 클라우드 서비스인 애저 기계학습(Azure Machine Learning)을 개발했으며, 자체 개발한 머신러닝 툴킷인 DMTK를 오픈소스로 공개했다.

딥러닝 연구는 국가적으로도 많은 지원을 받고 있다. 현재 딥러닝 연구에서 가장 앞서가는 나라는 캐나다이다. 캐나다 고등교육원(CIFAR)에서는 제프리 힌튼이 주도하여 파이썬 기반 딥러닝 라이브러리 Theano 0.1과 AlexNet을 개발했다. 미국은 NIH, DARPA, FDA,

18) 이때 사용된 뉴런 관계는 약 100억 개로, 1천 대의 컴퓨터와 1만 6천 개의 프로세서를 동원해 3일 동안 실행해 성공적인 결과를 도출했다고 알려져 있다.

NSF 등 R&D를 지원하는 연방기관을 중심으로 브레인 이니셔티브, 지능발전연구프로그램(IARPA), Open AI 등을 추진하고 있다. 일본의 경우 2015년 ‘로봇전략’을 발표했으며, 이화학연구소(RIKEN), 과학기술진흥기구(JST), 산업기술총합연구소(AIST), 인공지능 연구센터, 정보통신연구기구(NICT), 뇌정보통신융합연구센터 등 기관에서 인공지능 연구 개발을 추진하고 있다.

(2) 인공지능의 활용 현황

지금까지 발전한 인공지능의 연구 성과는 다양한 분야에서 활용되기 시작했다. 인공지능의 비즈니스 활용사례는 가까운 과거만 해도 인간의 노동을 대체할 것으로 상상하기 어려웠던 것들이기 때문에, 이러한 소식이 소개될 때마다 미래에 인간의 직업 상당수가 사라질 것이라는 우려가 생기기도 했다.

비즈니스에서 사용되는 다양한 컴퓨터화된 서비스들 중에서 어느 것을 인공지능으로 간주할 것인가에 대해서는 논란의 여지가 있는데, 인공지능을 ‘컴퓨터의 도움을 받는 의사결정’으로 그 의미를 확장하면 인공지능은 1980년대부터 폭넓게 사용되어 왔다고 보아도 무방하다. 금융 분야의 경우, 1980년대부터 컴퓨터 알고리즘에 의한 시스템 트레이딩이 존재했고, 2000년대 후반부터 고빈도거래(HFT, high-frequency trading)나 자동으로 포트폴리오를 구축할 수 있는 퀀트 투자(quant investing)가 있었다. 2010년대에는 투자 분석과 투자자문까지 인공지능으로 가능한 단계에 이르렀다. 일본 Kensho가 개발한 Warren은 인공지능 기반 투자자문 서비스를 제공한다.

유통산업의 경우 아마존과 알리바바가 대표적으로 인공지능을 활용하고 있으며, 다른 글로벌 유통기업들도 이미 도입했거나 현재 추진하고 있다. 아마존은 고객의 데이터로부터 구매 패턴을 분석하여 특정 고객의 상품 주문 시점을 예측하는 예측판매(predictive sales) 시스템을 운영하고 있으며, 에코와 대시 버튼을 통해 사용자 정보를 수집하고 있다. 알리바바는 사진을 찍어서 검색하면 해당 상품을 찾아 주는 타오바오 앱을 개발했다.

의료 분야에서의 인공지능은 활용 가능성이 높은 것으로 평가되고 있다. 다양한 디지털 의료 정보가 있고, 이에 대한 패턴 분석의 수요가 크기 때문이다. 다만 의료 정보의 분석은 고도의 전문성을 요하는 작업이므로 전문의를 대체할 수 있는 의료패턴 인식 기술은

현재까지 등장하지 않고 있다. 의료영상의 패턴을 분석하는 기술을 개발하는 기업으로 스타트업 엔리틱(Enlitic)이 있다. 퀴즈쇼 ‘Jeopardy!’에 출연하여 화제가 됐던 IBM의 Watson은 뉴욕 메모리얼 슬론 케터링 병원에서 의학논문 분석 업무에 활용되고 있다. 또다른 스타트업인 23andMe와 딥게노믹스(DeepGenomics)는 독자적 기술로 개발된 알고리즘을 이용, 유전자 분석을 수행한다.

인공지능이 사람 대신 기사를 작성하는 로봇 저널리즘은 실제로 언론사에서 활용되고 있다. 특히 정량화된 데이터를 중심으로 전형적 스타일의 문장이 많이 사용되는 금융 뉴스에서 많이 사용된다. 인공지능 기업 내러티브사이언스(Narrative Science)는 포브스지에서, 오토메이트드 인사이트(Automated Insight)는 미국 연합통신(AP)에서 각각 인공지능을 이용해 작성한 기업실적 분석 기사를 제공하고 있으며, 우리나라의 경우 파이낸셜뉴스에서 FnBot이란 기사작성 프로그램이 사용되고 있다.

법률분야의 인공지능 기업도 존재한다. 블랙스톤 디스커버리(Blackstone Discovery)는 법률자료를 판독하는 인공지능 서비스를 제공한다. 주로 노동집약적인 법무 자료를 조사하는 데 활용된다고 한다. 또다른 법률 인공지능 기업인 Judicata는 판례 탐색 및 분석에 인공지능을 활용한다.

4) 소결 - 인공지능 기술의 전망과 시사점

인공지능 기술은 금융, 유통, 의료, 언론, 법률 등 분야에서 실제로 활용되고 있으며, 앞으로 이용 분야는 더욱 늘어날 전망이다. 특히 유통 분야를 제외하면 인공지능은 지식기반 산업에서 가장 많이 활용되고 있는 것으로 나타나고 있다. 이는 인공지능 기술 자체가 지적 활동을 목적으로 하고 있기 때문이고, 특히 이 분야에 고임금 직종이 많아 대체 유인도 크기 때문이다.



[그림 4-1] 인공지능 기술의 발전 시나리오

출처: 마쓰오 유타카, 「인공지능과 딥러닝」, p.217

현재의 인공지능 개발 현황으로 미루어 짐작해 보면, 인공지능 기술개발이 심화되면 지금보다 더 복잡한 인간의 지적 활동에 대한 대체가 점차 가능해질 것으로 예상된다. [그림 4-1]에 나타난 시나리오는 후반으로 갈수록 기계로 구현하기 어려운 인간의 지적 활동을 표현하고 있다. 현재 구현되지 못한 능력은 미래의 어느 시점에 실현 가능할 것인지를 지금 예측하는 것은 어려우나 관련 분야 전문가들의 의견을 종합하면 대략적인 예측은 가능할 것으로 보인다. 관련된 조사는 다음 절의 델파이조사에서 다루었다.

인공지능 기술은 지식노동 분야에서 생산성 향상과 삶의 질 개선이라는 긍정적 영향이 기대되는 반면 노동시장이 급격하게 변화하여 사회 혼란이나 대규모 실업 사태가 발생할 우려도 존재한다. 이에 대비하기 위해서는 장기적으로 고용 불안을 해소할 수 있는 고용 정책 및 복지정책의 도입을 고려할 필요가 있으며, 인공지능의 고용효과를 측정하기 위한 기술 발전의 면밀한 모니터링이 병행되어야 한다.

2_사물인터넷(Internet of Things)

1) 사물인터넷의 개념과 유형

사물인터넷(Internet of Things)이라는 용어는 MIT대학의 Auto-ID Center 설립자 Kevin Ashton이 1999년에 최초로 사용하였다. 당시 Ashton은 RFID(Radio-frequency identification)와 센서들을 활용하여 모든 사물을 식별하고 인터넷을 연결하면 일상생활에 큰 변화를 가져올 것이라고 보았다(Wikipedia).

이후 국제통신연합(ITU)이 2005년 보고서를 통해 사물인터넷의 개념 및 기술을 구체화시켰다. ITU는 사물인터넷을 “사물에 통신 모듈을 탑재하여 유선 또는 무선 네트워크로 연결하여 사물-사물, 사람-사물 간 정보를 교환하거나 소통할 수 있도록 하는 지능형 인프라”라고 정의하였다(ITU, 2005).

현재는 다양한 기술과 서비스들이 등장하게 되면서 사물인터넷의 개념과 범위가 넓어지고 있다. 사물 간의 연결을 의미하는 사물통신(M2M)은 기기중심적 관점이었다면, 사물인터넷(IoT)은 사물들에 데이터 수집 및 지능이 더해진 서비스 지향적 접근까지 확대되었다고 볼 수 있다(산업통상자원부, 2014; 김진덕 외, 2016)

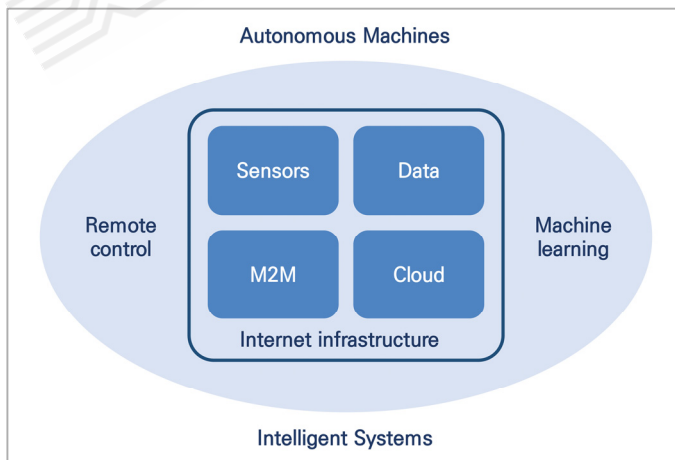
사물인터넷 생태계는 크게 ‘디바이스 분야’와 ‘서비스 분야’ 두 가지로 구분할 수 있다. 디바이스 분야는 반도체, 센서, 통신 모듈, 단말기의 4가지 유형으로 구성되고, 서비스 분야는 플랫폼, 서비스, 통신의 3가지 유형으로 구성된다(산업통상자원부, 2014). 이 생태계 안에서 사물인터넷의 유형과 관련 업체 현황을 다음 [표 4-1]과 같이 정리할 수 있다.

[표 4-1] 사물인터넷 생태계

유형		구성분야	업체 유형	해당업체
디바이스	반도체	무선송수신칩 MCU	칩벤더	Qualcomm, Intel, ARM, Texas Instruments, 삼성전자, LG전자, SK하이닉스, 삼성전기 등
	센서	센서		
	통신모듈	IoT모듈	통신모듈 단말업체	Cinterion, Wireless, Telit, Apple, Google, 삼성전자, LG전자, SK하이닉스, 삼성전기 등
	단말기	단말기		
서비스	플랫폼	플랫폼 서비스 업체	IoT 플랫폼 SW, IoT 종합관리 솔루션	IBM, Cisco, Oracle, Google, Axeda, AT&T, SKT, LGU+, LGCNS 등
	서비스	네트워크 서비스 업체	전문 IoT 서비스	Verizon, AT&T, Sprint, T-Mobile, 한국전력, 한국도로공사, 현대차, 포스코 ICT, 삼성, LG 등
	통신		유무선 네트워크	Verizon, AT&T, Sprint, T-Mobile, NTT, China Mobile, SKT, LGU+, KT 등

자료: 산업통상자원부, 2014, [표 2-2]와 [표 2-3]을 재구성

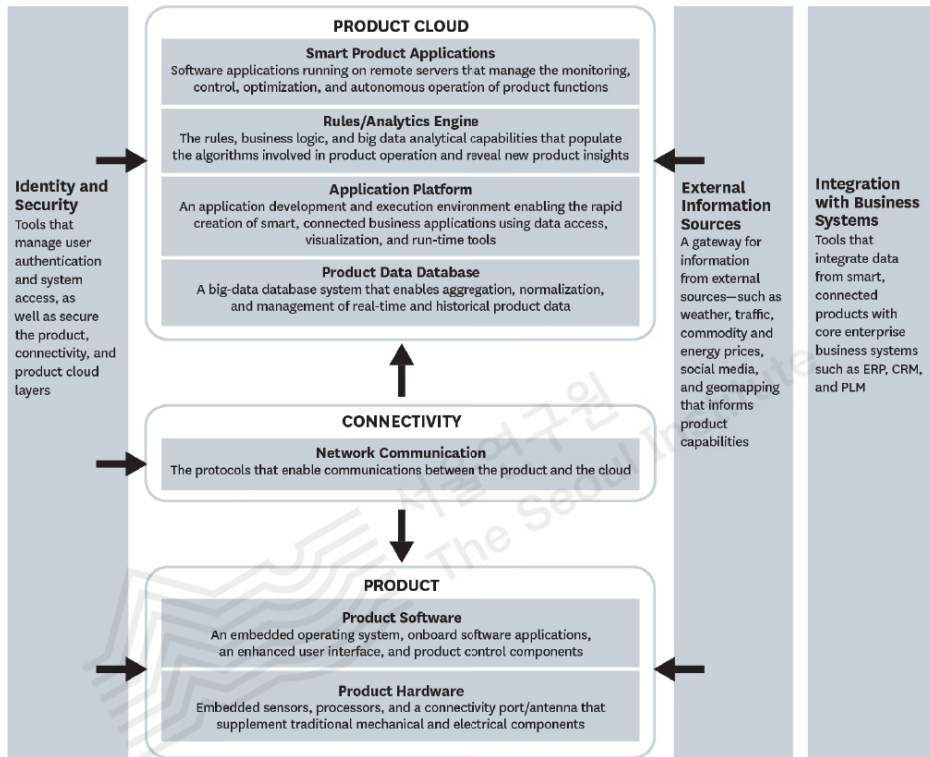
한편 OECD(2016)는 사물인터넷 생태계를 구성하는 주요소로 data analytics, cloud computing, data communication, sensors의 4가지를 꼽았다. 특히 클라우드와 데이터 분석기술은 머신러닝의 응용이 결합된 것으로 새로운 차원의 인공지능 기술로 평가될 수 있다고 보았다.



[그림 4-2] 사물인터넷 생태계의 주요 구성요소

자료: OECD, 2016

Miller(2015)는 사물인터넷을 구성하고 있는 기술적인 요소를 기기, 통신 네트워크, 소프트웨어 세 가지로 보았다. Porter와 Heppelmann(2014)도 기술들의 구성요소를 다음과 같이 정리하였다. Miller가 꼽은 위의 세 가지 핵심요소에 ‘인증 및 보안기술, 외부의 정보 소스, 기업시스템과의 통합’이라는 요소를 더하여 보다 체계적으로 구성하였다.



[그림 4-3] 사물인터넷의 기술적 구성요소

자료: Porter와 Heppelmann, 2014(최병삼 외, 2016 재인용)

영국 정부의 보고서(2014)에서는 사물인터넷 생태계의 구성요소를 크게 하드웨어와 소프트웨어로 구분하였다. 하드웨어는 단순한 센서부터 스마트폰, 웨어러블 기기에 이르기까지 다양한 기기들(4G나 LTE, Wi-Fi, Bluetooth 등의 네트워크 연결이 가능한 기기)이 포함된다. 소프트웨어를 구성하는 요소는 데이터 저장 플랫폼, 분석 프로그램들이 있다. 해당 보고서에서는 생태계를 구성하는 요소들이 결합되어 서비스를 제공해야만 비로소 사물인터넷의 진정한 가치가 발현된다고 보고 있다.



[그림 4-4] 사물인터넷의 생태계

자료: UK Government, 2014

또한 영국 정부는 사물인터넷의 기술적 동인 4가지로 센서 기술의 발달, 통신 기술의 발달, 데이터 관리 및 저장기술의 대중화, 데이터 분석기술의 발달을 꼽았다(최병삼 외, 2016).

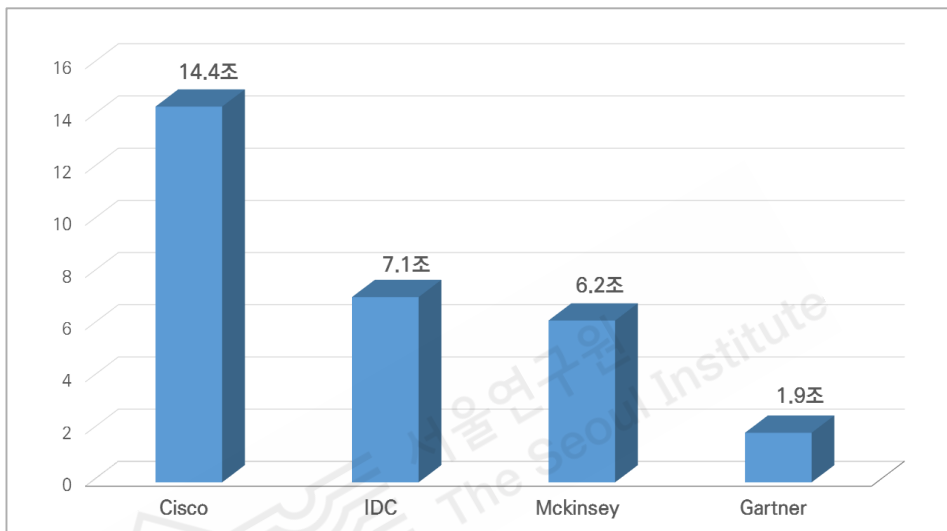
[표 4-2] 사물인터넷의 기술적 동인

구분	내용
센서 기술의 발달	센서, 컨트롤러 등의 소형화, 프로세서 및 센서 등의 저가화
통신 기술의 발달	유선, 와이파이, 모바일 등의 확충
데이터 관리 및 저장기술의 대중화	클라우드, 오픈소스 보급으로 데이터 관리 및 저장비용 감소
데이터 분석기술의 발달	인공지능 기술과 알고리즘의 활용범위 확대

자료: 최병삼 외, 2016, [표 2-1]을 재구성(원자료: UK Government, 2014)

2) 국내외 사물인터넷 시장 현황

사물인터넷 시장 규모에 대해서는 조사기관마다 다양한 전망을 하고 있다. Cisco는 2020년에는 인터넷 연결 장치의 사용 건수가 500억 건, 시장규모는 14.4조 달러에 달할 것으로 예상하고 있다. 2025년의 사물인터넷 세계시장 규모를 Mckinsey는 6.2조 달러, Gartner는 1.9조 달러로 전망하고 있다(WCP, 2015; UK Government, 2014).

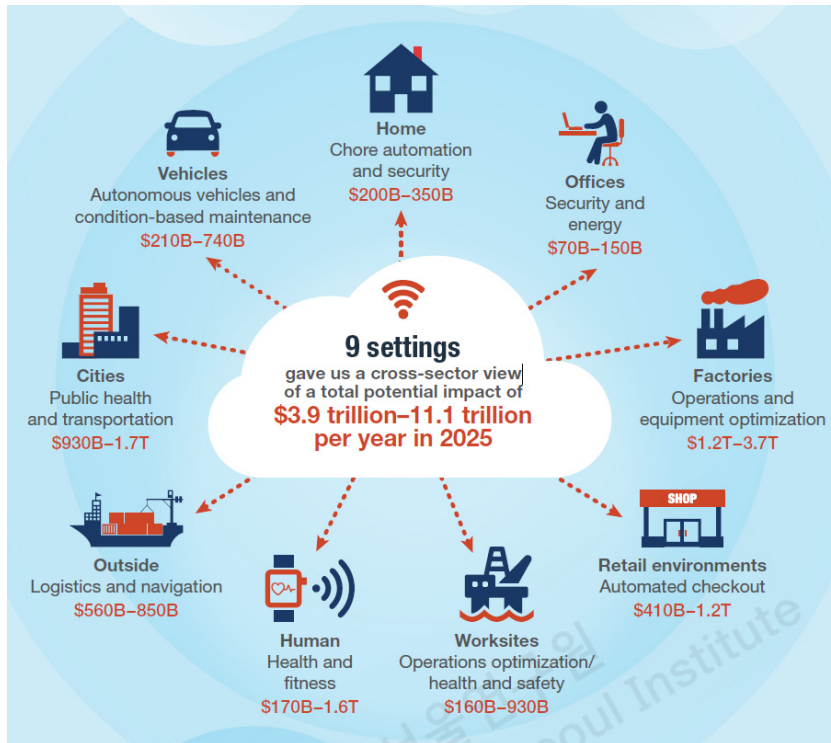


[그림 4-5] 기관별 2020년 사물인터넷 세계시장 규모 전망치

자료: WCP와 UK Government를 활용해 재구성

한편 Mckinsey & company는 사물인터넷 시장이 2025년까지 연간 3.9조~11.1조 달러까지 성장할 것이며, 사물인터넷의 경제적 가치는 2025년 세계 경제의 약 11%에 달할 것이라고 전망하였다(Mckinsey & company, 2015).

또한 Mckinsey & company는 사물인터넷 시장을 가정(Home), 직장(Offices), 공장(Factories), 소매(Retail environments), 작업장(Worksites), 건강(Human Health and Fitness), 물류(Outside Logistics and navigation), 도시(Cities) 총 9개 부문으로 분류하였다. 9개 부문 중에서도 큰 성장이 예상되는 것은 공장, 도시, 건강, 소매 부문이다.



[그림 4-6] Mckinsey & company의 9개 시장부문별 전망

자료: Mckinsey & company, 2015

공장(Factories)부문에서 사물인터넷은 운영 최적화(Operations optimization), 재고관리(Inventory optimization), 건강 및 안전을 향상시킬 수 있어 제조 시설에서 유용하게 활용될 수 있다. 특히 에너지 절감이나 노동 효율성을 높일 수 있다. 공장에서 사물인터넷을 도입할 경우 2025년 연간 1.2조~3.7조 달러의 경제적 효과가 있을 것으로 예상된다. 도시(Cities) 부문은 공중보건, 안전, 교통 통제, 공공자원 관리 등에서 사물인터넷이 활용될 수 있으며, 2025년 연간 9,300억~1.6조 달러의 경제적 효과가 있을 것으로 전망된다. 건강(Human Health and Fitness)부문의 시장에서 사물인터넷은 웨어러블 장치를 통한 질병 모니터링 및 관리, 원격진료 등을 통해 시장의 경제적 효과가 약 1,700억~1.7조 달러에 이를 것이며, 소매(Retail environments)부문도 사물인터넷 활용으로 계산의 자동화, smart CRM, 재고관리 및 레이아웃 최적화를 통해 약 4,100억~1.2조 달러의 경제적 효과가 있을 것으로 기대된다.

한국의 사물인터넷 시장은 현재 기술발달과 함께 도입이 구체화되는 시기로서 2021년까지 연평균 16%대의 성장이 유지될 것으로 전망하고 있다(김경민, 2017).

국내 사물인터넷 사업을 영위하는 사업체들의 현황을 파악하고자 매년 실시하는 과학기술정보통신부의 '사물인터넷산업 실태조사' 결과를 보면, 종사자 수가 10인~49인 규모의 사업체가 50% 이상이었다. 플랫폼 분야는 다른 분야들에 비해 종사자 수가 1인~9인인 소규모 업체가 33% 이상으로 많았으며, 네트워크 분야는 큰 규모의 업체(종사자 수 50인~299인, 300인 이상)가 25% 이상으로 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

[표 4-3] 국내 사물인터넷 사업체 수(사업장 규모 및 사업분야별)

(단위 : 개, %)

연도	사업장 규모	사업체 수	합계	플랫폼	네트워크	제품기기	서비스	
2015	합계	사업체 수	1,212	168	174	319	551	
		비율(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	1인~9인	사업체 수	359	57	38	101	163	
		비율(%)	29.6	33.9	21.8	31.7	29.6	
	10인~49인	사업체 수	623	89	93	162	279	
		비율(%)	51.4	53.0	53.4	50.8	50.6	
	50인~299인	사업체 수	201	20	34	52	95	
		비율(%)	16.6	11.9	19.5	16.3	17.2	
	300인 이상	사업체 수	29	2	9	4	14	
		비율(%)	2.4	1.2	5.2	1.3	2.5	
	2016	합계	사업체 수	1,991	187	224	491	1,089
			비율(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1인~9인		사업체 수	472	63	46	128	235	
		비율(%)	23.7	33.7	20.6	26.1	21.6	
10인~49인		사업체 수	1,148	99	117	265	667	
		비율(%)	57.6	52.9	52.2	54.0	61.2	
50인~299인		사업체 수	322	22	48	88	164	
		비율(%)	16.2	11.8	21.4	17.9	15.1	
300인 이상		사업체 수	49	3	13	10	23	
		비율(%)	2.5	1.6	5.8	2.0	2.1	

자료: 과학기술정보통신부, 사물인터넷산업실태조사, 2015~2016

사물인터넷 업체들의 매출액은 2014년 약 3조 7,596억 원에서 2016년 약 5조 7600억 원까지 크게 성장하였다. 2016년 매출액 중에서 가장 큰 비중을 차지한 사업은 제품기기 분야로 전체 매출액의 52.2%(약 3조 원)였고, 그 다음 매출액이 높은 분야는 플랫폼(23.6%, 약 1조 3,628억 원)이었다. 종사자 규모별로는 종사자 수가 50인~299인인 사업체 매출액이 40.6%로 가장 많았으며, 1인~9인인 사업체는 7.5%에 불과하여 소규모 사업체들의 매출실적이 저조함을 알 수 있다.

[표 4-4] 국내 사물인터넷 사업분야별 관련 업체들의 매출액

(단위 : 백만 원, %)

연도	2014		2015		2016	
합계	3,759,684	100	4,670,925	100	5,760,393	100
플랫폼	542,782	14.5	598,095	12.8	771,565	13.4
네트워크	1,189,140	31.6	1,226,191	26.2	1,362,858	23.6
제품기기	1,505,221	40	2,343,757	50.2	3,005,154	52.2
서비스	522,541	13.9	502,882	10.8	620,816	10.8

자료: 과학기술정보통신부, 사물인터넷산업실태조사, 2014~2016

[표 4-5] 국내 사물인터넷 사업장 규모별 관련 업체들의 매출액

(단위 : 백만 원, %)

연도	2014		2015		2016	
합계	3,759,684	100.0	4,670,925	100.0	5,760,393	100.0
1인~9인	202,648	5.4	359,825	7.7	430,575	7.5
10인~49인	1,349,921	35.9	1,817,474	38.9	2,212,492	38.3
50인~299인	1,940,515	51.6	1,848,164	39.6	2,336,190	40.6
300인 이상	266,600	7.1	645,462	13.8	781,136	13.6

자료: 과학기술정보통신부, 사물인터넷산업실태조사, 2014~2016

사업분야별 개발인력 수(기술 개발과 무관한 직무는 제외)는 서비스 분야가 가장 많았으며, 그 다음으로 제품기기, 네트워크, 플랫폼 순이었다. 2016년 서비스 분야의 개발인력 수는 26,554명이었고 그 중 숙련도가 고급 수준인 인력은 22.1%에 불과한 반면, 초급 수준의 인력은 48.2%였다. 이처럼 숙련도가 고급 수준인 인력이 초급 수준 인력의 절반에 그치는 현상은 모든 사업분야들에서 나타났다. 따라서 사물인터넷 사업을 활성화하기 위해서는 향후 전문성 높은 개발인력을 양성하려는 노력이 필요함을 알 수 있다.

[표 4-6] 국내 사물인터넷 사업분야별 개발 인력 수

(단위 : 명, %)

연도	사업체 수	합계	초급	중급	고급
2014	합계	21,826(100.0)	7,303(33.5)	9,204(42.2)	5,319(24.4)
	플랫폼	2,996(13.7)	813	1,042	1,141
	네트워크	4,941(22.6)	2,355	1,936	650
	제품기기	4,111(18.8)	1,930	1,235	946
	서비스	9,778(44.8)	2,205	4,991	2,582
2015	합계	50,428(100.0)	23,371(46.3)	15,180(30.1)	11,877(23.6)
	플랫폼	4,603(9.1)	2,339	1,318	946
	네트워크	6,559(13.0)	3,031	2,081	1,447
	제품기기	13,232(26.2)	5,448	4,042	3,742
	서비스	26,034(51.6)	12,553	7,739	5,742
2016	합계	51,377(100.0)	23,742(46.2)	15,485(30.1)	12,150(23.6)
	플랫폼	4,640(9.0)	2,360	1,314	966
	네트워크	6,905(13.4)	3,107	2,211	1,587
	제품기기	13,278(25.8)	5,472	4,086	3,720
	서비스	26,554(51.7)	12,803	7,874	5,877

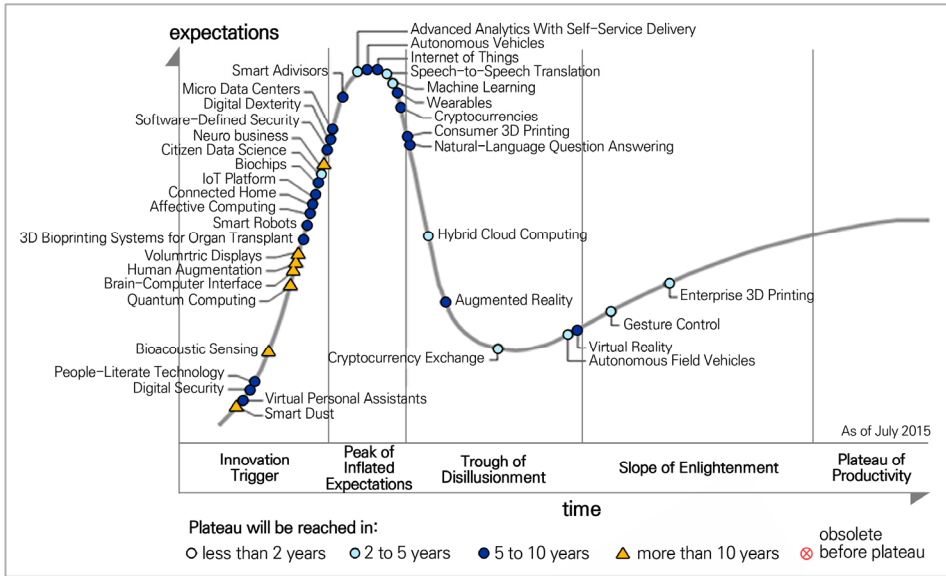
자료: 과학기술정보통신부, 사물인터넷산업실태조사, 2014~2016

3) 사물인터넷 기술발전 동향

(1) 사물인터넷의 기술적 전망

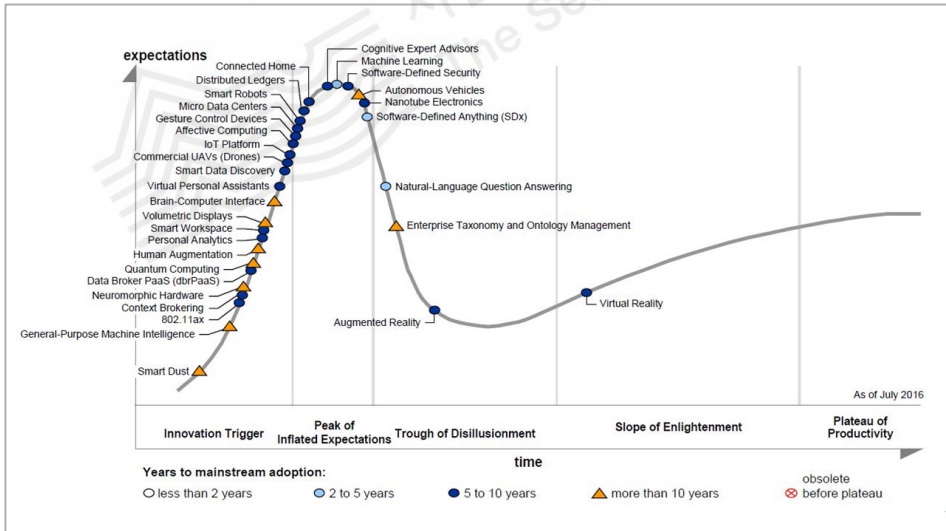
사물인터넷과 관련 기술들에 대한 전망을 Hype Cycle로 표현한 Gartner의 보고서에 의하면, 2015년에는 사물인터넷 기술이 지나친 관심을 받던 거품시기(Peak of Inflated Expectation)였으며, IoT 플랫폼, Connected Home은 기술의 태동기(Innovation trigger)였다. 한편 웨어러블, 자율주행차, 3D프린팅 기술은 관심이 제거되는 시기(Trough of Disillusionment)였다.

2016년에 들어서면서 IoT 플랫폼은 Connected Home, 분산원장기술(Distributed Ledgers) 등과 함께 관심이 고조되는 거품시기(Peak of Inflated Expectation)에 접어들었다. IoT 플랫폼이 안정기(Plateau of Productivity)에 접어들기까지는 5~10년 정도 걸릴 것으로 전망했다(Gartner, 2016).



[그림 4-7] 신기술의 Hype Cycle, 2015

자료: Gartner, 2015



[그림 4-8] 신기술의 Hype Cycle, 2016

자료: Gartner, 2016

(2) 사물인터넷 기술의 활용 분야

○ 스마트홈(smart home)

스마트홈은 가정에서 쓰이는 기기들이 통신망에 연결되고 지능화되어 새로운 서비스를 제공하는 기술을 의미한다(전해영, 2016). 또한 스마트홈은 “인간이 거주/생활하는 공간 및 기기에 ICT를 접목하여 편리, 안전, 경제, 즐거움 등의 가치를 제공해주는 기술 및 서비스 환경”으로 정의되기도 한다(한국스마트홈산업협회, 2015). 여기에서 말하는 편리의 의미는 우리가 생활하는 데에 필요한 청소, 요리, 조명, 환기 등을 쉽게 하도록 해주는 것이며 스마트 가전이나 홈 오토메이션이 이에 해당된다. 그밖에도 안정성을 높여주는 홈시큐리티, 에너지 절감 등을 통해 경제성을 높여주는 스마트 그린홈, 우리에게 즐거움을 제공하는 홈엔터테인먼트 등 다양한 가치를 창출하는 산업들이 존재한다(한국스마트홈산업협회, 2015).

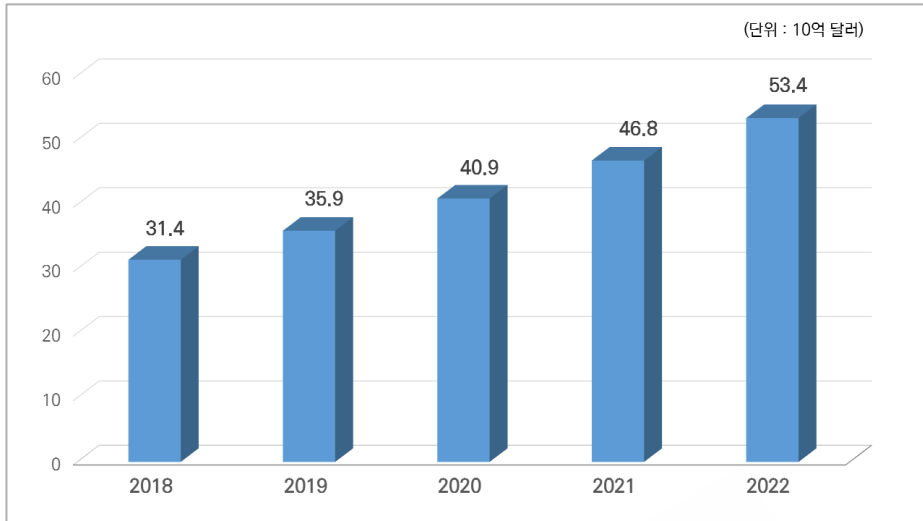
[표 4-7] 스마트홈 산업 및 제품

제공가치	대분류	중분류	제품 및 서비스
편리성	스마트 융합가전	생활가전	스마트 세탁기, 시스템 에어컨, 스마트 보일러, 스마트 환기시스템, 스마트 공기청정기, 스마트 가습/제습기, 로봇청소기 등
		조명기기	스마트 LED/친환경 조명, 스마트 건강/감성 조명 등 기능성 조명
		주방기기	스마트 식기세척기, 스마트 밥솥, 스마트 오븐/정수기, 스마트 냉장고, 스마트 전자레인지 등
		헬스케어/웰니스	스마트 운동기기(피트니스), 스마트 활동량계, 스마트 베드, 스마트 미러, 스마트 알람, 스마트 요양, 기타 스마트 홈 헬스케어/웰니스 서비스 등
		기타 융합가전	스마트 퍼니처, 스마트 윈도우 등 스마트 라이프 지원 기기 등
홈 오토메이션	홈 오토메이션	주택단지 공용부 기기	공동현관기, 경비실기, 주차관제, 원격검침, 무인택배, 공용부 CCTV, 승강기호출, 공용부 헬스케어기기, 위치 인식 시스템, BEMS 기기, 주차장 EV 충전시스템, ESS, 공용부 조명 등
		댁내 기기	홈게이트웨이, 월패드, 홈패드 제어기, 감지기, 서버폰 등
		스마트홈 단지 운영 관리서비스	홈컨트롤, 주택단지 공용부, 커뮤니티 정보, 스마트홈 유지관리 등

제공가치	대분류	중분류	제품 및 서비스
안정성	스마트홈 시큐리티	보안 영상 및 저장장치	CCTV 카메라, DVR, IP 영상, 보안기능 탑재 로봇 등
		기타 홈시큐리티 기기	스마트 디지털 도어록, 가정용 바이오(지문, 홍채, 얼굴 등) 인식기기, 출입감지기, 스마트 방재 관련 기기(가스 누출, 수도 누출, 화재 경보), 온도 감지/제어기 등
		홈시큐리티 서비스	출동경비, CCTV관제서비스, 방재서비스(화재안전 관리, 가스누출관리) 등
경제성	스마트 그린홈	가정용 에너지 절약기기/솔루션	스마트 미터기/인홈디스플레이(IHD), 검침기(AMR), 가정용 소형 에너지 저장 장치(ESS), 가정용 충전소, 대기 전력차단장치, 스마트 플러그 등
		가정용 에너지 절약서비스	홈에너지관리시스템(HEMS), 스마트홈 기반의 에너지 모니터링 및 관리서비스 등
즐거움	스마트 TV & 홈엔터 테인먼트	스마트TV 및 서비스, 앱/주변기기	스마트TV 기기 및 서비스, OTT 셋톱박스(STB), 스마트 미디어 플레이어, 스마트 콘트롤러, TV 앱(IPTV, 스마트 TV), 스마트TV 게임, 헬스 자전거 등 TV 주변기기 등
		스마트 미디어 서비스	IPTV, DCATV, OTT 서비스, 양방향 쇼핑 등
		게임 콘솔	게임 콘솔(Xbox, PS, Wii 등) 및 콘솔용 게임 소프트웨어 등
		오디오 등 기타 홈 엔터테인먼트 기기	스마트 오디오, 스마트 스피커, 홈시어터, 스마트 감성 음향 등
		기타 융복합 기기 및 서비스	스마트 토이, 소셜 홈로봇, 스마트홈엔터테인먼트 기기 기반의 융복합 서비스 등

자료: 한국스마트홈산업협회, 2015

세계 스마트홈 시장의 규모는 2018년 약 314억 달러로 예상되며, 2022년에는 약 534억 달러에 이를 전망이다(Statista). 국내 스마트홈 시장은 2015년 10조 원을 넘어섰고, 2019년에는 20조 원을 넘어설 것으로 예상된다(한국스마트홈산업협회, 2015).



[그림 4-9] 세계 스마트홈 시장 규모 전망치

자료: Statista([statista.com/statistics/682204/global-smart-home-market-size/](https://www.statista.com/statistics/682204/global-smart-home-market-size/))

[표 4-8] 국내 스마트홈 시장 전망

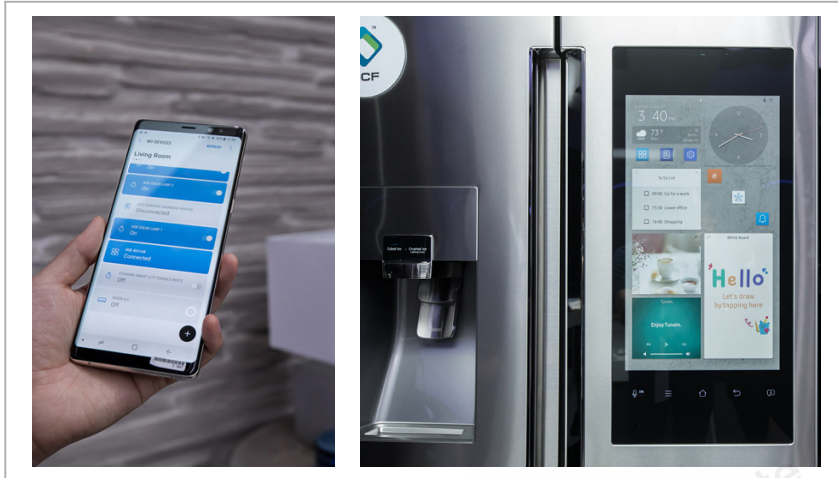
(단위: 만 원)

산업 구분	2015	2016	2017	2018	2019
융합가전	30,690	35,294	42,353	55,059	81,853
홈오메이션	3,550	4,083	5,537	9,936	14,149
스마트홈시큐리티	7,520	9,790	19,411	29,562	36,143
스마트 그린홈	1,179	1,355	1,559	1,870	2,245
스마트 TV & 홈엔터	58,001	60,901	63,946	70,340	77,374
계	100,940	111,422	132,806	166,767	211,763

자료: 한국스마트홈산업협회, 2015

우리나라의 대표적인 스마트홈 제품 기업은 가전업체인 삼성, LG 등이며 통신업체로는 SK텔레콤이 있다. 삼성전자의 대표적인 스마트 가전제품인 ‘패밀리허브’ 냉장고는 음성인식을 기반으로 하는 인공지능 기능을 적용한 제품으로, 음성을 통해 식자재 주문이나 레시피 검색이 가능하다. 냉장고뿐만 아니라 로봇청소기, 세탁기 등의 여러 제품들을 연결하여 제어할 수 있도록 개발해 나가고 있다. 기기의 종류나 운영체제와 상관없이 클라우드를 기반으로 하나의 애플리케이션을 통해 제품들을 제어할 수 있는 ‘삼성커넥트’를 개

발하였다. 삼성 스마트폰에서 삼성커넥트 애플리케이션을 이용하여, 집안 조명을 조절하거나 냉장고 안의 식재료를 확인할 수 있다.



[그림 4-10] 삼성전자의 패밀리허브와 삼성커넥트 활용 장면

자료: 삼성전자 공식 홈페이지(뉴스룸)

국내 통신회사인 SK텔레콤은 음성인식 스피커 ‘누구(NUGU)’를 출시하여 스마트 가전제품들을 제어할 수 있는 서비스를 제공하고 있다. 가전제품 업체들뿐 아니라 건설회사들과 협력하여 아파트 내 스마트홈 서비스를 확대해나가고 있다. 스마트폰 또는 집안 월패드로 아파트 내 엘리베이터, 공용출입문, 조명, 난방, 가전제품 등을 통합적으로 제어할 수 있고, 전가수도에너지 사용량을 확인할 수 있다(SK텔레콤 공식홈페이지).

○ 스마트카(Smart car)

스마트카(Smart car)는 차량에 무선통신망을 연결하여 교통 정보, 인터넷 서비스 등을 제공하는 ‘텔레매틱스(Telematics)’와 차량 위치 및 운행상태 등을 파악하는 지능형 교통 시스템 ‘ITS(Intelligent Transportation Systems)’의 서비스들을 통합하여 보다 다양하고 능동적인 서비스를 제공하는 자동차이다(김승찬·노광현, 2011). 좁은 의미로는 커넥티드카(connected car)로도 볼 수 있으나, 넓게는 무인자동차까지 포괄하는 것으로도 이해할 수 있다(최운정·성민현, 2015). 커넥티드카(Connected car)는 무선랜이 장착되어

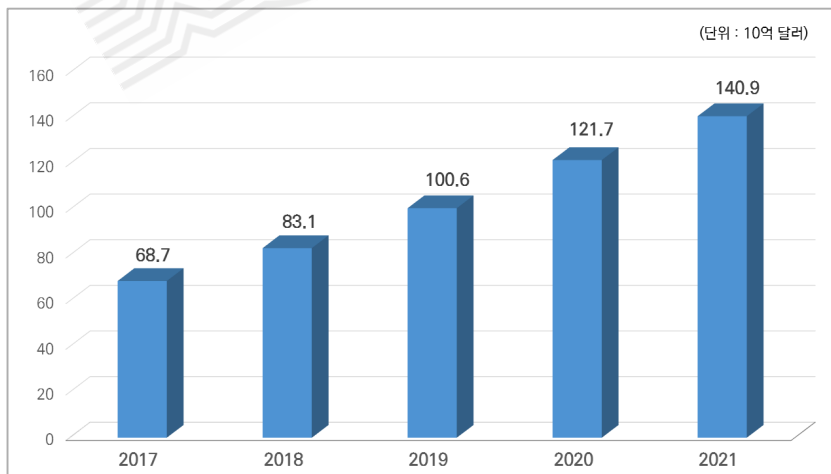
차량의 안과 밖에서 인터넷 접속이 가능한 차를 말한다. 인터넷 접속뿐 아니라 자동 충돌 알림, 과속 및 안전 경보 등과 같은 기술들이 추가되고 있다(위키피디아). 향후에는 음성 인식, 차량 간 통신, 모바일 앱을 통한 제어, 차량 인프라 간의 통신 기술 등 활용 영역이 계속해서 확대될 것으로 전망된다.

[표 4-9] 커넥티드카 기술의 활용 전망

구성요소	내용
스마트폰	커넥티드카 어플리케이션 실행 및 내부 시스템 간의 테더링
음성 컨트롤	음악재생, 통화, 문자 등을 음성인식으로 작동
인포테인먼트	음악과 동영상 서비스 제공(아마존 클라우드 플레이어, 판도라 등)
차량 간 통신(V2V)	운전자가 인지가능한 범위 이외의 교통상황도 자동차가 파악
자체 모니터링, 진단	주요 파트(엔진, 변속기 등)의 작동을 모바일 앱으로 확인 가능
차량의 인프라 간 통신(V2I)	센서가 탑재된 도로 인프라와 데이터를 송수신하여 중앙 교통센터에서 원격 제어 가능

자료: 한국무선인터넷산업연합회, 2015 자료를 재구성

전 세계 스마트카 시장의 규모는 2018년 약 831억 달러일 것으로 추정되며, 향후 점차 확대되어 2019년에는 시장규모가 1,000억 달러를 넘어서고 2021년에는 1,400억 달러에 이를 것으로 전망된다(Statista).



[그림 4-11] 세계 스마트카 시장 규모 전망치

자료: Statista([statista.com/statistics/725025/connected-cars-global-market-size-projection](https://www.statista.com/statistics/725025/connected-cars-global-market-size-projection))

스마트카 사업과 관련된 기업은 크게 자동차 제조기업, IT 기업, 통신사가 있는데, 스마트카에 활용되는 기술이 다양해지면서 자동차 제조기업과 ICT 기업들의 협력과 제휴가 늘어나고 있는 추세이다. 우리나라의 경우 자동차 제조업이 전체 제조업에서 높은 비중을 차지하고 있는데, ICT 업체들이 관련 플랫폼을 구축하거나 연동 기능을 강화하는 등 비즈니스 모델을 확대해가면서 스마트카 시장에 적극적으로 진출하고 있다. GM과 AT&T, 포드와 애플, 도요타와 마이크로소프트의 협력사례가 그 예이다.

국내 통신사업자인 SK텔레콤은 2017년 7월 정부로부터 자율주행차 임시 운행허가를 받고 일반도로에서 시험주행을 실시하였다. 이 차는 SK텔레콤이 엔비디아(Nvidia), 서울대 등과 공동으로 개발하였는데, 인공지능 기술과 지형지물 감시 센서 등을 탑재하였다.

특히, 3D HD 맵을 통해 표지판, 신호등 등 주변 지형지물을 정밀하게 파악할 수 있고, 5G 차량기술로 다른 차량 및 관제센터와 실시간 정보공유가 가능하다.



구글의 자율주행차 웨이모

SK텔레콤의 자율주행차

[그림 4-12] 구글과 SKT의 자율주행차

자료: MEDIA SK

○ 스마트시티(smart city)

스마트시티는 '4차 산업혁명을 통해 나타난 신기술이 교통, 에너지, 복지 등의 다양한 분야에서 구현되어 스마트 솔루션이 집적된 도시 플랫폼'이다(국토교통부, 2017). 또한 도시의 다양한 영역에서 ICT 인프라를 활용하여 부가 가치를 창출하는 도시를 의미하며 스마트 헬스케어, 스마트 교통, 스마트 그리드 등의 유형들이 있다(전해영, 2016). 기존의 도시와는 다른 새로운 형태의 첨단도시로도 설명될 수 있다. 최근에는 ICT의 발전과 함께

도시로의 인구 집중화 및 도시개발 수요의 증가로 인해 스마트시티에 대한 관심이 높다.

스마트시티를 구축하기 위한 움직임은 2008년 유럽이나 미국과 같은 선진국을 중심으로 추진되었으나, 인도, 말레이시아, 베트남 등에까지 확대되고 있다. 각 도시의 특성과 상황에 따라 프로젝트가 추진되고 있지만, 상당 부분은 교통, 에너지, 안전 분야에 집중되고 있다(전현철, 2016).

세계 스마트시티 시장 규모는 2020년 1.5조 달러에 달할 것으로 전망되며, 그 중에서도 스마트 정부 및 교육 분야가 전체의 20% 이상을 차지할 것으로 예상되고 있다(과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원, 2015).

미국의 스마트시티는 2015년 오바마 정부 시절, 백악관이 주도한 Smart Cities Initiative를 시작으로 본격 추진되었다. Smart Cities Initiative는 행정명령의 일종인데, 연구개발 및 사업을 위해 5년간의 사업비용(약 1억 6,000만 달러)이 배정되었고, 이러한 연방정부의 예산은 지자체의 참여를 유도하기 위한 공모와 서비스 보급에 사용된다. 연방과 주정부, 시나 카운티가 독립되어 있어 각 부처별로 스마트시티 정책을 추진하되, 백악관 주도로 정한 정책의 우선순위에 입각하여 사업이 진행되고 있다. 또한 미국은 민간분야의 스마트 시티 사업 참여와 투자가 활발하다. 구글(google)은 2015년 도시기술 연구를 위해 사이드워크랩(SideWalk Labs)을 설립하여 6개(교통, 에너지, 건설, 수자원, 헬스케어, 법 집행) 분야를 연구하고 있다.

영국의 스마트시티는 2013년 영국 기술전략위원회가 첫 시범도시로 글래스고 지역을 선정하면서 시작되었고, 그 후 런던, 버밍엄 등으로 확대되었다. 스마트시티 개발에 IBM, 인텔과 같은 대형 IT기업들이 참여하였으며, 도시 주요 시설에 센서를 부착하여 데이터 수집을 통해 소음, 공해 등의 도시문제를 해결하고 있다.

[표 4-10] 주요국들의 스마트시티 추진사례

국가	주요 추진내용
스페인(바르셀로나)	도시계획, 생태학, 정보기술을 통합해 기술의 혜택이 모든 시민에게 돌아갈 수 있도록 보장하고 시민의 삶의 질 개선
영국(런던)	런던시민의 삶의 질 향상을 목적으로 “스마트 런던 플랜” 발표('13.2)
네덜란드(암스테르담)	EU협약에 따라 CO ₂ 감소를 위한 스마트시티 프로젝트 추진
캐나다(밴쿠버)	녹색도시 건설(탄소배출, 쓰레기, 에코시스템 등의 혁신)
미국	백악관, 1억 6,000만 달러 규모 스마트시티 이니셔티브 착수
중국	'15년까지 320개 스마트시티 건설, '25년까지 2조 위안 투자
싱가포르	IDC의 2015년 아시아태평양 스마트시티 발전지수 평가에서 아시아태평양 지역 내 스마트시티 최대강국으로 선정. 교통, 토지이용 및 환경관리, 스마트 상수도, 교육 부문에서 1위 차지

자료: 전원철, 2016

우리나라도 스마트시티 조성과 확산을 위해 대통령 직속기관인 ‘4차 산업혁명위원회’에서 ‘스마트시티 특별위원회’를 구성하였다. 유관기관 및 전문가들이 협력하여 국가차원에서 시범도시를 구상하고, 스마트 도시재생 뉴딜 시범사업을 추진해갈 계획이다(국토교통부). 스마트시티와 관련된 사업을 추진한 사례로는 과학기술정보통신부가 2015년부터 추진해 온 ‘스마트시티 실증단지’ 사업이 있다. IoT 플랫폼을 통해 도시의 다양한 데이터(대기질, 주차공간 정보 등)를 수집, 분석하고 어플리케이션에서 서비스를 제공하는 사업이다. 국토교통부도 2015년부터 지방자치단체의 교통·방범 정보시스템과 국가 재난안전체계를 스마트시티 통합플랫폼으로 운영하고 있다. 최근에는 과학기술정보통신부와 국토교통부의 협업사업으로 ‘스마트 환경 모니터링 실증사업’을 추진하기 위한 준비를 하고 있다(과학기술정보통신부·국토교통부, 2017). 대규모 공단이 밀집된 지역(부산 강서구)의 악취·오염 문제를 해결하고자, IoT 센서로 수집되는 데이터를 실시간으로 분석하고 관계기관이 협력하여 대응할 계획이다.

4) 소결

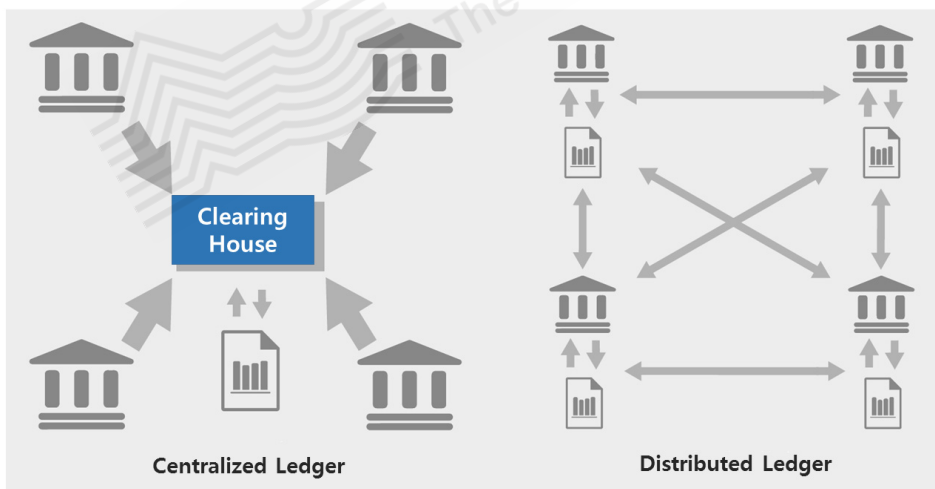
센서, 초고속 통신망, 빅데이터 등의 기술들이 발전되면서 사물인터넷 산업과 플랫폼에 대한 관심도 고조되고 있다. 향후 초연결(HyperConnectivity) 시대가 도래하기까지 사물인터넷은 ICT 분야를 견인할 핵심기술로 기대를 모으고 있다.

또한 가전제품에서부터 자동차, 도시 기반시설에 이르기까지 사물인터넷 기술은 일상생활 곳곳에 적용되고 있으며, 제조업을 비롯한 산업들의 스마트화 추진에 활용되고 있다. 이에 정부에서는 사물인터넷 및 관련 신산업을 적극적으로 육성하고 기업 경쟁력 강화를 위한 지원을 확대할 필요가 있다.

3_블록체인(Blockchain)

1) 블록체인의 개념과 유형

블록체인(Blockchain)은 특정의 제3기관의 중앙서버가 아닌 온라인 P2P 네트워크에 분산하여 참가자가 공동으로 거래정보를 기록·관리하고, 주기적으로 갱신되는 ‘디지털 공동 분산원장(mutual distributed ledger)’ 기술이다(정승화, 2016). 여기에서의 분산식 원장 기술이란 중앙의 중개기관이 장부를 관리했던 기존 방식과는 달리, 모든 거래 주체가 거래정보를 동시에 기록, 보유하는 알고리즘이다(주혜원 외, 2016).



[그림 4-13] 중앙집중식 및 분산식 원장기술의 비교

자료: Santander, 2015

분산식 원장기술을 사용한 대표적인 분야가 비트코인(Bitcoin)이다. 블록체인 기반의 비트코인(Bitcoin) 시스템 내에서는 모든 거래가 10분 단위로 하나의 블록에 저장되고, 앞서 저장된 블록을 계속 이어가는 형태로 거래가 기록되거나 인증된다(Santander, 2015). 또한 거래 과정에서 생성되는 거래 장부는 모든 네트워크 참여자들에게 공유되고 실시간으로 업데이트된다.



[그림 4-14] 블록체인을 활용한 거래 과정

자료: 이제영, 2017(원자료: Thomson Reuters, 2016, 'Blockchain technology: Is 2016 the year of the blockchain?')

블록체인은 거래가 이루어지는 즉시 프로그램화되어 거래 데이터의 정확성이 높고 사용자 커뮤니티를 통해 거래가 공개되어 분산 원장의 변조를 방지할 수 있다는 장점이 있다. 또한 P2P(peer-to-peer) 기반으로 운영되기 때문에 IT 인프라와 관련 비용이 들지 않으며, 거의 모든 문서와 자산을 원장을 통해 코드화할 수 있고, 규제 당국이 모니터링하기 쉽다는 점도 장점으로 꼽힌다(Santander, 2015).

블록체인의 유형은 '참가자들의 자격'에 따라 분류하거나 '블록 생성의 주체'에 따라 분류할 수 있다. 먼저 참가자들의 자격에 따라 분류하면 크게 퍼미션리스(permissionless) 블록체인과 퍼미션(permissioned) 블록체인 두 가지로 나뉜다. 퍼미션 블록체인은 참여자격을

업은 사람만 참가할 수 있어 기업용 블록체인으로 불리기도 하며, 별도의 참가 제한이 없는 퍼미션리스 블록체인은 일반 사용자용 블록체인으로 불리기도 한다(금융결제원, 2017).

블록을 생성하는 주체가 누구냐에 따라 분류하면 공적(public) 블록체인과 사적(private) 블록체인 두 가지로 나눌 수 있다. 공적 블록체인은 모든 참여자들이 블록을 생성할 수 있고, 그 블록들은 공개된 형태의 체인으로 묶인다. 반면, 사적 블록체인은 권한을 가진 기관이나 기업이 승인을 해야 참여자가 접근하거나 블록을 생성하도록 제한하고 있는 형태이다. 이러한 사적 블록체인은 승인 권한을 가진 기관의 수에 따라 ‘완전한 사적 블록체인’과 ‘컨소시엄 블록체인’으로 다시 나뉜다. 완전히 사적인 블록체인은 한 개의 중앙기관(또는 중앙서버)이 모든 승인 권한을 가지고 있으나, 컨소시엄 블록체인은 다수의 기관이나 참여자들의 합의에 의해 형성된 노드에 의해 통제되는 형태이다. 각 기관들의 노드에서 동의를 이루어져야 거래가 승인되기 때문에 반중앙형(semi-centralized) 블록체인으로 불리기도 한다(금융결제원, 2017).

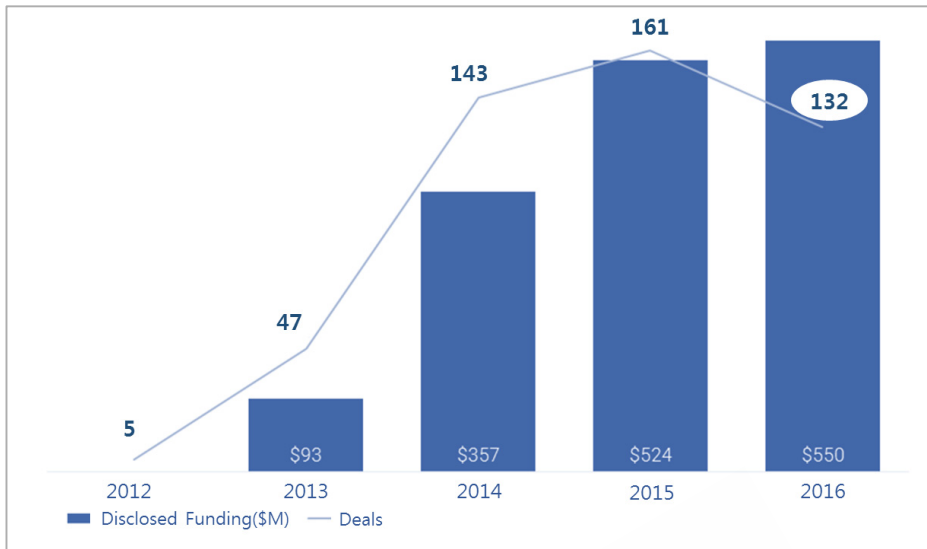
[표 4-11] 블록체인의 유형

구분	공적(public)	사적(private)	컨소시엄(consortium)
블록생성 권한	제한 없음	멤버	소유주
블록읽기 권한	제한 없음	규칙에 따름	규칙에 따름
규칙 변경	다수 동의 필요(어려움)	멤버 동의 필요	변경 쉬움
주요 특징	거래속도가 느림	거래속도 빠름	거래속도 빠름
활용분야	비트코인, 이더리움	항공회사(전 세계 여행사와 연동하여 고객데이터 관리)	금융회사 간 거래, R3CEV뱅크 프로젝트 등

자료: 금융결제원, 2017, 표1을 재구성

2) 국내외 블록체인 시장 현황

블록체인 및 비트코인 시장에 대한 투자액은 2012년 130만 달러에서 2016년 5억 5천만 달러로 4년간 꾸준히 증가해왔다. 특히 2012년 5건에 불과하던 투자 건수(거래 수)는 크게 증가하여 2015년 161건을 기록하다가, 2016년 132건으로 감소하였다(CB Insights, 2017).

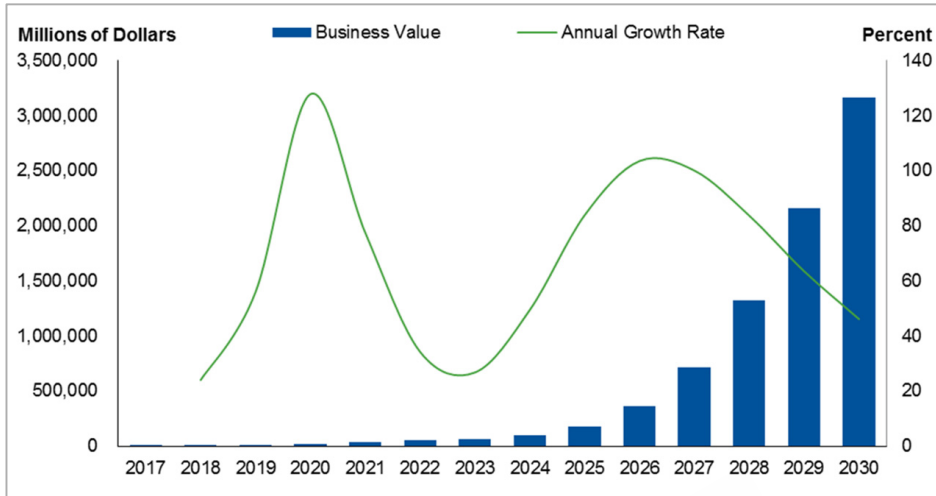


[그림 4-15] 비트코인과 블록체인의 연간 글로벌 투자 및 거래 현황(2012~2016)

자료: CB Insights, 2017

Gartner(2017)는 세계시장에서 블록체인이 2025년까지 창출할 부가가치가 1,760억 달러 이상이며, 2030년에는 3.1조 달러를 넘어설 것으로 예상하고 있다. 또한 부가가치 성장세 속에서 두 번의 고비(double-hump)를 맞이하는 패턴을 보일 것으로 예측하였다. 다음 그래프를 보면 블록체인이 창출할 부가가치는 2020년 120%에 달한 후 2023년에는 27%로 낮아졌다가, 2026년 다시 104%로 성장할 것으로 전망하고 있다.

Santander Innoventures(2015)의 분석에 따르면 블록체인 기술을 통한 해외 결제, 증권 거래 등의 금융거래는 은행 인프라 비용을 2022년까지 연간 150~200억 달러씩 절감할 것으로 전망하였다. 또한 Accenture(2017)는 은행들이 전통적인 방법으로 수익성을 높이는 것이 어려워지면, 블록체인에 대한 투자를 늘리게 될 것으로 예상하고 있다. 주요 글로벌 투자은행들 중 8곳은 블록체인 활용으로 인프라 비용의 약 27%를 절감할 수 있을 것으로 예측하였다.



[그림 4-16] 2017~2030년 블록체인 가치 전망치

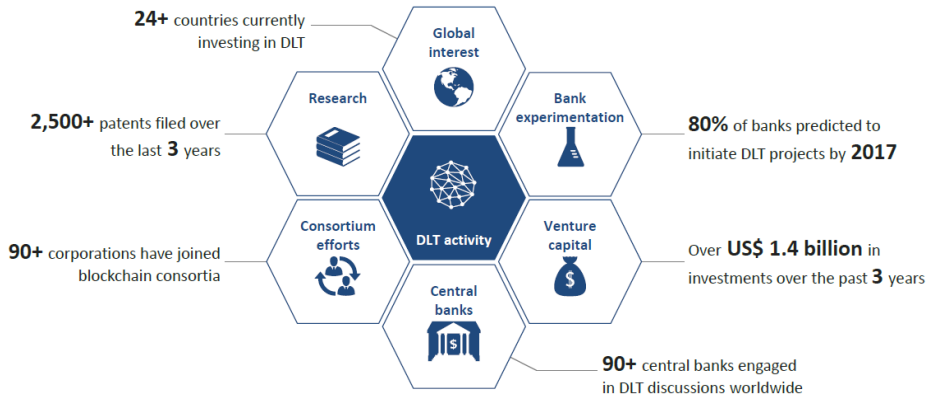
자료: Gartner, 2017

3) 블록체인 기술발전 동향

(1) 분산원장기술의 전망

‘별도의 중개기관이 개입하지 않고도 인터넷상에서 거래할 수 있도록 하는 정보공유 저장 기술(Decentralized shared-information storing technology)’인 블록체인은 암호화 페로서의 기능에서 확대되어 금융분야 전반에서 활용 가능한 기술로 재인식되고 있다(한국은행, 2016).

World Economic Forum은 분산원장 기술을 향후 금융서비스 산업의 변화와 인프라 형성을 이끌 수 있는 신기술 중의 하나로 보고 있다. 분산원장 기술에 대한 투자액은 2013~2015년 3년간 14억 달러를 넘었고, 24개 이상의 국가가 분산원장 기술 분야에 투자하고 있는 것으로 나타났다. 블록체인 관련 기술의 특허 출원 건수도 2,500건이 넘었고, 블록체인과 관련하여 구성된 컨소시엄은 90개 이상이다. 은행들의 관심도 고조되면서 90개 이상의 중앙은행들이 분산원장 기술 분야에 대해 논의하고 있다(WEF, 2016).



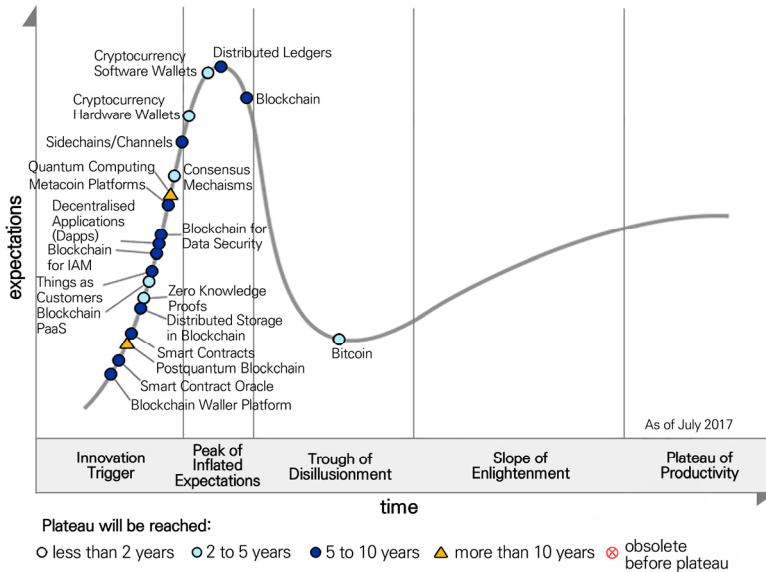
[그림 4-17] 전 세계 분산원장 기술 관련 분야의 참여 현황

자료: World Economic Forum, 2016

블록체인 관련 기술들의 현황을 분석한 Gartner의 보고서(2017)에 의하면, 기술의 확장성(Scalability)이나 상호 운용성(Interoperability) 면에서 아직 미숙하고, 전문지식이 부족한 소규모 스타트업 업체들이 시장공급을 주도하고 있는 실정이다.

블록체인 관련 기술 중에서 큰 주목을 받았던 비트코인이 유일하게 관심이 줄어들고 있으며(Trough of Disillusionment), 분산원장 기술(Distributed Ledgers)과 블록체인에 대한 관심은 고조되고 있는 시기(Peak of Inflated Expectation)이다.

반면 분산 응용프로그램(DApps), 계정 및 접근관리(IAM), 클라우드 플랫폼(PaaS), 양자 컴퓨팅 기술(Quantum Computing) 등은 기술발전의 초기 단계(Innovation trigger)로 향후 기술들이 안착되기까지 5~10년이 걸릴 것으로 예상된다. 이처럼 R&D 측면에서의 블록체인 발전 속도가 관심도에 비해 더딘 것으로 보아, Gartner는 기업이나 조직들의 블록체인 기술 활용은 제한적일 것이라고 예측하고 있다. 즉, 개별 인프라들을 사용하는 대신 블록체인으로 업무절차를 간소화하고, P2P방식으로 제품과 서비스의 성격을 바꾸는 등 블록체인을 ‘대체기술’로 사용할 것이라고 다소 보수적으로 예측하고 있다.



[그림 4-18] 블록체인 관련 기술들의 Hype Cycle, 2017

자료: Gartner, 2017

(2) 블록체인 기술의 활용분야

① 금융기관

해외 금융기관들의 블록체인 기술 활용 현황을 보면 골드만삭스, 바클레이즈, JP모건 등 글로벌 은행들 간의 컨소시엄을 결성하여 R3 CEV(미국 핀테크 업체)와의 제휴를 통해 플랫폼을 공동으로 개발하고 있다. 또한 각 금융기관들은 자체적으로 블록체인 기술을 활용하여 디지털 통화(Citico인 등)나 결제시스템(VISA B2B Connect)을 개발하였다.

국내 은행들도 핀테크 업체들과 제휴하여 서비스를 개발하거나 블록체인 업체들에 투자하고 있다. 이처럼 국내외 많은 금융기관들이 블록체인 기반 디지털 화폐와 더불어 결제시스템, 거래 플랫폼(스마트 계약) 등을 개발하고 있다. 디지털 화폐의 경우 화폐 관리비용을 절감할 수 있고, 블록체인 플랫폼을 통해 송금 서비스 비용과 시간을 줄일 수 있기 때문에 관심이 높아지고 있다. 특히, 우리은행은 국내은행 최초로 블록체인 기술을 기반으로 한 디지털 화폐를 발행할 예정이다. 디지털화폐 발행, 사용 및 충전은 블록체인 기술 업체 데일리인텔리전스, 더루프와의 업무협약을 통해 진행되며, 비트코인처럼 개방형 방식이 아닌 폐쇄형 방식(우리은행 및 가맹점, 사용자 일부만 공유)을 채택하였다.¹⁹⁾

[표 4-12] 국내외 금융기관의 블록체인 기술 활용 현황

구성요소	내용	
해외	골드만삭스 (Goldman Sachs)	분산원장 기술 기반의 암호화 화폐 개발 - 2015년 11월 미국 특허청(USPTO)에 가상화폐 '세틀코인(SETLcoin)' 특허 출원
	씨티그룹 (Citigroup)	블록체인 기술을 활용한 디지털 통화 '씨티코인(Citicoin)'을 금융권 최초 개발 - 그룹 내 각기 다른 3개의 개별 블록체인을 통해 테스트를 거쳤으며 해외결제 및 송금에 활용하는 방법을 모색 중
	비자(VISA)	미국 스타트업 기업인 체인(Chain)과 협력하여 블록체인 기반의 결제시스템 'VISA B2B Connect' 개발
	영국 바클레이즈 (Barclays)	바클레이즈(Barclays)와 핀테크 스타트업인 웨이브(Wave)는 블록체인 기술을 바탕으로 업계 최초로 글로벌 무역 거래를 성사시킴 - 무역 금융거래에 필수인 신용장(letter of credit)을 블록체인 내에 기록해 관리하는 서비스를 만들어 2016년 9월 첫 고객을 유치
	프랑스 파리바 (BNP Paribas), 소시에테 제네랄 (Société Générale)	유럽 내 중소기업의 거래 후 처리과정(post-trade processing) 개선을 위한 컨소시엄 설립 - 증권거래소 유로넥스트(Euronext)는 기술 개발을 통해 증권 등록, 거래 처리 및 결제 대금 청산 등을 실시간으로 처리
	일본 미즈호 은행	2016년 3월 블록체인 기술 기반 국경 간 증권거래 시스템 테스트를 완료 - 미즈호 은행은 해당 시스템 활용 시 매매 체결 이후 최종 결제까지 기존 사출에서 하루로 소요시간 단축이 가능할 것으로 기대
국내	KB 국민은행	- 비대면 실명확인 증빙자료 보관시스템 구축('16.4.) - KB국민카드는 국내 금융사 중 최초로 간편 개인인증 시스템 도입('16.10.)
	NH 농협은행	- FIDO(Fast Identity Online)기반의 공인인증서 대체 기술 및 생체인증 솔루션을 자사 전체 금융 플랫폼에 탑재('16.8.) - 기존의 지문인증 서비스에 블록체인 기술을 결합해 보안성을 높여 인터넷 뱅킹으로까지 확대('16.10.)
	신한은행	- 블록체인 외환송금 서비스 개발 스타트업 '스트리미(Streami)'와 협업('16.7.) - '신한 골드 안심 서비스' 출시를 통해 금 실물거래가 이뤄질 때 블록체인 기술을 바탕으로 구매 교환증과 보증서 발급('16.8.)
	우리은행	- 미국 송금 전문업체 '머니그램(MoneyGram)'과 협약해 전 세계 200여 개국으로 24시간 송금 가능한 서비스 개시('17.2.) - 2017년 말 블록체인 기반의 디지털 화폐 '우비코인'을 발행
	IBK 기업은행	- 핀테크 기업 '코빗(Korbit)'과 협력해 블록체인 기반 금융서비스 개발 착수('16.3.) - 유럽과 아프리카 간 비트코인 송금서비스를 제공하는 케냐의 비트코인 스타트업 '비트페사(BitPesa)'와 공동협력을 위한 업무협약 체결('16.7.)
	KRX 한국거래소	- 블록체인 전문기업 '블로코(Blocko)'와 협력하여 장외주식 거래를 위한 'KSM(KRX Startup Market) 시스템' 개발('16.9.) - 블록체인 기술 발전을 위한 글로벌 협력조직인 '하이퍼레저(Hyperledger)' 가입('17.4.)

자료: 한국은행(2016)과 각 기관의 자료를 활용

19) 한국경제, "우리은행, 디지털화폐 진출 우비코인" 발행한다", 2017.08.16. (<http://news.hankyung.com/article/2017081614171>)

② 정부 및 공공기관

블록체인은 분산형 네트워크를 통해 운영되기 때문에 거래의 안정성, 투명성이 확보되어 공공분야에서도 활용 가능성이 높은 것으로 평가된다. 특히 정부는 세금이나 개인정보 등 일반기업보다 방대한 양의 데이터를 보유·관리하고 있기 때문에, 블록체인 효용성은 더 크다고 볼 수 있다. World Economic Forum의 조사에 따르면 조세분야 전문가의 73% 정도가 블록체인 기술을 활용한 조세 징수가 2025년 이전에 가능할 것이라고 예측하였다.

영국 정부의 노동연금부(Department of Work and Pensions)는 복지수당의 수령과 사용내역 기록에 대한 연구를 시행하고 있다.²⁰⁾ 영국의 Barclays은행과 독일 에너지 회사 RWE, 핀테크 스타트업 GovCoin, University College London과 연계하여 진행하는 프로젝트이다. 연구 중인 시스템은 모바일 앱을 통해 연금 수령자의 수령액 또는 송금액을 기록할 수 있다.

에스토니아는 블록체인 기술을 선도적으로 도입하려는 국가이다. 주민들의 데이터를 디지털화하여 기록·관리하는 전자시민권(e-Residency) 서비스를 시행하고 있다. 전자시민권은 주민들의 신원정보뿐 아니라, 모든 거래 내역을 기록하기 때문에 세무 당국이 세금 징수 시에 수입 세부내역을 확인할 수 있다. 에스토니아 정부는 이러한 전자시민권 서비스에 블록체인 기술을 도입하고자 프로젝트를 진행 중이다. NASDAQ의 주주들이 연례 총회에서 투표할 수 있도록 전자 투표 플랫폼을 개발 중인데, 이 플랫폼을 활용하면 유권자를 쉽게 식별하고 투표결과를 신속하고 안전하게 기록할 수 있을 것으로 예상된다.²¹⁾

③ 민간 기업

미국의 주요 의료서비스 업체 'HealthNautica'는 2015년 4월 블록체인 기반의 기록업체 'Factom'과 파트너십을 체결하고, 고객들의 의료 청구서나 의료분쟁 등 다양한 문서를 블록체인으로 보관하고 있다. 이 기록은 CoinTelegraph에 독점적으로 공개된 의료 청구

²⁰⁾ <https://www.coindesk.com/uk-government-trials-blockchain-welfare-payments-system/>

²¹⁾ <http://www.bbc.com/news/technology-36276673>

서, 환자의 클레임, 환자-의사 간 분쟁 등의 정보가 블록체인에 보관되므로 민감정보인 의료기록의 보안을 높일 수 있다.²²⁾

[표 4-13] 민간 기업의 블록체인 기술 활용 현황

물류	SK C&C 블록체인 기반 물류 공급망 솔루션 개발 - 물류 데이터를 중앙집중형 서버에 기록하고 보관하는 기존 방식을 벗어나, 선주, 육상 운송업자 등 물류관계자가 P2P 네트워크로 물류 정보를 실시간 공유
지적재산권	뉴질랜드 업체 Blockchain Labs - 개인 및 기업이 기술을 퍼블릭 블록체인에 등록할 수 있는 서비스(PriorThings) 개발 - 지적자산을 디지털 자산 형태의 묶음으로 모을 수 있는 형태
신원 증명	IBM과 신원인증 솔루션 업체 시큐어키 테크놀로지스(SecureKey Technologies) - 은행계좌, 운전면허, 공익사업 등과 같은 서비스에서 본인 인증 가능 - 특정 자격자가 신원정보를 공유할 수 있는 권한을 통제(현재 캐나다에서 시험을 진행 중임)
자선·기부	이탈리아 환경단체 레가임비엔떼와 스타트업 헬퍼비트 - 블록체인 기술을 활용해 전 세계인들이 디지털 및 현지통화로 기부할 수 있게 함

자료: 한국은행, 2016, 제4차 전자금융포럼 자료

²²⁾ <https://cointelegraph.com/news/factoms-latest-partnership-takes-on-us-healthcare>

05

4차 산업혁명의 기술발전 전망과 사회적 파급효과

- 1_조사 개요
- 2_기술발전 전망
- 3_사회적 파급효과
- 4_산업별 파급효과 및 산업정책 방향

05 | 4차 산업혁명의 기술발전 전망과 사회적 파급효과

1_조사 개요

본 연구에서는 과학기술 정책과 핵심기술에 대한 이해도가 높은 전문가의 경험적 지식을 통해 4차 산업혁명에 대응하기 위한 정책 방향을 도출하고자, 델파이 기법을 연구방법으로 채택하였다.

1) 조사 방법

1차 조사에서는 30명의 대상자들에게 4차 산업혁명의 주요 핵심기술 발전 현황과 전망, 사회 및 산업에 대한 파급효과, 대응을 위한 정책 방향에 대한 의견을 수렴하기 위하여 선택형과 개방형 질문형태의 설문조사를 진행하였다. 1차 조사가 완료된 후, 각 문항의 빈도(일부 문항은 평균, 표준편차 포함) 분석과 유형화한 결과를 조사 대상자들에게 제공하였다. 2차 조사는 1차 조사와 동일한 설문으로 진행하되, 응답자들이 1차 조사 결과의 다른 전문가 의견들을 종합적으로 고려하여 수정, 심화된 내용으로 응답하였다.

2) 조사 대상의 구성

본 조사에 참여한 대상자는 4차 산업혁명의 핵심 기술(인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 블록체인) 또는 과학기술 정책을 직접 연구하거나, 해당 분야의 민간 기업에서 일하는 실무자들을 중심으로 구성하였다. 이에 따라 1차 조사에는 총 30명의 전문가들이 조사에 참여하였으며, 그 중 연구기관 및 공공기관에 소속된 '연구계' 응답자가 16명(53.3%)으로 가장 많았다. 대학에 소속된 교수(과학기술 분야 박사과정생 1명 포함)는 6명(20.0%)이었고, 블록체인·IoT 등 관련 업체에 소속된 실무 전문가는 8명(26.7%)이 참여하였다. 2차 조사는 1차 조사와 동일한 대상 중 총 28명이 참여하였다.

[표 5-1] 델파이조사 응답자 현황

구분	1차 조사			2차 조사		
	연구계	학계	산업계	연구계	학계	산업계
응답 인원(명)	16	6	8	15	6	7
비율(%)	53.3	20.0	26.7	53.6	21.4	25.0

2_기술발전 전망

1) 국가지역 정책 수립 시 4차 산업혁명의 중요성

4차 산업혁명의 실존 여부와 ‘국가 및 지역 정책 수립에 있어서 4차 산업혁명이 중요하게 고려되어야 하는가’에 대하여 동의 수준을 5점 척도로 질문하였다. 이에 ‘동의’한다는 응답자는 14명(50.0%), ‘매우 동의’한다는 응답자는 7명(25.0%)이었다. 반면 ‘동의하지 않는다’와 ‘전혀 동의하지 않는다’고 응답한 사람은 각각 2명(7.1%), 1명(3.6%)이었다. 결과적으로 4차 산업혁명은 실존하는 현상이며, 국가 정책이나 지역 정책 수립 시에 중요하게 고려해야 한다는 의견이 75%에 달하는 것으로 보아, 전문가들은 4차 산업혁명의 정책적 중요도가 높은 것으로 인식하고 있음을 알 수 있다.

[표 5-2] 국가지역 정책 수립에 있어서 4차 산업혁명의 중요성

질문에 대한 동의 수준	빈도	비율(%)
매우 동의함	7명	25.0
동의함	14명	50.0
중립	4명	14.3
동의하지 않음	2명	7.1
전혀 동의하지 않음	1명	3.6
합계	28명	100.0

위의 질문에 대한 답변 근거로, ‘매우 동의’를 선택한 응답자들은 ‘4차 산업혁명’으로 통칭되는 ICT 분야의 다양한 현상들이 사회에 미치는 영향이 크고, 이에 대한 정책적 대응이 필요하다는 점에서 ‘4차 산업혁명’을 의미 있는 현상으로 이해했다. 응답자들은 인공지능

을 비롯한 정보통신기술의 발전과 데이터의 축적이 빠른 속도로 진행되고 있으며, 이러한 현재의 기술 변화가 사회경제적 패러다임을 바꿀 수 있을 만큼 매우 중요한 의미를 갖는 현상으로 보았다. 법제도의 보완이나 역기능 대응 같은 정책 수요가 급증할 것이므로 정책수립 시 중요하게 고려되어야 한다는 입장이다.

‘동의’를 선택한 응답자들은 용어의 부적절함이나 정치적 목적에 의한 과대 포장에 대해 일부 인정하면서도 정보통신기술로 인한 사회 전반의 급격한 변화는 유의미하다고 보았다. 기술 변화가 영향을 미칠 분야로 산업, 고용, 공공부문, 개인 서비스, 사회 등을 언급했으며, 데이터의 중요성에도 동의하고 있다. 또한 대중적 관심을 최근 지체된 우리나라 ICT 산업의 진흥을 위한 정책수립에 동력으로 활용할 수도 있다는 전략적 관점에서 ‘4차 산업혁명’을 지지하였다.

‘중립’을 선택한 응답자들은 기술의 변화와 최근 정보통신기술의 발전 추세를 인정하면서도 ‘4차 산업혁명’이란 용어는 최근의 추세를 설명하는 용어로 적절하지 않거나, ‘4차 산업혁명’이 실존하는 현상은 아니라는 의견을 제시했다.

‘동의하지 않음’과 ‘전혀 동의하지 않음’을 선택한 응답자들은 전반적으로 ‘4차 산업혁명’이란 용어와 현상 모두에서 부정적인 입장을 보였다. 변화는 혁명적이 아닌, 연속적인 과정이고, 최근의 사회 변화의 원인이 기술에만 있지 않으며, 더 나아가 ‘4차 산업혁명’이란 인식의 틀로 정책을 수립할 경우 더 나쁜 결과를 초래할 위험도 있음을 경고했다. 예측이 불가능한, 개발과정에 있는 기술에 대해 미리 선제적인 정책적 대응을 시도할 경우 국가 자원의 낭비를 초래할 수 있으므로, 그 대안으로 과학과 기술에 대한 기초 역량에 보다 집중할 것을 주문했다.

2) 4차 산업혁명의 국내 이슈화 배경

4차 산업혁명이 특히 우리나라에서 크게 관심을 모으게 된 배경에 대하여 개방 형태로 질문하였다. 이슈화된 요인은 크게 사회적 요인, 정치적 요인, 산업관련 요인, 기타 요인 네 가지 유형으로 범주화하였다. 네 가지 요인 중 사회적 요인을 선택한 응답자가 가장 많았으며(58명, 71.6%), 정치적 요인을 선택한 응답자는 11명(13.6%), 산업과 관련된 요

인은 10명(12.3%), 기타 요인은 2명(2.5%)으로 나타났다.

사회적 요인 중에서 가장 우선적인 요인은 ‘새로운 기술과 서비스에 대한 기대감’(12명, 14.8%)과 ‘알파고와 이세돌의 바둑대결에 대한 사회적 관심’(12명, 14.8%)으로 나타났다. 또한 “우리나라는 ICT 강국으로 우수한 인프라를 보유하고 있으며, 과거 ICT 기술발전으로 고도의 경제적 성장을 경험해보았다” 등 ICT 강국으로서 4차 산업혁명에 대한 선도적인 대응에 대한 기대감도 사회적 요인으로 꼽혔다(9명, 11.1%). 반면에 4차 산업혁명이 가져올 부정적인 영향과 변화가 우리나라의 4차 산업혁명에 대한 관심도를 높였다는 의견도 있었다. “4차 산업혁명으로 인한 일자리 감소, 청년실업을 증가, 사회적 불평등 심화, 미래 경기의 불안정 등 부정적인 영향에 대해 사람들이 주목하였다”는 의견도 상대적으로 많았다(9명, 11.1%).

정치적 요인으로는 “2017년 대통령선거가 4차 산업혁명의 이슈화에 영향을 끼쳤다”는 의견이 많았다(7명, 8.6%). “2017년 대선 시기에 여러 후보들이 4차 산업혁명과 관련된 정치적 의제에 반응하고 공약을 펼치면서 주목을 받았다, 대선 시기에 정부와 언론에서 해당 용어를 자주 노출시켰다, 이전 정부와 차별화된 ICT 정책을 경쟁적으로 제시하여 주목을 받았다” 등 정치권에서 활용한 배경을 지적하였다. 한편 4차산업혁명위원회 출범 등 정부 차원에서 관심을 가지고 대응하면서 4차 산업혁명이 주목을 받게 되었다는 의견도 있었다.

산업과 관련된 요인으로는 ‘새로운 형태의 서비스 등장과 확산’이 주된 요인으로 꼽혔다(3명, 3.7%). “인공지능, 사물인터넷, 빅데이터 등의 기술을 기반으로 한 새로운 서비스들이 등장하면서 산업계뿐 아니라 일반 소비자들까지 이에 집중하였다”는 의견이다. 그 밖에도 “ICT 산업이 우리나라의 산업구조에서 차지하는 중요도가 높으며, 해당 산업의 종사자가 많은 환경에서 4차 산업혁명이 관심을 받기 쉬웠다”는 의견이 있었다(2명, 2.5%).

종합해보면, ‘4차 산업혁명’이 기술의 발달과 다보스 포럼을 통해 전 세계적인 관심을 받고 있는데, 유독 우리나라에서 이슈가 된 배경에는 사회정치산업 등 여러 요인이 존재한다고 할 수 있다.

전문가들은 그 중에서도 ‘새로운 기술과 서비스’에 대한 대중들의 기대감, 알파고와 이세

돌의 바둑대결을 통해 확인한 ‘인공지능 기술의 진전’이 4차 산업혁명에 대한 큰 관심을 불러일으킨 것으로 진단하였다. 덧붙여 기대감과 관심뿐만 아니라 일자리 감소, 불평등 심화와 같은 문제와 부정적 영향에 대해서도 대중들의 관심과 경각심이 존재하는 것으로 진단하였다.

[표 5-3] 4차 산업혁명의 국내 이슈화 배경

요인	세부요인	근거 내용	빈도	비율(%)
사회적 요인 (58)	기대감 (26)	- 신기술에 대한 관심 - 새로운 서비스 및 긍정적 결과에 대한 기대감	12	14.8
		- ICT 강국으로서의 선도적 대응에 대한 기대감 - 기존의 인프라, 과거 ICT 발전 경험 보유	9	11.1
		- 장기 침체 및 저성장 시대의 새로운 성장동력 - 새로운 성장 대안 모색	5	6.2
	사회적 관심 (21)	- 구글의 인공지능 프로그램 알파고(AlphaGo)와 이세돌의 바둑대결로 관심 증가	12	14.8
		- 언론과 정부의 이슈메이킹	7	8.6
		- 다보스 포럼에 대한 관심	2	2.5
불안감, 위기감 (11)	- 일자리 감소, 사회적 불평등에 대한 불안감	9	11.1	
	- 우리나라는 4차 산업혁명의 핵심 요소에 상대적으로 취약함, 중국의 약진으로 위기감 고조			
	- 과학기술 발전에 대한 무관심, 무지	2	2.5	
정치적 요인 (11)	국가적 대응	- 대선 공약에 4차 산업혁명 관련 의제 포함 - 대통령직속 4차 산업혁명위원회 등 범정부 대응체계 등장 - 새로운 정부의 차별화 시도 - 정부의 리더십	11	13.6
산업 관련 요인 (10)	기업 관련 (5)	- 스타트업들의 성공사례 등장(네이버, 배달의 민족 등) - 통산사업자의 수익성 모색을 위한 노력 - 중소기업의 효율성 제고 노력 - 대기업의 기술 전략	5	6.2
	산업구조 (2)	- 우리나라 산업구조에서의 ICT 중요도가 높음 - 산업계의 생존 전략	2	2.5
	서비스 확산 (3)	- 인공지능 기반 서비스(왓슨 의료 등) 제공 - 빅데이터 기반 공공서비스(울빠비 버스, 감염경로 추적 등) 확대 - 신기술 및 패러다임의 지속적 출현, 실용성	3	3.7
기타 요인	- 비트코인 등 가상화폐 투자에 대한 열풍	1	1.2	
	- 학계의 역할 외면	1	1.2	

주: 괄호 안의 숫자는 응답빈도의 합계를 의미함

3) 주요 기술분야 중 잠재 영향력이 큰 핵심기술

4차 산업혁명과 관련된 주요 기술분야를 총 8개의 유형으로 범주화하여, 미래에 큰 영향력을 갖게 될 핵심기술을 순위별로 선택하도록 하였다. 응답자별로 1위부터 3위까지 선택한 응답 결과들을 바탕으로 순위별 빈도를 산출하였으며, 산출 결과에 가중치를 부여하여 최종 순위를 산정하였다(가중치는 1위=3점, 2위=2점, 3위=1점으로 산출).

전문가들은 ‘인공지능’이 미래에 가장 큰 영향력을 갖게 될 기술로 꼽았으며, 2위는 ‘사물인터넷’, 3위는 ‘로봇공학’, 4위는 ‘블록체인’ 기술로 나타났다. 한편 ‘3D프린팅 기술’의 미래 영향력은 다른 기술에 비해 상대적으로 낮을 것으로 예상하였다.

[표 5-4] 잠재 영향력이 큰 핵심기술

순위	핵심기술
1위	인공지능
2위	사물인터넷
3위	로봇공학
4위	블록체인
5위	무인운송수단
6위	나노기술
7위	기타
8위	3D프린팅

4) 인공지능의 실현가능 예상 시점

인공지능 기술이 향후에는 어떠한 수준까지 활용될 수 있을지에 대한 자료들을 검토하여 종합한 결과, 총 6가지(이미지 인식, 추상화, 자율행동, 감정노동, 언어이해, 자발적 지식 획득)의 세부 활용분야로 유형화하였다. 각 분야별로 실현 가능할 것으로 예상되는 시점을 전문가들에게 질문하였다.

조사결과는 활용 분야의 수준별로 실현가능 시점의 평균, 최빈값, 표준편차에서 차이를 보였다. 이미지인식, 추상화, 언어이해 분야의 실현가능 시점은 평균 2022년~2026년이었으며, 늦어도 2040년 이전에는 실현가능할 것으로 예측되었다. 가장 유력한 실현가능 시점(최빈값)은 이미지인식이 2020년(11명, 40.7%), 추상화가 2025년(10명, 37.0%), 언어이해가 2025년(7명, 25.9년)으로 나타났다. 표준편차는 3.71~5.67 사이로 나타났다.

한편 감정노동, 자율행동, 자발적 지식획득 분야는 가장 유력하게는 2030년에, 평균적으

로 2029년~2032년 사이에 실현 가능할 것으로 예측되었다. 또한 이미지 인식, 추상화, 언어이해 분야들에 비해 예상되는 실현가능 시점의 표준편차가 큰 것으로 나타났다 (8.30~9.14).

이러한 결과는 보다 고도의 기술이 요구되는 분야(감정노동, 자율행동, 자발적 지식획득) 일수록 상용화되기까지 소요되는 시간이 길고, 미래 불확실성이 커짐에 따라 상용화 예상 시점의 표준편차 또한 크게 나타나는 것을 보여주고 있다.

[표 5-5] 인공지능 기술을 활용한 기능들의 실현가능 예상 시점

이미지인식의 실현 예상 시점			언어이해의 실현 예상 시점			추상화의 실현 예상 시점		
예상 시점(년)	빈도 (명)	비율 (%)	예상 시점(년)	빈도 (명)	비율 (%)	예상 시점(년)	빈도 (명)	비율 (%)
2018	1	3.7	2018	2	7.4	2018	1	3.7
2019	3	11.1	2020	4	14.8	2020	6	22.2
2020	11	40.7	2022	2	7.4	2022	1	3.7
2022	2	7.4	2024	1	3.7	2023	2	7.4
2023	1	3.7	2025	7	25.9	2024	1	3.7
2025	7	25.9	2027	2	7.4	2025	10	37.0
2030	1	3.7	2030	5	18.5	2030	6	22.2
2037	1	3.7	2035	3	11.1			
			2040	1	3.7			
합계	27	100.0	합계	27	100.0	합계	27	100.0
평균	2022.37		평균	2026.22		평균	2024.44	
표준편차	4.10		표준편차	5.67		표준편차	3.71	

감정노동의 실현 예상 시점			자율행동의 실현 예상 시점			자발적 지식획득 실현 예상 시점		
예상 시점(년)	빈도 (명)	비율 (%)	예상 시점(년)	빈도 (명)	비율 (%)	예상 시점(년)	빈도 (명)	비율 (%)
2022	1	3.7	2018	1	3.7	2020	1	3.7
2025	7	25.9	2022	1	3.7	2022	1	3.7
2027	1	3.7	2025	5	18.5	2025	4	14.8
2030	10	37.0	2028	1	3.7	2027	1	3.7
2035	4	14.8	2030	17	63.0	2030	12	44.4
2050	4	14.8	2039	1	3.7	2035	5	18.5
			2067	1	3.7	2040	1	3.7
						2050	1	3.7
						2067	1	3.7
합계	27	100.0	합계	27	100.0	합계	27	100.0
평균	2032.00		평균	2029.96		평균	2031.89	
표준편차	8.41		표준편차	8.30		표준편차	9.14	

5) 사물인터넷의 실현가능 예상 시점

사물인터넷 기술을 활용한 분야 중 대표적인 것이 ‘스마트홈, 스마트카, 스마트시티’이다. 이 세가지 분야의 실현가능 예상 시점을 질문하였다. 전문가들이 가장 많이 꼽은 스마트홈 분야의 실현가능 시점은 2025년(11명, 40.7%)이었으며, 평균적으로 2023년에는 실현 가능할 것으로 예상하였다. 스마트카와 스마트시티는 2030년에 실현될 것으로 예측한 전문가가 많았다. 두 분야의 평균 실현가능 시점은 2027년으로 예측되었으나, 표준편차는 스마트시티(5.62)가 스마트카(3.93)보다 높은 것으로 나타났다.

스마트홈에 비해 스마트카의 실현 가능 예상시점이 늦은 이유는, 스마트카의 경우 도로 상황에 따라 빠른 속도로 인식반응하는 기술구현이 어려워 위험성이 높고, 사고 발생 시 책임소재에 대한 법적 기준이나 규제에 대한 의견이 수렴되지 않은 상황이 반영된 것으로 해석할 수 있다.

[표 5-6] 사물인터넷 기술을 활용한 기능들의 실현가능 예상 시점

스마트홈의 실현 예상 시점			스마트카의 실현 예상 시점			스마트시티의 실현 예상 시점		
예상 시점(년)	빈도 (명)	비율 (%)	예상 시점(년)	빈도 (명)	비율 (%)	예상 시점(년)	빈도 (명)	비율 (%)
2018	1	3.7	2020	2	7.4	2018	1	3.7
2019	1	3.7	2022	2	7.4	2020	3	11.1
2020	6	22.2	2025	9	33.3	2022	1	3.7
2022	3	11.1	2027	2	7.4	2024	1	3.7
2023	2	7.4	2030	10	37.0	2025	7	25.9
2025	11	40.7	2035	2	7.4	2027	2	7.4
2030	3	11.1				2030	8	29.6
						2035	2	7.4
						2040	2	7.4
합계	27	100.0	합계	27	100.0	합계	27	100.0
평균	2023.48		평균	2027.15		평균	2027.52	
표준편차	3.30		표준편차	3.93		표준편차	5.62	

6) 기타 기술의 실현가능 예상 시점

블록체인 기술을 활용한 지급결제 분야의 실현가능 시점에 대하여 전문가들의 40.7%(11명)가 2020년이라고 예상하였으며, 평균 2024.74년, 표준편차는 9.5로 나타났다. 블록체

인 공공서비스 분야의 실현 가능 시점은 44.4%(12명)가 2025년으로 예상하였으며, 평균 2028.81년, 표준편차는 14.63이었다. 자율로봇의 경우 2030년이 실현 가능 시점으로 가장 많이 나왔고(10명, 37.0%), 평균 2029.19년, 표준편차는 7.00으로 조사되었다.

[표 5-7] 블록체인, 자율로봇 기술을 활용한 기능들의 실현가능 예상 시점

블록체인 지급결제예의 예상 시점			블록체인 공공서비스 예상 시점			자율로봇의 실현 예상 시점		
예상 시점(년)	빈도 (명)	비율 (%)	예상 시점(년)	빈도 (명)	비율 (%)	예상 시점(년)	빈도 (명)	비율 (%)
2018	1	3.7	2020	1	3.7	2020	1	3.7
2020	11	40.7	2022	3	11.1	2022	1	3.7
2021	1	3.7	2023	1	3.7	2023	1	3.7
2022	2	7.4	2024	1	3.7	2024	1	3.7
2023	1	3.7	2025	12	44.4	2025	7	25.9
2025	7	25.9	2030	7	25.9	2027	2	7.4
2030	1	3.7	2035	1	3.7	2030	10	37.0
2035	2	7.4	2100	1	3.7	2035	2	7.4
2067	1	3.7				2050	2	7.4
합계	27	100.0	합계	27	100.0	합계	27	100.0
평균	2024.74		평균	2028.81		평균	2029.19	
표준편차	9.50		표준편차	14.63		표준편차	7.00	

3_사회적 파급효과

1) 4차 산업혁명의 사회적 파급효과

4차 산업혁명이 사회에 미칠 영향을 크게 긍정적 영향(순기능)과 부정적 영향(역기능)으로 구분한 후, 영향을 미칠 요소를 각각 5개의 유형으로 범주화하였다.

전문가들은 4차 산업혁명이 ‘고도화된 기술이 인간의 약점을 보완하거나 위험 임무를 대체’하고, 기술활용으로 ‘각종 서비스 비용절감 및 품질향상’ 등 우리 삶을 보다 편안하고 안전하게 하는 순기능이 있을 것이라고 진단한 응답이 가장 많았다(순기능 1순위, 123점). 또한 기술 혁신으로 새로운 직업이나 일자리가 창출되고, 자동화되기 어려운 분야(창의, 감성 등)의 인력 가치가 상승하는 긍정적 효과가 나타날 것으로 전망하였다(순기능 2순위, 104점). 기타 의견으로는 정보교육의 확대, 스마트폰 보급 등으로 국민들의 사회

참여가 확대되고, 안전문제 및 환경오염이 감소하는 등의 긍정적 효과가 생길 것이라는 의견도 있었다.

반면, 전문가들은 4차 산업혁명의 부정적 영향(역기능)에 대해서도 우려하고 있다. 가장 우려되는 사회적 문제는 대규모 플랫폼을 통해 데이터를 축적한 기업이 독점하거나, 국민들 간의 디지털 리터러시 격차가 발생하는 등 ‘데이터 및 기술격차에 따른 양극화’ 발생으로 나타났다(역기능 1순위, 121점). 또한 로봇이나 인공지능 기술이 인간의 기본권을 침해하거나 사고를 유발할 경우, 그에 대한 ‘법적 책임소재를 판단할 기준이 모호한 것도 주요 문제점으로 지적되었다(역기능 2순위, 112점). 그밖에도 인공지능의 영향력이 커지면서 야기될 문제(인공지능 기반의 알고리즘이 권력 개입으로 편향되거나, 불완전한 데이터 학습이 문제를 초래)나 일자리 감소에 있어서도 전문가들의 우려가 있었다(100~102점).

[표 5-8] 4차 산업혁명의 사회적 영향

구분		순위	응답점수 합계(점)
긍정적 영향 (순기능)	삶의 편의성·안전성 증대	1	123
	새로운 일자리 창출, 일자리의 질 상승	2	104
	스타트업 등 소규모·신생 기업의 빠른 성장 기회 제공	3	98
	자동화기술 고도화로 소득분배 효과 발생	4	57
	기타	5	19
부정적 영향 (역기능)	데이터·기술 격차에 따른 양극화 발생	1	121
	윤리적 문제 발생과 법·제도적 대응 미비	2	112
	인공지능 영향력 확대에 의한 사회적 문제 야기	3	102
	일자리의 감소·대체	4	100
	기타	5	14

4차 산업혁명의 사회적 영향에 대한 전문가들의 의견을 종합하면, 많은 전문가들은 삶의 편의성과 안전성이 증대되고 일자리 창출과 같은 긍정적 영향이 생길 것으로 기대하고 있다. 하지만 특정한 집단이나 기업이 데이터기술을 독점하는 등의 문제로 양극화가 발생되거나, 인간의 기본권 침해나 윤리적 문제 발생 등과 같은 부정적 효과에 대한 우려도 많은 것으로 나타났다. 따라서 전문가들은 과학기술 발달의 양면성을 고려하여 4차 산업혁명에 적절하게 대응하는 자세가 필요할 것으로 진단하였다.

2) 4차 산업혁명의 사회적 순기능 촉진 및 역기능 개선에 필요한 정책

앞선 문항에서 다루었던 ‘4차 산업혁명의 사회적 순기능’을 촉진시키기 위해 어떠한 정책이 필요한지를 알아보고자 개방형 형태로 질문하였으며, 그 결과를 항목별로 유형화하여 다음 표와 같이 정리하였다. 크게 교육, 공공부문, 법제도, 기업 생태계, R&D, 정보데이터 6가지 항목으로 분류하였다. 그 중에서도 많은 전문가들이 필요하다고 응답한 정책은 교육 관련 정책(19명, 30.2%)과 공공부문 정책(12명, 19.0%)으로 나타났다.

[표 5-9] 4차 산업혁명의 순기능 촉진을 위한 필요 정책

구분	필요 정책	빈도	비율 (%)
교육 (19)	- 고용구조 변화 대비 직업교육, 노동자 재교육, 평생교육	5	30.2
	- 주입식 교육이 아닌 창의성을 높일 수 있는 개인 맞춤형 교육	4	
	- 4차 산업혁명 요구 (신규 직업군) 인재 양성, 주요 신기술 교육	4	
	- 신규 서비스 이용 (기술 활용을 위한) 교육	3	
	- 교육입시 제도 및 내용의 혁신	2	
	- 인간의 존엄성을 강조하는 교육시스템	1	
공공 부문 (12)	- 시범사업, 실증사업	5	19.0
	- 공공분야 신기술 제품 및 서비스 보급 확산(의료, 안전, 교통, 에너지 등)	4	
	- 정부의 인프라 투자	2	
	- 정부 역할의 변화(공공 서비스 센터)	1	
법제도 (11)	- 규제 혁신	4	17.5
	- 윤리적 판단과 법적 기준 확립	2	
	- 개인정보 규제 완화	2	
	- 소득 분배 제도	1	
	- 엄정한 공정거래 관리(플랫폼 제공자 독점 견제)	1	
	- 문제 발생 시 책임 귀속을 명확하게 하는 제도 정착	1	
기업 생태계 (9)	- 스타트업 중심의 혁신 생태계 조성(초기설비 투자, 마케팅 지원 등)	5	14.3
	- 대기업-중소기업 간 상생	2	
	- 중소기업의 정보기술 활용 역량 제고를 위한 다양한 정책 지원	1	
	- 창업 및 투자 확대	1	
R&D (7)	- 개방형 R&D 생태계 조성	2	11.1
	- R&D 투자 강화	2	
	- 실패를 두려워하지 않고 도전하는 연구개발환경 조성	1	
	- 기술사업화 촉진을 위한 산학거버넌스 구축 및 기술거래 활성화 지원	1	
	- 인간의 능력을 보완하는 기술을 중심으로 한 R&D지원	1	
데이터 (5)	- 정보 개방, 여러 분야 빅데이터 공유, 기본데이터 접근 허용, 데이터 질 향상	5	7.9
	- 신고리 원전 공론화위원회는 바람직한 사례		
합계	63	100.0	

주: 괄호 안의 숫자는 응답빈도의 합계를 의미함

교육 관련 정책 중에서는 고용 구조의 변화에 대비할 수 있도록 ‘직업교육, 근로자 재교육, 평생교육’과 관련된 정책이 필요하다는 의견이 가장 많았다. 또한 전문가들은 4차 산업혁명 시대에 요구되는 새로운 인재 양성을 위한 교육 및 주요 기술에 대한 교육, 주입식 교육이 아닌 창의성을 높일 수 있는 맞춤형 교육의 필요성을 지적하였다. 공공부문 정책에서 가장 필요한 것으로는 ‘일반 시민이 참여할 수 있는 실증형 사업’ 또는 파일럿 형태의 시범사업이 필요한 것으로 나타났다. 기업 생태계 관련 정책은 ‘스타트업을 중심으로 하여 혁신적인 산업 생태계를 조성할 수 있는 투자 및 지원’이 필요하다는 의견이 많았다.

‘4차 산업혁명의 사회적 역기능’을 개선시키기 위해 어떠한 정책이 필요한지를 질문한 결과, 전문가들은 법제도의 정비(19명, 32.2%)와 정보-데이터 관련 정책 수립(15명, 25.4%)의 필요성이 높은 것으로 응답하였다. 특히, 인공지능의 발달로 발생할 윤리적 문제, 법적 책임, 손해배상 등에 관한 법과 제도가 마련되어야 한다는 의견이 많았다(10명, 16.9%). 또한 정보 및 데이터의 불평등을 해소하기 위한 독점방지 정책의 필요성이 높은 것으로 나타났다(11명, 18.6%).

[표 5-10] 4차 산업혁명의 역기능 개선을 위한 필요 정책

구분	필요 정책	빈도	비율 (%)
법제도 (19)	- 인공지능 윤리 규범, 로봇, 인공지능의 법적 책임 등에 대한 법/제도 마련	10	32.2
	- 규제와 보안, 취약점 개선 등을 총괄 관리할 수 있는 기술, 정책 표준 거버넌스 체계 구축	5	
	- 플랫폼 중립성을 위한 법제도 개선(플랫폼 사업자 독점적 지위 감독)	4	
정보, 데이터 (15)	- 공공 데이터의 공유, 개방(정보 격차, 정보 불평등 대응, 정보 독점 방지)	11	25.4
	- 데이터 확보/활용 관련 종합 대책	1	
	- 정보보호 대책	1	
	- 데이터 불법 이용 감시	1	
	- 데이터 약자 보호	1	
교육 (11)	- 고용구조 변화에 대비한 일자리 재교육	6	18.6
	- 데이터, 기술 격차를 줄이기 위한 교육 프로그램	2	
	- 교육개혁	1	
	- 평생교육	1	
	- 윤리교육	1	

구분	필요 정책	빈도	비율 (%)
기업 생태계 (5)	- 스타트업 보호(지적재산 및 사업권 보호장치 마련)	3	8.5
	- ICT를 활용한 대/중/소 기업 상생협력 기반 조성	1	
	- 고소득 법인에 대한 법인세율 인상	1	
복지(3)	- 개인별 특성을 반영한 맞춤형 고용 및 복지서비스 제공	2	5.1
	- 사회복지 관련 직군 확대, 재교육	1	
불평등	- 신기술의 활용으로 일어날 수 있는 소득불균형에 대한 대책	3	5.1
산업, 일자리	- 일자리 감소에 따른 대체 산업(서비스 분야) 육성	2	3.4
인프라	- 기술 개발에 필요한 유·무형 인프라(데이터, 시설·장비 등) 지원	1	1.7
합계	59		100.0

주: 괄호 안의 숫자는 응답빈도의 합계를 의미함

필요 정책에 대한 의견을 종합해보면, 전문가들은 4차 산업혁명이 우리 사회에 가져올 긍정적 효과를 극대화하기 위해서는 ‘시대 변화에 부합하는 인력양성을 위한 교육정책’과 ‘실증적 공공 정책’이 핵심이 될 수 있을 것이라 진단하였다. 또한 수반되는 문제와 부정적 효과에 대응하기 위해서는 ‘4차 산업혁명 관련 규제·제도·법령을 정립’하고 ‘데이터와 정보 보호를 위한 대책 마련’이 필요함을 시사하였다.

3) 인공지능의 사회적 파급효과

연구진은 4차 산업혁명과 함께 발달하고 있는 다양한 기술들 가운데, 인공지능 기술에 주목하였다. 그 이유는 인공지능을 활용한 기술들이 특히 사회에 미칠 파급효과가 클 것으로 예상되기 때문인데, 이는 본 델파이조사를 통해서도 입증되었다. 전문가들은 미래에 가장 큰 영향력을 갖게 될 기술로 ‘인공지능’을 꼽았다. 인공지능 기술 자체보다도 이 기술이 향후 상용화되었을 때 우리 사회에 가져올 영향을 파악하기 위해, 인공지능 기술의 활용 분야별로 순기능과 역기능을 점수화(5점)하도록 문항을 구성하였다.

인공지능 기술이 활용되는 대표적인 6개 분야(이미지인식, 추상화, 자율행동, 감정노동, 언어이해, 자발적 지식획득)에서 나타날 순기능을 조사한 결과, 6개 분야 모두에서 ‘삶의 편의성, 안전성 증대’가 가장 많이 선택되었다. 한편 역기능으로는 이미지인식, 감정노동, 언어이해 분야에서 ‘일자리 감소와 대체’가 있을 것이라는 응답이 많았고, 추상화와 자발

적 지식획득 분야에서는 ‘데이터 기술격차에 따른 양극화 발생’이 주된 역기능으로 예상되었다(각각 98점, 114점). 또한 자율행동 분야에서는 ‘윤리적 문제 발생 및 법·제도적 대응 미비’가 가장 우려되는 역기능으로 꼽혔다(120점).

[표 5-11] 인공지능 기술 활용 분야의 사회적 파급효과

핵심키워드	순기능				역기능			
	새로운 일자리 창출, 일자리의 질 상승	삶의 편의성·안전성 증대	소규모·신생기업의 빠른 성장기회	자동화 기술 고도화로 소득분배 가능	일자리 감소·대체	인공지능 영향력 확대로 사회문제 야기	윤리적 문제 발생 및 법·제도 대응 미비	데이터 기술격차에 따른 양극화 발생
이미지인식	77	115	83	48	90	77	86	84
추상화	77	95	87	50	79	83	81	98
자율행동	74	111	80	58	97	111	120	100
감정노동	77	91	72	58	104	88	96	79
언어이해	86	115	89	53	107	79	75	98
자발적 지식 획득	79	102	76	59	93	99	104	114

응답 결과를 요약하면, 이미지인식, 감정노동, 언어이해 3개 분야에서 역기능으로 ‘일자리 감소 및 대체’가 지적된 것으로 보아, 전문가들은 인공지능 기술의 활용으로 인간의 일자리가 줄어들거나 로봇 등으로 대체되는 것을 크게 우려하고 있는 것으로 볼 수 있다.

또한 딥러닝 기술과 연관이 있는 추상화, 자발적 지식획득 분야에서 기술이나 데이터 격차에 따른 양극화가 발생할 것에 대한 우려도 크다. 그러한 이유는 딥러닝 기술을 구현하기 위해서는 많은 컴퓨팅 자원과 기술력이 필요하므로, 일반 대중들이 딥러닝 기술을 활용하기가 힘들기 때문이다.

4_산업별 파급효과 및 산업정책 방향

1) 혁신기술로 인한 변화가 클 것으로 예상되는 산업 분야

본 연구진은 4차 산업혁명이 가져올 사회적 변화뿐만 아니라 산업에 미칠 영향에 주목하고, 특히 어떠한 산업 분야에 큰 변화를 가져올 것인가를 파악하고자 하였다. 전문가들 중 71.4%(20명)가 '서비스업'이 4차 산업혁명으로 인해 가장 크게 변화할 산업이라고 응답하였으며, 그 다음으로 '제조업'이 꼽혔다(21.4%, 6명). 4차 산업혁명의 영향을 가장 크게 받을 산업을 '서비스업'으로 전망한 것은, 서비스업이 차지하는 비중이 큰 우리나라와 서울시 산업구조를 고려하였을 때 시사하는 바가 크다.

[표 5-12] 혁신기술로 인한 변화가 클 것으로 예상되는 산업 분야

산업	빈도	비율(%)
서비스업	20명	71.4
제조업	6명	21.4
제조업, 서비스업	1명	3.6
전기·가스·증기 및 공기조절 공급업	1명	3.6
합계	28명	100.0

위의 문항에서 서비스업으로 응답한 대상에게 서비스업 중에서도 큰 변화가 예상되는 세부 업종을 조사한 결과, 금융 및 보험업(18명), 교육 서비스업(15명), 정보통신 서비스업(13명), 도소매업(13명)으로 나타났다. 제조업 중에서는 전자부품, 컴퓨터, 영상, 통신장비, 전기장비 제조업(7명), 자동차 및 트레일러, 운송장비 제조업(7명), 의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업(6명), 산업용·기타 기계 및 장비 제조업(6명)의 변화가 클 것으로 예측되었다.

[표 5-13] 혁신기술로 인한 변화가 클 것으로 예상되는 세부업종

제조업	빈도(명)	서비스업	빈도(명)
전자부품, 컴퓨터, 영상, 통신장비, 전기장비 제조	7	금융 및 보험	18
자동차 및 트레일러, 운송장비 제조	7	교육서비스	15
의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조	6	정보통신(출판·영상·컴퓨터 프로그래밍 등)	13
산업용·기타 기계 및 장비 제조	6	도매 및 소매	13
인쇄 및 기록매체 복제	3	보건 및 사회복지 서비스	11
섬유제품, 의복·가방·가죽제품 제조	1	운수 및 창고	9

제조업	빈도(명)	서비스업	빈도(명)
식·음료, 담배 제조	0	숙박 및 음식점	8
목재, 가구, 펄프, 종이 제조	0	공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	8
코크스·연탄·석유정제품, 화학물질, 고무제품 제조	0	부동산	7
의료용 물질 및 의약품 제조	0	전문·과학 및 기술 서비스(연구개발, 건축기술, 엔지니어링 등)	7
비금속 광물, 1차 금속, 금속가공제품 제조	0	예술·스포츠 및 여가관련 서비스	4
기타 제품 제조	0	사업시설 관리, 사업지원 및 임대서비스	3
		수도·하수·폐기물처리, 원료재생	1
		협화단체, 수리 및 기타 개인 서비스	1

2) 4차 산업혁명에 대응하기 위한 중앙정부와 서울시의 역할

앞선 문항들을 통해 4차 산업혁명이 우리 사회에 큰 변화를 가져올 것에 대해 대부분의 전문가들이 동의하고 있는 것으로 나타났다. 그렇다면 정부와 서울시가 변화에 대응하기 위해 어떠한 역할을 할지가 중요하다. 이에 본 문항에서는 중앙정부와 서울시가 4차 산업혁명 대응을 위해 해야 할 역할에 대해 질문하였다. ‘일자리 문제해결’, ‘소득 불평등 해소’, ‘디지털 격차 해소’, ‘창업 지원 및 기업 육성’, ‘ICT 신기술의 공공부문 도입’, ‘연구개발 투자 확대’, ‘기타’ 총 7개의 보기를 제시하고 1위부터 3위까지 우선순위를 정하도록 하였다.

중앙정부가 해야 할 역할 1순위는 ‘연구개발 투자 확대’, 2순위는 ‘창업 지원 및 기업 육성’, 3순위는 ‘일자리 문제 해결’로 꼽혔다. 서울시가 해야 할 역할 1순위는 ‘일자리 문제 해결’, 2순위는 ‘창업 지원 및 기업 육성’, 3순위는 ‘ICT 신기술의 공공부문 도입’으로 나타났다. 우선순위들을 종합해보면, 전문가들은 정부와 서울시의 역할에 대해 ‘산업 육성’과 ‘일자리 문제 해결’을 위한 노력이 시급하다고 진단하였다. 조사 결과 중 주목할 만한 특징은 ‘연구개발 투자 확대’의 우선순위가 중앙정부와 서울시 사이에 크게 차이가 나고 있다는 점이다. 과학기술의 경우, 연구개발의 성과는 국가 전체에 그 혜택이 돌아가며 특정 지역으로 투자 대상을 한정해야 할 이유도 없는 만큼 중앙정부가 보다 큰 역할을 담당하는 것이 타당하며, 반면 지방정부는 각종 도시문제 해결과 민생, 복지 등 시민의 생활과

직결된 현안에서 중앙정부에 비해 더 효과적으로 대응할 수 있기 때문에 나타나는 차이로 해석할 수 있다.

[표 5-14] 4차 산업혁명에 대응하기 위한 중앙정부, 서울시의 역할

우선순위	중앙정부의 역할	서울시의 역할
1위	연구개발 투자 확대	일자리 문제 해결
2위	창업 지원 및 기업 육성	창업 지원 및 기업 육성
3위	일자리 문제 해결	ICT 신기술의 공공부문 도입
4위	ICT 신기술의 공공부문 도입	디지털 격차 해소
5위	디지털 격차 해소	소득 불평등 해소
6위	소득 불평등 해소	연구개발 투자 확대
7위	기타	기타

3) 서울시 및 전국의 산업정책 측면에서 중요한 기술 유형

본 문항에서는 4차 산업혁명 관련 기술들이 발전함에 따라 경제사회문화적으로 큰 변화가 예상되는데, 그 중에서도 기술발전이 서울시의 산업구조에 미칠 영향에 대해 알아보고자 하였다. 관련 기술들은 가장 대표적인 3개 분야의 기술(인공지능, 사물인터넷, 블록체인)로 구성하였으며, 업종은 크게 서비스업과 제조업으로 구분하여 제시하였다. 산업 중에서도 서비스업과 제조업으로 문항을 구성한 이유는 전국 및 서울시의 산업구조 때문이다(전체 산업 중에서 서비스업이 약 90% 수준을 차지). 전문가들에게도 이러한 산업구조의 특성을 설명하고자 사전자료를 제공하였다(설명 자료는 2014년 통계청 사업체조사 2014에서 추출한 전국과 서울의 산업별 사업체수, 종사자수의 비중을 제시). 서비스업과 제조업의 각각 세부 업종들을 보고, 해당 업종에서 중요하게 다루어져야 하는 기술의 유형을 1위부터 3위까지 선택하도록 하였다. 서비스업종은 사업체조사(통계청, 2014) 자료를 활용하여, 전국 및 서울에서 사업체수가 많은 상위 10개 업종을 선정하였다. 제조업종은 광업-제조업조사(통계청, 2014) 자료에서 전국 및 서울의 부가가치 비중이 높은 제조업종 상위 10개를 선정하였다.

조사 결과, 서울시 서비스업의 각 세부 업종별로 중요한 기술 유형들에는 일부 차이가 있었다. ‘도·소매업’, ‘숙박 및 음식점업’과 같이 소비자들에 대한 판매 활동이 필요한 업종

에서는 블록체인 기술을 활용한 ‘지급결제’ 분야가 1순위로 꼽혔다. ‘교육 서비스업’, ‘전문, 과학 기술 서비스업’, ‘출판·영상·통신 및 정보서비스업’과 같이 언어사용이 빈번한 업종은 인공지능 기술을 활용한 ‘언어이해’가 1순위로 꼽혔다.

[표 5-15] 서울의 서비스업에서 중요한 기술 유형

업종	1순위	2순위	3순위
도·소매업	지급결제	제조유통	이미지인식
숙박 및 음식점업	지급결제	자율로봇	스마트홈
운수업	스마트카	이미지인식	스마트시티
협회·단체, 기타 개인 서비스업	감정노동	언어이해	지급결제
전문과학기술 서비스업	언어이해	자발적 지식획득	이미지인식
부동산 및 임대업	스마트계약	자산관리	스마트홈
교육 서비스업	언어이해	자발적 지식획득	추상화
보건·사회복지 서비스업	공공서비스	사회적 로봇	감정노동
출판·영상·통신 및 정보서비스업	언어이해	이미지인식	추상화
예술·스포츠 및 여가 서비스업	이미지인식	추상화	자율로봇

제조업의 경우에는 대부분의 업종에서 사물인터넷 기술을 활용한 ‘3D프린팅’이나 인공지능 기술을 활용한 ‘이미지 인식’ 분야가 중요한 기술 유형으로 꼽혔다. 제조 현장에서는 ‘3D프린팅’ 기술을 통해 제품을 실제로 제조할 수 있고, 의복, 인쇄, 기록, 섬유제품 제조업에서는 시각적 기술이 중요하므로 ‘이미지인식’이 중요 기술로 꼽힌 것으로 해석할 수 있다.

[표 5-16] 서울의 제조업에서 중요한 기술 유형

업종	1순위	2순위	3순위
의복·의복액세서리·모피 제조	이미지인식	3D프린팅	자율로봇
전자부품·컴퓨터, 영상, 음향 통신 장비 제조	3D프린팅	자율로봇	이미지인식
가죽, 가방·신발 제조	3D프린팅	이미지인식	자율로봇
의료, 정밀, 광학기기·시계 제조	3D프린팅	이미지인식	자율로봇
인쇄 및 기록매체 복제	이미지인식	언어이해	추상화
기타 기계 및 장비 제조	3D프린팅	자율로봇	이미지인식
식품 제조	제조유통	자율로봇	이미지인식
전기장비 제조	3D프린팅	자율로봇	이미지인식
기타제품 제조	3D프린팅	이미지인식	자율로봇
섬유제품 제조	이미지인식	3D프린팅	자율로봇

전국의 산업구조를 파악할 수 있도록 설명자료를 제공하였고, 이를 토대로 전국의 산업구조 특성을 고려하여 업종별 주요 기술을 선택하도록 하였다. 조사 결과, 서울시의 서비스업과 마찬가지로 ‘도·소매업’, ‘숙박 및 음식점업’에서는 블록체인 기술을 활용한 ‘지급결제’ 분야가 1순위로 꼽혔다. 제조업의 경우에도 대체적으로 사물인터넷 기술을 활용한 ‘3D프린팅’과 인공지능 기술을 활용한 ‘이미지 인식’ 분야를 중요 기술로 선택한 응답이 많았다.

[표 5-17] 전국의 서비스업에서 중요한 기술 유형

업종	1순위	2순위	3순위
도·소매업	지급결제	제조유통	이미지인식
숙박 및 음식점업	지급결제	자율로봇	스마트홈
협화·단체, 기타 개인 서비스업	언어이해	스마트카	지급결제
운수업	스마트카	이미지인식	스마트시티
교육 서비스업	언어이해	자발적 지식획득	이미지인식
부동산 및 임대업	스마트계약	자산관리	스마트홈
보건·사회복지 서비스업	사회적 로봇	언어이해	공공서비스
예술 스포츠 및 여가 서비스업	이미지인식	추상화	언어이해
전문과학기술 서비스업	언어이해	자발적 지식획득	이미지인식
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	스마트시티	자율로봇	이미지인식

[표 5-18] 전국의 제조업에서 중요한 기술 유형

업종	1순위	2순위	3순위
전자부품·컴퓨터, 영상, 음향 통신 장비 제조	이미지인식	자율로봇	3D프린팅
자동차 및 트레일러 제조	스마트카	이미지인식	자율로봇
화학물질 및 제품 제조	이미지인식	자율로봇	제조유통
기타 기계 및 장비 제조	3D프린팅	자율로봇	이미지인식
금속가공제품 제조	3D프린팅	이미지인식	자율로봇
1차 금속제조	3D프린팅	자율로봇	이미지인식
식료품 제조	제조유통	자율로봇	이미지인식
고무 및 플라스틱 제품 제조	3D프린팅	자율로봇	이미지인식
전기장비 제조	3D프린팅	자율로봇	이미지인식
기타 운송장비 제조	이미지인식	스마트카	3D프린팅

4) 4차 산업혁명의 의미

4차 산업혁명이 대중들에게 본격적으로 관심을 받기 시작한 시점(2016년 다보스포럼) 이후에도 그 의미와 실체에 대한 비판적 논의는 지속되고 있다. 이에 본 연구에서는 전문가들이 생각하는 4차 산업혁명의 의미와 구체적인 견해를 묻고자 개방 형태로 질문하였다. 이에 대한 응답 결과, 전문가들 대부분은 4차 산업혁명으로 기존 기술들이 융복합되면서 새로운 서비스를 창출할 것이고, 우리 사회에 새롭고 큰 변화를 가져올 것에 동의하였다. 다만, 그 변화의 수준이 ‘혁명’으로까지 불리울 만큼 클 것인가에 대해서는 이견이 있었다. 4차 산업혁명을 ‘데이터 혁명’이나 ‘데이터 기반의 사회 변화’로 정의하여 데이터의 중요성과 가치를 강조하는 응답들이 있었다. 또한 기술 발달로 인간이 육체노동에서 해방되거나 인력이 로봇, 인공지능 등으로 대체되어 나타날 일자리 문제에 대해서도 관심을 가지고 있는 것으로 나타났다.

[표 5-19] 4차 산업혁명의 의미

4차 산업혁명의 의미	답변 근거
얼핏 위기로 인식될 수 있으나, 우리나라에게는 큰 터닝포인트	현재 세계적으로 높은 수준을 가지고 있는 ICT, 반도체 기술에 기반을 두어 4차 산업혁명의 흐름에 빠르게 적응한다면, 경제 침체, 일자리 문제 등을 극복할 수 있음과 동시에 세계시장을 선도할 수 있을 것
인간에게 편리하고 편안한 삶의 제공을 위해 적용되는 자율적, 지능적인 IT 기술과 관련된 산업	기존 IT 기술과 가장 큰 차이점은 인공지능, 사물인터넷과 같이 사물(기계) 자체가 자율적, 지능적이라는 점
데이터 기반 사회를 지칭하는 또 다른 이름	모든 의사결정이 데이터에 기반(데이터 생산·수집·가공·분석 등)하여 이루어지고, 데이터를 활용한 다양한 알고리즘에 따른 수많은 서비스가 개발되어 우리가 향유하는 데이터 중심 사회가 바로 4차 산업혁명의 방향이기 때문
데이터를 활용하여 개인, 기업, 사회의 문제를 해결하는 것	최근에 등장하는 사업모델이 대체로 데이터를 활용하여 신규 제품, 서비스를 만들거나 기존 제품, 서비스를 업그레이드하는 것임. 데이터를 활용한 개인 및 사회문제 해결은 향후 국가적으로 지향해야 할 목표임
개방과 공유를 전제로 한 사회적 가치의 극대화를 추구하는 디지털 융복합 혁명	외해적 혁신의 디지털 기술기반 위에서 개방과 공유를 기본으로 한 융복합을 통해 개별 요소들의 가치의 합보다 훨씬 큰 사회적 가치를 창출해 내는 새로운 사회 현상이기 때문
인간의 육체적 노동 해방	수력, 증기, 디지털 등 이제껏 발전해 온 산업혁명은 근본적으로 인간의 노동력을 최소화하고 생산성을 극대화하기 위한 방향이었음. 결국 그 종착역은 인간의 육체적 노동의 해방일 것이며, 만약 사물인터넷·빅데이터-인공지능이 탑재된 로봇, 안드로이드 등이 실생활에 상용화되어 상당 부분의 노동을 인간 수준으로 대체한다면, 이에 따른 인간 생활, 사회구조, 경제구조의 급격한 변화가 발생할 것
생산성이 급격히 높아지는 매우 큰 변화	한계 비용이 저렴해지고 대량생산의 이점이 낮아져 전반적으로 진입 장벽이 낮아짐

4차 산업혁명의 의미	답변 근거
기존 기술을 바탕으로 새로운 산업을 창출하고자 하는 사회적 요구	기존 기반기술을 바탕으로 하므로 완전한 신기술이라고 보기는 어렵지만, 사회적·정치적인 요구에 의해 긍정적인 측면의 경제적 성장을 도모
사고의 주객전도	기존에는 인간이 사고하고 기계가 행동을 했던 반면에, 이제 인공지능의 생각·의사결정을 통해 인간이 행동하게 되는 세상이 도래
가상과 현실의 융합을 통한 초연결, 디지털 혁명	완전히 새로운 기술의 등장이라기보다는 기존 기술들의 융복합을 통해 나타나는 새로운 서비스의 출현이며 이를 통해 사회경제 시스템의 변화가 기대된다고 할 수 있으므로 융합, 초연결, 디지털 혁명 등의 키워드로 설명 가능함
데이터 혁명	초연결로 인한 빅데이터의 확보가 단초가 되었고, 빅데이터의 확보 역량과 효율적 사용 여부가 경쟁력을 좌우할 것이기 때문
우리 생활을 완전히 바꾸어 놓을 수 있는 디지털 기반의 패러다임 혁신	지난 1차, 2차, 3차 산업혁명이 기술의 발전을 통한 경제 성장과 더불어 우리의 생활양식과 일상생활, 삶의 우선순위, 사회 운영방식 등을 완전히 바꾸었듯이, 인공지능으로 대표되는 첨단기술에 의한 4차 산업혁명은 보다 윤택한 사회로 경제발전과 함께, 이제까지 보지 못한 새로운 사회와 일상을 만들어 낼 것
사물인터넷과 인공지능을 활용한 사업모델 혁신	4차 산업혁명 전까지 발달한 개별기술들을 융합·연결하여 새로운 부가 가치를 창출해 내는 것이 4차 산업혁명의 가장 큰 의의이기 때문. 특히, 4차 산업혁명의 핵심 기술인 사물인터넷과 인공지능이 융합과 연결을 하는 데에 중심축 역할을 할 것
실체는 없지만, 현재 우리 사회의 단상을 보여주고 있는 현상	기술적으로 사람들이 놀랄 만큼 발전한 것도 사실이지만, 동시에 그동안 우리가 얼마나 이러한 것에 대처가 안 돼 있었는지를 보여주는 현상
신기술(인공지능과 사물인터넷)의 전 방위적 활용으로 야기된 경제, 사회, 문화적 패러다임의 전환	기술의 발전은 지속적으로 이루어지지만 혁명이라 불리기 위해서는 신기술 도입 이전과는 근본적으로 다른 변화가 사회 전반에서 나타나야 하기 때문
정보통신기술(ICT)과 데이터가 결합되어 사회 전체적인 혁신을 가져오는 변화	ICT 기술(사물인터넷, 클라우드, 모바일 등) 발전에 따라 빅데이터를 활용할 수 있는 기반이 마련되었고 이를 활용한 혁신 제품 및 서비스의 개발이 향후 4차 산업혁명을 이끄는 원동력이 될 것임
인간중시 가치 산업과 지식정보 사회를 이끌어 갈 부가가치 창출의 새로운 원천	오랜 기간 동안 경험을 통해 축적된 지식을 통해 기술이 가지는 양면성에 대해 많이 생각할 수 있으며, 새로운 기술에 대한 대응 전략도 좀더 나아질 수 있을 것으로 판단됨
만들어낸 말일 뿐	현재 이루어지고 있는 digital transformation은 이미 오래전부터 준비되어왔고 점진적으로 진행되고 있는 사회적 현상이며, 갑자기 이루어지는 혁명적인 것이 아니기 때문
ICT의 신기술	4차 산업혁명의 기반이 되는 주요 기술들을 살펴보면 AI, IoT, 클라우드, 빅데이터 등이며, 이들을 이용한 기술 간 융합이 그 주를 이룸. 1차 혹은 2차 산업혁명 때처럼 기존에 없던 새로운 기술이 나타나 혁명을 주도하는 것이 아니라, 이미 사용되고 있던 기술들의 발전된 형태일 뿐임. 그렇다고 해도 전과는 달리 기술의 혁신이 매우 빠르게 일어나고 있으며, 그 파급력이 전과 비교할 수 없이 크다는 것을 무시할 수는 없음
과거 오일 혁명에 비견할 수 있는 Data 혁명	오일 혁명 때와 마찬가지로 신규 직업 및 산업 형태가 대규모로 발생할 것으로 예상하기 때문

4차 산업혁명의 의미	답변 근거
편리함과 효율을 추구하는 기술 발전의 지속적인 흐름의 하나	AI, 머신러닝, 3D프린팅 등 모두 결국에는 최소한의 시간과 인력과 자본을 통해 최대한의 결과를 얻고자 하였던 인류 발전역사의 기본적인 방향성과 다를 바가 없으며, 그 기술들이 비록 효율을 극대화할 수는 있으나 지금까지의 흐름을 벗어날 만한 큰 사건이나 특이점은 아니기 때문
데이터가 사회 전반의 효율성을 증대시킬 수 있다는 데이터의 가치의 재발견	그 간 데이터의 중요성은 일부 섹터에서 용인되어 왔지만 사회 전반으로 확산시켜 효율성을 증대시킨다는 인식까지는 대중의 설득력을 갖기 어려웠음. 4차 산업혁명이라는 키워드를 통해 이제는 데이터의 가치가 매우 중요하다는 점을 대중들이 인식하게 된 시점이야말로 혁명의 시작이라고 봄. 이를 통해 더 많은 혁신이 발생하는 롱테일이 가능하게 될 것
밥	반드시 먹어야지만, 많이 먹으면 체하고 많이 먹을 수 있는 사람과 못 먹는 사람도 있으니 골고루 분배해야 하기 때문
인공지능, 사물인터넷 및 블록체인과 같은 기술발전으로 인한 작은 사회변화	기술 발전에 의해 직종, 생활환경의 변화는 끊임없이 있었음. 특히, 2010년대 후반 발전하고 있는 인공지능, 사물인터넷, 블록체인과 같은 기술발전으로 주목하여 그 기술에 의해 변화될 사회상에 대해 많은 사람들이 예측하고 준비하지만, 현재까지 기술발전으로 인해 서서히 변화된 사회의 모습과 큰 차이는 없을 것
각종 첨단기술과 연결망(인터넷)의 융합으로 이루어지는 사회구조의 변혁	따로 존재하는 기술들이 서로 시너지를 일으키며 사물인터넷으로 통합되면서 한 가지 기술로는 일으키기 어려운 사회의 변화를 일으켰기 때문
ICBMS	IoT, Cloud computing, Bigdata, Mobile and Security

06

기술 발전 로드맵과 서울시 정책 방향

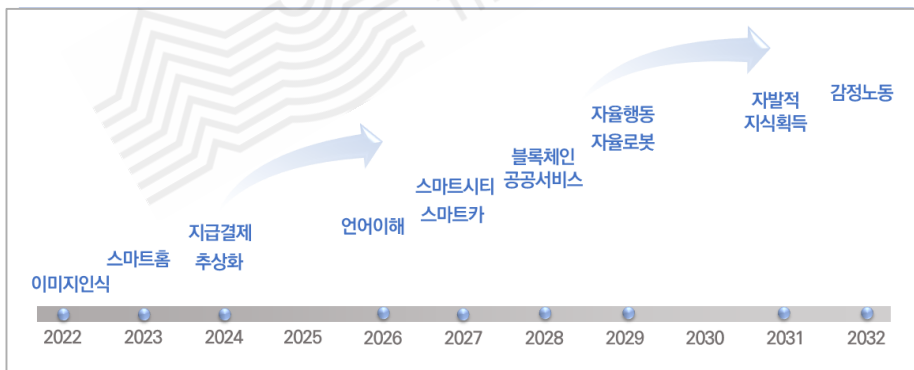
1.4차 산업혁명 기술 발전 로드맵

2.4차 산업혁명에 대응하기 위한 서울시 산업정책 방향

06 | 기술 발전 로드맵과 서울시 정책 방향

1_4차 산업혁명 기술 발전 로드맵

본 연구의 목적은 4차 산업혁명에 대응하기 위한 서울시 산업정책 방향을 제시하는 것이다. 이를 위해 서울시 산업구조 및 특징을 분석하고, 4차 산업혁명과 관련된 국내외 정책 동향과 인공지능, 사물인터넷, 블록체인을 중심으로 4차 산업혁명을 견인하는 핵심 기술의 발전 현황을 살펴보았다. 마지막으로, 4차 산업혁명의 기술 발전 경로를 전망하고 4차 산업혁명이 우리 사회에 미칠 영향을 파악하기 위해 전문가를 대상으로 델파이조사를 실시하였다. 본 장에서는 지금까지의 연구 내용을 바탕으로 향후 4차 산업혁명의 발전 로드맵을 제시하고자 한다. 앞서 진행한 델파이조사에서 주요 핵심 기술별로 발전 단계를 설정하고, 단계별로 기술이 보편화되는 시점을 질의하여 그 응답을 수집한 바 있다. 해당 조사 결과를 중심으로, 기술 발전 시점을 예상하고, 해당 기술이 산업과 사회에 미치는 함의를 고려하여 미래 사회를 전망할 것이다.



[그림 6-1] 주요 기술들의 발전 로드맵

1) 이미지 인식 기술 - 2022년

먼저, 인공지능과 관련하여 가장 먼저 보편화될 기술은 이미지 인식으로, 그 시점은 2022년이 될 것으로 전망되었고, 이미지 인식 기술은 의복액세서리·모피제조업, 인쇄 및 기록매체 제조업, 섬유제품제조업, 예술·스포츠, 여가서비스업종과 관련이 있는 것으로 나타났다. 딥러닝 기술이 처음으로 개척한 영역이 CNN 모형을 이용한 이미지 인식이며, 미술, 디자인과 관련된 제조업과 서비스업에서 활용될 가능성이 높다. 미술, 디자인 관련 산업에서 요구되는 가장 핵심적인 기술이 창작 능력임을 감안할 때 딥러닝 기반의 이미지 인식 기술은 인간의 노동을 대체하기보다는 보완관계로 발전할 가능성이 있어 생산성과 노동 환경에 긍정적으로 작용할 것으로 기대된다.

2) 스마트 홈 - 2023년

한편 사물인터넷 기반의 스마트홈 조사 결과 2023년에 성숙할 것으로 예상된다. 센서로 수집된 행동 데이터가 인터넷을 통해 전송되고, 클라우드 서비스 데이터를 분석한 결과를 바탕으로 다양한 서비스를 가능케 하는 스마트 홈은 사물인터넷 기술 중에서도 제한된 실내 공간을 대상으로 하기 때문에 다른 서비스에 비해 상대적으로 일찍 상용화가 가능할 것으로 예상되었다.

3) 추상화 기술 - 2024년

딥러닝에서 추상화 기술은 데이터를 분석하는 과정에서 인공지능이 새로운 패턴을 스스로 도출해 내는 단계를 말한다. 이미지, 음성을 비롯해 다양한 데이터에 적용될 수 있으나 현 시점에서 구체적인 활용 사례를 예상하는 것은 쉽지 않다. 다만, 추상화 기술은 그 특성상 대용량의 데이터를 분석하여 특수한 상황에서 인간보다 나은 의사 결정을 할 수 있고, 미래 예측의 정확성을 높이는 데 사용될 수 있다. 사고나 범죄, 응급상황 등을 더 빨리 정확히 예측할 수 있게 되면 더욱 안전하고 편리한 환경을 조성할 수 있다. 다만 추상화 기술을 활용한 서비스는 고도의 컴퓨팅 자원을 소모하는 작업으로 플랫폼 사업자의 독점이나 데이터 양극화 문제에 대한 우려가 있어왔다. 추상화 기술이 본격적으로 활

용되는 이 시점에 맞추어 데이터 및 플랫폼 독점에 대한 규제가 확립되어야 할 것으로 보인다.

4) 가상화폐 지급결제 보급 - 2024년

블록체인 기반의 가상화폐는 현재 투기 목적으로 거래되는 경우가 대부분이지만 비트코인 의 경우 현재 총 채굴량의 70% 이상이 채굴되었다. 총 통화량은 소폭으로 증가하는 가운데, 신규 이용자의 유입으로 말미암아 변동성이 크며, 별다른 금융규제가 존재하지 않고 있는 상황이다. 블록체인 가상화폐가 금융수단으로 안착할 것인지 여부는 아직 확실하지 않다. 다만 많은 이용자들에게 충분히 보급되고 가치가 안정되면 보안 문제나 국제 송금 등에서 많은 강점이 있기 때문에 2024년에는 정상적인 화폐 기능을 수행할 가능성도 있다. 이를 위해서는 금융시장 혼란을 막기 위한 가상화폐의 적절한 규제 가이드라인이 필요하다.

5) 언어이해능력 - 2026년

현재 음성인식 서비스는 스마트 스피커를 통해 맹아기적 모습을 보이고 있으며, 이용자 데이터가 축적되면 성능이 꾸준히 향상될 것으로 예상된다. 자연어 처리 기술은 현재도 많은 발전을 이루고 있지만 딥러닝은 기본적으로 자연어의 의미 구조를 이해하는 것이 아니므로, 기계번역 등에서는 성과가 예상되지만 인간의 언어를 직접 이해하는 단계에 도달하기까지는 험난한 과정을 거쳐야 할 것으로 예상된다. 전문가들은 지금으로부터 9년 뒤인 2026년에 인공지능의 언어 이해 능력이 성숙할 것으로 예상했는데, 로봇 기술이 얼마나 함께 발전하느냐에 따라 사무직종에서의 지식 노동을 보완하거나 대체하는 수준에서 상당한 변화를 가져올 수 있을 것으로 예상된다. 인공지능 언어이해능력의 성숙은 다양한 서비스 업종에서 본격적인 노동대체 현상을 발생시킬 수도 있다. 직업을 잃게 될 수 있는 특정 직종의 노동자에 대한 정책적 대응이 이 시점 이전에 확립되어야 한다.

6) 스마트카, 스마트시티 - 2027년, 2028년

인공지능 기반 자율주행차는 복잡한 현실 도로 환경에서의 다양한 사건에 대한 대응능력과 사고 발생 시 책임 소재에 관한 규제 틀이 확정되지 않아 보편화되기까지는 지금으로부터 최소한 10년 이상은 걸릴 것으로 예상된다. 다만 스마트카는 상용화될 경우 경제적 파급효과와 후생 증대 효과가 크며, 인간의 생활 패턴에 매우 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에 정책적으로 중요하게 다루어질 필요가 있다. 엄격한 기준을 가진 전용 도로와 같은 스마트카 교통규제의 확립은 스마트카 개발의 기술적 한계를 다른 방식으로 극복해줄 수 있는 열쇠가 될 수도 있다. 스마트시티는 환경문제에 종합적으로 대응할 수 있는 솔루션을 제공해 줄 수 있으며, 에너지나 교통관리, 원격 근무 지원 등 일부 분야에서는 전문가들이 예상한 시점인 2028년보다 더 일찍 실용화될 수 있다. 관련 기술이 성숙되는 시점이 2027년 또는 2028년이라면 스마트시티의 효용을 극대화시키기 위해서는 장기적 관점에서의 종합적 도시 비전 설계가 필요하다.

7) 기타

그 밖에 자율로봇, 인공지능의 자율행동, 자발적 지식획득 등의 기술 발전 단계는 최소한 10년 내에는 실현되지 않을 것으로 예상되며, 이들 기술 발전의 영향에 대해 지금 논하는 것은 큰 의미가 없을 것으로 판단된다.

본 절에서는 전문가 대상 델파이조사 결과를 토대로 시기별로 널리 보급될 수 있는 4차 산업혁명 기술에 대해 살펴보았으며, 기술이 갖는 정책적 의미도 도출하였다. 기술의 미래를 10년 뒤까지 예측하는 것은 매우 어려운 작업이지만, 본 연구결과는 어쩌면 발생할지 모를 산업과 고용에서의 급격한 변화에 대응하고, 이로 인해 발생할 수도 있는 사회 혼란을 사전에 방지하기 위해 관련 규제 및 정책을 마련해야 하는 예상 시점을 제시함으로써 4차 산업혁명에 대한 서울시의 대응력을 제고하는 데 참고 자료로 활용될 수 있을 것이다. 다만, 기술의 발전은 언제나 우리의 예상을 뛰어넘어 왔기 때문에 미래 예측과 기술 영향에 관한 논의는 일회성으로 끝날 것이 아니라, 앞으로도 지속적으로 해나가면서 대응 방안을 함께 개발해 나가야 한다.

2_4차 산업혁명에 대응하기 위한 서울시 산업정책 방향

본 절에서는 지금까지의 연구 내용을 바탕으로 4차 산업혁명에 대응하기 위한 서울시의 산업정책 방향을 제시하기로 한다. 델파이조사에서 전문가들이 예상한 바와 같이, 4차 산업혁명은 서울시를 포함한 우리나라의 산업구조 전반에 많은 변화를 몰고 올 것으로 예상된다. 정보통신의 기반이 되는 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비 제조업과 출판·영상·방송통신 및 정보서비스업이 모두 제조업과 서비스업에서 상대적으로 큰 비중을 차지하고 있는 서울시는 4차 산업혁명에 필요한 디지털 기술의 경쟁력을 확보하는 데 유리한 산업구조를 보유한 것으로 평가된다. 또한 보건업 및 사회복지서비스업과 의복·액세서리·모피제조업은 첨단 디지털 기술이 접목되면 많은 혁신이 기대될 수 있어 4차 산업혁명의 수혜 산업에 해당한다. 통계에서 나타난 서울시의 산업구조는 앞으로의 산업 변화를 통해 매우 긍정적인 영향을 받을 수 있는 여건을 지녔다고 볼 수 있다. 중앙정부와 서울시가 우선적으로 생각해야 할 정책을 조사한 결과 중앙정부와 서울시 사이에 많은 공통점이 있었다. 특히 창업지원, 일자리 창출, ICT 공공도입의 경우 중앙정부와 서울시 공히 우선 순위가 높았다. 중앙정부의 경우 연구개발 투자 확대가 가장 우선시되어야 할 정책으로 꼽혔고, 서울시의 경우 일자리 창출이 1위를 기록했다. 이러한 서울시의 산업구조와 전문가 의견을 염두에 두고 앞으로 우리는 산업정책을 수립함에 있어 다음과 같은 방향성을 고려할 필요가 있다.

1) 시민과 기업의 큰 관심, 정책 추진의 동력으로 활용해야

우리나라는 ‘4차 산업혁명’에 대한 대중적 관심이 매우 큰 편에 속한다. 또한 짧은 기간 내에 세계적인 경쟁력을 갖게 된 ICT 강국으로서의 자부심도 크다. 4차 산업혁명에 대한 관심과 낙관적인 기대는 이러한 ICT 발전 경험에 힘입은 바 크다. 기술변화에 따른 사회 변화는 때로 저항과 마찰을 불러일으키기도 하지만, 우리나라의 경우에는 국민들이 많은 관심을 갖고 있는 만큼 관련 정책이 관심과 지지를 받을 수 있을 것으로 보인다. 이는 관련된 개혁정책을 추진함에 있어 긍정적인 동력으로 작동할 수 있으므로, 정부는 관련 정책 수립 시 국민들의 의견을 정책에 적극적으로 반영하는 자세가 필요하다.

4차 산업혁명에 대한 관심의 요인은 산업에서도 찾을 수 있는데, 대부분 기업의 생존전략

과 관련이 있다. 대기업과 중소기업 모두 4차 산업혁명을 계기로 기업의 노동생산성을 제고하고, 경쟁력을 키워보고자 하는 의지가 강하며, 신기술에 대한 수용 의지도 큰 것으로 보인다. 산업구조의 개선을 위해 정부는 이러한 기업의 관심을 긍정적으로 활용하기 위해 리더십을 발휘해야 한다.

전문가들은 4차 산업혁명이 삶의 편의성과 안전성을 증대시키고, 일자리 측면에서도 양적·질적으로 긍정적인 변화를 많이 예상하였다. 기업에게는 새로운 비즈니스의 기회를 제공하고 국민들에게는 소득 분배의 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각함과 동시에 다른 한편으로 양극화 문제와 윤리문제, 기존 직업이 사라짐으로써 발생할 수 있는 일자리 문제를 우려하였다. 이에 따라 양극화에 대비할 수 있는 복지정책 등 사회안전망 구축과 소멸 가능성이 높은 직업에 종사하고 있는 노동자들에 대한 고용 대책을 제도화시키는데 노력해야 한다.

2) 교육 및 공공부문 개혁, 법제도 정비, 기업 생태계 조성이 과제

서울시가 가져가야 할 4차 산업혁명 관련 정책은 다음과 같다. 첫째, 4차 산업혁명을 고려한 교육정책의 개혁이 필요하다. 앞서 실시한 전문가 조사에서 교육 개혁이 4차 산업혁명 대응 정책 1순위로 선택된 것을 보더라도 대부분의 전문가들이 그 중요성에 공감하고 있는 사안이기도 하다. 4차 산업혁명 대비 교육정책에서 고려할 교육은 크게 세 가지로 볼 수 있는데, 직업교육, 인재양성교육, 신기술 활용 교육이 그것이다. 그 중 인재 양성은 대학교 등 교육기관을 통해 이루어지는 것이 바람직한데, 이는 교육부를 중심으로 중앙정부가 그 역할을 담당하고 있다. 따라서, 서울시가 특히 주목해야 할 분야는 직업교육과 신기술 활용 교육이라 할 수 있다. 직업교육은 일자리가 사라지는 것에 대한 대응 방안으로서의 교육 프로그램으로, 고위험 직종 종사자를 대상으로 IT 직업교육을 실시해 재고용하는 것을 목표로 한 미국 오바마 정부의 테크하이어(TechHire)가 모델이 될 수 있다. 우리나라는 기존의 직업훈련 과정에 4차 산업혁명 관련 분야를 추가해가고 있다. 고용노동부는 직업능력개발훈련 제도 중 하나인 ‘국가기간전략산업직종훈련’을 4차 산업혁명에 대한 적응력 높은 훈련체계로 전환하기 위해, 신산업분야의 직종을 추가하였다. 빅데이터 개발·활용, 영상촬영용 드론 조종, 사물인터넷, 증강현실, 스마트팜 구축, 핀테크와 같은

4차 산업혁명 관련 직종을 2017년부터 추가함으로써 신산업 분야의 인력양성과 산업환경 변화에 대응하고자 노력하고 있다(고용노동부, 2016). 또한 서울시 성동구는 경력단절 여성들의 고용문제와 소프트웨어 인력 양성을 동시에 해결하기 위해, 2015년부터 ‘경력단절 여성 코딩교육 강사 양성사업’을 추진해오고 있다. 신산업 응용기술과 관련된 직업교육과 경력단절여성에 대한 교육은 기술변화에 따른 유연한 대응이 필요한 분야이다. 일자리와 민생에 직결되는 분야이고, 산업현장의 수요에 보다 능동적으로 대처할 필요가 있다는 점에서 서울시가 많은 기여를 할 수 있다. 서울시는 공공 및 민간 교육기관과 과학기술 전문가를 활용하여 고용 수급 현황을 바탕으로 교육 프로그램을 개발하고, 교육성과와 현장 수요를 지속적으로 모니터링하면서 개선해 나가는 노력이 필요하다.

신기술 활용 교육은 일반 시민 전체를 대상으로 누구나 신기술을 친숙하게 활용할 수 있도록 도와주기 위한 교육이다. 관련 사례로, 서울시 성동구는 2017년 10월 국내 최초로 ‘성동 4차 산업혁명 체험센터’를 개소하여 사물인터넷(IoT), 가상현실(VR), 코딩, 로봇드론 등을 시민들이 직접 체험할 수 있는 공간을 마련하였다. 학생과 일반인들을 대상으로 드론, 로봇, 코딩, 사물인터넷, 3D프린터 등의 미래기술 체험교육을 운영 중이다. 또한 서울시 50플러스 캠퍼스에서는 50세 이상의 세대들이 인생 후반기를 준비하고 설계할 수 있도록 교육, 일자리 상담 등을 지원하고 있는데, 그 교육과정 중에는 블록체인 기술이 활용된 ‘가상화폐’ 관련 교육도 포함되어 있다(서부캠퍼스 2018년 1월~2월 교육과정).²³⁾



[그림 6-2] 성동구 4차 산업혁명 체험센터의 교육 및 실습장

자료: 서울시 홈페이지(내 손안에 서울, http://mediahub.seoul.go.kr/archives/1131201?tr_code=snews)

²³⁾ <https://50plus.or.kr/education-detail.do?id=85232>

이러한 교육들의 연장선에서 향후에는 기술 접근성이 상대적으로 취약한 노인, 장애인 등에게까지 디지털 기술 활용 교육을 확대강화하고, 기술 변화에 따라 교육 내용 또한 빠르게 변화시키는 노력이 병행되어야 한다.

둘째, 공공부문에서의 신기술 활용 정책이 필요하다. 먼저 어떤 기술을 구현할 것인가를 결정하기 위한 전문가 조직이 필요하다. 수요 조사와 기술 적합성 판단이 병행되어야 하기 때문에 해당 분야의 전문가로 구성되어야 한다. 적용 기술에 대한 구상이 구체화되면, 1차적으로 리빙랩 등 제한된 공간에서의 기술 테스트를 실시하고, 거리나 마을 등 단계적으로 적용 범위를 확대한다. 마지막으로 테스트 성과에 대한 피드백을 접수하고, 일반 시민을 대상으로 선호도 조사를 실시해 적용 여부를 최종적으로 판단한다.

서울시는 이미 다양한 분야에서 신기술의 공공부문 활용을 위해 노력하고 있다. 서울시는 2017년 IoT(사물인터넷)기술을 접목한 ‘지능형 화재감지시스템’을 전통시장에 전국 최초로 도입하였다. 설비가 노후화된 강동구 암사종합시장과 둔촌시장에 시범적으로 3천5백만 원의 예산을 투입하여 243개 지능형 화재감지기를 설치하였다. 센서를 통해 열연기를 감지하고 서울종합방재센터에 현장 상황을 실시간으로 전송하는 시스템으로 화재 발생에 신속하게 대처할 수 있어, 시민들의 화재피해를 방지 및 최소화할 수 있다. 또한 서울시는 인공지능기술을 선도적으로 도입하고자, 시정 관련 서비스에 ‘인공지능기반 대화형 서비스’를 2018년 하반기부터 도입할 예정이다. 인공지능이 결합된 챗봇(Chatbot)과 메신저(카카오톡 등)를 통해 대화하며 맞춤 서비스를 제공받게 된다.

유용한 신기술과 이를 기반으로 한 미래형 서비스들은 먼저 공공부문에서 우선적으로 도입함으로써 여러 효과를 기대할 수 있다. 먼저 서비스를 제공할 수 있는 국내 기업들에게 좋은 기회가 될 수 있고, 신기술의 저변 확산을 국가가 도와주는 계기가 될 수도 있다. 다만 이러한 공공 서비스들은 시장프로세스에 의한 검증과정이 생략되는 만큼 갈라파고스 현상을 경계해야 하고, 기술에 대한 공공부문의 전문성과 철저한 검증이 필요하다. 공공부문에서 신기술을 도입하기 위한 효과적인 방법은 제한된 지역에서 시범사업을 실시하는 것이다. 과도한 인프라 투자로 인한 비용 문제를 발생시키지 않으려면 공간적으로 작으면서도 인구가 밀집되어 있고, 기술 수용성이 큰 소비자가 많은 지역을 선택해야 하는

데, 그러한 대상지로 학교나 군부대가 적합하다. 다만 이들 모두 특수한 공간인 만큼 시범사업의 성과를 도시로 이전시키는 데는 무리가 있을 수 있음을 고려해야 한다.



[그림 6-3] 압사시장 내 지능형 화재감지시스템 설치 모습

자료: 서울시 보도자료(2017.8.22)

셋째, 관련 법제도의 정비가 필요하다. 신규서비스의 도입을 가로막는 각종 규제가 존재하는 이유는 특정 집단이 자신들의 이익을 보장받기 위함인 경우가 많다. 그렇기 때문에 작은 규제 하나를 철폐하거나 개선하는 데에도 많은 저항이 따른다. 법제도의 개선을 위해서는 이로 인해 영향을 받을 수 있는 당사자들을 모아 향후 대책을 포함한 충분한 합의를 도출하는 과정이 필요하다. 최근 있었던 신고리 원전 5, 6호기 공사 재개를 둘러싼 공론화위원회는 매우 모범적인 사례로 평가받는다. 특히 4차 산업혁명의 신규서비스 도입은 다른 이들에게는 자신의 직업이 위협받는 사건이 될 수도 있으니 규제 개혁을 성공시키기 위해서는 의견수렴 단계에서 매우 고통스러운 과정을 겪을 수 있음을 이해할 필요가 있다. 또한 개인정보 규제, 소득 재분배에 대해서도 사전에 기준을 마련해야 한다.

넷째, 기업과 관련해서는 크게 시장 독과점 피해를 방지할 수 있는 경쟁정책과 창업이 활발히 일어날 수 있는 건전한 기업 생태계를 조성하기 위한 창업정책이 강조될 수 있다. 먼저, 플랫폼 사업자의 독점을 견제할 수 있는 법적, 제도적 장치 마련이 필요하다. 다음으로 공정거래를 관리하며, 대중소기업 간 상생을 촉진할 수 있는 제도를 마련해야 한다. 데이터 윤리의 확립과 데이터에 대한 공공성 강화는 데이터를 보유한 기업의 의무를 엄격하게 정함으로써 개선할 수 있다. 역동적인 기업 생태계 조성을 위해서는 스타트업에 대

한 지원을 강화할 필요가 있다. 특히, R&D 투자에 있어 현재보다 더 파격적인 지원이 필요하다. 다만 R&D 정책과 관련된 역할은 중앙정부가 담당하는 것이 적절하다는 전문가들의 의견이 다수이므로, 서울시는 기업정책에 있어 창업에 초점을 맞추는 것이 바람직하다.

4차 산업혁명은 여전히 논란이 계속되고 있지만, 정부는 서울시가 새로 도약할 수 있는 기회로 인식하는 것이 바람직하다. 앞서 밝힌 바와 같이, 가까운 미래에 예상되는 각종 현상들과 중장기적으로 고려할 필요가 있는 현상들을 구분하여 전개과정을 면밀히 관찰하고, 충분한 공론화 과정을 거쳐 앞서 밝힌 다양한 정책을 수립한다면 저성장, 고령화 시대를 맞이한 한국경제의 많은 문제점들을 해결하는 데 4차 산업혁명이 크게 기여할 수 있을 것으로 기대한다.



참고문헌

- 고용노동부, 2016, 「국가기간·전략산업직종 사물인터넷, 빅데이터 등 신산업 직종 중심으로 개편」, 보도자료.
- 과학기술정보통신부, 2016, 「사물인터넷산업실태조사」.
- 과학기술정보통신부, 2016, 「지능정보사회 도래에 대비한 중장기 국가전략 수립」, 보도자료.
- 과학기술정보통신부·국토교통부, 2017, 「스마트시티 서비스 실증 시범사업 추진」, 보도자료.
- 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원, 2015, 「과학기술&ICT 정책 기술 동향」, 제57호.
- 관계부처합동, 2016, 「제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책」.
- 국토교통부, 2017, 「4차산업혁명위, 스마트시티 특별위원회 본격 가동」, 보도자료.
- 금융결제원, 2017, “블록체인 기술의 동향과 금융권의 대응”, 「지급결제와 정보기술」, 제63호, 금융결제원.
- 김경민, 2017, 「Korea Internet of Things(IoT) Forecast(2017-2021)」, IDC.
- 김규남·이은민·정원준·최남희, 2015, 「사물인터넷 실증사업의 경제적 파급효과 분석」, 정보통신정책연구원·한국정보화진흥원.
- 김승천·노광현, 2011, “스마트 자동차 기술 동향”, 「정보과학회지」, 제29권 9호, pp.13~18, 한국정보과학회.
- 김진덕·오유리·김현모, 2016, 「사물인터넷 시장 및 정책 현황과 활용사례 연구」, 충북연구원.
- 니콜라스 카, 2015, 「생각하지 않는 사람들」, 청림출판.
- 돈 탭스콧, 2009, 「디지털 네이티브」, 비즈니스북스.
- 마쓰오 유타카, 2015, 「인공지능과 딥러닝」, 동아엠앤비.
- 박정국·이한욱, 2016, “블록체인 기술의 동향과 금융권의 대응”, 「지급결제와 정보기술」, 제63호, 금융결제원.
- 산업통상자원부, 2014, 「사물인터넷을 활용한 제조업 경쟁력 강화방안 연구」.
- 에릭 브린올프슨·앤드루 맥아피, 2014, 「제2의 기계 시대」, 청림출판.
- 에릭 슈미트, 2014, 「새로운 디지털 시대」, 알키.
- 이성호·유영진, 2017, 「사물지능 혁명」, 이새.
- 이제영, 2017, “블록체인(Blockchain) 기술동향과 시사점”, 「동향과 이슈」, 제34권 0호, 과학기술정책연구원.
- 임규건·배순한·이대철·이상호·백승익, 2013, “국가정보보호수준 평가지표 개선 및 지수 산출에 관한 연구”, 「한국

IT서비스학회지, 제12권 4호, pp.187~204, 한국IT서비스학회.

전해영, 2016, 「사물인터넷(IoT) 관련 유망산업 동향 및 시사점, 현대경제연구원 VIP리포트.

전현철, 2016, “사물인터넷 - 스마트시티 개념 및 동향과 한국의 추진사례”, 「지역정보화」, 제96권, pp.8~12, 한국지역정보개발원.

정승화, 2016, “블록체인 기술기반의 분산원장 도입을 위한 법적 과제: 금융산업을 중심으로”, 「한국금융법학회지」, 제13권 제2호, pp.107~138.

제레미 리프킨, 2012, 「3차 산업혁명」, 민음사.

주혜원·우희성, 2016, “글로벌 금융권 블록체인 도입 움직임 점검”, 「국제금융」, 제2016권 1호, pp.45~48, 국제금융센터.

최병삼·이제영·이성원, 2016, “글로벌 주도권 확보를 위한 사물인터넷 플랫폼 전략”, 과학기술정책연구원.

최운정·성민현, 2015, 「스마트카 시장 확대를 위한 Telco의 도전과 과제」, Issue Crunch, 2015-4호, KT경제경영연구소.

클라우드 슈밥, 2016, 「클라우드 슈밥의 제4차 산업혁명, 새로운현재.

통계청, 2014, 「광업·제조업조사」.

통계청, 2014, 「서비스업조사」.

통계청, 2014, 「전국사업체조사」.

한국스마트홈산업협회, 2015, 「2015년 국내외 스마트홈 산업현황 및 정책 방향 연구」.

한국은행, 2016, 「분산원장 기술의 현황 및 주요 이슈」, 공동연구 결과보고서, 한국은행 금융결제국.

한상기, 2015, “스마트시티 도시별 추진현황”, KISA Report, 2015-11, 한국인터넷진흥원.

Accenture, **BANKING ON BLOCKCHAIN**, Reports.

Baker, Edward H., 2016, **Connected car report 2016**, PwC.

CB Insights, 2017 (cbinsights.com/research/bitcoin-blockchain-startup-funding/#head1)

Frey, C. B. & Osborne, M., 2013, **The Future of Employment**, Oxford University.

Gartner, 2016a, **Hype Cycles 2016: Major Trends and Emerging Technologies**.

Gartner, 2016b, **Toolkit: Overview of Blockchain Use Cases**.

Gartner, 2017, **Forecast: Blockchain Business Value, Worldwide, 2017-2030**.

Gartner, 2017, **Hype Cycle for Blockchain Technologies 2017**.

IDC, 2017, **Worldwide Semiannual Internet of Things Spending Guide**.

- ITU, 2005, **The Internet of Things**, Internet Reports.
- Mckinsey & Company, 2015, **The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype**, Mckinsey Global Institute.
- Miller, Michael, 2015, **Internet of Things: How Smart TVs, Smart Cars, Smart Homes, and Smart Cities are Changing The World**, Indiana, USA: Que Publishing.
- OECD, 2016, **The Internet of Things: Seizing the Benefits and Addressing the Challenges**, OECD Digital Economy Papers.
- Porter, Michael E. & Heppelmann, James E., 2014, **How Smart, Connected Products are Transforming Competition**, Harvard Business Review.
- Santander InnoVentures, 2015, **Rebooting financial services**, The Fintech 2.0 Paper.
- UK Government Office for Science, 2014, **The Internet of Things: making the most of the Second Digital Revolution**, Report.
- WCP, 2015, **The Internet of Things “Smart” Products Demand a Smart Strategy: Using M&A for a Competitive Edge**, Industry Reports.
- WEF, 2015, **Global Gender Gap Report 2015**, World Economic Forum.
- <http://kosis.kr>(KOSIS 국가통계포털)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence(“Artificial intelligence”, 위키피디아 영문)
- <https://www.statista.com>(Statista)

Abstract

Fourth Industrial Revolution and the Industrial Policy in Seoul

Jae-uk Ju · Jie-yeoun Lee

The goal of this research is to suggest Seoul's industrial policies responding the 4th industrial revolution. In order to achieve this goal, representative domestic and foreign policies concerning the 4th industrial revolution are reviewed, the technological development path is forecasted based on the understanding of industrial structure of Seoul.

Various discussions about 4th industrial revolution are introduced. A group of authors including Eric Brinjolffsson, Andrew McAfee, Don Tapscott, Eric Schmidt and Jared Cohen are optimistic about the future as technology develops, while there are different groups of authors such as Nicholas Carr who warned the risk of highly developed information technology and Robert Solow who suggested 'productivity paradox'. Despite this disagreement, most of the experts agree that the change of the global society driven by current technological innovation.

The city of Seoul has a service industry-oriented industrial structure. The fact that recently developed information technologies such as artificial intelligence and Internet of things are likely to be used firstly in the service industry, we can expect that Seoul will receive the influence of the fourth industrial revolution earlier.

As a result of the specialist survey, the 4th industrial revolution has positive effects such as increased convenience of life, quantitative and qualitative improvement of job, and provision of enterprise opportunities. However, polarization due to data and technology gap and the possibility of social and ethical problems are selected as negative effects of the revolution.

In conclusion, this study presents the following policy directions for Seoul. First, it is necessary to reform education policy including vocational education, talent education and new technology utilization education considering the 4th industrial revolution. Second, a new technology utilization policy is needed in the public sector. Third, it is necessary to improve the related legal system to cope with the fourth industrial revolution. Fourth, it is necessary to create a corporate ecosystem in harmony with competition policy that can check the market dominance of large corporations and various supports to promote start-up activities.



Contents

01 Introduction

- 1_Background and Purpose of the Study
- 2_Main Contents and Research Methods
- 3_The Meaning and Characteristics of the 4th Industrial Revolution

02 The Ability of Seoul's Industry to Respond the 'Revolution'

- 1_Introduction
- 2_Comparison between Seoul and Korea in Industrial Structure
- 3_Service and Manufacturing Industries in Seoul
- 4_Conclusion

03 Policy Trends at Home and Abroad

- 1_Domestic Policy Trends
- 2_Overseas Policy-Focusing Germany and the US

04 Core Technologies of the 4th Industrial Revolution

- 1_Artificial Intelligence
- 2_Internet of Things
- 3_Blockchain

05 Forecasting Technological Development and Its Social Effect

1_Introduction

2_Forecasting Technological Development

3_Social Effect

4_Industrial Effect and Policy Direction

06 Technology Development Path and Policy in Seoul

1_Technology Development Roadmap of 4th Industrial Revolution

2_Seoul's Response to 4th Industrial Revolution

References

Abstract



서울연 2017-PR-30

4차 산업혁명과
서울시 산업정책

발행인 _ 서왕진

발행일 _ 2017년 12월 23일

발행처 _ 서울연구원

ISBN 979-11-5700-264-1 93320 8,000원

06756 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

본 출판물의 판권은 서울연구원에 속합니다.