

4차 산업혁명 시대
과학경호경비시스템 활용에 관한 연구

24년 6월

대통령경호처

김기성

차 례

제 1 장	서 론	6
제 1 절	제1차 산업혁명 개요 및 특징	8
제 2 절	제2차 산업혁명 개요 및 특징	13
제 3 절	제3차 산업혁명 개요 및 특징	17
제 2 장	제4차 산업혁명 과학기술	27
제 1 절	제4차 산업혁명 개요 및 특징	27
제 2 절	제4차 산업혁명 주요 기술	34
제 3 장	제4차 산업혁명 정책 동향 및 전망	90
제 1 절	정책 동향	90
제 2 절	향후 전망	104
제 4 장	과학경호경비시스템 활용 방안	109
제 1 절	기술적 활용 방안	109
제 2 절	결론 및 제언	114

국외 훈련 개요

1. 훈련국 : 미국
2. 훈련기관명 : ROBOTIS INC.
3. 훈련분야 : 경호관리
4. 훈련기간 : 2023. 7. 12. ~ 2024. 7. 11.

훈련 기관 개요

1. 훈련기관 : ROBOTIS INC.
2. 주 소 : 4222 Green River Rd, Corona, CA, 92880
3. 전화번호 : 949-377-0377
4. 이 메 일 : america@robotis.com
5. 조 직 : CTO 산하 기업부설연구소 형태의 연구 개발본부 조직에 11개 팀이 구성되어 있음
6. 주요사업 : 자율주행로봇 전문기업. 핵심 기술은 자율주행로봇을 비롯한 서비스 로봇 구축 솔루션이며, 로봇전용 액츄에이터(다이내믹셀 : Dynamixel)와 이를 효과적으로 활용할 수 있는 지능형 소프트웨어로 구성.

7. 연구 개발 실적

개발과제 및 내용	수상/취득권리/인증
스마트 디바이스 기반 로봇의 대규모 서비스 및 H/W 독립적인 서비스 공용화 지원을 위한 서비스 플랫폼 기술개발과 핵심 로봇 서비스 및 제품 개발 / ROBOTIS SMART, 자동차로봇	관련특허 7건(등록7) 한국 완구안전 KPS, 전자파 KCC, 미국 전자파 FCC, 유럽 전자파 CE, 중국 CCC인증 획득
이동로봇의 안정적 영상 획득을 통한 3D Depth 정보 획득과 실시간 객체 인식을 위한 로봇 비전 SoC 및 모듈 개발 / ROBOTIS MINI, OpenCM	ROBOTIS MINI 굿디자인상 수상 및 뉴욕타임즈 올해의 로봇 선정 한국 전자파 KCC, 미국 전자파 FCC, 유럽 전자파 CE, 중국 CCC인증 획득
DRC(DARPA Robotics Challenge) 임무 수행용 로봇 플랫폼 및 로봇 이동·작업 지능 기술 개발 / THOR-MANG	관련특허 1건(등록1)
매니플레이터를 위한 적응형 로봇핸드 개발	관련특허 3건(등록3)
서비스 로봇용 출력 200W 이하급의 내접식 유성치차형 기어 모듈 개발 / DYNAMIXEL PRO	관련특허 18건(등록16, 출원2) 한국 전자파 KCC, 미국 전자파 FCC, 유럽 전자파 CE 제품 종별 각 5건 인증 획득
다양한 네트워크를 지원하는 로봇용 스마트 액츄에이터 개발	관련특허 1건(등록1)
바이오피드백 휴대형 어깨관절 진단 및 재활훈련시스템과 적합성 인증기술 개발	
충격량 최소화 및 충돌 대응이 가능한 사용자 안전성 보장형 연성 드라이빙 모듈 및 연성 매니플레이터 개발	관련특허 4건(등록4)
전문 서비스 로봇 시장을 위한 20W 이하 고성능 맞춤형 액츄에이터 모듈 개발 / DYNAMIXEL X	관련특허 7건(등록6, 출원1) 미국 전자파 FCC, 유럽 전자파 CE 제품 종별 각 11건 인증 획득
ROS 교육용 공식 로봇 플랫폼 / 터틀봇3	ROS기반 제작 대표로봇 10 선정

개발과제 및 내용	수상/취득권리/인증
재사용, 상호정보교환이 가능한 플러그 앤 플레이 방식의 로봇 HW 디바이스 및 통합 소프트웨어 기술 개발	
텔레오퍼레이션 기반 전시체험용 실감 로봇 및 콘텐츠 기술 개발	관련특허 2건(등록2)
인간 친화적 사회성 표현 및 이동지능, 고성능의 물체조작이 가능한 휴머노이드형 소셜로봇 플랫폼 개발	관련특허 5건(등록3, 출원2)
인간 친화적 사회성 표현 및 이동지능, 고성능의 물체조작이 가능한 휴머노이드형 소셜로봇 플랫폼 개발	관련특허 5건(등록3, 출원2)
마곡산업단지 내 자율주행 기반의 로봇 플랫폼을 활용한 실외 배송 실증	
고층 건물에서 엘리베이터 자율 승하차를 통해 신속하고 안전하게 물품의 실내 배송 서비스가 가능한 다중 로봇 시스템 상용화 기술 개발 및 비즈니스 모델 실증	관련특허 3건(등록3)
실외자율주행로봇	관련특허 14건(등록4, 출원11)

제 1 장 서론

인류는 동물과 구별되는 두뇌를 활용하여 구석기 시대부터 도구를 활용하는 등 기술을 통해 진화해 왔으며, 특히 지난 수 세기 동안은 그 이전과 비교할 수 없을 만큼 큰 도약을 여러 차례의 산업혁명을 통해 이루었다. 인류는 앞으로도 더욱 큰 도약을 기대하며 인류 지식의 한계를 극복하고 경계를 허물어 갈 것이다. 이러한 과정에서 발생하는 현상은 긍정적인 부분도 있으나 인간의 삶에 부정적이거나 환영받지 못하는 부분도 있다. 이러한 분석은 우리가 산업혁명이라고 부르는 대변화를 경험하면서 확인한 부분이다.

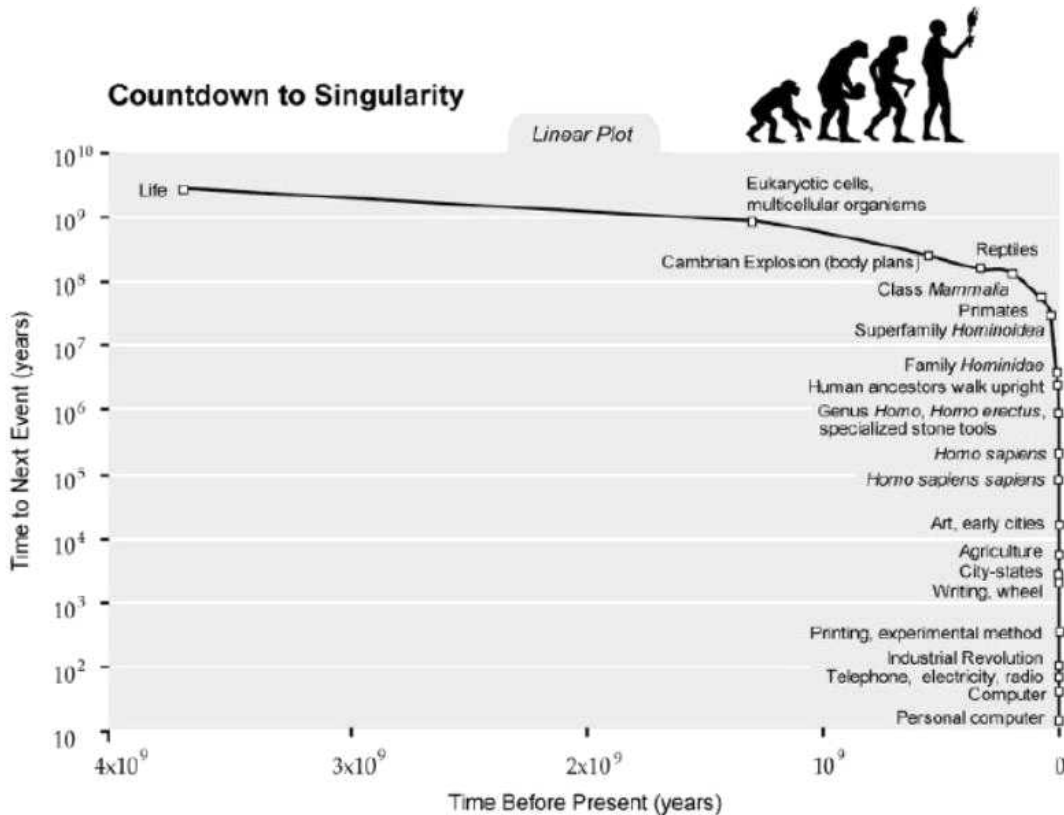
인간은 끊임없는 도전을 통해 새로운 것을 창조하고 변화에 적응하며 진화하고 있다. 이러한 변화의 과정은 과거에도 있었고, 현재에도 진행중이며, 미래에도 계속 될 것이기 때문에 이를 친숙하게 받아들이고 인류의 생존에 긍정적인 방향으로 움직일 수 있도록 지속적인 관심을 가져야 한다.

인류의 역사는 약 400만년 전 직립보행을 시작으로 불의 발견(약 180만년 전), 도구의 사용(약 20만년 전)을 거쳐 약 3~4만년 전부터 도구를 개량하여 사용하기 시작하였다. 이와 함께 인류와 뗄 수 없는 도구의 역사를 보면 구석기(BC 1.8만년 이전), 신석기(BC 8천년 이전), 청동기(BC 2천년 이전), 철기(BC 1천년 이전)를 거쳐 현대에 이르러는 신소재를 활용한 도구를 사용하고 있다. 인류는 생존을 위해 도구를 활용하기 시작하였으며, 보다 나은 생활을 위해 끊임없는 도전을 통해 변화하고 이를 수용하면서 문명을 발전시켜 왔다. 이러한 변화를 통해 우리는 문명사회의 변화와 산업의 역사도 자연스럽게 이해할 수 있다.

인류는 초기 생존을 위해 적정한 기후와 먹을 것을 찾아 이동하던 수렵시대를 시작으로 정착생활을 시작한 농경시대를 거쳐 가내수공업 시대, 중화학공업 시대, 전자공업 시대를 거쳐 현대에는 디지털산업 시대를 구축하여 생존하고 있다.

사실 제1~3차 산업혁명¹⁾이라고 불리는 변혁은 인류의 역사를 기준으로 보면 매우 최근에 발생하였다. 인류가 도구를 사용하기 시작한 지 약 20만 년이 지났지만 그 유구한 세월 동안의 변화는 최근의 변화에 비하면 놀랍지 않다. 아래 표에서처럼 우리가 언급하는 세 차례의 산업혁명은 근대의 짧은 기간 동안 급속히 이루어진 변화이다. 표에서 보는 바와 같이 직립보행 및 도구의 사용부터 개인 컴퓨터 사용의 시작까지 걸린 시간은 전체 인류 역사의 기간을 고려할 경우 매우 짧다. 이러한 추세라면 앞으로 언급할 4차 산업혁명의 변화는 이전보다 빠르게 진행되고 완성될 가능성도 없지 않다. 또한 이러한 변화는 인류의 일상과 산업 생태계를 포함하여 사회, 경제 등 인류와 관련된 전반적인 틀을 변화시키고, 사회, 문화, 경제 등 인류의 모든 활동을 결정지었다.

< 그림 1. 인류의 기술 발전 속도 >



※ 출처 : 『The Singularity Is Near』 Ray Kurzweil, 2006

- 1) 제1차 산업혁명 (18세기 후반~19세기 전반 / 기계 혁명 / 소비재와 경공업 중심)
- 제2차 산업혁명 (19세기 중후반 / 에너지 혁명 / 전기, 화학 등 중공업 중심)
- 제3차 산업혁명 (20세기 중후반 / 디지털 혁명 / 컴퓨터, 인공위성, 인터넷 중심)

‘산업혁명(The Industrial Revolution)’이라는 단어는 영국의 역사학자 아놀드 토인비(Arnold Joseph Toynbee)가 “18세기 영국 산업혁명 강의(Lectures on the Industrial Revolution of the Eighteenth Century in England)”라는 책(1884년 발간)에서 처음 사용하였으며, 기술적 혁신은 한 순간에 나타난 격변적인 현상이 아니라 그 이전부터 진행되어온 점진적이고 연속적인 기술혁신의 과정이라고 말했다. 인류의 역사는 도구를 사용하기 시작한 이후부터 끊임없이 변화하려던 노력의 산물이며, 이러한 변화를 이끈 건 새로운 도구나 기술의 등장과 혁신이었다. 또한 이러한 기술은 단순한 변화에 그치지 않고 지속적인 혁신을 통해 인류의 사회 및 경제구조를 바꾸는 역할을 하였는데, 이러한 큰 변혁을 산업혁명이라고 부른다.

산업혁명은 인류의 생활을 보다 편리하고 효율적으로 변화시키는 원동력이 되었으며, 이러한 변화는 사회적 제도도 뒷받침 되어야 하겠지만 무엇보다 오늘날 과학기술이라 표현하는 기술의 존재가 있어야 가능한 일이었다. 오히려 기술이 제도를 이끌었다고 보는 편이 옳을 수 있을 것이다. 제1차 산업혁명부터 제3차 산업혁명에 대한 기본적 이해와 인류가 활용한 지난 과학기술을 살펴봄으로써 4차 산업혁명을 이끄는 과학기술 측면뿐 아니라 정책적인 측면도 함께 고민하는데 도움이 될 것이다.

제 1 절 제1차 산업혁명 개요 및 특징

제1차 산업혁명은 18세기 후반 생산력 증대를 이룬 결과로 인한 기술적·사회적·조직적·경제적 구조의 변혁을 일컫는 말로 영국에서 시작되어 18~19세기에 유럽과 북미로 확산되었다. 산업혁명은 사회적 경제적 구조 변혁을 이끈 핵심 기술을 통해 구분할 수 있다. 1차 산업혁명은 영국이 주도한 18세기 후반부터 19세기 전반까지 증기기관을 기반으로 한 기계화 혁명이며, 2차 산업혁명은 독일과 미국이 주도한 19세기 중후반에 일어난 전기 기술을 기반으로 한 에너지 혁명이며, 3차 산업혁명은 미국과 일본이 주도한 20세기 중후반에 일어난 컴퓨터를 기반으로 한 디지털 혁명이다. 산업 생산 측면에서 보면 1차 산업혁명은 기계를 사용함으로써 가내수공업을 공

장 생산으로 변화시켰고, 2차 산업혁명은 1차 산업혁명을 기반으로 전기 기술을 접목하여 대량생산 체계를 갖추었으며, 3차 산업혁명은 컴퓨터(디지털 기술) 혁명을 통해 자동화 생산을 이룬 것이다.

< 그림 1.1. 제1~3차 산업혁명 구분 >

연도	1784년	1870년	1969년
주도 국가	영국	독일, 미국	미국, 일본
핵심 발명품	증기 기관, 방직기	전기, 전동기(모터)	컴퓨터, 반도체
핵심 산업	면방직 산업	자동차, 중화학, 철강	인터넷, 컴퓨터, 반도체
경제 구조의 변화	<ul style="list-style-type: none"> • 공업 중심의 경제로 전환 • 지속적인 경제 성장으로 진입 	<ul style="list-style-type: none"> • 대기업 중심의 경제 성장 • 후발 공업국의 산업화 	<ul style="list-style-type: none"> • 벤처 기업이 혁신의 주체로 등장 • 세계 경제의 글로벌화
사회 구조의 변화	<ul style="list-style-type: none"> • 노동자 계급의 성장 • 자유 민주주의 체제 형성 	<ul style="list-style-type: none"> • 자본가의 영향력 증대 • 기술 의존도 심화 	<ul style="list-style-type: none"> • 생활 편의 향상 • 신지식인 그룹 등장
			
	1차 산업혁명	2차 산업혁명	3차 산업혁명

출처: 한국은행, 과학기술정책연구원

1차 산업혁명은 면(방적,방직)·철·석탄 공업 등에서 나타난 기술혁신으로부터 시작되었다. 먼저 면공업은 영국의 산업화 과정에서 주도적 역할을 하였고, 방적(Spinning, 목화솜에서 실을 추출하는 것) 부문의 기술혁신은 하그리브스(James Hargreaves)의 제니 방직기(1765년), 아크라이트(Richard Arkwright)의 수력 방직기(1769년), 크롬프턴(Samuel Crompton)의 물 방직기(1779년) 등이 있으며, 방직(Weaving, 방직된 실로 천을 짜는 것) 부문의 기술혁신은 케이(John Kay)의 자동 북(flying shuttle, 1733년), 카트 라이트(Edmund Cartwright)의 역직기(1785년) 등이 있었다.

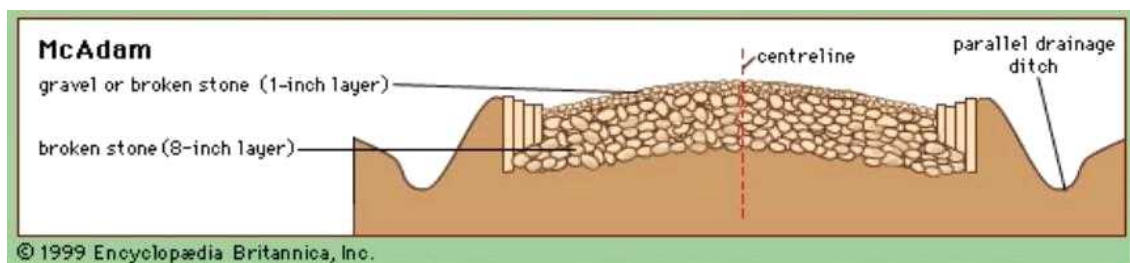
철 공업의 기술혁신은 면공업의 기계화를 통해 촉발되었는데, 면공업에 필요한 목제기계를 철제기계로 전환하는 요구와 필요성으로 인해 철공업과 기계공업이 발전하였다. 철공업은 용광로를 통해 철광석에서 선철을 만드는 공정과 선철을 단철이나 연철로 만드는 공정으로 구분되는데, 이와 관련된

기술혁신으로는 다비(Abraham Darby)의 코크스 제철법(1709년), 헨츠먼(Benjamin Huntsman)의 도가니 제강법(1742년), 코트(Henry Cort)의 교반법(1784년) 등이 있었다.

증기기관 기술은 공장 등의 공업에 적합한 동력을 제공하여, 과거에는 자연 조건에 의해 사용제약을 받았던 동력을 시간과 공간의 제약 없이 적재적소에 규칙적으로 공급할 수 있게 되면서 근대 공업생산 능력에 혁신을 가져왔다. 인류는 과거 자연에서 수력이라는 동력을 얻거나 목탄이나 석탄을 통해 얻었는데, 석탄을 채굴하는 동안 탄광의 깊이가 깊어짐에 따라 통풍, 배수, 운반 등의 문제가 발생하였고 이러한 문제를 해결하기 위한 노력은 세이버리(Thomas Savery)의 증기양수장치(1698년), 뉴커먼(Thomas Newcomen)의 대기압 증기기관(1712년), 와트(James Watt)의 증기기관 등으로 이어졌다. 이처럼 모든 기술의 개발은 인류의 생존과 편리성을 위해 단계적으로 발전한다는 것을 알 수 있다. 이후 제임스 와트의 증기기관은 분리응축기(1769년), 증기기관의 상업화(1776년), 복동식 증기기관(1781년), 회전식 증기기관(1783년)으로 발전한다.

산업혁명 시기의 교통수단은 도로, 운하, 철도의 건설로 개선하고 확대되었다. 도로 건설의 경우에는 머캐덤 공법²⁾(자갈을 곁에 펴고 굳게 다져 만드는 방식) 등 새로운 도로 포장법이 개발되면서 유료도로(Turnpike)의 형태로 개량되었으며, 운하 건설은 1760~1790년대까지 약 30년 동안 집중적으로 추진되어 18세기말에 영국의 운항 가능한 수로(水路)는 2,000마일에 이르는 수준으로 확대되었다.

< 그림 1.2. 머캐덤 공법 : 자갈을 곁에 펴고 굳게 다져 만드는 도로 포장법 >



2) 스코틀랜드 엔지니어 John Loudon McAdam(1756~1836)이 개발한 도로 포장 공법

철도는 탄광 내부에서 광물의 이동을 위해 사용하다가 점차 광산지역과 공업지역을 연결하는 외부지역간의 교통수단으로 발전하였다. 1804년 철도 궤도 위를 달리는 증기기관차가 처음 제작 되었고, 1829년에는 영국의 조지 스티븐슨(George Stephenson, 공학자, 철도의 아버지라 불림)이 제작한 증기기관차(명칭 : Rocket)가 당시 주요 교통수단이었던 마차의 속도보다 빠르고 화물 적재 능력 등에서 우수함이 증명되면서 증기기관차는 사회적 이슈로 떠올랐다. 이후 1830년에 영국 리버풀과 맨체스터 지역간 세계 최초의 장거리 철도(45Km 구간)가 개통되었고, 조지 스티븐슨이 제작한 증기기관차가 세계 최초의 장거리 철도(리버풀↔맨체스터, 45Km 구간)에서 운행되었다. 이를 통해 맨체스터 지역은 세계 면직물 공업의 중심으로 떠올랐고, 산업혁명의 기원이 된 도시로 인식되고 있다. 당시 스코틀랜드 작가 새뮤얼 스마일스(Samuel Smiles)는 ‘철도는 지금까지 세상에 등장한 운송수단 중 가장 가치 있는 것’이라고 평가하였다.

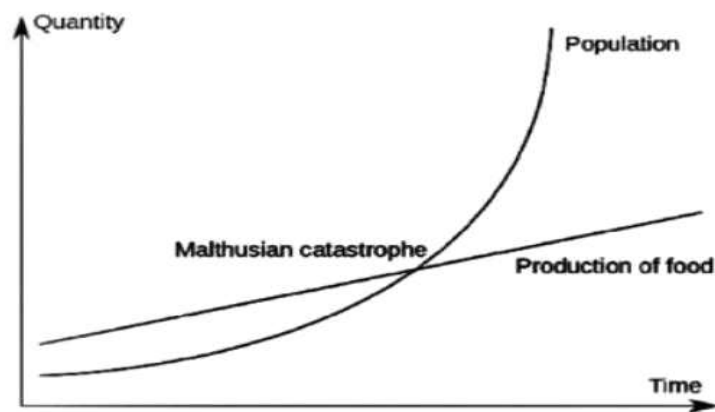
< 그림 1.3. 조지 스티븐슨이 제작한 증기기관차(Rocket) 복제품 >



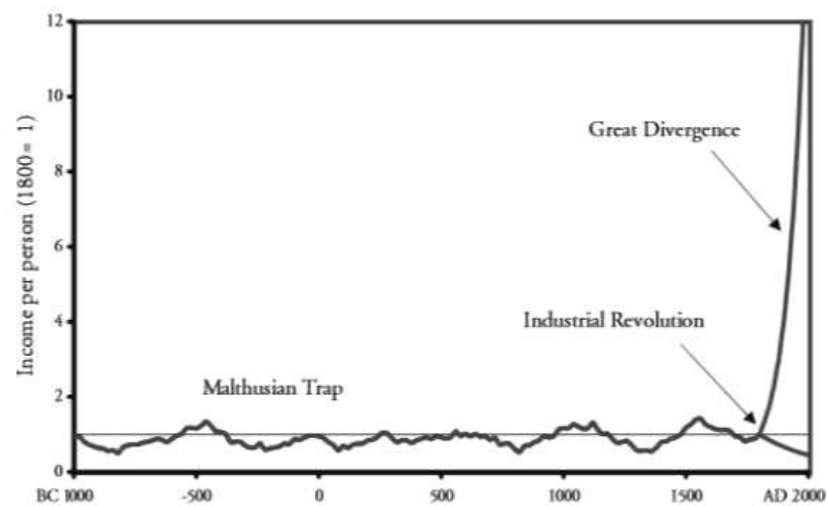
1차 산업혁명을 이끈 건 앞에서 살펴본 바와 같이 면공업 분야의 방적·방직 관련 기술혁신이었고, 더불어 증기기관 기술은 방적·방직기술과 결합하여 면공업의 생산성을 높이는 등 시너지 효과를 발휘하면서 기술적·사회적·

경제적 측면에서 인류에게 대변혁을 가져왔다. 이로서 영국은 농업중심 경제에서 공업중심 경제로 전환하였고, 그 결과 농업 인구 감소와 공업 인구 증가라는 사회적 변화가 점진적으로 뚜렷이 나타났다. 더불어 경제 구조는 생산성이 낮은 전통적 경제에서 공업중심 기반을 통해 생산성을 높여 자본주의 경제로의 변화도 뚜렷이 나타났다. 이러한 뚜렷한 변화는 그 동안 맬서스의 덧³⁾으로 알려진 생필품 부족의 덧으로부터 인류를 구원하였다.

< 그림 1.4. 맬서스의 인구론에 제시된 인구와 식량의 관계 >



< 그림 1.5. 맬서스의 덧을 탈출시킨 산업혁명의 생산성 >



자료: Galor(2005)

3) 맬서스의 덧(Malthus's Trap) : 영국 경제학자 토머스 맬서스(Thomas R. Malthus)가 그의 저서 인구론(An Essay on the Principle of Population)에서 주장한 사회 이론으로, 후생(Welfare)은 산술급수(Arithmetic)적으로 증가하나 인구는 기하급수(Geometric)적으로 증가하기 때문에 인구 문제를 해결하지 못하면 결국 후생을 사회구성원에게 충분히 제공할 수 없다고 주장하면서 제시한 용어이다.

1차 산업혁명은 면직물 공업과 증기기관 기술 등의 발전으로 인류를 맬서스의 덫에서 구원하였고, 본격적으로 공장이라는 새로운 생산체계가 시작되면서 사회적으로는 고용주와 노동자의 관계가 구분되었고 이로 인해 광범위한 자본주의가 시작되었다. 이러한 변화로 인해 노동자의 경제적 지위가 낮아지고 고용주와의 사회적 관계가 불평등해지면서 1810년대에는 고용주를 협박하면서 기계를 부수고 공장을 불태우는 러다이트 운동(Luddism)이 일어나기도 하였다. 기술의 발전이 효율적이고 생산적일 수 있지만 인류에게 마냥 유익함만을 제공하지는 않는다는 것을 보여주었다.

제 2 절 제2차 산업혁명 개요 및 특징

제2차 산업혁명은 19세기 중후반에 독일과 미국 등이 주도한 기술혁신으로 인해 시작되었으며, 영국이 주도한 산업화를 경험한 인류의 지속적인 기술혁신 노력의 산물이라고 할 수 있다. 19세기 중후반부터 전개된 2차 산업혁명은 1차 산업혁명에 이어 다양한 혁신적 기술들이 출현하면서 기존의 산업구조를 크게 바꾸는 역할을 했다. 2차 산업혁명은 1차 산업혁명을 이끌었던 영국을 대신하여 독일, 미국 등이 주도하였는데, 이로 인해 독일과 미국 등 2차 산업혁명 주도 국가는 이러한 변혁을 통해 오늘날까지도 경제대국으로 남을 수 있는 산업화의 동력을 얻었다.

‘2차 산업혁명’이라는 용어는 영국의 사회학자이자 도시계획의 아버지라 불리는 패트릭 게데스(Patrick Geddes)가 1913년에 발간한 ‘진화하는 도시(Cities in Evolution)’에서 처음 소개되었으며, 미국의 경제사학자 랜디스(David Landes)가 1969년에 발간한 ‘자유의 몸이 된 프로메테우스(The Unbound Prometheus)’를 통해 학술적으로 공인된 용어로 사용하게 되었다.

2차 산업혁명 시기에는 다양하고 많은 혁신기술들이 등장하여 기존 산업을 크게 변화시키거나 새로운 산업을 창조하면서 산업생태계에 큰 영향을

미쳤다. 주요 혁신 기술에는 강철, 무선전신, 내연기관, 백열등, 전화 등이 있는데, 대부분이 새로이 창조된 산업에 속한다. 특히 전기 기술은 경제와 사회 모든 면에서 인류에게 새로운 세상의 문을 열어 주었다.

먼저 2차 산업혁명 시기에 혁신의 변화를 일으킨 강철산업을 살펴보기에 앞서, 철의 종류는 크게 세 가지로 나뉘는데 철 속에 있는 탄소함량을 기준으로 순철(Armco, 전기용 재료나 실험용), 선철(Pig Iron, 주물용), 강철(Steel, 산업용)로 구분한다. 철은 탄소가 적게 들어 있을수록 부드럽고 잘 늘어나는 성질을 가지며, 탄소가 많이 들어 있을수록 경도가 높아져 부러지기 쉽다. 순철은 탄소함량이 0.035%이하로 순도 99.9% 이상의 철이고, 선철은 무쇠 또는 주철로 불리우며 탄소함량이 1.7% 이상 들어있는 제품으로 일반적으로는 3.5~4.5%의 탄소를 함유하고 있다. 또한 강철은 선철을 재정련하여 탄소함량을 0.035~1.7% 수준으로 낮춘 것인데, 충격에 강하고 연성이 있어 오늘날 자동차, 조선, 기계, 공업용 소재 등 산업현장에서 많이 사용된다.

1차 산업혁명이 선철(Pig Iron)의 시대였다면 2차 산업혁명은 강철(Steel)의 시대였다고 한다. 이 시기에는 헨리 베세머(Henry Bessemer)의 전로법⁴⁾, 빌헬름 지멘스(William Siemens)와 피에르 마르탱(Pierre Martin)의 평로법⁵⁾, 시드니 토마스(Sidney Thomas)와 퍼시 길크라이스트(Percy Gilchrist)의 염기성 전로법⁶⁾ 등이 등장하여 강철을 대량으로 생산하는 단계에 진입하였다. 전로법은 선철에서 탄소를 빠르게 제거하지만 생산된 강철의 품질이 일률적이지 않았고, 평로법은 탄소를 제거하는데 많은 시간이 소요되지만 생산된 강철의 품질이 우수했다. 이러한 특징으로 전로법은 강철을 대량생산을 하는데 적합하였고, 평로법은 우수한 품질의 강철을 생산하는데 적합하였다. 베세머의 전로법에서 발생하는 탈황과 탈린의 문제를 염기성 전로법이 해결함으로써, 평로에서도 염기성 내화물을 활용하

4) 전로(Converter)는 회전이 가능한 항아리 모양의 제강로이며, 베세머의 전로법은 선철을 강으로 전환하는 데 소요되는 시간을 짧게하여 당시 강철 생산을 대량으로 생산해 규모의 경제를 가능하게 하였다.
5) 지멘스 형제는 폐열 회수법(산업공정에서 발생하는 배기가스를 재사용하여 로(爐)의 온도는 높이는 방안)에 대한 특허)을 활용하여, 가스 제조실을 로(爐)와 완전히 분리시킨 평로를 개발하였고 이를 통해 같은 양의 연료로 강철 생산량을 20% 증가시켰다.
6) 토마스(Sidney Thomas)는 용선중인 인을 산화시켜 제거하기 위해 제강로의 내벽도 염기성 내화물이어야 한다고 생각하여 제안한 제강법임

게 되었고 이러한 장점으로 영국에서는 1883년에 독일과 미국에서는 1880년대에 도입되어 이 당시 제강법의 주류를 유지하며 강철산업이 급성장하게 되었다. 이러한 강철분야 기술의 발전으로 1889년 파리에서 열린 만국박람회(Exposition Universelle de 1889)에서 프랑스와 파리를 상징하는 건축물인 에펠탑(Tour Eiffel)이 탄생하였는데, 2차 산업혁명 기간 이루어진 강철의 기술혁신으로 만들어진 당시 최고 높이(300M)의 철제 건축물이었다.

2차 산업혁명 시기의 또 다른 혁신 기술은 전기 기술을 꼽을 수 있다. 영국이 주도한 1차 산업혁명이 증기기관의 시대였다면, 2차 산업혁명의 전기의 시대라고 말할 수 있다. 전기의 역사는 1879년 토마스 에디슨(Thomas Edison)이 백열전구를 발명함으로써 시작됐다고 볼 수 있다. 에디슨은 1879년 필라멘트가 들어있는 백열전구를 발명하면서 전기를 내는 발전기, 만들어진 전기를 전선으로 흐르게 하는 법 등 관련 기술을 함께 개발하였고, 이를 통해 전기산업에서 사업적 성공을 거두기 시작하였다. 오늘날까지도 전기는 인류가 빛을 통제할 수 있게 된 혁신의 아이콘으로 자리잡고 있다. 백열등을 포함한 발명과 전기기술의 발전으로 1900년에 동력원에서 차지하는 ‘증기’와 ‘전기’의 사용 비율이 80% : 5%에서 1930년에 그 비율이 15% : 75%로 역전되었다. 이처럼 2차 산업혁명의 산물인 ‘전기’는 2차 산업혁명의 산물인 ‘증기’를 서서히 대체하면서 산업의 주요 동력으로 완전히 자리 잡았다.

모스(Samuel Morse)가 발명한 전신⁷⁾(傳信, Electrical Telegraph)의 확산과 전화, 무선전신, 전화 등의 통신 기술이 최초로 꽃을 피운 것도 이 시기이다. 대서양 횡단 전신선이 설치되어 경제활동의 속도와 규모에 많은 영향을 주었다. 또한 1876년 그레이엄 벨(Alexander Bell)의 전화 개발, 1896년 마르코니(Guglielmo Marconi)의 무선전신 개발, 1918년 암스트롱(Edwin Armstrong)의 라디오 개발은 새롭게 등장한 통신 기술이었다. 이 분야의 기술의 혁신은 다양하고 빠르게 발전하면서 상호간의 긍정적인 영향을 미치는 등 유기적으로 활발히 결합하였다.

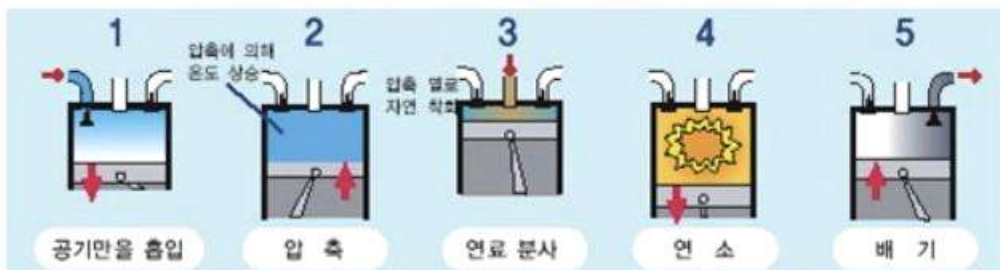
7) 전기신호를 이용하여 송신할 내용을 보내는 통신 방법. 우편보다 빠르게 보낼 수 있으며, 모스 부호와 단말기를 이용하는 기계 전신이 있음

내연기관의 개발이 추진되기 시작하였으며, 특히 기존의 증기기관에서 벗어나 열효율을 크게 향상 시키는데 집중하였다. 이 시기에 다임러(Gottlieb W. Daimler)와 벤츠(Karl Benz)가 각각 독립적으로 가솔린 기관을 개발했으며 디젤(Rudolf Diesel)은 디젤 기관을 발명하였다. 이러한 가솔린과 디젤 내연기관의 개발과 사용으로 석유의 사용이 크게 증가하게 되었고, 효율성이 좋은 내연기관이 발전하면서 1903년에는 미국의 라이트 형제가 세계 최초의 유인 동력 비행에 성공하였다. 이처럼 내연기관의 발전도 동력부문의 모빌리티 산업을 크게 변화시키면서 새로운 사회를 창조하는데 영향을 주었다.

< 그림 2.1. 가솔린 엔진의 구조 >



< 그림 2.2. 디젤 엔진의 구조 >



< 표 2.1. 가솔린 엔진과 디젤 엔진의 작동 원리 >

가솔린 엔진	구분	디젤 엔진
가솔린 + 공기 흡입	흡입	공기 흡입
가솔린과 공기를 10분의 1로 압축	압축	공기를 20분의 1로 압축
압축된 가솔린, 공기를 전기 불꽃으로 점화	팽창	압축된 공기에 경유 분사, 자연 발화
연소가스 배출	배기	연소가스 배출
소음·진동이 적다	장점	연비가 좋다

2차 산업혁명의 최고의 핵심기술은 1879년 에디슨의 백열전구 발명과 1876년 벨의 전화기 발명을 이야기 할 수 있다. 이를 통해 전기산업과 통신산업이 발전하면서 기술적인 시스템(Technological System)이 구축되었다고 볼 수 있다. 2차 산업혁명을 통해 기술이 기술로만 독립적으로 존재하는 것이 아니라 사회 구조에 하나의 시스템으로 존재하며 사회를 움직이는 모습이 나타났다. 기술이 발전하면서 과학이 더욱 더 활발히 연구되기 시작하였고 각 기업체들도 새로운 혁신을 위하여 연구소를 설립하여 운영하는 형태로 발전하였다. 또한 고등교육에서도 과학기술에 관련한 학문들과 연구들이 확대되고 강화되면서 공학(Engineering)이라는 새로운 영역이 등장하였다. 앞에서 에디슨의 제너럴 일렉트릭(GE)社, 가솔린 기관을 개발한 다임러社와 벤츠社 등 이 시기에 설립된 기술 혁신 기업들은 기업인수나 합병을 통해 오늘날까지도 경제성장을 이루면서 대기업으로서 존속하고 있다. 이것이 기술의 힘이고, 기술은 인류를 이끌어 가는 원동력이다.

산업혁명을 고찰해 보면 기술의 혁신이 인류의 생존과 보다 나은 사회로의 발전에 대한 열쇠를 가지고 있는 것으로 보이며, 인류가 점점 더 기술에 의존하는 사회로 변화하는 것은 확실한 것 같다.

제 3 절 제3차 산업혁명 개요 및 특징

1973년 미국의 사회학자이자 미래학자인 벨(Daniel Bell)은 ‘탈산업사회의 도래(The Coming of the Post-Industrial Society)’에서 인류사회를 농업사회, 산업사회 그리고 탈산업사회(Post-Industrial Society)로 구분하면서, 인류가 제조업 경제에서 과학기술에 기반한 경제로 전환할 것이라고 전망하였다. 1980년 미국의 미래학자인 앨빈 토플러(Alvin Toffler)도 ‘제3의 물결(The Third Waves)’에서 미래사회를 정보화사회라고 규정하였다. 우리는 벨이 구분한 탈산업사회와 앨빈 토플러가 규정한 제3의 물결을 제3차 산업혁명으로 인식할 수 있다.

3차 산업혁명이라는 용어를 학술적으로 처음 사용한 사람은 미국의 사회

학자이자 경제학자인 제레미 리프킨(Jeremy Rifkin)인데, 2011년 발간한 ‘3차 산업혁명(The Third Industrial Revolution)’에서 화석연료를 기반으로 한 1, 2차 산업혁명의 수명은 끝났다고 이야기하면서, 인류의 생존을 위해 새로운 에너지 체제와 경제모델로 옮겨가기 위한 지속가능한 미래를 준비해야 한다고 했다. 그는 이를 위해 인터넷 기술과 재생에너지의 활용을 언급하였다. 또한 1, 2차 산업혁명의 플랫폼은 큰 집단속에서 에너지를 관리하고 국가차원의 시장을 구성했다고 하면서, 화석연료가 중앙집권형 경제 체제를 구축했다고 분석하였다. 반면 3차 산업혁명의 플랫폼은 분권형이라고 한다. 국가차원의 통제에서 벗어나 모든 인류가 기술이 주는 혜택을 받을 수 있는 기술 플랫폼의 필요성을 주장하면서 재생에너지로의 변화를 촉구하였다. 이렇게 1, 2차 산업혁명으로 변화된 구조속에서 발생된 인류 생존 문제를 지속가능한 인류의 번영을 위해 인터넷 등 새로운 기술 패러다임을 접목한 에너지의 변환을 그 해결책으로 제시했음을 알 수 있다.

3차 산업혁명은 과거 1, 2차 산업혁명과 다르게 가상공간이 출현하였다는 것이다. 컴퓨터와 인터넷 기술 등을 예로 들 수 있는데, 물리적 공간에서 기술의 혁신으로 대량생산, 효율생산을 추구하던 시대에서 벗어나 가상공간이라는 새로운 산업의 형태를 탄생시켰다. 먼저 컴퓨터가 대중화 되면서 인류의 역사를 크게 변화시켰다. 1946년 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Calculator)이 군사목적으로 개발되었고, 인류의 전쟁사에서도 중요한 역할을 하였다. 또한 1976년 잡스(Steven Paul Jobs)와 워즈니악(Stephen Gary Wozniak)이 애플 컴퓨터를 개발하였고, 1981년 IBM PC(Personal Computer)가 대중화를 통해 컴퓨터는 인류의 삶에 들어와 동행하기 시작했다. 이러한 컴퓨터의 개발과 발전은 반도체 산업의 중요성을 부각시켜, 반도체 분야에 대한 관심과 기술발전도 함께 진행되었다. 기존 트랜지스터에 그쳤던 기술을 집적회로⁸⁾(Integrated Circuit)로 발전시켜 고도화 하였는데, 지속적인 집적회로 기술의 발전으로 SSI(Small Scale Integration), MSI(Medium Scale Integration), LSI(Large Scale Integration), VLSI(Very Large Scale Integration), ULSI(Ultra Large

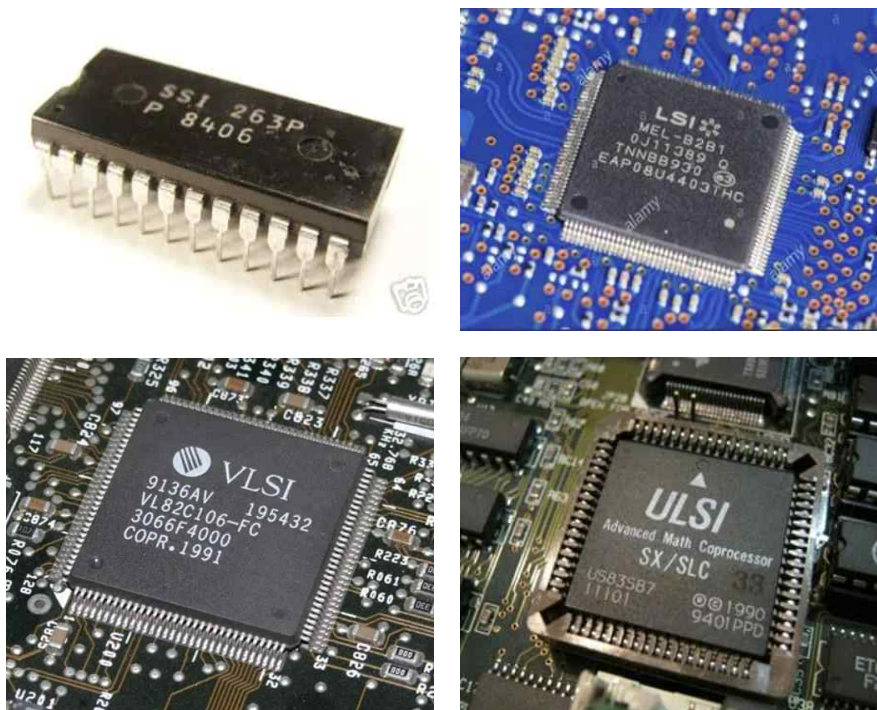
8) 집적회로(Integrated Circuit)는 저항기, 트랜지스터, 콘덴서 등 여러 전자부품을 상호 연결된 부품으로 구성된 소형 전자 칩이다. 실리콘과 같은 단일 반도체 소재에 구축된 집적회로는 수백에서 수십억 개의 구성 요소를 포함할 수 있다.

Scale Integration)등의 단계별 더욱 고도화된 집적회로를 생산하여 산업에 활용하게 되었다.

< 표 3.1. 집적회로의 구분 >

Name	Signification	Year	Number of Transistors	Number of Logic Gates
SSI	small-scale integration	1964	1 to 10	1 to 12
MSI	medium-scale integration	1968	10 to 500	13 to 99
LSI	large-scale integration	1971	500 to 20,000	100 to 9,999
VLSI	very large-scale integration	1980	20,000 to 1,000,000	10,000 to 99,999
ULSI	ultra-large-scale integration	1984	1,000,000 and more	100,000 and more

< 그림 3.1. 집적회로의 모양 >

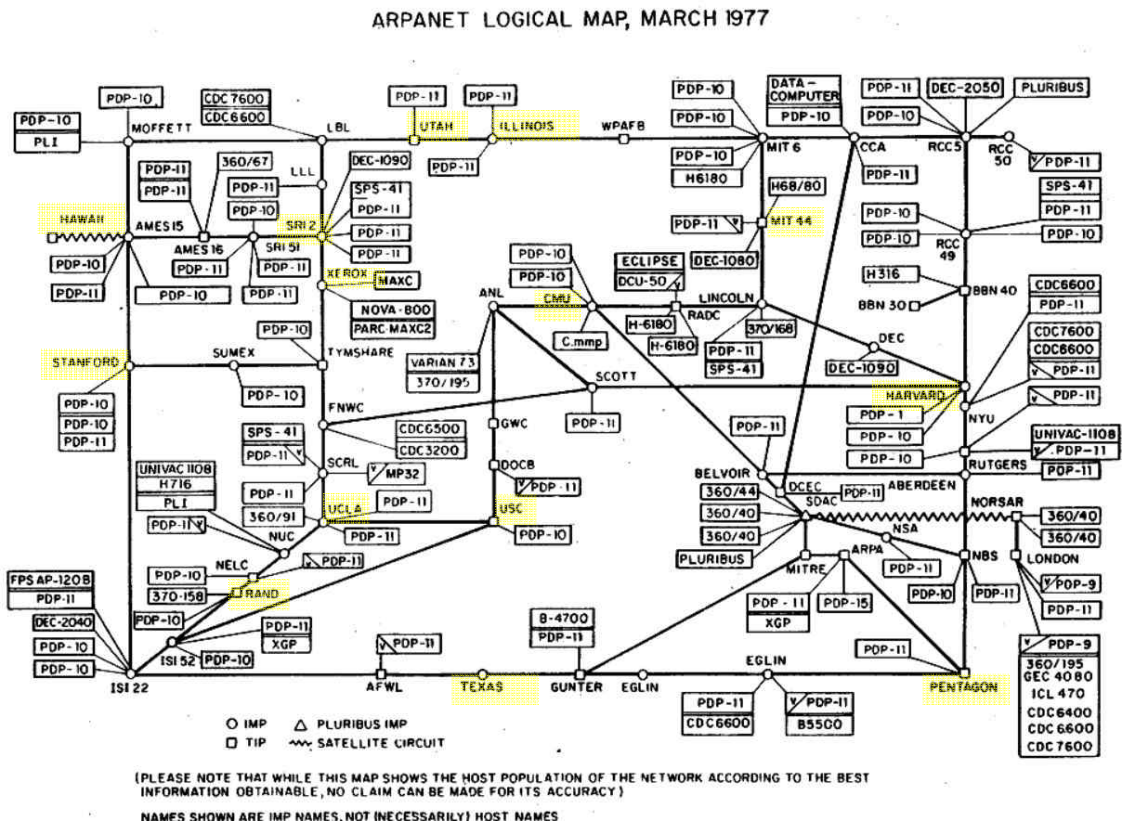


개별 전자부품으로 구성된 회로보다 집적회로가 흥행하게 된 이유는 동

일한 기능으로 회로를 구현했을 때 상대적으로 작은 사이즈, 적은 소비전력, 가벼운 무게, 저렴한 비용, 처리 속도, 높은 신뢰성 등을 들 수 있다. 특히 LSI(Large Scale Integration) 집적회로 기술은 1970년 중반 컴퓨터 프로세서칩이 개발되던 시기에 탄생하였고, 위에 언급된 집적회로 용어도 LSI에서부터 파생되어진 용어들이다.

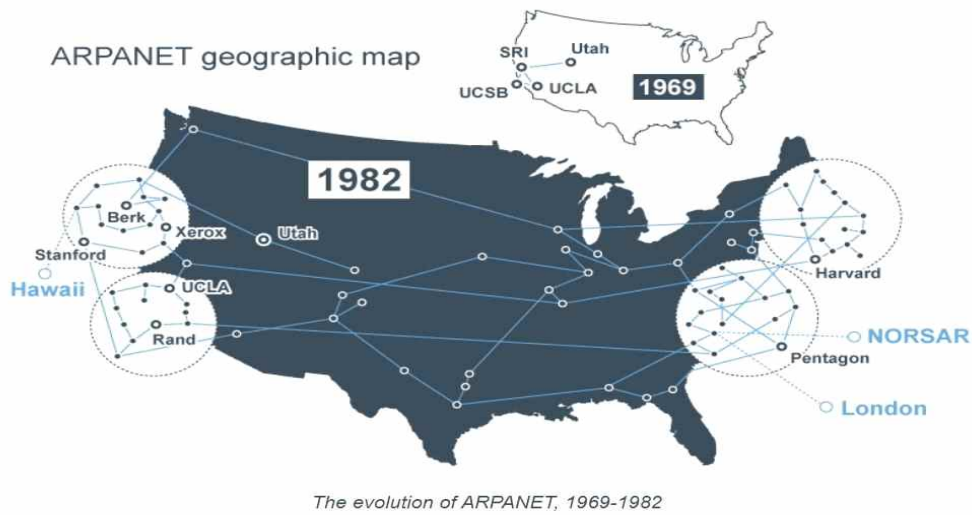
인터넷 기술은 3차 산업혁명의 핵심기술이라 할 수 있는데, 1969년 ARPANet(Advanced Research Projects Agency Network)으로부터 기원하였다. 아파넷(ARPANet)은 미국 국방부의 고등 연구 계획국⁹⁾의 주도하에 구축된 세계 최초의 패킷 스위칭 네트워크이며, 현재 인터넷의 시작이었다.

< 그림 3.2. 아파넷(ARPANET)의 네트워크 지도 >



9) 미국 국방성 산하의 연구 개발 기관으로서 인터넷의 원형인 ARPANET을 개발함. 현재의 조직명칭은 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)이며, 국가안보를 위한 획기적인 기술에 중추적인 투자를 하는 것이 사명으로 알려져 있다.

< 그림 3.3. 아파넷(ARPANET) 네트워크의 진화 >



그 당시 통신 연결을 위해 회선 스위칭 기술을 사용하는데 비해, 아파넷은 패킷 스위칭이라는 효율적인 혁신기술을 적용하여 개발된 ARPANET은 현대 인터넷의 시작점이 되었다. 이후부터는 네트워크 구성에 패킷 스위칭 기술을 사용하기 시작하여 지금까지도 널리 사용되고 있다. 패킷 스위칭이라는 효율적인 혁신기술을 적용하여 개발된 ARPANET은 현대 인터넷의 시작점이 되었다. 패킷 스위칭의 장점은 아래표에서 확인할 수 있다.

< 표 3.2. 회선 스위칭과 패킷 스위칭 기술 비교 >

구분	회선 교환	패킷 교환
개념도		
링크의 점유	접속이 이루어지기 전 Signaling을 통해 미리 정하고 그 회선을 통화가 종료 될 때까지 독점	사전 Signaling이 없이 여러 사용자 소유의 패킷드럼 모든 가용한 링크를 따라 전달
독음시	두 통화자 사이 대화가 없어도 회선 점유	다른 사용자가 사용함
QoS	음성과 같은 Real-time 용의 QoS 제공	Best-Effort형의 낮은 QoS제공
요금제	상세과금으로 다양한 요금제 가능	정액제, 종량제
통화량 폭주시	가용한 링크가 없을 시에는 한계를 넘는 접속을 허용하지 않음	패킷의 전달은 가능하나 병목현상으로 인한 지연과 손실이 발생할 수 있음
Routing	Static Routing (미리 정해진 경로에 의함)	Dynamic Routing(패킷마다 다른경로 선택)
양관리	구성, 장애, 성능 관리의 개념 확립	양관리의 개념이 없음

1970년대에 텔넷, 유즈넷, 에듀넷 등의 다양한 네트워크가 등장하였고, 1983년에는 아파넷이 채택한 통신 프로토콜인 TCP/IP¹⁰⁾가 인터넷의 표준 프로토콜이 되었다. 이후 1989년에는 HTTP¹¹⁾와 HTML¹²⁾ 기술이 등장하여 향후 월드와이드웹(World Wide Web)¹³⁾의 개발로 이어져 본격적인 인터넷 시대의 새벽을 열었다. 1990년대 중반에는 웹 브라우저인 넷스케이프(Netscape)가 출시되면서 일반인들의 인터넷 대중화를 선도하였다. 이러한 대중화의 물결속에서 인터넷의 연결된 컴퓨터의 수가 급증하였고, 1990년 30만대에서 10년 후인 2000년에는 1억대로 증가하였다. 이때부터 야후(94년 창립), 아마존(94년 창립), 이베이(95년 창립), 구글(98년 창립) 등 신생 기업들이 인터넷 기술혁신에 집중한 사업을 시작하여 오늘날 글로벌 리더기업으로 성장하였다. 지금까지 살펴본 바와 같이 컴퓨터와 인터넷은 인류의 삶을 변화시킨 3차 산업혁명을 이끈 가장 혁신적인 기술이었다.

생명공학에 대한 꾸준한 연구를 토대로 1990년대 중후반에는 연구의 결과가 세상에 선을 보인 시기였다. 1994년 미국에서는 유전자 재조합 토마토인 플레이버 세이버(Flavor Savor)가 출시되었는데, 이는 미국 FDA(Food and Drug Administration, 식품의약국)의 식품 허가를 얻어 세계 최초로 판매가 허용된 GMO(Genetically Modified Organism)¹⁴⁾ 농산물이었다. 1996년에는 제초제를 뿌려도 시들지 않는 제초제 내성 GMO 콩과 병충해 저항성 GMO 옥수수를 시장에 출하하였다. 이 시기에 현실적으로는 위에 언급한 GMO 농산물들이 산업적으로 완전한 성공을 거두지는 못했지만 생명공학에 대한 기술혁신이 활발히 이루어졌다. 1997년에는 체세포 핵이식을 통해 양(돌리)을 복제하는데 성공했다고 발표하였다. 세계 최초의 체세포 복제를 통해 태어난 포유류였다. 결과적으로 복제양 돌리는 6년 7개월

10) TCP/IP는 인터넷에서 컴퓨터들이 서로 정보를 주고 받는데 사용되는 통신 프로토콜이다. IP(Internet Protocol)은 정보 패킷을 전달하는 기능(패킷 순서 지정이나 오류검사 없음)을 수행하며, TCP(Transmission Control Protocol)는 패킷 순서 지정이나 오류검사를 통해 패킷 재전송 요청 등의 기능을 수행한다.

11) HTTP(HyperText Transfer Protocol)은 월드와이드웹에서 정보를 주고 받을 수 있는 프로토콜이다. 주로 HTML을 주고 받는데 사용된다. 주로 TCP와 UDP를 사용하며 80번 포트를 사용한다.

12) HTML(HyperText Markup Language)는 웹 페이지 표시를 위해 개발된 언어이며, 태그 등을 이용하여 문서나 데이터의 구조를 명기한다.

13) 월드와이드웹(World Wide Web, WWW)은 인터넷에 연결된 컴퓨터를 통해 사람들이 정보를 공유할 수 있는 초세계적인 정보 공유 시스템을 말한다. 간단히 웹(Web)이라 부른다.

14) GMO(유전자 변형 생물체)는 기존의 생물체 속에 다른 생물체의 유전자를 끼워 넣음으로써 기존의 생물체에 존재하지 않았던 새로운 성질을 갖도록 한 생물체이다.

(96.7월~03.2월)이 안되어 안락사를 시켰는데, 세포들의 이른 노화 조짐일 발견된 것이 원인이었다. 세계 최초의 체세포 복제라는 기술의 발전이 있었지만 GMO의 어두운 이면처럼 완전함은 갖추지 못했다. 이처럼 앞으로 인류는 기술의 발전에 의한 이점과 함께 어두운 이면을 마주할 가능성이 높다. 앞으로 일어날 또 다른 산업혁명의 변화에서 기술로 인한 편리성을 추구함과 동시에 인간의 윤리나 생존에 대한 원칙도 반드시 함께 세워나가야 할 것이다.

지금까지 앞에서 살펴본 역대 산업혁명을 주요 산업화 요소로 구분하면 아래 표와 같다.

< 표 3.3. 제1~3차 산업혁명의 주요 산업화 요소 변화 >

산업화의 4대 요소	1차 산업혁명 (산업화)	2차 산업혁명 (산업화)	3차 산업혁명 (정보화)
1 소재	철(선철)	철(강철), 인공영료, 합성수지	
2 동력 에너지원	증기기관 석탄	전기, 내연기관 석유	
3 생산수단	기계 (방직기, 공작기계)	대량생산 시스템 (컨베이어벨트)	컴퓨터, 자동화
4 교통 통신	증기기관차/철도	자동차, 비행기 전화, 무선전신	인터넷

3차 산업혁명은 서로 다른 분야의 기술들이 결합되거나 융합되는 현상이 활발했던 시기이다. 또한 과학과 기술의 상호작용이 더욱 밀접해지면서 체세포 양을 복제한 것처럼 과학이 기술을 통해 현실화하는 경우가 많아졌고, 이로 인해 다양한 신산업이 출현하였다. 앞에서 설명한 과학과 기술을 구분하여 설명하면 아래와 같다. 과학은 자연현상과 사물의 규칙성을 이해하기 위한 탐구적 활동으로 정의되고, 기술은 자연을 통제하거나 과학 지식을 응용하는 기능적 활동으로 정의된다고 한다. 다시 말하면 과학은 자연현상에서 체계적인 관찰이나 실험 등의 과정을 통해 얻게 되는 지식을 말하고, 기술은 과학적 지식을 활용하여 인간의 효용을 증가시킬 수 있는 물건을 생산하는데 활용할 수 있도록 응용한 지식이라고 이해할 수 있다. 최근에는 과

학기술이란 용어가 흔히 사용될 정도로 상호간 밀접한 관계를 형성하고 있다.

2차 산업혁명과 달리 20세기 중후반에 일어난 3차 산업혁명은 기존의 대량생산 체제나 대기업의 형태에서 벗어나 인터넷 기업처럼 혁신적인 아이디어와 기술을 바탕으로 벤처기업의 산업형태가 많이 나타났다. 현대에는 벤처산업을 통한 기술의 구현이 새로운 산업 생태계를 세계적으로 활발히 구축하고 있으며, 이와 결합되거나 융합할 수 있는 다양한 기술들이 출현하여 또 다른 형태의 산업을 낳는 등 기술의 선순환이 이루어지고 있다. 1차 산업혁명은 영국, 2차 산업혁명은 독일, 미국 등이 일부 선도국들이 주도하고 경제성장을 즐겼지만, 3차 산업혁명은 국가적 지역에 국한되지 않고 3차 산업혁명의 기술인 컴퓨터와 인터넷을 중심으로 하는 산업이라면 지역적 제약없이 글로벌 기업으로 성장하며 세상을 지배하기 시작하였다. 산업별로도 국제적 교류가 활발해지고 기술혁신에 대한 지식의 공유가 빨라졌으며, 신규 산업에 대한 적응도 빨라졌다. 또한 산업의 성장도 국가중심이 아니라 기술혁신을 이루는 기업을 중심으로 더욱 빠르게 이루어졌다.

기술혁신으로 인한 첨단기술이 출현하여 인류의 생활은 더욱 편리해지고, 정보나 지식의 공유 및 전파가 이전보다 수월하게 이루어지는 기술적 인프라가 구축되었다. 그러나 한편으로 현실세계 보다 사이버상의 가상세계에 머무르는 시간이 많아졌고, 기술로 인해 변화한 세상속에서 인류 고유한 성향 뿐만 아니라 유전자까지도 바꿀 수 있는 생활을 해나가기 시작했다. 특히 컴퓨터와 인터넷의 부정적 사용은 인류에게 새로운 육체적 질병과 정신적 질병도 함께 가져왔다. 현실과 가상공간인 사이버 세상과의 혼란, 인터넷 오남용으로 인한 육체적 정신적 장애, 사이버상에서 보이지 않는 대상에 대한 막말 등 여러 가지 사회적 문제를 야기시킬 만한 일들이 발생하였다. 4차 산업혁명을 일으킬 혁신기술도 3차 산업혁명의 연장선상에서 인류에게 훨씬 중요하고 위험한 영향을 미칠 수 있기 때문에 기술의 편리성과 함께 인류에게 미치는 영향에 대한 사회적 문제에 대해서도 미리 고민해보고 필요시 예방대책을 수립해 부정적인 피해를 최소화해야 한다.

산업혁명이 성립하기 위해서는 다음의 여러 가지 조건이 필요하다고 한다. 먼저 해당 산업혁명을 선도하는 핵심기술이 존재해야 하며, 핵심기술이 다른 기술과 결합 또는 융합되면서 포괄적인 연쇄효과를 유발해야 하며, 경제적 구조의 변화가 이전(以前) 시기와 구분되어야 하며, 사회문화적 차원에서도 이전 시기와 구분되는 변화가 있어야 된다고 한다. 앞으로 이런 조건의 산업혁명은 인류가 존재하는 한 주기적으로 지속될 것이다. 큰 틀 안에서 인류 문명의 변화는 지속적으로 이루어질 것이고, 그 과정이나 결과에서 사회적, 정치적, 경제적 다양한 여진 등이 발생할 것이다. 따라서 이에 대한 인류의 고민은 기술적 진보에만 그칠 것이 아니라 그로 인해 인류에게 야기되는 제반 사항을 하나씩 빠짐없이 공론화하고 지혜롭게 해결해 나가야 할 필요가 있다고 생각한다. 특히 1~2차의 산업혁명과 3~4차의 산업혁명은 변화라는 틀에서는 동일 하지만, 후자의 산업혁명 변화는 전자의 산업혁명 변화보다 인류에게 미치는 영향력이 클 것으로 예상된다. 이 영향력은 미래로 갈수록 더욱 커질 것이다. 이를 잘 관리할 수 있는 지혜를 모아야 하겠다.

산업혁명과 인간 욕망이 공진화¹⁵⁾(Co-evolution) 관계에 있다고도 하는데, 아래 그림으로 그 관계를 간단히 이해할 수 있다.

< 그림 3.4. 인간의 욕망과 산업혁명의 공진화 >



15) 공진화(供進化, Co-evolution)는 한 생물 집단이 진화하면 이와 관련된 생물 집단도 진화하는 현상을 가리키는 진화생물학의 개념이다.

< 표 3.4. 산업혁명의 역사적 전개와 특징 >

구분	1차 산업혁명	2차 산업혁명	3차 산업혁명 ?
시기	1760~1830(1750~1850)	1870~1920(1850~1930)	1960~ ?(1945~ ?)
주도 국가	영국	독일, 미국	미국, 일본
주요 산업	면공업, 철공업, 증기기관, 공작기계	염료산업, 전기산업, 통신, 자동차	컴퓨터, 반도체, 자동화, 인터넷
주요 기술 혹은 사건	<ul style="list-style-type: none"> - 1709 코크스 제철법 - 1769 수력방직기 - 1769 분리용축기 - 1776 와트의 증기기관 상업화 - 1783 회전식 증기기관 - 1785 역직기 - 1789 방직기와 증기기관의 결합 - 1797 나사절삭용 선반 - 1804 증기기관차 - 1830 리버풀-맨체스터 철도 	<ul style="list-style-type: none"> - 1856 전로법 - 1856 인공염료 - 1876 전화 - 1879 백열등 - 1886 가솔린 자동차 - 1888 교류용 전동기 - 1896 무선전신 - 1903 비행기 - 1908 모델 T - 1914 컨베이어벨트 	<ul style="list-style-type: none"> - 1946 에니악 - 1947 트랜지스터 - 1958 집적회로 - 1962 산업용 로봇 - 1969 PLC 모디콘084 - 1969 아르파넷 - 1973 DNA 재조합 기술 - 1977 애플 II - 1981 IBM 호환용 PC - 1994 인터넷 대중화
과학기술적 변화	<ul style="list-style-type: none"> • 기술혁신의 상호연관성 강화 • 과학과 기술의 간접적 연결 	<ul style="list-style-type: none"> • 오늘날의 많은 기술시스템 출현 • 과학의 내용이 기술에 활용되기 시작 	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 기술의 결합 혹은 융합 • 과학과 기술이 밀착되어 '과학기술' 탄생
경제적 구조의 변화	<ul style="list-style-type: none"> • 공업 중심의 경제로 전환 • 지속적인 경제성장의 국면에 진입 	<ul style="list-style-type: none"> • 대기업이 경제성장을 주도하기 시작 • 후발공업국의 본격적 산업화 	<ul style="list-style-type: none"> • 벤처기업이 중요한 혁신 주체로 등장 • 세계 경제의 서비스화 및 글로벌화
사회문화적 변화	<ul style="list-style-type: none"> • 계급사회의 형성과 기계파괴운동 	<ul style="list-style-type: none"> • 기술에 대한 인류의 의존도 심화 	<ul style="list-style-type: none"> • 첨단기술의 사회적 문제 대두
관련 단어	<ul style="list-style-type: none"> • 공장제, 공업사회, 자본주의 	<ul style="list-style-type: none"> • 후발산업화, 경영혁명, 포드주의 	<ul style="list-style-type: none"> • 탈산업사회, 제3물결, 정보혁명

제 2 장 제4차 산업혁명 과학기술

제 1 절 제4차 산업혁명 개요 및 특징

현재 4차 산업혁명이라고 불리우는 변화는 3차 산업혁명의 연장인지 아니면 새롭게 구분되는 변화의 국면인지 확실하지 않지만, 장기파동이론(Long Wave Theory)에 의하면 지금의 국면은 3차 산업혁명의 연장에 가깝다는 의견이 있다. 장기파동이론에 의하면 자본주의 경제가 약 50년을 주기로 호황, 침체, 불황, 회복의 단계를 거치고 있으며, 새로운 기술의 출현과 국제질서 안에서 진행되고 있다고 한다. 이와 함께 1차 산업혁명의 핵심기술인 증기기관이 18세기 중후반, 2차 산업혁명의 핵심기술인 백열등이 19세기 중후반, 3차 산업혁명의 핵심기술인 인터넷이 20세기 중후반에 변화를 이끈 사실을 고려하면, 기술의 발전 속도를 빨라지고 있다는 전제를 하더라도 아직은 3차 산업의 연장선상에 있다는 의견이다.

이와 달리 세계경제포럼(WEF)¹⁶⁾의 회장인 클라우스 슈밥(Klaus Schwab)은 2016년 스위스 다보스에서 열린 세계경제포럼 기조연설에서 독일 정부가 추진한 ‘인더스트리 4.0’¹⁷⁾에 의해 탄생한 ‘자동화 기술’의 확산이 제조업뿐만 아니라 경제 전반의 생산성과 정치, 경제, 사회 구조의 변화까지 영향을 준 새로운 산업혁명으로 보고 이를 4차 산업혁명이라 언급하였다. 슈밥이 이를 또 하나의 산업혁명으로 보는 이유로 기술의 발전 속도, 영향 범위, 기존 시스템에 미치는 영향력 등을 들 수 있다. 과거 산업변화와 비교해 보았을 때 이와 같은 비약적인 발전 속도는 이례적이며, 모든 부문의 산업과 연결되어 대대적인 시스템의 변화를 이끌고 있다는 것이다.

4차 산업혁명의 배경이 되는 인더스트리 4.0 정책과 관련하여, 독일 정부

16) 세계경제포럼(WEF, World Economic Forum) : 1971년 독일의 클라우스 슈밥(Klaus Schwab)이 창설한 유럽경영포럼(European Management Forum)에서 출발한 독립적 비영리 재단이다. 1981년부터 현재까지 매년 1~2월에 스위스의 다보스에서 포럼을 열기 때문에 다보스 포럼이라고도 부른다.

17) 인더스트리 4.0(Industrie 4.0) : 독일에서 2011년 1월에 발의된 산업 관련 정책으로 제조업 같은 전통산업에 IT시스템을 결합하여 생산시설들을 네트워크화하고 지능형 생산시스템을 갖춘 스마트 공장으로 진화시키려는 목적이 있다.

는 2006년 첨단기술전략(High Tech Strategy)을 발표한 이후로 2010년에 이를 보완하여 ‘첨단기술전략 2020’을 발표하였는데, 인더스트리 4.0은 이에 대한 실행계획으로 2011년에 공식적으로 발의되었다. 그리고 2018년에는 ‘첨단기술전략 2025’를 발표하여 국민의 삶의 질을 높이고 혁신을 통한 미래 경쟁력을 강화하기 위한 노력에 가속력을 더하고 있다.

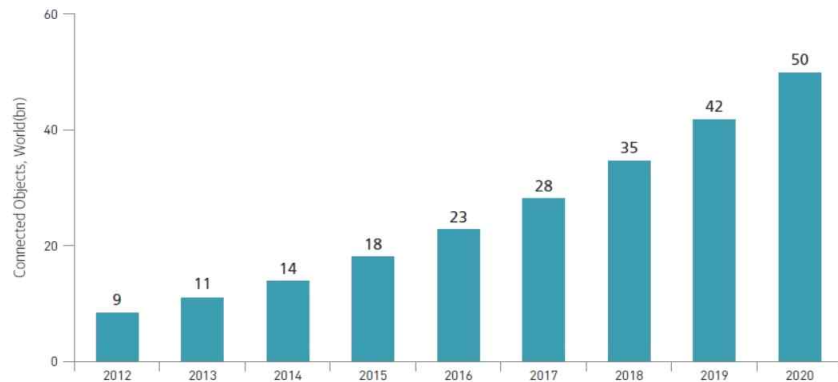
< 그림 4.1. 독일의 첨단기술전략 2025 >



지금의 변화가 3차 산업의 연장이든 새로운 4차 산업혁명의 시작이든 인류는 생존과 번영을 위해 과학과 기술이 지배하는 사회변화를 이끌어 가고 있다. 앞에서 언급한 용어의 논쟁은 다양한 근거를 통해 가까운 미래에 규정지어질 것이다. 규정의 논의는 미래에 맡기고 인류는 현재진행형인 정치, 경제, 사회 등의 변화를 지혜롭게 개선 시켜 나가야 할 것이다. 여기에서는 지금의 변화를 4차 산업혁명이라는 새로운 패러다임으로 설명할 예정이다.

과거 세 차례의 산업혁명을 살펴보면 시간이 지날수록 기술의 발전과 활용 속도가 점점 빨라지고 다양한 기술들이 상호간 융합되어 새로운 형태의 사회적 경제적 산업적 변화를 이끌어 가고 있다. 우리 사회가 매우 빠르게 발전하고 변화하였다는 사실은 <그림 1. 인류의 기술발전 속도>를 보면 알

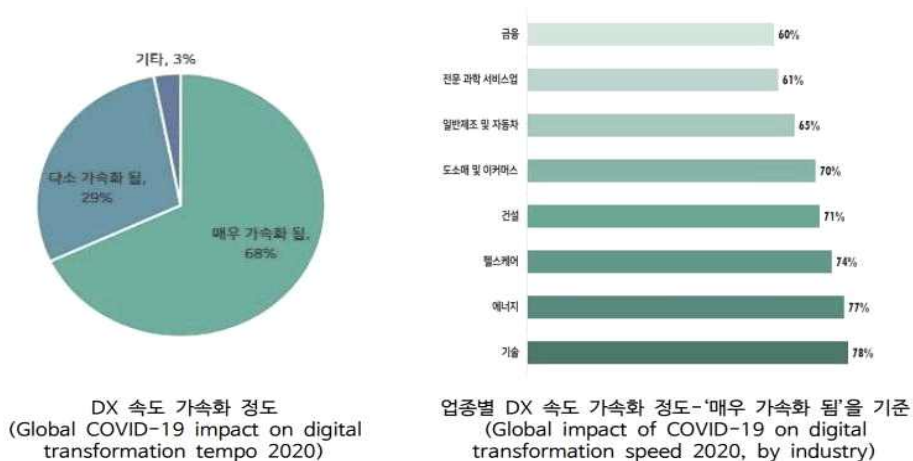
< 그림 4.3. 인터넷과 연결된 사물의 수 >



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

현재 인류는 다양한 산업 분야에 ICT(Information and Communication Technology)를 적용해 4차 산업혁명이라는 새로운 패러다임을 이끌어 가고 있다. 이 과정에 나타나는 Digital Transformation(DT, DX)이라는 용어를 이해할 필요가 있다. 미래를 선도하려는 기업들은 디지털 변화에 촉각을 두어 기존과 다른 새로운 고객, 프로세스, 변화를 인식하고, 이러한 변화에 대응하기 위해 조직, 프로세서, 비즈니스 모델을 바꿔 디지털 기업으로 재탄생하려고 노력하고 있다. 다수의 글로벌 기업들이 새롭게 변화되는 세상에서 그에 맞는 새로운 패러다임을 가지고 적극적으로 변화하고 있다. 이러한 추세는 특히 ICT가 모든 산업의 경쟁력을 좌우하는 핵심 요소라는 인식을 확산시켰다.

< 그림 4.4. 코로나19 이후 DX 가속화 정도 및 산업별 가속화 정도 >



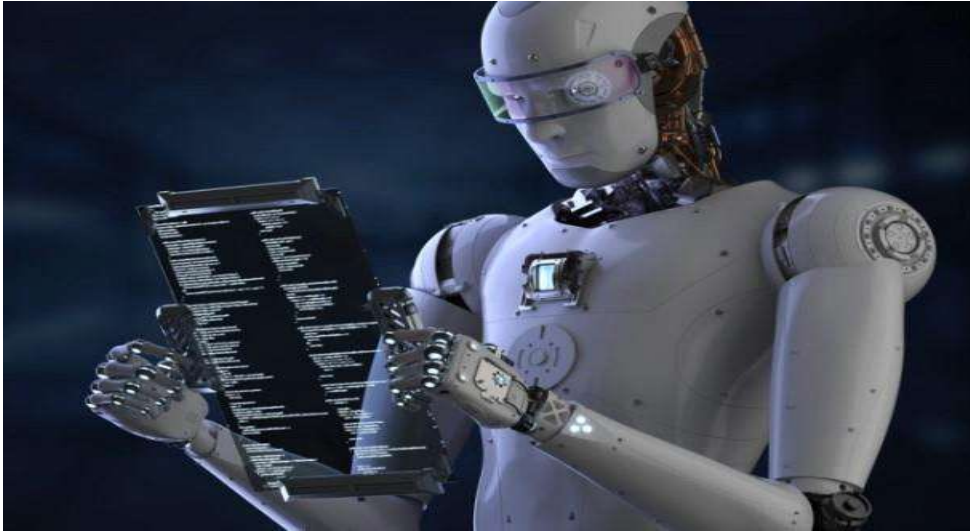
4차 산업혁명이 추구하는 혁신은 1~2차 산업혁명과는 확연한 차이를 보이는데, 1~2차 산업혁명이 물리적 공간에서 인간의 노동력을 대신하는 혁신이었던 반면 3~4차 산업혁명은 사이버공간에서 인류의 지능을 보완하는 혁신이라고 볼 수 있다. 3차 산업혁명부터 가상의 사이버공간이 출현하여 산업의 변화를 이끌었지만, 특히 4차 산업혁명은 가상공간을 통하여 시간과 공간의 제약을 벗어나는 산업을 창출했다는 점에서 기존의 1~2차 산업혁명과 차별화된다. 또한 4차 산업혁명은 가상세계와 현실세계가 통합되는 가상물리 시스템(CPS, Cyber Physical System)을 추구한다고 해석하기도 한다. 가상현실(VR, Virtual Reality)과 증강현실(AR, Augmented Reality)을 통해 현실세계의 물리적 공간과 가상세계의 디지털 공간의 경계가 모호해지는 현상을 경험하고 있다.

< 그림 4.5. 가상현실과 증강현실 >



3차 산업혁명으로 컴퓨터가 등장한 이래로 관련 연관 산업도 급속히 발전하였고, 특히 반도체 등의 발전은 컴퓨터의 계산능력과 학습능력을 대단히 빠르게 고도화시켰다. 최근 인공지능(AI, Artificial Intelligence) 기술에 대한 관심이 뜨겁다. 인공지능은 인간의 학습능력, 추론능력, 지각능력을 인공적으로 구현하려는 컴퓨터과학의 한 분야이다. 즉 인간의 지능을 모방한 기능을 갖춘 컴퓨터 시스템이라 할 수 있다. 이 인공지능은 가까운 미래에 기계인 하드웨어와 결합하여 인간의 지능과 행동을 모방한 휴머노이드 로봇으로 재탄생할 것이다.

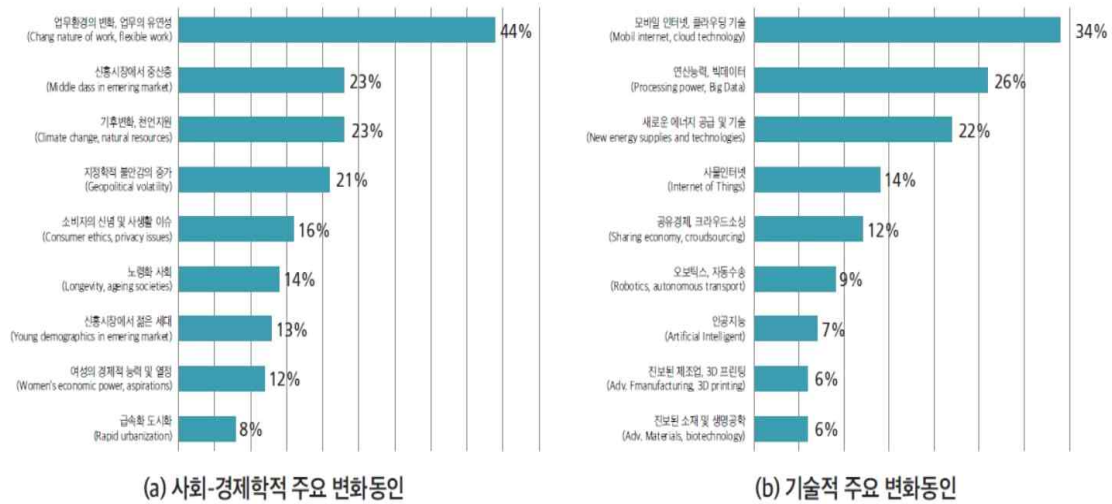
< 그림 4.6. 산업용 휴머노이드 로봇 >



교통분야에서의 혁명도 현재 진행중이다. 자율주행, 드론 등 지상과 공중의 교통수단이 지상의 증기기관, 내연기관의 혁신 이래로 한 차원 넓은 3차원 공간으로 도약을 준비하고 있다. 각종 센서, 초고속 통신, 인터넷, 사물인터넷, 경량재료, 에너지활용 등 다양한 기술들이 융합되어야만 원하는 목표를 달성할 수 있다. 이처럼 시간이 흐를수록 더 많은 기술들이 서로 결합 또는 융합되어 새로운 형태의 기술과 산업을 탄생시키고 있다. 기술들간의 결합이 더욱 강해지고 다양해지는 추세는 지속될 것이고, 인류는 과학과 기술에 더욱 더 종속되어 질 것이다. 어쨌든 앞으로 인류는 혁신기술들의 융합 개발을 통해 다양한 신규 교통시스템을 만들어 나갈 것이다.

이상 살펴본 바와 같이 4차 산업혁명 기술은 과거 그 어느 때보다도 다양하고 고도화되고 있으며, 빠르게 융합하고 결합하여 인류가 상상하는 것을 실현시켜 나가고 있다. 4차 산업혁명을 포함하여 과거 모든 산업혁명에는 그 변화를 일으키는 여러 가지 이유가 있는데, 2016년 세계경제포럼(WEF)은 사회 및 경제학적 측면과 과학기술적 측면에서 4차 산업혁명의 주요 변화동인을 다음과 같이 전망하였다. 먼저 사회 및 경제학적에서는 업무환경 변화(44%), 신흥시장에서의 중산층의 등장(23%), 기후변화(23%) 등이 변화 동인으로, 과학기술적 측면에서는 모바일 인터넷과 클라우드 기술(34%), 빅데이터(26%), 신에너지 공급 및 기술(22%) 등이 변화 동인으로 분석하였다.

< 그림 4.7. 4차 산업혁명 변화 동인 >



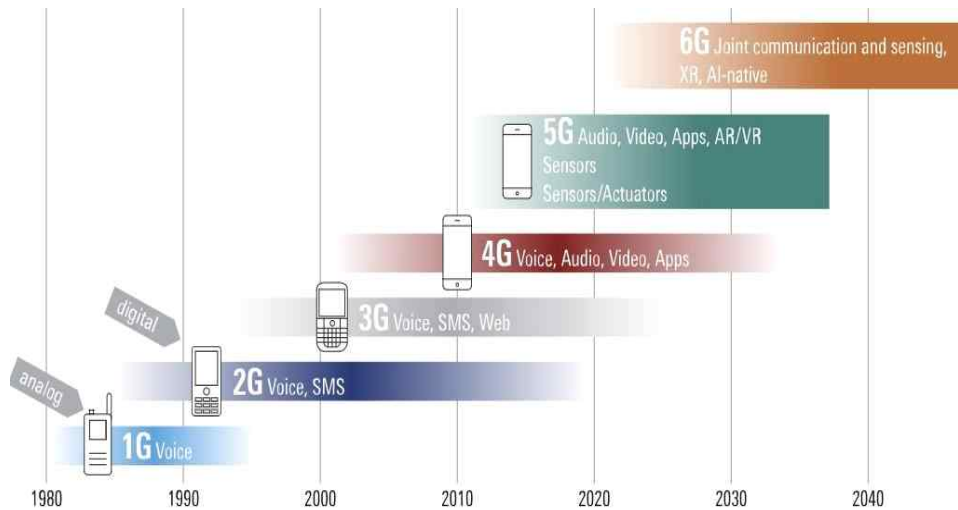
그러나 자세히 들여다 보면 결국 4차 산업혁명으로 인한 미래사회의 변화는 과학기술이 주도하고 있음을 알 수 있다. 인더스트리 4.0을 추진한 독일의 제조업에서도 기술적 요인들이 제조업의 생산성을 크게 향상시키고 있음을 확인할 수 있다. 4차 산업혁명의 주요기술로 언급되는 기술들은 각 산업 분야에서 업무 자동화를 이끌고 있다. 또한 다양한 과학기술의 발전이 수요자의 요구를 충족시킴과 동시에 물류 이동 등 기업의 공급망을 자동화하여 기업의 경쟁력을 확보하고 경제규모를 점차 확대시킬 것으로 전망하고 있다. 현재 초고속통신, 반도체 칩, 빅데이터, 클라우드, 양자컴퓨터 등 사이버 보안기술, 사물인터넷(IoT), 메타버스, 인공지능(AI), 자율주행, 휴머노이드 로봇, 드론 등 다양한 분야가 다양한 분야에서 자동화, 지능화 등의 변화를 이끌어 가는 원동력이 되고 있다. 이러한 기술들은 적용 범위나 융합의 한계가 없이, 마치 생물이 최적의 진화를 하듯 그에 따른 결과를 하나씩 만들어 내는 과정에 있다. 미래사회가 어떻게 변할지 속단할 수는 없지만, 주요 기술들을 들여다 보면 4차 산업혁명이 인류를 어느 방향으로 이끌지 예측하는데 도움이 될 것이다. 결국 4차 산업혁명은 기본적으로 과학기술을 이해해야만 이해할 수 있을 것이다.

이제부터는 4차 산업혁명의 다양한 기술들을 살펴보고자 한다. 다양한 기술들이 존재하지만 앞에서 언급한 주요 기술들을 중심으로 하나씩 이해하는 수준에서 간단한 정리를 해나가겠다.

제 2 절 제4차 산업혁명 주요 기술

첫째 언급할 기술은 초고속 통신망이다. 4차 산업혁명은 다양한 기술들을 융합하여 초연결 사회를 만들어 가고 있다. 이를 위해 초고속 네트워크의 기본 인프라가 구축되어야 하는 것은 자명하다. 특히 이동통신망을 통한 인프라가 초연결사회의 중심에 있다. 80년대 1세대인 아날로그 방식의 이동통신(1G, The First Generation) 서비스가 시작된 이래, 2024년 현재 6세대 이동통신(6G) 기술의 상용화를 눈앞에 두고 있다. 이동통신 1세대(1G, 아날로그)와 2세대(2G, CDMA¹⁸)는 무선 ‘음성’ 서비스를 제공하였고, 3세대(3G, WCDMA¹⁹)와 4세대(4G, LTE²⁰)는 무선 ‘데이터’를 서비스하였다. 이동통신 기술이 발전할수록 데이터의 전송속도는 기하급수적으로 빨라지고 있다. 특히 5세대(5G)는 4차 산업혁명 기술들을 현실에 최적화 적용하기 위해 초고속, 초지연, 초연결을 제공하기 시작하였으며, 현재는 전송속도가 더욱 빨라진 6세대(6G) 이동통신 기술이 출현하여 현실적 제약을 극복할 수 있는 여건을 마련하였다.

< 그림 4.8. 이동통신 기술의 발전 (1세대~6세대) >



18) CDMA (Code Division Multiple Access, 코드 분할 다중 접속) : 무선 통신 기술에서 사용하는 채널 접속방식이며, 여러 송신기가 단일 통신 채널을 통해 동시에 정보를 보낼 수 있는 다중 접속의 한 방식이다.

19) WCDMA (Wideband CDMA, 광대역 코드 분할 다중 접속) : 3세대 무선 통신 기술이며, 확산 스펙트럼 기술을 사용하므로 여러 사용자가 간섭없이 대역폭을 공유할 수 있다.

20) LTE (Long Term Evolution) : HSDPA에서 업그레이드 된 이동통신 고속 무선 데이터 패킷통신 규격이며, 네트워크의 용량과 속도를 증가시키기 위해 고안된 대표적 4세대 이동통신 기술이다.

현재 연구 개발중인 차세대 이동통신 6세대(6G)는 5세대(5G) 기술이 제시한 초연결사회(Hyper-connected Society)를 현실적으로 완성 시킬 기술로 기대되고 있다. 상용화는 늦어도 2030년 이전으로 예상하고 있다. 앞으로 6세대(6G) 이동통신 기술의 초고속 전송속도(테라비트, Tbps)를 통해 데이터 송수신의 지연 시간을 0.1ms(밀리초, 10^{-3} sec) 이하로 완전히 극복하면 모든 사물을 인터넷 네트워크에 연결하는 초연결사회가 구축되어 인류는 커다란 변화를 맞을 것이다. 향후 자율주행 자동차, 드론, 로봇 등 미래 모빌리티 산업과 사물인터넷(IoT) 기술을 활용한 일상생활의 편리하고 효율적인 서비스 등에 범용적으로 활용될 것으로 전망하고 있다. 또한 대용량 데이터와 빠른 전송 속도를 필요로 하는 가상현실과 증강현실 등의 다양한 서비스를 실현할 수 있는 기능이다. 5세대와 6세대 이동통신 기술의 사양은 아래와 같은데, 6G는 최고 전송속도 1Tbps(초당 테라비트), 지연 0.1ms(밀리초, 10^{-3} sec), 최고 주파수대역 10THz(테라헤르쯔)의 사양을 목표로 하고 있으며, 인공지능(AI), 확장현실(XR, Extended Reality), 자율주행차량 기술에 완전히 적용할 예정이다.

< 표 4.1. 이동통신 5G와 6G 비교 >

KPIs	5G	6G
Peak data rate	10 Gbps	1 Tbps
latency	1 ms	0.1 ms
Energy efficiency	1000x relative to 4G	>10x relative to 5G
Connection density	1 million devices /km ²	>10 million devices/km ²
Coverage percent	80 %	>99 %
Positioning precision	Meters precision (20 m)	Centimeter precision
Mobility support	500 km/h	≥1000 km/h
AI	Partial	Fully
Extended Reality	Partial	Fully
THz communication	limited	Widely
Autonomous vehicle	Partial	Fully
Max. frequency	90 GHz	10 THz
Architecture	Massive MIMO	Intelligent surface

5세대(5G)와 6세대(6G) 이동통신 기술을 좀 더 살펴보면, 2010년 4세대(4G) 이동통신 서비스 상용화로 다양한 인터넷 서비스가 제공되면서 데이터 트래픽이 급증하였고, 이로 인해 새로운 이동통신 기술에 대한 필요성이

크게 부각되었다. 이러한 시대적 부응에 의해 도입된 5세대(5G) 이동통신 기술은 4G 보다 20배 빠른 20Gbps(초당 기가비트)의 데이터 전송속도를 구현하였고, 4G의 10ms(밀리 초)의 지연시간을 1ms로 낮춤과 동시에 초연결을 위한 최대 기기 연결수를 4G의 10만대에서 100만대로 확장하여 제시하였다. 이를 통해 4차 산업혁명을 주도할 혁신산업들의 기반이 될 정보통신 인프라의 토대를 마련하였다. 이로 인해 8K UHD급의 초고화질 영상 서비스의 송수신이 가능해졌으며, 초지연성 특성이 필요한 가상현실과 증강현실 등의 산업이 성장하고 있는 등 다양한 분야의 산업에서 초고속 이동통신망이 기본 인프라로 활용되고 있다.

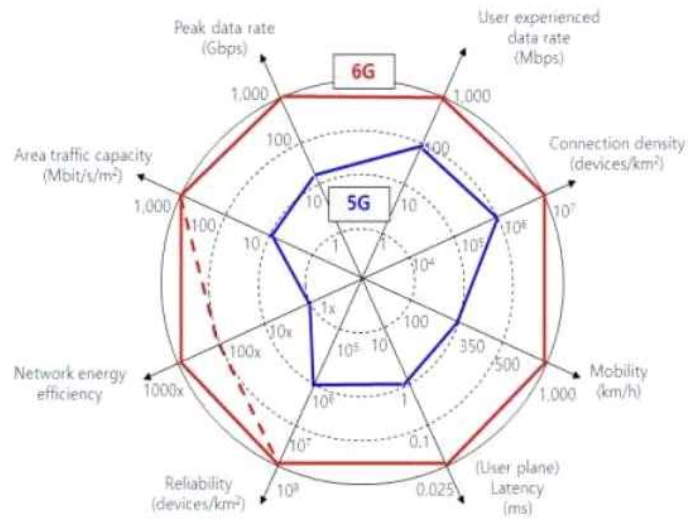
< 그림 4.9. 5G 이동통신 기술 >



향후 5세대(5G)에서 기술적으로 해결하지 못한 한계를 6세대(6G) 기술에서 해결하기 위한 노력이 꾸준히 진행되고 있다. 4차 산업혁명 기술이 산업 전반에 융합되고 적용되기 위해서는 기본적으로 초고속 정보통신망의 존재가 반드시 선행되어야 하는데, 쉽게 말하면 현재 상용화되어 있는 5세대(5G)보다 더 높은 성능을 갖는 6세대(6G) 이동통신망 기술이 필요하다. 미래 사회의 각종 혁신기술들은 정보통신망 인프라 기술과 결합하면서 그 날개를 화려하게 펼칠 것으로 예측된다. 6G 이동통신 기술은 초고속 데이터 통신을 구현하는 것에 목표를 두고 있다. 특히 3차 산업혁명부터 기술의 놀이터가 된 가상의 사이버 세계와 현실 세계 사이의 실시간 데이터 송수신

신뢰성을 보장함으로써 가까운 미래에 영화 아바타가 인류에게 현실로 다가올 수도 있을 것이다. 4차 산업혁명은 3차 산업혁명을 토대로 진행되듯이 6G 이동통신 기술 또한 5G 기술을 토대로 빠르게 고도화될 것이다.

< 그림 4.10. 이동통신 기술의 확장 (5G → 6G) >



이를 통해 전망한 6G 활용한 분야별 주요 서비스는 다음과 같다.

< 그림 4.11. 6G 활용 분야별 주요 서비스 >



참고로, 24년 1월에 열린 CES에서 다른 지역에 있는 참여자와 홀로그램 렌더링을 통해 인터뷰를 시연했는데, 이전에 비해 흠이 없을 정도로 자연스러운 입체 이미지를 제공하였다. 데이터의 빠른 전송과 낮은 지연이 이뤄낸 결과이다. 24년 2월 MWC(Mobile World Congress) 2024는 차세대 통신 기술인 6세대 이동통신 기술의 표준화 주도권을 잡기 위한 각국의 전략을 엿볼 수 있었다. 이번 MWC에서 미국은 한국, 일본, 호주, 영국, 캐나다, 프랑스, 체코, 핀란드, 스웨덴 등과 함께 '6G 원칙 공동선언문'을 발표했다. 선언문의 내용은 개방적이고 투명하며 상호 운용적이며 안전한 네트워크를 지원한다는 원칙을 바탕으로 6G를 연구 개발한다 라고 한다. 또한 이번 MWC에서는 인공지능(AI) 기반 RAN(Remote Access Network, 무선 액세스 네트워크)의 잠재력 실현 및 활용을 위해 AI-RAN Alliance가 결성되었다. 이들은 AI를 통해 RAN 성능과 역량을 향상시키는데 전념하고, RAN에서 AI기반 혁신을 선도하려는 데 있다. 마이크로 소프트, 엔비디아, 삼성 전자 등 AI를 선도하는 글로벌 기업들이 결성하였다. 현재까지 대한민국은 6G 연구분야에서 미국이나 중국보다 앞서 있는 것으로 보인다. 6G 주파수 대역은 2027년 최종 결정되는데, 23년 11월에 두바이에서 열린 2023 WRC(World Radiocommunication Conference, 세계전파통신회의)에서 한국이 제시한 주파수 4개 중 3개(①4.4~4.8Ghz, ②7.125~8.5Ghz, ③14.85~15.35Ghz)가 후보 대역으로 채택되었다. 참고로 현재 사용하고 있는 5G 주파수 대역(3.5Ghz)보다 높고, 현실적인 문제로 상용화하지 못함 또 다른 5G 주파수 대역(28Ghz)보다는 낮은 중저대역이 후보군으로 채택된 것으로 보인다.

둘째로 소개할 기술은 반도체 칩(Chip)이다. 반도체는 상온에서 전기 전도율이 구리 같은 도체하고 유리 같은 부도체의 중간 정도의 물질이다. 이러한 물질을 활용하여 전기적 신호를 받고 어떠한 기능을 수행하도록 만들어진 부품이다. 반도체 칩은 그 자체로 사용되지는 못하고 시스템에 속하여 부품으로서 사용된다. 이미 반도체 칩은 시스템의 개발과 성능향상을 위해 반드시 필요한 존재가 되었다. 반도체 칩은 인류가 시스템을 자동화하고 효율성을 높이기 위해 지속 개선시키고 있는 4차 산업혁명의 핵심 산업분야이다. 쉰세계가 주목하고 있으며, 미국, 대만, 중국, 한국 등을 중심으로 미래

를 좌우할 반도체 칩 전쟁을 벌이고 있다고 보도하고 있다.

반도체 칩의 역사는 진공관(Vacuum Tube, Electron Tube)으로 거슬러 올라간다. 진공관은 진공속에서 전자의 움직임을 제어함으로써 전기신호를 증폭하거나 교류를 직류로 정류하는데 사용하는 전기 장비이다. 19세기말 토마스 엘바 에디슨(Thomas Alva Edison)이 백열전구 실험에서 전류의 흐름을 발견한 이후, 알렉산더 그레이엄 벨(Alexander Graham Bell)이 음성의 떨림을 전기적으로 전달하는 방법인 전화기를 발명하면서 원거리까지 전기적 신호를 전달하기 위한 증폭기(Repeater)가 필요하게 되었다. 1907년에 개발된 3극 진공관²¹⁾이 전화기의 신호를 증폭하여 멀리 떨어져 있는 지역까지 통화가 가능하게 하였다. 컴퓨터 시스템의 시초인 전자계산기에도 진공관이 사용되었는데, 당시 계산하는 기계를 만들기 위해 부울대수²²⁾를 만들었다. 부울대수의 참(1)과 거짓(0)을 전기가 들어오고 나가는 상태에 대응하면 이를 전기적으로 구현할 수 있다. 결과적으로 스위치 소자로 구성된 전기회로로 논리적 수리적 연산도 모두 스위치로 표현할 수 있었다. 이때 진공관을 사용하여 전기적으로 구현하였다. 이러한 진공관은 그 특성으로 인해 많은 전력이 필요했으며, 작동을 빠르게 시작할 수 없었다. 또한 외관이 유리로 만들어져 보관이나 운송하는데 어려움이 있었다. 1947년 마침내 반도체인 저마늄²³⁾(Germanium)에 금(Gold)을 붙여서 전기 신호를 증폭하는 고체 기반 소자를 만들어 진공관의 단점을 해결한다. 이를 트랜지스터²⁴⁾(Transistor)라고 하는데 초기 컴퓨터의 논리 연산을 위한 스위치 소자로서 수요가 증가하면서 발전을 이루게 된다. 이후 트랜지스터는 집적소자로 발전하면서 오늘날 반도체라는 범주에 들어가게 된다.

현대의 컴퓨터는 범용 목적으로 사용되는데, 약 1.8만개의 진공관 소자를 연결하여 디지털 회로를 구성했던 초기 컴퓨터 애니악(ENIAC)의 경우 다

21) 3극 진공관 : 음극 필라멘트와 양극 금속 전극사이에 금속망(Grid)가 추가된 형태로, 금속망에 들어오는 작은 전기신호로 음극 필라멘트와 양극 금속 전극사이의 전류를 조절하여 신호를 증폭한다.

22) 부울대수 : 1854년 영국 수학자 조지부울이 만들었으며, 명제의 참과 거짓을 이진수 값 1과 0에 대응시키고 논리 연산을 하는 대수

23) 저마늄 또는 게르마늄 (Germanium) : 원자번호 32. 독일의 화학자 빈클러가 1886년 발견한 반도체 물질로서 구리, 납, 아연 등의 광석을 정제하는 과정에서 얻어진다.

24) 트랜지스터(Transistor) : 진공관을 대체하여 저마늄(Germanium), 규소(Silicon) 따위의 반도체를 이용하여 전자 신호 및 전력을 증폭하거나 스위칭하는데 사용되는 반도체 소자

른 종류의 작업을 하기 위해서는 논리회로의 구성을 바꾸어야만 했다. 소자를 연결하는 배선을 바꾸는 데는 많은 시간과 인력이라는 비용이 투입되기 때문에 상당히 비효율적이었다. 컴퓨터 과학자인 존 폰 노이만(John Von Neumann)이 ‘**폰 노이만 구조**’라고 하는 컴퓨터의 기본구조를 제안했는데, 현재까지도 범용 컴퓨터의 표준으로 사용되고 있다. 폰 노이만 구조는 시스템을 통제하고 프로그램을 실행하는 CPU와 프로그램과 데이터를 저장하는 메모리로 구성된다. 메모리에는 CPU에서 사용할 프로그램과 데이터가 저장되며, 모든 CPU는 메모리에 저장된 프로그램을 실행하여 명령어를 해석해 연산하고 그 결과를 외부로 출력하는 기능을 수행한다. 즉, 폰 노이만 구조는 연산과 제어를 담당하는 로직 회로와 데이터와 소프트웨어를 저장하는 메모리로 나뉜다. 일반적으로 모든 시스템이 폰 노이만 구조로 되어 있다고 이해하자. 앞의 부울대수에서 설명한 것과 같이 CPU의 논리소자는 스위치를 연결해 논리 연산을 풀어내는데, 논리 연산을 위해 많은 스위치가 연결되어 있다. 당연히 스위치가 많을수록 더 복잡한 연산이 가능하다.

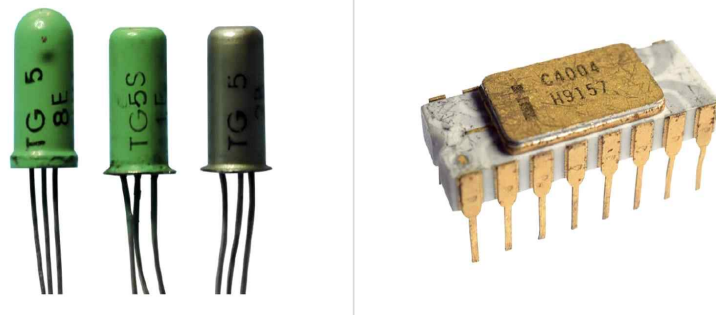
< 그림 4.12. 폰 노이만 구조 >



트랜지스터와 같은 반도체 소자는 과거의 진공관과 달리 **집적 소자(IC, Integrated Circuit)**로 만들 수 있었다. 트랜지스터는 소자 미세화(Scaling)를 통해 더 많은 숫자의 작은 스위치들을 연결하면 엄청난 연산을 처리할 수 있는 고성능 컴퓨터가 되는 것이다. 집적회로 이전에는 개별로 만들어진 반도체 소자(Discrete Device)를 직접 인쇄 회로 기판에 연결해야 했기 때

문에 생산성에 제약이 있었고 상대적으로 시스템 성능도 좋지 않았다. 이러한 문제를 해결한 것이 집적 회로(IC)이다. 아래 그림 우측의 집적 회로는 다이오드, 트랜지스터, 레지스터 등 단위소자를 실리콘(Si, 반도체 물질) 위에 함께 만들고 그 위를 산화막으로 덮은 후 편평해진 산화막 위에 금속을 증착(Deposition)하고 식각(Etching)하는 방식으로 배선을 만들었다. 개별 소자로 구성할 때 발생하는 널려진 연결선들을 깔끔하게 정리한 것이다. 이처럼 반도체 집적 공정은 증착, 리소그래피, 식각이라는 과정을 거친다.

< 그림 4.13. 반도체 개별 소자와 집적 회로 >



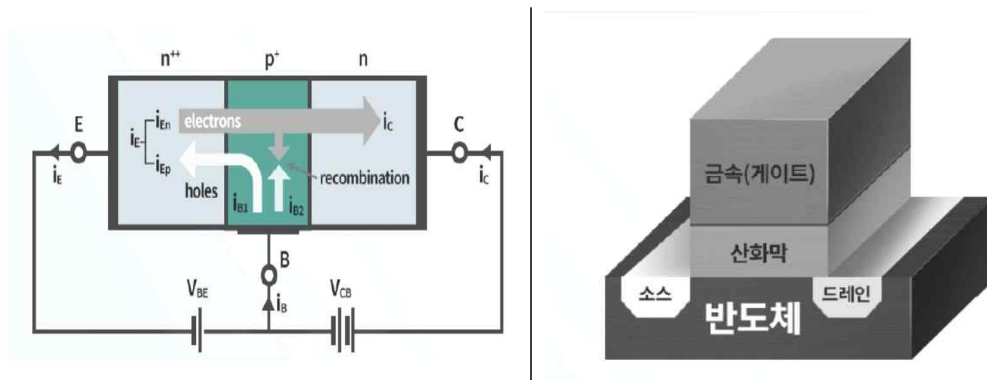
현대의 반도체 칩은 웨이퍼 위에 같은 성능의 다이(Die, 칩을 만드는 단위)를 그려 넣어 제작하고 있는데, 웨이퍼 하나를 찍어내는 비용은 그 안의 다이의 수와 관계없이 거의 동일하다고 한다. 즉, 트랜지스터와 같은 개별 단위 소자를 작게 만들어 같은 면적에 더 많은 다이(Die, 칩을 만드는 단위)를 넣는 회사가 보다 많은 경제적 이익을 얻을 수 있다는 것이다. 이로 인해 반도체 칩 회사들은 소자 미세화(Scaling)에 총력을 기울이고 있다.

< 그림 4.14. 크기가 다른 다이(Die)를 가진 와이퍼 >



앞서 폰 노이만 구조에서 CPU에 해당하는 연산과 제어를 담당하는 로직 회로는 스위치를 가지고 1과 0으로 된 논리함수인 부울대수를 푼다. 트랜지스터와 탄생과 집적 회로를 제작하는 기술이 발전하면서 부피가 작고 저전력인 빠른 연산 가능한 로직 회로를 만들 수 있었다. 소자 미세화와 집적 회로 기술을 통해 엄청난 양의 스위치를 작은 공간 안에 구성해 넣은 결과였다. 처음 스위치로 사용된 반도체 소자는 바이폴라 접합 트랜지스터(BJT, Bipolar Junction Transistor)이며, 기본적으로 전류를 제어해 스위칭 한다. 이 소자는 노이즈가 적고 증폭 능력이 높았으나, 전력 소모가 큰 단점이 있었는데, 이를 개선한 반도체 소자 구조가 **모스펫²⁵⁾(MOSFET)** 이다.

< 그림 4.15. BJT 구조와 MOSFET 구조 >

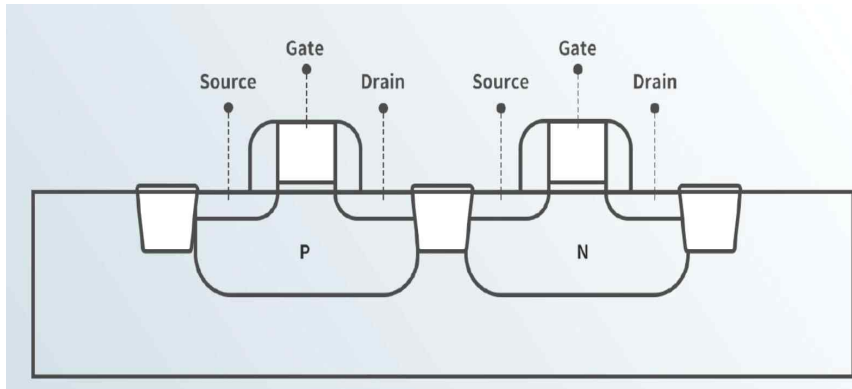


MOSFET은 출력전류를 게이트의 입력 전압으로 제어하는 전압 제어 소자이다. 전압만으로 채널의 전도율을 바꾸므로 이론적으로는 전류가 흐르지 않는다. 또 전류가 흐르더라도 채널의 표면에만 흐르게 된다. MOSFET 구조는 BJT 구조에 비해 증폭 능력이 떨어지므로 전류가 적게 흐르는 단점이 있지만, 이 낮은 전류로 인한 적은 표면 소비전력과 동작 속도가 빠른 장점 때문에 소자 미세화(Scaling) 구현을 통해 집적 회로에 적합한 반도체 구조로 사용되었다. 이후 MOSFET을 토대로 **씨모스²⁶⁾(CMOS)** 기술이 탄생하였고, CMOS 기술은 지금까지도 로직 소자를 만드는 가장 보편적인 기술로 사용되고 있다. 현재 CMOS는 대표적인 반도체 제작 기술이다.

25) MOSFET : Metal(금속), Oxide(산화), Semiconductor(반도체)로 구성되는 금속 산화막 반도체 구조이며, 전계(Field)의 효과(Effect)를 활용한 트랜지스터이다.

26) CMOS : Complementary Metal-Oxide Semiconductot, 금속 산화물 반도체로 구성된 트랜지스터로, nMOSFET(전하캐리어-전자)과 pMOSFET(전하캐리어-정공(Hole))가 상호 보완적으로 사용되는 반도체

< 그림 4.16. CMOS 단면 >



위 그림에서 보듯이 CMOS는 nMOSFET과 pMOSFET을 같은 웨이퍼에 만들어야 하므로 복잡하다. 그러나, 낮은 전력을 소모하는 장점으로 인해 다른 경쟁 기술을 제치고 로직 회로를 만드는 대표적인 반도체 기술이 된 것이다. 지금까지 폰 노이만 구조에서 연산과 제어를 담당하는 로직 회로의 반도체를 살펴보고, 이제는 데이터와 소프트웨어를 저장하는 메모리 반도체에 대해 알아보겠다.

초창기 컴퓨터의 로직 회로에서 반도체 소자 이전에 진공관 소자를 사용했듯이, 메모리에도 반도체 소자가 아닌 수은 지연 메모리를 사용하였다. 그러다 1961년 텍사스 인스트루먼트(Texas Instruments)사에서 반도체 소자를 사용한 메모리를 처음 개발하였다. 당시 개발된 반도체 소자 메모리는 BJT(Bipolar Junction Transistor)를 사용하였고, 이전에 사용하던 자기 코어 메모리와 비교하여 장점이 없었다. 그러다 집적 회로(IC) 기술이 출현하고 소자 미세화가 가능해지면서부터 메모리 대부분을 반도체 소자를 이용해 만들게 되었다.

폰 노이만 구조에서 논리 연산을 처리하는 CPU는 데이터나 프로그램을 저장하는 메모리와 속도 차이가 크기 때문에 최상의 컴퓨팅 성능을 내기 위해서는 이 속도 격차를 줄여 CPU와 메모리간의 정보처리 과정에서 나타날 수 있는 기억장치의 병목현상(Bottleneck)을 줄이거나 이상적으로 없애야 한다. 이 격차를 줄이기 위해 메모리는 데이터 사용 빈도와 접근 시간에 따라 메모리를 세분화해서 관리하고 활용할 필요가 있다.

< 그림 4.17. CPU와 메모리의 속도 격차 >



다음으로 메모리 계층 구조²⁷⁾를 살펴보면, ①레지스터 메모리는 CPU 내부에 위치하며 로직 공정에서 CPU와 함께 만들어진다. 매우 작은 용량으로 데이터를 빠르게 읽고 쓸 수 있는 메모리이며, 주로 SRAM²⁸⁾을 사용한다. ②캐시 메모리는 레지스터와 마찬가지로 SRAM으로 만들어지며, CPU와 함께 제작되는 경우가 많다. L1, L2, L3 캐시로 나뉜다. ③주 메모리는 일반적으로 RAM을 의미하며, 대부분 DRAM²⁹⁾을 사용한다. 캐시 메모리 보다 느리지만, 큰 용량을 가진다. 단독으로 만들어 판매되며 프로그램과 데이터가 실행될 때 CPU가 접근해 읽고 쓸 수 있다. ④보조저장장치는 HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Drive)를 의미하며, 주 메모리보다 더 느리지만 더 큰 용량을 가진다. 영구적인 데이터 저장이 가능하다. 아래 그림은 메모리 계층 구조도이다. 계층의 위로 갈수록 용량은 작지만, 속도는 더 빨라지며, CPU에 더 자주 사용되는 데이터를 위쪽의 빠른 메모리에 올려서

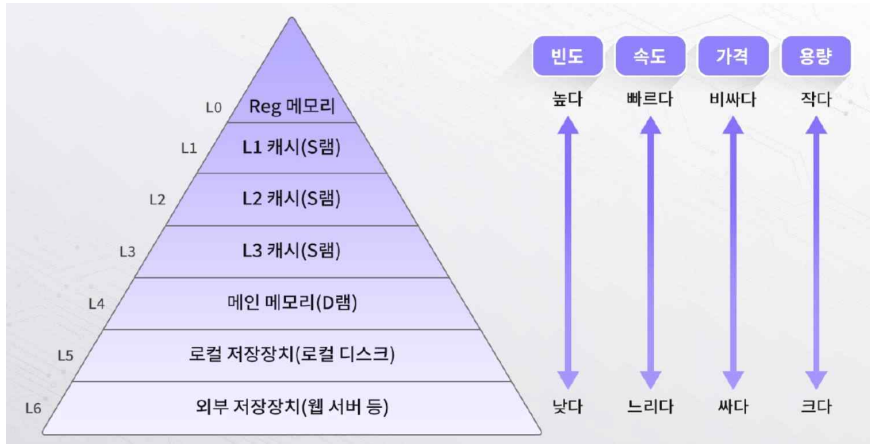
27) 메모리 계층 구조 (Memory Hierarchy) : 컴퓨터 시스템에서 데이터와 명령어를 저장하고 접근하는데 사용되는 여러 종류의 메모리를 일정한 계층 구조로 조직화하여, 데이터 처리 속도와 용량, 비용 등을 최적화하기 위한 구조이다.

28) SRAM (Static Random Access Memory) : 주로 임베디드 메모리로 사용되는 휘발성 메모리이며, 새로그침이 필요없이 일단 데이터가 기록되면 전원이 공급될 때까지 유지된다.

29) DRAM (Dynamic Random Access Memory) : 현대 마이크로프로세서 시스템의 주 메모리로 사용되는 휘발성 메모리이며, 전원이 연결되어 있어도 커패시터의 전하가 천천히 유출되기 때문에 주기적으로 커패시터를 재충전하는 새로그침이 필요하다. 이런 이유로 'Dynamic' RAM이라고 함.

접근 시간을 줄이는데 목적이 있다.

< 그림 4.18. 메모리 계층 구조 >

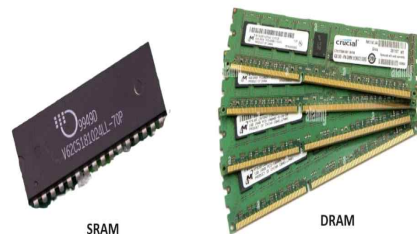


반도체 메모리는 전원을 제거할 때 데이터를 유지하는지 여부에 따라 휘발성과 비휘발성으로 구분한다. 휘발성이란 전원이 제거된 경우 데이터를 보관할 수 없는 메모리 특성을 의미하며, 비휘발성이란 전원을 제거한 경우에도 데이터를 보관 유지할 수 있는 메모리 특성을 의미한다. 일반적으로 RAM(Random Access Memory)은 휘발성 특성을 가진 메모리이며, 읽기 전용으로 사용되는 ROM(Read Only Memory)은 중요한 시스템 데이터를 저장하고 있으며 실행 중에 변경이 되지 않도록 비휘발성 메모리 특성을 가진다. 다음 그림은 메모리의 기본적 특성을 보여준다.

< 그림 4.19. 반도체 메모리 특성 비교 >

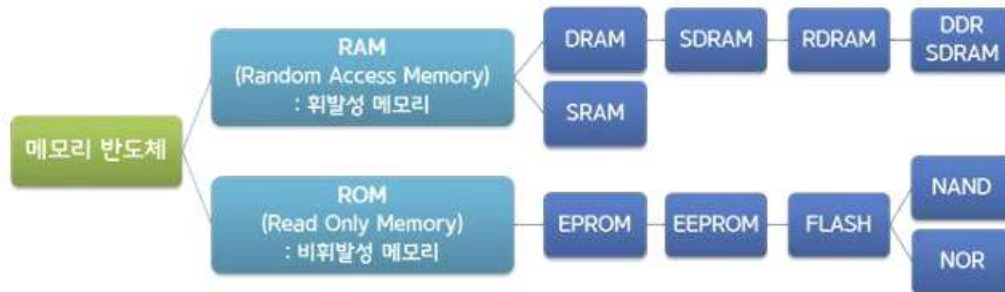
구분	S램	D램	낸드플래시
셀 구성	기본적으로 6트랜지스터	1트랜지스터-1캐퍼시터	1트랜지스터
정보의 휘발성	휘발성	휘발성 (Refresh 필요)	비휘발성
집적도	낮음	높음	매우 높음
가격	높음	낮음	매우 낮음
속도	매우 빠름 2-3ns*	빠름 10-50ns	느림 50-100ns
읽기/쓰기 내구성	좋음	좋음	나쁨

* 나노초(ns): 10억분의 1초



전체적인 반도체 메모리의 종류는 다음과 같다.

< 그림 4.20. 반도체 메모리의 종류 >



참고로, 최근 인공지능(AI) 분야가 급속히 발전하면서 비메모리 반도체 분야의 연산 속도를 개선하기 위한 반도체의 미세화와 구조변화 노력이 글로벌하게 이루어지고 있으며, 모두가 이 분야의 흐름에 주목하고 있다. 앞에서 설명한 메모리 분야(폰 노이만 구조에서 데이터를 저장하는 기능)의 개발은 설계와 생산을 대부분 하나의 기업에서 하지만, 비메모리 분야(폰 노이만 구조에서 CPU에 해당하는 제어와 연산을 하는 기능)의 개발은 설계와 생산을 분리하여 진행되고 있다. 우리가 팹리스³⁰⁾(Fabless)라고 부르는 기업은 비메모리를 설계하고, 파운드리³¹⁾(Foundry)라고 부르는 기업은 비메모리를 제조하는 것이다. 관련 용어로 칩리스³²⁾(Chipless) 기업이 있는데, 반도체 설계를 전문으로 하는 회사로 팹리스와 달리 설계한 반도체를 외주를 통해 생산하지 않고 특정 설계 블록만을 파는 회사이다. 흔히 지적재산권을 판다고 해서 IP(지적재산권)기업이라고도 부른다. 팹리스 기업은 엔비디아, AMD, 퀄컴, LX세미콘 등이 있으며, 파운드리 기업으로는 TSMC, 삼성전자 등이 그리고, 칩리스 기업으로는 ARM, Synopsis 등이 있다. 여기에 미국의 종합 반도체 기업인 인텔사가 파운드리 분야에 뛰어들어 이 분야의 경쟁이 심해지고 있다. 반도체는 4차 산업혁명의 시스템 개발과 개선에 있

30) 팹리스 (Fabless) : 반도체 생산 라인을 의미하는 Fabrication이 없다는 의미로, 생산 라인이 없는 반도체 회사를 의미한다. 반도체 설계만 하는 기업으로 파운드리 외주로 생산한 후 자체 제품을 판매한다.

31) 파운드리 (Foundry) : 원래 의미는 주형에 췌물을 부어 금속·유리 제품을 찍어내는 공장을 의미하나, 반도체 산업에서 외부 업체가 설계한 반도체 제품을 위탁받아 생산·공급하는 공장을 가진 반도체 위탁 생산 회사를 의미한다.

32) 칩리스 (Chipless) : 팹리스처럼 반도체 설계를 전문으로 하는 회사이나, 팹리스와 달리 외주를 통해 자사 제품을 생산하지 않고 특정 설계 블록을 팹리스나 파운드리 등에게 제공하고 지적 재산권에 해당하는 라이선스로와 로열티를 받는 반도체 설계 전문회사를 의미한다. IP(Intellectual Property) 기업이라고 부른다.

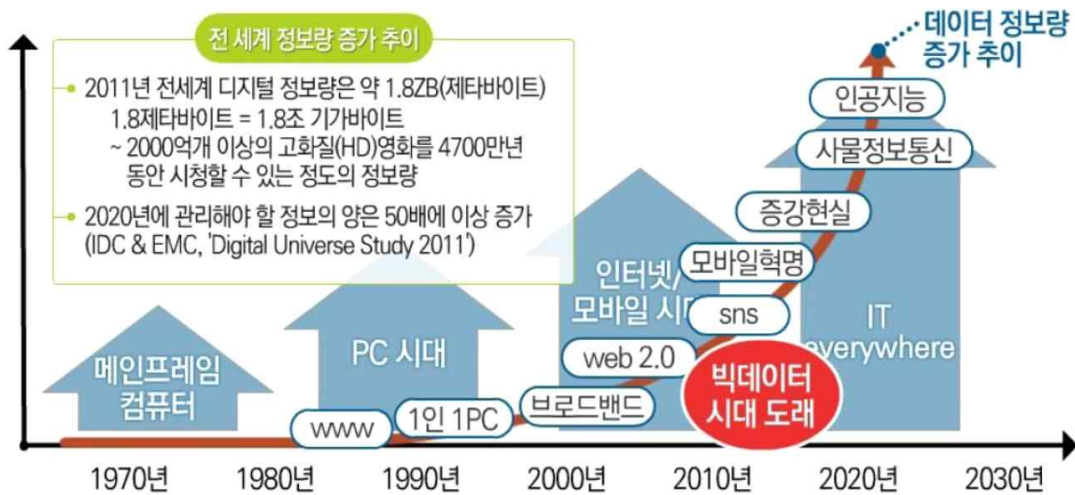
어서 석유와 같은 존재라고 평가되며, 반도체의 성능 개선이 미래의 시스템 발전 속도에 지대한 역할을 할 것이다. 여전히 반도체 공정의 미세화는 지속되고 있으며, 이러한 수요는 인공지능(AI) 기술 등 첨단 기술의 출현으로 인한 것으로 볼 수 있다. 앞에서 살펴본 초고속 정보통신망 인프라와 함께 미래 기술산업의 근간으로 지속적인 역할을 할 것으로 예상된다. 아래 그림을 통해 팹리스, 파운드리, 칩리스 등으로 구분되는 반도체 생태계를 이해할 수 있다.

< 그림 4.21. 반도체 생태계 >



세 번째로 소개할 기술은 빅데이터(Big Data)이다. 글로벌 테크놀로지 부문 시장조사 및 컨설팅 기관인 IDC(International Data Corporation)에 의하면, 빅데이터 기술은 다양한 형태로 구성된 방대한 크기의 데이터로부터 경제적으로 필요한 가치를 추출할 수 있도록 디자인된 차세대 기술로 정의하고 있다. 컴퓨터와 스마트 폰의 보급과 발전하면서 많은 정보가 생산되었고, 이렇게 방대하게 생산된 데이터를 관리, 분석하고 원하는 데이터를 추출하기 위한 노력이 이루어졌다. 특히 스마트 폰의 대중화와 디지털 미디어의 범람으로 인류는 이전보다 급격히 증가한 방대한 데이터의 홍수 속에서 살게 되었다. 이러한 데이터들은 기존의 기술로는 분석하고 처리하기 어려운 게 현실인데, 이렇게 생성된 방대한 양의 데이터를 빅데이터라고 부른다. 또한 이를 관리, 분석하는 능력, 기술 등을 의미하기도 한다. 과거를 포함하여 현재에도 정보가 힘이고 자산이라는 말은 여전히 유효하게 증명되고 있으며, 미래에도 유효할 것이다. 시대를 초월하여 정보를 선점하는 자가 어떤 전쟁에서든 승리할 수 있는 것이다.

< 그림 4.22. 데이터 정보량 증가 추이 >



참고로, 구글 검색엔진에서 하루 평균 35억 건의 검색이 이루어지고, 페이스북에는 하루 평균 20억 건 이상의 게시물이 업로드되고, 트위터에는 하루 평균 5억 건의 트윗이 생성되고 있으며, Youtube에는 하루 평균 500만 건 이상의 영상이 업로드되고 있다고 한다. 이외에도 수많은 SNS를 통해 하루에 생성되는 데이터의 양은 전통적인 데이터의 양과 감히 비교할 수 없을 정도의 차이를 보인다. 2022년 기준, 하루에 생성되는 정보의 양을 약 44조 기가바이트³³⁾(GB, Gigabyte)로 추정하고 있다. SNS와 모바일 혁명의 가속화가 데이터의 급증을 초래하고, 빅데이터의 필요성을 대두시켰음을 확인할 수 있다.

인류는 이러한 빅데이터를 처리하여 새로운 정보를 찾아내는 것이 또 다른 가치를 창출할 수 있다고 판단하였다. 그리고 이것은 이미 각 산업 분야에서 소비자의 성향을 파악하거나, 인터넷에서의 정치인의 관심 정도를 파악하여 선거를 예측하거나, Youtube 시청자의 성향을 파악하여 다음 콘텐츠를 제공하는 등의 역할을 하고 있다. 빅데이터는 데이터를 분석하여 미래의 불확실성을 줄이고, 미래 변화를 예측하며, 새로운 가치를 창출하기 위한 4차 산업혁명의 도구 중 하나이다. 이 기술은 이미 의료, 금융, 교통, 마케팅, 통신 등 다양한 산업 분야에서 적극적으로 활용하고 있다.

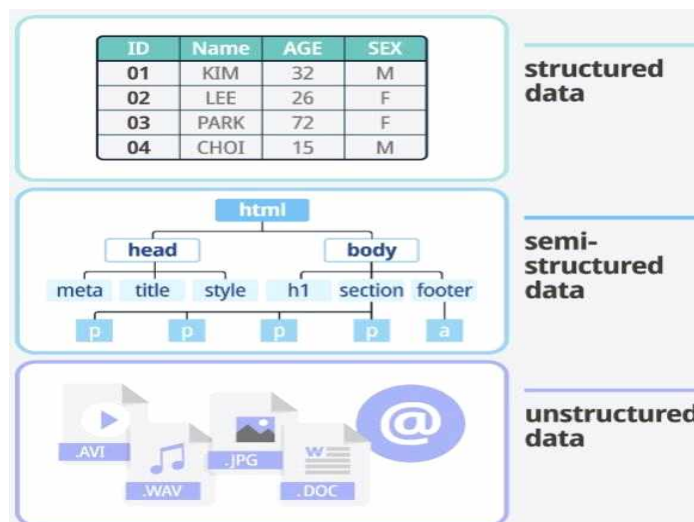
33) 기가바이트(GB, Gigabyte) : 디지털 정보의 기본단위인 바이트(보통 문자나 숫자 1개를 저장)는 8개의 비트(Bit, 신호를 나타내는 최소 단위, 0과 1 두 가지 값만 가질 수 있는 측정 단위)로 구성된 데이터의 양을 나타내는 단위인데, 이 바이트가 기가(Giga, 10⁹ bytes)의 양만큼 있는 것을 의미한다.

< 표 4.2. 전통적 데이터와 빅데이터 비교 >

구분	전통적 데이터	빅데이터
양	기가바이트(GB)	테라바이트(TB), 페타바이트(PB)
생산 주기(속도)	시간, 일	실시간
구조	구조적	반구조 및 비정형
데이터 원천	중앙집중	분산
데이터 통합	쉬움	어려움
데이터 저장	RDBMS ³⁾	HDFS ⁴⁾ , NoSQL ⁵⁾

빅데이터의 유형은 기업의 관계형 데이터베이스(RDBS)로 대변되는 정형 데이터(Structured Data)와 메타데이터나 XML, HTML 등으로 대변되는 반정형 데이터(Semi-Structured Data) 그리고 Youtube, Facebook 등에서 생성되는 영상, 이미지, 텍스트 콘텐츠 등으로 대변되는 비정형 데이터로 구성된다. 비정형 데이터란 별도의 형식 없이 나열되어 조합 가능한 데이터를 의미하며, 전세계 전체 데이터의 90%가 비정형 데이터로 알려져 있다. 또한 빅데이터의 특징으로 규모(Volume), 다양성(Variety), 속도(Velocity), 가치(Value), 정확성(Veracity) 등을 언급할 수 있다. 간단히 설명하면 기술 발전으로 인한 디지털 정보량이 급증, 음성이나 영상 등 비정형 데이터의 종류의 증가, 실시간 정보의 증가, 분석을 통한 통찰력을 제공하는 가치로써의 역할 그리고 방대한 데이터를 분석함으로써 높아지는 정확도 등을 특징으로 가지고 있다는 의미이다.

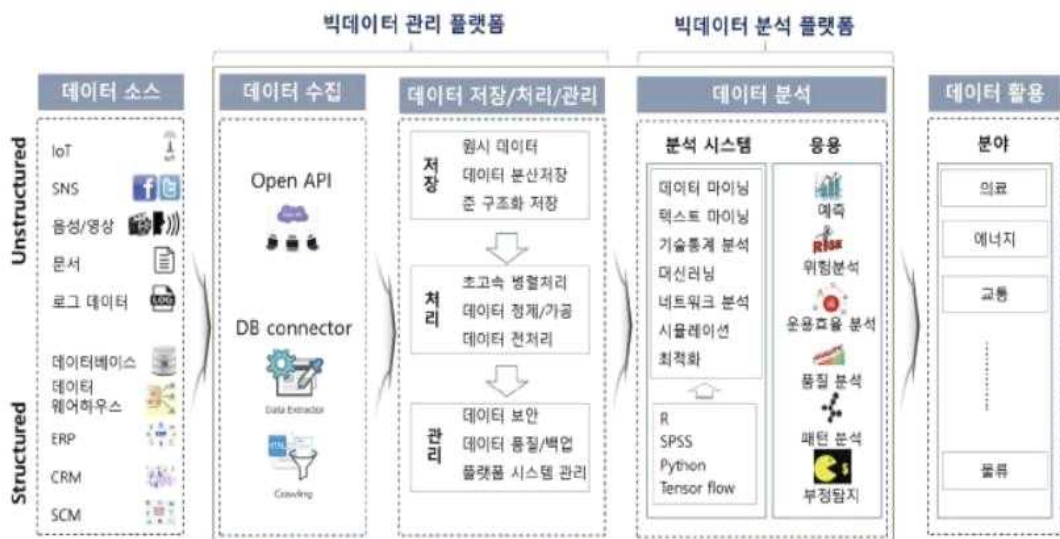
< 그림 4.23. 빅데이터 유형 >



앞에서 살펴본 바와 같이 빅데이터는 분석, 처리할 데이터의 양이 방대하고 비정형 데이터의 비율이 높아 이를 실시간으로 분석 및 처리하는 복잡도가 높다고 할 수 있다. 이러한 비정형 데이터의 분석 기술로는 대규모 문서에서 의미 있는 정보를 추출하는 텍스트 마이닝(Text Mining)과 어떤 사안이나 인물, 이슈, 이벤트에 대한 사람들의 의견이나 평가, 태도, 감정 등을 분석하는 오피니언 마이닝(Opinion Mining)이 있다. 참고로 버락 오바마 전 미국 대통령은 텍스트 마이닝을 활용하여 재선에 성공한 것으로 알려져 있다. 이러한 기술을 상용화시킨 아파치 하둡(Hadoop)은 대량의 자료를 처리할 수 있는 큰 컴퓨터 클러스터에서 동작하는 분산 응용 프로그램을 지원하는 프리웨어 소프트웨어로 빅데이터 분석을 위해 사실상 표준으로 사용되는 프레임워크(Framework)이다.

빅데이터 플랫폼은 데이터의 수집, 저장, 처리, 관리, 분석을 통해 새로운 통찰력과 가치를 창출하기 위한 데이터 처리 환경을 의미한다. 플랫폼은 구조적으로 데이터를 수집, 저장, 처리, 관리하는 관리 플랫폼과 데이터를 분석하는 분석 플랫폼으로 구분할 수 있다.

< 그림 4.24. 빅데이터 플랫폼 >

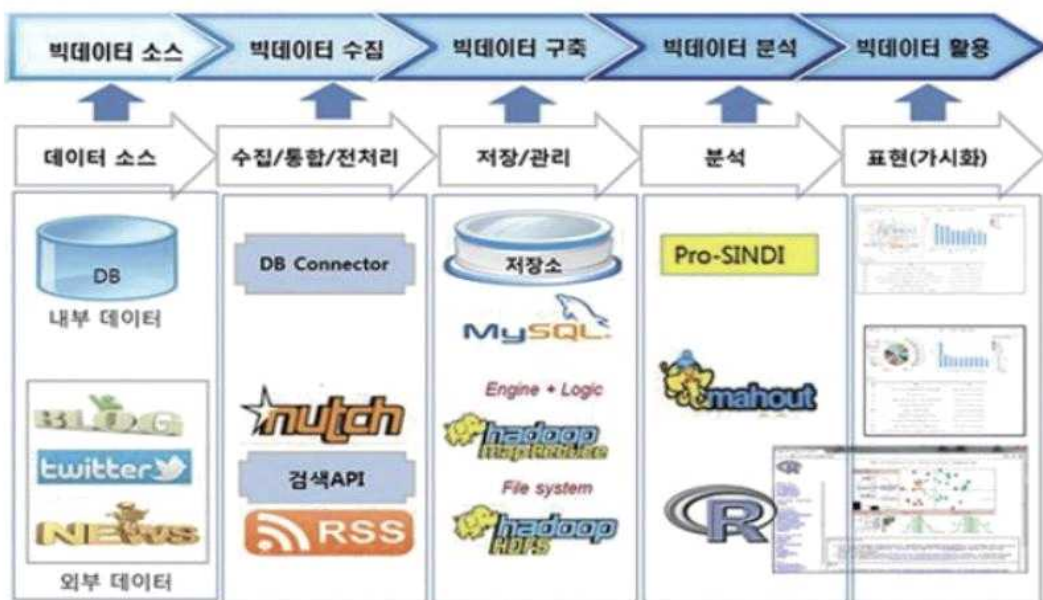


빅데이터 플랫폼 기업들은 실시간 대용량 데이터 처리, 다양한 파일 시스템 접근성 강화, 클라우드와 오픈 소스 기반의 빅데이터 솔루션 연계 등을

통해 빅데이터 기반 기업 생태계 형성 및 산업 성장에 자원과 역량을 집중하고 있다. 빅데이터 플랫폼 기업은 하둡을 기반으로 데이터 수집과 분산 및 병렬처리를 핵심으로 하는 관리 분야 플랫폼 기업과 텍스트 마이닝, AI 알고리즘 분석 도구를 활용한 솔루션을 제공하는 분석 분야 플랫폼 기업으로 나누어져 있다.

빅데이터 플랫폼의 수집, 저장, 처리, 관리 및 분석 기술을 살펴보자. 우선, 수집 기술로는 크롤링(Crawling), Open API, Streaming, RDB Aggregator, ETL(Extraction, Transformation, Loading), IoT 센싱 등이 있으며, 저장 기술로는 분산 파일 시스템(Distributed File System), 병렬 DBMS(DataBase Management System), 네트워크 구성 저장 시스템 등이 있다. 다음으로 처리와 관리 기술로는 빅데이터 분산 병렬 및 실시간 데이터 처리를 위해 구글(Google)의 맵 리듀스(Map Reduce), 하둡(Hadoop)의 맵 리듀스, 마이크로소프트(MS)의 Dryad 등이 있다. 마지막으로 분석 기술에는 데이터·텍스트 마이닝, 머신러닝, 네트워크 분석, 군집화, 최적화, 감성 분석 등이 있으며 분석 툴로는 R, SPSS, Python, Tensor Flow 등이 있다. 아래 그림을 참고하여 빅데이터 처리 단계별 시스템을 개괄적으로 이해할 수 있을 것이다.

< 그림 4.25. 빅데이터 처리 개념도 >



네 번째로 소개할 기술은 클라우드(Cloud)이다. 클라우드 서비스는 사용자에게 인터넷 등을 활용하여 ICT자원(컴퓨터, 저장공간, 네트워크 등)을 제공하는 서비스로 가상화³⁴⁾(Virtualization)를 기반으로 한다. 클라우드는 인공지능(AI)과 빅데이터를 적용하고 확산할 수 있는 미래 사회의 기본 인프라이다. 전세계 데이터 규모는 연평균 61%씩 성장하고 있으며, 2025년에는 175 제타바이트³⁵⁾(Zettabyte, ZB)가 될 것으로 전망하고 있다고 하는데, 빅데이터 분석을 통한 데이터의 가치를 창출하는 과정에서 클라우드 기술은 핵심적인 역할을 담당할 것으로 예측된다. 클라우드 서비스는 데이터센터의 구축유형에 따라 공용(Public), 사설(Private), 하이브리드(Hybrid), 멀티(Multi) 클라우드로 구분하며, 서비스 제공범위에 따라 IaaS(Infrastructure as a Service), PaaS(Platform as a Service), SaaS(Software as a Service)로 구분한다.

< 표 4.3. 클라우드 구축유형에 따른 구분 >

구분	내용
공용 클라우드 (Public Cloud)	전담 사업자가 하드웨어, 소프트웨어, 기타 IT 자원을 소유하고 서비스를 제공하는 것으로 AWS, MS가 대표 기업
사설 클라우드 (Private Cloud)	개별 기업이 자체 데이터센터 내에 클라우드 환경을 구축
하이브리드 클라우드 (Hybrid Cloud)	공용과 사설 클라우드를 결합한 형태로 기업의 핵심 시스템은 내부에 두고 외부 클라우드를 활용
멀티 클라우드 (Multi Cloud)	두 개 이상의 공급기업이 제공하는 클라우드 서비스를 동시 활용

< 표 4.4. 클라우드 서비스 제공범위에 따른 구분 >

구분	내용
IaaS (Infrastructure as a Service)	메모리, 중앙처리장치(CPU) 등 하드웨어 자원을 제공
PaaS (Platform as a Service)	운영체제와 소프트웨어 개발 도구, 데이터 분석 도구까지 제공
SaaS (Software as a Service)	하드웨어와 운영체제 뿐만 아니라 응용프로그램까지 제공

34) 가상화 (Virtualization) : 가상화는 서버, 스토리지, 네트워크 및 기타 물리적 시스템에 대한 가상 표현을 생성하는 데 사용할 수 있는 기술로써, 인프라를 효율적으로 관리, 유지 및 사용할 수 있다.

35) 제타바이트 (Zettabyte, ZB) : 10^{21} Bytes 크기의 데이터 자료를 의미한다.

아마존의 AWS(Amazon Web Service), 마이크로소프트의 Azure, 구글의 GCP(Google Cloud Platform) 등이 대표적 IaaS(Infrastructure as a Service)에 속하고, 통상적으로 IaaS(Infrastructure as a Service) 사업자가 PaaS(Platform as a Service)를 함께 제공하는 경우가 많다. 대부분 일반 소비자가 사용하는 G메일, 오피스365 등은 대표적인 SaaS(Software as a Service)에 속한다. 한편 클라우드는 수요자의 요구에 맞춰 진화하면서, 각 기업의 요구에 맞춰 맞춤형 클라우드 서비스라는 형태로 변화하고 있다. 클라우드 시장은 2021년 기준 약 44.4%로 Public SaaS 규모가 가장 크고, 2020~2025년 연평균 성장률 전망치는 Public PaaS(29.7%)와 Public IaaS(27.9%)가 높다. 최근에는 인공지능 솔루션(AI+aaS)와 가상 데스크톱(Desktop+aaS) 등 다양한 서비스가 클라우드를 통해 활용 가능한 형태로 제공되면서 XaaS(Anything as a Service)라는 개념이 등장했다.

클라우드 서비스 제공범위에 따른 구분을 이해하기 위해 아래 그림을 제시한다. 클라우드 서비스별 다양한 컴퓨팅 자원들에 대한 사용자 관리와 제공자 관리의 범위를 보여주고 있다.

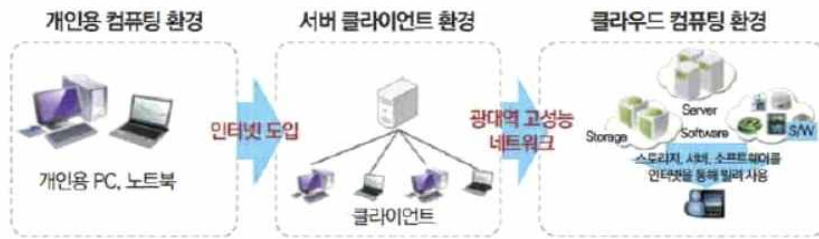
< 그림 4.26. 클라우드 컴퓨팅 서비스 모델에 따른 분류 >

기존 인터페이스	IaaS	PaaS	SaaS
애플리케이션	애플리케이션	애플리케이션	애플리케이션
데이터	데이터	데이터	데이터
런타임	런타임	런타임	런타임
미들웨어	미들웨어	미들웨어	미들웨어
OS	OS	OS	OS
가상화	가상화	가상화	가상화
서버	서버	서버	서버
스토리지	스토리지	스토리지	스토리지
네트워킹	네트워킹	네트워킹	네트워킹

범위:	사용자관리	제공자관리
-----	-------	-------

클라우드 서비스는 사용자와 물리적으로 떨어져 있는 ICT자원을 인터넷 망을 통하여 빌려 사용하고 비용을 지불하는 온라인 서비스이다. 클라우드 기술의 확산으로 인해 ICT 환경이 크게 변화해 가고 있다.

< 그림 4.27. 클라우드 컴퓨팅 환경으로의 변화 >



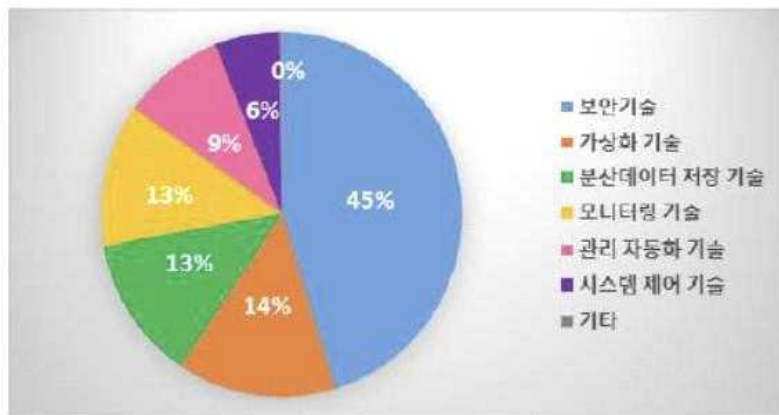
구분	개인용 컴퓨팅	서버-클라이언트	클라우드 컴퓨팅
데이터 위치 및 컴퓨팅 주체	<ul style="list-style-type: none"> 개인용 PC 노트북 	<ul style="list-style-type: none"> 서버/클라이언트 	<ul style="list-style-type: none"> 클라우드 서버 (온라인)
자원 구매/폐기	<ul style="list-style-type: none"> 이용자 	<ul style="list-style-type: none"> 이용자 	<ul style="list-style-type: none"> 서비스 제공자
사용자 컴퓨터 설치 SW	<ul style="list-style-type: none"> 소유와 관리가 동일 	<ul style="list-style-type: none"> 소유와 관리가 일부 분리 	<ul style="list-style-type: none"> 소유와 관리 분리
제공 서비스	<ul style="list-style-type: none"> 오프라인 컴퓨팅 서비스 	<ul style="list-style-type: none"> 기본 인터넷 서비스 (웹, FTP, 이메일 등) 응용인터넷 서비스 (웹하드, SBC, ASP 등) IT 융합 서비스 (VoIP, IPTV 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 가상 서버/데스크탑 서비스 스토리지 제공 서비스 SW임대 서비스 등

클라우드가 도입된 결과, 대규모 데이터센터가 구축됨과 동시에 가상화 기술로 ICT 자원을 효율적으로 활용 가능해졌으며 이에 따라 사용자는 서버 유지, 관리 등 ICT 인프라 비용을 최소화할 수 있게 되었다. 또한 언제 어디서나 클라우드에 접근하여 즉시 ICT 자원을 사용할 수 있게 되었으며, 필요에 따라 ICT 자원을 용이하게 조정하여 안정적으로 서비스를 활용할 수 있는 특징을 가지게 되었다. 단점으로는 데이터센터가 외부에 있으므로 자료 유출 등 보안 우려가 존재한다.

클라우드 서비스의 핵심기술은 앞에서 설명한 가상화(Virtualization) 이며, 이 외에도 분산 컴퓨팅 기술, 보안기술, 클라우드 관리 기술이 있다. 분산 컴퓨팅 기술은 여러 곳에 분산 되어 있는 ICT 자원들을 활용하여, 복잡한 계산을 수행하거나 대용량 데이터를 저장하고 처리할 수 있는 기술이고,

보안기술은 방화벽, 침입 방지 기술, 접근권한 관리 기술 등을 관리 기술은 실시간 자원 제공 및 관리 기술, 사용량 측정, 과금 등에 관한 기술이다. 향후 클라우드의 지속적인 발전을 위해 필요한 기술은 보안 기술, 가상화 기술, 분산 데이터 저장 기술, 모니터링 기술, 관리 자동화 기술, 시스템 제어 기술 등이 있다.

< 그림 4.28. 클라우드 발전을 위해 필요한 기술 >



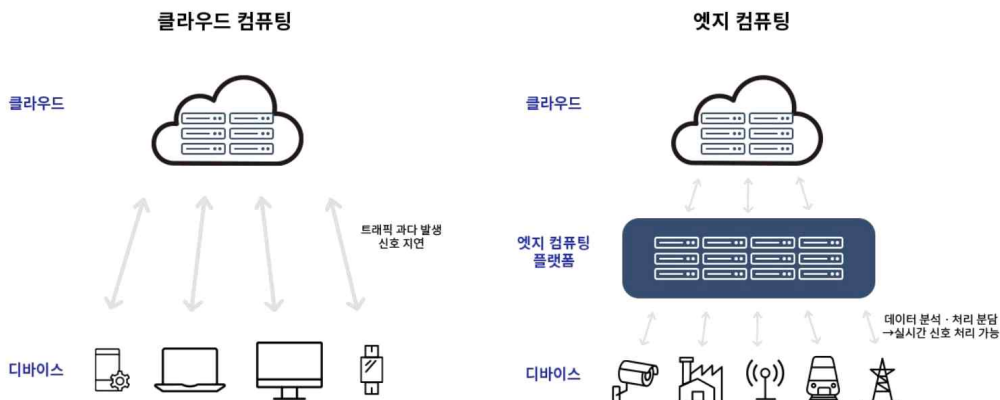
글로벌 클라우드 컴퓨팅 환경은 하이브리드, 멀티 클라우드가 대규모 조직의 ICT 아키텍처가 될 전망이다. 앞에서 설명한 바와 같이 하이브리드 클라우드(Hybrid Cloud)는 자체 인프라인 온 프레미스³⁶⁾(On-Premises) 뿐만 아니라, 클라우드를 혼합하여 사용하는 환경이고, 멀티 클라우드(Multi Cloud)는 여러 클라우드 서비스를 혼합하여 사용하는 환경을 의미한다. 여기서 온 프레미스(On-Premises)란 기업의 서버를 클라우드 같은 원격 환경에서 운영하는 방식이 아니라, 자체 보유한 전산실 서버에 운영하는 방식을 의미하며, 클라우드 컴퓨팅 기술이 나오기 전까지는 ICT 인프라를 구축하는 보편적인 방법이었다. 장점은 비즈니스 정보를 보안성 높게 관리 가능하다는 것이며, 단점은 서버실에 시스템을 구축하는데 많은 시간과 비용이 소요된다는 점이다. 이러한 장단점을 고려하여 보안성 높은 데이터는 온 프레미스 환경에서 운영하고, 보안성 낮은 데이터는 클라우드 환경에서 운영하는 하이브리드 클라우드가 출현한 것이다. 현재 추세로는 2024년까지 글로벌 기업의 약 90%가 멀티 또는 하이브리드 클라우드를 채택할 것으로 전

36) 온 프레미스 (On-Premises) : 기업이 자체적으로 ICT 인프라를 소유, 관리 및 운영하는 경우를 의미한다.

망하고 있다. 또한 데이터센터를 무한히 확장하는 것은 현실적으로 한계가 있기 때문에 클라우드 간의 융합 형태인 인터클라우드(Intercloud)가 출현할 것으로 예측하고 있다. 이러한 추세는 전문적으로 클라우드 서비스를 관리하는 매니지드 클라우드(Managed Cloud) 서비스의 유행을 이끌 것이며, 고객 환경에 보다 적합한 형태의 서비스를 제공하는 기업이 시장을 주도할 것이다.

엣지 컴퓨팅(Edge Computing)이란 클라우드 컴퓨팅과 반대되는 개념으로, 인터넷이 아닌 로컬장치(스마트폰, 태블릿, IoT장치 등)에서 데이터를 처리하는 기술이다. 즉 데이터 처리를 데이터가 생성되는 지점 또는 엣지³⁷⁾(Edge)에서 수행하는 방식이다. 이 기술의 핵심은 클라우드 기술과 비교하여 지연시간을 최소화하고 네트워크 대역폭 사용을 줄여 데이터 처리의 효율성을 높인다는 점이다. 이는 데이터를 물리적으로 멀리 떨어진 클라우드에서 처리하는 것보다 로컬장치에서 처리하는 것이 더 효율적이기 때문이다. 특히 최근 스마트 홈 기기, 자율주행차량 등의 실시간 대용량 데이터를 신속하게 처리해야 하는 필요성이 증가하면서 출현한 기술이다. 엣지 컴퓨팅은 사물인터넷(IoT) 기술 발전과 함께 관심이 증대되고 있으며, 이를 기반으로 스마트 홈, 스마트 도시, 자율주행자동차 등과 연계한 연쇄적인 기술 발전이 예상된다. 또한 엣지 컴퓨팅은 클라우드 컴퓨팅의 단점이었던 비즈니스 데이터의 보안성 문제를 해결하여 데이터 보안과 프라이버시에 긍정적인 기술로 각광 받고 있다.

< 그림 4.29. 클라우드 컴퓨팅과 엣지 컴퓨팅 >



37) 엣지 (Edge) : 네트워크의 가장자리에 위치한 로컬장치를 의미한다.

클라우드 컴퓨팅은 사물인터넷(IoT), 인공지능, 빅데이터 등 새로운 ICT 기술을 실현하는 4차 산업혁명의 핵심 인프라이다. 4차 산업혁명 기술들이 현실에 적용되고 유효한 결실을 맺기 위해서 ICT 인프라 필수적으로 전제되어야 한다. 초고속 정보통신망과 반도체 칩 그리고 클라우드 컴퓨팅이 이러한 ICT 인프라에 해당한다고 볼 수 있다. 클라우드는 기업의 경쟁력을 높일 수 있는 디지털 시대 핵심기술 중 하나로써, 전 산업 분야에서 각자 수요에 맞게 보유해야 할 필수요소로 보고 있다.

다섯 번째로 소개할 기술은 사물인터넷(IoT, Internet of Things)이다. 사물인터넷(IoT)이라는 용어는 MIT(메사추세츠 공과대학)의 Auto-ID Center 공동 설립자인 케빈 애쉬튼(Kevin Ashton)이 유비쿼터스 센서를 활용하여 인터넷이 물리적 세계에 연결되는 시스템을 설명하면서 처음 사용하였다. 당시 RFID를 모든 물건에 부착해 서로 소통할 수 있는 방안을 구상하였는데, 이 연구가 사물인터넷의 시작이었다고 한다. 사물인터넷(IoT)은 인터넷을 통해 데이터를 다른 기기 및 시스템과 연결 및 교환할 목적으로 센서, 소프트웨어, 기타 기술을 내장한 사물들끼리의 네트워크를 의미한다. 사물이란 넓은 의미로 사람을 포함한 연결할 수 있는 모든 것으로 볼 수 있다. 이러한 사물은 가정용 기기와 산업용 장비 등을 포함하여 급증하고 있으며, 그 수가 2025년에 약 220억개에 이를 것으로 예상하고 있다.

사물인터넷의 개념과 시스템 생태계를 이해하기 쉽게 그린 그림을 소개한다.

< 그림 4.30. 사물인터넷 개념 및 시스템 생태계 >



2020년 IITP(정보통신기획평가원) 발표에 따르면, 사물인터넷(IoT)은 아래 표처럼 3단계로 진화하고 있으며, 관련 기술도 플랫폼, 디바이스, 서비스, 네트워킹으로 구분하여 발전하고 있다.

< 표 4.5. 사물인터넷 기술의 발전단계 및 특징 >

기술	내용
1 단계 (연결형)	- 사물이 인터넷에 연결돼 주변 환경을 센싱하고 그 결과를 전송할 수 있으며, 모니터링 정보를 통해 원격에서 사물을 제어 - '센싱-수집-관리(분석)'를 목적으로 구축된 사물의 연결 및 관리 기술
2 단계 (지능형)	- 사물이 센싱 후 전송한 데이터를 클라우드에서 지능적으로 '분석-진단-의사결정' 수행 - 1단계 기술에 지능이 추가되어, '센싱-수집-분석-진단-예측'이 가능한 기술
3 단계 (자율형)	- 사물이 지능을 가지고 자율적으로 상호 소통 및 협업해 인간의 최소 개입만으로 임무 수행 - 2단계 기술에 클라우드에서 수행하던 '분석-진단-예측'을 디바이스에서 수행 가능한 기술

< 그림 4.31. 사물인터넷 기술 변화도 >



사물인터넷(IoT)의 아버지라 불리는 케빈 애쉬튼은 과거 한 인터뷰에서 사물인터넷은 현재 상용화되고 있다고 언급했다. 우리가 GPS를 사용해서 길을 찾을 때마다 사물인터넷을 사용하고 있다는 것이다. GPS센서들은 인터넷에 연결되어 실시간으로 실제 상황정보를 제공하고 있는데, 여기에 사물인터넷 개념이 이미 적용되고 있다는 것이다. 인류는 사물인터넷 기술을 통해 편리성과 효율성을 극대화하고 있다는 것이다. 또한 향후 자율주행 차량 기술에 엄청난 변화를 가져다줄 것으로 예측하고 있다. 일반 자동차

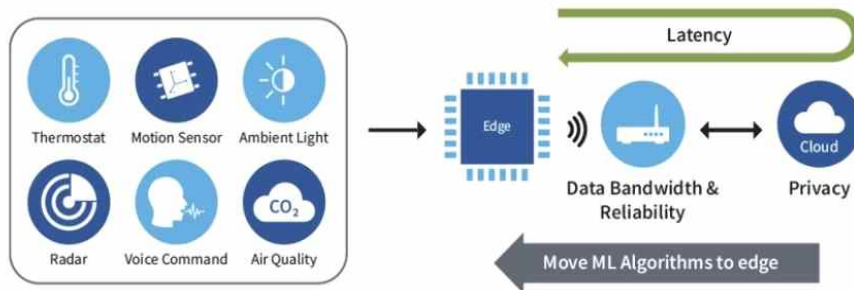
뿐만 아니라 운송, 농업, 건설 분야를 포함하여 모든 업종에서 활용될 것으로 보고 있으며, 이렇게 모든 자율주행차량에 연결된 센서에 의해 사물인터넷 기술이 작동될 것으로 전망하고 있다. 이러한 기술은 인류에게 보다 안전하고 효율적인 교통수단을 제공하면서, 미래 사회의 모습을 획기적으로 변화시킬 것이다.

앞에서 케빈 애쉬튼이 언급한 것 이외에도 사물인터넷의 혜택은 다양한 산업에서 감지되고 있다. 미국 캘리포니아주 LA시 당국은 가로등의 LED램프를 무선으로 네트워크 통제센터에 연결하여 안전성을 높여 유지보수 비용을 절감하였고, 뉴욕의 한 부동산 회사는 사물인터넷 기술을 활용한 스마트 빌딩 기술을 도입해 사무실 건물 운영비를 상당히 절감하고 있다고 한다. 이외에도 사물인터넷 중 많은 비율을 차지하고 있는 스마트 홈 기기는 다양한 가전기기, 가정설비 등에 적용되어 자동화 및 효율화를 극대화하고, 이를 통해 비용 절감과 사용자의 편리성을 제고시켜 줄 것으로 기대된다. 헬스케어 분야에서는 운동과 연계하여 신체 건강 관련 정보를 측정하고 제공함으로써, 개인의 건강 능력을 높이고 국민의 평균 건강 수준 제고와 의료비 절감이라는 긍정적인 변화를 이끌고 있다.

최근 인공지능(Artificial Intelligence) 기술이 발전하면서 인공지능(AI)과 사물인터넷(IoT)이 융합된 다양한 산업이 생겨났으며, 이를 지능형 사물인터넷 또는 AIoT(Artificial Intelligence of Things)라고 부른다. 이 새로운 패러다임은 미래 사회를 더욱 빠르게 변모시킬 것으로 예상된다. 지능형 사물인터넷(AIoT)이란, 어떤 목적을 달성하거나 문제를 해결하기 위해 인공지능을 개발하여 물리적 사물, 디지털 사물 그리고 생물학적 존재에 탑재 또는 융합하고 활용하는데 필요한 기술과 역량 그리고 산업의 총체라고 정의하고 있다. 지능형 사물인터넷은 초연결성(Hyper Connectivity), 초지능성(Super Intelligence), 초융합성(Hyper Convergence)이라는 특징을 가진다. 엄밀히 말하면 사물인터넷은 단순히 사물이 인터넷으로 연결되어 정보를 주고받는 정도의 수준에서 인공지능(AI)과 융합하여 인간의 요구를 궁극적으로 달성하는 기술로 진화하고 있다. 이러한 기술의 융합은 또 다른 기술인 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing) 기술과 엣지 컴퓨팅(Edge

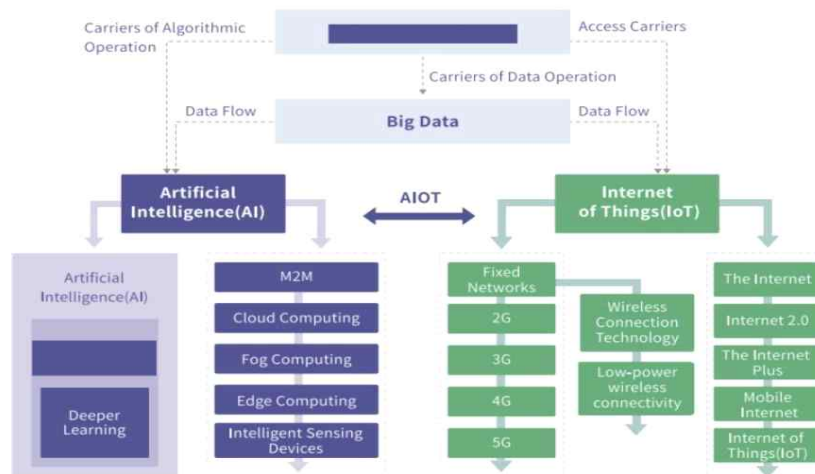
Computing)과 결합하여 한 단계 더 진화하게 될 것이며, 이러한 진화를 단계를 거듭하며 인류의 꿈을 이루어 나가리라고 생각한다. 결국 4차 산업혁명 시대 기술은 상호간 유기적인 융합을 지속함으로써 보다 고차원적인 기술의 진보를 완성하는 것처럼 이러한 기술들의 혁신과 융합이 인류 사회의 혁신적인 변화를 이끌어 갈 것임은 자명하다. 아래 그림은 앞에서 설명한 기술들의 융합을 통해 4차 산업혁명 핵심기술 중 하나인 지능형 사물인터넷(AIoT)의 개념도를 설명한다.

< 그림 4.32. 지능형 사물인터넷(AIoT) 데이터 처리 과정 >



위 그림은 사물인터넷(IoT)에서 인터넷에 연결된 각종 디바이스들이 생성한 데이터를 클라우드로 보낼 때, 이 과정에서 발생하는 전송 지연, 프라이버시(Privacy), 시스템 장애 등의 이슈를 해결하기 위해 엣지(스마트폰, 태블릿, IoT장치 등)라는 네트워크 가장 자리에 위치한 로컬장치에 인공지능 기능을 추가하여 데이터를 효율적으로 처리할 수 있음을 나타내고 있다.

< 그림 4.33. 지능형 사물인터넷(AIoT) 기술 아키텍처 >



사물인터넷(IoT)은 인터넷 연결을 통해 초연결성을 지향하기 때문에 보안에 취약할 수 있다. 이러한 위협에는 디바이스 공격 및 프라이버시 유출 등 사용자를 대상으로 이루어질 가능성이 가장 높다. 이러한 위협 발생의 원인으로는 사물인터넷 기기와 소프트웨어, 운영체제(OS, Operating System) 등의 낮은 버전 사용과 소프트웨어 보안 패치 미적용, 저사양 기기 사용 등이 있다. 인터넷이라는 네트워크에 연결되는 특성을 가지기 때문에 다양한 IoT 기기에서 생성, 수집되는 개인이나 기업의 정보, 사생활이 유출될 위협은 상시 존재할 수 밖에 없다. 시스템 측면에서의 보안 패치와 사용자 측면에서의 보안 준수를 병행하여 의도치 않은 유출을 차단할 필요가 있다.

< 표 4.6. 사물인터넷(IoT) 보안 위협 >

ICT 기술명	보안위협		
	대분류	중분류	세분류
IoT	공급자	시스템	- 접근권한 탈취(인증, 권한 등) - DoS·DDoS - IoT 디바이스 시스템(펌웨어, OS, API) 취약점 - 펌웨어, 보안패치 업데이트 취약점 등
		기기·인프라	- 보안패치 미적용에 따른 보안위협 - 저사양 기기, 낮은 버전의 운영체제 또는 S/W 사용 등에 따른 보안 취약점 - 물리적 보안 취약점 - 기기·인프라 내 관리자·사용자 인증키 노출 위협 등
		데이터	- 개인정보 유출, 데이터 위·변조 등
		네트워크	- 송·수신 과정에서 데이터 유출 및 변조, 탈취 - 네트워크 및 통신프로토콜의 취약성에 따른 보안 위협 등
	이용자	서비스 이용 보안이슈	- 개인 디바이스 공격 - 프라이버시 유출 등

여섯 번째로 소개할 기술은 인공지능(AI, Artificial Intelligence)이다. 인공지능은 인간의 인지, 학습, 이해, 추론 등과 같이 인간의 고차원적인 정보 처리 능력을 구현하기 위한 ICT 기술이며, 모든 것이 연결되고 지능적인 사회로 진화하는 4차 산업혁명 사회의 핵심기술이다. 인공지능 기술은 머신러닝 처럼 지식을 확보하는 알고리즘을 연구하는 학습지능과 언어, 시각, 청각 등 한 종류의 입력을 가지고 지식을 확보하는 단일지능, 그리고 여러 형태의 입력을 통합하여 이해 판단하는 복합지능으로 구분할 수 있다. 인공지능

산업을 활성화하기 위해서는 대량의 학습 데이터를 확보하고, 관련 스타트업 기업들을 지원하여, 지속 성장 가능한 인공지능 산업 생태계를 구축하여야 한다. 앞에서 언급했듯이 혁신 기술들은 상호 융합하고 결합하여 새로운 기술을 창조하는 순환을 거듭하고 있다. 인류는 과거 인간이 하던 단순 반복적인 작업에서부터 이제는 추론하고 판단하는 것까지 기계가 대신할 수 있도록 인공지능 기술을 발전시키고 있다. 인간은 연역적 사고와 귀납적 사고 기능을 가지고 있지만, 기계에게 연역적 사고를 학습시킨다는 것은 거의 불가능에 가깝다. 그래서 기계가 머신러닝, 딥러닝 등 다양한 학습과 알고리즘을 통해 경험에 근거한 귀납적 사고를 하도록 만들고 있다.

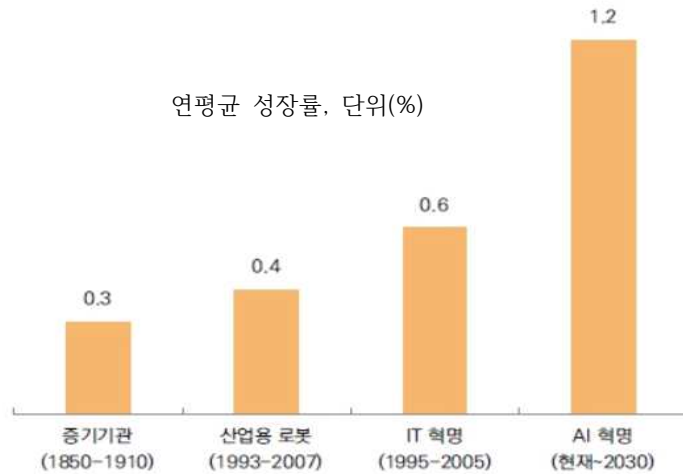
< 표 4.7. 인공지능(AI) 기술 분류 체계 >

중분류	소분류	세분류	요소기술
인공지능	학습지능	머신러닝	베이지안 학습, 인공신경망, 딥러닝, 강화학습, 앙상블 러닝, 판단근거 설명
		추론/지식표현	추론, 지식표현 및 온톨로지, 지식처리
	단일지능	언어지능	언어분석, 의미이해, 대화 이해 및 생성, 자동 통역·번역, 질의응답(Q/A), 텍스트 요약·생성
		시각지능	영상 처리 및 패턴 인식, 객체 인식, 객체 탐지, 행동 이해, 장소/장면 이해, 비디오 분석 및 예측, 시공간 영상 이해, 비디오 요약
		청각지능	음성분석, 음성인식, 화자인식/적용, 음성합성, 오디오 색인 및 검색, 잡음처리 및 음원분리, 음향인식
	복합지능	행동/소셜지능	공간 지능, 운동 지능, 소셜 지능, 협업 지능
		상황/감정이해	감정 이해, 사용자 의도 이해, 뇌신호인지, 센서 데이터 이해, 오감 인지, 다중 상황 판단
		지능형 에이전트	에이전트 플랫폼, 에이전트 기술, 게임 지능, 모방창작 지능
		범용 인공지능	상식 학습, 범용 문제해결, 평생 학습, 도덕-윤리-법 지능

인류의 산업혁명 여정은 계속되고 있다. 과거의 산업혁명이 그러했듯이 새로운 요구나 위기 극복의 해결책은 기술의 혁신이었고, 기술의 혁신은 사회의 대변혁을 이끌었다. 이러한 기술의 혁신은 생산성의 향상을 이끌고, 산업은 거대해지고 발전한다. 이로 인해 다양한 직업이 생겨나거나 없어지는 변화도 동반한다. 사회가 기술의 혁신을 통해 끊임없이 변화하고 진화하는 것이다. 아래 그림에서 알 수 있듯이 인공지능(AI) 혁명이 만들어 낼 생산성 향상 효과는 과거의 증기기관, 산업용 로봇, IT 혁명으로 인한 것보다 훨씬

썬 클 것으로 예상된다.

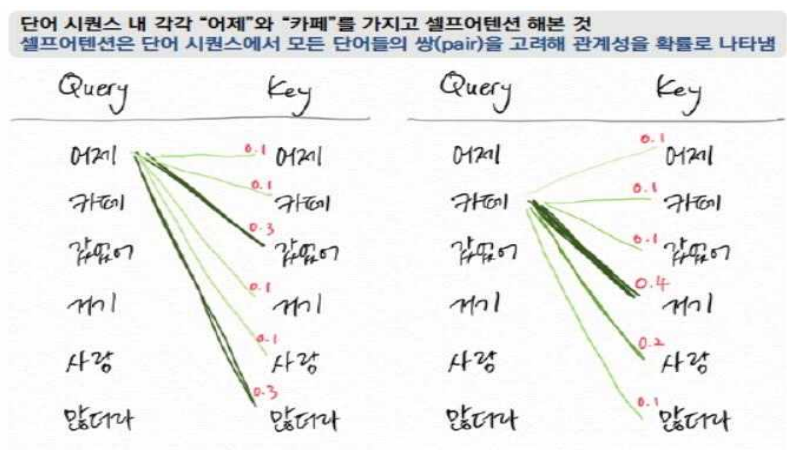
< 그림 4.34. 기술혁신이 만든 생산성 향상 효과 >



인류가 인공지능 기술에 주목하는 이유는 앞에서 말한 엄청난 생산성 향상 외에도, 인간의 고유영역이라고 여겨지는 인지, 추론, 판단 등을 인공지능 기술로 대체했을 때 발생하는 고용시장에서의 변혁에 있다. 과거 혁신이 인간의 물리적 한계를 극복하는 수준에 그쳤던 데 반해 이번 인공지능 혁신은 인류의 유일한 능력이라고 여겨졌던 지능을 대체하는 기술이기 때문이다. 과거 인류는 산업혁명이라는 기술혁신이 일어났을 때마다 수많은 직업의 생사와 그로 인한 실업 등 고용시장의 어려움을 극복해야 했다. 전문가들은 이번 혁신은 과거 산업혁명과 비교했을 때, 생산성 향상과 고용시장에 훨씬 더 큰 과급력을 미칠 것으로 예상하고 있다. 현재 초세계는 인공지능(AI) 기술 열풍에 휩싸여 있다. 기계학습을 위해 빠른 속도의 연산을 필요로 하게 되었고, 이는 반도체 칩의 미세화 등 지속적인 개선을 유도했으며, 이 과정에서 과거 그래픽 카드를 생산하던 엔비디아(NVIDIA)社は 인공지능 분야 반도체 기업의 글로벌 리더가 되었다. 엔비디아의 2024년 3월말 현재 시가총액은 약 3,193조원으로, 미국 주식시장에서 마이크로소프트(Microsoft), 애플(Apple)社에 이어 3위에 랭크되어 있다. 산업혁명은 기술의 발전으로 생산성 향상, 편리성 제고, 직업의 변화 등 다양한 사회변화를 이끌기도 하지만, 새로운 산업의 급성장을 통해 전체 산업의 경제 규모 판도를 완전히 뒤집기도 한다. 현재 미국 주식시장 시가총액 1위인 마이크

로소프트(MS)社의 모습을 보면 이를 한 눈에 알 수 있다. 마이크로소프트는 과거 3차 산업혁명에 해당하는 컴퓨터 시대에 윈도우즈 소프트웨어를 통해 글로벌 빅기업으로 성장한 바 있었다. 최근 마이크로소프트는 향후 인공지능 산업을 긍정적으로 보고 2019년부터 약 130억 달러를 OpenAI³⁸⁾에 투자하여, 현재 지분 49%를 보유하고 있다. 최근 OpenAI의 ChatGPT³⁹⁾ 서비스를 통해 인류가 체감하는 인공지능 기술은 상당히 높은 수준에 올라왔다. ChatGPT는 인간의 고유영역으로 여겨졌던 창조의 영역에 진입한 생성형 인공지능⁴⁰⁾(생성형 AI)으로써, 생성형 AI의 대표적 모델인 GPT(Generated Pre-trained Transformer) 기술을 기반으로 하여, 자가 학습을 통해 답변을 생성하고 대량의 데이터와 맥락을 처리할 수 있는 변환기(Transformer)를 가진 기술이다. GPT에서의 핵심기술은 변환기에 있는데, 내용의 맥락을 파악하여 앞 내용을 기억하고 오류를 수정할 수 있는 기술로 실질적으로 인간과의 대화처럼 느끼도록 해주는 부분이다. 이 변환기는 언어모델로서 이전 단어들이 주어졌을 때 다음 단어가 나타날 확률을 부여하는 모델이다. 이처럼 변환기(Transformer)는 전체 문장 내에서 단어들 간의 관계를 파악하는 방식이며, 변환기에 사용되는 셀프 어텐션(Self Attention) 기법이 핵심이다.

< 그림 4.35. 셀프 어텐션(Self Attention) 이해 >



38) OpenAI : 2015년 샘 올트먼, 일론 머스크 등에 의해 창립된 미국 인공지능 연구소이며, 모체 조직인 비영리 단체 OpenAI Inc.와 영리 기업인 OpenAI LP로 이루어져 있다.
 39) ChatGPT (Chat Generated Pre-trained Transformer) : OpenAI에서 만든 대규모 인공지능 모델인 GPT-# 의 언어기술을 사용하며, 사용자와 실시간 대화가 가능한 훈련된 자연 언어 처리 모델이다.
 40) 생성형 인공지능 (생성형 AI) : 대규모 데이터 세트를 기반으로 훈련된 딥러닝 모델을 사용하여 새로운 콘텐츠를 생성하는 인공지능 기술이다. 대표적인 생성형 AI로는 OpenAI의 ChatGPT, Microsoft의 Bing Chat, Google의 Bard 등이 있다.

셀프 어텐션(Self Attention)이란, 어떤 단어가 해당 문장이나 문맥 안의 다른 단어들 중에서 어떤 것과 가장 관련이 깊은지를 판단하는 기능을 가진다. 변환기는 어텐션(Attention) 기법을 사용하여 서로 떨어져 있는 데이터 사이의 관계를 파악할 수 있는 강점을 가지게 된 것이다. 다시 말해 어울리는 쌍끼리 높은 연관성을 갖도록 학습을 시키는 것이다. 또한 이를 멀티헤드 구조로 병렬 처리하면 보다 빠른 속도로 처리할 수 있다.

인공지능 모델 구축을 위해 중요한 3가지 요소가 있는데, 딥러닝 네트워크를 개발할 수 있는 소프트웨어적 능력과 해당 네트워크를 가득 채울 수 있는 거대한 데이터, 그리고 딥러닝(Deep Learning)에 필요한 엄청난 규모의 연산을 할 수 있는 고성능 저전력 반도체 기술이라고 한다. OpenAI의 CEO 샘 알트만은 “Data is all about AI”라고 했는데, 세 가지 핵심 요소 중에서 가장 중요한 것은 데이터의 보유량과 품질이라고 강조하는 말이다.

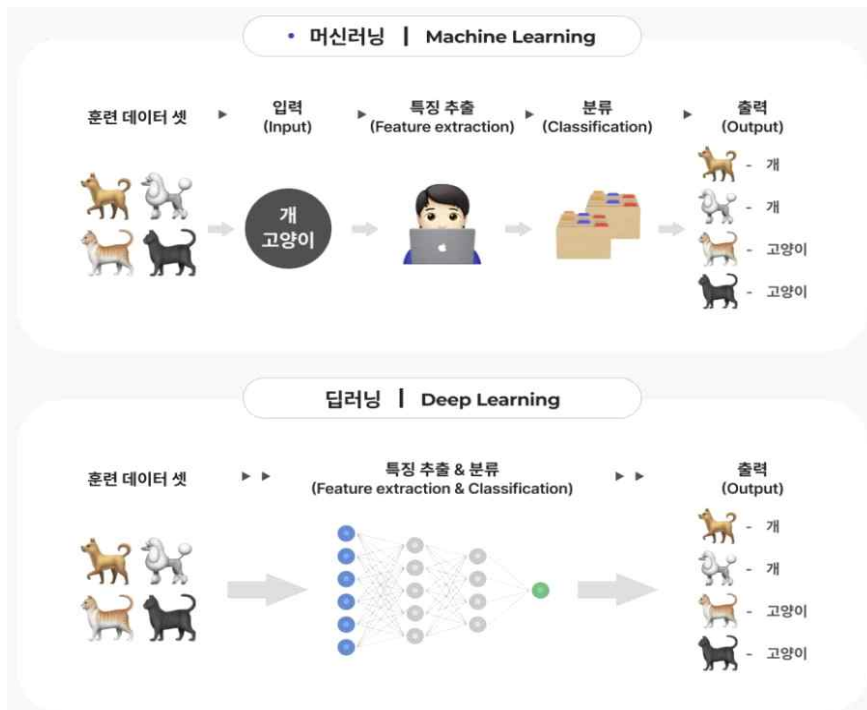
< 그림 4.36. 인공지능 모델 구성 핵심 요소 >



인공지능(Artificial Intelligence)은 사람의 지적 능력을 컴퓨터를 통해 구현하는 기술이라고 볼 수 있는데, 이를 잘 이해하려면 머신러닝(Machine Learning)과 딥러닝(Deep Learning)도 구분해야 한다. 머신러닝(ML)은 사람이 정한 모델과 특징 추출 방법을 이용하여 데이터를 기반으로 학습해서 추론할 수 있게 하는 기술이고, 딥러닝(DL)은 인공신경망 방법을 이용해 만든 머신러닝 기술로 빅데이터 학습에 적합한 기술이다. 결국 딥러닝은

머신러닝의 한 종류이며, 두 기술의 가장 큰 차이점은 인간의 개입 여부이다. 머신러닝(ML)은 인간이 먼저 컴퓨터에 특정 패턴을 추출하는 방법을 알려주고, 이후 컴퓨터가 스스로 데이터의 특징을 분석하고 축적하는데, 이렇게 축적된 데이터를 토대로 문제를 해결하는 방법이다. 딥러닝(DL)은 이와 달리 컴퓨터가 스스로 데이터 기반으로 학습할 수 있도록 정해진 신경망을 알려주고, 어린이가 학습하는 것처럼 경험 중심으로 학습을 수행하는 방법이다. 이렇게 딥러닝에는 인간이 행하는 패턴 추출 작업이 없고, 신경망 구조를 토대로 스스로 학습한다. 아래 머신러닝과 딥러닝의 차이를 이해하는데 도움이 되는 그림을 제시한다.

< 그림 4.37. 머신러닝과 딥러닝 비교 >



인공지능(AI) 기술은 최근 가장 관심을 끄는 4차 산업혁명 시대 핵심기술이다. 이는 단순히 ChatGPT 수준의 자연어 처리를 보여주는 것으로 끝나지 않을 것이다. 자연어 처리 능력은 지속적으로 높아질 것인데, 이러한 기술들 다른 기술들과 융합하여 새로운 분야의 산업을 창조하고 인류의 생활 모습을 획기적으로 바꿔나갈 것이다. 인공지능 기술은 다른 산업의 발전을 가속화 하는 핵심기술로 자리 잡고 있다는 평가를 받고 있으며, 메타버스와

로봇 그리고 자율주행 등 다양한 신기술들과 결합하고 융합하는 과정에서 인류의 삶을 기술적으로 혁신하는 모습을 보여주리라 기대하고 있다. 앞서도 반복해서 언급했듯이 기술은 상호간 필요성의 관계를 맺으면서 융합되거나 결합하여 새로운 기술이나 혁신제품을 창조하게 된다. 초고속 통신망, 반도체 칩, 빅데이터, 클라우드, 인공지능, 자율주행, 로봇 등 고도화된 4차 산업혁명 시대의 핵심기술들은 초연결성의 지능화 사회인 미래사회에서는 더욱 더 밀접한 관계를 보여줄 것이다.

일곱 번째로 소개할 기술은 자율주행(Autonomous Mobility)이다. 최근 센서(Camera, Radar, Lidar), GPS 및 정밀지도, 네트워크(V2X 통신기술) 등 ICT기술의 빠른 발전으로 자율주행에 대한 기대와 관심이 커지고 있다. 수많은 글로벌 기업들이 자율주행 시장에 뛰어들어 기술을 지속 발전시키고, 자율주행 플랫폼을 선점하기 위해 관련 기업들이 인수 합병 및 전략적 제휴를 맺고 있다.

< 표 4.8. 자율주행차 센서별 특징 >

구분	카메라(Camera)	레이더(Radar)	라이다(Lidar)
방식	사람의 눈과 유사하게 영상으로 물체 인식	전자기파를 이용하여 물체 인식	레이저를 이용하여 물체 인식
장점	상대적으로 저가, 색상 구분 가능	야간, 우천 시에도 측정 가능	3D 지도 생성 가능
단점	날씨에 따른 제약, 장거리 측정 한계	색상 구분 불가, 좁은 화각	날씨에 따른 제약, 상대적으로 고가

< 그림 4.38. 자율주행차 센서별 기능 >



자율주행차는 탑승자의 개입 없이 자동차가 스스로 교통상황을 인지·판단·제어하여 모빌리티 서비스를 제공하는 운송수단을 말한다. 미국 자동차 공학회(SAE, Society of Automotive Engineers) 기준에 따르면 자율주행 단계는 자동화 항목, 운전 주시, 시스템 오류 대응 등 행위 주체와 자동화 구간 등에 따라 6단계(Level 0 ~ Level 5)로 구분한다. Level 0단계는 비자동화를 의미하며, 운전자가 모든 걸 통제하며 자동화가 없는 상태이다. Level 5단계는 완전 자동화 단계로, 모든 도로 조건과 환경에서 자동화된 시스템이 항상 주행을 담당하는 상태이다. 참고로, Level 3단계 이상부터 자율주행이 개입되기 시작하며, 일반적으로 Level 3 ~ Level 5단계를 자율주행차로 분류하고 있다.

< 그림 4.39. 자율주행기술 단계별 분류 >



우리나라는 세계 최초로 Level 3단계의 자율주행차 안전기준 6가지를 발표하여 Level 3단계의 자율주행차 상용화 촉진 등을 지원한 바 있다. 이 6가지 안전기준은 제조사가 지켜야 하는 안전기준이다. 우리나라에서 규정한 부분적인 자율주행에 해당하는 Level 3단계의 안전기준은 아래와 같다.

< 표 4.9. 우리나라 자율주행 Level 3단계 안전기준 >

기준	세부 내용
운전 가능 여부 확인 후 작동	운전자 착석여부 등을 감지하여 운전 가능 여부가 확인되었을 경우에만 작동
자율주행 시 안전확보	안전하게 차로 유지기능을 구현할 수 있도록 최대속도 및 속도에 따른 앞 차량과의 최소안전거리 제시
상황별 운전전환 요구	예정된 경우 15초 전 운전전환 경고 발생시키고, 예상되지 않은 상황에서는 즉시 운전전환 경고 발생
긴급한 상황의 경우	운전전환 요구에 대응할 수 있는 시간이 충분하지 않은 경우 시스템이 비상운행 기준에 따라 대응
운전자 대응이 필요한 상황에서 반응이 없는 경우	운전전환 요구에도 불구하고 10초 이내에 운전자의 대응이 없으면 안전을 위해 위험최소화운행 시행
시스템 고장 대비	시스템 이중화 등을 고려하여 설계

우리나라는 자율주행차 규제 또한 Level 3단계에 머물러 있다가, 2024년 1분기에 자율주행차 상용화 추진에 따른 안전한 자율주행 환경 구축을 위한 자동차관리법과 자율주행자동차법 개정안이 공포되었다. 여기에는 자동차에 대한 해킹과 사이버 공격으로부터 안전한 자율주행 환경 조성과 Level 4단계의 자율주행차의 성능 및 안전성을 별도로 인증해 기업 간 판매를 허용하는 등 자율주행차 상용화 촉진을 위한 내용이 포함되었다. 전세계 글로벌 기업들 및 일부 혁신 기업들은 Level 4단계 자율주행차의 상용화 노력을 지속하고 있는데, 알파벳(Google의 지주회사) 산하의 자율주행 자동차 개발업체인 웨이모(Waymo)社は 2009년 자율주행차 연구를 시작하여, 2018년 12월 피닉스에서 부분적으로 자율주행 택시 서비스를 시작하였고, 2020년부터 실증 서비스 목적으로 캘리포니아 샌프란시스코 지역에서 로보택시(Robotaxi)를 시험 운용하고 있으며, 2021년에는 Level 4단계의 자율주행 트레일러를 시험 운행하기 시작하였다. 그 외 GM Cruise社와 중국 최대 검색엔진을 보유한 인공지능(AI) 전문기업인 바이두社도 2021년부터 4단계 자율주행 실현에 연구를 집중하고 있다. 다음 사진은 현재 자율주행 선두 기업인으로 평가받는 웨이모社의 자율주행 택시와 트레일러이다.

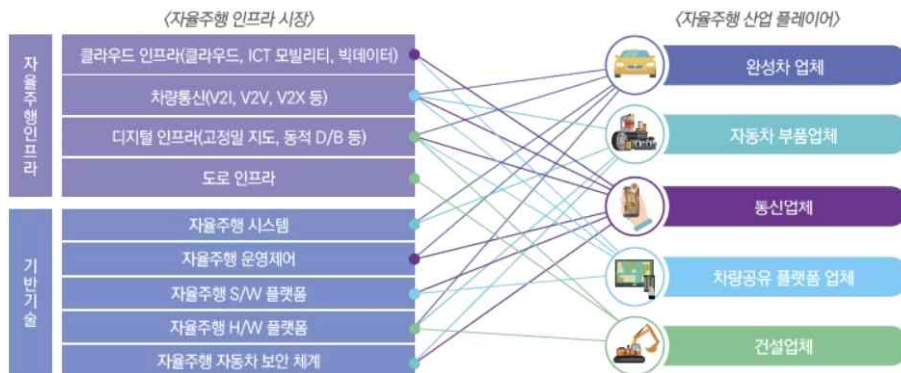
< 그림 4.40. 자율주행 택시(Waymo One)와 트레일러(Waymo Via) >



국내기업으로는 2024년 3월 현대자동차의 아이오닉 5 자율주행 로보택시가 운전면허 시험에 도전하여 통과하였다. 아이오닉 5 로보택시는 자율주행 기술 전문기업인 모셔널⁴¹⁾(Motional)의 수년에 걸친 자율주행 기술 개발과 엄격한 시험 절차를 통해 탄생하였고, 자율주행 선두 주자인 웨이모社의 자율주행 기술과 유사하게 차량에 탑재한 센서를 통해 다양한 환경에서 안정적인 자율주행이 가능하게 한다.

자율주행 산업 또한 다양한 산업과 융합하여 발전할 수 밖에 없는 운명을 가지고 있다. 자율주행 관련 생태계는 자율주행 인프라와 기반 기술들이 기존 완성차 업체, 자동차 부품 업체, 통신 업체, 차량 공유 플랫폼 업체, 건설 업체 등 다양한 산업군과 유기적으로 연결되어 있다.

< 그림 4.41. 자율주행 생태계 >



41) 모셔널(Motional) : 무인 자율주행 차량 개발과 기술을 보유한 기업으로, 2020년 3월 현대자동차 그룹과 미국의 전장 기술 업체인 앵티브(Aptiv)가 각각 20억 달러를 투자해 50:50 지분율로 설립하였다.

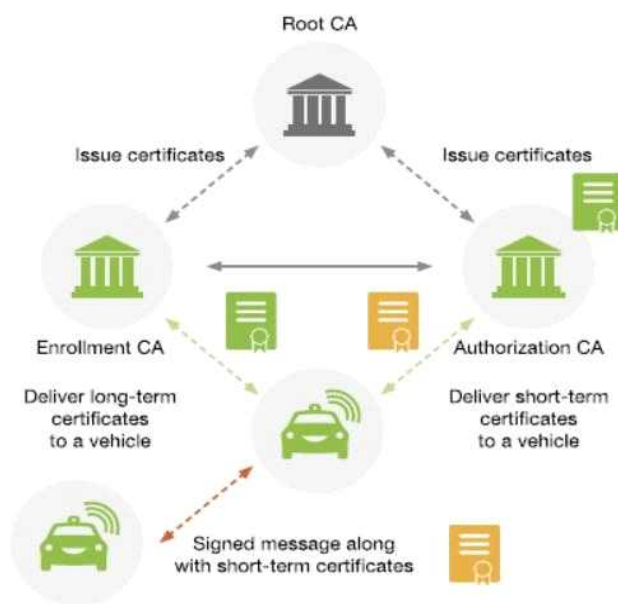
기술적인 측면에서 보면, 자율주행 패러다임의 확산으로 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS, Advanced Driver Assistance System) 관련 전장부품⁴²⁾의 성능과 역할이 중요하다고 평가된다. 이러한 전장부품에는 앞에서 소개한 카메라, 레이더, 라이다 등의 각종 센서들이 있다. 향후 자동차의 전장부품 탑재율은 지속 증가할 것이다. 자율주행 구성하는 핵심 기능으로 센싱, 연산, 기록, 통신, 제어 등이 있는데, 앞서 이야기한 카메라, 레이더 등 센서들의 기능이 센싱(Sensing)이며, 인간의 감각기관과 같은 역할을 한다. 연산(Computing)은 센싱을 통해 수집된 다양한 정형 또는 비정형 데이터를 분석하여 자율주행을 제어하고 정보 제공이나 우발상황에 대응할 수 있도록 한다. 기존 자동차에서 사용되는 운행기록자기진단장치(OBD, On Board Diagnostics), 디지털운행기록계(DTG, Digital Tacho Graph)처럼 자율주행 데이터의 기록도 필수적이다. 다음은 V2X(Vehicle to Everything)로 표현되는 주변 사물들과의 통신 기능이다. 자율주행에는 자동차와 보행자, 인프라 등 상호간 통신을 통해 교통환경을 파악하고 안전을 보장해야 한다. 자율주행을 위한 도로에는 앞서 언급한 통신 인프라 외에도 디지털 인프라와 클라우드 인프라가 필요하다. 차량 통신 인프라는 다시 설명하면, V2V(자동차-자동차), V2I(자동차-인프라), V2N(자동차-네트워크) 등 모든 사물과 통신을 할 수 있는 V2X(자동차-모든 것) 기술을 의미한다. 두 번째 디지털 인프라는 고정밀 지도, 동적 데이터베이스, 정밀 측위 등 차량의 물리적 위치를 파악하고 기록할 수 있는 기술을 의미하며, 세 번째 클라우드 인프라는 차량 통신 인프라와 디지털 인프라에서 수집된 정보들을 분석 및 전송하여 자율주행이 가능하게 하는 인프라를 의미한다. 자율주행과 함께 통신 인프라의 역할이 기하급수적으로 증대될 것으로 전망하고 있다. V2X 통신은 카메라, 레이더, 라이다 등의 센서의 한계를 극복하여, 완전한 자율주행을 구현하는데 중추적인 역할을 할 것이다.

V2X 기술은 사물들간 필요한 통신으로 도로 상황에 대한 정보를 취득하고 이를 상호 제공하는 등 안전한 자율주행에 필수적인 핵심기술이다. 앞에서 언급했듯이 자율주행차량은 무선 통신을 통해 주변 차량(V2V), 도로변 장비(V2I), 보행자(V2P)와 메시지를 교환하게 된다. 이러한 기능을 하는

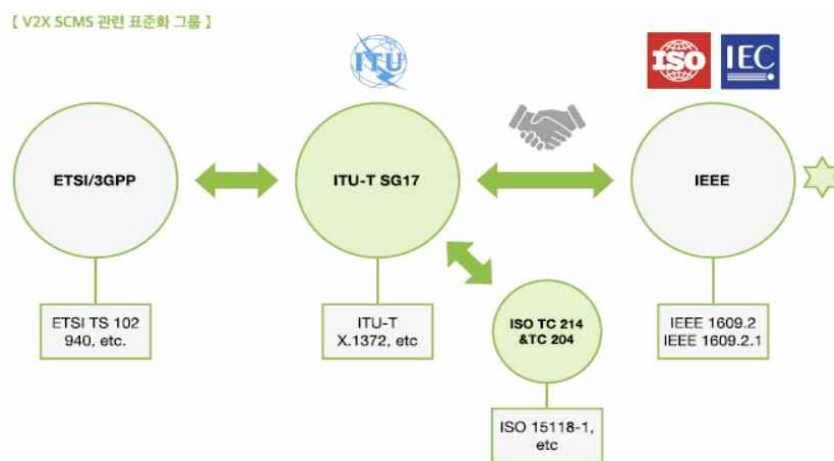
42) 전장부품 : 전기장치 부품의 약어이다. 자동차부품은 기계와 전기장치가 모두 포함된 용어이고, 전장부품은 전기계통의 부품만 통칭한다. 즉, 전장사업이란 자동차의 전기부품 관련 사업을 의미한다.

V2X 기술은 모든 자율주행차량에 내장된 OBU(On Board Unit)를 통해 도로변 장치에 설치된 RSU(Road Side Unit)와 통신하며, 상호간 실시간으로 메시지를 송수신하게 된다. 또한 이렇게 중요한 V2X 통신을 안전하게 하기 위해 SCMS(Security Credential Management System)를 보안통신으로 활용한다. SCMS는 GPKI(Government Public Key Infrastructure)인증서 처럼 ITU-T X.509 국제표준에 근거하여 공개키 기반 구조를 사용한다.

< 그림 4.42. SCMS 기본 구조 >



< 그림 4.43. V2X SCMS 관련 표준화 그룹 >



여덟 번째로 소개할 기술은 메타버스(Metaverse)이다. Metaverse 어원은 초월을 의미하는 메타(Meta)와 세계를 의미하는 유니버스(Universe)의 합성어이다. 메타버스(Metaverse)란 단어는 1992년 미국의 SF 작가인 닐 스티븐슨(Niel Stephenson)의 공상과학 소설 ‘스노우 크래시(Snow Crash)’에서 처음 등장하였고, ‘3차원 가상세계’라는 의미로 사용되었다. 메타버스는 현실세계와 가상의 공간이 3D 모델링 등 실감 기술을 통해 연결되어 만들어진 융합된 세계로 이렇게 가상과 현실이 융합된 공간에서 사람과 사물이 상호작용하며 경제·사회·문화적 가치를 창출하는 플랫폼이라고 할 수 있다.

메타버스 기술이 고도화된 미래를 배경으로 한 대표적인 영화로는 매트릭스(1999), 아바타(2008), 레디 플레이어 원(2018) 등이 있는데, 현실에서 특수한 기기장치를 연결·착용하여 가상 세계로 접속한 후 아바타(Avatar, 캐릭터)를 통해 활동하는 모습을 보여준다. 아바타의 어원은 힌두교에서 지상 세계로 강림한 신의 육체적 형태를 뜻하는 산스크리트어이며, 위에서 언급한 공상과학 소설 ‘스노우 크래시(Snow Crash)’에서 ‘가상 세계의 형체’를 뜻하는 의미로 처음 사용되었다.

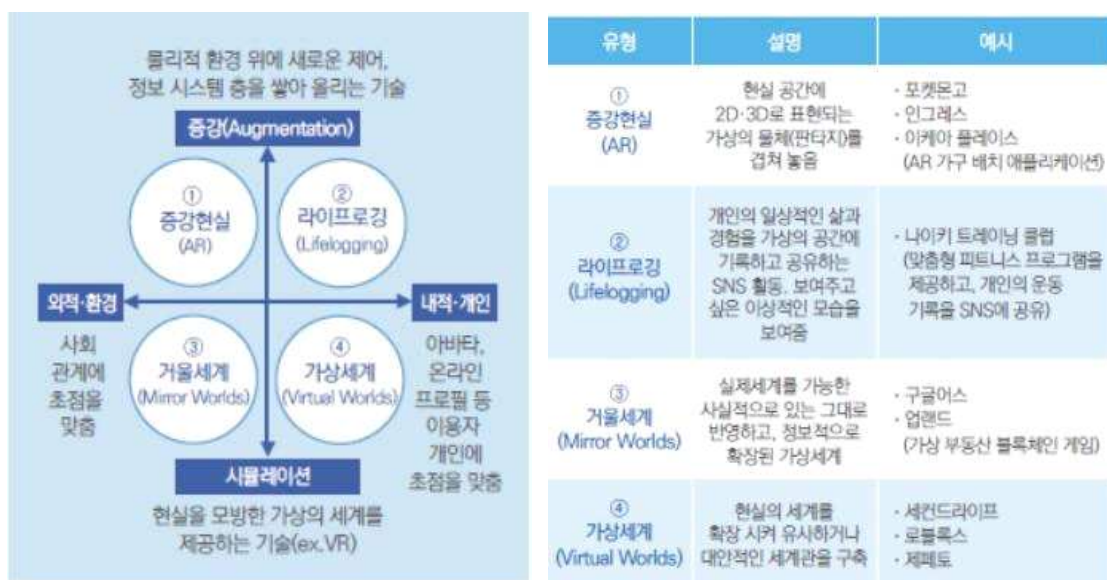
또한 메타버스는 ICT 생태계의 새로운 패러다임의 변화를 불러올 차세대 플랫폼으로 주목받고 있다. 이처럼 메타버스는 과거 PC(개인컴퓨터) 중심으로 시작된 WEB 1.0 시대와 모바일 기기인 스마트폰을 중심으로 발전한 WEB 2.0 시대를 이을 새로운 형태의 차세대 플랫폼인 WEB 3.0으로 인식되고 있다.

< 그림 4.44. 인터넷 패러다임의 변화 >



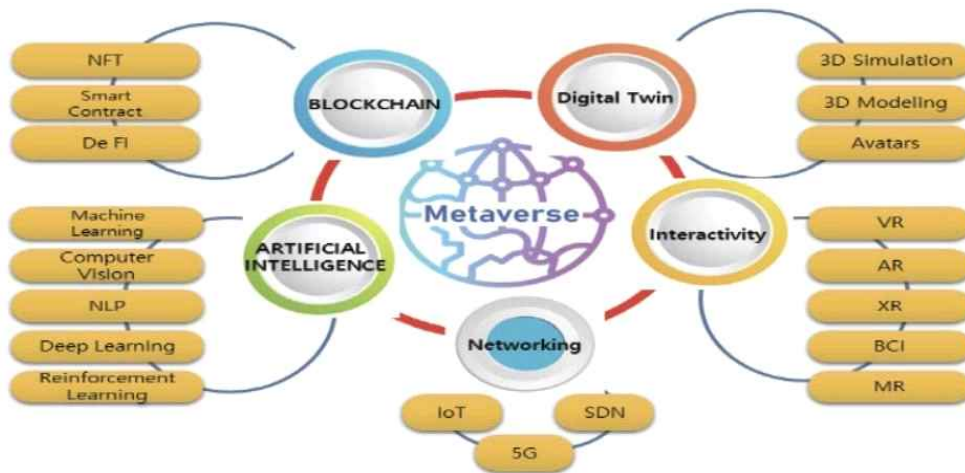
최근 다양하게 확장되고 있는 메타버스를 이해하기 위해 그 유형을 구분할 필요가 있다. 미국의 비영리 기술연구단체인 ASF(Acceleration Studies Foundation)는 유형을 크게 4가지로 나누고 있는데, 이는 4가지 유형이 정확히 구분되어 있다는 것을 의미하지 않는다. 다양한 메타버스 서비스를 구분하는 기준으로 이해해야 한다. X축을 외적·환경과 내적·개인으로 Y축을 증강과 시뮬레이션으로 하여 ① 증강현실, ② 라이프로그, ③ 거울세계, ④ 가상세계로 구분하는 방법이다. 첫째, 증강현실(AR, Augmented Reality)은 현실에 2D 혹은 3D 형태의 가상 물체를 증강시켜 유저(User)와 상호작용할 수 있는 서비스를 제공하는 환경으로 ‘포켓몬고’ 게임 플랫폼을 사례로 들 수 있다. 둘째, 라이프로그(Life Logging)은 개인의 활동 사항을 센서를 통해 데이터화 하고, 이를 기반으로 개인 맞춤형 서비스를 제공하는 환경으로 ‘웨어러블 디바이스 기반의 웰니스(Wellness) 서비스’를 사례로 들 수 있다. 셋째, 거울세계(Mirror Worlds)는 미디어 기술을 활용해 현실공간을 가상공간에 동일하게 재현하고, 가상공간에서도 현실과 같은 경험을 제공하는 환경으로 ‘디지털 트윈(Digital Twin)’을 사례로 들 수 있다. 넷째, 가상세계(Virtual Worlds)는 현실과 유사하거나 혹은 완전히 다른 대안적 세계를 디지털 데이터로 구축하여 제공하는 환경으로 ‘포트나이트(Fortnite)’ 게임 플랫폼을 사례로 들 수 있다.

< 그림 4.45. 메타버스 유형 구분 >



메타버스는 아직 초기단계이나, 앞으로 인류가 일상에서 활용할 가능성이 큰 가상공간이다. 이런 메타버스를 실현하는데 가장 큰 역할을 할 7가지 기술을 조사한 결과가 있는데, ① 인공지능(AI), ② 사물인터넷(IoT), ③ 확장현실(XR), ④ 뇌-컴퓨터인터페이스(BCI), ⑤ 3D모델링과 재구성 기술, ⑥ 공간 컴퓨팅과 엣지 컴퓨팅, ⑦ 블록체인 기술이다.

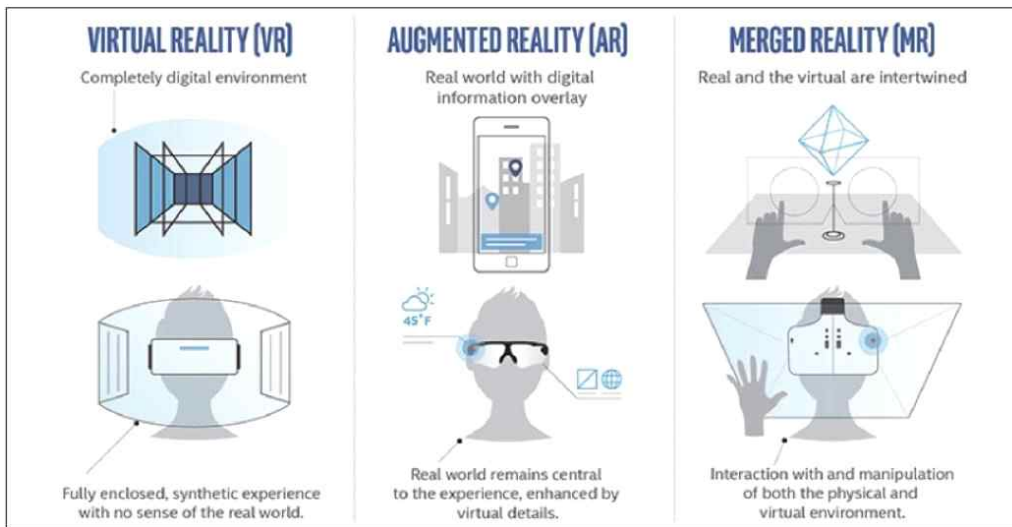
< 그림 4.46. 메타버스(Metaverse) 구성 기술 >



상기 기술에 대한 전문가들의 의견을 나열하면 다음과 같다. 첫째, 인공지능(AI)은 챗봇(Chatbot) 개발의 핵심 역할을 하고 컴퓨터 비전에 지능을 부여한다. 인공지능(AI)의 첨단 프로세싱 능력은 메타버스상에서 아바타를 만들고 디지털 휴먼에 더욱 인간다운 특징들을 부여하며 게임속에서는 NPC(Non Player Character, 플레이 불가능한 캐릭터)가 플레이어와 대화할 수 있도록 한다. 둘째, 사물인터넷(IoT)은 가상공간이 현실세계와 끊임 없이 상호작용할 수 있도록 해주며, 메타버스는 사물인터넷 기기에 3차원의 사용자 인터페이스를 제공해 ‘이용자 중심의 사물인터넷과 메타버스 경험’을 만들어 낼 수 있다고 한다. 셋째, 확장현실(XR)의 범주에 포함된 증강현실(AR), 가상현실(VR), 혼합현실(MR) 기술들은 비즈니스를 시각화하고 데이터를 사용하는 방식을 2차원에서 3차원으로 바꾸면서 메타버스 발전에 기여할 것으로 보고 있다. 넷째, 뇌-컴퓨터인터페이스(BCI)는 뇌파를 이용해 컴퓨터를 사용할 수 있는 인터페이스를 의미한다. 전문가들은 BCI가 아직은 공상과학에서나 가능하다고 했지만, 세계경제포럼(WEF)은 메타버스를 형성할 기술에 BCI를 포함하고 미래에 메타버스가 도달할 궁극의 비전

이라고 언급했다. 다섯째, 3D 재구성 기술은 사물의 실제 모습과 형태를 포착해 메타버스를 현실감 있게 만든다. 여섯째, 자율주행처럼 위치와 공간을 고려하는 컴퓨팅을 의미하는 공간 컴퓨팅은 확장현실(XR)과 결합해 메타버스의 몰입감을 높일 수 있고, 엣지 컴퓨팅은 중앙 클라우드 서버가 아니라 단말기나 그 주변인 엣지(Edge)에서 데이터를 처리하는 것으로 지연속도를 줄여 메타버스 이용자의 행동에 대한 반응속도를 빠르게 할 수 있다. 일곱째, 블록체인은 디지털 콘텐츠와 데이터를 안전하게 보호하고, 메타버스를 탈중앙화하여 이용 속도가 느려지는 일을 피할 수 있게 한다.

< 그림 4.47. 가상현실(VR) · 증강현실(AR) · 혼합현실(MR) >



< 그림 4.48. 공간 컴퓨팅 >



공간 컴퓨팅 기술을 좀 더 살펴보면, 기기와 인간, 환경, 사물 등의 상호작용을 통해 실제 공간에 디지털 콘텐츠를 구현하는 기술을 의미하는데, 그 사례로 2024년 2월에 출시된 애플(Apple)사의 애플 비전 프로를 들 수 있다. 아직은 무게나 배터리 등의 현실적 한계가 존재하나 사용자의 편의성을 감안하여 지속 개선될 것으로 기대된다.

아홉 번째로 소개할 기술은 드론(Drone)이다. 드론은 무인기로 정식 명칭은 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)이며, 조종사가 비행체에 직접 탑승하지 않은 상태에서 원격 조정으로 비행하거나 사전 프로그램 경로에 따라 자동 이동하는 무인비행장치를 포함한다. 드론은 미국과 영국이 군사용으로 개발한 것을 시작으로 2000년대 들어와 ICT기술과 더욱 융합되어 발전하고 있다. 드론 역사를 살펴보면, 1915년 크로아티아 출신의 미국 발명가였던 니콜라 테슬라⁴³⁾가 군사용 목적으로 무인 비행기에 대한 개념을 최초로 정립하였고, 미국은 니콜라 테슬라의 연구를 바탕으로 1918년 미국의 과학자 찰스 케터링⁴⁴⁾ 주도하에 케터링 버그⁴⁵⁾(Kettering Bug)라는 세계 최초의 자폭 무인기 시험 비행에 성공하였다. 이후 1930년대에 미국과 영국에서 대공포 훈련용으로 개발된 무인항공기를 타겟 드론(Target Drone)이라고 명명하며 드론이라는 용어가 최초로 쓰이기 시작하였다.

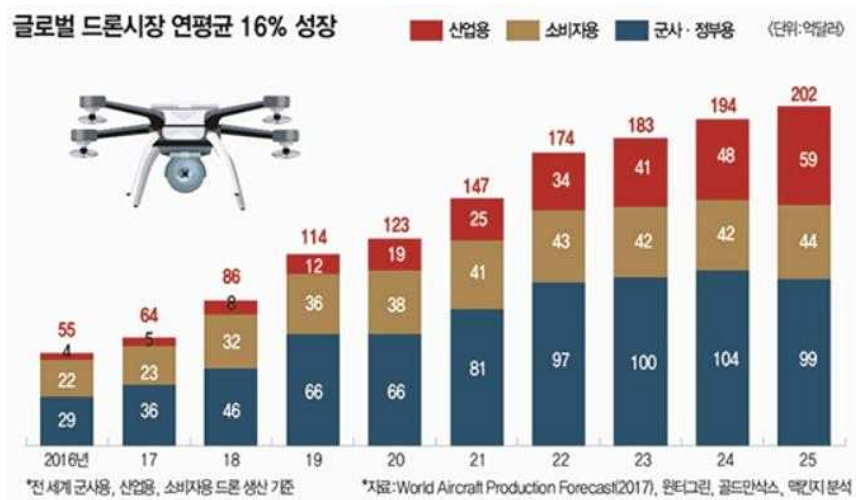
드론은 소형의 단순 촬영용에서 감시·측량·배송 등 중형으로 변화하고 있으며, 이에 따라 가격도 점점 고가화되고 있다. 드론은 크게 군수용, 취미용, 상업용으로 구분할 수 있는데, 각 분야의 시장은 꾸준히 증가하고 있다. 드론이 건설 측량·관리 감시·농업·통신 등 다양한 산업 분야의 활용도가 높아지면서 상업용 드론 시장이 크게 성장하고 있으며, 원래 목적인 군사용 드론 시장도 함께 급성장하고 있다. 드론 시장은 연평균 16% 성장하고 있는 것으로 분석되고 있으며, 2025년도에 이르면 그 규모가 200억 달러를 넘어 서게 된다.

43) 니콜라 테슬라(Nikola Tesla) : 세르비아계 미국인 발명가, 물리학자, 기계공학자, 전기공학자이며, 19세기 말부터 20세기 초 전자기학의 혁명적인 발전을 가능하게 한 인물이다.

44) 찰스 케터링(Charles Franklin Kettering) : 미국인 기계공학자, 과학자, 발명가이며, 1차 세계대전 에 사용된 '에어리얼 공중어뢰(현대 순항미사일 전신, Kettering Bug)'를 개발한 인물이다.

45) 케터링 버그(Kettering Bug) : 세계 최초의 무인기이며, 121Km 비행거리와 최대 82Kg 폭탄 장착 가능

< 그림 4.49. 글로벌 드론시장 성장 추세 >



드론 관련 급성장하고 있는 기술은 레이더(Radar), 적외선 카메라 (Infrared Camera), GPS(Global Positioning System), 수직이착륙기 (VTOL), 사진측정(Photogrammetry), 5G·6G(초고속 이동통신망), 라이더 (Lidar), 동시적 위치추적 및 지도작성(SLAM), 모니터링(Monitoring), 인공지능(Artificial Intelligence) 등이다.

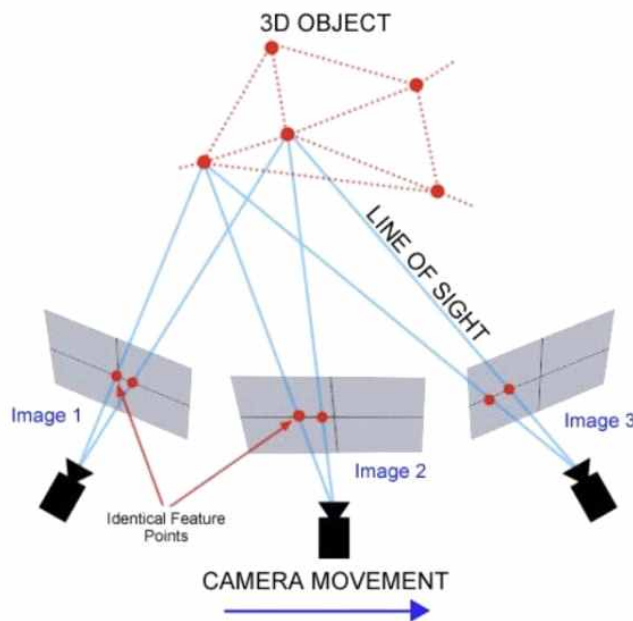
< 그림 4.50. 드론 기술 구성 요소 >



먼저 드론 레이더(Radar)는 작은 사물을 추적할 수 있도록 특화되어 있고, 저고도로 비행하는 드론을 포착하는 등 움직이는 물체의 정밀 추적이 가능하다. 또한 느린 추적 속도로 물체에 대한 정밀 분석도 가능하다. 전반적으로 도시와 같은 외부 환경이 복잡한 경우에도 탐지 기능이 우수한 편이

다. 둘째로 적외선 카메라는 재난에 갇혀 있는 동물의 체온을 감지하고 줌 기능을 활용하여 감지한 부분에 대한 정확한 확인이 가능하다. 열화상 특수 카메라를 이용하여 사물 뒤에 숨겨진 부분에 대해 잠재적인 손상 여부를 검사하는 것도 가능하다. 셋째, GPS는 대다수의 드론에 탑재되는 기술로써, 드론의 위치 유지와 자율비행 그리고 회귀 기능(Return To Home) 등을 가능하게 한다. 또한 정확한 이착륙과 비행 시간과 비행 위치 등의 로그를 기록하여 필요시 활용할 수 있게 한다. 넷째, 수직이착륙이란 일반적으로 다중 로터를 활용하여 헬리콥터와 유사한 방식으로 수직 이착륙과 수평 추진력을 제공하는 기능을 의미한다. 드론의 비행 시작을 활주로 없이 좁은 지역에서도 가능하게 하는 기술이며, 미래 도심 교통수단(UAM)으로 활용과 더불어 반드시 필요한 기술이다. 다섯째, 사진측정(Photogrammetry)이란 사진을 통해 물리적 세계의 사물과 환경을 재구성하는 기술이며, 다양한 각도에서 촬영하여 신뢰할 수 있는 측정값을 생성하는 작업을 거친다. 저고도 비행을 통해 고해상도 사진을 확보할 수 있고 사람이 접근 불가능한 위치에서 영상을 촬영하기 때문에, 주로 건설 현장이나 유산 보존 현장에서 활용도가 높다. 이처럼 다양한 기술이 드론 산업에서 급성장하고 있다.

< 그림 4.51. 사진측정(Photogrammetry) 원리 >



상기 기술 외에 드론의 발전을 위해서 고효율화·고성능화 되어야 하는 부분은 배터리 기술이다. 드론 외에도 전기차, 로봇 등 모빌리티 산업에서 가장 핵심이 되는 기술이다. 지상의 전기차, 로봇 그리고 공중의 드론도 모두 배터리의 한계를 어떻게 얼마나 극복할 수 있는지가 성장의 관건이다. 이 한계를 극복하기 위해 고효율 동력원인 수소를 동력원으로 사용하는 수소 드론도 상용화되었다. 기존 동력원인 리튬이온배터리는 중량이 크고 에너지 밀도가 낮은 반면, 수소 드론은 중량이 가볍고 에너지 밀도가 높아 수소연료전지를 드론의 동력원으로 사용하려는 것이다. 에너지 효율이 높은 수소연료전지를 동력원으로 장착함으로써 비행시간을 늘이는 것이다. 참고로, 수소는 지구상의 원소 중 가장 가볍고 안전하며, 대기 중의 산소로부터 얻기 쉬운 장점이 있어 자원확보 차원에서도 효율적이다. 향후 교통수단으로 사용될 드론 택시 등의 활용을 위해서는 수소 드론처럼 에너지를 고효율화할 수 있는 기술이 요구되는데, 여기에는 고출력과 경량화가 핵심 과제이다.

멀티콥터 드론이 극복해야 할 또 다른 한계는 비행간 소음인데, 이는 프로펠러가 빠르게 회전할 때 압력이 높은 날개 끝단 아래와 압력이 낮은 날개 끝단 위쪽의 압력 차로 와류가 발생하면서 생긴다. 이러한 소음은 드론이 배송 등의 목적으로 도심 상공을 비행하는데 반대하는 여론을 만드는 요인 중 하나이다. 참고로 도심항공교통(UAM, Urban Air Mobility) 수단으로 전기수직이착륙기 사업을 구상하고 있는 우버(Uber)사의 UAM 백서에도 소음에 대한 조건이 나와 있다. 해당 소음 기준은 경량 헬리콥터 보다 15dB 정도 조용한 수준으로 표기되어 있다. 기술적으로 프로펠러의 소음을 줄이는 몇 가지 방법을 살펴보자. 첫째, 큰 프로펠러를 사용하면 드론의 소음을 줄일 수 있다. 소음은 회전속도가 빠를수록 커지는데, 동일한 추력을 생성하기 위해서는 큰 프로펠러가 더 낮은 속도로 회전하기 때문이다. 둘째, 큰 프로펠러를 여러개의 작은 프로펠러로 바꾸는 것이다. 프로펠러에서 발생하는 소음은 날개 표면적의 크기도 영향을 미치기 때문이다. 셋째, 날개 끝단에서 발생하는 와류를 줄이기 위해 프로펠러 끝단에 슈라우드(Shroud)를 설치하는 것이다. 둥근 막대 형태의 슈라우드는 날개 끝단의 와류를 줄여 소음을 줄일 뿐만 아니라 프로펠러의 효율도 높여준다. 또한 프로펠러를 보호하는 가드 역할을 하기도 한다. 다만 슈라우드가 커지면 무게 및 저항

력으로 인한 비행 동력에 손실이 생긴다는 단점이 있다. 넷째, 날개 끝단을 변형한 저소음 프로펠러를 사용하는 것이다. 일반적으로 더 얇고 조금 긴 형태를 가지며, 날개 끝단이 회전 반대 방향으로 구부러져 있다. 굽어진 날개 끝단 아래쪽의 높은 압력이 위로 올라가는 것을 막아서 끝단에 와류가 만들어지는 것을 최소화하게 된다.

드론은 기본적으로 비행을 위해 다양한 충돌방지 기술을 구현하고 있으며, 카메라에 의한 비전 베이스, 초음파 센서, 적외선, 레이저, 라이다, 레이더 등이 그것이다. 이러한 센서들과 함께 자율비행을 고도화하기 위한 기술이 있는데, 동시적 위치 추적 및 지도 작성(SLAM, Simultaneous Localization And Mapping) 기술이다. 이를 설명하면 드론이 비행하면서 주변 데이터를 바탕으로 공간상에서 자신의 위치를 파악하는 위치 추정(Localization)과 주변 환경에 대한 지도를 만드는 지도 작성(Mapping) 두 기능을 하는 것을 의미한다. SLAM은 GNSS의 위치정보 만으로는 오차가 있고, 고층 건물 등 전파 수신이 어렵거나, 다리 아래와 건물 및 터널 내부에 GPS 활용이 불가능한 환경에서 유용하게 사용되며, 자율주행 드론을 위한 필수 기술이다.

< 그림 4.52. SLAM 기반 드론 >



최근 국내에서는 드론 활용 서비스를 확대하기 위한 노력이 진행되고 있는데, 이를 ‘DNA+드론’이라고 부른다. 이것은 데이터(D), 네트워크(N), 인공지능(A) 기술을 융합한 신개념의 드론 서비스 개발 및 활용을 위한 확장 가능한 개방형 플랫폼이다. 현재 정부는 K-뉴딜정책 사업으로 산업계와 합

계 드론 플랫폼 표준화를 추진하고 있다.

< 그림 4.53. DNA+드론 플랫폼 >



드론은 국가안보 측면에서도 중요한 전략기술로 평가받고 있으며, 최근 우크라이나 전장에서 드론 활용도의 다양성과 효율성이 증명되었다. 미국을 비롯한 글로벌 선진국들은 드론을 국가안보에 직결되는 핵심 산업으로 인식하고, 기술력 고도화와 함께 기술 유출을 예방하기 위한 정책을 실시하고 있다. 이는 앞에서 살펴본 드론 시장에서 군사·정부용 성장률 및 비중이 큰 것과는 추세를 같이하는 것이며, 2025년 전체 시장 200억 달러에서 50%에 해당하는 100억 달러에 육박한다.

< 그림 4.54. 우크라이나 군사용 드론 >



테러나 전쟁에 활용할 수 있는 공격용 드론의 시장이 확대됨에 따라 국내 외적으로 인류의 안전에 대한 위협이 커지고 있다. 이러한 드론 활용 추세에 대응하여, 위해(危害) 드론을 탐지 및 식별하고 이에 대응할 수 있는 안티드론⁴⁶⁾(Anti-Drone) 기술도 발전하고 있다. 일반적으로 기존 군사적 레벨의 방공무기로 대응하기 어려운 중소형 드론에 대한 방어시스템을 의미한다. 각국 정부도 공항이나 원전 등 국가중요시설 등을 보호하려고 드론 방어시스템에 대한 전략적인 연구·개발을 진행하고 있다.

안티드론 기술은 크게 탐지·식별 기술과 무력화 기술로 구분하며, 무력화 기술에는 하드 킬(Hard Kill)과 소프트 킬(Soft Kill)이 있다. 먼저 탐지·식별 기술에서 탐지는 레이더(Radar), 소음, 광학(Electro Optical), 적외선(Infra Red) 등 다양한 센서나 드론 제어 신호를 활용하고, 식별은 레이더 반사면적(RCS) 및 형상에 따라 드론의 기종을 식별하고 드론의 전파 신호로 ID 등을 확인한다. 무력화 기술은 총기, 레이저, 맹금류 등을 사용하여 드론에 물리적인 타격을 가하는 무력화 방식을 하드 킬(Hard Kill)이라고 하며, 재밍이나 스푸밍 등 전파 신호를 활용하여 드론을 무력화하는 방식을 소프트 킬(Soft Kill)이라고 한다. 현재의 안티드론은 하드 킬과 소프트 킬을 함께 사용하여 드론 대응에 대한 효율성을 높이고 있는 추세이다.

< 그림 4.55. 안티드론(Anti-Drone) 기술 >

대분류	중분류	소분류	기술 개념
탐지 및 식별	탐지	레이더	X-band(8~12GHz)와 Ku-band(12~18GHz)를 사용하여 탐지
		RF 스캐너	드론과 조종자 간의 통신신호를 분석해 드론 탐지
		광학 카메라	광학 센서를 탑재한 카메라를 사용하여 탐지
		IR 카메라	IR 센서를 탑재한 카메라를 사용하여 탐지
	식별	음향 센서	음향 센서의 소음시차를 계산하여 위치를 파악
		육안 식별	드론 본체에 고유 식별번호를 부착하여 조종자를 식별
무력화 기술	Hard Kill	전자(eID) 식별	식별번호 또는 조종자 식별 번호로 능·수동으로 전자·원격 식별
		그물/네트 건	그물을 이용하여 불법 드론을 포획
		맹금류	독수리 등 맹금류를 조련시켜 불법드론을 포획
		방공용 대공화기	대공포와 근거리 레이더를 결합하여 드론을 격추
	Soft Kill	직사에너지무기 (레이저/RF Gun)	불법드론을 레이저와 RF가 장착된 Gun으로 격추
		통신 재밍	전파를 방해하여 비행불능 상태로 전환
		위성항법재밍, 스푸밍	거짓 좌표를 주입해 비행불능 또는 비행경로 이탈
		조종권 탈취	프로토콜을 해킹하거나 착륙 및 비행 불능 상태로 포획
	지오펜싱 (Geo-fencing)	드론의 항법 소프트웨어 GPS에 비행금지구역 정보를 입력하여 특정구역의 비행을 방해	

46) 안티드론(Anti-Drone) : 드론으로 인해 야기되는 범죄나 테러 등을 예방하고 차단을 목적으로 비인가 혹은 위해 무인비행체를 탐지하고 식별하여 무력화하는 시스템이다.

열 번째로 소개할 기술은 로봇(Robot)이다. 4차 산업혁명 시대의 로봇은 산업 생산성을 높이고 경제혁신을 촉진하는 기반 산업으로 주목받고 있으며, 빨라지는 인구구조 변화에 대응하여 산업재해를 줄이는 안전한 근로환경을 제공할 것이다. 이미 산업 전반에서 로봇의 협업이 확장되어 생산성을 높이고 있으며, 로봇의 이동성과 지능화 수준이 높아지면서 서비스 산업에도 커다란 변화를 가져올 것으로 보인다. 특히 로봇 산업의 발전은 노령화로 인한 생산가능인구의 감소로 발생하는 노동시장에서의 인력수급 불균형을 해소할 수 있는 대책이다. 글로벌 로봇 시장은 크게 제조 로봇과 서비스 로봇으로 구분할 수 있는데, 전통적인 제조 로봇 분야는 기존 제조업 선진국인 독일, 미국, 일본과 신흥 제조국인 중국의 자동화 수요 증가로 지속 증가하고 있다. 국제로봇연맹(IFR)에 따르면 최근 인도에 로봇 붐이 일어나서 산업용 로봇 판매가 급증하였고, 인도의 자동차 산업이 로봇 산업의 최대 고객으로 존재하기 때문에 성장 전망을 밝게 보고 있다. 발전 추세는 자율이동, 인공지능 등 관련 로봇 기술이 발전하면서 점차 비정형 공장 등으로 활용범위가 확대되고 있다. 더불어 서비스 로봇은 아직 초기 단계이기는 하지만, 노동력 감소와 서비스 수요가 확대됨에 따라 그 성장 속도가 제조 로봇을 추월할 것으로 전망된다.

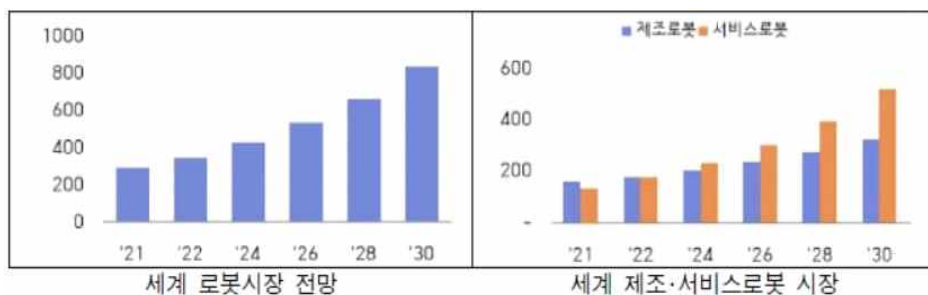
< 그림 4.56. 로봇의 분류 >



서비스 로봇은 크게 전문 서비스용 로봇과 개인 서비스용 로봇으로 구분한다. 전문 서비스용 로봇은 상업용 목적으로 서비스를 제공하거나 물류, 의료, 국방 등 전문화된 작업을 수행하는 로봇으로 배달·서빙 로봇, 경비·순찰 로봇 등이 있으며, 개인 서비스용 로봇은 개인이 사용하는 비상업적 목적의 서비스 로봇으로 가사 로봇, 헬스케어 로봇, 교육 로봇 등이 있다. 개인 서비스용 로봇의 주요 목적은 인간의 일상생활에서 가사 업무를 돕거나 신체적·심리적·교육적 도움을 제공하는 것이다.

현재 로봇은 인공지능(AI)과 디지털 자동화라는 발전 추세에 따라, 과거 단순 반복적인 작업을 수행하는 산업용 로봇과 달리 인공지능, 네트워크 등의 ICT 기술과 융합된 형태의 지능형 로봇이 출현하고 있다. 이는 반도체 칩, 사물인터넷, 클라우드, 휴먼인터페이스, 생성형 인공지능(AI) 등 관련 산업의 발전도 촉진 시킬 것이다. 이러한 지능형 로봇은 제조업용, 전문 서비스용, 개인 서비스용, 로봇 부품 및 부분품, 로봇시스템, 로봇임베디드, 로봇 서비스 등의 분야로 구분된다. 국제로봇연맹(IFR)의 조사에 따르면 로봇 시장은 2022년 282억 달러에서 2030년 831억 달러로 연평균 13%의 성장이 예상된다. 특히 앞에서 언급한 것처럼 서비스 로봇이 성장 초기 단계이지만, 2022년 127억 달러에서 2030년 513억 달러로 급성장하여 제조 로봇 시장의 규모를 추월할 것으로 예상된다. 향후 로봇의 발전 추세는 지능화에 있다고 해도 과언이 아니다. 과거 로봇이 기구를 조작하고 단순한 이동을 제어하는 수준이었다고 한다면, 이제는 인공지능, 클라우드, 사물인터넷 등의 ICT 기술들과의 융합을 통해 인식, 판단, 동작, HRI(Human Robot Interaction, 인간과 로봇간 인터페이스를 통한 상호작용 기술)가 발전할 것으로 예상되고, 중국에는 휴머노이드 로봇이 정점을 찍을 것으로 보인다.

< 그림 4.57. 로봇 시장 성장 전망 >



휴머노이드 로봇은 미국의 테슬라와 아마존 등에서 인간형 로봇을 공개 하면서 더욱 관심을 집중시키고 있다. 이들은 최첨단 ICT 기술과 로봇을 결합하여 그 성능을 극대화하고 있다. 최근 가장 인상적인 휴머노이드 로봇을 공개한 테슬라사의 옵티머스 개발 현황은 다음과 같다. 테슬라는 2021년 인공지능(AI) Day에서 로봇 개발 추진에 대해 처음 공개하였으며, 2022년에는 움직임이 어색한 미완성 로봇(범블비)을 공개하였다. 미완성임에도 불구하고, 개발 속도에 대한 로봇 엔지니어들의 반응은 믿기지 않을 정도로 빠르다며 기대감을 보였다. 테슬라는 2023년 5월 주주총회에서 완전한 모습의 로봇(옵티머스 1세대)을 공개한 후, 2023년 9월 물건을 옮기는 작업과 요가를 하는 영상을 공개하면서, 훨씬 부드럽고 자연스러워진 모습을 보여주었다. 드디어 2023년 12월 13일에 구조적으로 개선된 인공지능(AI) 중심의 로봇(옵티머스 2세대)을 영상으로 선보였다. 이는 상반신 동작 속도가 빨라지고 움직임이 더 부드러워졌으며, 보행 속도는 30% 증가한 모습이었다. 또한 목과 발가락에 관절을 추가하여 보다 인간에 가까운 행동을 할 수 있도록 개선하였다. 매우 짧은 기간에 달성한 점을 고려할 때 앞으로의 개발 속도 및 완성도는 우리가 상상하는 것보다 훨씬 빠를 수 있다고 평가되고 있다. 최근 공개된 옵티머스는 인간의 관절 역할을 하는 액츄에이터(Actuator) 28개를 장착하여, 20Kg 무게의 물건을 옮기거나 68Kg 무게의 물건을 들 수 있도록 제작되었고, 카메라로 입력된 데이터를 3D 인공지능맵에 매핑하여 사물을 인식하거나 이동시 활용한다고 한다.

< 그림 4.58. 테슬라의 휴머노이드형 로봇 >



아울러 휴머노이드 로봇을 공개하는 혁신 벤처기업들도 있는 만큼 예상보다 빠르게 현실에 적용될 것이며, 휴머노이드 로봇은 인간과 공존할 존재로 자리 잡게 될 가능성이 커지고 있다. 현재까지 영상으로 공개된 휴머노이드의 로봇의 경우, 이미 어떤 부분은 상당히 고도화된 모습을 보여주고 있는데, 특히 실시간 대화를 통해 명령을 이해하여 판단한 뒤 정확히 명령을 수행하거나, 미세한 동작도 수월하게 해내는 모습들이 그것이다. 아래 그림은 로봇 개발 스타트업 ‘피겨 AI’社에서 개발한 휴머노이드 로봇 ‘피겨 원’의 시연 장면이다.

< 그림 4.59. 휴머노이드 로봇 실태 >



< 그림 4.60. 휴머노이드 로봇 활용 사례 >



지능형 로봇을 위해 필요한 인공지능(AI) 기술을 지원하기 위해서는 아래와 같은 기술들이 필요하다. 유럽 공동연구센터(EU JRC, Joint Research Center)에 따르면, 기계 학습(Machine Learning), 자연어 처리(Audio &

Natural Language Process), 컴퓨터 비전(Computer Vision Applications), 사물인터넷(Internet of Things), 자동화(Automation), 커넥티드 및 자율주행차(Connected & Automated Vehicles) 등이다. 기계 학습은 로봇이 학습을 통해 어느 정도 자율성을 가지고 행동하도록 하는 기술이고, 자연어 처리는 인간과 로봇의 상호작용 프로세스를 위해 로봇이 사람의 음성 명령을 이해하기 위한 기술이며, 컴퓨터 비전은 로봇의 주변 환경을 인식하고 현재 위치의 상황을 이해하도록 하는 시각적 정보처리 기술과 관련이 있다. 사물인터넷은 여러 지능형 기계의 통합과 조정 활동에 필요한 기술이고, 자동화는 기계에 인공지능 기술을 탑재하여 효율적인 프로세스 구현을 위한 기술이며, 커넥티드 및 자율주행차는 인간이 감독하지 않아도 스스로 움직이면서 복잡한 경로에서도 안전한 이동이 가능하게 하는 기술이다.

제4차 지능형 로봇 기본계획에 따르면, 정부는 로봇 8대 핵심기술을 확보하려는 노력을 진행하고 있다. 2024년 상반기에 향후 10년간 첨단로봇 기술 개발 세부 과제와 일정을 담은 R&D 로드맵을 마련하고, 범정부적으로 로봇 R&D를 확대 추진할 계획이다. 정부가 확보하려는 로봇 8대 핵심기술은 하드웨어 부문 5개와 소프트웨어 부문 3개이다. 하드웨어 부문은 감속기, 서브 모터, 그리퍼, 센서, 제어기 이며, 소프트웨어 부문은 자율이동, 자율조작, HRI 이다. 하드웨어 부문은 5개 하드웨어 부품을 모듈화 및 통합하여 고도화 할 예정이고, 소프트웨어 부문은 ‘클라우드-엣지-디바이스’ 구조를 기반으로 복잡한 작업이 수행 가능한 소프트웨어 플랫폼을 개발하여, 이동성·자율성·지능화를 강화하는 방향으로 추진할 것으로 보인다.

참고로, 지능형 로봇의 국가별 기술 수준 순위는 미국(100), 유럽(95.9), 일본(95.8), 한국(85.6), 중국(81.6) 순이며, 한국은 미국과 0.9년의 기술 격차가 있는 것으로 분석된다. 특히 로봇 산업은 기술 융합 기반의 종합 장치산업이기 때문에, 미래 성장동력을 위해 R&D 투자 확대와 시장 활성화를 지속적으로 추진해야 해나가야 한다. 여기에는 로봇 산업의 중심축이 기존 하드웨어 부문에서 소프트웨어 부문으로 변화하고 있음을 반영해야 할 것이다. KT경제연구소에 의하면, 로봇 산업은 하드웨어와 소프트웨어 등 기반산업 외에 서비스와 플랫폼 등의 전방산업과 네트워크와 빅데이터 등의

후방산업이 있다. 로봇 산업의 생태계는 아래와 같다.

< 그림 4.61. 로봇 산업 생태계 >



제 3 장 제4차 산업혁명 정책 동향 및 전망

제 1 절 정책 동향

4차 산업혁명은 디지털 기반의 과학기술 고도화를 통해 빠르게 진행되고 있으며, 모든 영역을 연결하고, 융합하는 특성을 보여주고 있다. 이처럼 4차 산업혁명 기술은 상호간의 경계를 허물고 융합을 통해 완전히 새로운 형태의 산업 및 사회 패러다임을 창조해내고 있다. 4차 산업혁명은 과거 어느 시기의 산업혁명보다 빠르게 변화하면서 진화하고 있으며, 각 정부는 이를 장려하기 위해 기술적·제도적 정책 등을 적극적으로 제시하는 추세이다. 4차 산업혁명은 제조업의 혁신을 목적으로 시작으로 시작되었는데, 지금은 교통, 에너지, 서비스 등 다양한 산업 분야로 확대되어 발전하고 있다. 이러한 변화는 정보통신기술(ICT)의 고도화가 각 생산 분야의 기술들과 잘 융합되고 있다는 의미이다. 이러한 융합이 결실을 맺어야만 ICT 발전이 사회적으로 더 큰 의미를 가지게 되는 것이다. 선진국에서는 이를 촉진 기술로서의 정보통신기술과 수용 기술로서의 생산기술의 융합으로 표현하고 있으며, 이들의 융합을 4차 산업혁명의 혁신을 성공적으로 추진하기 위해 필수적인 것으로 설명하고 있다.

2016년 스위스 다보스에서 열린 세계경제포럼(WEF)에서 등장한 용어인 4차 산업혁명이 사회, 경제, 문화 등 인류 사회의 전반적인 부분에 큰 변화를 불러오고 있다. 이 혁명은 디지털 기술을 기반으로 한 정보사회를 한 단계 업그레이드 하는 과정을 진행 시키고 있다. 앞서 2장에서 설명한 인공지능 등 다양한 첨단 기술들이 이러한 과정의 기반을 이루고 있다. 크게 네트워크 기술과 인공지능 기술의 발전 및 융합으로 과거에는 영화에서만 실현되었던 것들이 이미 부분적으로 현실에서 실현되어 가고 있다. 이러한 변화는 생산의 효율성과 안전성 등을 높이고 산업구조의 대대적인 변화를 촉발하고 있으며, 사회 전반의 파괴적 혁명을 창조하고 이를 통해 새로운 가치를 창조해내고 있다. 과거로부터 과학기술의 수요를 꾸준히 이끌었던 국방

산업도 4차 산업혁명의 기술을 통해 큰 변화를 맞이할 것으로 예상된다. 각국이 4차 산업혁명을 위해 추진한 전략으로는 독일의 ‘인더스트리 4.0 (Industrie 4.0)’, 미국의 ‘첨단 제조(Advanced Manufacturing)’, 중국의 ‘중국제조 2025’, 일본의 ‘재흥 전략 및 로봇 신전략’, 영국의 ‘고가치 제조전략(High Value Manufacturing Strategy)’, 네덜란드의 ‘스마트 인더스트리 (Smart Industry)’ 등이 있다.

최근 세계적으로 우크라이나 전쟁과 이스라엘 팔레스타인 분쟁 등이 동시다발적으로 일어나고 있어, 특히 강대국들은 4차 산업혁명 과학기술을 기반으로 군사력 강화를 추진하고 있다. 미국의 국방추진전략은 2014년에 러시아, 중국 등 경쟁국들에 대한 우위를 확보하기 위해 제3차 상쇄전략을 발표하였고, 인간과 기계의 전투 조합 기술과 자율무기 기술 등 5대 중점 기술 분야를 채택하는 전략을 추진 중이다. 러시아는 국가무장계획(2018~2027년)에 입각한 무기 현대화를 추진하고, 인공지능(AI)기반 무기체계의 지능화 및 효율화를 추진하는 전략을 진행 중이다. 중국은 미국 DARPA⁴⁷⁾와 유사한 역할을 하는 중앙군사위원회⁴⁸⁾를 창설하였고, 인공지능(AI), 무인 자동차, 로봇공학 등 5대 중점 기술 분야를 채택하는 전략을 추진 중이다. 더불어 이들 국가 모두 사이버전과 전자전 분야에 대한 전략을 지속 추진하고 있는 것으로 분석된다.

4차 산업혁명이라는 용어는 2016년 다보스에서 열린 세계경제포럼(WEF)에서 클라우스 슈밥 회장이 언급하면서 대중에게 알려지기 시작하였다. 쉰 세계 4차 산업혁명 정책의 시발점이라고 할 수 있는 독일의 ‘인더스트리 4.0’ 정책은 사이버-물리 시스템을 기반으로 한 스마트 공장을 구축하여 제조업 경쟁력을 확보하기 위한 제조업 발전전략에서 시작되었다. 독일 인더스트리 4.0의 궁극적인 목표는 공장 자동화라는 새로운 혁신 플랫폼을 만들어 공급하고, 차세대 글로벌 제조업 생산시스템을 독일 중심으로 재편

47) DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency) : 미국 국방성 산하의 연구 개발 기관으로서 인터넷의 원형인 ARPANET을 개발하였으며, 미국 국가안보를 위한 획기적인 기술에 중추적인 투자를 하는 기관이다. (Page 20 참조)

48) 중앙군사위원회 : 중국 인민해방군을 포함한 중국 내 모든 무장역량(武裝力量)을 총괄 지도하는 기관이다. 당 중앙군사위원회 창설은 1954년이나, 여기에서 언급한 창설은 국가 중앙군사위원회로서 시기는 1983년이다. 참고로 중국 인민해방군은 국가의 군대가 아닌 중국공산당의 당군이다. 이러한 이유로 행정적으로 한 기관 두 이름을 가지고 있으며, 위원회 구성 멤버는 동일하다.

하려는 것이다. 또한 인더스트리 4.0은 기업 내부의 의사결정 능력 및 제조업 경쟁력 향상뿐 아니라, 유연하고 민주적인 사회시스템을 구축하여 경제 발전에 기여할 것으로 보인다.

<독일>의 스마트 제조 혁신은 2006년 ‘첨단기술전략’을 최초로 수립한 후, 2010년 ‘첨단기술전략 2020’으로 보완하고, 2014년 ‘신 첨단기술전략’으로 다시 보완하는 과정을 거쳐, 2018년 ‘첨단기술전략 2025’를 발표하는 등 4년마다 첨단기술전략을 지속적으로 보완하고 발전시켜 왔다. 독일 정부는 첨단기술전략을 통해 연구개발 프레임 워크를 제시하고 협력을 추구하도록 유도한 것이다. 독일 정부는 2010년 발표한 ‘첨단기술전략 2020’에서 첨단 기술을 실제로 활용할 수 있는 11대 프로젝트를 제시했고, 2014년 ‘신 첨단기술전략’에는 기술이 복지와 삶의 질 향상에도 기여할 수 있도록 경제 및 사회제도 변화까지 포함하였다. 가장 최근에 제시된 ‘첨단기술전략 2025’에는 기술혁신을 통해 대응해야 할 사회적 도전과제를 구체화 하는 등 지속적이고 강력하게 전략을 추진하고 있다. ‘첨단기술전략 2025’에는 3대 분야 12개 추진과제가 구체화 되어 있는데, 그림 4.1. 독일의 첨단기술전략 2025(28페이지)가 그것이다.

< 그림 5.1. 독일 스마트 제조 관련 정책 및 활동 >



또한, 2011년 ‘인더스트리 4.0’이 독일의 스마트 제조 및 디지털 전환의 핵심 정책으로 발표된 후, 2015년 인더스트리 4.0을 수행하기 위해 2013년에 구성된 ‘플랫폼 인더스트리 4.0’를 공식적으로 출범시켜 이를 더욱 확산시켜 나가기 시작하였다. ‘플랫폼 인더스트리 4.0’은 제조공정의 표준화, 디지털화, 제도 정비 및 인력 육성, 데이터 보안 등을 핵심적으로 추진한다.

< 그림 5.2. 독일의 인더스트리 4.0과 플랫폼 인더스트리 4.0 >

구분	인더스트리 4.0 (2011-2013년)	플랫폼 인더스트리 4.0 (2013-2015년)
주체	3개 제조업 협회	경제에너지부 및 교육연구부
형태	연구 아젠다 중심 '첨단기술전략 2020 액션플랜'의 11개 프로젝트에 포함된 형태	정부기관의 책임 하에 산학연이 함께 참여하는 정부의 핵심추진과제
핵심추진 과제	인더스트리 4.0 개발 / 발전 및 적용전략 도출	5개 핵심주제별 실제 적용가능한 결과물 도출 (플랫폼 및 표준, 연구 및 혁신, 사이버 보안, 법/제도적 조건, 인력양성 및 교육)
워킹그룹	① Smart Factory ② Real Invironment ③ Economic Environment ④ Human Beings & Work ⑤ Technology Factor	① Architectures, Standards and Norms ② Technology and Application Scenarios ③ Security of Networked Systems ④ Legal Framework ⑤ Work, Education and Training ⑥ Digital Business Models in Industrie 4.0

이를 위해 독일은 SCI(Standardization Council Industrie) 4.0과 LNI(Labs Network Industrie) 4.0을 조직하여, 표준화 및 산업현장에서의 검증 역할까지 할 수 있도록 하였고, 아래와 그림과 같이 4차 산업혁명 생태계를 구성했다.

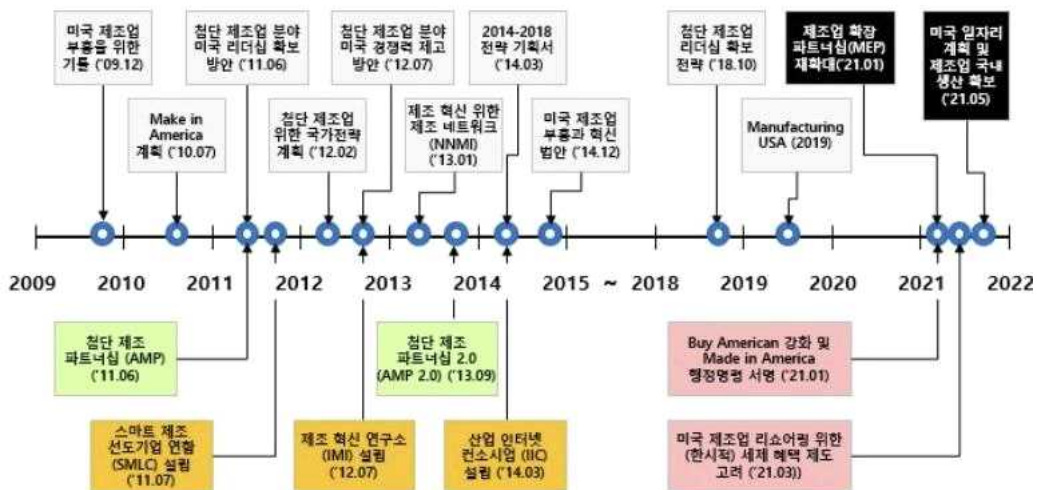
< 그림 5.3. 독일 4차 산업혁명 생태계 >



이처럼 독일은 4차 산업혁명 선도국으로서 기존 모델을 정립하여 전략을 수립하고 이를 지속적으로 보완 발전시켰으며, 사회적 합의를 꾸준히 하여 단순한 기술혁신으로만 국한하지 않고 그로 인한 사회적 변화까지도 함께 고민하여 정책에 반영하는 지혜로운 과정을 거쳐왔다. 이로써 대내외적으로 안정적인 4차 산업혁명의 패러다임을 완성하여 공유하는 등 산업혁명의 리더로서의 위상을 정립한 것으로 평가되며, 그 다음 미래를 위해 이미 2020년부터 ‘인더스트리 5.0’에 대한 논의를 시작하였다.

<미국>의 스마트 제조 혁신 정책은 연방정부의 강력한 추진력과 역할 축소라는 부침을 겪으며, 정책의 주도권이 실리콘 벨리로 넘어가는 양상으로 나타났다. 이로 인한 공장이 없는 실리콘벨리형 혁신으로 아웃소싱 현상이 나타났고, 제조업 분야는 미국의 중심 산업에서 밀려났다. 미국은 2009년 오바마 행정부 시절 ‘미국 제조업 부흥을 위한 기틀’을 시작으로 다양한 제조업 부흥 및 경쟁력 강화를 위한 정책들이 제시되었다. 이를 미국의 ‘첨단 제조(Advanced Manufacturing)’ 정책이라 하며, 독일의 ‘인더스트리 4.0’ 정책과 유사한 성격을 갖고 있다. 또한 코로나19 이후 제조업은 스마트화 및 디지털화에 포커스를 두기 시작했으며, 트럼프와 바이든 정부에서도 미국 제조업의 리쇼어링⁴⁹⁾을 지원하는 정책을 강력하게 추진하고 있다.

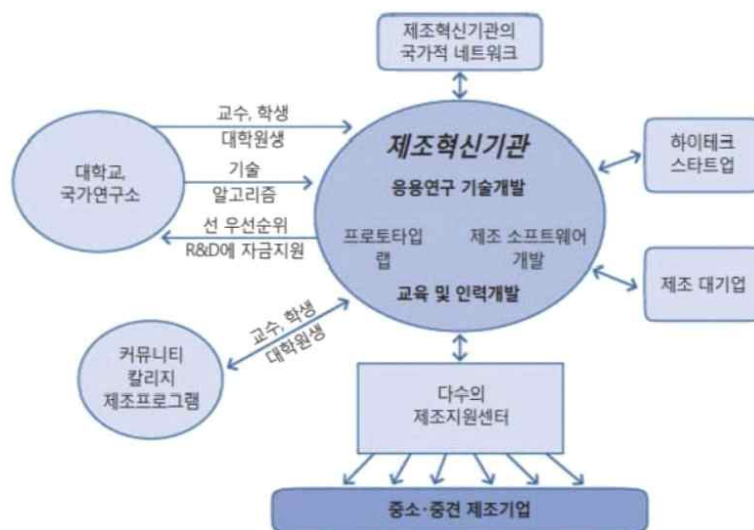
< 그림 5.4. 미국의 첨단 제조업 정책 및 활동 >



49) 리쇼어링(Reshoring) : 리쇼어링은 해외에 진출한 국내 제조 기업을 다시 국내로 돌아오도록 하는 정책이다. 저렴한 인건비를 이유로 해외로 공장을 옮기는 오프쇼어링(Offshoring)과 반대 의미이다.

오바마 행정부는 첨단 제조업(Advanced Manufacturing)을 국가 혁신의 근간으로 삼고, 신기술 중심의 제조업 부흥의 필요성을 제기하였으며, 관련 정책들을 지속적으로 마련해 나갔다. 2009년에는 ‘미국 제조업 부흥을 위한 프레임 워크’를 제시하였고, 2010년에는 美 의회 하원에서 ‘미국에서 제조하기(MIIA, Make It In America)’ 계획을 입법하였다. 이어서 2011년에는 대통령 직속 과학기술자문위원회(PCAST)에서 ‘첨단 제조업 분야에서의 미국 리더십 확보 방안’ 정책을 수립하여 첨단 제조업 육성을 위한 방안을 제시하고 첨단 제조업 구상(AMI, Advanced Manufacturing Initiative)을 출범시켰으며, 동시에 ‘첨단 제조업 파트너십(AMP, Advanced Manufacturing Partnership)’ 정책을 수립하여 첨단 제조업 활성화를 위한 정책을 제시하였다. 2012년에는 기존 ‘첨단 제조업 파트너십(AMP)’의 세부정책인 ‘AMP 2.0’을 발표했으며, 同 시기에 국가과학기술위원회(NSTC)에서 ‘첨단 제조업을 위한 국가전략계획’ 정책을 수립하고, 2013년에는 ‘제조 혁신을 위한 국가 네트워크(NNMI, National Network for Manufacturing Innovation)’ 정책을 수립하여 국가 네트워크 로드맵을 제시하였다.

< 그림 5.5. 미국 제조혁신네트워크(NNMI) 모델 >



2014년에는 NNMI를 구축하는데 필요한 예산 등에 대한 정부 자금 투자, 기업 지원 내용 및 추진방안 등을 담은 ‘미국 제조업 부흥과 혁신(RAMI, Revitalize America Manufacturing and Innovation)’법안이 마련되었으며, 이 법안은 ‘제조혁신연구소(IMI, Innovative Manufacturing Initiative)’를

미국 쏘 지역에 구축하여 대규모의 자금을 투입하는 것이 목적이었다.

< 그림 5.6. 미국 제조혁신연구소(IMI) 현황 >



2018년에는 ‘첨단 제조업 리더십 확보 전략’ 정책을 수립하여 산업 전반에 걸쳐 첨단 제조업을 선도하기 위한 전략들을 제시하였다. 2021년에는 기존의 ‘제조업 확장 파트너십⁵⁰⁾(MEP, Manufacturing Extension Partnership)’의 재확대를 통해, 現 바이든 정부는 ‘혁신’, ‘동맹’, ‘견제’를 기본요소로 하는 산업정책을 추진중이다. 현재 미국은 신기술의 우위와 첨단 제조 발전에 맞추어 정부와 기업이 협력하는 구조를 제시하고, 기존 동맹강화 및 새로운 동맹의 다양화를 통한 민주적 우방국들과의 공동능력 강화를 강조하며, 중국의 기술 취득과 이전을 차단하고 기술 추격을 견제하기 위한 전략을 핵심 축으로 산업정책을 추진하고 있다. 또한 2021년부터 미국 제조업 리쇼어링을 위해 세계 혜택을 고려하기 시작했으며, 미국 기업뿐만 아니라 대만 반도체 회사인 TSMC와 우리나라의 삼성전자에게도 반도체 제조를 미국 내에서 하도록 유도하는 모습도 이와 관련 있다고 볼 수 있다.

지금까지 살펴본 미국의 첨단 제조업 부흥 전략을 수립 및 수행하기 위해 정부부처 및 산하 실행기관을 가지고 있으며, 민간에서도 컨소시엄을 구성하여 다양한 실행조직들이 활동하고 있다. 먼저 정부부처 및 산하 실행기관

50) 제조업 확장 파트너십(MEP) : 미국 국립표준기술연구소(NIST)가 1898년부터 운영하는 제조기업 대상의 기술 채택 및 활용을 지원하는 프로그램이다. 미국 전역에 51개의 센터(각 주 및 푸에르토리코 소재)가 있으며, ①생산공정 개선, ②제품혁신 촉진, ③기술 역량 업그레이드를 목적으로 구축되었다.

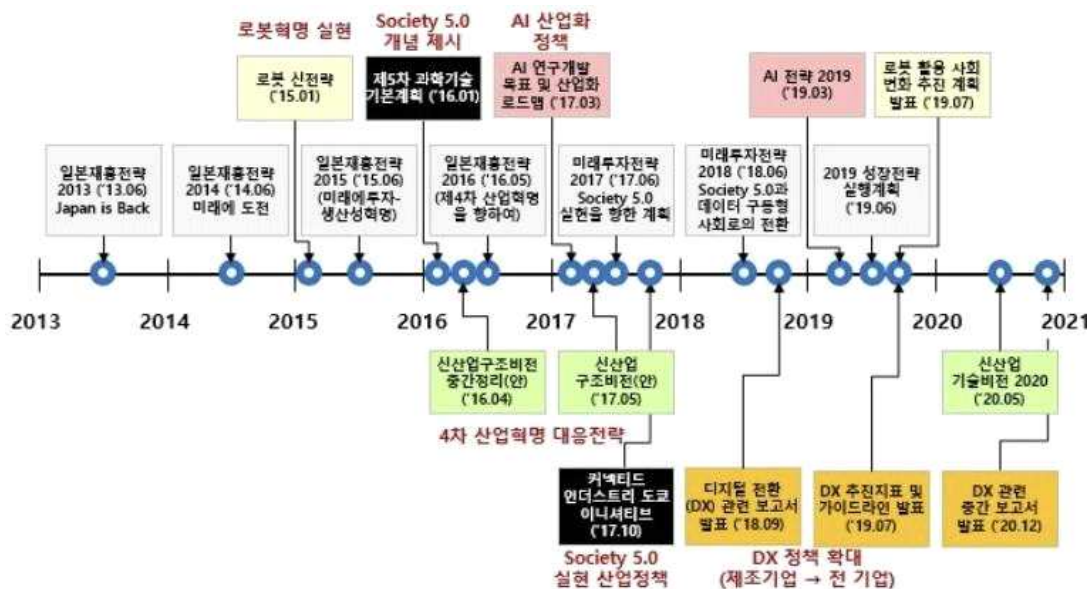
으로는 대통령과학기술자문위원회(PCAST), 첨단제도국가프로그램사무국(AMNPO), 제조혁신네트워크(NNMI), 제조혁신연구소(IMI) 등이 있으며, 민간에는 IIC, Allseen Alliance, Open Interconnect Consortium, Thread 등이 있다. IIC는 GE(General Electric)社를 중심으로 산업인터넷과 사물인터넷(IoT) 보급을 추진하고 있으며, Allseen Alliance는 MS(Microsoft)社를 중심으로 사물인터넷의 정보공유와 지능정보 실현을 위한 공동시책을 추진하고 있다. Open Interconnect Consortium은 Cisco社를 중심으로 다양한 산업 분야에서 응용할 수 있는 표준통신 프레임 워크를 정립할 목적으로 활동하고 있으며, Thread는 가정에서 사용하는 주변기기의 보안성 및 상호운용을 위해 홈오토메이션(OA) 네트워킹 프로토콜 설계 및 개발을 목적으로 설립되었다.

지금까지 살펴본 바와 같이 미국은 위축되어 있던 제조업을 첨단 기술 중심의 제조업으로 부활시키기 위해 연방정부가 적극적으로 개입하여 정책을 지속적으로 추진해 왔으며, 기술 중심의 R&D 투자와 리쇼어링, 세제혜택, 그리고 혁신, 동맹, 견제라는 기본 틀 안에서 산업정책을 추진하고 있다. 나아가 ICT 기술을 활용하여 제조공정을 혁신하려는 기업에게는 필요한 경제적 지원을 추진하고 있다. 미국은 강력한 경제력과 군사력을 기반으로 하여, 동맹국을 중심으로 관련 정책을 수립 및 실행하고 있다. 미국은 지금의 리더십을 잃지 않기 위해 때로는 동맹국에게도 손해나 피해를 감수하기를 원하고 있다. 미국의 관련 정책들은 글로벌하게 영향을 미치기 때문에, 우리의 정책수립 과정에서도 함께 살펴보고 그 파급력이나 영향력도 고민해야 할 대상이다.

<일본>의 스마트 제조 혁신 정책은 매년 수립되는 정부의 ‘국가성장전략’을 중심으로 추진하는 구조로 이루어지고 있다. 앞에서 언급한 ‘국가성장전략’이 명칭은 변경되어 왔으나, 전체적인 방향은 일관성 있게 추진하고 있다. 명칭의 변화는 2013~2016년 기간에는 ‘일본재흥전략’으로 사용되었고, 2017~2018년 기간에는 ‘미래투자전략’으로, 2019년부터는 ‘성장전략실행계획’이라는 명칭을 사용하고 있다. 일본은 2013년부터 사회문제 해결과 경

제성장을 위해 로봇 분야를 선정하여, 이를 활용한 생산성 제고와 비즈니스 혁신으로 경쟁력 향상을 위한 정책을 추진하였다. 2016년에는 스위스 다보스에서 열린 세계경제포럼(WEF)에서 ‘4차 산업혁명’이 언급되기 시작하면서 미래 사회 구현을 위한 ‘Society 5.0’이라는 개념을 발표하였고, 다음 해에는 Society 5.0을 실현하기 위한 ‘Connected Industries’라는 개념과 전략을 발표하였다. 현재 ‘Connected Industries’는 일본의 4차 산업혁명 대응을 위한 핵심 전략이며, 스마트 제조는 이 핵심 전략의 5대 중점 추진 분야 중 하나이다. 또한, 4차 산업혁명에 대응하고 Society 5.0을 실현하기 위해 로봇, 인공지능(AI), 빅데이터, 사물인터넷(IoT) 등을 핵심기술로 지정하고, 기술별 정책도 함께 추진하고 있다. 일본은 로봇에 대한 관심도가 높아짐에 따라 스마트 정책 초기에 로봇 등 첨단 기술을 활용한 제조업 고도화에 초점을 두었으나, 2017년부터는 ‘Connected Industries’ 개념과 ‘인공지능 기술’ 활용을 고려하여 대대적인 디지털 전환(DX)을 추진하고 있으며, 추세는 지속적으로 가속화되고 있다.

< 그림 5.7. 일본의 스마트 제조 관련 정책 및 활동 >



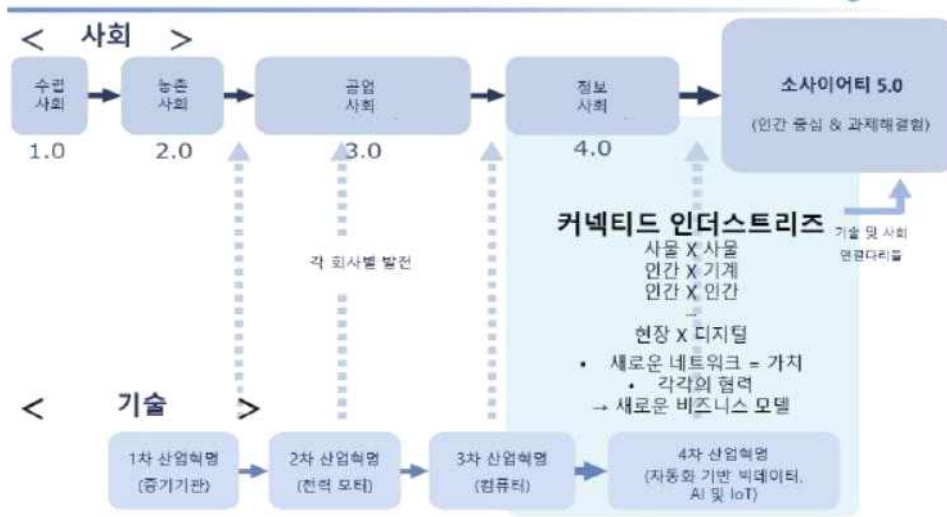
앞에서 언급했듯이 일본은 정부 차원의 ‘일본재흥전략’과 ‘미래투자전략’을 통하여 미래세대 전략 분야를 선정하여, 세부 목표를 구체적으로 제시하고 민·관 합동으로 경제성장을 추진하는 전략을 실시하였다. ‘일본재흥전략’에 포함된 과학기술 분야 7개 과제 중 전략적 혁신 창조 프로그램을 추진

중인데, 이 프로그램은 산·학·관 협력체제로 자율주행 등 Society 5.0과 관련된 연구 및 실증 실험을 지원하는 사업을 수행한다. 2016년에는 4차 산업혁명의 논의가 본격화됨에 따라, 2016년 ‘일본재흥전략’에서는 인구감소 현상을 반영하여 생산력 혁신전략, 유망 신성장 시장 창출 전략, 4차 산업혁명 대응 인재 육성전략 등을 포함하였다. 특히 최첨단 스마트 공장(Smart Factory) 실현 등을 제시하였고, 인공지능(AI)과 로봇 등을 활용한 산업구조의 대대적인 전환을 통해 4차 산업혁명에 대응한 성장전략을 수립하였다. 다양하게 활용되는 ICT 기술의 보안성을 확보하기 위해 사이버보안 정책도 함께 제시되었다. 그 외 다양한 산업 분야에서 새로운 비즈니스를 창조하기 위해 민관 협력을 적극적으로 추진하고 있다. 또한 2016년 제5차 과학기술 기본계획(2016~2020)을 통해 새로운 미래 사회 구현을 위해 ‘Society 5.0’이라는 개념을 제시하였다. 이 개념은 인공지능, 로봇, 사물인터넷 기술을 등을 중심으로 사물인터넷 등으로 수집된 빅데이터를 인공지능 기술로 처리하여 기계가 일을 실행하는 것을 구현하기 위한 개념이다. 이 Society 5.0의 실현을 향한 개혁이라는 제목으로 2017년에는 ‘미래투자전략 2017’이 제시되었고, 이 전략에는 건강수명 연장, 이동 혁명 실현, 공급망 첨단화, 쾌적한 인프라 도시 구축, 핀테크⁵¹⁾ 등의 구현에 초점을 맞추고 있다. 또한 2017년 최초로 ‘Connected Industries’를 제시하고, 이를 구현하기 위해 ‘Connected Industries 도쿄 이니셔티브 2017’을 발표한다. ‘Connected Industries’는 사물과 사물, 인간과 인간, 인간과 기계 등 다양한 연결을 통해 새로운 부가가치를 창출하는 산업사회를 의미한다. 또한 ‘Connected Industries 도쿄 이니셔티브 2017’에는 자율주행·모빌리티, 바이오·소재, 스마트 라이프, 플랜트·인프라 보안, 모노즈쿠리⁵²⁾·로보틱스 등 5대 중점 분야와 각 분야에 정책자원을 집중적으로 투입하는 계획이 포함되어 있다. 참고로 일본은 스마트 제조와 관련해서 데이터에 초점을 맞추는 모습을 보여주고 있다. 현재 ‘Connected Industries’의 논의는 주로 정부 기관과 협회가 주도하고 있으나, 분야별 주요 기업과 단체가 디지털화 및 혁신화를 위해 함께 논의하는 모양새이다.

51) 핀테크(FinTech) : 금융(Financial)과 기술(Technology)의 합성어로, 모바일, 빅데이터, SNS 등의 첨단 정보 기술을 기반으로 하는 금융서비스 및 산업의 변화를 통칭한다.

52) 모노즈쿠리(物作り) : 물건을 뜻하는 ‘모노’와 만들기를 뜻하는 ‘즈쿠리’의 합성어로, 혼신의 힘을 다해 최고의 제품을 만드는 것을 의미한다.

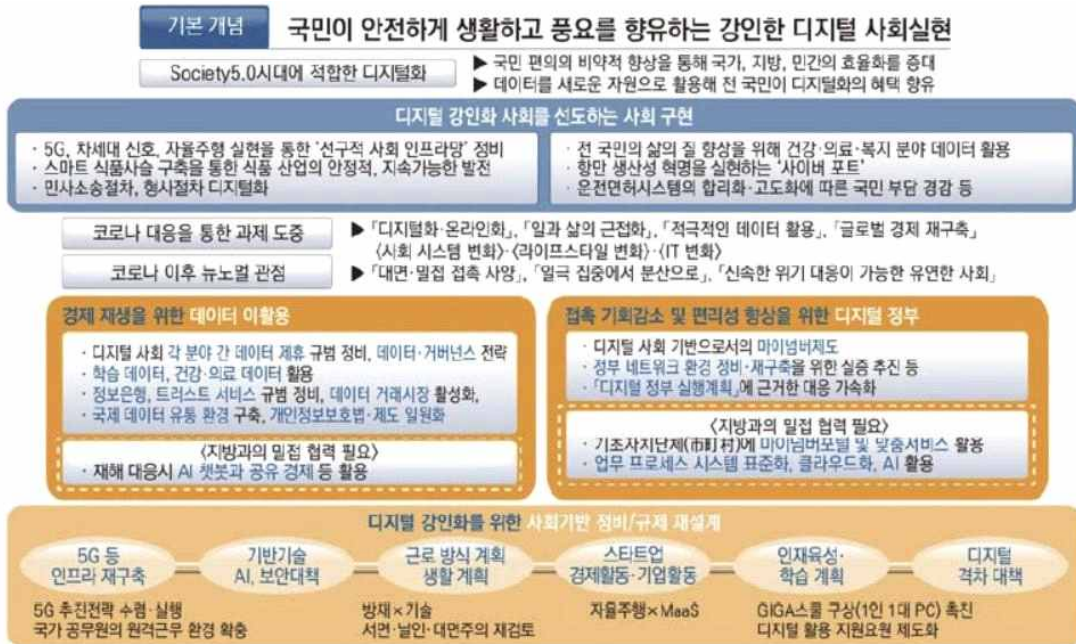
< 그림 5.8. Connected Industries와 Society 5.0 이해 >



2018년에는 Society 5.0과 데이터 구동형 사회로의 변화라는 제목의 ‘미래투자전략 2018’에서는 미래 사회 전략 분야를 5개로 구분하고, 11개 플래그십 프로젝트를 제안하였다. 5개 분야를 생활·산업, 경제활동 기반, 행정·인프라, 지역·커뮤니티·중소기업, 인재 등으로 구분하고 있으며, 11개 플래그십 프로젝트에는 이동성, 헬스케어, 산업, 에너지, 핀테크·블록체인, 디지털정부, 인프라, 농림수산업, 지역, 중소기업, 관광·스포츠·문화예술 등을 포함한다. 스마트 제조와 관련하여 데이터에 초점을 맞추고 있는 일본은 데이터 구동형 사회를 성공적으로 정착시키기 위해 디지털 기술에 의해 산업 현장에서 수집된 빅데이터를 활용하겠다는 의지이며, 이를 통해 경제를 도약시키고자 하는 것이다. 2020년과 2021년에 각각 의결된 ‘성장전략 실행 계획’은 예기치 못한 코로나19의 영향을 받아 코로나19 대응 및 기업 재생을 위한 법제도 검토 등을 포함하였다.

일본 정부는 ‘디지털 강인화 사회’의 실현하기 위해 ‘세계 최첨단 디지털 국가 창조 선언 및 민·관 데이터 활용 추진 기본계획’을 2020년에 수립하였다. 추진 배경은 쉼 세계가 공통적으로 인식하고 있는 코로나19로 인해 촉발된 디지털 사회가 향후 점차 가속화될 것으로 예측되는 가운데 그 중요성이 더욱 커지고 있기 때문이다. 이 기본계획의 주요 내용은 코로나19 감염 확대 방지, 근로방식과 학습 및 생활개혁, 방재기술을 바탕으로 한 재해 대응, 사회기반 정비, 규제 재설계 등이다.

< 그림 5.9. 디지털 강인화 사회에서의 ICT 신전략 추진도 >



일본은 로봇과 인공지능 정책에 정성을 쏟아 붓고 있다. 일본 정부는 서비스와 제조업 부분의 생산성을 향상시키고, 인구감소 등으로 인한 노동력 부족 문제를 해결하기 위해 일찍부터 로봇 산업에 관심을 가져왔다. 특히 제조용 로봇의 생산과 활용 등 관련 분야에서 로봇 강국의 지위를 유지하고 있으며, 2014년에는 OECD 각료 이사회에서 로봇에 의한 산업혁명으로 경제성장을 도모할 것이라고 선언한 바 있다. 이어서 2015년에는 로봇 산업의 경쟁력을 강화하고, 앞서 선언한 바와 같이 로봇 중심의 4차 산업혁명 전략을 추진하기 위해 ‘로봇 신전략’을 발표하였다. 여기에 언급된 로봇이란 디지털 및 네트워크 기술, 첨단 센서 및 인공지능을 활용하여 작업을 실행하는 시스템으로 정의하고 있다. 해당 신전략에는 로봇 창출력 강화, 로봇의 활용과 보급, 세계가 주목할 로봇 혁명의 전개와 발전이라는 3대 축을 중심으로 전략을 세우고, 이를 통해 가까운 미래에 로봇 혁명을 실현하고자 하는 것이다. 이후 로봇 산업의 경쟁이 심해짐에 따라 2019년에 ‘로봇을 활용한 사회변화 추진계획’을 발표하여, 문화·스포츠·과학기술 로봇의 사회적 구현을 가속화하고 로봇 활용의 확대를 통한 사회적 변화를 촉진하기 위한 대책을 연구하기 시작했다. 이를 위해 ‘로봇 구현 모델 구축 태스크 포스’와 ‘미래 로봇 공학 엔지니어 개발 위원회’를 운영하였다.

더불어 인공지능(AI) 정책도 구체화하기 시작했다. 특히 잃어버린 30년이라고 불리는 경제 침체를 극복하고 초스마트 사회 실현을 위해 인공지능 기술 개발에 대한 시급성을 인식하고 인공지능(AI) 기술 정책을 관장하는 컨트롤타워를 설치·운영하고 있다. 이러한 추세는 기존 ‘로봇 기술을 활용한 생산성 혁명’에서 ‘인공지능을 통한 사회문제 해결 및 기술 진보’라는 전략으로 한 단계 더 구체화 되었다.

일본의 스마트 제조 관련 정책은 초기에 ‘제조업의 디지털화’에 집중한 반면, 앞서 설명한 바와 같이 점차 데이터의 중요성을 인식하면서 데이터 중심의 정책에 집중하였고, 이를 통해 비즈니스 생태계를 조성하는 방향으로 추진되고 있다. 또한 일본 제조업의 약 80%가 기술적 노후화와 ICT 시스템의 복잡·비대화 등으로 인해 문제로 시스템 운영 관리가 치명적으로 심각한 수준에 처해 있었다. 이로 인해 발생할 수 있는 경영 및 사업 진행의 부담은 기업을 경쟁 산업에서 도태시키거나 뒤처지게 할 위험까지 내포하고 있었기 때문에, 이를 해결하기 위한 산업별 디지털 전환(DX)을 추진하였다.

지금까지 살펴본 바와 같이, 독일 제조 혁신의 핵심 개념인 ‘인더스트리 4.0’에 비견되는 일본 제조 혁신의 핵심 개념은 ‘Society 5.0’이다. 또한 일본 정부는 ‘Society 5.0’ 개념을 구현하기 위한 ‘Connected Industries’라는 개념을 추가로 제시하여, 이들을 통한 국가의 장기 비전을 제시하는 일관된 정책을 추진하였다. 일본 정부는 국가 장기 비전 추진과 함께 로봇 혁명을 목표로 하는 ‘로봇 신전략’을 발표하고, 로봇의 사회적 구현 가속화를 위한 ‘로봇을 활용한 사회변화 추진계획’도 발표하였다. 그리고 인공지능(AI)과 디지털 전환(DX)에 대한 중요성을 인식하여 관련 분야 정책을 수립하였고, 그 과정에서 민·관 협력을 강조하여 의견 반영 등 민간 참여를 적극 장려하였다.

<한국>의 스마트 제조 혁신 정책은 중소 제조기업의 경쟁력 제고와 디지털 전환(DX) 지원을 위해 기업들의 스마트 제조 및 스마트 공장 적용 확대를 중심으로 추진 중이다. 이를 위해 ‘스마트 공장 보급·확산 사업’을 추진하

고, ‘탄소 중립형 스마트 공장’도 보급하였다. 우리나라는 스마트 제조 혁신 정책을 중앙정부 주도로 정책을 수립·추진하고 있으며, 관련 부처는 과학기술정보통신부(이하 과기정통부), 산업통상자원부(이하 산통자원부), 중소벤처기업부(이하 중소벤처부) 등이 있다. 우리나라의 경우, 기술력 확보를 위한 스마트 제조 혁신 기술 개발 사업은 과기정통부와 중소벤처부에서 주관하고, 스마트 산업 단지 조성 관련 사업은 산통자원부에서 주관하며, 중소제조기업의 스마트 공장 보급 및 확산은 중소벤처부에서 주관하고 있다. 향후 이미 보급되고 확산된 스마트 공장의 고도화를 위해 인공지능, 로봇, 빅데이터 등의 기술들이 본격적으로 적용될 것으로 예상된다. 현재 이러한 고도화를 위해 인공지능 데이터 기반의 ‘제조 혁신 고도화 전략’이 마련되어 추진 중이나, 다소 시간이 걸릴 것으로 예측되고 있다. 이는 정부의 정책에도 불구하고 스마트 제조 혁신을 위한 협력이 정부와 산업계 그리고 대기업과 중소기업 간으로 국한되어 있고, 협력의 대부분이 스마트 공장의 보급을 위한 것이기 때문이다. 2022년부터 과기정통부와 중소벤처부가 공동으로 스마트 제조 혁신 관련 기술 개발 사업을 실시하고 있으며, 관련 첨단 기술력을 확보하기 위해 R&D 지원 및 다양한 국가와 글로벌 협력을 추진하고 있다. 이와 더불어 스마트 공장의 확산과 함께 이로 인해 변화하는 노동 근로환경을 개선하여, 공장의 생산성과 근로자의 삶의 질을 동시에 향상하는 목표를 가지고 정부와 노사가 함께 협력하고 있다. 덧붙이면 그 동안의 산업혁명이나 4차 산업혁명 모두 인간이 그 중심에 있기 때문에, 기술의 발전으로 인한 높은 생산성 이면에 관련 노동자의 삶의 질 변화도 주목해야 할 것이다. 사회적 안정과 갈등 최소화를 위해 그리고 인간의 기본권을 위해 이들의 삶의 질 저하가 연착륙 할 수 있도록 배려가 필요하다. 역사를 보더라도 새로운 기술의 대두는 기존 기술의 사용을 줄이게 되며, 여기에 속했던 산업이나 근로자의 생산성은 낮아지고 이와 함께 삶의 질도 낮아지는 악순환이 일어나기 때문에, 기술의 진보라는 방향성을 견지하면서 정부와 노사가 함께 협력하여 지혜로운 방법을 찾아가는 과정이 반드시 필요할 것으로 보인다. 이를 위해 정부는 ‘노사파트너십 프로그램’ 소요 비용의 일부를 지원하고 있으며, 코로나19 이후 불어닥친 디지털화의 거센 바람에 적응하기 위해 관계부처 합동으로 ‘포스트 코로나시대 일터혁신 추진방안’ 등도 마련하고 있다.

제 2 절 향후 전망

초고속 통신망은 클라우드, 사물인터넷, 인공지능, 자율주행, 메타버스 등 다양한 ICT 서비스가 성장하면서 그 수요가 크게 증가할 것으로 전망된다. 인간이 도로나 철도 인프라를 통해 서로 떨어진 곳을 빠르게 이동 했듯이 모든 시스템이 결국은 네트워크로 연결되는 미래사회에는 초고속 통신망이라는 인프라를 통해 엄청난 양의 데이터가 빠르게 이동할 것이다. 도로나 철도 인프라가 도시나 국가를 발전시켰듯이 초고속 통신망 인프라도 미래 사회의 발전을 이끌 기본 인프라임은 자명하다. 6세대 이동통신(6G)에 기술에 전세계의 이목이 집중되고 있는 상황이 지속되고 있다. 각국 정부는 이 기술을 선도하기 위해 동분서주하고 있으며, 현재는 국제 이동통신 표준화 협력기구(3GPP)가 6G의 표준을 2030년까지 제정하기로 하였다. 앞서도 설명했듯이 6G 기술은 빠른 속도(이론상 최고속도 1Tbps)와 저지연(0.1ms)특성을 가진다. 속도는 5세대 이동통신(5G)에 비해 50배 빠른 수준이며, 지연 속도는 5G에 비해 10분의 1 수준이다. 향후 앞에서 언급한 다양한 미래 ICT 서비스들이 상용화되는 경우 6G는 서로를 연결하는 필수 인프라로 자리잡을 것이다.

반도체 산업은 그야말로 칩 전쟁이 진행중이다. 기존 반도체 질서는 미국이 설계, 일본이 소재와 장비 공급, 대만과 한국이 제조를 담당하는 구조였지만, 중국의 도전으로 美·中 간 무역제재와 첨단산업 생태계 제재 등으로 인해 전세계가 반도체 칩 전쟁의 소용돌이에 휘말려 있다. 최근 인공지능 칩과 자율주행 칩의 수요가 증가하면서 엔비디아의 주가가 로켓처럼 상승한 현상을 보면 향후 관련 칩의 수요가 얼마나 폭발적으로 증가할 것인지를 예측할 수 있다. 딜로이트의 리포트에 따르면 반도체 칩 산업 규모는 2020년 4,400억 달러에서 연평균 8.6% 성장하여, 2030년에는 1조 달러에 이를 것으로 전망하고 있다. 또한 2027년에는 인공지능 칩이 전체 반도체 칩의 50%를 넘을 것으로 전망하고 있다. 산업의 쌀로 불리우는 반도체는 산업의 핵심소재로 미래사회에는 없어서는 안 될 필수 부품이다. 기술이 자동화, 스마트화 되는 과정에서 반도체 수요는 앞으로 폭발적으로 증가할 것이다.

글로벌 빅 데이터 시장 규모는 2022년 1,603억 달러에서 연평균 13.9% 성장하여, 2030년에는 3,993억 달러에 이를 것으로 전망하고 있다. 이는 시

장조사기관 VMR(Verified Market Research)의 ‘글로벌 빅 데이터 시장’ 연구보고서에 따른 전망이다. 빅 데이터 분석은 기업들에게 매우 유용하고 중요한 핵심 기술이다. 이를 통해 비즈니스에 유용한 통찰력을 얻을 수 있기 때문인데, 미래 상황을 예측하고 리스크를 관리하며 최적의 의사결정을 내릴 수 있다. 데이터는 통계로서 미래 상황을 예측하는데 유용한 지표이다. 경호활동에서도 존안된 관련 행사 데이터들을 분석하여, 동일하거나 유사한 장소나 상황에서 발생할 수 있는 위협요소들을 기술적으로 들여다 볼 수 있을 것으로 판단된다. 무엇을 들여다 볼 것인가를 결정하면 원하는 데이터를 추출해 낼 수 있을 것으로 보인다.

클라우드는 미래 컴퓨팅 환경을 전기나 수도와 같이 사용자가 원하는 만큼 빌려주고 요금을 받는 서비스 방식이 될 것이라며 1965년에 미국의 컴퓨터 학자 존 매카시(John McCarthy)에 의해 소개된 개념이다. 글로벌 클라우드 시장 규모는 2023년 6,630억 달러에서 연평균 19.4% 성장하여, 2027년에는 1조 3,400억달러에 이를 것으로 전망하고 있다. 우리나라는 2015년 세계 최초로 ‘클라우드 컴퓨팅 발전법’을 제정해 클라우드 활성화를 위한 제도적 기반을 마련하였고, 2021년에는 ‘제3차 클라우드 컴퓨팅 발전 기본계획(2022~2025)’을 수립하여 진행하고 있다. 클라우드 기술은 미래 사회의 필수 컴퓨팅 환경이며, 다양한 글로벌 클라우드 기업들은 이미 상용화를 통해 안정적인 서비스를 제공하고 있다. 정부나 기업은 보안 요소를 고려하여 서비스를 선택하여 사용하거나, 특별한 데이터의 보호를 위해서는 자체 시스템을 구축하여 사용하기도 한다. 개인이나 기업의 프로젝트의 공동 작업을 위해 다양한 용도로 사용되고 있는 추세이다.

사물 인터넷은 초연결 사회(Hyper-Connected Society) 개념과 연결되어 있다. 초연결 사회란 모든 사물과 사람이 네트워크에 연결되어 있다는 개념인데, 미래 사회의 기본 모델로 알려져 있다. 독일 함부르크의 시장조사업체인 IoT Analytics에 따르면, 전세계 사물인터넷 장치는 2021년 138억대에서 2025년에는 309억대로 2배 이상 늘어날 것으로 전망하고 있다. 사물인터넷은 전세계적으로 꾸준히 늘어나고 있는 추세이며, 앞에서 살펴본 초고속통신망(5G, 6G 등)이 사물인터넷 산업 성장의 핵심 동력이 될 것이다. 또한 사물인터넷 기술에는 다른 기술과 마찬가지로 보안기술이 특히 강조되는데, 이는 가정과 직장의 모든 장치들이 네트워크에 붙는 순간 해킹 등에

의해 그들의 대화가 모습이 인터넷상에 노출될 수 있으며, 또 다른 위협으로는 원격작동 등을 통해 상당한 피해나 위협을 초래할 수 있기 때문이다. 경호활동과 연관지어 볼 때, 이는 중요장소에 대한 도청위협 등을 상시 노출하는 환경을 만들어 낼 소지가 있어 이에 대한 강력한 안전활동이 필요할 것으로 판단된다.

인공지능의 시작은 1950년 영국의 수학자 앨런 튜링(Alan Turing)이 기계는 생각할 수 있다고 주장하면서, 인공지능 개념을 처음 제시하였다. 현재 2020년대에는 ChatGPT로 대변되는 생성형 인공지능에 대한 시대가 열렸다. 글로벌 시장조사업체인 IDC의 보고서에 의하면 생성형 인공지능 시장은 2024년 401억 달러에서 급성장을 거듭해 2027년에는 1,511억 달러에 이를 것으로 전망하고 있다. 이처럼 인공지능에 대한 관심이 급격히 증가하고 있으며, 관련 산업이 빠르게 발전하고 있다. 다양한 스타트업이 우후죽순 생겨났다 없어지는 과정을 되풀이하며 다양한 분야에서 활용하려는 시도가 지속되고 있다. 사실 인공지능은 이미 다양한 분야에서 활용하고 있다. 가깝게는 일상생활에서 실시간 외국어 통역에 활용하고 있으며, 의료 분야에서도 진단과 예측을 통해 조기에 질병을 발견하는데 활용하고 있다. 인공지능에 대한 관심은 윤리적으로도 이슈가 되고 있는데, 향후 학습기술의 발전과 적용으로 인간과 유사하거나 인간을 초월하는 지능을 가지는 상황을 우려하는 견해가 있다. 이를 위해 인공지능 기술개발과 관련한 글로벌한 표준과 규제가 논의될 것으로 예측된다. 이는 인공지능 기술이 인류에 대한 반란이 아닌 인류에게 더욱 안전하고 편리한 생활을 제공하기 위한 도구로만 사용되어야 하기 때문이다. 경호활동간 즉시 필요한 간단한 정보 등을 현장에서 얻는 것을 시작으로 하여, 기술이 고도화 되면 자율주행, 메타버스, 드론, 로봇 등에 적용하여 다양한 용도로 활용가능할 것으로 보인다.

전세계 자율주행 자동차 시장 규모는 2022년 1,218억 달러에서 급격히 성장하여 2032년에는 2조 3,539억 달러에 이를 것으로 전망하고 있다. 레벨 3단계 이상부터 자율주행이 개입되기 시작하여 레벨 5단계까지를 자율주행 차로 공식 분류하고 있는데, 대부분 레벨 3단계 수준에 머물러 있는 실정이다. 다른 4차 산업혁명 기술들과 마찬가지로 자율주행 기술도 빠르게 성장하고 있으나, 레벨 3단계의 극복이 쉬운 현실은 아니며 레벨 4단계 달성부터 성장이 다시 가속화될 것으로 보인다. 산업에서는 향후 자율주행을 지향

하는 우버(Uber)는 테슬라의 자율주행 기술을 적용하여 인건비를 줄이고 수익을 극대화하려는 계획을 가지고 있으며, 개인들도 차량 공유와 관련하여 출근하여 주차해 놓은 차량을 활용하여 자율주행 서비스로 수익을 창출할 수 있을 것으로 보인다. 자율주행은 차량 내부구조도 완전히 바꾸어 놓을 것으로 보이며, 이동간 휴식 및 다양한 활동이 가능한 시스템으로 변화될 것이다. 자율주행의 기술도 초고속통신망이 제공되어야 기본적으로 가능하다. 실시간으로 도로, 교통시설, 차량간 고속의 통신이 가능하여야 하고 지연시간이 거의 없어야 안전사고를 예방할 수 있다. 이처럼 둘 이상의 기술이 상호 유기적으로 밀접하게 연관되어 영향을 미치는 추세이다. 발전 추세는 어느 방향으로든 열려 있는 것이 현실이며, 기술의 발전 정도와 인간의 판단이 이를 결정할 것이다.

메타버스는 최근 첨단기기가 본격적으로 출시되면서 시장이 살아나고 있다. 글로벌 시장 조사기관인 리서치앤마켓의 보고서에 따르면 글로벌 메타버스 시장이 2030년에 1조 3,034억 달러 규모로 성장할 것으로 전망했다. 또한 인공지능 기술이 발전하면서 채팅 봇이나 가상 인간과의 감성 교류가 일부 가능해짐에 따라 시장의 관심이 증가하고 있다. 특히 앞에서 언급한 생성형 인공지능 기술이 그 핵심이다. 우리 정부도 세계 최초로 '가상융합산업 진흥법'을 올해 8월에 시행할 예정으로 발표하였다. 다양한 기술의 융합으로 메타버스가 다시 빛을 보기 시작했지만, 현실적으로 고도화되는 시스템이 나오기 위해서는 다소 시간이 소요될 것으로 예측하고 있다.

국토교통부의 드론 산업 실태 조사 보고서에 따르면 글로벌 드론 시장은 2021년 32조원에서 연평균 14.9% 성장하여, 2032년에 146조원에 이를 것으로 전망하고 있다. 계속 언급하지만 드론 또한 인공지능과 융합되어 진화할 것으로 전망하고 있다. 사실 인공지능 뿐만 아니라 자율주행, 사물인터넷 등의 기술과도 융합되어 다양한 용도로 발전할 수 있을 것으로 기대되는 분야로 꼽힌다. 특히 군이나 경찰 등 전쟁이나 경비·감시의 안전활동 목적으로 활용할 수 있는 기술로 경호활동과 관련하여 관심을 가지고 지켜볼 이유가 있다. 최근 수동 제어 드론 시장이 빠르게 성장하는 추세이며, 안전 및 보안, 운송 등의 분야에서 기대와 관심을 받고 있다. 특히 드론은 향후 도심 교통수단으로 활용될 가능성이 높아지고 있으며, 관련 기술 및 프로토 타입이 지속 업그레이드 되고 있다. 이와 함께 상업용 항공기 아래 높이에서의

드론 교통을 컨트롤 할 수 있는 기능이 필요하다는 것이 전문가들의 의견이다. 드론이 도심 교통수단으로 활용되기까지는 시간과 준비가 더 필요하겠지만, 그 시기가 오면 드론이라는 교통수단은 경호활동과 관련 고려해야 할 잠재 위협요소가 될 것으로 보인다.

세계로봇연맹(IFR)은 글로벌 로봇시장이 2030년에 831억 달러로 성장할 것이라고 전망했다. 특히 생산인구 감소와 서비스 수요의 다양화로 인하여 2025년 이후에는 서비스 로봇 시장이 제조 로봇 시장을 추월할 것으로 보고 있다. 최근 테슬라 등 글로벌 혁신 기업들은 휴머노이드 로봇을 시연하면서 인간과 유사한 행위를 할 수 있다는 것을 보여주고 있다. 반도체, 자율주행, 인공지능 등 다양한 분야의 과학기술이 융합하면서 휴머노이드 로봇은 인간과 일상을 함께하며 인간을 보조하고 대체할 수 있는 필수적인 수단으로 자리잡을 것으로 전망하고 있다. 이에 다양한 글로벌 테크 기업들이 휴머노이드 로봇 개발에 많은 비용을 투자하고 있다. 그러나 산업분야에서는 여전히 활동 범위가 넓지 않은 자동화 제조 로봇이 대세를 이룰 것으로 보인다. 이러한 다양한 4차 산업혁명 관련 과학기술들은 경호활동과 직간접적으로 긍정적 또는 부정적 영향을 미칠 것으로 판단된다. 이를 반드시 부정적인 측면에서만 바라보고 통제해야 하는 대상이 아니라 차원 높은 활용 방안을 고민하여 현 시대의 흐름에 맞게 과학적 기술적으로 고도화된 경호활동을 해야 할 것이다.

제 4 장 과학경호경비시스템 활용 방안

제 1 절 기술적 활용방안

이미 경호경비시스템에 활용 중인 드론의 경우, 그 위협에 대한 방어활동의 비중이 큰 편이다. 중동이나 중남미 그리고 가까운 일본에서도 관련 위협사건이 발생하여 생명과 재산을 위협하였다. 드론 위협은 전통적인 총, 칼의 위협에 비해 탐지나 식별이 어렵고, 지상에 집중된 안전구역을 무시하는 위력을 발휘하는 기술적 위협이다. 다행히 공중 위협에 대한 인지를 바탕으로 공중에 대한 안전구역을 설정하여 현장 대응을 하고 있으나, 앞에서 말한 바와 같이 드론을 적의 위협 수단으로 보는 관점에서 여전히 방어적인 활동에 대한 비중이 높은 것이 사실이다. 드론의 다양한 활용성은 경호활동에도 반영될 수 있다고 본다. 현재 경호활동에서 수립지 정찰 등에 드론을 활용하는 것처럼 더욱 다양한 용도로 활용하자는 의견이다. 모든 기술에는 현실적 한계가 있다는 사실을 우리는 잘 알고 있다. 그러나 기술은 끊임없이 진보하고 있기 때문에 우리는 그 진보된 기술을 끊임없이 재적용할 수 있다. 기술의 융합이나 다른 분야의 기술이 현실 극복의 열쇠가 될 수 있다는 생각이 중요하다. 예를 들어 수립지에 대한 드론 감시의 한계를 극복하기 위해서는 정찰 인력 등이 배치되어 활동하는 등의 인적 물적 비용이 추가로 들어가는데, 이를 기술적으로 해결하기 위한 논의가 시작되어야 할 것이다. 완벽한 안전활동을 위해서는 기본적으로 드론의 고성능 카메라 장착과 실시간 안정적인 영상 송수신 장치로 현장에 대한 육안감시 수준의 활동이 요구된다. 직접적인 위협 요소에 대해서는 순간적인 시야 차단을 위해 장애물이 될 수 있는 것들을 뿌려 방해하거나, 간접적인 위협 요소인 시위 등의 형태에 대해서는 안내 및 통제 방송 등을 통한 질서유지가 가능할 것이다. 또한 드론은 검측요원이 직접 육안으로 확인할 수 없는 공간이나 숨겨진 부분도 정밀하게 관찰할 수 있다. 이미 미군은 블랙 호넷 나노라는 초소형 정찰 드론을 실전에 배치하여 활용하고 있는데, 사이즈를 고려했을 때 점검구 등이 없거나 접근이 어려운 일정 규모의 은밀한 공간 등을 검측하는데 활용해 볼 만하다. 아직 실체가 정확히 보이지 않지만, 향후 도심 항공

교통 수단인 UAM(Urban Air Mobility)의 발전 동향을 살펴보면서 이에 대한 위협이나 활용에 대한 고민도 진행되어야 할 것이다.

또한 다양한 첨단 과학기술을 활용하려는 여러 가지 시도가 요구되는 시대이다. 예를 들어 경호구역내 수림지 정찰에 활용하고 있는 드론의 탐지능력을 보완할 필요도 있다. 특히 여름이 되면 수림지내 초목이 울창해지면서 그 아래 은닉한 위협요소를 식별하기 어려워진다. 현재 드론에 장착된 EO/IR 카메라의 성능이 상당히 좋아졌다 해도, 나뭇잎이 우거진 숲 속에서는 은닉한 위협 요소에 대한 탐지 능력에 분명한 한계가 존재한다. 우리의 활동 목적은 눈으로 보는 것이 아니라, 위협 요소의 존재 유무를 식별하는 것이다. 그러므로 반드시 육안으로 사물을 확인하려는 욕심을 내려놓고, 눈에 보이지 않는 신호를 활용하는 방법을 고려해야 할 것이다. 우리가 위협 요소인 적 드론을 탐지할 때 전파탐지 기술을 활용하듯이, 수림지내 은닉한 위협 요소의 존재를 식별하는데 활용할 수 있다는 의견이다. 여기에 은닉한 위협 요소는 그 목적 달성을 위해 연락용이나 장비 운용을 위해 무선 통신을 사용할 확률이 상당히 높기 때문이다. 또한 지금은 1인 1휴대폰 시대이다. 모든 사람은 반드시 하나의 휴대폰을 사용한다고 보았을 때, 전파탐지 기술은 특정 장소에서 사람의 존재 여부를 식별하기 위한 효과적인 기술로 볼 수 있다. 건물 내부 등 사람이 접근하기 쉬운 곳은 현장 확인이 효과적일 수 있으나, 수림지처럼 접근이 어렵고 장애물이 많은 구역에서 위협 요소를 확인하기 위해서는 드론의 카메라뿐만 아니라 전파탐지 기술을 병행해 활용할 수 있다는 결론이다.

최근 로봇 기술이 발전하면서 그 활용도가 점차 다양해지고 있다. 제조 공장내 특정 장소에 고정되어 특정 작업을 반복적으로 하거나 공장내 특정 루트를 이동하면서 물건을 제조하는데 자동화 기능을 수행하던 로봇에서 이제는 가정에서 가사(家事)를 처리하거나 사람 등을 돌보는 일을 수행하는 휴머노이드형 로봇으로 획기적인 변화를 보이고 있다. 로봇을 경호활동에 본격적으로 활용하기에 앞서 우리는 이에 대한 거부감이 없도록 우리의 동료처럼 친밀하게 가까이 할 수 마음의 태도를 가져야 한다. 어떠한 이기적이거나 편협한 생각으로 아직도 사람인 내가 그리고 내 동료가 하면 되므로 기술의 활용은 필요하지 않다거나, 로봇을 활용함으로써 나의 역할과 나의 비중이 축소된다는 어리석은 생각으로 로봇의 도입을 미루거나 방해하는

행동은 시대의 흐름에 역행하는 행동이라 할 수 있다. 거부감 없이 활용할 수 있는 로봇의 활용이 있어 의견을 제시한다. 경호활동간 승하차 구역이나 특정 공간에 잠재 위협이 될 만한 차량을 이격하는데 유용한 로봇이다. 로봇이라 하여 사람의 모양처럼 팔이나 다리가 있다는 편견을 가질 필요가 없다. 현장에서 의심스러운 차량을 이격할 때 대부분 견인 차량을 대기시켜 활용하고 있으나, 아래 사진을 보는 로봇은 행사장에 견인 차량을 대기시키기 위해 행사 보안을 노출할 필요가 없으며, 근접하지 않고도 특정 차량에 로봇을 접근시켜 짧은 시간 내에 이격할 수 있는 장점을 가진다. 이미 상업적으로도 활용하고 있기 때문에 이를 현장에 적용시키는 것은 의지에 달려 있다. 단순하고 아무것도 아닌 것 같지만, 걸음마가 익숙해지면 달릴 수 있다. 시기상조라 생각하지 말고 지금부터 로봇의 활용에 익숙해져야 한다. 훗날 휴머노이드형 로봇이 현실화 되면 경호용 로봇을 현장에 출동시켜 임무를 수행하는 먼 미래의 꿈에만 사로잡혀 있지 않기를 바란다.

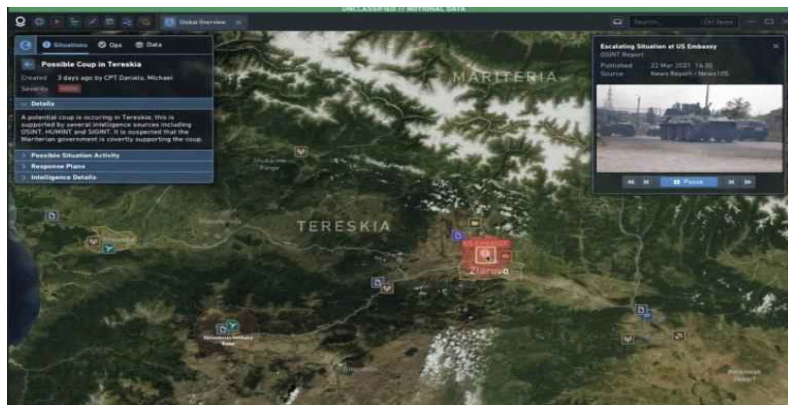
< 그림 4.1. 차량 이동 로봇 >



최근 가장 뜨거운 기술적 이슈 중 하나는 인공지능(AI)이다. 인류의 육체는 여전히 현실을 배경으로 살아가고 있지만, 대부분의 활동은 사이버 즉 컴퓨터 시스템의 인프라에서 이루어지고 있다. 이미 은행 업무나 대부분의 사회적 계약이나 약속도 가상의 시스템에서 이루어진다. 요즘에는 가족, 친구 등 개인적 만남이나 직장 업무 등 사회적 만남도 인터넷 상에서 이루어지는 경우가 점차 많아지고 있다. 내 몸에 직접 요구되는 것을 제외하고는 대부분이 사이버 시스템상에서 이루어지고 있음을 분명히 알 수 있다. 우리의 경호활동도 이를 무시할 수 없다. 빅 데이터와 인공지능(AI) 등의 기술을 활용하여, 온라인 이슈를 상시 분석하고 잠재적 위협을 보이는 행위를

사전에 식별하여 조기 경보를 통해 위협을 예방하는 활동이 필요하다. 기존에도 웹에 기반한 온라인 이슈를 분석하는 전문적인 분석 툴이 있었지만, 최근 빅 데이터나 인공지능 등 다양한 첨단 기술을 접목시켜 지속 진화하고 있는 것으로 보인다. 미국 내 CIA, FBI, FDA, 국방부 등 연방기관은 이러한 전문 분석 툴을 활용하여, 범죄 예방 등 그들의 고유 업무에 활용하고 있는 것으로 알려져 있다. 예를 들면, 미국의 팔란티어(Palantir)社は 주로 공공 정보 분석을 수행하는 미국의 빅 데이터 프로세싱 기업으로 알려져 있다. 이 회사의 핵심기술은 데이터 통합, 분석, 보안에 중점을 둔 소프트웨어 플랫폼인 팔란티어 고담(Palantir Gotham)과 팔란티어 파운드리(Palantir Foundry)에 들어있다. 회사는 이들 플랫폼을 활용하여 대규모의 데이터 세트를 분석을 하고, 드러나지 않은 복잡한 패턴을 사용자가 식별하고 예측할 수 있도록 분석 결과를 제공해준다. 참고로 팔란티어 고담은 미국 정보 커뮤니티(USIC) 및 국방부 대테러 분석가들이 활용하고 있으며, 국가 안보 목적의 데이터 통합 및 분석을 지원하고 있다. ‘디지털 체스판’이라고 부르며, 주로 인신매매, 총기거래, 마약거래 등의 지하경제 파악이나 테러 대응, 금융 사기 등 대규모의 범죄를 예방하는 용도로 사용되고 있는데, 특히 군사작전에 특화되어 있다고 한다. 2011년 오사만 빈 라덴 사살 작전인 넵툰스피어 작전에도 활용된 것으로 알려져 있다. 경호 위협과 관련한 사이버상의 복잡한 데이터를 빅 데이터 및 인공 지능 기술 등을 활용하여 상시 분석하고, 이를 통해 위협 정보를 조기에 식별하는 수준 높은 임무수행 능력이 필요한 시대이다. 이를 위해 총, 포, 화약 등 직접 위협 관련 빅 데이터에 대한 공유와 공조에 대한 업무 협업부터 본격적으로 시작해야 할 시기이다.

< 그림 4.2. 인공지능 기반 빅데이터 분석 툴 >



자율주행 차량이 완전자율주행에 이르려면 미국 자동차 공학회(SAE, Society of Automotive Engineers) 기준으로 레벨 5단계에 이르러야 하는데, 아직 현실적으로는 여전히 레벨 3단계(조건부자동화)에 머무르고 있는 것으로 보인다. 본대 모터케이드의 자율주행을 논하는 것은 시기상조 일 수 있지만, 본대의 안전을 위한 기술적 방어 기능들이 자율주행에 미칠 수 있는 영향에 대해서도 사전에 검토하여 이 기능들을 고도화할 필요가 있다. 또한 역(逆)으로 자율주행의 기술적 취약점에 대한 해킹 등 침해로 발생 가능한 잠재적 위협을 사전에 검토하고 대응책을 마련해야 한다. 눈에 명확히 보이지 않고 손에 잡히는 것이 없지만, 가까운 미래에 직면할 수 있는 잠재적 위협인 것은 분명하다. 다양한 센서의 기능과 통신 프로토콜에 취약점에 대한 기술적 보안을 지속 검토하여, 자율주행의 현실화 단계에 맞춰 적극 도입할 필요가 있다.

교육 훈련의 효과를 높이기 위해서는 몸이 체득할 수 있는 실질적인 교육을 해야하고, 이를 위해서는 여러 제반사항을 갖추어 현장과 유사한 환경을 구성해야 한다. 우리는 메타 버스 기술을 활용하여 목적을 달성할 수 있는 시대에 살고 있다. 그 동안 관련 장비들이 헤드셋 기기 위주로 출시되었으나, 실질적인 현장 훈련에 활용하기에는 한계점이 많이 있었다. 그 중 하나가 공간의 한계를 극복하는 일인데, 최근 디즈니 사에서 홀로 타일(Holo Tile)이라는 디바이스를 소개하였다. 홀로 타일은 제한된 공간에서도 공간의 제약을 받지 않고 자유롭게 이동할 수 있는 첨단기술이다. 한정된 특정 공간에 관련 메타버스 장비를 설치하고 훈련을 실시할 경우 훈련 도중에 장애물이나 벽에 부딪히는 경우가 생길 수 있는데, 홀로 타일 디바이스를 활용하면 이러한 제약을 극복할 수 있을 것으로 보인다. 경호 훈련이 사이버 상에서도 이동하고 뛰는 물리적 움직임을 수반하기 때문에, 이러한 기술의 출시는 메타버스 물리적 훈련을 더욱 현실감 있게 만들 것으로 판단된다.

< 그림 4.3. 사이버 공간을 극복하는 홀로 타일(Holo Tile) >



제 2 절 결론 및 제언

시대가 첨단 과학기술을 활용하여 다양한 분야에서 성과를 창출하고 있다. 이처럼 과학기술이 경제, 사회, 문화 등과 긴밀한 관계를 맺으며, 다양한 분야에서 많은 부분을 혁신하고 있다. 날씨나 계절에 따라 적합한 옷을 입어야 하는 것처럼 과학기술 시대에 적합한 과학경호경비시스템을 갖추어 나가야 하는 것은 자연스러운 흐름이다.

정책적으로 과학경호 분야를 이끌어 갈 전문인력을 확보하고 양성하는 한편, 조직 내 과학기술분야를 이끌어 갈 전담 본부(Headquarters)가 필요한 시점이다. 과학기술을 리드할 전담 조직이 없으면, 모든 구성원들에게 미래 지향적인 기술적 비전을 제공할 수 없게 된다.

더불어 과학기술 분야에 대해 직원들의 관심을 제고시키고, 과학기술 분야를 활용한 미래 비전을 꾸준히 현실성 있게 제시해야 한다. 특히 지금 시대에 과학기술 분야에 대한 명확한 비전이 없는 조직에게는 어떤 미래 비전을 가지고 있는지 묻지 않을 수 없다. 2023년 말에 국가정보원(이하 국정원)이 국가안보 기술 연구개발을 위해 산하기관(가칭 국가안보기술연구원)을 설립하려는 입법 절차를 준비 중인 것으로 알려졌으며, 2024년 7월에는 국가안보기술연구원법(가칭) 법안을 국회에 제출할 예정인 것으로 보도되었다. 사실 새로운 조직을 만드는 것은 아니고, 대대적인 조직개편을 통해 시대에 흐름에 맞는 조직으로 명확한 모양새를 갖추려는 움직임이다. 자세히 살펴보면 국정원이 설립했다고 봐도 무방한 現 국가보안기술연구소(이하 국보연)를 공식적으로 국가정보원 산하기관으로 이관하려는 것으로 보인다. 실질적으로 국보연은 국정원의 보안기술 연구소 역할을 하고 있으나, 형식상으로는 과학기술정보통신부 산하에 있으며, 한국전자통신연구원(ETRI)의 부설기관으로 되어 있다. 국정원은 이러한 움직임은 기술의 중요성을 인식하고 조직을 미래지향적으로 정비하여 기관의 목적과 비전을 명확히 달성하기 위한 것으로 볼 수 있다. 대통령경호처도 과학경호경비시대를 본격적으로 열기 위해서는 과학기술분야에 대한 획기적인 조직 개편으로 과학기술 전담 본부를 설립하여 조직의 미래 비전을 명확히 하고, 경쟁

력 있는 전문인력을 확보하거나 양성해야 한다. 이것이 기술 혁신을 이끌 차세대 정보통신 비전의 첫 단계이다.

미국 국토안보부 산하 과학기술 전담기관인 과학기술국(S&T, Science and Technology Directorate)을 소개하고자 한다. 과학기술국은 2003년 국토안보부(U.S. Department of Homeland Security) 內 장관의 과학 고문이자 국토안보부의 연구개발 부서로 설립된 기관으로, 연구·개발·혁신의 진보를 통해 더 안전한 미국을 만드는 데 비전을 두고 있다. 과학기술국(S&T)은 정책을 알리고 광범위한 현재 및 미래의 위협을 직접 해결하기 위해 증거 기반의 과학 기술적 전문 지식을 제공함을 설립 목적으로 하고 있다. 특히 국토안보부 역할에 맞게 전반적인 국가안보를 강화하는 과학을 수행하고, 최전선에서 그들의 임무를 효과적이고 안전하게 완수할 수 있는 기술을 제공하고 있다.

상기 과학기술국(Science and Technology Directorate)은 23년 4월에 발표한 보고 자료(Emerging Risks and Technologies Fact Sheet)를 통해 새로운 기술적 위협을 다음과 같이 나열하였다. 무선 네트워크(5G/6G), 양자 컴퓨팅(Quantum Computing), 사물 인터넷(Internet of Things), 인공지능(Artificial Intelligence), 유전적 보안(Genetic Security), 도메인 공간(Space as a Domain), 적층 제조(Additive Manufacturing) 등이다. 이처럼 국가안보를 보장하기 위한 실질적인 기술적 위협을 정확히 판단하고, 더 안전한 사회를 만들기 위해 연구·개발·혁신을 전담하는 기관을 운영하고 있다. 이러한 전담 기관의 운영은 개념적인 위협을 판단하고 제시하는 것뿐 아니라, 구체적인 대응 방안이나 필요한 예산에 대한 추정까지도 가능하게 한다. 이를 통해 현실적인 문제 해결에 한 단계 더 접근할 수 있게 되는 것이다. 대통령경호처에도 시대의 요구에 맞도록 국가 요인 경호에 필요한 기술적 위협 및 대응 방안을 지속적으로 전담하는 연구·개발·혁신을 포함한 전반적인 과학기술 위협 대응을 리드할 과학기술 본부가 필요하다는 의견이다. 여기에는 전문 인력 확보와 부서 운영 계획 및 책임 있는 예산 활용에 대한 논의 등이 먼저 공론화 될 필요는 있다. 이러한 투명한 과정을 통해 대통령 경호처도 4차 산업혁명이 이끄는 과학기술 시대의 흐름에 부응하여, 현재와 미래의 전반적인 위협을 총괄하여 판단하고 대응할 수 있는 과학기술 본부를 운영해야 한다. 이를 통해 경호 임무에 대한 과학 기술적 역할이 더욱

성실히 이행될 것이라 판단한다. 시기를 놓치는 일이 반복되어서는 안 될 것이다. 인간의 모든 지체가 정상적인 형태를 가지고 고유의 기능을 발휘해야 인간의 모든 활동을 건강하게 할 수 있는 것처럼 시대의 큰 흐름인 ‘과학기술’이라는 지체를 조직 내부에서 건강하게 성장시켜 나가야 함은 상식이다. 이미 드론 위협 등 상당한 기술적 위협이 각국의 대통령 등 국가 요인을 위협하는 치명적인 미래 위협들이 발생하고 있는 상황에서 과학기술이라는 반석위에 든든한 집을 지어야 할 이유는 더욱 명백하다.

미래로 갈수록 과학기술이 대통령 등 국가요인의 경호임무 수행에 매우 중요한 수단이 될 수 있다는 믿음은 더욱 커질 것이다. 국가적인 차원에서도 미국은 2차 세계대전 당시 맨해튼 프로젝트를 성공하면서 과학기술이 미국에 매우 중요한 수단임을 인식하고, 역사적으로 위기가 발생할 때마다 기초 과학 기반의 과학기술 정책을 꾸준히 추진해 온 것으로 알려져 있으며, 과학기술의 발전에 있어서 최고 책임자의 판단과 리더십은 상당히 중요하다는 것을 인지하고 있다. 여러 경호 환경과 과학 기술 추세를 고려하여, 대통령경호처도 대통령 등 국가요인의 경호에 관한 임무를 수준 높게 수행해야 하는데, 이를 위해 시대적 흐름에 순종하고 적극적으로 과학기술 전담조직을 정비·혁신하여 과학경호경비시스템의 활용도를 높여 나가야 할 것이다.

[참고문헌]

2024 반도체 산업 전망 및 주요 이슈, Deloitte Insights 2024.5월
4차 산업혁명과 독일의 담론 전략 그리고 제도, 경희대학교 김주희
4차 산업혁명과 한국의 미래전략, 서울대학교 김상배
4차 산업혁명시대의 이해
4차 산업혁명 기반 드론 산업 국내외 동향연구 보고서, 경상북도
4차 산업혁명 대응을 위한 주요 과학기술혁신 정책과제, KISTEP 손병호 등 3명
4차 산업혁명과 주요 국가별 전략 : 선진국 및 아세안 일부 국가를 중심으로, 김상훈
4차 산업혁명을 대비한 연구개발과 ICT 융합, KISTI 이형진 등 4명
4차 산업혁명과 스마트 기술의 이해, 고민정
5G가 촉발할 산업 생태계 변화, 삼정KPMG 경제연구원 Vol 63
5G 통신망기술, KISTEP 기술동향브리프 2019-18호, KISTEP
6G 이동통신 연구개발 동향분석 및 발전방안 연구, 국방기술진흥연구소 전효진
국내 4차 산업혁명 대응정책과 시사점, 산은조사월보, 산업기술리서치센터 구지선
국내 기업의 디지털 전환 관련 주요 요인 분석, 소프트웨어정책연구소, 안미소 송지환
글로벌 전기차/자율주행, 미래에셋증권 2022 Outlook Report, 박연주
독일/미국/일본/중국의 스마트제조혁신 정책 분석 : 주요 현황과 시사점, 중소벤처기업부 등
대전세종포럼 2018 여름, 4차 산업혁명의 본질, 정부의 4차 산업혁명 추진계획
동적/비정형 환경의 로봇 이동지능 기술 동향, ETRI 조현규 등 4명
드론 산업 현황과 과제, 한국경제인협회 Vol 14
드론 자율비행 기술 동향, ETRI 김수성 등 3인
드론의 지능화와 4차 산업혁명 기술, ETRI Insight, 유영상
디지털뉴딜의 핵심인프라 클라우드 산업 생태계 동향, KDB 미래전략연구소 조윤정
로봇 소프트웨어, 유망시장 Issue Report 2021, INNOPOLIS
로봇 프로세스 자동화, 유망시장 Issue Report 2021, INNOPOLIS
메타버스 개념과 발전 방향, 고선영 등 4인
메타버스 리포트 : 눈 앞에 온 미래, Deloitte Insights 2022.6월
메타버스 시대의 사물 인터넷(IoT), 양순옥 김성석
메타버스 시대 기업은 무엇을 준비해야 하는가?, 삼정KPMG 경제연구원 Vol 81
메타버스 신산업 선도전략, 관계부처 합동 2022
메타버스(Metaverse) 산업 현황 보고서, 한국저작권위원회 김영희

모빌리티 서비스 시장의 미래 : M.I.L.E., Samil Insight, 삼일PwC경영연구원
 미국의 과학기술혁신정책과 거버넌스 현황, STEPI Vol 224, 성지은
 미래 스마트 제조를 위한 인공지능 기술동향, ETRI 이은서 등 6명
 미리보는 CES 2024, Samil Insight, 삼일PwC경영연구원
 보조 로봇 시장, 글로벌 시장동향 보고서 2021, INNOPOLIS
 빅 데이터의 이해, IDG Tech Report, IDG Korea
 빅데이터, KISTEP 기술동향브리프 2018-11호, KISTEP
 빅데이터와 환경, 한국환경정책·평가연구원
 빅데이터 플랫폼의 산업생태계 현황과 주요 이슈, ETRI Insight, 김문구 박종현
 사물인터넷(Internet of Things, IoT), KISTI 마켓 리포트 2016-45
 산업혁명을 어떤 기준으로 판단할 것인가?, 과학기술정책 2018 1권 1호, 김석관
 산업용 로봇 시장, 글로벌 시장동향 보고서 2021, INNOPOLIS
 새로운 인공지능(AI) 개척지 - 생성형 AI의 비즈니스 모델 연구, 딜로이트 AI 연구소
 산업용 IoT 네트워크 기술의 진화 : 과거 현재 미래 동향, ETRI 박태준 등 4인
 서비스형 인공지능(AI) 시장 2022, INNOPOLIS
 안전한 사물인터넷 구축, Infineon, Steve Hanna
 안티 드론, KISTEP 기술동향브리프 2021-10호, 최진철 임승혁
 역사에서 배우는 산업혁명론 : 제4차 산업혁명과 관련하여, STEPI Insight Vol 207
 유망시장 Issue Report 클라우드 컴퓨팅 2021, INNOPOLIS
 인공지능(빅데이터) 시장 및 기술 동향, 과학기술일자리진흥원, S&T Market Report Vol 71
 인공지능(AI) 활용서 : 6대 산업별 활용사례, 딜로이트 AI 연구소
 인공지능(AI) 기반 자율주행차의 발전방향, ETRI Insight, 김주성 민수진
 인공지능(AI) 로봇시장 2020, INNOPOLIS
 인공지능과 로봇 모든 산업의 혁신을 이끈다, Theme 06 인공지능(AI) & 로봇, 서적
 일상 속 드론 상용화 지원을 통한 드론산업 경쟁력 강화 방안, 관계부처합동
 자율주행 비즈니스 A~Z, 대신증권 장기전략리서치, 김영일 박세라
 자율주행 핵심기술 R&D 및 표준화 추진동향, 자율주행개발혁신사업단 KSA한국표준협회
 자율주행차 국내외 개발 현황, KDB미래전략연구소 백장균
 자율주행차 글로벌 산업 동향, KDB미래전략연구소 박상현
 자율주행이 만드는 새로운 변화, 삼정KPMG 경제연구원 Vol 69
 정보와 통신 DNA+드론 UAM, 한국통신학회지 Vol 39 No 3, 한국통신학회

제4차 산업혁명을 선도하다, ETRI
제4차 산업혁명 기반의 국방과학기술 개발 동향, ETRI 정유현 등 3명
제4차 산업혁명 시대 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색, KISTEP 김진하
제조업의 4차 산업혁명 대응 사례와 시사점, 산은조사월보 강맹수
주요국 스마트제조혁신 정책 비교와 한국에의 시사점, 중소벤처기업부 등
주요국 제4차 산업혁명 추진 전략 동향, ETRI 노유나
주요국의 4차 산업혁명과 한국의 성장전략: 미국 독일 일본을 중심으로, KIEP 김규관 등 4명
지능형 로봇, 유망시장 Issue Report 2021, INNOPOLIS
지능형 로봇 및 생성형 AI 동향 분석과 시사점, 한국기계연구원, 현정우 등 3명
지능형 IoT 사회의 보안이슈 분석, KISA Insight 2022 Vol 5
클라우드 도입 - 아태지역 6개국의 도약, BCG
클라우드 산업 동향 및 핵심 성장요인 분석, Issue Report Vol 2022, 한국수출입은행
클라우드(Cloud), 언택트(Untact) 구름 타고 날다 - Theme 02 Cloud, 서적
품목별 ICT 시장 동향 - 드론, 정보통신산업진흥원(NIPA)
하늘 위에 펼쳐지는 모빌리티 혁명 도심 항공 모빌리티, 삼정KPMG 경제연구원 Vol 70
협동 로봇 시장, 글로벌 시장동향 보고서 2021, INNOPOLIS
Advanced Air Mobility ICT 기술 현황 및 발전 방향, ETRI 오봉진 등 6인
AI가 불러온 新산업 혁명, 미래에셋증권 2023
The U.S. Secret Service: History and Missions, Congressional Research Service, Shawn Reese
Emerging Risks and Technologies, Science and Technology Dept. of the U.S.
IITP ICT R&D 기술로드맵 2025, IITP
K-경제로봇 실현을 위한 제4차 지능형 로봇 기본계획(2024~2028), 관계부처합동
Top Strategic Technology Trends 2023, Gartner
Website, 반도체 전후공정, 반도체의 이해, 인공지능과 반도체, D램과 낸드플래
시의 동향과 전망, SK Hynix Newsroom Tech & 업로드 자료들
Website, ChatGPT를 넘어 생성형 AI(Generative AI)의 미래, Samsung
Semiconductor Newsroom