

미래 모빌리티 I

로봇 산업에서 로봇 사회로

대표 저자 박현섭

현 티로보틱스 R&D 센터장(전 KAIST 기계공학과 연구교수)

여시재 미래산업연구팀

윤종록 가천대 석좌교수(전 미래창조과학부 차관)

전병조 여시재 특별연구위원(전 KB증권 사장)

이종인 여시재 부원장

황세희 여시재 미래디자인실장

송보희 여시재 솔루션 디자이너

대표 저자 박현섭

서울대학교 기계설계공학과를 졸업(1984)한 후, 한국과학기술원에서 로봇연구로 박사 학위(1989)를 받았다.

삼성전자 근무(1983~2006)를 통해 VCR DECK 무인 자동 조립라인, 반도체 웨이퍼 반송 로봇, 광통신 부품 조립 시스템 등 로봇을 활용한 공장 자동화 시스템을 개발하였다. 한국생산기술연구원(2006~2016)에서는 외골격 형태의 보행 재활 로봇과 고령 케어 로봇을 연구하였다. 한국산업기술평가관리원 로봇 PD 파견근무(2013~2016)를 통해 산업부 로봇 R&D 과제기획 및 정책 수립 지원 업무를 수행하였다. 2019년 12월까지 KAIST 연구교수(2017~2019)로 재직하였으며, 휴보LAB에서 정부 R&D 과제인 휴머노이드 로봇 개발 사업 연구에 참여해왔다. 평창올림픽 로봇지원단 감독(2016~2018) 업무를 수행한 바 있으며, 공학한림원의 '2020년 미래 100대 기술과 주역(서비스 로봇 분야)'으로 선정(2013.12)된 바 있다.

2020년 1월 1일부로 티로보틱스 전략담당 최고임원(CSO)으로 자리를 옮겼다. 지은 책으로는 '4차 산업혁명 로봇산업의 미래', '4차산업혁명과 빅뱅파괴의 시대'가 있다.

목 차

1. 로봇과 미래 사회

- 1.1 로봇이란?
- 1.2 인공지능과 로봇 기술
- 1.3 사회변화와 로봇
 - 1.3.1 고령화 시대와 로봇
 - 1.3.2 노동시장의 변화와 로봇
- 1.4 코로나 19와 로봇 산업

2. 로봇 산업의 규모와 잠재력은 어떠한가

- 2.1 글로벌 로봇 시장 규모
- 2.2 국내 로봇 시장 규모
- 2.3 로봇의 핵심 부품은 무엇인가
- 2.4 성장 가능성 있는 분야는 무엇인가
- 2.5 글로벌 기업 동향

3. 로봇 산업에서 로봇 사회로

- 3.1 로봇기술과 국가경쟁력
- 3.2 주요 국가의 로봇 정책은 어떠한가(미국, 유럽, 일본, 중국, 한국)

4. (정책 대안) 한국 사회에 맞는 해결 방안은 무엇인가

- 4.1 다가오는 로봇 사회와 우리의 준비상황은
- 4.2 R&D 과제 운영의 혁신 : EU에서 배우자
- 4.3. 로봇 전문연구소 설립 : DARPA에서 배우자
- 4.4 선견지명 갖춘 기업이 참여하는 로봇 사회
- 4.5 ‘로봇 사회로 가는 통합로드맵’ 구축
- 4.6 로봇과 일자리

5. 마무리하며

3. 모빌리티의 미래 | 로봇

로봇 산업에서 로봇 사회로

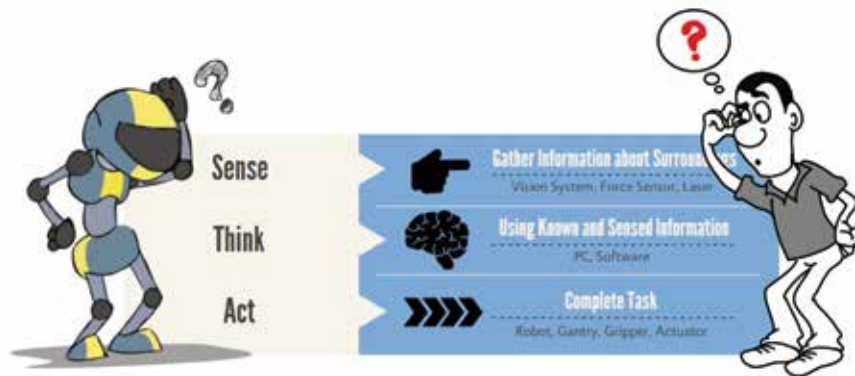
1. 로봇과 미래사회

로봇은 우리 삶 속에 깊숙이 들어왔습니다. 우리와 일상을 함께 하는 로봇은 이제 현실로 다가왔습니다. 로봇이 우리 삶에 미칠 영향은 상상보다 더 광범위합니다. 그로 인해 만들어질 모습을 우리는 로봇 사회로 바라보고자 합니다.

단순히 일자리를 대체한다는 경제적 논리, 산업 관점에서의 로봇 육성을 넘어서서 일상 속 로봇 사회로 나아가기 위해 어떠한 정책적 대안과 국가적 준비가 필요할지 이야기를 나눠보고자 합니다. 그 전에 2020년 현재 로봇 기술은 과연 어디까지 진화해왔을까요? 현대 사회에 로봇은 어떻게 정의하고, 어떠한 단계로 발전하고 있는지에 대해 먼저 이야기를 나눠보시죠.

1.1 로봇이란?

로봇을 어떻게 정의할 수 있을까요? 로봇은 인간처럼 외부환경을 인식(Sense, 오감)하고, 상황을 판단(Think, 두뇌)하고, 자율적으로 동작(Act, 팔/다리/손)하는 지능기계 시스템을 일컫습니다. 이는 먹이를 찾거나 천적과 위험을 피하는 등 동물의 생존에 필수 불가결한 요소이며, 특히, 인간은 뛰어난 두뇌와 손으로 다양한 작업을 할 수 있습니다. 로봇은 이러한 인간을 모델로 하고 있습니다.



로봇은 기계공학과 전자공학의 기술을 결합하여 만들어집니다. 그래서 로봇은 메카트로닉스 (Mechatronics, 기계공학+전자공학의 복합 기술)의 산물이라고도 합니다. 최근 주목을 받고 있는 인공지능 (AI) 기술의 발전으로 로봇이 다양한 분야에서 활용될 수 있는 잠재력을 가지게 되었습니다.

인간의 교육과정은 수천 년을 거쳐 확립된 것으로 상식과 윤리, 그리고 전문 지식을 고루 갖추도록 합니다. 로봇에게 어느 정도까지 인간의 지식과 활동을 가르칠 수 있을까요? 윤리와 상식 같은 부분은 아직 어려워보입니다. 그러나 전문지식의 아주 좁은 부분은 가능해 보입니다. 모든 동작을 한꺼번에 하기 보다는 인간이 하는 특정 동작을 집중해서 이를 정확하게, 지치지 않고 수행하는 로봇들은 비교적 쉽게 만들 수 있을 것입니다. 이러한 특화된 동작에 주안점을 맞추어 분야별 로봇이 개발되고 있습니다.





로봇은 공장에서 가장 먼저 활용되기 시작하였습니다. 생산단계의 일부 또는 전부를 ‘독립적’으로 수행하는 셈이었습니다. 점차 인간의 다양한 생활공간에서 일부 반복적 활동을 수행하면서 인간과 ‘협력’하는 단계로 변화되었습니다. 앞으로는 인간과 로봇이 함께하는 ‘공존’ 단계로 진화할 것으로 내다보고 있습니다.

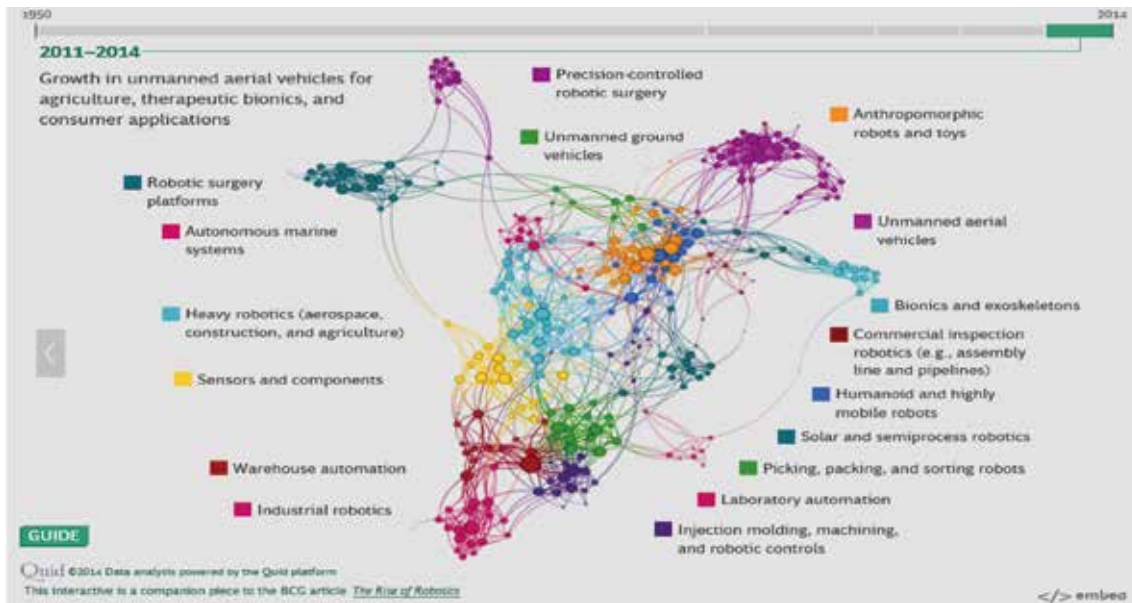
로봇의 활용 분야는 사회 및 산업 전반에 걸쳐있습니다. 로봇은 크게 제조, 개인 서비스, 전문서비스 등 용도별로 분류되고 있습니다. 제조는 중소기업(주조, 성형, 용접, 도장, 절단, 조립)과 첨단제조(반도체, 자동차, LCD, OLED)로 다시 나뉘집니다. 개인 서비스로는 생활지원(청소, 잔디 깎기, 이동, 간병 등)과 교육 문화(교육, 장난감, 안내, 공연 등)로 나뉘볼 수 있습니다.

전문서비스로는 농축수산(수확, 분류/포장 등), 건설교통해양(원자력 해체, 배관 검사, 수중, 물류), 의료(진단, 수술, 재활), 국방안전(무인기, 재난극복, 폭발물 제거, 소방) 등으로 분류될 수 있습니다.

로봇의 공통 기술 분야는 지능, 부품, 플랫폼으로 나뉘집니다. 여기에서 지능부분은 인식, 판단, 행동분야로 세분화될 수 있습니다. 로봇화 기술은 로봇의 요소기술이 타 산업에 적용되어 자동차의 자동주차기능, 지능형 CCTV 등 타 제품의 혁신을 가져오기도 합니다.

대분류		중분류	소분류
로봇 제품군	제조	중소기업	주조, 성형, 용접, 도장, 절단, 조립
		첨단제조	반도체, 자동차, LCD, OLED
	개인서비스	생활지원	청소, 잔디 깎기, 이동, 간병
		교육문화	교육, 장난감, 안내, 공연
	전문 서비스	농축수산	수확, 밀킹, 분류/포장
		건설교통해양	원자력 해체, 배관검사, 수중, 물류
		의료	진단, 수술, 재활
		국방안전	무인기, 재난극복, 폭발물제거, 소방
로봇 공통 기술	지능	인식	감지
		판단	학습, 추론
		행동	작업, 이동
	부품		모터, 감속기, 센서, 제어기
	플랫폼		로봇 S/W, H/W
로봇화 기술			무인차, 핸드폰, CCTV

BCG(Boston Consulting Group)에서는 1950년대부터 최근까지 로봇기업의 탄생을 시각화하였고, 이는 로봇기술의 동향을 한눈에 보여줍니다. 제조용 로봇은 일찍이 1950년대에 개발되어 상용화되었으며 우리가 현재 접하거나 알고 있는 로봇의 대부분은 2000년대 이후에 탄생한 최근의 기술이며 그 성장속도는 점차 빨라지고 있습니다.



1950-1990(I)	1991-2000(II)	2001-2005(III)	2006-2010(IV)
제조용로봇	수중로봇	수술로봇	정밀수술로봇
창고용로봇	비행로봇	외골격로봇	무인차
사출/가공용로봇	검사로봇	휴머노이드	장난감로봇
이송로봇		반도체 제조로봇	실험실용 로봇
우주,건설,농업로봇			

<로봇 상용화 시기> (출처 : BCG)

미국 국방고등연구계획국(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)은 현재의 로봇기술 수준을 제조용, 원격제어 그리고 단위작업별 자율 로봇으로 나누어 설명하고 있습니다. 제조용 로봇은 힘이 세지만, 제조공장과 같이 정해진 환경과 작업에 대해 프로그램된 대로 반복하여 작업하는 수준입니다. 그러나 공장처럼 정해진 환경과 작업에서 벗어나서 복잡한 작업환경에서 다양한 임무를 수행하기에 로봇의 지능은 아직 부족합니다. 따라서 사람의 지능에 의지해야 합니다.

원격제어는 매 순간, 매 작업을 인간이 조종하는 형태로 로봇은 단지 수동적으로 작동할 뿐입니다. 한편 단위작업에 대해서는 로봇이 보다 많은 자율성을 갖고 수행할 수 있습니다. 사람이 상황판단을 하고 필요한 작업지시를 내리면(예를 들어 문을 연다, 계단을 오른다 등), 주어진 단위작업에 대해서는 로봇이 자율적으로 수행하게 됩니다.

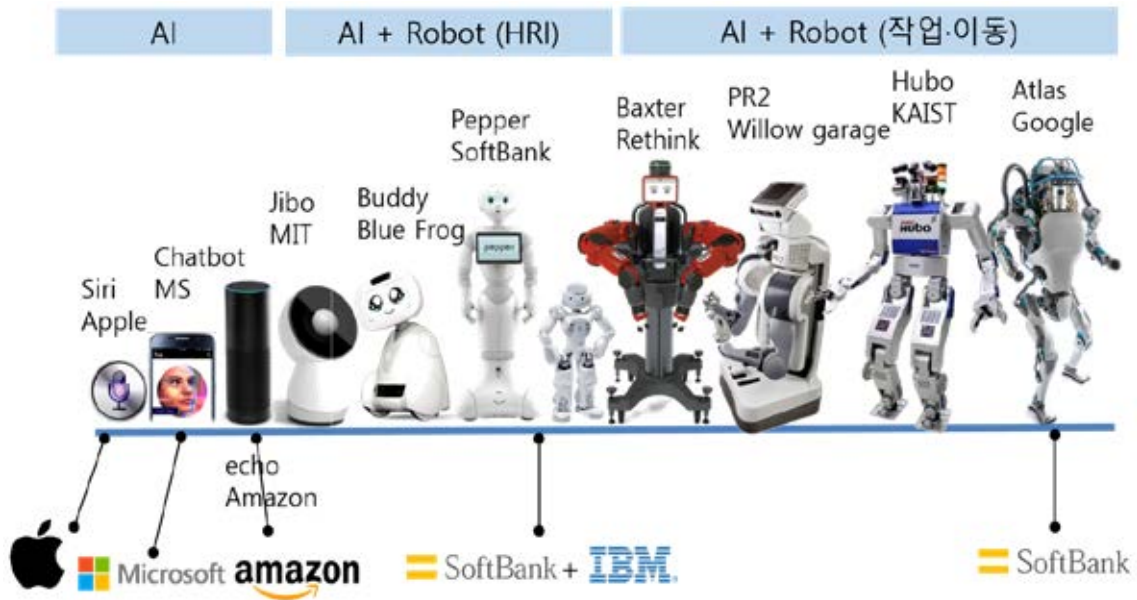
로봇 기술의 현실



<출처 : DARPA>

1.2 인공지능과 로봇 기술

인공지능(AI)은 로봇 기술 발전에 엄청난 영향을 미칩니다. 흡사 AI와 로봇의 관계는 인간의 두뇌와 신체와의 관계와도 같습니다. AI 기술의 발전으로 인공지능 스피커는 사람의 말을 알아듣고 대화가 가능해졌습니다. 이러한 기술은 공항, 쇼핑몰, 공공기관 등에서 안내 로봇에 탑재되어 사용됩니다. 이러한 기술의 발전은 로봇 동작과 작업 분야로 확산 중이며, 현재 제품에 대해 순수 AI로부터 가장 발달한 로봇 동작 기술 순으로 정리해 보면 아래의 그림과 같습니다.



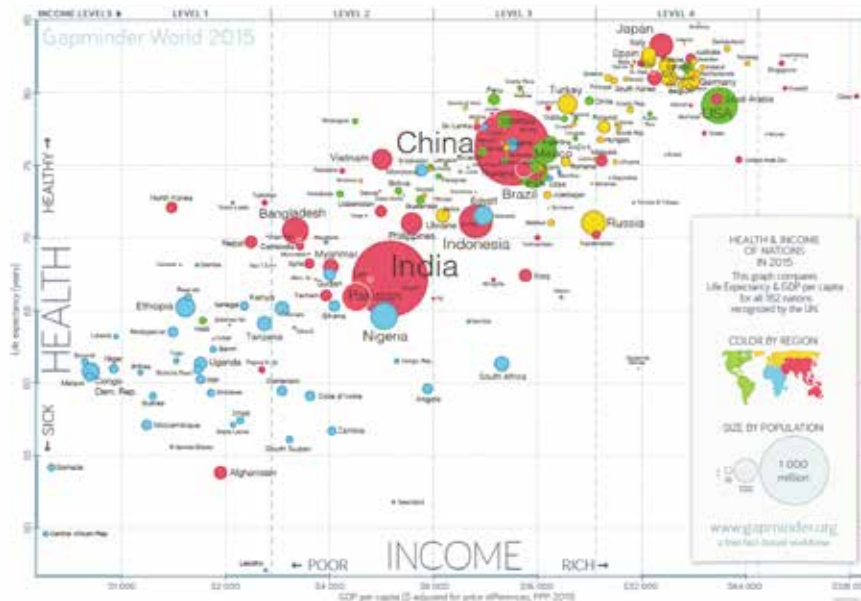
1.3 사회변화와 로봇

1.3.1 고령화 시대와 로봇

대한민국은 고령화 시대를 맞이했습니다. 소득과 기대수명이 비례하는데, 200년 전 만해도 인간 평균 수명이 40세 정도였습니다. 우리가 200년 전 사람이라면 40세 넘게 사는 사람이 거의 없었을 것입니다. 지속적으로 소득이 늘어나고, 위생과 영양 그리고 의학이 발달함에 따라 기대수명도 함께 비례해서 높아져가고 있습니다. 그리고 현재는 일본을 필두로 예상수명이 85세에 가까운 고령화 시대에 접어들었습니다. 인구 고령화 시대는 인류가 처음 맞아보는 현상입니다. 이것은 위기이자 기회가 될 것입니다.

당장 일본은 공장 근로자와 농업인구의 부족에 당면하기 시작했습니다. 우선은 외국인 근로자로 대체되겠지만, 장기적으로는 로봇에 의존하게 될 것입니다. 이러한 배경은 일본의 로봇혁명실현위원회가 출범하는 계기가 되었습니다. 한편 고령화 시대에는 새로운 산업으로 노인들을 돌보아 주는 개호 산업이 생겨날 것으로 보입니다. 일본은 간병, 돌봄에 활용 가능한 로봇기술 개발을 적극 지원 중이며 이는 향후 미국, 유럽 등 선진국으로 시장 확대가 예상되는 분야입니다.

예상수명과 GDP



(출처 : Gapminder)

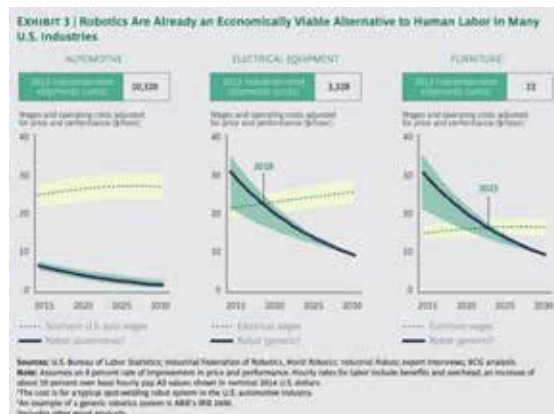
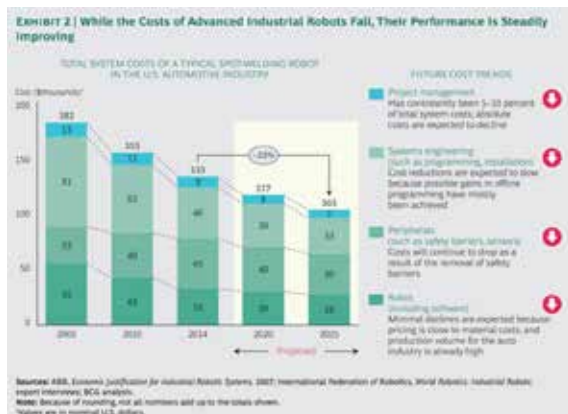
1.3.2 노동시장의 변화와 로봇

인공지능 및 로봇의 기술발전과 활용 확대는 사람의 일자리를 대체할 것으로 보입니다. 이미 세계적으로도 다양한 분석과 전망이 발표되고 있습니다. TV나 세탁기의 보급이 아무리 확대되어도 일자리 감소를 걱정하지는 않습니다. SW나 컴퓨터의 보급과 온라인의 확대는 일자리 감소를 가져왔으나 이에 대한 우려는 크지 않았습니다. 처음에는 업무효율 향상을 가져왔고 점차 근로자의 숫자를 줄여왔으나, 줄어든 빈자리를 차지한 SW는 눈에 보이지 않기 때문일 것입니다. 반면 로봇은 처음부터 자동화라는 목적으로 사람의 일자리를 대신해왔고 사람이 일하는 자리를 로봇이 차지한 모습은 눈으로 볼 수 있기 때문에 직접적으로 느끼는 영향은 대단히 큰 것 같습니다

로봇은 인간과 일자리를 두고 경쟁 관계에 있습니다. 로봇 보급 초기에는 이러한 일자리 대체에 대한 우려가 크지 않았습니다. 우선 인건비보다 훨씬 비싸 경쟁력이 열세였고, 작업자가 기피하는 일 즉, 위험하고, 지루하고, 힘든 일을 대신했기 때문이었습니다. 그러나 지속해서 로봇의 가격이 낮아지고, 성능이 높아짐에 따라 사람과의 인건비 경쟁에서 역전되는 분야가 늘어나기 시작했습니다.

로봇을 사용하기 위해서는 로봇 본체는 물론 주변장치와 설치·운영 등 시스템 기술이 필요합니다. 제조용 로봇을 기준으로 로봇을 사용하기 위해 소요되는 전체 비용을 보면, 로봇 자체가 28% 주변 장치가 36%, 시스템이 33%로 구성됩니다. 매년 로봇 시스템 가격이 20%씩 떨어지고 있습니다. 사람의 능력은 시간이 지나도 크게 향상되기 어려움에도 불구하고, 인건비는 계속 올라갑니다. 반면, 로봇은 기술이 계속 발전되고, 가격도 계속 낮아지고 있습니다.

하단 오른쪽 그래프는 미국 내 산업별 시급과 로봇 투자 비용의 추이를 보여주고 있습니다. 자동차 산업에서 용접공정의 로봇 비용(시급으로 환산 시)은 8불대, 인건비는 23불대로 로봇 비용이 인건비보다 훨씬 낮습니다. 자동차 공장에서 많은 로봇이 사용되고 있는 이유입니다. 전자 산업의 경우 로봇의 고기능이 요구되어 가격이 높으나 이것 역시 역전되는 상황입니다.



BCG(Boston Consulting Group)에 의하면 현재 제조용 로봇은 1950년대 이후 현재까지 전체 제조공정의 10% 수준에 도달하였으나 향후 2025년까지 25%로 급성장할 것으로 예상하고 있습니다. 제조인력의 주 공급원인 동남아 근로자의 인건비 상승이 가파르게 진행되는 한편 로봇 가격은 지속적으로 하락하는 동시에 기술은 발전하고 있어 점차 인간의 영역을 대체하게 되는 것입니다. 맥도널드의 경우 최저 시급이 15불 수준에 이르면 주문받는 키오스크, 감자튀김 담는 로봇, 자동 팬케익 굽는 장치 등 본격적인 로봇도입과 자동화를 추진할 것이라 얘기되고 있습니다.

1.4 코로나 19와 로봇산업

코로나 19가 전 세계를 강타했습니다. 공기를 통해 감염되며 그 전파력이 사스보다 100-1000배나 높은 코로나 19는 전 세계가 긴밀하게 연결된 현대사회에서 특히 치명적일 수밖에 없습니다. 발생 초기에 사회적 봉쇄라는 강력한 대책을 미루는 사이 폭발적으로 늘어난 감염자는 기존의 의료체계가 감당하기 어려운 상황에 이르렀습니다. 호흡기 감염병 치료를 위한 음압병실, 진단기, 산소호흡기, 방호복, 마스크 등 의료물자는 물론 턱없이 부족한 의료진에 더해 의료진 감염으로 의료체계의 붕괴가 나타났습니다. 어쩔 수 없이 시행된 봉쇄를 통해 어느 정도 신규 확진자 발생을 줄이고 있으나, 이러한 강제조치가 얼마나 길어질지 우려되며, 그 여파로 이제 경제가 무너지고 있습니다.

바이러스의 변이는 계속 일어날 것이며, 앞으로도 제2, 제3의 코로나 바이러스가 나타날 수 있어 코로나 19에서 경험한 실패를 반복하지 않을 대책 마련이 시급해 보입니다. 지난 3월 25일자 국제학술지 '사이언스 로봇틱스'에는 로봇 분야 석학들이 로봇으로 할 수 있는 대책을 논의하였습니다.

이러한 논의는 2015년의 에볼라 발생 당시 미국 백악관과 미국과학재단이 공동 개최한 워크숍에서 이미 이루어진 적이 있습니다. 당시 로봇 과학자들은 로봇의 역할을 3가지로 분류하였습니다. 원격 의료와 소독 등 '환자 치료(Clinical Care)', 오염물 처리 등 '물류(Logistics)'와 자가격리 모니터 등 '감시(Reconnaissance)'였습니다. 금번 코로나 19를 통해 추가로 필요한 역할은 '노동의 지속성과 사회경제적 기능의 관리(Continuity of Work and Maintenance of Socioeconomic Function)'입니다.

호흡기 감염병을 치료하는 의사나 간호사의 어려움은 환자로부터의 감염 우려입니다. 세계보건기구(WHO)는 코로나처럼 침방울 접촉에 의한 비말 감염의 경우, 기관삽관술이나 호흡기 이물질 제거 등 에어로졸이 발생하는 경우에 레벨D를 입도록 하고 있습니다. 레벨D 방호복은 이중 덧신, 이중 장갑, 전신 보호복, N95 마스크, 고글, 앞치마 등 단계별로 순서에 맞춰 입어야 합니다. 벗을 때도 일일이 알코올로 닦으며 단계별로 순서에 맞게 벗어야 합니다. 벗는 과정에서 행어나 방호복에 묻어 있는 바이러스가 맨손이나 민얼굴에 묻어 감염될 가능성이 있기 때문입니다. 마무리로 샤워도 해야 합니다. 익숙지 않은 경우 레벨D 방호복을 입고 벗는 데 20분까지 걸립니다. 이러한 방호복은 착용 상태에서 무게가 3kg 가까이 되어 땀이 쏟아지고 숨이 차올라 건장한 청년도 2시간을 버티기 힘들다고 합니다.

직접적인 의료행위 외에 검역, 검사나 병원내의 음식 및 약품 전달, 진찰, 소독 등에서도 감염이라는 위험성이 존재하며 다양한 레벨의 방호가 필요합니다. 검사에는 검체 채취, 검체 취급 및 배송, 검체 확인 등의 과정으로 이루어지는데, 환자가 급증할 경우 숙련된 인력이 부족하게 됩니다.



이러한 상황에서 로봇이 대신하거나 보조를 할 수 있다면 감염우려에서 벗어나며, 처리속도를 향상시킬 뿐 아니라, 의료 인력이 환자치료라는 본연의 업무에 전념하게 할 수 있을 것입니다. 금번 코로나 19 에서 다양한 로봇이 현장에 적용되기 시작했습니다. 아직은 충분한 수량이 아니며, 기능/성능 면에서도 개선할 사항이 많겠지만, 이러한 현장 적용 사례를 통해 로봇 기술은 한층 더 발전하는 계기가 될 것입니다.

환자 치료



명지병원의 선별진료소에서
운영하는 로봇원격 진료 (출처:의약뉴스)



서울의료원의 음압병실
소독용 로봇(출처:연합뉴스)



UVD 로봇의 자외선 살균 로봇
(사진:UVD 로봇)

물류



서울의료원의 의료폐기물 운송 로봇
(출처:연합뉴스)



중국 병원에 투입된 운송 로봇



격리된 호텔에 음식을 배달해주는
'리틀 피넛' 로봇
(사진:중국 신화사 소셜 미디어)

감시



중국의 체온측정 로봇



튀니지아 수도에 배치된 경찰 로봇

국경폐쇄를 통해서도 막지 못한 코로나 19의 급속한 확산은 세계 각국으로 하여금 사회적 봉쇄라는 마지막 수단을 사용하게 하였습니다. 국가 간 여행이 멈추고, 학교가 닫히고, 대형 집회가 금지되고, 공연과 스포츠 경기가 중단되고, 대부분의 시민은 자기 집에 머물러야 했습니다. 당장 여행업, 운수업, 식당, 극장 등의 수입이 곤두박질치고 실업이 증가하는 등 실물경제가 무너지기 시작했습니다. 감염병을 잡기위한 최후의 수단인 봉쇄는 우리의 경제를 멈추게 하는 부작용을 낳게 되었습니다.

이렇게 멈추어진 경제·사회의 교류는 새로운 수단을 통해서라도 다시 연결해야만 합니다. 잠재적 감염위험이 있는 사람 간 접촉(Contact)이 막히자 비접촉(Untact)이라는 새로운 길이 만들어지기 시작했습니다. 대학의 수업은 온라인 강의로 대체되었고, 업무 회의도 원격화상회의로 대체 되었고, 재택근무가 늘어났습니다. 물품의 배달도 직접적인 접촉대신 로봇을 사용하는 요구가 늘어나고 있습니다. 이는 그동안 진행되었던 무인화 시스템(무인 편의점, 무인 주문기, 로봇 카페 등)의 확산을 가속화 할 것이고 이렇게 자리 잡게 되는 시스템과 사람들의 경험은 코로나 19 이후에도 계속되어 뉴노멀(New normal)이 될 수도 있다고 회자되고 있습니다.

코로나 19를 통해 우리는 로봇산업의 새로운 성장 계기가 있다는 것을 알게 되었습니다. 지금까지 로봇산업은 인간과 시장논리 즉 인건비와 로봇 투자비용의 경쟁관계를 통해 성장해 왔습니다. 그러나 코로나 19 이후에도 감염병이 일상화 될 것이라 예상되는 지금은 감염병 방역, 치료에서 의료진의 감염위험과 인력부족을 로봇이 대체할 수 있으며, 사람 간의 접촉이 없이도 사회·경제가 돌아가는 원격, 무인로봇 시장이 계속 확대될 것으로 예상됩니다



다양한 로봇 바리스타



다양한 서빙 로봇



다양한 무인 주문기 / 발권기

2. 로봇 산업의 규모와 잠재력은 어떠한가

2.1 글로벌 로봇 시장 규모

앞으로 로봇 산업은 산업적 측면에서 어느 정도의 영향력을 가지고 있을까요? 미래 산업으로서 로봇 산업의 잠재력을 한번 가늠해 봅시다.

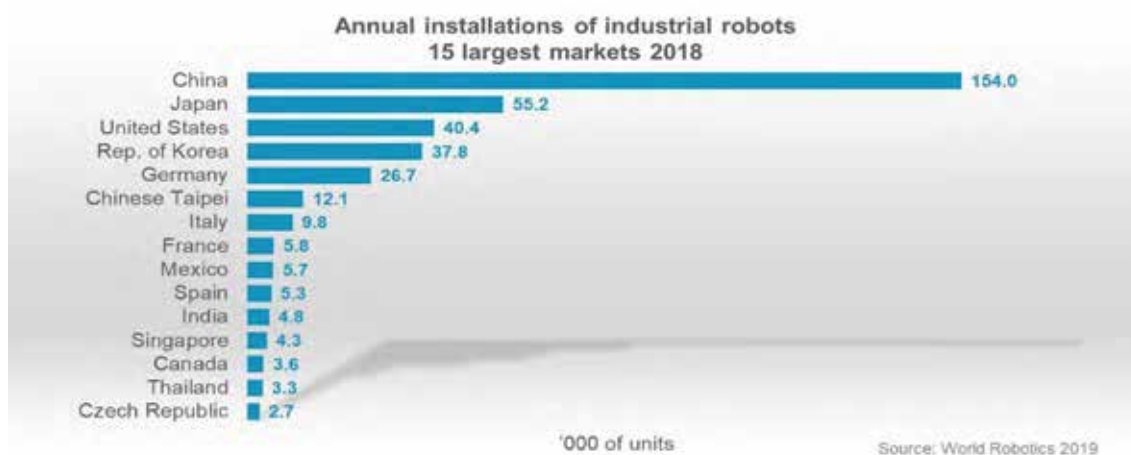
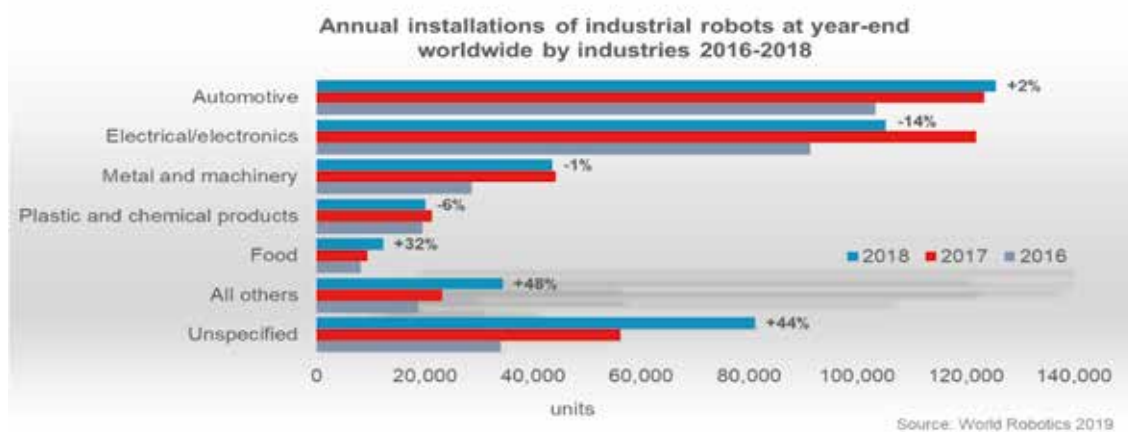
2019년 IFR(International Federation of Robotics) 자료에 따르면 2018년 기준 세계 로봇 시장은 전체 294억불 규모의 시장입니다. 제조(산업용) 56%, 전문서비스 31%, 개인 서비스가 13%를 차지합니다. 매출 규모가 200조가 넘는 국내 일개 전자 회사의 1/10 규모입니다. 그러나 자동차, 반도체, 디스플레이 등 주요 산업에서는 로봇 없이는 생산이 불가능할 정도로 핵심이 되고 있습니다.

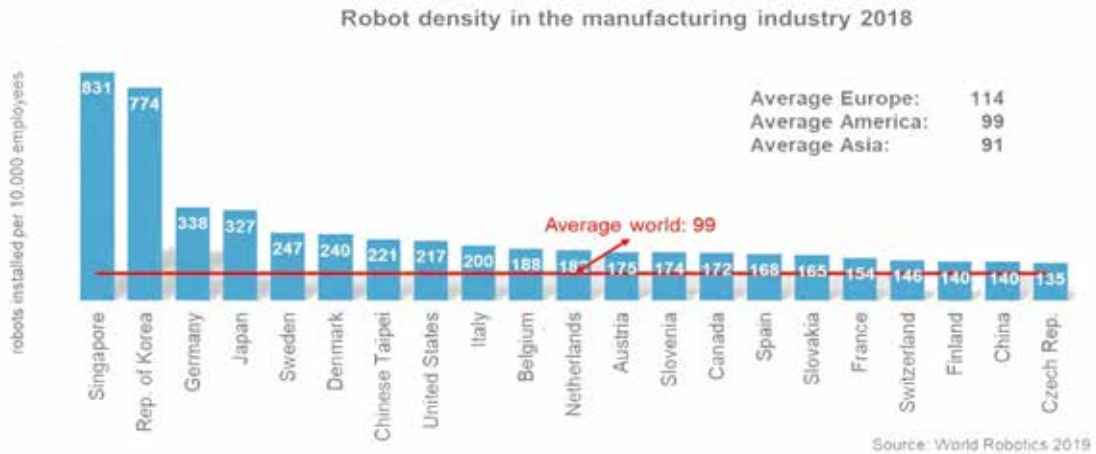
제조용 로봇은 자동차, 전자, 금속·플라스틱, 식음료 순으로 사용되고 있습니다. 그 중 자동차 산업은 전 세계적으로 로봇을 가장 많이 채택하고 있는 산업 분야로 전체 공급량의 30%, 123,439대입니다. 2017년에는 전년 대비 21% 증가하였고, 2018년에는 전년 대비 2% 증가하였습니다. 국가로 보면 자동차 산업용 로봇 설치의 79%가 중국(39,351대)에 집중되어 있습니다.

전기/전자 산업은 전체 공급량의 25%를 차지하고 있습니다. 해당 분야는 2017년에 크게 부상했지만, 2018년 전자장치 및 부품에 대한 전 세계 수요가 크게 감소하면서 전기/전자 산업용 로봇 설치의 전년 대비 14% 감소했습니다.

금속 및 기계 산업용 로봇은 전체 공급량의 10%를 차지합니다. 해당 로봇의 소비자는 주로 유럽 국가(핀란드, 스웨덴, 스위스, 벨기에, 오스트리아, 이탈리아, 덴마크)입니다.

제조 로봇 시장은 중국이 제일 큼니다. 여기서 제조는 자동차, 전자 분야입니다. 중국, 일본, 미국, 한국, 독일 등 Top 5개국에 설치된 제조(산업)용 로봇이 전 세계 시장의 74%를 차지합니다. 작업장 내 1만명 직원당 로봇의 사용 정도를 나타내는 로봇 밀도를 조사한 결과 한국이 774대로 세계 2위(World Robotics 2019)입니다. 1위는 싱가포르 831대를 기록했습니다. 평균적으로 유럽은 114대, 아시아는 91대로 조사되고 있습니다. 싱가포르의 경우 근로자 수 자체가 적은 데 비해 최근 로봇 투자가 크게 늘고 있기 때문이라고 볼 수 있습니다. 우리나라는 자동차, 조선, 반도체, 디스플레이 등 로봇을 필요로 하는 주력산업을 모두 갖고 있기 때문에 당연히 로봇 밀도가 높아진 것으로 보입니다. 이렇게 볼 때 로봇은 로봇 산업 자체로도 중요하지만, 활용





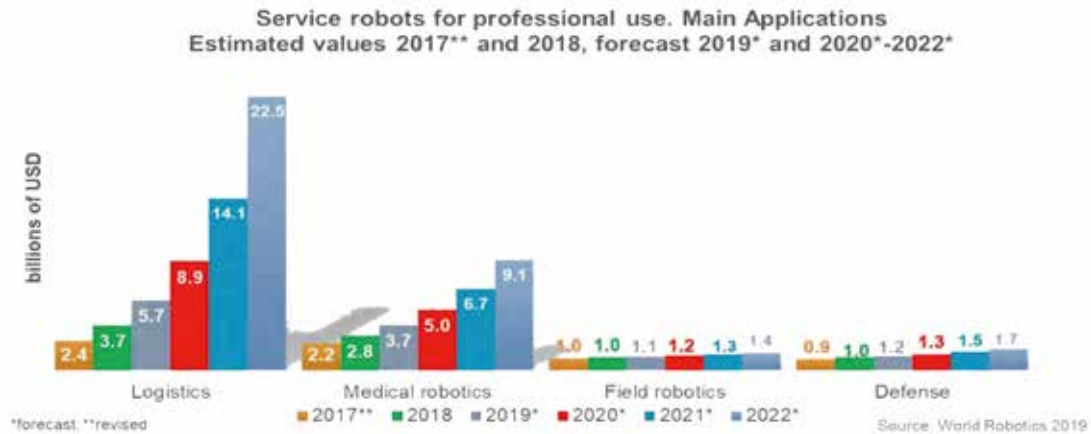
기업의 제조경쟁력에 영향을 주는 기간산업이라 할 수 있습니다.

서비스용 로봇 시장 중에서 전문서비스 로봇 적용 분야는 물류, 의료, 농업, 국방 등이 있습니다. 특히 물류, 의료, 가사 로봇 중심으로 새로운 시장이 형성되고 있으며, IT, 서비스 기반이 확고한 미국 기업들이 주도하고 있습니다.

전문서비스 로봇의 판매액은 2018년 92억불에서 2019년 126억불, 2022년에는 380억불로 45% 증가할 것으로 예측됩니다. 판매량 또한 2018년 27만대에서 2019년 36만대, 2022년에는 1백만 대로 41% 정도 증가할 것으로 예측됩니다.

주로 가정용 청소로봇으로 구성되는 가정/개인용 서비스 로봇의 경우 2018년 판매액은 37억불로 2019년 46억불, 2022년에는 115억불로 35% 증가될 것으로 보이며, 판매량 또한 2018년 1,630만대에서 2022년 6,110만대로 40% 증가될 것으로 예측되고 있습니다.

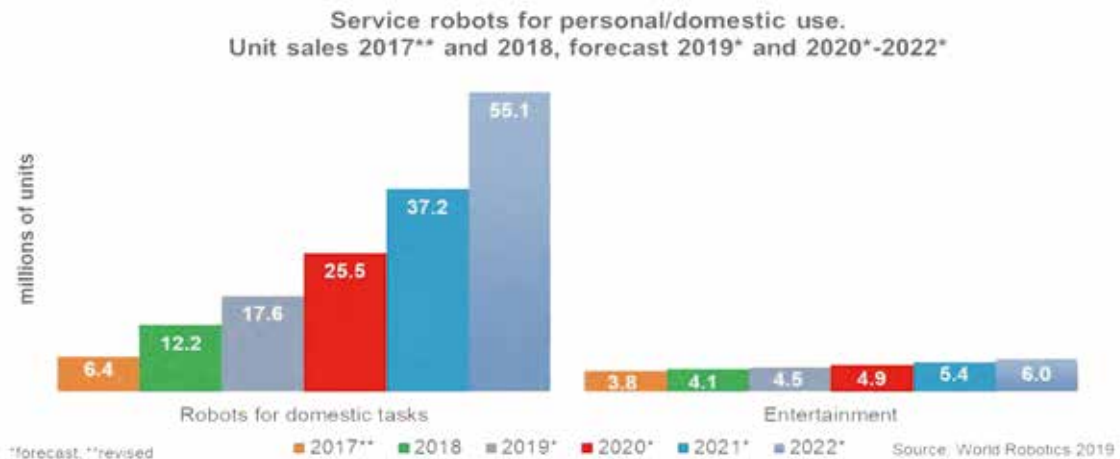
글로벌 로봇 산업과 기술을 이끄는 국가는 미국입니다. 제조용 로봇은 원래 미국에서 개발되었으나, 제조 공장 해외이전 등 자국 내 제조업의 축소로 인해 일본, 유럽으로 주도권이 넘어갔습니다. 그러나 수술로봇, 국방로봇, 가정용 청소로봇, 외골격 로봇, 자율주행차 등 서비스 로봇에서는 미국이 다시 기술개발과 상용화를 주도하고 있어 최고 수준의 로봇기술을 보유한 국가라 할 수 있습니다.



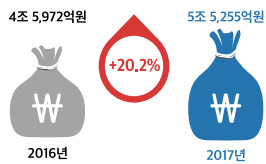
2.2 국내 로봇 시장 규모

‘17년 로봇 매출 규모는 전년 대비 20.2% 증가한 5조 5,255억원이며, 생산 규모는 11.6% 증가한 4조 9,950억원을 기록하였습니다. 로봇 산업 관련 사업체 2,191개 중 중소기업이 대부분을 차지(97.0%)하고 있으며, 로봇매출 10억원 미만 사업체가 절반 이상(56.3%) 차지하고 있습니다.

2.3 로봇의 핵심 부품은 무엇인가



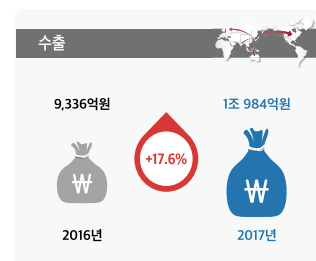
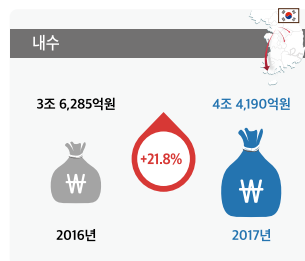
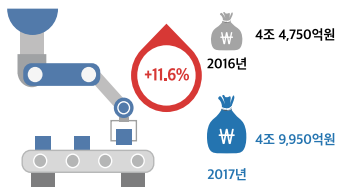
매출액



출하액

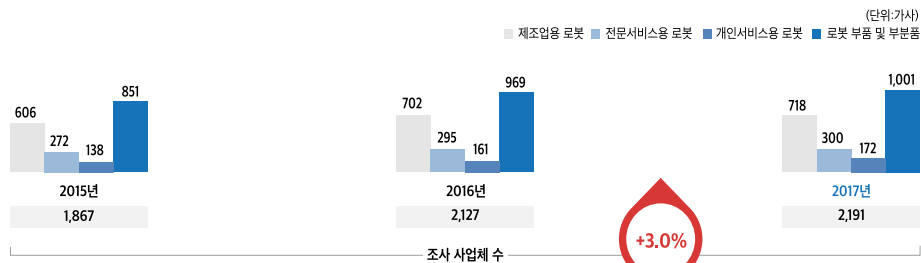


생산액

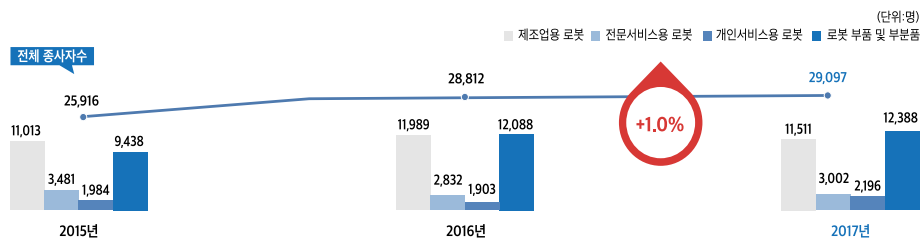


○ 전년대비 증가 ○ 전년대비 감소

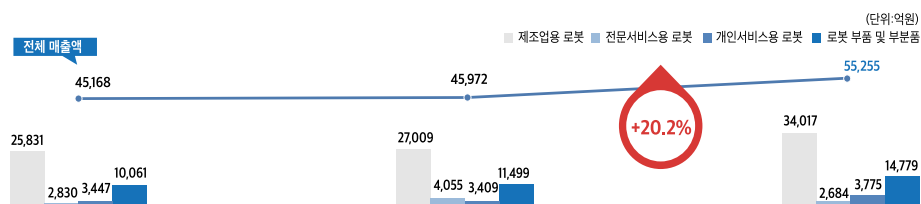
가장 주된 로봇사업 분야별 사업체 현황



종사자 수 현황



매출 현황



로봇은 아날로그, 디지털 기술이 융합되고 산업 전반의 활용기술이 접목되는 대표적인 융합기술입니다. 즉, 로봇의 구조나 동작 구현은 모터, 감속기, 제어기로 구성되어 이들은 자동제어라는 기술로 이루어집니다. 여기에 사물과 환경을 인식하고 주어진 작업을 하기위한 비전 인식(물체, 얼굴 인식 및 움직이는 물체 인식), 로봇 지능(AI 등) 기술 등이 통합됩니다. 한편 수술로봇, 물류로봇, 안내 로봇 등 로봇이 사용되는 곳의 용도에 따라 다양한 기술이 연결되어야 합니다.

로봇의 동작은 모터의 회전운동에 기초합니다. 고속의 모터 회전을 감속시켜(1/100 수준) 힘을 키우고 운동속도를 조절합니다. 그래서 로봇에는 소형/정밀한 감속기가 가장 핵심적 부품의 하나라고 할 수 있습니다. 감속기는 일본이 가장 많은 특허를 보유하고 있기 때문에 최근까지 일본이 독점 공급해 왔습니다. 우리나라와 중국이 특허가 풀린 감속기를 만들기 시작하였으나 아직 품질을 따라잡지 못한 것으로 알려져 있습니다. 로봇용 모터 역시 소형/고출력이 요구되며 현재로는 스위스의 맥슨(사)가 최고의 성능을 보입니다. 제어기 또한 성능이 중요한데 이러한 로봇의 3대 핵심 부품은 아날로그형 제품입니다. 즉 오랜 시간의 기술축적이 요구되는 기술입니다.

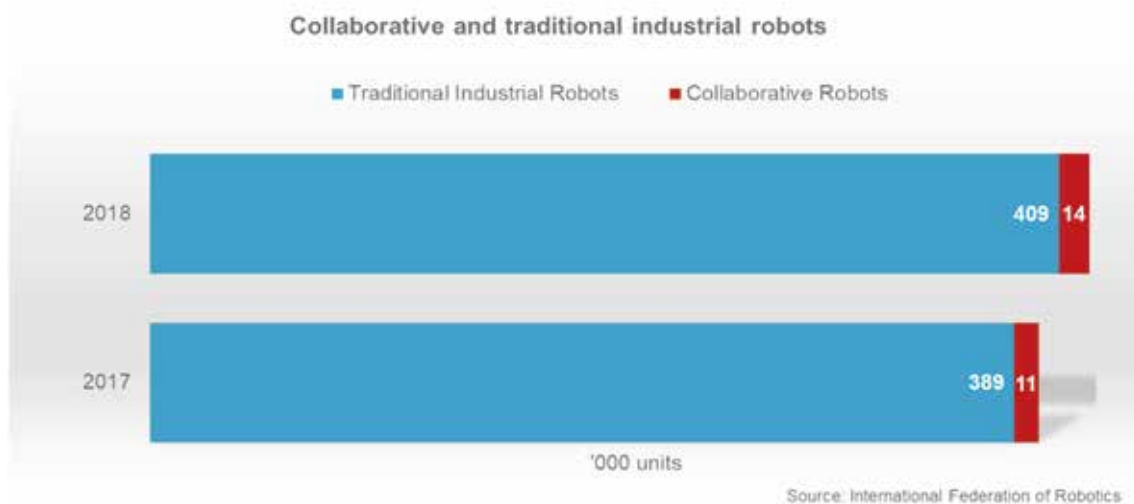
부품			특징
감속기	RV		- 60만원대 고부하용 - Nabtesco(일) 과점
	HD		- 120만 원대, 고감속비(100:1), 저부하용 - HDS(일) 독점
MOTOR			- 130만 원대(100-300W급) - Maxon(스위스), Kollomorgen(미국)
제어기			- 100만 원대/축 - Yaskawa(일)

2.4 성장 가능성이 있는 분야는 무엇인가

앞으로 가장 성장 가능성이 높은 로봇으로는 협동로봇과 전문서비스 로봇을 꼽고 있습니다.

[협동로봇(Collaborative Robot)]

협업을 위해 설계된 협동 로봇 산업은 부상하고 있습니다. 2018년 설치된 42만2천대의 산업용 로봇 중에서 1만4천대(3.24%) 미만에 불과하지만, 2017년부터 2018년까지 설치는 23% 증가하였습니다.



<UR5 로봇 사진 출처 : Universal Robots 홈페이지>



<LBR iiwa 지능형 협동 로봇, 사진 출처 : KUKA 홈페이지>

[전문 서비스 로봇]

물류용 전문 로봇은 가장 빠르게 성장하고 있는 분야입니다. 제조 환경에서 무인운반차(AGV)가 7700대 판매, 비제조 환경에서 10만대 넘게 더 판매되고 있습니다.

의료용 전문 로봇의 경우 판매가 50% 증가, 시장 규모는 전년보다 27% 증가한 28억 달러로 엑세서리 및 서비스를 포함합니다. 평균 단가가 54만 8000달러(약 6억 5300만원)로 가장 비싼 서비스 로봇이기도 합니다.

필드용(농업) 전문 로봇 또한 판매가치의 11%를 차지하는 10억 달러로 8% 증가했습니다. 2018년 총 5800대의 착유 로봇이 판매되어 2017년의 5400대에 비해 8% 증가하였고, 농업용 로봇 판매량이 연평균 50%의 성장이 예상됩니다. 2022년에는 판매량이 2400대에 이를 것으로 추정되고 있습니다.

물류용 로봇



의료용 로봇



<필드용 로봇>



<출처: IFR 2019>

2.5 글로벌 기업 동향

최근의 로봇 관련 뉴스와 관련된 기업은 KUKA, ABB, Yaskawa, Fanuc 등과 같은 전통적인 로봇 기업들이 아닙니다. 아마존, 구글, 소프트뱅크, 토요타, 애플, 마이크로소프트, IBM 등과 같은 글로벌 IT 거대 기업들입니다.

아마존은 주문받은 물품을 창고에서 포장하는 곳까지 찾아오는 작업에 Kiva 로봇을 투입하고 있습니다. 작업자가 해오던, 10시간 근무시간 내에 천 개 이상의 물품을 처리해야 하며 20km 이상을 걸어 다녀야 하는 힘든 작업입니다. 이러한 힘든 작업을 로봇으로 성공적으로 대체하였고, 부수적으로 작업자 실수로 발생하는 물품 배송 오류도 크게 낮추었습니다. 최근에는 주문 후 30분 내 배달을 목표로 드론 활용을 위한 노력이 한창입니다. 한편 음성 대화가 가능한 에코를 상용화하여 일상생활에서부터 아마존과 더욱 친숙하게 만들려고 하고 있습니다.

소프트뱅크는 프랑스 로봇기업인 알데바란(Aldebaran)을 인수하여 사람과 눈을 맞추고 감정 교감이 가능한 소셜 로봇 페퍼(Pepper)를 상용화하였습니다. 발매 후 약 만 대 정도 판매되었으며, IBM 인공지능 왓슨(Watson)을 탑재하여 다양한 외국어에 대한 자연어 대화 수준을 높이고 있습니다. 각국 언어로 서비스를 준비 중이며 미국, 대만, 한국 등 점차 세계로 판매지역을 넓히고 있습니다. 수천만 원 대의 로봇을 단 200만 원에 공급하고 있습니다. 대신 3년간 약정을 통한 SW 등의 사용료를 받고 있습니다. 3년 사용 시 약 1,200만 원 정도의 비용이 발생합니다. 나오키킴(NAOqi)라는 비공개 운영체제(OS)를 채택하고 서비스별 어플리케이션 개발을 위해 200여개 기업과 연계하고 있습니다. 최근에는 세계 최고의 로봇기술을 보유한 보스턴 다이내믹스를 구글로부터 인수하기도 하였습니다.

구글은 2013년 말 이후 8개의 로봇전문기업 인수를 통해 세계 최고 수준의 로봇기술을 보유하게 되었으나 이후 보스턴 다이내믹스는 소프트뱅크에 넘겨 그 규모가 축소된 것으로 보입니다. 한편, 인공지능을 연계하여 다양한 물체를 학습을 통해 스스로 정리하는 기술개발을 공개하고 있습니다.

토요타 자동차는 산호세에 인공지능과 로봇 관련 연구소를 설치하였으며 향후 1조원을 투자할 계획입니다. 로봇 분야는 개인용 이동수단과 고령화 사회를 대비한 간병 보조 로봇 등이 주 연구 대상으로 보입니다.

기술이 PC에서 모바일로 이동하였으며 다음은 로봇이 될 것입니다. 이에 따라 로봇 OS를 누가 어떻게 주도하는가가 관건이 될 것입니다. Vision, Force 등 다양한 센서 입력과 수십 개의 팔다리관절 제어 그리고 사람과의 자연어 대화 등 다양한 종류의 부품과 SW가 유기적으로 구동되는 종합적인 OS가 될 것이기 때문입

니다. 한편 로봇은 인간과 대화, 감정 교감 등을 통해 인간에 관한 Data를 수집할 수 있는 최적의 디바이스입니다. 사람의 구매 결정, 행동 패턴 등에 대한 데이터를 확보하게 되면 상품기획, 마케팅 전략 수립에 활용하는 등 새로운 비즈니스를 주도하게 될 것입니다.

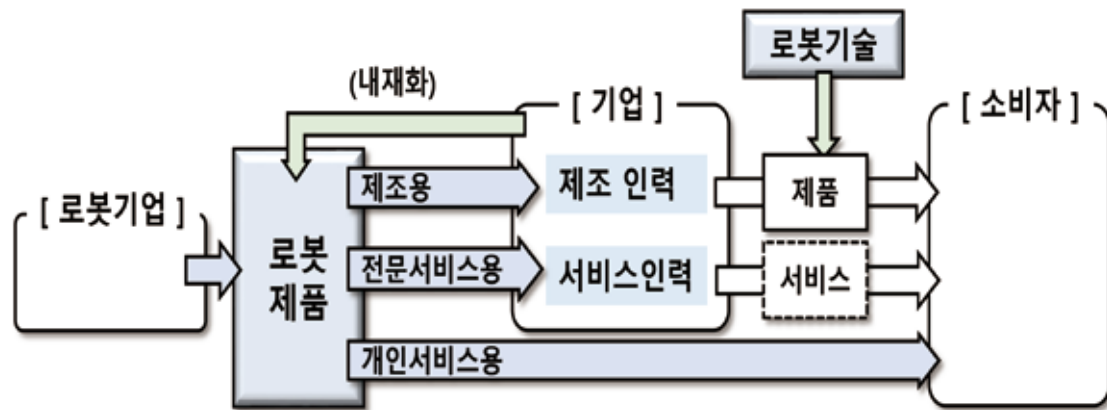
글로벌 기업의 로봇 참여



로봇은 자체 산업 측면 외에 기업의 경쟁력 향상, 타 산업 파급, 미래사회의 직업 대체 등 복합적 파급영향 관점에서 접근이 필요합니다. 지금까지 로봇은 주로 로봇전문기업에 의해 개발되고 제품으로 만들어져 수요 기업에 판매되는 형태로 로봇산업을 형성하여 왔습니다. 수요기업의 입장에서 볼 때 이미 일반화된 로봇을 로봇전문기업을 통해 구매하는 것이 경제적인 것입니다.

로봇 기술이 발전함에 따라 수요기업의 다양한 작업에 로봇 투입이 가능해지게 되는데, 새로운 로봇이 기업의 노하우를 포함하고, 기업의 핵심 경쟁력에 관계되면 수요기업 스스로 로봇을 개발하여 사용하게 됩니다. 즉 로봇 자체가 기업의 생산기술의 하나로 자리 잡게 되고 내재화되는 것입니다. 아마존이 로봇 기업을 인수하여 자체 공장관리에 대대적으로 적용하고, 폭스콘(Foxconn)이 로봇개발을 추진하는 이유입니다.

로봇의 다양한 생태계



또한 로봇 기술은 기계의 지능화 기술 자체이기 때문에 기술요소로서 타 산업의 제품에 적용되어 제품혁신을 가져오게 됩니다. 트랙터에 자율 주행기술이 접목되어 무인트랙터로 발전하고, 사람 인식 기능 등은 스마트폰에 적용되기도 하며, 자동차의 자동주차 기능, CCTV에 상황인식 기능이 부가된 지능형 CCTV 등 신제품으로 이어지게 됩니다.

3. 로봇 산업에서 로봇 사회로

3.1 로봇기술과 국가경쟁력

로봇기술은 산업 전반에 파급되는 기술로 한 국가의 로봇기술과 국가경쟁력은 점차 밀접해질 것입니다. 국방 분야에서는 무인기, 무인차, 심지어는 로봇 병사에 이르기까지 로봇기술이 파급되고 있습니다. 제조경쟁력은 스마트한 로봇일꾼에 영향을 받을 것입니다. 공장화되는 농업, 정밀농업 등에서도 로봇의 활약이 필요하며, 고령화 사회에 있어 간병 보조 로봇, 무인 배송을 통한 인터넷 상거래 경쟁력 강화 등도 사례가 될 수 있습니다.

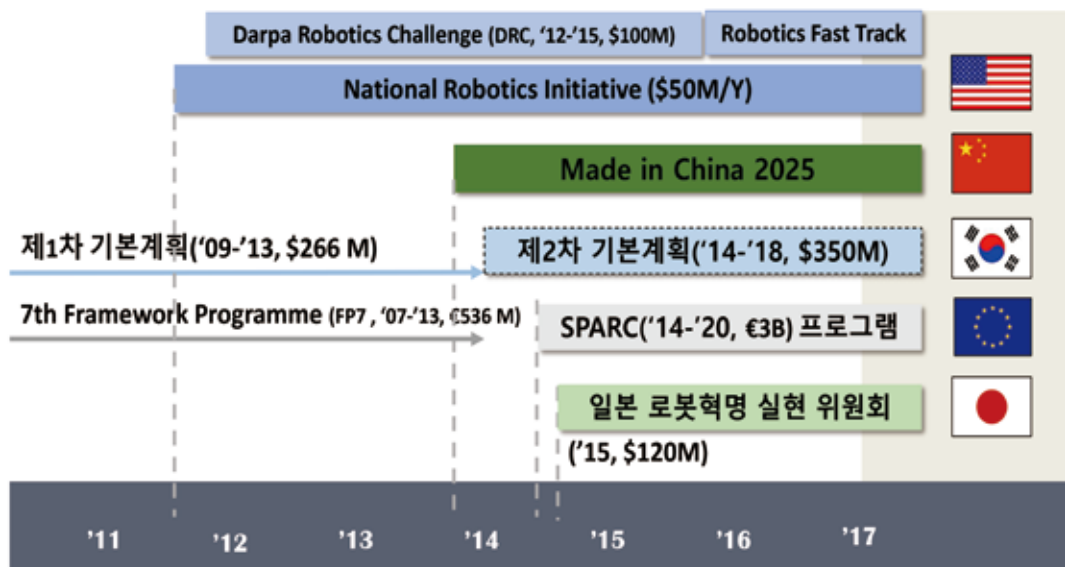
한편 PC와 모바일에 이은 로봇 운영체제(OS)는 운영체제의 총집결판이라 할 수 있습니다. 누가 어떻게 로봇 운영체제와 소프트웨어 표준화를 주도할지도 관건이며, 현재는 공개 로봇운영체제(ROS, Robot Operation System)가 주도하고 있는 상황입니다. 하지만 이는 연구단계에 해당하는 사항으로 본격적인 상용화가 시작된다면 기업 교유의 운영체제를 사용하고 이는 제2의 윈도우, MAC과 같은 SW 플랫폼으로 자리 잡을 수도 있습니다. 로봇은 또한 사람과 접촉하는 디바이스로 사람과의 대화와 행동 데이터를 획득하는 중요한 기능을 담당할 것입니다.

국가·사회 문제 해결책으로 로봇에 대규모 투자를 하는 유럽과 일찍이 로봇과 공생하는 사회 Co-Robot을 예견하고 투자를 지속하고 있는 미국을 벤치마킹할 필요가 있습니다. 한편 제조 로봇기술을 바탕으로 서비스 로봇 산업을 주도하려는 일본과 세계 공장의 경쟁력과 지위를 잃지 않으려는 중국의 로봇에 대한 전폭적인 정부 지원 등 우리는 로봇기술 세계 경쟁에 직면해 있습니다.

3.2 주요 국가의 로봇 정책은 어떠한가

세계 주요 국가(미국, 유럽, 일본, 중국, 한국)의 정책을 살펴보면, 각국의 환경과 상황에 따라 로봇에 대한 시각과 정책의 차이가 있음을 알 수 있습니다.

세계 각국 정부의 로봇 투자



[로봇과 함께하는 사회를 준비하는 미국]

2011년 오바마 정부는 Co-Robot, 즉 사람과 로봇이 함께하는 시대가 도래할 것으로 예측하고, 이를 준비하는 국가로봇정책(NRI, National Robot Initiative)을 발표하고 지속적인 R&D 투자(300~500억불/년)를 해오고 있습니다. 로봇 활용 분야를 크게 국방, 탐험, 제조, 일상생활 등 4가지로 나누어 10개의 세분화 된 활용영역으로 정리하고 있습니다.

미국은 신기술에 대한 창업이 활발하게 이루어질 수 있는 생태계를 갖추고 있습니다. 창업 아이디어에 대해 다양한 펀드 투자와 전문 인력 모집이 용이합니다. 정당한 기술평가와 M&A 등 출구전략 또한 원활하게 이루어집니다. 따라서 정부에서는 장기적인 기술전망 아래 원천기술 위주로 지원을 하고 있습니다.

USA

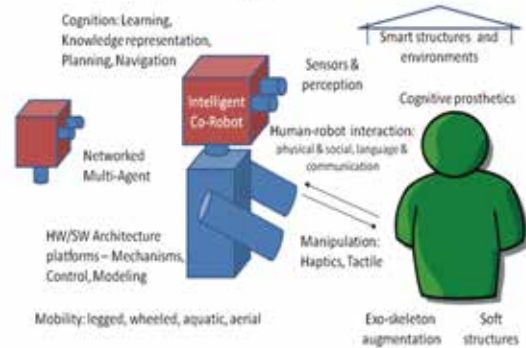
• National Robotics Initiative (NRI)

At a speech at Carnegie Mellon University on June 24th 2011, President Obama launched the **National Robotics Initiative** as part of a broader effort to promote a renaissance of American manufacturing through the **Advanced Manufacturing Partnership**.

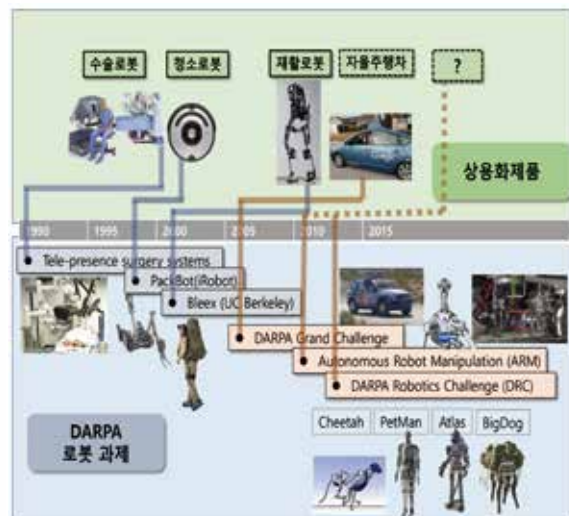
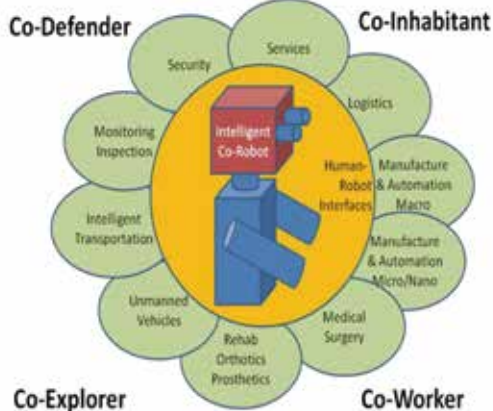
- The realization of co-robots acting in direct support of individuals and groups
- Four agencies NSF, NASA, NIH, and USDA
- from fundamental research and development to manufacturing and deployment.
- Funding Amount: \$30,000,000 to \$50,000,000 per year



• Representative NRI Technology Space



• Representative NRI Application Space

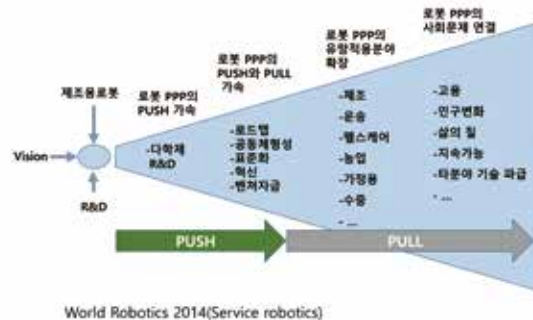


[국가·사회 문제의 해법으로 기대하는 유럽]

유럽은 “Horizon 2020”의 로봇 분야 실행을 위해 SPARC(The Partnership for Robotics in Europe) 프로그램을 추진하고 있습니다. 민간 로봇 투자 프로그램으로, ‘14년 로봇 산·학의 민간 파트너십에 의해 출범했으며(유럽집행위원회(EC)와 euRobotics 공공-민간 파트너십, 2014.6.3.) EU가 주력산업의 글로벌 경쟁력 확보와 지속가능한 성장을 위해 7년 동안(‘14~’20) 800억 유로의 자금을 투입하는 연구 및 혁신 프로그램입니다.

유럽은 제조 로봇 투자에서 시작합니다. 로봇에 다양한 기술을 융합하고, 산업 인프라를 갖추어 모든 산업 분야에서 로봇 활용을 확대하고자 합니다. 나아가서는 고용, 인구변화, 삶의 질 등 국가·사회 문제까지 해결할 수 있는 해결책으로서의 로봇 정책을 갖고 있습니다. 산업뿐만이 아니라 사회적 측면까지 종합적으로 관점(holistic perspective)을 가지고 접근한다는 점에서 눈길을 끄니다.

EU : SPARC Program(2014)



[저출산·고령화 사회의 해법으로 투자하는 일본]

일본은 사회전략으로서의 접근을 강조하는 점에서 유럽과 궤를 같이 하고 있습니다. 일본은 고령화, 저출산, 자연재해 등 국가사회 문제 해결을 목표로 “로봇 新전략(‘15)” 하에 규제개혁, 보급·확산, 기술개발 등을 추진 중입니다. 2020년까지 개호, 재해, 농업, 제조 등 4대 로봇 분야에 1천억엔 지원 계획을 세우고 있습니다.

제5기 과학기술기본계획에 포함된 소사이어티 5.0(2016)을 통해 로봇 등을 활용하여 사회적 과제(저출산·고령화 등) 해결을 강조하고 있습니다. 5대 신성장 전략 분야(핀테크, AI, IoT, 스마트시티, 개인정보 등) 내 로봇 관련 프로젝트 진행을 위해 2018년도 55억엔 규모 지원 중입니다.

COVID 19로 1년 연기된 2020 도쿄올림픽(연기 되어도 정식 명칭은 2020 도쿄올림픽을 유지)에서는 로봇기술의 쇼케이스를 선보일 계획이며 인공지능과 접목되어 외국인과 원활한 소통, 다양한 정보제공 및 안내, 근력지원로봇 활용 등을 계획하고 있습니다.

일본 정부는 WRS 2020(World Robot Summit)도 준비하고 있습니다. 이는 미국의 2016년 DRC(Darpa Robotics Challenge)에 자극받아 만들어진 로봇 올림픽 성격의 로봇경진대회입니다. 재난구조, 생활 지원, 제조 및 학생부 대회로 구성되어 있으며 2020 도쿄올림픽에 맞추어 열립니다.

Japan

● 로봇혁명 실현위원회

- 제조용 로봇기술을 서비스분야로 확대하여 2020년까지 로봇시장을 2배로 확대함
- "2020년에 세계로봇을 모두 모아 기술경쟁을 벌이는 로봇올림픽을 개최한다" (2013.11)

● R&D 사업

- 2012, 100억/재난대응
- 2013, 240억/간병로봇
- 2014, 노후인프라 점검/관리 (도로, 교량, 터널, 하천, 하수도, 항만 등)



일본이 직면한 사회적 과제와 로봇혁명에 대한 기대



도쿄올림픽 2020에 활용될 IT 및 로봇기술



자원봉사자들이 다언어 대응으로 대회장안내



로봇들이 대회 운영을 지원



신체 능력을 어시스트하고 대회 운영을 더 효율적으로

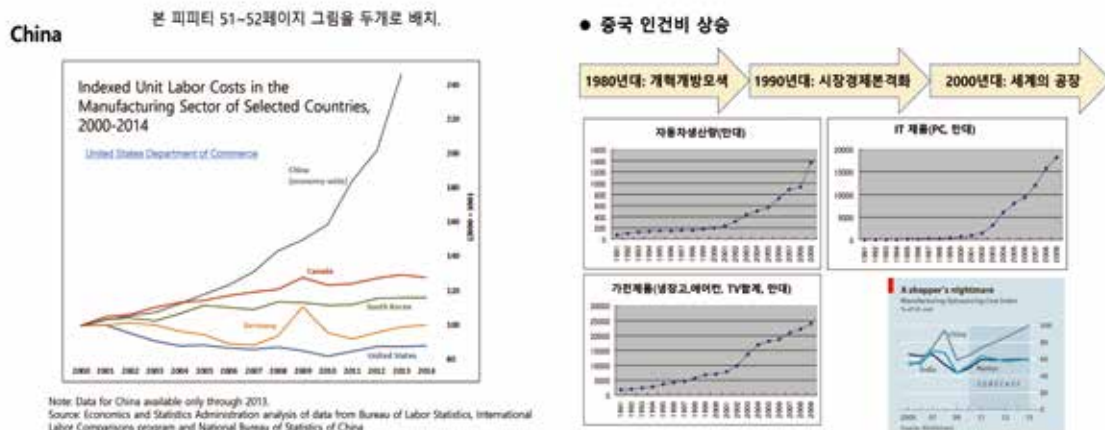


부상자, 응급환자 등 긴급에도 자연스러운 의사 전달

[인건비 상승의 해결책으로 투자하는 중국]

중국은 2000년대부터 세계의 공장을 주창하여, 자동차, PC, 가전제품 등의 생산이 급속하게 늘어났으나, 인건비도 덩달아 상승해서 문제가 되고 있습니다. 저렴한 인건비를 이유로 중국에 투자한 세계 각국의 공장들은 물류비용과 제조 기간 등을 고려할 때 더 이상 중국에서 생산할 이유를 찾기 어렵게 될 것입니다.

중국은 인건비 상승으로 약화된 제조경쟁력 회복 방안으로 제조용 로봇 확산을 적극지원하고 있습니다. 로봇을 10대 핵심 산업(중국제조 2025) 중 하나로 선정하고 'Smart Manufacturing' 프로젝트를 추진(2015.5~)하고 있습니다. 제조업 핵심기술 부품의 높은 대외 의존도와 낙후된 생산설비 문제, 에너지 효율 저조 문제, 그리고 특히 인건비 해결을 목적으로 제조공정의 스마트화 및 로봇 활용을 지원하고 있습니다. 이에 이어, 중국 과학기술부는 2017년 8월 '스마트 로봇 프로젝트 가이드'를 발표하며 로봇 산업 발전을 촉진 위한 국가 중점 연구개발 계획을 추진하고 있습니다.



[로봇 산업으로 접근하는 우리나라]

2019년 8월 관계부처 합동으로 '제3차 지능형 로봇 기본계획'을 수립했습니다. 3차 기본계획은 로봇산업 글로벌 4대 강국 도약이라는 비전 아래 로봇산업 시장 규모를 2018년 5.7조원에서 2023년 15조원으로 확대하고, 1천억원 이상 로봇 전문기업 수를 2018년 6개에서 2023년 20개로, 제조 로봇 누적 보급대수를 2018년 32만대에서 2023년 70만대로 늘리는 것을 목표로 합니다.

목표

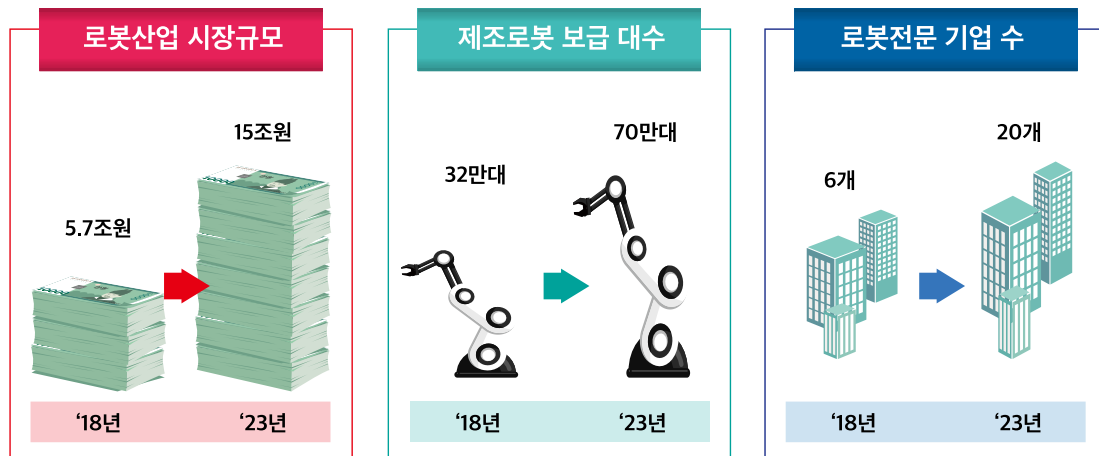
로봇산업 시장규모 : ['18] 5.7조원 ⇨ ['23] 15조원

1천억원 이상 로봇전문기업 수 : ['18] 6개 ⇨ ['23] 20개

제조로봇 보급 대수[누적] : ['18] 32만대 ⇨ ['23] 70만대

<출처:산업통상자원부(2019.8), 제3차 지능형 로봇기본계획>

기존에 수립된 1차, 2차 기본계획과는 다르게 정부와 민간의 역할 분담을 통해 지원 효과성을 높이고 3대 제조업 중심의 제조로봇과 4대 서비스로봇 분야의 집중 육성을 통해 유망 분야를 지원하겠다는 계획입니다. 또한, 제도 및 지원기관 구축에 그치지 않고 규제를 적극 발굴하고 개선하는 데 초점을 두고 있습니다. 해당 정책의 기대효과로, 로봇산업 글로벌 4대 강국, 스타 로봇 기업 20개 배출 등을 두고 있습니다.



<출처:산업통상자원부(2019.8), 제3차 지능형 로봇기본계획>

4. (정책 대안) 한국 사회에 맞는 해결 방안은 무엇인가

4.1 다가오는 로봇 사회와 우리의 준비상황은

각국의 로봇 정책은 로봇에 대한 접근 방법과 포괄범위 측면에서 차이가 있습니다. 우리나라는 로봇 산업 자체에 대한 접근으로, 중국은 인건비 상승으로 인해 약해진 제조경쟁력 회복의 대안으로, 그리고 일본은 저출산·고령화로 인한 공장·농촌 등의 인력 부족 해결책으로 보고 있습니다. 유럽은 고용·인구변화·삶의 질 등 국가·사회 문제의 해결책으로, 미국은 인간과 로봇이 모든 생활영역에서 공존하는 로봇 사회를 전망하고 준비하고 있습니다.

가정, 공장, 공공기관, 학교, 쇼핑몰, 병원 등 우리의 일상생활 전반에 파급될 로봇은 우리와 공존하는 지능 기계가 될 것이고, 로봇 사회로까지 발전하게 될 것입니다. 이제 로봇은 우리의 일자리에서 도움을 주거나, 일자리 자체를 대체하게 될 것입니다. 다가올 로봇 사회와 이에 대한 글로벌 기술경쟁에서 우리는 어떠한 준비와 실력을 갖추고 있는지 돌아보아야 합니다.

그러나 아직까지도 우리의 로봇기술 발전 전략은 로봇 산업의 관점에서의 접근에 그치고 있습니다. 주요 면밀한 국가 차원의 비전과 정책 수립 또한 미흡합니다. 이것이 10여년 넘게 로봇 산업을 신성장동력으로 지정하고 육성했지만, 그에 대한 성과는 미흡한 원인 중 하나일 것입니다.

반면, 미국은 2011년부터 로봇과 인간이 공존하는 Co-Robot 시대를 예상하고 대비하는 로봇 R&D에 지속적으로 투자하고, 유럽도 로봇을 하나의 산업 차원이 아니라 고용, 인구변화 등 국가·사회 문제의 해법으로 접근하고 있습니다. 로봇을 바라보는 관점과 국가적 전략, 대응에 있어 우리나라와 대비되는 부분입니다.

전 세계 6개국 24개 팀이 참가한 '15년 DRC(DARPA Robotics Challenge) final에서 한국의 휴보가 우승을 차지하는 등 로봇기술 면에서 앞설 수 있는 역량은 충분합니다. 그러나 총체적인 역량을 살펴볼 수 있는 기업, 연구인력, 부품 등에서는 밝지만은 않은 상황입니다. 제조용 로봇 분야에는 에이비비(ABB), 쿠카(KUKA), 야스카와(Yaskawa), 화낙(Fanuc) 등 선두기업에 비해 우리나라의 제조용 로봇 기업은 3-4개 정도를 들 수 있습니다. 그나마 해외 선두기업의 로봇 분야 매출이 1-3조원 규모이지만, 우리나라는 1-2천억 수준입니다. 겨우 명맥을 유지하는 수준이라 생각됩니다. 이마저도 재료비의 60~70%를 차지하는 주요 로봇 부품(모터, 감속기, 제어기, 센서 등)은 대부분 수입에 의존하고 있는 상황입니다.

한편 연구인력을 살펴보면 정부출연연구소를 포함한 6개 로봇전문연구기관의 로봇 분야 연구인력은 정규 직 기준 100여 명 수준으로 양적으로 절대적인 열세입니다. 로봇 선두 일개 기업의 연구 인력과 예산에도 못 미치는 수준입니다.

로봇 사회에서 짚어보아야 할 점은 1) 로봇에게 일자리를 내어주는 근로자, 2) 로봇 시대에 생겨나는 새로운 일자리와 이에 대한 교육 그리고 3) 로봇기술 발전 방안 등이 고려되어야 할 것 같습니다. 로봇 사회로 가기 위한 일자리, 교육, 제도 등 범부처 차원의 큰 그림이 만들어져야 합니다. 그리고 로봇기술은 기존의 Fast Follower에서 First Mover로의 변화를 요구합니다.

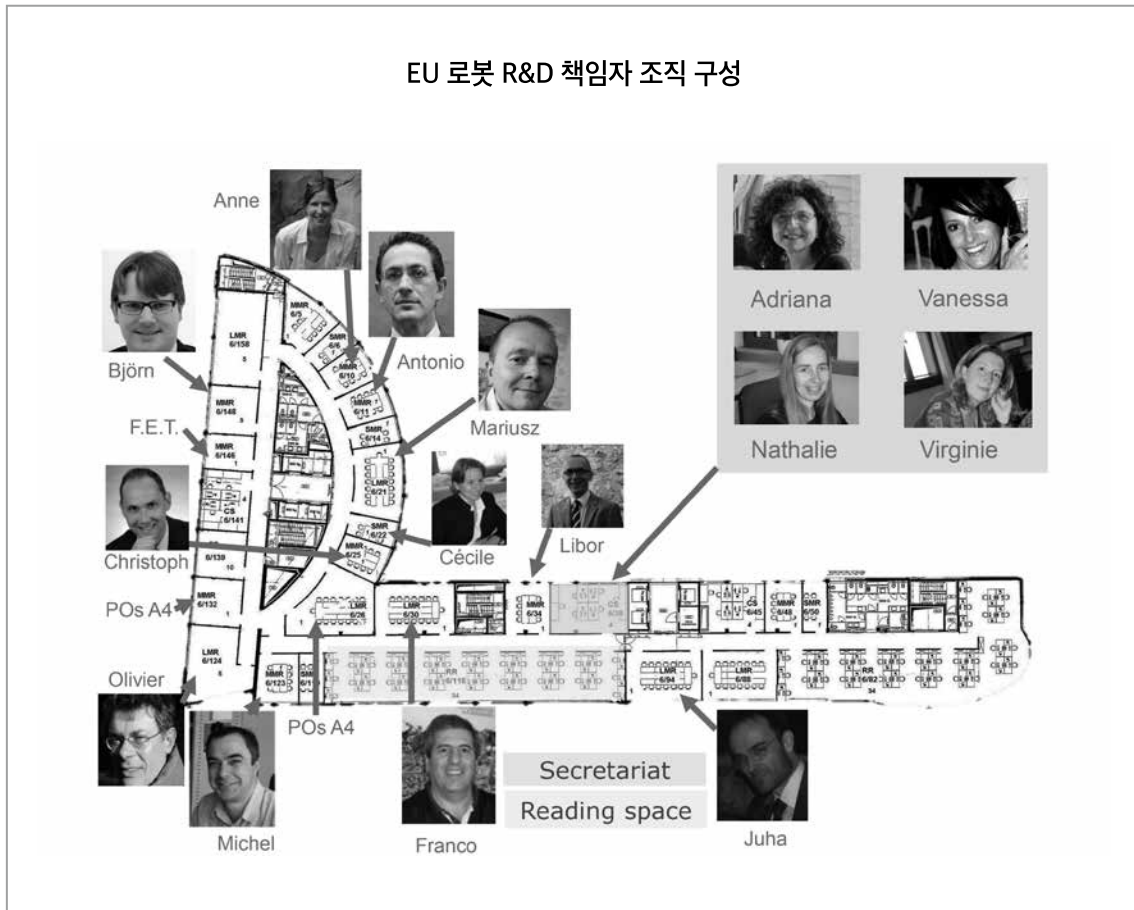
4.2 R&D 과제 운영의 혁신 : EU에서 배우자

정부의 R&D 과제 운영에 혁신이 필요합니다. 현재 개발대상과 개발목표 항목이 이미 결정되어 정리된 RFP 형식을 통해 지원과제가 공고되고 있는데, 2등 제품을 국산화 차원에서 개발할 때에는 이 방법이 적합할 수도 있습니다. 1등을 따라잡기 위해 1등 제품을 분석하면 개발해야 할 항목과 수준이 파악되기 때문입니다. 그러나 로봇은 대부분 신제품을 만들기 위한 R&D입니다. 신제품에 대한 개발항목과 목표는 이미 상당한 연구검토가 진행되어야 알 수 있는 사항이고 또한 주어진 목표를 달성해도 개발제품이 팔린다는 것을 보장하기 쉽지 않습니다. 따라서 기존과 같은 정부에서 무엇을 어느 수준으로 개발하는 가이드라인을 정해주는 방식에서 탈피해 문제와 분야를 지정하고 나머지는 기업과 연구소가 찾아서 할 수 있도록 해야 할 것입니다.

<<사례 : EU에서 배우자 >>

유럽의 과제 기획·관리 방식에도 우리가 배워야 할 점들이 있는 것 같습니다. 우선 조직 규모에서 차이가 있습니다. 아래 그림은 EU 로봇 R&D 책임자의 조직을 보여주고 있는데, 일반 행정 관리담당자 4명 외에 10명의 로봇전문가 조직을 운영하고 있습니다. 농부가 새해 농사를 위해 씨감자를 아껴두듯이 연구개발의 좋은 성과를 만들기 위한 첫 단추는 과제기획인데, 우리나라보다 10배 이상의 자원(인력, 예산 등)을 투입하고 있는 것입니다. 그만큼 잘 준비된 과제가 시작될 수 있는 것입니다. 우리나라는 주로 외부 전문가로 구성된 위원회를 통해 연구과제를 도출하는데, 연구과제 발굴을 시험출제 하듯 하기는 적합하지 않은 것 같습니다. 새로운 기술개발에는 연구자만의 독창적인 아이디어가 핵심인데, 위원회에서 발굴되었다면 이미 누구나 다 아는 방법으로 새로운 아이디어라 할 수 없을 것입니다.

EU 로봇 R&D 책임자 조직 구성



4.3 로봇 전문연구소 설립 ; DARPA에서 배우자

다음으로는 로봇연구인력 확충 및 효율적인 운영을 들 수 있습니다. 우리나라의 로봇 분야는 소규모 인력임에도 불구하고 연구 분야가 다양하게 분산되어 있어 제대로 힘을 발휘하기 어려운 상황입니다. 현장의 소리가 반영된 국가 차원의 로드맵을 바탕으로 연구과제와 연구인력의 운영도 함께 효율화될 필요가 있습니다.

로봇 전문연구소를 설립해 전체적으로 우리나라 로봇을 이끌고 기술, 사회, 산업 등 전반적인 그림을 그릴 수 있는 조직이 필요합니다. 그리고 로봇 전문연구소를 설립을 통해 연구 인력 풀 확보 및 기술 전수와 확산이 필요합니다. 미 국방부 산하 고등연구계획국(DARPA)의 성공 요인 분석 필요합니다.

<<사례 : DARPA에서 배우자>>

1958년 러시아가 세계 최초의 인공위성 스푸트니크 발사를 보고 놀란 미국이 깊은 반성을 통해 만든 연구관리 기관이 오늘날 DARPA의 전신인 ARPA입니다. 앞서도 언급하였듯이 DARPA는 그 이후 세계기술혁신을 주도하고 있는데 그 놀라운 성공 공식을 하일마이어 교리문답(Heilmeier Catechism)에서 찾고 있습니다. 하일마이어는 LCD를 개발하기도 한 전자공학자이면서 '70년대 ARPA의 전설적인 과제관리자(Program Manager)입니다. 하일마이어 교리문답은 그가 만든 과제제안서의 9가지 질문을 일컫습니다.

하일마이어 교리문답

- ① What are you trying to do? Articulate your objectives using absolutely no jargon.
(무엇을 개발하려고 하는가? 전문용어를 사용하지 말고 기술하십시오)
- ② How is it done today, and what are the limits of current practice?
(현재는 어떻게 하고 있으며 현재 기술의 한계는 무엇인가?)
- ③ What's new in your approach and why do you think it will be successful?
(당신의 방법에 새로운 것은 무엇이며, 그것이 왜 성공할 것이라 생각하는가?)
- ④ Who cares? If you're successful, what difference will it make?
(누가에게 도움이 되는가? 성공할 경우 무엇이 달라지는가?)
- ⑤ What are the risks and the payoffs? (위험과 고비는 무엇인가?)
- ⑥ How much will it cost? How long will it take? (개발 예산과 기간은?)
- ⑦ What are the midterm and final "exams" to check for success?
(성공을 점검하기 위한 중간 및 최종 시험 방법은?)

하일마이어는 위의 질문에 따라 2-3 페이지로 정리된 과제 제안서를 통해 과제지원 여부를 판단하였으며 수백억 규모의 대형과제도 예외는 아닙니다. 그리고 이 내용은 현재까지도 사용되고 있으며 실제 DARPA의 과제계획서를 보면 위의 문구가 그대로 쓰이고 있습니다. 국내 과제계획서 양식을 보면 과제 개요, 개발목표, 연차별 연구내용, 사업화 계획, 참여 조직 및 인원, 예산 등 위와 비슷한 내용으로 구성되어 있어 일견 별 차이가 없어 보입니다. 그런데 놀라운 점은 수백 페이지 분량으로 작성된 우리나라의 과제계획서 안에 위의 간단한 질문에 답할 수 있는 내용이 별로 없다는 점입니다. '과제 개요'와 '무엇을 하려고 하는가?'라는 질문에는 큰 차이가 있습니다. '개발목표'와 '당신의 방법에 새로운 것은 무엇이며, 그것이 왜 성공할 것이라 생각하는가?'에도 큰 차이가 있습니다. 단순히 목표로 하는 것이 무엇인지와 같이 결과 위주로 기술하게 되어있는 반면 DARPA에서는 과정, 연구전략을 묻고 있습니다. 국내 과제계획서를 봐도 과제가 성공할지 실패할지 판단하기 어렵습니다.

물론 이러한 접근방식의 차이는 주소 표기방식인 지번과 도로명과 같이 사회 곳곳에서 찾아볼 수 있습니다. 대리, 과장, 부장, 임원처럼 우리나라의 기업의 직책은 수직 계급을 나타내는 반면, 미국은 관리자(Manager), 방향제시자(Director)처럼 업무의 기능을 말하고 있습니다. 과·부장이 할 일인 관리에 보다 열중하는 반면 막상 본인의 임무인 조직의 나아갈 방향을 제시 못 하는 임원을 종종 볼 수 있는데 이러한 현상이 과제계획서 작성에서도 나타나는 것입니다.

4.4 선견지명 갖춘 기업이 참여하는 로봇 사회

마지막으로는 국내 대기업 참여에 대한 바람입니다. 국내 로봇 산업 육성도 필요합니다. 높은 수준으로 발전된 국내 로봇기술 및 산업을 리드할 수 있는 산업 및 큰 규모의 기업들이 필요합니다.

정부의 당분간 지원 방향은 사업화에 집중해야 합니다. 민간기업의 활발한 아이디어와 벤처자금의 원활한 공급 생태계를 갖춘 미국은 정부 R&D가 원천기술만 지원해도 충분하나, 우리의 상황은 그렇지 못합니다. 개인이 소유한 로봇기술을 KT 등에서 투자해 기술자의 지분을 인정한 형태의 자회사를 설립하는 등 초기 사업화를 위한 전폭적 지원도 필수입니다.

아마존, 소프트뱅크, 구글 등의 로봇 참여에 따라 국내 물류 기업, 통신기업, 포털기업 등에서 로봇 분야 참여가 시작되고 있어 그나마 다행입니다. 하지만 보다 적극적으로 우리의 미래사회에 다가올 인공지능과 로봇 사회에 대해 선견지명을 갖춘 기업이 함께 큰 그림을 그리고 이끌어 가게 되기를 기대합니다.

4.5 ‘로봇 사회로 가는 통합로드맵’ 구축

정부 차원의 로드맵 수립 및 지원이 필요합니다. 지금까지 로드맵이란 이름으로 많은 보고서가 오랫동안 작성되어 왔습니다. 하지만 정부 R&D 과제와 직접적으로 연결되거나, 기업의 현황과 기술수요 반영이 어렵고, 또한 로봇이 활용되는 분야별 정확한 수요파악이 되지 않아 그 효과가 반감되는 것 같습니다. 보다 다양한 현장의 상황을 담고 또한 일과성이 아닌 매년 성과 반영과 업데이트를 통한 실질적인 가이드 역할을 할 수 있어야 합니다.

산업이 발전하기 위해서는 주변 생태계 구축이 필요합니다. 특정 영역의 로봇 산업 육성 외에 로드맵을 통한 로봇사회로 가기 위한 산업의 종합 생태계 추진이 필요합니다. 개별 단위, 공학적 접근이 아닌 부분별 제도를 수립하고 지원하는 노력을 통해 산업 생태계 구축이 필요합니다. ‘로봇 사회로 가는 로드맵’이 구축되어야 합니다.

특히 로봇에 의해 대체되는 근로자의 재교육 및 취업, 로봇사회를 대비하는 신규 일자리의 창출 및 교육 등 범부처 차원의 종합적인 로드맵이 되어야 할 것입니다.

4.6 로봇과 일자리

옥스퍼드대학에서는 702개 직종에 대한 미국 내 일자리에 대해 인공지능과 로봇에 의한 대체 가능성을 연구하여 발표하였습니다(‘13년 9월). 10-20년 내에 일자리의 47%가 대체 확률 70% 이상에 속한다는 결과였으며, 직종으로는 주로 서비스, 영업직과 사무관리직입니다. 대체 확률이 낮은 직종은 관리, 경영, 회계, 교육, 법률, 예술, 방송 직종입니다. 일자리 대체가 어려운 점을 조작성, 창조적 지능과 사회지능으로 판단하고 있습니다. 조작성은 손가락과 손·팔의 유연성과 좁은 공간 등의 불편한 작업 자세 요구 여부입니다. 창조적 지능은 독창성과 음악, 미술과 같은 순수예술 관련입니다. 사회지능으로는 상대 반응 이해, 협상 능력, 설득 및 간병 관련입니다. 이를 바탕으로 BBC는 영국 내 직업 366개에 대해 20년 내 로봇으로 대체될 가능성

O*NET variables that serve as indicators of bottlenecks to computerisation

Computerisation bottleneck	ONET Variable	ONET Description
Perception and Manipulation	Finger Dexterity	The ability to make precisely coordinated movements of the fingers of one or both hands to grasp, manipulate, or assemble very small objects.
	Manual Dexterity	The ability to quickly move your hand, your hand together with your arm, or your two hands to grasp, manipulate, or assemble objects.
	Cramped Work Space, Awkward Positions	How often does this job require working in cramped work spaces that requires getting into awkward positions?
Creative Intelligence	Originality	The ability to come up with unusual or clever ideas about a given topic or situation, or to develop creative ways to solve a problem.
	Fine Arts	Knowledge of theory and techniques required to compose, produce, and perform works of music, dance, visual arts, drama, and sculpture.
Social Intelligence	Social Perceptiveness	Being aware of others' reactions and understanding why they react as they do.
	Negotiation	Bringing others together and trying to reconcile differences.
	Persuasion	Persuading others to change their minds or behavior.
	Assisting and Caring for Others	Providing personal assistance, medical attention, emotional support, or other personal care to others such as coworkers, customers, or patients.

을 발표하였고, 1순위는 99% 가능성의 전화 판매원, 159위는 57% 가능성의 택시 운전자, 307위는 5% 가능성의 그래픽디자이너 등입니다.

반면, 다른 관점의 전망도 존재합니다. 사라지는 일자리가 있지만, 로봇과 관련된 새로운 일자리도 생겨난다는 분석입니다. 결국, 없어지는 일자리와 생성되는 일자리가 상쇄되는 것이 가능할 것이라는 전망입니다.

How Robot Change the World(19.6, Oxford Economics)

- The rise of the robots will boost productivity and economic growth.
- It will lead, too, to the creation of new jobs in yet-to-exist industries, in a process of 'creative destruction.'
- But existing business models across many sectors will be seriously disrupted. And tens of millions of existing jobs will be lost, with human workers displaced by robots at an increasing rate as robots become steadily more sophisticated.



How Robot Change the World(19.6, Oxford Economics)



일자리 대체 현상은 단순 노무자의 일자리부터 시작될 것입니다. 우려되는 점은 소득양극화가 심해지는 것입니다. 이런 이유에서 빌게이츠 등은 로봇을 사용하는 회사가 '로봇세'를 내야 한다고 주장하고 있습니다. 급격하게 진행 되는 자동화가 발생시킬 실직사태의 속도를 늦추고 실직자를 지원하기 위한 재원을 마련하는데 필요하다는 의미에서입니다. 더 나아가서는 기본소득 개념도 나오고 있습니다.

인공지능의 대표주자 중 한 명인 앤드루 양은 최근 그의 저서 '보통사람들의 전쟁'에서 인공지능(AI) 로봇과 빅데이터로 무장한 자동화 시스템에 일자리를 빼앗긴 인간이 어떻게 살아남을 수 있을지를 고민하고 있습니다. 실업은 직종 불문 전방위로 일어나고 있으며, 기계와의 일자리 전쟁에서 육체노동과 지적 노동의 구분은 의미가 없다고 보고 있습니다. 의사, 변호사, 회계사, 증권거래인, 기자, 정신분석가 등도 대체 가능한 직업군에 해당되며, 로봇은 의사를 대신해 일찌감치 임플란트 수술에 성공했고, AI는 변호사처럼 소송장을 짚어내고 있습니다. 더 큰 문제는 로봇으로 인한 대량 실업이 영구적일 수 있다는 점으로, 산업혁명과 달리 기술혁명은 인간이 재교육과 훈련으로 따라 잡을 수 있는 영역이 아니기 때문이라고 보고 있습니다.

그가 제시하는 해법은 전 국민 보편적 기본소득 도입입니다. 실업 여부, 소득과 관계없이, 성인 남녀(18~64세) 누구에게나 기본소득(미국의 경우 1년에 1만 2,000달러)을 지급해 기존 복지프로그램 대부분을

대체하자는 것입니다. 기본소득은 인도, 캐나다, 핀란드에서 정책 실험이 진행 중이고, 미국에서도 양극화 문제를 해소할 대안으로 꾸준히 거론되어 왔습니다. 과격한 혁명적 구호가 아니라, 얼마든지 충분히 실행할 수 있는 정책 대안이라는 게 저자의 설명입니다.

아울러 로봇의 자율성이 커질수록 해킹위험과 로봇 윤리라는 새로운 문제도 발생하게 될 것입니다.

5. 마무리하며

앞으로 국가 경쟁력과 로봇 기술이 밀접하게 관련되는 시대가 올 것입니다. 뿐만 아니라 개개인 인간의 삶 속에서 로봇은 자연스럽게 자리 잡게 될 것입니다. 사회 내 큰 변화가 일어날 것입니다. 그에 대한 대비가 필요합니다.

현재는 로봇을 경제적, 산업적 관점으로만 접근하고 있으며, 사회 주요한 문제를 해결하기 위한 방안으로 로봇을 육성하려는 준비는 아직 미비합니다.

이미 해외 주요 국가들과 글로벌 기업들은 로봇을 사회로 인식하고 있고, 산업은 뒤따른다고 생각하고 있습니다. 우리보다 훨씬 앞서 있다는 것을 염두에 두어야 합니다.

단순히 산업적 측면에서의 대응 방안은 일부에 불과합니다. 그보다 더 파급력 있는 넓은 범위로의 대응과 준비가 필요합니다. 로봇산업 출발 단계에서부터 개별 단위, 공학적 접근이 아닌 부분별 제도를 수립하고 지원하는 노력을 통해 산업 생태계 구축이 필요합니다. 그리고 로봇 사회로 가기 위한 통합 로드맵과 국가 차원의 비전, 정책 수립이 시급합니다.

로봇 사회로 가기 위한 일자리, 교육, 제도 등 범부처 차원의 큰 그림이 만들어져야 합니다. 정부의 R&D 과제 운영을 혁신하고, DARPA의 성공 요인을 분석하여 로봇 전문연구소를 설립해야 합니다. 마지막으로 국내 로봇 산업을 리드할 수 있는 산업과 큰 규모의 기업들이 함께 해준다면 대한민국 로봇사회는 First Mover로서 자리매김 할 수 있을 것입니다. 그 날을 기대해봅니다.

참고 문헌

- 산업통상자원부, 한국로봇산업진흥원, 한국로봇산업협회(2018). 로봇산업실태 조사보고서
산업통상자원부(2019), 제3차 지능형 로봇기본계획
조선일보, 메르스 기준에 묶여... ① 환자 직접 접촉안해도 무조건 '전신 방호복', 2020.3.5
ABB, Economic Justification for Industrial Robotic Systems(2007).
Alison Sander and Meldon Wolfgang(2014), Boston Consulting Group article, 'The Rise of Robotics'
By Hal Sirkin, Michael Zinser, and Justin Rose(2015), How Robots Will Redefine Competitiveness, BCG
Carl Benedikt Frey and Michael A. Osborne(2013), THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW
European Commission(2013), 'Cognitive Systems and Robotics' 발표자료 PPT 3page
Economics and Statistics Administration analysis of data from Bureau of Labor
G.-Z. Yang, B. J. Nelson, R. R. Murphy, H. Choset, H. Christensen, S. H. Collins, P. Dario, K. Goldberg, K. Ikuta, N.
Jacobstein, D. Kragic, R. H. Taylor, M. McNutt, Combating COVID-19—The role of robotics in managing public health and
infectious diseases. Sci. Robot. 5, eabb5589 (2020)
International Federation of Robotics, World Robotics: Industrial
International Federation of Robotics(2019). World Robotics 2019
International Federation of Robotics(2014). World Robotics 2014
KUKA 홈페이지(<https://www.kuka.com/ko-kr/>)
Oxford Economics(2019), How Robot Change the World
Robots: expert interviews; BCG analysis
Robotics: Industrial Robots: expert interviews; BCG analysis
Statistics, International Labor Comparisons program and National Bureau of Statistics of China
SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION? 31page
Universal Robots 홈페이지(<https://www.universal-robots.com/ko/>)
U.S. Bureau of Labor Statistics; International Federation of Robotics, World

