

4차 산업혁명의 도래와 대응방안

산업자원팀 전은경 입법조사관

요 약

■ 4차 산업혁명의 도래

- 4차 산업혁명의 실제적 내용은 Schwab의 기술융합론, 독일의 인더스트리 4.0, 인공지능 주도론 등을 포괄하여 이해하는 것이 적절하나 여기에서는 4차 산업혁명 전반에 대하여 조명하되 특별히 인간과 깊이 연관된 인공지능의 영향을 중심으로 기술하고자 함

■ 4차 산업혁명의 기술기반 및 불안과 희망

- 이전 산업혁명과 구별되는 4차 산업혁명 시대의 특유의 불안요소는 모든 영역에서 인간을 기계가 대체할 수 있다는 것이나, 인공지능 기술의 발달전망과 생산방식 변화를 고려하면 인간만이 창출할 수 있는 경제적 가치가 상존함을 알 수 있어서 희망을 찾을 수 있음
- 인공지능이 복합적 특성과 기능을 가진 인간으로서 현실세계를 경험하며 인간의 필요를 인식하는 기능 측면에서 인간을 대체하는 것은 현재까지는 어려운 상황임
- 소품종 대량생산 위주인 현재까지의 생산방식과 달리 4차 산업혁명 시대에는 다품종 소량생산을 지향하므로, 생로병사의 한계 속에서 의미와 가치를 찾고 삶을 즐기는 다채로운 존재로서 인간이 생산하는 데이터들은 경제적 가치를 인정받을 수 있음

■ 우리나라 4차 산업혁명 대응의 취약점

- 한편 우리나라가 4차 산업혁명을 대응하는데 취약점으로 지적된 바 있는 경제·사회 시스템 전반에 걸친 경직성을 완화하기 위하여 유연성과 다양성을 현재보다 획기적으로 증가시킬 필요가 있음

■ 4차 산업혁명의 대응방안

- 인간 고유의 특성 활용과 사회적 유연성 제고를 동시에 도모하기 위하여 대중이 익명으로 필요·취향·경험·아이디어에 대한 데이터를 선택적으로 판매하고 데이터의 가치를 평가하며 실제 생산과정과 연계하는 사회적 시스템의 구축이 필요함

1

4차 산업혁명의 도래

- '4차 산업혁명의 대응'은 2016년 1월 다보스포럼에서 중심의제로 채택된 후 최근까지 정치, 경제, 사회 각 분야에서 널리 회자되기 시작하여 전 세계적으로 화두가 되었음
- 그러나 우리 사회는 4차 산업혁명의 정의를 비롯한 주요 개념에 대한 공감대 형성도 미숙한 형편이므로 우선 이에 대한 논의와 주요 개념 및 기술에 대하여 설명하고자 함
 - 1차 산업혁명은 증기기관의 발명, 2차 산업혁명은 대량생산, 3차 산업혁명은 컴퓨터와 IT의 개발 및 보급에 의하여 도래하였음(표 1) 참조)

〈표 1〉 과거 산업혁명의 발전단계 및 특징과 정의

구분	연도	특징	정의
1차 산업혁명	1784년~	<ul style="list-style-type: none"> • 수력 및 증기기관 • 기계식 생산설비 	증기기관, 철도, 면방직기와 같은 기계적 혁명을 의미
2차 산업혁명	1870년~	<ul style="list-style-type: none"> • 노동 분업, 전기 • 대량생산 	조립라인과 전기를 통한 대량생산체계 구축을 의미
3차 산업혁명	1969년~	<ul style="list-style-type: none"> • 전자기기, IT • 자동화 생산 	메인프레임 컴퓨터, 개인용 PC, 인터넷 등을 통한 정보기술 시대의 개막을 의미
4차 산업혁명	2011년~	<ul style="list-style-type: none"> • 인공지능, 로봇, IoT, 빅데이터, 3D 프린터 등 • 극단적 자동화 생산 • 산업 및 기술 간 융합 활성화 	국제적이면서도 즉각적인 연결을 통하여 새로운 사업모델이 창출될 것임 (공유 경제, 온디맨드 경제 등)

자료: 장필성, 「다가오는 4차 산업혁명에 대한 우리의 전략은?」, 『과학기술정책, 제26권 제2호, 과학기술정책연구원, 2016년 2월 26일, 과 정민, 「2016년 다보스 포럼의 주요 내용과 시사점」, 『현안과 과제』, 현대경제연구원, 2016년 1월 19일, 을 참조함

- 4차 산업혁명의 실체는 아직 불분명하며 현재는 Schwab의 기술융합론, 독일의 인더스트리 4.0, 인공지능 주도론 등 세 측면에서 이에 대한 접근이 이루어지고 있음¹⁾
 - Schwab에 의하면 4차 산업혁명은 물리 세계, 디지털 세계, 생물학 세계 3자를 융합하는 일련의 신기술들이 주도하는 산업혁명으로 정의됨
 - 4차 산업혁명의 토대를 이루는 기술은 유비쿼터스 인터넷, 작고 강력하고 저렴한 센서, 인공지능과 기계학습 등의 디지털 기술임
 - 또한 자율주행자동차와 드론을 포함한 무인운송수단, 3D 프린팅, 첨단 로봇공학 등 물리학 기술과 유전공학, 합성생물학, 바이오프린팅 등의 생물학 기술이 디지털 기술과 융합하며 4차 산업혁명을 이끌어감

1) 장윤중, 「4차 산업혁명과 한국산업의 과제」, 『KIET 산업경제』, 2016년 6월.

- 한편 독일은 2011년 4차 산업혁명에 대비하여 인더스트리 4.0 전략을 제시하였는데, 이는 2013년 4차 산업혁명의 명칭과 개념이 최초로 대중에게 공개된 하노버 박람회로 이어져 일부에서는 4차 산업혁명을 인더스트리 4.0과 동일시하기도 함
 - 인더스트리 4.0은 사물인터넷, 빅데이터, 3D 프린팅 등 그 동안 발전해온 IT와 물리분야 기술 들을 모두 활용하여 생산방식을 전면적으로 재편하는 사이버 물리시스템²⁾을 구축하고자 하는 정책임
 - 인더스트리 4.0 최종목표는 스마트 공장(smart factory) 활성화로 스마트 공장은 공장 내부뿐만 아니라 전후방 관련기업들을 모두 포함하여 가치사슬에 참여한 모든 기업들과도 정보를 교환하여 최적의 생산을 지향함
- 한편 최근에는 인공지능 기술 분야에서 비약적 발전이 이루어지면서 획기적인 변화를 야기할 수 있게 되었음
 - 인공지능은 모든 분야에서 인간을 대신해서 더 나은 성과를 내면서 일할 수 있는 잠재력을 갖고 있기 때문에 4차 산업혁명 시대의 인간의 삶에 가장 직접적이고도 큰 영향을 미칠 것으로 예측됨
 - 이전 산업혁명 동안에도 기술발전이 인간의 능력을 대체하는 일은 빈번했으나 인공지능의 완성은 모든 분야에서 인간을 대체하거나 능가할 수 있는 가능성을 보여주므로 4차 산업혁명과 이전 산업혁명과 결정적인 차이는 인공지능 기술에서 발생한다고 볼 수 있음

■ 4차 산업혁명의 실제적 내용은 이와 같은 세 방향을 모두 포함하는 것으로 이해하는 것이 가장 적절할 것으로 생각되나³⁾ 여기에서는 4차 산업혁명 전반에 대하여 조명하되 특별히 인간과 깊이 연관된 인공지능의 영향을 중심으로 기술하고자 함

- 이를 위하여 먼저 2절에서는 4차 산업혁명의 기술기반들과 관련된 불안요소들을 조망하고, 4차 산업혁명 특유의 불안요소와 관련 깊은 인공지능 기술의 특성과 발달 전망을 살펴보고, 이를 토대로 새로운 시대에 걸맞는 인간 고유의 경제적 가치 생산 가능성을 모색하고자 함
- 그리고 3절에서는 주요국과 우리나라의 대응현황을 검토하며, 4절에서는 우리나라가 4차 산업혁명에 대응해나갈 방안을 인공지능 시대 속에서 인간이 경제적으로 기여할 방안과 연관지어 제시하고자 함

2) 사이버 물리시스템은 물리적 현실 세계에 속한 사람과 센서 및 액추에이터를 인터넷 서비스, 인공지능 시스템, 각종 정보망이 존재하는 사이버 세계와 연결해 주는 매개체임

3) 장윤중, 앞의 글, 2015년 6월.

2

4차 산업혁명의 기술기반 및 불안과 희망

가. 4차 산업혁명의 기술기반 및 불안 요소

■ 이전 산업혁명들과 차원이 다른 변혁을 야기할 4차 산업혁명의 주요 기반기술은 인공지능, 로봇, 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 3D 프린터 등⁴⁾ 이라고 할 수 있으며 간략한 설명은 다음과 같음

- 인공지능 : 컴퓨터가 사고, 학습, 자기개발 등 인간 특유의 지능적인 행동을 모방할 수 있도록 하는 컴퓨터공학 및 정보기술의 한 분야임
- 로봇 : 사람과 유사한 모습과 기능을 가진 기계, 또는 무엇인가 스스로 작업하는 능력을 가진 기계를 의미함
- IoT : 사물인터넷이라고도 하며, 사물에 센서가 부착되어 실시간으로 데이터를 인터넷 등으로 주고받는 기술이나 환경을 의미함
- 빅데이터 : 디지털 환경에서 생성되는 다양한 형태의 데이터를 의미하며 그 규모가 방대하고 생성 주기도 짧은 대규모의 데이터임
- 3D 프린터 : 일반 프린터와는 다르게, 3차원 물체를 출력할 수 있는 프린터임

■ 이들 기반기술들은 신기술의 나열처럼 보이나 생산함수 모형을 통해 설명하면 4차 산업혁명 도래 이후 생산과정에서 야기하는 변화를 유기적으로 연결하여 파악할 수 있음

- 일반적인 생산함수는 $Y = A \cdot F(K, L, X)$ 로 표현될 수 있음
 - 여기서 Y 는 산출물, K 는 자본투입, L 은 노동투입, X 는 중간재 투입이며 A 는 지식·기술·경영기법 등이 포괄적으로 포함된 지표인 총요소생산성을 의미함
- 인공지능과 로봇은 노동투입을 상당부분 대체하는 자본재가 될 것이며, 산출물의 재료가 되는 중간재는 4차 산업혁명을 계기로 의미 있는 변화를 맞이할 것으로 기대되는 투입요소는 아님
- 또한 3D 프린터는 기존의 소품종 대량생산 방식에서 다품종 소량생산 방식으로, 또한 재화 형태의 산출물뿐 아니라 재화와 서비스의 복합적 산출물까지 생산 가능하게 하는 독특한 성격의 자본재임
- 그리고 데이터수집 및 처리방식을 포함하는 IoT와 빅데이터는 총요소생산성(A)의 증가를 야기할 것으로 전망됨
- 마지막으로 수집 및 활용의 대상이 될 디지털데이터가 생산의 새로운 요소로 추가되어 경제이론의 생산함수조차도 4차 산업혁명을 계기로 변화를 맞이할 것이라 예측할 수 있음⁵⁾

40 4차 산업혁명의 주요 기술요소의 범위에 대한 학계 및 산업계의 합의는 이루어진 바 없어서 일본 정부의 경우에는 인공지능, 로봇, 사물인터넷(IoT), 빅데이터만을 언급하고 있음. 본 글에서 3D 프린터 기술을 포함한 것은 기술의 난이도는 인공지능보다 낮은 수준이나 산업·경제적 파급효과가 컸기 때문이며 간혹 포함되는 경우가 있는 바이오기술은 이전 산업혁명 시기부터 개발해오던 기술로서 융합대상으로 분류될 수 있어서 제외했음

5) 임채성, 「4차 산업혁명: 글로벌 제조 경쟁의 근본적 변화와 한국 제조업의 위기」, 「4차 산업혁명과 한국의 미래 세미나 자료집」, 2016년 7월 8일.

■ 그리고 우리는 생산함수를 이용한 설명을 통해서 4차 산업혁명과 관련한 불안을 보다 구체적으로 파악할 수 있음

- 4차 산업혁명과 관련된 불안감 중 첫째는 급격하게 발전하는 미지의 신기술과 그 영향에 대한 본능적인 불안감이고 둘째는 국제 경제·사회 질서 재편에 적절하게 대응해야 한다는 압박감으로 인한 불안감임
 - 특별히 개인과 사회의 다양한 유형의 유연성⁶⁾을 극대화해야 한다는 과제를 해결해야 하는데 이는 지난 수십 년간 우리나라가 극복하지 못해온 과제라서 더욱 불안함
- 셋째는 새로운 시대의 생산과정이 인간을 거의 배제한 채로 진행될 수 있다는 우려가 있기 때문에 느끼는 불안감임⁷⁾
 - 높은 생산성을 가진 자본재의 투입은 생산과정에서 인간의 기여와 함께 인간에게 분배될 보수도 극도로 축소하므로 대다수의 인간들은 생계유지에 필요한 수준의 보수도 받지 못하게 될 우려가 있음
 - 따라서 4차 산업혁명이 본격적으로 도래하면 대다수의 인간은 복지제도에 의존하여 생존하는 삶을 스스로 탈피하기 어렵게 될 가능성이 적지 않음
- 세 가지 유형의 불안요소 모두 이전 산업혁명 과정에서도 매번 발생하던 유형이나 4차 산업혁명은 이전 산업혁명과 달리 생산과정의 인간의 기여를 인간 이상의 기능을 가진 인공지능이나 로봇의 기여로 대체하므로 세 번째 유형의 불안요소의 불안정도가 큰 것이 4차 산업혁명의 특징임⁸⁾

■ 그러나 핵심 기반기술의 특성과 발달전망에 대한 심층적 이해는 막연한 불안에 매몰되지 않고 대응할 수 있는 방안과 연계된다는 점에서 중요함

나. 인공지능기술의 특성과 발달 전망

■ 여기서는 4차 산업혁명의 핵심 기반기술 중 인간의 직접적인 배제를 통해 4차 산업혁명 고유의 불안을 야기하는 인공지능 기술에 보다 집중하여 그 특성과 발달 전망을 기술하겠음⁹⁾

■ 인공지능의 개발은 1950년대에 처음 시작된 이후 두 번의 붐과 냉각기를 거치고 근래 들어 세 번째 붐을 맞이하였는데 이는 인공지능 기술의 혁명적인 발전과 함께 찾아왔음¹⁰⁾

- 인공지능은 계산 기능뿐 아니라 체스 등 추론과 탐색 기능을 필요로 하는 분야에서도 인간을 능가했으며 방대한 양의 지식을 저장하고 검색할 수 있어서 인간의 지적능력을 곧 추월할 것처럼 보였음

6) 교육과 생산성의 유연한 연계, 노동시장의 유연성, 노동의 산업 간 유연한 연계, 숙련 노동자의 산업 간 유연한 이동, 수요자 요구에 대해서 유연하고 민첩하게 대응할 수 있는 생산 시스템 등

7) 최근 독일의 아디다스 공장이 자동화되면서 더 이상 값싼 노동력을 필요로 하지 않아 동남아에서 독일 현지로 이전된 사례와 같이 4차 산업혁명시대의 투자와 자본은 4차 산업혁명에 적절한 대응을 한 국가들에 집중되고 그렇지 못한 국가들은 경쟁력을 상실하게 됨

8) 물론 인공지능이 자신보다 높은 지능의 인공지능을 개발해내고 이를 거듭하여 무한한 지성을 가진 존재가 될 수 있는 특이점(singularity point)의 도래에 대한 불안감은 4차 산업혁명 특유의 불안요소이면서 첫 번째 불안요소인 미지의 신기술에 대한 불안감이기도 함

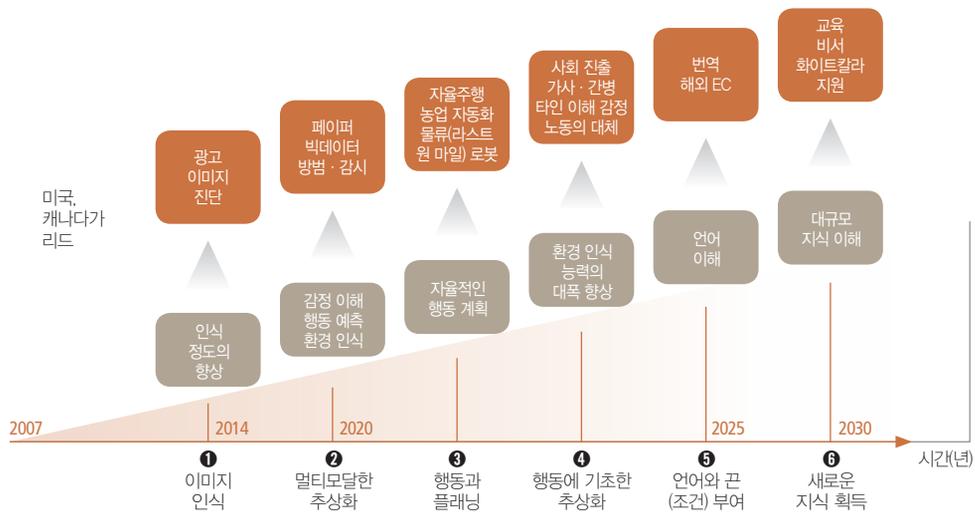
9) 다른 기반기술인 IoT, 빅데이터, 3D 프린터는 생산함수에서 총요소생산성과 자본투입에 대응되어 인공지능 및 로봇보다는 노동과의 직접적인 연관이 적으며 이들보다 개발의 난이도가 낮음. 그리고 인공지능과 로봇을 혼동하는 이들이 많으나, 인공지능과 로봇은 인공지능이 지능형로봇의 두뇌가 된다는 교집합을 공유하지만 별개의 존재이며 로봇은 고도의 제어기술 개발이라는 과제를 안고 있음. 일례로 지난 3월 알파고와 이세돌의 바둑대결 당시 알파고의 제작사인 구글 답마인드의 관계자는 현재 알파고가 바둑의 수 계산은 높은 수준이나 바둑판에 돌을 정확하게 놓는 것은 어렵다고 인터뷰한 바 있음

10) 마쓰오 유키타, 『인공지능과 딥러닝』, 동아엠앤비, 2014.

- 그러나 바둑처럼 현실 세계의 변수가 모두 통제되고 규칙이 명확한 제한적인 상황에서만 인공지능의 문제 해결 수준이 높으며, 방대한 지식 입력을 통해 인간의 지적 활동을 상당 수준으로 흉내내는 정도 까지만 가능했음
 - 외국어 번역의 경우, 인간은 오감과 직·간접 경험을 통해 의미를 인지하며 구축한 언어체계를 활용하여 번역하는데 반하여, 컴퓨터는 가장 적합한 단어를 찾는 통계적인 추정방식을 이용하므로 의미를 인지하는 과정 없이 인간의 번역결과를 흉내낸다고 할 수 있음
- 이는 인간처럼 독자적으로 해석하고 인지하여 사고하는 것과는 차원이 달라서 인공적인 인간두뇌의 모방은 기술적으로 불가능할 것으로 보였기 때문에 인공지능 개발붐은 냉각기를 맞았음
- 그러나 1998년 이후 통계적 자연어처리 기술¹¹⁾의 발달과 함께 기계학습¹²⁾이 시작되고 그 방법 중 하나인 뉴럴 네트워크¹³⁾, 딥러닝¹⁴⁾까지 발달이 이어지면서 인간의 오감 중 시각 분야부터 인공지능의 독립적인 경험과 해석, 지식 축적이 가능해졌음
 - 그 이전까지는 인간이 경험과 인지과정을 대신해줘야 비로소 추론 등의 작업이 가능했음

■ 현재 인공지능은 데이터화한 이미지를 반복적으로 입력받으면 거기서 특징(feature)을 스스로 발견하고 정리하는 등 인간처럼 시각적 경험을 통해 학습할 수 있는 수준에 일부 도달했으며 구글 등 글로벌 기업들은 천문학적인 비용을 투자하여 이를 청각, 후각 등으로 확장시키고자 함 (<그림 1> 참조)

<그림 1> 기술의 발전과 사회에 미치는 영향 전망



자료: 마쓰오 유타카, 앞의 글, 2014년

11) 컴퓨터로 외국어를 번역하는 방식 중 하나로 구글이 이러한 방식을 사용하는 대표적인 회사임
 12) 컴퓨터가 대량의 데이터를 처리하며 '분류방법'을 자동으로 학습함
 13) 인간의 뇌를 구성하는 뉴런의 정보 전달 방식을 모방한 기계학습 기법임
 14) 다층의 뉴런을 사용하는 인간의 뇌처럼 다층의 뉴런 네트워크를 구성하여 정보 분류의 효율을 극대화한 방식임

- 곧, 인공지능 기술의 발달은 먼저 오감을 통한 경험을 완성하고, 현실세계와의 상호작용 속에서 시행착오의 경험을 축적하며, 독립적 인지와 학습 과정을 거쳐 추상적인 영역의 언어까지 습득할 것을 지향하고 있으나, 현재는 오감 중 시각적 경험을 시작한 단계임

다. 4차 산업혁명 시대의 가치 생산

- 전술한 바와 같이 4차 산업혁명 시대 특유의 불안요소는 모든 영역의 경제적 가치 생산 과정에서 인간의 능력 투입이 인공지능 등의 기계 능력 투입으로 거의 대체될 수 있다는 우려에서 기인함
- 그러나 이는 3차 산업혁명까지의 경제적 가치 판단 방식에 따른 사고이므로 이를 벗어나면 4차 산업혁명 시기에도 인간만이 생산할 수 있는 경제적 가치가 기저에 상존하고 있음을 발견할 수 있음
 - 소품종 대량생산과 규모의 경제를 통한 생산비용 절감을 지향하던 3차 산업혁명까지의 시대에는 대다수가 공유하는 바에서 벗어나는 개인별 취향이나 특성은 경제적 가치가 없다고 평가되어 왔음
 - 반면에 기술적 한계 때문에 당대 인공지능이나 로봇이 수행할 수 없는 유형의 업무 능력은 실제적인 희소성이 있어서 경제적 가치의 생산 및 보수와 연계될 수 있었음
 - 그러나 다품종 소량생산과 소비자 필요에 맞추는 유연성을 기본적으로 지향하는 4차 산업혁명의 시대에는 현재 존재하는 업무들의 수행 능력 측면에서 인간의 희소성은 축소되는 반면, 인간답게 존재함의 가치는 여전히 유효할뿐더러 오히려 확대될 수 있음
- 곧 인공지능이나 로봇 등의 가치는 인간으로부터 비롯되며 기술발달의 목표도 인간다움을 향하고 새로운 방식의 생산 활동은 인간의 소비를 통한 욕구 충족을 지향하고 있음을 숙고할 필요가 있음
 - 딥러닝 방식을 통해 독자적 학습이 가능한 인공지능이 존재한다 하더라도 학습할 자료가 없으면 인공지능의 가치는 현실화될 수 없는데, 방대한 학습 자료들은 그동안의 인류가 축적해온 업적과 남겨온 족적들임¹⁵⁾
 - 그리고 제조용 로봇이나 3D 프린터 등도 인간의 필요를 효율적으로 충족시킬 수 있기 때문에 그 가치가 존재하는 것임
 - 또한 인공지능 등이 계산, 논리적 추론, 분류와 같은 일부 기능 측면에서는 인간의 능력을 따라잡거나 이미 뛰어넘었더라도, 복합적 특성과 기능을 가진 인간으로서 현실세계를 경험하며 인간의 필요를 인식하는 기능 측면에서 인간을 대체하는 것은 현재까지 어려운 상황임
 - 인간은 생로병사라는 생물학적 한계 하에 있으면서 사회적 관계 속에서 의미와 가치를 찾고 불안과 혼란과 기쁨과 같은 다양한 정서와 욕구¹⁶⁾를 가진 복합적인 존재임

15) 이는 인공지능 출현으로 인한 부의 극단적 편향에 대한 해결방안으로 논의되는 주제 중 하나인 기본소득 논의의 근거가 되는 논리임

16) 존 듀이 등은 '인간의 가장 근원적인 욕구는 인정받고 싶은 욕구'라고 주장함

- 4차 산업혁명 시대에는 새로운 생산 투입요소로 질 높은 데이터가 추가되며 생산함수 형태가 변형될 수 있음을 고려하면 질 높은 데이터의 생산에 핵심 역할을 하게 될 인간의 경제적 가치 생산 능력은 현재보다 줄어들지 않을 가능성이 있음
 - 곧 중산층의 존재를 유지하는 것은 이념적·인도적 차원이나 내수시장 규모 유지를 넘어서서 4차 산업혁명 시대의 자산과 국가경쟁력이 될 인간에 의한 질 높은 데이터 생산과 직결되기 때문에 경제적으로 의미가 있음
 - 예를 들어 미국 샌디에고의 바이오기술·의료기기 클러스터는 인근 지역에 다수 위치한 의료기관들의 활발한 피드백 정보라는 질 높은 데이터들로 인해서 발전할 수 있었음
- 따라서 주된 관심사와 욕구가 생계유지와 안정 등 생존의 기본요건을 갖추는 것으로 단순화되는 것이 아니라, 의미와 가치를 찾고 삶을 즐기는 다채로운 존재들로 구성된 시장을 유지하는 방안을 모색해야 할 것임

3

국내외 대응현황

가. 주요국의 대응현황

- 2006년 독일 정부는 분야를 초월하여 기술 혁신을 가져올 수 있는 다양한 정책을 지원하고 이를 위해 '하이테크 전략'을 추진했으며 전술한 바와 같이 2011년에는 세계 최초로 4차 산업혁명에 대한 개념을 제시하며 '인더스트리 4.0' 전략을 발표하고 추진함
- 또한 미국의 경우, 2011년 6월에 발표된 선진 제조기술의 필요성에 대한 보고서¹⁷⁾를 토대로 정부와 민간이 연계하여 NNMI¹⁸⁾을 구축한 것을 시작으로 ICT 연구개발 기본계획 NITRD,¹⁹⁾ 2013년 출범한 뇌과학 연구 지원 프로젝트인 BRAIN Initiative 등을 추진하고 있음
- 로봇 연구에 강점이 있는 일본은 2016년 4월 27일에 '4차 산업혁명을 선점하기 위한 일본의 7대 추진방향'을 발표하여 데이터 플랫폼 구축 및 데이터 유통시장 마련 등을 추진하고 제도적 인프라를 구축하려고 있음²⁰⁾

17) PCAST(President's Council of Advisors Science and Technology) 작성

18) NNMI(the National Network for Manufacturing Innovation)은 제조산업과 관련된 다양한 이슈들을 해결하고, 효과적인 제조업 연구 기반 설립을 목적으로 함

19) The Networking and Information Technology Research and Development

20) 한국무역협회, 「제4차 산업혁명을 선점하기 위한 일본의 전략 및 시사점」, 2016년 6월

- 일본은 데이터 플랫폼의 구축을 추진하고 구체적인 성공 사례를 조기에 만들어 냄으로써 국제표준화로 발전시키고자 함
 - 또한 일본은 최종적으로는 데이터의 공급자와 수요자 간의 매칭이 언제든지 필요한 때에 쉽게 이루어질 수 있도록 상시적인 데이터 유통시장의 정착이 필요하다고 보고 있음
 - 일본이 데이터의 경제적 가치를 중요시하는 것은 확인할 수 있으나 이는 적극적으로 인간에 의한 데이터의 생산을 장려하고 사회의 유연성제고를 도모하는 것과는 거리가 있음
- 저임금 환경에서 풍부한 노동력을 앞세워 제조 강국이 되었던 중국은 정부가 앞장서서 노동력 중심 산업을 첨단 기술로 대체하는데 4차 산업혁명을 활용하면서 적극적으로 대응하고 있음²¹⁾
- 중국 정부는 특히 자동화 시설과 로봇에 관심을 기울이고 있는데, 공장을 로봇화해 오는 2025년까지 지식 통합 생산시스템(intelligent manufacturing)을 구축해 중국을 세계 산업 혁신의 중심 국가로 변화시키겠다는 목표를 세워놓고 있음
 - 그러기 위해서는 현재 2.0 수준에 머물고 있는 노동력 중심의 산업 시설을 공장 스스로 움직일 수 있는 4.0 수준으로 교체해야 하므로 세계 최고 수준의 기술을 갖고 있는 독일 기업의 인수·합병에 나서고 있음

나. 우리나라의 대응현황

- 4차 산업혁명 관련하여 우리나라는 2015년부터 산업통상자원부 주도로 '제조업혁신 3.0 정책'을 시행 중이며, 4차 산업혁명에 대한 직접적인 종합적 대응전략은 현재 수립 중임²²⁾
- '제조업혁신 3.0 정책'은 기존 제조업과 IT·SW 융합으로 신산업을 창출하여 새로운 부가가치를 만들고 선진국 추격형에서 선도형 전략으로 전환하여 우리 제조업만의 경쟁우위를 확보하고자 하는 전략임
 - 동 정책에서 정부는 기업이 제조업 혁신을 주도할 수 있도록 환경 조성에 주력하며 융합형 신제조업 창출, 주력산업 핵심역량 강화, 제조혁신기반 고도화 등 3대 전략 6대 과제²³⁾를 중심으로 추진 중임
 - 정부는 미래창조과학부를 중심으로 관련부처와 국내외 산학연 전문가의 의견수렴을 통해 '지능정보사회 중장기 종합대책'을 수립하고 오는 10월에 발표할 계획임
 - 정부는 우선적으로 대응할 필요가 있는 지능정보기술·산업 분야의 경우 지능정보기술 연구소 설립 등을 중심으로 한 「지능정보산업 발전전략」을 대통령 주재 민관합동 간담회(2016년 3월)에서 발표하였음²⁴⁾
 - 동 발전 전략의 주요내용은 지능정보기술 연구소 설립, 지능정보기술 선점,²⁵⁾ 전문인력 저변 확충, 데이터 인프라 구축,²⁶⁾ 지능정보산업 생태계 구축²⁷⁾ 등임

21) 이강봉, 중국, 「4차 산업혁명'은 앞서간다」, 『the Science Times』, 2016년 8월 18일.

22) 미래창조과학부 보도자료, 「지능정보 대한민국, 밑그림 그린다!」, 2016년 4월 28일.

23) 3대 전략은 ①융합형 新제조업 창출, ②주력산업 핵심역량 강화, ③제조혁신기반 고도화이며 6대 과제는 ①IT·SW 기반 공정혁신, ②융합 성장동력 창출, ③소재·부품 주도권 확보, ④제조업의 소프트파워 강화, ⑤수요맞춤형 인력·입지 공급, ⑥동북아 R&D 허브 도약임

24) 김진성, 「지능정보산업 발전전략, 신시장·신산업 창출」, 『산업일보』, 2016년 3월 17일.

25) 언어·시각·공간·감성지능, 스토리 이해·요약 등 연구를 플레그십 프로젝트로 지원해 세계 지능정보기술 시장 선점을 추진할 수 있도록 하며 지능정보기술 발전 기반 조성을 위한 뇌 과학, 산업수학, 슈퍼컴 등 기초연구도 지속 진행하고자 함

- 정부는 인공지능·로봇 등 '4차 산업혁명 대응 분야'의 연구개발(R&D) 예산을 타 분야의 예산 삭감을 통해 올해 3,147억 원에서 내년 4,707억원으로 49.6% 증액하고자 함
 - 인공지능 분야는 내년 예산이 1,656억 원으로 올해(919억 원)보다 80.2% 급증하며, 바이오 신산업에도 8.0% 늘어난 5,116억 원을 배정하고자 함²⁶⁾

4

4차 산업혁명의 대응방안

- 먼저 정부가 4차 산업혁명에 대응하기 위하여 2016년 10월의 종합계획발표 이전에 직접적으로 관련된 산업기술 개발, 인력양성, 인프라 구축측면에서 접근했다는 점은 타당한 정책적 대응이라고 평가될 수 있음
 - 그러나 이와 같은 다각도의 노력을 하고 있음에도 불구하고 주요국의 현재 발전 수준을 고려하면²⁷⁾ 선도국이 되기는 쉽지 않을 것이라서 4차 산업혁명에 대한 대응이 빠르다고 볼 수는 없음
- 구체적인 정책 내용의 검토는 오는 10월의 종합계획발표 후에 가능할 것으로 보이지만 현재까지는 제조업과 ICT산업의 융합이나 지능정보기술산업 발전에 직접적으로 연관된 논의가 대부분임
 - 우리나라 4차 산업혁명 대응에 있어서 취약점인 교육, 노동, 법·정치제도 등 사회전반의 경직성 해소에 대한 논의는 적극적으로 언급된 바 없음
 - 2016년 1월에 개최된 다보스 포럼에서 발표된 4차 산업혁명에 대한 국가별 대응능력 순위 자료에 의하면 전체 45개 국가 중 한국은 총괄 평가 순위가 25위에 그침
 - 이는 낮은 수준의 노동유연성(34위) 및 법적보호수준³⁰⁾(29위)과 높지 않은 수준의 기술숙련도(25위), 교육·기술 연계 수준(17위), 사회적 기반 수준(20위) 등의 지표에 기반함
 - 우리 사회는 장기간의 저성장 기초와 양질의 일자리 감소, 사회 안전망 미비 등으로 개별 선택행위에 따르는 기회비용이 매우 높다는 점에서 기인하는 경직성이라는 문제를 고질적으로 안고 있으나 그 해결이 쉽지 않음
 - 이러한 경직성을 해소하지 못한 채 ICT 산업 분야 등 관련 분야 중심의 지원에만 집중한다면 해당 분야의 기술적 경쟁력과 일부 성공한 기업의 수익성은 높아질 수 있으나 중산층 기반의 성숙한 창조산업 생태계는 구축되기 어려움

26) 국내 민간·정부 보유 데이터 정보를 알려주는 '데이터 소재정보 서비스', '언어·시각 등 연구용 DB, 전문가시스템 개발을 위한 전문 지식 DB를 구축·공개해 데이터 인프라를 구축함

27) 컴퓨팅 자원, 지능정보SW, 전문지식DB와 전문가시스템 등 인프라와 벤처기업에 클라우드로 제공해 지능정보산업 생태계를 구축함

29) 정보통신기술진흥센터, 「주요선진국의 제 4차 산업혁명 정책동향」, 『해외 ICT R&D 정책동향』, 2016년.

30) 재산권 및 지적재산권에 대한 보호 및 사법권 독립과 기업들의 윤리적 행위 수준을 토대로 지수를 도출하였음

- 4차 산업혁명 대응 방안이 일부 산업 분야에 지원을 집중하는 내용에 그칠 뿐 사회 전반적인 유연성을 제고하는 새로운 방식이 아니라면 경직된 산업 및 사회의 확장에 불과하여 4차 산업혁명에 효과적으로 대응하기 어렵다는 점을 정책적으로 고려할 필요가 있음

■ 또한 앞서 살펴본 바와 같이 다품종 소량생산이 가능하며 인공지능이 인간노동 투입을 대체할 가능성이 높은 4차 산업혁명 시대에는, 인간 고유의 데이터 생산 능력을 경제적 가치 생산과 연계시켜 주는 시스템 구축 없이는 빈부격차 확대와 국가 전체적인 경제적 가치 생산 능력도 감소될 우려가 있음

■ 따라서 한국의 현실에 적합한 4차 산업혁명의 종합적 대응방안에 포함되어야 할 내용은 앞서 언급했던 인간 고유의 질 높은 데이터의 생산·활용의 촉진과 사회적 유연성을 제고할 수 있는 방안임

- 2016년 3월에 발표한 「지능정보산업 발전전략」에도 데이터 인프라 구축,³¹⁾ 지능정보산업 생태계 구축³²⁾ 등이 포함되나 이는 ICT 융합산업 육성을 중심으로 한 기존 데이터의 연계와 DB 구축 등이 그 내용임
- 이는 관련 산업 분야의 공급자 위주의 데이터로 해당 산업과 직접적인 연관 정도가 낮은 일반 수요자 전반의 필요나 취향 등에 대한 질 높은 정보는 아님

■ 이를 위하여 대중이 익명으로 필요·취향·경험·아이디어에 대한 데이터를 선택적으로 판매하고³³⁾ 데이터의 가치를 평가하며 실제 생산과정과 연계하는 사회적 시스템 구축이 필요함

- 3차 산업혁명의 영향이 지배적인 현재까지는 재화와 서비스의 공급자가 알고자 하는 일부 정보만이 가치를 인정받아 경제적인 보수와 연계 되었으나 이는 수요자의 필요에 유연하게 생산을 맞춰나가는 새로운 시대와 맞지 않음
 - 곧 공급자들이 정보생산을 주도하는 것이 아니라 수요자들이 주도적으로 생산한 필요나 취향에 대한 정보를 빅데이터나 인공지능 기술을 활용하여 분석하여 새로운 제품이나 서비스를 신속하게 생산해야 할 것임
- 또한 현재의 사회 시스템에서는 개별 정보나 아이디어가 경제적 보수로 연결되기까지 시장에 진입할 만한 재화·서비스 상품으로 완성되어 유통망을 확보해야 하며 이를 위해 생산자가 높은 비용³⁴⁾을 지불해야 함
 - 현재는 기획 및 기술개발과 사업화 단계는 소수가 전담하고 본격적인 상품 생산 및 유통은 복잡하게 분절화된 분업과정을 거치는 형태였으나, 4차 산업혁명 시대에는 3D 프린터 도입 등으로 생산·유통 과정은 단순화되나 오히려 가치사슬 상류단계의 가치 비중이 증가하며 분절화가 예상됨³⁵⁾

31) 국내 민간·정부 보유 데이터 정보를 알려주는 '데이터 소개정보 서비스', '언어·시각 등 연구용 DB, 전문가시스템 개발을 위한 전문지식 DB를 구축·공개해 데이터 인프라를 구축함

32) 컴퓨팅 자원, 지능정보SW, 전문지식DB와 전문가시스템 등 인프라와 벤처기업에 클라우드로 제공해 지능정보산업 생태계를 구축함

33) 이는 현재에도 주요국과 우리나라에서 성장 중인 O2O (Online to Offline)산업과는 다른 개념임, O2O 산업은 현실세계의 사용정보(유통, 전자상거래, 자율주행차, 금융 등)가 네트워크와 연결됨으로써 빅데이터로 전환되어 온라인에 축적되고 이를 인공지능 등을 통해 해석 하여 다시 현실세계에 적용하는 비즈니스방식을 사용한 산업으로 인간이 생산할 수 있는 정보 중 사용정보만을 축적하고 분석함

34) 여기에는 기회비용도 포함되며 경직된 사회일수록 기회비용이 높음

35) 문화 콘텐츠 분야에서는 이러한 분화가 이미 이루어지고 있어서 만화와 같은 콘텐츠도 스토리업체에서 스토리를 구매하여 생산하는 사례들도 빈번함

- 곧 현재는 우리나라의 경우 완성도 높은 성공사례만이 시장에 진입할 수 있는 경직된 시스템인데 새로운 시대에 이러한 시스템은 다양한 정보의 수집을 방해하여 창의성과 유연성을 제한할 수 있음³⁶⁾
- 결국, 가치사슬의 전 단계를 세분화하고 세분화된 단계마다 쉽게 경제적 보수와 연계될 수 있을 때 사회의 잠재된 창의성과 생산가능성의 현실화가 극대화될 수 있을 것임

※ 21세기에 실리콘밸리에서 창업비용이 격감³⁷⁾하며 기술사업화가 증가한 것도 창조성을 연결하고 증폭시키는 아이디어 플랫폼 등 다양한 개방 혁신생태계³⁸⁾가 자리 잡았기 때문임³⁹⁾

- 따라서 데이터 플랫폼의 운영자가 일반 대중의 데이터를 일차적으로 구매한 후 사후적으로 활용방안에 따라 데이터의 질을 평가하여 추가로 보수를 지급하는 경우, 민간부문은 새로운 유형의 소득을 확보하고 사회적 유연성이 효과적으로 제고될 수 있음
 - 수집된 데이터들을 분석하여 도출한 아이디어나 데이터 질의 평가도 새로운 데이터가 되며, 이러한 과정을 거듭하는 것은 가치사슬 상류단계의 분업화를 유도하므로 미완의 정보도 소득으로 전환될 수 있음
 - 이러한 작업은 현재 종사하는 직업을 그만두거나 진로를 변경하는 등 높은 기회비용을 지불하지 않고서도 이루어질 수 있으므로 누구나 바로 쉽게 참여할 수 있어서 사회 전체적인 경직성의 완화에 기여할 수 있음
 - 인간만의 독특성을 발휘하여 데이터의 질을 평가하거나 분석하고 기술-사업 간 코디네이터 기능의 일부를 담당하는 것으로 인한 보수가 주요 소득원이 되는 사람들이 증가하면 결과적으로 새로운 일자리가 창출된 것이라고 볼 수 있음

■ 이러한 적극적인 수요자 중심의 데이터 생산 및 활용을 가능하게 하는 시스템이 현실화되기 위해서는 개인정보 보호를 위한 익명화 가공, 본인 동의 방법, 지적재산권 제도 정비 등의 제도적 인프라를 구축해야 할 것임

- 일본의 경우 데이터 유통시장을 추진하기 위해 데이터의 수요·공급자 각각의 권리, 책임소재, 거래 관행 등의 명확화와 같은 제도적 정비에 힘쓰고 있음⁴⁰⁾

■ 결국 4차 산업혁명의 시대에는 인간의 가치 생산 능력이 상실될 것이란 우려가 크지만, 오히려 모든 가치는 궁극적으로 인간에서 비롯되며 인간을 향한다는 기본원리는 변화하지 않을 것임

■ 따라서 인간의 가치 생산 능력을 유도해내며 이를 생산활동에 반영하기 용이한 시스템을 구축하기 위한 정책적 방안을 강구하고 적극적으로 정책을 추진할 필요가 있음

36) 현재의 시스템 하에서는 다양한 시도와 실패 사례를 통한 정보의 경제적 가치는 없다고 평가될 수 있으나 시장 형태를 달리 디자인함에 따라 정보의 경제적 가치는 달라질 수 있음

37) 2000년 500만 달러에 달했던 창업비용은 2011년에는 불과 5000달러로 2000년 당시의 0.1% 수준으로 격감함

38) 아이디어 플랫폼 외에도 테크샵과 같은 개발플랫폼은 시제품 제작을 쉽게 하고, 크라우드펀딩 플랫폼은 시장 진입비용을 조달해줬으며, 오픈소스와 클라우드플랫폼은 사업화 비용을 감소시켰음. 또한 이노센티브와 나인시그마와 같은 개방기술 플랫폼은 기술시장을 형성했음

39) 이민화, 「국가R&D '개방형 사업화'로 성장·고용 연결시켜야」, 『헤럴드포럼』, 2016년 2월 3일.

40) 한국무역협회, 앞의 글, 2016년 6월