

제4차 산업혁명의 자동화와 적응형 자동화*

김 연 순** · 이 종 관***

- I. 머리말
- II. 노동의 기계화와 정보화
- III. 자동화(automation)와 자율화(autonomy)
- IV. 자율최적화(self-optimization)에서 적응형 자동화
(adaptive automation)로
- V. 맺음말

•

제4차 산업혁명을 이해하기 쉽게 설명해주는 핵심어로 분권화와 연결성 및 자율화 개념을 꼽게 된다. 제4차 산업혁명은 독일의 경우 인더스트리 4.0에서 출발했다고 해도 과언이 아니다. 인더스트리 4.0이 지향하는 바, 생산 공장을 디지털화하려는 것은 결국 자율화를 실현코자 하는 것이다. ‘인더스트리 4.0’은 산업현장을 생각하는 기계로 재배치하여 근대 이후 꾸준히 진화해온 기계 설비를 완전히 디지털화하고 그것을 기반으로 공장을 자율적으로 가동시키려는 하나의 미래 지향적 생산프로그램이다. 이로부터 시작되었다 해도 과언이 아닌 ‘제4차 산업혁명’은 같은 맥락에

* 이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (NRF-2016S1A6A7932134)

** 성균관대 겸임교수, 제1저자

*** 성균관대 교수, 교신저자

서 소비현장인 생활세계를 혁신적으로 변화시키고 있으며, 더 나아가 미래의 산업현장을 인간과 상호작용하는 기계 중심으로 생각하려는 거대 기획인 것이다. 이것의 기반은 금세기에 들어서자 본격적으로 구상되어진 기계의 자율화 프로그램을 통한 자율적인 최적화이다.

그러할 때 무엇보다도 근대 이후로 기계화 되어온 노동은 이제 디지털화로 나아가고 완전 자동화를 지향하며 조만간 인간의 노동을 산업현장에서 내몰 수 있다. 이러한 현상은 결국 인간의 삶을 빠른 속도로 위축시킬 것이다. 제4차 산업혁명은 생산영역 뿐만 아니라 생활 세계 전반에서 그리고 더 나아가 인간 자신까지도 자동화에 기반을 둔 자율적인 최적화 시스템으로 재구성해갈 것이기 때문이다. 이러한 일련의 과정에서 노동은 이제 인간의 자기실현으로 규정되기보다 기계의 작동과 같은 작업으로만 간주될 것이다. 문제는, 그것을 수용해야 하는가 이다. 만약 그것을 원하지 않는다면 삶에서 노동의 의미가 숙고되고 재개념화 되어야 하며 인간의 노동이 사라질 미래에 대해 인간은 어떻게 대비해야 하는가 하는 문제가 숙고되어야 한다. 이에 관련하여 본 논문은 오늘날 인간의 개입을 최소화 시키는 자율화의 진화적 프로세스에 문제의식을 갖고 이러한 현상을 극복하기 위해 적응형 자동화와 같이 인간과 기계의 협업을 그 대안으로서 제시하고자 한다.

•

제4차 산업혁명, 인더스트리 4.0, 노동 4.0, 자동화, 자율화, 적응형 자동화

I. 머리말

2016년 다보스포럼에서 공식적으로 ‘제4차 산업혁명’을 사용한 이래로 제4차 산업혁명으로 예고된 생산구조 변화가 사회적으로 반향을 일으키고 있다. 그로 인해 겪게 될 생활세계의 급변은 사람들로 하여금 미래에 대한 불안을 키우며 우려를 낳고 있다. 지난 세기의 디지털 혁명을 기반으로 활발히 전개되고 있던 생산과정의 완전 디지털화와 맥을 같이 하는 제4차 산업혁명이 다양한 과학기술 융합을 통해 개인 삶뿐만 아니라 사회문화의 패러다임을 기하급수적인 속도로 바꿀 것이며 그에 따른 인간과 기계간의 관계를 포함하는 “사회 전체 시스템의 변화”¹⁾를 유도할 것으로 예상되기 때문이다.

기계가 일의 파트너로 간주되고 인간과 공존의 대상으로 인식되면서, 노동은 더욱 빠른 속도로 기계화되고 심지어 기계들과 노동을 조율하는 사물들이 급기야 서로 자율적으로 소통하기 시작했다. 그것이 산업현장에서부터 일상의 생활세계로 변화를 이끌고 있다. 모든 것이 서로 연결되어 정보를 주고받으며 경제적 가치를 창출하고 인간 생활의 편리를 위해 스마트하게 변해가고 있는 것이다. 이러한 현상은 융합기술의 혁신으로 혁명적인 문명의 전환기에 접어들기 시작했다는 전조현상으로 읽혀지고 있다. 그러나 이것은 새로운 기술의 창출과 도입을 통해서 이루어졌다고 보지 않는다. 기존 기술에 정보통신 기술을 융합해서 생산성을 높이려는 것으로써, 제4차 산업혁명이 이야기되기 전에 활발하게 실행되어온 독일의 인더스트리 4.0(Industrie 4.0)과 동일한 맥락에서 매우 빠르게 현실적으로 확산되고 있다.

돌아보면 1차 산업혁명에서부터 제4차 산업혁명에 이르기까지 노동이 기계의 등장으로 인해 더 많은 가치를 창출하고 인간은 더욱 더 많은 가

1) 클라우드 슈밥 저, 송경진 역, 『제4차 산업혁명』, 새로운현재, 2016, 12~13쪽.

치창출을 위해 기술을 꾸준히 발전시키면서 노동환경을 개선해가고 있으며, 급세기에 들어서자 노동은 첨단기술을 통해 마침내 디지털화하기에 이른다.²⁾ 먼저 1차 산업혁명이 활발하게 전개되었던 19세기에 그때까지 경험하지 못했던 기술변화로 인해 저숙련 노동자는 기계를 활용하여 장인으로 거듭났다. 저숙련 노동자가 교환이 가능한 부품들로 채워진 조립라인을 이용하여 대량생산을 하게 되면서 오히려 생산과정 전체를 파악해서 제어했던 고숙련 노동자들의 삶은 위협받게 되었다.³⁾ 이러한 노동현장의 변화에서 소외된 노동자들의 반작용은 직접으로 사회적 반향을 일으키며 확대되어갔다. 마침내 영국 노동자들이 거세게 저항하기 시작했고, 저숙련저임금 노동자들이 고숙련고임금 노동자들의 일자리를 차지하게 되면서 고숙련자들이 일자리를 위협받았기 때문이다. 그들은 그 원인을 방직기와 기계장치에게로 돌렸다. 전반적으로 “기계와 저숙련 노동이 결합되고 고숙련 노동자와 장인들을 대체”⁴⁾ 하면서 두려움이 현실로 드러났기 때문에, 중국에는 기계를 파괴하는 러다이트(Luddite) 운동이 전개되기에 이른다.

이어서 20세기 기술변화는 2차 세계대전 시기에 등장하여 3차 산업혁명을 이끌어낸 컴퓨터와 세계를 지구촌으로 긴밀하게 연결시킨 인터넷에 의한다. 이것은 빠른 속도로 사회문화의 변화는 물론 노동현장의 변화도 야기시켰다. 컴퓨터와 인터넷으로 고숙련 노동자들의 생산성이 높아지자 19세기 산업혁명기와는 달리 고숙련공을 선호하게 되었으며, 단순하고 반복적인 노동은 효율성을 향상시키는 새로운 기술로 대체되었다. 컴퓨터와 인터넷이 보조도구로 간주되었던 것에서 벗어나면서 점차 창의성을 요구받게

2) 송성수, 『역사에서 배우는 산업혁명론: 제4차 산업혁명과 관련하여』, 과학기술정책연구원, 2017, 참조.

3) Executive Office of the President, *Artificial Intelligence, Automation, and Economy*, 2016, p. 11, (<https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Artificial-Intelligence-Automation-Economy.PDF>, 2017.2.17.) 참조.

4) Ebd. 참조.

되었고, 창의적인 일들 가운데 생산성을 향상시키는 일자리가 많아지게 되었다. 시간이 갈수록 이에 따른 기술발전이 더 많이 요구되었다. 19세기 역사에서 경험했던 것처럼, 장차 노동현장의 변화와 그에 따른 사회 갈등의 문제는 도처에서 일어나게 될 것이다. 이미 “인공지능이 주도하는 자동화도 노동시장을 파괴하고 그에 따른 조정이 시작”⁵⁾되려는 조짐은 일자리의 붕괴로 이어지고 있다. 그러나 경제적 관점에 따르면 혁신이 이득으로 연결되지 못한다면 그것은 혁신이라 할 수 없으니, 이런 상황에서 이득을 얻는 자와 이득을 얻지 못하는 자 간의 갈등은 불가피해 보인다.

이러한 역사를 고려하면서 오늘날 과감하게 제4차 산업혁명에 불씨를 지핀 나라는 독일이다. 독일은 미국에 비해 상대적으로 약한 디지털 기술에 의해 심각한 위기의식을 갖고 있다. 그러던 독일이 21세기에 들어서자 세계적인 경쟁력을 가진 제조업을 기반으로 산업의 진화를 꾀하려는 장기 계획을 성공적으로 실현해내고 있다. 독일은 자신들의 강점인 제조업에 완전히 디지털 기술로 융합시키는 혁신을 통해서 미래에도 변함없이 세계 시장에서 리더로 남고자 하는 것이다. 이를 위해 제조 공장은 혁신을 요구받았고 스스로 생산성을 높일 수 있도록 진화된 기계들에 의해 인간의 노동을 최소화 하려는 것이 지향되고 있다. 이것은 이제 사람을 필요로 하지 않는 생산 구조를 구성해내려는 것이다. 무엇보다도 빅데이터와 사물인터넷 및 인공지능 등 금세기 들어 많은 관심을 받고 있는 첨단기술 영역들을 융합함으로써 소비자의 요구를 바로 반영하는 자동화 공장인 스마트 팩토리(Smart Factory)가 고안되었다. 이로써 생산공장은 인터넷을 통해 전달받은 정보에 반응하고 생산 활동과 공급 활동을 자동으로 실시하여 소비와 생산을 거대한 네트워크에 연결시키는 하나의 시스템을 갖추게 되었다.⁶⁾

5) Ebd. S. 8.

6) 일본 닛케이BP 저, (주)다하미커뮤니케이션즈 역, 『알기 쉬운 4차 산업혁명 Industry 4.0』, (주)다하미커뮤니케이션즈, 2015, 121쪽 참조.

금세기에 들어 ‘제2의 기계시대’로 일컬어질 정도로 발전을 거듭해왔던 첨단기술이 급속히 발전해감에 따라 “환경을 이해하고 변모시키는 능력이 대폭 강화”⁷⁾되고 있다. 지금까지 인류가 발전시켜온 기술문명은 이제 제4차 산업혁명을 통해 모든 것의 디지털화를 지향하면서 생산현장은 물론 생활세계까지도 전혀 새로운 단계로 들어설 것이 예견된다. ‘혁명’으로 일컬어질 정도로 그 파급효과는 가늠할 수 없이 넓고도 깊을 것이며, 사회 제 영역에서 겪게 될 변화는 이제까지 인류가 경험하지 못했던 것이 될 것이라며 사람들은 변화의 충격을 예고한다. 근대 이후 인간의 정체성을 발견할 수 있게 해주었던 노동이 기술발전에 의해 지속적으로 기계화되고 20세기 이후에는 첨단기술에 의해 정보화되면서, 노동은 마침내 기계의 디지털화를 통한 완전 자동화로 패러다임의 변화를 요구받고 있다. 이것은 달리 말하자면 인간이 개입하지 않게 되는 노동 상황의 도래를 의미하며 이러한 현상에서 인간은 스스로에게 그에 대한 대비와 합당한 새로운 전략을 요구받게 된 것이다.

Ⅱ. 노동의 기계화와 정보화

제4차 산업혁명은 2011년 이후 정부의 주도로 진행되고 있는 독일의 인더스트리 4.0과 맥을 같이한다. 21세기에 들어서자 기존의 시스템으로는 더 이상 생산성을 끌어올릴 수 없는 상황에서 지속적으로 살아남기 위해 결단을 내려야 했던 독일은 기업들에게 혁신을 요구했다. 독일 정부는 적극적으로 지원에 나섰다, 제조업을 혁신적으로 변환시키기 위해 제조 공장을 완전 자동으로 탈바꿈시키는 방안이 제시되었다. 결과는 인더스트리 4.0으로 구체화되었으며 제4차 산업혁명을 불러일으키며 독일은

7) 에릭 불린올프스·앤드루 맥아피 저, 이한음 역, 『제2의 기계시대』, 청림출판, 2014, 13쪽.

선도적으로 그 중심에 서게 되었다. 그로 인해 주목받게 된 목표 중의 하나는 “IoT를 중심으로 로봇이나 3D 프린터 등 독일이 강점을 가진 생산 기술을 사내외로 연결”시켜 “거의 대량생산과 다름없는 코스트로 맞춤형 상품을 만드는 매스 커스터마이제이션(Mass Customization)”의 실현이다.⁸⁾ 이것을 가능케 하는 것이 디지털 방식이다.

생산방식의 디지털화는 근대 이후 부단히 발전해온 기계의 진화에서 더 나아가 기계의 자율화를 가능케 한다. 이것은 최적의 가치창출을 위해 생산설비를 지능형으로 만들어 노동의 정보화를 통해 실시간으로 그 정보에 대해 기계가 스스로 판단하고 결정함으로써 완전 자율화로 전환하는 것을 의미한다. 이것은 첨단기술의 활용 없이는 더 이상 생산성을 향상시키기 어렵다는 판단 아래 그것을 극복하기 위해 디지털 방법을 연계 시켜서 부분적으로 개입되는 사람의 노동까지도 자동화 기계로 대체하여 비용 절감은 물론 생산성도 높이려는 의도에 따른 것이다. 이제 기계들은 인터넷을 통해 일에 관한 정보를 스스로 얻고 실시간으로 서로 교환하여 생산하며 최종적으로 요구된 것을 맞춤형으로 소비자에게 전해줄 수 있게 된다. 결국 부품을 비롯한 생산 설비는 “수동적’ 존재가 아니라 생산 프로세스의 ‘감시자’ 그리고 생산 프로세스를 능동적으로 규정하는 ‘행위자’”로 되는 것이다.⁹⁾

이러한 현상을 가져올 ‘제4차 산업혁명’은 역사 이래로 인간만이 모든 정보 데이터를 소유했던 것을 이제는 사물도 정보 데이터를 활용할 수 있게 되면서 사회 제 영역의 조직과 제도가 변하고 중국에는 인간 자신까지도 변화하게 만들 것이다. 생산현장에 정보통신기술이 투입되고 생산 과정의 완전 자율화 체계가 이루어지면 생산의 전 과정이 최적화될 것이다. 그 과정을 거쳐서 산출된 제품은 인터넷 서비스를 통해 직접 구매자의 손에 넘겨지게 된다면, 이런 일련의 과정으로 제품의 맞춤형서비스가 완

8) 일본 닛케이BP 저, 『알기 쉬운 4차 산업혁명 Industry 4.0』, 19쪽.

9) 앞의 책, 124쪽.

결될 것이다. 이제 노동은 인간의 손에서 기계로 전환되고 그만큼 긴밀해진 기계와의 상호작용이 이루어지게 되며, 그에 따라 인간의 숙련도에 대한 요구 또한 한층 더 높아질 것이다. 그 과정에서 혁신의 이름으로 “데이터를 사물로, 사물을 데이터로 바꾸는 능력”¹⁰⁾이 가능해질 것이며, 그것은 인간이 편치 않은 마음으로 ‘빠르게’ 적응해야 할 새로운 세상이 될 것이다. 이러한 현실을 안겨다줄 제4차 산업혁명이 분열적이고 비인간적으로 진행되기보다는, 오히려 인간에게 힘을 불어넣어주고 인간이 계속 중심에 서게 되리라는 의견은 아직 많은 의심을 받고 있다. 그것은 그 현실이 많은 사람들에게 부당한 현실로 될 가능성 또한 많기 때문이다.

이러한 회의적인 결과를 적극적으로 대응하기 위해 제기되고 있는 것이 노동 4.0(Arbeiten 4.0)¹¹⁾ 노동 1.0에서 노동 4.0에 이르기까지의 변천 과정은 노동의 기계화와 기계의 완전 자동화 과정이기도 하다.¹²⁾ 노동의 기계화가 노동의 디지털화로 업그레이드되고 기계들도 사람처럼 사고하고 소통하며 마침내 행동하게 되면서, 장차의 노동 현장은 기계들의 커뮤니케이션으로 스마트해지는 “생각하는 공장”¹³⁾으로 변모하게 될 것이다.

10) 클라우스 슈밥 외 26인 저, 김진희 외 2명 역, 『제4차 산업혁명의 충격』, 흐름출판, 2016, 33쪽.

11) 권준화, 『‘인더스트리 4.0’이 가져올 노동시장의 변화와 시사점』, IBK경제연구소, 2016.8, 5쪽, (<http://research.ibk.co.kr/research/board/finance/details/51313?url=L2JvYXJkL2ZpbmFuY2UvbGlzdD9wYWdlPTE=/2017.2.5.>) 참조.

12) 노동의 진화과정을 살펴보면, 최근 노동계의 변화를 이끌었던 노동1.0은 증기기관과 기계생산설비의 도입으로, 노동2.0은 컨베이어벨트를 활용한 대량생산체제로, 노동3.0은 컴퓨터 보급에 따른 부분적인 자동화로 발전을 거듭했다. 여기에 노동4.0은 노동환경을 완전 자동화함으로써 소위 ‘양질의 일자리(Gute Arbeit)’를 제시하리라는 희망을 부여받고 있다. 무엇보다도 노동 4.0을 실현해낼 노동의 디지털화는 근로자에게 새로운 시공간적인 유연성을 발휘할 수 있는 잠재력을 드러내게 하리라고도 평가된다. 그러나 이러한 희망찬 담론에도 불구하고 여전히 현실적으로 노동의 상황은 악화되고 있기 때문에 그와 반대로 회의적인 시각이 크게 자리한다.

Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF), *Die neue Hightech-Strategie: Innovationen für Deutschland*, Berlin 2014, S. 22 (https://www.bmbf.de/pub_hts/HTS_Broschüre_Web.pdf), 2016.12.29.) 참조.

이로써 이제까지 시도해본 적이 없던 노동력의 최소화와 생산력의 극대화를 위해 인간은 기계의 완전 자동화를 실현코자 하며, 그에 따라 노동은 이제 기계화에 이어 디지털화되고 그만큼 인간의 숙련도 또한 높아질 것이며 보다 더 유연한 실행을 요구받게 될 것이다. 그러나 이러한 일련의 과정을 실현해낸 노동의 시스템에서 인간이 자신의 노동을 부정하는 모순에 빠질 우려 또한 크다. 자신의 정체성을 실현해내던 노동현장에서 자신의 개입을 최소화함으로써 인간은 스스로 자신의 일을 없애는 결과를 초래할 것이기 때문이다.

기계는 이제 단지 노동을 대신해주는 도구에서 인간처럼 자율적으로 어떤 노동을 실행해야 하는지를 스스로 결정할 수 있는 주체로 부상하고 있다. 기계의 완전 자동화는 노동의 기계화에서 더 나아가 기계가 노동의 정보를 커뮤니케이션을 통해 자기화함으로써, 기계도 인간처럼 스스로 행위할 수 있게 되는 것이다. 따라서 기계는 하나의 행위자로서 스스로 판단하여 결정하고 처리하는 행위의 주체로까지 자리매김 되고 있다. 중요한 것은, 디지털화로 생산 공정에 필요한 정보가 인터넷 상에서 행해지는 사물들의 소통을 통해 가치를 창출하게 되고, 이전까지도 정보 활용의 주체였던 인간은 이제 그 과정에서 아무 역할도 할 수 없는 불필요한 존재로 된다는 점이다.

이런 의미에서 제4차 산업혁명에서 지향하는 자동화는, 금세기에 들어서자 세간의 논쟁을 불러 일으켰던 미국의 컴퓨터 과학자 빌 조이(William Nelson Joy)의 "왜 우리는 미래에 필요없는 존재가 될 것인가(Why the future doesn't need us)"¹⁴⁾를 떠올리게 한다. 여기서 그는 장차 통제권을 기계에 주어버림으로써 인류의 운명을 기계에게 맡겨버리는 것

13) 일본 닛케이BP 저, 『알기 쉬운 4차 산업혁명 Industry4.0』, 20쪽.

14) William Nelson Joy, *Why the future doesn't need us*, (<http://anti-matters.org/articles/94/public/94-87-1-PB.pdf>, 2017.3.2.) 참조; “빌 조이, 왜 우리는 미래에 필요없는 존재가 될 것인가?”, 『녹색평론』 제55호, 2000 (<http://www.greenreview.co.kr/archive/55BillJoy.htm>, 2017.2.10.).

이나 통제권은 인류가 갖고 있지만 기계시스템의 통제권을 엘리트가 갖는 것이나 모두 인류를 절멸케 하리라 회의하면서, 21세기 기술발전이 소수자에 의해 남용될 것을 심히 우려했다. 아울러 그 자신이 컴퓨터에 관해서 일했음에도 불구하고 그는 그와 같은 문제에 직면하리라고 전혀 생각지 못했다고 고백하기도 했다. 그의 마지막 말은 ‘좀 더 나은 답’을 찾아나서는 것이었다.

필요를 충족시키기 위해 생산성과 효율의 이름으로 통제권을 기계에게 주어버리려는 순간에 인간은 그것으로 인해 자기 존재의 불안정성에 대해 반성하기 시작했다. 이미 생물학적인 진화의 역사에서 “더 이상의 진화는 없다”¹⁵⁾고 자각하게 된 인간은 진화하는 기계와 비교할 때 오히려 그 어느 때보다도 스스로에 대한 어떤 설명을 요구하게 된 것이다. 역사 이래로 인간은 자신의 지성을 활용하여 문명을 이끌어왔고 매시대마다 어려운 풍파를 겪으면서도 자신의 손으로 풍요를 이루어내었으며 그런 과정을 거쳐 진화의 역사를 만들어내지 않았던가! 한편으로는 자신의 손에 의해 나날이 발전하는 기계가 현저하게 빠른 속도로 진화하면 할수록, 다른 한편으로 그것을 경험하는 인간은 오히려 자신이 처한 현실을 극복하기 위해 자신을 돌아보곤 했다. 그러나 기계의 진화를 따라 잡을 수 없게 된 인간은 그것을 자신의 수치로 인식하기 시작했다.

그렇듯 기술발전에 따른 인간의 실존 상황을 ‘프로메테우스적 수치(Prometheische Scham)’라 했던 독일 철학자 귄터 안더스(Günther Anders)는 “인간과 그 자신의 생산물 세계 사이에서 비공시성이 나날이 커가고 있다는 사실, 즉 그 격차가 나날이 커간다는 사실”¹⁶⁾을 인식했고 더 나아가 그로 인해 인간으로 태어난 것을 부끄러워하게 될 것이라고까지 했다. 그는 시간이 갈수록 발전하는 기술 환경과는 달리 오히려 멈춰버린 듯한

15) Oliver Krüger, *Die 'prometheische Scham'*, in: ders.: *Virtualität und Unsterblichkeit. Die Vision des Posthumanismus*, Freiburg im Breisgau, 2004, S.83.

16) 프랑크 하르트만 저, 이상엽·강웅경 역, 『미디어 철학』, 북코리아, 2008, 295쪽.

인간의 존재 상황을 “인간의 골동품성(Antiquiertheit des Menschen)”¹⁷⁾으로 까지 간주했다. 이것은 제4차 산업혁명과 인간의 노동관계에서도 같은 맥락으로 설명되어진다. 인간과 기계의 생산성 격차는 결국 기계의 디지털화를 통해 더 벌어지게 됨으로써 중국에 인간은 자신을 오히려 골동품처럼 조용히 현장에서 나오게 되는 것이다. 노동의 기계화가 시스템을 주도하면서 내놓는 생산성에 비해 인간의 생산성은 비할 바 없이 낮기 때문에 인간의 노동은 설 자리가 좁아질 것이고, 기계들의 완전 자동화를 겨냥해서 인간에 의해 만들어진 시스템에서 인간이 그 시스템에 전혀 필요치 않는 존재로 내몰리게 될 것이다. 따라서 완전 자동화로 구축될 미래의 노동 현장에서 인간은 완전히 사라지게 될 지도 모른다. 그로 인해 파생되는 변화의 소용돌이는 다른 여타의 영역에도 영향을 미치게 될 것이다. 문제는 자동화와 자율화이다.

Ⅲ. 자동화(automation)와 자율화(autonomy)

제4차 산업혁명은, 기존 공장의 자동화 체계를 기반으로 부품이 센서를 통해 공장 기계와 소통하고 기존의 생산 공장은 네트워크를 통해 가상공간에 연결되어 소비자의 정보를 공유하며 더 나아가 소비자를 위해 직접 서비스를 실행하기까지 기계가 스스로 생각하고 판단하는 완전 자율화를 지향한다. 여기서 사물인터넷을 중시하는 이유는 이 방식이 사물과 사물의 소통을 통해서 가상세계와 기존의 생산라인을 연결(Cross-linking)시키는 역할을 하기 때문이다. 이런 구조에서 보자면 기존의 공장에서 다양한 부품들은 사람의 손을 기다리며 수동적으로 놓여있는데 반해 미래의 공장에서 부품들은 스스로 필요한 상황을 찾아내어 생산 과정에 자발적으

17) 앞의 책, 292쪽.

로 참여하고 감시하는 것까지 실행하게 된다. 이것은, 생산 현장에서 인간이 개입하지 않아도 부품끼리 서로 의사소통하며 제품이 생산될 수 있음을 의미한다. 말하자면 “앞으로 세상은 사람들이 직접 요구하는 것을 넘어 ‘원할 것 같은 것’을 미리 예측해 제공하고, 그들도 인식하지 못하는 숨겨진 욕망을 추적해 제품과 서비스를 제공하는 시대”¹⁸⁾가 올 것이라는 것이다.

이런 것이 가능하게 된 이유는, 20세기 중반에 창안된 컴퓨터가 지난 반세기 동안 생활세계를 부단히 변화시켜왔고, 21세기를 들어서자 그 변화의 폭과 깊이를 더해가면서 이전에는 생각지도 못했을 정도로 발전했기 때문이다. 오래전 인간의 마음속에 엄존했던 신의 자리를 이성의 이름으로 인간이 차지하게 된 이래, 인간은 인간 중심적인 역사를 발전시켜왔다. 그러나 과학기술이 세기를 이어 급속히 발전을 거듭하게 되고 인간이 기계와 긴밀하게 상호작용하면서 점차 인간중심적 사고에 기계가 들어서기 시작했다. 마침내 이기적인 인간중심적인 사고에 대해 회의하게 되고 발전한 기술을 거부할 수 없게 되면서 점차 기계와의 공존을 말하게 되었다. 오늘날 사람들은 기계를 활용하지 않고는 무엇도 할 수 없게 되었으며, 기계의 힘을 빌려서야 비로소 삶을 더욱더 풍요롭게 만들 수 있다고 믿게 되었기 때문이다. 그러한 믿음은 기술발전에 박차를 가하고 그 결과물에 기꺼이 적응하면서 그로 인해 얻게 된 편리를 부정할 수 없게 되었다. 이 과정에서 기계는 근대 이후 생산성을 높여주었던 자동화를 넘어서서 스스로 모든 것을 실행할 수 있는 완전 자율화를 실현할 수 있게 되었기 때문이다.

자율화(Autonomy)는 분권화(Decentralization)와 연결성(Networking)과 함께 생산현장과 생활세계를 이으면서 가치창출을 지향하는 제4차 산업혁명에서 핵심 개념이다. 그것은 분권화 된 개별 영역들 간에 연결과 접속으로 일정

18) 클라우스 슈밥 외 26인 저, 『제4차 산업혁명의 충격』, 7쪽.

한 틀을 구축하는 일종의 리좀 체계이기도 하다.¹⁹⁾ 분권형 연결 체계는 제 4차 산업혁명에서 하나의 핵심 개념인 자율화의 기반이 된다. 자율화는 자동화와 달리 상호연결성에 의해 열린 체계로서 유연성을 강화한 것이다. 자동화 체계는 그 사전적인 뜻대로 “자기 추진력에 의해 움직이는, 자발적”²⁰⁾인 것으로써 사람이 개입하지 않아도 그 자체의 체계 안에서 반복되는 시스템을 뜻한다. 그 예로서는 18세기에 등장한 자동기계를 들 수 있다. 이를테면 당시 시계제작자로 알려진 스위스의 피에르 자크 드로(Pierre Jaquet Droz)에 의해 만들어진 오르간을 치는 소녀, 그림 그리는 소년 및 글씨를 쓰는 소년 등은 정교한 몸동작으로 인간처럼 글을 쓰고 악기를 연주하며 그림을 그린다. 태엽을 감아주면 태엽이 다 풀릴 때까지 모두 각기 자기의 일을 자동적으로 해내는 것이다. 이것에서 보다 진화된 형태가 20세기 초의 자동화이다. 이것은 공장에서 시작되었으며, 공장의 자동화로서 포드 자동차 회사의 생산 설비 일부에서 시스템으로 구축된 자동화이다. 여기서 알 수 있듯이 자동화는 기계가 사람처럼 자발적으로 움직이는 것을 반복해서 행하는 것으로써 동일한 움직임을 반복적으로 실행하는 닫힌 체계로 구성된다. 그것을 벗어나려면 인간이 개입해야만 한다.

그러나 자율화는 무엇보다도 그 무엇에도 종속됨 없이 독립적이며 자체 시스템으로 가동되는 자발적인 움직임이다. 이 움직임이 다른 체계와 상호작용하면서 연계되고 그 상호작용에 대해 스스로 판단하여 스스로 움직임을 결정하는 체계가 자율화인 것이다. 말하자면 자율화는 공장 안에

19) 중앙집중적인 수직 체계인 나무 체계와 달리 리좀형 체계는 연결과 접속의 관계를 통해 상호작용을 지향하는 수평 체계이다. 말하자면 리좀형은 ‘~이다’라는 규정적인 닫힌 체계이기보다는 ‘그리고, 그리고, 그리고’ 등으로 이어지는 열린 체계이기 때문에, 어떤 중심점을 중심으로 위계가 존재하거나 일사분란한 통일성을 전제로 하지 않는다. 질 들뢰즈·펠릭스 가타리 저, 김재인 역, 『천개의 고원』, 새물결, 2005, 14~23쪽 참조.

20) Kluge, Friedrich: *Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache*, Bearb. von Elmar Sebold 23., erw. Aufl.(Jubiläums Sonderausg), Berlin; New York: de Gruyter, 1999, S. 69.

서만 자발적으로 가동되었던 자동화를 사이버스페이스와의 연결을 통해 주문을 받고 판매하는 등 주문 영역과 판매영역을 넘나들며 소비자의 원하는 바를 자율적으로 실시간에 반영하여 제품을 생산하고 더 나아가 서비스까지 이어지는 것을 뜻한다. 따라서 자율화는 “어떠한 행위를 인간의 통제력 없이 오직 시스템으로만 제어하는 것”을 뜻하고, 자동화는 기계가 “인간의 힘으로 한 번 수행된 행위를 다시 반복하는 것”을 뜻한다.²¹⁾ 여기서 알 수 있듯이 자율화에서는 “운영 중에 자기 진단을 거치고 결함 시에는 자가 조치를 취하거나 보안 취약점을 발견하여 자가 조치를 하는 것이 가능”²²⁾하다. 이렇듯 스스로 판단해서 제어할 수 있는 자가 조치는 디지털화를 통해 가능하다. 이것을 구체화 한 것이 가상과 현실의 결합체로 주목받고 있는 사이버 시스템과 물리적 시스템의 융합체계(Cyber-Physical System)이다. 이것을 통해 생산과 소비가 자율적으로 조절되면서 질적 변화가 유도된다. 생산현장에 국한되었던 자동화는 이제 현장을 벗어나 넓은 생활세계로 연결되면서 스스로 조직화해가는 것이다. 이로써 인간은 자신이 직접적으로 개입하지 않아도 질서 있게 돌아가는 세상을 경험할 것이며, 자율화의 결과로 사라지는 일자리를 생각하게 될 것이다.

IV. 자율최적화(self-optimization)에서 적응형 자동화 (adaptive automation)로

제4차 산업혁명의 자율화는 자율성을 최적화 기술에서 비롯된다. 자율 최적화 기술은 공정 및 시스템 내에서 변하는 환경에 따라 자율적이며

21) Executive Office of the President National Science and Technology Council Committee on Technology, *Preparing of the Future of Artificial Intelligence*, Report, 2016, p.10

22) Ebd., p. 4.

유연하게 적응하는 기술을 뜻한다. 이것의 핵심은 인간 노동을 기술로 대체하여 그 효율성을 극대화하는 것이며, 결과적으로 인간의 일과 기계의 작업을 동일화 하여 생산성을 증가시키는 것이다. 그 결과 생산성과 고용율의 격차는 극대화될 가능성이 높으며, 이것은 인간과 기술을 자칫 적대적 관계로 몰아갈 수 있다는 점에서 매우 근본적인 변화를 야기할 수 있다. 따라서 자율화로 최적화를 지향하는 시스템은 인간의 개입을 최소화하여 노동을 무화시키고 결국에는 노동이 부재한 사회를 출현시킬 수 있다. 그로 인해 이미 생산과 소비의 선순환을 위해 급기야 기본임금에 대한 논의가 시작되고 있지만, 그렇다고 이것은 근본적인 해결책일 수는 없다. 인간의 일이 경제적인 이득만을 목적으로 삼는 것이 아니기 때문이다. 그럼에도 불구하고 현재 급속히 발전해가는 첨단기술의 현황을 부정하는 것도 불가능하다.

이러한 문제를 해결하기 위해 우선 일과 기술의 관계를 재정립하고 더 나아가 일자리의 문제에 대한 명확한 분석이 이루어져야 한다. 기술은 인간 자신의 삶을 성취하고 일을 실행하기 위해 필요하기 때문이다. 즉 기술은 인간과 일을 매개하여 인간의 실존적 삶을 미래로 나아가게 하는 역할을 하는 것이다. 인공지능이라도 다르지 않다. 인공지능은 단지 인간의 사고와 행위를 대신하기 위해 존재하는 것이 아니라 일과 인간을 좀 더 지능적으로 바람직하게 중재하기 위해 존재해야 한다. 이것이 바로 인간이 인공지능에게 부여한 기능이며 본래의 사명인 것이다. 따라서 인공지능은 인간을 대신해서 일을 하는 것이 아니라, 일과 인간을 기술적으로 매개하는 존재론적 위치에 배치되어 인간의 삶, 몸 그리고 일 사이의 상호작용과 “상호창조(Sympoiesis)” 과정이 최대한 존중되는 방향으로 전환해야 한다.

중요한 것은, 개별 요소들의 지향점이 융합(converging)의 미래이기보다 융화(harmonizing)의 미래여야 한다는 점이다. 이를 위해 제4차 산업혁명의 기술적 지향점은 자율 최적화에서 적응형 자동화(adaptive automation)로

선회해야 한다. 적응형 자동화는 완전 자율화를 지양하고 인간과 기계간의 협업(Kollaboration)을 통해 인공지능에게 인간친화적인 역할을 부여하는 방식이다. 컴퓨터의 속도와 정확성 그리고 센서 기능을 활용하면서 인간이 적극적이고 기민하게 일할 수 있도록 기계와 인간이 합리적으로 역할과 책임을 분담하는 것이다. 따라서 인간과 기계는 적응형 자동화의 현장에서 동료 관계를 형성하게 된다. 실제로 이러한 경우 인간은 단순히 기계를 사용한다기보다는 오히려 동료와 협업하는 의미를 갖게 된다는 인간적인 체험이 보고되고 있다. 제4차 산업혁명을 이해하고 추동하기보다는, 일과 기술의 관계를 재정립시킴으로써 제4차 산업혁명으로 인해 촉발되는 일자리 문제, 즉 ‘일이 사라진 사회’를 해소할 방안을 모색하는 것이 중요하다. 무엇보다도 적응형 자동화에 기초해, 일의 전문성이 나아갈 새로운 길을 여는 것이 중요해지고 있다. 기계와 인간의 대결을 넘어 기계와 인간의 협업을 통해 새로운 기계시대의 창의성 모델을 구축함으로써, 협력적 창의성에 기초한 일의 전문성이 지속가능하게 될 것이기 때문이다.

V. 맺음말

오늘날 제4차 산업혁명의 핵심어로서 전면에 내세워지면서 주목받고 있는 완전 자율화의 시도는 사실 새삼스러운 것이 아니다. 그것은 일찍이 지난 세기 말에 사람이 전혀 개입하지 않은 ‘컴퓨터 통합생산(CIM: Coumputre Integrated Manufacturing)’이란 방식으로 시도되었었다. 이것은 컴퓨터 활용을 통해서 높은 효율을 끌어내고자 하는 기계들의 통합시스템이었다. 그 결과는 놀라운 것이었으며 그로 인해 당시 잠시 호경기를 누렸었지만 이내 실패로 끝나고 말았다. 그 이유는 “사람의 일을 모두 컴퓨터와 기계로 대체하려 함으로써 투자가 과도해졌고 종업원의 지지도

언지 못했다”는 것을 차치하고라도, 사람들을 배제하고 기계들의 완전 자율화에 따른 “공장 무인화” 개념은 노동문화로 정착할 수 없다는 인식을 일깨워졌기 때문이다.²³⁾ 결국 이 방식은 폐기되었고 그로 인해 ‘경쟁력의 원천은 사람’임을 다시 확인하게 되었다.

따라서 제4차 산업혁명은 이러한 경험들을 거울삼아 노동현장에서 사람이 소외되지 않도록 정책적으로 연구를 해야 할 것을 요구받고 있다. 아울러 기술 개발의 최우선 목표로서 적응형 자동화와 같이 인간과 기계의 협업을 지향하는 것과 인간의 인간적인 삶을 성취하기 위해서라도 그러한 방향을 지속적으로 모색해야 할 것도 요구받고 있다. 이를 위해서 무엇보다도 “사람이 중심에 있도록 기술 발전을 지원”하고 “노동자 권리, 역량 개발, 노동 및 프로세스 이노베이션 그리고 일자리에서의 건강 유지 등과 같은 사회 요인들도 포괄적으로 고려”해야 할 것이다.²⁴⁾ 디지털화된 세상에서 인간의 노동으로 변함없이 삶의 보람을 얻고 기계의 적절한 사용을 통해 안전한 편리함을 향유할 수 있도록 사람과 기계가 함께 융화되는 체계가 구축될 수 있을 때 인간이 노동의 현장에서 배제되지 않은 삶을 향유할 수 있기 때문이다.

이것을 관철시키기 위한 다양한 모색은 또한 정책적으로 부단히 연구되어야 할 것이다. “자동화가 최대한 효과를 발휘하도록 하고 최악의 상황을 완화하는 것은 정책의 역할”²⁵⁾이기 때문이다. 이로써 기계중심적으로 체계화되는 완전 자율화는 인간의 삶의 성취를 위해서 지양되어야 하며, 그것이 가능할 때야 비로소 ‘미래의 우리’에게 일과 삶의 조화를 실현할 수 있는 하나의 지속가능성도 변함없이 유효한 것이다.

23) 일본 닛케이BP 저, 『알기 쉬운 4차 산업혁명 industry4.0』, 22쪽.

24) Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF), *Die neue Hightech-Strategie: Innovationen für Deutschland*, 참조.

25) Executive Office of the President, *Artificial Intelligence, Automation, and Economy*, 2016, p. 22,

•

권준화, 『‘인더스트리 4.0’이 가져올 노동시장의 변화와 시사점』, IBK경제연구소, 2016. (<http://research.ibk.co.kr/research/board/finance/details/51313?url=L2JvYXJkL2ZpbmFuY2UvbGlzdD9wYWdlPTE=>, 2017.2.5.)

김대식, 『인간과 기계』, 동아시아, 2016.

김은, 『독일 연방정부의 ICT 융합 R&D 지원 정책』, (사)한국ICT 융합네트워크, 2014.

김인숙·남유선, 『제4차 산업혁명, 새로운 미래의 물결』, 호이테북스, 2016.
일본 닛케이BP 저, (주)다ahami커뮤니케이션즈 역, 『알기 쉬운 4차 산업혁명 industry4.0』, (주)다ahami커뮤니케이션즈, 2015.

마누엘 카스텔 저, 박행웅 역, 『네트워크 사회』, 한울아카데미, 2009.

박형근·김영훈, 『인더스트리 4.0과 독일 미래 제조업 청사진』, 포스코경영연구원, 2014. (<https://www.slideshare.net/yonkihyungkeunpark/posri-20140226/>, 2017.2.17.)

브루스 매즐리시 저, 김희봉 역, 『네 번째 불연속』, 사이언스북스, 2001.

에릭 브린올프슨·앤드루 맥아피 저, 이한음 역, 『제2의 기계시대』, 청림출판, 2014.

제러미 리프킨 저, 이경남 역, 『공감의 시대』, 민음사, 2009.

클라우드 슈밥 저, 송경진 역, 『제4차 산업혁명』, 새로운현재, 2016.

클라우드 슈밥 외 26인 저, 김진희 외 2인 역, 『4차 산업혁명의 충격』, 흐름출판, 2016.

Artificial Intelligence, Automation and the Economy, EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT, 2016, (<http://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Artificial-Intelligence-Automation-Economy.PDF/>, 2017.2.28.).

Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF), *Die neue Hightech-Strategie: Innovationen für Deutschland*, Berlin 2014, (https://www.bmbf.de/pub_hts/HTS_Broschure_Web.pdf/, 2017.1.20.).

Industrie 4.0 Plattform I40, (<http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Home/home.html/>, 2016.6.20.).

Preparing of the Future of Artificial Intelligence, Executive Office of the President National Science and Technology Council Committee on Technology, Report, 2016.

(https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf/, 2017.2.28.)

Automation and Autonomy of the Fourth Industrial Revolution

Kim, YounSun* · Lee, JongKwan**

Decentralization, autonomy, and networking are the key concepts of the Fourth Industrial Revolution. Among these, we focus on the autonomy. Industry 4.0 is a future-oriented production program that relocates machinery to the industrial field, and fully digitalizes the mechanized equipment which has evolved steadily. The ‘Fourth Industrial Revolution’, which started from Industry 4.0, is a huge project that makes a revolutionary change of the living world as the field of consumption. Furthermore, machine may replace most of human work someday. In this sense, it is the important to understand self-optimization and adaptive automation in the forth industrial revolution.

The Fourth Industrial Revolution will constitute an autonomous system based on automation. In this system, human workers would be dismissed from the shop floor, and their lives would rapidly wither. To solve this problem, we should consider how we can cooperate with machines. Adaptive automation is the main suggestion of this paper.

* Sungkyunkwan University

** Sungkyunkwan University

Key words: The Fourth Industrial Revolution, Industry 4.0,
Arbieten 4.0, automation, autonomy, adaptive
automation

필자 E-Mail: bisah_de@hanmail.net(김연순), sjklee@skku.edu(이종관)

투고일: 2017년 03월 31일 / 심사완료일: 2017년 04월 28일 / 게재확정일: 2017년 04월 28일