

자동화(Automation)와 노동의 미래

이학기 연구위원

정보통신정책연구원 ICT데이터사이언스연구본부 ICT통계정보연구실장

hakilee@kisd.re.kr

자동화(Automation)의 과거와 현재

우리는 많은 영역에서 기계가 사람보다 더 정교하게 일하고, 심지어 더 창의적이기까지 한 시대에 살고 있다. 오늘날 기계들은 자동으로 비행기를 이착륙시키거나 자동차를 운행하거나 암 진단을 내리기까지 한다. 우리는

지금껏 보지 못했던 새로운 자동화의 시대에 들어서고 있다.

자동화는 사람의 개입이 필요한 작업을 수행하기 위해 기술과 기계를 사용하는 것이며, 기술은 자동화의 원동력이다. 기술의 발전으로 자동화 시스템이 더욱 정교해지고, 효율적으로 변화하면서 자동화의 개념과 역할이 확장되고 있다. 자동화의 개념을 좀 더 효율적으로 작업을 수행하도록 돕기 위한 어떤 수단의 발명으로 본다면, 자동화의 시작은 인간의 작업을 돕기 위해 도르래와 레버와 같은 간단한 기계를 발명했던 고대 시대까지 거슬러 올라간다. 하지만, 오늘날 우리가 알고 있는 자동화의 개념은 18세기 말부터 19세기 전반에 걸쳐 소비재와 경공업 중심으로 시작됐던 산업 혁명 동안 구체화되기 시작했다. 이 기간 동안 공장과 같은 산업 시설에서는 기존에 수동으로 수행되던 작업을 증기 엔진으로 구동되는 기계로 대체해 사용하기 시작했다. 직물 공장은 자동 직기를 사용해 천을 짜기 시작했고, 제조 공장에서는 상품 생산을 능률화하기 위한 조립 라인을 도입했다.

20세기 초, 프레드릭 테일러(Frederick Taylor)에 의해 개발된 「과학적 관리법(Scientific Management)」은 자동화의 개념을 더욱 발전시켰다. 테일러가 제시한 「과학적 관리법」은 작업 프로세스의 분석 및 최적화를 식별하기 위한 체계적인 방법으로 하나의 작업을 더 작고 관리하기 쉬운 세부 단위의 작업으로 나눈 다음 단계별로 비효율성을 분석하고 개선해 효율성과 생산성을 높이는 방식을 말한다. 이러한 접근법은 조립 라인 생산의 발전으로 이어졌고, 20세기 초 대량 생산의 초석이 됐다. 이후 20세기 중반에 들어서 전자 및 컴퓨터 기술의 발전이 자동화의 새로운 물결을 이끌었다. 컴퓨터로 제어되는 기계와 로봇은 제조에 사용되기 시작했고 운송, 의료 및 금융과 같은 광범위한 다른 분야의 자동화를 위한 다양한 응용프로그램이 개발되기 시작했다.

증기기관부터 컴퓨터까지 기술이 발전함에 따라 자동화 시스템의 효율성이 높아지고 적용되는 범위가 넓어졌다. 그럼에도 불구하고 자동화를 통해 우리가 할 수 있는 일은 제한적이었다. 기업은 자동화를 통해 단순 반복적이거나 정형화된 일의 효율성을 높이고 인력을 줄이는 데 주로 초점을 맞췄다.

최근 자동화는 인공지능, 빅데이터, 클라우드 등과 같은 기술 혁신으로 인해 새로운 전환기를 맞이하고 있다. 새로운 기술을 적용해 고도화된 자동화 시스템은 이전에는 불가능했던 수준의 정밀성, 효율성 및 유연성을 갖추게 됐고, 때문에 기존의 제한된 범위에서 벗어나

일상생활을 폭넓게 변화시키고 있다.

고급 센서와 기계 학습 알고리즘의 개발은 로봇과 다른 자동화된 시스템이 경험을 통해 학습하고 변화하는 조건에 적응할 수 있도록 해 환경을 보다 효과적으로 인식하고, 복잡한 의사 결정과 적응이 필요한 작업을 더 효과적으로 수행할 수 있게 만들었다. 이로 인해 고객 서비스 상호 작용, 의료 진단 및 재무 분석과 같은 광범위한 작업을 자동화할 수 있는 고급 소프트웨어가 개발됐고, 이는 품질 관리 및 제조 공정의 효율성 향상으로 이어져 생산성을 높이고 비용을 절감해 제품 및 서비스의 품질을 향상시킬 수 있게 됐다.

또한, 최근 몇 년 동안 데이터가 폭발적으로 증가함에 따라 방대한 양의 정보를 실시간으로 분석할 수 있게 돼 의사 결정 및 자동화가 개선됐다. 예를 들어 기업은 빅데이터 분석을 통해 공급망을 최적화하고, 마케팅 캠페인을 개선해 이윤을 극대화할 수 있게 됐다. 기업들은 클라우드를 통해 인공지능과 빅데이터와 같은 첨단 기술에 더 쉽고 비용 효율적으로 접근할 수 있게 됐으며, 이를 통해 소규모 기업도 자동화를 활용해 운영을 개선할 수 있게 됐다.

이러한 자동화의 혁신은 기존의 제한적 목적으로만 인식되던 자동화의 개념을 변화시켰다. 이제 기계는 단순 반복적이고 정형화된 작업을 수행할 뿐만 아니라 일부이긴 하나 좀 더 복잡한 정형화되지 않은 작업마저 처리할 수 있게 됐다. 이러한 변화와 진화는 현재 진행형이며, 가까운 미래에 완성형에 도달할지도 모른다.

자동화(Automation)의 미래와 명암

우리는 자동화를 통해 다양한 혜택을 누리고 있으며, 기술 혁신으로 자동화가 고도화될수록 우리가 누리는 자동화의 혜택이 증가하고 있다. 과거에도 그랬듯이 자동화는 생산성과 효율성 향상으로 이어져 근로자의

임금 인상과 여가 시간을 증가시킨다. 뿐만 아니라 자동화는 안전성 향상, 비용 절감, 품질 개선, 그리고 접근성 향상 등의 효과를 가져오고 더 나아가 환경적 이점까지 얻을 수 있게 만들고 있다.

하지만 자동화를 통해 얻을 수 있는 수많은 혜택에도 불구하고 기술의 발전에 의해 자동화가 고도화될 때마다 인간 노동의 필요성이 줄어들거나 사라질 수 있다는 우려가 지속돼 왔다. 기계에 의한 노동의 대체에 대한 문제제기는 산업혁명으로 거슬러 올라가는데, 이 시기에 수작업으로 진행되던 작업이 기계로 인해 광범위하게 대체되면서 대량 실업이 발생했고 이로 인해 빈곤과 사회불안이 이어질 것이라는 두려움이 팽배했다. 이러한 두려움은 19세기 초의 산업혁명이 초래할 실업의 위험에 반대해 기계를 파괴한 러다이트(Luddite) 운동에

의해 가속화됐다.

20세기 컴퓨터와 자동화 기술의 개발을 포함한 기술 혁신의 후속 물결 동안 유사한 우려가 지속해서 제기돼 왔다. 하지만 많은 경우, 신기술은 새로운 일자리 기회를 창출하고 경제 성장을 촉진했기 때문에 이러한 두려움은 해소되지 않은 채 애써 무시돼 왔다. 전반적으로 기계에 의한 노동력 대체에 대한 우려는 새로운 것이 아니지만, 역사는 기술 발전이 인간 노동의 대체와 새로운 기회를 모두 가져올 수 있으며 자동화의 영향은 복잡하고 다면적이라는 것을 보여줬다.

도달할 수 있는 자동화 수준은 기술이 발전함에 따라 끊임없이 진화하고 있다. 현재 우리가 경험하고 있는 자동화 시스템의 수준은 불과 몇 년 전까지만 하더라도 현실 불가능한 이론적인 영역 속의 상상에 불과했다. 자동화는 어디까지 발전하게 될까? 자동화가 어디까지 진행될지 정확하게 예측하기는 어렵지만, 이론적으로 거의 모든 작업이 일정 수준 이상으로 자동화될 수 있다. 인공지능과 기계 학습의 발전으로 컴퓨터는 한때 인간의 전유물이었던 복잡한 작업을 수행할 수 있게 됐다. 예를 들어 자율 주행 자동차는 점점 더 보편화되고 있으며, 미래에는 사람의 개입이 전혀 없이 복잡한 도시 환경을 탐색할 수 있을지도 모른다. 제조 산업에서 완전히 자율적인 공장은 언젠가 로봇과 기계가 사람의 도움 없이 생산의 모든



측면을 수행할 수 있는 현실이 될 수도 있다.

기술 혁신에 의해 자동화가 빠르게 고도화될수록 기계는 좀 더 복잡하고 창의적인 일까지 수행할 수 있게 된다. 단순 반복적인 작업을 자동으로 수행하는 것에서 더 나아가 충분히 많이 복잡하고 어려운 일들을 기계가 스스로 매우 작은 예측 가능한 단위로 쪼개서 작업을 재정의 혹은 재분배하는 것을 가능케 만들고, 중국에는 아무리 복잡한 일이라도 기계가 스스로 수행하는 상황이 펼쳐지고 있는 것이다. 즉 인간은 기계와의 경쟁에서 탈락할 수 있는 그런 경계선에 서 있다.

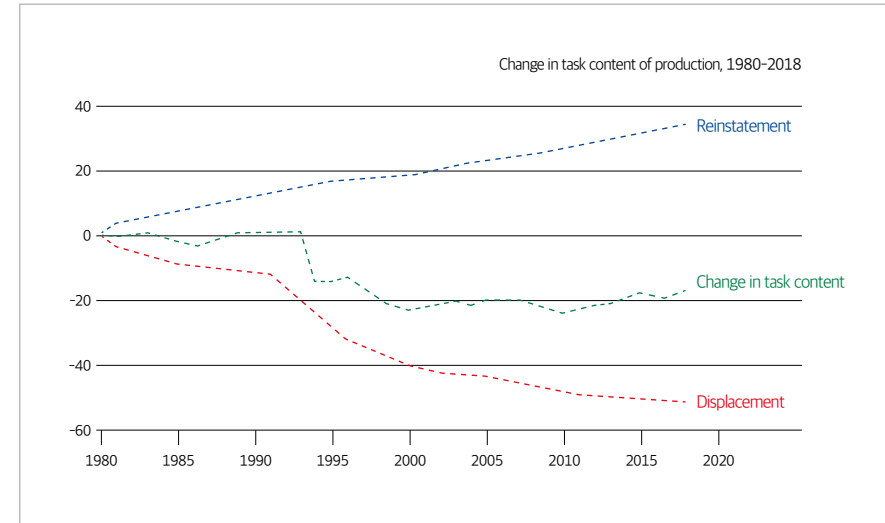
자동화의 발전에 대한 정확한 궤적과 가까운 미래에 인간 노동에 미치는 영향을 예측하기는 어렵지만, 이것이 매우 중요한 주제이며 앞으로도 많은 연구와 논의의 주제가 되리라는 것은 명확하다. 기계에 의한 인간 노동의 대체라는 주제는 경제학, 공학, 사회학, 심리학을 포함한 다양한 분야에서 연구돼 왔다. 이 주제는 최근 몇 년 동안 기술과 자동화의 발전으로 인해 특히 주목받았고, 이로 인해 자동화가 고용과 불평등에 미치는 영향에 대한 우려가 제기됐다. 이에 관한 연구의 주요 영역 중 하나는 자동화 및 노동 시장에 대한 것인데, 주로 자동화가 일자리 이동과 다양한 유형의 노동에 대한 수요 변화에 기여한 정도를 연구했다. 일부 연구에서는 자동화가 특정 산업 및 직업에서 일자리 감소를 초래했다고 제안하는 반면, 다른 연구에서는 자동화가 새로운 일자리 기회를 창출하고 생산성 및 경제 성장을 높일 수 있다는 사실을 발견했다.

[표 1] 노동수요 변화 요인 분해 결과(1980~2018)

년도	노동수요	생산성 효과	구성효과	대체효과	생산 과업 내용 변화
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1985	39.08	39.73	-0.65	2.27	-3.34
1990	99.98	90.48	5.43	5.24	-2.08
1995	138.21	132.98	5.99	8.26	-18.37
2000	143.75	148.27	3.52	8.85	-28.66
2005	167.84	166.86	5.90	9.49	-25.52
2010	178.72	180.60	6.80	9.32	-29.94
2015	196.22	191.72	6.10	10.40	-24.50
2018	205.68	199.95	5.50	11.18	-23.92

주: 모든 값은 기준년 1980년을 기준으로 변화량의 누적 합산을 나타냄

[그림 1] 생산 내 작업 내용 변화 (1980~2018)



우리의 현실

자동화를 통해 누릴 수 있는 혜택과 동시에 맞닥뜨려야 할 충격은 우리가 처한 상황에 따라 다르다. 다시 말하면 우리가 처한 환경, 즉 각 나라의 주력 산업, 문화, 기술의 수용성 등 다양한 요인에 따라 자동화의 영향이 다르게 나타날 수 있다. 우리나라는 제조업 중심의 산업 구조를 통해 발전했기 때문에 자동화 시스템의 영향을 많이 받아왔고, 신기술에 대한 정부와 민간의 적극적인 투자와 가파른 국가 성장 속도는 신기술에 대한 수용성이 얼마나 높은지를 보여준다. 반면 노동시장의 경직된 문화는 근로자의 신기술에 대한 적응도를 낮추는 역할을 하기도 했다.

더 면밀하게 자동화가 우리나라 노동시장에 미친 영향을 살펴보기 위해 1980년 이후 우리나라 노동수요의 변화를 Acemoglu and Restrepo(2019)에서 제시한 업무 중심 프레임워크(Task-Based Framework)¹를 차용해 분석했다(이학기 외, 2021). 분석 결과, 우리나라 노동시장에서 1980년부터 2018년까지 임금이 연간 5.4%씩 증가했으며 이는 대부분 생산성 효과(5.3%)로 설명된다. 흥미로운 점은 1990년대 초반까지 생산의 작업

¹ Acemoglu and Restrepo(2019)는 자동화가 고용에 미치는 영향이 자본과 노동 자원분배를 통해 '업무(task)'의 변화를 야기함으로써 간접적으로 영향을 주는 것에 착안해 'Task-Based Framework'를 제시하고, 경제 전반에 걸친 노동수요의 변화를 생산성, 구성 및 대체효과, 생산 작업 내용의 변화로 분해했다

내용 변화는 거의 없이 일정하게 유지되다가(연간 0.08%) 1990년대 중반부터 크게 부정적으로 이동(연간 -0.15%)해 노동수요를 생산성에서 분리하는 효과를 만들었다는 것이다. 즉 이 기간 동안 생산 업무 내용의 부정적인 변화로 인해 노동수요가 소폭 감소했다는 것을 알 수 있다. 다만 이러한 감소분은 구성효과와 대체효과를 함께 고려한 순효과에 의해 상쇄됐다.²



1980년과 2018년 사이에 생산의 과업 내용의 전반적인 변화를 좀 더 살펴보면, 이런 변화는 상당한 노동의 이동과 회복으로 설명된다는 것을 알 수 있다. 1990년대 중반 이후 생산의 과업 내용의 변화는 1990년대 초반까지의 패턴과 비교해 상당히 다른 모습을 보여주는데, 이전과 비교해 작업 내용의 변화는 노동을 회복시키는 효과를 가져오는 기술 도입의 가속과 노동을 이주시키는 대체효과에 의해 주도됐다. 1990년대 국내 ICT 산업의 기반이 구축되기 시작했고, 이 기간 이후 경제에서 ICT 산업의 비중이 점차 높아지면서 전산업으로 ICT 기술이 확산되기 시작했다. 즉 이 기간 이후 기술혁신에 의한 자동화가 이뤄지기 시작하면서 생산 내 작업 내용에 큰 변화가 생기기 시작했다고 판단된다.

분석결과를 요약하면, 우리나라에서는 자동화의 생산성 제고 효과가 매우 높아서 1980년 이후 노동수요의 증가를 견인했고, 자동화의 수준이 점차 높아짐에 따라 생산 내 작업 내용의 변화가 음의 방향으로 움직여 노동수요를 감소시켰다. 이는 자동화를 통한 대체효과가 새로운 과업의 도입으로 인한 노동의 회복효과를 구축하기 때문에 발생한다. 특히 주목할만한 점은 노동수요의 감소가 자동화의 가속화와 새로운 작업 생성의 감속으로 설명된다는 것이다. 1980년 이후 노동수요는 아직까지 심하게 감소하지는 않고 있으나, 인공지능의 도입과 같은 자동화를 촉진하고 고도화하는 기술의 급속한 발전은 향후 노동수요의 급격한 감소를 야기할 수 있다.

² 생산성 효과는 자동화로 인해 생산성이 증가하면서 노동수요가 증가하는 효과이며, 구성효과는 산업의 구조변화로 인한 노동수요의 변화, 대체효과는 자동화에 따라 기존 노동 투입이 대체되는 것을 말한다

결론

기계와 로봇은 점점 더 정교해지고 다재다능해지고 있으며, 인공지능과 기계 학습의 발전은 그들이 이전에 인간의 독점적인 영역이라고 생각했던 작업을 수행할 수 있게 해주고 있다. 최근에는 이전까지 사람의 섬세한 손길이 필요해 자동화가 힘들다고 하던 창의성, 공감 및 사회적 상호 작용이 필요한 작업들마저 조금씩 자동화가 이뤄지는 모습을 볼 수 있다.

기술 발전에 따른 자동화는 생산성과 효율성을 높이는 측면에서 피할 수 없는 현상이며 다양한 측면에서 우리 삶을 더욱 윤택하게 만들어 준다. 하지만 동시에 인간의 일자리를 잠식해 나가고 있다. 점점 더 고도화되는 자동화로 인해 인간의 노동력은 그 자리를 잃게 되는 것일까? 이러한 문제에 대응하기 위해 무엇을 준비해야 하는 것일까?

자동화로 불거지는 문제에 대응하기 위해 개인, 기업 및 정부는 인력의 재숙련 및 기술 향상에 대한 사전 예방적 접근 방식을 취해야 한다. 이는 자동화로 인해 발생할 새로운 일자리에 대비하는 교육 및 훈련 프로그램에 투자하고 자동화로 인해 대체 가능성이 높은 일자리의 근로자를 지원하는 것을 의미한다. 또한 자동화의 이점이 사회적으로 형평성 있게 분배될 수 있도록 정책과 규정을 마련해야 한다. 여기에는 보편적인 기본 소득, 주당 근로 시간 단축 또는 자동화로 인해 일자리가 대체된 근로자에 대한 다른 형태의 사회 복지 지원과 같은 조치가 포함될 수 있다.

점점 더 완전해지는 자동화의 전망으로 인해 인간 노동의 암울한 미래에 대한 우려가 제기될 수도 있지만, 자동화를 통해 얻을 수 있는 혜택 또한 증가할 수 있다. 따라서 기술적 진보가 노동자 및 사회 전체의 필요, 복지와 균형을 이루는 미래를 만들기 위해 장기적인 관점에서 이 문제에 접근하는 것이 중요하다. 인간의 일자리가 사라지는 것만을 걱정할 것이 아니라, 새로운 기회를 창출하고 생산성을 향상시키기 위해 어떻게 기계와 협력할 것인가에 초점을 맞춰야 한다. 이를 위해서는 사고방식의 변화와 노동자들이 새로운 경제에 대비할 수 있도록 준비하는 교육 및 훈련 프로그램에 대한 투자가 필요하다. 기계와 협력함으로써 인간은 창의성, 공감, 그리고 비판적인 사고 능력을 활용해 복잡한 문제를 해결하고 새로운 가치를 창출할 수 있다. 인공지능의 발전이 일부 인간의 일자리를 파괴할 수도 있지만, 그들은 또한 새로운 기회를 창출하고 생산성을 향상시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다는 점을 명시해야 한다. 일자리가 사라지는 것을 걱정하기보다는 기계와 협업하고 인간과 인공지능의 장점을 모두 활용해 더 나은 미래를 만드는 방안을 모색하는 것이 필요한 시점이다.

