

제4차 산업혁명과 미래의 혁신 : 개념 및 비전

2017. 8. 11.(금)

이장재

□ 제4차 산업혁명 개념 정의와 비전 (한국기술혁신학회 관점)

□ 산업혁명(Industrial Revolution)의 개념과 전개

- 산업혁명(Industrial Revolution)이란 과학과 기술의 혁신과 이로 인해 일어난 사회, 경제 등의 큰 변화를 가리킴(위키백과).
 - 산업혁명(Industrial Revolution)은 1844년 Engels가 최초로 붙인 이름으로 Bernal에 따르면, 산업혁명은 제조업 분야에서의 생산성의 혁명적 증가로 특징지워짐(Bernal, 1954).
 - Friedrich Engels(1844), Condition of the Working Class in England, p. 4
 - Arnold J. Toynbee(1884)는 ‘영국의 18세기 산업혁명에 관한 강의(Lectures on the Industrial Revolution of the Eighteenth Century in England)’를 통해 산업혁명에 대한 논의를 구체화함.
- 18세기 산업혁명(제1차)의 결정적 전환은 산업과 과학기술이 결합된 새로운 생산수단과 함께 과학기술 및 경제적 변화가 함께 이루어진 것임.
 - 이러한 결과로 1760년경에 영국에서는 산업혁명이라는 경제 및 기술적 사건이 발생함.
 - 1790년경 프랑스에서는 프랑스 혁명이라는 정치적 사건으로 발전하게 됨.
- 인류 역사 변화의 중심에는 새로운 과학기술의 등장과 기술혁신이 있었고, 그 결과가 기술적 변화에 그치지 않고 전 세계의 사회 및 경제구조에 큰 변화를 일으키는 현상이 산업혁명이라 할 수 있음.
 - 산업혁명은 역사적 관점에서 보면 짧은 기간 동안 발생하였으나, 영향력은 개인 일상생활에서부터 전 세계의 기술, 산업, 경제 및 사회구조를 뒤바꾸어 놓을 만큼 거대함.
 - 산업혁명기에 과학기술은 사회사상에도 영향을 미쳐 계몽사상의 토대가 됨.
 - 사상에 대한 반작용은 자연법칙에 따른 사회 건설이라는 뉴턴적인 자유주의 사상의 득세와 훗날 다윈의 진화론이라는 과학과 과학적 사상이 득세할 수 있는 계기를 마련하였음.

영국에서는 18세기 후반에 그동안 침체되었던 과학의 부활이 이루어져, 과학은 워링턴(Warrington), 다벤트리(Daventry) 등의 비국교파 아카데미에서 자리를 잡았고, 루나협회(Lunar Society)와 같은 공장주층과 과학자층 그리고 새로운 직업적 엔지니어층이 교제하는 장이 마련되기도 하였다. 또한 영국에서는 1799년에 왕립연구소가 설립되어 과학적 능력을 가진 기능인의 양성에 노력하기도 하였다.

프랑스의 경우는 산업혁명의 여파가 시대에 뒤떨어진 정치적, 사회적 제도 때문에 저지되고 있었고, 이러한 상황은 진보적인 인물들의 노력에 의해 묵은 제도를 제거하는 프랑스 혁명을 가져오는 결과를 낳았다. 이와 같이 과학은 사상에도 영향을 미쳤는데 과학의 추구, 박애주의, 그리고 급진적 정치사상을 상호결합한 18세기말의 계몽주의적 사상운동이 바로 그것이었다.

즉, 과학은 사상 면에서 프랑스혁명을 이끈 볼테르와 루소의 계몽철학 사상의 기반이 되었는데 이는 뉴턴과 로크의 유산인 동시에 인간의 자유로운 완성을 향한 신념의 결실이었다. 그러나 이러한 사상은 격렬한 산업혁명에 대한 부정적 경험과 자유, 평등, 박애에 대해 거부감을 가진 기득권 세력인 상류사회세력의 저항을 맞이하게 되었고, 이러한 요소는 새로운 과학 및 과학적 사상의 출현을 예고하였다.

한편, 독일, 러시아, 이탈리아 등에서는 과학을 기예와 제조공업을 개선하기 위해 의식적으로 이용하는 것을 목표로 하는 운동이 신흥 부르조아 계층 사이에서 발생되기도 하였다. 이와 같이 산업혁명기의 과학은 이전 세기와는 달리 생산성의 성취와 결부되었고, 일부는 혁명적인 색채를 띠고 있었다는 점이 주요한 특징이었다. (이장재, 1995, 과학과 사회의 상호영향에 관한 탐색적 고찰)

○ 산업혁명의 구분

- 제1차 산업혁명(1760-1830)은 18세기 증기기관의 발명으로 영국의 섬유공업이 발전함과 동시에 석탄 기반의 철도 인프라가 세계적으로 확산되어 사회경제적 변혁이 이루어진 시기.
- 제2차 산업혁명(1865-1900)은 전기에너지 활용 및 작업의 표준화를 통해 기업-기업 및 국가-국가 간 노동부문의 연결성 강화와 대량생산 산업 구조의 세계적인 전개가 이루어진 시기
- 제3차 산업혁명(20세기 중반-20세기 후반)은 컴퓨터와 인터넷으로 지식 정보혁명이 촉발되어 정교한 자동화가 진행되었고, 사람, 환경, 기계를 아우르는 연

결성을 강화하는 흐름과 제조업의 디지털화가 촉진된 시기

- 제4차 산업혁명(21세기 초-)은 초연결, 초지능이 부각되는 새롭고 다양한 방식의 물리계, 디지털계, 바이오계 기술의 융합(cyber-physical systems) 현상과 이로 인한 사회경제적 변혁의 시기.

<표 1> 1-4차 산업혁명의 주요내용 비교

구분	주요 내용
제1차 산업혁명 (1760-1830)	<ul style="list-style-type: none"> -18세기 증기기관의 발명으로 영국의 섬유공업이 발전함과 동시에 석탄 기반의 철도 인프라가 세계적으로 확산 -1784년 영국의 HenryCort가 교반법(PuddlingProcess;액체상태의 철을 쇠막대기로 저어 탄소와 불순물 제거 공법)을 수행하는 기계를 발명한 것이 자동화의 시초로 여겨짐 -석탄과 석유 같은 고에너지 연료의 사용을 통해 증기기관 및 증기기관차의 시대가 시작 -기계 발명을 통한 초기 자동화 도입과 다리, 항만 등을 통한 국내의 연결성 촉진
제2차 산업혁명 (1865-1900)	<ul style="list-style-type: none"> -전기에너지 활용 및 작업의 표준화를 통해 기업-기업 및 국가-국가 간 노동부문의 연결성 강화와 대량생산 산업 구조의 세계적인 전개 -품질기준, 운송방법, 작업방식 등의 표준화는 국소적인 기능의 자동화를 기업 수준에서 국가 수준으로 확대되었고 이로써 대량생산이 실현 -자동화를 통한 대량생산은 노동부문에서의 효율적이고 생산적인 연결성을 촉진
제3차 산업혁명 (20세기 중반-20세기 후반)	<ul style="list-style-type: none"> -컴퓨터와 인터넷으로 지식정보혁명이 촉발되어 정교한 자동화가 진행되었고 사람, 환경 기계를 아우르는 연결성이 강화 -1969년 인터넷의 전신인 알파넷이 개발되어 디지털 및 정보통신기술시대의 서막을 엮 - 디지털 기술의 발전은 2년에 트랜지스터 집적용량이 2배 증가하는 무어의 법칙 (Moore'slaw)을 실현 -디지털 시대의 향상된 계산능력은 보다 정교한 자동화를 가능하게 하고, 사람과 사람, 사람과 자연, 사람과 기계간의 연결성을 증가시킴
제4차 산업혁명 (21세기 초-)	<ul style="list-style-type: none"> -4차 산업혁명은 자동화와 연결성이 극대화되는 변화를 의미 -극단적인 자동화는 자동화할 수 있는 작업의 폭을 크게 넓혀, 저급 및 중급 수준의 기술에 모두 적용됨 -인공지능(AI)이 적용된 자동화의 최전선에서는 언어와 이미지를 포함하는 빅데이터 분석 및 처리를 통해 인간만이 수행 가능하다고 여겨졌던 업무 중 상당부분을 로봇으로 대체할 것으로 전망 -극단적 자동화를 통해 저급 및 중급 기술자들의 업무를 로봇이 대체할 경우 부의 분배가 악화될 것으로 예상 -국제적이면서도 즉각적인 연결을 통하여 새로운 사업모델이 창출됨(공유경제, 언디멘드 경제 등)

참고: UBS white paper 및 과학기술정책연구원, (주)테크노베이션파트너스 재구성을 일부 수정

□ 제4차 산업혁명(Industrial Revolution)의 개념과 정의

○ 협의와 광의의 개념 정의로 구분

- 협의: “인간과 사물을 둘러싼 모든 세계가 서로 연결되어 작동(초연결화)하는 동시에, 현상을 스스로 인지·분석하여 대응(초지능화)할 수 있게 하는 새로운 기술과 생산방식 및 이러한 현상이 초래하는 포괄적 변화 “

* 여기서 ‘사물’이란 자연이 만들거나 인간이 인공적으로 만들어낸 모든 물건과 서비스를 포함함

* ‘모든 세계’란 현실공간(real space)과 함께 가상공간(virtual space)을 포함함

* ‘서로 연결·작동’된다는 것은 모든 세계가 디지털 기술을 매개로 하여 현실적 혹은 가상적으로 연계되어 움직이는 것을 의미함

* ‘새로운 기술 “이란 새로운 인터페이스 기술(구글글래스를 포함하여 새로운 아이웨어, 헤드셋 등), 웨어러블 인터넷, 유비쿼더스 컴퓨팅, 주머니 속 슈퍼컴퓨터, 사물인터넷, 커넥티드 홈, 스마트 도시, 빅 데이터와 사용기술, 자율주행자동차, 인공지능, 로봇공학, 비트코인과 블록체인, 3D 프린팅, 새로운 신경기술 등이 있음(참고: 클라우스 슈밥, 2016)

- 참고(제4차 산업혁명 정의):

* “물리계, 디지털계, 바이오계 기술의 다양한 융합(cyber-physical systems) 현상” (WEF, 2016)

* “인간·만물·가상공간이 디지털로 상호 연결된 상황에서 스스로 현상을 인지·분석하고 대응하는 디지털 시스템이 초래하는 포괄적인 변화” (정준화, 국회입법조사처, 2017)

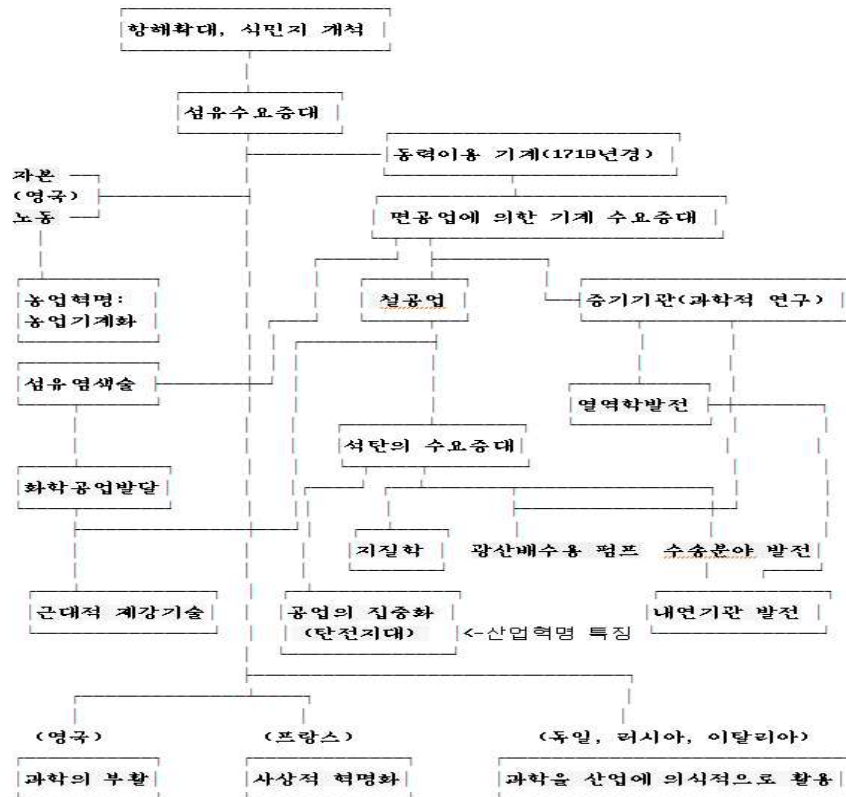
- 광의: “인간과 사물을 둘러싼 모든 세계의 초연결화와 초지능화를 가져온 기술과 생산방식이 초래한 포괄적 변화와 이로 인해 발생하는 경제, 사회, 정치, 문화 시스템에서 나타나는 광범위한 변화”

즉, “인간과 사물을 둘러싼 모든 세계가 초연결화와 초지능화 되는 새로운 기술혁신 패러다임으로 인해 발생하는 광범위한 사회, 경제, 정치, 문화적 변화” 를 가리킴

- * 사회시스템에서 나타나는 광범위한 변화로는 일자리와 고용의 변화, 새로운 교육 필요성, 국가와 기업의 경영방식의 변화 등을 포함
- * 경제시스템에서 나타나는 변화로는 uber, air B&B 등 온디맨드(on-demand) 경제와 인공지능(AD)을 도입하는 사이버-물리적 시스템 형태의 생산방식의 변화 등이 포함
- * 정치시스템에서 나타나는 변화로는 대의적 민주주의에서 SNS 등을 활용하는 새로운 형태의 직접 참여 민주주의의 대두, Block chain 등 기술에 의한 국가와 조직 등에서의 새로운 거버넌스 출현 등이 포함
- * 문화시스템에서의 변화로는 초연결화로 인한 디지털 정체성(투명성, 상호연결성, 정보의 교류, 사생활, 신원도용, 온라인 스토킹, 정보 양극화 등), 노동의 본질, 사회적 협력방식, 소비패턴, 여가 활용, 사회적 관계, 사회적 윤리와 도덕성 등에서 나타나는 변화를 포함함

○ 제4차 산업혁명에 대한 분석틀 제안

<그림 1> 제1차 산업혁명기의 과학기술과 생산수단, 사회의 상호작용



출처: 이장재(1995)

- <그림 1>과 같이 산업혁명기에 나타나는 과학기술과 생산수단, 그리고 사회 간의 상호작용에 대한 인과관계와 영향을 고려하는 분석틀을 제안함.
- 제4차 산업혁명의 주된 출현동기와 글로벌 국가환경, 관련 과학기술, 그리고 생산수단과 국가별 사회적 영향과 변화를 흐름에 따라 분석
- 이러한 접근법을 사용하는 경우 제4차 산업혁명의 모습이 보다 구체화되고 우선적으로 생산수단의 변화와 이로 인해 나타나는 현상 분석과 인과관계 그리고 사회, 경제, 정치, 문명 등 맥락의 변화와 국가별 변혁의 차이 등에 대한 분석이 가능할 것임.

□ 제4차 산업혁명과 미래비전

- <그림 1>과 같은 흐름을 통해 대한민국의 미래 비전을 도출할 수 있을 것임.
 - 제안하고자 하는 비전의 keyword는 “인간 중심의 초연결, 초지능사회” 즉, HUMAN 4.0을 우선적으로 제안하고자 함.
 - 초연결, 초지능 사회의 전개로 인해 상실될 수 있는 인간 중심의 사고, 즉 인본주의를 미래 비전으로 제시.
 - HUMAN 1.0, 2.0, 3.0, 4.0에 대한 구체적 개념화 필요

□ 향후 학회의 연구진행 방향 제안

- 가능하면 각 장과 절을 독립적인 내용이 가능하도록 구성하여 Omnibus 구성방식의 책자를 발간하는 것을 제안함
- 각 장 혹은 절이 독립성을 가질 수 있는 범위로 구분하여 구성하고 전체 책자는 연계성을 가지되 독자적 장과 절의 경우도 하나의 완성된 구성을 갖추는 것이 바람직 할 것임.