

4차 산업혁명의 쟁점과 과제

2017.9.6.

산업연구원
장윤종



목 차

- I 개관
- II 이론적 측면의 쟁점과 평가
- III 현실에서의 쟁점과 평가
- IV 정책적 측면의 쟁점과 과제

VII

- 4차 산업혁명을 둘러싼 쟁점은 이론, 현실, 정책 3개 측면에서 모두 제기됨
- 이론쟁점은 실체성, 개념, 일자리 효과가 핫 이슈
- 현실쟁점은 신기술 경합성, 기술종속, 한중일 경쟁이 핵심
- 정책쟁점은 한국형 전략 찾기가 중심

4차 산업혁명을 둘러싼 쟁점의 그룹 분류



II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

(1) 4차 산업혁명의 개념 관련 문제

- ① 4차 산업혁명의 존재 여부에 대한 논란 : 실체성 문제
- ② 4차 산업혁명의 혁명성/단절성 여부와 차수 문제
- ③ 4차 산업혁명 개념에 대한 담론의 백가쟁명



II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

R. Gordon의 4차 산업혁명 부정론

“AI가 이끌 4차산업혁명? 그런 건 없다”

[중앙일보] 입력 2017.07.26 01:00 [종합 24면](#) [저녁보기](#)

김현영 기자



The death of innovation, the end of growth



Q 4차산업혁명에 대해 회의적인 이유는?

“낙관론자들은 우리가 모든 것을 바꿔 놓을 4차산업혁명 시대로 접어들고 있다고 생각한다. 나는 로봇이나 인공지능(AI)의 점증하는 역할과 잠재력에 대한 그들의 생각을 진심으로 존중한다. 하지만 변화는 매우 느리게 일어나고 있다. 이미 오래전부터 지속돼 온 생산성 성장의 이행(移行) 과정을 뛰어넘는 새로운 추세도 없다. 소위 4차산업혁명은 3차산업혁명의 연속에 불과하다. 4차산업혁명의 양대 요소로 지목되는 것은 로봇과 인공지능(AI)이다. 산업 로봇은 1961년에 등장했다. AI도 오래전에 자리잡았다. 우리는 컴퓨터로 호텔 방을 예약한다. 컴퓨터가 인간 여행사 직원을 대체 한 것은 10~20년 전이다. 우리가 이미 경험한 것이 계속되고 있을 뿐 4차산업혁명이라는 이름에 걸맞은 변화는 없다.”

II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

● 현재 진행되는 변화는 왜 4차 산업혁명인가?

▶ 산업혁명의 유형 분류(typology)

- 과거와의 단절로서의 산업혁명(original 산업혁명)
- 산업혁명의 완성단계 실현으로서의 산업혁명(질적 고도화 혁명)

▶ 1차, 2차 산업혁명

- 1차 산업혁명은 육체노동의 대체수단인 기계를 발명하여 과거와 단절 시작,
2차 산업혁명은 대량생산 시스템을 통해 기계화 완성

▶ 3차, 4차 산업혁명

- 3차 산업혁명은 정신노동 대체수단이 컴퓨터를 발명하여 과거와 단절 시작,
4차 산업혁명은 데이터 기반 인공지능 학습을 통해 기계 지능화 완성

	original 산업혁명	질적 고도화 혁명
기계화	1차 산업혁명 [기계화]	2차 산업혁명 [대량생산]
지능화	3차 산업혁명 [디지털화]	4차 산업혁명 [맞춤형 최적화]

II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

에너지 패러다임의 근본적 변화

집중 단방향 → 분산 양방향 시스템으로 Paradigm Shift

- ICBM + AI 기반 최적 에너지관리시스템(EMS) 실현 : 재생에너지, 에너지 저장장치(ESS), 스마트/마이크로 그리드, 전기차, Prosumer 등

TODAY: One-Way Power System



EMERGING: The Energy Cloud



자료: Navigant, The Energy Cloud: Emerging Opportunities on the Decentralized Grid, 2015.

II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

● 제조업의 서비스화 : Servitization, MaaS(Manufacturing as a Service)

많은 소비자들이 자동차나 핸드백, 신발 등을 구입할 때 개인화되고 맞춤형된 독특한 제품에 관심을 갖게 된다. 맞춤화를 보다 손쉽게 해주는 기술로 무장한 공장들은 MaaS(서비스로서의 제조; Manufacturing as a Service)라는 개념을 기반으로 스스로를 포지셔닝하고 있다.

설계자와 기업에 맞춤형 제품을 제공하는 공장



MaaS가 발전하면서 제조업체들이 제품 그 자체를 판매하기 보다 제품의 기능을 판매하기 시작할 것이라고 그는 내다봤다. 예를 들어 Rolls-Royce는 엔진 그 자체를 판매하기 보다는 산업용 IoT를 이용해 엔진이 작동하는 시간을 측정해 비용을 부과하고 있다. MaaS가 확산되면서 사용량에 따라 비용을 지불하는(pay-as-you-go)서비스가 널리 이용될 것이다.

자료: <https://compassmag.3ds.com/kr/7/Industry/MaaS-Manufacturing-as-a-Service>

II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

[2] 4차 산업혁명 신기술들의 상호 연관성 문제

□ 상호 관련성, 체계적 발전 여부

- 상호 관련 없는 신기술들이 병렬적으로 발전하는 것인지, 아니면 무슨 논리적 연관성을 갖고 있는 것인지 의문
- 나노기술은 왜 포함되는가? 판단의 자의성 문제는 없는가?

4차 산업혁명 대표적 기술(예시)

- | | |
|----------|--------------|
| · 인공지능 | · 나노기술 |
| · 로봇틱스 | · 바이오기술 |
| · 사물인터넷 | · 재료과학 |
| · 자율주행차 | · 에너지저장 |
| · 3D 프린팅 | · 양자컴퓨팅 |
| · 빅데이터 | · 적층 제조 |
| · 클라우드 | · 가상/증강/혼합현실 |
| · 사이버 보안 | · 블록체인 |

II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

● 기반기술 + 보완기술 : 상생관계, 혁신클러스터 구축

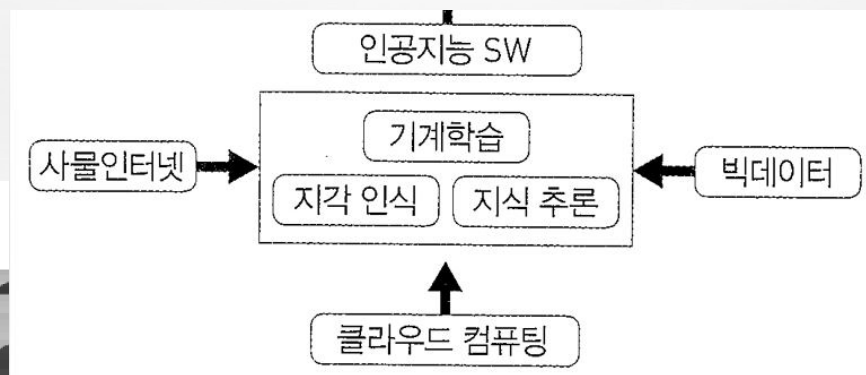
보완기술



기반기술

- 디지털: 가상/증강현실, 블록체인 등
- 바이오: 합성생물학, 뇌과학/신경기술 등
- 물 리: 자율주행차, 로봇, 3D 프린터, 드론, 나노소재 등
- 에너지: 신재생에너지, 스마트그리드 등

- ICBM (사물인터넷 + 클라우드 + 빅데이터 + 모바일) + AI (인공지능)
→ CPS (cyber-physical system) 패러다임 확립



II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

● 일본의 기반기술 + 보완기술 → 업종별 혁신 사례

기술		관련 데이터		혁신적인 제품·서비스	
공통기반기술 [인공지능, IoT, 로봇]	✕ 운전제어기술	✕	사고데이터, 카메라정보데이터	=	무인자동주행에 의한 이동 서비스 무인자동주행차 등
	✕ 생산관리기술	✕	사고· 히야리हतो데이터	=	이상·전조 조기탐지 등을 통한 안전성· 생산성 향상, 보험·등급산정 고도화 등
	✕ 바이오인포매틱스	✕	생물데이터	=	신약개발, 기능성 식품, 첨단재료제조 바이오에너지 등
	게놈편집				
	✕ 의약품개발기술 개호관련기술	✕	건강의료데이터 개호데이터	=	맞춤형 의약품 자립을 목표로 한 개호케어플랜 등
	✕ 에너지수요 설비제어기술	✕	고객데이터	=	맞춤형 에너지 (Energy Demand Response), 모니터링 서비스 등
	✕ 금융기술	✕	구매·상품유통데이터, 금융시장데이터	=	거래·결제데이터에 기반한 여신, 자산 운용 어드바이스 서비스 고도화 등

※ 히야리हत토: 자칫 대형사고로 이어질 뻔한 실수를 가리키는 제조업 용어. Near miss, 아차사고와 유사한 용어.

[3] 4차 산업혁명의 경제/사회적 특징과 일자리 영향

- ① **현 경제/사회와 무엇이 달라지는가? utopia vs. dystopia**
 - 4차 산업혁명의 분야/산업별 영향력 평가
- ② **기술결정론의 문제 : 현 사회가 반대하면 흐름을 막을 수 있나? 전부 반대하는 것이 가능한가?**
- ③ **일자리 공포 : 일자리는 증가하는가, 감소하는가?**
 - 어느 직무/직종/산업에서 감소하고 어디에서 증가하는가?
 - 일자리의 성격은 어떻게 변화하는가?

II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

● 4차 산업혁명 경제적 효과

(1) 낭비 제거

- 유희자원 → 플랫폼 모델로 100% 활용 가능
[현행] 우버, 에어비앤비
[향후] 고가의류, 기계장비, 자율주행차 대여업 등 [소유→활용, 제품→서비스]
- 운영 비효율 제거: 부분 효율화에서 시스템 최적화로 전환
스마트 시티, 스마트 value chain, 스마트 행정 등

(2) 인간한계 극복

- 획일화 한계 극복 → personalization, 주문생산, 정밀의료, 맞춤형 교육 등
- 무지의 한계 극복 → 예지정비, 예방의학 등
- 인간능력 초월분야 창출 → 자율주행차, AI 비서, 우주산업 등

(3) 기술혁신 가속화

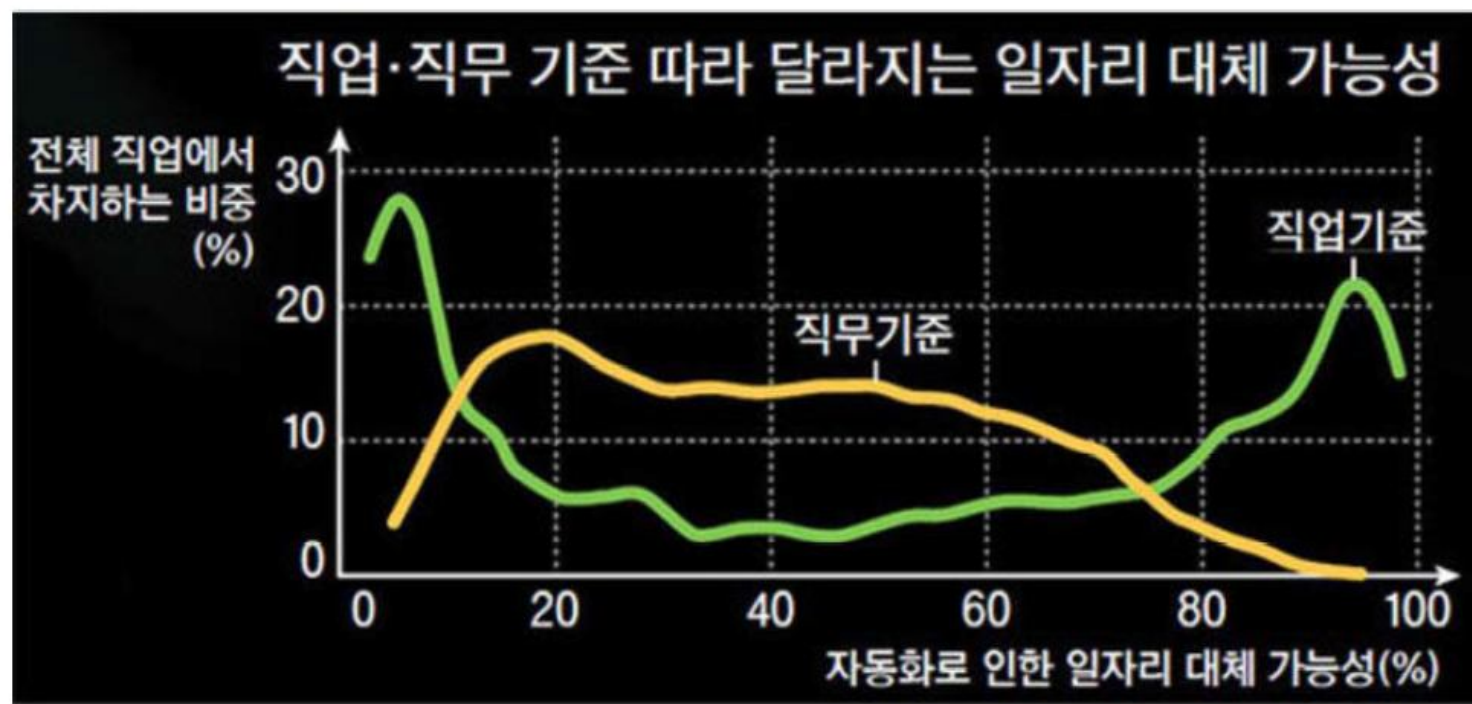
- 디지털 → 기하급수적(exponential) 성장
- Data-driven Innovation
- 바이오 분야 신속한 임상실험, 집단지성 활용 증진

II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

● 기존 일자리 감소 분석 결과, OECD

▶ Occupation → Task 기준으로 전환

- Frey & Osborne(2013)은 직업 기준으로 50% 대체 가능성을 제시했으나 OECD(2015)는 직무 기준으로 5% 미만 대체 전망



자료: Arntz, M., T. Gregory and U. Zierahn (2016), "The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries, OECD, 2016.

II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

● 기존 일자리 감소 특징 (예상)

▶ 수공업적 지식생산 활동 → data 기반 기계화/자동화

- 현재 routine activities의 대체에 초점을 맞추고 있으나, 지식창출 활동 전반으로 빠르게 확산 예상
- 현재 의료, 복지, 교육, 연구, 사무직 등 지식역량 확보에 엄청난 자원을 투입하고 있으나, 이들의 직업 중 창의적 인재를 제외하고는 대체 가능

▶ 지식활동의 상당부분은 경쟁시장이 아니므로 재편 속도는 국가마다 큰 차이 예상

● 새로운 일자리 전망

▶ 인공지능, IoT 등 신기술산업과 우주산업 등 data 기반 신산업

▶ Makers 등 개인 중심, community 기반 일자리 창출

face a very different set of issues: from “how to make the best use of scarce resources” to “how to redistribute abundance”.

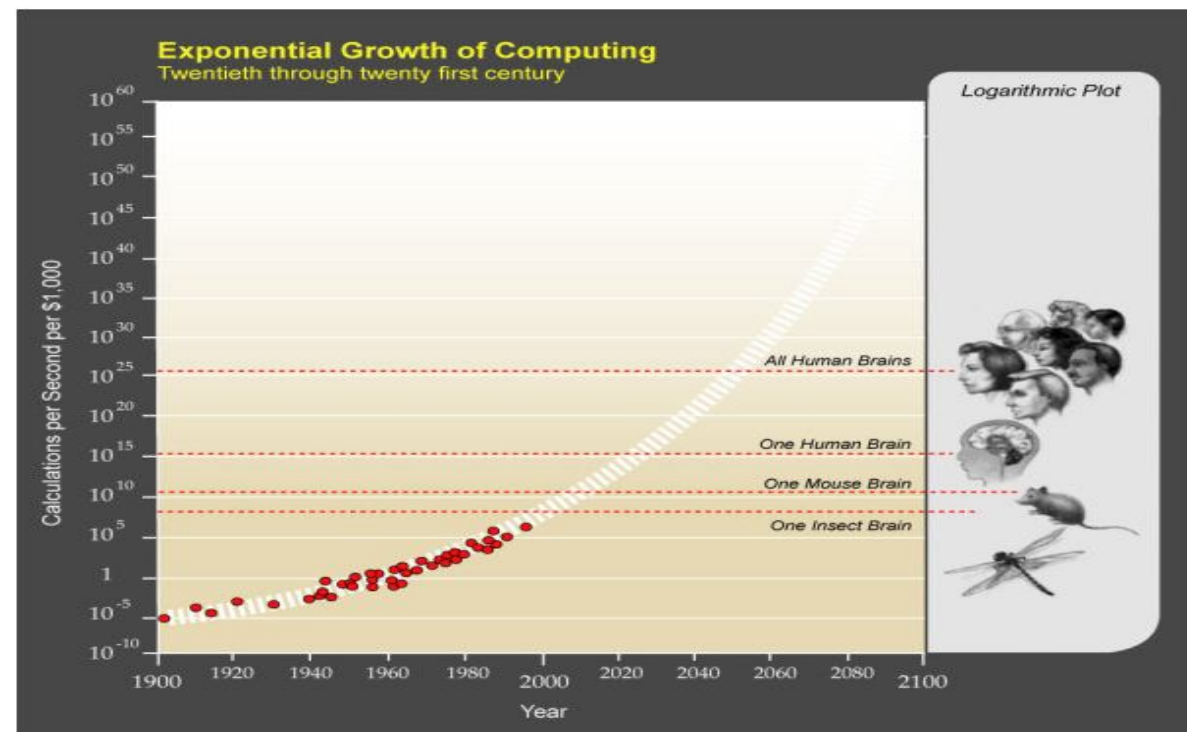
II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

[4] 4차 산업혁명의 발전단계

□ science fiction이 안 되려면 4차 산업혁명의 설득력 있는 발전과정에 대한 설명 필요

- 불쑥 던져진 것과 같은 논의로는 이해 곤란, 불필요한 소모적 논란만 증폭
- 1단계 -> 2단계 -> 3단계

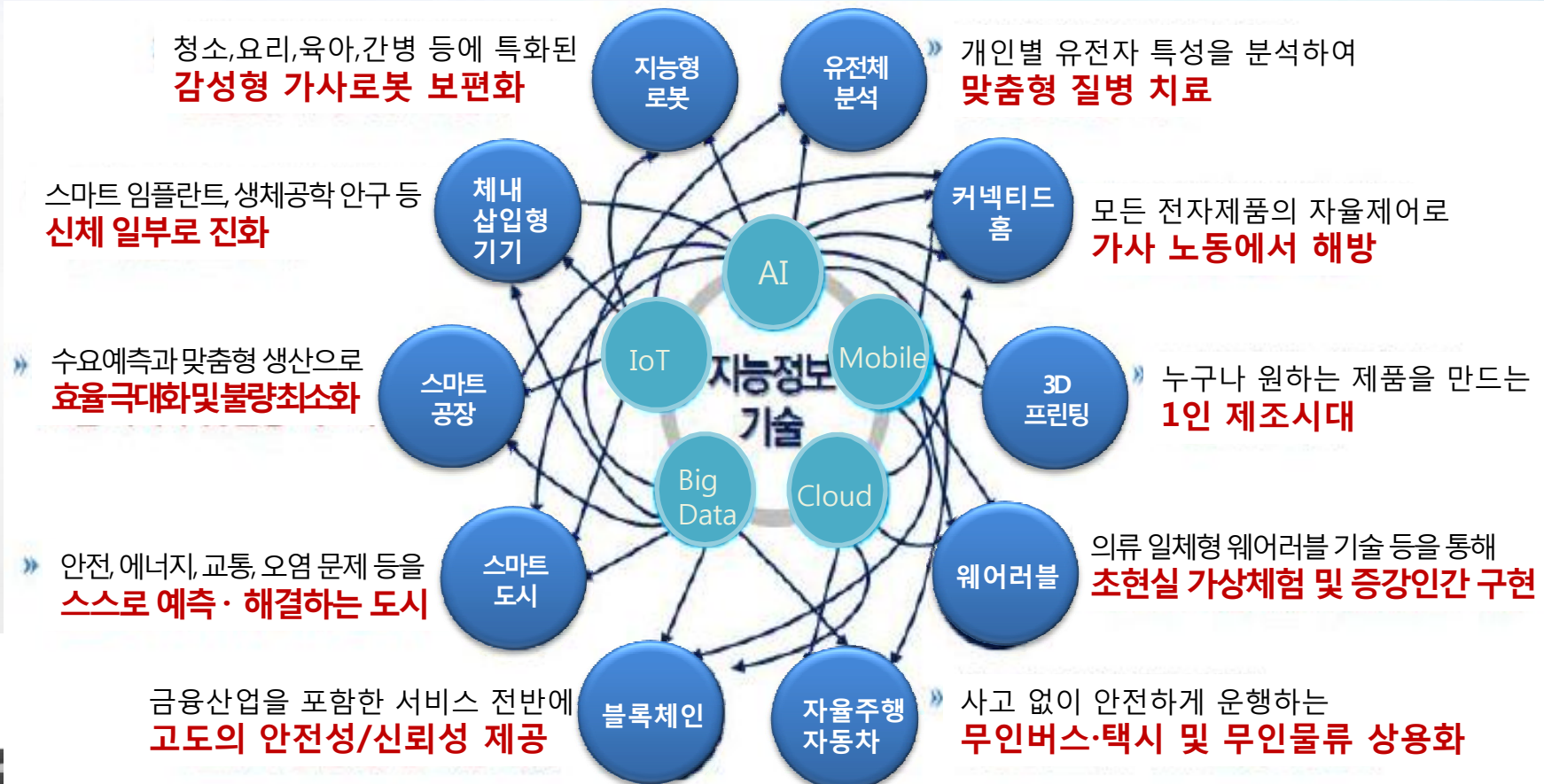
□ singularity 문제



자료: Tim Urban, The AI Revolution:
The Road to Superintelligence,
January 22, 2015

II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

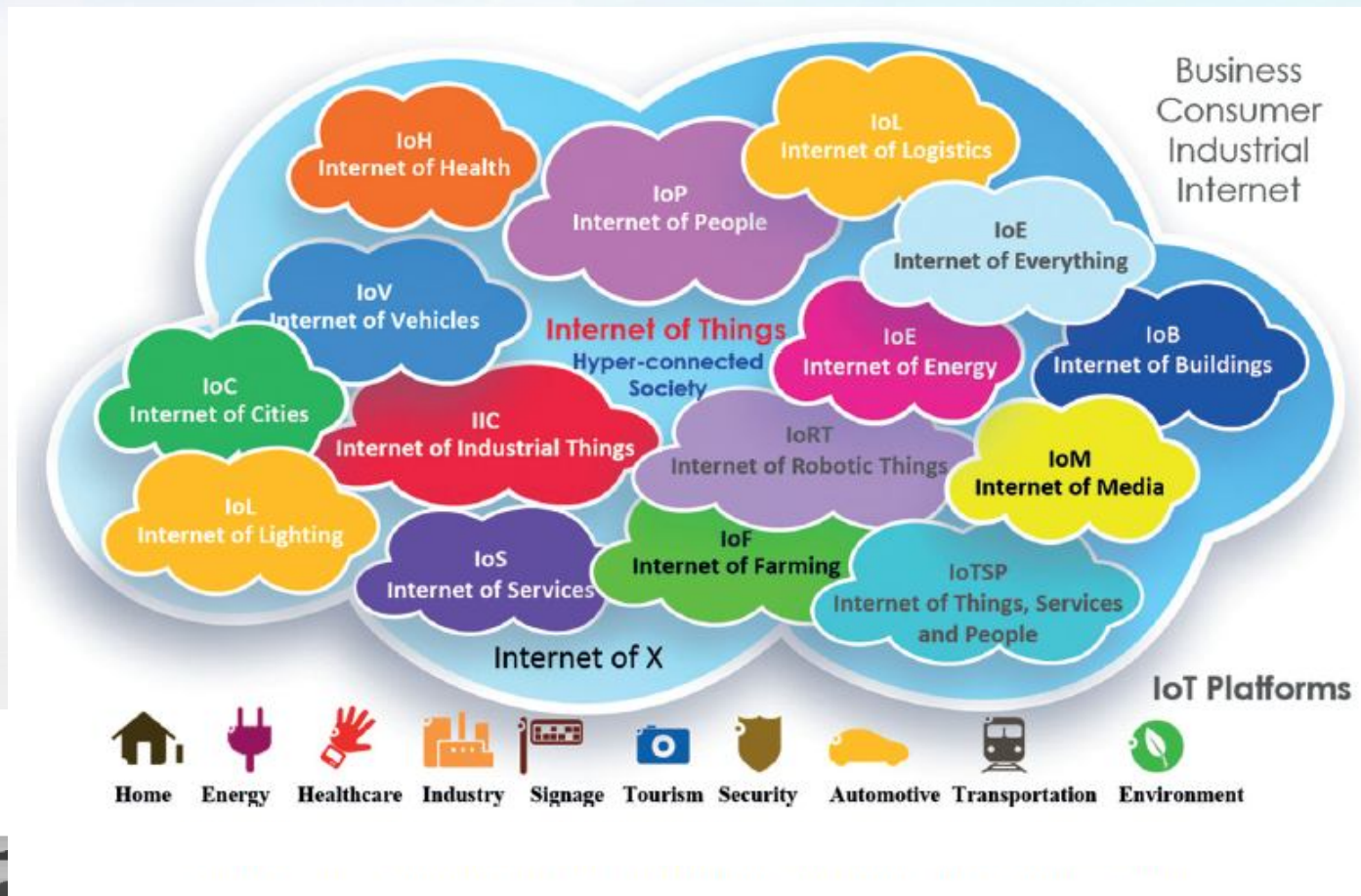
1차 : 각 산업별 구조재편



자료: 관계부처 합동, 제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책, 2016. 12. 27.

II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

- 4차 산업혁명의 미래: 산업별/분야별 경계 와해 → 전체 통합 지향

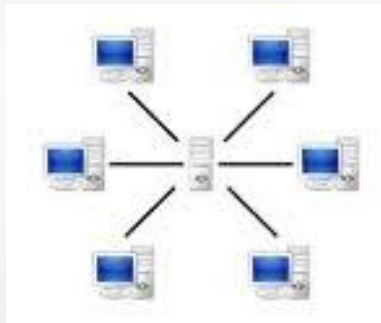


자료: Vermesan & Friess, Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Worlds, 2015.

II. 이론적 측면의 쟁점과 평가

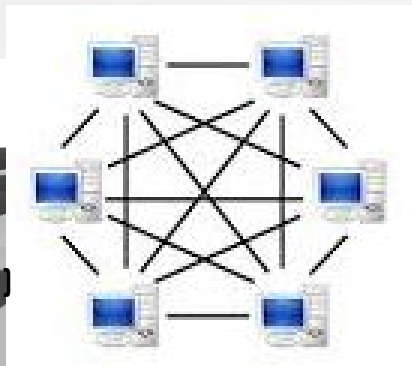
● 4차 산업혁명의 주역과 조직

- 주역: 인공지능, 플랫폼, 개인집단
- 조직: 분산자율/연계/통합조정
- 효과: 최적화

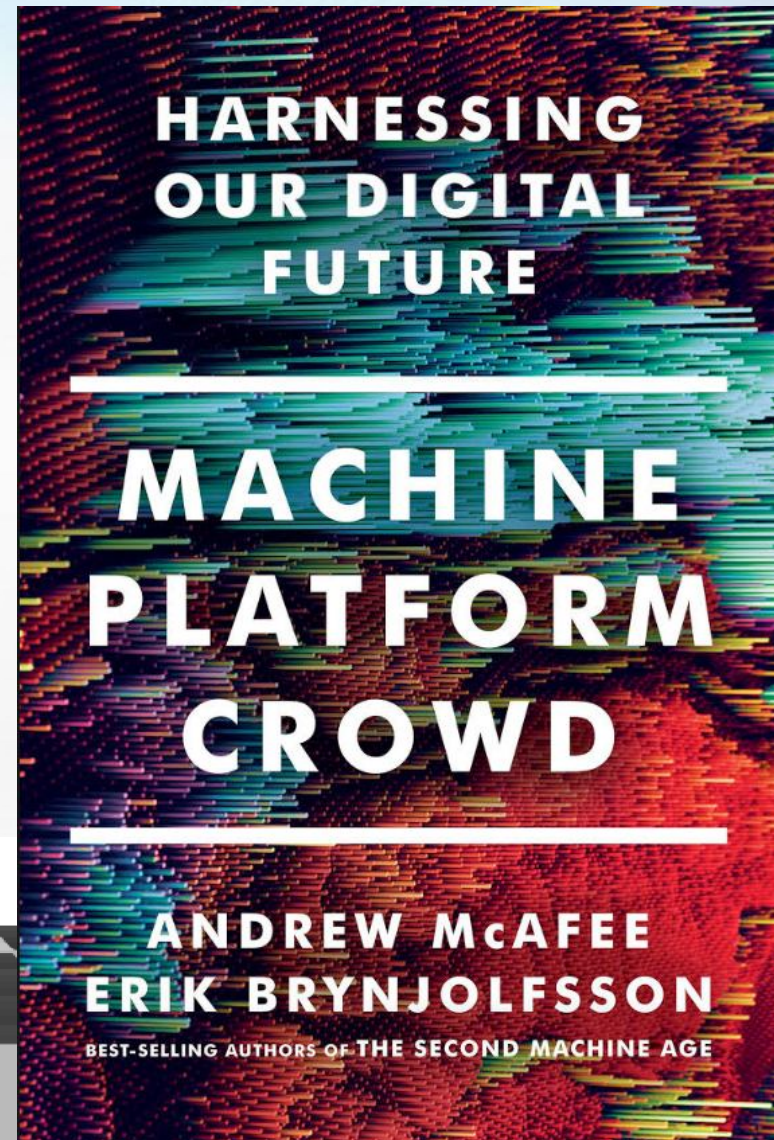


플랫폼

VS



P2P
[블록체인]



III. 현실에서의 쟁점과 평가



(1) 4차 산업혁명 현상과 그 이외의 변화 구분 문제

□ 현재 국내에서는 거의 모든 분야가 4차 산업혁명 연관성을 주장

-> 4차 산업혁명 현상 분리 필요

- 중요도의 문제뿐만 아니라 대응방법의 차별화 측면에서도 분리 필요

□ 4차 산업현상의 동향 파악, 체계적 분류 및 한국 현 단계 평가

	해외	국내
제조업 (업종별)	 자율자동차 도로주행	 자율자동차 기술수준 평가
서비스업 (업종별)		
기타 (업종별)		

III. 현실에서의 쟁점과 평가

〈참고〉 제조업 업종별 4차 산업혁명 영향 특징과 크기(예시)

	4차 산업혁명 영향 (데이터주도 혁신 잠재력)				산업 특징	
	제품	공정		사업 모델	글로벌화 수준	경쟁국 (중/일)
		variety	cost		수출	일
자동차	◎	○	○	◎	수출	중
조선	△	△	○	□	수출	중
기계	□	△	□	□	내수	중
로봇	◎	○	□	○	내수	중
철강	△	△	○	○	내수	일중
정밀화학	○	○	△	△	수출	중
석유화학	□	△	○	○	내수	중
섬유	△	△	○	○	수출	일
가전	◎	○	○	◎	수출	중
통신기기	◎	□	□	○	수출	중
반도체	○	□	□	△	수출	중
디스플레이	□	△	△	△	수출	중

1. 글로벌화 수준: 각 산업이 내수 중심 or 수출 중심 여부 평가
2. 중일 경쟁: 중국, 일본 중 어느 국가와 경쟁관계 평가
3. 4차 산업혁명이 핵심 기술과 관련하여 제품, 공정, 사업모델 등에 각 산업별로 영향의 크기에 대해 표시
(◎ 영향이 상당히 큼, ○ 영향이 큼, □ 보통, △ 영향이 적음, ▲ 아무런 영향없음)

III. 현실에서의 쟁점과 평가

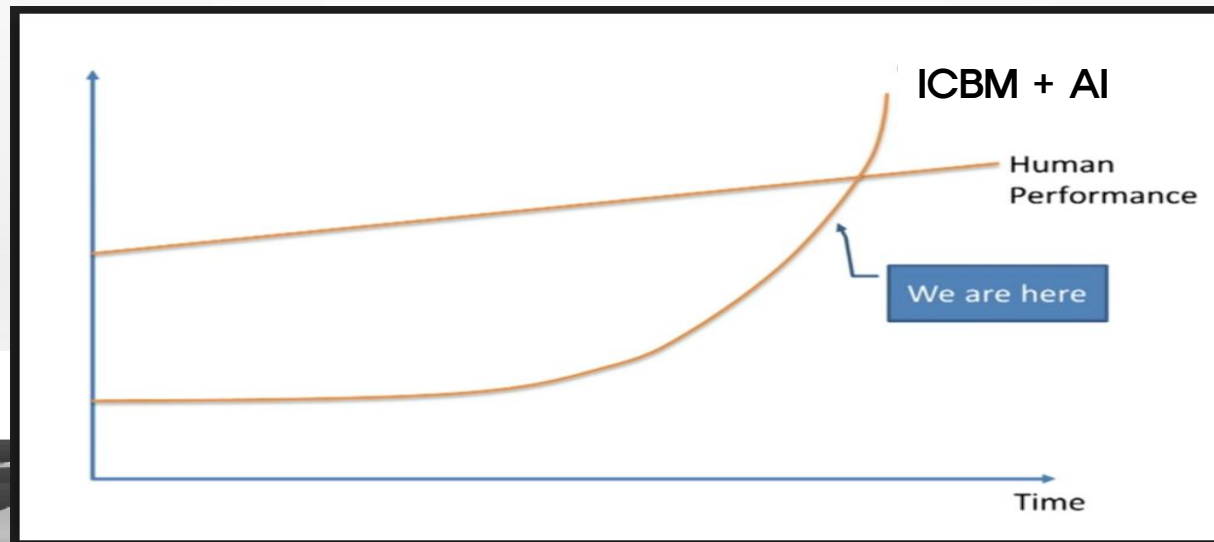
[2] 기술 유동기 경합성 문제

□ 현재는 기술 유동기로서 지배적 위치를 차지한 기술은 부재

-> 후발주자의 기술 투자 시점 결정 문제에 직접적 영향

□ 기술 혼재/경쟁 상태, 기술변화 과정에 대한 이해, 기술 트렌드 평가 중요

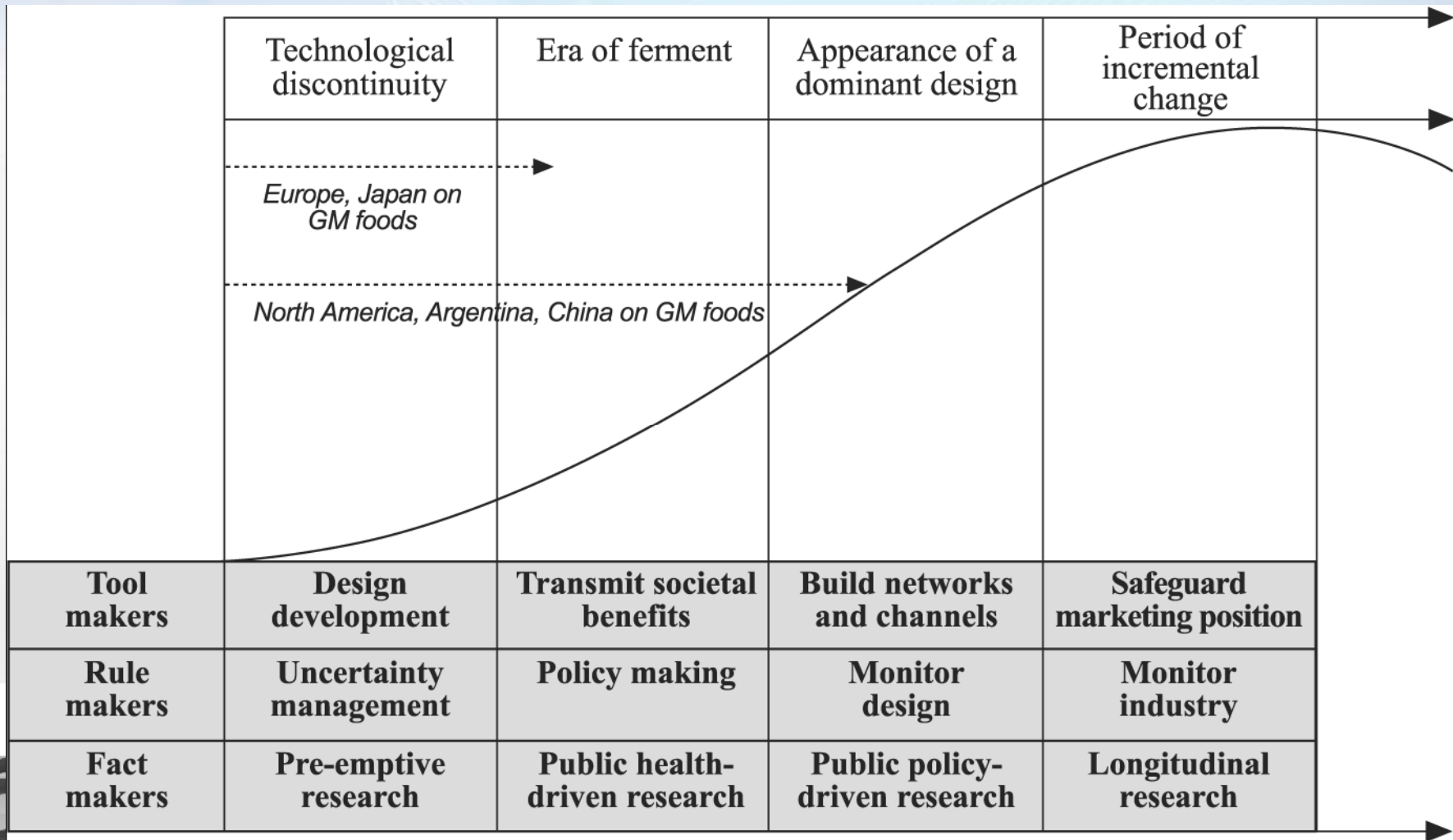
- (예시) 카메라 센서의 라이다 대체 가능성, 구글 렌즈로 센서 대체, 인공지능 연구 방법론 백가쟁명 (우버는 대용량 데이터 기반 접근법 비판, 적은 양의 데이터 활용 딥러닝 연구)



자료: Tim Urban, The AI Revolution: Our Immortality or Extinction, January 27, 2015

III. 현실에서의 쟁점과 평가

● 기술 유동기와 지배적 기술 등장 시기



자료: <https://sites.google.com/site/isearch2ilearn/documents/dominant-design>

[3] 우리나라의 기술/산업 포지셔닝 문제

□ 글로벌 기업들의 우수기술 국내 진출/도입에 따른 기술종속 문제

- (예시) 거대 IT 공룡 한국어 AI 대공습 시작
- 독자개발 문제 : 스마트공장 자체 개발 솔루션이 과연 경쟁력 있는가? 평가 필요
- 후발주자로서 선진국과 우리나라의 격차 문제 인식, 기술경쟁에 대응한 전략 개발 심도 있게 검토 필요

□ 국내 기술과 산업의 분리 문제

- 산업, 특히 대기업들은 경쟁력 확보를 위해 최고기술의 신속도입이 필수 불가결 -> 국내 과학기술계와의 역할분담 고민 필요

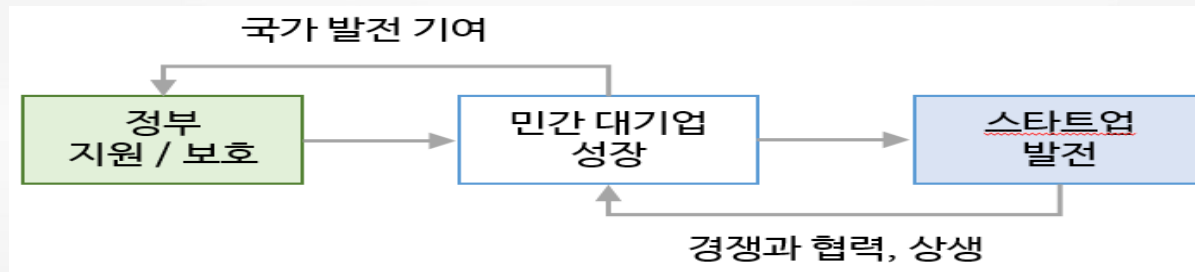
(1) 4차 산업혁명을 보는 시각 혹은 4차 산업혁명의 중요성 인식 수준 문제

- 선진국으로 가는 기회적인 측면만 부각시키면 지나치게 한가
- 중일과의 경쟁에 대한 심도 있는 검토 필요 -> 뒤쳐질 때의 영향에 대한 분석 필요
- 규제개혁, 사회문화 개선을 위한 중요한 모멘텀 역할

IV. 정책적 측면 쟁점과 과제

● 중국과 일본은 2016년부터 범국가적인 대대적인 대응에 착수

- ▶ 중국은 금년 7월 ‘차세대 인공지능 발전 계획’ 에서 2030년 AI 세계 선두 목표 설정, 2020년 AI 산업 25조원, 빅데이터 산업 165조원 계획
 - 주목할 점은 정부, IT 대기업, 신기술 스타트업 간에 선순환 구조가 정착되어 역동적인 발전이 이루어지고 있다는 사실



- ▶ 일본은 금년 5월 신산업구조비전을 발표, 4차 산업혁명 2막에 자신감 표명

● 4차 산업혁명은 한중일 경쟁이며, 한국산업에 기회보다 위기 가능성



IV. 정책적 측면 쟁점과 과제

(2) 한국형 4차 산업혁명 전략 수립 문제

☐ 우리나라 포지셔닝에 기초한 전략 개발 중요

- 규제/저항 수준, 해외와의 경쟁 수준, 4차 산업혁명 영향의 크기 등 고려

☐ 전방위 종합전략 vs. momentum 전략 비교 평가,

☐ 독일형 vs. 미국형 비교평가

IV. 정책적 측면 쟁점과 과제

- 산업혁명은 3단계 확산구조로 구성, 사회변화가 중요한 변수
 - 기술혁명 → 산업재편 → 사회변화



IV. 정책적 측면 쟁점과 과제

● 사회변화의 중요성 사례

- 기술-사회 충돌을 얼마나 신속/원만하게 해결하는가가 산업혁명 성패의 관건

- 기술-사회 충돌의 대표적 실패사례 (영국의 붉은 깃발법)

영국은 자동차 최초 상용화했으나 1860년대 ‘붉은깃발법’ 제정하여 주도권 상실

* 운전자 3명 의무화 (운전자, 화부, 기수), 속도 제한 시내 시속 3Km



자료: <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=leesr2006&logNo=220712480223>

❁ 4차 산업혁명에서의 기술-사회 충돌 대표적 이슈는 뭘까?

IV. 정책적 측면 쟁점과 과제

(3) 기타 주요 문제들

- ☐ 기술이냐? 산업이냐? 일자리냐? (trade-off 관계 분석)
- ☐ 각자도생이냐, 협력 시스템이냐?
- ☐ 전략의 최우선 순위는? 기회와 강점 교차 분야
 - 일본, 독일 모두 기회/강점 분야에 초점

<참고자료: 국정과제>

전략4 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명

☐33 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축

☐34 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성

☐35 자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성

☐36 청년과학자와 기초연구 지원으로 과학기술 미래역량 확충

☐37 친환경 미래 에너지 발굴·육성

☐38 주력산업 경쟁력 제고로 산업경제외 활력 회복

IV. 정책적 측면 쟁점과 과제

미국 산업인터넷 컨소시엄(IIC)의 협력 시스템(사례)



자료: <http://www.infiniteinformationtechnology.com/sap-se-company-and-the-industrial-internet-consortium>

감사합니다

장윤종

jang@kiet.re.kr