

■ 연구보고서 2014-005

SW산업 10개년 계획

- 2025년 미래전망을 중심으로 -

유호석

2014. 12

연구기관 : 소프트웨어정책연구소



미래창조과학부
Ministry of Science, ICT and
Future Planning

목 차

제1장 중장기 연구 방법론	1
1절 미래연구란 무엇인가?	1
2절 중장기 미래연구 방법론 정리	4
3절 중장기 연구 방법론 선정	11
제2장 2025년 메가트렌드	14
1절 미래사회 예측	14
2절 미래기술의 메가 트렌드	19
3절 경제분야 메가 트렌드	24
4절 환경·에너지 분야 메가 트렌드	30
5절 정치 분야 메가 트렌드	33
제3장 SW가 만드는 미래	36
1절 미래의 변화는 실험실에서만 시작되지 않는다	36
2절 SW중심사회의 미래 : 학계	42
3절 SW중심사회의 미래 : 기업	61
4절 SW중심사회의 미래 : 소비자	66
5절 SW중심사회의 미래 : 정부/비영리기관	75

그림 목차

그림 1 한국노령인구 변화 추이	15
그림 2 유엔의 한국 인구 전망	16
그림 3 충청권의 인구증가를 보여주는 시도별 인구성장률(%), 통계청(2014)	17
그림 4 미국 대학진학률 추이	18
그림 5 1970년대 이후 미국 중간가구의 소득 총합 추세	26
그림 6 국제에너지기구 신재생에너지 중기시장 전망('14.8월)	32
그림 7 미래 글로벌 권력 파워 지수 예측 (美NIC, Global Trends 2030)	33
그림 8 기업단위의 R&D 최적화 모델인 연쇄모델(Chain-Linked Model)	40
그림 9 SW와 영향을 주고 받는 사회집단	41
그림 10 SW가 학계에 미치는 영향	42
그림 11 과학연구 패러다임과 빅데이터	46
그림 12 현재의 컴퓨팅 시스템(좌)와 생물학적 시스템(우)의 공통점과 차이점을 비교.	52
그림 13 영화 ‘트렌센던스’ (2014) 의 센서 네트워킹 장면	57
그림 14 SW가 일자리에 끼치는 영향	61
그림 15 레이 커즈와일의 특이점 예측 그래프	64
그림 16 SW가 소비자에 끼치는 영향	66
그림 17 HW의 수요공급 곡선	69
그림 18 SW의 수요공급 곡선	69
그림 19 매슬로의 욕구 단계. 가장 높은 단계인 5단계에 창의성이 위치	73
그림 20 SW가 정부와 비영리기관에 끼치는 영향	75

제1장 중장기 연구 방법론

1절 미래연구란 무엇인가?

□ 미래를 예언할 수 있는가?

- 미래를 예언할 수 없는 이유
 - 미래에 영향을 주는 변수가 너무 많다.
 - 변화의 속도가 빨라지고 있다
 - 하나의 시나리오를 확정하는 예언은 인간의 영역이 아니다.
 - 미래는 정해진 것이 아니다.

- 미래는 예언하는 것이 아니라, 연구하는 것
 - 미래에 영향을 주는 변수가 많지만, 주요한 영향을 주는 핵심요소를 위주로 식별하고 이를 중심으로 연구할 수 있다.
 - 변화의 속도가 빨라지는 것 자체가 하나의 연구대상이다.
 - 미래는 하나의 시나리오가 아닌 다수의 시나리오를 가지고 지속적으로 수정해가는, 인간이 틀릴 수 있음을 인정하는 행위 이다.¹⁾
 - 미래연구의 결과를 토대로 바람직한 미래를 만들어 가는 것이 미래연구의 목적이다.

1) 최윤식(2014), ‘미래학 개론(〈〈2030 대담한 미래2〉〉 內 책속의 책)’ >>, 지식노마드

□ 미래연구 방법론의 유래²⁾

- 미래연구는 1516년 <유토피아>를 쓴 토머스 모어, 1626년 <뉴 아틀란티스>를 쓴 프랜시스 베이컨, 1888년 <뒤돌아 봄; Looking Backward>를 쓴 에드워드 벨라미 등과 같은 작가들에 의해서 본격적으로 세상에 등장
- 과학혁명과 계몽사상의 등장으로 인해 인류는 미래에 대해 보다 적극적인 관심을 가지기 시작
- 1970년대는 세계미래협회(World Future Society), 세계미래연구연맹(World Future Studies Federation)과 같은 미래연구를 촉진할 기관과 조직이 다수 출현
 - 미래연구의 결과물들 중에서 가장 유명한 것들은 미래연구기관인 '로마클럽'에서 1972년 발간한 <성장의 한계 Limits to Growth>, 1973년 엘빈 토플러가 쓴 <미래쇼크 Future Shock>, 1976년 대니얼 벨이 쓴 <후기산업사회 The Post-industrial Society> 등

□ 미래연구 방법론의 다양성

- 미래연구는 유일한 도구가 존재하지 않으며, 하나의 예측 문제를 해결하기 위해 사용하는 방법도 여러 가지 임

2) 위키피디아 :<http://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%AF%B8%EB%9E%98%ED%95%99>

- 본 보고서에서는 국내 국제미래학회가 발간한 <전략적 미래예측 방법론>³⁾을 바탕으로 제롬글렌 박사가 주도하는 밀레니엄 프로젝트⁴⁾의 <Future Research Methodology>로 보완하고 걸러내어⁵⁾ 미래연구 방법론으로 요약, 정리함

3) 국제미래학회(2014), <<전략적 미래예측 방법론>>, 두남 출판사

4) <http://www.millennium-project.org/millennium/FRM-V3.html>

5) 객관적 방식이 아닌, 직관에 의지하거나 천재적 또는 예언적 예측에 해당하는 방법은 제외

2절 중장기 연구 방법론 정리

- 총 29종의 미래연구 방법론을 요약, 정리

□ 사회 미래연구 방법론(4종)

기 법	개 념	장 점	단 점
퓨처 스 휠	<ul style="list-style-type: none"> 특정 기술이나 사회이슈를 중심으로 바퀴모양으로 영향이나 결과들을 확장해 나가는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 미래 변화와 요인에 대한 연속성 및 상호 관계 파악용이 쉬운 접근성 	<ul style="list-style-type: none"> 지나친 단순화로 인한 정보왜곡 가능성 내용의 모호성 및 신뢰도 문제
시나리오 기법	<ul style="list-style-type: none"> 미래에 나타날 가능성이 있는 여러 가지 시나리오를 구상해 전개 과정을 상세히 추정하는 기법 	<ul style="list-style-type: none"> 설득가능성이 높음 변화에 따른 전략 수립에 용이 대안적 미래 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 불연속성, 비결정성 결정 및 실행에 어려움 예산과의 연계성 미약
의사결정나무	<ul style="list-style-type: none"> 의사결정규칙을 도표화하여 관심대상이 되는 집단을 몇 개의 소집단으로 분류 하거나 예측을 수행하는 분석방법 	<ul style="list-style-type: none"> 변수의 자동선정 해석의 용이성 교호효과의 해석 	<ul style="list-style-type: none"> 비연속성 선형성 또는 주 효과의 결여 비안정성
에이전트 모델링 기법	<ul style="list-style-type: none"> 자율적인 결정권을 지닌 각각의 에이전트들의 규칙을 바탕으로 큰 형태의 시스템을 유추해 나가는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 논리적이며, 절차적임 	<ul style="list-style-type: none"> 규칙의 간결성에도 불구하고, 복잡한 결론 도출 가능성

□ 기술 미래연구 방법론(6종)

기법	개 념	장 점	단 점
텍스트 마이닝 기법	<ul style="list-style-type: none"> • 인터넷 데이터 소셜미디어 데이터와 같은 비정형 텍스트 데이터에서 정보나 지식을 추출하는 기술 	<ul style="list-style-type: none"> • 비구조화 또는 반구조화된 데이터 처리 가능 • 기존의 분석법과는 다른 다양한 새로운 가치 창출 	<ul style="list-style-type: none"> • 사생활 침해와 보안 문제 • 정보추출의 정확성 문제 • 데이터의 편향성
계층화 분석법	<ul style="list-style-type: none"> • 복잡한 문제를 계층화시켜 계층화된 문제를 주요요인과 세부요인으로 분해 후, 이원비교를 통해 중요도를 도출하는 의사결정방법 	<ul style="list-style-type: none"> • 인지적 오류 감소 및 우선순위 부여로 정보처리능력 향상 • 비정량적·직관적 정보 평가 가능 • 분석 결과의 해석과 활용용이 	<ul style="list-style-type: none"> • 잘못된 계층구조 설계의 문제 • 요소 평가 시 주관적 판단 개입으로 차이 발생 가능 • 집단적 의사결정에는 한계
로드맵 작성법	<ul style="list-style-type: none"> • 미래 사회에 필요한 수요를 예측하고, 과제들 정의·파악하여 목표를 달성하기 위한 기획 방법을 그림 또는 도표로 도식화한 지도 	<ul style="list-style-type: none"> • 의사결정 방법 및 효과 향상 • 비전, 전략, 계획의 일관성 • 비생산적·중복 기술투자 회피 	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 평가기준 및 새로운 평가방법의 도입과 모색 필요
계량 정보 분석에 의한 미래 유망 기술 탐색 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터베이스 형태로 저장되어 있는 논문이나 특허의 진행방향을 증거 기반(데이터 기반) 및 계량적으로 분석하여 미래를 예측하는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> • 신속·객관적인 분석 가능 • 다양한 분야의 미래기술 선정 가능 • 융복합 분야 등 미래기술 탐색 유효 	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 사회 환경의 변화 수용한계 • 전문가의 검증 필요 • 세부적인 작은 기술 파악 힘들

기술 발전 단계 분석 방법	<ul style="list-style-type: none"> 기술 의존적 시스템이 유용하게 활용될 수 있는 시점을 확률적으로 예측하기 위해, 매개가 되는 기술단계를 달성 하는데 소요되는 추정 시간의 통계적인 조합으로 표현하는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 사건들의 구조 이해에 도움 목표 획득의 민감도를 평가하는 방법 및 데이터 기반 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 많은 시간과 경비 소요 네트워크의 복잡성으로 인한 많은 훈련 필요
STEP 분석	<ul style="list-style-type: none"> 사회, 기술, 경제, 환경, 정치법규 등 연구 주제를 둘러싼 거시적인 외부환경 변화를 파악하여 달성하고자 하는 비전과 목표에 어떠한 영향을 주는 지에 대한 기초 자료를 찾아내는 활동 	<ul style="list-style-type: none"> 간단한 적용이 가능 거시적 외부환경 변화에 대해 광범위하면서도 직관적 이해 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 세부 자료 수집에 많은 시간과 비용 발생 지나치게 많은 자료 수집 시 분석의 높에 빠질 우려

□ 산업 미래연구 방법론(7종)

기법	개념	장점	단점
빅데이터 기법	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 또는 비정형 데이터를 분석하여 패턴, 상관관계, 지식 등의 유용한 가치를 찾아내는 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 데이터 활용 및 다양한 형태의 새로운 예측 가능 기존 기법의 발전에 도움 	<ul style="list-style-type: none"> 빅데이터에 대한 확대해석 우려 Privacy와 Security 문제
델파이 기법	<ul style="list-style-type: none"> 전문가들의 경험과 지식을 기반으로 설문 반복을 통해 문제 해결이나 미래 예측 주제에 대한 전문가들의 합의를 도출하는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> 익명성 보장으로 자유로운 의견 개진 가능 전문가 패널을 활용한 합리적 결과 도출 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 많은 시간과 노력 필요 설문 반복의 과정에서 회수율이 낮아질 우려 패널 전문가 선정의 문제

리얼 타임 델파이 기법	<ul style="list-style-type: none"> 기존의 델파이 기법의 약점인 연구수행에 필요한 소요시간을 대폭 줄이기 위해 인터넷을 활용하여 모든 과정을 실시간으로 처리하도록 하는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> 전문가의 의견 일치 유도 신속하고 저렴한 자료 수집 시공간적 제약 극복 	<ul style="list-style-type: none"> 참여자 선정의 신뢰성 문제 표본 선정의 타당성 시비 해석의 타당성에 대한 비판적 견해
질적 추세 분석 기법	<ul style="list-style-type: none"> 과거의 추세나 경향이 미래에도 계속될 것이라는 가정을 바탕으로 과거의 시계열 자료들을 분석하여 미래를 예측하는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 기회와 위협요인의 동시 제시 시나리오 대안 모색의 시발점 조기 경보 수단 	<ul style="list-style-type: none"> 주관성에 의존할 가능성 장단기 추세 판별에 어려움 과도한 일반화 가능성
교차 영향 분석법	<ul style="list-style-type: none"> 분석 대상의 주요요인들이 상호연관성을 지녔다는 전제 아래 주요 요인 간의 연관관계 분석 및 일정 요인의 발생 가능성 파악에 활용 되는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 구성 요소 분석의 타당성 다른 방법론과의 혼용 가능성 	<ul style="list-style-type: none"> 교차 분석 값의 신뢰도 문제 조건의 주변 상황 설정과 인과관계의 타당성 문제
미래 지수 기법	<ul style="list-style-type: none"> 전문가들을 대상으로 한 델파이 조사 및 과거 20년간 통계 데이터를 근거로 다양한 변수의 영향력을 예측하고, 이를 통해 향후 10년 후의 발전정도를 예측하는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 지수화를 통한 상호비교에 유리 	<ul style="list-style-type: none"> 지수화 대상에 포함되지 않은 정성적 측면의 고려가 제외됨
통계학적 모델링 기법	<ul style="list-style-type: none"> 시계열 분석이라고도 불리는데 상관계수와 회귀계수를 기본통계량으로 하는 회귀분석, 군집분석, 신경망 분석 등이 주요 분석 기법으로 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 객관성을 바탕으로 신뢰도가 높음 신속한 의사결정에 유용 개인과 집단지성의 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 수집의 한계성 예기치 않은 외부 변수의 개입 가능성

□ 환경 미래연구 방법론(6종)

기 법	개 념	장 점	단 점
이머징 이슈 분석	<ul style="list-style-type: none"> 미래를 진단하는 초기 과정인 징후를 포착 (signal sensing)하는 단계의 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 빠른 전략 수립 및 초기 대응 가능 시간과 비용을 줄이며 전략과 정책의 효과 배가 	<ul style="list-style-type: none"> 변수에 대한 대응력 취약 트렌드 발전과정에 대한 지속적인 조사 필요
환경 스캐닝 미래 예측	<ul style="list-style-type: none"> 조기 경보 예측, 미래 지능 시스템 혹은 집단 지성 방법이라고 불리며, 이슈의 확인을 위해 주변에 있는 모든 자료를 최대한 활용하는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 일반적으로 널리 알려진 방법임 	<ul style="list-style-type: none"> 예측수행 집단의 성격에 따라 특정경향으로 기울어진 예측이 될 수 있음
트렌드 생태계 예측법	<ul style="list-style-type: none"> 실제 사회 변화의 복잡성을 분석하고 이를 예측에 활용하는 방법으로, 범주와 구성요소 그리고 사회의 변화를 작동하는 원리를 추적하고 분석하는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> 생태계적 틀 활용으로 정밀한 접근 가능 지속적인 미래 관찰에 유용 이머징한 트렌드 발굴을 통한 미래 포착에 유용 	<ul style="list-style-type: none"> 분석자의 능력에 따라 예측결과가 좌우됨 불확실성의 배제 가능성 존재
비저닝 워크숍	<ul style="list-style-type: none"> 참가자들이 자유로운 형식인에서 미래에 대한 각자의 아이디어를 제시하고, 토론을 통해 종합된 의견을 기반으로 목적에 부합하는 미래상을 설계하여 공유하는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 자유로운 의견 제시 가능 방대한 변화 예측에 효과적 솔루션 도출에 적합 	<ul style="list-style-type: none"> 참가자 수 및 많은 시간 필요 워크숍의 진행과 정리가 어려움 대안과 전략의 부족 가능성
다층적 시스템 시나리오 기법	<ul style="list-style-type: none"> 다층적이고 복잡한 시스템들이 어떻게 서로 상호 작용을 하면서 변화를 하고 있는 지 보여주는 미래 예측 기법 	<ul style="list-style-type: none"> 자기완성적 발전 가능성 각 시스템의 흐름 및 맥락 이해 진화를 이끄는 외부 에너지 	<ul style="list-style-type: none"> 다층구조를 파악하기 위한 시간과 노력이 많이 소요

생태 학적 사회 구조 분석 기법	<ul style="list-style-type: none"> • 사회를 생태학적 상호 의존적 연결망의 개념으로 보고 동시에 실체와 형상을 구별 하여 근원적 변화의 흐름과 원리를 추적하는 철학적 접근법을 결합하여 만든 정보 필터링 기법 	<ul style="list-style-type: none"> • 심층변화에 중점을 두게 함 	<ul style="list-style-type: none"> • 분석팀의 전문성 및 다양성 중요 • 많은 토론 필요
----------------------------------	--	--	---

□ 정책 미래연구 방법론(6종)

기 법	개 념	장 점	단 점
패널 기법	<ul style="list-style-type: none"> • 전문가들이 장시간동안 수차례의 토론을 거쳐 각종 영향 요인을 다각도로 분석하여 권위와 수준 있는 보고서로 미래를 예측하는 기법 	<ul style="list-style-type: none"> • 폭넓은 지식을 활용한 깊이 있는 정보 활용 • 권위와 신뢰 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 작성자에 의한 왜곡 가능 • 집단 내·외부의 압력에 의한 의견 표명 제약 우려
형태 분석법	<ul style="list-style-type: none"> • 본질적으로 정량화하기 힘든 사회 기술적 문제를 엄밀하게 구조화하고 내부 요소간 상호 관계를 정의 하는 데 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • 다른 과학적 모델과의 상호연계 가능 • 과학적이고 명료한 의사소통 수단으로 활용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 매개변수 도출이 쉽지 않음 • 최종 결과 품질이 입력 자료에 전적으로 의존됨
규범적 예측 기법	<ul style="list-style-type: none"> • 목표지향적인 미래 예측으로, 특정 집단의 필요나 목표를 설정하고 어떻게 하면 미래를 그 집단이 원하는 방향으로 만들어 갈 수 있는가에 초점을 맞춘 방법 	<ul style="list-style-type: none"> • 규모가 큰 집단에서 의사결정시 유용 • 다른 방법들보다 체계적 · 종합적 • 대중적인 방법 	<ul style="list-style-type: none"> • 자료 수집에 많은 시간 소요 • 대상 범위 선정의 어려움

팬 시나리오 기법	<ul style="list-style-type: none"> 어떤 조직이 다양한 방법을 통해 미래 환경 변화에 능동적으로 대처할 수 있도록 대안을 마련해주는 통합적 미래 연구 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 복잡한 조직과 환경을 단순화 함께 공유할 수 있는 의사결정 가능 사람들에게 쉽게 기억됨 	<ul style="list-style-type: none"> 불확실성 내포 많은 시간 필요 접근 방법이나 대안제시에 있어 느슨함
시나리오 기획을 위한 틀 박스	<ul style="list-style-type: none"> 시나리오 기획을 위해 여러 단계에서 사용할 수 있는 기법들 	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 상황 및 분석 단계에서 쉽게 사용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 틀박스에 포함된 각각의 방법들이 지닌 단점이 그대로 적용
게임 이론	<ul style="list-style-type: none"> 한 사람의 행위가 다른 사람의 행위에 미치는 상호 의존적이고 전략적인 상황에서 의사결정이 어떻게 이루어지는가를 연구하는 이론 	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 상황 및 연구 분야에 활용 가능 전략적 의사결정 시 유용 	<ul style="list-style-type: none"> 인간의 행동과 사회 상황에 대한 정확한 계량 불가능 비이성적이고 불가능한 상대와의 게임 적용 불가

3절 중장기 연구 방법론 선정

□ 주요 중장기 연구 방법론 비교

- 주요국가의 정부와 산하기관이 채택하고 있는 중장기 연구 방법론
 - STEEP 분석은 광범위하게 적용되는 거시환경 분석 방법임
 - 미국과 유럽 정부는 시나리오 기법을 가장 중시하는 경향
 - 한국과 일본은 타겟(기술)을 명확히 하고 이를 추진하는 것을 중시

구분	STEEP ⁶⁾ 분석	시나리오 기법	(기술) 로드맵
연구 범위	미래사회, 기술, 경제, 환경, 정치	이상적 / 중립적 / 부정적 시나리오	미래상 정립 후 타겟 선정
특징	거시환경 분석	다수의 시나리오별 대응전략 수립	명확한 타겟으로 추진력 제공
연구 사례	매우 많음	美: GlobalTrend2030 EU: DigitalEurope2025 독일: 국가Embedded 로드맵	산자부R&D로드맵, 일본 경제산업성
역할	미래환경 분석 틀	바람직한 시나리오 실현을 위한 정책 방향 수립	목표과제의 도출과 예산 배분안의 기준

표 9) 주요 미래연구 방법론 비교

6) Social(사회/문화), Technology(기술/정보), Ecological(생태학적), Economic(거시/미시),

□ 본 보고서의 중장기 연구 방법론 선정

- STEEP분석 : 채택함
 - SW를 둘러싼 광범위한 미래환경 연구에 적합한 분석틀로서 채택

- 시나리오 기법 : 일부 채택함
 - 기술변화가 심한 SW의 미래연구에 적합하여 채택이 바람직함
 - 단, 시간과 예산상 금번 보고서에서는 시나리오 도출을 위한 입력정보로서 미래전망 도출까지만 수행함

- (기술)로드맵 : 채택하지 않음
 - 명확한 개발 목표를 선정하고 이를 위한 단계별 과제를 선정하는 로드맵 방식은 본 보고서의 목적에 부합하지 않음

※ 바람직한 중장기 연구 절차⁷⁾

- 1)[STEPP분석]을 통하여 최소 10년 이후의 거시환경(1-Layer)을 분석

- 2)SW산업을 둘러싼 5~10년 후의 미시환경(2-Layer)으로 [생태학적 사회구조 기법]으로 분석

Political(정책/법규)

3)[퓨처스 휠]과 [교차영향 분석]기법으로 거시,미시환경 변화에 따른 영향도를 측정

4)측정된 영향도로 기준으로 [시나리오 기법]을 활용하여 중립적인 미래를 수립하고, 이후 변수를 추가하여 바람직한 미래와 피해야할 미래를 정의

5)중립적인 미래를 현수준으로 보고, 바람직한 미래를 실현 하기 위한 산/학/연 자문단이 참여하는 [비저닝워크숍]에서 비전과 목표를 수립

6)현 수준과 목표수준 사이의 GAP을 극복하기 위한 정책 방향을 도출

7)정책방향에 따른 기술과제를 [정책 로드맵]으로 도출

7) 1장2절에 요약된 중장기 연구 방법론을 1)~7) 절차 내 [] 으로 표기함

제2장 2025년 메가트렌드

1절 미래사회 예측

미래사회에 영향을 미칠 인구 통계의 중요한 특징은 세대군, 출생률, 수명임. 세대의 부상, 기대수명의 증가, 일부 베이비 붐세대의 노년 빈곤화 및 이민 증가와 같은 미래 시나리오는 인구 통계에 있어서도 긍정적인 측면과 부정적 측면이 공존함으로써 SW를 활용하여 긍정적인 미래가 현실이 되도록 하는 정책이 필요함

□ 미래사회의 메가 트렌드

○ 고령화와 인구감소, 그러나 도시인구는 증가

- 전 세계적인 고령화 추세
 - . 유엔 보고서에 따르면 전 세계 60세 이상 노인 인구가 2050년에는 20억 명에 이를 것으로 전망
 - . 특히 개발도상국에서 급속한 고령화가 진행되어 2050년에는 노인 인구의 80%가 개발도상국에 살 것으로 예상
- 한국은 2018년에 인구의 14%가 65세 이상인 고령사회로 진입하고, 2026년은 총인구의 20%가 고령인 초고령사회로 진입
 - . 한국은 지난 2001년 기준 65세 이상 인구 비율이

7.3%로 이미 고령화 사회에 진입한 상태

- 2030년부터 한국의 인구감소 시작
 - . 한국의 총인구는 2010년 4818만 명에서 2030년 5034만 명까지 늘어난 뒤 줄어들기 시작



한국 노령인구 변화 추이

그림 1 한국노령인구 변화 추이

유엔의 한국 인구 전망 (단위: 명)

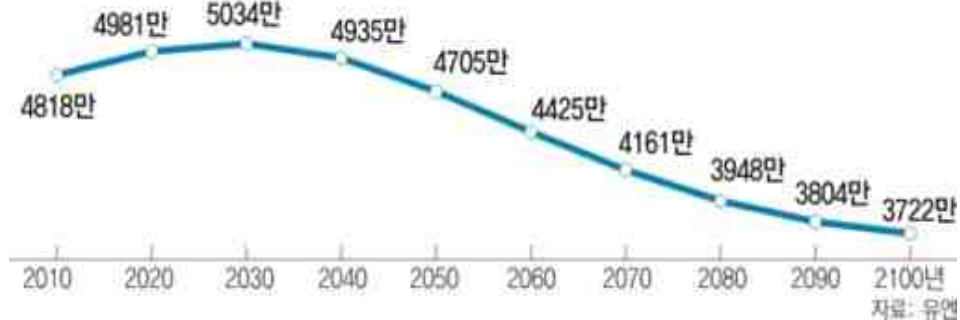


그림 2 유엔의 한국 인구 전망

- 세계적으로 도시인구 증가가 계속되는 가운데, 한국의 경우도 인구 최대 증가지역은 도시화 되는 충청권이 될 것⁸⁾
 - . (세계)현재 대략 50퍼센트에 이르는 도시인구는 2030년까지 60 퍼센트 가까이 증가할 것으로 전망⁹⁾
 - ※ 개발도상국의 급속한 도시화로 향후 40년간 이어질 주택, 사무실, 교통인프라 건설규모는 세계 역사를 통틀어 이루어진 건축총량과 비슷할 것
 - . (수도권) 수도권(서울, 인천, 경기) 인구는 2013년 2,489만 명(49.6%)에서 계속 증가하다가 2029년에 2,618만 명(50.2%)으로 정점에 이른 후 2030년부터 감소할 전망이다
 - . (충청권) 세종, 충남은 인구가 계속 증가

8) 통계청(2014), <장래인구추계 시도편: 2013 - 2040>

9) 美NIC(2014), <Global Trends 2030>

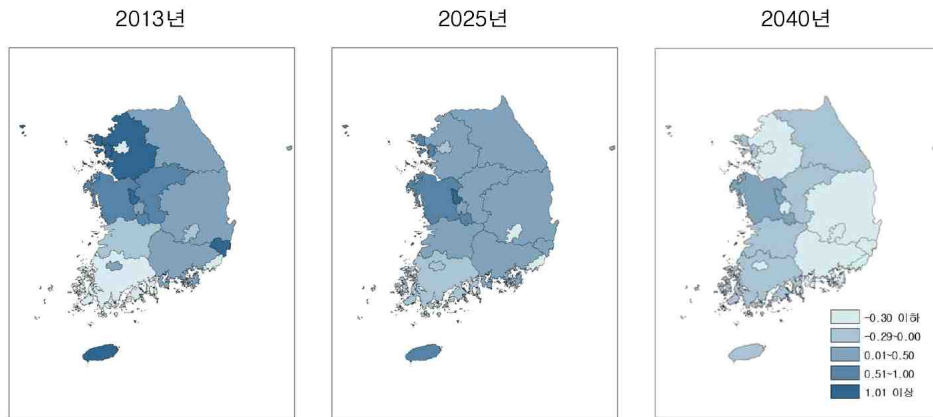


그림 3 충청권의 인구증가를 보여주는 시도별 인구성장률(%), 통계청(2014)

○ **고등교육 인구 비중 소폭 감소, 양적인 측면에서 중국/인도 교육인구의 고등교육 인구수는 월등해 질 것**

- 대학입학률 2008년 83.8%를 정점으로 70%(약 45만명) 수준으로 하락하였으나 여전히 OECD 국가 중 최고 수준¹⁰⁾
- 중국의 대학진학률은 18%은 불과하나, 인구가 많아 대졸자 수는 143만명 수준에 육박하여 한국의 3배 수준¹¹⁾
- 2008년 중국과 인도에서의 컴퓨터공학 학위 취득자는 미국의 2배이며, 미국에서의 공학전공 석사학위 40%와 박사학위의 60%가 인도계 또는 중국계¹²⁾

10) 한국교육개발원(2014), <교육통계분석자료집>

11) OECD 교육지표(2014)의 중국 고등교육(대학)진학률 18%와 매일경제 기사(<http://luxmen.mk.co.kr/view.php?sc=51100006&cm=Global&year=2012&no=416729&relatedcode=>)의 중국 고등학교 졸업생 795만명을 곱한 수치임

12) 린다그래튼(2014), <<일의 미래>>, 생각연구소 출판사



그림 4 미국 대학진학률 추이

- 저소득 직종에서 이민 인력의 증가, 그러나 사회불안 요인 가능성¹³⁾
 - 2010년 한국사회는 국내체류 외국인이 118만명(2.3%)에 육박하여 다문화 사회의 문턱에 다다름
 - 그러나, 이들 이민인구 중 빈곤층으로 추락하기 쉬운 단순인력과 결혼이민자가 대다수를 차지하며, 취학률이 저조한 다문화 2세들이 잠재적인 빈곤층으로 전락하고, 이들의 사회이동성을 취약하게 만들어 향후 사회적 통합비용 증가의 위험이 있음

13) 최홍, 이동원, 박준(2010), <다문화사회 정책과 이민정책>, 삼성경제연구소

2절 미래기술의 메가 트렌드

□ 모든 것의 디지털화

- 디지털 기술 : 숫자로 정보를 처리하고 저장하고 전송하는 장치를 연구하고 개발하는 것에 관한 기술
 - 아날로그에서 디지털로의 변화는 근본적인 전환으로서 어떠한 기술보다 가장 빠르고 효율적인 메타 아이디어(다른 아이디어의 생산과 배포를 지원하는 아이디어)임¹⁴⁾

- 디지털 가상현실 (Virtual Reality) : 컴퓨터 등을 사용한 인공적인 기술로 만들어낸 실제와 유사하지만 실제가 아닌 어떤 특정한 환경이나 상황을 만들어내는 기술
 - 스크린 디스플레이의 공간이 작아지면서 스크린 없는 디스플레이에 기회가 옴. 3차원의 홀로그램 이미지도 가능해짐
(2013년 MIT 미디어랩은 일반 TV 수준의 해상도를 갖춘 저렴한 홀로그래픽 컬러영상 디스플레이 시제품을 개발)
 - 2020년경, 가상망막 디스플레이로 기존 구글 글래스 등보다 실감형, 체감도를 높여 가상 여행이 가능해질 것

- 전자종이, 전자신문, 전자사무실¹⁵⁾

14) 에릭 브린올프슨&앤드류 맥아피(2013), <<기계와의 전쟁>>p146, 틱옴 출판사

15) 박영숙, 손함순(2014), <<미래는 어떻게 변해가는가>>, 교보문고

- 2017년 경 얇고 휘어지는 전자종이 보급된 후, 2017 ~ 2040년 사이 종이신문이 사라짐
 - 2021년 경, 부동산 비용절감과 친환경을 위한 재택근무 일반화되고 종이서류를 거의 쓰지 않게 될 것
- 데이터 솔루션 (Data Solutions) : 빅데이터에서 다양한 정보를 축적, 저장, 관리, 추출하는 것을 돕는 기술
 - 빅 데이터를 기반으로 기업 및 정부는 고객을 보다 잘 파악할 수 있는 가능성을 갖게 될 것
 - 축적할 수 있는 데이터양과 그 데이터를 유용하게 활용하는 능력사이의 격차를 줄이는 것이 관건

□ 노동의 자동화 및 자가 제조 기술¹⁶⁾

- 인공지능 (Artificial Intelligence) : 지성을 갖춘 시스템 또는 기술
 - 단순한 지식의 탐색,가공,추천하는 정신노동을 빠르고 장시간 동안 제공하는 영역에서 인간의 역할을 대체할 것
 - 특정문제만의 해결을 위한 약한 인공지능에서 인간수준의 강한 인공지능으로 발전하기 위해서는 하드웨어 적인 컴퓨팅 능력의 증가와 소프트웨어 적인 병렬처리 알고리즘의 병행발전 필요

16) Mckinsey(2013), <Global institute 2013> 선정

- 로봇공학 (Robotics) : 원격조종 혹은 스스로 인간과 비슷하게 물리적 조작을 수행하는 기계를 개발하는 기술
 - 단순한 제조 작업, 고위험 상황에서 인간의 역할을 대체할 것
 - 로봇의 비용을 낮추고, 지능을 향상시켜야하는 과제에 직면

- 자율 주행 차량 (Autonomous Vehicles) : 직접적인 인간의 조작없이 스스로 작동할 수 있는 이동 수단을 개발하는 기술
 - 군사 작전, 분쟁 해결, 수송 및 탐사 등의 형태를 변화시키는 동시에 신종안보 위험을 제기할 수 있음
 - 자율 주행 차량이 얼마나 안전하고 정확하게 작동할 수 있느냐가 관건

- 3D프린팅 (Additive Manufacturing) : 한 번에 재료 한 겹씩 쌓아올리는 방식으로 물건을 제작하는 기술
 - 대량 맞춤 생산에 따른 부가가치 창출이 큰 제품의 생산 공정을 대체할 수 있음
 - 품질 향상 및 비용 절감 문제가 첨삭가공 기술 수용의 주요 이슈가 될 것

□ 인터넷의 필수화 속 보안위협 증대

- 사물인터넷 : 각종 사물에 센서와 통신 기능을 내장하여

인터넷에 연결하는 기술

- 전 세계적으로 1조개의 센서가 지구촌에서 데이터를 수집하고 이를 네트워크 하여 물류·보건 등 사회 전반에 적용돼 사회를 보다 안전하게 만드는 등 사회 전반에 큰 변화를 가져다 줄 전망¹⁷⁾

○ 사물인터넷의 보안 위협 증대¹⁸⁾

- 사물인터넷에서는 모든 장치가 연결되어 서로 통신하기 때문에 의료기기, 자동차, 휴대폰, 스마트 그리드 등을 손쉽게 해킹 가능
- 전통적으로 엔지니어들이 기기를 만들 때 중점을 두는 부분은 보안이 아니기 때문에 이것이 개선될 때까지 사물인터넷에서도 초기에 취약점이 공격당하게 되고 언론에도 이슈가 될 것

□ 생명연장 수단의 발견¹⁹⁾

○ 질병 관리 (Disease Management) : 전염성 및 비전염성 질환을

효과적으로 통제하고 치료하는 기술

- 분자진단법을 통하여 유전성 및 병원성 질병을 신속히 진단하고 최적의 치료를 제공하여 의료 분야에 혁신을 가져올 것
- 고비용 때문에 건강보험 혜택이 갖춰져 있지 않은 빈곤

17) 김범준(2014) : <http://www.etnews.com/20141125000224>

18) 박영숙, 손함순(2014), <<미래는 어떻게 변해가는가>> 선정

19) 美NIC(2014), <Global Trends 2030> 선정

지역의 사람들은 이용하기 어려울 수 있음

- 인체 강화 (Human Augmentation) : 인간의 선천적 능력을 향상 시키거나, 손상되고 상실된 신체 기능을 대체할 수 있는 기술
 - 고령자들은 전동 외골격 착용을 통하여 걷거나 물건을 드는 행동에 도움을 받을 수 있음
 - 값비싼 비용 때문에 일부 사람들만의 전유물이 될 수 있음

3절 경제분야 메가 트렌드

□ 일본식 장기 불황 위험도 증가²⁰⁾

- 인당 GDP 2만5천~3만 달러 사이에서 성장한계에 봉착할 것
 - 가계부채 증가 , 부동산 거품 붕괴로 인한 경제 활력 저하
 - 현재의 사회,경제,산업 체계는 근본적인 재구축 없이는 지속성장 불가
- 과거 산업화 시대의 동력을 기반을 성장하였던 대기업도 위기 또는 몰락을 예상
 - 노키아와 같은 해외 대기업처럼 국내 대기업도 10~20년 이내 절반이 해체될 것
 - 대형 조선업과 정유업계의 불황은 이미 그 징조임

□ 하드웨어 뿐 아니라 소프트웨어(SW) 분야도 중국의 부상

- 중국 SW중심기업의 약진은 계속될 것
 - 하드웨어 스펙 경쟁에서 SW융합경쟁으로 흘러가고 있음
 - 제조체인은 상당부분 중국 본토 기업에 내재화 되어 이제는 이를 바탕으로 SW중심의 성장전략을 취할 것

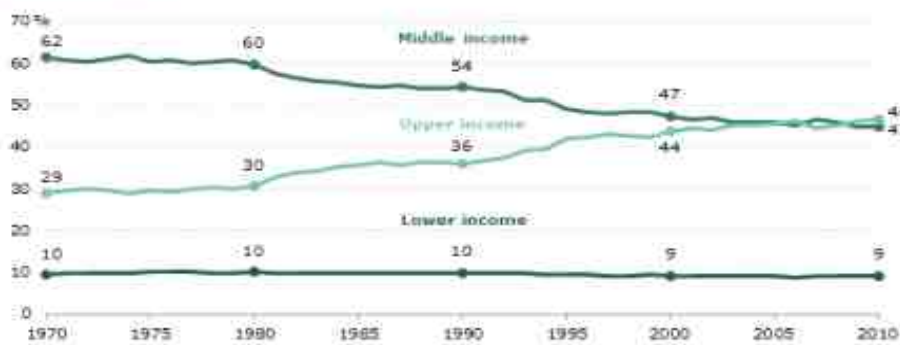
20) 최윤식(2014), <<2030대담한 미래>> 선정

- 중국IT기업의 패러다임 변화
 - 2014년 이후 경쟁양상이 각개전투에서 제휴 및 짝짓기 형태로 발전 중
 - SW가 주요 경쟁요소로서 글로벌 기업의 본토진입을 막고 로컬SW역량을 끌어올리는 정책을 지속 예상
 - 제조 생태계의 완결성이 증대되어 가치사슬 부가가치 상승
 - 순수 중소기업 약화 속 로컬 대기업 육성

□ 소득수준의 양극화 계속

- 상위층 소득 집중, 중산층 인구 감소
 - 경제활동 인구 중 중간정도의 소득을 얻는 사람들이 점점 줄어들면서 양극화 가속
 - 이는 70년대 이후, 중간가구의 실질소득이 천천히 증가하여 2010년 경 소득총합이 상위가구에 역전된 결과임

Percentage Distribution of U.S. Aggregate Household Income, by Income Tier, 1970-2010



Notes: Households are assigned to income categories based on their size-adjusted income in the calendar year prior to the survey year (e.g., 2010 income is reported in the 2011 survey). Their unadjusted incomes are then totaled to compute the share of an income group in U.S. aggregate household income. Percentages in each year may not add to 100% due to rounding.

Source: Pew Research Center tabulations of the Current Population Survey, Annual Social and Economic Supplements, 1971-2011.

PEW RESEARCH CENTER

그림 5 1970년대 이후 미국 중간가구의 소득 총합 추세

□ 소기업가와 단기계약 형태의 근로자 증가²¹⁾

- 수억 명이 소기업가로 활동하며 이른바 ‘인터넷생태계’에서 협력

21) 린다그래튼(2014), <<일의 미래>> 선정

- 뜻이 맞는 사람들끼리 아이디어를 중심으로 뭉쳐 클러스터를 형성
- 대기업이 아니라 중소기업자들의 클러스터가 시장의 향방을 결정하는 중요한 역할을 할 것
- 기술 발전으로 대대적인 협력이 가능해지면서 메가 컴퍼니의 등장과 같은 기업규모의 확대를 불러오는 반면 이러한 회사들은 수백만 명의 고객과 거래하는 수십만 명의 중소기업가 생태계와 조화를 이룰 것
- 저비용 혁신 및 수명의 증가는 이러한 변화를 이끄는 원동력이 될 것

□ 고령인구 주도 경제²²⁾

- 고령화 영향으로 소비행태가 변화
 - 소비재, 일반 식료품, 의류, 생필품 등에 대한 소비가 축소
 - 반면 의료비와 통신비는 교육비는 증가할 것
- 고령화에 따른 기업전략과 산업구조 변화
 - 최대 인구를 가진 베이버 세대가 노인이 됨에 따라 기업은 이들을 위한 상품과 서비스를 내놓을 것
 - 자동차, 가구, 부동산 등 내구재 기업은 타격을 받을 것

22) 머니투데이(2013), <<앞으로 5년 결정적 미래>> 선정

- 경제 정책의 변화
 - 고령화 시대에 지속 가능한 성장을 위해서는 고령자 고용 촉진과 평생교육 확대, 노동시장의 유연성 제고, 사회안전망 구축 등의 요구가 있을 것

□ 공유경제의 확산²³⁾

- 공유경제란, 美하버드대학 로렌스 레식 교수가 주창한 개념으로, 실물자산을 소유하는 대신 다른 사람과 함께 사용하는 협력적 소비를 의미하며 대량생산과 대량소비의 자본주의 경제와 대비
 - 사용한 만큼 요금을 지불하는 방식(예: 집카, 에어비앤비), 특정인이 소유한 물건을 타인에게 재분배하는 방식(예: 아동의류 공유 키플), 실물이 아닌 시간·기술·자금·재능 등을 공유(예: 퀴키, 킱스타너)하는 방식이 존재
- 공유경제는 부정적인 시각에도 불구하고 지속적으로 성장할 것
 - 자본주의적 생활양식과 다른 혼란에 따른 부정적 시각 존재
 - 독점적 소유라는 인간의 욕망, 소유권/접근권/이용권의 혼재, 과세의 어려움에 따른 우려가 있음

23) 양희동, <공유경제 비즈니스 모델과 향후 전망>, 이화여대

- 경제성장 정체에 따라 자원을 효율적으로 사용하는 공유 경제의 확대는 지속될 것
 - . 장기적 불황과 주 이용자인 청년층에 축적된 자본이 미미함
 - . 이용자는 투자/지출을 줄일 수 있고 소유자는 잉여 자원을 효율화 하는 경제적 효과가 분명함

4절 환경·에너지 분야 메가 트렌드

□ 에너지 수요 증가와 에너지 공급원 다양화

- 전 세계적인 에너지 경고
 - 인구증가와 개도국 성장에 따라 향후 15~20년간 에너지 수요가 약 50퍼센트 증가
 - 미국과 중국이 소비하는 석유의 양은 전 세계 석유 소비량의 약 35퍼센트 정도
 - 중국의 가파른 에너지 소비 상승과 급등하는 석유 수입은 중국과 다른 주요 수입국 모두를 불확실한 상황으로 몰고 감

- 셰일가스와 재생에너지 등 에너지 공급원 다양화
 - OPEC의 증산 및 대규모의 셰일 가스 등 신규 공급원의 출현으로 2035년까지 세계 에너지 생산은 완만하게 상승할 것으로 예상
 - . 미국은 막대한 양의 셰일 가스 확보가 가능해 짐에 따라 에너지 자립 및 수출국으로 전환

□ 환경과 에너지에 대한 관심은 증가하나 실질적 변화는 난관

- 기후변화는 정치 지도자 및 CEO나 투자자의 주요 어젠다
 - 1950년대 말부터 소수의 전문가들이 지구온난화의 위험을

감지했고 이에 대한 대책이 국제적 협의를 통해 리우 선언, 교토의정서 등으로 발전하면서 기후변화가 정치 지도자 및 CEO나 투자자가 내리는 결정에 중요한 영향력을 행사

- 기후변화와 원자력 사고 예방의 핵심실천 사항인 재생 가능 에너지 사용증가는 쉽지 않음
 - 재생 에너지 확대의 난관
 - . 1979년부터 미국 정부의 태양에너지로의 전환 선언 이후, 재생 에너지에서 20% 이상을 생산하겠다는 계획은 계속됨
 - . 그러나, 2009년 기준 재생가능 에너지의 비율은 1.5% 미만임
 - 독일은 2022년 까지 현재 23%인 원자력 비중을 0%, 2050년 까지 현재 18%인 재생에너지를 100%로 올리는 정책을 추진하고 있으나 비용 상승 측면에서 난관
 - . 독일이 유로평균 보다 이미 전기세가 60% 더 비싼데, 이것이 더 높아지므로, 철강 등 고에너지 산업은 타격 예상
 - . 대신 부가가치가 더 높고 경쟁이 적은 부문으로 산업이 이동한다면 타격은 상쇄됨²⁴⁾

24) 월스트리트저널('15.1.16), <독일의 에너지 딜레마>

〈 글로벌 신재생에너지 전력생산 추이 〉

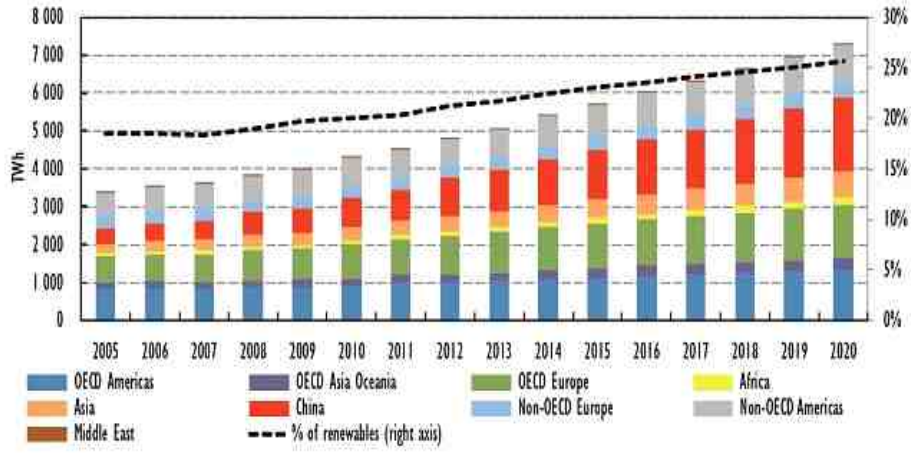


그림 6 국제에너지기구 신재생에너지 중기시장 전망('14.8월)

5절 정치 분야 메가 트렌드²⁵⁾

□ 아시아 및 비서구권으로 세계 권력 분산

- 2030년 무렵이면 미국, 중국을 포함해 어느 강대국도 패권주의적인 지위를 갖기 어려울 것으로 예상
 - 중국 경제는 미국을 능가하는 세계 최대 규모로 부상할 것이며 유럽, 일본, 러시아의 경제는 완만한 쇠퇴 지속
 - 브라질, 콜롬비아, 인도네시아, 나이지리아, 남아공, 터키 등 비서구 국가들의 집단 권력은 유럽, 일본, 러시아를 능가하기 시작
 - 인도와 중국의 경제적 차이는 계속 좁혀질 것이며 인도는 지금의 중국과 같은 경제 권력의 중심지로 부상

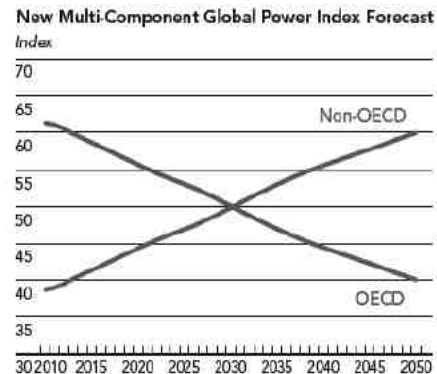
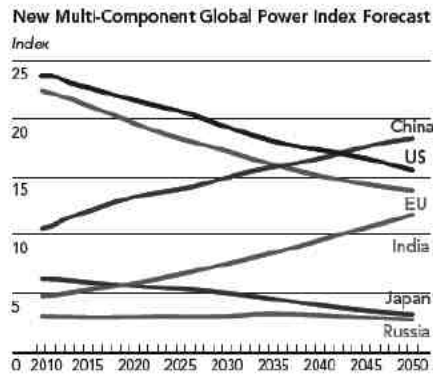


그림 7 미래 글로벌 권력 파워 지수 예측 (美NIC, Global Trends 2030)

- 커뮤니케이션 기술의 발전은 국제정책에 영향력을 행사

25) 美NIC(2014), <Global Trends 2030> 선정

하는 다양한 비국가적인 네트워크로의 권력이동을 촉진할 것으로 예상

- ICT기술의 발전으로 동시다발적인 활동, 즉각적인 반응, 공간을 초월한 대규모 조직 구성이 가능해짐

○ 대도시, 지역그룹의 권한은 급속히 커질 것으로 예상되나, 국가 및 세계적 다자간 기구는 이러한 권력의 분산 속도를 따라잡기가 힘들 것

- 기존의 서구 국가 중심의 국제 조직들이 새로운 신흥 강대국들의 부상으로 변화된 계층 구조에 맞춰 구성 변화를 겪게 될 전망

□ 동아시아 지역은 경제적 협력 속 정치적 긴장 지속

- 동아시아지역 국가들은 경제적으로는 중국, 안보를 위해서는 미국을 의식해야 하나, 때에 따라서는 자국의 이익을 위해 주변국과 대립할 가능성
- 중국 국가주의 팽창, 북한의 무력도발, 일본의 우경화 움직임에 따라 지역의 불안정성이 커지고 세계 경제에 심각한 피해를 줄 수 있음

□ 남북한 통일이 될 경우, 경제적 효과와 통합비용 역시 클 것²⁶⁾

26) 현대경제연구원(2014), <통일 한국의 경제적 잠재력 추정>

- 한국의 인구구조나 부족한 자원, 좁은 내수 시장 문제점들을 개선해 줄 뿐 아니라 경제권 확대 등 한국 경제에 새로운 성장 모멘텀을 가져다 줄 것
 - 통일 비용증가로 일시적으로 어려움을 겪을 것
 - 북한 생산 및 투자, 인구구조 개선, 남한의 자본/기술과 북한의 노동/자원 결합으로 잠재성장률이 약 1% 이상 높아질 것

□ 이민자의 정치적 영향력 강화

- 2030년 이민자 500만 시대 도래²⁷⁾
 - 2006년 이후 12년까지의 연평균 9.7%의 이민증가율이 계속되면 2030년에는 500만명으로 총인구의 10%
 - 이민의 역사가 오래된 미국과 서구권의 사례를 볼 때 늘어난 이민자 인구는 정치적으로 세력화 하며, 그 규모는 지역별로 편차가 클 것

27) 경기개발연구원(2013), <한국 이민정책의 새로운 탐색>

제3장 SW가 만드는 미래

1절 미래의 변화는 실험실에서만 시작되지 않는다

기술이 사회를 바꾸는 것일까? 사회가 기술을 만드는 것일까?

- 엘빈 토플러는 기술이 사회변화를 근본적으로 결정하는 1차적 힘을 제공하는 것²⁸⁾으로 보았으며, 학계에서는 이를 기술결정론(Technological Determinism)이라 부름
 - 대표적인 예로서 인쇄기술의 등장이 르네상스를 만들었고, 결과적으로 인간의 의식과 사회구조까지 변화시킨 것으로 설명함
 - 이에 따르면 기술은 독립변수, 사회는 종속변수가 되어, 기술이 미래전망의 유일한 관찰대상이 됨
 - 기술결정론자 들은 유토피아적인 입장에서 미래를 그리는 경향이 있음²⁹⁾
- 반면, 기술의 사회적구성론(Social Construction of Technology)은 아무리 훌륭한 기술일지라도 인간을 매개로 할 때만 가능

28) 엘빈토플러, <<제3의 물결>>

29) 이호규외(2004), <새로운 미디어와 유토피아적 이미지의 진화>, 정보통신정책연구원[KISDI]

하므로 인간의 선택과정에 종속될 수 밖에 없다는 입장
임

- 기술결정론 입장의 대표사례인 인쇄기술→르네상스→
사회변화 라는 인과관계 주장은 당시의 사회상황을 제대로
고증하지 못했다는 비판을 받음³⁰⁾
- “필요는 발명은 어머니” 는 사회적구성론 입장이 반
영된 격언으로서, 법·제도와 마찬가지로 기술도 사회의
암묵적 필요 또는 명시적인 요구에 의해 생겨난다고 보는
것임.

□ 본 보고서 에서는, 기술과 사회는 서로 영향을 주고받는
다는 기술 사회론³¹⁾의 입장에서 미래를 조망하고자 함

- 기술→사회 또는 사회→기술의 순서로 영향을 준다는
일방향적 관점 대신 기술체계와 사회체계가 서로 영향을
주고받으며 상호의존적으로 변동해 나간다는 관점이 정설로

30) 엘리자베스 L. 아이젠슈타인(2008), <<근대 유럽의 인쇄 미디어 혁명>>(전영표 역),
커뮤니케이션스북스,

“르네상스는 인쇄기가 발명되기 이전에 이탈리아에서 이미 시작됐고 종교개혁 당시에 인쇄
술은 신교와 구교 모두가 사용할 수 있었으며, 과학혁명에 고대 자연 철학자들의 권위 있는
서적의 광범위한 배포로부터 등장한 것이 아니라 고대의 권위를 비판하면서 자연을 해석하
는 새로운 이론적, 실험적 방법론이 제창되면서 진행됐다. 인쇄술이 지식을 민주화시켰다는
주장도 과장된 것인데 16~17세기는 물론 18세기 내내 종이의 원료가 비싸서 일반 대중이 쉽
게 사기에는 책값이 너무 비쌌고 이와 맞물려서 18세기 초엽까지도 유럽의 문맹률이 60~70%
에 이르렀다.”

31) 김문조(2007), 과학기술사회론 - 학문적 발전과정 및 전망, 고려대학교 한국사회연
구소

받아들여짐³²⁾

구분	기술결정론	사회구성론	기술사회론
시기	50~60년대	70~80년대	90년대 이후
기술의 역할	원인	결과	원인이자 결과
행위자(사회 구성원)의 입장	이득자 (또는 피해자)	관심자	신중한 중재자
정책의 역할	기술체제 강화	사회적 합의 도출	기술의 확산 (민주화)

표 11) 기술체제와 사회체제의 관계
- Lars Fuglsang(2001) ³³⁾을 번역함

미래는 학계, 기업, 소비자, 정부/비영리 기구의 상호작용 결과

□ 기술사회론에 따르면 과학과 공학 분야 기술자 뿐 아니라, 각 사회부문의 비기술자도 변화에 영향을 주는 행위자가 될 수 있음

- SW기술에 영향을 주는 비기술자 그룹은 SW 사용자 그룹과 법과 제도를 통해 SW기술 선택에 영향을 주는 정부·비영리기구로 이루어짐

32) 김문조(2008), 한국사회의 메타트렌드와 신사업모형, KT경제경영연구소

33) Lars Fuglsang(2001) "Three Perspective in STS in the Policy Context" in S. Cutcliffe & C. Mitcham, Vision of STS, State University of New York Press

- 최근의 R&D모델도 기술사회론의 상호작용 입장을 지지함
 - 1세대 R&D모델은 기초연구(과학)→응용연구(국방)→개발연구(민간)의 선형모델로서 혁신의 전과과정을 단방향으로 설명하였음
 - 그러나, 2000년대 4세대 이후의 R&D는 공통적으로 소비자 트렌드와 기업의 비즈니스 전략과의 밀접한 관계를 강조함
 - 연쇄모델³⁴(Chain-Linked Model)도 마케팅에서 판매에 이르는 비기술적인 단계전체가 R&D가 상호 피드백하는 것을 기업차원에서 최적화된 모델로 정의함
- 특히 SW기술은 범용기술³⁵이면서도 공공재³⁶적인 성격으로 사회 전반에 활용되는 특성으로 대한민국 정부가 “SW중심사회(Software Oriented Society)” 전략을 공표함³⁷
 - SW중심사회에 대한 논의의 또 다른 예로 “Why Software is eating the world?”³⁸를 들 수 있음.

34) Kline & Rosenberg (1986), “An Overview of Innovation” (Landau, R and Rosenberg, N. ed. <The Positive Sum Strategy : Harnessing Technology for Economic Growth>)

35) 에릭 브린올프슨, 앤드류 맥카피(2013), <<기계와의 전쟁>>, 틱움 출판사

36) SW는 물질재와 달리 다른사람이 소비하더라도 물건가치에 변화가 없으며(비경합성), 댓가를 지불하지 않고도 사용(비배제성)할 가능성을 지녔다는 것이며, 저작권 허락없이 아무나 공짜로 쓸 수 있다는 의미는 아님

37) 미래부·관계부처 합동(2014.7.23.) “소프트웨어 중심사회 실현전략”

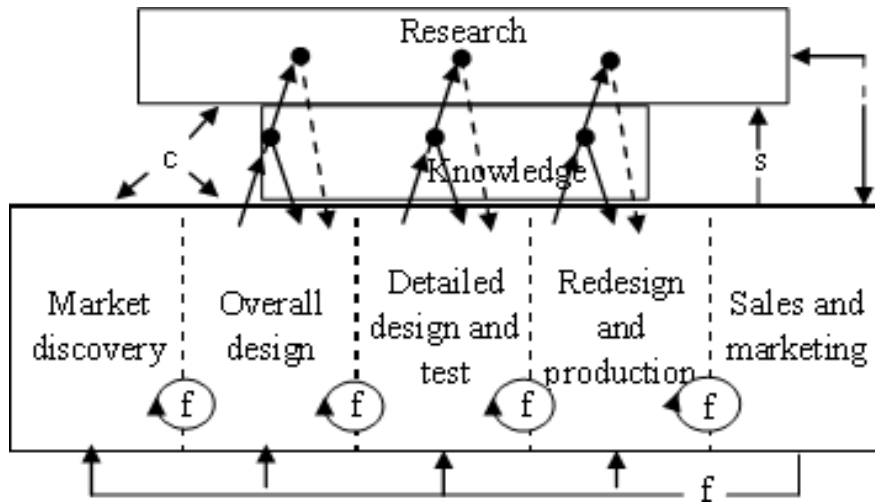


그림 8 기업단위의 R&D 최적화 모델인 연쇄모델(Chain-Linked Model)

- 이에 따라, 본 보고서에서는 사회집단을 학계, 기업, 소비자, 정부 · 비영리 기관으로 분류하고 각 집단이 SW와 영향을 주고받으며 만들어나가는 미래를 전망함

38) 미국의 벤처투자자인 Marc Andreessen이 2011년에 The Wall Street Journal에 발표한 아래는 “Under The Radar” 라는 블로그 (<http://undertheradar.co.kr/about/>)에 Andreessen과 그의 에세이에 대해 요약된 내용임:
<http://undertheradar.co.kr/2013/07/22/%EC%99%9C-%EC%86%8C%ED%94%84%ED%8A%B8%EC%9B%A8%EC%96%B4%EA%B0%80-%EC%84%B8%EC%83%81%EC%9D%84-%EC%A7%91%EC%96%B4%EC%82%BC%ED%82%A4%EA%B3%A0-%EC%9E%88%EB%82%98why-software-is-eating-the-world/>

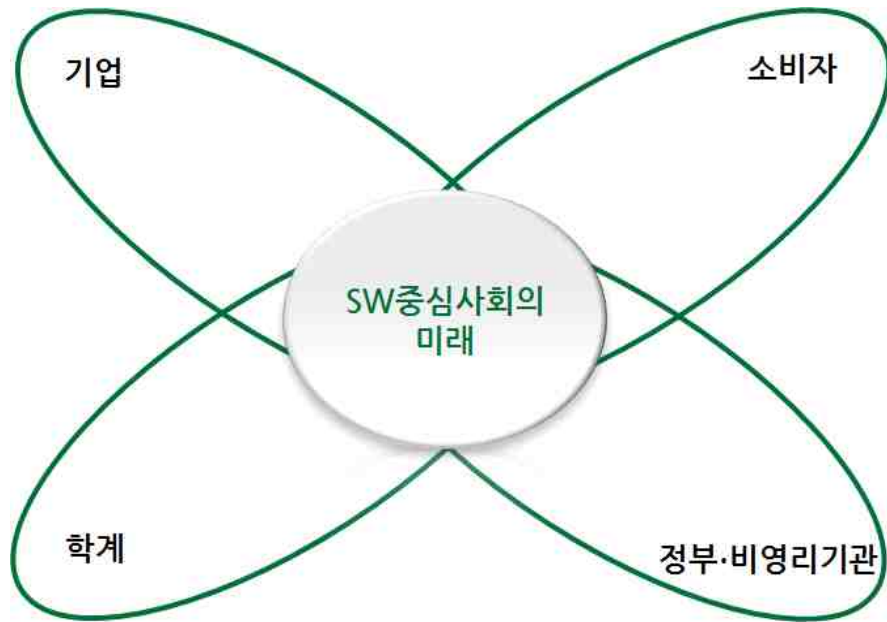


그림 9 SW와 영향을 주고 받는 사회집단

2절 SW중심사회의 미래 : 학계

- 모든 과학자에게 SW기술이 필수가 된다.

□ (과거) 과학은 SW혁신의 수동적인 수혜자로서, 기후변화 모델링에서 유전자분석까지 과학의 목적을 위해 고성능 컴퓨터를 활용하는 것으로 인식

□ (오늘날) 과학이 정보를 수집하고, 가공하고, 전달하는 역할이 점차 증가하면서 SW가 과학의 혁신동인이 됨

- 컴퓨터과학을 ‘정보를 기술하고 변형하는 알고리즘 프로세스에 대한 체계적인 연구’로 본다면, 컴퓨팅은 훨씬 더 과학에 영향을 끼침

1)가상교육비중증대	온라인 교육(MOOCs)과 가상 참여학습 확대
2)과학 데이터의 폭발	공동연구를 위한 표준화, 데이터 금광
3)컴퓨터화된 과학	이론과 실험의 경계 모호해짐, 미세 로봇과학자
4)인터넷의 연구 플랫폼화	SETI@Home, 공동개발문화
5)생물을 닮은 컴퓨터	DNA코딩, 자연어 추론
6)양자 컴퓨팅	유전자 분석, 암호해독 용이
7)센서 네트워크로 연구	자연환경(병하, 지표) 실데이터 수집 용이
8)자가 제작 실험장비	오픈소스 마이크로컨트롤로 고가의 실험장비를 제작

그림 10 SW가 학계에 미치는 영향

- 2)~7)번은 2006년 Nature 지에 게재된 ‘2020 Computing’ 에 기반하여 소프트웨어 정책연구소에서 시간 축을 2015~2025년으로 이동시

켜 최근의 상황으로 추가·재구성한 것임

1) 가상교육의 비중 증대

□ 온라인 교육(MOOC ; Massive Open Online Course)의 일상화

- 2008년 Khan Academy의 성공에 뒤이어 2011년 스탠포드의 두 엔지니어링 교수가 세 가지 가장 인기 있는 과목을 온라인 세계에 무료로 내놓기 시작하면서 MOOC 활성화

- MOOC와 기존의 인터넷 강의와의 차이점
 - . 기존 온라인 교육과 비교했을 때에 MOOC가 갖는 큰 틀에서의 차별점은 수업료가 무료(Open)라는 것과 강의 등록자 수의 제한이 없다는 점임(massive)
 - . 인터넷 강의를 일종의 ‘사교육’으로서 학교 장외에서 학습 도우미 역할에 그쳤던 것과는 달리, MOOC는 기존 명문 대학에서 진행되고 있는 실제 강의를 온라인으로 개설하고 가르친다는 점에서, 더욱더 ‘학교 교육’에 가까움
- MOOC의 특징
 - . 평균 15분 정도로 짧게 나뉜 강의 영상(Short Video)
 - . 스케줄에 따른 수강 신청 시스템(Enrollment)
 - . 퀴즈와 시험을 통한 학습 진도 관리(Learning Management)
 - . 자동화된 채점 시스템 (Automated Testing)

- . 동료 평가 시스템(Crowd-sourced Peer Assessment)
- . 같은 시기, 함께 수업을 듣는 사용자 간의 온-오프라인 커뮤니티 형성(Interactive User Forum)
- . 강의 유료 시 인증서 발급(Certification)

□ 학교는 지식의 전달이 아닌 실감형, 체험형 교육의 장소로 변화

- 학교 수업이 양방향, 네트워크형 수업으로 변화
 - 기존의 일방적 지식 전달은 MOOC에서 소화하고 학교에서의 오프라인 수업은 참여형, 프로젝트 형 수업 위주로 더욱 확대 될 것
 - 참여형, 프로젝트 형 수업의 도구로 인터넷을 활용하게 됨으로 다시 온라인 교육이 강화되는 선순환 구조가 만들어 질 것

2) 과학데이터의 폭발

□ 기초과학과 사회과학에 데이터 처리를 위한 SW기술 필수화

- (기초과학) 데이터의 수집과 분류의 자동화
 - 생물학이나 천문학에서의 실험데이터 또는 수집된 데이터는 거대함
 - 과학에서 대규모 데이터 처리는 비용과 자동화 기기의 효율성이 필요함
 - . 데이터 수집, 저장, 가설 형성 및 실험 : 과학의 미래는 모든 면에서 자동화를 확대시킬 것임

- (사회과학) 설문조사를 하느니 SW에게 묻는다.
 - 인간과 사회를 연구대상을 삼는 경영학, 경제학 등의 사회과학 분야에서의 주된 연구방법은 설문조사였음
 - SNS와 센서기기의 보급으로 보다 정확하고 상세한 인간의 활동 데이터를 수집하여 분석할 수 있는 환경으로 변화
 - 이를 통해 전통적인 설문조사의 단점³⁹⁾을 보완하고 결과 분석의 신뢰도를 높일 수 있을 것임

□ 과학 데이터는 이미 빅데이터 임

- 오늘날 대부분의 과학자들은 연구기록들을 연구노트 대신 데스크탑 컴퓨터로 대체하여 과학 논문을 포털로

39) 설문조사의 고비용 구조와 이에 따른 표본(Sample) 수 부족 등

- 제공한다거나 전자 메일을 통해 공유하는 방식을 사용
- 이러한 컴퓨터들 역시 Matlab, Mathematica와 엑셀 등을 통해 데이터 분석을 하고 있지만 수백만에 달하는 데이터 기록들을 감당하기에는 역부족
 - 2025년에는 과학연구 방식이 크게 바뀌어 지금의 전통적인 연구 프로세스 중 남아 있는 것은 거의 없을 것으로 예측하고 있음

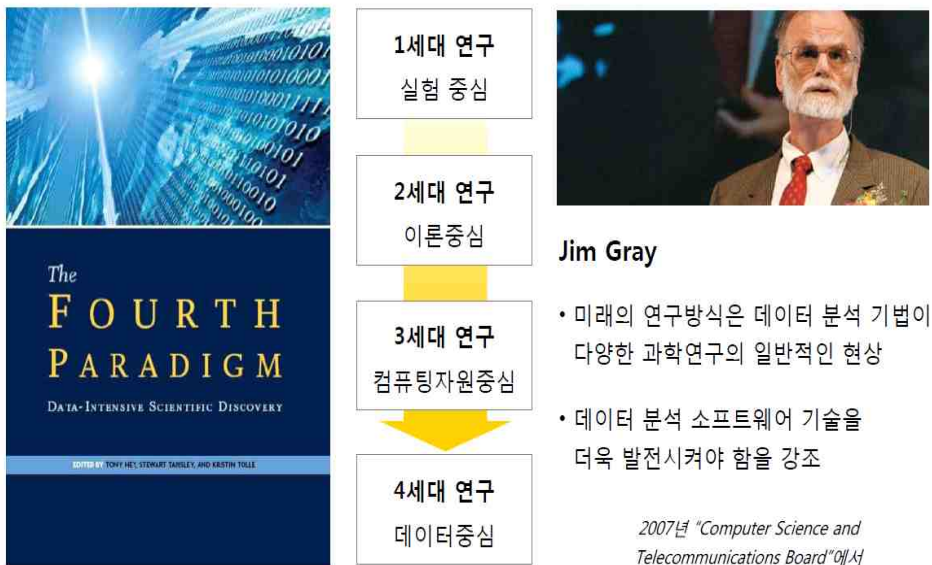


그림 11 과학연구 패러다임과 빅데이터

- 출처: KISTI, 국가 과학기술 빅데이터 공유활용체계 구축, 2014.10.14, SPRi Forum

- 데이터 불륨이 증가함에 따라, 지식을 추출한다는 것은 점점 더 힘들어짐
 - 과학자들은 어떤 큰 그림을 그릴 수 있도록 하기 위해

각 분석단계에서 매 스텝마다 작은 데이터 셋을 만들어 내는데 이러한 데이터를 구성하고 정렬하고, 줄이는데 많은 시간을 소요하기 때문임

- 또한 매년 수 petabyte 분량의 큰 데이터 볼륨을 만들어 내는 많은 과학 도구들이 늘어나고 있음
- 이러한 데이터 홍수를 해결하기 위한 체계적인 데이터 베이스 기술의 활용은 과학 프로세스의 핵심부분이 되어 가고 있음

□ 동일한 언어 (Same language)로서의 SW

- 과학자들은 점점 더 복잡한 데이터 분석을 해야 할 것이고 여러 분야의 다양한 그룹과 데이터를 공유하고 협력해야 할 것임
 - 향후 중요한 과학적 발견은 다양한 다른 기술을 가진 혼합팀 즉, 생물학자, 물리학자와 화학자뿐만 아니라 컴퓨터 과학자, 통계학자, 데이터 시각화 전문가 등으로 혼합되어 구성된 팀에서 만들어 낼 가능성이 높음
- * 오늘날의 대학원 학생들은 전공 외에도 자료관리, SW 및 통계 기법에 대한 지식이 반드시 필요할 것임
- 상호 협업을 위해서는 공유를 위한 표준화가 매우 중요
 - 수많은 과학자들이 인터넷을 통하여 질문을 주고받는

협업이 이루어지고 있고 이를 위한 데이터 공유 표준을
요청하고 있음

□ 데이터 금광 (Data Gold Mine)

- 학제간(Multidisciplinary) 데이터베이스는 과학 연구 수행을
풍부하게 해주는 환경 즉 과학자들이 새로운 데이터를
수집하고 그것을 다른 데이터 집단과 결합시키고 또 다시
요약 데이터로 공용 데이터 집단으로 되돌려 주는 환경을
제공
- 과학자들은 더 이상 과거 방식으로 실험을 진행하지
않고 데이터 베이스에 있는 ‘금광’ 을 통하여 지금까지
없었던 새로운 패턴과 발견을 시도
 - 그러나 인터넷의 속도가 이러한 빅데이터를 받쳐 줄 수
있는지는 미지수임
 - 따라서 미래에는 대용량의 데이터로 하는 작업은 자신의
워크 스테이션으로 복사하는 것 대신 연산을 데이터로
보내는 방식이 될 것임

3) 컴퓨터화 된 과학

□ 이론과 실험의 경계가 모호해짐

- SW의 진보는 이론과 실험 사이의 경계를 흐리게 하는

새롭고 강력한 과학의 형태를 가져올 것임

- 높은 수준의 자동화는 필수적이거나, 그것이 인간의 이해와 통찰력의 대가로 얻어질 수 있는 것은 아님
- SW는 과학의 가설을 테스트하거나, 지원하는데 중요한 역할을 하게 되며, SW의 도움 없이는 많은 과학분야는 지속성장할 수 없게 됨

□ 미세 로봇과학자(Miniature roboscience)의 등장

- 로봇은 경험하는 가설의 결정을 위한 경험을 선택하기 위해 유도할 수 있는 논리적 프로그래밍 형식을 사용
 - 로봇 전략은 비용과 랜덤 경험 선택에 근거해 수행된 두 개의 다른 자동화 전략뿐만 아니라, 사람에게 부여된 동일한 업무를 수행함으로써 최상으로 수행됨
- 과학자들은 이미 컴퓨터에 의해 통제되고 지시되는 미세 유체학(microfluidics)을 이용해 칩 위에 미세한 실험실을 만드는 것이 가능
- 미세유체 시스템은 화학 반응의 특정 절차를 수행하도록 설계되어 있지만, 더 나은 유연성을 위해 ‘화학 튜링 기계’ 라고 부르는 영역을 개발

□ 로봇은 다양한 에이전트 기술로서 발전해 가고 있으며, 2025년 까지 초보적인 감성인식이 가능한 수준이 될 것

- 로봇에 의해 직접적인 기사의 작성이 가능한 수준에 이르고 있으며, 휴먼 로봇(Pepper)이 등장
 - 로봇은 딥러닝(deep learning)을 통해 단순한 실험실 로봇을 넘어서 스스로 학습하고 이해하는 수준으로 발전해가고 있음
- 시스템생물학에서도 인간게놈의 분석기술은 급속도로 발전하여, 기간 및 비용에서 효용성을 담보할 수 있는 수준에 이름
- 대용량의 데이터 처리는 빅데이터 기반 기술을 통해서, 가능해지면 추론기능을 더하면서 연구로 하여금 보다 창의적인 활동에 집중할 수 있도록 할 것

4) 인터넷의 연구 플랫폼화

□ 인터넷은 과학자의 연구 방식을 바꾸어 가고 있음

- 실험실, 시뮬레이션, 연구데이터가 컴퓨터화하고 인터넷으로 연결되어 공동연구가 활성화됨
- 개인용 컴퓨터의 유휴 시간을 활용하는 그리드 컴퓨팅으로 커다란 계산 문제를 작게 나누어 여러 곳에서 병렬로 계산

- 많은 계산이 필요한 물리, 의료, 생물 분야의 문제를 분산 병렬 계산 (예. SETI@Home)
- 사회적 영향 연구, 가상 세계를 이용한 교육 및 치료 등 교육, 심리, 사회학 연구에도 활용
- 공개 소프트웨어 개발에서 보여준 인터넷을 이용한 공동 개발 문화는 소프트웨어나 서비스 자체와 더불어 과학 연구에서의 무한한 가능성을 보여 줌

5) 생물을 닮은 컴퓨터

□ SW로 생명체를 닮은 컴퓨터를 만든다.

- 생명체의 활동 궤적(trajjectory)은 암호화된 생명체 자신의 게놈(genome)⁴⁰⁾에 의해, 기능분자(functional molecules)⁴¹⁾와의 상호작용으로 결정되고, 이러한 암호화된 기능분자는 외부 변화에 영향을 받음
 - 생물학적 시스템의 다이내믹한 상호작용은 중앙저장 프로그램 (a central stored program)에 의해 대부분 결정됨
- 컴퓨터 사이언스의 발달로 자연어에서 추론이 가능하게 하는

40) 한 생물이 가지는 모든 유전 정보. '유전체'

41) 원자의 결합체 중 독립 입자로서 개별 기능을 담당하는 단위체. 독립된 기능 입자로 행동한다고 볼 수 있는 원자의 결합체

새로운 형식이 필요하게 되고, 또한 이를 물리적 장치에서 실행이 가능하게 하는 여러 방법들이 등장할 것임

- o 생물학에서는 DNA 스크립트를 절차적 언어로 된 명령어 세트에 구성된 일종의 실행 코드(executable code)로 보고 있음
 - 그러나, 아래 그림은 생물학적 시스템과 폰 노이만 컴퓨터 사이의 비교를 통해 이들 사이에 중요한 차이를 설명
 - 예를 들어 생물학적 시스템은 컴퓨터 시스템과 비교해서 상대적으로 코드의 경계, 모듈화 정도, 고정된 실행순서, 암호화된 성분의 자기 조립정도, 프로세서, 입출력 요소간의 명확한 경계 등이 모호

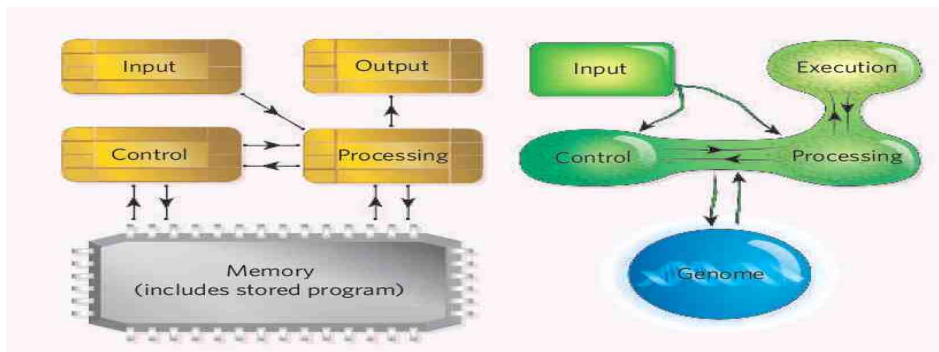


그림 12 현재의 컴퓨팅 시스템(좌)와 생물학적 시스템(우)의 공통점과 차이점을 비교.

- 정보취득, 진행, 결정 및 실행 등에 컴퓨터 시스템과 같은 뚜렷한 구분이 없음

- 그간 많은 시도와 실패도 있었지만, 2025년까지 컴퓨터 사이언스가 발전하고, 정보에 대한 처리, 이미지화 및 통합 등에 영향을 미친다면, 이러한 발전은 우리에게 생물학적 시스템에 대한 더욱 깊은 통찰과 이해를 제공할 것으로 기대

6) 양자 컴퓨팅

□ SW의 또 다른 도약대, 양자 컴퓨터

- (전자식 컴퓨터) 컴퓨터는 bit단위(0과 1)로 기록되어있는 데이터를 저장장치에서 읽어 연산장치를 통하여 연산을 한 후, 다시 저장 장치의 데이터를 고쳐 쓰는 튜링머신의 구조를 이용함
- (컴퓨터의 발전) 이러한 컴퓨터는 집적화, 소형화, 고속화, 대용량화의 방향으로 선형적으로 발전하여 작은 스마트폰 부터 강력한 슈퍼 컴퓨터까지를 만들어냄
- (양자컴퓨터-quantum computer) 1983년 파인만, 양자역학을 이용한 기존 컴퓨터보다 수천 배 이상 빠른 컴퓨터 개념을 제시
 - (큐비트-cubit) 양자 컴퓨터의 기본 데이터 단위, 양자역학의 0과 1이 동시에 될 수 있는 중첩현상(superposition)과 n개의 전자 2의 n승개의 상태를 공유하는 얽힘 현상(entanglement)을 이용
 - (양자병렬성-quantum parallelism) 얽힘 현상에 의해, n개의 전자를 통해, 2의 n승배의 계산 단위를 확장시킬 수 있어 지수함수로 성능이 증가하는 효과 발생
- * 10억개의 트랜지스터는 30개의 큐비트를 가진 양자 프로세스와 정보밀도에서 비슷함

< 양자컴퓨터 개발의 난제 >

- 강력한 성능을 기대할 수 있는 양자 컴퓨터 개발에는 여러 가지 난제가 존재하여 현재까지는 만족할만한 성능의 양자컴퓨터가 출현하지 못하였음
- (HW 문제) 양자역학의 효과를 이용할 수 있는 정밀한 기계 개발, 절대온도와 잡음을 비롯한 완벽히 통제된 상황 필요
- (SW 문제) 양자병렬성을 이용할 수 있는 다양한 양자 알고리즘 개발 필요.

- 실용화되고 있는 양자 컴퓨터
 - 2011년 캐나다에서 최초의 상용 양자컴퓨터 Dwave1 개발
 - *Dwave1은 128 큐비트로 록히드 마틴사 인수
 - 2012년 노벨 물리학상, 양자컴퓨터를 만드는 기술인 단일 양자계를 조작하거나 측정하는데 선구자 역할을 했던 와이랜드와 아로시 공동수상
 - 2013년 네이처는 USC의 ‘프로그래머블 쿼텀 어닐링 (양자담금질)의 시험적 시그니처’ 라는 제목의 논문을 게재해 양자컴퓨터 등장(Dwave)을 처음으로 인정
 - 2013년 512큐비트 Dwave2 개발, 구글 인수 NASA에

설치

- (위협) 슈퍼컴퓨터를 뛰어넘는 성능의 양자 컴퓨터로 인한 기존의 암호화 알고리즘의 보완 필요
 - RSA를 포함한 많은 암호화 알고리즘이 인수분해와 같은 수학적 공식에 의해 이루어져 있으며, 기존 컴퓨터로는 수십만 년의 시간이 소요될 계산을 양자컴퓨터는 수시간 내에 풀어낼 수 있음

- (기회) 모든 문제에 양자컴퓨터가 적합한 것은 아니나, 유전자 분석, 리스크 분석, 패턴인식이나 인공지능과 난제 분야의 획기적인 발전을 기대
 - 현재의 양자 컴퓨터는 조합최적화 같은 경우 강력한 성능을 발휘하나, 일반적인 컴퓨터에서 가장 많이 사용되는 사칙연산의 경우, 기존 컴퓨터와 비슷하거나 낮은 성능

7) 센서 네트워크로 연구

□ 초소형 컴퓨터와 센서의 네트워크가 확산

- 컴퓨터, 사무실을 나와 온 세상으로 퍼지다
 - 1970년대의 육중한 메인프레임 컴퓨터 터미널 앞의 작업자들은 지금처럼 노트북, 스마트폰으로 둘러싸인 사무실 환경을 상상했을까?

- 컴퓨터의 소형화는 멈추지 않아 동전 크기의 초소형 컴퓨터가 등장
- 자연환경과 인체의 상태를 감지하는 센서는 더 작게 먼지 (Smart Dust)⁴²⁾의 수준으로 초소형화 되고 상호연결 되어 센서웹(Sensor Web)을 구성

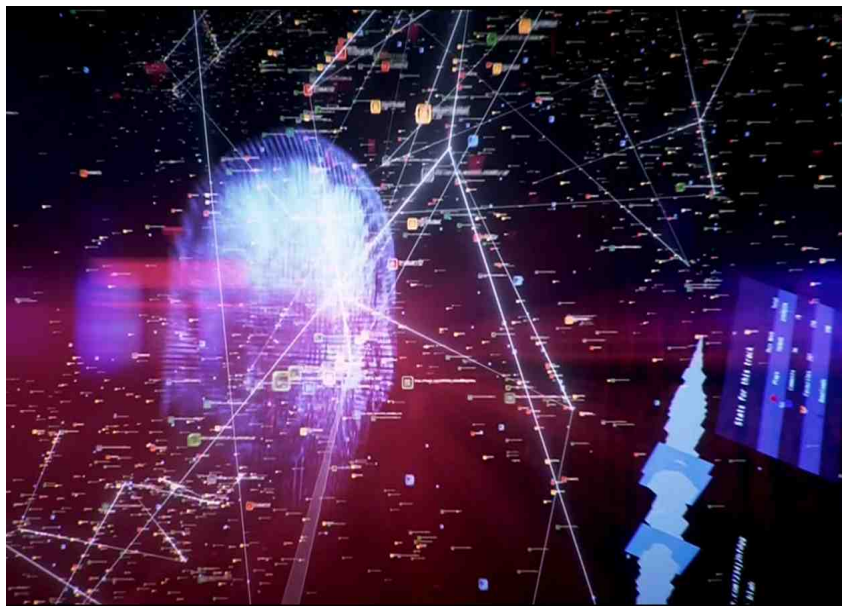


그림 13 영화 '트랜센던스'(2014)의 센서 네트워킹 장면

- 2006년에 이미 과학계에서는 센서 네트워크를 이용하여 자연 환경의 실데이터를 수집
 - 빙하이동 연구를 위하여 얼음에 구멍을 뚫어 상호 통신하는 초소형 센서 12개를 설치하여 온도, 압력, 움직임을 측정
 - 지표의 생물학적 다양성과 지력(地力)회복 주기 연구를 위하여

42) Smart Dust : 먼지 크기의 매우 작은 센서들을 건물, 도로, 의복, 인체 등 물리적 공간에 먼지처럼 뿌려 주위의 온도, 습도, 가속도, 압력 등의 정보를 무선 네트워크로 감지, 관리할 수 있는 기술

지표에 센서를 심어 온도, 습도 데이터를 주기적으로
실험실로 전송

- 과학계에서 연구의 큰 축인 자연 관측 활동은 대부분 인터넷을 통한 수집으로 바뀌게 될 것임

- 그러나, 2006년 당시 센서 네트워크의 보편화에는 비용과 노력이 편익보다 높았음
 - 센서의 구입단가만 \$300, 개발비용을 합하면 개당 \$1,000 에 육박
 - 표준화 되지 못한 센서 통신방식도 어려움을 가중

- 2014년 현재는 RFID → M2M → IoT 로 이어지는 만물 통신의 폭발 초입단계임
 - RFID를 이용한 수cm~수십미터의 비접촉식 데이터 수집 방식에서 통신사업자의 백분망을 이용하는 M2M 단계를 지나 , 모든 사물이 광대역 인터넷에 연결되는 IoT 시기에 진입
 - 센서의 단가도 \$50 수준으로 저렴해 졌고 , 가까운 미래에 \$1 까지 떨어질 것으로 전망
 - 센서 간 네트워크에 필수인 광대역 무선 인터넷 인프라는 기존의 노후 광대역망을 회수하여 저렴하게 사용할 수 있는 환경조성 완료
 - IoT개발, 구축비 인하를 위한 기술 표준화는 향후 1~2년 내에 완료될 것으로 전망

8) 자가 제작 실험장비

□ 오픈소스로 실험장비를 자가제작(DIY; Do It Yourself)하는 것이 가능해짐

- 과학연구에서는 더 짧은 시간안에 양적으로나 질적으로 수준이 더 높은 실험을 추구하므로 , 실험장비에 일정 수준의 자동화가 필요함(예. 자동 피펫 시스템 등)
 - 실험장비를 구매하는 것이 보편화 되어 있으나 좁은 고객 층을 가지고 있기에 전통적인 제조방식에 따른 원가부담으로 가격이 매우 비싸 부분적으로만 자동화
- 아두이노⁴³⁾ 같은 오픈소스 하드웨어의 등장으로 실험실 단위에서 실험장비를 직접 제작하여 사용할 수 있게 됨

□ 자가 제작 실험장비의 사례

- 소형 실험실을 위주로 오픈소스 마이크로 컨트롤러로 고가의 실험장비를 저렴하게 대체할 수 있음
 - \$6,500 상당의 항온항습 챔버를 아두이노 컨트롤러와 소형 냉장고를 이용하여 \$400에 제작⁴⁴⁾
- 시제품 생산에 채택 가능한 오픈소스 3D프린터⁴⁵⁾도 활

43) 단일보드 마이크로 컨트롤러로서 전자기기의 두뇌역할을 하는 오픈소스 하드웨어.
<http://www.arduino.cc>

44) Josua M. Pearce(2014), << Open-Source LAB >>, ELSEVIER

발하게 발전하고 있음

□ 오픈소스SW가 통제하는 자가 제작 실험장비

- 자가 제작을 가능하게 하는 오픈소스 하드웨어는 오픈소스 소프트웨어로 동작함
- 오픈소스 하드웨어 생태계도 커뮤니티 중심 개발 및 라이선스 공유 등 오픈소스 SW생태계와 유사함

45) <http://www.reprap.org/>

3절 SW중심사회의 미래 : 기업 - SW가 대체하는 기업의 일자리

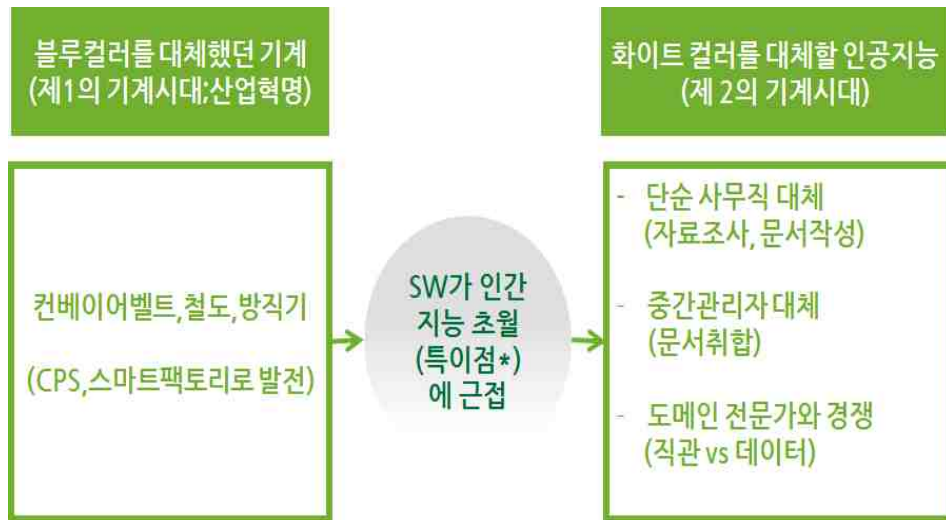


그림 14 SW가 일자리에 끼치는 영향

□ 산업혁명(제1의 기계시대)은 인간의 육체노동을 대체

- 컨베이어 벨트, 방직기, 철도와 자동차는 근육의 힘을 사용하는 단순 육체 노동자를 대체하였으며, 경제학자 그레고리 클러크는 당시의 역사를 아래와 같이 기록⁴⁶⁾

“20세기 초 이미 사라져버린, 산업혁명 초기 고용에 관한 이야기이다. 산업혁명 직후인 1901년, 영국에는

46) 그레고리 클러크, <<The Farewell to Alms : A Brief Economic history of the world.>>, 프린스턴대학출판,2007년

일하는 말의 숫자가 가장 많아 무려 325만 필에 달했다. 장거리 수송용 말은 청도로 대체되었고, 기계구동을 위한 말은 증기엔진으로 바뀌어 가고 있음에도 불구하고, 말은 밭을 갈고 짧은 거리의 마차와 짐을 옮겼으며.....(중략)..... 하지만, 내연기관의 등장으로, 말의 수는 빠르게 감소하기 시작했고, 1924년에는 200만 마리도 채 안되었다. 일하는 말들이 받는 댓가로는 그들을 먹이기조차 힘들었다.” 47)

□ 제2의 기계시대는 SW가 인간의 정신노동을 대체

- 산업혁명 당시의 증기기관처럼 SW기술도 범용기술로서 사회 곳곳에 침투하여 경제전반에 큰 영향을 미침⁴⁸⁾
 - SW기술도 증기기관에 못지않은 영향력을 갖고 있기 때문에 앞으로 수십 년 동안 보완 혁신이 이루어지면서 생산성을 계속 높일 것으로 예상
 - . 게다가 증기기관이나 전기와 달리, 자신의 힘을 디지털로 완벽하게 복제하고 조합 혁신을 위한 기회를 더 많이 만듦으로써 기하급수적인 속도로 개선될 것
 - SW로 인한 경제적 효과가 아직 제한적으로 관찰되는 이유는, 범용 기술의 출현과 그것이 주는 생산성 혜택 사이에 시간 지체 현상 때문
 - . 전기화 시대⁴⁹⁾처럼 범용기술을 보완하는 기술까지 발전

47) 에릭 브린올프슨&앤드류 맥아피(2013), <<기계와의 전쟁>>, 퇴움 출판사

48) 에릭 브린올프슨&앤드류 맥아피(2014)a, <제2의 기계시대>, 청림출판

49) 1890년대 증기기관을 전기모터 등으로 교체하던 시기로서, 동력원이 교체되었음에

하면 생산성 효과는 기하급수적으로 가속화 될 것

- SW는 단순 사무직에서부터 인간만의 영역으로 여겨지던 업종 전문가의 일자리에도 영향을 끼칠 것
 - 판매시점관리(POS) SW는 소매업종의 단순계산 업무를 효율화함
 - 전사적자원관리(ERP) 와 각종 물류/재고/생산관리SW는 각종 경영현황 자료를 취합하는 중간관리자 업무를 대체함
 - 데이터 기반 경영을 적극적으로 추구하는 기업에서는 SW가 업종전문가를 능가하는 더 나은 의사결정을 CEO에게 권고하게 될 것⁵⁰⁾

- 궁극적으로 인공지능의 발달로 인간의 정신적 활동 상당 부분을 SW가 처리할 수 있게 될 것
 - 레이 커즈와일은 2045년 경, SW가 인간의 지능을 초월하는 특이점(Singularity)이 온다고 주장함⁵¹⁾
 - . 무어의 법칙과 트리즈의 기술 진보 법칙을 확장하여 기술의 기하급수적인 성장을 설명
 - . 기술 발전의 역사적 분석은 일반적으로 생각하듯 직선 상승형 그래프가 아닌 곡선 그래프로 그려지므로 인공지능의

도 처음에는 생산성 증가가 미미했으나 전기모터에 맞는 프로세스와 공장배치를 도입한 이후 생산성이 폭발적으로 증가함

50) 에릭 브린올프슨&앤드류 맥아피(2014)b, <Artificial Intelligence meets the C-suite>, McKinsey & Company

51) 레이 커즈와일(2006), << 특이점이 온다 >>, 김영사

발전도 선형적 성장이 기하급수적인 성장을 보일 것이라고 예측함

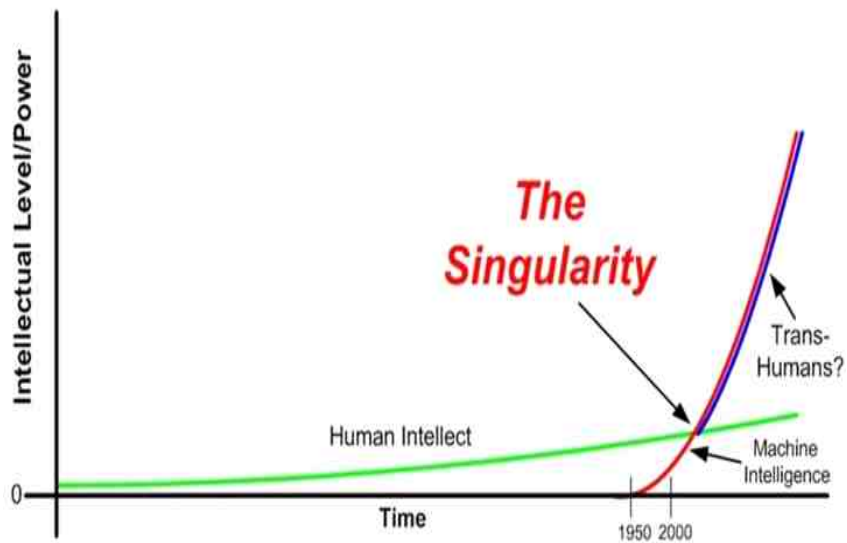


그림 15 레이 커즈와일의 특이점 예측 그래프

- 자동 통번역 시스템, 신문 기사 작성, 법률 문서 분석 프로그램 등 인간 고유의 지각 능력과 판단력이 필요한 부분에 이미 인공지능을 활용 중임.⁵²⁾

- SW와 일자리의 2025년 예측

- 디지털 기술로 인한 ‘고용없는 성장’은 세계 공통의 현상으로 이미 시작된 것으로 보임
 - 과거에는 기업이 이익을 내고 투자를 확대할 때 일자리와 고용은 같이 늘어났으나, 지금은 금융위기가 끝났음에

52) 에릭 브린올프슨&앤드류 맥아피(2014)a, <제2의 기계시대>, 청림출판

도 고용을 늘리지 않고 있음

○ 2014년, 미국의 리서치 기관인 Pew Research Center는 2025년 까지 SW가 일자리에 끼치는 미래전망을 부정적, 중립적, 희망적 시나리오로 나누어 제시함⁵³⁾

- SW발전으로 인한 부정적 미래

- . 자동화로 인한 충격은 블루칼라 일자리에 먼저, 그 다음은 화이트칼라 일자리에겐 위협을 줄 것
- . 특정한 부문의 숙련된 노동자는 새로운 환경에서도 일을 지속 할 것이나, 훨씬 더 많은 노동자들은 잘 해봐야 더 낮은 임금의 서비스 직종으로 이동할 것이고, 최악에는 영구적인 실업에 직면할 것
- . 교육 시스템은 미래의 일자리를 적절히 준비하고 있지 못하고, 정치/경제 기관들은 이러한 어려운 선택을 다룰 역량을 갖추고 있지 못함

- SW발전으로 인한 중립적 미래

- . 2025년까지는 SW가 인간을 대체할 정도로 발전하지는 못할 것
- . 사회/법제도/규제 구조는 일자리의 영향을 최소화 할 것

- SW발전으로 인한 희망적 미래

- . 기술이 일자리를 없애나, 역사적으로 기술은 새로운 일자리를 더 많이 만들어 왔음

- 인간은 완전히 새로운 종류의 일을 발명하고 이에 적응할 것이며, 인간만의 고유한 능력이 주는 이득은 취할 것
- 기술은 하루하루 벌어지는 따분한 일로 부터 인간을 해방시킬 것이며, 보다 긍정적이며 사회적 혜택이 있는 방향으로 “일“과의 새로운 관계를 정립할 것
- 궁극적으로는 인간이 만들어 낸 것을 통해 인간사회의 운명을 스스로 컨트롤 할 것

4절 SW중심사회의 미래 : 소비자

- SW가 바꾸는 소비자 행동

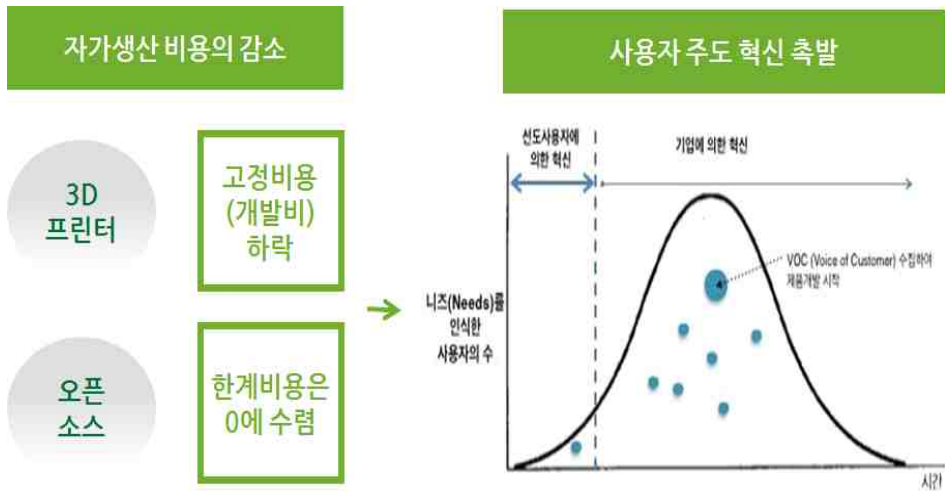


그림 16 SW가 소비자에 끼치는 영향

□ (과거) 소비자는 생산자가 공급하는 재화와 서비스를 구매

53) Pew Research Center(2014) , < AI, Robotics, and the Future of Jobs >

할지 것인지, 말 것인지만 결정하는 수동적인 구매자로서, 생산의 결과를 소비하는 수 밖에 없기에 혁신적인 아이디어가 있다 하더라도 생산자에게 의견을 제시(VOC; Voice of Customer)하는 것 정도가 최선의 역할임

- 기존의 경영, 경제이론은 산업혁명 이후에 발달해 왔기에 그 관찰대상이 생산자로서의 기업내부의 재무, 인사, 마케팅, R&D 등 이였지, 기업의 외부에 있으면서 소비자도 아니고 직원도 아닌 사용자를 관찰하는 분야에는 연구업적이 상대적으로 누적되어 있지 못했음

□ (오늘날) 소비자는 생산자의 생산품을 일방적으로 소비하는 것 뿐 아니라, 원하는 재화와 서비스를 직접 만들어 쓰는 능동적인 프로슈머⁵⁴⁾로 변화함

- 오픈소스 등 기업이 아닌 비영리 협력조직이 먼저 혁신을 이루고 이를 기업이 받아들이면서 혁신에 성공한 사례가 점차 늘어나고 있음.
 - 이러한 현상은 사용자 혁신 이론(User Innovation)⁵⁵⁾에 의해 설명할 수 있는데, 능력 있는 사용자가 가 자체적인 니즈에 의해 혁신을 일으킴
 - 사용자 혁신의 주체로서 선도 사용자(Lead User)⁵⁶⁾

54) 생산자(producer)와 소비자(consumer)의 합성어. 생산활동에 직접 참여하는 소비자. 미래학자 앨빈 토플러가 『제3의 물결』에서 처음 사용한 용어

55) Von E. Hippel(2006), <Democratizing innovation>. Cambridge,MA: The MIT Press , 2006

56) Von E. Hippel(1986), <Lead Users: A Source of Novel Product Concepts>.

는 제품이나 서비스의 기능 및 품질 개선이 필요할 경우 스스로 해결책을 찾아 자신의 비용으로 제품을 혁신하고 그 결과물을 공유함

□ 능동적인 소비자가 생산과정에 적극 참여하면 혁신의 속도, 비용, 성공가능성 측면에서 매력적임

○ 자체적인 니즈에 의해 기존 제품이나 서비스를 수정하기 때문에 기업의 혁신 프로세서보다 한발 앞서 혁신이 일어남

○ 혁신과정의 비용이 낮아지고 혁신결과가 공유될 가능성은 높아짐

- 인터넷의 발달로 커뮤니케이션 비용이 낮아져 한 사람이 아닌 사용자 혁신 커뮤니티를 구성하여 혁신에 참여하는 것이 지배적인 경향임

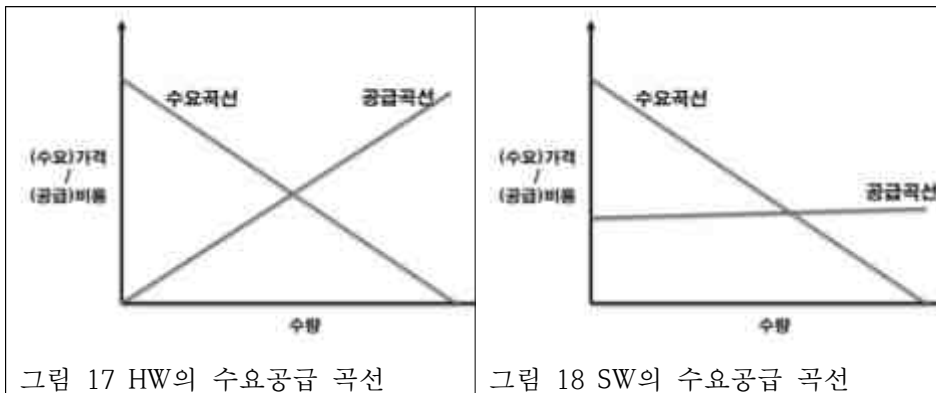
- 협력하여 기술혁신을 창출한 후 인터넷을 통하여 공유함으로 혁신과정의 비용이 낮아지고 혁신결과가 공유될 가능성은 높아짐

○ 시장 세분화 또는 포커스 그룹 인터뷰 등을 통한 전통적인 신제품 개발방식보다 성공할 가능성이 높음

- Von Hippel 교수와 Stephen 교수가 글로벌 기업 3M과 진행한 선도사용자 방법론(Lead User Method)은 기존

방식 보다 신제품의 성공율이 8배 이상 높은 것으로 알려져 있음

- SW는 일단 개발하고 나면 배포하는데 한계비용이 거의 없으며, 오픈소스를 활용하면 고정비용도 낮아지므로 선도 사용자의 참여가 용이함



- 소프트웨어의 공급 곡선을 살펴보면 공급 수량이 증가해도 비용이 거의 일정하게 유지됨. 이 공급 곡선의 기울기를 한계 비용이라고 하는데, 재화를 추가 생산하는데 들어가는 비용을 의미로서 0에 가까움

- 소프트웨어는 물리적인 실체가 존재하지 않는 만큼 처음 한번 만들면 그 이후에는 복제되거나 온라인으로 배포되기 때문에 추가 생산 비용이 거의 들지 않으므로 공급 곡선의 기울기(한계 비용)가 0에 가까워 쉽게 인터넷을 통하여 쉽게 공유

□ 현 시점에 사용자 주도 혁신이 부각되는 이유는 오픈소스 등 SW와 인터넷에 의한 협업문화의 성숙과 3D프린팅 확산 때문

○ 최근에는 인터넷의 발달로 커뮤니케이션 비용이 낮아져 한 사람이 아닌 다수가 참여하는 사용자 혁신 커뮤니티가 활발하게 등장

- 사용자 혁신 커뮤니티란 개인 또는 기업으로 이루어진 노드들이 네트워크에 참여해 전자적으로 링크로 연결되는 공동체임

- 상호 협력해 혁신을 일으키고 이를 인터넷을 통해 공유함으로써 혁신 과정의 비용이 낮아지고 혁신 결과가 빠르게 확산되는 기반이 마련됨(예. 전자메일, 메신저, 음성·영상 통화, 원격회의 등이 발달하면서 협업 비용이 계속 낮아짐)

○ 인터넷이 큰 비용 없이도 무형의 제품인 지식 서비스를 생산하고 공급하는 데 결정적인 역할을 했다면 3D프린터의 사용은 유형의 제품을 사용자가 직접 생산하는 것을 가능케 함

- 3D 프린팅이라는 용어는 1995년부터 사용되었지만, 3-D 프린팅의 기본 개념이나 쾌속조형을 위한 AM 방식 즉 “적층생산 (Additive Manufacturing)” 방식이 논문에 나타나기 시작한 것은 1980년대 후반임

- 최근에는 3D 프린팅을 활용한 혁신이 계속되면서

기술이 폭발적으로 성장하고 있고, 이와 같은 현상은 산업에 큰 획을 긋는 상업적인 쾌속조형 분야가 급성장하는 원동력이 됨

- 영국의 경제주간지 이코노미스트는 3D 프린팅을 활용한 기술적인 진보가 전통적인 비즈니스 패러다임을 뒤이어 대량맞춤 (Mass Customization)과 디지털 생산이 지배하는 “제 3의 산업혁명” 이 될 것이라고 예측하기도 함.
- 상용 3D프린팅을 넘어 오픈소스3D 프린팅도 실제 쾌속조형의 비용을 상당히 낮출 수 있으며, 모든 사람이 접근 할 수 있는 보다 개방적인 방식임
- 최근에는 오픈소스 3-D 프린터가 발전하면서, 높은 가치를 주는 제품의 적층가공, 대량 분배가 기술적으로 가능해졌으며, 모든 사람들이 혜택을 받을 수 있게 됨⁵⁷⁾

□ 과거로부터 사용자 주도 혁신은 창의적인 인간 본성에 근거하므로 역사의 대부분 기간에 자가 생산이 지배적인 경향이 있었음

- 산업혁명으로 대량생산 체제가 구축되고 생산의 효율화를 위한 분업이 본격적으로 발달하기 이전, 스스로 필요한 것은 스스로 만들거나 개량하는 자발적인 선도 사용자가 인간 본연의 역할이었음 (예. 석기의 발명, 가내수공업 등)
- 대량생산 체제의 옹호자이자 자본주의 사상의 아버지인

57) Josua M. Pearce(2014), << Open-Source LAB >>, ELSEVIER

에덤 스미스조차 그의 저서에서 (선도)사용자가 증기기관의 개량에 핵심적인 기여를 했음을 기록함

“증기기관이 최초의 발명 이래 달성된 가장 큰 개량 중의 하나는 이처럼 자기 자신의 노동을 절약하기를 원한 한 소년의 발명이었다.” 58)

- 창의성은 모든 인간의 욕구 중 최상위 욕구로서 사회가 발전하면서 자연적으로 강조될 것
 - 인간은 본래 ‘도구의 인간(Homo Faber)’ 이라고 불릴 만큼 창의적인 존재로서 도구를 만들고 쓰면서 역사를 발전시켜옴
 - 매슬로(Abraham Maslow)의 욕구단계 중 창의성(Creativity)이 가장 상위 욕구인 자아실현 단계로서 이 단계는 자신이 이룰 수 있고 만들어낼 수 있는 것을 실현하기 위해 자신의 잠재력을 극대화

58) 에덤스미스 (1776),《국부론》, 유인호 옮김, 동서문화사, 2011년

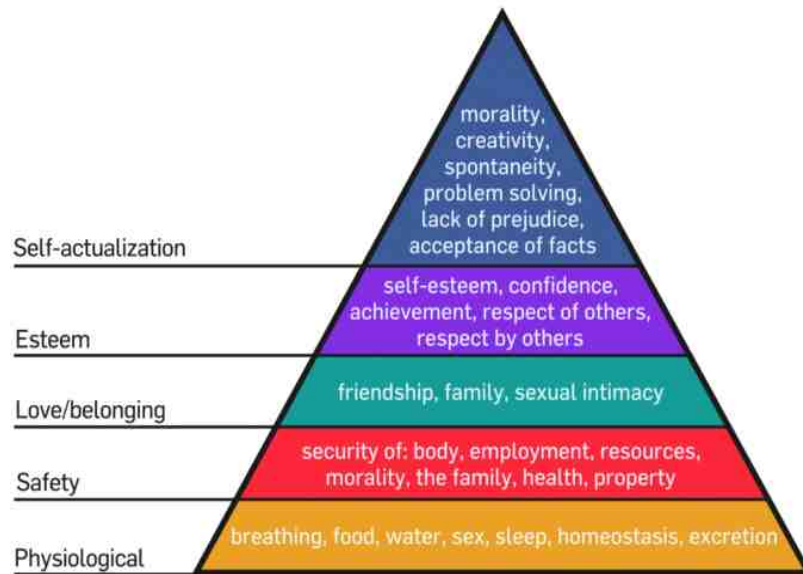


그림 19 매슬로의 욕구 단계. 가장 높은 단계인 5단계에 창의성이 위치

- 인터넷과 SW는 이러한 창의성을 발현할 범용적인 기술임⁵⁹⁾

□ (미래) 생산자 경험의 가치가 보다 인정받을 가능성 증대⁶⁰⁾

- 미래 대부분의 선진국에서는 추가 소득이 업무 만족이나 행복을 이끄는 주된 동인이 되지는 못할 것이며, 생산적 경험들이 주된 동인이 됨
 - 돈과 소비의 힘은 대개 과대평가되지만 생산적 경험의 힘은 과소평가되는 경우가 많으나, 미래에는 기량을

59) 에릭 브린올프슨&앤드류 맥아피(2013), <<기계와의 전쟁>>, 퇴음 출판사

60) 린다그래튼(2014), <<일의 미래>>, 생각연구소 출판사

펼치고 계발하는 경험, 리더십과 힘을 발휘하는 경험의
가치가 올라갈 것

- 유례없는 수준의 글로벌 연결성은 수백만 명의 업무
경험을 바꾸고, 그들을 잠재적으로 세계의 인재 자원
으로 향하게 할 것
 - 지식의 디지털화로 정보에 대한 연결성이 증대됨으로
고도의 연결성과 시간 축적, 사용자 혁신의 힘은 집단
지성을 만들어내고 아이디어들이 결합하는 오픈소스의
혁신을 이끌어 낼 것

5절 SW중심사회의 미래 : 정부/비영리기관

- SW에 대응하는 정부와 비영리기관

인터넷의 지정학적 영향력↑	공통의 관심을 공유하는 새로운 국가(Ubernet) 탄생
정부의 인터넷 통제 압력	정부통제를 거부하는 사이버 시민운동 대두
안전수요 증대	사회 안전 시스템에 SW활용, SW결함에 대한 민감도 증가
저 에너지 요구 증대	저전력SW 일상화, 에너지전달 체계의 스마트화

그림 20 SW가 정부와 비영리기관에 끼치는 영향

□ 인터넷의 지정학적 영향력 증대

- SW와 인터넷을 이용한 소셜 네트워킹은 더욱 공고해지면서 새로운 지정학적 위치를 점하게 될 것
 - 공통의 관심사, 배경, 인간관계, 지리적 위치 등의 요인에 기초해 온라인 사회망을 구축하는 기술
 - 다양한 사용자 집단이 지정학적 경계를 초월한다는 면에서 유용한 동시에 위험한 소통⁶¹⁾이 가능해질 것

61) 반체제 인사들의 메시지 전파 등

- 우버넷(Uber Net)의 탄생
 - ‘Uber’ 는 최고란 뜻으로, 인터넷상의 고차원적인 가상 국가를 일컫음. 인터넷이 지리적 경계와 국가의 통제력을 넘어 80억 인류를 한데 묶어 지배하는 시대가 도래한다는 것
 - 국가는 물론 유엔과 같은 국제기구의 권력은 약해지고 온라인을 통한 글로벌 정치가 가능해짐
 - . ‘11년 아랍의 봄과 ’ 14년 홍콩시위는 소셜 네트워킹 SW를 통해 급속히 확산됨
 - 온라인 가상국가는 인도나 중국에서 쟁기질하는 농부를 세계에서 가장 똑똑한 사람으로 만듦

□ 정부의 인터넷 통제압력과 이에 대한 저항이 일어날 것

- 각국 정부가 테러대응과 범죄증거 확보를 이유로 인터넷 감시 강화
 - 인터넷의 지정학적 효과에 유혹으로 감청·감시를 강화할 것
 - . 2012년 기준 중국, 북한을 포함한 12개국 이 인터넷 통제 국가
- 개인의 프라이버시를 보장하고 정부의 통제에 민감도가 높아져 사이버 시민 운동이 일어날 것
 - 14년 한국의 카카오톡 대화를 국정원이 실시간 감청하고 있다는 의혹만으로 사용자가 대거 외산 메신저에

가입함

○ Digital Life 2025⁶²⁾ 로 본 SW와 인터넷이 정부/비영리 기관에 끼치는 영향

- 부정적 미래

- 인터넷을 남용하는 사람들이 진화하고 늘어날 것. 인간의 본성은 바뀌지 않아서 (인터넷 상에서) 게으름, 왕따, 스토킹, 어리석음, 포르노, 더러운 트릭, 범죄가 있을 것이고 이 능력을 활용하는 새로운 사람들이 다른 사람을 불행하게 할 것
- 변화에 대한 압박으로, 정부와 기업이 인터넷에 권력 구조를 넣으려 할 것이고 안전과 규범에 호소하여 일부는 성공할 것
- 사람들이 편리함과 프라이버시 사이에서 갈등하며, 프라이버시는 수준 높은 사람들만 누릴 수 있는 무엇인가가 될 것
- 인간과 현조직은 복잡한 인터넷 네트워크의 지정학적인 도전(초국가적 정치행위, 가상국가, 디지털 외교, 위키 리스크 등)에 빠르게 대처하지 못할 것
- 대부분의 사람들은 이미 도래한 오늘날의 SW기반 커뮤니케이션 네트워크의 심층변화를 알아차리지 못할 것

- 희망적 미래

- . 정보공유가 인터넷을 통하여 일상생활에 전기처럼 눈에 안보이고 기계가 개입함으로 인간의 노력없이 일어날 것
- . IoT, 인공지능, 빅데이터는 사람들로 하여금 이 세상과 사람들의 행동에 대하여 더 많이 이해하게 할 것
- . 증강현실과 웨어러블 기기는 일생생활 모니터링, 특히 개인건강 분야에서 빠른 피드백을 제공할 것
- . 인터넷으로 정치의식과 행동이 제고되어 아랍의 봄과 같이 평화적인 변화와 저항이 일어날 것
- . 우버넷의 탄생은 간극을 줄여서 공통의 관심을 공유하는 새로운 국가가 나타나서 민족국가의 통제력을 초월할 것
- . 교육 분야에서 인터넷이 가져오는 혁명이 일어나 더 많은 기회를 제공하면서도 부동산과 교사에게 지출하는 비용은 줄일 것

□ SW의 안전수요 증대

- 사물인터넷, 임베디드SW기술의 확산으로 SW결함에 대한 민감도가 증가
 - 과거의 SW는 PC등 전산장비 내에만 주로 존재했으나, 차량/건물 등 인간 안전에 직접적인 위협이 가능한 사물이 SW에 의존하는 경향이 심화되고 있음

62) Pew Research Center(2014), < Digital Life 2025 >

- 이러한 Mission Critical 한 시스템의 두뇌역할을 하는 SW에 결함이 있을 경우, 치명적인 결과가 가능
- SW를 이용한 사회 안전 강화 요구가 증대될 것
 - 충돌방지 등 차량안전, 위험모니터링 등 원자력 발전 안전에 인공적인 시스템에 SW를 이용하여 안전성 강화할 기술적인 기회가 있음
 - . ‘15년 11월부터 EU에서는 모든 버스와 트럭에 비상 제동 및 충돌 경고 시스템을 장착하도록 법으로 의무화 함
 - . ‘19년 이후, 세계 자동차의 대부분이 어떤 방법으로든 무선 통신망에 연결되는 20 통신망과 GPS신호 조합을 사용해 잠재적인 위험이나 장애물을 운전자에게 경고해 주는 기능이 모든 국가에서 채택될 것으로 전망⁶³⁾
 - 해일, 홍수, 가뭄, 기후변화 위험감지에 SW와 센서를 이용이 확대될 것
 - . 2000년대 이후 이미 센서 네트워크와 이를 통제하는 SW를 이용하여 자연환경(빙하, 지표, 대기)의 상태를 모니터링해오고 있으며, 센서가격과 무선 광대역 통신 비용이 저렴해 지면서 활용이 폭발적으로 늘어날 것

63) 박영숙, 손함순(2014), <<미래는 어떻게 변해가는가>>, 교보문고

□ SW가 에너지 절감에 기여

- SW자체의 에너지 소비량 하락 할 것
 - 모바일 기기와 서버CPU의 저전력 SW기술이 발전하고 일상화함
 - SW가 저전력 장치의 핵심기술이 됨
 - . 친환경차의 SW비중은 일반 자동차의 SW비중보다 높은 경향

○ 에너지 소비가 전혀 없는 가역적(Reversible) 연산 SW

- 비가역적(Irreversible) 연산방식의 SW를 이용하는 현재의 컴퓨터는 에너지를 대량 소모
 - . 현재의 컴퓨터가 연산을 거꾸로 되돌릴 수 없는 이유는 비가역적 연산을 하기 때문
 - . 비가역적 연산이란 SW가 실행될 때 매 단계가 끝나면 입력 데이터를 폐기하고 연산결과만이 다음단계로 전달
 - . 문제는 데이터를 지우는 과정에서 열이 발생하고, 에너지를 소비
 - . 매우 고도의 병렬처리 구조를 만든다 해도 비가역적 연산 패러다임에서는 에너지 소모나 열 확산을 바람직한 수준으로 유지 하기가 어려움
- 가역적 연산방식의 SW를 이용하면 컴퓨터는 에너지를 전혀 소모하지 않음⁶⁴⁾

- . 1973년 찰스 베넷은 어떤 연산이라도 가역적 논리 조작으로만 구성할 수 있음을 이론적으로 증명
- . 1983년 에드워드 프레드킨과 토마소 토폴리는 가역적 연산이라는 종합적 개념을 발표
- . 가역적 연산방식의 근본개념은 모든 중간단계 결과들을 모아둔 채 연산이 끝날 때마다 알고리즘을 거꾸로 돌리면 처음 시작했던 곳으로 돌아가므로 에너지를 전혀 쓰지 않은 것으로 열도 전혀 방출하지 않음

- SW가 에너지 전달체계의 효율화에 기여할 것
 - SW가 에너지를 새로 만들지는 못하지만, 기존 에너지의 효과적인 분배에는 핵심적인 역할을 할 것
 - . 2030년 까지 기존의 전력망에 ICT기술을 접목하여 구현할 스마트 그리드의 실시간 정보교환, 디지털 계측, 자동감시, 자가 복구, 분산제어에는 우수한 SW기술이 필요⁶⁵⁾

64) 레이 커즈와일(2006), << 특이점이 온다 >>, 김영사, p175

65) (재)한국스마트그리드 사업단, <http://www.smartgrid.or.kr/09smart2-6-1.php>

참고자료

- Digital Life 2025 : Pew Research Center
- AI, Robotics, and the Future of Jobs
- AI meets the C-suite
- Envisioning Digital Europe 2030
- Global Technology Outlook : IBM社
- Picture of Future : Siemens社
- The Second Age : 에릭 브린올프슨外
- 미래기술백서 2014 : KISTI
- 미래학자의 통찰법 : 최윤식
- 전략적 미래예측 방법론 : 최윤식
- 2030 대담한 미래 : 최윤식
- 포스트 스마트폰, 경계의 붕괴 : 김지현
- 일의 미래 : 린다 그래튼
- 기계와의 경쟁 : 에릭 브린올프슨 外
- 모노주쿠리 경영학 : 후지모토 교수
- Redefining Capitalism : Eric Beinhocker
- Alternative Worlds 2030 : 美 NIC
- The Change : SERI 김재운
- 10년 후 시장의 미래 : 트렌즈
- 앞으로 5년 결정적 미래 : 머니투데이
- IT기반 사회의 미래전망 : 김문조
- 한국사회의 메리트렌드와 신사업 모형: 김문조
- 지식서비스산업의 성장요인 분석과 시사점

- 한국산업정책의 과거와 현재 그리고 미래:KIET
- 미래시나리오 방법론 연구 : KISDI
- 사회적 자본의 축적과 경제성장을 위한 정책과제
- 해외의 클라우드 정책:영국,일본,미국,캐나다
- 고용없는 성장시대의 SW산업육성정책
- 21세기 산업구조 변화와 과학기술정책: 임채성외