



FOCUS

2021년 전망

2021년 DNA 분야별 국내 디지털 혁신 전망
한·중 디지털 무역 동향과 무역규범의 글로벌 쟁점

AI BRIEF

인공지능 최신 동향과 시사점

ISSUE

인공지능 고성능 연구의 비결, 기초와 협력
Computing Curricula 2020을 통해 본
미래 초·중등 SW·AI 교육의 방향

2021



CONTENTS



발행인 박현재 소장(소프트웨어정책연구소)

편집위원장 김덕현 외래교수(세종사이버대학교)

편집위원회 권오병 교수(경희대학교)

김숙경 초빙교수(KAIST)

김철한 교수(대전대학교)

김형석 교수(건국대학교)

방은주 기자(지디넷코리아)

윤기영 대표(FnS컨설팅)

장윤희 교수(단국대학교)

정충식 교수(경성대학교)

조영임 교수(가천대학교)

홈페이지 www.spri.kr

전화 031-739-7300

주소 경기도 성남시 분당구 대왕판교로

712번길 22 글로벌R&D센터

연구동 A 4층, 소프트웨어정책연구소

디자인 제작 (주)늘플러스 www.npplus.co.kr

04 서론 **Introduction**

레트로토피아를 넘어서

Beyond the Retrotopia

10 AI 브리프 **AI Brief**

인공지능 최신 동향과 시사점

Recent Trends of AI and Implications

20 포토 에세이 **Photo Essay**

사진산책 중간(中間)

Your moment with photos : The Stopover



22 포커스 Focus

2021년 DNA 분야별 국내 디지털 혁신 전망

2021 Digital Innovation Outlook by DNA(Digital, Network, AI)

한·중 디지털 무역 동향과 무역규범의 글로벌 쟁점

Korea-China Digital Trade Trends and Global Issues of Trade

42 이슈 Issue

인공지능 고성능 연구의 비결, 기초와 협력

The Secret of High-performance Research in Artificial Intelligence : Basic and Collaboration

Computing Curricula 2020을 통해 본 미래 초·중등 SW·AI 교육의 방향

Direction of K-12 SW·AI Education through Computing Curricula 2020

레트로토피아를 넘어서

Beyond the Retrotopia

박현제 소프트웨어연구소 소장



코로나19로 인해 더 빨라진 디지털 전환과 우리의 삶

2020년 디지털 전환의 첫째 특징은 지난 겨울에 발생하여 올 겨울을 맞아 맹위를 떨치는 코로나19로 말미암아 그 속도가 빨라졌다는 데 있다. 코로나19로 인해 사람 간의 만남과 이동이 억제되면서 개인 생활은 물론 경제, 사회 활동 전체가 변하고 있다. 비대면 교육, 재택근무 등이 일상화되었다. 미국 등 다른 선진국에서는 원격 진료도 널리 확산되고 있다. 그간 정체되었던 디지털 전환이 코로나19로 그 속도가 빨라졌다.

두 번째 특징은 인공지능의 부각과 활용이다. 인공지능 알파고와 프로기사 이세돌 9단의 바둑 대결로, 인공지능이 우리 국민에게 각인된 해가 2016년이였다. 2017년 아마존의 인공지능 스피커는 대표적인 소프트웨어 기술로써 일반 가정에서도 인공지능 기술을 실제로 체험할 수 있게 했다. 최근 세계 각국 정부들이 인공지능 전략을 발표하였고, 우리나라도 작년 12월 “IT 강국을 넘어 AI 강국으로”라는 캐치프레이즈로 국가 전략을 발표하였고, 올해는 코로나19 속에서도 이를 중단 없이 진행하고 있다.

디지털 전환은 제4차 산업혁명과 함께 산업계를 중심으로 2010년 초부터 본격화되었다. 새로운 혁신을 유도하며, 궁극적으로 인류 문명의 발전을 이끄는 것이 그 취지였다. 2020년은 경제와 산업에 있어서 새로운 성장동력의 범주에 머물렀던 디지털 전환이 사회·정치·경제·문화 및 일상 삶에까지 영향을 미치는 현상으로 확장되었음을 분명하게 인식할 수 있게 된 해였다.

먼저 코로나19는 플랫폼 경제로의 전환을 가속시켰다. 우리나라는 코로나19로 인한 경기 위축으로 실질 국내 총생산(GDP)이 전년 상반기 대비 0.7% 감소한 것으로 나타났지만, 국내 SW 생산액은 사회 전반의 언택트 수요에 대응하여 전년 상반기 대비 9.2% 증가하였다. 네이버, 카카오 등 빅테크 기업은 언택트를 기회로 삼아 비대면 서비스를 자사의 플랫폼과 결합함에 따라 크게 성장했다. 네이버는 홈콕족을 위한 네이버 라이브 커머스 서비스를 제공하고 카카오는 카카오 메이커스 등을 추가로 출시하는 등 비대면 수요에 적극적으로 부응하면서 급격한 성장을 하고 있다. 네이버는 작년 2분기에 전년 같은 분기 대비 매출액 17%, 영업 이익 80%가량이 증가하였으며, 카카오는 무려 매출액 30%, 영업 이익이 232%가 증가하였다.

유튜브 플랫폼이 언택트로 새롭게 조명을 받고 있다. 이전에도 괄목한 성장을 거두었으나, 코로나19로 새롭게 발전했다는 의미다. 유튜브 플랫폼에 나를 돌보는 콘텐츠가 유행하면서 요가, 집 운동, 요리 등의 키워드가 작년 대비 100~350% 증가한 것이 대표적이다. ‘땅꼬부부’ 같은 홈트는 매 콘텐츠 조회수가 수백만에서 수천만 회에 달하고 있으며, ‘애주가TV참피디’ 같은 혼술 서비스는 수백만 회 조회되고 있다. BTS가 한국어 노랫말로는 최초로 빌보드 싱글차트 1위에 오른 것과 블랙핑크의 인기가 급부상한 배경에는 유튜브를 비롯한 디지털 기술을 적극적으로 활용했기 때문이다. 이는 사회 문화에서의 디지털 전환이 급격하게 이뤄지고 있다는 것을 상징적으로 보여준다.

코로나19로 인해 침체가 전망되었던 공유경제는 반전을 보여주기도 했다. 2020년 상반기만 해도 대표적인 공유 서비스인 우버는 전 직원의 25%를 해고하였고, 위워크, 에어비앤비 등이 위기에 처했다. 하지만 언택트 수요와 공유경제를 결합하여, 어린이집의 공동 육아 서비스나 기업체의 직원 공동 교육 서비스 등이 창출되었다. 국내에서는 공유 사무실 서비스인 패스트파이브가 2분기에, 1분기 대비 신규 입점이 13% 늘어났다. 배달 전문점과 주방을 공유하는 공유 주방 서비스도 새로운 문화로 떠올랐다.

공유경제는 이제 B2C를 넘어 B2B에서도 활성화되고 있다. 대표적으로 마이창고와 같은 공유 물류는 창고 공간은 물론 입출고, 검수, 반품, 재고관리 등 서비스를 함께 제공하고 있다. 일본에서는 공유 공장이 확대되고 있다. 코로나19로 인한 언택트 시대에 공유 경제가 부흥하는 것은 아이러니를 넘어 새로운 뉴노멀이 등장하고 있다는 확실한 징조이다.

교육도 코로나19로 크게 변화한 분야이다. 올해 초에는 각급 학교에서 원격 수업에 많은 혼란을 겪었으나, 시스템과 서비스가 안정되어 가고 있어서 원격 수업에 대한 긍정적 인식이 증가하고 있다. 교육부 설문 조사에 의하면 코로나19 사태 이후에 학생의 71.9%, 교수의 73%가 원격 강의의 확대가 필요하다고 응답하였다. 초기에 우려했던 것과 달리, 서비스 품질이 좋아지고 있으며, 교육부가 대학의

원격 수업 제한에 관한 규제를 없애는 등 제도적인 정비를 서두르고 있어 대학에서의 원격 수업은 코로나19 이후에도 주요 강의 형태의 하나로 남게 될 것으로 전망된다.

디지털은 미래를 바꾸는 게임 체인저

비대면 시대에 가상융합기술(XR)이 산업과 사회를 혁신하는 게임 체인저로 주목받고 있다. 의사소통에 있어 비언어적 표현은 매우 중요하며, XR은 이를 효과적으로 지원할 수 있다. 원격 회의, 원격 강의 등에서 활용될 수 있으며, XR 파티 공간을 가상으로 만들어 사고 활동을 할 수도 있고, 의료 분야에서는 격리된 코로나19 환자를 관리하고 모니터링하는 데에도 적용될 수 있다. 이와 관련하여 우리 정부도 지난 12월 가상융합경제(XR 경제) 전략을 발표하였으며, 2021년에는 세부 실천 사업들이 전개될 예정이다. 특히 엔비디아의 CEO 젠슨 황 등이 최근에 언급한 메타버스는 가상·초월과 세계·우주의 합성어로서 3차원 가상 세계를 뜻하는데, 1980년대 세컨드 라이프 등 게임에서 주로 거론되던 개념이 XR과 결합하면서 디지털 세상의 새로운 가능성으로 부각될 전망이다.

일하는 방법에도 근본적 변화가 있을 것이다. 코로나19로 인해 재택근무에 대한 인식 변화가 일어났다. 코로나19 이전에 재택근무 등에 대해 부정적 의견이 다수였으나, 코로나19 이후 조사 대상자의 57%가 생산성 향상에 기여했다고 응답했으며 51%는 재택근무를 확대하겠다고 응답하였다. 프리랜서 유니언(Freelancer Union)의 조사에 따르면 미국 프리랜서 숫자가 지속적으로 늘어나 2027년에는 프리랜서가 정규직 등의 비프리랜서보다 많아질 것으로 예측하고 있다. 다만 코로나19 이후로 프리랜서의 소득이 평균 70%로 감소한 사실을 감안하면, 프리랜서를 위한 사회적 안전망에 대한 논의가 필요할 것이다.

온라인 쇼핑 증가는 또 다른 큰 변화이다. 코로나19로 인해 중국에서는 전자상거래 신규 고객이 1억 명 이상 새로 유입되었다고 하며, 우리나라에서는 고령층이 전자상거래를 시작하였다. 온라인 쇼핑은 인공지능과 같은 고객 맞춤형 서비스의 적용이 가속화되면서 거대 플랫폼에 의한 독점이 사회 문제로 부각되는 문제점을 안고 있다. 미국의 블랙 프라이데이 기간은 매년 11월 넷째주 금요일이었으나, 2020년에는 블랙노벰버로 1달 동안 지속되었다. 그 결과 미국 소비자들이 11월에 작년 대비 21.5% 증가한 총 90억 달러의 온라인 쇼핑을 하였다. 온라인 쇼핑의 증가는 백년 역사를 지닌 메이시스(Macy's), 제이시페니(JC Penny), 노드스탐(Nordstrom) 등 백화점들의 파산으로 이어졌다.

현금 없는(Cashless) 사회는 강화될 것이다. 우리나라에서는 전 국민을 대상으로 한 긴급 재난 지원금의 90%를, 디지털 수단을 이용하여 한 달 만에 지급했다. 이에 반해 일본의 경우 팩스를 활용하는 등 온라인으로 진행되지 않음에 따라 한 달 동안 19%만의 일본국민에게 재난지원금을 지급할 수 있었다. 우리나라의 디지털 경쟁력을 잘 보여준다.

2021년에 기록될 디지털 기술

소프트웨어정책연구소는 매해 연말 인터넷 활동을 빅데이터로 분석하여 다음 해 '소프트웨어 산업 10대 이슈'로 발표해왔다. '언택트 서비스 영역 확대'는 2019년 말 선정한 '2020년 소프트웨어 산업 10대 이슈' 중 하나였다. 사람과의 접촉을 최소화하는 비대면 서비스가 이·삼십대를 넘어 사십대 연령층으로 확대된다고 예측하였는데 공교롭게도 코로나19 사태로 인해 언택트의 조류는 전 세대로 확장되었다. 따라서 최근 2021년의 10대 이슈를 선정할 때 언택트는 하나의 이슈가 아닌, 모든 이슈의 저변에 깔리는 대표 키워드로 제시되었다.

2021년 소프트웨어 산업 10대 이슈 중 1위로는 교육 분야로서 '에듀테크 소프트웨어 시장 수요의 확대'가 선정되었으며, '마이데이터 시대의 본격화'가 새로 추가되었는데 이는 올해 발표된 데이터 3법 등의 영향을 받은 것이다. '딥택트(Deeptact)'는 업종과 영역을 불문하고 전통 산업과 언택트 기술의 강점을 결합한 것으로서 전통 산업과 소프트웨어 융합이 본격화하고 있음을 예고한다.

인공지능을 신뢰할 수 있을까? 라는 의문도 계속되고 있다. 2021년 이슈에는 인간과 AI의 협업을 전제로 한 시스템으로서의 xAI(Explainable AI)가 선정되었다. 이는 작년 이슈에 있던 설명가능한 인공지능의 다른 접근법으로, 결과 도출 과정에 반드시 인간의 피드백을 학습시키도록 하는 개념이다.

세계 각국의 단체에서는 인공지능 윤리를 표방하며 기술의 사회적 책무를 강조하고 있다. 하버드대학에서 종합 정리한 국가 및 단체, 대학, 기업들이 발표한 AI 윤리 원칙에 관한 자료를 보면 개인정보 보호, 책무성, 안전과 보안, 공정성, 전문가의 책임, 인간의 가치 및 권리 존중을 AI 윤리의 주요 테마로 삼고 있다. 이런 노력과 병행해서 소프트웨어와 인공지능은 사회적 문제를 해결하는 데 기여하고 있다. 특히 코로나19 사태에서 감염 탐지기로 감염 확률을 계산하고, 전염 경로를 실시간 추적하며, 환자 분류와 가상 도우미 챗봇 등을 도입하는 등의 다양한 대응 단계에 이용되고 있다. 또한 정보 오류에 대응하여 뉴스 개인화 서비스를 제공하고 있다. 소셜미디어를 이용하여 경제 회복을 추적하는 데에도 인공지능을 활용한 사례가 보고되고 있다.

우리는 무엇을 해야 하는가?

디지털 혁신에 의한 새로운 기회의 창출에도 불구하고, 코로나19는 특히 세계경제의 주름살을 크게 잡을 것으로 예측되었다. IMF는 올해 세계 경제 성장률이 4.4% 감소할 것으로 전망했으며, WTO는 상품 교역량이 12.9%~31.9% 감소할 것으로 예측하였다. 매킨지는 유럽의 실업자 수가 5,900만 명에 달할 것이라고 전망하는 등 전 세계가 일자리 감소로 고통받고 있다. 각국의 정부 부채는 급격하게 증가하고 있어, 상당기간 동안 세계 경제를 어렵게 할 것으로 보인다. 한편 포스트 코로나19

에 대한 경제 전망은 그야말로 오리무중이다. 처음에는 1975년 1차 오일쇼크와 같은 V자형 반등을 기대하였으나, U자형, Z자형, W자형, L자형 등 예측 모델이 제기되고 있다. 한마디로 코로나19 이후의 경제가 어떻게 전개될지 높은 불확실성이 있다는 의미다. 최근에는 미국 국제금융센터나 이코노미스트 등에서 K자형의 양극화 모델을 제시하였는데, 가장 정확한 모델로 인정받고 있다. 즉 선진국과 신흥국 간의 양극화, 산업 양극화, 소득 양극화 등 다양한 분야에서 양극화가 심화될 것이라고 한다. 그러면 우리는 양극화가 예견된 미래를 어떻게 준비해야 할 것인가?

K형 모델에서 주목하는 기술이 바이오와 소프트웨어이다. 디지털 혁신을 가속화하며 디지털에 의해 작동하는 경제 체제로의 이행을 늦출 수 없는 이유이다. 정부는 코로나19의 충격과 위기를 극복하기 위한 전략으로 지난 7월 14일 한국판 뉴딜을 발표하며 디지털 뉴딜을 핵심 축의 하나로 선정하였다. 데이터, 네트워크, 인공지능(D·N·A) 등 디지털 신기술을 바탕으로 산업의 혁신을 견인하고 국가 경쟁력을 결정짓는 핵심 요소로서 디지털 전환을 실현하기 위해 4대 분야 12개 추진 과제에 2025년까지 38.5조 원을 투입하기로 결정했다.

디지털 사회로의 전환은 첫째도 사람, 둘째도 사람, 셋째도 사람이다. 인공지능도 사람이 있어야 개발할 수 있다. 따라서 디지털 경제로 향한 국가 간의 경쟁에서 우수한 소프트웨어 인재의 양성은 더 이상 미룰 수 없다. 우리나라 소프트웨어 필수 교육 시수는 초등학교의 경우 17시간에 불과하여, 영국 180시간, 인도 180시간, 일본 140시간, 중국 70시간 등에 크게 못 미치고 있다. 더구나 일본에서는 2022년부터 정보 과목을 대입 필수 과목으로 지정하여 입시에 반영할 예정이다. 우리나라도 초등학교에서부터 소프트웨어를 통해 문제 해결 능력과 기본 소양을 갖추어야 우수한 전문가를 양성할 수 있다. 또한 한국사회의 시민으로 하여금 디지털 경제 시대에 걸맞은 시민 의식과 교양을 갖추 수 있게 할 것이다. 초·중등학교의 소프트웨어 필수 교육 시수를 주요 경쟁국에 대응할 수 있도록 대폭 늘려야 한다.

또한, 공익을 위한 디지털 전환을 위해 소프트웨어의 신뢰성과 투명성, 책임성의 확보는 꼭 필요하다. 세계는 독과점 및 종속의 우려가 커져가는 플랫폼에 신뢰를 부여하는 체제에서 인공지능, 블록체인 등 소프트웨어 알고리즘에 신뢰를 부여하는 사회로 전환되고 있다. 소프트웨어, 특히 인공지능을 학습시키는 데이터 편향성과 인공지능 개발자의 세계관 등의 반영이라는 특성을 해소하기 위해 신뢰할 수 있는 소프트웨어 기술의 확보는 꼭 필요하다. 디지털 기술은 악용되거나 오용되는 사례도 발견되고 있다. 디지털 기술에 정보 노출 사례가 자주 발생하고 있으며 실제 지난 11월에는 해안 경계를 위해 우리 군에 설치된 중국제 CCTV에서 기밀 내용을 중국 서버로 유출하는 악성코드가 발견되었다. 특히 인공지능 기술은 CCTV와 SNS, 각종 금융 거래 기록 등을 통해 시민의 사생활을 감시할 수 있는 빅브라더의 탄생을 유발할 수 있다는 점에서 경계심을 불러일으키고 있다.

지속 가능한 혁신을 하되 소프트웨어의 확산으로 인한 부작용인 디지털 데믹(Digitaldemic)도 예방해야 한다. 소프트웨어 오류로 인한 인명 사고가 발생하거나 심각한 금전적인 피해를 입은 경우도 많이 발생하고 있다. 보잉 737 추락, 2차 전지 화재 사고, 의료 장비 오작동으로 인한 사망

등 소프트웨어 오류로 인하여 손실액이 최소 1천만에서 최대 34억 달러에 이른다고 알려져 있다. 소프트웨어가 우리 사회 곳곳에 융합한 디지털 경제가 깊어 갈수록 소프트웨어 안전을 강화하지 않으면 코로나19 못지않은 사태를 맞이할 수도 있다.

마지막으로 글로벌 이슈, 특히 미·중 기술패권 경쟁을 염두에 두어야 한다. 디지털 경제에서 이미 미국과 중국은 양강 체제를 이루고 있으며, 데이터와 AI 기술을 기반으로 한 거대 플랫폼이 세계시장을 과점해 나가고 있어서, 세계 디지털 경제의 혜택이나 이익이 양국에 종속될 염려가 갈수록 늘어나고 있다. 중국과 미국의 기술패권 경쟁이 가속화되는 환경에서 코로나19 발생으로 인해 글로벌 밸류체인이 붕괴하고 지역 중심의 새로운 밸류체인의 필요성이 부각되는 등 양대 진영의 경쟁 속에서 자국의 생존과 번영을 위한 세계 각국의 이해득실이 복잡하게 얽히고 있다.

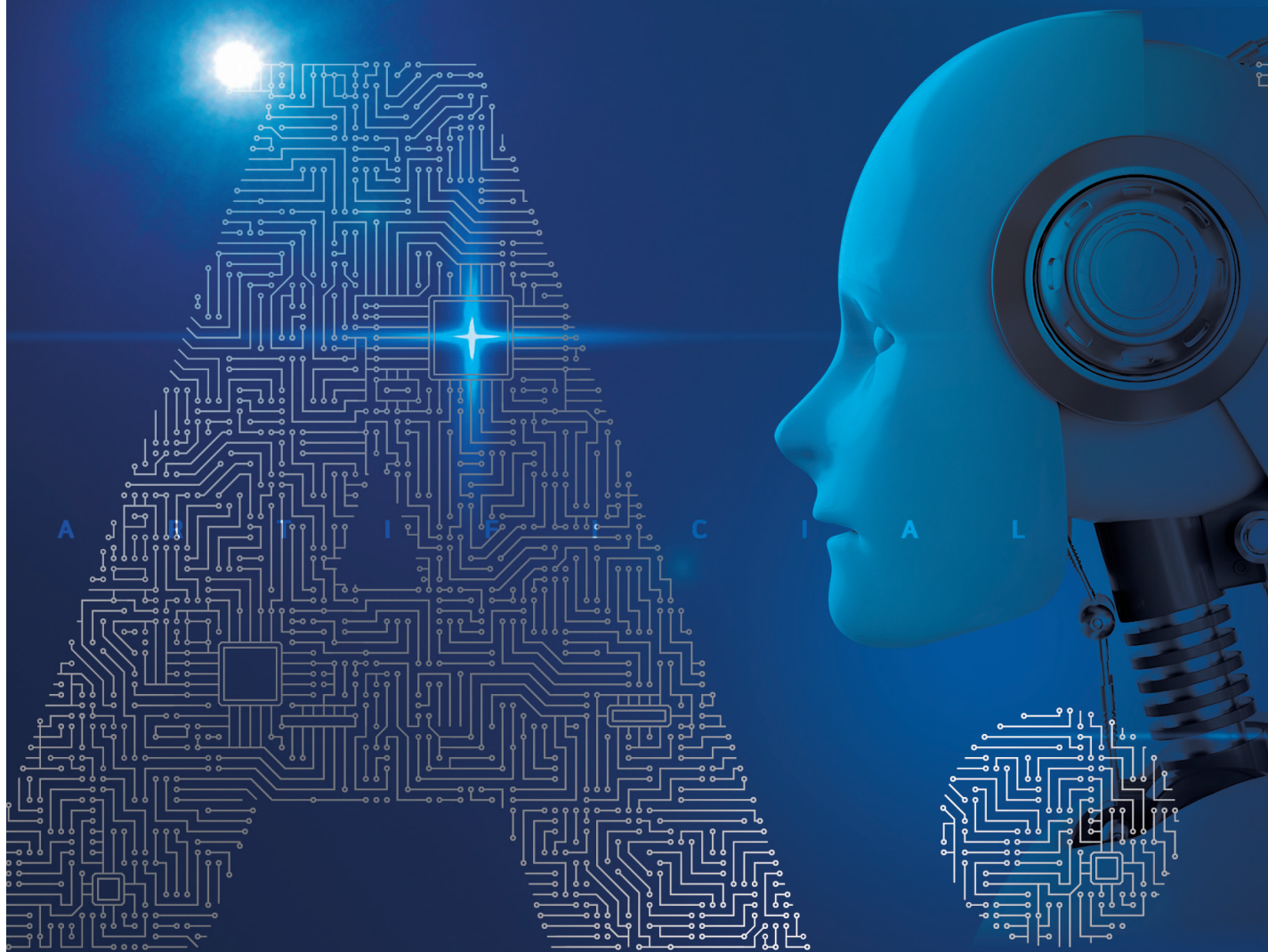
포스트 코로나, 레트로토피아를 넘어서

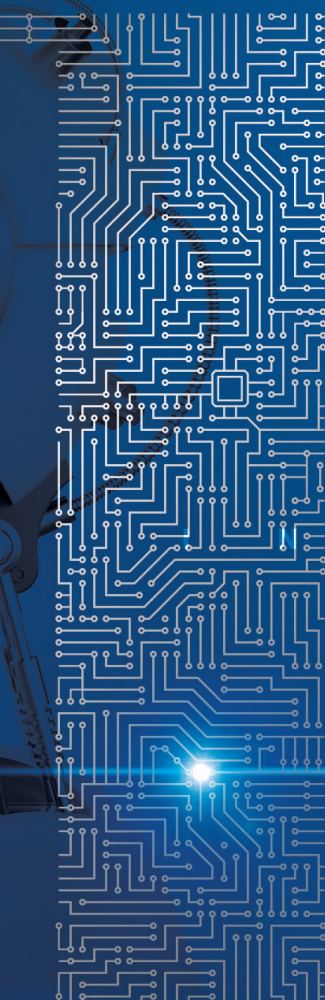
사회학자 지그문트 바우만은 재난 이후에 과거를 낭만화해서 그리워하고 이상화하는 것을 레트로토피아라고 명명하였다. 우리는 코로나19라는 비정상적 예외적 순간이 끝나고 이전의 삶으로 돌아가기를 갈구하고 있다. 하지만 코로나19 이전으로 돌아가기는 어려울 것으로 보인다. 코로나19로 인해 우리 삶이 이미 급격하게 변했고, 디지털 혁신의 도움으로 새로운 삶이 효과적임을 확인하였기 때문이다. 이제 레트로토피아는 환상임을 깨닫고 재난 이후의 디지털 전환을 준비해야 한다.

2021년 이후 디지털 전환이 가속화되고 디지털 경제에 한발 더 다가감에 따라 소프트웨어의 역할도 변화되어야 한다. 2011년 마크 안드레센(Marc Andreessen)이 ‘소프트웨어가 세계를 먹고 있다’고 선언하였듯이 이제 글로벌 기업 가치 상위 순위를 애플, 마이크로소프트, 알파벳, 아마존, 페이스북 등 소프트웨어 기업이 차지하고 있다. 우리나라에서도 소프트웨어의 중요성을 인지하여 2015년 ‘소프트웨어 중심사회’를 천명한 바가 있다. 인간과 인류를 위한 소프트웨어(SW for All)라는 새로운 역할이 소프트웨어에 부여되고 있는 것이다.

2021년도 다보스포럼은 ‘팬데믹은 우리 세상을 재구성하고, 재설정할 수 있는, 그러나 자주 오지 않는 기회의 창’으로 보고 ‘그레이트 리셋(Great Reset)’을 키워드로 제시했다. 그리고 그 지향점은 첫째, 국내 및 국제적으로 보다 공정한 시장을 조성하고, 둘째, 경기 부양책으로 시스템의 균열을 메우는 단기적 처방보다는 녹색 도시 인프라와 같은 지속 가능성을 확보해야 하며, 셋째, 4차 산업혁명의 혁신을 활용하여 공익을 지원하는 기회로 삼아야 한다는 내용이다.

우리가 미래 디지털 세상의 주역이 되기 위해 한국사회는 디지털 전환에 성공해야 한다. 소프트웨어의 능력과 가치, 한계를 이해하고 적극적으로 활용해야 한다. 소프트웨어는 레트로토피아를 넘어 미래의 디지털 세상으로 우리를 이끌고 나아 갈 것이다.





SPRI AI BRIEF

T E L L I G E N C E

인공지능 최신 동향과 시사점 Recent Trends of AI and Implications

Table of Contents

- 세계경제포럼(WEF), 「미래일자리 2020 보고서」 발간
- 라이카(Laika), AI로 애니메이션 제작 가속화
- 아마존 알렉사(Alexa), 사용자에게 배우는 AI 탑재
- AI 활용 확대를 위한 모델 경량화 연구 본격화
- 퓨 리서치(Pew Research), AI에 대한 인식조사 결과 발표
- 오픈AI(OpenAI), 문장으로부터 이미지를 생성하는 AI 공개
- 몬트리올.AI(Montreal.AI), 2021년 AI 도전과제 논의
- 美 국방예산 중 6조 원 이상 AI 연구개발에 투자

세계경제포럼(WEF), 「미래일자리 2020 보고서」 발간¹

① 세계경제포럼은 2016년, 2018년에 이어 세 번째 미래 일자리 보고서 발간(10월)

- 전 세계 26개국 15대 산업 분야 291개 기업*을 대상으로 조사
 - * (응답자) 종업원 100명 이상 기업 CEO 12%, 최고경영진 59%, 중간관리자 25%, 기타 3%
 - 직무(Tasks), 직업(Job Roles), 역량(Skills) 변화 등 총 49개의 설문 항목으로 구성
- 코로나19 확산 기간 진행된 설문으로 코로나19의 미래일자리 영향력 반영
 - 2020년 1월부터 9월까지 조사를 진행했으며 2월에 코로나19 관련 질문 업데이트

② 코로나19의 여파로 인력의 자동화가 가속화되고 직업 환경에 본질적 변화가 야기될 것으로 예상

- **(전체 일자리)** 팬데믹으로 자동화에 가속도가 붙어 5년 내에 8천 5백만 개의 일자리가 대체되고, 인력의 업무 내용 및 요구 역량의 변화가 불가피할 전망
 - * 조사 기업 중 기술도입으로 인한 인력 감축 계획을 가진 기업 비중은 43%, 특수 과업 수행(Task-Specialized Work)을 위한 인력 아웃소싱 계획을 가진 기업 비중은 41%
- **(직업별 영향)** 자동화로 인해 데이터 및 AI 전문가에 대한 수요가 늘어나는 반면, 단순 데이터 입력, 회계 관리직, 단순 조립 공장 노동자 등은 수요 감소 전망
 - **(수요 증가)** 데이터 분석가 및 과학자, AI 기계학습 전문가, 빅데이터 전문가, 디지털 마케팅 및 전략 전문가, 업무 프로세스 자동화 전문가 등
 - **(수요 감소)** 데이터 입력원, 행정 비서, 회계 사무원, 회계 감리사, 단순 조립 종사자 등
- **(요구 역량)** 기술·경제 환경 변화에 적응하기 위한 분석적 사고, 창의성 및 자기 관리 능력이 근로자의 가장 중요한 직무 역량이 될 것으로 예상
 - 분석적 사고와 창의성을 증진시키기 위한 능동 학습, 자기 관리 능력으로써 회복 탄력성, 스트레스 조절, 융통성 등 개인 역량의 중요성 증대
- **(업무 환경)** 코로나19로 인해 업무 환경의 디지털화가 확산되고 원격 근무가 일상화
 - 응답 기업의 84%가 원격 근무 도입 등 업무 프로세스를 빠르게 디지털화

③ 일자리 환경 변화에 맞춰 공공과 민간의 인력 교육에 대한 투자 강화 필요

- **(공공)** 팬데믹으로 인한 고용 절벽 장기화 및 신기술 인력 양성의 시간이 소요되는 점을 감안해 직업 전환기 동안의 사회 안전망 강화 방안 마련 시급
 - 위험직업군과 실업자들의 재교육, 직무 교육을 지속적으로 실시해 직업전환을 유도
 - * WEF 조사 결과 기업의 21%가 공공 정책 자금을 활용해 직원 재교육 실시
- **(민간)** 근로자 역량 강화(Skill Upgrading) 투자를 통해 기업의 미래 대응력 제고
 - * 근로자 50% 이상이 향후 5년 후 자신의 역할 유지를 위해 핵심 역량 재교육 필요성 인식

¹ World Economic Forum(2020.10.), "The Future of Jobs Report 2020"

라이카(Laika), AI로 애니메이션 제작 가속화²

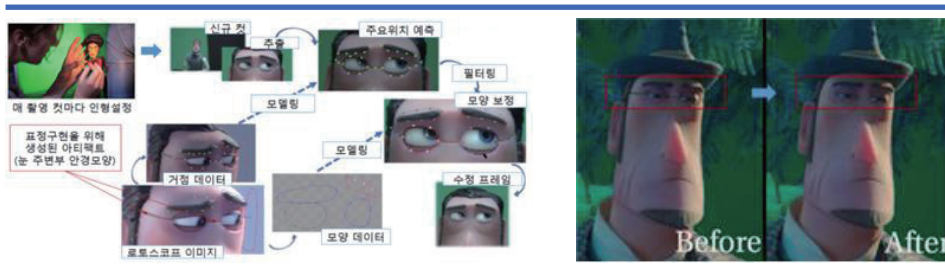
① 美 애니메이션 제작사 라이카는 스톱모션 애니메이션 제작에 AI를 적극 활용

- AI를 활용하여 제작한 2019년 개봉작 '잃어버린 세계를 찾아서(원제 : Missing Link)'는 장편애니메이션 부문 골든글로브 수상(2020.1.5.) 및 오스카상 후보 선정(2020.2.9.)
- 스톱모션 애니메이션(Stop-Motion Animation)은 물체를 촬영하고 약간 움직인 후, 다시 촬영하는 과정을 반복하여 제작하는 수공예 예술로 상당한 노동력과 시간 소요
 - Missing Link(93분 분량)의 경우 13만 4천여 개의 이미지 프레임(Frame, 초당 24*)으로 구성
 - * 애니메이션, TV 방송 등은 24FPS(Frame Per Second)로 구성되며, 보통의 사람은 20FPS 이상이면 사진을 동영상으로 인식

② 라이카는 인텔의 CPU 및 AI 개발 도구를 활용하여 애니메이션 품질과 작업효율을 개선

- 스톱모션 애니메이션은 자연스러운 동작과 표정을 포착(Motion Capture)하기 위해 촬영 후 컴퓨터를 이용해 보정하는 후속 작업 필요
 - 그동안 점토로 만든 인형의 이음새를 제거하거나 사물의 위치 수정, 카메라의 정렬 등을 수작업으로 처리하는 난관이 존재
- 라이카는 인텔의 Xeon CPU와 oneAPI*기반 머신러닝을 활용해 후속 작업 자동화
 - * 다양한 이기종 아키텍처(CPU, GPU, FPGA 등)에서 애플리케이션 개발을 위한 도구
 - 점토의 이음새 등을 인식하여 자동으로 제거하고, 움직임을 사실적으로 만들기 위해 실물 사진을 애니메이션으로 전환
- 70프레임(약 3초 영상)기준, 기존 수작업 방식(5~6시간) 대비 55배 이상 단축(5분 25초), 전체 작업시간에서는 50% 이상의 시간(약 2,000Man-day 수준)을 절감

[그림 1] AI를 활용한 보정과정(좌) 작업 전후 비교(우)



※ 출처 : 라이카, 재편집

③ AI는 인간이 예술적이고 창조적인 측면에 집중할 수 있도록 보장

- 라이카의 특수효과 감독 스티브 에머슨(Steve Emerson)은 “AI는 단순한 디지털 자동화 도구가 아니라 스톱모션 애니메이션의 예술적 가치와 정신을 함양한다”며 극찬

² VentureBeat(2020.12.16.), “Oscar-nominated Studio Laika Leans on AI to Accelerate Stop-motion Animation”

아마존 알렉사(Alexa), 사용자에게 배우는 AI 탑재³

1 아마존은 사용자의 요청사항 중 이해하지 못한 부분을 다시 질문해 학습하는 AI(Teachable AI)를 AI 비서 ‘알렉사’에 탑재한다고 발표(12월 11일)

- 알렉사가 반복적으로 다시 질문하거나 알렉사 앱을 통해 원하는 답변을 수작업으로 설정해야 하는 사용자의 불편함을 해소할 수 있을 것으로 기대

2 티처블 AI는 4가지 주요 기능을 통해 사용자로부터 학습

- 이해하지 못한 부분(Slot)을 파악하고 새로운 개념을 배울 기회를 포착하는 ‘이해의 간극 파악(Understanding-Gap Detection)’ 기능
 - 사용자가 “거실조명을 공부모드(Study Mode)에 맞춰줘”라고 요청했을 때, 알렉사는 “공부모드가 무엇인지 모르겠어요. 가르쳐주세요”라고 요청
- 사용자가 자유로운 형식으로 말하는 새로운 개념에 대해 AI가 해석하는 ‘개념 해석(Concept Interpretation)’ 기능
 - 사용자가 “나는 보통 밤에 공부할 때 50% 밝기(Brightness)로 설정해”라고 답하면 ‘50%의 밝기’라는 문구를 추출하고 이를 ‘공부모드’로 정의해 저장
- 사용자의 답변이 적절한지 파악하고 필요한 경우 재확인 하는 ‘대화 관리(Dialogue Management)’ 기능
 - 알렉사의 “공부모드가 무엇인지 가르쳐주세요”라는 요청에 “책을 읽기 적당한 밝기”라고 모호하게 답변하면 “밝기에 대해 정확히 말씀하셨나요?”라고 재질의
- 기계학습과 기계추론을 결합해 사용자의 답변에 대응하고 향후 재사용 여부를 판단하는 ‘선언적 추론(Declarative Reasoning)’ 기능
 - ‘공부모드’가 다양한 상황에서 다시 사용하는 것이 적합하다고 결정하면 거실조명 외에 다른 조명에도 ‘공부모드’ 요청 시 동일하게 ‘50%의 밝기’로 제어

3 티처블 AI는 방대한 데이터 없이 개별 사용자가 원하는 답변이나 제어를 학습한다는 점에서 다방면의 개인 맞춤형 서비스에 적용될 전망

- 최근 트렌드로 주목받고 있는 별도의 코딩 없이 AI를 학습*시키거나 학습 과정을 간소화시킨 ‘가벼운 AI’에 부합
 - * 삼성전자 토론토 AI 연구소는 코딩 없이 사용자가 원하는 요청사항을 빅스비에 직접 입력할 수 있는 프로그램인 바스타(VASTA)를 공개 시연(2019년 11월)⁴

³ Amzon Blog(2020.12.11.), “New Alexa Features: Interactive Teaching by Customers”

⁴ Venturebeat(2019.11.6.), “Samsung’s VASTA System Uses AI to Let Users Program Smartphone Tasks Visually, without Coding”

AI 활용 확대를 위한 모델 경량화 연구 본격화⁵

1 AI는 높은 수준의 연산량을 요구하기 때문에 가전제품 등 실제 환경에서 활용하기 위해서 연산량을 줄이는 모델 경량화가 필요

- 크기가 작고 저렴한 연산처리장치를 탑재하는 IoT 및 가전기기들은 제한된 전력 소비와 저장 공간 등으로 연산량이 많은 AI 알고리즘을 활용하기가 매우 어려움
- AI의 성능은 최대한 유지하되 연산량을 줄이기 위해 △최적 모델 탐색과 △정밀도 조정 등의 모델 경량화 방법을 주로 사용
 - (최적 모델 탐색) 이미 학습된 AI 모델의 하부 모델을 찾아 재학습 과정 등을 거쳐 축소된 모델을 개발하는 방법으로, 가지치기, 신경망 구조 탐색 등의 방법이 있음
 - (정밀도 조정) 정밀도는 컴퓨터에서 숫자를 표현하는 비트수이고 정밀도를 줄인다는 것은 계산이 가벼워지는 것을 의미하며, 대표적으로 양자화, 이진화 등의 방법이 있음

2 모델 경량화 분야 권위자인 MIT 송 한(Song Han) 교수는 초소형 연산장치인 마이크로컨트롤러유닛(MCU)에서 활용할 수 있는 AI 개발 프레임워크를 발표⁶

- IoT 장치에 탑재되는 초소형 연산처리장치인 MCU는 메모리가 320KB, 저장공간이 1MB로 일반적인 AI 알고리즘*은 활용 불가
 - * 대표적인 이미지 인식 모델인 ResNet-50은 메모리 7.2MB, 저장공간 102MB를 요구하며, 스마트폰에 최적화된 AI 모델인 MobileNetV2은 최소 조건이 메모리 1.7MB, 저장공간 3.4MB
- 송 한 교수 연구팀은 MCU에서 활용할 수 있는 AI 개발 프레임워크(MCUNet)를 발표
 - (TinyNAS*) 저전력, 저메모리, 제한된 저장공간 등 MCU의 환경에서 최적화된 인공지능경망을 탐색
 - * 신경망 구조 탐색(Neural Architecture Search)의 줄임말로 다양한 변수를 변경하면서 최적의 AI 모델을 찾는 방법이며, 구글의 자동 기계학습 서비스인 AutoML에도 활용
 - (TinyEngine) 인공지능경망의 연산과정을 담은 라이브러리를 경량화하여 MCU의 제한된 메모리 크기를 고려하는 한편, 절약한 메모리 공간으로 TinyNAS의 탐색 공간 확대
- MCUNet의 성능을 측정한 결과, 이미지 인식에서 70% 이상의 정확도에 기존 연구 대비 3.5배 이상의 메모리와 저장 공간을 절약

3 AI 모델의 경량화는 AI의 산업적 활용의 촉매제

- IoT 장치에서부터 가전에 이르기까지 AI의 적용 영역이 조만간 확대될 전망
- 모델 경량화는 AI 분야의 원천기술임과 동시에 AI 전용 칩과 연계할 수 있어 기술의 조속한 확보를 위해 적극적인 R&D 투자가 필요

5 Wired(2020.12.13.), "AI Algorithms Are Slimming Down to Fit in Your Fridge"

6 NeurIPS 2020(2020.11.19.), "MCUNet: Tiny Deep Learning on IoT Devices"

퓨 리서치(Pew Research), AI에 대한 인식조사 결과 발표⁷

① 미국의 민간 싱크탱크인 퓨 리서치(Pew Research Center)는 글로벌 20개국의 시민을 대상으로 AI와 로봇자동화에 대한 인식을 조사하여 발표 (2020.12.)

- 미국, 영국, 프랑스, 독일, 일본, 한국 등 20개국 18세 이상 시민을 대상(국가당 평균 1,000여 명 응답)으로 2019년 10월부터 2020년 3월까지 조사를 진행하고 결과를 발표
- AI 기술 개발에는 과반 이상이 긍정적으로 답변한 반면, 로봇자동화에 대해서는 긍정, 부정 평가가 비슷한 수준으로 나타남
 - * (AI 개발) 응답자의 53%가 긍정, 33%가 부정 (로봇자동화) 긍정 48%, 부정 42%

② 아시아 국가, 젊은 남성, 높은 교육수준에 해당하는 응답자가 AI에 대해 긍정적

- **(국가별)** 아시아 국가의 AI와 로봇자동화에 대한 긍정 인식이 높음
 - * (AI 개발) 싱가포르(72%), 한국(69%), 인도(67%), 대만(66%), 일본(65%) 긍정 평가
 - ** (로봇자동화) 싱가포르(61%), 한국(62%), 대만(62%), 일본(68%) 긍정 평가
 - 프랑스가 유일하게 AI 개발과 로봇자동화에 대해 부정 평가가 긍정 평가보다 높음
 - * (AI 개발) 부정 (47%), 긍정(43%), (로봇자동화) 부정 (49%), 긍정(35%)
 - 미국과 영국은 부정 평가와 긍정 평가가 비슷한 수준
- **(성별·연령별)** 모든 국가에서 젊은 남성층의 AI와 자동화에 대한 긍정인식이 높음
 - 대부분의 국가에서 젊은 층(중위값 이하)의 긍정 인식이 고령층보다 높게 나타남
 - 20개국 중 15개 국가에서 남성이 여성보다 유의하게 긍정적
 - * 일본은 AI 개발에 대해 남성의 73%가 긍정, 여성의 56%가 긍정을 보여 인식차가 가장 큼
- **(교육수준별)** 교육수준이 높을수록 AI와 로봇자동화에 대한 긍정 비중이 높음
 - 교육수준에 따른 AI에 대한 긍정인식 수준은 20개 국가 중 11개 국가에서 유의한 차이를 보임
 - 교육수준이 높을수록 로봇자동화에 대한 긍정 비중이 65%로 대학 미만의 교육 집단의 38%보다 높게 나타남

③ 아시아 국가들의 AI와 자동화에 대한 높은 사회적 수용성이 국가 차원의 AI 활용·확산 전략을 추진하는 데 유리하게 작용할 것으로 전망

- 국가 차원에서 디지털 전략*을 집중 추진하는 아시아 국가들에서의 AI와 자동화에 대한 우호적 태도는 향후 해당 국가의 AI 도입과 활용을 촉진
- * 싱가포르는 '스마트네이션', 일본은 '소사이어티 5.0', 한국은 'AI국가전략', '디지털 뉴딜' 등 국가 차원의 디지털 전략 추진 중

⁷ Pew Research Center(2020.12.15.), "People Globally Offer Mixed Views of The Impact of Artificial Intelligence, Job Automation on Society"

오픈AI(OpenAI), 문장으로부터 이미지를 생성하는 AI 공개⁸

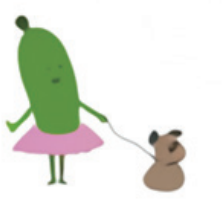
① OpenAI는 개념적인 표현으로 구성된 문장으로부터 다양한 이미지를 생성하는 AI인 '달리(DALL·E)'를 공개

- 달리는 120억 개의 모수를 갖는 GPT-3 모델을 활용하여 텍스트-이미지 데이터를 학습
 - GPT-3는 오픈AI가 2020년 공개한 생성적 사전 학습(Generative Pre-Training)의 세 번째 버전으로 자연어 처리 분야를 넘어 AI 분야 전체의 패러다임 변화를 일으킴

② 달리는 개념과 관계로 표현된 문장을 이해하여, 이를 다양한 이미지로 표현하는 능력이 탁월

- 달리가 생성한 이미지는 사물이나 동물을 의인화 하거나, 이미지에 문자를 입히거나, 관계가 없는 두 개념을 그럴듯하게 연결시켜 언어의 다양성이 반영

[그림 1] DALL·E의 기능 예시

능력	사물의 의인화	무관한 두 개념의 연결	이미지에 문자 추가
문장 (입력)	an illustration of a baby cucumber in a tutu walking a dog	an armchair in the shape of an avocado	a store front that has the word 'gpt' written on it
이미지 (출력)			

※ 자료 : OpenAI, "DALL·E: Creating Images from Text"에서 생성 (url : <https://openai.com/blog/dall-e/>)

- 달리는 △생성할 객체의 모양 및 위치 조정, △3차원 이미지 생성, △지리적·시대적 지식 표현 등 언어로 표현되는 다양한 개념과 관계를 이미지로 전환하는 능력 보유

③ 달리는 AI의 산업적 활용 측면에서 잠재성이 높을 것으로 전망

- AI 기술적 진보라고 해석하기 보다는 오픈AI의 GPT-3 모델을 성공적으로 적용한 사례로 볼 수 있음
- 향후 창의성이 강조되는 디자인 분야, 특히 AI 기반 생성 모델이 많이 활용되고 있는 패션이나 홈 인테리어에서 적용될 가능성이 높아 산업적 가치가 클 것으로 기대

⁸ OpenAI(2021.1.5.), "DALL·E: Creating Images from Text"

몬트리올.AI(Montreal.AI), 2021년 AI 도전과제 논의⁹

① 몬트리올.AI는 온라인 토론회를 개최하여 AI 분야 2021년 도전과제를 논의 (2020.12.23.)

- 몬트리올.AI는 2003년 설립된 AI 연구전문기업으로 캐나다 몬트리올 지역이 최고 수준의 AI 혁신허브로 자리 잡는데 기여
- 이번 온라인 토론회에서는 AI 분야 최신 연구를 주도하는 16명의 전문가가 참석하여 인간수준의 AI 구현을 위한 도전과제를 논의
 - 페이페이 리(스탠포드대), 리처드 서튼(딥마인드), 게리 마커스(뉴욕대), 최예진(워싱턴대), 켄 스탠리(오픈AI) 등이 참여

② 딥러닝 성능 향상, 타 분야와의 융합 방안 등에 대한 다양한 의견이 개진됨

- 딥러닝의 태생적 한계를 극복하기 위해 다른 방법론과의 접목 방안 논의
 - 게리 마커스 교수는 과도한 데이터 요구, 불투명성, 추론 및 지식 표현 부족 등 딥러닝 한계를 극복하기 위해 규칙기반 방법론과의 결합을 제안
 - 데이터과학자 루이스 램(Luis Lamb)은 논리와 지식표현(Knowledge Representation) 기법을 활용하면 기계학습의 추론과정을 보여주고 학습과정을 개선할 수 있다고 주장
- 진화를 거치며 발전해 온 인간의 지능 특징을 AI에 반영할 필요성 제기
 - 페이페이 리 교수는 현재의 AI가 데이터 의존적이며, 인간과 달리 능동적 인식과 세상과의 상호작용이 부족하다고 지적
 - 켄 스탠리 박사는 알고리즘으로 설명할 수 없는 진화와 인간의 속성을 이해해야 현재 AI의 한계를 뛰어넘는 혁신이 가능하다고 주장
- 보상을 극대화하도록 학습하는 강화학습처럼 '무엇을 왜 하는지' 명확한 알고리즘을 개발해야 한다고 지적
 - 리처드 서튼 박사는 현재의 AI는 정보시스템의 목표와 이유를 정의하는 계산이론(Computational Theory) 관점에서 보면 맹점이 존재한다고 언급
- 세상에 존재하는 지식과 상식을 AI가 쉽게 습득하는 방안을 고안할 필요성 제기
 - 최예진 교수는 딥러닝 연구뿐만 아니라 신경세포가 정보를 어떻게 표현하며, 추론과 지식을 어떻게 통합할지에 대한 연구 등도 병행해야 한다고 주장

③ AI 발전 방향을 면밀히 관찰하고 적극적으로 대응하는 R&D 전략 수립 필요

- 다수의 경영컨설팅업체는 2021년 기술 전망 보고서에 최신 AI 기술을 포함
 - 베인앤컴퍼니는 2021년 10대 기술전망에 'Edge AI'와 'AI for All'을 포함
 - 딜로이트는 2021년 9대 기술에 'Industrialized AI'와 'Machine Data Revolution'을 포함

⁹ VentureBeat(2020.12.), "Leading Computer Scientists Debate The Next Steps for AI in 2021"

美 국방예산 중 6조 원 이상 AI 연구개발에 투자¹⁰

① 미국 상원은 2021년도 국방수권법안(National Defense Authorization Act)을 최종 통과

- 국방수권법은 국방 예산을 포함하여 미국의 국방·안보 정책을 포괄하는 대표법안
 - 2021년 법안은 트럼프 대통령이 거부권을 행사했으나, 작년 12월 하원 재적의원의 2/3, 올해 초 상원 재적의원의 2/3 이상 찬성을 받아 통과
- 2021년 미 국방비 예산은 전년 대비 25억 달러 증가한 7,405억 달러로 확정

② 국방수권법안에는 AI 연구개발 투자 강화, AI 연구자에 컴퓨팅 인프라 지원, AI 컨트롤타워를 통한 기관 간 협업 등의 내용을 포함

- **(AI R&D 투자)** 향후 5년간 약 6조 원 이상의 AI R&D 자금을 다수의 기관에 제공
 - 국립과학재단(NSF)에 5조 원, AI용 슈퍼컴퓨터를 운영하는 에너지부(DOE)에 1조 원, AI 편향성 테스트 및 표준화를 맡은 국립표준기술연구소(NIST)에 4천억 할당
- **(컴퓨팅 인프라 제공)** AI 연구가 고도화됨에 따라 수요가 급증하는 컴퓨팅 인프라를 AI 연구자가 쉽게 사용할 수 있도록 클라우드 형태로 제공
 - 법안의 AI 조항을 담당한 롭 포트만(Rob Portman) 의원은 “컴퓨팅 자원을 민주화*하여 재능을 가진 미국인은 누구나 좋은 AI를 개발하도록 보장할 것”이라고 언급
 - * 스탠퍼드 AI 연구소(Stanford HAI) 공동책임자 존 에체멘디(John Etchemendy)는 “구글, MS, 페이스북 등이 AI 연구를 주도하는 이유는 컴퓨팅 인프라를 독점하기 때문”이라고 언급
- **(컨트롤타워 강화)** 2019년 ‘AI 이니셔티브 행정명령’을 발표한 백악관 조직(NAAI Office)에서 다수 부처의 AI 중복 투자를 제거하고 협력을 강화하는 역할 담당
 - 백악관 과학기술정책국에서 정책고문을 역임한 데라 라이온스는 “이종의 구기종목 선수가 같은 공을 쫓는 모습을 방불케 한 기존 AI 정책이 잘 정리될 것”으로 예상
- **(AI 조직 격상)** 국방부 내 AI 개발 및 활용을 지원해 온 전문가 조직인 ‘합동AI센터(Joint AI Center)’를 정보화 담당 부서에서 차관 직속 부서로 재배치
 - 전 구글 CEO이자 현 국가안보위원회 AI분과장인 에릭 슈미트는 “이번 조치를 통해 국방부 일부부서에 국한된 AI 관심과 도입이 국방부 전체로 확산될 것”이라고 기대

③ 코로나19로 민간의 신기술 투자 여력이 약화되고, 美-中을 중심으로 국가 간 기술 패권 경쟁이 심화되는 상황에서 정부의 과감한 신기술 투자 노력 필요

- 맥킨지에서 발표한 2020년 글로벌 AI 실태조사 결과 AI 도입기업 비중은 전년도와 동일한 50%에 머물러 2020년에 AI를 신규 도입한 기업은 많지 않은 것으로 파악
- 민간에서 AI를 손쉽게 도입할 수 있도록 AI 인재를 적시에 공급하고, 많은 비용이 발생하는 컴퓨팅 인프라 및 데이터를 지원하는 정책 필요

10 Wall Street Journal(2021.1.8.), “Defense Bill Boosts Federal AI Research and Development”

사진산책 | 中間

중간

디지털과 아날로그의 중간

일상과 섬의 중간 같은 사진

특정 주제나 내용에 치우치지 않는 누구나 공감할 수 있는 사진

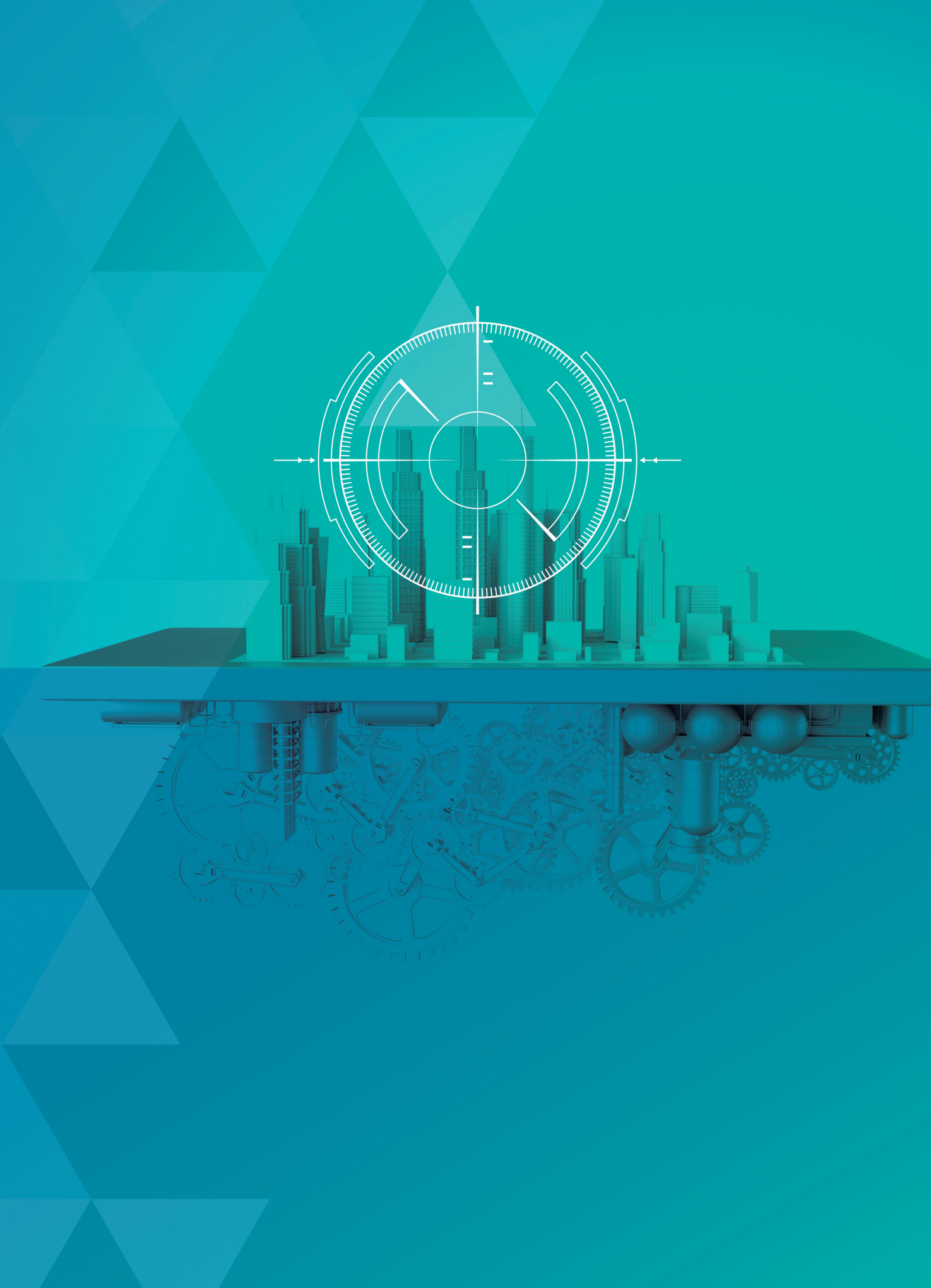


혼자 생활하는 사람이 많아지고 있다. 사실 별스러운 것도 아니다. 본디 인간은 혼자 왔다가 홀로 가는 존재가 아니던가? 혼자 있다고 안타까워할 필요도 없다. 혼자서도 얼마든지 즐거울 수 있고 부산할 수 있다. 다양한 통신 기기, SNS 애플리케이션이 혼자 생활하는 불편과 외로움을 달래준다. 해외입국자가 자가 격리에 들어가면서 먹고 마시는 것보다 네트워크 연결 상태를 먼저 챙기는 것이 이상한 일이 아니다. 만남의 형태도 오프라인에서 시작해 온라인으로 확대되던 것이, 온라인 인연이 대면 만남으로 이어지는 패턴으로 진화하고 있다. 그러니 혼자 있다고 외톨박이라고 단정할 이유는 없다. 그렇다고 혼자 생활하기를 권하자는 것은 아니다. 한편에서 혼자 지내기의 자연스러운 면이 부각되는 동안 다른 한쪽에선 어두운 그림자가 드리우고 있기 때문이다. 독거노인의 증가, 은둔형 외톨이(히키코모리) 확산은 혼자 생활하는 사람들의 어두운 면이다. 이제 좋든 나쁘든 혼자 생활하는 사람이 늘어나는 건 거스를 수 없는 시대적 대세다. 이런 현상이 같이 살아가는 법을 잃은 새 인류의 등장을 예고하는 것인지, 아니면 이전과는 다른 소통방식에 기반한 인간관계 방정식의 새로운 대두인지 지켜볼 일이다.

이호준 Lee, Ho-Joon
언론학박사
ighwns@hanmail.net

대학에서 신문방송학을 전공하고 언론학 박사 학위를 취득했다. 대한항공 여행사진 공모전에서 2회 수상하고, 세 차례의 개인전과 단체전 4회를 개최했다. 주간 신문과 월간지에 사진이야기와 에세이를 연재하고 있다.





SPRI FOCUS

2021년 전망

- **2021년 DNA 분야별 국내 디지털 혁신 전망**

문형돈 정보통신기획평가원 기술정책단 단장

- **한·중 디지털 무역 동향과 무역규범의 글로벌 쟁점**

손창우 한국무역협회 국제무역통상연구원 수석연구원

* 이 원고는 필진의 개인 견해이며, 소프트웨어정책연구소의 공식의견과 다를 수 있습니다.

2021년 DNA 분야별 국내 디지털 혁신 전망

2021 Digital Innovation Outlook by DNA
(Digital, Network, AI)

1. 들어가며

최근 코로나19로 급진전 중인 비대면 사회로의 일상화, 온라인 디지털 경제로의 전환, 디지털 플랫폼 기업들의 영향력 확대와 이를 둘러싼 주요국의 견제, 국가 간 첨단기술 기술 경쟁 등 코로나19는 2020년에 이어 2021년에도 모든 국가 경제 사회 변화의 핵심 동인이 될 전망이다.

무엇보다, ICT는 코로나19에 따른 변화의 범위와 속도가 가장 크게 영향 받고 있는 분야이다. 2020년 7월, 정부는 ‘한국판 뉴딜’을 통해 DNA 기반 디지털 혁신이 국가 경제 사회 전반의 디지털 전환과 성장을 이룰 핵심 주체임을 선언한 바 있다. 즉, 공공과 산업 현장에서 만들어진 데이터가 데이터웨어로 축적되고 저장된 데이터에 AI가 결합되어 5G로 연결되는 DNA 기반 디지털 혁신이 앞으로 우리의 혁신성장을 위한 핵심이며, 2021년에는 디지털 뉴딜의 이행을 본격화함으로써 대한민국 대전환을 가속화할 전망이다.

이에 본고에서는 2021년 국가 디지털 대전환의 ‘Key’가 될 국내 디지털 혁신의 변화 전망을 DNA(Data Network AI) 관점에서 주요 전망포인트별로 조망해 보았다.

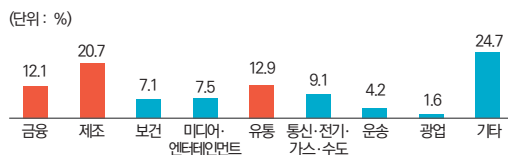
문형돈
정보통신기획평가원
기술정책단 단장
donadoni@iitp.kr

2. 2021년 DNA 분야별 디지털 혁신 전망

가. Data : 데이터 경제 성장 본격화

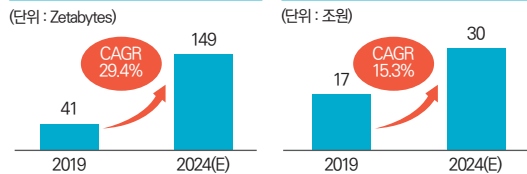
데이터는 디지털 경제 시대의 원유이자 미래산업의 원유이다. 데이터 기반 경제는 2021년 코로나19의 확산과 함께 세계적으로 급성장이 예상되고, 국내 데이터 시장 역시 2024년까지 연평균 15.3%씩 성장하며, 약 30조 원 규모에 이를 전망이다.

■ [그림 1] 세계 산업별 데이터 활용



※ 자료 : Statista(2018), KIEP(2019)

■ [그림 2] 세계 데이터 사용량 · 국내 데이터 시장규모



※ 자료 : Statista(2020)

※ 자료 : 과기정통부(2019)

이에 우리 정부는 데이터 3법 개정, 디지털 뉴딜을 통한 데이터 담 구축 등을 통해 데이터 경제로의 본격 전환에 대비한 준비를 서두르고 있다.

2021년 데이터 분야의 주요 전망포인트는 다음과 같다.

(1) (전망포인트 #1) 데이터 기반 경제사회의 혁신이 가속화될 것이다.

2021년 데이터 기반의 경제 사회 혁신이 가속화될 것

으로 예상되는 가운데, 공공 데이터는 데이터담을 통해, 민간 데이터는 데이터 거래소 활성화를 통해 데이터 경제의 근간이 될 데이터의 축적과 활용을 위한 기반조성이 더욱 강화될 전망이다.

■ [그림 3] 공공 데이터



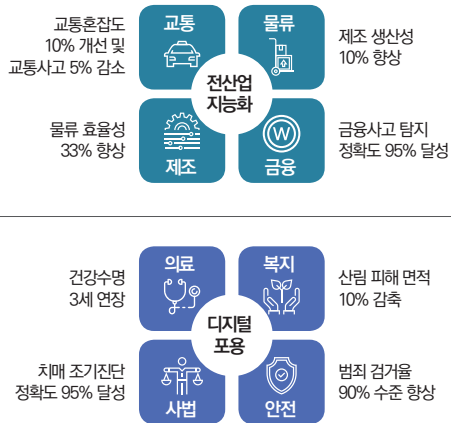
■ [그림 4] 민간 데이터



※ 자료 : IITP, 2020.11.

데이터가 디지털 경제의 원유라면, 그 엔진이 될 5G와 고속도로가 될 5G가 결합되어 전 산업의 지능화가 진전되고, 사회 전반의 디지털 포용 산업 및 서비스의 등장과 확산이 본격화되는 등 데이터 기반 新 Biz모델 성장의 한 해가 될 전망이다.

[그림 5] 데이터 기반 주요 서비스



※ 자료 : 인공지능 국가전략(2019) 자료 재구성, 2020.11.

(2) (전망포인트 #2) 정보 주체의 데이터 주권이 강화 될 것이다.

데이터 경제 시대를 맞아 데이터의 경제·사회적 가치가 높아짐에 따라 '데이터 주권' 개념이 더욱 중요해지며 데이터 소유권과 이동권 보호를 위한 개인과 정부의 노력에 주목하는 한 해가 될 전망이다.

먼저, 개인정보 활용은 마이데이터(MyData)를 통해 개인의 동의에 기반한 기존 이종 데이터의 결합으로 새로운 서비스를 창출하는 한편, 이를 신뢰가능하고 안전하게 제공할 수 있는 제도적 환경이 조성되고 있다. 그리고, 데이터 3법을 통해 데이터 전문기관의 설립, 가명정보처리 가이드라인 마련(2020.9.) 등과 같은 안전한 데이터 거래 및 활용 기반을 조성, 개인정보 보호의 데이터 주권 이슈에도 대응 중이다.

이처럼 개인의 데이터 소유 이슈에 관해서는 마이데이터(MyData)와 데이터 3법 개정 등을 통해 대책을 마련 중이나, 또 다른 이슈인 데이터 이동권 보호에 대한 논의는 다소 부족한 상황이다.

다만, 구글, 아마존 등과 같은 글로벌 빅테크 기업들이 데이터를 독식하며 데이터 독과점과 개인정보의 유출 오남용과 같은 이슈를 촉발함에 따라 해외 주요국들은 데이터의 해외이전 제한, 정보 주체의 권리 확대와 관련한 데이터 이동권 제한 등을 논의 중이다.

그러나, 데이터 기반 디지털 경제 활성화를 위해 규제를 강화하는 방향과 더불어, 공정한 데이터 공유와 안전한 데이터 재사용(OECD), 신뢰의 데이터 공유와 데이터 기술혁신(WEF) 등을 중심으로 한 논의 역시 함께 고민해 나가야 한다.

[그림 6] MyData 확산



※ 자료 : IITP, 2020.11.

[그림 7] 데이터 3법 개정



안전한 데이터 거래 및 활용기반 조성

[그림 8] 해외 주요국 기관의 데이터 보호 노력



※ 자료 : IITP, 2020.11.

따라서, 2021년은 개인 데이터의 자기결정권 확대와 자국 데이터 산업 및 국민의 개인정보 보호 강화와 관련한 데이터 주권의 중요성을 인식하고 이를 해결하기 위한 논의를 본격화하는 한 해가 될 전망이다.

나. AI(인공지능) : AI+X에서 X+AI로의 전환

2021년에는 쏘 산업에 AI를 접목하여 AI의 산업적 확산을 시도해왔던 기존 공급자적 관점(Supply Push)의 'AI+X'를 넘어, '쏘 산업의 인공지능화(X+AI)'로 수요자적 인공지능의 수용 관점(Demand Pull)으로 한 단계 더 발전된 환경이 조성될 전망이다.

AI는 이미 쏘 산업으로의 확산이 당연시되고 있으며 새로운 혁신동력으로 자리매김하고 있다. 또한, 올해 코로나

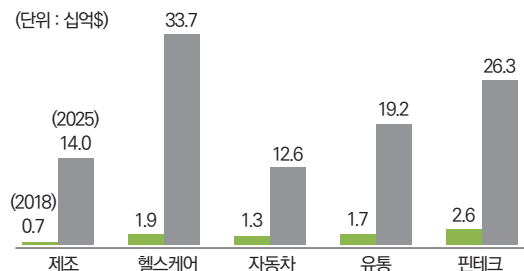
19 상황에서 AI 진단키트 개발 기간에 있어 과거 2~3개월의 개발기간을 2~3주로 단축하고, 3초 만의 AI 기반 의료 이미지 분석을 통해 폐질환을 진단해 냈던 AI 기술 기반의 'K-방역'의 사례에서 볼 수 있듯, AI의 사회적 영향력 역시 더욱 확대되고 있다. 따라서, AI의 경제 사회적 영향력 확대를 뒷받침하기 위해 민관이 정책적 노력과 과감한 투자를 확대해 나가는 등 AI가 인류의 미래를 준비하는 중요한 한 해가 될 것으로 예상된다.

2021년 AI 분야의 주요 전망포인트는 다음과 같다.

(1) (전망포인트 #1) 기술적 실험을 넘어, 쏘 산업의 인공지능 적용이 본격화될 것이다.

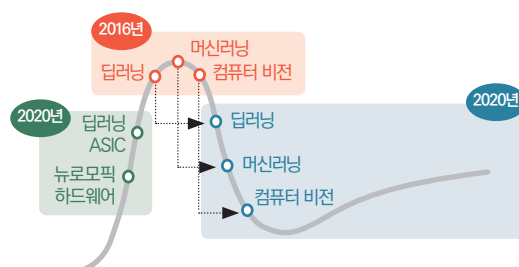
Gartner의 Hype Cycle을 통해 AI 기술의 변화를 살펴

[그림 9] 세계 산업별 AI 시장규모(2018~2025)



※ 자료 : MarketsAndMarkets

[그림 10] 인공지능 기술 Hype Cycle



※ 자료 : Gartner(2019) 자료 재구성, IITP, 2020

보면, 2016년에는 딥러닝, 머신러닝, 컴퓨터 비전과 같은 기술은 기대의 최정점에 위치한 반면, 2020년에는 기대의 거품이 꺼지고 실제 상용화로 넘어가는 단계로 진입 중임을 확인할 수 있다. 특히, 딥러닝 ASIC, 뉴로모픽 하드웨어와 같은 새로운 기술도 등장하며 또 다른 기술적 실험도 진행되고 있다는 점도 주목해야 할 포인트이다.

기술적 진보는 산업적 활용을 가능하게 함으로써 이미 AI를 도입한 기업이 83% 수준에 달하고, AI 기술의 도입을 통해 63%의 기업이 수익의 증가를, 44%의 기업은 비용의 감소효과를 보는 등 그 영향력을 확대하고 있다 (McKinsey, 2019).

2021년에는 기술적 실험의 단계를 넘어 전 산업의 AI의 활용이 가속화될 전망이며, 지속가능한 혁신적 新산업의 등장과 성장을 뒷받침하기 위한 대규모 투자 역시 확대될 전망이다. 세계 AI 시스템 관련 투자·지출 규모는 2020년 501억 달러에서 2024년 1,100억 달러로 2배 이상 증가할 것으로 예상(IDC, 2020)되는 것은 이를 반증하는 사례이다.

한편, 주요국 정부는 지속가능한 AI 기술주도권 확보를 위해 AI 기술개발에도 선도적으로 지원하고 있다. 우리 역시 차세대 AI 기술개발에 1조 원을, 인공지능 반도체 기술에 2,475억 원(2020~2029)을 선제적으로 투자할 계획이며, 차세대 PIM(Processing-In-Memory) 기술개발 등도 예비타당성 조사 추진(2022~2026, 2천억 원 계획)을 통해 인공지능의 기술 격차 해소와 함께 미래 AI 기술 경쟁력 확보에 주력해나갈 전망이다.

(2) (전망포인트 #2) AI는 인간영역으로 진화하며, 인류를 위한 논의도 확대될 것이다.

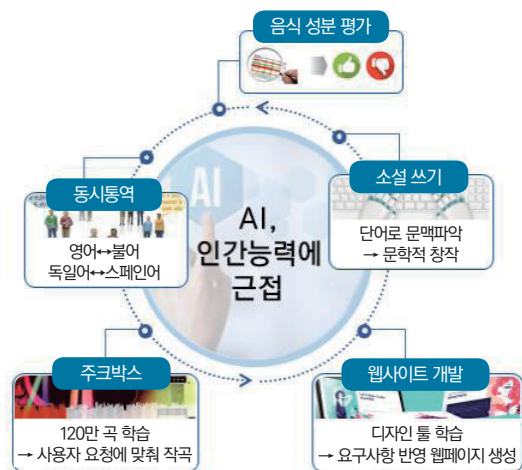
최근 OpenAI의 GPT-3 활용 사례에서 볼 수 있듯, AI는 그간의 오랜 과제였던 동시통역의 범주를 넘어, 단어로 문맥을 파악하여 소설과 같은 문학적 창작이 가능하고,

120만 곡을 학습하여 사용자 요청에 맞춰 작곡도 가능함을 실증한 바 있다. 또한, 디자인 툴을 학습하여 요구사항을 반영한 웹사이트의 개발, 음식 성분의 평가 등 인간의 창의성에 도전하는 기술적 진보가 현실화되고 있으며, 앞으로 이러한 기술적 도전은 더욱 활발해질 전망이다.

다만, 기술적 진보와 더불어 OECD의 인공지능 권고안(2019.5.), EU의 인공지능 윤리가이드라인(2019.4.)과 같이 사람이 중심이 되는 신뢰가능한 AI로의 진화를 위한 논의도 진행 중이다. 우리 역시, '인공지능 미래사회 법제정비단'이 2020년 4월 발족하고, 5월에는 '국가 정보화 기본법'을 '지능정보화 기본법'으로 개정하며 안전한 지능정보사회 실현을 위해 국가 차원에서 AI의 對국민 수용성 제고를 위한 법제도 정비를 추진 중이다.

2021년 역시 인공지능 기술의 진화에 따른 인간의 창의성에 대한 도전은 계속되는 동시에, 윤리적 법적 논의 또한 본격화되는 한 해가 될 전망이다.

■ [그림 11] OpenAI의 GPT-3 활용 사례



※ 자료 : IITP, 2020.11.

[그림 12] 5G 상용화-확산을 위한 주요국 투자 동향



※ 자료 : IITP, 2020.11.

다. Network(5G) : 고품질 5G, 디지털 경제 핵심 인프라로 안착

코로나19로 사회적 거리두기에 따른 비대면 문화가 경제 사회 전반에 확산되었다. 이는 인터넷 사용자의 급증과 데이터 트래픽의 폭발적 증가를 촉발, 초고속 초저지연 초연결이 가능한 5G 네트워크의 필요성을 인식시켰으며, 세계 주요국은 5G망 상용화와 확산을 위한 대규모 투자를 추진 중이다.

우리 역시 2019년 4월 세계 최초 5G 서비스 상용화 이후, 세계 최고 수준의 5G 조기 정착을 위해 5G 인프라 지속 확충에 주력하고 있다.

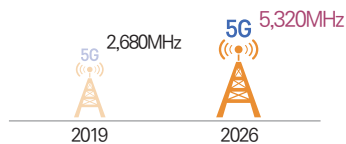
[그림 14] 5G망 투자

2020 ~ 2022간 25조원 투자



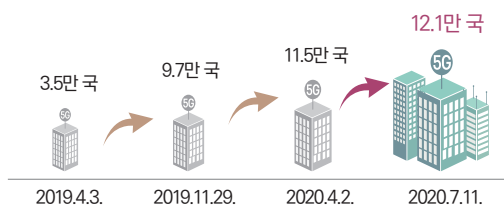
[그림 15] 5G 주파수

2026년까지 단계적 5G 주파수 2배 확보



※ 자료 : 언론발표자료 재구성(IITP, 2020.11.)

[그림 13] 5G 기지국



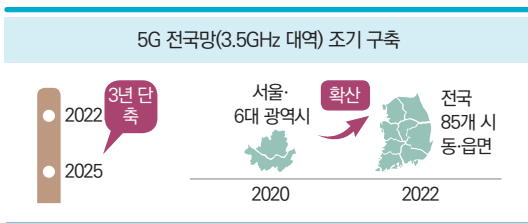
2021년 5G 분야의 주요 전망포인트는 다음과 같다.

(1) (전망포인트 #1) 언제, 어디서, 누구나 5G를 통한 혁신을 경험할 것이다.

우리는 5G 세계 1등을 향한 대규모 투자와 정책적 노력의 투입에도 불구하고, 5G 서비스 품질이슈는 여전히 해결해야 할 과제이다.

하지만, '2021년에는 3.5GHz 대역을 기반으로 5G 전 국망의 조기 구축을 통해 전 국민의 5G 보편권 확보에 주력하는 한편, 28GHz 대역의 상용화 실증과 단독모드(SA) 상용화 등을 통해 B2B 활용 기반을 조성하는 데 주력할 전망이다.

■ [그림 16] B2C : 전 국민 5G 보편권 확보



■ [그림 17] B2B : 활용기반 조성



※ 자료 : ITP, 2020.11.

이를 통해 국민 누구나 언제, 어디서 5G를 이용할 수 있는 환경이 마련되는 동시에, 실감콘텐츠, 자율주행차, 스마

트 공장, 디지털 헬스케어, 스마트 시티 등과 같이 전 산업에 5G가 적용, 활용됨으로써 5G의 활용 범위가 '체험형'을 넘어 '업무형'으로 확장되며 새로운 가치를 창출할 전망이다.

따라서, 2021년은 5G가 B2C 보편적 서비스 단계를 넘어 5G가 접목되어 B2B 관점의 성공적인 활용 사례가 본격 등장하는 한 해가 될 것으로 예상된다.

(2) (전망포인트 #2) 5G 기술의 진전, 디지털 전환의 Key가 될 것이다.

5G 기반 융합이 앞으로 더욱 활성화되기 위해서는 아직 기술적으로 풀어야 할 과제들도 존재한다. 특히, 초저지연, 대역폭 절감, 초지능화, 보안성 강화 등과 같이 산업 전반에 5G가 접목되기 위한 기술 수준 달성을 위해 선행되어야 할 기술적 해결책의 중심에 MEC(Mobile Edge Computing)가 있다.

5G 등 네트워크 접속환경의 엣지(종말단)에서 실시간으로 데이터를 분산처리하기 위한 기술인 MEC 기술은 스마트 공장, 스마트 시티, 자율주행, 스마트 의료 등의 기술적 한계 극복을 위한 핵심 동인이고, MEC 기술개발과 현장 적용은 2021년 풀어야 할 핵심 과제가 될 것이다.

또한, 네트워크의 효율적 활용을 위한 5G의 기술적 특장인 네트워크 슬라이싱에도 주목해야 하며, 망중립성 정책

■ [그림 18] MEC(Mobile Edge Computing) 개념



* 5G 등 다양한 네트워크 접속환경의 엣지에서 실시간으로 데이터를 분산 처리

※ 자료 : ITP, 2020.11.

과 연계해 검토해야 한다. 해외 주요국은 망중립성 원칙의 폐지(미국, 2020.2.)와 지지(EU, 2020.9.)로 양분되어 관련 논의를 진행 중이다. 우리나라도 올 2월, '제2기 망중립성 연구반'을 출범시키며 관련 논의를 진행하고 있다.

따라서, 2021년은 5G 융합의 확산을 위해 기술적 해결책인 MEC와 네트워크 슬라이싱 관련 기술개발과 적용 노력이 지속되는 한편, 망중립성과 관련한 정책적 논의도 진전되는 한 해가 될 전망이다.

3. 마치며

2021년 역시 코로나19 팬데믹의 영향이 여전히 지속될 것으로 예상되는 가운데, 디지털 경제와 비대면 사회로의 전환에 더욱 주목해야 할 한 해가 될 전망이다.

무엇보다, 디지털 전환의 핵심으로 2020년부터 본격화된 5G·AI 확산 흐름이 가속화되는 동시에, 정부의 디지털 뉴딜 정책에 힘입어, 데이터 역시 중요한 전환점이 예상된다. 즉, 데이터 3법 시행과 데이터법 구축 등 정책적 변화와 AI·5G 기술 발전은 국가 전반의 디지털 전환과 디지털 포용 확산을 더욱 가속화할 것으로 예상된다.

특히, 코로나19 팬데믹을 계기로, AI의 사회적 영향력은 확대될 것이며, 2021년을 기점으로 기술적 실험의 단계를 넘어 본격적인 산업현장 적용기에 접어들 전망이다. 이와 함께, 5G망의 전국적 확산과 28GHz 대역 단독모드(SA) 상용화로 B2B 영역의 新제품·서비스가 확산되며, 5G는 산업과 생활 전반의 디지털 전환의 핵심 'key' 역할을 할 전망이다.

2021년, 코로나19로 국가 경제 사회 전반의 디지털 혁신은 더욱 가속화될 것이다. 우리는 세계 최고 수준의 DNA 기반 디지털 혁신을 기반으로 '디지털 대한민국'을 실현, 2021년을 새로운 10년에 대비하는 디지털 경제 전환의 원년으로 삼아 현재의 위기를 미래의 기회로 만들어가는 한해가 되길 기대한다.

참고 문헌

- 정보통신기획평가원(2020.11.), "ICT 10대 이슈" 관계부처합동(2019.1.16.), "데이터·AI경제 활성화 계획" 관계부처합동(2019.12.17.), "인공지능(AI) 국가전략" 관계부처합동(2019.4.8.), "5G+전략" 김용균, 김우진, 권요안, 박주혁, 박태준, 정지범(2020.4.13.), "코로나19에 따른 국내 ICT분야 영향 점검" ICT Spot Issue(2020-02)
- 김우진, 박주혁(2020.6.30.), "코로나19 이후 국내 ICT 산업현황 점검" ICT Spot Issue(2020-05)
- 박찬선(2019.12.12.), "OECD 회원국의 ICT 정책추진현황 및 사례분석" ICT Spot Issue(2019-24)
- 양현, 이태희, 박태준(2020.4.3.), "5G 상용화 1년, 세계 속의 우리는 - 주요국 5G 추진현황과 시사점" ICT Spot Issue(2020-01)
- 장효성(2019.11.27.), "주요국 인공지능 정책 동향과 시사점" ICT Spot Issue(2019-23)
- Gartner, <https://gartner.com>
- ICT Brief 각호, <https://www.itfind.or.kr>
- Marketandmarkets, <https://www.marketsandmarkets.com/>
- OECD, <https://oecd.org>
- Statista, <https://www.statista.com/>
- WEF, <https://weforum.org>

한·중 디지털 무역 동향과 무역규범의 글로벌 쟁점

Korea-China Digital Trade Trends and
Global Issues of Trade

1. 들어가며

코로나19 이후 디지털 소비 및 온라인 비즈니스 보편화로 디지털 무역의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 코로나19 이후 글로벌 콘텐츠 소비량은 이전 대비 60% 이상 증가하였으며, 글로벌 빅데이터 시장 규모는 올해 1,389억 달러 기록 후 2025년까지 연평균 10.6%의 성장률이 예상된다. 또한 디지털 무역은 금융, 교육, 정보처리 등 서비스업뿐만 아니라 제조업의 R&D, 제조 공정 등의 데이터 거래에 이르기까지 무역의 범위를 넓히면서 더욱 중요해질 전망이다.

우리나라의 디지털 무역 현황을 보다 객관적으로 파악하기 위해서는 중국과의 비교를 통해 살펴볼 필요가 있다. 그 이유는 중국이 전자상거래 분야의 강점을 바탕으로 글로벌 디지털 무역을 주도하고 있으며, 우리나라도 IT 기술력과 K-콘텐츠를 기반으로 세계 시장에서 주요한 입지를 구축해 가고 있기 때문이다. 그러므로 후발 주자인 중국이 최근 앞서 나가는 배경과 이면에 숨겨진 전략은 우리에게 시사하는 바가 클 것이다. 더욱이 2019년 중국과 한국의 전체 소매 시장 내 온라인 소매 비중은 전 세계 평균의 2배 이상을 기록하였으며, 양국의 디지털 서비스 수출 비

● ●
손창우
한국무역협회
국제무역통상연구원 수석연구원
cw.son@kita.or.kr

중 역시 꾸준히 증가하는 추세이므로 중국의 디지털 무역 현황은 한국에게 미치는 영향이 적지 않다.

글로벌 디지털 무역을 이해하기 위해서는 새로운 무역 방식에 맞춘 무역 규범 제정이 어떻게 이루어지고 있는 지 알아볼 필요가 있다. 최근 디지털세 도입 등 글로벌 디지털 무역 규범 제정에 각국의 이해 관계가 첨예하게 대립하고 있다. 미국과 EU 간 디지털세 부과를 둘러싼 갈등은 통상 마찰로 확대되고 있으며, 중국은 데이터 보호주의 및 디지털 폐쇄 정책을 확대하면서 자국의 이익을 지키기 위해 노력 중이다. WTO 전자상거래 협상 및 OECD 디지털세 도입 논의 등은 우리 경제에 미치는 파급효과가 큰 만큼 향후 우리 기업과 정부의 대응 역시 중요한 상황이라고 할 수 있다.

이번 글에서는 중국과의 비교를 통해 우리나라의 디지털 무역 현황을 살펴보고, 글로벌 디지털 무역 이슈에 대한 우리의 대응책과 디지털 무역을 확대하기 위한 전략은 무엇인지 살펴보고자 한다.

2. 디지털 무역의 개념

본격적인 논의에 앞서, 디지털 무역의 개념에 대해 짚고 넘어갈 필요가 있다. 디지털 무역은 어느 범위까지 포함을 시킬지에 따라 개념이 조금씩 달라질 수 있는데, 예전에는 전자상거래 중심의 협의 개념으로 주로 이해를 했다면, 최근에는 그 범위가 넓어져서 디지털화된 재화 및 서비스의 거래도 포함한다.

• (정의) 디지털 무역은 ‘데이터 이동을 기초로 하는 국가 간 교역활동 전반’을 의미

미국 CRS(Congressional Research Service, 미국 의회조사국)는 디지털 무역을 ‘데이터 이동을 기초로 하는 국가 간 교역활동 전반’이라고 넓게 해석하고 있는데, 관련 산업에는 SW 등 디지털 인프라, 전자상거래, 클라우드 컴

퓨팅, 디지털 미디어 등이 포함된다.

• (범위) 디지털 기술과 관련된 국가 간 교역 활동 전반을 지칭하며, 전자상거래와 디지털 서비스 거래를 포함

좀 더 쉽게 단순화해보면, 디지털 무역은 전자상거래와 디지털 서비스 거래의 합으로 이해할 수 있다. 물론 넓게 보면, 보험, 법률, 특허 등 서비스 중 디지털로 제공되는 것도 디지털 무역에 포함되지만 논의상 편의를 위해 제외하도록 하겠다.

전자상거래가 ‘무역 방식’의 디지털화를 의미한다면, 디지털 서비스 거래는 ‘무역 대상’ 즉 거래되는 재화의 디지털화를 의미한다고도 볼 수 있다. 우리가 잘 알고 있듯이, 전자상거래는 아마존과 같은 온라인 플랫폼을 활용한 상품 거래를 말하고, 디지털 서비스 거래는 콘텐츠, SW, IT 서비스 등 디지털 재화 및 서비스의 거래라고 볼 수 있다.

■ [그림 1] 디지털 무역의 범위



3. 디지털 무역 한·중 비교

① 디지털 서비스 무역 현황

2019년 기준 중국의 디지털 서비스 수출 규모는 EU, 미국 등에 이어 전 세계 5위이며, 우리나라는 10위를 차지하였다. 중국은 2015년~2019년 동안 약 11.4%의 높은 연평균 성장률을 기록하며 2019년에는 전년 대비 6.1% 증가한 1,435억 달러 규모의 디지털 서비스를 수출했다. 이는

[표 1] 주요 경제권의 디지털 서비스 수출 현황(2019)

(단위 : 억 달러, %, %포인트)

	지역	수출규모 (2019년)	증가율 (전년 대비)	시장점유율(%)			연평균 증가율(%)	
				2005년	2015년	2019년	2005/2019	2015/2019
1	EU	15,620	(0.2)	54.94	48.39	48.93	6.3	6.3
2	미국	5,342	(8.6)	16.78	17.62	16.73	7.2	4.7
3	영국	3,073	(11.4)	14.67	10.54	9.62	4.0	3.7
4	인도	1,479	(9.0)	3.11	4.48	4.63	10.3	6.9
5	중국	1,435	(6.1)	1.44	3.69	4.50	16.3	11.4
6	싱가포르	1,161	(3.2)	1.34	3.23	3.64	15.2	9.2
7	일본	1,161	(-6.4)	3.65	3.41	3.64	7.2	7.7
8	스위스	816	(1.4)	3.69	3.10	2.56	4.4	1.0
9	캐나다	552	(3.4)	2.72	1.93	1.73	3.8	3.1
10	한국	414	(3.1)	1.06	1.27	1.30	8.8	6.6
	전 세계	31,926	(3.75)	-	-	-	7.2	6.0

※ 주 : EU는 27개국 기준이며, 순위에서 EU 개별 국가는 제외함. 2019년 기준 순위.

※ 자료 : UNCTAD 통계를 바탕으로 필자 재구성

디지털 서비스 수출액 1위인 EU의 약 10%, 2위인 미국의 26%에 해당하는 규모이며, 1,479억 달러를 수출한 인도와 유사한 수준이다.

한국은 같은 기간 연평균 6.6%씩 증가하여 2019년에는 전년 대비 3.1% 증가한 414억 달러 수출을 기록하였고, 이는 중국의 약 1/3 수준임을 알 수 있다. 양국 모두 전 세계 연평균 성장률을 상회하며 급격히 성장 중이며, 중국의 성장 속도가 우리나라에 비해 빠른 편이다.

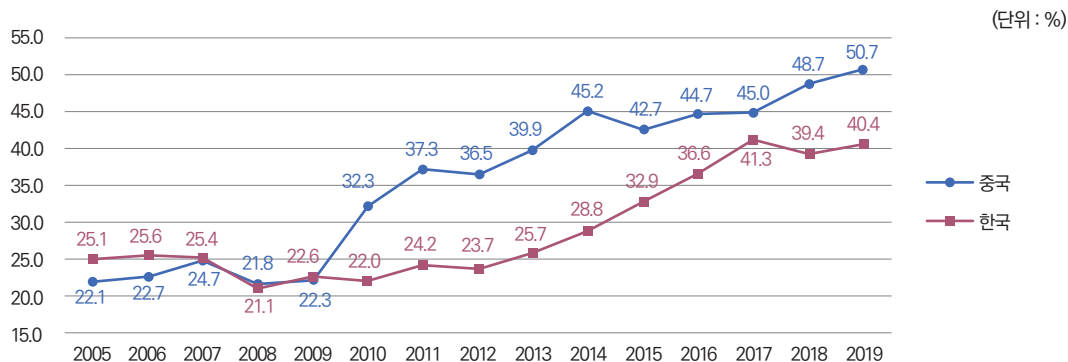
2019년 한-중 양국의 전체 서비스 수출액 중 디지털 서비스의 비중은 2005년 대비 2배 이상 급증하면서 디지털 무역 비중이 확대되는 양상이다. 중국은 최근 5년간 서비스 수출 비중이 꾸준히 증가하면서 2019년에는 전체 서비스 수출액의 절반 이상을 차지한 반면 한국은 2010년 이후 증가세를 유지하다 최근 감소 추세를 보이며 지난해 40.4%를 기록하였다. 한국과 중국이 2005년 20%대 수준에서 2019년에는 각각 40.4%와 52.2%로 2배 이상 급증한 가운데 중국의 비중이 한국보다 더 높게 나타났다.

② 글로벌 전자상거래 현황

중국의 글로벌 전자상거래 수출입 규모는 2020년 상반기에 전년 동기 대비 26.2% 증가했으며, 2020년에는 2,800억 위안(약 418억 달러)을 기록할 것으로 전망된다. 수출입액은 2016년 이후 연평균 55.1%의 성장률로 지속적으로 증가하고 있으며, 2019년에 전년 대비 38.2% 증가한 1,862억 위안(약 279억 달러)을 기록하였다. 2019년 수출은 전년 대비 68.2% 증가한 944억 위안(약 141억 달러)을 달성하고, 수입은 16.8% 증가한 918억 위안(약 137억 달러)을 기록하며 수지가 흑자로 전환됐다. 특히 코로나19 이후 중국의 글로벌 전자상거래 수출입이 급격한 성장세를 보이면서 2020년 1~3분기에는 전년 동기 대비 52.8% 증가한 1,873.9억 위안(약 281억 달러)을 기록하였다.

우리나라의 올해 상반기 전자상거래 수출입 총액은 약 39.9억 달러를 기록하였다. 수출입 규모는 2016년 이

■ [그림 2] 디지털 서비스가 전체 서비스 수출에서 차지하는 비중



※ 자료: UNCTAD(2020)

■ [표 2] 중국의 글로벌 전자상거래 규모(2016~2019)

(단위: 억 위안, %)

	2016	2017		2018		2019	
	금액	금액	증가율	금액	증가율	금액	증가율
수출입액	499	902	80.6	1,347	49.3	1,862	38.2
수출액	238	337	41.3	561	67.0	944	68.2
수입액	257	566	120.0	786	39.8	918	16.8
무역수지	-19	-229	-	-225	-	26	-

※ 주: 반올림으로 인해 수출, 수입의 합계가 수출입 총액과 다를 수 있음

※ 자료: statista.com, 중국 해관총서 자료 종합

■ [표 3] 한국의 국경간 전자상거래 규모(2016~2019)

(단위: 억 달러, %)

	2016	2017		2018		2019	
	금액	금액	증가율	금액	증가율	금액	증가율
수출입액	36.1	47.2	30.7	60.1	27.3	82.7	37.5
수출액	19.8	26.1	31.8	32.5	24.5	51.5	58.3
수입액	16.4	21.1	28.7	27.6	30.8	31.2	13.0
무역수지	3.4	5.0	-	4.9	-	20.3	-

※ 자료: 관세청(2019.2.) 및 통계청(2020.8.) 자료를 바탕으로 필자 재구성

후 연평균 31.8%의 성장률을 보이며, 2019년에 전년 대비 37.5% 증가한 82.7억 달러를 달성했다. 2019년 기준 수출액은 전년 대비 58.3% 증가한 51.5억 달러, 수입액은 전년

대비 13.0% 증가한 31.2억 달러를 기록했고, 2016년 이후 지속적인 흑자를 유지하고 있다.

③ 디지털 무역 정책 현황

중국 정부는 이전부터 '인터넷 플러스', '뉴SOC 건설' 등의 기치로 디지털 트랜스포메이션을 추진하고 있다. 그 결과 베이징은 산업의 디지털 트랜스포메이션이 심화되고 있는 도시로, 매출액 2천만 위안 이상인 기업의 클라우드화 비율은 40% 이상이며 중소기업은 약 20만 개에 달한다. 중국은 중관촌(中關村) 소프트웨어 단지 내 디지털 서비스 수출 기지를 기반으로 디지털 무역 플랫폼을 구축할 예정이며, 특히 서비스와 제조업을 연결하는 신사업 모델 개발, 유니콘 기업 육성, 개방형 데이터 거래 시스템 확보에 주력할 계획이다.

특히 코로나19는 중국이 디지털 트랜스포메이션을 가속화하는 계기로 작용하고 있다. 코로나19 확산 및 정부 주도의 디지털 인프라 투자 확대로 2020년에는 '디지털+ICT' 분야에서 약 1.5조 위안 규모의 새로운 비즈니스 기회가 많이 창출될 것으로 보인다.

이에 발맞추어 중국은 디지털 무역을 위한 7대 신형 인프라 구축에 향후 5년간 10조 위안을 투자하는 등 집중적인 투자 계획을 발표한 바 있다. 또한 디지털 경제 핵심 거점인 베이징에 '디지털무역시범지구'를 설치하고 2022년에는 '국제빅데이터거래소'를 개소할 예정이다.

한편, 우리나라도 디지털 상품·서비스 무역 확대를 위

해 디지털 뉴딜 정책을 추진하고 디지털 통상 규범 제정 위한 국제 논의에도 적극 참여하고 있다. 우리 정부는 '디지털 뉴딜' 등 정책을 발표하고 디지털 신제품 및 신규 서비스 창출하고자 산업 내 데이터·5G·AI 융합을 가속화하는 등 경제 전반의 디지털 혁신을 위한 노력에 주력하고 있다.

D·N·A(Data, Network, AI) 생태계 구축, 비대면 산업 육성, SOC 디지털화 등의 분야에 총 사업비 58.2조 원을 투자하여 디지털 전환 가속화하는 계획을 발표한 바 있다. 공공 데이터를 중심으로 빅데이터 플랫폼을 구축하고, 항만 통합 블록체인 플랫폼 등 스마트 물류 체계 구축하는 한편 기존 산업의 5G 및 AI 융합을 확산하기 위한 노력도 추진 중이다. 또한 교육·의료·SOC 등 분야에 비대면 인프라를 구축하여 IoT·AI 활용 디지털 헬스케어, 스마트 시티, 비즈니스 컨설팅 등 디지털 서비스 분야 수출 기반을 조성할 예정이다.

WTO 전자상거래 협상과 연계하여, 향후 FTA에 전자상거래 및 디지털 비즈니스 원활화를 위한 국제 규범을 공동 모색하고 국내제도를 개선하는 등 디지털 통상 이슈에 적극적으로 대응하는 모습도 보이고 있다. 미국, 일본, 중국, EU 등의 디지털 경제권 형성을 고려하여 아태지역 중견국과의 디지털 파트너십 협정 체결을 추진하는 한편 WTO 전자상거래 협상에 적극 참여하여 우리 입장을 최대한 반영하기 위해 노력 중이다.

■ [표 4] 중국의 디지털 경제 고속성장 배경

구분	주요 내용
① 시장규모	14억 인구의 거대 단일 경제권으로 인해 디지털 산업 확대의 필요조건인 개발과 확산의 신속성을 충족
② 산업특징	디지털 경제의 기반인 전자산업은 짧은 산업주기와 고도화된 국제 분업이 특징으로 중국과 같은 후발국에 유리
③ 정부정책	선도적(사후보완적), 집중적, 일관적 정책은 중국의 대표적 특징 : 핀테크 수용(2004년), '인터넷 플러스(+)'전략(2015년), 국가정보화전략(2017년), 만중창업·만중혁신 정책 (2017년), 성/시 주도의 디지털경제 육성(2017년 이후) 등
④ 인재육성	높은 학구열, 정부의 우수 인재 귀국 유도 및 지원 정책

[표 5] 우리나라의 디지털 통상정책 추진방향

① 우리 산업의 이익 반영한 디지털 통상규범 정립 선제적 대응
· 우리 기업의 경쟁력 반영한 <디지털 통상 협상 방향> 마련 · 다자·양자 간 통상 협상에 우리 이익 반영
② 글로벌 디지털 통상 이슈 주도
· 거대 글로벌 플랫폼 공정거래 생태계 조성 · 디지털 권리침해 방지 위한 협력체계 구축
③ 다자·양자 간 통상협력으로 우리 기업의 시장확대 지원
· 디지털 동맹(Digital Alliance) 구축 · 전략국가-유망산업 매칭 협력사업 추진
④ 디지털 통상 기반 강화 및 국내 제도 선진화
· 통계 확보 및 업계 공동대응 네트워크 구축 · 국내 제도 선진화 지원

4. 디지털 무역 규범의 글로벌 쟁점

① 디지털 무역 규범 제정

디지털 무역에서는 기존의 상품 무역 규범이 포괄하기 어려운 새로 거래 대상 및 방식이 나타나고 있어 별도의 국제 규범이 필요하다. 디지털 무역 규범 제정 논의가 원활히

진행되기 위해서는 아래의 4가지 글로벌 쟁점에 대한 국제 사회의 합의가 선행되어야 한다.

WTO, OECD 등 국제 기구를 중심으로 디지털 통상 규범 논의가 진행되고 있으나 관련국 간 이해 대립으로 합의에 어려움을 겪고 있다. 미국은 시장 개방에 앞장서는 반면 유럽은 역내 단일시장화는 찬성하나 소극적 대외 개방, 인도 등은 세수 확보를 위해 규제 유지를 희망하고 있

[표 6] 디지털 무역규범의 주요 쟁점

주요 쟁점	세부 내용
전자적 전송물에 대한 관세부과	전통적 수입 통관 절차를 적용하기 어려운 점을 고려하여 1998년 WTO 각료회의 선언에서 한시적 무관세화가 채택된 후 일몰 연장을 통해 적용 중이나, 디지털 거래의 증가에 따라 개도국을 중심으로 무관세 관행에 반대 의견 표출
데이터의 국경 간 이전 자유화	미국은 자유로운 이동을 주장하는 반면, EU는 GDPR을 제정하여 개인정보에 대해서는 EU 이외 제3국 이전 시 적절성 평가를 통과하도록 하고 있어, 제약 없는 정보 이동과 소비자 정보 보호의 조화가 필요
데이터 현지화와 소스코드 공개	데이터를 수집한 국가 내에서만 저장 및 처리를 허용하는 규정으로 미국, EU 등 다수 국가는 반대하고 있으나, 중국, 러시아 등은 국가 안보를 이유로 역내 데이터 저장과 소스코드 공개를 유지 중
S/W, 콘텐츠 등에 대한 지식재산권 보호	인터넷을 통해 지식재산권이 침해된 경우 해당 상품을 판매·제공한 플랫폼 서비스 공급자의 책임 소재에 대한 각국 간의 법률적 판단이 다를 수 있어 무역장벽으로 작용될 수 있음

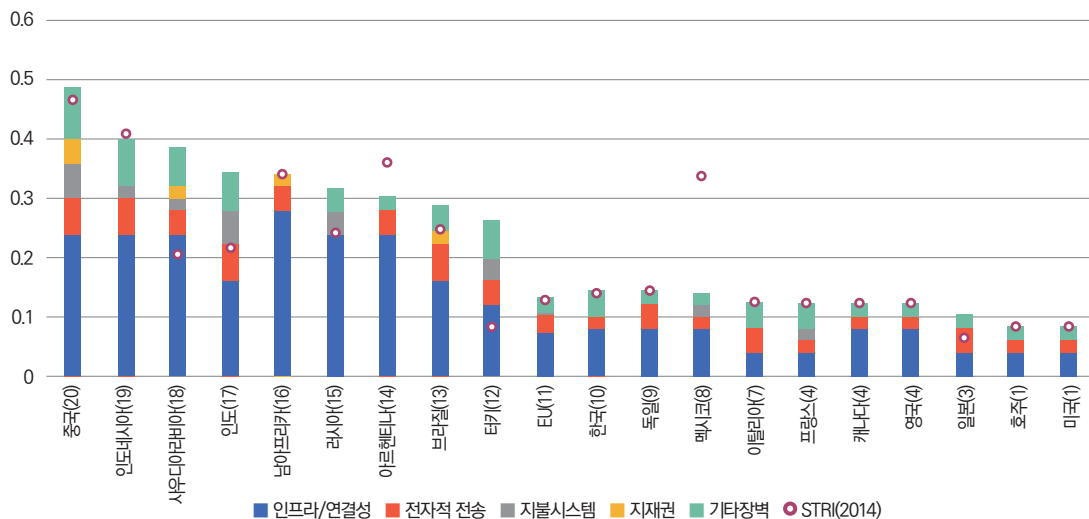
다. 이에 따라 메가 FTA(CPTPP, RCEP 등), 미국 주도의 FTA 협정(USMCA 등), 그리고 WTO 회원국들 중 일부가 참여하는 복수국간서비스협정(TISA : Trade In Service Agreement) 등이 대안으로 추진 중인데, 이러한 양자 및 메가 FTA 차원에서 반영된 전자상거래·디지털 무역 관련 규범을 다자 규범으로 전환하는 것도 중요한 과제이다.

디지털 무역규범 제정에 대해 우리나라와 중국은 사뭇 다른 입장을 취하고 있다. 중국은 규제를 통한 독자적인 디지털 시장 육성 전략을 펼치고 있지만, 2019년 디지털 서비스 무역제한 지수(Digital STRI) 순위에서 중국은 G20 국가 중 최하위를 기록하여 가장 폐쇄적인 것으로 나타났다. 반면, 우리나라는 유럽 국가들과 유사한 개방도를 보이며 10

■ [표 기] 디지털 무역규범 관련 주요국 입장

국가	내용
미국	자유로운 데이터 이전, 외국 정부의 규제 최소화 집중
중국	독자적인 시장 및 규제 체계 유지, 대외 규범에 대한 관심 미미
EU	데이터 관련 개인정보 보호에 민감, 역내 단일화 시장 추진
일본	고도의 데이터 유통 자유화 강조, 미국과 높은 개방도의 디지털 무역협정 체결(2019)
호주	자국 기업의 글로벌 디지털 시장 진출 확대 위해 규제 최소화 입장
인도	선진국과의 기술 격차 해소, 세수 확보를 위한 규제 권한 보유 희망
한국	원칙적 데이터 개방 주장, 국내 데이터 규제 수준에 맞게 추진

■ [그림 3] G20 디지털 서비스 무역제한 지수(STRI) (2014 vs 2019)



※ 자료 : OECD.Stat(2020.10.) 통계를 바탕으로 필자 재구성

※ 주 : STRI지수는 0~1 사이값을 가지며, 0에 가까울수록 개방적, 1에 가까울수록 폐쇄적임을 의미함

위를 기록하였으며, 미국, 호주는 1위로 가장 높은 개방도를 보였다.

중국은 최근 「데이터 보안법」 제정을 추진하면서 독자적인 데이터 시장 및 규범 체계를 유지하고자 하는 움직임을 보이고 있으며, 국제적 규범에 대한 관심은 미미한 편이다. 자국 IT 기업의 세계시장 영향력을 강화하면서 구글, 페이스북, 유튜브 등 타국 기업이 현지 데이터를 활용하려는 시도는 차단하겠다는 입장을 취하고 있다. 반면, 우리나라는 이해관계를 같이하는 전략적 협력 대상 국가들과 디지털 동맹(Digital Alliance)을 구축하여 우리의 입장을 반영하는데 주력하고 있다. 올해 7월 관계부처 공동으로 ‘디지털통상대응반’을 출범하고 WTO 전자상거래 협상 및 한-싱가포르 디지털 동반자 협정 등의 이슈 논의와 함께 디지털 국제협력사업 공동 발굴 등을 추진 중이다.

② 디지털세 부과

OECD는 내년 중순까지 디지털세 부과 가이드라인을 확정하기로 하였으나, 주요 쟁점에 대한 관련국 간 이견 대

립이 예상되고 있다. 디지털세 관련 주요 쟁점은 ‘과세 대상’, ‘이중 과세’, ‘소비자 전가’ 등이 있다.

먼저 과세 대상과 관련한 쟁점을 살펴보면, 최근 OECD는 디지털세 과세 대상에 디지털 기업이 아닌 일부 제조업까지 포함시키면서 제조업 기반 수출국들의 반발을 야기하고 있다. OECD는 디지털세 과세 대상을 ‘디지털서비스사업’과 ‘소비자대상사업(Consumer Facing Business)’으로 정의하였다. 그런데 소비자대상사업에는 디지털 기업 이외에 제조업까지 포함되어 당초 ‘디지털 서비스 사업자의 조세 회피 행위 방지’를 목적으로 논의된 디지털세의 도입 취지에 부합하지 않는다는 지적이 일고 있다.

이중 과세나 소비자 전가 문제에서도 각국의 논란과 우려가 있다. 소득세나 법인세의 경우 해외에서 납부하더라도 국내에서 세액 공제를 받을 수 있지만, 디지털세는 매출에 부과하는 간접세에 가까워 세액 공제가 어렵고 이중 과세의 문제 발생할 수 있다. 또한, 디지털세 도입으로 포털 등 디지털 서비스 기업이 유료 서비스 가격을 인상하는 등 소비자에게 조세를 전가하는 움직임도 나올 수 있다.

【표 8】 디지털세 도입 관련 주요 쟁점

주요 쟁점	세부 내용
과세 대상 및 범위 문제	OECD는 디지털세 도입에 미국의 참여를 이끌기 위해, 글로벌 IT 기업 이외에도 글로벌 제조기업인 ‘소비자대상사업’까지 범위를 확대하면서 제조업 수출국들의 반발을 야기
이중 과세 문제	WTO 비차별 원칙에 따라 내·외국법인의 매출액에 대해 공통적으로 디지털 서비스세를 부과할 경우, 내국법인은 법인세에 더해 중복 과세되는 문제 발생
자본 수출입에 따른 이해 대립	일반적으로 조세 수입 측면에서 디지털세와 같은 ‘원천지 과세’는 외국 자본의 유입이 많은 신흥국에 유리한데 반해, ‘거주지 과세’는 다국적기업의 본사 소재지인 선진국의 재정확보에 유리
디지털 서비스 가격 인상 및 소비자 전가	디지털 서비스세는 해외 기업에게는 관세, 국내 기업에게는 소비세적인 특성을 지니는 간접세로 부과되므로, 서비스 가격 인상을 통한 소비자 전가가 우려됨

5. 시사점

① 내년 중 디지털세 부과 가이드라인이 확정될 경우 각국의 시행 논의가 급물살을 타게 되는 만큼 우리 정부의 대응 방안 마련이 시급하다.

디지털세 도입 시 해외 진출 IT 기업과 수출 대기업을 중심으로 피해가 예상되므로, 이에 대한 철저한 정책적 대비가 요구된다. 국내 IT 기업은 물론, 자동차, 휴대폰, 가전 등 제조 기업도 디지털세를 부담할 것으로 예상되므로 해외 진출 국내 기업의 세 부담 완화를 위한 세액 공제 확대 정책 등의 검토가 요구된다. 또한, 디지털세 도입에 따른 쟁점별 대응 방안을 수립하는 한편, 해외 기업에 대한 조세 수입과 우리 기업의 피해 최소화 및 성장 가능성 확보 등을 조화롭게 고려하는 것이 중요하다.

이와 함께 우리와 이해관계가 유사한 국가들과 '디지털 동맹'을 구축하여 OECD 디지털 논의에 공동으로 대응하는 노력도 필요하다. 중국, 인도, 일본, 베트남 등 제조업 수출 비중이 높은 아시아 국가들과의 공조를 통해 과세 대상에서 소비자 대상 사업이 제외되거나 세율을 낮추도록 할 필요가 있다. 정부 부처 내 전담 조직 신설 및 인력 확충 등의 지원을 통해 선제적인 대응 체계를 구축하는 노력도 뒷받침되어야 할 것이다.

■ [표 외 주요국 정부의 디지털세 대응 전담 조직 현황]

국가	내용
독일	직접세 산하 국제조세국에 6개 과 총 50명
일본	국제조세총괄국 산하 2개 과 총 35명 배치 국제조세정책과 조약·국제업무 분리
미국	세제실장 산하 국제조세국에 총 14명 심의관, 부심의관, 변호사 및 회계사 10여 명
프랑스	국제조세국에 2개 과 총 12명 조세 조약과 국제협력 전담
한국	소득법인세정책관 산하 비정규 TF 운영 중(서기관1, 사무관2) 국제조세 관련 별도 국단위 조직은 없으며, 내년부터 3년 한시로 과단위 정규 조직 운영 예정

※ 자료 : 언론 종합

② 디지털 무역 활성화를 위해 국내 디지털 무역 기반 구축과 관련 생태계 조성 노력도 강화해야 한다.

중국은 물론 미국과 EU도 대대적인 투자와 전문가 육성에 나서고 있는 만큼 우리나라도 디지털 무역과 관련한 구체적인 투자를 서둘러야 한다. 이미 미국은 2020년 1~6월 중 디지털 헬스케어 분야에 전년 동기 대비 30% 증가한 54억 달러를 투자했으며, EU는 인공지능·데이터 전문가 25만 명을 육성하는 계획을 발표했다. 우리나라 역시 분야별로 구체적인 투자 계획을 실행에 옮겨야 할 단계이다.

디지털 서비스 수출의 외연을 확대하는 한편, 제조업과의 융합을 통한 전자상거래 수출 경쟁력 제고도 중요하다. 우리나라는 디지털 분야의 높은 글로벌 경쟁력에 비해 서비스 수출 중 디지털 서비스가 비중이 낮게 나타나고 있어, 플랫폼 경쟁력 강화 등 향후 디지털 서비스 부문의 수출 확대 전략이 요구된다. 또한, 전자상거래를 활용한 K-방역 제품 수출 확대 등 제조업과 디지털 무역의 융합을 추진하는 한편, 한류를 활용한 디지털 마케팅 강화를 통해 지속적인 흑자 유지가 중요하다고 볼 수 있다.

또한 디지털 분야에 대한 '사후 규제 및 네거티브 규제'가 보다 확대되어야 한다. 다행히 올해 8월부터 '데이터 3법'이 시행되면서 금융·핀테크뿐만 아니라 의료, 제조, 콘텐츠 등에서 타 분야와의 데이터 결합 및 활용도가 높아질 것으로 전망된다. 이는 달리 말하면 추후 관련 산업의 육성을 위한 보다 적극적인 규제 완화가 필요한 시점이라고 할 수 있겠다.

③ 우리 정부는 디지털 무역 규범이 국익을 극대화하는 방향으로 설정되도록 노력하는 한편, 국내 디지털 기업 및 전문가와의 긴밀한 협조를 통해 대응 전략을 점검해 나가야 한다.

향후 글로벌 디지털 통상 규범 논의에 적극 대응하기 위해 양자·다자 차원에서 우리의 입장을 반영한 디지털통

상 규범 마련에 집중해야 할 것이다. WTO 전자상거래 협상의 경우, 우리나라는 전체 회원국이 참여하고 협상 수준이 높아질수록 더 큰 경제적 효과를 얻을 수 있는 것으로 분석된 바 있다. 하지만 현실적으로 WTO 전체 국가의 참여가 어려운 점을 감안하여 복수국 협상에서라도 우리의 적극적인 참여를 통해 성과를 쌓아갈 필요가 있다.

■ [표 10] WTO 전자상거래 협상의 효과

(단위: %)

	낮은 수준		높은 수준	
	전체	복수국	전체	복수국
GDP(%)	0.14	0.11	0.90	0.69
후생(억 달러)	2,882	2,238	19,209	12,376

이와 함께 우리 기업들의 해외 진출 애로사항을 적극 청취하는 한편, 각국의 불합리한 디지털 비관세 장벽과 우리 기업에 대한 차별 대우 등을 개선하기 위한 노력도 동반되어야 한다. 우리 디지털 기업에 대한 수출 애로 조사에서 '해외 현지의 설비 설치 요구'에 대한 애로가 가장 많았다. 이를 해결하기 위해 정부와 기업이 공동으로 무역 상대국의 디지털 비관세 장벽을 모니터링하고 대응하는 등 민간 협력의 노력이 필요할 것으로 보인다.

■ [그림 4] 디지털 기업의 해외 수출 애로사항



※ 자료 : 한국리서치(2019)

한편, 우리 기업은 중국의 전자상거래, 동영상 플랫폼 등 성공적인 해외 진출의 선행 사례를 참고하여 디지털 수출 전략을 수립해야 할 것이다. 중국 기업은 자국내의 안정적인 전자상거래, 동영상 플랫폼 시장을 바탕으로 글로벌

시장에도 성공적으로 진출하여 성과를 올리고 있다. 또한, 빅데이터·AI·5G·클라우드 등 기술을 디지털 무역 플랫폼에 접목하여 지속적인 혁신을 추구하고 있어 우리 기업이 참고할 만한 좋은 사례가 될 것이다.

물론 우리 기업도 지식재산권(IP)을 다양한 콘텐츠 분야에서 활용하면서 해외 시장을 넓혀 가고 있으나, 글로벌 시장 선점을 위해 보다 집중적인 투자가 요구된다. 향후 플랫폼 중심의 디지털 무역이 본격적으로 자리 잡을 것으로 예상되면서 분야별 플랫폼 시장 선점을 위한 집중적인 혁신 노력이 필요할 것으로 보인다. 아울러, 게임 등 디지털 서비스 수출 시장에서 한·중 기업 간 글로벌 경쟁이 심화되고 있어 중국 기업의 현지화 전략 및 시장 확대 전략을 면밀히 분석하여 대응 전략을 수립해야 할 것이다.

디지털 무역의 시대가 점점 빠른 속도로 다가오고 있으며, 특히 내년에는 여러 기반이 갖춰지면서 디지털 무역의 패권을 누가 선점하느냐가 향후 국가와 기업의 경쟁력에 크게 영향을 미칠 것으로 보인다. 철저한 대비와 민간 협력을 통한 선제적 대응만이 우리 수출의 앞날을 지켜줄 수 있다. 우리 기업들이 그간 글로벌 무역 시장에서 선전하며 수출 역군의 역할을 해 주었던 것처럼, 다가오는 디지털 무역 시대에도 세계 시장을 이끌어 가길 기대해 본다.

인공지능 고성능 연구의 비결, 기초와 협력

The Secret of High-performance Research in Artificial
Intelligence : Basic and Collaboration



Executive Summary

미래 국가경쟁력 강화를 위해, 인공지능 연구역량 확보를 위한 국가 간 혁신 경쟁이 치열하게 전개 중이다. 연구역량은 기술혁신에 가장 중요한 무형의 활동으로서 신기술 시장에서 최상의 성과를 달성하는 데 필수적 요소이며, 주요국들은 인공지능 연구전략을 지속 발표하고, 역량강화에 총력을 기울이고 있다. 본 연구에서는 인공지능 연구역량 결정요인을 분석하고 시사점을 도출하고자 하였다. 글로벌 협력연구, 단계별 연구개발비 요인이 인공지능 연구 성과에 영향을 미쳤는지 패널 데이터를 활용하여 회귀분석으로 모형을 설정하고 분석하였다.

분석 결과, 인공지능 글로벌 협력 연구 비율이 증가하면 인공지능 연구 수는 감소하고, 기초 분야 연구개발비가 증가하면 인공지능 연구 수가 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 인공지능 글로벌 협력 연구 비율, 기초 분야 연구개발비가 증가하면, 인공지능 연구의 편당 인용 수가 증가하는 것으로

이승환
책임연구원
seunghwan.lee@spri.kr

강영호
충실대학교 조교수
yhkang@ssu.ac.kr

분석되었다. 인공지능 글로벌 협력 연구 비율과 기초 분야 연구개발비가 증가하면, 인공지능 연구의 Field Weighted Citation Impact도 증가하는 것으로 나타났다.

연구의 시사점은 다음과 같다. 첫째, 요인별로 인공지능 연구의 양과 질에 영향을 미치는 정도가 상이하다는 것이다. 글로벌 연구협력 요인은 인공지능 연구의 질적 역량은 증가시키나, 양적 역량을 높이는 데에는 효과적이지 않은 것으로 분석되었다. 기초 연구개발비는 인공지능 연구의 양·질적 역량을 모두 증가시키는 데 기여하는 것으로 나타났다. 둘째, 한국의 인공지능 연구역량 수준과 결정요인을 고려한 정책 설계가 필요하다. 국가 인공지능 연구지수 측면에서, 한국은 인공지능 연구 양은 우수하나, 질적 지표의 상대적 부진으로 91개국 중 14위이다. 이에, 인공지능 연구의 질적 성과 제고를 위해 글로벌 연구협력을 강화하고, 미래지향적 연구개발 자원 배분 및 조정이 필요한 시점이다. 셋째, 연구의 한계점 보완을 통해 인공지능 연구 성과 결정요인 관련 연구를 확대해 나갈 필요가 있다.

In order to strengthen national competitiveness in the future, competition for innovation between countries to secure artificial intelligence research capabilities is intensifying. Research competency is the most important intangible activity for technological innovation and is an essential factor in achieving the best performance in the new technology market, and major countries continue to publish artificial intelligence research strategies and are devoting all their efforts to capacity building. In this study, we tried to analyze the determinants of artificial intelligence research capabilities and derive implications. The model was set up and analyzed by regression analysis using panel data to see if the factors of global cooperative research and staged R&D expenditure influenced the outcome of artificial intelligence research.

As a result of the analysis, it was found that the number of artificial intelligence research decreases as the proportion of artificial intelligence global cooperative research increases, and the number of artificial intelligence research increases as the R&D expenditure in basic fields increases. In addition, it was analyzed that the number of citations per part of artificial intelligence research increased as the ratio of artificial intelligence global cooperative research and R&D expenses in basic fields increased. As the proportion of artificial intelligence global cooperation research and R&D expenditure in basic fields increase, the field weighted citation impact of artificial intelligence research also increases.

The implications of the study are as follows. First, the degree to which factors influence the quantity and quality of artificial intelligence research differs. It was analyzed that the factors of global research cooperation increase the qualitative

capacity of artificial intelligence research, but are not effective in enhancing the quantitative capacity. Basic R&D expenses were found to contribute to increasing both the quality and quantity of artificial intelligence research. Second, it is necessary to design policies in consideration of the level of artificial intelligence research capability and determinants of Korea. In terms of the national AI research index, Korea has excellent AI research volume, but ranks 14th out of 91 countries due to relatively poor quality indicators. Therefore, it is time to reinforce global research cooperation and allocate and adjust future-oriented R&D resources to improve the quality of artificial intelligence research. Third, it is necessary to expand research on factors that determine AI research outcomes by supplementing the limitations of the research.

I 연구배경

■ 미래 국가경쟁력 강화를 위해, 인공지능 연구역량 확보를 위한 국가 간 혁신 경쟁이 치열하게 전개 중

- 연구역량은 기술혁신에 가장 중요한 무형의 활동으로서 신기술 시장에서 최상의 성과를 달성하는데 필수적 요소¹
- 인공지능은 산업과 사회 전반에 영향을 미치며, 2030년까지 전 세계 GDP에 13조 달러 기여 전망²
- 주요국들은 인공지능 연구전략을 지속 발표하고, 역량강화에 총력을 기울이는 중
 - 미국은 인공지능 연구개발 사업에 관한 국가 최상위 전략계획(2019.6.),³ 2020~2022년까지 AI와 양자정보과학 연구개발에 각각 20억 달러와 8.6억 달러를 투자 계획 발표(2020.2.) 등 역량강화에 주력⁴
 - * 미국 연방정부는 2016년에 발표한 AI 연구개발 전략계획 발표 이후, AI 연구개발 이니셔티브를 지원하기 위해 3년 만에 개정하여 총 3개 부문으로 구조화
 - * 이외에도 미국 국방부는 신형 6세대 전투기에 AI를 탑재하는 Next Generation Air Dominance⁵를 추진⁶

¹ Evangelista et al(1997), "Nature and Impact of Innovation in Manufacturing: Some Evidence from the Italian Innovation Survey" Research Policy, 26, 521-536.; Dutta, S., O, Narasimhan and S. Rajiv(1999), "Success in High-Technology Markets: Is Marketing Capability Critical?" Marketing Science, 18(4), 547-568

² McKinsey Global Institute(2018), "NOTES FROM THE AI FRONTIER : MODELING THE IMPACT OF AI ON THE WORLD ECONOMY"

³ National Artificial Intelligence R&D Strategic Plan: 2019 Update

⁴ Wall Street Journal(2020.11.9.), "AI, Quantum R&D Funding to Remain a Priority Under Biden"

⁵ Next Generation Air Dominance는 록히드마틴, 노드롭, 보잉 등 미국 내 항공기 제조업체들과 신규 AI 탑재 형 기체 플랫폼 연구를 수행하는 미국의 차세대 전투기 개발 프로젝트

⁶ Defence News(2020.6.23.), "Congress has questions about the Air Force's and Navy's next-generation fighter programs"

- 영국은 2017년에 향후 4년간 AI 연구에 9천 3백만 파운드 투자 추진을 발표했고,⁷ 2019년 AI 산업 발전 파트너십 전략을 발표⁸
- 일본은 산업 활력 제고 및 저성장·고령화 등 사회문제 해결을 위한 수단으로 인공지능 기술혁신을 가속화하기 위해 인공지능 전략 2019 발표(2019.3.)⁹

■ 본고에서는 인공지능 연구역량의 결정요인을 분석하고 시사점을 도출

- 국가 인공지능 역량강화를 위해 어떠한 요인이 연구성과에 영향을 미치는지 실증분석을 통해 함의를 도출
- 본 연구에서는 연구단계별 연구개발비와 글로벌 협력연구 요인이 인공지능 연구성과에 영향을 미쳤는지 중점 분석
 - OECD는 연구개발비를 연구단계별로 기초(Basic), 응용(Applied), 실험(Experimental) 측면으로 분류
 - * 이러한 분류 방법은 연구의 선형적 진행, 즉 기초연구 결과가 응용연구에 활용되고 그 후 개발에 활용된다는 점을 강조

■ [표 1] OECD의 연구 단계별 연구개발비 분류

구분	내용
Basic Research	향후 특정한 응용이나 사용을 염두에 두지 않고, 주로 현상과 관측 가능한 사실의 배경 원리에 대한 새로운 지식을 얻기 위해 수행되는 실험 혹은 이론 연구
Applied Research	새로운 지식을 얻기 위해 수행되는 독창적인 탐구활동으로서 어떤 특정 목적이나 목표를 지향하고 있는 연구
Experimental Research	응용연구는 특정한 문제 해결이나 특정한 부분의 응용을 목적으로 하므로 그 결과물을 어디에 적용할지를 연구를 진행하는 당시에 이미 어느 정도 예측할 수 있는 연구

- OECD 국가 포함 총 30개국의 2000년~2018년간 패널(Panel) 데이터를 분석

분석 대상, 기간, 데이터

- 분석 국가 및 기간 : 총 30개국(OECD 27국 + 3개국),¹⁰ 2000~2018년
- 연구개발 단계별 데이터는 OECD statistics, 인공지능 연구량(Scholarly output, Citation per publication, Field weighted citation impact)는 Elsevier DB를 활용

⁷ www.itpro.co.uk, Government promises £93m funding for AI over next four years

⁸ HM Government(2019), "Industrial Strategy : Artificial Intelligence Sector Deal"

⁹ 日本内閣府(2019), "AI戦略 2019~人・産業・地域・政府全てにAI~" 統合イノベーション戦略推進会議

¹⁰ 아르헨티나, 오스트리아, 벨기에, 칠레, 중국, 체코, 덴마크, 에스토니아, 프랑스, 그리스, 헝가리, 아일랜드, 이스라엘, 이탈리아, 일본, 라트비아, 리투아니아, 멕시코, 네덜란드, 뉴질랜드, 노르웨이, 폴란드, 포르투갈, 슬로바키아, 남아프리카 공화국, 한국, 스페인, 스위스, 영국, 미국

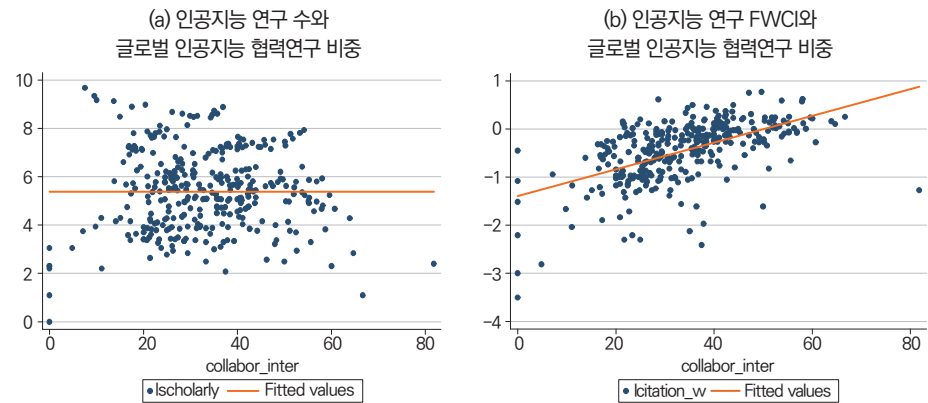
II 모형설정 및 분석

1. 주요 변수

① 글로벌 협력연구

- 글로벌 협력연구는 인공지능 연구의 양적, 질적 역량에 영향을 미칠 수 있으며, 상관계수 측정결과, 양적 역량과는 음의 관계, 질적 지표인 Field weighted citation impact와¹¹는 양의 관계로 나타남
- 글로벌 저명한 연구자와 인공지능 연구를 한다면, 연구의 질이 높아질 수 있는 반면, 연구인력과 자본이 이와 같은 글로벌 협력 연구에 집중되게 되면, 연구의 양이 감소할 유인도 존재
- 상관계수 측정결과, 양적 역량과는 0.0003, FWCI와는 0.581로 측정

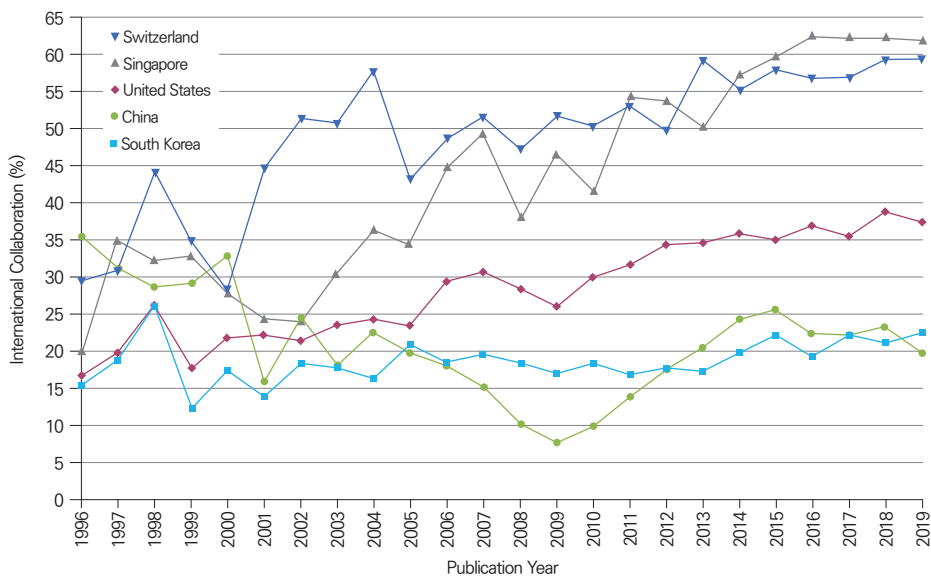
■ [그림 1] 인공지능 연구역량 변수들과 글로벌 협력연구 간 상관관계



¹¹ FWCI(Field Weighted Citation Impact)는 세계 평균 대비 피인용 비율로 예를 들어, FWCI가 1.23인 경우는 전 세계 평균대비 23% 논문이 더 인용되었다고 해석할 수 있음

- 국가별 글로벌 인공지능 협력연구 비중에 차이가 존재하며, 스위스, 미국의 경우 협력연구 비중이 지속 높아지는 추세이나 중국, 한국은 횡보

■ [그림 2] 인공지능 글로벌 협력연구 비중변화



② 연구개발비

■ 연구개발비 세부 분류 측면에서도 국가별로 비중 차이가 존재

- 2017년 기준 연구개발비 중에 기초연구 비중이 가장 높은 국가는 스위스 41.7%인 반면, 가장 낮은 국가는 중국 5.5%
- 중국은 기초연구 비중이 낮으나, 실험연구는 84%로 가장 높은 수준
- 한국의 경우, 상대적으로 기초연구 비중이 14%로 낮고 실험 비중이 63.6%로 높은 상황

■ [표 2] 주요국들의 단계별 연구개발비 비중(2017년 기준)

	Applied Research(%)	Basic Research(%)	Experimental Research(%)
중국	10.5	5.5	84.0
이스라엘	10.3	10.7	79.0
벨기에	45.9	11.0	43.1
일본	19.5	13.7	66.8
한국	22.0	14.5	63.6
미국	19.9	16.7	63.4
영국	42.7	17.4	40.0
오스트리아	33.5	17.9	48.6
노르웨이	37.7	18.0	44.3
덴마크	31.1	18.5	50.4
스페인	41.2	21.3	37.6
포르투갈	38.5	21.9	39.6
이탈리아	42.1	22.2	35.7
프랑스	41.9	22.7	35.4
뉴질랜드	40.0	25.1	35.0
네덜란드	43.9	26.0	30.0
스위스	32.2	41.7	26.1

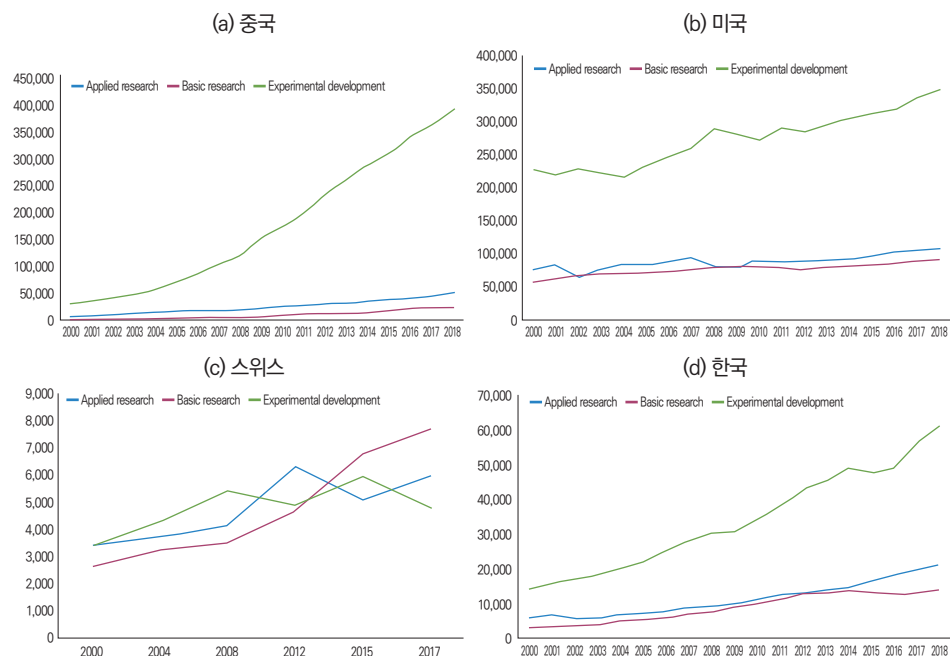
※ 자료 : OECD Statics 재구성

■ 단계별 연구개발비의 추이도 국가별로 차이가 존재

- 중국은, 실험단계 연구개발비가 다른 종류 연구개발비에 비해 가파르게 상승
- 미국도 실험단계 연구개발비가 다소 상승하는 추세이나, 3가지 종류의 연구개발비가 다소 안정적인 비율로 유지
- 스위스는 미국과 중국과 달리 기초 연구개발비가 꾸준히 상승 중이며, 특히 2010년 중반부터는 연구개발비 중에 기초연구에 비중이 가장 높은 상황¹²
- 한국의 기초 연구개발비는 2014년 이후 다소 감소하는 추세이나, 전체 비중은 유지

¹² 스위스의 경우, 2000년~2018년 샘플 기간 중 연구개발 단계별 연구 개발비에 대한 자료가 없는 기간들이 있어, 그림 (c)는 자료가 존재하는 연도들만 대상으로 그린 스위스의 추세선

■ [그림 3] 주요국들의 단계별 연구개발비 비중 변화

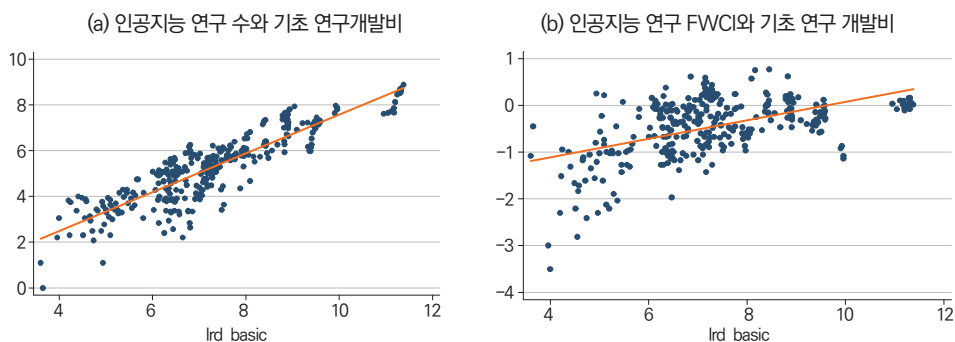


※ 자료 : OECD Statics 재구성

■ 기초 연구개발비는 인공지능 연구의 양, 질적 역량과 양의 상관관계가 존재

- 상관계수 측정 결과, 양적 역량과는 0.879, FWCI와는 0.457로 분석

■ [그림 4] 인공지능 연구역량 변수들과 기초 연구개발비 간 상관관계



2. 추정모형

■ 패널 데이터를 기반으로 회귀분석을 활용하여 추정모형을 설정

- 종속변수인 인공지능 연구역량의 경우, 양적 역량은 인공지능 연구 수(Scholarly Output), 질적 역량은 편당 인용 수, FWCI(Field Weighted Citation Impact)를 각각 활용
- 독립변수로 연구개발 투자비를 기초, 응용, 실험으로 세분화하였고, 글로벌 협력연구 비율을 포함
- 국가수준 통제변수 벡터($Z_{i,t}$)에 1인당 실질 GDP의 로그 값과 중등 교육 등록률(%)을 포함하고 연도 더미(Year-Dummy)를 사용
 - 특정 국가의 인공지능 역량이 그 국가의 요인에 의해 영향을 받았다는 것을 밝히기 위해서는 샘플국가들 전체에 공통적으로 영향을 주는 요인이 통제되어야 하므로 연도 더미를 추가¹³

국가수준 고정효과 추정량(Country Specific Fixed Effects Estimator)

- 인공지능 연구역량은 관심변수뿐만 아니라 다른 국가적 요인들에 의한 영향도 존재
- 예를 들면, 한 국가 내 국민들이 새로운 기술 수용력이 높거나 친숙한 문화를 가지고 있다면, 다른 국가들에 비해 인공지능 연구개발이 빠르게 진행
- 이런 수용력 또는 문화는 시간에 따라 변하기 어려운 요인으로 생각할 수 있고, 이러한 시간에 따른 국가 수준 불변 요인들은 이 연구에서 사용하는 국가수준 고정효과 추정량(Country Specific Fixed Effects Estimator)으로 통제
- 또한, 인공지능 연구는 한 국가의 소득수준과 교육수준에 영향을 받을 수 있으며, 이런 요인들은 시간에 따라 변화가 있을 수 있으므로, 고정효과 추정량만으로 통제될 수 없음
- 이에, 본 연구에서는 이를 통제하기 위해서, 국가 수준 통제변수 벡터($Z_{i,t}$)에 1인당 실질 GDP의 로그 값과 중등교육 등록률(%)을 포함

- 추정 모형과 주요 변수의 기초 통계량은 아래와 같음

추정 모형

- $\ln AI_{i,t} = \beta_1 rFN_{i,t} + \beta_2 \ln RD_{i,t}^B + \beta_3 \ln RD_{i,t}^A + \beta_4 \ln RD_{i,t}^E + \gamma Z_{i,t} + \eta_t + \alpha_i + \epsilon_{i,t}$
- 단, $\ln AI_{i,t}$ = i국의 t기 인공지능 연구역량,
 $rFN_{i,t}$ = i국의 t기 인공지능 글로벌 협력연구 비율(%),
 $\ln RD_{i,t}^B$ = i국의 t기 기초단계 연구개발비의 로그 값,
 $\ln RD_{i,t}^A$ = i국의 t기 응용단계 연구개발비의 로그 값,
 $\ln RD_{i,t}^E$ = i국의 t기 개발단계 연구개발비의 로그 값,
 $Z_{i,t}$ = i국의 t기 국가 수준 통제변수 벡터,
 η_t = 시간 고정효과; α_i = 국가 고정효과; $\epsilon_{i,t}$ = 오차항

¹³ 예를 들면, 세계금융위기의 영향은 샘플국가들 모두에 영향을 주는 요인으로 이런 요인을 통제하고자 연도 더미를 포함시킴

[표 3] 주요 변수 기초통계량

	평균	표준편차	Min	Max
총 연구 수의 로그 값	5.27	1.60	0	8.89
편당 인용 수의 로그 값	2.28	0.89	-0.69	4.45
가중치 편당 인용 수의 로그 값	-0.43	0.65	-3.51	0.77
글로벌 협력 연구비율(%)	34.70	12.60	0	81.80
응용 분야 연구개발비 로그 값	7.55	1.75	3.64	11.55
기초 분야 연구개발비 로그 값	7.30	1.65	3.60	11.38
실험 분야 연구개발비 로그 값	7.80	1.94	3.57	12.67
1인당 실질 GDP의 로그 값	10.04	0.68	8.70	11.42
중등교육 등록률(%)	104.01	11.74	70.50	163.93

3. 분석 결과

■ 인공지능 글로벌 협력 연구 비율이 증가하면 연구 수는 감소하고, 기초 분야 연구개발비가 증가하면 인공지능 연구 수가 증가

- (Model 1) 해외 연구자와 공동연구 비율이 1%p 증가하면, 인공지능 연구 수는 1%p 감소
- 해외 연구자와 공동연구 비율의 계수는 -0.01로 5% 수준에서 유의
- (Model 2) 연구개발비 유형 중에 기초단계 연구개발비가 인공지능 연구의 양적 역량을 통계적으로 유의하게 증가시킴
- 기초단계 연구개발비가 1%로 증가하면, 인공지능 연구 수는 약 0.5%로 증가
- 연구개발비 유형을 포함시켜도 글로벌 협력 연구 비율이 여전히 인공지능 연구의 양적 역량을 통계적으로 유의하게 감소시키는 것으로 나타남
- (Model 3) 글로벌 협력 연구 비율, 기초단계 연구개발비의 로그 값은 국가 수준 통제 변수들을 포함시켜도 그 유의성에 변화가 없는 것으로 나타남

■ [표 4] 인공지능 연구의 양적 역량 결정요인 : 연구 수

	Model 1	Model 2	Model 3
글로벌 협력 연구 비율(%)	-0.010** (0.004)	-0.008*** (0.003)	-0.008** (0.003)
응용 분야 연구개발비 로그 값		-0.001 (0.206)	0.024 (0.172)
기초 분야 연구개발비 로그 값		0.522** (0.219)	0.358* (0.180)
실험 분야 연구개발비 로그 값		0.098 (0.162)	0.047 (0.167)
1인당 실질 GDP의 로그 값			0.212 (0.378)
중등교육 등록률(%)			0.018** (0.008)
연도 더미	Yes	Yes	Yes
R2	0.177	0.875	0.726
국가 수	30	30	30
관측치 개수	336	336	336

※ 주 : ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10% 유의수준을 나타내며, 괄호 안의 값은 Robust Standard Error를 이고, 고정효과 추정량을 사용하여 얻은 결과임

■ 인공지능 글로벌 협력 연구 비율, 기초분야 연구개발비가 증가하면, 인공지능 연구의 편당 인용수가 증가

- (Model 1) 해외 연구자와 공동연구 비율이 1%p로 증가하면, 인공지능 연구 편당 인용 수가 1.6%p증가
 - 해외저자와 공동연구 비율의 계수는 0.016으로 1% 수준에서 통계적으로 유의
- (Model 2) 연구개발비 유형 중에 기초단계 연구개발비가 인공지능 연구의 질적 역량을 통계적으로 유의하게 증가시킴
 - 기초단계 연구개발비가 1%로 증가하면, 편당 인용 건수가 약 0.34%로 증가
 - 글로벌 협력 연구 비율의 계수와 유의성은 Model 1과 유사
- (Model 3) 글로벌 협력 연구 비율과 기초 연구개발비의 로그 값은 국가 수준 통제 변수들을 포함시켜도 그 유의성에 변화가 없는 것으로 나타남

■ [표 5] 인공지능 연구의 질적 역량 결정요인 : 편당 인용 수

	Model 1	Model 2	Model 3
글로벌 협력 연구 비율(%)	0.016*** (0.003)	0.016*** (0.003)	0.016*** (0.003)
응용 분야 연구개발비 로그 값		-0.054 (0.101)	-0.063 (0.074)
기초 분야 연구개발비 로그 값		0.344*** (0.109)	0.331*** (0.141)
실험 분야 연구개발비 로그 값		-0.083 (0.151)	-0.087 (0.175)
1인당 실질 GDP의 로그 값			0.089 (0.584)

	Model 1	Model 2	Model 3
중등교육 등록률(%)			-0.001 (0.005)
연도 더미	Yes	Yes	Yes
R2	0.495	0.659	0.681
국가 수	30	30	30
관측치 개수	336	336	336

※ 주 : ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10% 유의수준을 나타내며, 괄호 안의 값은 Robust Standard Error를 이고, 고정효과 추정량을 사용하여 얻은 결과임

■ 인공지능 글로벌 협력 연구 비율과 기초분야 연구개발비가 증가하면, 인공지능 연구의 Field Weighted Citation Impact도 증가

- (Model 1) 글로벌 협력 연구 비율이 1%p로 증가하면, 인공지능 연구 Field Weighted Citation Impact값이 1.6%p증가
- 글로벌 협력 연구 비율의 계수가 0.016이고, 이 계수 값은 1% 수준에서 유의
- (Model 2) 기초단계 연구개발비가 인공지능 연구의 질적 역량을 통계적으로 유의하게 증가시키며, 기초단계 연구개발비가 1%로 증가하면, Field Weighted Citation Impact가 약 0.35%로 증가
- (Model 3) 글로벌 협력 연구 비율과 기초단계 연구개발비의 로그 값은 국가 수준 통제 변수들을 포함시켜도 그 유의성에 변화가 없는 것으로 나타남

■ [표 6] 인공지능 연구의 질적 역량 결정요인 : Field Weighted Citation Impact

	Model 1	Model 2	Model 3
글로벌 협력 연구비율(%)	0.016*** (0.002)	0.015*** (0.002)	0.015*** (0.003)
응용 분야 연구개발비 로그 값		-0.158 (0.136)	-0.159 (0.114)
기초 분야 연구개발비 로그 값		0.350*** (0.102)	0.408** (0.166)
실험 분야 연구개발비 로그 값		-0.164 (0.104)	-0.146 (0.114)
1인당 실질 GDP의 로그 값			-0.124 (0.581)
중등교육 등록률(%)			-0.005 (0.003)
연도 더미	Yes	Yes	Yes
R2	0.350	0.246	0.223
국가 수	30	30	30
관측치 개수	336	336	336

※ 주 : ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10% 유의수준을 나타내며, 괄호 안의 값은 Robust Standard Error를 이고, 고정효과 추정량을 사용하여 얻은 결과임

Ⅲ 시사점

■ 요인별로 인공지능 연구의 양과 질에 영향을 미치는 정도가 상이

- 글로벌 연구 협력 요인은 인공지능 연구의 질적 역량은 증가시키나, 양적 역량을 높이는 데에는 효과적이지 않은 것으로 분석
- 기초 연구개발비는 인공지능 연구의 양·질적 역량을 모두 증가시키는 데 기여
 - 이는 과학, 수학, 물리 등 기초과학이 인공지능 역량과 상관관계가 있다는 것을 의미

■ [표 7] 인공지능, 빅 데이터와 기초과학의 상관관계

		인공지능	빅 데이터
물리학	입자물리	◎	◎
	핵물리	◎	◎
	응집물질물리	◎	◎
	통계물리	○	◎
	플라즈마물리	◎	○
	광학양자전자학	◎	○
	원자분자물리	◎	◎
	반도체물리	◎	◎
	천체물리	◎	◎
화학	물리화학	◎	○
	분석화학	◎	◎
	무기화학	◎	◎
	유기화학	◎	◎
	생화학	◎	○
	고분자화학	◎	○
	양자화학	◎	◎

		인공지능	빅 데이터
생명과학	분자·세포생물학	◎	◎
	유전학/후성유전학	◎	◎
	발생학/분자생물학	◎	◎
	면역학/세균학	◎	◎
	분류/생태/환경생물학	○	◎
	뇌 과학/신경생물학	◎	◎
	유전체학/단백체학	◎	◎
	생물정보학	◎	◎
수학	대수학	◎	◎
	해석학	◎	○
	기하학	○	○
	위상수학	◎	◎
	응용통계	◎	◎
	이산/정보수학	◎	◎
	추론/계산	◎	○

※ (◎ : 상관가능성 매우 큼(경쟁력의 주요 변수), ○ : 상관 가능성 존재)

※ 자료 : 한국시니어과학기술인협회(2018), "4차 산업혁명 시대의 기초과학의 발전전략 연구" 재구성

○ 응용, 실험 연구개발 투자가 인공지능 연구성과에 영향을 미치지 못한 것은 데이터의 한계에 기인할 가능성

- 본 연구에서 활용된 단계별 연구개발비는 인공지능 연구개발비가 아닌 전체 연구개발비
- 만약, 기초 연구개발비에서 인공지능 비중이 높고, 응용, 실험 연구개발비에서 인공지능 비중이 낮다면 응용, 실험 연구개발비가 연구역량 향상에 효과적이지 않다는 실증분석 결과는 유보될 필요

■ 한국의 인공지능 연구역량 수준과 고성능 결정요인을 고려한 정책 설계가 필요

- 국가 인공지능 연구지수 측정결과, 한국은 인공지능 연구량은 우수하나, 질적 지표의 상대적 부진으로 91개국 중 14위
- 인공지능 연구 양 9위, 편당 인용 수 31위, FWCI 43위

■ [표 8] 국가 인공지능 연구지수 측정 결과

국가	종합순위(점수)	부문 순위(값)		
		AI 연구량	편당 인용 수	FWCI
미국	1 (94.01)	2 (35,775)	7 (6.1)	8 (1.60)
영국	2 (93.94)	5 (12,928)	6 (6.7)	7 (1.64)
오스트레일리아	3 (93.18)	11 (6,650)	4 (8.0)	4 (1.81)
이탈리아	4 (90.50)	8 (7,509)	9 (5.5)	9 (1.52)
캐나다	5 (88.66)	10 (6,739)	10 (5.5)	12 (1.36)
스페인	6 (87.18)	12 (6,370)	8 (5.9)	19 (1.30)
중국	7 (84.28)	1 (70,119)	12 (5.0)	37 (1.02)
싱가포르	8 (83.53)	20 (3,473)	2 (9.2)	1 (2.02)
홍콩	9 (81.52)	22 (2,831)	1 (9.6)	3 (1.94)
독일	10 (81.45)	6 (10,735)	20 (4.5)	14 (1.35)
사우디아라비아	11 (78.14)	24 (2,424)	3 (8.4)	6 (1.66)
스위스	12 (77.22)	26 (2,371)	5 (7.6)	2 (2.00)
프랑스	13 (77.12)	7 (7,888)	21 (4.4)	31 (1.14)
한국	14 (70.01)	9 (6,940)	31 (3.8)	43 (0.98)
네덜란드	15 (68.71)	21 (2,878)	15 (4.9)	20 (1.30)

※ 자료 : SW정책연구소(2020), “국가 인공지능 연구지수 : 혁신을 향한 경쟁” 재구성

○ 인공지능 연구의 질적 성과 향상을 위해 글로벌 연구 협력을 강화

- 글로벌 우수 연구자와의 협력을 장려하고, 이를 지속하기 위한 지원을 강화
- 인공지능 선도국가 포함, 신 남방, 신 북방 등 전 세계 우수한 연구자들을 발굴하고 협력 체계를 강화
- 글로벌 연구 협력 강화가 양적 확대 측면에서는 비효과적이라는 점에도 유의

○ 미래지향적 연구개발 자원 배분·조정을 통해 인공지능 연구의 질적 성과를 제고

- 기초연구 비중을 일부 상향하거나, 혹은 유지하더라도 인공지능과의 융합 연구 강화를 통해 시너지를 제고
- 미국은 탄탄한 기초과학 → 인공지능 연구 양·질 ↑ → 인공지능과 기초과학 융합 → 기초과학 및 인공지능 역량 제고의 선순환 체계 확립에 주력

* 美 에너지부는 산하 국가연구소를 통해 “과학을 위한 AI(AI for Science)”를 발표하고 과학의 영역까지 AI의 활용을 추진¹⁴

¹⁴ SW정책연구소(2020.2.), “AI for Science” AI Brief 10호: Argonne National Laboratory

과학을 위한 AI(AI for Science)

- 과학을 위한 AI(AI for Science) 보고서는 향후 10년 동안 AI, 빅데이터, 고성능컴퓨팅과 관련된 과학 분야의 새로운 기회와 도전을 발굴하고 55억 달러의 R&D 예산을 AI 분야에 적극 투자하기 위한 조치
· 과학을 위한 AI 보고서는 미래 과학적 발견의 중추가 AI에 있음을 시사
- 16가지 과학 분야에 대해 최신 기술, 주요 도전과제, 로드맵, 로드맵 달성을 위한 연구개발 방향, 기대되는 결과물로 구성
· 특히 전통적인 6대 과학 분야에서는 AI를 활용한 신소재 설계·발견·검증, 대규모 과학 데이터에서의 새로운 이론 발견, 스스로 작동하는 실험실 등 다양하고 참신한 과학적 기회가 논의됨

분야	AI 적용 사례
화학 및 재료과학	배터리의 저장 용량을 늘리거나, 태양광 발전효율 향상을 위한 새로운 소재, 화합물의 발견
지구환경과학	산불, 홍수, 가뭄 등 다양한 환경변화에 대한 위험요소 감지 및 대응, 회복 수단 개발
생물학 및 생명과학	생물학적, 화학적 시스템의 새로운 발견을 위해 스스로 작동하는 실험실 개발
고에너지 물리학	AI 기술을 활용한 우주 역사의 재구성, 제타바이트 수준의 데이터를 다루는 AI가 새로운 물리학의 기초를 발견
핵물리학	양성자와 원자핵의 단층촬영, 우주의 물질/반물질에 대한 이해 향상, 핵합성의 이해 고도화
플라즈마 물리학	플라즈마 융합 및 연소상태에 대한 예측 이해도 향상

- 인공지능이 알고리즘과 이론 중심의 연구에서 이제 적용·응용 분야로 확산되기 시작한 점을 고려하여 응용과 실험 단계 연구개발 비중에서 인공지능을 비중을 높이는 방안도 고려

■ 연구의 한계점 보완을 통해 인공지능 연구성과 결정요인 관련 연구를 확대

- 연구개발비에서 인공지능 증분을 별도로 구분하여 분석을 추진하는 방안 모색
- 컴퓨팅 파워, 인재 역량 등 다양한 변수를 추가하여 연구성과에 미치는 영향을 입체적으로 분석

참고문헌

1. 국내문헌

- SW정책연구소(2020), “국가 인공지능 연구지수 : 미래를 향한 경쟁?”
- SW정책연구소(2020), “AI Brief 10호”
- 한국시니어과학기술인협회(2018), “4차 산업혁명 시대의 기초과학의 발전전략 연구”

2. 국외문헌

- Argonne National Laboratory(2020.2.), “AI for Science”
- Dutta, S., O, Narasimhan and S. Rajiv(1999), “Success in High-Technology Markets: Is Marketing Capability Critical?” Marketing Science, 18(4), 547-56
- Ernest O’Boyle, Herman Aguinis(2012.3.), “The Best And The Rest: Revisiting The Norm Of Normality Of Individual Performance” Personnel Psychology 65(1)
- Defence News(2020.6.23.), “Congress has questions about the Air Force’s and Navy’s next-generation fighter programs”
- Mckinsey Global Institute(2018), “NOTES FROM THE AI FRONTIER : MODELING THE IMPACT OF AI ON THE WORLD ECONOMY”
- National Artificial Intelligence R&D Strategic Plan: 2019 Update
- HM Government(2019), “Industrial Strategy : Artificial Intelligence Sector Deal”
- 日本 内閣府(2019), “AI 戦略 2019 ~人・産業・地域・政府全てにAI~” 統合イノベーション戦略推進会議
- Wall Street Journal(2020.11.9.), “AI, Quantum R&D Funding to Remain a Priority Under Biden”
- www.itpro.co.uk, Government promises £93m funding for AI over next four years

Computing Curricula 2020을 통해 본 미래 초·중등 SW·AI 교육의 방향

Direction of K-12 SW·AI Education through
Computing Curricula 2020



Executive Summary

본 연구의 목적은 2022년 초·중등학교 교육과정 전면 개정을 앞둔 현시점에서, 2015 개정 정보과 교육과정에 대한 반성적 접근을 통한 개정 방향의 시사점을 도출하는 것에 있다. 이를 위해 최근 발표된 Computing Curricular 2020 Draft(이하 CC2020)와 CC2020에 제시된 컴퓨터과학 내용 체계(CC2020-CS)를 살펴보고, 이를 토대로 우리나라 정보과 교육과정을 분석하였다. ACM과 IEEE-CS를 중심으로 개발된 CC2020은 고등수준의 컴퓨팅 교육 글로벌 표준 교육과정을 제시하고 있으며, 1990년대부터 최근에 이르기까지 컴퓨팅 교육 분야의 변화와 최신 버전의 컴퓨터과학 내용체계(CC2020-CS) 등을 제시하고 있다.

● ●
김한성
선임연구원
hansung@spri.kr

● ●
서영희
선임연구원
yhseo@spri.kr

● ●
송지환
선임연구원
jihwan.song@spri.kr

● ●
이중엽
선임연구원
ilovebiz@spri.kr

본 연구는 학문적 계통적(계속성, 계열성, 통합성) 관점에서 2015 개정 정보과 교육과정이 컴퓨터 과학이라는 모태 학문의 핵심 지식(지식의 구조)을 어떻게 반영하고 있는지 살펴보기 위해, CC2020-CS를 토대로 정보과 교육과정의 연계성과 계통성 분석을 실시하였다. 그리고 CC2020-CS에 제시된 기능(Skill) 용어와 정보과 교육과정의 기능 용어 간의 비교를 통해 정보과 교육과정이 추구하는 교육 목적을 행위적 관점에서 살펴보았다.

주요 연구 결과를 살펴보면, 우리나라 고등학교 ‘정보과학’, ‘정보’ 과목 모두 컴퓨터과학의 주요 영역인 ‘지능시스템(인공지능)’, ‘인간-컴퓨터 상호작용’ 등의 내용을 반영하지 못하며, 모태학문과 낮은 연계성을 가지고 있는 것을 확인할 수 있다. 고등학교에 새로 도입된 ‘인공지능 기초’ 과목은 컴퓨터과학의 ‘지능시스템’과 ‘사회 이슈 및 전문가로서의 업무’ 영역과 연계성을 가지고 있으나, 중학교와는 연계성을 갖지 못하는 것을 알 수 있다. 중학교의 ‘정보’ 과목은 고등학교 ‘정보’ 과목과 체계적인 연계성을 확보하고 있으나 초등학교와는 낮은 연계성을 가지고 있는 것을 확인할 수 있다. 끝으로, CC2020-CS의 성취기준은 제시하기, 설명하기 등 프로그래밍을 도구로 활용한 종합적인 활동의 형태로 제시되어 있으나, 우리나라 정보과 교육과정은 프로그래밍하기, 설계하기 등 프로그래밍 활동 자체가 주요 목적으로 제시되어 있음을 확인할 수 있다.

이상의 연구결과를 토대로 본 연구는 2022 개정 정보과 교육과정의 체계적인 개발을 위해 요구되는 교육과정 개정의 내용적 측면과 지원적 측면을 종합적으로 고려한 주요 시사점을 제시하였다.

The purpose of this study is to derive the implications of the revision direction through the reflective approach to the 2015 revised informatics curriculum at the time when the full revision of the 2022 curriculum for elementary and secondary schools. To do this, the recently published Computing Curricular 2020 Draft(CC2020) and Computer Science Curriculum (CC2020-CS) proposed in CC2020 were reviewed, and the informatics curriculum in Korea was analyzed based on the review results.

Developed around on the Association for Computing Machinery (ACM) and the Institute of Electrical and Electronics Engineers-Computer Science (IEEE-CS), CC2020 proposed the global-standard curriculum of computing education for

higher education; the changes in the computing education field from the 1990s to recent years and the latest version of CC2020-CS were presented as well.

The present study conducted articulation and systematicity analysis of the informatics curriculum based on CC2020-CS to review how the 2015 revised informatics curriculum reflected the core knowledge (knowledge structure) of the academic base -- which was computer science -- from the academic systematic viewpoints (continuity, sequence, and integration). In addition, the education objectives pursued by the informatics curriculum were reviewed through the comparison between the skill terms presented in CC2020-CS and those in the informatics curriculum.

The main study results verified that both “Information Science” and “Informatics” subjects in high school did not reflect the contents of “Intelligence System (Artificial Intelligence (AI))” and “Human-Computer Interaction” -- which were the major areas of computer science -- and had low articulation with the academic base. “Introductory AI”, which was newly introduced to high schools, had articulation with the “Intelligence System” of computer science and “Social Issue and Professional Practice)” field, but not with middle schools. The study results also verified that the informatics subject in middle schools secured systematic articulation with the informatics subject in high schools but had low articulation with elementary schools. Finally, based on the study results, the achievement criteria of CC2020-CS were proposed as a form of comprehensive activities using programming tools such as suggesting and explaining, whereas programming activities such as programming and designing, etc. were proposed as major objectives in the informatics curriculum in Korea.

Based on the these results above, the present paper proposed the main implications by comprehensively considering the content and supporting aspects of the curriculum revision that were required for the systematic development of the 2022 revised informatics curriculum.

I 서론

1. 연구 배경

■ 소프트웨어(이하 SW)와 인공지능(이하 AI) 중심의 디지털 대전환 시대를 맞아, 디지털을 이해하고 활용해 문제를 해결할 수 있는 ‘디지털 역량’이 무엇보다 강력히 요구됨

○ 전 세계는 SW·AI 관련 국가 차원의 전략을 수립하고 있으며, 이 중 인재 양성 정책을 핵심적인 과제로 다루고 있음¹

– 우리나라도 2019년 12월 인공지능 국가전략을 시작으로(관계부처합동, 2019²), 2020년 5월 정보교육 종합계획(교육부, 2020³), 8월 전 국민 AI·SW 교육 방안(과학기술정보통신부, 2020⁴) 발표

– 2020년 9월 고등학교 ‘인공지능 기초’와 ‘인공지능 수학’ 교육과정 고시(교육부, 2020a⁵)와 11월 인공지능시대 교육정책방향과 핵심과제(관계부처합동, 2020⁶)에 이르기까지 AI 중심 사회로의 변화에 적극 대응하고 있음

■ [표 1] 인공지능 기초, 인공지능 수학 과목의 주요 내용

과목명	주요 내용	선 이수 과목
인공지능 기초	인공지능의 기본적인 원리와 사회적 영향 등 체험을 중심으로 쉽게 이해할 수 있도록 구성	별도 과목의 이수가 요구되지 않음
인공지능 수학	인공지능 분야에서 수학의 유용성을 인식하고, 인공지능의 기반이 되는 수학을 쉽게 이해할 수 있도록 구성	공통 과목 ‘수학’을 이수한 후 선택 가능

1 김용성(2019), “인공지능(AI) 시대 주요국의 인재양성 정책 동향” 소프트웨어정책연구소

2 관계부처합동(2019.12.), “인공지능(AI) 국가전략”

3 교육부(2020.5.), “정보교육 종합계획(안) 2020년 ~ 2024년”

4 과학기술정보통신부(2020.8.7.), “인공지능(AI) 시대에 대비한 전 국민 대상 인공지능·소프트웨어(SW) 교육체계 마련” 과학기술정보통신부 보도자료

5 교육부(2020.9.14.), “인공지능, 학교 속으로!-인공지능(AI), 초등 수학 공부 도우미로, 고교 진로 선택과목으로 도입”

6 관계부처합동(2020), “인공지능시대 교육정책방향과 핵심과제”

■ 하지만, 2022년 교육과정 전면 개정을 앞두고 있는 현시점⁷에서, 지금까지의 초·중등학교 SW 교육에 대한 반성적 접근과 새롭게 대두되고 있는 AI 교육에 대한 이해 및 체계적 탐구에 기초한 시사점 도출이 요구됨

○ 체계적인 교육과정 개발을 위해서는 해당 학문 분야나 교과와 기본이 되는 지식과 기능을 바탕으로 구성되어야 함. 특히, 브루너가 제시한 지식의 구조⁸를 고려해보면 초·중등교육 내의 계통성(계속성, 계열성, 통합성)뿐만 아니라, 모태학문의 핵심 지식(지식의 구조)를 고려한 지식체계를 갖출 필요가 있음

○ 최근 국내 여러 연구를 통해 초·중등 SW·AI 교육과정 관련 계통적 분석 수행되고 있으나(윤혜진, 조정원, 2019; 장원영, 2020), 초·중등교육 내의 과목 간 분석에 초점을 맞추었다는 한계점이 있음

○ 본 연구는 이를 보완하기 위해, 컴퓨팅(Computing)* 교육의 학문적 표준을 제시하고 있는 ACM&IEEE의 Computing Curricula 2020(이하 CC2020)에 대한 탐색을 토대로 우리나라 초·중등학교 '2015 개정 정보과 교육과정'을 분석하고 시사점을 제시함

* 컴퓨팅 : 컴퓨팅은 일반적으로 컴퓨터를 활용하거나, 컴퓨터를 이용해 만드는 모든 목표 지향적 활동을 포함한 개념으로 하드웨어와 소프트웨어 관련 분야를 다루는 포괄적 개념임(Computing Curricula 2020, 2020)

2. 연구 내용

■ CC2020에 제시된 컴퓨터과학(이하 CC2020-CS) 교육과정 분석과 시사점 도출

○ CC2020에 제시된 컴퓨터과학 교육과정의 내용 요소를 살펴보고 2015 개정 정보과 교육과정과의 계통성(계속성, 계열성, 통합성) 분석을 통해 차기 교육과정의 개발을 위한 시사점을 제시함

■ CC2020에 제시된 Skill 용어와 정보과 교육과정 비교 분석

○ CC2020이 제시한 역량 모델(The CC2020 Competency Model)과 컴퓨터과학에 제시된 기능 용어를 분석하고, 우리나라 2015 개정 정보과 교육과정과 비교 분석해 시사점을 제시함

⁷ 교육부는 '고교 교육혁신 방안' 발표를 통해 2022 교육과정 전면 개편과 2025 적용 방안에 대한 계획을 공식화함(교육부, 2018)

⁸ 브루너는 교과와 기본 내용(지식의 구조)은 학년의 수준과 관계없이 동일해야 하며, 학년이 더해갈수록 교과나 지식의 체계가 점점 깊어지고 폭을 더하며 심화되도록 조직되어야 함을 제안함(Bruner, 1960)

II Computing Curricula 2020 이해⁹

1. Computing Curricula 개요 : 15년 만에 업데이트된 표준 참조 모델

■ 컴퓨팅 관련 학문 분야의 표준 제시

- Computing Curricula (이하 CC) 프로젝트는 1980년대 Association for Computing Machinery (ACM)과 IEEE Computer Society (IEEE-CS)가 함께, 현대적인 컴퓨팅 교육과정 지침을 개발하는 것을 목적으로 시작함

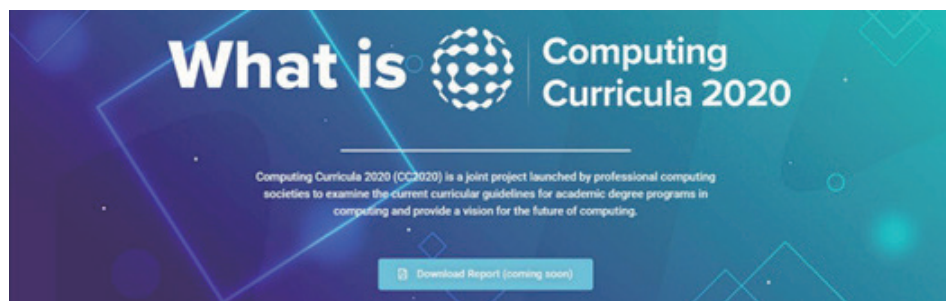
- CC2020 프로젝트는 ACM, IEEE-CS뿐만 아니라 다양한 컴퓨팅 관련 유관 기관 및 단체* 등이 참여하며, 기존 발표된 CC2005에 비해 글로벌 협업 기반의 이니셔티브를 구축해 추진함

* 협업 그룹 : Information Processing Society of Japan(IPSJ), the Chinese Computing Federation(CCF), the Latin American Center on Computing (CLEI), ACM India, ACM Europe, and Informatics Europe 등

- CC2020 프로젝트는 컴퓨팅 교육 분야*의 현황과 최신 교육과정 가이드를 제시할 뿐만 아니라 2020년대 이후 이루어져야 할 컴퓨팅 교육 분야의 미래 통찰력을 제공하는 것을 목표로 하며, 2020년 4월 그간의 노력이 담긴 초안을 발표함

* 컴퓨팅 교육 분야 : 컴퓨터과학(Computer Science), 컴퓨터공학(Computer Engineering), 사이버보안(Cybersecurity), 데이터과학(Data Science), 정보시스템(Information Systems), 정보기술(Information Technology), 소프트웨어공학(Software Engineering)

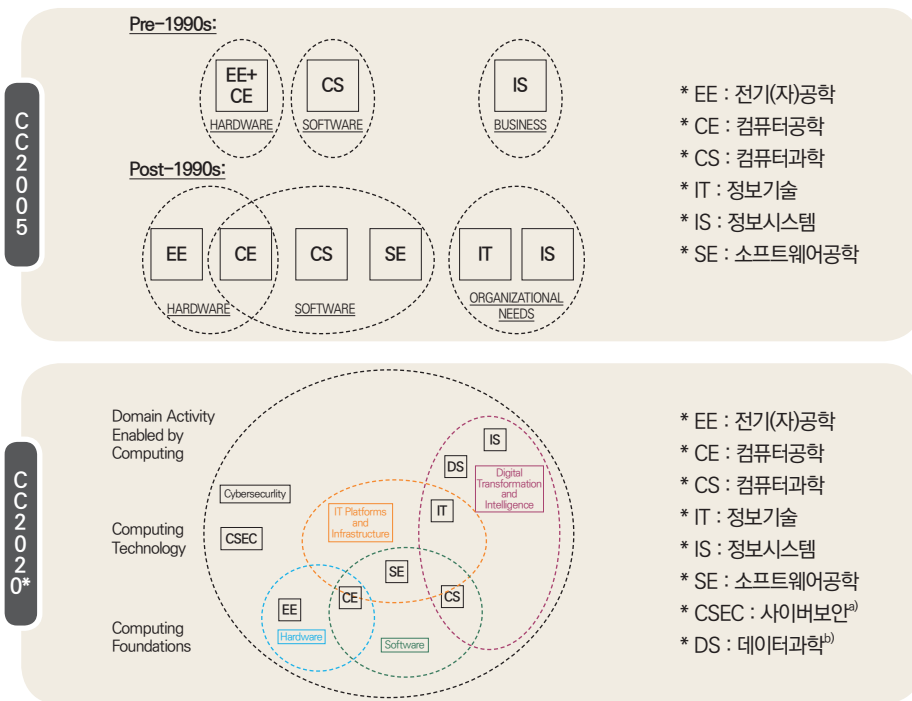
■ [그림 1] Website of CC2020



⁹ 본 영역은 'ACM & IEEE-CS(2020). Computing Curricula 2020: Paradigms for Future Computing Curricula'의 주요 내용을 요약함. 원문 주소 : <https://cc2020.nsparc.msstate.edu/>

2010년대 이후 변화된 컴퓨팅 교육 분야의 현대적 관점 제시

[그림 2] A Contemporary View of the Landscape of Computing Education



※ CC2020은 2010년대 이후 변화된 Computing 관련 학문 간의 상호관계를 시각화하였으며, 사이버보안^{a)}과 데이터과학^{b)}은 2005년 발표 시점과 비교했을 때 새롭게 등장한 학문 분야로 제시함

- CC2005¹⁰에 따르면, 컴퓨팅 교육 분야는 5개* 분야의 학문으로 구성되었으며, 이 중 SW 교육의 기저 이론¹¹이 되는 컴퓨터과학(CS)은 1990년 이전 SW와 관련된 학문에서 1990년대 하드웨어 분야로 확장됨

* CC2005는 전자공학(EE)을 컴퓨터공학(CE)의 모학문으로서 Computing 분야의 범위와 개념을 이해하기 위한 배경으로만 제시하며, Computing 분야를 EE를 제외한 5개(CE, CS, IT, IS, SW)의 학문 분야로 정의함

¹⁰ Shackelford, R., McGettrick, A., Sloan, R., Topi, H., Davies, G., Kamali, R., Cross, J., Impagliazzo, J., LeBlanc, R., & Lunt, B. (2006), "Computing Curricula 2005: The Overview Report" SIGCSE 2006

¹¹ 김경훈 외(2015), "2015 개정 교과 교육과정 시안 개발 연구 II" 정보과 교육과정, 한국교육과정평가원

- 2010년대로 넘어오며, 컴퓨팅 분야는 사이버보안(CSEC)과 데이터과학(DS)이 새롭게 등장해 7개로 분야로 확대되며 보다 다학문적인 분야로 확대함
- 이 중, 컴퓨터과학 분야는 전통적으로 강조되어 오던 소프트웨어(초록색 원)를 중심으로 IT 플랫폼과 인프라, 디지털 전환(주황색 원), 그리고 인공지능(보라색 원)과 관련된 학문으로 확장됨
- 특히, 컴퓨터과학은 컴퓨팅에 대한 개념적 기반(Conceptual Foundation)의 토대를 만들고, 컴퓨팅 기술(Computing Technology)을 이해·응용하는 것에 초점을 맞추고 있음

2. Computer Science (CS) Curricula 최신 버전 발표(CC2020-CS)

■ CS2013 이후, 업데이트된 최신 버전의 내용 요소 발표

- Computer Science (CS) Curricula는 2001, 2008, 2013 발표 이후, 계속 업데이트되고 있으며, CC2020을 통해 2020년 현재 시점의 최신 결과물을 공개함
- CS Curricula는 고등교육(대학 학부 수준)의 표준을 제시하지만, CS에 대한 지식 구조 핵심 아이디어를 제공하며, 초·중등학교 SW 교육의 표준으로 널리 인용되는 CSTA Standard 2017¹² 등의 개발에 토대가 됨
- 우리나라 공교육에서 이루어지는 SW 교육¹³은 '정보(Informatics)' 교과를 통해 시행되고 있으며,¹⁴ 정보 교과는 컴퓨터과학적 지식과 기술의 탐구 그리고 실생활의 문제 해결을 위한 역량을 함양하는 교과로 정의됨
- 이에, 최근 발표된 CC2020-CS를 살펴보는 것은 현재 시행되고 있는 우리나라의 SW 교육을 진단해 보고, 미래 방향을 탐색하기 위한 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대됨

¹² GitHub, The State of Octoverse 2019, <https://octoverse.github.com/>, 2020.09.22. 방문

¹³ 소프트웨어 교육(SW 교육) : 본 연구에서는 'SW 교육'을 컴퓨터 교육, 정보 교육, 컴퓨터과학 교육 등을 망라한 정책적 개념으로 사용하며, 국내 초등학교 실과, 중고등학교 정보, 정보과학, 인공지능 기초 과목을 포함한 개념으로 사용함. 단, 필요 시 각각의 교과 또는 과목명을 사용함

¹⁴ 교육부(2015), "2015 개정 정보과 교육과정" 제(2015-74호)

■ [표 2] A Characteristics of Informatics Subject in K-12

정보(Informatics) 교과 성격 :

21세기 지식 정보사회의 인재는 정보와 정보처리기술을 올바르게 활용할 뿐만 아니라, 새로운 지식과 정보, 기술을 창의적으로 생성하고 협력적으로 문제를 해결하는 능력을 갖추어야 한다.

정보(Informatics)는 컴퓨터과학의 기본 개념과 원리 및 기술을 바탕으로 실생활과 다양한 학문 분야의 문제를 창의적이고 효율적으로 해결하기 위한 학문 분야이며, 정보 교과는 컴퓨터 과학적 지식과 기술의 탐구와 더불어 실생활의 문제 해결을 위해 새로운 지식과 기술을 창출하고 이를 통합적으로 적용하는 능력과 태도를 함양하는 교과이다.

따라서 정보 교과는 지식 정보사회를 올바르게 이해하고 정보사회 구성원으로서의 정보윤리의식, 정보보호능력, 정보기술 활용능력 등 정보문화소양을 갖추고 컴퓨터과학의 기본 개념과 원리를 바탕으로 실생활 및 다양한 학문 분야의 문제를 창의적으로 해결하는 컴퓨팅 사고력 및 네트워크 컴퓨팅 기반 환경의 다양한 공동체에서 협력적 문제 해결력을 기르기 위한 교과 (...이하 생략....)

※ 출처 : 교육부(2015). 2015 개정 정보과 교육과정(교육부)

3. 지식 중심에서 역량 중심 교육과정으로의 변화

■ ‘KA-KU-LO’ 신드롬에 대한 반성

- CC2005에서는 컴퓨팅 학문 분야의 교육과정을 지식 영역(Knowledge area, KAs), 지식 요소(Knowledge Units, KUs), 그리고 학습 산출물(Learning Outcomes, LOs)로 설명함
- 이후, 많은 관계자들이 지식 기반의 접근을 활용하여 ‘영역(KAs)’, ‘요소(KUs)’, 그리고 ‘산출물(LOs)’ 구성에 초점을 맞추는 교육과정 개발과 수업 구성 등의 현상 발생하며, 이를 ‘Ka-Ku-Lo’ 신드롬이라고 언급하기도 함
- 하지만, 이러한 지식 기반 접근은 학습자들의 실제적인 역량을 설정하는 데 필요한 어떠한 기능(Skills)이나 행동 양식(Human Behavior)의 기준을 제공하지 못하는 한계점이 있음
- 특히, 산업 현장에서 요구하는 수준의 지식과 행동 수준뿐만 아니라, 평생 교육 또는 평생 직업 관점에서 요구되는 역량에 대한 정보를 제공하지 못함
- 이에, CC2020은 미래 교육을 위해 역량 중심의 교육과정을 개발할 필요가 있음을 제안하고 있으며, 본 보고서는 CC2020에 제시된 역량 중심의 컴퓨팅 교육에 대해 자세히 살펴보고 우리나라 SW 교육에 주는 시사점을 심층적으로 탐색함

III CC2020의 역량 모델과 컴퓨터과학 내용 체계 이해

1. CC2020의 역량 모델 개요

■ 지식 기반 교육과정의 한계

- 디지털 경제시대에 대학들은 졸업자들에 산업계 요구사항을 고려한 역량 교육을 제공해야 함과 동시에 평생진로(Lifelong Career)를 고려한 준비도 필요
- 이를 위해 어떤 상황이나 과업 내에서 무엇을 할 수 있는가와 같은 ‘역량’을 중심으로 더 넓은 포트폴리오 측면의 교과과정 요구사항을 포괄하는 것이 필요
- 산업계의 경우 대학 졸업자들 간의 역량 격차(Skill Gap)에 대해 인지하고 있으며 대학 프로그램에 역량 모델을 도입하는 것이 학계와 산업계의 공동된 이해를 위해 필요
- CC2020 프로젝트는 교육과정 전문화를 위한 역량 모델의 채택을 통해서, 컴퓨팅 교육과정의 형식과 강조점에 관한 철학적 변환을 제안
- 역량은 컴퓨팅 환경 내에서 지식(Knowledge), 기술(Technical Skills) 및 행동(Human Behavior)의 조합으로 정의

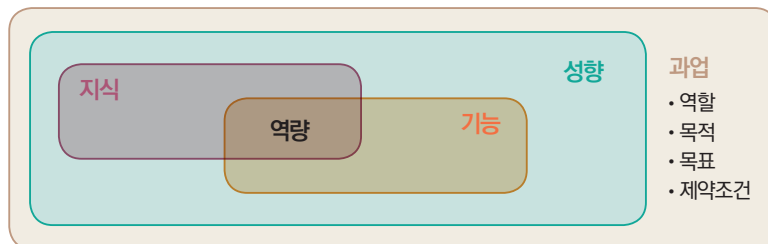
■ CC2020의 역량 모델

- CC2020에서는 Information Technology 2017(IT2017) 보고서를 통해 제안된 지식(Knowledge)-기능(Skill)-성향(Disposition) 체계를 활용하여 실무적인 교육 목적을 반영하는 개념으로 역량을 설명

Competency = [Knowledge + Skills + Dispositions] in Task

- 또한, [그림 3]과 같이 과업을 성취하기 위해 필요한 지식, 기능 및 성향을 구성요소로 포함하는 개념 모델(Conceptual Structure)을 제시

[그림 3] CC2020의 역량 모델 구조



- 지식 : 어떤 사실에 관한 깨달음('Know-What')에 대한 영역으로 역량 모델의 핵심적 개념. 흔히 강의계획서의 주제나 학과의 교과에 대한 균형적인 분배 혹은 기관에 대한 인증을 부여하는 기구 등이 활용하는 기준으로 나열되는 내용. 전통적으로 컴퓨팅 교육의 강의계획서는 지식 요소들로 구성됨
- 기능 : 과업을 능동적으로 성취하기 위해서 지식을 응용하는 능력과 전략으로써 지식의 응용 방(Know-How)에 대한 영역. 기능은 오랜 시간 연습을 거치면서 발전. 기능 발전을 위해서는 차원이 더 높은 인지적 단계에 참여하는 것이 필요. 이를 위해 CC2020은 Bloom의 인지영역 6단계*를 채택하여 성공적인 과업완수에 기대되는 기능의 정도를 제시. 'Know-How'를 기반으로 'Know-What'이 활성화되면 지식과 기능의 영역들은 서로 융합됨. 그러므로 지식의 요소와 기능의 응용 수준은 역량의 명세에서 짝을 이룸
 * Bloom's Taxonomy : 기억(Remembering) → 이해(Understanding) → 응용(Applying) → 분석(Analyzing) → 평가(Evaluating) → 창조(Creating)
- 성향 : 과업 수행의 필수적인 특성이나 품질을 규정하는 (Know-Why) 영역을 구성. 성향은 'Know-What'과 'Know-How'를 통해 숙련된 업무수행을 위한 안목을 형성. 이에 따라 당면한 과제에 대한 바람직한 품질을 달성하기 위해 실무자들이 선택하거나 조절하는 등에 영향을 줌. 이런 점에서 지식과 기술의 '더 나은' 혹은 '올바른' 적용에 관여함. 예를 들어, 성향은 단순한 "완료"와 "전문적인 수행"을 구분하여 실무자의 역량에 관여함으로써 전문적인 가치를 반영할 수 있음. 'Know-Why'는 행해진 가치로서 드러나며 의도를 평가하기 어렵기 때문에, 일반적으로 행동양식이나 반사관행(Reflective Practice)의 관측을 통해서 간접적으로 성향을 평가
- 과업 : 과업은 지식을 능숙하게 응용하여 성향을 더욱 구체적으로 만드는 구성체. 개인들은 과업을 효율적이고 효과적인 방식으로 수행하는 데 필요한 선택, 행동 및 노력 등의 조절을 통해 성향을 분명하게 나타냄. 이러한 의미에서 과업은 지식, 기술 및 성향의 필수적인 특성을 보여주며 역량의 목적성을 포괄

■ [표 3] 지식 요소들

인간 및 조직	시스템 모델화	소프트웨어 시스템 아키텍처	소프트웨어 개발	소프트웨어 기초	하드웨어
사회적 현안문제 사용자 경험 보안정책 IS 관리 전사적 아키텍처 프로젝트 관리	보안현안 문제점 시스템 분석 요구사항 분석 데이터 관리	가상 시스템 임베디드 시스템 통합 시스템 지능 시스템 사물 인터넷 컴퓨터 네트워크 플랫폼 기술 병렬 컴퓨팅 보안 기술	소프트웨어 품질 소프트웨어 검증 소프트웨어 프로세스 소프트웨어 설계 소프트웨어 모델화 플랫폼 개발 소프트웨어 개발	그래픽 및 시각화 운영체제 알고리즘 프로그래밍 언어 소프트웨어 개발 시스템 기초	아키텍처 및 구성 디지털 설계 회로/전자기기 신호 처리

■ [표 4] 기능 요소들

기억	이해	응용	분석	평가	창조
사실, 용어, 기본개념 및 답을 상기하여 이전에 학습한 자료의 기억을 표시한다.	설명을 준비/비교/변환/ 해석/제공하여 사실과 아이디어의 이해를 입증한다.	여러 가지 방법으로 획득한 지식, 사실, 기법 및 규칙을 적용하여 새로운 상황에 대한 문제를 해결한다.	동기 또는 원인을 파악하여 정보를 검토하고 부분들로 분류한다. 해법을 지원하기 위해서 추론하고 증거를 찾는다.	정보, 아이디어의 유효성, 또는 자료의 품질에 관한 판단을 하여 의견을 제시하고 방어한다.	새로운 패턴의 요소들을 결합하거나 대체 해법을 제안하여 여러 가지 방법으로 정보를 편집한다.

■ [표 5] 성향 요소들

요소 관련 상세 설명	요소 관련 상세 설명
전향적 : 진취성, 자발적 행위자, 독자적 자기주도적 : 자기동기 부여적, 결정, 독자적 정열적 : 확신, 강한 책임감, 강렬함 목적중심적 : 목적지향적, 목표 달성, 사업감각 전문적 : 전문성, 재량권, 윤리적, 기민함 책임감 : 판단력 이용, 재량권, 적절한 조치	적응성: 유연성, 민첩성, 변화에 대응한 조정 협업적: 팀 플레이어, 타자와 가까이 협력함 대응성: 경의적, 신속하고 적극적인 반응 세심함: 세부사항에 유의, 사려 깊음, 정확성 창의적: 탐구적, 단순한 해법을 넘는 관찰

■ 역량상의 실제적인 적용

- 현재까지 많은 컴퓨팅 교육과정에서 지식 기반 접근 방식을 진행되었으나 최근의 컴퓨팅 교육과정 구성 요소는 지식과 숙련도뿐만 아니라 성향, 기술 수준 및 예상되는 실용적인 작업도 포함해야 함
- 역량 모델을 사용하면 컴퓨팅 분야 교육과정 프로그램의 비교 분석 및 시각화, 자동화에 도움이 될 수 있어 CC2020 프로젝트는 향후 각 분야별 컴퓨팅 교육과정을 개발하기 위해 역량 기반 접근 방식을 채택할 것을 권장함

2. CC2020에 제시된 Computer Science(CC2020-CS) 내용체계 :

CS2013과 CC2020-CS 내용체계 비교

■ Computer Science Curricula 프로젝트 추진 현황

- CC2020는 Computer Science Curricula 2013(이하 CS2013)의 지식체계를 참고해 역량 중심 기반 교육과정으로 개선한 CC2020-CS를 공개함(표 6)
- CC2020-CS는 [그림 7]과 같이 CS2013과 동일한 총 18개 지식 영역으로 구성됨
 - * CS2013은 ① CS2001 및 CS2008에 대한 검토를 토대로 ② 컴퓨터과학(CS)의 확대를 위해 다양한 이해관계자로부터 의견 수렴을 거쳐 개발하였으며, 추상화(Abstraction), 복잡성(Complexity), 진화적 변화(Evolutionary Change)를 주요 주제로 다루고 있음
 - * 또한, 교육과정의 약 40%를 알고리즘 및 복잡성, 프로그래밍 언어, SW 개발 기본 원리 및 SW 공학에 할당함
- CS2001에서부터 CC2020-CS에 이르기까지 변화된 지식체계는 [표 8]을 통해 확인할 수 있으며, CC2020-CS 지식체계는 [표 9 : 요약]와 [붙임2 : 전문]을 통해 자세히 확인할 수 있음
 - CC2020-CS 지식체계는 CS2013을 따르고 있으며, CS2013 개발 과정에서 일부 영역이 추가되거나 변경·보완되었음*
 - * (추가) '정보보호와 보안', '플랫폼 기반 개발', '병렬 및 분산컴퓨팅', '시스템 기본', (변경) '그래픽 및 시각화', '네트워킹 및 통신', '소프트웨어 개발 기본', '사회 이슈 및 전문가로서의 업무'

■ [표 6] CS2013과 CC2020-CS의 영역별 내용 요소 비교 : 알고리즘 및 복잡성, 지능시스템 예시

	지식 영역	내용 요소
알고리즘 및 복잡성	CS2013	[Topic: 2 Core-Tier1] 알고리즘의 최상, 예상(Expected), 최악의 사례의 동작 간의 차이 • 상한 및 예상 복잡도 경계의 점근(Asymptotic) 분석 • Big O 표기 : 형식 정의(Formal Definition) • 상수, 로그, 선형, 2차 및 지수와 같은 복잡성(Complexity) 클래스 • 성능의 경험적 측정 • 알고리즘의 시간 및 공간 절충 ... (이하 생략)
	CC2020-CS	- 동료 그룹에게 특정 알고리즘의 다른 동작으로 이어질 수 있는 조건 또는 가정의 데이터 특성을 제시하고 분석을 통해 런타임 측정에 대한 가설을 검증하기 위한 경험적 연구를 설명한다. - 알고리즘의 시간 및 공간 복잡성을 간단하게 설명하고 정식으로 Big-O 표기법을 활용해 시간 및 공간 복잡성에 대한 점근적 상한과 기대되는 사례 한계를 각각 보여준다. - 산업 문제를 해결하고 특정 컨텍스트에 대한 평가 알고리즘을 선택하기 위해 기본 수치 알고리즘 방법(검색 알고리즘 등)을 구현한다. ... (이하 생략)

지식 영역	지식 영역	내용 요소
지능 시스템	CS2013	[Topic: 1 Core-Tier2] AI 문제 개요, 최근 AI 응용 성공 사례 • 지능적인 행동이란 무엇인가? - 튜링 테스트 - 합리적 vs 비합리적 추리 • 문제 특성 - 완전(Fully) vs 부분 관측 가능(Partially Observable) - 단일 vs 다중 에이전트 - 결정론적 vs 확률론적 - 정적 vs 동적 - 이산(Discrete) 대 연속(Continuous) ... (이하 생략)
	CC2020-CS	- 지능형 시스템이 해결해야 하는 주어진 과제의 특성을 결정하고 그 결과를 프로젝트 팀에게 제시한다. - 기업의 질의응답 시스템에서 자동으로 답변할 수 있도록 자연어(예, 영어)를 논리 언어로 변환시킨다. - 근거가 주어진 가설의 확률을 결정하기 위해 베이즈(Bayes) 정리¹⁵를 사용해 실제 산업 문제에서 확률적 추론을 진행한다. ... (이하 생략)

※ 참고 : ACM & IEEE(2013). Computer Science Curricula 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.

■ [표 7] CS2013과 CC2020-CS의 지식 영역별 소개

지식 영역	개요 ¹⁶
알고리즘 및 복잡성 (Algorithms and Complexity, AL)	컴퓨터과학 및 소프트웨어 공학의 기초로 알고리즘의 연구는 사용하는 프로그래밍 언어, 프로그래밍 패러다임, 컴퓨터 하드웨어에 상관없이 문제의 본질적인 특성과 가능한 솔루션 기법에 대한 통찰력을 제공하며, 특정한 목적에 적합한, 효율적인 알고리즘을 선택하고 적용하는 능력은 소프트웨어 공학자에게 중요함
구조 및 조직 (Architecture and Organization, AR)	모든 계산이 일어나고 소프트웨어 계층과 인터페이스를 제공하는 하드웨어 환경에 대한 것으로 컴퓨터 시스템의 기능적 구성 요소, 그들의 특성, 성능, 상호 작용에 대해 연구함, 높은 성능을 달성하는 프로그램을 개발하기 위해 컴퓨터 구조를 잘 이해하고 선택하여야 함
컴퓨팅 과학 (Computational Science, CN)	컴퓨터과학의 응용 분야로서 다양한 학문 분야의 다양한 문제를 풀기 위하여 컴퓨터과학의 활용을 연구하는 지식영역으로 컴퓨터 시뮬레이션, 자료의 시각화, 수학적 모델링, 컴퓨터 프로그래밍과 데이터 구조, 네트워킹, 데이터베이스 설계, 기호 계산, 고성능 컴퓨팅 기술 등을 활용함
이산 구조 (Discrete Structures, DS)	CS에 대한 기초적인 소재로, 집합론, 논리학, 그래프 이론, 확률 이론 등의 내용을 포함, CS의 많은 영역에서 이산 구조의 개념을 이해하고 이용할 수 있는 능력을 요구함
그래픽 및 시각화 (Graphics and Visualization, GV)	인간의 시각 인지 능력의 이해, 표현 대상의 모델링, 모델을 2차원으로 그려주는 렌더링 과정, 이미지가 움직이는 것처럼 보이게 하는 애니메이션, 자료의 이해를 돕기 위한 고차원 데이터의 시각적 표현, 전산 기하학 등이 주요 연구 분야임

¹⁵ 두 확률 변수의 사전 확률과 사후 확률 사이의 관계를 나타내는 정리
from Wikipedia : https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%B2%A0%EC%9D%B4%EC%A6%88_%EC%A0%95%EB%A6%AC, 검색일: 2020.11.5.

¹⁶ CC2020-CS의 지식영역별 개요는 김진형(2014)의 연구를 참고해 재정의함

지식 영역	개요 ¹⁶
인간 - 컴퓨터 상호 작용 Human - Computer Interaction, HCI)	컴퓨터를 이용하여 여러 사람이 효율적으로 협동하는 환경에 관한 연구 영역 포함, 인간 - 컴퓨터 상호 작용에는 사람이 참여하므로 컴퓨터 시스템뿐만 아니라 인간의 인지 및 지각 능력에 대한 이해와 문화적, 사회적 속성의 이해가 요구되며, 심리학, 인체공학, 컴퓨터그래픽, 제품설계, 인류학, 공학 등의 폭넓은 지식이 요구됨
정보 보호 및 보안 (Information Assurance and Security, IAS)	컴퓨터를 사용하는 데 있어서 기밀성, 무결성 및 가용성을 보장하는 지식 영역으로 정보와 정보 시스템을 보호하기 위한 기술적, 정책적 통제와 절차 등에 대하여 연구함
정보 관리 (Information Management, IM)	데이터베이스의 확장성, 접근성과 사용성을 감안하여 정보 관리 시스템을 설계 개발하거나 적절한 해법을 선택할 수 있는 능력을 제공함
지능 시스템 (Intelligent Systems, IS)	상식 및 전문 지식의 표현 방식, 검색 및 계획 세우기 등의 문제 해결 방법론 및 기계 학습 기법, 문제 해결에 필요한 에이전트나 다중 에이전트의 구조 등을 연구함
네트워킹 및 통신 (Networking and Communications, NC)	네트워크 아키텍처와 인터넷 구조 등 네트워크의 작동 원리, 설계 방법 및 관리 방안의 이해(웹 개발, 네트워크 보안, 모바일 디바이스 등을 포함)
운영 체제 (Operating Systems, OS)	사용자에게 프로그램을 쉽고 효율적으로 실행할 수 있는 환경을 제공하기 위하여 컴퓨터에 기본적으로 탑재되는 소프트웨어
플랫폼 기반 개발 (Platform-Based Development, PBD)	플랫폼 기반 개발은 범용 프로그래밍과는 다르게 플랫폼별 제약사항이 존재하므로 이러한 특정 소프트웨어 플랫폼에서 동작하는 SW 응용 프로그램의 설계 및 개발과 관련된 사항을 고려하게 함(API 또는 제한된 환경과 관련된 개발의 일반적인 기술은 소프트웨어 개발 기본(SDF)에서 다루고 있음)
병렬 및 분산 컴퓨팅 (Parallel and Distributed Computing, PD)	멀티코어 프로세서나 분산 데이터센터 등 다중 프로세서를 사용하는 병렬 및 분산 처리는 복잡한 방법으로 작동이 겹치는 다중 프로세서의 동작을 연구하며, 동시성과 병렬 시행, 그리고 이를 위한 프로세서 간의 통신과 조정 기제에 대하여 연구하는 영역
프로그래밍 언어 (Programming Languages, PL)	프로그래밍 언어의 번역, 정적 분석, 메모리 관리 등의 기본 지식의 연구와 학습을 통하여 그 언어의 효과적 사용과 한계를 이해할 수 있게 함
소프트웨어 개발 기본 (Software Development Fundamentals, SDF)	컴퓨터를 이용하여 여러 사람이 효율적으로 협동하는 환경에 관한 연구 영역 포함, 인간 - 컴퓨터 상호 작용에는 사람이 참여하므로 컴퓨터 시스템뿐만 아니라 인간의 인지 및 지각 능력에 대한 이해와 문화적, 사회적 속성의 이해가 요구되며, 심리학, 인체 공학, 컴퓨터 그래픽, 제품 설계, 인류학, 공학 등의 폭넓은 지식이 요구됨
소프트웨어 공학 (Software Engineering, SE)	요구 사항 추출, 분석, 시방서 작성, 설계, 구축, 테스트 및 검증, 배포, 운영 및 유지 보수를 포함하는 소프트웨어 시스템의 라이프 사이클 모든 단계를 고려함, 소프트웨어의 진화와 재사용을 위하여 잘 통제되고 훈련된 방법과 도구를 사용해야 하며 이 도구들이 매우 빠르게 진화하고 있기 때문에 적절한 도구, 방법론, 개발 환경 시스템의 선택에는 전문성이 요구됨
시스템 기본 (Systems Fundamentals, SF)	응용 프로그램이 동작하는 기본 HW 및 SW 인프라는 “컴퓨터 시스템”이라는 용어로 설명되며, 이는 운영 체제, 병렬 및 분산 시스템, 통신 네트워크 및 컴퓨터 아키텍처의 하위에 광범위하게 적용됨, 전통적으로 독립적인 과정으로 진행되나 계산 패러다임, 병렬화, 계층 간 통신, 자원 할당 및 스케줄링 등을 공통적인 개념으로 볼 수 있음
사회 이슈 및 전문가로서의 업무 (Social Issues and Professional Practice, SP)	직업 윤리, 지적 재산권, 개인 정보 보호 및 시민의 자유, 전문가로서의 소통, 컴퓨팅의 경제, 보안 정책, 법률 및 컴퓨터 범죄 등의 이슈를 다룸

■ [표 8] CS 교육과정 체계 변화

CS2001	CS2008	CS2013	CC2020-CS
알고리즘 및 복잡성(AL)	알고리즘 및 복잡성(AL)	알고리즘 및 복잡성(AL)	알고리즘 및 복잡성(AL)
구조 및 조직(AR)	구조 및 조직(AR)	구조 및 조직(AR)	구조 및 조직(AR)
컴퓨팅 과학과 수치해석**(CN)	컴퓨팅 과학(CN) (수치해석 내용 요소 제거 및 이름 변경)	컴퓨팅 과학(CN)	컴퓨팅 과학(CN)
이산구조(DS)	이산구조(DS)	이산구조(DS)	이산구조(DS)
그래픽 및 시각적 컴퓨팅 (GV)	그래픽 및 시각적 컴퓨팅 (GV)	그래픽 및 시각화(GV) (이름 변경)	그래픽 및 시각화(GV)
인간-컴퓨터 상호작용 (HCI)	인간-컴퓨터 상호작용 (HCI)	인간-컴퓨터 상호작용 (HCI)	인간-컴퓨터 상호작용 (HCI)
-	-	정보 보호와 보안(IAS) (신규)	정보 보호와 보안(IAS)
정보 관리(IM)	정보 관리(IM)	정보 관리(IM)	정보 관리(IM)
지능 시스템(IS)	지능 시스템(IS)	지능 시스템(IS)	지능 시스템(IS)
네트워크 중심의 컴퓨팅 (NC)	네트워크 중심의 컴퓨팅 (NC)	네트워킹 및 통신(NC) (이름 변경)	네트워킹 및 통신(NC)
운영체제(OS)	운영체제(OS)	운영체제(OS)	운영체제(OS)
-	-	플랫폼 기반 개발(PBD) (신규)	플랫폼 기반 개발(PBD)
-	-	병렬 및 분산 컴퓨팅(PD) (신규)	병렬 및 분산 컴퓨팅(PD)
프로그래밍 언어(PL)	프로그래밍 언어(PL)	프로그래밍 언어(PL)	프로그래밍 언어(PL)
프로그래밍 기본(PF)	프로그래밍 기본(PF)	소프트웨어 개발 기본(SDF) (이름 변경)	소프트웨어 개발 기본 (SDF)
소프트웨어 공학(SE)	소프트웨어 공학(SE)	소프트웨어 공학(SE)	소프트웨어 공학(SE)
-	-	시스템 기본(SF) (신규)	시스템 기본(SF)
사회적 전문적 이슈(SP)	사회적 전문적 이슈(SP)	사회 이슈 및 전문가로서의 업무(SP) (이름 변경)	사회 이슈 및 전문가로서의 업무(SP)

※ 본 표는 우호성 외(2017:30) 연구를 참고해 일부 내용 수정 및 CC2020-CS 내용을 추가함

※ Computational Science는 '계산과학' 또는 '컴퓨팅 과학'으로 혼용되고 있으나 본 보고서에서는 우호성 외(2017)의 연구를 참고해 '컴퓨팅 과학'으로 사용함

■ [표 9] CC2020-CS의 영역별 역량 중심 내용 요소

자식 영역	역량 중심 내용 요소 (일부)
알고리즘 및 복잡성 (Algorithms and Complexity, AL)	- 동료 그룹에게 특정 알고리즘의 다른 동작으로 이어질 수 있는 조건 또는 가정의 데이터 특성을 제시하고 분석을 통해 런타임 측정에 대한 가설을 검증하기 위한 경험적 연구를 설명한다. - 산업 문제를 해결하고 특정 컨텍스트에 대한 평가 알고리즘을 선택하기 위해 기본 수치 알고리즘 방법(검색 알고리즘 등)을 구현한다. ... (이하 생략)
구조 및 조직 (Architecture and Organization, AR)	- 논리 회로 수준에서 구현된 간단한 프로세서의 타이밍 다이어그램 동작을 평가하고 결과를 보여주는 보고서를 작성한다. - 문자열 처리와 조작 및 숫자 데이터를 16진수 형식으로 변환하기 위해 어셈블리/기계 수준에서 간단한 프로그램을 작성한다. - 기계 언어 및 어셈블리 언어 모두에서 기본적으로 높은 수준 구조를 구현하고 결과를 동료 그룹에 제시한다. ... (이하 생략)
컴퓨팅 과학 (Computational Science, CN)	- 실제 상황에 대한 간단하고 형식적인 수학 모델을 만들고 현지 테크 업체의 시뮬레이션에 해당 모델을 활용한다.
이산구조 (Discrete Structures, DS)	- 적절한 세트, 기능 또는 관계 모델의 몇 가지 실용적인 예시를 동료 그룹에 제시하고 관련 동작 및 용어를 맥락적으로 해석한다. - 종속 또는 독립 사건의 다양한 확률과 확률 변수의 기댓값을 계산해서 문제를 해결하고 주어진 확률 분포에 대한 분산을 계산하는 방법을 동료 그룹에게 제시한다. ... (이하 생략)
그래픽 및 시각화 (Graphics and Visualization, GV)	- 표준 API를 사용해서 현지 단체에서 활용할 수 있는 시각 및 오디오 기술을 통합하는 사용자 인터페이스를 설계하고 개발한다.
인간 - 컴퓨터 상호 작용 (Human - Computer Interaction, HCI)	- 대화형 응용 프로그램을 디자인하고 관련 도구 및 기술과 함께 사용자 중심의 디자인 주기를 적용하여 기업 환경에서 유용성과 사용자 경험을 최적화한다. - 도출된 및 문서와 함께 기업용 그래픽 사용자 인터페이스를 지원하는 간단한 애플리케이션을 제작하고 정량적 평가를 수행한 뒤 결과를 보고한다. ... (이하 생략)
정보 보호 및 보안 (Information Assurance and Security, IAS)	- 일반적인 입력 유효성 검사 오류를 분류한 후 사이버 보안 회사에 대한 올바른 입력 유효성 검사 코드를 작성한다. - 보안 전문가 그룹에게 경쟁 조건이 발생하지 않도록 방지하는 방법과 예외를 처리하는 방법을 보여준다.
정보 관리 (Information Management, IM)	- 정보를 데이터 및 지식과 대조하고 전문가 그룹에게 중앙 집중식 데이터 제어의 장단점을 설명한다. - 동료 그룹에게 데이터베이스에서 정보를 추출하는 선언적 쿼리 언어를 시연한다. ... (이하 생략)
지능 시스템 (Intelligent Systems, IS)	- 지능형 시스템이 해결해야 하는 주어진 과제의 특성을 결정하고 그 결과를 프로젝트 팀에게 제시한다. - 기업의 질의응답 시스템에서 자동으로 답변할 수 있도록 자연어(예, 영어)를 논리 언어로 변환시킨다. - 근거가 주어진 가설의 확률을 결정하기 위해 베이즈(Bayes) 정리를 사용해 실제 산업 문제에서 확률적 추론을 진행한다. ... (이하 생략)
네트워킹 및 통신 (Networking and Communications, NC)	- 기업 고객을 위해 간단한 클라이언트-서버 소켓 기반 애플리케이션을 설계하고 개발한다. - 고정 및 동적 할당 기술과 혼잡(Congestion)에 대한 현재 접근법을 대조하고 그 결과를 회사 임원에게 제시한다. ... (이하 생략)
운영 체제 (Operating Systems, OS)	- 컴퓨팅 이론 및 수학 지식을 적용해 문제를 해결하고 전문가 또는 비전문가 청중을 위해 솔루션의 결과와 방법을 포괄적으로 제시한다. - 확률과 기댓값에 대한 지식을 활용하여 무작위 사건 하에서 시스템의 동작을 예측하고 사용자에게 잠재적인 행동을 알려준다. ... (이하 생략)

지식 영역	역량 중심 내용 요소 (일부)
플랫폼 기반 개발 (Platform-Based Development, PBD)	- 다양한 온라인 커뮤니티를 지원하기 위해 웹 프레임워크와 프레젠테이션 기술을 활용하는 반응형 웹 애플리케이션을 클라이언트를 위해 설계한다. - 플랫폼별 API를 통해 프로그래밍 작업을 개발, 구현하고 그 결과를 피어 그룹(Peer Group)에 제시한다. ... (이하 생략)
병렬 및 분산 컴퓨팅 (Parallel and Distributed Computing, PD)	- 병렬로 이루어질 수 있는 독립적인 작업을 식별하고 병렬 실행 도표와 관련하여 중요 경로를 결정하여 프로그램의 작업 및 범위에 대한 계산 결과를 제시한다. - 실제 산업 문제에 대한 작업을 통해 클라이언트를 위해 병렬 분할 정복(Divide-and-Conquer)을 구현하고 경험적으로 성능을 측정한다. ... (이하 생략)
프로그래밍 언어 (Programming Languages, PL)	- 객체 지향 캡슐화 메커니즘(클래스 계층 구조 등)을 고려하여 클래스의 설계 및 구현을 제시한다. - GUI와 같은 반응형 시스템에서 사용할 웹 개발자용 이벤트 핸들러 작성 - 타입 오류 메시지, 메모리 누수, 댕글링 포인터(Dangling Pointer)¹⁷를 사용하여 프로그램을 디버깅한다. ... (이하 생략)
소프트웨어 개발 기본 (Software Development Fundamentals, SDF)	- 반복적 재귀 함수와 분할 정복(Divide-and-Conquer) 기법을 설명하는 적절한 알고리즘을 만들고 프로그래밍 언어를 사용하여 간단한 산업 문제를 해결하기 위한 알고리즘을 구현, 테스트 및 디버깅을 실시한다. - 절차적 추상화를 적용할 기회를 식별하여 산업 프로그램을 리팩토링한다. ... (이하 생략)
소프트웨어 공학 (Software Engineering, SE)	- 기능적 요구 사항과 비기능적 요구 사항을 구분하여 현지 프로젝트에 필요한 SW 요구사항 세트를 검토하고 해당 세트가 좋은 요구사항의 특징을 어느 정도 나타내는지 평가한다. - UML 같은 모델링 기법을 사용해 간단한 소프트웨어 시스템의 설계를 고객에게 제시하고 해당 설계가 시스템 설계 원칙에 어떻게 통합되어 있는지 설명한다.
시스템 기본 (Systems Fundamentals, SF)	- 논리 설계의 기본 구성요소를 이용하여 간단한 순차적 문제와 동일한 문제의 병렬 버전을 설계하고 적절한 도구를 활용하여 설계 및 성능을 평가한다. - 동기화 기본요소를 통해 공유 리소스를 관리하는 업체를 위해 간단한 병렬 프로그램을 개발하고 톨을 이용해 프로그램 성능을 평가한다. ... (이하 생략)
사회 이슈 및 전문가로서의 업무 (Social Issues and Professional Practice, SP)	- 현지 단체에 대한 시스템을 분석하고 비기술적인 방법으로 그 결과를 제시한다. - 학제 간 지식을 통합하여 현지 단체를 위한 프로그램을 개발한다. - 기술로 인한 사회적 변화의 영향을 관리해야 하는 사람들에게 도움이 되는 문서를 제작한다. ... (이하 생략)

※ [표 9]는 CC2020-CS의 역량 중심 내용 요소 중 일부만 제시하였으며 전문은 [붙임 2]에 제시함

Ⅳ 2015 개정 정보과 교육과정의 이해

1. 2015 개정 정보과 교육과정의 교과 역량

- 2015 정보과 교육과정(이하 정보과 교육과정)^{*18}은 [표 10]과 같이 중학교 '정보', 고등학교 '정보', '인공지능 기초', '정보과학' 과목으로 구성되어 있음

¹⁷ 컴퓨터 프로그래밍에서 적절한 타입의 유효한 객체를 가리키고 있지 않은 포인터. from Wikipedia : https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%97%88%EC%83%81_%ED%8F%AC%EC%9D%B8%ED%84%B0, 검색일: 2020.11.17.

¹⁸ 교육부는 최근(2020.9.) 개정된「초·중등학교 교육과정 및 특수교육 교육과정」 일부 개정(안) 및 교육부 고시 제2020-236호를 통해, 고등학교 '인공지능 기초'를 새롭게 고시함

* 고등학교 ‘정보’, ‘인공지능 기초’는 현재 기술·가정 교과(군)에 포함되어 있으나 일반적으로 정보과 교육 과정의 세부 과목으로 분류되며(김경훈 외, 2015; 장원영, 2020), 본 연구에는 이들 교과를 포함해 정보과 교육과정으로 명명함

- 정보과 교육과정은 [표 11]과 같이 2015 개정 교육과정 총론에 제시된 6가지 역량을 함양시키기 위해 ‘정보문화 소양’, ‘컴퓨팅 사고력’, ‘협력적 문제해결력’을 교과 역량으로 제시함

■ [표 10] 2015 개정 정보과 교육과정 과목 구성 현황

교과(군)	과목				
	초등학교	중학교	고등학교		
			보통교과		전문교과 I 과학계열 과목
			일반 선택	진로 선택	
정보	*	정보	-	-	정보과학
기술·가정		-	정보	인공지능 기초	

※ 초등학교는 별도의 ‘정보’ 교과가 없지만 실과 교과 내, SW교육을 일부 포함하고 있음

■ [표 11] 2015 개정 교육과정 총론 및 정보 교과 역량

구분	역량	
총론	(1) 자기관리 역량, (2) 지식정보처리 역량, (3) 창의적 사고 역량, (4) 심미적 감성 역량, (5) 의사소통 역량, (6) 공동체 역량	
정보 교과	정보문화 소양	정보사회의 가치를 이해하고, 정보사회 구성원으로서 윤리의식과 시민의식을 갖추고 정보기술을 활용하여 문제를 해결할 수 있는 능력
	컴퓨팅 사고력	컴퓨터과학의 기본 개념과 원리 및 컴퓨팅 시스템을 활용하여 실생활과 다양한 학문 분야의 문제를 이해하고 창의적으로 해법을 구현하여 적용할 수 있는 능력
	협력적 문제해결력	네트워크 컴퓨팅 환경에 기반한 다양한 지식·학습공동체에서 공유와 효율적인 의사소통, 협업을 통해 문제를 창의적으로 해결할 수 있는 능력

- 2015 개정 교육과정은 [표 12]와 같이 교과 내용 체계에 ‘핵심 개념’, ‘일반화된 지식’, ‘기능’ 등의 항목을 도입해 교과에서 추구하고자 하는 역량을 보다 체계적으로 이해하고, 함양시킬 수 있는 장치를 마련함

■ [표 12] 2015 개정 교과 교육과정의 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소	기능
교과의 성격을 가장 잘 나타내주는 최상위의 교과 내용 범주	교과의 기초 개념이나 원리	학생들이 해당 영역에서 알아야 할 보편적인 지식	학년(군)에서 배워야 할 필수 학습 내용	수업 후 학생들이 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 능력으로, 교과 고유의 탐구 과정 및 사고 기능 등을 포함

2. 2015 개정 정보과 교육과정 내용 체계

■ 초등학교 '실과' 과목

■ [표 13] 2015 개정 정보과 교육과정 내용 체계(실과)

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소	기능
			초등학교(5~6학년)	
기술 시스템	소통	통신 기술은 정보를 생산, 가공하여 다양한 수단과 장치를 통하여 송수신하여 공유한다.	• 소프트웨어의 이해 • 절차적 문제 해결 • 프로그래밍 요소와 구조	• 탐색하기 • 계획하기 • 실천하기 • 조작하기 • 활용하기 • 적용하기
기술 활용	혁신	문제 해결 과정에서의 발명과 기술 개발에서의 표준은 국가와 사회의 혁신과 발전에 기여한다.	• 발명과 문제 해결 • 개인정보와 지식 재산 보호 • 로봇의 기능과 구조	• 종합하기 • 평가하기 • 제안하기 • 설계하기 • 제작하기 • 실행하기 • 판단하기 • 조사하기 • 추론하기

- 초등학교는 기술 시스템 영역에 '소프트웨어의 이해', '절차적 문제 해결', '프로그래밍 요소와 구조'를 통해 SW 교육을 실시할 수 있도록 구성하고 있음(17차시)
- 이 외에도 기술 활용 영역에 '개인정보와 지식 재산 보호', '로봇의 기능과 구조' 등을 통해 SW 교육 내용을 응용·확장해 다룰 수 있도록 구성함

■ 중·고등학교 '정보' 과목

■ [표 14] 2015 개정 정보과 교육과정 내용 체계(중학교, 고등학교 '정보' 과목)

영역	핵심 개념	일반화된 지식	중학교		고등학교	
			내용 요소	기능	내용 요소	기능
정 보 문 화	정보사회	정보사회는 정보의 생산과 활용이 중심이 되는 사회이며, 정보와 관련된 새로운 직업이 등장하고 있다.	• 정보사회의 특성과 진로	- 탐색하기 - 분석하기 - 실천하기 - 계획하기	• 정보과학과 진로	- 탐색하기 - 분석하기 - 실천하기 - 계획하기
	정보윤리	정보윤리는 정보사회에서 구성원이 지켜야 하는 올바른 가치관과 행동 양식이다.	• 개인정보와 저작권 보호 • 사이버 윤리		• 정보보호와 보안 • 저작권 활용 - 사이버 윤리	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	중학교		고등학교	
			내용 요소	기능	내용 요소	기능
자료와 정보	자료와 정보의 표현	숫자, 문자, 그림, 소리 등 아날로그 자료는 디지털로 변환되어 컴퓨터 내부에서 처리된다.	• 자료의 유형과 디지털 표현	분석하기 표현하기 수집하기 관리하기	• 효율적인 디지털 표현	분석하기 선택하기 수집하기 관리하기 협력하기
	자료와 정보의 분석	문제 해결을 위해 필요한 자료와 정보의 수집과 분석은 검색, 분류, 처리, 구조화 등의 방법으로 이루어 진다.	• 자료의 수집 • 정보의 구조화		• 자료의 분석 • 정보의 관리	
문제 해결과 프로그래밍	추상화	추상화는 문제를 이해하고 분석하여 문제 해결을 위해 불필요한 요소를 제거하거나 작은 문제로 나누는 과정이다.	• 문제 이해 • 핵심 요소 추출	비교하기 분석하기 핵심 요소 추출하기 표현하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기	• 문제 분석 • 문제 분해와 모델링	비교하기 분석하기 핵심요소추출하기 분해하기 설계하기 표현하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기
	알고리즘	알고리즘은 문제 해결을 위한 효율적인방법과 절차이다.	• 알고리즘 이해 • 알고리즘 표현		• 알고리즘 설계 • 알고리즘 분석	
	프로그래밍	프로그래밍은 문제의 해결책을 프로그래밍 언어로 구현하여 자동화하는 과정이다.	• 입력과 출력 • 변수와 연산 • 제어 구조 • 프로그래밍 응용		• 프로그램 개발 환경 • 변수와 자료형 • 연산자 • 표준입출력과 파일입출력 • 중첩제어구조 • 배열, 함수 • 프로그래밍 응용	
컴퓨팅 시스템	컴퓨팅 시스템의 동작 원리	다양한 하드웨어와 소프트웨어가 유기적으로 결합된 컴퓨팅 시스템은 외부로부터 자료를 입력받아 효율적으로 처리하여 출력한다.	• 컴퓨팅 기기의 구성과 동작 원리	분석하기 설계하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기	• 운영체제 역할 • 네트워크 환경 설정	활용하기 관리하기 설계하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기
	피지컬 컴퓨팅	마이크로컨트롤러와 다양한 입·출력 장치로 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구성하고 프로그래밍을 통해 제어한다.	• 센서 기반 프로그램 구현		• 피지컬 컴퓨팅 구현	

○ 중·고등학교 정보 과목 내용 체계는 정보문화, 자료와 정보, 문제 해결과 프로그래밍, 컴퓨팅 시스템으로 대영역을 구성하고 있음

- 정보 과목은 일관된 핵심 개념과 일반화된 지식을 공유하고 있지만, 학교급에 따라 세부적인 내용 요소와 기능을 달리 구성하고 있음

■ 고등학교 '인공지능 기초' 과목

■ [표 15] 2015 개정 정보과 교육과정 내용 체계 (고등학교 '인공지능 기초' 과목)

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소	기능
인공지능의 이해	인공지능과 사회	인공지능은 4차 산업혁명의 핵심 기술로 사회와 직업의 변화를 이끌고 있다.	- 인공지능의 개념과 특성 - 인공지능 기술의 발전과 사회 변화	탐색하기 비교하기 분석하기
	인공지능과 에이전트	인공지능은 지능 에이전트의 형태를 통하여 외부 환경을 인식, 학습, 추론, 행동함으로써 문제를 해결한다.	지능 에이전트의 개념과 역할	
인공지능의 원리와 활용	인식	지능 에이전트는 시각, 청각 등의 인식을 통하여 세상과 상호작용 한다.	- 센서와 인식 - 컴퓨터 비전 - 음성 인식과 언어 이해	탐색하기 비교하기 분석하기 최적화하기 추론하기 지식생성하기 표현하기 설계하기
	탐색과 추론	문제 해결을 위해 해답에 이르는 다양한 경로를 탐색하거나, 세상의 지식과 정보를 구조화하여 표현하고 이를 이용하여 해를 도출한다.	- 문제 해결과 탐색 - 표현과 추론	
	학습	인공지능에서의 학습은 데이터로부터 분류, 군집, 예측 등에 관한 모델을 자동으로 만드는 것이다.	- 기계학습의 개념과 활용 - 딥러닝의 개념과 활용	
데이터와 기계학습	데이터	데이터는 기계학습 모델 구현에 사용되며, 정형 데이터와 비정형 데이터로 구분된다.	- 데이터의 속성 - 정형 데이터와 비정형 데이터	탐색하기 분석하기 비교하기 핵심 요소 추출하기 적용하기 목표 설정하기 평가하기
	기계학습 모델	기계학습 모델은 지능적 문제를 정의하고, 문제 해결에 필요한 데이터를 준비하여, 모델의 훈련과 테스트 과정을 통하여 구현된다.	- 분류 모델 - 기계학습 모델 구현	
인공지능의 사회적 영향	인공지능 영향력	인공지능은 개인의 삶과 사회에 긍정적·부정적 영향을 미친다.	- 사회적 문제 해결 - 데이터 편향성	탐색하기 분석하기 예측하기 의사결정하기 실천하기
	인공지능 윤리	인공지능 윤리는 사회의 구성원이 인공지능을 올바르게 활용하기 위해 갖추어야 하는 가치관과 행동 양식이다.	- 윤리적 딜레마 - 사회적 책임과 공정성	

- 인공지능 기초 과목은 고등학교 일반 선택 과목인 '정보'와 마찬가지로 중학교 정보 과목과 연계성을 가지고 있으며, '인공지능의 이해', '인공지능의 원리와 활용', '데이터와 기계학습', '인공지능의 사회적 영향' 영역으로 구성됨

- ‘인공지능의 이해’와 ‘인공지능의 사회적 영향’ 영역에서는 현대와 미래사회 구성원으로서 갖추어야 할 기본 소양을 함양하는 데 중점을 두며, ‘인공지능의 원리와 활용’, ‘데이터와 기계학습’ 영역에서는 인공지능의 기본 개념과 원리, 기술 등을 활용하여 실생활 및 다양한 분야의 문제 해결 능력을 신장하는 데 중점을 두고 있음

고등학교 ‘정보과학’ 과목

■ [표 16] 2015 개정 정보과 교육과정 내용 체계 (고등학교 ‘정보과학’ 과목)

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소	기능
프로 그래밍	연산 수행	변수와 상수, 연산자를 이용하여 연산을 수행한다.	• 변수와 상수 • 연산자	분석하기 설계하기 추상화하기 프로그래밍하기 개발하기
	자료 저장	자료 저장 및 처리에 효율적인 자료형을 선택하거나 정의하여 활용한다.	• 자료형 • 다차원 배열	
	흐름 제어	효율적인 프로그램을 설계하기 위해 프로그램의 실행 흐름을 제어한다.	• 순차, 선택, 반복 구조 • 중첩 제어 구조	
	모듈화	프로그램의 생산성과 최적화를 위해 프로그램 구조를 기능 단위로 분할한다.	• 함수 • 변수의 영역	
자료처리	자료구조	자료와 정보를 효율적으로 처리하고 관리하기 위해 자료 간의 관계를 구조화하고 정의한다.	• 선형 자료구조 • 비선형 자료구조	비교하기 분석하기 표현하기 추상화하기 프로그래밍하기
	정렬과 탐색	정렬과 탐색은 컴퓨터 내부의 자료 처리를 위한 기본적인 방법이다.	• 자료의 정렬 • 자료의 탐색	
알고리즘	문제와 알고리즘	계산의 관점에서 문제를 분류하고, 문제 해결을 위한 알고리즘의 복잡도를 표현함으로써 성능을 비교하고 효율성을 분석한다.	• 문제 • 알고리즘 복잡도	분석하기 분류하기 설계하기 표현하기 추상화하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기
	탐색 기반 알고리즘	컴퓨팅 시스템의 탐색 능력을 기반으로 해를 찾는 알고리즘을 설계하고 탐색 공간을 줄임으로써 효율성을 높인다.	• 전체 탐색 • 탐색 공간의 배제	
	관계 기반 알고리즘	주어진 문제와 부분 문제와의 관계를 정의하고 동적 테이블을 구성하는 방법으로 최적해를 구한다.	• 관계 정의 • 동적 계획법	
컴퓨팅 시스템	시뮬레이션	모의실험을 설계하고 구현하기 위해 근사, 난수, 시각화 등의 방법을 이용한다.	• 시뮬레이션 설계 • 시뮬레이션 구현	분석하기 설계하기 시뮬레이션하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기
	피지컬 컴퓨팅	마이크로컨트롤러와 다양한 입·출력 장치로 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구성하고 프로그래밍을 통해 제어한다.	• 피지컬 컴퓨팅 구성 • 피지컬 컴퓨팅 구현	

- 고등학교 ‘정보과학’은 과학계열 전문 선택 교과(심화 선택)로서, 중학교에서 이수하는 ‘정보’와 고등학교 ‘정보’ 및 ‘인공지능 기초’와 내용 체계의 연계성을 가지고 있음

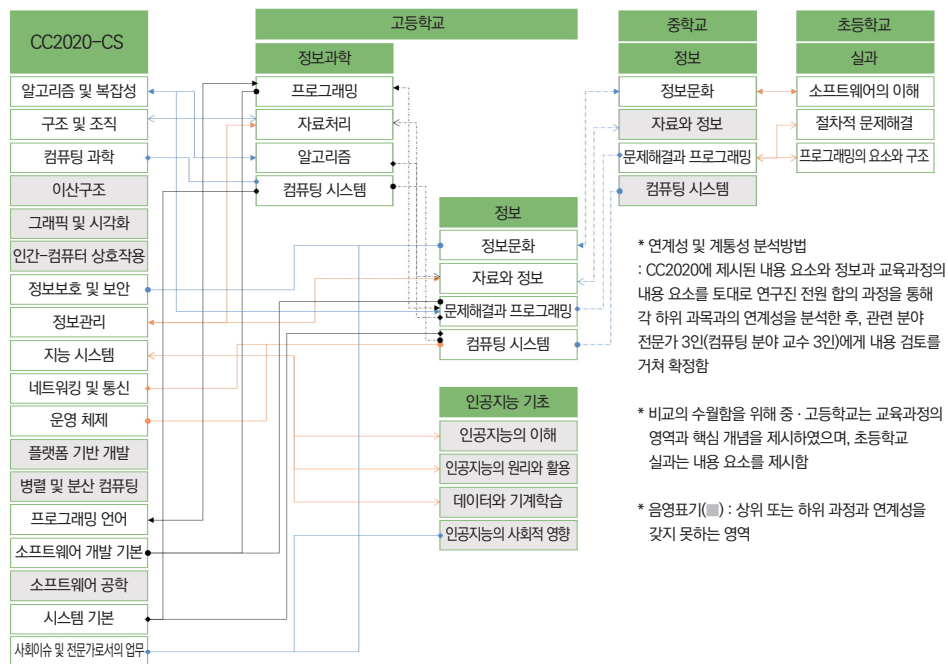
- 정보과학 과목의 내용은 ‘프로그래밍’, ‘자료 처리’, ‘알고리즘’, ‘컴퓨팅 시스템’ 영역으로 구분되며, 네 영역 모두 컴퓨팅 사고력을 기반으로 실생활 및 다양한 학문 분야의 복잡한 문제를 해결하는 능력에 중점을 두고 있음

V CC2020-CS에 기초한 2015 개정 정보과 교육과정 분석

1. 2015 개정 정보과 교육과정의 내용 요소 분석

■ CC2020-CS에 기초한 정보과 교육과정의 내용 영역 연계성¹⁹ 분석

■ [표 17] CC2020-CS과 2015 개정 정보과 교육과정의 내용 영역 연계성 분석표



¹⁹ 연계성 : 연계성은 계통성(계속성, 계열성, 통합성)의 또 다른 표현으로 사용되기도 하고, 그보다 더 포괄적인 속성인 연결성(Connection) 관점에서 설명되기도 함. 본 연구에서는 후자인 연결성 관점에서 각 학교급 간의 교과 영역 간 연계성을 살펴봄(김진숙, 2013)

- 교육과정의 내용 요소 선정 및 조직을 위해서는 학문적 위계성 관점에서 고등교육과의 연계성을 고려해야 하며, 학문의 핵심 지식(지식의 구조)을 바탕으로 한 계통성(계속성, 계열성, 통합성)의 원리를 반영해야 함
- [표 17]에서 제시된 내용 영역 간의 연계성은 정보 교과를 구성하는 각 과목 간의 관계를 개략적으로 파악할 수 있는 정보를 제공함으로써 이후, 계통성을 고려한 내용 요소 분석에 실마리를 제시함
- (CC2020-CS ↔ 고등학교) CC2020-CS와 고등학교 과목 간의 연계성을 살펴보면 다음과 같음
 - 고등학교 '정보과학'은 고등학교 일반 선택인 '정보', '인공지능 기초'를 이수한 학생들이 심화 선택할 수 있는 과목으로써 고등교육(대학)의 선수 과목의 역할을 하고 있음
 - 하지만, 연계성을 분석 결과 CC2020-CS의 18개 영역 중 7개 영역과 연계성을 가지며, 관련 내용이 협소하게 구성된 것을 알 수 있음. 특히, '지능 시스템', '사회 이슈 및 전문가로서의 업무', '정보보안 및 보호', '운영체제', '네트워크-통신'²⁰, '인간-컴퓨터 상호작용' 등과 같이 CS의 주요 내용이 다수 생략되고 프로그래밍 관점에서 구성된 것을 알 수 있음
 - 고등학교 '정보' 과목은 CC2020-CS와 10개 영역에서 연계성을 가지는 것으로 나타남. 다만, 정보과학과 같이 '인공지능 기초', '인간-컴퓨터 상호작용' 등의 주요 영역을 다루지 못하는 것을 알 수 있음. 고등학교 '인공지능 기초' 과목은 CC2020-CS의 '지능 시스템'과 '사회 이슈 및 전문가로서의 업무'와 연계되는 것을 볼 수 있음
- (고등학교 ↔ 중학교) 고등학교 과목 간, 그리고 고등학교와 중학교 과목과의 연계성을 살펴보면 다음과 같음
 - 고등학교 '정보과학'은 '정보' 과목의 3영역과 연계성을 갖고 있으며, '정보문화' 영역과는 연계성을 갖추지 못한 것으로 나타남. 또한, '정보과학'은 '인공지능 기초' 과목과도 어떠한 연계성을 갖추지 못한 것으로 나타남
 - 고등학교 '정보'는 중학교 정보와 모든 과목이 연계성을 가지고 있는 것으로 나타남. 반면, '인공지능 기초'는 교육과정 성격에 중학교 '정보'와 연계성을 갖춘다고 명시하고 있으나 내용적인 연계성은 갖추고 있지 않은 것으로 나타남
- (중학교 ↔ 초등학교) 중학교 '정보' 과목의 '자료와 정보', '컴퓨팅 시스템' 또한, 초등학교와는 연계성을 갖추지 못한 것으로 나타남

²⁰ 김경훈 외(2015)에 따르면, 2015 개정 정보과 교육과정은 SW 교육 내용 중심으로 개편하기 위해 운영체제 및 네트워크 관련 단원을 개념적 수준으로만 다루도록 조정하였음

■ CC2020-CS에 기초한 정보과 교육과정의 계통적 분석

■ [표 18] CC2020-CS에 기초한 2015 개정 정보과 교육과정의 계통적 분석표

CC2020-CS	초등학교	중학교	고등학교		
	실과	정보	정보	인공지능 기초	정보과학
알고리즘 및 복잡성	• 절차적 문제 해결	• 문제 이해 • 핵심 요소 추출 • 알고리즘 이해 • 알고리즘 표현	• 문제 분석 • 문제 분해와 모델링 • 알고리즘 설계 • 알고리즘 분석		• 문제 • 알고리즘 복잡도 • 전체 탐색 • 탐색 공간의 배제 • 관계 정의 • 동적 계획법
구조 및 조직					
컴퓨팅 과학					• 시뮬레이션 설계 • 시뮬레이션 구현
이산구조					
그래픽 및 시각화					
인간-컴퓨터 상호작용					
정보보호 및 보안		• 개인정보와 저작권 보호	• 정보보호와 보안		
정보 관리		• 자료의 유형과 디지털 표현 • 자료의 수집 • 정보의 구조화	• 효율적인 디지털 표현 • 자료의 분석 • 정보의 관리		• 선형 자료구조 • 비선형 자료구조 • 자료의 정렬 • 자료의 탐색
지능 시스템				• 지능 에이전트의 개념과 역할 • 센서와 인식, 컴퓨터 비전 • 음성 인식과 언어 이해 • 문제 해결과 탐색 • 표현과 추론 • 기계학습의 개념과 활용 • 딥러닝의 개념과 활용 • 데이터의 속성 • 정형 데이터와 비정형 데이터 • 분류 모델, 기계학습 모델 구현	
네트워킹 및 통신		• 센서 기반 프로그램 구현	• 네트워크 환경 설정		
운영체제			• 운영체제 역할		
플랫폼 기반 개발					
병렬 및 분산 컴퓨팅					
프로그래밍 언어					
소프트웨어 개발 기본	• 프로그래밍 요소와 구조	• 입력과 출력 • 변수와 연산 • 제어 구조 • 프로그래밍 응용	• 프로그램 개발 환경 • 변수와 자료형, 연산자 • 표준입출력과 파일입출력 • 중첩 제어 구조 • 배열, 함수 • 프로그래밍 응용		• 변수와 상수 • 연산자, 자료형 • 다차원 배열 • 순차, 선택, 반복 구조 • 중첩 제어 구조 • 함수, 변수의 영역
소프트웨어 공학					
시스템 기본		• 컴퓨팅 기기의 구성과 동작 원리	• 피지컬 컴퓨팅 구현		• 피지컬 컴퓨팅 구성 • 피지컬 컴퓨팅 구현
사회 이슈 및 전문가로서의 업무	• 소프트웨어의 이해	• 정보사회의 특성과 진로 • 사이버 윤리	• 정보과학과 진로 • 저작권 활용 • 사이버 윤리	• 인공지능 기술의 발전과 사회 변화 • 사회적 문제 해결 • 데이터 편향성 • 윤리적 딜레마 • 사회적 책임과 공정성	

통합성

계열성, 계속성

※ 분석 방법 : 김갑수 외(2020), 김자미 외(2019), 장원영(2020)의 연구를 참고해 초안 개발 후, [표 17]과 동일 방식으로 수행함.
단, 연계성 분석의 경우 내용 간의 상호참조 관계를 고려해 N:N으로 표기하였으나, 계통성 분석은 분석의 수월함을 위해 각 내용 요소별 1:1 매칭함

- [표 18]은 정보과 교육과정의 계통적 분석을 위해 내용 요소 단위의 매칭 분석을 실시한 결과이며, [표 17]의 '내용 요소 연계성' 보다 내용 간의 수평적(통합성), 수직적 차원(계속성, 계열성)의 관계를 파악하기에 유용한 정보를 제공함
- **(통합성 관점)** 통합성은 교육과정 조직의 수평적 측면으로 교육내용의 구성 요소들이 서로 밀접한 관련성을 가지게 구성하여 상호 강화할 수 있도록 해야 한다는 것을 의미함
 - 초·중등학교 각 과목 모두 '컴퓨터과학'이라는 학문적 테두리 안에 적절한 내용 요소를 제시하고 있는 것을 확인할 수 있음
 - 그럼에도 불구하고, 정보과 교육과정의 심화 과목인 '정보과학'에서 조차 다루지 않는 컴퓨터 과학의 영역이 상당 부분 있음을 확인할 수 있음
- **(계속성과 계열성 관점)** 계속성은 교육내용의 여러 요소가 끊기거나 단절되지 않고 반복되어 누적적으로 효과를 거두어야 한다는 것이고, 계열성은 교육내용을 반복하면서도 이전의 내용보다 깊이와 넓이가 더 심화·확대되어야 한다는 것을 의미함
 - 계속성과 계열성 관점을 살펴보면, '인공지능 기초' 과목을 제외할 경우 초등학교-중-고등학교 간의 계열성을 가지고 있는 영역은 '알고리즘 및 복잡성', '소프트웨어 개발 기본' 두 영역임을 확인할 수 있음
 - 중학교와 고등학교 '정보'에서는 다루어지나 고등학교 심화 선택인 '정보과학'에서 다루어지지 않는 영역으로는 '네트워킹 및 통신', '정보보안 및 보호', '사회 이슈 및 전문가로서의 업무'로 나타남
 - 고등학교 '정보'에서만 다루는 영역으로 '운영체제'가 있으며, '인공지능 기초'는 CC2020-CS의 '지능 시스템'과 '사회 이슈 및 전문가로서의 업무'와만 계열성을 가지고 있는 것을 알 수 있음
 - 그 외, 초등학교의 경우 3가지 내용 요소는 중학교와 계열성을 갖추고 있으나, '시스템 기본', '정보보호 및 보안', '정보 관리', '지능 시스템', '네트워킹 및 통신' 등과 같이 초등학교가 아닌 중학교에서부터 시작하는 내용이 상당 부분임을 확인할 수 있음

2. CC2020-CS에 제시된 Skill(기능)과 정보과 기능 용어 비교 분석

■ [표 19] CC2020-CS와 정보과 교육과정 기능 용어 비교

CC2020-CS		정보과 교육과정 * 중등 '정보', '정보과학', '인공지능 기초' 종합
영역별 기능 용어(빈도)	용어(빈도)	용어(빈도)
이산구조	해석한다, 사용한다, 제시한다, 해결한다, 결정한다	
소프트웨어 개발 기본	실시한다(3), 분석한다, 선택한다, 디버깅한다, 리팩토링(Refactoring)한다	
알고리즘 및 복잡성	설명한다, 보여준다, 제시한다, 활용한다, 구현한다, 설계한다	
구조 및 조직	평가한다, 작성한다(2), 제시한다	제시한다(14), 작성한다(9)
운영체제	제시한다, 설명한다, 알려준다, 연관시킨다	설명한다(6), 평가한다(5) 개발한다(5), 설계한다(4)
네트워킹 및 통신	개발한다, 구현한다, 제시한다	실시한다(3), 구현한다(3) 시연한다(3), 결정한다(2)
프로그래밍 언어	제시한다(4), 작성한다(3), 시연한다, 디버깅한다	디버깅한다(2), 활용한다(2) 해석한다(1), 사용한다(1)
인간-컴퓨터 상호작용	최적화한다, 평가한다, 개발한다, 실행한다, 보고한다	해결한다(1), 분석한다(1) 선택한다(1), 리팩토링한다(1)
그래픽 및 시각화	개발한다	보여준다(1), 알려준다(1) 연관시킨다(1), 최적화한다(1)
지능 시스템	제시한다, 구현한다, 보장한다, 번역한다, 진행한다	실행한다(1), 보고한다(1) 보장한다(1), 번역한다(1) 진행한다(1), 채택한다(1)
정보 관리	설명한다, 시연한다, 제시한다	조치한다(1), 측정한다(1) 시뮬레이션한다(1), 확인한다(1)
사회 이슈 및 전문가로서의 업무	제시한다(2), 개발한다, 작성한다, 채택한다, 조치한다	
소프트웨어 공학	평가한다, 설명한다	
컴퓨팅 과학	활용한다	
정보 보안 및 보호	작성한다, 시연한다	
병렬 및 분산 컴퓨팅	설계한다, 작성한다(2) 결정한다, 측정한다	
플랫폼 기반 개발	설계한다(2), 시뮬레이션한다, 제시한다, 설명한다	
시스템 기초	평가한다(2), 개발한다, 설명한다, 확인한다	

- 기능(Skill)은 해당 과정에서 이루어지는 활동 또는 목적을 확인할 수 있는 주요 역할을 함. CC2020-CS는 '제시한다', '작성한다', '설명한다'와 같은 용어의 빈도가 높으며, 정보과 교육과정은 '분석하기', '프로그래밍하기', '설계하기'가 높은 것을 볼 수 있음
- 이를 통해, CC2020-CS는 프로그래밍 자체가 목적이 되기보다는 도구적으로 활용되며, 보고서를 작성하거나, 자신의 작품을 설명하거나 등의 종합적 활동이 제시됨을 알 수 있음. 반면, 정보과 교육과정은 문제 분석과 프로그래밍 자체에 집중되어 있는 경향성이 있음을 확인할 수 있음

VI 제언 및 결론

■ 미래 초·중등학교 SW·AI 교육을 위한 제언

- 제언1 : 초등학교 '정보' 과목 신설 필요
 - 본 보고서를 통해 초등학교 SW 교육 관련 내용을 살펴보면, 실과 교과 내 일부만 내용을 편제하며, 매우 협소한 주제를 다루고 있는 것을 확인할 수 있음
 - 이에, 향후 중학교와의 계속성 및 계열성 등을 고려했을 때 중학교에서 다루는 핵심적인 내용을 토대로 초등학교 수준에 맞게 재구성할 필요가 있음
 - 이를 통해, 초등학교에서부터 고등학교에 이르기까지의 학문적 계통성을 확보하고, 초등학교 교원양성대학에 컴퓨터교육과가 있음에도 불구하고 초등학교 현장에 관련 교과가 없는 미스매치 문제 또한 해소할 수 있을 것으로 기대함
- 제언2 : 초·중등학교 '정보' 과목 내 인공지능 내용 요소 편제 필요
 - 초·중등학생 대상 인공지능 관련 역량 함양은 최근 매우 중요한 과제로 떠오르고 있음
 - 인공지능은 CC2020-CS에서 확인할 수 있는 것과 같이 컴퓨터과학 내 한 영역(지능 시스템)으로 볼 수 있음. 우리나라도 인공지능 관련 기초적인 내용은 초·중등학교 정보과 교육과정 내에서 다룰 수 있도록 하고, 심화적인 내용은 별도의 선택교과를 통해 배울 수 있도록 구성하는 방안을 고민할 필요가 있음
 - 특히 중학교 '정보'는 고등학교의 '정보', 또는 '인공지능 기초' 과목의 선수 과목 역할을 하기에 고등학교의 과목과 계속성, 계열성을 고려해 인공지능 관련 내용을 편제해 재구성할 필요가 있음
- 제언3 : 고등학교에서의 다양한 선택 과목 개설 필요
 - 컴퓨터과학이라는 학문을 구성하고 있는 하위 영역의 방대함을 고려했을 때, 중·고등학교에서 '정보' 과목을 통해 컴퓨터과학의 기초적인 내용을 배운 뒤, 컴퓨터과학 하위 영역별 세부 내용을

심화해 배울 수 있도록 다양한 선택 과목을 개설하는 것 또한 학생들의 흥미와 진로·진학을 고려한 교과 운영 방안으로 고려될 수 있음

- 이는 최근(2020.9.) 고시된 '인공지능 기초'와 같이 인공지능을 집중적으로 배울 수 있는 과목으로 개설하거나, 아니면 CC2020-CS에 제시된 컴퓨터과학의 몇 개 영역을 묶어 모듈형으로 배울 수 있는 형태와 같이 다양한 방안을 고안할 수 있음

○ 제언4 : 고등교육과의 연계성을 고려한 '정보과학' 내용 및 역할 재설정 필요

- 본 연구의 분석 결과 고등학교 '정보과학' 과목은 고등교육과의 연계성 측면에서 매우 약한 연결고리를 가지고 있는 것으로 나타남
- '정보과학' 과목이 고등학교 일반 선택 과목인 '정보'와 대학교 '컴퓨터과학' 전공과의 중간 매개 역할을 하고 있음을 고려했을 때 내용 요소와 역량, 역할의 재설정이 필요함
- 특히, 현재 '정보과학'은 정보문화와 관련된 역량(정보문화소양)과 내용 요소가 생략되어 있어 향후 '정보과 교육과정'과의 계통성을 고려할 때 이를 다시 설정하는 방안을 검토할 필요가 있음

○ 제언5 : 고등학교 '정보' 과목 표시 교과(군) 수정·변경 필요

- 고등학교 '정보'와 '인공지능 기초'의 경우, 기술·가정 교과(군) 내, 일반선택 과목으로 표시되어 있어 혼란을 가져옴. 이에, 중학교와 같이 '정보' 교과(군)으로 편제할 필요가 있음
- 또한, 「초·중등학교 교육과정」(교육부고시 제2015-74호)이 2015년 9월 전부 개정되면서 중학교에 '정보' 교과가 별도로 명시되었으나, 「초·중등교육법 시행령」 제43조(교과) 제1항*은 아직 이를 반영하지 못해 수정이 시급함

* ①법 제23조 제3항에 따른 학교의 교과는 다음 각 호와 같다. 중학교 및 고등공민학교 : 국어, 도덕, 사회, 수학, 과학, 기술·가정, 체육, 음악, 미술 및 외국어와 교육부장관이 필요하다고 인정하는 교과(초·중등교육 시행령, 43조, 1항 중 일부)

○ 제언6 : 체계적인 내용 설계를 위한 충분한 수업 시수 확보 필요

- 본 연구에서 실시한 연계성 분석과 계통성 분석을 통해 살펴보면, 중·고등학교 정보과 교육과정은 컴퓨터과학의 영역 중 일부만 다루고 있어 모태 학문 분야를 매우 협소하게 해석해 구성한 것을 알 수 있음. 이러한 원인 중 하나로 한정된 수업 시간을 들 수 있음(초등학교 17시간, 중학교 34시간 이상)
- 매우 적은 수업 내 관련 교육을 수행해야 하는 한계점을 극복하기 위해서는 차기 교육과정 개선 과정에서 충분한 수업 시간이 확보되어야 함을 시사함
- 특히, 인공지능(지능 시스템)과 관련된 내용이 새롭게 추가되어야 하고, 교과에서 다루지 못한 주요 영역(ex, 인간-컴퓨터 상호작용(HCI), 운영체제 등)을 보완하기 위해서는 보다 많은 수업 시간이 확대되어야 함

○ 제언7 : ‘목적’이 아닌 ‘사고를 위한 도구’로써의 프로그래밍 활동 필요

- 본 연구를 통해 우리나라 정보과 교육과정은 알고리즘 설계와 프로그래밍에 상당 부분 초점이 맞춰져 있는 것을 확인할 수 있음. 프로그래밍은 SW 교육의 핵심적인 부분이지만, 그 자체가 목적이 아니라 문제 해결을 위한 하나의 도구이자 학습자의 사고를 돕기 위한 도구(Objects to Think With)라 할 수 있음²¹
- 이에, 향후 CC2020-CS 등 다양한 기능 요소를 참고해 프로그래밍 자체를 목적으로 서술하기 보다는 다양한 사고력 활동이 목적이 될 수 있도록 구성할 필요가 있음

■ 결론

- 본 연구는 최근 발표된 CC2020 주요 내용 및 역량 모델을 살펴보고, CC2020과 함께 제시된 컴퓨터과학(CC2020-CS)의 내용 요소를 토대로 2015 개정 정보과 교육과정 개정을 분석해 시사점을 도출하였음
- 분석 결과, 정보과 교육과정은 컴퓨터과학이라는 모태 학문과의 계통성 측면에서 교육과정의 내용 요소뿐만 아니라, 각 과목 간의 역할에 대한 재검토가 필요함을 확인하였음
- 그리고 모태 학문의 핵심 지식을 반영한 교육과정 개정 및 운영의 정상화를 위해서는 충분한 수업 시수 확보와 초등학교와 고등학교의 정보 교과(목) 표시 수정 및 독립화 방안 등이 전제되어야 함을 제안하였음
- 미래시대를 살아갈 우리 아이들에게 필요한 역량을 함양시키기 위해서는 더욱 체계적이고 미래 지향적인 교과 구성과 교육과정 개발이 요구됨
- 이에, 향후, 본 연구를 포함한 보다 다양한 교육과정 관련 기초 연구를 토대로 차기 교육과정 개발이 체계적으로 이루어지길 기대함

“컴퓨터 리터러시의 목표는 컴퓨터를 잘 이해하는 것이 아니라,
우리 자신을 포함한 모든 것을 잘 이해하기 위한 것이다.”

- Seymour Papert -

²¹ Seymour Papert(1980), “Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas” Basic Book

붙임 1 : 세계의 Computing 교육

■ (중국) 컴퓨팅 분야에 대한 분류가 체계적으로 되어 있으며 최신 분야에 관한 관심이 높음

- 컴퓨팅 분야에 대한 범주화 및 체계화가 잘 되어 있으며 인공지능 분야가 최근 새롭게 추가됨
- 컴퓨터과학 및 기술, 소프트웨어 엔지니어링, 네트워크 엔지니어링, 정보 보안, 사물 인터넷 엔지니어링 및 디지털 미디어 기술, 인공지능 등을 컴퓨팅 분야로 분류하고 있음. 개발이 체계적으로 이루어지길 기대함

■ (유럽) 초·중등 컴퓨팅 교육을 위해 연합체를 구성하여 리터러시 함양을 위한 교육에 힘씀

- Information for All이라는 연합체를 구성²²하여 초·중등 교육수준에서 정보학 교육의 발전을 위해 노력함
- 정보학(Informatics)에 대한 기초 이론을 모든 학생에게 가르치고 다른 학문과 정보학이 융합할 수 있도록 두 가지 전략을 사용함

■ (인도) 컴퓨팅을 포함한 기술교육에 대한 커리큘럼의 표준을 제공하고 실행 여부를 확인하는 체계를 잘 갖추고 있음

- 인도의 UGC(University Grants Commission)에서 대학 커리큘럼 및 학위 이름을 결정함
- NAAC²³와 NBA²⁴(주석)에서 컴퓨팅을 포함한 기술 교육에 대한 국제 표준 준수를 장려하고 있으며 기술 흐름에 대한 규제를 통해 커리큘럼의 품질을 관리함

■ (일본) 컴퓨팅 중점 전공과 타 전공 연계과정으로 학위가 구분됨

- 컴퓨팅 교육은 컴퓨팅을 중점적으로 하는 학위과정과 비즈니스, 정보학 등과 연계되는 학위과정으로 나뉨
- 대학 재량에 따라 1학년부터 컴퓨팅 교육을 중점으로 하는 경우와 2학년 이후 하는 경우가 있음

²² ACM Europe, Informatics Europe 및 CEPIS(Council of European Professional Informatics Societies)가 참여

²³ National Assessment and Accreditation Council

²⁴ National Board of Accreditation

■ **(중동) 초·중등부터 컴퓨팅 교육의 중요성을 강조하며 대학 과정은 ACM/IEEE의 커리큘럼을 준용함**

- 중동 국가들은 컴퓨팅 교육의 중요성을 강조하며 초·중등 교육에서 필수 과목으로 만들기 위해 노력함
- 대학은 ACM/IEEE 커리큘럼을 일반적으로 따르고 있음
- 사우디아라비아 주요 대학들은 컴퓨팅 교육을 위해 컴퓨터과학, 컴퓨터공학, 정보시스템, 소프트웨어 공학 및 정보기술 등의 학위 과정을 운영하고 있음

■ **(북미) 대부분 2년제 과정을 통해 컴퓨팅 교육을 받고 있으며 4년제 학위 과정 연계가 자유로운 편임**

- 북미 대학의 경우 2년제와 4년제 학위 과정에서 컴퓨팅 교육을 제공하며 2년제에서 4년제 과정으로 전환이 비교적 자유로움

■ **(남미) 4년제 학위 과정이 대부분이며 2학년 이후 컴퓨팅 관련 과목을 이수함**

- 남미의 경우 컴퓨팅 교육 과정은 4년제가 대부분이면 1학년은 교양과목을 위주로 이후 3년 동안은 컴퓨팅 관련 과목을 집중적으로 이수함
- 칠레, 페루, 콜롬비아 등은 IBM의 영향을 받아 시스템 엔지니어링 분야에 관한 관심이 높은 편임

■ **(아프리카) 과학의 한 분야로 컴퓨팅 교육을 보고 있으며 전담 학과는 찾기 힘들**

- 컴퓨팅 교육과 함께 이수한 과목에 따라 학위가 달라짐
 - * 수학, 통계, 과학과 함께 컴퓨팅 과목을 이수하면 과학학사(Bachelor of Science)를, 경영·경제를 포함하는 경우 상거래학사(Bachelor of Commerce) 학위를 수여함
- 서로 다른 학위 과정에 대한 컴퓨팅 교육의 매핑 작업을 시작하려는 움직임이 있음

■ (오스트랄라시아²⁵) 컴퓨팅 관련 복미 및 유럽의 학위 제도와 유사함

- 컴퓨팅 관련 학사명으로 컴퓨터과학, 정보과학, 소프트웨어공학 등이 일반적임
- 학생들은 컴퓨팅 학위 과정을 먼저 선택하고 대학 공부를 시작함

붙임 2 : CC2020의 컴퓨터과학(CC2020-CS) 기초 역량²⁶

■ 알고리즘 및 복잡성(Algorithms and Complexity)

- A. 동료 그룹에게 특정 알고리즘의 다른 동작을 유발할 수 있는 조건 또는 가정의 데이터 특징을 제시하고 분석을 통해 런타임 측정에 대한 가설을 검증하는 실증적 연구를 설명한다.
- B. 알고리즘의 시간 및 공간 복잡성을 간단하게 설명하고 정식으로 빅오 표기법(Big-O Notation)을 활용해 시간 및 공간 복잡성에 대한 점근적 상한과 기대되는 사례 한계를 각각 보여준다.
- C. 재귀 관계(Recurrence Relations)를 사용하여 기본 재귀 관계에 의해 정의된 알고리즘의 시간 복잡성을 결정하고 그 결과를 연구자 그룹에게 제시한다.
- D. 산업 문제에 대한 적절한 알고리즘 접근법을 결정하고 문제 해결을 위해 무차별적 방식(Brute Force) 사이의 상충 관계를 고려하는 적절한 기술(그리디(Greedy) 방법, 분할 정복식(Divide-and-Conquer) 알고리즘, 재귀적 백트래킹, 동적 프로그램 또는 휴리스틱 접근법)을 활용한다.
- E. 산업 문제를 해결하고 특정 컨텍스트에 대한 평가 알고리즘을 선택하기 위해 기본 수치 알고리즘 방법(검색 알고리즘, 공통 2차 $O(N \log N)$ 정렬 알고리즘, 기본 그래프 알고리즘, 문자열 매칭 알고리즘 등)을 구현한다.
- F. 지정된 언어를 받아들이고 언어를 나타내는 정규식을 생성하는 현지 엔지니어링 회사를 위해 결정성 유한 상태 기계(Finite State Machine)를 설계한다.

²⁵ 오세아니아의 지역으로 미크로네시아와 멜라네시아의 남쪽, 폴리네시아의 서쪽, 인도네시아의 남동쪽에 있는 지역을 가리키며, 호주, 뉴질랜드, 노퍽섬 등이 속해 있음

²⁶ CC2020-CS의 컴퓨터 과학 기초 역량(Computer Science Draft Competencies)에 대한 내용(106~109)

■ 구조 및 조직(Architecture and Organization)

- A. 캡처, 합성, 시뮬레이션용 캐드(CAD) 툴을 활용해 지역 엔지니어링 회사를 위해 단순한 컴퓨터 설계에서 간단한 구성 요소를 평가한다.
- B. 논리 회로 수준에서 구현된 간단한 프로세서의 타이밍 다이어그램 동작을 평가하고 결과를 보여주는 보고서를 작성한다.
- C. 문자열 처리와 조작 및 숫자 데이터를 16진수 형식으로 변환하기 위해 어셈블리/기계 수준에서 간단한 프로그램을 작성한다.
- D. 기계 언어 및 어셈블리 언어 모두에서 기본적으로 높은 수준의 구조를 구현하고 그 결과를 동료 그룹에게 제시한다.
- E. 다양한 캐시 및 메모리 구성에서 평균 메모리 액세스 시간을 계산하고 짧은 결과 보고서를 작성한다.

■ 계산 과학(Computational Science)

- A. 실제 상황에 대한 간단하고 형식적인 수학 모델을 만들고 현지 테크 업체의 시뮬레이션에 해당 모델을 활용한다.

■ 이산 구조(Discrete Structures)

- A. 적절한 세트, 기능 또는 관계 모델의 몇 가지 실용적인 예시를 동료 그룹에 제시하고 관련 동작 및 용어를 맥락적으로 해석한다.
- B. 정형 기법(공식의 유효성 계산, 기호 논리에 대한 정규형 계산 등)을 적용해서 실제 산업 애플리케이션 프로그램을 모델링하기 위해 기호 명제 논리 및 술어(Predicate) 논리를 사용한다.
- C. 추론 규칙을 적용해서 증명을 구성하고 전문가 그룹에게 전략적 문제를 해결하는 적절한 증명 또는 논리적 추론을 제시한다.
- D. 실제 애플리케이션을 적절한 계수 형식에 매핑하고 기본 계수 이론(계수 인수(Counting Arguments), 비둘기집 원리, 모듈식 연산, 계산 순열, 집합 조합 등)을 적용해 산업 문제를 해결한다.
- E. 산업 문제를 분석해서 기본 점화식을 결정하고 다양한 기본 점화식을 활용해 전문가에게 솔루션을 제시한다.
- F. 적절한 도식화 전략(트리, 그래프 및 트리를 위한 순회 방법, 그래프 스패닝 트리 등)을 사용해서 실제 문제를 모델링하고 두 그래프 접근법이 동형인지 결정한다.
- G. 종속 또는 독립 사건의 다양한 확률과 확률 변수의 기댓값을 계산해서 문제를 해결하고 주어진 확률 분포에 대한 분산을 계산하는 방법을 동료 그룹에게 제시한다.

■ 그래픽 및 시각화(Graphics and Visualization)

- A. 표준 API를 사용해서 현지 단체에서 활용할 수 있는 시각 및 오디오 기술을 통합하는 사용자 인터페이스를 설계하고 개발한다.

■ 인간-컴퓨터 상호작용(Human-Computer Interaction)

- A. 대화형 애플리케이션을 설계하고 관련 도구 및 기술(모드, 탐색, 시각 디자인)을 활용해 사용자 중심의 설계 주기를 적용해서 기업 환경에서 유용성과 사용자 경험을 최적화한다.
- B. 사용 컨텍스트, 이해 관계자의 요구사항, 첨단 반응 상호작용 시간, 보편적 액세스를 고려한 설계양식, 포용성, 보조 기술, 문화 민감성 설계를 고려하는 사용자 인터페이스를 분석하고 평가한다.
- C. 관련 어휘, 도구, 기술을 통해 사용성과 사용자 경험을 최적화하는 사용자 중심 설계 주기를 적용하면서 현지 자선 단체를 위해 대화형 애플리케이션을 설계하고 개발한다.
- D. 보편적 액세스와 문화적으로 민감한 설계를 반영하면서 사용 컨텍스트를 고려한 사용자 인터페이스를 평가하고 분석하기 위해 간단한 사용성 테스트를 제작해서 실행한다.
- E. 도움말 및 문서와 함께 기업용 그래픽 사용자 인터페이스를 지원하는 간단한 애플리케이션을 제작하고 정량적 평가를 수행한 뒤 결과를 보고한다.

■ 정보 보호 및 보안(Information Assurance and Security)

- A. 일반적인 입력 유효성 검사 오류를 분류한 후 사이버 보안 업체를 위해 올바른 입력 유효성 검사 코드를 작성한다.
- B. 보안 전문가 그룹에게 경쟁 조건이 발생하지 않도록 방지하는 방법과 예외를 처리하는 방법을 보여준다.

■ 정보 관리(Information Management)

- A. 정보를 데이터 및 지식과 대조하고 전문가 그룹에게 중앙집중식 데이터 제어의 장단점을 설명한다.
- B. 동료 그룹에게 데이터베이스에서 정보를 추출하는 선언적 쿼리 언어를 시연한다.
- C. 다양한 유형의 데이터를 위한 적절한 데이터 모델(내부 구조 포함)을 대조하고 모델링 개념과 관계형 데이터 모델의 표기법을 이용해 전문가 그룹에게 애플리케이션을 제시한다.

■ 지능 시스템(Intelligent Systems)

- A. 지능형 시스템이 해결해야 하는 주어진 과제의 특성을 결정하고 그 결과를 프로젝트 팀에게 제시한다.
- B. 자연어(영어 등)로 지정된 산업 문제를 제약 만족 문제(Constraint Satisfaction Problem)로 공식화하고 적절한 기술(연대기적 역추적 알고리즘 또는 확률적 로컬 검색 등)을 활용해 구현한다.
- C. 정보적 알고리즘의 시공간 복잡성을 특성화하거나 또는 비정보적 검색 알고리즘에 필요한 휴리스틱 평가 함수를 설계해서 산업 문제를 위한 적절한 비정보적 검색 알고리즘 또는 정보적 검색 알고리즘을 구현하고 각각 최적의 솔루션을 보장한다.
- D. 기업의 질의응답 시스템에서 자동으로 답변할 수 있도록 자연어(예, 영어)를 논리 언어로 변환시킨다.
- E. 근거가 주어진 가설의 확률을 결정하기 위해 베이즈(Bayes) 정리를 사용해 실제 산업 문제에서 확률적 추론을 진행한다.

■ 네트워킹 및 통신(Networking and Communication)

- A. 기업 고객을 위해 간단한 클라이언트-서버 소켓 기반 애플리케이션을 설계하고 개발한다.
- B. 네트워크 성능에 영향을 미치는 요소를 고려하여 산업 네트워크에 필요한 간단하고 안정적인 프로토콜을 설계하고 구현한다.
- C. 고정 할당 기술, 동적 할당 기술 및 혼잡(Congestion)에 대한 현재 접근법을 대조하고 그 결과를 회사 임원에게 제시한다.

■ 운영 체제(Operating Systems)

- A. 컴퓨팅 이론 및 수학 지식을 적용해 문제를 해결하고 전문가 또는 비전문가 청중을 위해 솔루션의 결과와 방법을 포괄적으로 제시한다.
- B. 능력과 제약을 고려하여 대상 시스템의 시스템적 한계 안에서 소프트웨어 솔루션을 구현하고 전문가와 비전문 청중을 위해 그 과정을 문서화하고 설명한다.
- C. 확률과 기댓값에 대한 지식을 활용해 무작위 이벤트에서 시스템의 동작을 예측하고 사용자에게 잠재적 동작을 알려준다.
- D. 위험, 위협, 취약성, 공격 벡터에 대한 이해와 함께 기밀성, 가용성, 무결성 관련 지식을 사용해 한 시스템의 보안을 평가하고 해당 시스템의 구성요소에 미치는 사회적, 윤리적 영향을 연관시킨다.

■ 플랫폼 기반 개발(Platform-Based Development)

- A. 다양한 온라인 커뮤니티를 지원하는 웹 프레임워크 및 프리젠테이션 기술을 활용해 클라이언트용 반응형 웹 애플리케이션을 설계한다.
- B. 하나 이상의 장치에서 사용 가능하고 효율성이 좋고 안전한 업체용 모바일 앱을 설계한다.
- C. 업체용 산업 플랫폼을 시뮬레이션한다.
- D. 플랫폼 별 API를 통해 프로그래밍 작업을 설계하고 구현한 뒤 그 결과를 동료 그룹에게 제시한다.
- E. 모바일 산업 시스템에 대한 분석을 제시하고 정확한 보안 취약성을 설명한다.

■ 병렬 및 분산 컴퓨팅(Parallel and Distributed Computing)

- A. 작업 기반 분해 또는 데이터 병렬 분해를 적용해 컴퓨터 회사를 위한 가변형 병렬 알고리즘을 설계한다.
- B. 액터(Actor) 및/또는 반응형 프로세스, 교착상태(Deadlock), 적절하게 동기화된 큐(Queue)를 고려해서 모든 동시 작업이 종료할 때 정상적으로 종료하는 클라이언트 프로그램을 작성한다.
- C. 동시 프로그래밍 오류(두 동작이 모두 변수를 증가시킬 때 업데이트 누락 등)를 나타내는 업체용 테스트 프로그램을 작성한다.
- D. 병렬로 이루어질 수 있는 독립적인 작업을 식별하고 병렬 실행 도표와 관련하여 중요 경로를 결정하여 프로그램의 작업 및 범위에 대한 계산 결과 제시한다.
- E. 실제 산업 문제에 대한 작업을 통해 클라이언트용 병렬 분할 정복 알고리즘(Divide-and-Conquer) 및/또는 그래프 알고리즘을 구현하고 그 성능을 경험적으로 측정한다.

■ 프로그래밍 언어(Programming Languages)

- A. 객체 지향 캡슐화 메커니즘(클래스 계층 구조, 인터페이스, Private 멤버 등)을 고려하여 클래스의 설계와 구현을 제시한다.
- B. 다른 두 개 언어를 위해 변경 가능 상태 할당(또는 참조 동등성(Reference Equality) 고려)을 피하는 동적 디스패치(Dispatch)를 활용해 프로그램의 제어 흐름을 고려하는 기본 알고리즘 구현에 대한 간략한 보고서를 작성한다.
- C. 함수 캡슐화 매커니즘은 물론 프로그램에서 변수와 정적 범위를 고려하여 다른 함수를 취하고 반환하는 유용한 함수의 구현을 제시한다.
- D. 집계에서 반복자와 기타 동작을 활용해서(두 개 프로그래밍 언어에서 인수로 함수를 취하는 동작 포함) 전문가 그룹에게 각 언어에 대해 가장 자연스러운 관용구(Idiom)를 제시한다.

- E. 절차적/기능적 접근법(각 데이터 변형에 대해 사례를 제공하는 함수 본문으로 각 동작에 대한 함수 정의) 및 객체 지향 접근법(각 동작에 대해 메서드를 제공하는 클래스 정의로 각 데이터 변형에 대한 클래스 정의)을 대조하고 동료 그룹에게 제시한다.
- F. GUI 같은 반응형 시스템에서 사용할 웹 개발자용 이벤트 핸들러를 작성한다.
- G. 프로그램 작성을 위한 컬렉션을 포함해 제네릭(Generic) 타입 또는 컴파운드(Compound) 타입을 사용하는 프로그램 조각(함수, 클래스, 메서드 등)을 시연한다.
- H. 클라이언트가 인터프리터, 표현식 옵티마이저(Optimizer), 문서 생성기의 통합을 설명하는 코드의 표현을 처리하는 프로그램을 작성한다.
- I. 타입 오류 메시지, 메모리 누수, 땀글링 포인터(Dangling Pointer)를 사용하여 프로그램을 디버깅한다.

■ 소프트웨어 개발 기본(Software Development Fundamentals)

- A. 반복적 재귀 함수와 분할 정복 기법(Divide-and-Conquer Technique)을 설명하는 적절한 알고리즘을 만들고 프로그래밍 언어를 사용해 간단한 산업 문제를 해결하는 알고리즘을 구현하고 테스트와 디버깅을 실시한다.
- B. 데이터 구성요소와 다양한 추상 데이터 유형의 동작을 식별하고 구성요소와 동작 간의 느슨한 결합을 통해 일관된 추상 데이터 유형을 구현하는 클라이언트용 프로그램을 분석한다.
- C. 기본적인 컴퓨팅, 간단한 파일 I/O, 표준 조건부 구조 및 반복 구조, 함수 정의, 매개변수 전달을 포함해 기본 프로그래밍 구조를 사용하는 산업 프로그램을 설계해서 구현하고 테스트와 디버깅을 실시한다.
- D. 동적 데이터 구조 및 정적 데이터 구조를 구현하는 비용과 장점을 제시하고 주어진 엔지니어링 문제를 모델링하는 적절한 데이터 구조를 선택한다.
- E. 소프트웨어 가독성(Readability)과 유지보수성(Maintainability)을 지원하는 소프트웨어 엔지니어링 업체의 일관된 문서화와 프로그램 스타일 표준을 적용하고 제공된 체크리스트를 활용해 프로그램 구성요소에 대한 개인과 소규모 팀의 코드 검토를 실시한다.
- F. 선택한 프로그래밍 언어에서 사용할 수 있는 표준 라이브러리를 활용해 일반적인 코딩 오류를 보여주고 프로그램을 구축한 뒤 디버깅한다.
- G. 절차적 추상화를 적용하는 기회를 식별해 산업 프로그램을 리팩토링한다.

■ 소프트웨어 공학(Software Engineering)

- A. 기능적 요구사항과 비기능적 요구사항을 구분하여 현지 프로젝트에 필요한 요구사항 세트를 검토하고 해당 세트가 좋은 요구사항의 특징을 어느 정도 나타내는지 평가한다.
- B. UML 같은 모델링 기법을 사용해 간단한 소프트웨어 시스템의 설계를 고객에게 제시하고 해당 설계가 시스템 설계 원칙에 어떻게 통합되어 있는지 설명한다.

■ 시스템 기본(Systems Fundamentals)

- A. 논리 설계의 기본 구성요소를 이용하여 간단한 순차적 문제와 동일한 문제의 병렬 버전을 설계하고 적절한 도구를 활용하여 설계 및 성능을 평가한다.
- B. 프로그램 추적 및 디버깅을 위한 툴을 포함하는 오류 감지와 복구가 통합된 현지 단체를 위해 프로그램을 개발한다.
- C. 동기화 기본요소를 통해 공유 리소스를 관리하는 업체를 위해 간단한 병렬 프로그램을 개발하고 툴을 이용해 프로그램 성능을 평가한다.
- D. 평균 메모리 액세스 시간을 계산하고 현지 엔지니어링 회사의 용량, 실패/적중률, 액세스 시간 측면에서 메모리 계층 구조 성능의 적정성을 설명한다.
- E. 현지 엔지니어링 회사의 개별 가상 머신에서 실행되는 두 애플리케이션 인스턴스의 성능을 측정하고 성능 격리의 효과를 확인한다.

■ 사회 이슈 및 전문가로서의 업무(Social Issues and Professional Practice)

- A. 현지 단체를 위해 시스템을 분석하고 비기술적(Non-Technical) 방식으로 그 결과를 제시한다.
- B. 학제적 지식을 통합해서 현지 단체를 위한 프로그램을 개발한다.
- C. 산업 트렌드, 혁신, 신기술을 첨부해서 대상 작업장에 영향을 줄 수 있는 보고서를 작성한다.
- D. 청자 특정 언어와 그룹의 요구를 보여주는 사례를 통해 전문가 그룹에게 혁신적인 컴퓨터 시스템을 제시한다.
- E. 기술로 인한 사회적 변화의 영향을 관리해야 하는 사람들에게 도움이 되는 문서를 제작한다.
- F. 소비자의 요청, 요구, 만족을 추적할 수 있는 프로세스를 채택한다. 오류를 인코딩해서 탐지하고 수집할 수 있도록 데이터 오버헤드, 구현 복잡성, 상대적 실행 시간에 대한 다양한 오류 탐지 및 수집 방법을 비교하고 오류가 사람에게 적대적인 영향을 주지 않게 조치한다.

참고문헌

1. 국내 문헌

- 김갑수, 구덕희, 김성백 외(2020), “차세대 소프트웨어(SW) 교육 표준 모델 개발” Journal of The Korean Association of Information Education, 24(4), 337-367
- 김경훈, 이은경, 김영애 외(2015), “2015 개정 교과 교육과정 시안 개발 연구 II” 정보과 교육과정, 한국교육과정평가원
- 김자미, 이원규, 이영준, 정인기, 최현종(2019), “교원과 학생의 SW교육 역량 기준 및 교육과정 개발 연구” 한국교육학술정보원
- 김진숙, 박순경, 최정순, 이효녕(2013), “초·중등학교 교육과정 연계성에 대한 국제비교” 한국교육과정평가원
- 김진형(2014), “우리나라의 컴퓨터과학은 어디에 있는가?” 한국학술협의회 연속기획, 우리 학문, 어디에 서 있는가?, 지식의 지평17, 아카넷
- 교육부(2015), “2015 개정 정보과 교육과정” 제(2015-74호)
- 교육부(2018.8.17.), “2022학년도 대학입학제도 개편방안 및 고교교육 혁신방향 발표” 교육부 보도자료
- 교육부(2020.5.), “정보교육 종합계획(안) 2020년 ~ 2024년”
- 교육부(2020.9.14.), “인공지능, 학교 속으로!-인공지능(AI), 초등 수학 공부 도우미로, 고교 진로 선택과목으로 도입”
- 과학기술정보통신부(2020.8.7.), “인공지능(AI) 시대에 대비한 전 국민 대상 인공지능·소프트웨어(SW) 교육체계 마련” 과학기술정보통신부 보도자료
- 관계부처합동(2019.12.), “인공지능(AI) 국가전략”
- 관계부처합동(2020), “인공지능시대 교육정책방향과 핵심과제”
- 김용성(2019), “인공지능(AI) 시대 주요국의 인재양성 정책 동향” 소프트웨어정책연구소
- 우호성, 김자미, 이원규(2017), “해외 고등정보 표준교육과정 기반의 국내 대학 교육과정 비교분석” 컴퓨터교육학회논문지, 20(1), 27-38
- 윤혜진, 조정원(2019), “한국, 미국, 영국 정보과 교육과정의 연계성 비교 분석: ‘자료와 정보’, ‘정보문화’ 영역 중심으로” 교육연구, 75, 91-117
- 오혜영(1995), “수리통계학 입문” 1판, p.12
- 장원영(2020), “2015 개정 정보과 교육과정의 반성적 고찰 및 차기 교육과정 개정 방향 탐색 : 총론 관점의 교육과정 분석을 중심으로” 컴퓨터교육학회논문지, 23(5), 1-12
- 한국교육과정평가원(2015), “2015 개정 교과 교육과정 시안 개발 연구 II” 정보과 교육과정, 한국교육과정평가원

2. 국외 문헌

- ACM & IEEE-CS(2020), "Computing Curricula 2020: Paradigms for Future Computing Curricula"
- Bruner, J.(1960), "The Process of Education" Cambridge, MA: The President and Fellows of Harvard College
- Shackelford, R., McGettrick, A., Sloan, R., Topi, H., Davies, G., Kamali, R., Cross, J., Impagliazzo, J., LeBlanc, R., & Lunt, B.(2006), "Computing Curricula 2005: The Overview Report" SIGCSE 2006
- Computer Science Teachers Association(2017), "CSTA K-12 Computer Science Standards, Revised 2017" Retrieved from <http://www.csteachers.org/standards>.

3. 기타

- wikipedia(https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%B2%A0%EC%9D%B4%EC%A6%88_%EC%A0%95%EB%A6%AC, 검색일: 2020.11.5.)
- wikipedia(https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%97%88%EC%83%81_%ED%8F%AC%EC%9D%B8%ED%84%B0, 검색일: 2020.11.17.)

사명 Mission

소프트웨어 정책 연구를 통한 국가의 미래전략을 선도함
Leading Nation's Future Strategy through Research on Software Policy

미래상 Vision

국민 행복과 미래사회 준비에 기여하는 소프트웨어 정책 플랫폼
Software Policy Platform contributing to the public happiness and future society

핵심 가치 Core Values

전문성
Expertise

다양성
Diversity

신뢰
Trust

역할 Roles

건강한 소프트웨어 산업 생태계 육성
To build a fair Ecosystem for Software Industry

소프트웨어 융합을 통한 사회 혁신
To innovate a Society through Software Convergence

국가 소프트웨어 통계 체계의 고도화
To advance the National Software Statistics System

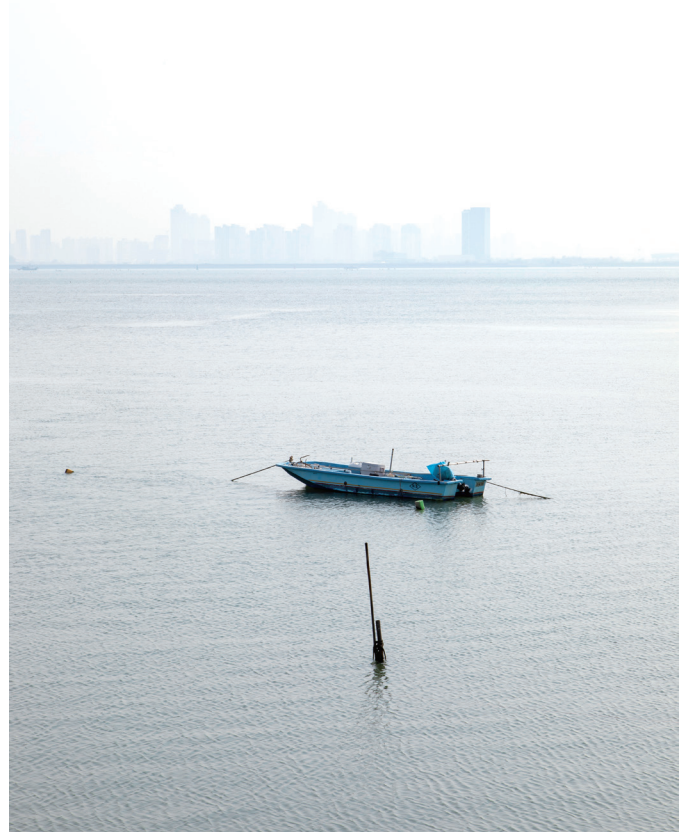
개방형 소프트웨어 정책 연구 플랫폼 구축
To establish an Open Research Platform for Software Policy

소프트웨어정책연구소
Software Policy & Research Institute



이호준 Lee, Ho-Joon
 언론학박사
 ighwns@hanmail.net

대학에서 신문방송학을 전공하고 언론학 박사 학위를 취득했다.
 대한항공 여행사진 공모전에서 2회 수상하고, 세 차례의
 개인전과 단체전 4회를 개최했다. 주간 신문과 월간지에
 사진이야기와 에세이를 연재하고 있다.



경기도 성남시 분당구 대왕판교로 712번길 22 글로벌 R&D센터 연구동(A)
 Global R&D Ceneter 4F, 22, Daewangpangyo-ro 712beon-gil, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do
www.spri.kr

