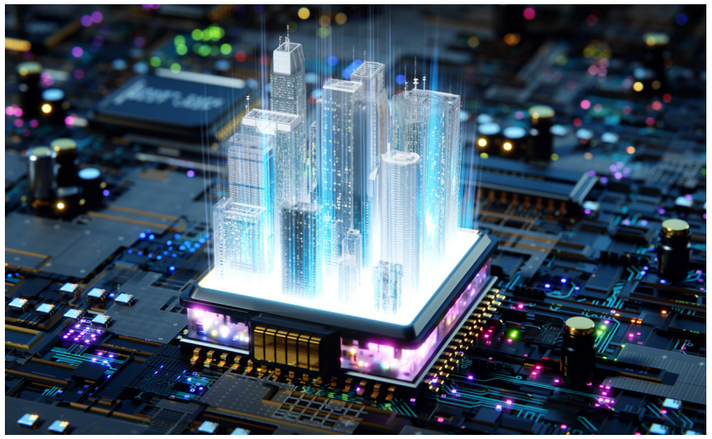
인공지능 기술특성에서 바라본 미·중 기술경쟁의 전개과정[1)]

김준연 책임연구원
소프트웨어정책연구소 디지털전환연구팀
catchup@spri.kr



핵심 기술을 둘러싼 패권 경쟁

인공지능으로 대표되는 디지털 기술이 산업의 지평은 물론이고 국가의 위상도 결정하고 있다. 19세기 이후 전기, 석유, 철강, 자동차, 전자 산업에서 미국이 영국을 제치고 강대국으로 부상한 것과 같이, 역사적으로 시대의 핵심 기술을 차지하는 국가가 세계 경제의 패권을 장악해왔다. 최근 주목받는 디지털 기술을 중심으로 미국과 중국 간에 기술주도권을 확보하기 위해 치열한 경쟁이 펼쳐지고 있다. 미·중 양국과 안보동맹 및 경제 관계를 유지하고 있는 우리의 입장에서는 이들의 경쟁 결과에 큰 영향을 받을 것이기에 '글로벌 디지털 패권경쟁'의 양상을 정확히 파악하고 적절한 대응전략을 모색하는 것이 시급하다. 따라서 이 글은 첨단 기술을 둘러싸고 벌어지는 미·중 간의 경쟁과 견제의 양상을 파악하고 그 시사점을 찾고자 한다.

국가 간 지위, 역량 그리고 가용자원이 모두 같지 않기에 경쟁이란 기본적으로 선도국과 추격국 간의 경쟁인데, 이 관점에서 미·중 간 기술경쟁도 후발자 중국이 선발자 미국에 대한 기술능력 및 시장점유율 등의 격차를 좁히는 과정이라 볼 수 있다. 특정 산업에서 후발국이 달성한 기술능력과 추격의 수준을 측정하고 비교하는 절대적 기준을 찾기란 매우 어렵다. 그럼에도 일반적으로 통용되는 방법을 찾아본다면 먼저 특허, 생산성, 혁신기업의 숫자와 같은 양적 지표들로 가늠하는 방법을 꼽을 수 있다. 다음으로 복제적 모방, 창조적 모방 및 혁신 등 기술 학습의 단계를 기준으로 설명하는 방법, 또 단순 조립, 핵심 요소기술 개발, 새로운 컨셉트의 설계와 창조 등 기술능력의 수준으로 구분하는 방법 등이 뒤따른다. 본고에서는 인공지능으로 대표되는 디지털 기술의 특성을 서술하고, 선도국과 추격국의 전략과 성과, 그리고 향후의 관전 포인트를 제시한다.

인공지능 생태계 특성과 경쟁의 법칙

인공지능은 시각 인지, 음성 인식, 학습, 의사 결정, 언어 번역 및 행위 등 지능이 필요한 분야를 실행할 수 있는 이론 및 컴퓨터 시스템으로서 특히 인간의 사고 과정에서 발생하는 추론에 강점이 있다. 인공지능은 특징을 찾아 분류하거나, 최적해는 아니지만 최적해와 근접한 결과를 단시간에 제공하는 휴리스틱 탐색(Heuristic)과 같은 분야에서 인간의 한계를 넘어서고 있다. 최근 들어 더욱 빨라지는 인공지능의 발전은 컴퓨팅 성능 향상, 빅데이터와 새로운 알고리즘의 발전에 기인하고 있다. CPU와 GPU의 성능 향상은 머신러닝과 딥러닝 모델의 정교화에 기반해 인터넷과 모바일 기기에서 확보되는 데이터와 정보의 양이 기하급수적으로 증가함에 따라 가능해졌다. 이러한 추세는 인공지능 분야의 확장과 확률 추론 통계모델의 진화를 동시에 이끌고 있다.[2)]

디지털 기술의 특성을 기술추격의 관점에서 살펴보면 첫째, 신기술의 출현빈도를 의미하는 기술 기회가 매우 빈번하다. 일례로 인공지능 알고리즘의 경우 소수의 유명 학회[3)]에서 1년에 수천 건씩의 논문 발표, 워크숍, 튜토리얼 등이 동시에 진행되고 있으며, 이 학회에서 지도학습, 비지도학습, 강화학습 등 새로운 기법과 기술이 매우 빈번하게 등장한다. 신기술의 출현 빈도가 높다는 특성은 후발자의 추격과 시장진입 가능성에 긍정적으로 작용한다.

둘째, 깃허브(Github)와 같이 혁신 결과를 공개하는 생태계가 잘 발달돼 있어 후발자는 지식의 접근 가능성이 높은 반면, 혁신의 보호 정도를 의미하는 전유성은 낮다. 이 특성을 후발자의 추격 관점에서 보면, 모방의 유인은 높아지고 자체 개발의 유인은 낮아지는 경향성이 발생한다. 이에 따라 선발자가 인공지능 알고리즘의 혁신을 지속할 수만 있다면 디지털의 공개된 생태계는 오히려 선발자의 시장 위상을 높이는 토대가 된다. 구글이 공개한 인공지능 프레임워크인 텐서플로우(Tensorflow)를 수많은 기업들이 활용하면서 오히려 구글의 서비스와 사용자 기반이 더욱 공고하게 된 사례가 대표적이다.

1) 이 글은 경남대학교 극동문제연구소 한반도포커스(2023-02)에 게재됐음

2) 1986년 제프리 힌튼(Geoffrey Everest Hinton)은 역전파 알고리즘(back propagation algorithm)이 둘이나 셋 이상의 계층을 가진 심층 신경망을 훈련시킬 수 있다는 혁신적인 연구를 발표했으며, 이것이 최근 각광을 받고 있는 딥러닝 시대를 열었다

3) ICML(International Conference on Machine Learning), NIPS(Neural Information Processing Systems), ICLR(International Conference on Learning Representations) 등

셋째, 인공지능 혁신을 통한 신산업 영역으로의 비즈니스 확장성은 매우 크다고 할 수 있다. 다양한 헬스케어 로봇이나 자율주행 자동차 등이 바로 인공지능 융합으로 등장한 영역이다. 비즈니스 확장성이 크면 클수록 후발자가 선도국과의 경쟁을 회피할 수 있는 가능성도 커지기 때문에 초기 시장만 적절하게 확보한다면 비즈니스 확장성은 후발자 추격에 긍정적으로 작용할 것이다.

넷째, 비즈니스 모델 측면에서 디지털 생태계는 이종 산업과 영역 간에 비즈니스의 경계 파괴, 양면시장과 승자 독식 구조의 특성이 있다. 일례로 디지털 플랫폼에서 종종 목격되는 참여자의 증가는 해당 플랫폼의 매력을 증가시키고, 다시 참여자 증가로 연결되는 선순환 구조가 형성된다. 결과적으로 선도 플랫폼의 시장 지배력과 영향력이 더욱 굳건해지면서 기존 참여자의 락인(Lock-in) 현상으로 연결된다.

• 디지털 패권을 향한 중국의 추격과 성과[4)]

1차 도전(1990년대): 리눅스와 운영체제(OS)

정보화 시대의 초기패권은 IBM, 마이크로소프트, Apple 등 모두 미국 기반의 기업들이 주도했다. 특히 윈텔리즘(Wintelism)은 마이크로소프트의 운영체계인 윈도우(Windows)와 마이크로프로세서 생산업체인 인텔(Intel) 간의 기술협력이 세계 PC 산업에서 미국 주도의 구조적 지배체제를 공고히 하는 권력으로 작동함을 상징하는 합성어이다. 마이크로소프트는 PC운영체계의 표준뿐만이 아니라 이에 탑재되는 다양한 응용 프로그램을 선보이며 소프트웨어 업계의 선두 주자로 자리매김해왔다.

한편 중국은 1990년대 후반부터 PC영역에서 독자표준의 기회를 오픈소스 소프트웨어인 리눅스로 보고, 미국이 주도하는 윈도우의 운영체계에 대한 대안 차원에서 리눅스의 도입과 확산에 노력을 기울였다. 1990년대 말과 2000년대 초에 중국 정부는 리눅스 운영체계와 애플리케이션 개발 사업에 막대한 예산을 지원했으며, 중국과학원의 지원으로 '홍기리눅스(1999년 8월)'라는 공기업이 설립되기도 했다. 마이크로소프트는 중국에서 홍기리눅스가 설립되자 중국을 포함한 60개국에 윈도우의 소스코드를 개방하며 시장 확산을 가속화했고, 미국과 유럽 및 다른 나라들에서는 수백 달러에 달하던 윈도우와 오피스 제품군의 가격을 중국 시장에서는 단 7~10달러(학생판: 3달러)로 할인하는 가격전략으로 중국 사용자들이 정품 소프트웨어를 구입하도록 유도해 리눅스 확산을 저지하는 효과를 봤다. 실제로 중국의 뒷골목 시장에서 판매되는 리눅스 복제품은 인하된 가격의 윈도우보다 비쌌다. 결과적으로 2006년과 2007년에 걸쳐 정품 소프트웨어 보급률은 20%에서 40%로 증가했고 윈도우는 중국 내에서 약 90%의 시장점유율을 차지하는 성공을 거뒀다.

2차 도전(2010년대): 인터넷 서비스와 주권

인터넷을 중심으로 한 혁신이 점차 본격화되면서 미국이 표방하는 '개방과 자유'라는 인터넷 가치에 대항하는 개념으로 중국이 내세운 것이 바로 '인터넷 주권'이다. 중국 정부는 인터넷상의 정권 전복, 민족분열, 포르노, 폭력 등과 관련된 유해한 정보는 국가와 사회의 안정, 인민의 이익에 관계된 것이기 때문에 법률에 기초해 규제해야 하고 이는 중국의 국정 및 국제관행에 합치한다며 인터넷 검열의 정당성을 강조해 왔다. 따라서 국내외 기업을 막론하고 중국 법에 따라 자체 검열하는 것이 불가피하며, 글로벌 관점의 인터넷 자유 논리를 내세워 외부에서 중국의 정책과 제도를 비판하는 것은 주권국가에 대한 내정간섭이라고 규정하고 있다. 특히 중국은 1998년부터 소위 '인터넷 만리장성' 혹은 '금순공정(金盾工程 Golden Shield Project)'으로 불리는 경로를 통해 IP, 키워드와 사이트 차단, URL 필터링, DNS 간섭, 패킷 필터링 등 중앙집중형 인터넷 검열체계를 운영하고 있다.

거대한 중국 시장은 더할 나위 없이 매력적이었기 때문에 구글을 포함한 시스코, 야후, 마이크로소프트 등 대부분의 미국 IT 기업들은 정치적으로 민감한 용어들을 자체 검열하라는 중국 정부의 요구에 순응해 왔다. 그러나 2009년 중국 서부에서 소수민족 봉기가 일어난 직후 이들이 페이스북을 사용했다는 것이 알려지면서 중국 내에서 페이스북 서비스가 차단됐고, 2010년 1월 중국의 인권운동가들의 구글 이메일 계정이 해킹당하는 사건이 발생하면서 2010년 4월 구글은 중국 본토에서 철수한다고 발표했다. 또한 유튜브도 콘텐츠 중 대만, 티베트, 신장, 홍콩의 독립을 선동하는 내용이 있다는 이유로 접속이 차단됐다.

기술추격론의 관점에서 이러한 선도기업의 퇴출과 서비스 제한은 중국 토착기업에게는 '기회의 창'이 됐다. 페이스북, 구글, 유튜브 등 대표적 인터넷기업들이 나간 자리를 바이두, 텐센트 그리고 샤오미와 같은 토착 기업들이 차지하기 시작했다. 특히 스마트폰 운영체제에서 샤오미는 안드로이드 오픈소스(Android Open Source Project)를 활용해서 독자 운영체제인 '미UI(MIUI)'를 개발하며 성장했다. 샤오미의 독자 운영체제는 비록 지메일, 구글 플레이, 크롬과 같은 구글 생태계를 사용할 수 없지만, 역으로 샤오미 마켓, Tudou 등 중국 내 독자적인 모바일 서비스 생태계가 활성화되는 결정적 계기가 된 것이다. 구글을 모방하며 성장한 바이두는 검색분야에서 자국 시장의 77.1%를 점유하고 독자 생태계를 조성하기 시작했고, ICQ 메신저를 모방한 메시징 서비스 '위챗(Wechat)'으로 시작한 텐센트는 전자결제와 게임 등 분야로 사업을 확장하며 106조 원의 매출(2021년)을 달성해 세계 3대 인터넷서비스기업으로 등극했다.

4) 이 장은 김준연 (2019)의 "미·중 AI 패권 경쟁의 역사적 흐름과 최근 동향"을 현재 시점에 맞춰 업데이트한 것임

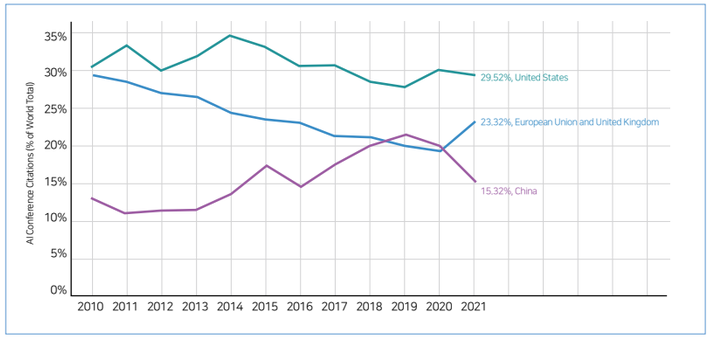
자국의 시장 매력도를 활용한 모방학습과 '중국식 인터넷 주권'이라는 가치체계를 기반으로 미국을 추격하는 전략은 최근 글로벌 거버넌스로까지 확대되고 있다. 미국 중심으로 운영하는 글로벌 인터넷 거버넌스(ICAAN)의 개혁을 주장하는 중국은 2014년 이래로 매년 세계인터넷대회(世界互联网 大会)를 정기적으로 개최하며 인터넷 주권 이념을 홍보하고 이를 새로운 인터넷 거버넌스 논의의 구심점으로 만들기 위해 러시아, 브라질 등과 긴밀하게 협력하고 있다. 특히 알리바바의 마윈은 "중국에서 활동하는 모든 기업은 중국법을 지켜야 한다"고 주장하면서 중국 정부의 주장에 힘을 실어주고 있다.

3차 도전(2020년~): 인공지능과 융합

오픈AI의 챗GPT 등 인공지능 기술의 진화 속도가 빨라지고 융합의 범위가 넓어지면서 핵심 기술확보를 위한 미·중 패권 경쟁이 더욱 치열하게 전개될 것으로 전망된다. 일반적으로 인공지능 분야에서 중국의 부상을 설명하며 제시되는 양적지표들은 인공지능 분야의 특허출원건수, 학술논문건수와 슈퍼컴퓨터의 성능 등이다.

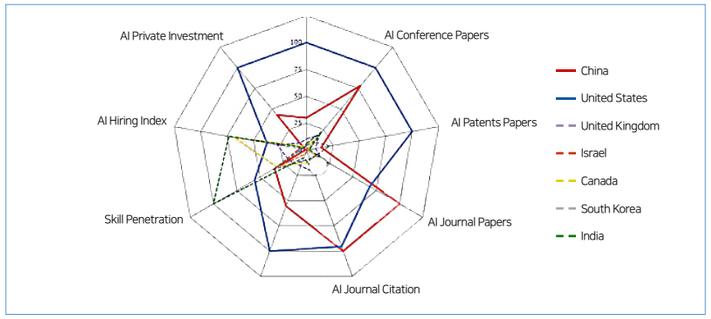
먼저, 중국은 심층학습 관련 2013년 3개 수준에서 2017년 652개를 유럽특허청에 출원해 같은 시기 미국(101개)을 뛰어넘기도 했으며, 2013년부터 2017년까지 세계 20개국의 인공지능 논문 연평균 성장률이 9.16%를 기록했을 때 미국은 11.17%(30,966건)를 달성한 데 반해 중국은 11.24%(49,096건)로 1위를 차지하기까지 했다. 그러나 2022년 스텐포드대학이 발표한 인공지능기술역량비교에서 중국은 특허신청, 컨퍼런스 발표 등 양적지표에서는 괄목할 만한 성장이 있었으나, 여전히 컨퍼런스 인용, 인공지능 민간투자 등에서는 미국이 압도적으로 선도를 유지하고 있는 상황으로 나타났다.

[그림 1] 인공지능 컨퍼런스 인용 수(2010-2021)



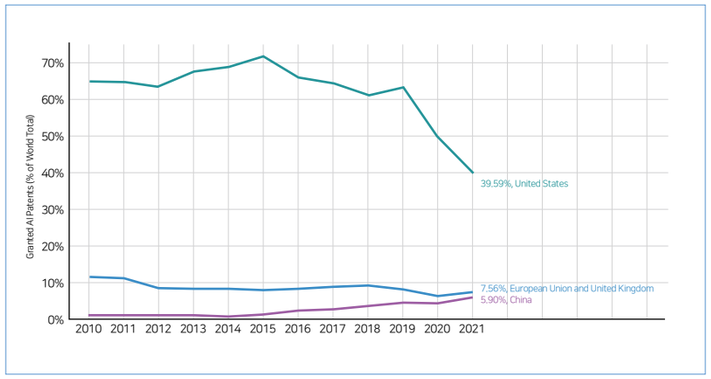
출처 : 2022 AI Index Report, Stanford University

[그림 2] 국가별 인공지능 기술역량 비교



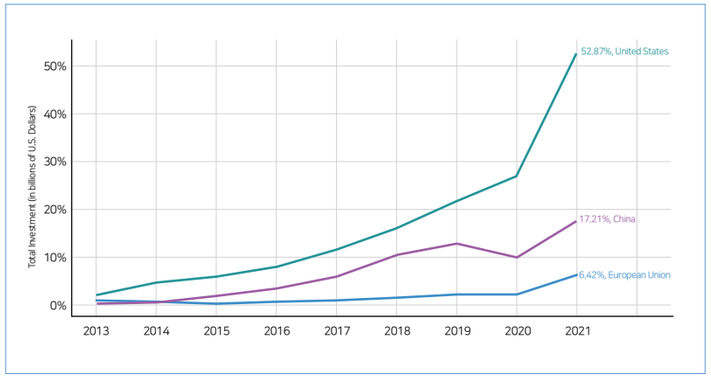
출처 : 2022 AI Index Report, Stanford University

[그림 3] 인공지능 특허 승인건수(2010-2021)



출처 : 2022 AI Index Report, Stanford University

[그림 4] AI 민간투자(2013-2021)



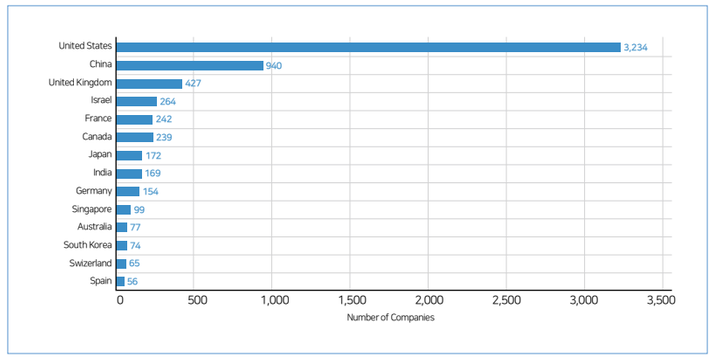
출처 : 2022 AI Index Report, Stanford University

다음으로, 슈퍼컴퓨터 분야에서 과거 2013년부터 2016년에 중국이 미국을 제치고 1등을 차지했었으며, 2018년 기록에서도 독일이나 일본을 제치고 3~4위를 모두 중국이 차지할 만큼 높은 수준을 보이며 추격한 바가 있다. 그러나 2018년 이래로 IBM이 미국 오크리지 국립연구소에 설치한 슈퍼컴퓨터(Summit)가 207페타플롭스(PFlops/s)를 달성하는 등 미국이 선도적 위상을 유지하고 있다. 기술진보의 방향이 CPU에 GPU가 접목되는 방향으로 진화하고 있어 인텔, NVIDIA, AMD, IBM 등이 포진하고 있는 미국이 중국보다는 유리한 입장이다. 실제로 슈퍼컴퓨팅 2018(SC18)에서 발표된 상위 500대 슈퍼컴퓨터에서

도 엔비디아 GPU 가속기를 사용하는 시스템이 1년 만에 무려 48%나 증가했다. 한편 2022년 발표된 슈퍼컴퓨터 연산능력에서도 미국 오크리지 국립연구소의 프론티어가 실측성능 1.102엑사플롭스(EF)로 1위를 유지하고 있는 것으로 나타났다.[5] 미국과 중국이 치열하게 싸우던 슈퍼컴퓨터 경쟁은 최근 몇 년간 슈퍼컴퓨터 분야에 막대한 투자를 한 미국의 우위가 더욱 뚜렷해지는 분위기다. 2022년 슈퍼컴퓨터 톱500 평가에서도 수량에서는 중국이 162대(32.4%)로 미국 127대(25.4%)보다 많았지만, 성능 면에서 미국이 43.6%, 일본이 12.8%, 중국이 10.6%를 차지하며 슈퍼컴퓨터 분야에선 미·중 간 격차는 더욱 커지는 상황이다.

마지막으로 2013년부터 2021년까지 국가별 신규 투자받은 인공지능 기업의 경우 미국이 3,234개로 압도적 1위를 유지하는 가운데, 중국이 940개 기업으로 2위를 기록하고 있다.

[그림 5] 국가별 신규 투자를 받은 인공지능 기업 숫자(2013-2021)



출처 : Netbase Quid, 2021 (2022 AI Index Report)

• 기술안보화와 플랫폼 경쟁으로 향하는 미·중 기술패권

2018년 7월 6일 미국이 340억 달러 규모의 중국 수입품 818종에 25%의 관세를 부과하며 본격화된 대중국 제재에 대해 중국이 미국산 농산품, 자동차, 수산물 등에 미국과 똑같이 340억 달러 규모인 25% 보복관세로 응전하면서 미국과 중국 간 갈등이 본격화됐다. 최근에는 인공지능과 같은 핵심 기술이 국가 안보와 지정학적 위상을 결정하면서 무역전쟁을 넘어 산업과 외교와 동맹 및 군사 · 안보 영역에까지 양국의 갈등 범위가 확장되고 있는 양상이다.

관세전쟁에서 디지털 패권으로의 전환은 2019년 5월 15일 정보통신 기술 및 서비스 공급망 확보에 관한 행정명령에 서명하

5) 슈퍼컴퓨터 연산 능력은 보통 페타플롭스(PetaFLOPS)로 표시한다. 초당 1,000조 번의 연산을 하면 1페타플롭스다. 반면 오크리지 국립연구소의 프론티어는 초당 110.2경 번의 연산을 해냈다. 페타플롭스로는 1,102번이다. 1,000페타플롭스(1엑사플롭스)를 넘긴 슈퍼컴퓨터는 공식적으로 프론티어가 처음이다

고 하루가 지난 5월 16일, 화웨이와 68개의 자회사를 상무부 제재 리스트에 추가하면서 가시화됐다. 같은 해 6월 미국 상무부는 중국 슈퍼컴퓨터 기업 및 연구소 5곳을 거래제한 명단(블랙리스트)에 올리기도 했다.[6] 2019년 5월 23일 미국 국토안보부 사이버보안국이 중국산 드론 기체와 앱은 데이터를 파손할 수 있는 구성 요소를 포함했으며, 데이터를 전달 · 저장하는 외부 액세스 서버와도 공유하고 있다고 경고하고 국가 안보를 위협한다는 이유로 제재하겠다고 발표하자 350여 개 기업이 넘는 중국 드론업계는 미국에 자회사를 설립하는 방향으로 미국 정부의 제재를 우회하는 전략을 고려하고 있다. 특히 중국의 대표 드론기업인 DJI는 미국 자회사를 분사하고 미국 내에 공장 설립을 추진 중에 있다.[7]

디지털 기술의 골간인 반도체도 미국은 자국 내 반도체 공급망 복원을 강화하기 위해 리쇼어링을 추구하는 한편 미국의 반도체 기술혁신과 생산역량 증대를 위한 포괄적인 계획을 수립했는데, 2022년 10월 미국은 자국의 기술이 적용된 반도체, 반도체 제조 장비, 소프트웨어를 사실상 중국에 판매하지 못하도록 막는 전면적인 수출 통제안을 발표했고 네덜란드, 일본 등 동맹국들도 대중국 반도체 제재에 동참할 것을 요청하고 있다. 이에 대해 중국도 2020년 8월 국무원이 주도하는 반도체 산업 진흥책을 발표한 데 이어, 2021년 3월에는 실행 계획을 발표하며 대응하고 있다. 그러나 네덜란드 ASML이 생산하는 노광장비(EUV) 없이는 5㎚(나노미터, 1㎚=10억분의 1m) 이하 초미세 공정을 진행할 수 없으며 ASML의 노광장비 중 일부 제품은 700개 이상 공급사가 만드는 30만 개 이상 부품으로 제작되는데 개발의 공정이 복잡하고 요구되는 정밀도가 극한으로 높아 단기간에 중국이 EUV를 국산화하며 최첨단 공정으로 추격하기는 어렵다는 전망이 지배적이다.

한편 최근 미·중 디지털 패권 경쟁은 인공지능, 데이터, 드론 등과 같은 개별 기술 그 자체뿐만 아니라 플랫폼 기반의 생태계 경쟁으로 전개되는 것이 특징이다. 글로벌 디지털 플랫폼 생태계를 주도하는 기업은 구글(G), 애플(A), 페이스북(F), 마이크로소프트(M), 아마존(A) 등의 미국 플랫폼이며, 바이두(B), 알리바바(A), 텐센트(T)로 대변되는 '차이나 플랫폼'이 자국 시장과 동남아를 중심으로 약진하는 상황이다. 주지하다시피 디지털 플랫폼 경쟁은 요소 기술간 경쟁이라기보다 산업 혹은 산업의 경계를 넘는 생태계 차원의 경쟁이다. 이러한 플랫폼 경쟁은 기본적으로 선발자의 독점성 이슈가 있고, 플랫폼 혁신의 원천이 되는 데이터는 축적과 연결을 통해 새로운 가치를 생성하고 기존 산업의 경계를 허물거나 새로운 산업의 탄생을 촉발하기도 하지만, 데이터 주권과 안보 차원의 이슈로도 연결되는 상황이라 산업혁신론을 넘는 지정학적 접근도 요구된다고 할 수 있다.

다만 플랫폼 경쟁에서도 미국 행정부는 국가 안보와 연결지어 중국의 굴기를 제재하고 있는데, 일찍이 트럼프 행정부는 위챗(wechat) 서비스의 미국 내 사용을 금지시키고 바이트댄스의 틱톡에 대해서도 미국에 매각할 것을 명령한 바가 있었다. 바이든 행정부와 연방 상·하원에서도 2022년 12월30일 연방 공무원과 보좌진 모두에게 틱톡 사용 금지를 명령했으며, 특히 미국 상원은 2022년 12월 14일 「중국 공산당의 인터넷 감시, 강압적 검열과 영향, 알고리즘 학습에 따른 국가적 위협 회피」라는 법안도 통과시켰다.[8] 이러한 일련의 조치는 2022년 10월 미국 행정부가 발표한 "중국의 첨단 반도체 및 슈퍼컴퓨터 제조능력을 제한하기 위한 일련의 수출통제 조치"에서 강조한 '국가 안보'와 같은 맥락으로 이해된다.

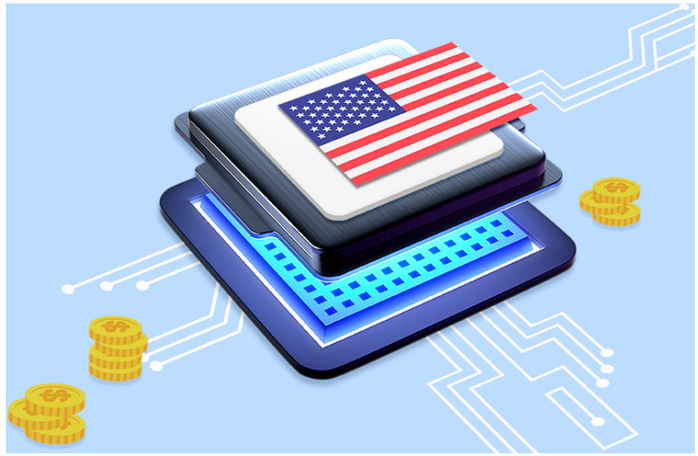
6) 중커수광(中科曙光)을 비롯해 톈진하이광(天津海光), 청두하이광(成都海光) 집적회로, 청두하이광마이크로일렉트로닉스 테크놀로지, 우시장난(無錫江南)컴퓨터테크놀로지연구소 등이다
7) DJI는 민간, 상업용 드론의 세계 최대 제조업체로서 글로벌 상업용 드론 시장의 70%를 점유하는 선두주자인데, 특히 미국과 캐나다에서 운용되는 드론 중 80%가 DJI 제품이다
8) 법안이 하원을 통과하고 최종 대통령의 승인을 받으면 ▲틱톡 하나가 아니라 중국의 SNS 서비스 전체를 대상으로 ▲정부기관 사용 금지를 넘어 미국 내 서비스 완전 금지할 수 있는 근거가 생긴다. 법안에는 중국이나 러시아 등 우려 국가 내에 있거나 이들 국가의 영향 아래 있는 소셜미디어 회사의 미국 내 거래를 완전 차단하는 내용을 포함하고 있다

• 인공지능 시대의 미·중 기술경쟁과 관전 포인트

인공지능을 둘러싼 미·중 양국의 경쟁은 플랫폼 경쟁, 국가안보와 글로벌 연대로 확장되면서 복잡하게 전개되는 양상인데 인공지능의 기술체제적 특성에서 미·중 양국의 전략을 살펴보면 아래와 같다.

먼저 미국은 기술 누적성이 높아 후발국 추격을 방어하기 쉬운 인공지능의 개념설계 부분에 선도적 투자 전략을 견지하고 있고, 신기술의 출현이 빈번해서 후발국이 새롭게 등장한 기술을 기반으로 진입하기 쉬운 모델링과 실행 부분에서는 자사의 혁신 결과를 과감하게 공개하는 전략을 구사하고 있다. 이러한 선도국의 공개형 전략은 자국의 혁신 결과를 확산하기 쉽고, 추격국의 자체 혁신의 인센티브를 낮추기 때문에 미국 기술혁신체제에 대한 글로벌 의존도를 높여 주는 전략으로 기능한다. 구글의 인공지능 플랫폼인 텐서플로우(Tensor Flow)를 공개한 연장선에서 캐글을 운영하는 것은 알고리즘 외에 데이터셋과 모델링 분야에서도 더 많은 데이터 과학자가 텐서플로우를 활용하도록 해서 자사에 유리한 생태계를 조성해 나가는 전략이 대표적이며, UCI(University of California, Irvine)에서 제공해주는 기계학습 관련 데이터셋 등 수많은 공개 데이터 저장소를 운영하며 혁신을 창출하는 사례도 있다.

개방형 생태계 조성은 인공지능 기술지식의 모듈화(Modularization) 특성 때문에 가능하다.[9] 예를 들어 구글 텐서플로우는 복잡한 딥러닝의 개념과 구체적인 구현방식을 알지 못해도 데이터 혹은 데이터가 학습했을 때의 결과만을 갖고 딥러닝을 활용할 수 있도록 하는 일종의 모듈을 제공하고 있다. 이는 비단 텐서플로우뿐만 아니라 대부분의 공개 인공지능 알고리즘이 취하고 있는 형태이다. 따라서 개방형 생태계에 참여하고 있는 사용자들은 딥러닝에 대한 깊은 이해 없이도 딥러닝을 활용할 수 있고, 이는 결국 딥러닝 기술 자체의 진보와 발전에 대해 미국의 기업과 연구자에 대한 의존도를 높이는 결과가 된다. 구글의 안드로



9) 모듈화란 복잡한 소프트웨어 구성요소를 상호 연결된 기능이나 데이터를 중심으로 논리적으로 구분한 것을 가리킨다

이드와 애플의 iOS 운영체제는 복잡한 기술혁신 결과지만, 플레이스토어(Play Store)나 앱스토어(App Store) 같은 앱 마켓을 통해 생태계 참여자들이 쉽게 혁신의 성과를 나누도록 한 구조가 바로 인공지능 공개 플랫폼의 모듈화와 일맥상통하는 사례라고 할 수 있다.

후발주자의 생태계 포섭이 가능한 또 다른 기술 체제적 특성으로 역량 차이가 있다. 인공지능 알고리즘 개발은 초기에는 새로운 과학적 지식을 발견하는 연구 단계로 성공 가능성이 낮기에 막대한 투자와 높은 수준의 기술 역량이 필요하다. 하지만 인공지능을 활용해 타 분야에 접목하는 것은 이미 텐서플로우 등 다양한 프레임워크가 선도기업들에 의해 공개돼 있어 지식의 접근 가능성도 매우 높다. 하지만 단순히 공개된 인공지능 프레임워크의 활용만으로는 해당 산업에서 결정적인 혁신을 창출하기 어려우며 이는 또 다른 기술역량이 필요한 분야이다. 이처럼 인공지능 기술체제 내에서도 구성 요소별로 필요한 역량 수준이 다르므로 역공학적(Reverse-Engineering) 학습역량 제고가 어렵게 된다. 인공지능은 축적된 기술역량이 높은 국가, 기업이 선도하고 있으며 후발주자들을 자기들의 생태계에 끌어들이고자 인공지능 프레임워크를 공개하고 있는 것이다.

한편 중국은 미국형 공개 생태계에 편입해 복제학습을 하는 단계에 있는 것으로 평가된다. 이른바 BAT로 불리는 바이두, 알리바바, 텐센트 등 일부 중국 혁신기업들을 중심으로 자체 개발한 인공지능 프레임워크를 공개하고 있으나, 아직 자국 내에 국한된 공유 생태계 수준이어서 글로벌 차원에서의 위상이 그리 높지 않다. 따라서 향후 중국이 미국형 기술생태계에 의존한 기술과 지식의 습득 및 학습의 과정을 반복하는 방향으로 가는가, 아니면 독창적 혁신 생태계의 창출과 글로벌 확산의 과정으로 나아갈 수 있을 것인가는 중국의 추격 성패를 결정짓는 중요한 부분이 될 것으로 보인다.

앞서도 서술했지만, 그간 중국은 MS와 인텔이 주도하는 운영체제를 대체하고자 리눅스 운영체제의 도입을 시도했으며 정부의 데이터 규제를 기회의 창으로 삼아 야후, 구글, 페이스북, 유튜브 등 미국 기업의 시장 독점을 견제하고 자국 기업중심의 인터넷 서비스 생태계를 조성하고자 시종일관 노력해왔다. 비록 아직은 미국형 공개 생태계에 의존도가 높고 복제적 모방을 통한 기술 학습의 단계에 머물러 있다고 평가되지만, BAT 기업을 중심으로 미국과 유사한 인공지능 기술의 공개형 생태계 전략을 구사하고 있고 특히 틱톡의 경우 미국에서 상당 수준의 시장점유율을 달성하기도 했다. 이렇게 추격국 중국의 인공지능 기술 역량이 높아지면 선도국 미국의 정책적, 기술적 견제 수위도 높아질 것으로 예상되기에 향후 양국의 전략에 어떠한 변화가 생기고 어떠한 결과로 귀결되는지는 흥미로운 관전의 포인트가 될 것이다.

그리고 최근 인공지능 경쟁의 핵심이 되는 데이터의 유통과 활용에 대해 미국은 초국적 유통과 개방을 강조하는 입장이라면, 중국은 데이터를 주권의 차원에서 다루기 때문에 단순 기술과 시장 보호 차원을 넘어 국가 안보를 결정하고 국제 데이터 규범을 새롭게 설정하는 이슈를 중시하는 상황인데, 권역 내 유통의 개념에서 접근하는 유럽을 고려해서 향후 미국이 생각하는 글로벌 디지털 거버넌스의 형성 과정은 또 하나의 관전 포인트가 될 것이다.

기업구성의 차원에서 인공지능 경쟁에 참여하는 구글, MS, 아마존 등은 산업 간 구분이 거의 없는 플랫폼 기업들이다. 이들의 경쟁은 개별 기술경쟁이나 특정 산업영역에서 전개되는 국지전이 아니라 거의 모든 산업의 영역을 아우르는 플랫폼 경쟁이다. 따라서 아직은 그 가능성이 낮을 수 있지만, 장기적인 관점에서 보면 이들의 경쟁이 전방위적 경쟁 혹은 산업경쟁을 넘어 국가 간 '체제의 효율성 경쟁'으로도 확전되는 시나리오까지 염두에 두면서 미·중 양국 간 인공지능 패권 경쟁의 변화 양상을 관전해 볼 수 있을 것이다.