PDF EDITION

APRIL 2016 ISSUE 2, No.199

저작권 공지

본 PDF 문서에 실린 글, 그림, 사진 등 저작권자가 표시되어 있지 않은 모든 자료는 발행사인 (주)동아일보사에 저작권이 있으며, 사전 동의 없이는 어떠한 경우에도 사용할 수 없습니다.

무단 전재 재배포 금지

본 PDF 문서는 DBR 독자 및 www.dongabiz.com 회원에게 (주)동 아일보사가 제공하는 것으로 저작권법의 보호를 받습니다. (주)동아 일보사의 허락 없이 PDF문서를 온라인 사이트 등에 무단 게재, 전재 하거나 유포할 수 없습니다. 본 파일 중 일부 기능은 제한될 수 있습니다.

알파고는 이길 수 있을 때 대결을 신청했다 그러나, 그는 바둑이 뭔지도 모른다

김진호 서울과학종합대학원 빅데이터 MBA 주임교수 jhkim6@assist.ac.kr

Article at a Glance

구글 딥마인드에서 인공지능 바둑 프로그램 알파 고를 내세워이세돌9단에게 도전장을 냈을 땐이 미 많은 테스트를 거쳐 '승리를 확신'한 이후였을 것이다. 1000개가 넘는 CPU와 인간이 대결하는 건 불합리하고 불공정하다는 얘기도 나왔지만, 이는 과학자들이 오랜 연구 끝에 찾아낸 '심층 인 공신경망', 즉인간뇌의복잡한뉴런연결망을흉 내내는 기법으로 소프트웨어를 만들어낸 결과를 모르기 때문에 하는 얘기였다. 알파고의 메커니 즘은 단순히 바둑만을 위한 것이 아니라 바둑을 통해성능을인정받은 '범용프로그램'이다. 이를 '인공지능의 지배가 다가왔다'는 식으로 생각하 며 겁먹을 필요는 없다. 인간은 어차피 '지능' 자 체에 대해 잘모른다. 자신이 잘이해하지 못하고 있는 걸개발할수는 없는 노릇이다. 미래학자케 빈 켈리는 "앞으로 로봇과 얼마나 잘 협력하느냐 에따라연봉이달라질것"이라고말했다. 우리기 업들도인공지능과로봇의발전을위한장기투자 에 나설 때다.

들어가며: 이세돌 9단이 질 수밖에 없는 이유

인공지능 바둑 프로그램인 알파고가 세계 최초로 프로 선수인 판후이 2단을 5대0으로 제압하고 세계 최강인 이세돌 9단에게 도전장을 내밀었을 때 필자는 경악했다. 기껏해야 아마 5~6단 수준에 불과했던 인공지능 바둑 프로그램이 갑 자기 프로 9단 수준으로 급성장했다는 것을 믿을 수 없었다. 게다가 알파고 측에 서는 이세돌과의 대결에서도 정말 자신이 넘쳐 있었다. "알파고가 판후이 2단과 두었을 때보다도 더 늘기는 했을지라도 이번에 이세돌을 이기기는 힘들 것"이라 는 세간의 평가에 대해서 알파고를 개발한 구글 딥마인드의 하사비스 대표는 이 렇게 대답했다. "(그렇게 말하는) 그들은 프로그래머가 아니다.(They are not programmers!)"이 말은 곧 자신들은 프로그래머라는 말이다. 다시 말하면 프 로그래머가 모든 것을 확인하고 검증한 다음에 프로그램을 돌리듯이 자신들은 이번 대결에서 승리한다는 것을 확인하고서 도전한다는 말이다. 알파고는 이세 돌 9단과 대결하려고 (겨뤄보려고) 오는 것이 아니라 승리를 확인하기 위해서 서 울로 오는 것임이 명백했다. 그들의 이런 믿기 어려운 확신이 도대체 어디서 나 온 것인지 확인하기 위해서 그들이 네이처에 발표한 알파고에 관한 논문(그림 1). 제목을 '바둑 정복'이라고 쓴 논문을 꼼꼼히 정독했다. 또한 그 논문에 참여한 스무 명 공저자들의 지난 10여 년의 연구도 추적했다. 그리고는 필자는 결론을 내렸다. 이번 대결에서 알파고가 완승할 것이고 만약 이세돌 9단이 1승이라도 한 다면 그것은 그가 천재이기 때문이라고. 하지만 이렇게 공개적으로 예상한 전문 가는 필자뿐이었다. 내 예상은 이세돌 9단은 알파고에게 이길 수 없으니까 한 번 이라도 이기려면 5국 전체에 대한 전략을 짜서 단단히 준비하라고 하는 경고였 지만 누구도 내 말을 진지하게 귀담아 듣지 않았다. 그렇다면 필자는 왜 알파고 가 압승할 것이라고 결론을 내렸을까?

왜 바둑은 인공지능의 위대한 도전인가

이미 바둑을 제외한 모든 고전게임은 인공지능이 인간을 정복했다. 체스에서

는 1997년에 IBM의 '딥블루'가 체스 세계챔피언 카스파로프를 꺾었고, 역시 이 회사의 슈퍼컴퓨 터 '왓슨'은 2011년에 미국의 TV 퀴즈쇼 '제퍼디' 에서 인간 챔피언들을 제압했다. 그렇지만 전문 가들은 바둑에서는 앞으로도 최소한 10년은 더 있 어야 그런 도전이 가능할 (성공이 아니라) 것이라 고 예상했다. 바둑이 인공지능에게 어려운 이유는 두 가지 특성 때문이다. 첫째, 바둑에서는 경우의 수가 너무 많다는 점이다. 한 게임에서 평균적으 로 바둑판 위에 둘 수 있는 점은 250개이고, 게임 이 평균 150수까지 진행된다고 할 때 총 경우의 수 는 250¹⁵⁰ ≒ 10³⁶⁰이 된다. 이 숫자는 우주 내에 존재 하는 모든 원자의 개수(10⁸⁰)보다 많고 체스(10¹²³) 와는 비교도 할 수 없을 정도로 엄청나게 복잡하 다. 따라서 아무리 슈퍼컴퓨터를 수만 대 동원하 더라도 모든 경우의 수를 따져서 승리를 보장하는 최적의 수를 찾는 것은 불가능하다. 둘째, 어떤 대 국 상황에서 누가 이길 것인지를 예측하기가 매우 어렵다는 것이다. 체스나 장기의 경우에는 각각의 말들이 변하지 않는 내재적인 가치를 갖는다. 예 를 들어 장기에서 차(車)가 갖는 가치는 시종일관 변하지 않는다. 따라서 어떤 상황에서 양 대국자 가 갖고 있는 말들과 그 위치를 안다면 누가 이길 것인지를 예측할 수 있다. 하지만 바둑에서는 돌 의 가치가 모두 동일할 뿐만 아니라 상황에 따라 서 수시로 변한다. 예를 들어 중요한 '요석'1)이 '사 석²⁾작전'에 의해서 쓸모없는 말이 돼 버려지기도 하고 쓸모없는 말이 축머리³⁾가 돼 중요한 가치를 갖게 되기도 한다. 따라서 어떤 게임의 장면에서 누가 유리한지를 평가하는 것이 매우 어렵다.

컴퓨터가 활성화되기 시작한 1960년대 이후에 많은 연구자들이 컴퓨터 바둑 프로그램을 개발했지만 위에서 언급한 두 가지 이유 때문에 5급 정도의 낮은 아마추어 수준에 머물렀다. 그러다가 2008년경에 몬테카를로 트리탐색(Monte Carlo tree search)이라는 시뮬레이션 기법을 적용하면서 그수준이 아마 5단까지 비약적으로 상승했다.이 기법은 주어진 한수를 평가하기 위해서 그로부터 비롯되는 모든 가능성을 탐색하는 것이 아니라무작위로 선택한 샘플만을 검토하는데(rollout)

그림1

공동저자가 20명인 〈네이처〉 논문 "심층인공신경망과 트리 탐색으로 바둑 정복"

ARTICLE

doi:10.1038/nature16961

Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search

David Sliver¹⁸, Aji Hanagi²⁸, Chris I Maddison³, Arthur Gare³, Laurent Sire³, George van den Driessche³, Ablan Schaffen west³, Bounis Antonosgou³, Voda Penner-osher aun, Maut Lance³, Sander Dick rema³, Dominik Grewe³, John Nham³, Nal Kalchbrenner⁴, Iba Sutskever³, Timothy Lillicrap³, Madeleine Leach³, Koray Kavukcuoglu³, Thore Grapege³ & Demis Hassabia Charles

The game of Go has long been viewed as the most challenging of classic games for artificial intelligence owing to its enormous search space and the difficulty of evaluating board positions and moves. Here we introduce a new approach to computer Go that uses "value networks to evaluate board positions and policy networks" to select moves. These deep neural networks are trained by a novel combination of supervised learning from human expert games, and reinforcement learning from games of self-play. Without any lookaheads exerth, the neural networks play Go at the level of state-of-the-art Monte Carlo tree search programs that simulate thousands of random games of self-play. We also introduce a new search algorithm that combines Monte Carlo simulation with value and policy networks. Using this search algorithm, our program AlphaGo achieved a 99.8% winning rate againet other Go programs, and defeated the human European Go champion by 5 games to 0. This is the first time that a computer program has defeated a human professional player in the

All games of perfect information have an optimal value function, v'(s) which determines the outcome of the game, from every board positior or states, under perfect play by all players. These games may be solved by recursively computing the optimal value function in a search ten policies³³⁻¹⁵ or value functions¹⁶ based on a linear combination of input features.

샘플 크기를 늘리고 시뮬레이션 횟수를 증가시키면 모든 가능성을 검토한 것과 같은 평가함수가 계산된다. 아마 5단 수준의 인공지능 바둑 프로그램은 한 착수당 200만 번의 시뮬레이션을 실행해 가장 승률이 높은 점을 선택해 착수한다. 이 기법은 빠르게 다음 착수 지점을 찾을 수는 있지만 그 정확성은 아직 프로 수준에 미치지 못하는 단점이 있다. 예를 들어 일본에서 개발된 인공지능 바둑 프로그램 젠(Zen)이 2013년에 아마추어 9단에게 3점 접바둑으로 승리를 거뒀지만 프로 수준과는 상당한 격차가 있었다. 그렇다면 최초로 프로 바둑선수인 판후이 2단을 제압한 알파고는 어떤 구조로 돼 있을까?

알파고의 구조

알파고가 프로 선수를 이길 수 있는 성능을 발휘하게 된 데는 딥러닝(심화학습)의 대표적인 기법인 심층 인공신경망(인간의 뇌의 복잡한 뉴런 연결망을 흉내내는 기법)을 이용했기 때문이다. 심층 인공신경망(Convolutional Neural Network)은 비교적 새로운 기계학습 이론이지

- 1) 바둑에서 '상대의 세력을 끊는 중요한 돌'로 반드시 살려야 하는 돌이다.
- 2) 어떻게 두어도 '잡힐 수밖에 없게 된 돌'로, 전쟁의 포로와 같다.
- 3) 도망가는 경로에 자리 잡고 있어 활로가 열리도록 돕는 돌을 의미한다. 멀리서 기다리는 원군이라고 볼수 있다.

그림2 정책망: 다음 수의 후보 예측

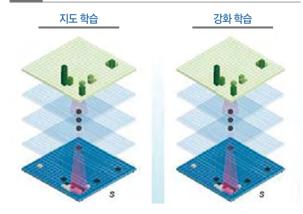
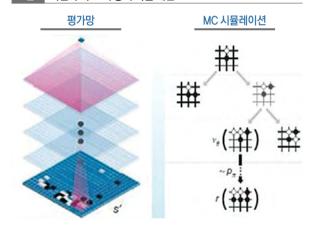


그림3 다음 수 후보의 승리 확률 계산



만 각종 패턴인식 대회에서 탁월한 효과를 내고 있다. 사실 이 기법은 2012년 이후에 본격적으로 활용됐지만 전광석화처럼 빠르게 발전하며 성과 를 내고 있다. 우선 알파고는 다음의 〈그림 2〉와 〈그림 3〉과 같이 중요한 3개의 심층 인공신경망과 몬테카를로 시뮬레이션으로 이뤄져 있다.

우선 정책망은 두 단계의 심층 인공신경망으로 이뤄져 있는데(그림 2) 지도학습을 하는 첫 단계에서는 우선 유럽의 아마고수들이 인터넷 바둑 (KGS Go Server)에서 뒀던 16만 대국의 기보에서 2940만 개의 바둑판 상황을 추출한 뒤 그런 장면에서 다음 수는 어느 위치에 착수할 것인지를 배운다. 실제로 아마고수들이 다음에 어느 위치에 착수했는지를 알고 있으니까 (그래서 지도 학습이

라고 함) 그것으로부터 일관적인 패턴을 분석해 서 흉내내고 익히는 것이다. 이미 이 단계에서 개 발된 모델은 특정 바둑판 상황에서 그때까지의 흑 백 착수 순서만을 입력해도 그 다음 수를 예측하 는 데 있어서 55.7%의 정확도를 보였다. 이는 기 존 다른 바둑 프로그램들의 예측치인 44.4%보다 도 높은 것이다. 첫 단계에서부터 엄청난 양의 기 보를 바탕으로 배워서 아마고수들의 착수를 잘 흉 내낸다고 해서 대국에서 이기는 것이 보장된 것은 아니다. 그래서 알파고는 2단계에서 다음 착수 선 정의 정확도를 (대국 승리와 직접적으로 연관지 어) 더욱 높이기 위해서 '강화학습'을 한다. 자기 자신과의 대국, 즉 현재의 모델과 그 이전 버전의 모델에서 임의로 추출한 모델과 수백만 번의 대국 을 벌이게 하고 시행착오를 통해서 스스로 학습함 으로써 모델을 점차 개선하는 것이다. 예를 들어 자신이 이긴 경기에 대해서는 해당 착수들이 승리 에 기여했음을 고려해 해당 착수의 선택 확률을 높이는 것이다. 특히 이 부분에서 알파고는 지능 의 중요한 요소인 '경험'을 통해서 스스로 학습하 는 능력을 구현하고 있다. 강화학습을 한 모델은 첫 단계의 모델과의 경기에서 80% 이상의 승률을 기록했다.

세 번째 단계에서는 다음 착수를 최종적으로 선 택하기 위해 주어진 경기 상황에서 각각의 착수 후보 위치를 계산한다. 그리고 각각의 착수 이후 에 나타나는 결과가 자신에게 얼마나 유리한지 (승률이 얼마인지)를 두 가지 기법으로 평가한다. 하나는 심층 인공신경망을 이용한 평가망(value network)4)이고 다른 하나는 기존의 몬테카를로 시뮬레이션(rollout)을 이용하는 것이다. (그림 3) 평가망은 자신과의 3000만 대국에서 축적한 자료 를 바탕으로 상황에 따라 필요한 장면을 추출해본 다. 끝까지 두어 보지도 않은 상태에서 누가 이길 것인지를 학습한 모델로, 심층 인공신경망이 처리 하는 방식이다. 평가망은 계산은 느리지만 상대적 으로 정확하고. 몬테카를로 시뮬레이션은 빠르지 만 상대적으로 정확도가 낮은 단점이 있다. 알파 고는 이 두 기법의 장단점을 보완하기 위해 두 기 법의 결과를 50%씩 반영해 최종 착수 위치를 결

그림4 정책망의 다음 수 추천(확률)



정한다. 알파고의 구조를 좀 더 쉽게 설명하기 위해 실제로 알파고와 판후이 2단이 뒀던 기보를 중심으로 각각의 단계가 어떻게 구현되는 살펴보자.

실제 대국의 한 장면5)

이 대국은 속기 대국의 한 장면으로 흑을 잡은 알 파고가 다음 수를 둘 차례다. 〈그림 4〉는 정책망에서 알파고에게 다음 수를 추천한 결과다. 중앙 아래쪽의 한 점이 60%의 높은 확률로 추천되고 있고 그 오른쪽에는 35%의 확률로 다른 점이 추천되고 있다. 그림에서는 추천 확률이 0.2 이상인 9개의 점이 표시돼 있고 추천 확률이 0.1 이하인 14개의 위치는 생략돼 있다. 〈그림 5〉는 이들 각각의 후보 지점에 착수를 했을 때 승률이 얼마인지를 각각 평가망과 시뮬레이션 기법으로 계산한결과를 보여준다.

〈그림 5〉의 왼쪽 바둑판을 보면 평가망으로 계산한 각 후보 점들의 승률을 보여준다. 6) 23개의 후보 중에서 우하귀 화점(오른쪽 하단에 빨간 동그라미가 쳐진 돌)이 승률 53%로 가장 높은 것으로 나타났다. 반면에 각 후보 지점에 대한 시뮬레이션(rollout) 결과는 오른쪽 바둑판에 나타나 있는데(초당 약 120만 번의 시뮬레이션) 좌하귀의 2선(바둑판 왼쪽 하단에 빨간 동그라미가 쳐진

그림5 다음 수의 승률 계산

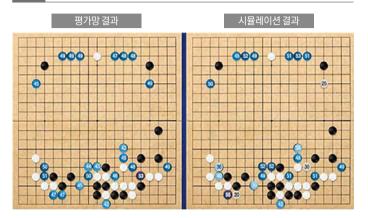
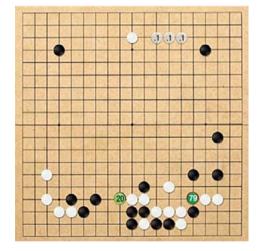


그림6 다음 수의 최종 결정

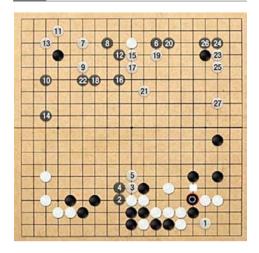


돌)에 있는 후보가 승률 55%로 가장 높다.⁷⁾ 다음수 후보의 승률 평가가 일치하는 경우에는 문제가 없지만 〈그림 5〉에서처럼 불일치하는 경우도 생긴다. 알파고는 두 기법의 결과를 50%씩 반영해〈그림 6〉과 같이 우하귀 화점(바둑판 오른쪽 하단에 빨간 동그라미가 쳐진 돌)을 최적의 착수로 선정한다.

〈그림 6〉에서는 〈그림 5〉의 두 결과를 50%씩 합

- 4) 가치망(value network)이라고도 하지만 필자는 평가망이라는 이름이 더 적절하다고 생각한다.
- Silver, David dt, al. (2016), Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search, Nature, p. 487.
- 6) (그림 5)에 표시된 값들은 착수 값(action values)이지만 여기에서는 편의상 확률로 설명하였다.
- 7) 오른쪽 바둑판에서 승률이 30% 이하인 점은 흰색으로 표시되어 있음.

그림7 최선의 수순 전개 예측



산한 상태에서 탐색 트리에서 가장 많이 방문한 지점을 다음 착수로 선택한다. 그렇게 하는 이유는 이 방법이 특별한 경우(outlier)에도 최적의 수를 추천하기 때문이다. 알파고는 자신의 최선의수를 찾는 것에만 그치지 않고 상대방의 최선의 응수와 이어지는 상호 간의 최선의 응수를 미리계산해 〈그림 7〉과 같이 지켜본다.

〈그림 7〉은 알파고가 우하귀의 ○ 표시에 흑을 놓은 이후에 전개되는 최선의 수들을 나타낸 것이다. 각각의 수들은 모두 위에서 설명한 절차에 따라서 계산한 결과다. 이 최적의 수순대로 흑백의수가 이어진다면 흑이 이길 확률은 53%로 그대로 유지된다. 만약에 백이 응수를 달리하면 어떻게 될까? 실제로 판후이 2단은 우하귀에 ①로 표시된 위치에 까우는 수를 두었다. 이 수는 최선의 응대가 아니므로 알파고가 응징을 하게 되면 승률의 더 높아지게 된다. 실제로 판후이 2단은 이 수(□) 이후에 더욱 불리해졌는데 대국 후 검토에서 그는 다음 수를 ①의 위치에 두었어야 했다고 후회했다.

알파고 업그레이드

알파고는 대단한 소프트웨어다. 알파고가 3주 동안 훈련한 약 3000만 건의 바둑판 상황은 유럽 아마고수들의 기보에서 추출한 것이다. 그중의 약

35%는 접바둑이었다. 그 아마고수들 모두는 중 국에서 정식으로 프로에 입단한 후이 2단에게는 절대로 이길 수 없는 사람들이다. 하지만 그 데이 터로부터 학습한 알파고는 판후이 2단에게 압승 했다. 그게 작년 10월이다. 구글 딥마인드도 이세 돌 9단에게 이기기 위해서는 알파고의 실력을 업 그레이드시켜야만 한다는 것을 잘 알고 있었다. 하사비스는 대표는 "이세돌 선수와의 대결을 위 해서 알파고를 업그레이드하기 위한 모든 준비를 다했다. 우리가 검증할 수 있는 모든 방법은 다 썼 다"고 자신 있게 말했다. 그렇다면 그들은 구체적 으로 어떤 준비를 했을까? 아마도 세 가지 방향으 로 준비를 했을 것이다. 첫째는 세계 최고 수준의 기보를 추가적으로 입력하지 않고 단지 자기 자신 과의 수천만 번의 대국을 통해서 계속 학습함으로 써 알파고의 정확도를 개선했을 것이다. 알파고는 쉬지도 않고, 자지도 않고, 지치지도 않고 학습할 수 있는 장점이 있다. 이 방법만으로는 이세돌 선 수와 대결을 위한 준비가 충분하지는 않다고 필자 는 생각한다. 그래서 두 번째는 알파고를 그야말 로 세계 최고수로 만들기 위해서 아시아 최정상의 기보도 입력해서 학습했을 것이다. 모든 기계학습 알고리즘이 그러하듯이 알파고의 능력은 학습에 사용한 데이터(기보)의 양뿐만 아니라 질에도 좌 우된다. 아시아 최정상의 기보를 바탕으로 학습한 다면 그 수준이 훨씬 높아지는 것은 자명하다. 알 파고는 덤 7집 반의 중국 룰에 맞춰져 있다. 그러 니까 아시아 최정상 프로들이 인터넷에서 중국 룰 로 대국한 기보를 바둑 포털 사이트에서 입수해서 입력했을 것이다. 알파고는 사람이면 1000년 이 상 걸리는 100만 번의 대국을 몇 주 만에 지도 학 습할 수 있으니까 지난 10월 이후에 지금까지 아 시아 최고 수준의 기보를 바탕으로 수없이 지도 및 강화학습을 했을 것이다. 세 번째는 스파링이 다. 이세돌 9단과 대결에 앞서서 최종적으로 이세 돌 선수와 동등한 수준의 중국 기사들과 실전연습 대결을 가졌음이 틀림없다. 딥마인드가 이세돌 선 수와의 대결에서 '자신 있다'고 당당했던 확신은 바로 이 스파링에서도 압승했음을 입증한다. 알파 고는 이 모든 준비를 끝내고 확신에 차서 이세돌

에게 도전장을 내민 것이다. 겨뤄보려고 도전한 것이 아니라 그들이 이긴다는 것을 세계에 확인시 키려고 서울에 온 것이다.

알파고를 만든 천재 과학자들

세렌디피티(serendipity)라는 말이 있다. 이 말 은 우연으로부터 중대한 발견이나 발명이 이뤄지 는 것을 의미한다. 알파고가 판후이 2단을 이긴 것 은 정말로 대단한 일이다. 하지만 그런 대단한 승 리가 우연히 이뤄진 것이 아니라 더 높은 상대인 이세돌 9단에 대해서도 반복 가능한 것인지를 확 인하기 위해서는 〈네이처〉 논문의 저자들에 대해 서 뒷조사, 즉 그들이 과연 지난 10여 년간 이 위 대한 도전에 성공하기 위해서 어떤 노력과 연구를 했는지를 추적할 필요가 있었다. 우선 20명의 공 저자 중에서 구글 딥마인드의 하사비스 대표에 대 해서는 이미 매스컴에서 그의 천재성에 대해서 많 이 다뤘기 때문에 언급을 생략하겠다. 하사비스 대표 외에도 알파고를 만드는 데 핵심적인 역할을 한 개발자들은 3명으로 압축된다. 〈그림 8〉의 사 진에 나타난 아자 황 박사는 이번 대결에서 알파 고의 손역할을 한 사람이다.

아자 황 박사는 박사 학위 논문도 몬테카를로 트 리탐색에 대해서 썼을 뿐만 아니라 에리카(Erica) 라는 최고 수준의 인공지능 바둑 프로그램을 개 발한 사람이다. 그는 위대한 도전에 성공하기 위 한 이론과 실무를 모두 갖춘 최고 적임자 중의 한 사람이다. 아자 황 박사의 최근 연구를 보면 2015 년 4월에 알파고의 정책망에 관한 논문을 발표했 는데8) 이미 작년 초에 알파고의 중요한 부분이 완 성됐음을 알 수 있다. 이 논문의 공저자는 모두 4명인데⁹⁾ 이들 중에서 3명은 모두 딥마인드 소 속이지만 한 연구자는 구글의 뇌 연구팀(brain research team) 소속인 수츠케버 박사다. 필자 는 그가 알파고 탄생에 있어서 가장 핵심적인 역 할을 했다고 생각한다. 그는 29세의 나이에 MIT 가 선정한 '35세 이하의 혁신가 35명'에 이미 뽑혔 을 정도였는데 이미 석사 때부터 바둑에 대한 '위 대한 도전'에 중요한 첫발을 내딛는다. 그가 2008 년에 쓴 논문은¹⁰⁾ 인공신경망을 이용해 아마고수들의 착수를 흉내는 것이었는데, 이는 인공신경망을 바둑에 적용한 최초의 논문이자 알파고의 정책 망에 해당하는 것이다. 하지만 연구 결과는 그의 기대에는 미치지 못했다. 그 이유는 간단한 형태의 인공신경망을 사용했기 때문이었다. 수츠케버는 복잡한 형태의 인공신경망을 배우기 위해서 딥러닝의 대표격인 심층 인공신경망의 대가 제프리힌튼 교수에게 가서 박사과정을 밟게 된다.

사실 인공신경망은 50년대부터 연구돼 왔지만 여러 기술적인 문제 때문에 암흑기를 거치고 있었다. 하지만 힌튼 교수는 어렵고 힘든 가운데서도 묵묵히 인공신경망 연구를 계속했고 2006년에는 드디어 기술적인 문제를 해결하는 방향을 제시한다. 111 그리고 2012년에는 이미지 넷(ImageNet)에서 시행하는 시각인식 대회(ILSVRC)에서 힌튼 교수와 2명의 박사과정 학생으로 구성된(물론수츠케버도 그 멤버 중의 하나다) 슈퍼비전팀은 심층인공신경망을 활용해 사진 판독의 오차율을

그림8 대국장의 아자 황 박사



- 8) Maddison C. J., et. al. (2015), Move Evaluation in Go using deep convolutional neural networks, 3rd International Conference Learning Representations.
- 9) 물론 이들 4명은 모두 네이처에 발표한 논문의 공저자들이기도 하다.
- Sutskever, I & Nair V. (2008), Mimicking Go experts with convolutional neral networks, In International Conference on Artificial Neural Networks, 101-110.
- 11) Hinton, G., Osindero S., & Teh W. (2006), A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets, Neural Computations, Vol. 18, No. 7, 1527-1554. 이 논문에서는 심층 인공신경망의 단점 (local minima)이 비지도 학습방법(unsupervised learning)을 활용한 데이터의 전처리과정(pretraining)을 통해 해결될 수 있음을 제시하였다.

26%에서 16%로 무려 38%나 줄이는 획기적인 결과를 제시했다. ¹²⁾

이후에 심층 인공신경망은 각종 패턴 인식대 회에서 발군의 성능으로 우승을 독차지하기 시 작했다. 이들 3명은 심층인공신경망연구소 (DNNResearch)라는 회사를 차리지만 이 회사 는 곧바로 구글에 인수됐다. 이제 수츠케버 박사 는 구글의 브레인 연구팀에서 본격적으로 위대한 도전을 하기 위한 준비상태가 됐다. 하지만 여전 히 강화학습을 통해 스스로 실수로부터 배우는 기 술은 부족한 상황이었다. 이 분야에서 세계 최고 는 딥마인드라는 회사였다. 이 회사는 인공신경망 과 강화학습을 이용해 인가처럼 실수를 통해 학습 하는 비디오 게임 프로그램을 개발한 곳이다. 구 글이 역시 딥마인드를 인수하려던 페이스북을 제 치고 인수에 성공하게 된 것이 2014년 초였고 그 때부터 수츠케버와 딥마인드는 위대한 도전에 박 차를 가하게 된다. 이 도전의 리더는 데이비드 실 버 박사로 그는 지난 몇 년 동안 강화학습에 관한 논문만도 25여 편을 쓸 정도로 인공신경망과 강화 학습의 대가다.(그림 10)

본격적으로 알파고를 개발한 지 1년 반 만에 지난 10월 판후이 2단과의 대결에서 압승을 한 알파고는 다시 6개월 만에 이세돌 9단도 이김으로써 위대한 도전을 성공적으로 마감하게 됐다. 알파고 개발에는 지난 10여년에 걸쳐 이 위대한 도전을 성공하려는 많은 천재 과학자들의 노력이 최상의 조건에서 합쳐졌기 때문이라고 할 수 있다. 그래서 하사비스 대표는 "개발자들과 스태프들이합심한 결과였다"고 기뻐했지만 사실 이 성공의 배후에는 구글의 에릭 슈밋 회장이 있다. 슈밋 회

그림9 슈퍼비전 팀(왼쪽이 수츠케버 박사)



장은 인공지능(기계학습)을¹³⁾ 구글의 차세대 성 장전략으로 정하고 인공지능의 신생 기업들을 쓸 어 모으다시피 했다. 현재 기계학습 분야에 있어 서 다양한 세계 최고 전문가의 50%가 구글 소속 일 정도다. 그는 "앞으로 인공지능에서 무슨 혁신 이 벌어진다면 그것은 모두 '구글이 이룬 것'이 될 것"라고 공언하기까지 했다. 바둑에 대한 위대한 도전도 슈밋 회장의 이런 성취욕에서 시작된 것 이다. 그가 이번 대결의 전날 기자회견에 깜짝 등 장한 것¹⁴⁾도 알파고 개발자들이 이 위대한 도전의 성공을 확신했고, 그 현장을 직접 눈으로 확인하 기 위해서였을 것이다. 그가 인사말에서 "결과가 어떻든 이 대결은 인류의 승리다(Whatever the result, the match is 'a win for humanity')" 라고 했을 때 마치 (대결이 시작되기도 전에) 패자 인 이세돌 9단과 우리를 위로하는 소리로 들릴 정 도였다.

알파고 관련 이슈들, 그리고 오해

1)불공정한 대결?

일부에서는 이번 대결이 이세돌 선수에게는 애 초부터 불공정한 것이었다는 주장이 있었다. 그 주된 근거는 1202대의 컴퓨터(CPU)와 싸우는 것 은 마치 갑옷도 입지 않은 이세돌 선수에게 1202 마리의 맹수가 달려든 격이라는 것이었다. 이런 주장은 문제의 핵심을 전혀 모르는 사람들의 어처 구니없는 주장이다. 컴퓨터 1200대 정도만 필요 한 도전이었다면 위대한 도전이 아니라 시시한 도 전이었을 것이다. 사람들은 경우의 수가 암만 많 더라도 직관을 이용해서 바둑에서 좋은 수를 찾 아가지만 직관을 사용할 수 없는 컴퓨터는 계산 을 통해서 좋은 수를 찾아가야 하는데 경우의 수 가 너무 많고 평가함수 개발이 매우 어렵기 때문 에 컴퓨터를 1000대가 아니라 100만 대를 갖고 온 다고 해도 해결할 수 없는 문제다. 그래서 원래 문 제 자체가 "동원할 수 있는 하드웨어를 다 동원해 봐라! 그게 계산이 되나? 그래서 직관을 가진 사 람을 이기기는 불가능하다! "였다. 이것은 하드웨 어 문제가 아니라 소프트웨어의 문제다. 페이스북

그림10 개발팀 리더 실버 박사(왼쪽)



도 자신들이 프로선수를 이기는 도전에 근접했다고 공언했지만 여전히 아마 6단 수준이다. 페이스북이 컴퓨터 1000대가 없어서 아직 성공하지 못하고 있겠는가?

2)비대칭 정보?

이세돌 선수가 세 번째 대국에서도 져서 스코어 가 3대0이 되자 이 대국이 애초부터 이세돌 선수 에게 불리한 대결이었다는 주장도 나왔다. 그런 주장은 우선 '시기'부터가 잘못됐다. 그런 주장을 하려면 대결을 계약하기 전에 제기했어야지 대결 전엔 '이게 웬 떡이야' 하고 덥석 받아놓고서 막상 지게 되니까 그런 주장을 하는 것은 너무 궁색하 다. 둘째, 그런 주장 자체도 틀린 것이다. 구글 딥 마인드는 알파고가 이세돌 9단의 기보를 별도로 연구하지는 않겠다고 했다. 그 이유는 사실 하지 않겠다는 것이 아니라 할 수 없기 때문이다. 알파 고가 사용하는 심층 인공신경망을 통한 학습은 엄 청나게 많은 기보를 분석해서 승리를 보장하는 일 관성 있는 패턴을 학습한다. 이세돌 9단이 많은 대 국을 두기는 했지만 한국에서 둔 바둑들은 덤 6집 반 경기라 소용이 없다. 중국 룰로 진행된 국제대 회나 중국 리그에서 이세돌 선수가 둔 경기를 다 모은다고 해도 기껏해야 1000대국도 되지 않을 것이고 이 정도는 빅데이터 시각으로 볼 때는 소 용이 없을 정도로 적은 것이다. 따라서 알파고 측 에서는 이세돌에 대한 정보가 하나도 없는 것이 다. 반대로 이세돌 측에서는 〈네이처〉에 게재된 알파고에 대한 논문도 있고 판후이 2단과 두었던 5번의 기보도 있으니까 충분한 정보가 있었던 것 이다. 문제는 알파고를 그다지 공부하려 하지도 않았고 근거도 없는 이세돌 선수의 일방적인 우세 분위기에 매몰됐던 것이다.

3)재대결 혹은 커제와의 대결?

당신이 구글의 회장이라면 이세돌 선수와 혹은 다른 선수와 또 대결을 하겠는가? 구글 측에서는 이 위대한 도전을 한 번에 성공했음을 이미 전 세 계에 과시했다. 다른 선수와 다시 대결할 인센티 브가 전혀 없다. 딥마인드는 우수한 인력을 더 이 상 바둑에 배치하지 않고 다음의 목표인 스타크래

¹²⁾ Krizhevski, A., Sutskever, I. & Hinton, G. (2012), ImageNet classification with deep convolutional neural networks, In Advances in Neural Information Pro-cessing Systems, 1097–1105.

¹³⁾ 약한 인공지능은 잘 규정된 작은 문제를 해결하는 것으로 그 중요 수단이 기계학습이다.

¹⁴⁾ 알파고가 3승을 했을 때 마치 예견한 듯이 구글 창업자인 세르게이 브린도 깜짝 등장했다.

알파고가 인간의 고유한 영역이라는 바둑마저 침범하자 인간을 넘어서는 인공지능에 대한 우려의 목소리가 높아지고 있다. 하지만 결론적으로 말하자면 그런 걱정은 기우다.

프트 게임을 향해서 매진할 것이다. 하지만 구글이 거절하지 못할 제안을 한다면 가능할 수도 있다. 예를 들어 알파고와 한중일의 국가팀(나라별 5명의 대표선수)이 풀리그를 벌인다든지, 아니면한중일 연합팀(각나라 3명의 대표가 연합)이 알파고와 5전3선승제로 슈퍼매치를 벌인다든지 한다면구글도 고려해볼수는 있을 것이다.

4)선택적 지각의 문제!

심리학에는 선택적 지각(selective percep -tion)이란 개념이 있다. 이는 정보를 객관적으 로 받아들이지 않고 자신이 듣고 싶은 것만 듣고. 보고 싶은 것만 선택적으로 받아들이는 것을 말 한다. 이번 대결에서는 이런 선택적 지각이 집단 적인 수준에서 나타났다. 알파고가 압승할 거니 까 이세돌 선수가 1승이라도 하려면 철저하게 준 비해야 한다는 필자의 경고는 대부분의 전문기사 들이나 인공지능 연구자들에게는 바둑을 모르는 사람의 어설픈 예측으로 무시됐다. 이세돌 선수 도 1패라도 한다면 이 대국에서 진 것으로 하겠다 고 장담했고 사람들은 이번 대결에서 약 13억 원 을 쉽게 챙기고 다음 도전에서 더 많은 돈을 챙기 게 될 이세돌 선수를 행운아라고 부러워했다. 실 제 대국의 중계방송에서도 마찬가지 현상이 벌어 졌다. 다음은 제2국 중계방송의 일부분이다.

이세돌이 유리한데요. 알파고의 수가 이해가 되지 않네요. 근데… 집을 막상 세어보니 알파고가 일리가 있네요?

. . .

그래도…이세돌이 유리한데요. 알파고가 이해가 가지 않네요… 이것은 명백한 실수, 오류입니다. 근데… 집을 막상 세어보니 알파고가 뒤지지 않고 있네요?

정말 이상합니다.… 이세돌이 졌어요. 그것도 갑자기 많이 차이가 나게….

실제 1, 2, 3대국의 중계방송에서는 계속 이세돌 선수가 유리하고 알파고는 실수를 연발하는 데도 마지막에는 "어! 그런데 알파고가 이겼네요!"라 는 어처구니없는 중계를 반복했다. 지피지기(知 彼知己)의 교훈이 무시되는 싸움에서는 중계방송 에서조차 낭패를 겪을 수밖에 없었다.

5)인공지능에 대한 우려

알파고가 인간의 고유한 영역이라는 바둑마저 침범하자 인간을 넘어서는 인공지능에 대한 우려 의 목소리가 높아지고 있다. 하지만 결론적으로 말하자면 그런 걱정은 기우다. 현재의 인공지능 은 아주 잘 정의된 작은 영역에서 문제를 푸는 약 한 인공지능으로 이미 우리 주위에 깊이 침투해 있다. 이제 약한 인공지능은 우리의 삶을 유택하 게 하는 보조적인 도구로써 없어서는 안 될 중요 한 역할을 하고 있는 것이다. 우리가 매일 하는 검 색엔진에서부터 스팸메일 구분, 온·오프라인에 서의 책/영화/음악 등 각종 제품과 서비스의 추천 등이 바로 인공지능이 하는 일이다. 산업 전반에 서도 복잡한 전자회로의 설계에서부터 시설의 배 치, 운송 최적화, 예방 정비 등 운영의 효율과 생산 성 증대 부문에서 뛰어난 성과를 올리고 있다. 미 래학자 케빈 켈리는 '앞으로 로봇과 얼마나 잘 협 력하느냐에 따라 연봉이 달라질 것'이라고 말했 다. 이제 우리는 약한 인공지능이라는 도구를 유 용하게. 그리고 현명하게 사용하려는 시각과 태 도를 가져야 한다. 하지만 영화에서 많이 등장하 는 인간 수준의 강한 인공지능이 탄생하려면 아직 넘어야할 산이 많고 가야할 길도 멀다. 필자는 영 화에서 많이 등장하는 인간 수준의 인공지능이 현 실적으로 실현될 가능성을 거의 '제로'로 보고 있 다. 모든 사람이 누구나 갖고 있는 지능이란 무엇 일까? 지능의 실체는 너무 다양해서 제대로 정의 하기 어렵다. 따라서 인공적으로 지능을 만들 수 는 없다. 우리가 알지도, 파악하지도 못하는 것을 만들어낼 수는 없기 때문이다. 의학이나 과학 등 이 매우 발달한 현재도 아직 우리가 인간 자체에 대해 알고 있는 것은 극히 제한적이다. 그렇기 때 문에 인간이 지닌 섬세한 감정, 열정, 반사 신경 등 수많은 요소를 흉내내는 건 불가능하다. 영화 는 픽션이니까 영화로 즐기면 되지 현실에서 일어 날까봐 걱정할 필요는 없는 것이다. 알파고를 보 라! 세계 최고수의 바둑을 두지만 자신은 바둑이 뭔지도 모른다. 아니, 자기 자신이란 것도 아예 없 다. 바둑돌을 집어서 바둑판 위에 놓을 줄도 몰라 서 아자 황이 대신 손 역할을 해서 돌을 집어서 놔 주지 않았던가?

결어: 인공지능의 활용과 우리 기업의 대응

앞서도 잠시 언급했지만 인공지능의 비즈니스 활용법은 거의 무한에 가깝다. 수많은 비즈니스 기회를 제공하고 우리의 생활과 업무를 바꿀 것이다. 인공지능이 '바둑 하나'에 매몰되는 게 아니라 이 '바둑 정복'이라는 목적을 달성하기 위해 개발된 수많은 메커니즘이 곧바로 다른 영역에 활용될 수 있도록 확산될 것이기 때문이다. 이를 '범용 (general purpose) 프로그램'이라 한다. 인공지능에서 범용 프로그램이란 해당 문제뿐만 아니라다른 문제를 해결하는 목적으로도 사용할 수 있는 프로그램을 말한다. 알파고는 범용을 지향하는소프트웨어로써 바둑뿐만 아니라다른 문제를 푸는데도쓸수 있다. 사실 체스 챔피언을 꺾은 딥블루는 오직 체스만을 빠르게 두기 위해서 만들어진컴퓨터였다. 딥블루로는 체스보다도 훨씬 쉬운 오

목을 둘 수 없는 것이다. 마찬가지로 퀴즈쇼 제퍼디에서 우승한 왓슨 역시 음성을 인식한 뒤 엄청나게 빠른 정보처리능력을 바탕으로 질문과 답변의 형태에만 특화한 시스템이었다. 하지만 알파고는 사람처럼 경험을 통해서 학습해 문제를 효과적으로 해결하는 범용 프로그램이었고, 따라서 바둑을 두는 것 외에도 다른 문제를 해결하는 데 활용가능하다. 사실 현실 세계의 많은 문제들은 바둑을 두는 것과 같은 특성을 가지고 있다. 너무 복잡하고 경우의 수가 너무 많아서 풀기가 불가능하게 여겨지는 문제들, 예를 들면, 기후 모델링, 복합성질환 분석 등 다양한 문제를 푸는 데 알파고를 활용할 수가 있다.

구글, 페이스북, 마이크로소프, IBM 등의 글로 벌 기업들이 인공지능에 적극적으로 투자하고 있 는 이유는 명확하다. 빅데이터 시대의 화두는 기 계학습을 통해 데이터 속에서 인사이트를 캐내는 것이라는 비전을 갖고 있기 때문이다. 한국 대기 업들이 이 분야에 적극적으로 뛰어들지 않은 이유 는 바로 이런 전략적 비전을 갖고 있지 않아서다. 더욱이 인공지능은 어떤 하나의 발견이나 기술로 해결할 수 있는 분야가 아니라 컴퓨터공학을 넘어 생명과학과 뇌 과학 등 여러 분야의 연구가 동시 에 이뤄져야 한다. 따라서 인력 양성과 투자가 장 기적인 관점에서 지속적으로 수행돼야 하지만 단 기적인 ROI에 매몰돼 있는 우리 기업의 현실적인 상황에서는 '4차 산업혁명'의 핵심 화두인 인공지 능 분야에서 조연에 그치게 될 공산이 크다. 따라 서 우리 기업들에게는 빅데이터와 기계학습이 새 로운 전장(next frontier)이라는 명확한 인식과 분발이 요구된다. 또한 인공지능의 발달에 필요한 생태계를 조성하려는 정부의 정책적인 노력과 지 원도 시급하다. D

김진호 교수는 서울대 경영대를 졸업하고 펜실베이니아대(Wharton School)에서 경영학 석사와 박사 학위를 받았다(통계학 부전공). 사회와 기업의 다양한 문제들을 계량분석적으로 접근하는 연구를 주로 했다. 저서로는 (Keeping Up With the Quants: Your Guide to Understanding+Using Analytics(Harvard Business Review Press)》 등이 있으며, DBR에 'Power of Analysis'를 연재하고 있다. 최근 알파고와 이세돌 9단의 대국을 앞두고 많은 바둑 전문가들과 달리 알파고가 5대0으로 완승할 것이라고 예측해 주목을 끌었다. 또실제 대국을 모인터넷 방송을 통해 정확하게 중계하면서 화제의 중심에 섰다.

DBR은 기존 국내 매거진과 확실히 다릅니다.

高純度 경영 콘텐츠

기존 시사 경제지의 잡식성 콘텐츠를 지양합니다. 기업경영에 초점을 맞춰 심층적인 콘텐츠를 전달합니다.

현장형 콘텐츠

DBR은 단순히 정보만을 전달하지 않습니다. 현장의 생생한 케이스와 실질적인 솔루션을 드립니다.

MBA 출신의 제작진

고급 콘텐츠 제작을 위해 경영학 박사, MBA 기자들이 모였습니다. 차별적인 맨파워로 한발 앞선 정보를 제공합니다.

생생한 해외 콘텐츠

DBR은 국내에서 유일하게 하버드 비즈니스 리뷰(HBR) 맥킨지쿼털리와 전재 계약을 맺었습니다. 와튼스쿨 IMD INSEAD 등 14개 해외 기관의 콘텐츠도 DBR 지면에 소개됩니다.

국내 최초의 경영지식 통합 솔루션

매거진은 물론 프리미엄 온라인 사이트, e-mail 뉴스레터, 오프라인 강좌를 함께 이용할 수 있습니다.

DBR. 이렇게 신청하세요.

발행정보 | 월 2회 발행, 연 24회 발행 가격 | 낱권 12,000원, 연 288,000원 1년 정기구독료 | 240,000원 인터넷 구독 신청 | www.dongaBiz.com 온라인 투고 | DBR@donga.com

- ●개인 구독 문의 │ 070-4040-6764 은행계좌 │ 우리은행 1005-801-116229 (주)디유넷
- 단체 구독 문의 □ 02-2020-0570 은행계좌 □ 우리은행 217-221493-13-002 (주)동아일보사