



**KCMI**

Korea Capital  
Market Institute

# 4차 산업혁명과 자본시장 - 인공지능과 블록체인 -

권민경 | 조성훈

# 4차 산업혁명과 자본시장

- 인공지능과 블록체인 -

2018. 12.

|        |     |
|--------|-----|
| 연구위원   | 권민경 |
| 선임연구위원 | 조성훈 |





## 序 言

컴퓨터, 인터넷, 모바일로 이어지면서 눈부시게 발전하고 있는 정보통신기술(ICT)은 이미 인간 사회의 구석구석까지 파고들었으며, 사회가 작동하는 모습을 근본적으로 변화시키고 있습니다. 이러한 거대한 변화를 촉자는 ‘디지털화(digitalization)’라고도 하고, 일각에서는 과거에 유사하게 근본적인 변화를 가져온 산업혁명이 또다시 일어나고 있다는 의미에서 ‘4차 산업혁명’이라고 부르기도 합니다.

4차 산업혁명의 물결은 자본시장을 비롯한 금융산업에도 ‘핀테크(fintech)’라는 이름으로 큰 영향을 미치고 있습니다. 과거에는 다룰 수 없었던 다양한 형태의 거대한 데이터를 관리하고 분석하는 빅데이터 기술을 이용하여 금융회사는 금융소비자 자신보다 더 정확하게 고객의 성향을 파악하고 그에 맞는 상품이나 서비스를 설계하여 제공하려는 노력을 펼치고 있습니다. 인공지능은 투자자의 자산관리 서비스, 금융회사의 업무효율화 등에서 이미 폭넓게 활용되고 있으며, 블록체인이 금융 서비스의 인프라를 근본적으로 바꾸어 놓을 것이라는 기대 속에서 다수의 금융시장 플레이어들이 시장 도입을 위한 노력을 기울이고 있습니다.

국내의 금융산업, 그 중에서도 금융투자회사를 비롯한 자본시장 플레이어 역시 4차 산업혁명이 초래하는 변화의 흐름에 뒤처지지 않기 위하여 다각도로 노력을 기울이고 있습니다. 그리고 4차 산업혁명이 무엇인지, 핵심 기술에는 어떤 것들이 있는지, 향후 사회에 어떠한 영향을 미칠 것인지에 대하여 포괄적 관점에서 서술한 다수의 서적들이 발간되고 있습니다. 그러나 보다 구체적으로 자본시장이라는 영역에 한정하여 4차 산업혁명의 핵심기술을 설명하고, 도입·활용을 위해 어떠한 노력이 나타나고 있으며, 금융소비자, 금융회사, 그리고 정책당국에 주는 시사점은 무엇인지를 다룬 자료는 그리 많지 않은 것이 현실입니다.

이러한 문제의식에서 출발하여 본 보고서는 4차 산업혁명을 이끄는 다양한 기술 중에서도 특히 자본시장에서 활용 시도가 활발하게 이루어지고

있는 2개의 기술 - 인공지능과 블록체인 - 에 집중하여, 기술의 개요를 설명하고, 현재 진행되고 있는 자본시장에서의 도입 논의와 사례를 정리하며, 이를 토대로 자본시장 업계 및 정책당국에 대한 시사점을 제시하고자 하는 목적으로 작성되었습니다. 본 보고서가 우리나라 자본시장에서 인공지능과 블록체인의 도입 및 활용에 있어서 도움이 될 수 있기를 기대합니다.

이 보고서를 작성한 본 연구원의 권민경 연구위원과 조성훈 선임연구위원에게 감사의 뜻을 표합니다. 보고서 세미나와 심사 과정에서 귀중한 조언을 제공한 이성복 연구위원에게도 감사의 말씀을 드립니다. 또한 자료 수집과 정리를 위해 수고한 공경신 선임연구위원과 여밀림 연구원, 원고 교정과 편집에 수고한 신지원 연구조원께도 감사드립니다. 마지막으로 본 보고서의 내용은 연구진 개인의 의견이며, 본 연구원의 공식의견이 아님을 밝힙니다.

2018년 12월  
자본시장연구원  
원장 박영석

## 목 차

---

---

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Executive Summary .....      | ix |
| Abstract .....               | xv |
| <br>                         |    |
| I. 서론 .....                  | 3  |
| <br>                         |    |
| II. 인공지능의 활용 .....           | 9  |
| 1. 인공지능 개요 .....             | 9  |
| 2. 자본시장에서의 인공지능 기술의 활용 ..... | 37 |
| 3. 소결 및 시사점 .....            | 46 |
| <br>                         |    |
| III. 블록체인의 활용 .....          | 51 |
| 1. 블록체인 개요: 개념 및 특성 .....    | 52 |
| 2. 블록체인의 문제점 및 대응 .....      | 58 |
| 3. 자본시장에서의 블록체인 기술의 활용 ..... | 71 |
| 4. 소결 및 시사점 .....            | 77 |
| <br>                         |    |
| IV. 결론 .....                 | 81 |
| <br>                         |    |
| 참고문헌 .....                   | 85 |

## 표 목 차

---

---

|   |    |
|---|----|
| <표 III-1> Forbes Fintech 50 중 블록체인 스타트업 ..... | 72 |
|---|----|

## 그림 목 차

---

---

|  |    |
|--|----|
| <그림 II-1> 퍼셉트론의 구조 .....                           | 15 |
| <그림 II-2> 퍼셉트론을 통한 AND/OR 문제 구현 예시 .....           | 16 |
| <그림 II-3> 다층 퍼셉트론의 구조 .....                        | 17 |
| <그림 II-4> 다층 퍼셉트론을 통한 XOR 문제 구현 예시 .....           | 18 |
| <그림 II-5> 역전파 예시: 인공신경망 모형 .....                   | 21 |
| <그림 II-6> 역전파 예시: 가중치 $w_5$ 에 대한 오차 정보의 전파 .....   | 23 |
| <그림 II-7> 역전파 예시: 가중치 $w_1$ 에 대한 오차 정보의 전파 .....   | 24 |
| <그림 II-8> 군집 모형 예시 .....                           | 27 |
| <그림 II-9> 강화학습의 개념도 .....                          | 28 |
| <그림 II-10> 활성화함수 예시 .....                          | 31 |
| <그림 II-11> 이미지 인식 서비스 예시 .....                     | 33 |
| <그림 II-12> 콘볼루션 신경망 모형 예시 .....                    | 34 |
| <그림 II-13> 순환신경망 모형의 개념 .....                      | 36 |
| <그림 III-1> 블록체인과 비트코인 관심도 추이 (Google Trends) ..... | 51 |
| <그림 III-2> 비트코인 가격 추이 (2013.10.1~2018.9.30) .....  | 66 |



## 약 어 표

---

|       |  |
|-------|--|
| 5G    | 5th Generation                               |
| AI    | Artificial Intelligence                      |
| API   | Application Programming Interface            |
| AR    | Augmented Reality                            |
| ASX   | Australian Securities Exchange               |
| BDI   | Belief, Desire, Intention                    |
| BIS   | Bank of International Settlement             |
| CCTV  | Closed Circuit Television                    |
| CHESS | Clearing House Electronic Subregister System |
| CIO   | Chief Information Officer                    |
| CPU   | Central Processing Unit                      |
| CSD   | Central Securities Depository                |
| DAO   | Decentralized Autonomous Organization        |
| DTCC  | Depository Trust & Clearing Corporation      |
| FATF  | Financial Action Task Force                  |
| FPGA  | Field Programmable Gate Array                |
| GPU   | Graphics Processing Unit                     |
| ICO   | Initial Coin Offering                        |
| ICT   | Information & Communication Technology       |
| IoT   | Internet of Things                           |

|       |   |
|-------|---|
| IPO   | Initial Public Offering                                 |
| IRS   | Internal Revenue Service                                |
| MNIST | Modified National Institute of Standards and Technology |
| MRC   | Machine Reading Comprehension                           |
| NPU   | Neural Processing Unit                                  |
| P2P   | Peer to Peer  |
| SI    | System Integration                                      |
| SNS   | Social Network Service                                  |
| TPU   | Tensor Processing Unit                                  |
| TWH   | TeraWatt-Hour   |
| VR    | Virtual Reality   |
| WEF   | World Economic Forum                                    |



## 《 Executive Summary 》

‘4차 산업혁명’은 디지털 트랜스포메이션(digital transformation)에 의한 산업, 일하는 방식, 나아가 사회·정치적 변화까지 아우르는 개념으로 자본시장을 비롯한 금융산업에도 큰 변화를 가져올 것으로 예상된다. 기업의 자금조달 방식, 개인과 가계의 저축 및 투자 행태, 그리고 이들을 연결해주는 금융기관의 비즈니스와 가치사슬에 4차 산업혁명은 이미 다양한 모습으로 영향을 미치고 있으며, 향후 금융이 작동하는 모습을 근본적으로 변화시킬 가능성이 있다. 따라서 금융회사의 입장에서는 이러한 대(大)변화에 효과적으로 대응하여 변화의 흐름에 뒤처져 도태되지 않도록 해야 할 뿐 아니라, 변화 속에서 새로운 사업 기회를 찾아내야 한다. 이를 위해서는 4차 산업혁명을 통하여 금융에 어떠한 변화가 일어나고 있으며, 어떤 도입·활용 노력이 나타나고 있는지 파악하는 것이 필요하다. 본고는 이러한 노력의 일환으로, 4차 산업혁명을 이끄는 다양한 핵심 기술 중 자본시장에서 활용 가능성이 가장 높다고 생각되는 인공지능과 블록체인의 두 가지 기술에 집중하여 개념과 작동원리, 도입·활용 사례를 정리해서 소개한다.

인공지능의 개념은 오래 전부터 존재하였고 그 용어도 이미 John McCarthy 교수의 제안으로 1955년부터 사용되어 왔다. 그러나 인공지능 열풍이라 불릴 만큼 압도적인 관심을 받게 된 것은 비교적 최근의 일이다. 2006년 인공신경망에서 딥러닝 기법의 도입, 2012년 이미지넷 경연대회에서 딥 콘볼루션 신경망의 출현, 그리고 결정적으로 2016년 구글 딥마인드의 ‘알파고’ 사건은 인공지능 기술이 해당 전문가 집단을 넘어 일반 대중에게 뚜렷하게 인식되는 계기가 되었다.

현재 인공지능 열풍을 주도하고 있는 모형은 단연 인공신경망이다. 인공신경망은 그 이름이 의미하듯 생물신경망으로부터 아이디어

를 차용하여 만들어졌으며, 뉴런의 집적을 통해 아무리 복잡한 함수라도 모형화할 수 있다는 강점을 가지고 있다. 다만 현실적으로 데이터를 학습함에 있어 경사감소소멸(vanishing gradient)이나 과적합(overfitting)과 같은 기술적 문제가 나타날 수 있고 학습할 데이터의 양이나 연산 속도 등에 있어 아직까지 활용에 제약이 따르는 상황이다. 인공지능, 특히 머신러닝의 종류로는 인공신경망 외에도 결정트리모형, 서포트벡터머신 등의 지도학습 모형이 있으며, 그 밖에도 주성분분석, 군집과 같은 비지도학습 모형, 시행착오를 통해 최적의 행동 전략을 찾는 강화학습 방식의 모형이 있다.

최근 들어 인공지능 기술이 뛰어난 성과를 보이며 대중의 주목을 받게 된 배경은 다음과 같다. 첫째, 학습에 활용할 수 있는 양질의 데이터가 크게 늘어났으며, 둘째, 인공지능 모형의 알고리즘이 획기적으로 개선되었고, 셋째, 데이터의 연산 및 저장에 쓰이는 하드웨어가 발전하였으며, 마지막으로 인공지능 관련 오픈 소스 프레임워크가 널리 보급되고 개발자 간 지식을 공유할 수 있는 온라인 커뮤니티가 활성화되었다. 현재 인공지능은 이미지 인식과 자연어 처리, 이상탐지 등의 기초 기술 분야에서 매우 활발하게 사용되고 있으며, 이를 기반으로 하여 자율주행자동차, 가상비서 등 복합적이고 파급력이 큰 서비스도 잇따라 개발되는 추세이다.

다른 산업과 마찬가지로 인공지능은 자본시장에서도 활용도가 매우 높다. 특히 자산운용, 신용평가, 챗봇을 통한 업무 효율화, 이상탐지 분야에서 인공지능 기술을 적용하려는 시도가 활발히 이루어지고 있다. 이미 유수의 글로벌 금융회사들이 금융 서비스의 효율 증대 또는 조직 운영에 드는 비용 감소를 위해 인공지능 기술을 속속 도입하고 있으며, 상대적으로 규모가 작은 전문 핀테크 업체들은 인공지능 기술을 활용하여 기존에 없던 혁신적인 금융 서비스를 개발하고자 노력을 기울이고 있다. 한편, 기술적 우위를 보유한 글로벌 ICT업체들

은 그들이 보유한 고객 데이터와 인공지능 기술을 결합하여 종합적인 금융 서비스를 제공하려는 움직임을 보이고 있다.

아직까지 인공지능 기술은 우리가 공상과학 영화에서 보는 것처럼 인간을 대신해 모든 것을 처리할 수 있는 만능 해결책이 아니다. 그렇지만 지금까지 그래왔듯 앞으로도 데이터의 증가, 알고리즘 및 하드웨어의 꾸준한 개선 등에 힘입어 자본시장 등 모든 산업에서 그 활용도를 넓혀 나갈 전망이다. 인공지능 기술을 활용함에 있어 결국 가장 중요한 핵심은 양질의 데이터 확보에 있다. 업계에서는 사전에 가치 있는 데이터를 발굴하고, 활용 가능한 형태로 축적하며, 각 채널별로 수집한 데이터를 전사적 관점에서 체계적으로 관리하려는 노력이 필요할 것이다.

다음으로 블록체인은 ‘디지털화된 공개분산원장(public distributed ledger)’에 의하여 기록의 무결성과 신뢰성을 확보하는 컴퓨터 네트워크 기술’로 정의할 수 있으며, 2008년 비트코인(Bitcoin)을 구동하는 기반기술로 세상에 등장한 이후 많은 관심의 대상이 되었다. 그러나 초기의 흥분(hype)이 진정되는 가운데 한계와 문제점들이 드러나게 되었고, 본격적인 도입·활용도 애초 가졌던 기대보다는 느리게 진행되는 모습을 보이고 있다. 동시에 한계와 문제점을 해결하기 위한 노력 역시 꾸준하게 이루어지면서 상당한 변화와 발전도 이룩하였다.

블록체인은 모든 참여자들이 P2P로 연결되는 네트워크 구조, 합의 알고리즘, 고도로 암호화된 블록 생성과 연결이라는 작동 원리에 따라 탈집중화, 보안성·안정성, 그리고 경제성과 효율성이라는 특성을 갖는다. 그러나 작업증명이라는 합의 알고리즘을 사용하는 개방형(public) 블록체인은 거래처리 속도가 느리다는 점, 전력·컴퓨터 연산능력 등 자원을 과도하게 소비한다는 점이 지적되어 왔으며, 블록체인의 최대 강점이라고 할 수 있는 보안성·안전성에 대한 의문도 제기되고 있다.

이러한 문제 제기에 대응하여 이루어진 블록체인의 개선 노력으로는 첫째로 거래처리 속도를 높이고 자원 소비를 줄이기 위한 대안적 합의 알고리즘들이 등장 또는 제안되었다는 것이며, 그 중에서 가장 대표적인 것이 ‘지분증명(proof of stake)’이다. 거래처리 속도를 높이기 위한 다른 시도로는 블록의 크기 확대, 블록에 기록되는 거래정보의 구조 수정 등이 있다. 또한 사업상 활용 가능성을 높이기 위한 차원에서, 폐쇄적인 사적(private) 혹은 컨소시엄 블록체인을 구성하여 사전적인 신뢰를 확보하고 합의 알고리즘을 없애거나 단순화함으로써 거래처리 속도를 높이고자 하는 흐름도 나타나고 있다.

한편 블록체인 상에서 발행·유통되는 가상통화가 법화(fiat currency)를 대체하는 지불수단으로 자리잡았다고 보기는 어려우며, 이는 가상통화 자체 가격의 변동성이 매우 큰데 기인한다. 그리고 가상통화를 발행하여 블록체인을 기반으로 한 사업이나 프로젝트 추진에 필요한 자금을 조달하는 ICO(Initial Coin Offering)가 크게 증가하였다. 그러나 투자은행과 같이 자금을 조달하려는 가상통화 발행주체와 투자자 사이에서 정보의 집적·생산 기능을 수행하는 중개기관이 없는 P2P 구조에서 ICO는 심각한 정보 비대칭의 문제를 안고 있다. 또한 발행된 가상통화의 유통시장은 가격발견과 관련된 시장미시구조의 취약성, 차익거래의 제약, 시세조종 등 불공정 거래, 거래의 취소·정정 기능 부재 등의 문제를 안고 있다.

현재 블록체인을 기반으로 사업을 영위하고 있는 주요 스타트업들은 주로 가상통화 거래·중개, 송금, 솔루션 개발 등을 영위하고 있으며, 본격적으로 자본시장 관련 서비스를 주력 사업으로 하고 있는 곳은 없다. 주요 자본시장 인프라 기관들은 자본시장 후선업무에서의 블록체인 활용 가능성을 높게 평가하고 도입을 위한 노력을 기울이고 있다. 그 외 자본시장에서 블록체인의 도입이 시도되고 있는 영역은 기업지배구조분야이다. 특히 주주총회에서의 의결권 행사

를 위한 전자투표 플랫폼을 블록체인으로 구성하려는 시도들이 다수 사업자들에 의하여 진행되고 있다.

지금까지의 흐름을 통해 볼 때 향후 자본시장에서 활용될 블록체인은 대부분 컨소시엄 블록체인을 포함한 사적 블록체인이 될 것으로 예상된다. 그리고 블록체인은 시스템 또는 플랫폼의 구조와 관련된 기반기술로서 투자자에게 직접 제공되는 리테일 상품에 활용되기는 어려우며, 후선 또는 인프라 부분을 중심으로 먼저 도입될 것이다. ICO는 스타트업 자금조달 경로로 상당한 잠재력을 가지고 있지만 제대로 자리잡기 위해서는 효과적인 규제 마련과 함께 정보 전달 경로로서 전문투자자의 역할이 중요할 것으로 보인다. 그리고 가상통화 유통시장의 제반 문제점을 해결하는 것 역시 선행되어야 할 과제이다.

이와 같이 인공지능과 블록체인을 비롯한 4차 산업혁명의 핵심 기술들은 향후 자본시장 관련 금융 서비스의 모습을 크게 바꿀 수 있는 잠재력을 가진다. 4차 산업혁명에 대응하여 금융회사는 자사의 비즈니스 모형 및 가치사슬 중 새로운 기술에 적합한 분야를 일찌감치 발굴하여 해당 부문에 선제적으로 투자하는 것이 필요하며, 이는 향후 금융회사의 경쟁력을 좌우할 중요한 변수가 될 것이다. 또한 정책 당국은 신기술 도입 과정에 있어 기존 제도와 규제가 걸림돌로 작용하지 않도록 이를 지속적으로 정비할 필요가 있다. 또한 금융시스템의 안정성 저해 및 소비자 피해 우려가 적은 분야에서부터 먼저 진입 장벽을 낮추고 플레이어 간 경쟁을 유도하여 이와 같은 기술 중심의 변화를 장려해야 할 것이다.





« Abstract »

**4<sup>th</sup> Industrial Revolution and Capital Markets**

**- Artificial Intelligence and Blockchain -**

This report focuses on artificial intelligence and blockchain among the key technologies leading the fourth industrial revolution. This report explains the concepts of artificial intelligence and blockchain, explores the ongoing attempts to introduce and utilize them in the capital markets, and provides implications for capital market players.

Artificial intelligence emerges as one of the key technologies as machine learning, especially the artificial neural network, shows excellent prediction performance. It is actively used in basic technology fields such as image recognition, natural language processing, and anomaly detection, and in complex high-level services such as an autonomous driving car and a virtual assistant.

Artificial intelligence is highly utilized in the capital markets as well. In particular, efforts are being actively made to apply artificial intelligence in the field of asset management, credit evaluation, chatbot, and anomaly detection. Global financial companies are introducing artificial intelligence to increase the efficiency of financial services and reduce their operating costs. Fin-tech companies use artificial intelligence to create innovative financial services.

Global ICT companies with technological advantages are also moving to provide comprehensive financial services by combining their customer data with artificial intelligence technology.

On the other hand, as the initial hype subsided, it became known that blockchain, especially public blockchain, was too slow to deal with massive transactions in capital markets and consumed excessive resources (electricity and computing power), and at the same time, various efforts were made to address these problems.

At this point, it cannot be said that virtual currencies (or cryptocurrencies) have become a means of payment to replace fiat currency. In addition, an initial coin offering (ICO) has suggested a new possible channel of corporate finance, but it faces the task of solving the serious information asymmetry problem. The microstructure of the virtual currency secondary market should also be improved.

Most of the blockchains to be used in the capital markets are expected to be private ones. It will also be difficult to use in retail products, and will be introduced mainly in back-office functions and infrastructure components.

The key technologies of the fourth industrial revolution, including artificial intelligence and blockchain, have the potential to significantly change the structure of financial services in the future. In response to the fourth industrial revolution, market players need to identify which area of

their business models and value chains the new technologies are well suited for, and to invest in those areas in advance.



## 1. 서론

---



## I. 서론

2016년 세계경제포럼(World Economic Forum: WEF)의 Klaus Schwab 회장에 의하여 처음 사용된 ‘4차 산업혁명’은 이제 매우 익숙한 용어가 되었다. 4차 산업혁명의 본질이 무엇이고, 인간의 삶과 사회에 어떤 변화를 몰고 올 것인지, 경제와 산업의 모습은 어떻게 바뀔 것인지 등에 대하여 그동안 수많은 논의가 이루어지고, 다수의 서적과 논문들이 출간되어 왔다.

자본시장을 비롯한 금융산업에도 4차 산업혁명은 큰 반향을 일으켰다. 기업의 자금조달 방식, 개인과 가계의 저축 및 투자 행태, 그리고 이 사이를 연결해주는 금융회사 및 인프라 기관들의 비즈니스와 가치사슬에 4차 산업혁명은 이미 다양한 모습으로 도입·활용되고 있으며, 앞으로도 혁명의 진전에 따라 금융산업에 파괴적(disruptive)인 변화를 초래하여 금융이 작동하는 모습을 근본적으로 변화시킬 가능성이 있다.

따라서 금융회사의 입장에서는 이러한 대(大)변화에 효과적으로 대응하여 변화의 흐름에서 뒤쳐져 도태되지 않도록 할 뿐 아니라, 변화 속에서 새로운 사업 기회를 찾아내야 할 것이다. 그리고 이를 위해서는 4차 산업혁명이 정확하게 무엇을 의미하는지를 이해하고, 자본시장을 비롯한 금융산업에 어떠한 변화가 일어나고 있으며, 어떤 도입·활용 노력이 나타나고 있는지를 파악하는 것이 필요하다. 본 보고서는 이러한 노력의 일환으로 작성되었다.

전술한 바와 같이 ‘4차 산업혁명’이라는 용어는 2016년 세계경제포럼의 Schwab 회장이 처음 사용하였으며, 이것이 구체적으로 무엇을 의미하는지에 대해서는 논자에 따라 약간의 차이는 있으나, 대체로 ‘디지털 트랜스포메이션(digital transformation)에 의한 전 산업의 변화 뿐 아니라 일하는 방식의 변화, 사회·정치적 변화까지를 아우르는 포괄적 개념’이라고 할 수 있다.<sup>1)</sup> 그리고 디지털 트랜스포메이션은 농업, 제조업, 서비스업 등

---

1) 4차 산업혁명의 개념 및 핵심 기술에 관해서는 다음 자료들을 참고하여 정리하였다. 김대호(2016), 이대기(2017), 리프킨(2012), 클라우스 슈밥(2016), KT경제경



전 산업에 정보통신기술(Information & Communication Technology: ICT)이 결합하여 기존의 아날로그 방식이 디지털 방식으로 전환되는 것을 의미한다.<sup>2)</sup>

‘혁명’이라는 단어는 ‘급진적이고 근본적인 변화’라는 의미를 내포하고 있으며, 따라서 이와 같은 변화를 ‘4차 산업혁명’이라고 부르는 데에는 이 변화가 그만큼 급진적이고 근본적인 변화를 인간 사회에 가져오고 있다고 보기 때문이다. 이는 이전까지의 세 번의 산업혁명이 무엇이었는지를 살펴보면 조금 더 분명해진다.

일반적으로 1차 산업혁명은 1760~1840년 기간에 영국의 주도 하에 방직기, 증기기관의 발명과 철도의 건설을 중심으로 기계에 의한 생산, 공장 시스템의 도입 등 일련의 획기적인 거시적 발명이 이루어짐으로써 농업사회를 산업사회로 전환시킨 사건을 가리킨다. 그리고 2차 산업혁명은 1870~1914년(1차 세계대전 발발 전) 기간에 미국의 주도 하에 전기, 전화, 내연기관, 자동차, 그리고 생산조립라인에 의한 대량생산 등의 혁신적 기술로 특징 지어지며, 생산성의 향상 뿐 아니라 생활수준의 획기적 개선을 가져온 사건을 지칭한다. 3차 산업혁명은 대체로 1960년대 이후 2000년대 초반까지의 기간에 무형의 정보 생산·처리·유통의 효율화를 가져온 ICT 혁명을 의미하며, 반도체 기술의 급속한 발전을 기반으로 컴퓨터와 인터넷이 혁명을 이끈 중심에 자리하고 있다.

현재 진행 중인 4차 산업혁명의 핵심 기술로는 먼저 기반이 되는 요소 기술로 인공지능(Artificial Intelligence: AI), 빅데이터, 블록체인, 사물인터넷(Internet of Things: IoT), 5세대(5th Generation: 5G) 네트워크, 생명공학 기술, 재료공학 기술(예: 그래핀, 나노), 양자 컴퓨팅 등을 꼽을 수 있다. 그리고 이러한 요소 기술을 기반으로 한, 상위 레이어(layer)에 해당된다고 볼 수 있는 기술로서 무인운송(자율주행자동차), 드론, 적층가공

---

영연구소(2017)

2) 유사한 개념으로 독일 정부가 추진한 ‘Industry 4.0’이 있다. 이는 제조업과 ICT의 융합을 통한 제조업 혁신이 핵심이며, 4차 산업혁명은 Industry 4.0을 포괄하는 보다 넓은 상위의 개념으로 볼 수 있다.

(additive manufacturing)<sup>3)</sup>, 로봇, 스마트 에너지(그리드), 스마트 보안, 스마트 팩토리, 가상현실(Virtual Reality: VR), 증강현실(Augmented Reality: AR) 등이 있다.

본 보고서는 이러한 4차 산업혁명의 핵심 기술들을 모두 다루는 대신, 핵심 기술들 중에서 자본시장과의 관련성과 활용 가능성이 상대적으로 높다고 생각되는 인공지능과 블록체인의 두 가지 기술에 집중하고 있다. 인공지능은 이미 자산운용이나 신용평가, 시장감시 등의 분야에서 본격적으로 활용되고 있으며, 블록체인은 자본시장 후선업무를 중심으로 활발한 도입 시도가 진행되고 있다. 본 보고서에서는 인공지능과 블록체인에 대하여 각각의 개념과 작동 원리를 설명한 다음, 자본시장에서의 도입·활용 현황을 정리하여 소개한다. 그리고 이를 토대로 자본시장 및 금융투자업의 가치사슬 및 비즈니스에 미치는 영향을 가늠해 보고, 향후 전망에 대한 시사점을 도출하고자 한다.

본 보고서는 자본시장에서의 활용 가능성이라는 맥락에서 인공지능과 블록체인을 설명하는 것이 목적인만큼 기술적 측면에 대해서는 상세하게 다루지 않고 기본적 작동 원리를 소개하는 수준에서 서술한다. 또한 블록체인의 경우, 이미 조성훈(2016)에서 개념과 작동 원리에 대한 기술적 내용이 정리된 바 있는 만큼, 본 보고서에서는 이 부분에 대해서는 조성훈(2016)의 주요 내용을 간략하게 압축하는 것으로 같음하고, 대신 최근 수 년 동안에 블록체인의 문제점으로 제기된 내용들과 이에 대한 대응을 정리하여 소개한다.

본 보고서는 다음과 같이 구성된다. 제Ⅱ장에서는 인공지능, 제Ⅲ장에서는 블록체인에 대하여 각각 개념과 작동 원리, 도입·활용 현황을 소개하고 향후 전망 및 시사점을 제시한다. 그리고 IV장에서는 앞의 내용들을 종합하여 4차 산업혁명을 맞는 자본시장 및 금융투자업에 대한 보다 넓은 시각에서의 시사점을 제시한다.

---

3) 적층가공은 '3D 프린팅'이라는 이름으로 보다 널리 알려져 있다.



## II. 인공지능의 활용

---

1. 인공지능 개요
2. 자본시장에서의 인공지능 기술의 활용
3. 소결 및 시사점



## II. 인공지능의 활용

4차 산업혁명의 핵심기술로 단연 인공지능을 꼽을 수 있다. 인공지능은 2006년 딥러닝의 소개 이후 전 산업에 걸쳐 빠른 속도로 도입되고 있으며, 특히 인공지능 기술을 적용한 구글 딥마인드의 ‘알파고’는 2016년 3월 이세돌과의 바둑 대결을 통해 비단 인공지능 뿐 아니라 4차 산업혁명이라는 화두를 전 세계에 던진 바 있다. 인공지능 기술은 이미지 인식, 자연어 처리 분야에서 이미 놀라운 성과를 거두었으며, 향후 자율주행자동차, 가상비서 등에 적용되어 인간 삶의 방식을 획기적으로 바꿀 것으로 기대된다.

본 장에서는 4차 산업혁명의 핵심기술로서 인공지능을 중점적으로 살펴보고자 한다. 먼저 1절에서는 인공지능의 개념, 구조 및 원리, 최근의 발전요인, 전반적인 활용현황 등을 알아보고 2절에서는 자본시장에서의 활용현황을 파악한다. 마지막으로 3절에서는 소결 및 시사점을 제시하고자 한다.

### 1. 인공지능 개요

‘인공지능’이라는 용어는 1955년에 다트머스대 John McCarthy 교수가 처음 사용하였다. 그는 Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, Claude Shannon 등과 함께 인공지능을 주제로 한 컨퍼런스를 기획하였으며, 동 컨퍼런스 제안서에서 최초로 인공지능이라는 용어를 사용하였다. 이들이 주최한 1956년 다트머스 컨퍼런스(Dartmouth conference)는 인공지능 분야를 확립한 학술회의로 유명하며 한 달에 걸쳐 진행되었다.

이후 인공지능에 대한 논의가 구체화되면서 이를 명확하게 정의하기 위한 시도가 이루어졌다. 그 중 대표적인 것이 Russel & Norvig(1994)이다. 이 책에서 저자는 인공지능에 대해 ‘인간처럼 생각하는 시스템’, ‘인간처럼 행동하는 시스템’, ‘이성적으로 생각하는 시스템’, ‘이성적으로 행동하는 시스템’ 등 네 가지 정의를 제시하였다. 현재는 이 중에서 ‘인간처럼 행동하는 시스템’으로 정의하는 것이 일반적이며 그 이유는 현실적인 측면에 있다. 첫째, 시스템이 어떻게 ‘생각’하는지는 파악하기 어렵지만 어떻게 ‘행동’하는지는 관찰이 용이하기 때문이다. 둘째, ‘이성적’이라는 개념은 인간의 관점을 뛰어넘기 때문에 사람에 따라 의견이 다소 엇갈릴 수 있지만 ‘인간과 비슷한지’ 여부는 상대적으로 쉽게 합의에 이를 수 있기 때문이다.

이와 관련하여 Turing(1950)은 인공지능 여부를 판단하기 위해 다음과 같은 테스트 방식을 고안하였다.<sup>4)</sup> 심사원이 모니터를 통해 사람 및 컴퓨터와 각각 문자를 주고받은 후, 어떤 상대가 컴퓨터인지 구별해보는 것이다. 만약 심사원이 사람과 컴퓨터를 각각 올바르게 구별하지 못한다면 해당 컴퓨터가 인공지능을 가지고 있는 것으로 판단한다. 이를 튜링테스트라 부르며 현재까지도 활용되고 있다.

인공지능은 그 수준에 따라 약 인공지능(weak AI)과 강 인공지능(strong AI)으로 구분할 수 있다(Searle, 1980). 약 인공지능은 특정 과제를 수행하기 위해 고안된 인공지능이며, 현재 상용화된 대부분의 인공지능이 이에 해당한다고 볼 수 있다. 반면, 강 인공지능은 보다 다양하고 일반적인 문제 해결에 활용할 수 있는 인공지능으로 인공일반지능(artificial general intelligence)이라 불리기도 한다. 기술적인 난이도가 훨씬 높기 때문에 가까운 미래에 상용화될 것으로는 보이지 않으나 만약 개발된다면 그 파급효과는 매우 크게 나타날 것으로 예상된다. 강 인공지능은 미래 과학기술의 상징으로 여겨지는 동시에 한편으로 인류 지배 가능성과 같은 공포심을 불러오기도 한다.

4) 이때는 ‘인공지능’이라는 용어가 등장하기 이전이었으므로 ‘인공지능’이라는 용어를 직접 사용하지는 않았다. 대신 ‘기계가 생각할 수 있는가(Can machines think)?’라는 질문에 대한 테스트 방식으로 이를 고안하였다.

한편, 인공지능과 유사하게 인공의식(artificial consciousness)이라는 개념도 존재한다. 일반적으로 컴퓨터와 같은 인공물에 의식이 부여되었을 때 인공의식을 가진다고 정의한다. 어떤 이들은 인공의식을 일종의 강 인공지능으로 보기도 하지만, 한편으로는 인공적으로 의식이 부여된 개체가 반드시 높은 수준의 지능을 가질 필요는 없다는 점에서 통상 강 인공지능과 구별되는 개념으로 본다. 인공의식은 강 인공지능과 마찬가지로 구현에 있어 기술적인 난이도가 무척 높기 때문에 가까운 미래에 나타나기는 어려울 것으로 예상된다.

현재 모든 산업에 걸쳐 각광을 받으며 활발하게 도입되고 있는 시스템은 모두 약 인공지능이다. 공상과학 소설이나 영화에서 심심찮게 강 인공지능이나 인공의식을 소재로 다루고 있지만 아직까지 이러한 개념은 우리의 상상 속에서만 존재할 뿐이다. 이에 따라 이하 본문에서는 약 인공지능에 한정하여 그 구조와 원리를 소개하고자 하며 편의상 이를 별도의 수식 없이 ‘인공지능’이라는 용어로 지칭하도록 하겠다.

### 가. 구조 및 원리

인공지능을 구현하는 방법은 매우 다양하다. 예를 들어, 단순히 많은 규칙을 시스템에 입력하는 것만으로도 인공지능을 구현할 수 있다. 실제로 이러한 방법은 전문가 시스템(expert system)이라는 이름으로 오래 전부터 활용되어 왔다. 인간이 축적한 특정 분야의 지식체계를 ‘A면 B다’와 같은 조건부 규칙의 데이터베이스로 전환하여 시스템에 주입하는 방식이다. 예를 들면 ‘콧물, 코막힘, 기침의 증상이 있는 경우 감기에 걸린 것이다’와 같은 식이다. 이렇게 조건부 규칙의 집적을 통해 구축한 시스템은 사용자의 조건에 맞는 정확한 해답을 제시한다는 장점을 갖지만, 사용자가 활용할 수 있는 조건의 수가 한정되어 있는 경우에만 이용할 수 있다. 규칙을 일일이 다 입력할 수 없을 정도로 환경이 복잡하고 경우의 수가 많은 경우 전문가 시스템의 효용은 급격히 떨어지고 만다.



최근 각광받고 있는 머신러닝(machine learning)은 기존 전문가 시스템의 이러한 한계를 극복하였다. 조건부 규칙만으로 명확히 규정할 수 없는 복잡한 환경 또는 연속적인(continuous) 환경에서도 비교적 정확한 해답을 제시할 수 있게 된 것이다. 머신러닝은 특히 다양한 변수가 복합적으로 영향을 미치는 문제를 해결하는데 있어 높은 정확도를 나타낸다. 현실에서는 단순한 조건부 규칙으로 해결할 수 있는 문제보다 여러 변수가 동시에 영향을 미치는 복잡한 형태의 문제가 압도적으로 많기 때문에, 머신러닝이 인공지능의 적용범위를 크게 확장시키는 역할을 하였다고 볼 수 있다.

물론 인공지능을 구현하는 방식으로 전문가 시스템과 머신러닝만 있는 것은 아니다. 예를 들면 퍼지이론(fuzzy theory), 유전 알고리즘(genetic algorithm), BDI(Belief, Desire, Intention) 아키텍처(BDI architecture) 등으로도 구현이 가능하다. 그러나 이하 본고에서는 다른 방식은 다루지 않고 오로지 머신러닝만을 집중적으로 다루고자 한다. 현재 4차 산업혁명을 주도하는 인공지능 기술은 대개 머신러닝 방식으로 구현되고 있기 때문이다.

‘머신러닝’이란 용어는 1959년 IBM 연구원 Arthur Samuel이 처음 사용하였다. 여기서 머신(machine)은 프로그래밍이 가능한 컴퓨터를 의미한다. 머신러닝을 문자 그대로 풀어쓰면 ‘프로그래밍 가능한 컴퓨터가 학습을 하는 것’이다. 그럼 무엇을 학습하는 것일까? 그리고 학습의 목적은 무엇일까? 과거 전문가 시스템에서는 사람이 데이터를 분석하여 규칙을 만들고 시스템은 주어진 문제에 해당 규칙을 수동적으로 적용하는 역할만 수행하였다. 한번 시스템에 입력된 규칙은 누군가가 별도 수정하지 않는 한 변화 없이 유지되었다. 반면, 머신러닝에서는 사람이 아닌 시스템이 데이터를 분석(학습)하고 이를 통해 스스로 규칙을 만들어 문제에 적용한다. 또한 이미 설정된 규칙을 계속해서 그대로 따르는 것이 아니라, 시스템이 새로운 데이터를 받아들이면서 그 규칙을 더욱 정교하게 스스로 업데이트하는 방식을 취한다. 즉, 머신러닝은 시스템이 스스로 ‘데이터’를 학습하고 이를 통해 문제 해결을 위한 ‘규칙을 업데이트’하는 것을 의미한다.

머신러닝은 어떻게 이루어질까? 즉, 시스템이 어떻게 데이터를 학습할 수 있을까? 이와 관련하여 오래 전부터 다양한 방법이 제시되었다. 경제

학에서 많이 활용하는 회귀분석도 머신러닝 모형의 한 종류이며, 1990년대 활발하게 사용되었던 서포트벡터머신(support vector machine), 분류 및 의사결정 목적으로 종종 쓰이곤 하는 결정트리 알고리즘(decision tree algorithm) 등도 머신러닝의 모형으로 활용된다. 그 밖에도 논리학이나 그래프를 활용하여 학습하는 모형도 있다.

여러 가지 머신러닝 방법 중 본고에서 집중하여 살펴볼 모형은 바로 인공신경망 모형이다. 인공신경망은 구글 딥마인드가 알파고에 적용하여 이미 유명해진 바 있으며, 그 밖에도 이미지 인식, 자연어 처리 등 최근 혁신적인 기술 발전에 중추적인 역할을 수행하며 전반적인 인공지능 기술 발전을 주도하고 있다. 지금부터 인공신경망이 어떠한 구조를 가지고 있는지 살펴보고 어떻게 데이터를 학습하는지 그 원리를 알아보도록 하겠다.

### 1) 인공신경망<sup>5)</sup>

인공신경망 모형은 그 용어가 말해주듯 생물의 신경망 구조에서 아이디어를 차용하였다. 인공신경망 모형을 설명하기 전에 먼저 생물신경망의 구조부터 살펴보자. 인간의 몸에는 뉴런이라는 신경세포가 존재한다. 각각의 뉴런은 이전 단계의 뉴런으로부터 신호를 전달받고, 전달받은 신호의 총량이 특정 임계값을 넘을 경우 다음 뉴런으로 신호를 내보낸다. 개별 뉴런의 기능은 일견 단순해 보이지만, 인간의 뇌에는 평균 850억 개에 달하는 뉴런이 서로 연결되어 있으며 이로 인해 우리는 고도의 복잡한 사고를 할 수 있게 된다.

생물신경망에서 뉴런이 신호를 주고받을 때 시냅스라는 부위가 이들을 잇는 통로역할을 한다. 신호전달을 위해서는 일정량의 에너지 소모가 필요한데 특정 뉴런 간 신호가 반복되어 전달되는 경우 해당 뉴런을 잇는 시냅스의 연결부위가 강화되어 비교적 낮은 에너지로도 신호를 전달할 수 있게 된다. 따라서 우리의 몸은 새로운 자극을 받으면 이를 처리하기 위

5) 이 장은 김의중(2016), 제룡(2018), 쿠지라 히코우즈쿠에(2017)를 참고하여 작성하였다.

해 많은 에너지를 소모해야 하지만, 해당 자극이 반복될 경우에는 처음처럼 많은 에너지를 소모하지 않고도 원활하게 처리할 수 있게 된다. 이것이 생물신경망에서의 학습 과정이다.

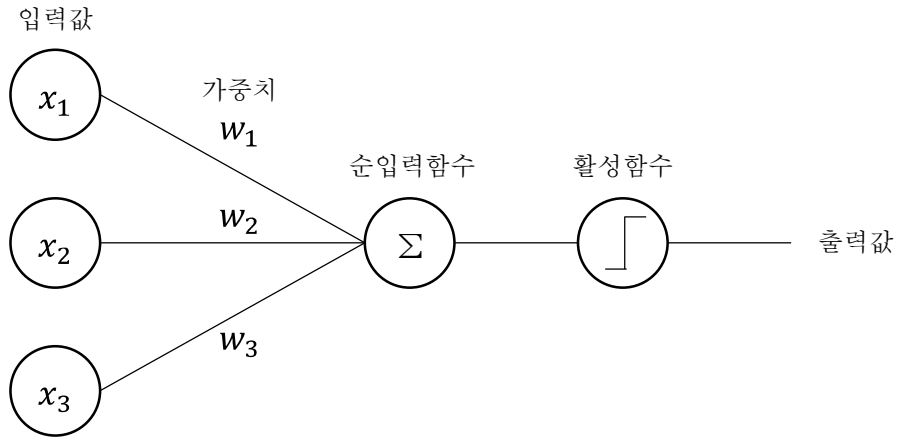
인공신경망은 이러한 생물신경망 구조를 모방하여 설계되었다. 인공신경망 내에는 뉴런이라는 정보처리의 기본 단위가 존재하며 이들을 여러 개 집적함으로써 복잡한 연산을 수행할 수 있도록 하였다. 또한 생물신경망에서의 시냅스와 마찬가지로 인공신경망 내에도 뉴런 간 정보전달 통로가 존재하는데 여기에 가중치(weight)를 부여할 수 있다. 가중치는 고정된 값이 아니며 주어진 데이터에 따라 얼마든지 조정될 수 있다. 인공신경망 모형에서 특정 부분의 가중치가 높다는 것은 해당 뉴런 간 전달되는 정보가 결괏값에 미치는 영향이 크다는 것을 의미한다. 따라서 어떠한 문제가 주어졌을 때 그 문제에 있어서 특히 중요하다고 판단되는 뉴런 간 연결 부위에 높은 가중치를 부여함으로써 해당 문제를 구현할 수 있다. 기존 데이터를 활용하여 어떠한 부분의 가중치를 높이는 것이 문제 해결에 도움이 될지 유추하는 과정을 인공신경망에서의 학습이라 부른다. 학습이 올바르게 이루어지면 향후 유사한 문제가 주어졌을 때에도 해당 인공신경망 모형이 이를 해결하는데 있어 우수한 성능을 발휘할 것으로 기대할 수 있다.

#### 가) 인공신경망의 구조

인공신경망의 개념은 McCulloch & Pitts(1943)가 처음 제시하였으며 Rosenblatt(1957)의 퍼셉트론(perceptron) 모형을 통해 최초로 인공신경망이 구현되었다. 퍼셉트론은 <그림 II-1>과 같은 구조로 이루어져있다. 하나의 뉴런은 여러 개의 입력값(input)을 받아 연산을 수행하고 하나의 출력값(output)을 만들어낸다. 보다 구체적으로 설명하면, 뉴런은 각 입력값에 해당 가중치를 곱한 다음 모두 합산하는 방식으로 복수의 입력값을 하나의 값으로 변환하며<sup>6)</sup>, 이 값을 임계값과 비교하여 임계값보다 크면 1, 그렇지 않으면 0의 출력값을 제시한다.<sup>7)</sup>

6) 해당 함수를 순입력함수(net input function)라 부른다.

<그림 II-1> 퍼셉트론의 구조8)

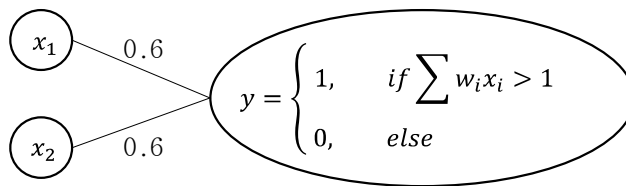


퍼셉트론 구현의 간단한 예로 AND 문제와 OR 문제를 들어보자. 일단 입력값  $x_1, x_2$ 는 각각 0 또는 1의 값을 갖는다고 가정하자. AND 문제는  $x_1$ 과  $x_2$ 가 모두 1일 때만  $y=1$ 이 되고, 그렇지 않은 경우  $y=0$ 인 문제이다. OR 문제는  $x_1$ 과  $x_2$ 가 둘 중 하나라도 1이면  $y=1$ 이 되고, 그렇지 않은 경우  $y=0$ 인 문제이다. AND 문제와 OR 문제를 각각 해결하는 퍼셉트론 모형은 <그림 II-2>와 같이 구현할 수 있다.

7) 순입력함수를 거쳐 산출된 값을 출력값으로 변환하는 함수를 활성화함수(activation function)라 부른다. 퍼셉트론에서 활성화함수는 통상 계단함수(step function) 또는 부호함수(sign function) 형태를 가진다.  
 8) 실제 인공지능망 모형에는 입력값뿐 아니라 편향(bias)값이 추가로 존재하지만 본고에서 제시하는 모든 인공지능망 그림에서는 편의상 이를 생략하였다.

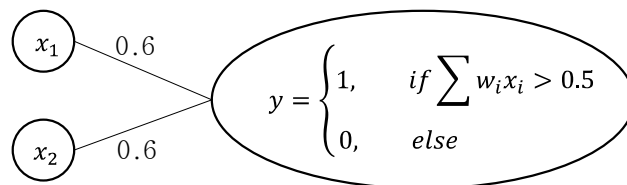
<그림 II-2> 퍼셉트론을 통한 AND/OR 문제 구현 예시

AND 문제



| $x_1$ | $x_2$ | $y$ |
|-------|-------|-----|
| 0     | 0     | 0   |
| 0     | 1     | 0   |
| 1     | 0     | 0   |
| 1     | 1     | 1   |

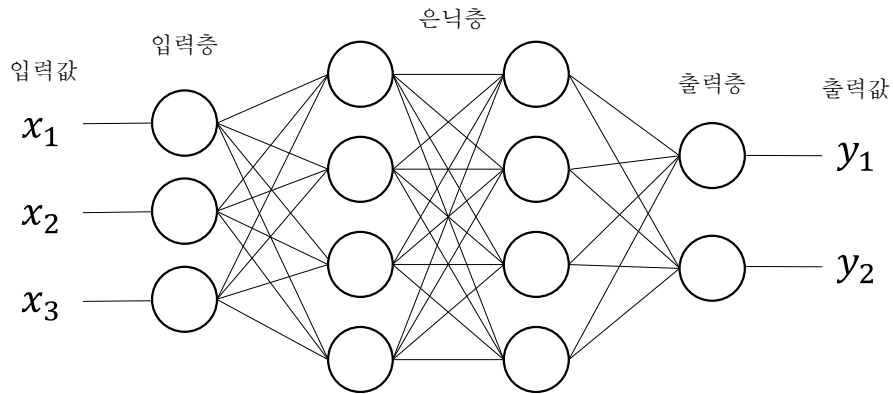
OR 문제



| $x_1$ | $x_2$ | $y$ |
|-------|-------|-----|
| 0     | 0     | 0   |
| 0     | 1     | 1   |
| 1     | 0     | 1   |
| 1     | 1     | 1   |

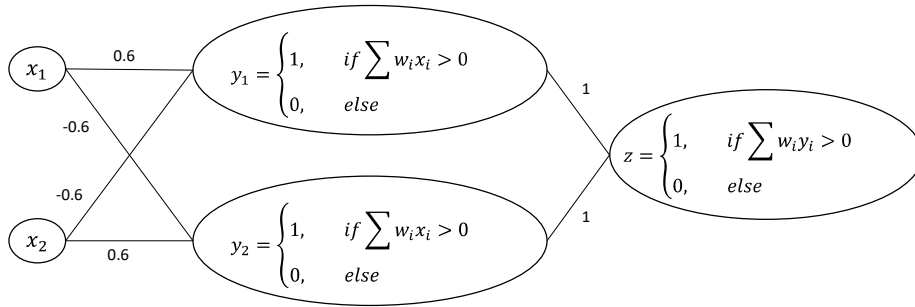
이와 같이 단일 뉴런으로 AND 문제 또는 OR 문제를 해결할 수는 있지만 복잡한 연산을 수행하기에는 무리가 있다. 그래서 등장한 것이 여러 층의 퍼셉트론을 집적한 다층 퍼셉트론(multi-layered perceptron)이다. 다층 퍼셉트론은 <그림 II-3>과 같이 입력층과 은닉층, 출력층으로 구성되어 있다. 각 층에 소속된 뉴런은 이전 층의 뉴런으로부터 정보를 받고 이를 가공하여 다음 층의 뉴런으로 정보를 전달하는 역할을 수행한다.

<그림 II-3> 다층 퍼셉트론의 구조



간단한 다층 퍼셉트론의 예로는 XOR 문제를 구현한 <그림 II-4>를 들 수 있다. 우선 입력값  $x_1, x_2$ 가 각각 0 또는 1의 값을 가진다고 가정하자. XOR 문제는  $x_1$ 과  $x_2$  중 하나만 1일 때  $y=1$ 이 되고, 그렇지 않은 경우  $y=0$ 인 문제이다. 얼핏 보면 OR 문제와 비슷하지만 XOR 문제에서는  $x_1$ 과  $x_2$ 가 둘 다 1이면  $y=0$ 이 된다는 차이가 있다. XOR 문제는 다층 퍼셉트론을 통해 구현할 수 있지만 단층 퍼셉트론으로는 결코 구현할 수 없다.

<그림 II-4> 다층 퍼셉트론을 통한 XOR 문제 구현 예시



| $x_1$ | $x_2$ | $y_1$ | $y_2$ | $z$ |
|-------|-------|-------|-------|-----|
| 0     | 0     | 0     | 0     | 0   |
| 0     | 1     | 0     | 1     | 1   |
| 1     | 0     | 1     | 0     | 1   |
| 1     | 1     | 0     | 0     | 0   |

XOR 문제를 구현한 <그림 II-4>는 은닉층이 하나 밖에 없지만 일반적으로 인공신경망을 모형화할 때 은닉층이 두 개 이상 포함되어 있는 구조를 활용하는 경우가 많다. 이렇게 복수의 은닉층을 가지는 인공신경망을 심층신경망(deep neural network)이라 부른다. 심층신경망을 활용하는 이유는 동일한 기능을 가진 뉴런의 불필요한 중복을 방지하여 모형의 효율을 높이기 위함이다. 예를 들어 손글씨를 인식하는 인공신경망을 생각해보자. 은닉층이 여러 개인 심층신경망을 활용하면 초기 단계 은닉층에서는 가장 기본적인 획을 인식하고, 이를 바탕으로 중간 단계 은닉층에서는 글자를 인식하고, 후기 단계 은닉층에서는 단어 또는 문장을 인식하는 식으로 계층 구조를 활용할 수 있다. 즉, 비교적 간단한 인식은 이전 단계 은닉층에 맡기고 이를 바탕으로 다음 단계에서 보다 복잡한 형태를 인식을 하는 방식이다. 이렇게 하면 동일한 기능을 가진 뉴런의 중복을 막아 비교적 적은 수의 뉴런으로도 복잡한 문제 구현이 가능하다. 반면, 은닉층이 하나 뿐인 인공신경망의 경우 계층화가 불가능하기 때문에 모든 단어 또는 문장에 대해 매번 획 단위에서부터 하나하나 인식을 해야 한

다. 이에 따라 많은 수의 뉴런을 필요로 하게 되고 뉴런 수의 증가는 이후 학습 효율을 떨어뜨리는 원인이 된다.

심층신경망 구조는 이후 학습 과정에서 초기 단계 은닉층의 학습값을 다른 문제에 재사용할 수 있다는 장점도 지닌다. 예를 들어 사진에서 동물을 인식하는 모형을 학습한 다음 식물을 인식하는 새로운 모형을 학습해야 한다면, 동물 인식 모형에서 초기 단계 은닉층의 학습값을 식물 인식 모형에서 재사용하는 것이 가능하다. 점과 선 등 기초적인 성분을 인식하는 초기 단계 은닉층의 기능은 두 모형에서 모두 동일하기 때문이다. 이렇게 학습값을 재사용하면 새로운 문제 학습에 드는 시간과 비용을 크게 단축할 수 있다.

앞서 XOR 문제 예시를 통해 다층 퍼셉트론에서는 구현할 수 없었던 문제를 다층 퍼셉트론에서 구현할 수 있음을 확인하였다. XOR은 비교적 간단한 문제이지만 실제로 다층 퍼셉트론은 이보다 훨씬 복잡한 문제를 구현할 수 있다. Cybenko(1989)는 뉴런 수를 충분히 늘릴 수만 있다면 은닉층이 하나 뿐인 다층 퍼셉트론만으로 어떠한 복잡한 함수라도 근사할 수 있다는 사실을 밝혔다. 즉, 생물신경망에서 뉴런의 집적으로 인간이 고도의 복잡한 사고를 할 수 있는 것처럼 인공신경망에서도 뉴런을 통해 복잡한 문제를 구현할 수 있게 된 것이다.

향후 인공신경망 모형은 일종의 초지능 역할을 수행할 가능성도 있다. 과거 전문가 시스템은 인간의 지식체계를 수동적으로 활용하는 정도에 머물렀으며, 경제학에서 쓰이는 주요 예측 모형들 또한 근본적으로 기존 이론 또는 연구자의 가설에 기반하여 설계되었다. 이와 같은 모형에서는 기존 지식체계 또는 연구자의 사전믿음이 정확하지 않은 경우 높은 예측력을 보일 수 없다. 예를 들어 실제 현상의 작동원리가  $y = ax_1^2x_2 + bx_3$ 인데 연구자가  $y = ax_1 + bx_2 + cx_3$  형태로 모형을 설계하였을 경우 제대로 된 예측이 될 수 없다. 반면, 인공신경망에서는 다양한 변수들 간 폭넓은 연관관계에 대해 포착이 가능하다. 인간이 예상하기 어려운 복잡한 함수 관계에 있더라도 이를 파악하고 올바른 예측값을 나타낼 수 있는 것이다.



실제 구글 딥마인드의 알파고는 이러한 가능성을 우리에게 직접 보여주었다. 알파고는 프로기사와의 바둑 대전에서 전문가들이 전혀 생각하지 못한 수를 종종 두었고 결과적으로 이를 통해 우세를 점하였던 것이다.<sup>9)</sup>

지금까지 인공신경망의 구조에 대해 살펴보았다. 주어진 문제에 적합한 구조 설계를 마치고 나면 다음에 할 작업은 인공신경망 모형에 데이터를 학습시키는 것이다. 다음 절에서는 인공신경망을 학습시키는 방법에 대해 알아보도록 하겠다.

#### 나) 인공신경망의 학습

일반적으로 우리는 주어진 문제의 구조 및 원리를 분석하고 이에 맞는 모형을 구현함으로써 그 다음부터는 동일한 유형의 문제를 모형에 대입하여 쉽고 빠르게 풀 수 있다. 마찬가지로 인공신경망에서도 적절한 구조를 설계하고 뉴런 간 가중치를 조정함으로써 해당 문제에 맞는 모형을 구현할 수 있다. 여기서 각 문제에 대해 적절한 가중치를 찾는 작업이 인공신경망에서의 학습이다. 학습을 완료하여 인공신경망 모형을 구현하면 그 다음부터는 동일한 유형의 문제를 해당 모형에 대입하여 빠르게 예측값을 찾을 수 있다.

인공신경망을 학습시키는 방법으로는 Rumelhart et al.(1986)이 제안한 역전파(backpropagation)가 주로 쓰인다.<sup>10)</sup> <그림 II-5>의 인공신경망 모형을 예로 들어보자. 이 모형에는 두 개의 뉴런  $h_1$ ,  $h_2$ 가 은닉층에 존재하고 마찬가지로 두 개의 뉴런  $o_1$ ,  $o_2$ 가 출력층에 존재한다. 주어진

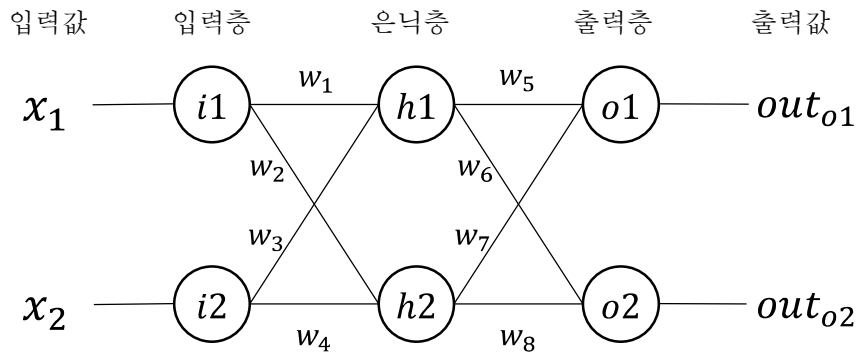
9) 다만 실제로 초지능을 구현하는 단계에 이르기에는 아직 갈 길이 멀다. 인공신경망은 구조적으로 어떠한 함수라도 근사할 수 있지만, 각 문제에 적합한 함수를 찾아내기 위해서는 학습 과정이 필요하며 이에 필요한 데이터의 양과 연산 및 저장장치의 성능에 아직까지 한계가 있기 때문이다.

10) 김의중(2016)에 따르면 역전파 방식을 처음 선보인 것은 Bryson & Ho(1969)이며 이를 인공신경망에 처음 적용한 것은 Werbos(1974, 1981)다. 이후 Parker(1985)와 LeCun(1985)이 이를 재발견하였으며 Rumelhart et al.(1986)에 의해 본격적으로 학계에 알려졌다.

학습 데이터의 입력값은  $x_1, x_2$ 이며 결괏값은  $target_{o1}, target_{o2}$ 라 하자. 각 뉴런에 입력되는 값을  $net$ , 각 뉴런에서 출력되는 값을  $out$ 으로 표현하도록 하겠다. 예를 들어 뉴런  $h1$ 의 입력값과 출력값은 각각  $net_{h1}, out_{h1}$ 이다. 입력층의 각 뉴런은 입력값을 그대로 출력하며, 은닉층과 출력층에서 각 뉴런의 출력값은 활성화함수  $A$ 에 의해 변형된다. 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$out_n = \begin{cases} net_n & \text{if } n \in (i1, i2) \\ A(net_n) & \text{if } n \in (h1, h2, o1, o2) \end{cases}$$

<그림 II-5> 역전파 예시: 인공신경망 모형



오차함수  $E$ 은 모형의 정확도를 나타낸다. 좀 더 구체적으로는 결괏값  $target_{o1}, target_{o2}$ 와 출력층에서의 출력값  $out_{o1}, out_{o2}$ 의 차이를 나타내며 다음과 같이 정의한다.

$$E \text{ s.t. } E_{o1} = \frac{1}{2}(target_{o1} - out_{o1})^2$$

$$E_{o2} = \frac{1}{2}(target_{o2} - out_{o2})^2$$

인공신경망 학습의 목표는 오차함수  $E$ 을 최소화하는 뉴런 간 가중치  $w_1, w_2, \dots, w_8$ 을 찾는 것이다.

역전파는 다음의 세 가지 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계에서는 학습시킬 가중치  $w_1, w_2, \dots, w_8$ 에 적절한 방법으로 초깃값을 대입한다. 그리고 이를 바탕으로 모든 뉴런에 대해 입력값  $net$ 과 출력값  $out$ 을 계산한다. 예를 들면  $net_{h1} = w_1x_1 + w_3x_2, out_{h1} = A(w_1x_1 + w_3x_2)$ 와 같은 식이다.

두 번째 단계에서는 각각의 가중치가 오차  $E$ 에 얼마나 기여했는지 살펴본다. 즉, 가중치  $w_k(k=1, 2, \dots, 8)$ 에 대해  $\partial E$ 을 계산하여 각각의 가중치가 오차함수  $E$ 에 얼마나 기여했는지 구한다. 이때 체인룰(chain rule)을 활용하여 출력층에서부터 역방향으로 모든 편미분 값을 계산한다.<sup>11)</sup> 예를 들어 가중치  $w_5$ 의 기여도  $\partial E$ 는 다음과 같다.<sup>12)</sup>

$$\partial E$$

이전 단계에서 계산한  $out_{h1}, net_{o1}, out_{o1}$ 을 여기에 대입하면  $\partial E$ 을 구할 수 있다.

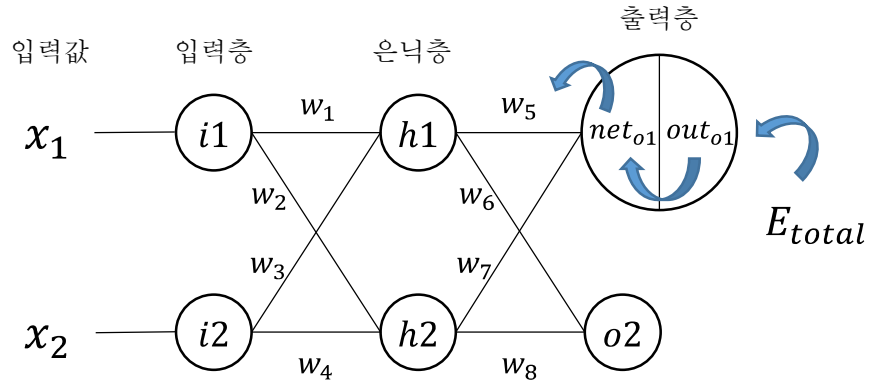
---

11) ‘역전파’라고 불리는 이유가 여기에 있다.

12) 각 항목의 계산은 다음과 같다.

$$\partial E \quad , \quad \frac{\partial out_{o1}}{\partial net_{o1}} = A'(net_{o1}) \quad , \quad \frac{\partial net_{o1}}{\partial w_5} = out_{h1}$$

<그림 II-6> 역전파 예시: 가중치  $w_5$ 에 대한 오차 정보의 전파



가중치  $w_1$ 의 기여도  $\partial E$ 을 계산하는 것은 이보다 조금 더 복잡하다. <그림 II-7>에서 보듯이 오차의 전파경로가 더욱 다양하기 때문이다. 결과는 다음과 같다.<sup>13)</sup>

$$\begin{aligned} \partial E \quad \partial E \cdot \frac{\partial out_{h1}}{\partial net_{h1}} \cdot \frac{\partial net_{h1}}{\partial w_1} + \\ \partial E \cdot \frac{\partial out_{h1}}{\partial net_{h1}} \cdot \frac{\partial net_{h1}}{\partial w_1} \end{aligned}$$

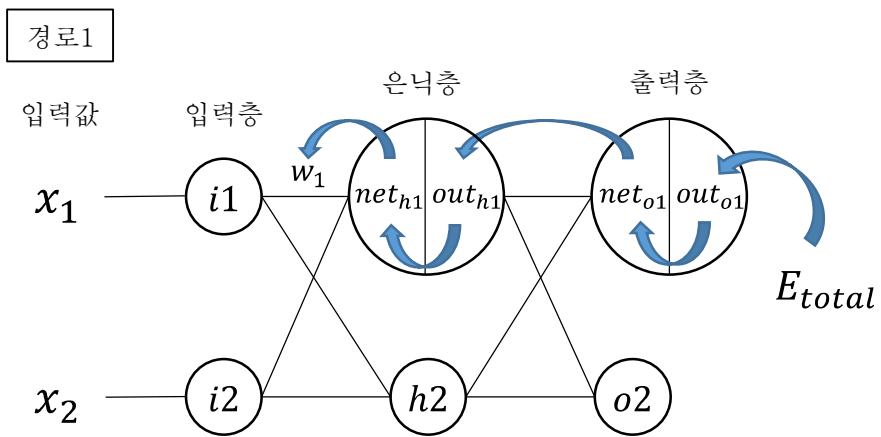
마찬가지로 이전 단계에서 구한  $net_{h1}$ ,  $out_{h1}$ ,  $net_{o1}$ ,  $net_{o2}$ 을 여기에 대

13) 주석12와 중복되는 부분을 제외한 각 항목의 계산은 다음과 같다.

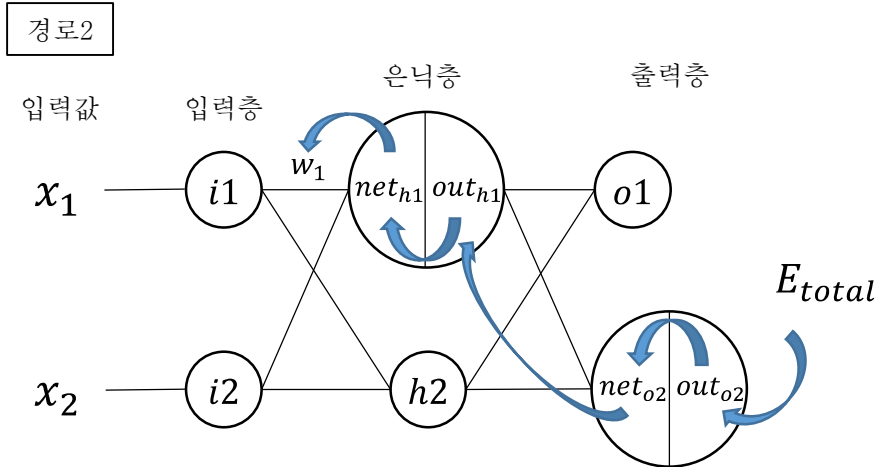
$$\begin{aligned} \frac{\partial net_{o1}}{\partial out_{h1}} = w_5, \quad \frac{\partial out_{h1}}{\partial net_{h1}} = A'(net_{h1}), \quad \frac{\partial net_{h1}}{\partial w_1} = x_1, \\ \partial E, \quad \frac{\partial out_{o2}}{\partial net_{o2}} = A'(net_{o2}), \quad \frac{\partial net_{o2}}{\partial out_{h1}} = w_6 \end{aligned}$$

입하면  $\partial E$ 을 구할 수 있다. 이런 식으로 모든 가중치  $w_k$ 에 대하여  $\partial E$ 을 계산한다.

<그림 II-7> 역전파 예시: 가중치  $w_1$ 에 대한 오차 정보의 전파



<그림 II-7> 역전파 예시: 가중치  $w_1$ 에 대한 오차 정보의 전파 (계속)



세 번째 단계에서는 기존 가중치  $w_k$ 을 새로운 가중치  $w_k^+$ 로 다음과 같이 조정한다.

$$w_k^+ = w_k - \eta \cdot \partial E$$

새로운 가중치는 외생적으로 부여한 학습률  $\eta$ 와 이전 단계에서 구한 오차에 대한 기여도  $\partial E$ 에 비례하여 기존 가중치를 조정한 값이다. 적절한 학습률  $\eta$  하에서 새로운 가중치는 기존 가중치에 비해 오차함수  $E$ 을 작게 만들어 인공신경망 모형의 정확도를 높인다.

이상의 세 단계를 거치면 새로운 가중치  $w_1^+$ ,  $w_2^+$ , ...,  $w_8^+$ 를 구할 수 있으며 이때 오차함수  $E$ 은 이전보다 작아진다. 이제는  $w_1$ ,  $w_2$ , ...,  $w_8$ 의 초기값 대신 새로운 가중치  $w_1^+$ ,  $w_2^+$ , ...,  $w_8^+$ 를 가지고 첫 번째 단계부터 위의 작업을 반복한다. 이렇게 계속해서 가중치를 조정해가는 작업을 반복하다가 오차함수  $E$ 이 사전에 목표로 한 범위 내에 도달하면 작업을 종료한다. 마지막으로 조정된 뉴런 간 가중치가 모형의 학습값이 된다.

이와 같이 주어진 데이터를 학습하여 그 결과로 적절한 가중치가 정해진 인공신경망 모형은 그 다음부터 동일한 유형의 문제를 쉽고 빠르게 예측하는 인공지능 시스템 기능을 수행하게 된다.

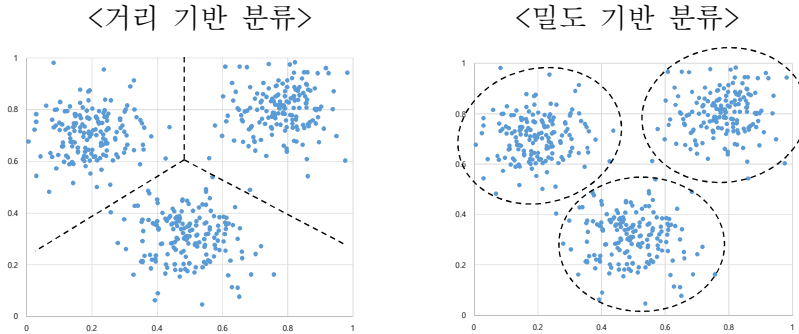
## 2) 학습방식

머신러닝은 학습방식에 따라 지도학습(supervised learning)과 비지도학습(unsupervised learning), 강화학습(reinforcement learning)으로 구분할 수 있다. 학습 데이터가  $(x, y)$ 와 같이 입력값(샘플)과 결과값(레이블)의 세트로 구성되어 있는 경우에는 지도학습 방식으로 학습할 수 있으며 그렇지 않은 경우 비지도학습을 수행한다. 앞서 소개한 인공신경망에서의 역전파 학습은 학습 데이터가 입력값과 결과값의 세트로 이루어져 있으므로 지도학습 방식이라고 볼 수 있다.<sup>14)</sup> 그 밖에 사회과학 분야에서 많이 쓰이는 회귀분석 역시 지도학습 방식을 따르는 대표적인 사례이며, 서포트벡터머신, 결정트리 알고리즘 등도 지도학습 방식을 따른다.

반면 비지도학습은 결과값(레이블)이 없는 데이터를 다룬다. 예를 들면 주성분분석(principal component analysis)은 비지도학습 방식을 따르는 대표적인 사례다. 주성분분석은 데이터가 공통적으로 가장 많이 포함하고 있는 요인을 순서대로 추출하는 통계적 기법이며, 결과값(레이블) 없이 입력값만 가지고도 분석이 가능하다. 그 밖에도 데이터에 포함된 샘플 중 성격이 서로 유사한 샘플들을 각각 하나의 집단으로 구분해주는 군집(clustering)도 비지도학습을 따른다. <그림 II-8>에 나타나듯 군집의 방법 중에는 거리 기반으로 집단을 구분하는 방식과 밀도 기반으로 집단을 구분하는 방식 등이 존재하며, 사용자가 문제의 특성에 맞게 원하는 모형을 선택할 수 있다.

### <그림 II-8> 군집 모형 예시

14) 제한된 볼츠만 머신(restricted Boltzmann machine)과 같은 일부 인공신경망 구조는 비지도학습 방식을 따르기도 한다.



비지도학습은 종종 지도학습을 위한 보조적인 도구로도 사용되곤 한다. 본격적인 지도학습을 수행하기 이전에 학습할 데이터를 정제하거나 학습에 적합한 특성을 찾는 데 활용하는 것이다. 예를 들면 비지도학습을 통해 학습 데이터에 포함된 이상치를 탐지(anomaly detection)하여 제거할 수 있다. 또한 차원 축소(dimensionality reduction)를 통해 데이터에 포함된 여러 특성 중에서 중요도가 높은 특성을 골라내고 그렇지 않은 특성을 제외할 수 있다. 이러한 작업을 통해 지도학습에 드는 소요시간을 단축하고 결과의 정확도를 향상시키는 것이 가능하다.

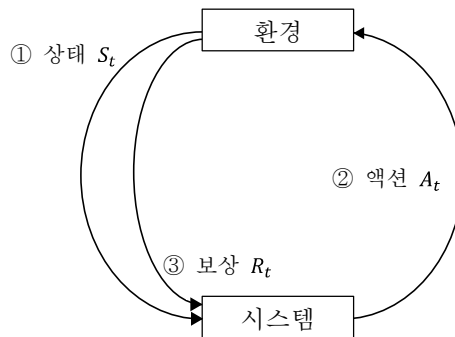
때로는 지도학습과 비지도학습이 혼합된 형태인 준지도학습이 쓰이기도 한다. 구글, 애플, 페이스북 등이 제공하는 사진 속 인물 인식 서비스가 대표적이다. 사용자가 몇 개의 사진을 골라 사진 속 인물 정보를 입력하면(지도학습), 시스템이 정보를 입력받지 않은 다른 사진에서도 동일한 인물이라 판단되는 부분을 포착(비지도학습)하여 인물 정보를 제공하는 식이다. 이렇게 하면 사용자가 모든 사진에 대해 일일이 인물 정보를 입력하지 않아도 사진 속 인물 정보를 손쉽게 확인할 수 있다.

마지막으로 강화학습 방식이 있다. 강화학습에서는 시스템이 직접 환경을 관찰하고 이에 맞게 행동하여 그에 대한 보상을 받는다. 그리고 이러한 일련의 과정을 무수히 반복한다. 처음에는 시스템이 그다지 효율적이지 않은 행동을 취할 가능성이 높지만, 이러한 과정을 계속해서 반복하다



보면 결국에는 가장 큰 보상을 받을 수 있는 최적의 행동 전략을 찾아낼 수 있다. 시행착오를 통해 학습한다는 측면에서 인간의 학습과정과 비슷한 점이 있다.

<그림 II-9> 강화학습의 개념도



문제의 특성에 따라 강화학습을 수행할 때 행동에 대한 보상이 즉각적으로 나타나는 경우가 있고 그렇지 않은 경우도 있다. 전자의 경우에도 강화학습은 잘 작동하지만 대개 이러한 경우는 문제 자체가 쉽기 때문에 굳이 강화학습을 수행할 필요가 없다. 강화학습이 진정한 강점을 발휘할 때는 보상이 즉각 주어지지 않고 지연되어 나타나는 경우다. 구글 딥마인드의 알파고가 온라인으로 수많은 상대와 바둑을 두고 이를 통해 최적의 전략을 찾아낸 것이 대표적인 예다.<sup>15)</sup> 통상 바둑은 어떤 한 수로 인해 얻는 득실이 즉각적으로 나타나지 않고 이후 많은 수를 주고받은 다음에야 비로소 나타난다. 인간은 미리 내다볼 수 있는 수의 제약이 존재하고 시행착오를 통해 배울 수 있는 부분도 물리적으로 또는 정신적으로 상당 부분 제한되어 있기 때문에 이러한 문제를 해결하는데 난항을 겪을 수 있다. 반면, 시스템은 이러한 제약에서 비교적 자유롭기 때문에 계속해서 강화학습을 반복 수행할 수 있는 환경만 조성된다면 최적의 해결책을 찾아

15) 알파고는 자기 자신과도 많이 대전하였다고 한다.

낼 가능성이 높다.

사실 강화학습을 적용할 수 있는 문제는 아직까지 그리 많지 않다. 시스템이 무수히 많은 시행착오를 겪을 수 있도록 환경을 구축하는 것이 쉽지 않기 때문이다. 바둑이나 체스와 같은 보드게임, 전자오락, 온라인 게임 등이 비교적 이러한 환경 구축에 용이하기 때문에 강화학습이 가장 먼저 적용되었으나 현실의 일반적인 문제에 적용하기는 아직까지 쉽지 않다. 그러나 시스템을 매우 높은 수준까지 학습시킬 수 있다는 측면에서 강화학습은 머신러닝의 강력한 수단으로 인정받고 있으며, 연구자들은 이를 현실적인 문제에 적용하는 방법을 찾고자 많은 노력을 기울이고 있다.

### 나. 발전요인

최근 머신러닝의 활용도가 크게 증가하게 된 배경으로는 크게 네 가지 요인을 꼽을 수 있다. 첫째, 데이터의 양이 획기적으로 증가하였다. 머신러닝에서는 인간이 시스템에 지식체계를 수동적으로 입력하는 방식이 아니라 시스템이 직접 데이터를 학습하고 규칙을 만들어나가는 방식을 채택한다. 따라서 얼마나 많은 양질의 데이터가 존재하는가가 머신러닝의 정확도 향상에 중요한 역할을 한다. 그 중에서도 인공지능망은 특히 네트워크의 자유도가 매우 높아 다른 머신러닝 모형에 비해 더욱 많은 양의 데이터를 필요로 한다.

근래에 들어 모든 산업에 걸쳐 정보의 디지털화가 진행됨으로써 머신러닝에 사용할 수 있는 양질의 데이터가 크게 늘어났다. 작고 저렴한 센서의 보급, 사물인터넷의 발전 등으로 인해 활용 가능한 데이터가 비약적으로 증가하였으며, 과거와는 달리 음성, 이미지, 동영상 등의 비정형 데이터 또는 SNS(Social Network Service)에서 발생하는 실시간 데이터도 추가적으로 활용할 수 있게 되었다. 공공데이터 개방과 오픈API(Application Programming Interface) 확대 추세, 웹크롤링 기술 발전 등도 활용 가능한 데이터의 양적 확대에 크게 기여하였다. 단순히 데이터의 양만 늘어난

것이 아니라 질적인 면에서도 개선이 있었다. 온라인 플랫폼을 통해 만들어진 정형화된 데이터가 늘어나고, 머신투머신(machine-to-machine) 관계가 점차 확대되면서 데이터의 활용 속도도 크게 증가한 것이다.

둘째, 알고리즘의 개선이다. 인공신경망은 1980년대 소개된 역전파 방식이 이미 주요한 학습수단으로 공고히 자리매김하였음에도 불구하고 2000년대 이전까지 서포트벡터머신 등 다른 모형에 밀려 빛을 보지 못하였다. 인공신경망 학습에 너무 오랜 시간이 걸렸으며 모형을 통해 예측한 결과의 정확도가 그리 높지 않았기 때문이다. 인공신경망 학습에 있어 그동안 특히 문제가 되었던 부분은 경사감소소멸(vanishing gradient)과 과적합(overfitting) 문제이다.

경사감소소멸은 역전파 과정에서 편미분 값이 0에 가까워지면서 더 이상 이전 뉴런으로 오차가 전파되지 않는 현상을 의미한다. 앞의 <그림 II

-7>을 예로 들면  $\frac{\partial out_{h1}}{\partial net_{h1}}$ 이 0에 가까워지면 오차가 최종 목적지인  $w_1$ 까

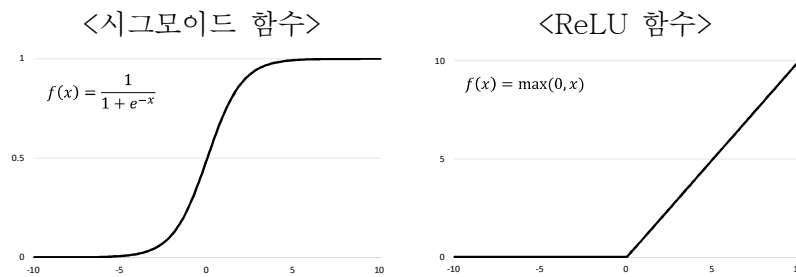
지 전파되지 않고 이로 인해  $w_1$ 의 변화가 오차함수  $E$ 에 영향을 주지 못한다. 이와 같이 어떠한 뉴런에서 경사감소소멸 문제가 발생하면 그보다 이전 뉴런의 가중치에 대한 학습이 더 이상 불가능해진다.

과적합은 모형이 데이터에 지나치게 민감하게 반응하여 올바른 학습이 이루어지지 않는 현상을 의미한다. 주로 학습 대상이 되는 매개변수의 수가 많을 때 이러한 문제가 발생하며 그 결과 모형의 예측력이 떨어지게 된다. 일반적으로 인공신경망은 학습시킬 가중치의 수가 매우 많기 때문에 과적합 문제가 발생하기 쉽다.

Hinton et al.(2006)은 이러한 문제의 상당 부분을 해소함으로써 인공신경망이 비로소 빛을 발하는데 지대한 공헌을 하였다. 그는 우선 경사감소소멸 문제를 해결하기 위해 새로운 활성화함수를 제안하였다. 기존에 주로 사용하였던 시그모이드(sigmoid) 함수 대신 ReLU 함수를 사용한 것이다. <그림 II-10>에서 보듯 시그모이드 함수는 일정 수준 이상의 입력값이 주어질 때 미분값이 0에 가까워지지만 ReLU 함수는 미분값이 계속해

서 1로 고정되어 있다.<sup>16)</sup> 또한 사전학습과 베이즈룰(Bayes' rule) 등을 통해 가능성 높은 초깃값을 설정하는 등 경사감소소멸 문제를 해결하기 위한 추가 장치도 마련하였다. 그리고 과적합 문제를 완화하기 위해 드롭아웃(dropout) 알고리즘을 적용하였다. 드롭아웃은 특정 확률 p를 기준으로 임의의 뉴런을 제거하고 축소된 규모로 학습을 시킨 후, 원래대로 뉴런을 복원하고 학습된 가중치에 p를 곱하는 방식이다. 드롭아웃 과정을 반복하면 특정 가중치가 데이터에 지나치게 민감하게 반응하는 현상을 방지할 수 있다.

<그림 II-10> 활성화함수 예시



이와 같이 인공신경망 학습에 획기적인 개선을 일으킨 Hinton et al.(2006)을 통상 딥러닝의 시작이라 부른다. 그 이후에도 알고리즘을 개선하고자 하는 노력은 지속되었으며 구체적인 예로 초기화 방식의 개선, 배치정규화, 미리 훈련된 심층신경망의 일부분 재사용, 병렬컴퓨팅 이용 등을 꼽을 수 있다.

머신러닝의 발전에 기여한 세 번째 요인은 하드웨어의 발전이다. 대규모 데이터를 학습해야 하는 인공신경망의 특성상 데이터의 저장 및 연산에 드는 높은 비용은 과거 인공신경망의 활용을 저해하는 요인으로 작용하였다.

16) 입력값이 0보다 작은 경우에는 ReLU 함수의 미분값도 0을 나타내지만 이는 모형의 정확도에 큰 영향을 미치지 않는다. 입력값이 작다는 사실 자체가 해당 뉴런이 결괏값에 별다른 영향을 미치지 않는다는 것을 의미하기 때문이다.

그러나 하드웨어의 꾸준한 발전으로 현재 대용량 저장장치를 구입하는데 드는 비용은 획기적으로 낮아졌으며, 컴퓨터의 연산속도 또한 과거와 비교할 수 없을 정도로 빨라졌다.

최근에는 머신러닝 학습에 특화된 하드웨어를 개발하려는 시도도 활발히 이루어지고 있다. 일례로 우리가 일상적으로 사용하는 CPU(Central Processing Unit)는 복잡한 연산을 수행할 수 있지만 머신러닝 학습에 주로 수반되는 간단하고 반복적인 연산 수행에 있어서는 처리속도가 느리다는 단점을 지닌다. 반면, GPU(Graphics Processing Unit)는 CPU에 비해 간단한 연산의 처리속도가 훨씬 빠르기 때문에 머신러닝의 학습속도를 보다 높일 수 있다. 그러나 GPU 역시 발열이 심하고 전력소비가 높다는 단점이 있어 최근에는 머신러닝에 특화된 전용칩에 대한 수요가 늘어나고 있다. 현재 활용 중인 전용칩의 대표적인 예로는 NPU(Neural Processing Unit), TPU(Tensor Processing Unit), FPGA(Field-Programmable Gate Array)를 들 수 있다.

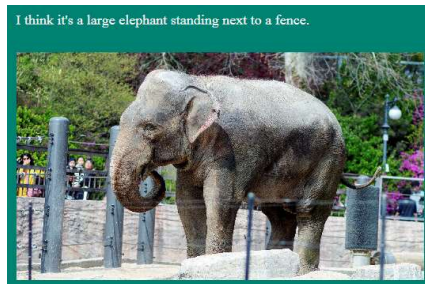
마지막으로 머신러닝 관련 오픈 소스 프레임워크의 보급과 개발자 커뮤니티의 확대 또한 머신러닝의 활용도를 높이는데 크게 기여하고 있다. 오픈 소스 프레임워크는 머신러닝 모형을 개발하는데 있어 많이 쓰는 기능을 한데 모아 라이브러리 형태로 만든 것이며, 몬트리올 대학의 Theano, 뉴욕대 Torch, 버클리대 Café, 구글브레인의 TensorFlow가 대표적이다. 오픈 소스 프레임워크는 머신러닝 모형을 개발하는데 드는 비용과 시간을 크게 절약시켜준다. GitHub나 Stack Overflow 등 개발자들이 서로 지식을 공유하고 의견을 교환하는 온라인 커뮤니티가 과거에 비해 크게 활성화되었다는 점도 머신러닝 기술이 전 산업으로 빠르게 전파되는데 있어 큰 역할을 하고 있다.

### 다. 활용현황

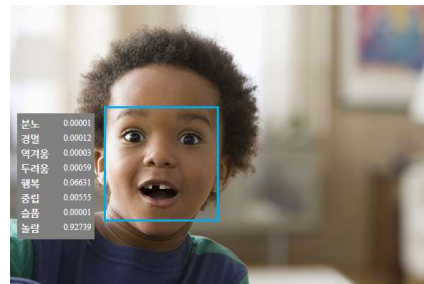
현재 모든 산업에 걸쳐 가장 활용도가 높은 머신러닝 기술을 꼽자면 이미지 인식, 자연어 처리, 이상탐지를 들 수 있다. 이미지 인식 기술은 휴대폰에서 찍은 여러 사진 중 동일한 인물의 사진을 한데 모아주거나, SNS에 올린 사진에서 친한 친구의 얼굴을 자동으로 찾아 이름을 태그해주는 등의 서비스를 통해 우리 일상에서 이미 익숙한 기술이다. 이는 또한 사진에서 고양이나 강아지와 같은 동물을 구별해주거나, 사용자가 온라인 쇼핑몰에서 신발을 검색하면 그와 비슷한 디자인을 가진 신발을 추천해주는 데에도 사용된다. 마이크로소프트는 별도의 웹사이트를 통해 사진 속의 상황을 설명해주는 인공지능 체험서비스를 개설한 바 있다. 사용자가 사진을 업로드하면 ‘울타리 옆에 코끼리가 서있습니다’와 같이 사진을 설명하는 문장을 표시해주는 식이다. 사진 속 사람의 표정을 인식하여 그 사람의 감정 상태를 분석해주는 서비스도 있다. 그리고 무엇보다도 이미지 인식 기술은 향후 인간 삶의 방식을 크게 바꿀 무인운송 기술의 핵심이기도 하다.

<그림 II-11> 이미지 인식 서비스 예시

<상황 인식>



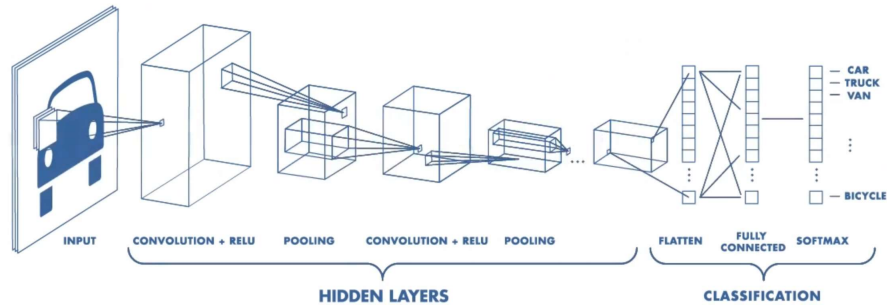
<감정 인식>



자료: 마이크로소프트

현재 이미지를 인식하는 가장 대표적인 방법은 콘볼루션 신경망(convolution neural network)을 활용하는 것이다. 이는 인공신경망을 기반으로 한 모형으로 이미지 인식에 특화된 기능을 제공한다. 일반적으로 이미지 파일은 적게는 수천 개에서 많게는 수천만 개에 달하는 2차원의 픽셀 정보를 포함하고 있는데 이를 모두 인공신경망의 입력값으로 집어넣기에는 그 수가 지나치게 많다. 콘볼루션 신경망에서는 우선 필터를 통해 이미지의 특성을 추출하는 콘볼루션(convolution) 단계와 이미지의 크기를 축소하는 풀링(pooling) 단계를 반복하여 2차원의 이미지 정보를 1차원의 데이터로 변환하는 작업을 수행한다. 이렇게 만들어진 1차원 데이터를 앞서 소개한 일반적인 인공신경망 모형에 대입하면 최종 예측값을 만들 수 있다.

<그림 II-12> 콘볼루션 신경망 모형 예시



자료: MathWorks

초기 이미지 인식 연구는 MNIST(Modified National Institute of Standards and Technology) 데이터베이스<sup>17)</sup>에서 제공하는 손글씨 이미지를 최대한 정확하게 인식하는 것을 목표로 하였다. 그동안 MNIST 데이

17) MNIST는 손글씨로 적은 숫자들의 이미지로 구성된 데이터베이스이다. 총 6만개의 훈련용 데이터와 1만개의 테스트용 데이터로 구성되어 있다.

터를 학습하기 위해 다양한 머신러닝 방법이 시도되었지만 콘볼루션 신경망이 등장한 이후 에러율(error rate)이 크게 낮아져 획기적인 발전을 이룬 것으로 평가받는다. 이 분야 연구자들이 최근에 선보인 콘볼루션 신경망의 MNIST 데이터 인식 에러율은 0.2%까지 낮아진 상황이다.

2009년 이후 프린스턴대 컴퓨터과학과에서 제공하는 이미지넷(ImageNet) 데이터베이스를 활용한 이미지 인식 연구도 활발하게 진행되고 있다. 해당 데이터베이스는 총 1,400만개 이상의 사진을 제공하며 각 사진에 담긴 내용을 약 5만개의 유형으로 분류하고 있다. 이를 활용해 이미지 인식 기술의 정확도를 높이려는 시도가 이루어지고 있는데 매년 개최되는 이미지넷 경연대회 결과를 보면 그 발전 속도를 짐작할 수 있다. 2011년에만 해도 25%에 달했던 에러율이 2017년에는 3% 내외로 감소하였고 이는 심지어 인간의 에러율(약 5%)보다 낮은 수준이다. 이러한 발전에 가장 기여한 모형은 2012년 경연대회에서 Krizhvsy et al.(2012)이 선보인 딥(deep) 콘볼루션 신경망이다. 이들은 콘볼루션 신경망에 딥러닝 개념을 최초로 도입하였으며 그 결과 다른 팀들보다 무려 9%포인트 이상 에러율을 감소시킬 수 있었다. 그들이 개발한 모형은 전 세계적으로 딥러닝 열풍을 불러오는 계기가 되기도 하였다.

현재 가장 많이 사용되는 또 다른 머신러닝 기술은 인공신경망 기반의 자연어 처리 기술이다. 애플이나 구글, 아마존, 네이버, 카카오 등 국내외 내로라하는 ICT기업들은 스마트폰 또는 인공지능 스피커를 통해 가상비서 서비스를 개발하고 있으며 이들은 모두 인공신경망을 활용한 자연어 처리 기술을 기반으로 하고 있다. 우리는 이미 가상비서를 통해 간단한 음성으로 날씨를 알아보거나 음악을 선곡할 수 있으며 이동 시 목적지까지 가는 길을 물을 수도 있다. 심지어 최근에는 사물인터넷 기능이 탑재된 가전제품들이 대거 등장하면서 음성으로 전자레인지로 돌리거나 불을 켜고 끄는 등 그 활용도는 날이 갈수록 확대되고 있다. 특히 인공신경망 모형을 적용한 자연어 처리 기술은 외국어 번역 분야에서도 획기적인 발전을 일으켰다. 번역의 정확도 향상은 물론 오타 또는 새롭게 등장하는 신조어도 매끄럽게 처리하는 것이 가능해졌다. 일례로 구글 브레인은 자

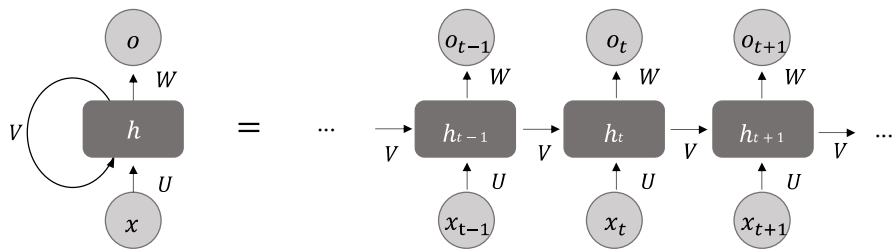


사의 기존 번역 시스템을 인공지능경망 형태로 전환하여 주요 언어에서의 번역 오류를 55~85% 줄였다고 밝힌 바 있다. 이러한 경험으로 인하여 많은 사람들은 향후 인간의 삶이 자연어 처리 기술을 통해 획기적으로 변화할 것으로 기대하고 있다.

자연어 처리는 인간의 일상생활 언어를 컴퓨터가 처리할 수 있도록 변환시키는 기술이며, 인공지능경망은 자연어 처리에 있어서 가장 우수한 모형으로 인정받고 있다. 그러나 전형적인 인공지능경망 모형에서는 입력층에서 출력층으로 한 방향으로만 정보가 흐르기 때문에 문장 또는 단락의 전체 문맥을 고려하기가 쉽지 않다. 따라서 자연어 처리를 위해서는 통상 순환신경망(recurrent neural network)이라 불리는 특수한 형태의 인공지능경망 모형을 활용한다.

순환신경망 모형은 정보의 시퀀스(sequence)를 다룰 수 있도록 설계되었다. 즉, k번째 음절에 대한 예측값을 제시할 때 단순히 k번째 입력값만 활용하는 것이 아니라 전후의 입력값을 모두 활용하여 예측값을 제시하는 식이다. 따라서 순환신경망 모형은 자연어 처리에서 전체 문맥을 활용하는데 유용하게 활용될 뿐 아니라 이와 유사한 구조를 가진 시계열 데이터를 처리하는 데에도 종종 쓰인다.

<그림 II-13> 순환신경망 모형의 개념



이미지 인식과 자연어 처리를 제외하면 머신러닝에서 가장 활발하게 쓰이는 기술은 이상탐지일 것이다. 이상탐지는 주어진 데이터 중에서 혼

히 나타나지 않는 비정상 데이터를 찾아내는 기술이다. 예를 들어 CCTV(Closed Circuit Television)를 통해 특정 구역을 감시할 때 일상적인 상황에서는 경보를 울리지 않고 비일상적인 상황이 감지되면 자동으로 관리자에게 알려주는 시스템을 생각해볼 수 있다. 이를 활용하면 관리자는 항상 모니터를 쳐다볼 필요 없이 비정상적인 상황이 닥쳤을 때만 집중하여 감시할 수 있으므로 작업의 효율성이 크게 증가한다. 이와 유사하게 온라인상에서 서버에 접속한 모든 사용자를 지켜보는 대신 이상 행동을 보이는 몇몇 사용자에 대해서만 집중 모니터링을 실시하고 필요 시 해당 사용자의 접근 권한을 자동으로 축소하는 사이버 보안 시스템도 있다. 이와 같이 이상탐지 기술은 주로 범죄 예방 및 탐지와 사이버 보안, 그 밖에도 불공정 거래 및 금융사기 포착 등에 주로 활용된다.

일반적으로 이상탐지 기술은 비지도학습 방식을 활용한다. 대부분의 데이터가 정상이라고 가정한 다음, 정상 데이터와 다른 특성을 보이는 데이터를 비정상이라고 탐지하는 방식이다. 혼치는 않지만 지도학습을 활용하는 방법도 있다. 사용자가 각각의 학습 데이터에 정상과 비정상을 표시한 다음 이를 통해 시스템을 학습시키는 방식이다. 비지도학습 모형은 정상에서 벗어난 데이터를 비정상으로 표시하지만 지도학습 모형에서는 반드시 그럴 필요가 없다. 때로는 지도학습과 비지도학습을 결합한 준지도학습을 통해 이상치를 탐지하는 경우도 있다.

## 2. 자본시장에서의 인공지능 기술의 활용

Citi(2018)에 따르면 전 세계 금융회사의 인공지능 관련 지출액은 매우 높은 수준이다. 2016년에 이미 19억달러를 투자하였으며 이는 전체 업종 중 IT업계에 이어 두 번째로 높은 수준이다. 더욱이 2019년에는 투자액이 크게 늘어 총 75억달러에 달할 것으로 전망하고 있다.

다른 금융 분야와 마찬가지로 자본시장에서도 인공지능 기술을 도입하고 활용하려는 수요가 점차 늘어나고 있음은 명백하다. 본 절에서는 자본시장의 각 분야별로 인공지능 기술이 어떻게 활용되고 있는지 알아보고, 자본시장 내 플레이어들이 어떠한 노력을 기울이고 있는지 그 추세를 살펴보고자 한다.

### 가. 활용분야

본 절에서는 자본시장에서의 인공지능 기술의 활용현황을 다음의 네 가지 분야로 구분하여 각각 살펴보았다. 첫째는 자산운용 분야에서의 활용이고, 둘째는 신용평가 부문, 셋째는 챗봇을 활용한 업무 효율화, 마지막으로 넷째는 이상탐지 분야에서의 활용이다.

#### 1) 자산운용

사실 머신러닝은 오래 전부터 자본시장에서 자산가격을 예측하는데 쓰여 왔으며 일정 부분 성과도 있었던 것으로 여겨진다. 그러나 글로벌 ICT기업들이 최근 들어 제공하는 인공지능 서비스만큼 놀라울 정도의 혁신을 보여 주지는 못하였다. 머신러닝, 특히 인공신경망 모형이 유독 자산가격을 예측하는 데에는 그리 실통치 않았기 때문이다.

머신러닝으로 자산가격을 예측하기 어려운 이유는 다음과 같다. 첫째, 과거 학습데이터와 미래 현상 간 뚜렷한 일관성이 나타나지 않는다. 인공경망이 크게 성공을 거둔 이미지 인식과 자연어 처리 분야에서는 과거 학습데이터와 실제 결괏값을 예측하고자 하는 데이터가 유사한 특성을 갖는다. 예를 들면, 고양이 사진을 포함한 과거 학습데이터와 실제 인식시키고자 하는 고양이 사진은 모두 공통적으로 고양이를 포착한 사진이다. 고양이의 자세나 사진을 찍은 각도, 주변 배경은 서로 다를 수 있지만 어쨌든 모두 고양이를 담고 있다. 반면, 자산가격의 경우 과거 분포와 미래 분포

가 서로 유사하리라는 보장이 전혀 없다. 둘째, 금융시장에서는 과거에 없던 완전히 새로운 사건(event)이 수시로 발생한다. 그렇기 때문에 과거 자산가격에 영향을 미쳤던 요인들이 향후 지속적으로 자산가격에 영향을 준다 하더라도, 수시로 발생하는 새로운 이벤트로 인해 자산가격이 예측치로부터 벗어날 가능성이 상당히 높다. 셋째, 자산가격 학습 데이터는 굉장히 많은 잡음(noise)을 포함하고 있다. 예를 들어 개별 기업의 주가는 기업의 실적 뿐 아니라 관련 뉴스 및 소문에 민감하게 반응하고, 경기변동과 각종 거시지표 변화, 그 밖에 투자자 심리(investor sentiment)에도 영향을 받는다. 인공신경망 모형이 복잡한 문제를 구현하는데 장점을 가지긴 하지만 이렇게 잡음이 많이 포함된 데이터를 학습하고 유의미한 패턴을 찾아내는 것은 결코 쉬운 일이 아니다.

그럼에도 불구하고 금융권과 학계에서는 머신러닝을 통해 자산가격을 예측하려는 시도가 여전히 활발하게 이루어지고 있다. 일례로 Moritz & Zimmermann(2016)은 개별 주식의 과거수익률이 미래 주식에 어떠한 영향을 미치는지 머신러닝을 통해 살펴보았다. 이들은 재무학에서 주가예측을 위해 전통적으로 사용하는 방식<sup>18)</sup>에 비해 자신들의 결정트리 기반 머신러닝 모형이 더욱 우수한 성과를 보인다고 주장하였다. 최근에는 Gu et al.(2018) 역시 결정트리 모형이나 인공신경망 모형을 활용하였을 때 전통적인 방식에 비해 자산가격결정에 있어 획기적인 성과 개선을 나타냈다고 밝혔다.

빅데이터의 활용을 통해 자산가격결정모형의 예측력이 예전보다 높아질 가능성도 존재한다. 이미지 인식과 자연어 처리 등의 인공지능 기술은 예전에 활용하지 못했던 비정형 데이터를 분석에 활용할 수 있는 정형화된 데이터로 변환해준다. 예를 들어 인공위성 이미지를 분석하여 특정 기업의 주가에 영향을 미치는 새로운 정보를 발굴할 수 있으며, SNS에서 드러나는 소비자 심리를 분석하여 특정 제품이 해당 기업 실적에 미치는 영향을 빠르게 파악할 수도 있다. 전통적인 데이터로 포착할 수 없었던 이러한 정

18) 전통적으로는 다중분류(multiple-sorting) 방식과 Fama-MacBeth 횡단면분석 방식을 주로 활용해왔다.

보는 특히 사람들의 말과 행동이 중요한 기초자료로 쓰일 수 있는 사회과학 분야에서 더욱 빛을 발해 미래 예측력을 크게 향상시킬 가능성이 있다.

한편, 헤지펀드가 제공하는 데이터와 플랫폼을 통해 자산가격을 예측하기 위한 경쟁이 벌어지기도 한다. WorldQuant와 Numerai 등 일부 헤지펀드들은 직접 개발한 플랫폼을 통해 사용자가 그 안에서 대규모 금융 및 경제 데이터에 접근하고 이를 활용해 다양한 매매전략을 만들 수 있도록 하였다. 헤지펀드는 이 중에서 성과가 좋은 매매전략을 직접 실행하고 사용자와 수익을 배분한다. 앞서 이미지넷 경연대회가 인공지능 기반 이미지 인식 기술 발전에 크게 기여하였듯, 이러한 플랫폼을 통한 사용자 간 경쟁이 향후 머신러닝에 기반한 자산가격발견에 획기적인 발전을 가져오게 될 가능성도 존재한다.

헤지펀드 업계에서는 단순한 지도학습이 아니라 알파고와 같은 강화학습을 이용하여 수익을 거두려는 시도 또한 활발하게 이루어지고 있다. 현재까지는 뚜렷한 진전이 없는 것으로 보이지만 언젠가는 알파고와 같이 강화학습을 채택한 시스템이 금융시장에서도 최적의 매매전략을 만드는 날이 올 수도 있을 것이다.

## 2) 신용평가

신용평가 방법에는 정량적 방법과 정성적 방법이 있다. 일반적으로 대규모 자금을 필요로 하는 중대형 기업에 대해서는 정량적 분석과 더불어 애널리스트가 직접 해당 기업의 정성적인 측면을 분석하고 신용도를 평가한다. 반면, 상대적으로 소액 자금을 필요로 하는 소규모 업체 또는 개인 대출자의 경우 애널리스트가 일일이 분석하기 보다는 대부분 정량적 평가 모형에 기반하여 신용등급이 부여된다. 신용평가사가 대출자의 신용등급을 결정하기 위해 사용하는 정량적 정보는 주로 금융회사를 통한 거래 또는 공과금 납부 및 연체 내역 등으로 한정되어 있는데, 그러다보니 해당 거래가 많지 않은 대출자의 경우 실제 상환능력과 무관하게 낮은 신용등급을 받게 된다는 문제가 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 신용평가 시 기존 정량 정보 외에도 대출자의 실제 상환능력을 확인할 수 있는 각종 빅데이터를 추가로 활용하고자 하는 시도가 이루어지고 있다. 대표적인 사례가 미국의 Zest Finance다. 이 회사는 구글 CIO(Chief Information Officer) 출신 Douglas Merrill이 2009년 설립한 회사로 기존 신용평가사가 전통적으로 활용하는 수십 가지의 정량 지표 외에도 수천 개 항목의 빅데이터를 추가로 신용평가에 활용하고 있다. 해당 데이터는 대출자의 SNS, 이메일, 문자메시지 내역 등을 포함하며 이러한 정보는 대출자의 행태, 사회적 관계, 감정 상태 등을 반영한다. Zest Finance에 따르면 기존 금융회사에서 대출을 받을 수 없었던 저신용자 중 상당수가 빅데이터를 통해 충분한 상환능력을 입증하여 대출을 받을 수 있게 되었다고 한다.

빅데이터를 분석한 신용평가는 필연적으로 인공지능의 활용을 수반하게 된다. 우선 SNS와 이메일, 문자메시지 등 빅데이터의 상당 부분은 자연어 처리 기술을 필요로 한다. 사용자의 감정을 파악하거나 메시지의 앞뒤 문맥을 고려하여 키워드를 추출하는 등의 작업에서 인공지능, 특히, 인공신경망은 필수다. 뿐만 아니라 전통적인 선형(linear) 방식의 모형으로는 수천 개의 항목을 가지고 있는 빅데이터를 효과적으로 활용하기 어렵다. 따라서 Zest Finance를 비롯하여 빅데이터를 신용평가에 활용하는 회사들은 정량 분석을 위해 결정트리 모형 기반의 랜덤 포레스트(random forests) 또는 인공신경망 등 비모수(non-parametric) 구조를 지닌 머신러닝 모형을 사용하고 있다.

다만 학습된 머신러닝 모형이 신용평가 결과에 대해 뚜렷한 경제학적 근거를 제공하지 않는다는 사실은 단점으로 꼽힌다. 인공신경망과 같은 머신러닝 모형은 주로 컴퓨터과학 분야에서 발전되어 왔기 때문에 전통적인 경제학 모형과는 달리 문제의 원인을 규명하기 보다는 문제의 결과 예측에 초점을 맞춘다. 따라서 알고리즘의 발전은 경제학적 논리에 기반하기보다는 결과의 정확도 향상을 목표로 해왔다. 그 결과 빅데이터를 활용하여 더욱 정확하게 예측하는 것은 가능해졌지만 왜 그렇게 되었는지 설명하는 것은 매우 어려워졌다. 즉, 시스템이 어떠한 논리를 통해 해당 신

용등급을 제시하였는지는 알 수가 없는 것이다. 이에 따라 향후 문제가 발생하였을 때 신용평가 주체가 왜 그러한 결정을 내렸는지 감독당국에 설명하는 것이 어려우며, 누가 법적 책임을 져야하는지도 불분명해진다는 한계를 가진다.

이 같은 단점에도 불구하고 머신러닝 기술을 활용해 더욱 폭넓은 빅데이터를 활용하려는 시도는 계속해서 나타나고 있다. 특히 금융 거래 정보가 충분히 축적되지 않은 개도국에서의 활용, 새롭게 부상하고 있는 P2P(Peer to Peer)대출 서비스에서의 활용 가능성이 크게 높아지고 있는 상황이다.

### 3) 챗봇

앞에서 언급하였듯 인공지능을 통한 자연어 처리 기술은 사물인터넷 확대와 맞물려 향후 삶의 방식을 크게 변화시킬 것으로 기대를 모으고 있다. 가상비서 또는 챗봇을 통해 간단한 명령어 입력만으로 쉽게 일을 처리할 수 있는 삶의 영역이 늘어나고 있는 것이다. 금융 서비스도 물론 예외가 아니다. 인공지능 시스템을 통해 소비자들은 쉽고 빠르게 원하는 금융 서비스를 받을 수 있으며, 금융회사 내부 직원 또한 업무를 더욱 효율적으로 처리할 수 있게 된다.

현재 금융권에서는 이와 관련하여 챗봇 서비스 쪽에 많은 공을 기울이고 있다.뱅크오브아메리카의 챗봇 서비스인 ERICA가 대표적인 사례다. 고객은 금융회사의 웹페이지 또는 모바일앱이 제공하는 수많은 기능을 일일이 찾아볼 필요 없이 챗봇을 통해 일상생활에서 사용하는 간단한 명령어를 입력함으로써 필요한 서비스를 받을 수 있다. 또한 챗봇은 고객 개인의 상황에 기반한 맞춤형 서비스를 제공할 수도 있다. 이러한 이유로 일각에서는 챗봇이 기존 웹페이지 또는 모바일앱의 단점을 보완하는 새로운 금융상품 판매채널 역할을 할 것이라는 관측도 있다. 편리해지는 것은 내부 직원도 마찬가지다. 통상 금융회사는 내부 직원을 위해 사내용 시스템에 몹시 세분화된 메뉴를 구현한다. 워낙 금융 서비스의 종류가 많고

다양하다 보니 직원이 이를 모두 숙지하기 위해서는 많은 시간이 필요하다. 챗봇을 활용하면 이러한 수고를 줄이고 간단한 키워드 또는 문장만으로 원하는 메뉴를 쉽게 찾을 수 있다. 뿐만 아니라 “수요일 오후 비는 시간에 팀장님과 회의 약속 잡아줘”, “오늘 오후에 사용할 회의실 예약해줘”, “인사팀 전화번호 알려줘” 등의 간단한 명령어 입력을 통해 일일이 수행하기에 번거로운 작업을 빠르게 처리할 수 있다.

기본적인 챗봇의 원리는 인공지능망을 통한 자연어 처리 기술과 동일하다. 다만 금융회사가 챗봇을 활용하기 위해서는 금융 서비스에 특화된 학습 과정이 필요하다. 먼저 각 분야 실무자에 의해 초기 지도학습이 이루어져야 하며 이후로도 충분한 사용자 확보를 통해 지속적으로 학습이 이루어져야 챗봇의 기능을 고도화할 수 있다. 향후 MRC(Machine Reading Comprehension)와 같이 다량의 문서를 통째로 학습할 수 있는 고도화된 자연어 처리 기술이 발전하면 챗봇의 활용도는 더욱 높아질 것이다. 복잡한 금융상품 약관이나 자본시장 관련 법규 등을 모두 챗봇이 학습하여 고객 및 내부 직원에게 필요한 내용을 실시간으로 제공할 수 있기 때문이다.

#### 4) 이상탐지

머신러닝을 기반으로 하는 여러 가지 기술 중 이상탐지는 특히 자본시장에서 활용 가능성이 높다. 자본시장에서 발생하는 각종 거래 데이터를 효과적으로 모니터링할 수 있기 때문이다. 대표적인 예로 2018년 5월 한국거래소는 결정트리 모형을 활용한 머신러닝 기반의 시장감시시스템을 구축하였다. 한국거래소는 다양한 변수를 활용한 강화학습을 통해 기존 시스템으로는 적출되지 않았던 신종 불공정거래 유형을 탐색하고 연계계좌를 적출하는 등의 효과가 있었다고 발표하였다. 거래소의 시장감시 기능 외에도 이상탐지 기술은 금융회사에서 내부 직원에 의한 각종 사고를 방지하고 내부 통제를 강화하기 위해 활용될 수 있다. 또한 소비자의 과거 거래 패턴을 학습하고 이로부터 현격히 벗어난 행위를 포착하여 금융사고를 최소화하는 것도 가능하다.



한편 이상탐지는 금융시장 및 경제 분석을 위한 데이터 정제 목적으로도 활용할 수 있다. 수많은 데이터를 다루는 금융회사의 특성 상 서로 다른 데이터를 결합하고 활용함에 있어서 이상치나 결측치, 중복값 등이 종종 발생하는데 이상탐지 기술은 이러한 부분을 포착하여 정제하는데 큰 도움을 준다.

### 나. 주체별 동향

금융회사의 규모 또는 성격에 따라 인공지능 기술의 활용 양상은 서로 다르게 나타난다. 이미 많은 고객을 보유하면서 폭넓은 서비스를 제공하고 있는 대형 금융회사는 대체로 기존 업무의 효율을 확대하고 각종 사고 방지 및 내부 통제를 강화하기 위해 인공지능 기술을 활용한다. 특히 다수의 고객을 상대하거나 방대한 자료를 분석하는 등 많은 인력이 필요한 분야에 인공지능 기술을 도입하여 업무의 효율성을 높이려는 경향이 있다. 예를 들면 앞에서 언급했던 챗봇 서비스는 기존 콜센터를 대신해 다수의 고객을 효과적으로 응대할 수 있다. 또한 로보어드바이저와 같이 자동화된 플랫폼을 구축하고 이에 인공지능 기술을 적용함으로써 많은 인력 투입 없이 다수의 고객에게 저렴한 비용으로 투자자문 서비스를 제공할 수도 있다. 갈수록 교묘해지는 사이버 보안 위협에 대응하거나 각종 금융 사고 탐지 및 내부 직원 모니터링에도 인공지능 기술은 효과적으로 적용될 수 있다.

한편, 상대적으로 규모가 작은 전문 핀테크 기업 또는 금융 스타트업의 경우 인공지능 기술을 적용해 보다 혁신적인 금융 서비스를 개발하고자 한다. 예를 들면 2013년에 설립된 켄쇼(Kensho)는 자연어 처리 기술을 적용한 금융시장 분석엔진을 개발하여 사용자가 일상 언어로 금융 및 투자 정보를 손쉽게 검색할 수 있도록 하였다. 해당 서비스는 각종 뉴스와 기업의 공시정보, 추가정보, SNS 등 다양한 데이터로부터 특정 이벤트가 주가에 미치는 영향을 빠르게 포착하여 분석결과를 제공해준다. 또한 켄쇼

는 머신러닝 기술을 활용해 4차 산업혁명 관련 19개의 세부 테마로 기업을 분류한 신경제지수(new economies index)를 만들었으며 국내에서도 이를 추종하는 펀드가 출시된 바 있다. 전통적인 업종 분류 방식으로 정의하기 어려운 로봇, 드론, 지능형 교통 등 새롭게 출현하거나 사라지는 업종을 머신러닝 기술로 찾아내 지수화 하는 식이다.

2000년에 설립된 디지털리즈닝(Digital Reasoning)은 인공지능 기술을 활용해 내부 직원의 이메일, 메신저, 전화 등을 모니터링하여 내부자거래 및 기타 부적절 행위 등을 포착하는 보안서비스를 제공한다. 동 서비스는 평소와 유독 다른 직원의 비정상 행동을 탐지할 수 있으며 이메일이나 메신저 등에서 단순한 키워드 검색 대신 앞뒤 문맥을 고려한 검색 기능을 제공한다. 이 회사는 원래 테러 범죄와 관련된 메시지 분석 시스템 개발을 전문 분야로 하였으나, 2012년 거래감시 시스템 소프트웨어를 판매하기 시작하면서 금융업계와 관계를 맺었다. 현재 자금세탁, 주가조작, 내부자 거래 포착 등 폭넓은 모니터링 서비스를 제공하고 있으며 골드만삭스, UBS, Nasdaq 등 다수의 금융회사들이 이를 활용하고 있다.

마지막으로 수준 높은 인공지능 기술을 보유한 ICT기업이 이를 활용하여 고객에게 금융 서비스를 제공하려는 추세도 관찰된다. 인공지능을 비롯한 각종 ICT 기술이 모든 분야에 걸쳐 워낙 강력한 과급력을 가지고 있다 보니, 해당 기술에 대한 이해도가 가장 높은 ICT기업의 금융 서비스 또한 높은 경쟁력을 가지게 된 것이다. Citi(2018)에 따르면 고객들은 금융 거래 시 기존 금융회사들보다 애플, 구글 등 대형 ICT기업을 더욱 신뢰하고 있는 것으로 나타났다. 해당 기업들은 풍부한 자본력을 보유하고 있으며 각종 온라인 플랫폼을 장악하여 두터운 잠재 고객층을 확보하고 있다. 예를 들어, 페이스북은 자회사인 왓츠앱의 메신저 서비스를 통해 인도에서 2억 5천만 명의 사용자를 확보하고 있으며 이를 기반으로 계좌이체, 지급결제 서비스 등 금융 서비스 진출을 본격화하고 있다. 이들은 자신들이 가지고 있는 대량의 고객 데이터를 바탕으로 효과적인 마케팅을 수행할 수 있으며 플랫폼 내 다른 서비스와 결합하여 총체적인 고객관리도 가능하다. 이들은 향후 인공지능을 비롯한 강력한 ICT 기술을 장착하고 보다 적극적으로 금

용 서비스를 출시할 것으로 예상되며 이는 기존 금융회사에 큰 위협으로 작용할 전망이다.

### 3. 소결 및 시사점

인공지능 기술은 우리가 공상과학 영화에서 보는 것처럼 인간을 대신해 모든 것을 처리할 수 있는 만능 해결책이 아니다. 이론적으로 인공신경망은 어떠한 복잡한 함수라도 근사하여 모형화할 수 있지만, 복잡한 문제일수록 많은 수의 뉴런을 필요로 하기 때문에 해당 모형을 학습하여 현실에 적용하는 데에는 한계가 있다. 현재 인공신경망을 통해 학습 가능한 최대 뉴런 수는 수억 개 수준으로 그마저도 초당 수백만 와트에 달하는 엄청난 전기와 방대한 분량의 저장 공간을 부담해야 한다. 인간의 신경망이 초당 수십 와트의 에너지만 가지고도 850억 개의 뉴런과 이들을 3차원으로 잇는 100조개의 시냅스를 활용한다는 사실을 감안하면 인공신경망의 활용도를 인간과 비교하기에는 아직까지 많이 부족한 상황이다.

그러나 지금까지 그래왔듯 앞으로도 학습 데이터의 기하급수적인 증가, 알고리즘 및 하드웨어의 꾸준한 개선이 이루어짐에 따라 인공지능의 활용도는 지속적으로 확대될 전망이다. 우리는 이미 인공지능 기술의 적용이 이미 지 인식이나 자연어 처리 등에 있어 얼마나 획기적인 성과를 나타냈는지 확인하였으며, 이를 적용한 가상비서, 무인운송 등의 서비스가 조만간 우리의 삶을 크게 바꿔놓을 것으로 기대하고 있다.

이와 같이 인공지능은 각 산업에 빠른 속도로 적용되고 있으며 자본시장도 물론 예외는 아니다. 이미 자산운용을 비롯해 신용평가, 챗봇, 이상탐지 등 분야에서 활용되고 있으며 향후 인공지능 적용 분야는 더욱 다양해질 것으로 전망된다. 주체별로 대형 금융회사는 막대한 운영비용을 줄이기 위해 인공지능 기술을 활용하고 있으며, 상대적으로 규모가 작은 핀테크

크 업체나 스타트업 등은 인공지능을 적용한 획기적인 서비스 개발하는데 많은 역량을 쏟고 있다. 기술적 우위를 지닌 ICT업체는 그동안 축적된 고객 데이터를 활용하여 고객에 기반한 총체적인 금융 서비스를 제공할 것으로 예상된다.

이러한 변화 추세에 대응하기 위하여 금융회사에서 무엇보다 필요한 것은 양질의 데이터 확보다. 인공지능 기반 서비스의 질은 결국 학습 데이터 수준에 의해 결정된다. 향후 인공지능을 적용한 서비스가 점차 늘어날 것으로 예상되는 만큼 업계에서는 인공지능 기술에 대한 이해도를 높이는 것은 물론 지금부터 양질의 데이터를 최대한 확보하려는 노력이 필요하다. 가치 있는 데이터를 발굴하고, 활용 가능한 형태로 축적하며, 각 채널별로 수집한 데이터를 전사적 관점에서 체계적으로 관리해나가는 것이 중요할 것이다.



### III. 블록체인의 활용

---

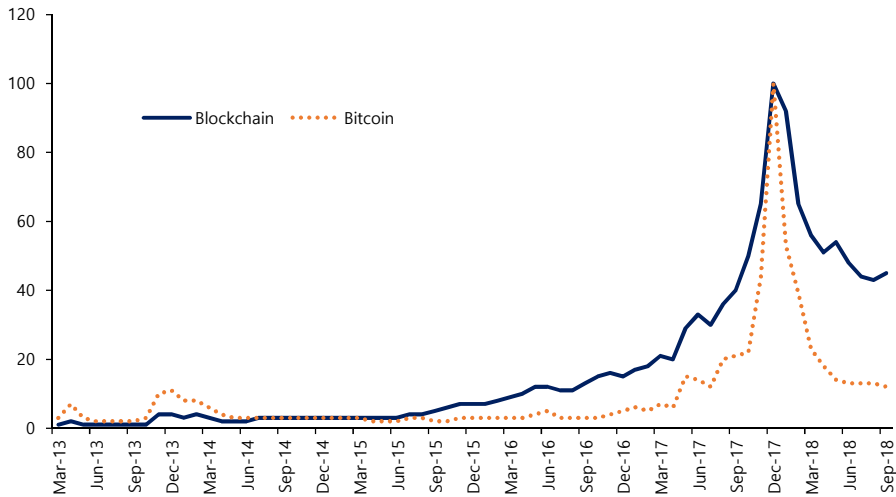
1. 블록체인 개요: 개념 및 특성
2. 블록체인의 문제점 및 대응
3. 자본시장에서의 블록체인 기술의 활용
4. 소결 및 시사점



### Ⅲ. 블록체인의 활용

본장에서는 4차 산업혁명의 두 번째 핵심기술로 블록체인(blockchain)을 다룬다. 2008년에 비트코인(Bitcoin)을 구동하는 기반기술로서 세상에 등장한 이후, 블록체인은 세상을 변화시킬 수 있는 잠재력을 가진 파괴적(disruptive) 기술로서 많은 관심의 대상이 되었고 다양한 분야에서의 활용 가능성에 대한 논의와 제안이 쏟아졌다. 그러나 10여년의 시간이 경과하면서 초기의 흥분(hype)이 진정되는 가운데, 블록체인이 갖고 있는 한계와 문제점들이 드러나는 동시에, 경제·사회 전반에서 블록체인의 본격적인 활용은 당초 기대보다는 상당히 느리게 진행되는 모습을 보이고 있다. 이에 따라 블록체인에 대한 관심 역시 변화하였다. <그림 Ⅲ-1>은 가상통화 거래의 급증에 따라 관심도 역시 올라가다가 이후 다시 내려가는 모습을 보여주고 있다.

<그림 Ⅲ-1> 블록체인과 비트코인 관심도 추이 (Google Trends)



주 : 구글 검색 빈도를 이용한 상대적 관심도를 나타낸다.

자료: <https://trends.google.com/>



특히 자본시장에서는 다수의 자본시장 플레이어들과 스타트업들이 자본시장의 가치사슬에 블록체인을 도입·활용하기 위하여 노력하고 있으나 아직까지 본격적인 변화가 감지되지는 않고 있다. 이러한 블록체인의 현 상황을 고려하여 본장은 II장의 인공지능과는 다르게 구성되었다. 먼저 1절에서는 블록체인의 개념과 특징을 간략하게 서술한다. 2절에서는 그동안 드러났거나 지적된 블록체인의 한계와 문제점은 무엇인지, 그리고 그에 대한 대응에는 어떤 것들이 있는지를 정리한다. 3절에서는 대표적인 스타트업들과 기타 사례들을 통하여 금융, 특히 자본시장 영역에서 블록체인 기술의 활용현황을 소개한다. 4절에서는 향후 전망 및 발전 방향에 대한 시사점을 논의한다.

## 1. 블록체인 개요: 개념 및 특성<sup>19)</sup>

### 가. 블록체인의 개념 및 작동 원리

블록체인은 ‘디지털화된 공개분산원장(public distributed ledger)에 의하여 기록의 무결성(integrity)과 신뢰성을 확보하는 컴퓨터 네트워크 기술’이라고 정의할 수 있다. 기존의 방식에서는 거래를 승인하고, 거래내역 및 그로 인한 자산보유의 변화를 원장(ledger)에 기록하여 원장을 업데이트하며, 이 원장을 안전하게 보관하는 모든 기능이 단일의 제3자(third party)에게 집중되어 있으며, 원장의 무결성은 제3자 기관의 신뢰성에 의존하는 방식을 취하고 있다.

이와는 달리 블록체인은 업데이트를 포함한 원장의 관리와 보관을 제3자에게 맡기는 것이 아니라, 컴퓨터 네트워크상의 모든 참여자에게 원장

19) 블록체인의 개념, 작동 원리, 특성은 조성훈(2016)에서 상세하게 서술하고 있다. 본 절에서는 조성훈(2016)의 내용을 압축·정리하여 간략하게 소개한다.

을 공개하고, 참여자들이 공동으로 업데이트하고 보관하는 방식을 취하는 P2P 형태의 ‘탈집중화(decentralized)’된 형태를 갖는다.

블록체인은 최초의 암호화통화(cryptocurrency) 혹은 가상통화(virtual currency)<sup>20)</sup>라고 할 수 있는 비트코인(Bitcoin)을 구동하는 메커니즘으로 세상에 처음 등장하였다.<sup>21)</sup> Satoshi Nakamoto라는 미지의 인물에 의하여 만들어진 것으로 알려진 비트코인은 블록체인의 원형(prototype)으로, 이후 등장한 다수의 블록체인 시스템들도 모두 비트코인의 작동 원리를 거의 동일하게 따르고 있다.

통화(혹은 화폐)가 통화로서 기능하기 위해서는 ‘이중지불(double spending)의 문제’, 즉 소유하고 있지 않은 돈으로 구매 대금을 지불하거나 소유하고 있지 않은 재화를 파는 행위의 가능성을 완전하게 봉쇄해야 한다. 실물화폐에서는 한번 지불을 해버리면 더 이상 화폐가 없기 때문에 이중지불의 문제는 자연스럽게 해결된다. 그러나 가상통화는 그렇지 않기 때문에 다른 방법에 의한 해결이 필요하다. 즉, 각 참여자가 보유하고 있는 가상통화의 수량과 그 변동사항을 정확하게 원장에 기록하고, 그 원장이 변조되지 않도록 보관하는 것, 즉 원장의 무결성을 보장하는 것이 실물화폐에서보다 훨씬 더 중요하다.

블록체인은 전술한 바와 같이 원장의 관리와 보관을 ‘노드(node)’라고 하는 블록체인 네트워크 참여자들이 공동으로 담당한다는 점이 가장 큰 특징이다. 상호간에 누군지도 모르고 신뢰도 없는 노드들 사이에서 정직하고 정확하게 원장의 관리가 이루어지도록 하는 것은 ‘합의 알고리즘(consensus algorithm)’에 의하여 해결하였다. 즉, 사전에 프로그래밍된 절차(알고리즘)에 의하여 거래가 승인되고, 승인된 거래가 원장에 기록되고, 기록된 원장의 정확성이 전체 노드들에 의하여 검증되고 승인되도록 하는 것이다.

20) 다양한 명칭이 사용되고 있으나, 본 보고서에서는 천창민·배승욱(2018)을 따라 ‘가상통화’라는 명칭을 사용한다.

21) 비트코인은 2009년 1월 3일 최초의 블록(genesis block)이 채굴되면서 작동을 시작하였다.

비트코인에서 사용되는 합의 알고리즘은 ‘작업증명(proof of work)’이라고 불리는 절차이다. 비트코인 네트워크 상의 노드들은 비트코인을 이용한 거래들을 모아 기록·저장하는 ‘블록(block)’을 생성한다. 이때 생성된 블록이 정확하고 정직하게 기록된 거래내역을 담고 있음을 입증하여야 하는데, 이를 위하여 비트코인 시스템에서는 특정 조건을 만족하는 정수값<sup>22)</sup>을 찾는 과제를 자동적으로 부과한다. 정수값은 근의 공식을 이용하여 방정식을 푸는 것과 같은 방식으로는 찾을 수 없고, 오직 맞는 값을 찾을 때까지 수많은 값을 반복적으로 입력하는 시행착오 방식으로만 찾을 수 있다. 작업증명이 갖는 특징의 하나는 과제를 해결하는 것, 즉 정수값을 찾는 것은 어렵지만, 찾아낸 정수값이 정말로 맞는 값인지를 검증하는 것은 매우 간단하다는 것이다. 따라서 어떤 노드가 가장 먼저 해당 정수값을 찾았을 때, 즉 작업증명을 해결했을 때 다른 노드들은 그 값이 맞는 값인지의 여부를 검증하고 검증이 끝나면 그 블록은 정확한 거래기록을 담은 블록으로 승인된다. 그리고 그 직전까지의 블록체인(원장)에 연결되어 원장을 업데이트하고, 업데이트된 원장은 전 세계의 노드들에 의하여 공유된다.<sup>23)</sup>

작업증명은 하나의 블록체인 시스템이 제대로 작동하도록 하는 가장 핵심적인 장치이며, 작업증명을 해결하기 위해서는 상당한 컴퓨터 연산능력과 전력 등 비용과 노력이 투입된다. 따라서 노드들이 작업증명을 수행하게 하기 위해서는 유인의 제공이 필요하며, 비트코인에서는 작업증명이 해결될 때, 즉 새로운 블록이 만들어질 때마다 그 노드에게 비트코인을 신규로 발행하여 지급한다. 2018년 10월 현재 블록 1개 생성에 대하여 12.5 비트코인을 지급하도록 되어 있으며, 이러한 보상은 약 21만 블록(약 4년)마다 1/2로 감소하도록 설계되어 있다. 작업증명의 과정을 흔히 ‘채굴(mining)’이라고 부르는 것은 작업증명의 성공에 의하여 새로운 비트코인이 발행되는 것을 땅속에 새롭게 금을 캐내는 것에 비유한 데 그 뿌리를 두고 있다.

22) 이 정수값을 ‘논스(nonce)’라고 한다.

23) ‘블록체인’이라는 이름은 ‘블록(block)’의 ‘연결(chain)’이라는 의미에서 유래하였다.

1 비트코인 가격을 6,000달러라고 가정하면 12.5 비트코인은 75,000달러에 해당한다. 이 보상을 얻기 위하여 전 세계의 노드들은 치열한 채굴 경쟁을 전개하고 있다. 그리고 막대한 채굴 설비, 즉 컴퓨터 연산 장비를 구축하고, 채굴 풀(mining pool)을 형성하는 등 경쟁에서 이길 확률을 높이기 위한 노력을 경주하고 있다.

블록체인의 또 하나의 특징은 원장에 기록되는 거래내역, 원장(즉 블록체인)을 구성하는 개별 블록들 간의 연결 구조 등 원장의 관리와 업데이트 전 과정에 걸쳐서 고도의 암호화(cryptographic) 기법이 사용되고 있다는 점이다. 비트코인을 비롯한 블록체인에서는 일방향(one-way) 해시 함수(hash function)를 사용하여 거래당사자 및 거래내역 등을 암호화하여 원장에 기록하며, 해시함수의 출력값으로부터 원래의 입력값을 알아내는 것은 거의 불가능한 것으로 알려져 있다. 또한 한 블록의 헤더(header)에는 바로 전 블록의 해시값이 포함됨으로써 한 블록의 정보가 변경되면 그 블록 및 이후 모든 블록의 해시값이 모두 달라지도록 설계되어 있다.

#### 나. 블록체인의 진화

비트코인이 세상에 등장한 이래 10여년의 시간 동안 다수의 블록체인 시스템이 등장하였다. 비트코인은 누구나 공유할 수 있는 ‘open source’로 만들어졌기 때문에, 이를 이용하거나 참고하여 새로운 블록체인 시스템을 만들어낼 수 있다. 비트코인은 ‘비트코인을 이용한 거래에 따른 비트코인의 소유 변동을 원장에 기록하고 관리하는’ 단일 기능을 수행하는 블록체인 시스템이다. 이에서 한발 더 나아가 보다 다양한 기능을 탑재, 수행할 수 있는 발전된 형태의 블록체인 시스템이 구현되기 시작하였으며, 이 중에서 가장 널리 알려진 것이 Vitalik Buterin에 의하여 2014년에 등장한 이더리움(Ethereum)이다.

이더리움은 ‘이더(ether)’라는 이름의 가상통화를 비트코인에서와 동일한 과정을 거쳐 발행·유통할 뿐 아니라, 블록체인을 기반으로 한 어플리케이션을 그 위에서 구동할 수 있도록 한 보다 일반화된(generalized) 블록체인이라고 할 수 있다.<sup>24)</sup> 즉 블록체인을 이용하여 어떤 어플리케이션이나 서비스를 제공하려는 주체는 자신이 직접 노드들을 포함한 블록체인 네트워크를 구성할 필요 없이 블록체인 위에서 구동되는 코드(즉 어플리케이션)를 개발하여 이더리움에 올려놓으면 된다. 이런 방식으로 구동되는 프로그램으로 가장 대표적인 것이 ‘스마트계약(smart contract)’이다. 2015년 이후 발행이 증가하기 시작한 각종 코인·토큰 등 가상통화 중 상당수가 이더리움을 플랫폼으로 하여 발행되었다.

#### 다. 블록체인의 특성

블록체인은 전술한 바와 같은 네트워크 구조 및 작동 원리에 따라 다음과 같은 몇 가지의 경제적·기술적 특성을 갖는다. 그리고 블록체인을 만들고 발전시켜 온 주역들은 이 특성들이 기존의 제3자 기관 집중형 시스템과 비교할 때 블록체인의 강력한 장점으로 작용한다고 주장하고 있다.

그 첫 번째 특성은 탈집중화(decentralization)다. 제3자에게 원장의 관리가 맡겨지고, 원장의 무결성은 제3자에 대한 신뢰에 전적으로 의존하는 기존 시스템과는 달리, 블록체인에서는 모든 네트워크 참여자들이 원장의 관리에 동등하게 참여하고, 시스템의 신뢰는 작업증명과 같은 합의 알고리즘에 의하여 확보된다. 또한 시스템 전체를 지배하거나 통할하는 단일의 의사결정 주체는 존재하지 않으며, 시스템의 운영과 관련된 중요한 의사결정 역시 참여자(노드)들 간의 합의에 의하여 내려진다. 아울러 탈집중화 및 노드들 간의 P2P 구조에 의한 직접 연결에 의하여 시스템 내부의 투명성이 제고된다. 기존 시스템에서는 제3자에 의하여 관리되는 원장이 다른 참여자에게 공개되지 않기 때문이다.

24) Buterin(2014)에서도 ‘decentralized application platform’이라는 표현을 사용하고 있다.

이와 같은 탈집중화의 추구는 다분히 이념적인 측면을 상당히 포함하고 있다. Satoshi Nakamoto를 비롯한 블록체인의 선도자들, 그리고 옹호자들의 상당수가 기존의 제3자 집중 시스템에 대한 불신을 갖고 있는 것으로 보인다. Nakamoto(2008)와 같이 중앙은행에 의한 화폐발행 독점에 대한 불신, 블록체인 기반의 투표 플랫폼이 투표관리를 담당하는 기관에 의한, 혹은 그 기관을 지배하는 정치권력에 의한 투표 조작을 원천적으로 막을 수 있기 때문에 우월하다는 주장(Garner, 2018; Liebkind, 2018)이 대표적이다. 그리고 이것은 비트코인이나 이더리움과 같은 개방형(public) 블록체인이 갖는 특성이며, 후술하는 폐쇄형 혹은 사적(private) 블록체인에는 해당되지 않는 부분도 있다.

블록체인이 갖는 특성이면서 강점으로 가장 많이 언급되는 것이 보안성 및 안전성이다. 이는 블록체인이라는 공개원장에 대한 보안성을 가리키는 것으로서, 작업증명을 거쳐 블록체인에 기록된 거래는 변조하거나 취소할 수 없다는 것을 의미한다. 그리고 이러한 보안성은 블록체인이 갖는 몇 가지 구조적 특징에 그 근거를 두고 있다.

우선 원장이 한 군데가 아닌 모든 참여자들에게 공개되고 분산 저장된다는 것은 이 중에 어느 한 참여자의 원장을 해킹하여 기록을 변조하거나 원장 자체를 파괴하더라도 다른 참여자들이 보관하고 있는 원장이 있기 때문에 문제가 되지 않는다는 것이다(no single point of attack).

블록체인의 보안성을 담보하는 또 하나의 장치는 블록의 연결 구조다. 전술한 바와 같이 블록체인 내 각 블록의 헤더에는 전 블록헤더의 해시값이 포함된다. 따라서 블록체인 내 어느 한 블록의 거래기록이 변조되면 그 블록의 헤더가 바뀌고 그에 따라 블록헤더의 해시값이 바뀌고, 이후 모든 블록들의 헤더 해시값이 바뀌게 된다. 따라서 특정 기록을 변조하기 위해서는 그 기록이 담겨 있는 블록 뿐 아니라 이후 모든 블록의 헤더 해시값을 다시 찾아 변조해야 하며, 동시에 이 모든 작업을 새로운 블록이 생성되어 블록체인이 업데이트되기 전<sup>25)</sup>에 완료해야 한다. 이론적으로 단

25) 비트코인의 경우 10분이다. 블록 생성 속도가 빨라질수록 기록 변조는 더욱 어려워질 것이다.

일의 주체가 블록체인 시스템 전체의 'hashing power', 즉 시스템의 각 노드가 투입하는 채굴을 위한 컴퓨터 연산능력 전체의 51% 이상을 완전히 장악·통제하는 경우 블록체인의 기록 변조가 가능한데(이를 '51% attack'이라 한다.), 비트코인의 경우 네트워크의 규모 및 투입되고 있는 연산능력의 크기를 고려할 때 그럴 가능성은 매우 낮다는 것이 블록체인의 보안성 및 안전성의 근거로 제시되고 있다.

블록체인의 강점으로 주장되는 또 하나의 특성은 경제성·효율성이다. 제3자가 존재하지 않고 거래 당사자 간에 P2P로 거래가 이루어지기 때문에 거래 완결을 위하여 거쳐야 하는 경로가 짧아지고, 거래 완결까지 소요되는 시간을 대폭 단축할 수 있다. 또한 거래 완결에 수반되는 비용을 크게 줄일 수 있는데, 이는 원장 관리를 위한 제3자 기관을 만들고 유지하는데 드는 비용 및 이 기관에 지불하는 수수료 등이 필요 없게 되기 때문이다.

## 2. 블록체인의 문제점 및 대응

비트코인의 등장 이후 전 세계는 블록체인에 열광하였다. 인터넷 이후 세상을 바꿀 수 있는 가장 파괴적 기술 중 하나라는 평가와 함께 비트코인과 같은 가상통화를 통한 지급수단의 제공에서 출발하여, 금융, 물류, 각종 공적 기록의 보관으로부터 나아가 정치과정에 이르기까지 매우 다양한 분야에서의 활용 가능성이 제시되었다. 그러나 새로운 기술이 세상에 등장할 때 전형적으로 나타나는 초기의 흥분(hype)이 가라앉고, 보다 냉정하게 블록체인 기술을 평가하게 되면서 블록체인이 갖고 있는 한계와 문제점들이 노출되기 시작하였다. 동시에 이에 대한 대응으로 이 문제점들을 해결하기 위한 다양한 노력이 나타났으며, 현재도 진행되고 있다.

## 가. 블록체인의 특성 관련 문제점과 대응<sup>26)</sup>

### 1) 문제점

블록체인이 갖는 기술적 한계와 관련하여 가장 많이 제기되는 것은 ‘scalability’라고 불리는 거래처리 용량(capacity) 혹은 속도의 문제이다. 비트코인의 경우 10분마다 1개의 블록이 생성되며, 1개의 블록에는 수백 건에서 수천 건의 거래가 기록된다. 이러한 거래처리 속도는 대부분의 제3자 기관이 보유한 집중형 시스템의 거래처리 속도와 비교할 때 현저하게 느린 것으로, 신용카드 사용이나 주식거래와 같이 1초당 수만 건 이상의 거래가 이루어지는 곳에서는 블록체인을 사용하기 곤란하다. 비트코인 이후 새로운 채굴 알고리즘의 개발 등 지속적인 노력으로 블록체인 플랫폼의 거래처리 속도는 상당한 수준으로 개선되었으나, 모든 거래가 개별적으로 승인되고 블록에 기록되는 순수한 P2P 블록체인 플랫폼이 제3자 기관에 집중된 기존 시스템(플랫폼)의 거래처리 속도를 따라잡을 가능성은 높지 않다. 그리고 거래처리 속도의 향상을 위한 시스템의 업그레이드도 블록체인에서는 개별 노드의 자발적 업그레이드에 의존해야 하고, 노드별로 상당한 성능 차이가 존재할 수 있음에 비하여 기존 시스템에서는 시스템 운영에 필요한 하드웨어와 소프트웨어가 제3자 기관에 집중되어 있기 때문에 훨씬 간단하게 업그레이드가 이루어질 수 있다. 주식시장 거래시스템을 블록체인 기반으로 구성하려는 시도가 상장기업을 대상으로 하는 공적시장(public market)이 아니라 비상장기업을 대상으로 하는 사적시장(private market)에서 먼저 시도된 것도 이 문제와 관련이 있는 것으로 보인다.<sup>27)</sup>

26) 본 소절의 내용은 다음을 참고·정리한 것이다. BIS Annual Economic Report(2018), Carstens(2018), Digital Trends(2018), Economist(2018), MIT Technology Review(2018), 조성훈(2018)

27) Nasdaq-Linq가 대표적 사례이다.



다음으로 제기되는 문제는 블록체인의 작동을 위하여, 특히 가장 핵심적인 작동 메커니즘이라고 할 수 있는 작업증명(혹은 채굴)을 위하여 지나치게 많은 자원이 투입되고 낭비된다는 것이다. 블록체인의 중요한 강점의 하나로 경제성·효율성이 언급되고 있는데, 이는 주로 제3자 기관이 존재하지 않기 때문에 이에 수반되는 비용이 발생하지 않는다는 점에 기인한 경제성·효율성을 가리키는 것으로 보인다. 그런데 이 부분은 정확하게는 이 비용을 전 세계의 자발적인 네트워크 참여자들에게 분산시킨 것으로 보아야 할 것이다. 즉, 블록체인은 기존 시스템에서 제3자 기관이 집중해서 담당하던 거래 처리 및 원장 관리를 위한 자원을 전 세계의 네트워크 참여자들로부터 ‘crowdsource’하는 것으로 볼 수 있으며, 이는 상당한 비효율의 가능성을 내포하고 있다. 작업증명에는 전 세계의 수많은 노드들이 경쟁하고 있는데, 이 과정에서 막대한 컴퓨터 연산능력과 전력이 투입되며, 여기에 작지 않은 크기의 원장 파일<sup>28)</sup>을 수많은 노드들이 동시에 업데이트하고 보관하는 과정에서 발생하는 데이터 트래픽 등을 고려하면 하나의 블록체인 시스템을 유지하기 위하여 투입되는 자원의 합은 제3자 기관이 존재하는 기존 시스템에서 소요되는 자원의 합보다 클 가능성이 높다. 또한 작업증명에 성공하여 비트코인(혹은 다른 가상통화)을 획득하는 노드는 단 하나이며, 나머지 수많은 노드들이 투입한 컴퓨터 연산능력과 전력은 그대로 소비되어 버려진다. 한 추정에 의하면 비트코인의 작업증명에서 소비되는 전력은 연간 22~73 TWH(TeraWatt-Hour)이며 73 TWH는 오스트리아 국가 전체의 전력 소비와 비슷한 수준이다. 여기에 이더리움에서 또다시 21 TWH의 전력을 소비한다(de Vries, 2018).

블록체인에 대하여 제기되는 세 번째 문제점은 보안성·안전성에 대한 의문이다. 우선 블록체인의 탈집중화된 구조, 블록의 연결 구조, 암호화 기법에 의하여 담보되는 보안성은 원장의 변조가능성을 봉쇄하여 무결성을 확보한다는 의미에서의 보안성이다. 가상통화와 같은 암호화된 자산의 거래에 참여하는 개인이나 중개기관<sup>29)</sup>이 자신의 자산을 보관하는 디지털지

28) 2018년 9월말 현재 비트코인의 원장 파일 크기는 약 185 기가바이트이다.  
(<https://www.blockchain.com>)

갑의 보안성은 이와는 별개의 문제이다. 디지털지갑 개인키의 유출이나 해킹에 의한 도난은 블록체인의 구조에 의하여 방지되지 않으며, 실제로 다수의 해킹 사례가 보도되고 있다. 더욱이 코인이나 토큰과 같은 암호화 자산 거래 참여자와 중개기관 간의 거래는 대부분 블록체인 상에서 이루어지지 않으며, 중개기관 자체의 보안능력에 의존하고 있다. 또한 점차로 블록체인 자체의 보안성, 즉 원장의 무결성에 대한 의문도 제기되고 있다. 일각에서는 합의 알고리즘의 안정성에 대한 의문을 제기하고 있으며(송수영, 2018), 전 세계적으로 채굴능력의 집중화가 급속도로 진행되면서 ‘51% attack’이 실제로 발생할 가능성이 존재한다는 우려를 제기하기도 한다.<sup>30)</sup> 최근 국제결제은행(Bank of International Settlement: BIS)은 기술(즉 합의 알고리즘)을 통하여 신뢰를 확보하거나 대체할 수 없다는 입장을 표명한 바 있다(BIS, 2018; Carstens, 2018)

탈집중화라는 블록체인의 핵심 특성은 필연적으로 지배구조(governance)의 문제를 야기하게 된다. 명확한 리더십이 없는 순수한 개방형 블록체인에서는 시스템 혹은 플랫폼의 운영과 관련된 제반 문제를 누가 책임지고, 의사결정은 어떻게 할 것인가가 불분명하게 되고, 이는 어떤 문제에 봉착했을 때 의사결정 및 대응을 느리고 비효율적으로 만드는 요인이 될 수 있다.<sup>31)</sup>

---

29) 가상통화의 경우 흔히 ‘거래소’로 일컬어지고 있으나, 본 보고서에서는 천창민·배승욱(2018)을 따라 ‘중개기관’이라는 용어를 사용한다.

30) Economist(2018)는 탈집중화를 추구하여 블록체인이 만들어졌음에도 불구하고, 실제로는 채굴능력, 가상통화 보유, 가상통화 거래중개(거래소)의 세 가지 측면에서 집중화가 지속적으로 진행되고 있음을 지적하고 있다.

31) 물론 여기에도 이념적 측면이 존재한다. 의사결정의 비효율성보다 탈집중화 및 참여자 간의 합의를 중요하게 생각하면 계속적으로 순수한 개방형 블록체인에 가치를 부여할 것이고, 실제 활용에 있어서의 편의성 및 의사결정의 신속·효율성을 중요하게 생각하면 탈집중화를 일부 포기하더라도 명확한 리더십이 존재하는 형태를 선택할 것이다.

## 2) 대응

이상에서 정리한 블록체인이 안고 있는 문제점들을 해결하려는 다양한 시도가 이루어졌다. 이 중에서 첫 번째로 꼽을 수 있는 것은 비트코인을 비롯한 대부분의 블록체인 네트워크가 채택하고 있는 ‘작업증명’이라는 합의 알고리즘이 갖는 느린 거래처리 속도, 과도한 전력 소비라는 문제를 해결하기 위하여 다양한 대안적 합의 알고리즘이 등장 혹은 제안되었다는 것이며, 그 중에서 가장 대표적인 것이 ‘지분증명(proof of stake)’이다.<sup>32)33)</sup>

작업증명에서는 전 세계의 노드들이 경쟁적으로 채굴에 참여하며, 컴퓨터 연산능력이 클수록 이 경쟁에서 승리하여 비트코인을 획득할 확률이 커진다. 이에 비하여 지분증명에서는 각 노드가 보유하고 있는 지분(stake)에 따라 새로운 블록을 생성할 수 있는 노드를 선정하고 선정된 노드가 단독으로 블록을 생성한다. ‘지분’은 존재하고 있는 전체 가상통화 총량(coin-age) 중에서 특정 노드가 보유하고 있는 가상통화의 비중으로 정의된다. 예를 들어 3% 지분을 보유하고 있는 노드가 블록 생성 노드로 선정될 확률은 3%가 된다. 블록 생성 노드는 작업증명에서와 동일하게 자신이 생성한 블록을 전 세계 노드들에게 전송하여 검증 및 승인 절차를 거치게 되며, 이 절차가 진행되는 동안 다음 블록을 생성할 노드가 선정된다. 만일 블록에 부정확하거나 조작된 기록이 포함되어 승인이 거절된 경우, 그리고 노드가 공개한 자신의 지분이 거짓으로 밝혀질 경우에는 그 노드가 보유한 가상통화 지분 전액을 몰수하도록 되어 있다.

지분증명은 King(2012)에 의하여 최초 제안되었으며, PeerCoin이 지분증명을 채택한 최초의 가상통화로 알려져 있다. 작업증명과 비교할 때 실제 채굴(블록 생성)을 진행하는 노드는 하나이기 때문에 나머지 노드들에 의한 전력 소모를 줄일 수 있고, 처리속도도 향상시킬 수 있다. 그러나 상대적으로 작업증명에 비하여 보안성에 대한 우려는 더 커진 측면이 있

32) 지분증명 외에 제안된 합의 알고리즘으로는 Designate PoS(dPoS), Proof of Activity, Proof of Burn, Proof of Capacity 등이 있다.

33) 지분증명에 관한 서술은 다음을 참고하였다. King(2012), Norman(2017), Investopedia(a)

다. 작업증명에서의 컴퓨터 연산능력의 집중보다 가상통화 보유, 즉 지분의 집중도가 높고, 또 집중도를 높이는 것도 훨씬 쉽다. 따라서 단일의 노드가 전체 블록체인을 지배할 가능성이 작업증명에서보다 더 높다는 것이 일반적 견해이다. 따라서 아직까지 유통량이 많고 어느 정도 안정적 평판을 확보한 가상통화 블록체인 중에서 지분증명을 채택하고 있는 곳은 없는 것으로 알려져 있다.<sup>34)</sup>

블록체인 플랫폼의 거래처리 속도를 높이기 위하여 이루어진 다른 방향에서의 시도는 블록 1개의 크기를 확대하는 것이다. 블록의 크기가 확대되면 1개의 블록에 담길 수 있는 거래의 수가 증가하고, 따라서 블록에 담기지 못하고 다음 블록이 생성될 때까지 기다려야 하는 거래의 수가 줄게 되며, 이를 통하여 거래 및 블록의 승인 속도를 높일 수 있다. 그런데 블록의 크기를 확대한다는 것은 블록체인의 기본 코드(프로그램)를 수정한다는 것을 의미하며, 이는 매우 중대한 변화이다.<sup>35)</sup> 비트코인과 같은 명확한 리더십이 없는 개방형 블록체인에서 이와 같은 코드 수정을 하기 위해서는 참여 노드들의 동의가 있어야 한다.

블록체인에서 기본 코드 또는 프로토콜(protocol)을 수정하는 것을 ‘포크(fork)’라고 한다. 코드나 프로토콜이 수정된 블록체인 시스템은 기존의 것과는 완전히 별개의 시스템이 된다. 결과적으로 포크가 발생하게 되면 두 개의 블록체인 시스템(기존 코드에 의한 것과 수정된 코드에 의한 것)이 일시적 혹은 영구적으로 존재하게 된다.<sup>36)</sup>

블록 크기의 확대를 위하여 이루어진 대표적인 포크의 사례는 비트코인으로부터 ‘비트코인 캐시(Bitcoin Cash)’가 분리된 것이다. 비트코인의 거래처리 속도 향상을 위하여 1개 블록의 크기를 1 메가바이트에서 8 메가바이트로 확대하는 코드 수정이 제안되었고, 이 제안의 채택 여부를 놓고 오랜 기간 노드들 간의 논쟁이 전개되었다. 결국 완전한 합의에 이르

34) 2017년 5월, 이더리움의 창시자 Buterin은 이더리움의 합의 알고리즘을 작업증명에서 지분증명으로 전환할 것을 검토·추진할 것이라고 발표하였으나(Buterin, 2017; Investopedia(b), 2017), 최근까지 전환 완료 발표는 없는 상태이다.

35) 합의 알고리즘의 변경 역시 중대한 코드의 수정이다.

36) 포크에 관한 서술은 Cointelegraph와 Investopedia(c)를 참고하였다.

지 못하고 코드 수정에 찬성하는 노드들이 비트코인에서 분리하여 새로운 코드(1 블록 = 8 메가바이트)를 채택한 새로운 블록체인 시스템을 만들어 2017년 8월 1일부터 작동하기 시작하였으며, 이 시스템에서 채굴되고 유통되는 가상통화를 ‘비트코인 캐시(Bitcoin Cash)’라고 명명하였다.<sup>37)</sup>

거래처리 속도 향상을 위한 또 하나의 시도는 ‘SegWit’이라는 것으로, 이는 블록에 기록되는 거래정보의 구조를 수정하여 하나의 블록에 보다 많은 거래를 담을 수 있도록 하는 것이다.

이상에서 서술한 대응들은 모두 개방형 블록체인의 원형을 유지하면서 기술적 한계를 보완하는 차원에서 이루어진 것들이다. 사적(private) 블록체인은 이와는 다른 차원에서 블록체인의 사업상 활용 가능성을 높이기 위하여 등장한 것이라고 볼 수 있다. 완전한 사적 블록체인은 단일의 주체가 블록체인 네트워크를 구성하고 구축한다. 이러한 블록체인에서 각 노드는 자발적으로 참여한 인격적인 존재가 아니라 프로그래밍 된 규칙에 따라 작동하는 컴퓨터이다. 따라서 합의 알고리즘 또는 채굴이라는 과정이 불필요하게 된다. 다만 원장을 블록체인의 암호화된 연결구조에 따라 만들고, 어느 한 노드에서 업데이트된 원장을 다른 노드들에게 전파하여 분산 보관한다. 채굴 과정이 없기 때문에 거래처리 속도를 개방형 블록체인에 비하여 크게 높일 수 있다는 것이 사적 블록체인이 갖는 강점이라고 볼 수 있다.

컨소시엄(consortium) 블록체인은 완전한 사적 블록체인과 개방형 블록체인 사이의 중간적 형태로서, 사전에 정해진 참여자들을 노드로 하여 구성된 블록체인을 가리킨다. 그리고 여기에 신규 노드로 참여하기 위해서는 기존 노드들의 동의와 승인이 있어야 한다. 참여자들 사이의 신뢰가 사전적으로 전제·확보되기 때문에 블록 승인 절차(채굴)를 개방형 블록

37) 비트코인 캐시와 같은 유형의 포크를 ‘하드포크(hard fork)’라고 하며, 기존[새로운] 코드에서 만들어진 블록을 새로운[기존] 코드에서는 더 이상 인정하지 않게 되며, 노드 역시 유효한 노드로 인정되지 않는다. 이와는 달리 ‘소프트포크(soft fork)’에서는 새로운 코드에 의하여 만들어진 블록이 기존 코드에서는 인정되지 않으나 새 코드에서는 기존 코드에 의하여 만들어진 블록을 인정하지 않게 된다 (backward compatible).

체인보다 간단하게 만들 수 있고, 이에 따라 거래처리 속도를 높일 수 있다는 것은 완전한 사적 블록체인과 동일한 강점이다.

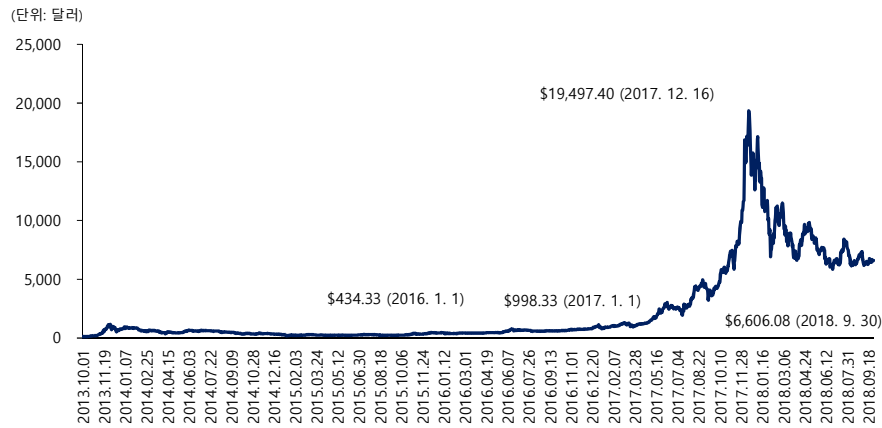
사적 블록체인은 거래처리 속도를 높이고 사업상의 활용 가능성을 높이기 위하여 블록체인의 초기 개척자들이 블록체인을 통하여 구현하려고 했던 탈집중화와 개방이라는 핵심적 특성을 포기한 것으로, 초기 개척자들의 관점에서 보면 이것을 과연 블록체인이라고 볼 수 있는지에 대한 정체성의 문제를 가진다. 즉, 블록의 기록 및 연결 방식이 본래 블록체인의 모습을 따르고 있을 뿐, 시스템 전체를 운영하고 지배하는 주체가 명확하게 존재하는 것이다. 암호화된 블록 연결 구조를 갖는 데이터 파일을 분산 저장하고, 지속적으로 동기화(synchronization)하는 것과 본질적으로 차이가 없다. 이와 같은 정체성의 문제에도 불구하고, 실용성이 뛰어나기 때문에 실제 비즈니스에서 적극적으로 도입을 시도하고 있는 것은 대부분 사적(권소사업 포함) 블록체인이다.

## 나. 가상통화의 기능 관련 문제점

### 1) 화폐(지불수단)로서의 기능

최초의 블록체인 플랫폼이기도 하면서 최초의 가상통화이기도 한 비트코인은 당초 중앙은행이 발행을 독점하고 있는 법화(fiat currency)를 대체하여 실제 상품을 구매할 때 지불수단으로 사용할 수 있는 화폐를 목표로 탄생하였다. 그러나 10년이 경과한 현 시점에서 이러한 목표가 달성되었다고 보기는 어렵다. 가장 오래되었고, 가장 많이 유통되는 비트코인조차도 이를 상품 판매 대금으로 수취하는 업체의 수는 극소수에 머무르고 있다. Morgan Stanley(2017)에 의하면 미국의 500대 온라인 상점 중에서 비트코인을 지불수단으로 인정하는 상점은 2016년 5개에서 2017년에는 3개로 줄어들었다.

<그림 III-2> 비트코인 가격 추이 (2013.10.1~2018.9.30)



자료: Coindesk

가상통화가 지불수단으로 받아들여지지 않는 가장 큰 이유로는 가상통화 자체 가격의 변동성이 매우 크다는 것을 들 수 있다. <그림 III-2>는 2013년 10월 1일부터 2018년 9월 30일까지의 5년 기간 중의 비트코인 가격을 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 가상통화가 본격적인 관심을 끌기 전까지 비트코인의 가격은 비교적 낮은 수준에 머무르고 있었다. 2016년 1월 1일 가격은 434.33달러였다. 이후 2016년말 경부터 가상통화에 대한 투기적 수요가 본격적으로 형성되기 시작하면서 비트코인의 가격은 급등하기 시작하였다. 2017년 1월 1일에는 998.33달러였던 비트코인 가격은 동년 5월 21일에는 2,084.73달러, 11월 8일에는 7,459.69달러를 기록하였고, 12월 16일에 19,497.40달러로 최고점을 기록하였다 이후 비트코인 가격은 1/3 수준으로 급락하여 2018년 9월에는 6,500달러 수준을 유지하고 있다.<sup>38)</sup>

38) 이는 Coindesk에서 입수한 미국에서의 비트코인 가격이다. 외환규제 등으로 인하여 국가 간 차익거래가 불가능하기 때문에 가상통화 가격은 국가별로 다르게 형성될 수 있고, 그 차이가 상당 기간 유지되기도 한다.

이와 같이 가격의 변동성이 큰 자산이 지불수단으로 자리잡을 가능성은 매우 낮다. 비트코인을 창조한 최초 개발자들의 의도와는 달리 현재 가상통화 거래에 참여하는 대부분의 거래자들은 가상통화를 지불수단으로 사용하기 위해서가 아니라 투기적 이익에 대한 기대로 매입·보유하는 것으로 보인다. 최근 국제자금세탁방지기구(Financial Action Task Force: FATF) 역시 가상통화는 화폐가 아니고 ‘가상자산(virtual asset)’이라는 입장을 표명하였다(FATF, 2018)

## 2) 스타트업 자금조달 수단으로서의 기능: ICO

가상통화 거래가 활발해지고 가상통화 가격이 크게 상승함에 따라 가상통화를 발행·매각함으로써 사업에 필요한 자금을 조달하는 스타트업이 등장하기 시작하였다. ICO(Initial Coin Offering)란 블록체인을 기반으로 한 프로젝트를 추진하려는 주체(예를 들면 스타트업)가 가상통화 또는 가상통화와 함께 프로젝트와 관련한 권리들을 패키지화한 ‘토큰’을 발행하여 일반 대중에게 매각함으로써 필요한 자금을 조달하는 것을 가리킨다(천창민, 2017)

ICO는 신주를 발행하여 일반투자자에게 매각하여 자금을 조달하면서 공개기업이 되는 IPO(Initial Public Offering)와 비교할 때 자금조달이라는 경제적 기능에서는 유사하지만 여타 측면에서는 상당한 차이점이 존재한다. 그 중에서도 가장 큰 차이는 불특정 다수의 투자자를 대상으로 자금을 조달하는 것인 만큼 IPO에서는 투자설명서(prospectus)를 포함한 증권신고서 중심의 엄격한 발행 공시 규제가 적용되고 있으나, ICO에는 그러한 규제가 거의 없다는 것이다. ICO를 통하여 자금을 조달하려는 주체는 자신의 사업계획이나 프로젝트의 개요를 담은 ‘백서(white paper)’를 작성하고 이를 트위터와 같은 소셜미디어에 게시하는 것이 전부이다.

또 하나의 큰 차이는 IPO에서의 주관회사(투자은행)와 같이 기업과 투자자를 연결하는 중개기관이 ICO에서는 존재하지 않고, 자금조달 주체와 투자자가 P2P로 직접 연결된다는 점이다. 더욱이 ICO 플랫폼으로 개방형



블록체인을 사용하는 경우에는 플랫폼 운영주체도 존재하지 않기 때문에 아무런 중간단계 혹은 중개기관 없이 자금조달 주체와 투자자는 직접적으로 연결된다. 그리고 이는 블록체인의 이념적 존재 이유와도 상통한다고 볼 수 있다.<sup>39)</sup>

그러나 ICO가 이루어지는 이와 같은 구조는 현실적으로 많은 문제를 야기하고 있다. 무엇보다도 스타트업과 같은 자금조달 주체와 투자자 간에 심각한 정보 비대칭이 존재하며, 이를 해소 또는 완화하는 장치가 없다는 것이 가장 근본적인 문제이다. IPO에서 투자은행은 기업과 투자자 사이의 중개기관으로서 발행 기업에 관한 정보를 수집·분석하고 이를 투자자에게 전달함으로써 양자 간의 정보 비대칭을 완화하는 매우 중요한 경제적 기능을 수행한다. 반면 ICO에서는 중개기관이 없기 때문에 투자자들은 각 스타트업이 게시한 백서를 직접 읽고 투자여부를 판단하여야 하는데, 기술적 전문성이 부족한 투자자가 백서의 내용을 파악하고 내용의 진실성, 프로젝트의 성공 가능성 등을 판단하는 것은 쉽지 않다.<sup>40)</sup> 실제로 ICO를 실시한 다수의 프로젝트가 허구이거나 사기성을 띤 것으로 나타났으며, 이에 따른 투자자의 피해도 적지 않은 것이 현실이다. Benedetti & Kostovetsky(2018)에 의하면 ICO 최초거래일 수익률([최초거래일 종가÷발행가격(offer price)]-1)은 1.79(179%)이며, ICO를 실시한 프로젝트 중 ICO 마감일로부터 120일 후까지 존속하는 경우는 절반이 되지 않는다. 심각한 저가발행, 그리고 프로젝트의 절반 이상이 120일 이내에 사라진다는 사실은 ICO에서 정보 비대칭 문제의 심각성을 잘 보여준다.

이러한 이유로 세계 각국의 관련 당국은 ICO 동향을 면밀하게 모니터링하면서 필요한 규제를 준비하거나 시행하고 있다.<sup>41)</sup> 또한 중개기관 없

39) 불특정 다수의 투자자로부터 소액으로 자금을 조달한다는 점에서 ICO는 크라우드펀딩과 유사하다. 그러나 최소한의 큐레이션(curation)을 수행하는 플랫폼 운영주체가 존재하는 크라우드펀딩과 달리, ICO에서는 그러한 주체가 없다.

40) Collins & Pierrakis(2012)에 의하면 전문성이 없는 투자자들이 비교적 쉽게 사업 내용을 파악하고 평가할 수 있는 비즈니스일수록 크라우드펀딩에 적합하다. 그런데 ICO를 실시하는 프로젝트는 모두 고도의 기술 기반 프로젝트로서 투자자와 자금조달 주체 간의 정보 비대칭은 크라우드펀딩에서보다 훨씬 더 클 것이다.

41) 각국의 ICO 규제는 본 보고서에서 다루지 않으며, 천창민·배승욱(2018)에 잘

이 중개기관의 정보 집적 및 생산 기능을 ‘crowdsource’하는 플랫폼도 등장하였다. 예를 들어 ‘Steemit’은 블록체인 기반의 블로그 및 소셜네트워크 플랫폼으로 여기에 백서를 비롯한 인터넷 상에 퍼져 있는 콘텐츠의 발견, 분석, 코멘트 등을 게시하면 자체 가상통화를 보상으로 지급한다.

### 3) 거래 대상 자산으로서의 기능

전술한 ICO가 가상통화의 발행시장에 관한 것이라면, 본 소절에서는 발행된 가상통화의 유통시장에 관한 내용을 논의한다. 우선 시장의 가격 발견(price discovery)과 관련하여 순수한 P2P 구조의 시장에서 시장의 가격정보를 수집하고 게시하는 기능을 누가 수행할 것인지가 불확실하다. 현재 가상통화의 유통시장은 중개기관(거래소)이 존재하고, 투자자는 중개기관을 통하여 가상통화를 거래하는 구조로서 모든 투자자가 P2P로 연결되는 구조는 아니다. 가상통화 중개기관이 시장의 가격 정보를 수집하여 게시하는 기능을 담당하고 있으며, 이러한 기능을 배제한 순수한 P2P 구조의 시장은 어려울 뿐 아니라 비효율적일 수 있다.

또한 효율적 시장으로서 하나의 가상통화의 가격이 전 세계적으로 동일하게 형성되기 위해서는 차익거래(arbitrage)가 자유롭게 이루어질 수 있어야 한다. 그러나 가상통화의 가격이 거래되는 국가별로 그 국가의 법화에 의하여 평가되고, 다수 국가에서 외환거래에 제약이 존재하기 때문에 실제 차익거래는 상당한 제약을 받는 것이 현실이다. 그 결과 동일한 가상통화 가격이 중개기관(또는 중개플랫폼)에 따라 달라질 수 있다.<sup>42)</sup>

그리고 규제적, 제도적으로 충분히 정비되지 않은 시장이기 때문에 가상통화 시세조종의 가능성 역시 상당히 존재한다. Griffin & Shams(2018)는 ‘Tether’라는 가상통화가 비트코인을 비롯한 다수 가상통화의 가격지지(price support) 및 시세조종에 사용되었다는 실증적 분석 결과를 발표한 바 있다.

---

정리되어 있다.

42) 2017년 말~2018년 초에 걸쳐 나타난 가상통화 시장에서의 ‘Korea Premium’ 현상이 대표적 사례이다.

작업증명 및 노드들에 의한 승인을 거쳐 업데이트된 블록체인에 기록된 거래내역의 변경·변조가 거의 불가능하다는 것은 블록체인 시스템이 갖는 핵심적인 강점이지만, 실수나 착오에 의한 거래를 되돌리거나 수정할 수 없다는 것은 가상통화의 유통시장에서는 상당한 제약으로 작용할 가능성이 높다. 현재 개방형 블록체인에서 일단 블록에 기록된 거래를 취소하려면 거래 당사자 간에 반대 방향의 거래를 다시 일으키는 수밖에 없다. 다수의 거래 참여자가 관련된 기록을 취소하기 위해서는 원장 자체를 수정해야 하는데, 이를 위해서는 코드 수정 즉 포크가 필요하다.<sup>43)</sup> 수많은 거래가 이루어지는 가상통화 유통시장에서 거래 정정을 이러한 방식으로 하는 것은 매우 비효율적일 것이며, 개선이 필요한 부분이다.

#### 다. 기존 플레이어들의 저항 가능성

현재 제3자 기관의 역할을 담당하고 있는 기존 플레이어들이 독점적으로 관리·보유하고 있는 원장은 그 기관에게는 매우 중요하고 가치 있는 정보이다. 그런데 자신이 제3자 기관으로서 서비스하고 있는 어떤 시스템을 블록체인 기반으로 전환한다는 것은 원장을 블록체인 참여자들과 공유한다는 것을 의미하며, 이 기관이 이러한 전환의 유인을 갖기는 매우 어려울 것이다. 따라서 이 경우 구성되는 블록체인은 기존 기관이 완전하게 통제할 수 있는 사적 블록체인이 될 가능성이 높다. 그렇지 않다면 기존 시스템과 동일한 서비스를 제공하는 시스템을 블록체인 기반으로 구성하여 경쟁자로 등장할 가능성을 생각해 볼 수 있을 것이다.<sup>44)</sup>

43) 원장 수정을 위하여 이루어진 포크는 2016년 이더리움에서 이루어진 사례가 있다. 이더리움이 추진하던 ‘The DAO(Decentralized Autonomous Organization)’ 프로젝트를 위한 자금 모집 과정에서 해킹으로 인하여 가상통화가 도난당하는 사태가 발생하자, 이더리움은 자금 모집과 관련된 원장(블록체인)기록을 삭제하고 모집한 자금을 투자자에게 반환하기 위한 하드포크를 단행하였고, 그 결과 2016년 7월 20일에 이더리움 클래식과 이더리움으로 분할되었다.

44) 비트코인이 기존 중앙은행의 화폐발행 시스템에 대한 경쟁자로 탄생한 것을 사례로 들 수 있을 것이다. 그러나 성공적인 경쟁자가 되었다고 보기는 어렵다.

### 3. 자본시장에서의 블록체인 기술의 활용

본 절에서는 자본시장에서 블록체인을 도입하여 활용하려는 시도와 사례를 살펴본다. 먼저 블록체인을 기반으로 사업을 영위하고 있는 주요 스타트업들에는 어떤 것이 있으며, 이들이 영위하고 있는 사업은 무엇인지를 살펴보고, 이어서 기타의 자본시장 도입 사례, 주로 기존의 자본시장 플레이어들에 의하여 시도되고 있는 사례를 소개한다.

#### 가. 블록체인 스타트업<sup>45)</sup>

Forbes가 2018년 2월 13일에 발표한 Forbes Fintech 50에 포함된 스타트업 중에서 블록체인을 기반으로 하는 사업을 영위하는 스타트업은 11개로 명단은 <표 III-1>에 정리되어 있다.

<표 III-1>에 제시된 스타트업들을 주력 사업별로 나누어 보면, 먼저 가상통화의 거래 및 중개 서비스를 제공하는 스타트업이 4개로 가장 많은 수를 차지하고 있다. 2017년부터 전 세계적으로 가상통화 거래 참여자 수와 거래 규모가 급격하게 증가함에 따라 다수의 가상통화 거래 및 중개(거래소) 서비스 업체가 등장하였다. 이 중에서 적지 않은 수의 업체가 부실한 보안으로 인하여 보관 중인 가상통화를 해킹으로 도난당하거나 고객 정보가 유출되는 사고를 겪었다. 따라서 <표 III-1>의 선도업체들은 이러한 사태를 방지하기 위하여 보안성과 안전성이 강화된 디지털지갑을 제공하거나, 법 규정을 위반하지 않기 위하여 내부통제 및 준법감시(compliance)를 강화하는 등의 노력을 자발적으로 기울이고 있다. 거래 어플리케이션을 고객이 사용하기 편리하도록 개선하려는 노력도 경쟁적으로 펼쳐지고 있다.

45) 본 소절에서 소개된 업체들은 업력이 매우 짧은 ‘스타트업’들로서 공적인 공시정보를 비롯한 객관적인 자료가 거의 존재하지 않는다. 본 소절의 내용은 대부분 각 스타트업들의 홈페이지에서 소개된 내용을 정리한 것으로, 소개된 내용에 대한 사실 여부가 검증된 것은 아니라는 점을 밝힌다.

&lt;표 III-1&gt; Forbes Fintech 50 중 블록체인 스타트업

| 회사명               | 사업내용                   |
|-------------------|------------------------|
| Coinbase          | 가상통화 거래·중개 서비스         |
| Robinhood         | 가상통화 및 주식 거래 서비스       |
| Blockchain        | 가상통화 거래 서비스            |
| Shapeshift        | 가상통화 거래·중개 서비스         |
| Ripple            | 해외송금 서비스               |
| Veem              | B2B 송금·결제 서비스          |
| Xapo              | 비트코인 온라인지갑 및 직불카드 서비스  |
| Chainalysis       | 가상통화 거래 추적·분석, 준법감시 지원 |
| Symbiont          | 디지털증권 발행을 위한 블록체인 플랫폼  |
| The Bitfury Group | 블록체인 솔루션 개발            |
| Chain             | 블록체인 솔루션 개발            |

자료: Forbes(2018)

다음으로는 블록체인을 기반으로 한 송금 및 결제 서비스를 제공하는 3개의 스타트업들이 있다. 조성훈(2016)에서도 언급한 바와 같이, 블록체인 기술이 가장 먼저 도입·활용될 것으로 기대되었던 것이 송금, 특히 해외 송금 서비스이다. Ripple은 이미 상당한 업력을 가진 업체로서, 송금을 위한 'XRP'라는 자체적인 가상통화를 이용한다. Veem은 기업 간(B2B) 송금 및 결제 서비스를 주력 사업으로 하는 스타트업으로, 자체적인 가상통화 없이 비트코인을 이용하여 서비스를 제공하며, 일반 통화에 의한 송금 서비스를 개시할 계획을 갖고 있다. 한편 Xapo는 고객들에게 비트코인을 보관하는 온라인 디지털지갑을 제공할 뿐 아니라, 해당 비트코인을 보다 쉽게 사용할 수 있는 직불카드를 발급한다.

Chainalysis는 스타트업 중에서 독특한 서비스를 제공한다. 이 스타트업은 전 세계에서 발생하는 비트코인 발행, 거래 등을 디지털지갑 주소를

이용하여 지속적으로 추적·분석함으로써 비트코인을 이용한 자금세탁, 사이버 범죄자를 추적할 수 있는 솔루션을 제공하는 업체이다. 미국 IRS(Internal Revenue Service), Europol 등과 협력 관계를 구축하고 있으며, 추적 대상 가상통화도 늘려갈 계획이다.

마지막 3개의 스타트업은 블록체인을 이용한 금융 서비스를 제공하는 업체가 아니라 블록체인 기반의 솔루션을 개발하여 제공하는 SI(System Integration) 업체의 성격에 가깝다고 볼 수 있다. 이 중에서 Symbiont는 스마트계약을 이용한 디지털(암호화)증권의 발행 플랫폼을 개발하였고, Chain은 Nasdaq이 블록체인 기반의 비상장기업 주식 거래 플랫폼인 Nasdaq-Linq를 개발할 때 참여하였다.

본 소절에서 소개된 11개의 스타트업 중에서 본격적으로 자본시장과 관련된 서비스를 주력 사업으로 영위하는 곳은 없다. 금융소비자(혹은 고객)에게 직접적으로 제공되는 서비스는 가상통화 거래와 송금 이외에는 없다.

아직까지 블록체인을 기반으로 하여 자본시장 관련 서비스를 제공하는 스타트업이 본격적으로 등장하지 못하고 있는 원인으로는 다음의 몇 가지를 생각해 볼 수 있다. 첫째로, 법적·제도적 기반이 아직까지 충분하게 갖추어져 있지 않다는 점이다. 예를 들어 블록체인을 기반으로 증권 매매거래 플랫폼을 제공한다면, 투자자 고객에게 브로커리지 서비스를 제공하기 위해서는 블록체인 상에서 증권을 발행하고 거래하는 것이 가능해야 하고, 또한 거래대금을 가상통화로 지불할 수 있어야 한다. 우리나라를 비롯하여 다수의 국가에서 이를 위한 법적 기반은 아직까지 미비한 것이 현실이다. 둘째로, 블록체인은 하나의 시스템 혹은 플랫폼을 구성하고 운영하는 기반 기술이며, 따라서 블록체인을 활용한 대(對)고객 자본시장 상품 또는 서비스를 개발하는 것은 쉽지 않다는 점이다. 이것이 자산관리에서 본격적으로 활용되고 있는 인공지능과의 큰 차이점이다. 셋째로, 자본시장 후선(back office) 혹은 ‘거래 후 처리(post-trade processing)’ 업무에서 블록체인을 도입하는 것은 대부분 중앙예탁기관(Central Securities Depository: CSD)이나 거래소 등 기존의 자본시장 플레이어들에 의하여

주도되고 있으며, 여기에 신생 스타트업이 경쟁적으로 참여하는 것은 거의 불가능하다. 때문에 기존 자본시장 플레이어가 진행하는 블록체인 도입 프로젝트에 기술기업으로서 스타트업이 참여하는 형태가 대부분을 차지하고 있다.

### 나. 기타 자본시장에서의 도입, 활용 사례 및 가능성

블록체인이 알려지기 시작하고 신기술에 대한 기대와 흥분이 고조되고 있던 초기에는 자본시장 및 금융투자업에서의 다양한 활용 방안이 제시되었고, 이러한 활용이 언제쯤 가시화될 것이라는 예측도 많이 제시되었다. 그러나 그로부터 수년이 경과한 현 시점에서 볼 때 현실은 이러한 기대에 미치지 못하는 것으로 보인다. 제시된 활용 방안 중 상당수는 아직까지 아이디어 차원에서 머무르고 있고, 실제 블록체인 상에서 구현이 시도되고 있는 방안들도 개념증명(proof of concept) 단계를 벗어난, 완전한 상용화 단계에는 이르지 못하고 있다.

블록체인은 가상통화라는 자산의 거래 플랫폼으로 등장한 것이기 때문에, 주식을 비롯한 다양한 자산의 거래가 이루어지는 자본시장에서도 거래 플랫폼으로서의 가능성이 먼저 모색된 것은 자연스럽다고 볼 수 있다. 그러나 전술한 바와 같이 블록체인이 갖는 거래처리 속도의 문제, 디지털(암호화)증권의 발행과 유통을 위한 법적 기반의 미비 등의 문제로 인하여 자본시장 특히 공적 시장(public market)의 전선(front office)업무, 즉 매매거래 처리에 도입되어 활용되는 것은 가까운 시일 내에는 이루어지기 어려울 것으로 판단된다. 블록체인 도입을 적극적으로 검토·추진하고 있는 주요 거래소들도 공적 시장보다는 거래빈도가 낮고 참여자가 제한적인 비상장기업을 중심으로 한 사적 시장에서 먼저 도입을 시도하고 있다.<sup>46)</sup>

46) 주요 거래소의 블록체인 도입 동향은 조성훈(2016)에서 정리하였기에 본 보고서에서는 생략한다.

주요 자본시장 인프라 기관들은 자본시장의 전선업무보다는 후선(back office)업무 또는 ‘거래 후 처리과정(post-trade processing)’에서의 활용 가능성을 더 높게 평가하고 블록체인의 도입·활용을 위한 노력을 기울이고 있다. 미국의 DTCC(Depository Trust & Clearing Corporation), 호주증권거래소((Australian Securities Exchange: ASX)는 후선업무에서의 블록체인 도입을 적극적으로 검토하고 시도하고 있는 대표적인 인프라 기관으로서, 특히 ASX는 자사의 청산결제시스템인 CHESS(Clearing House Electronic Subregister System)를 블록체인 기반으로 전환한다는 방침을 수립하고, 이를 위하여 미국의 Digital Asset Holdings사를 솔루션 개발을 위한 기술 파트너로 선정하여 추진하고 있다(ASX, 2018).

기업지배구조는 블록체인의 활용 가능성이 논의되고 또 시도되고 있는 자본시장 관련 영역이다. Yermack(2017)은 기업지배구조 관점에서 블록체인 기반의 주식시장으로부터 기대할 수 있는 잠재적 장점으로 주식시장의 유동성 제고, 주식 소유의 투명성 제고, 주주 명부의 실시간 파악, 투명하고 정확한 의결권 행사, 실시간 회계(real-time accounting)가 가능해짐에 따른 기업경영과 공시의 신뢰성 제고를 들고 있으며, 이러한 장점들이 미래 기업지배구조에 어떤 변화를 초래할 것인지를 논의하고 있다. 이 중에서 실제로 블록체인의 도입이 가장 활발하게 시도되고 있는 것은 주주총회에서의 의결권 행사, 즉 전자투표(electronic voting)이다.

전자투표 플랫폼에 블록체인을 도입함으로써 기대되는 가장 큰 효과는 투표의 정확성과 투명성의 제고이다. 블록체인의 도입에 찬성하는 측에서는 투표관리 혹은 투표플랫폼을 운영하는 관리기관(즉 제3자 기관), 또는 이 관리기관에 정치적 영향력을 미칠 수 있는 집단에 의한 투표 조작 가능성을 블록체인을 도입함으로써 원천적으로 없앨 수 있다고 주장한다(Desouza & Somvanshi, 2018; Garner, 2018; Liebkind, 2018). 블록체인의 도입에 의하여 투표관리 기관을 없애고, 주주총회의 경우 주주들이 행사한 의결권이 분산원장에 실시간으로 기록됨으로써 주주들은 자신이 행사한 의결권이 제대로 접수되어 집계되었는지를 확인할 수 있고, 전체 투표 결과가 투표 마감과 동시에 투명하게 집계된다는 것이다.



실제로 주주총회에서 전자적 방법에 의한 의결권 행사(전자투표) 플랫폼으로 블록체인을 도입하려는 시도는 여러 곳에서 이루어지고 있다. Nasdaq은 전 소절에서 소개한 스타트업 Chain과 협력하여 에스토니아의 탈린 거래소에 블록체인 기반의 전자투표 플랫폼을 개발·운영하는 사업을 추진하고 있으며(Nasdaq, 2017), 스페인의 은행 Santander는 세계 최대의 전자투표 플랫폼 운영회사인 Broadridge사와 협력하여 블록체인 기반 플랫폼을 개발하여 2018년도 자사 주주총회에서 시험운영에 성공하였다고 발표하였다(Broadridge, 2018).

국내의 금융 및 자본시장 업권에서 최근 이루어진 가시적인 블록체인 도입 성과는 고객인증 시스템이다. 금융투자업권에서는 2017년 10월 31일, 은행업권에서는 2018년 8월 27일에 각각 ‘Chain-ID’와 ‘BankSign’이라는 이름의 블록체인 기반의 업권 내 공동 고객인증 시스템 개발 완료를 발표하였다. 이는 참여기관 간에 구성된 컨소시엄 블록체인으로서, 이 중 한 금융기관에서 고객인증을 받으면 블록체인(분산원장)의 작동 원리에 따라 모든 참여 기관들의 고객인증명부가 동시에 업데이트되며, 따라서 다른 기관에서 거래를 할 때 별도의 인증절차를 다시 거칠 필요가 없도록 한 것이다. 아직까지는 참여 기관의 수가 제한적이고<sup>47)</sup>, 고객정보의 공유에 따른 개인정보 보호 등의 문제가 있기는 하지만, 업권 공동의 노력으로 블록체인을 도입·활용하기 위한 시도라는 점에서 적지 않은 의의가 있다고 할 수 있다.

---

47) Chain-ID에는 11개 금융투자회사, BankSign에는 15개 은행이 참여하였다.

#### 4. 소결 및 시사점

이상에서 살펴본 바와 같이 블록체인은 등장 이후 큰 기대를 받았고, 많은 가능성을 갖고 있는 것은 사실이나, 실제 도입·활용은 상대적으로 더디게 진행되고 있다. 세계의 자본시장 관련 기관들과 스타트업들로부터 블록체인을 활용한 플랫폼을 개발했다거나 어떤 서비스에 블록체인을 도입하여 사용한다는 발표가 많이 나오고 있지만, 이들 중 다수는 실제 본격적으로 어느 정도 사용되고 있는지, 이로부터 어떤 효과를 거두고 있는지 등에 대한 후속 발표가 없어 정확한 현재의 상황을 파악하는 것이 쉽지 않은 것이 현실이다. 그러나 블록체인의 잠재적 강점과 가능성이 크고, 많은 노력이 경주되고 있는 만큼, 멀지 않은 장래에 가시적인 성과가 이어질 것으로 기대되며, 전술한 내용에 기초하여 몇 가지 방향성을 짚어볼 수 있다.

첫째로 이미 상당한 정도로 분명해진 것은 자본시장에서 활용될 블록체인은 대부분 컨소시엄 블록체인을 포함한 사적 블록체인이 될 것이라는 점이다. 개방형 블록체인이 자본시장 서비스를 운영하고 제공하는 플랫폼으로 사용되기에는 해결되어야 할 기술적 문제점이 많다. 그리고 기술적 문제점 뿐 아니라 플랫폼을 만들고 운영하는 주체의 입장에서도 네트워크 전체에 대한 통제가 가능한 사적 블록체인을 선호할 것이다. 또한 블록체인은 단일 금융회사의 비즈니스에 도입되는 것보다 다수의 회사가 참가하는 업계 공동의 플랫폼을 구축하여 운영하는 데 더 효과적일 것이다. 앞에서 소개한 공동 고객인증 시스템은 대표적 사례이며, 향후 더욱 활성화되기 위해서는 산업 전체 차원에서의 관심과 협력이 필요하다. 최근에는 통신회사와 같이 네트워크 인프라를 보유한 기업이 자신의 인프라를 이용하여 사적 블록체인을 구성해 놓고, 구현하고자 하는 서비스나 기능을 스마트계약과 같은 형태의 코드로 만들어 여기에 탑재하여 구동해주는 서비스가 등장하였다.<sup>48)</sup> 이 서비스가 효과적으로 가동되면 블록체인을 도입하

48) 2018년 7월에 KT가 발표한 ‘네트워크 블록체인’이 하나의 사례이다(KT, 2018).

려는 금융회사가 네트워크 하드웨어를 직접 구축할 필요가 없게 되고 이에 따른 비용을 절감할 수 있게 된다.

둘째로 블록체인은 시스템 또는 플랫폼의 구조와 관련된 기반기술이다. 따라서 투자자 또는 기업에게 직접 제공되는 리테일 상품이나 서비스가 블록체인을 기반으로 해서 등장하기는 쉽지 않을 것으로 예상된다. 그리고 등장한다고 해도 투자자나 기업의 입장에서는 이 상품이 기존의 제3자 집중형 시스템에서 나오는 것인지 블록체인에서 나오는 것인지 구별할 수 없고, 또 할 필요도 없다. 즉, 블록체인을 기반으로 한다는 것이 가시적으로 상품을 차별화하는 요소로 작용하기 어렵고, 따라서 서비스를 제공하는 금융회사로서는 명확한 편익이 존재한다는 확신이 없는 한 리테일 상품에서 블록체인 도입을 서두르지는 않을 것이다. 블록체인은 기술의 성격상 전술한 바와 같이 후선 또는 인프라 부분을 중심으로 먼저 도입될 것이며, 현재 세계의 도입 동향 역시 이러한 방향성을 보여주고 있다.

셋째로 리테일 상품의 등장은 기대하기 어렵지만, 기업금융의 모습은 블록체인이 본격적으로 활용되면서 상당히 변화할 가능성이 있다. ICO는 현재는 많은 문제점을 안고 있는 것이 사실이지만, 이미 블록체인 기반의 새로운 기업금융 형태를 제시하였다. 관련 규제가 정비되고, 자금모집 주체 및 프로젝트(즉 가상통화 발행회사)에 대한 정보 집적 및 생산 기능이 어떤 형태로든 해결되어 정보 비대칭의 문제가 완화되면 ICO는 스타트업 자금조달 경로로 활용도가 높아질 것으로 예상된다. 명확한 중개기관이 없는 블록체인 플랫폼에서 앞에서 언급한 Steemit과 같은 정보생산 기능의 crowdsourcing 외에, 충분한 전문성을 갖춘 벤처캐피탈 등의 전문투자자가 어떤 ICO에 참여하였다는 것이 정보전달기능을 수행할 수도 있다. 이러한 측면에서 ICO가 제대로 자리 잡기 위해서는 효과적인 규제 마련과 함께 전문투자자의 역할이 중요하다.

또한 발행시장이 활성화되기 위해서는 유통시장의 활성화가 함께 이루어져야 한다. 전술한 현재 가상통화 시장의 제반 문제점들 - 불완전한 시장미시구조(market microstructure), 차익거래 제약, 시세조종 등 불공정 거래, 거래의 취소·정정 기능 부재 - 의 해결을 위한 노력이 필요하다.

#### IV. 결론

---



## IV. 결론

이전의 혁명이 그래왔듯 4차 산업혁명 역시 새로운 기술을 중심으로 한 급진적이고 근본적인 변화로 볼 수 있다. 인공지능과 블록체인을 비롯한 4차 산업혁명의 핵심 기술들은 향후 우리 삶의 방식을 크게 바꿔놓을 가능성이 높다. 자본시장과 연관된 금융 서비스도 물론 예외가 아니다. 우선 금융소비자로서 개인 고객은 4차 산업혁명 시대를 맞아 지금보다 더욱 고도화된 맞춤형 금융 서비스를 받을 수 있게 될 전망이다. 개인의 디지털 정보 생산이 늘어나고 이를 빠르고 효과적으로 분석할 수 있는 시스템이 구축됨에 따라 금융회사가 고객 개개인의 상황에 기반한 금융 서비스를 제공할 수 있기 때문이다. 그러나 한편으로는 부작용 또한 있을 수 있다. 우선 인터넷 및 디지털 기기의 사용이 제한적인 고령층 또는 빈곤층의 경우 이러한 혜택을 온전히 누리기 어려워 상대적으로 소외될 수 있다.<sup>49)</sup> 또한, 개인 정보가 제3자에게 유출되거나 악용될 경우 사회적으로 큰 피해가 발생할 수 있어 이에 대한 철저한 대비가 필요할 것이다.

자본시장의 또 다른 참여자인 기업은 새로운 기술 도입으로 인해 자본시장에서의 자금조달이 한층 원활해질 것이다. 기존 기업금융 서비스의 가장 큰 난제는 자금의 수요자와 투자자 간 발생하는 정보 비대칭 문제인데, 새로운 기술은 이러한 문제를 완화시킬 잠재력을 가지고 있다. 예를 들어 인공지능은 빅데이터와 결합하여 투자자가 기업 분석에 활용할 수 있는 정보의 양을 획기적으로 늘릴 수 있으며, 블록체인은 자금조달 과정에서 절차의 투명성을 크게 높일 수 있다. 정보 비대칭 문제가 완화되면 사회 전반의 투자활동이 늘어나고 자금 수요자는 지금보다 원활하게 자금을 조달할 수 있게 된다. 특히 스타트업과 같이 규모나 업력이 작은 기업의 경우 만성적인 자금 부족 현상을 상당 부분 해소할 수 있을 것이다.

4차 산업혁명에 대응하여 금융회사는 인공지능과 블록체인 등 4차 산업혁명의 핵심 기술에 대해 이해도를 높이고 해당 기술이 자사의 비즈니스

---

49) 이와 같은 현상을 'digital divide'라고 한다.

스 모형 또는 가치사슬에 어떠한 영향을 미칠지 충분히 고민해야 한다. 앞서 살펴보았듯 개별 기술은 그 특징에 따라 적용될 수 있는 부문이 각각 존재한다. 예를 들어 인공지능은 신용평가라든지 이상거래 탐지 부문에서 중추적인 역할을 하며, 블록체인은 의결권 행사와 같은 부문에서 강점을 발휘한다. 이와 같이 4차 산업혁명 시대 금융산업의 변화는 각각의 핵심 기술들이 가장 잘 작동하는 부문에서 제일 먼저 싹을 틔우고 이를 통해 산업 전반으로 확산되어 갈 것이다. 따라서 금융회사는 자사의 비즈니스 모형 및 가치사슬 중 어느 부문에서 새로운 기술이 잘 작동할 수 있는지 탐색하고 해당 부문에 선제적으로 투자할 필요가 있다. 이는 향후 금융회사의 경쟁력을 좌우할 중요한 변수가 될 것이다.

또한 정책 당국은 신기술 도입 과정에 있어 기존 제도와 규제가 걸림돌로 작용하지 않도록 주의를 기울일 필요가 있다. 새로운 기술에 의한 금융산업의 변화 방향을 파악하고 정합성이 떨어지는 기존 제도를 정비하는 한편 새롭게 제도적 근거가 필요한 경우 이를 마련해야 할 것이다. 또한 정책적으로 자본시장 내 플레이어 간 경쟁을 보다 촉진하는 방안을 고려해 볼 수 있다. 금융회사가 새로운 기술을 이해하고 이를 통해 혁신을 만들어내기 위해서는 무엇보다도 스스로 변화의 필요성을 인식하는 것이 가장 중요한데, 이는 경쟁 상황을 통해 가장 효과적으로 이루어지기 때문이다. 이를테면 금융 서비스의 비즈니스 프로세스 또는 가치사슬을 세분화하여(unbundling) 이 중에서 금융시스템의 안정성과 금융소비자 보호 우려가 가장 적은 분야부터 ICT기업을 포함한 신규 기업의 진입을 허용하는 방안을 생각해 볼 수 있을 것이다. 예를 들어 이미 활성화되어 있는 각종 ‘○○페이’ 서비스는 지급결제의 전체 프로세스 중 최말단 고객접점 부분에 비금융기업이 기술을 가지고 진입하는 양상을 보인다. 알고리즘을 활용한 로보어드바이저 서비스 역시 전체 자산관리 프로세스 중 특정 부분에 우선 적용하는 방식으로 도입되고 있다. 이들 서비스는 결국 사용자의 편의와 효율성 증대 여부에 따라 도입의 폭이 더욱 확장될 수 있을 것으로 기대된다. 자본시장과 금융투자업에서도 이와 같이 우려가 적은 부분을 먼저 찾아 개방하고 점진적으로 그 폭을 확대하면서 경쟁을 촉진해 나갈 필요가 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

---





## 참 고 문 헌

- 금융투자협회, 2017. 10. 31, 세계 최초 블록체인 공동인증 서비스 오픈, 보도자료.
- 김대호, 2016, 『4차 산업혁명』, 커뮤니케이션북스.
- 김의중, 2016, 『인공지능, 머신러닝, 딥러닝 입문』, 위키북스.
- 리프킨, 제러미, 2012, 『3차 산업혁명』.
- 송수영, 2018, Blockchain: A pipe dream or a dream to be come true, 한국재무학회 춘계정책심포지엄 발표자료.
- 이대기, 2017, 4차 산업혁명 시대 금융의 미래와 대응방향, 예금보험공사 『금융리스크리뷰』 2017 여름호, 79-111.
- 이성복, 2016, 『해외 자본시장의 빅데이터 도입 현황 및 시사점』, 자본시장연구원 조사보고서 16-08.
- 전국은행연합회, 2018. 8. 27, 은행권, 블록체인 플랫폼 본격 가동-새로운 인증서비스 ‘뱅크사인’ 출시, 보도자료.
- 제룡, 오렐리앙, 2018, 『헨즈온 머신러닝』, 박해선 옮김, 한빛미디어.
- 조성훈, 2016, 『자본시장에서의 블록체인 기술의 활용 전망 및 시사점』, 자본시장연구원 조사보고서 16-07.
- 조성훈, 2018, 자본시장과 블록체인: 현황과 가능성에 대한 평가, 자본시장연구원 『자본시장포커스』 2018-10.
- 천창민, 2017, ICO(Initial Coin Offering)의 증권법적 평가와 함의, 자본시장연구원 『자본시장포커스』 2017-19.
- 천창민·배승욱, 2018, 『주요국의 가상통화 규제현황과 시사점』, 자본시장연구원 이슈보고서 18-03.

쿠지라 히코우즈쿠에, 2017, 『파이썬을 이용한 머신러닝, 딥러닝, 실전 개발 입문』, 위키북스.

클라우드 슈밥, 2016, 『클라우드 슈밥의 제4차 산업혁명』, 송경진 옮김, 새로운 현재.

KT, 2018. 7. 25, KT, 세계최초 ‘네트워크 블록체인 공개’, 보도자료.

KT경제경영연구소, 2017, 『한국형 4차 산업혁명의 미래』, 한스미디어.

ASX, 2018. 9. 4, CHES Replacement: Latest updates, <https://www.asx.com.au/services/chess-replacement.htm>.

Bank of International Settlement(BIS), 2018, *Annual economic report 2018*.

Benedetti, H., Kostovetsky, L., 2018, Digital tulips? Returns to investors in initial coin offerings, <https://ssrn.com/abstract=3182169>.

Broadridge, 2018. 5. 17, Santander and Broadridge complete a first practical use of blockchain for investor voting at an annual general meeting, <https://www.prnewswire.com/news-releases/santander-and-broadridge-complete-a-first-practical-use-of-blockchain-for-investor-voting-at-an-annual-general-meeting>.

Bryson, A., Ho, Y., 1969, *Applied optimal control: Optimization, estimation, and control*, Blaisdell Pub. Co.

Buterin, V., 2014, Ethereum: A next generation cryptocurrency and decentralized application platform, <https://bitcoinmagazine.com/articles/ethereum-next-generation-cryptocurrency-decentralized-application-platform-1390528211>.

- Buterin, V., 2017, What proof of stake is and why it matters, <https://bitcoinmagazine.com/articles/whar-proof-of-stake-is-and-why-it-matters-1377531463>.
- Carstens, A., 2018, *Technology is no substitute for trust*, Bank of International Settlement.
- CB Insight, 2017, The Fintech 250: The tech startups redefining the financial services industry, <https://www.cbinsights.com/research/fintech-250-startups-most-promising/>
- Citi, 2018, *Bank of the future: The ABCs of digital disruption in finance*.
- Coindesk, 2017. 5. 5, Ethereum's big switch: The new roadmap to proof-of-stake, <https://www.coindesk.com/ethereum-big-switch-the-new-roadmap-to-proof-of-stake/>
- Cointelegraph, What is hard fork?, <https://cointelegraph.com/bitcoin-cash-for-beginners/what-is-hard-fork#terms-you-should-know>.
- Collins, L., Pierrakis, Y., 2012, *The venture crowd: Crowdfunding equity investment into business*, Nesta.
- Cybenko, G., 1989, *Approximation by superpositions of a sigmoidal function*.
- De Vries, A., 2018, Bitcoin's growing energy problem, *Joule* 2, 801-809.
- Deng, L., Yu, D., 2014, Deep Learning: Methods and Applications, *Foundations and Trends in Signal Processing* 7(3-4), 1-199.
- Desouza, K. C., Somvanshi, 2018, How blockchain could improve election transparency, <https://www.brookings.edu/blog/techtank>

/2018/05/30/how-blockchain-could-improve-election-transparency/.

Digital Trends, 2018, Before crypto nirvana, blockchain needs to solve these basic problems, <https://www.digitaltrends.com/computing/blockchain-problems-how-to-solve-issues-with-the-latest-vogue-tech/>.

Economist, 2018. 9. 1, Cryptocurrencies and blockchains, Technology Quarterly.

Financial Action Task Force(FATF), 2018. 10. 19, Regulation of virtual assets, <http://www.fatf-gafi.org/publication/fatfrecommendations/documents/regulation-virtual-assets.html>.

Forbes, 2018. 2. 13, Forbes Fintech 50 2018, <https://www.forbes.com/fintech/list/#tab:overall>.

Garner, B., 2018, How blockchain voting works & why we need it, <https://coincentral.com/how-blockchain-voting-works-why-we-need-it/>.

Griffin, J.M., Shams, A., 2018, Is bitcoin really un-tethered?, <https://ssrn.com/abstract=3195066>.

Gu, S., Kelly, B.T., Xiu, D., 2018, Empirical Asset Pricing Via Machine Learning, Chicago Booth Research Paper No. 18-04, <https://ssrn.com/abstract=3159577>.

Hinton, G.E., Osindero, S., Teh, Y.W., 2006, A fast learning algorithm for deep belief nets, *Neural Computation* 18(7), 1527-1554.

Investopedia(a), Proof of stake(PoS), <https://www.investopedia.com/terms/p/proof-stake-pos.asp>.

- Investopedia(b), 2017. 5. 1, Ethereum to adopt proof-of-stake, <https://www.investopedia.com/news/ethereum-adopt-proofofstake>.
- Investopedia(c), Hard fork, <https://www.investopedia.com/terms/h/hard-fork.asp>.
- King, S., 2012, PPCoin: Peer-to-peer crypto-currency with proof-of-stake, <https://peercoin.net/assets/paper/peercoin-paper.pdf>.
- Krizhivsky, A., Sutskever, I., Hinton, G.E., 2012, ImageNet classification with deep convolutional neural networks, *Advances in Neural Information Processing Systems*, 1097-1105.
- LeCun, Y., 1985, Une proc 'edure d'apprentissage pour r' eseau 'a seuil asym' etrique, *Proceedings of Cognitiva* 85, Paris, 599-604.
- Liebkind, 2018, How blockchain technology can prevent voter fraud, <https://www.investopedia.com/news/how-blockchain-technology-can-prevent-voter-fraud/>.
- McCulloch, W., Pitts, W., 1943, A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, *Bulletin of Mathematical Biophysics*(5), 115-133.
- McKinsey, 2015, Two routes to digital success in capital markets, McKinsey working papers on Corporate & Investment Banking (10).
- Blockchain, 2018, *MIT Technology Review*, 5-6.
- Morgan Stanley, 2017, *Bitcoin decrypted: A brief teach-in and implications*.

- Moritz, B., Zimmermann, T., 2016, Tree-based conditional portfolio sorts: The relation between past and future stock returns, <https://ssrn.com/abstract=2740751>.
- Nakamoto, S., 2008, Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- Nasdaq, 2017. 1. 23, Is blockchain the answer to e-voting? Nasdaq believes so, <http://business.nasdaq.com/marketinsite/2017/Is-Blockchain-the-answer-to-E-voting-Nasdaq-Believes-So.html>.
- Norman, A.T., 2017, *Blockchain Technology Explained*, CreateSpace.
- Parker, D.B., 1985, *Learning-logic, Technical report TR-47, Center for comp, Research in Economics and Management Sci.*, MIT.
- Rosenblatt, F., 1957, The Perceptron—a perceiving and recognizing automaton, Report 85-460-1, Cornell Aeronautical Laboratory.
- Rumelhart, D.E., Hinton, G.E., Williams, R.J., 1986, *Learning internal representations by error propagation*, California Univ San Diego La Jolla Inst for Cognitive Science.
- Russel, P., Norvig, P., 1994, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice Hall.
- Searle, J.R., 1980, Minds, brains, and programs, *Behavioral and Brain Sciences* 3, 417-457.
- Turing, A.M., 1950, Computing machinery and intelligence, *A Quarterly Review of Psychology and Philosophy* 59(236), 433-460.
- Werbos, P.J., 1974, *Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral sciences, Ph.D thesis*, Harvard University.

Werbos, P.J., 1981, Applications of advanced in nonlinear sensitivity analysis, In proceeding of the 10th IFIP Conference 3/18~4/9, NYC, 762-770.

Yermack, D., 2017, Corporate governance and blockchains, *Review of Finance* 21, 7-31.

|                      |  |
|----------------------|--|
| 업비트                  | <a href="http://www.upbit.com">www.upbit.com</a>               |
| Bitfury Group        | <a href="http://bitfury.com">bitfury.com</a>                   |
| Blockchain           | <a href="http://www.blockchain.com">www.blockchain.com</a>     |
| Chain                | <a href="http://chain.com">chain.com</a>                       |
| Chainalysis          | <a href="http://www.chainalysis.com">www.chainalysis.com</a>   |
| Coinbase             | <a href="http://www.coinbase.com">www.coinbase.com</a>         |
| Coindesk             | <a href="http://www.coindesk.com">www.coindesk.com</a>         |
| Forbes               | <a href="http://www.forbes.com">www.forbes.com</a>             |
| Investopedia         | <a href="http://www.investopedia.com">www.investopedia.com</a> |
| MathWorks            | <a href="http://www.mathworks.com">www.mathworks.com</a>       |
| Microsoft Azure      | <a href="http://azure.microsoft.com">azure.microsoft.com</a>   |
| Microsoft CaptionBot | <a href="http://www.captionbot.ai">www.captionbot.ai</a>       |
| Ripple               | <a href="http://ripple.com">ripple.com</a>                     |
| Robinhood            | <a href="http://robinhood.com">robinhood.com</a>               |
| Shapeshift           | <a href="http://shapeshift.io">shapeshift.io</a>               |
| Symbiont             | <a href="http://symbiont.io">symbiont.io</a>                   |
| Veem                 | <a href="http://www.veem.com">www.veem.com</a>                 |
| Xapo                 | <a href="http://xapo.com">xapo.com</a>                         |



## 권민경 (Min Kyeong Kwon)

연구위원 / 경영공학 박사

### 연구분야

- Fund Market
- Asset Pricing

## 조성훈 (Sung Hoon Cho)

선임연구위원 / 경영학 박사

### 연구분야

- Securities Industry
- Investment Banking
- Corporate Finance
- Corporate Governance

KCM



**자본시장연구원**  
Korea Capital Market Institute

서울시 영등포구 의사당대로 143  
T 02.3771.0600 [www.kcmi.re.kr](http://www.kcmi.re.kr)

값 10,000원



9 788960 892057

ISBN 978-89-6089-205-7