

월간 SW 중심 사회

MONTHLY SOFTWARE ORIENTED SOCIETY

2018. **02**
No.44 Feb, 2018

ISSUE

ITSQF 기반 SW기술자 경력관리 체계 개선 방향

Direction for improving SW engineer career
management system based on ITSQF

COLUMN

새로운 화살은 과연 과녁에 꽂힐까?

Will a new arrow hit indeed the target?

피자와 혁신

Pizza and Innovation

사물인터넷(IoT, Internet of Things)의 특징과 고려사항

Some Characteristics and Considerations on IoT(Internet of Things)

TREND

비트커넥트 사례로 보는 렌딩코인 이슈와 시사점

The issues of lending coin and implications : The case of BitConnect

빅데이터를 활용한 가변 가격제 사례와 시사점

A case study on the dynamic pricing based on Bigdata and some implications

스마트 계약(Smart Contract)에 대한 동향과 현안

The trend and current issues of smart contracts

지능형 반도체 등 전자부품의 변화

Changes in electronic components such as an intelligent semiconductor



ITSQF 기반 SW기술자 경력관리 체계 개선 방향

Direction for improving SW engineer career management system based on ITSQF

CONTENTS

04

칼럼니스트 | COLUMNIST

05

칼럼 | COLUMN

새로운 화살은 과연 과녁에 꽂힐까?

Will a new arrow hit indeed the target?

피자와 혁신

Pizza and Innovation

사물인터넷(IoT, Internet of Things)의 특징과 고려사항

Some Characteristics and Considerations on IoT(Internet of Things)

18

소프트웨어 산업 및 융합 동향 | TREND

비트커넥트 사례로 보는 렌딩코인 이슈와 시사점

The issues of lending coin and implications : The case of BitConnect

빅데이터를 활용한 가변 가격제 사례와 시사점

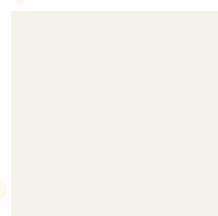
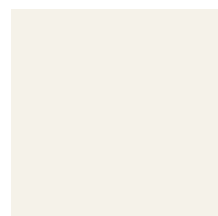
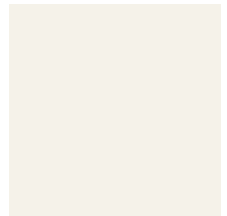
A case study on the dynamic pricing based on Bigdata and some implications

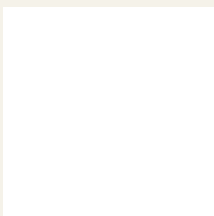
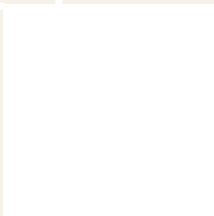
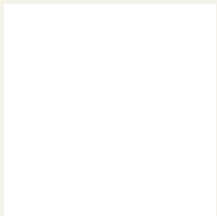
스마트 계약(Smart Contract)에 대한 동향과 현안

The trend and current issues of smart contracts

지능형 반도체 등 전자부품의 변화

Changes in electronic components such as an intelligent semiconductor





44

소프트웨어 산업 통계 | STATISTICS

국내 소프트웨어 생산 현황

Domestic Software Production

국내 소프트웨어 수출 현황

Domestic Software Export

48

이슈 | ISSUE

ITSQF 기반 SW기술자 경력관리 체계 개선 방향

Direction for improving SW engineer career management system based on ITSQF

AlphaGo Zero의 인공지능 알고리즘

The Artificial Intelligence Algorithm of AlphaGo Zero

소프트웨어(SW)산업에 대한 폭넓은 식견과 통찰력을 드릴 소프트웨어정책연구소 2018년 객원 칼럼니스트를 소개합니다.

2018년도부터 월간SW중심사회 칼럼에 산·학·연·관의 오피니언 리더들이 바라보는
소프트웨어(SW)산업에 대한 변화와 진단, 앞으로의 방향에 대해서 제시합니다.



고 건
현, 이화여자대학교 석좌교수
현, 오픈소스소프트웨어재단(OSSF)
이사장
전, 서울대학교 교수



김진형
현, 지능정보기술연구원 원장
현, KAIST 명예교수
전, 공공데이터전략위원회
공동위원장



남석우
현, 한국정보처리학회 회장
현, 콤텍시스템 회장
전, 소프트웨어공제조합 이사장



박현제
현, 서강대학교 교수
전, 정보통신기술진흥센터 총괄CP
전, 주인터넷 대표이사



서정연
현, 서강대학교 교수, 부총장
현, SW중심대학협의회 회장
전, 한국정보과학회 회장



위정현
현, 중앙대학교 교수
현, 한국게임학회 회장
현, 콘텐츠미래융합포럼 의장



조 신
현, 연세대학교 교수
전, 대통령비서실 미래전략수석
전, SK브로드밴드 대표이사



조창제
현, 한국상용SW협회 회장
현, 가온아이 대표이사



한동원
현, 한국전자통신연구원
SW·콘텐츠연구소 소장



홍봉희
현, 부산대학교 교수
전, 한국정보과학회 회장(2017년)

※ 순서는 '가나다' 순임

※ 향후 발간되는 칼럼의 내용은 연구소의 의견이 아닌, 객원 칼럼니스트들의 개개인 의견임을 밝힙니다.

새로운 화살은 과연 과녁에 쏠릴까?

Will a new arrow hit indeed the target?



이현승

선임연구원

LEE, Hyun Seung

Senior Researcher, SPRI

hslee94@spri.kr

지난해 연말, SW산업진흥법 전부개정안 공청회가 열린 자리에서 필자는 SW산업진흥법의 전부개정안(이하 '개정안')의 주요 내용과 의의를 설명했었다. 이 칼럼에서는 개정안에 담긴 주요 내용들의 철학과 도입 배경을 정리해 보고자 한다.

먼저 1987년 SW개발촉진법을 돌이켜 볼 필요가 있다. SW가 산업·사회·공공 분야의 핵심 기반으로 산업 고도화와 국민 복지 향상에 큰 기여를 하고 있다는 인식 아래 국가적 차원에서 SW를 육성·지원하고자 만들어진 것이 SW개발촉진법이다. SW가 산업·사회·공공 분야의 핵심이라는 인식은 이번 개정안에서도 동일하다. 다만, 당시에는 SW를 다른 분야의 생산성 향상의 도구로 보았지만, 현재는 SW가 다른 분야의 제품과 서비스에 핵심 요소로 내재되어 가치를 좌지우지할 정도로 큰 비중을 차지한다는 정도의 관점의 차이가 존재할 뿐이다.

아무튼 IT라는 말도 생소하던 시절에 HW와 분리하여 SW 자체의 가치를 높게 평가하여 독립된 법률까지 제정하면서 진흥하려고 노력한 점은 박수를 받기에 충분하다고 생각한다.

SW개발촉진법에서는 SW진흥이라는 문구가 두 번 나오는데, 제4조의 SW진흥협의회와 제10조 SW진흥사업의 추진이다. SW진흥협의회의 역할 중 주목할 부분은 '경제·사회 및 공공 부문에서의 소프트웨어 이용 증진'인데, 이는 1990년대의 정보화와 2014년의 SW중심사회 실현 전략과도 맥을 같이 하고 있다.

제10조 SW진흥사업에서는 SW개발자금 관련 채무보증 및 SW구매자금 지원 등의 정책들을 규정하고 있는데, 그중 중요한 것은 SW개발자에 대한 공제사업과 SW의 권리를 취득해 보급하는 사업이다. 이 SW개발자는 SW기업을 의미하는 것이겠지만, 개별 인력이 보유한 역량에 크게 좌우되는 SW의 특성상 SW개발자를 SW인력으로 넓혀 공제사업을 본격적으로 추진했다라면 지금 우리나라 SW산업에 씌워진 3D, 4D 산업이라는 오명은 벗을 수 있지 않았을까 하는 아쉬움이 있다. 그런 측면에서 이번 개정안에서는 SW인력의 처우 개선을 위한 신설 조문이 제안되었다.

한편, 제10조 SW진흥사업 제1항 제4호에는 개발된 소프트웨어의 권리를 취득하거나 소프트웨어를 보급하는 사업을 규정하고 있다. 1987년 당시에는 SW를 값싸게 만들어 여러 곳에서 많이 쓰는 게 중요했기에 이런 사업을 추진했겠지만, 이러한 철학이 최근까지도 SI 등으로 개발한 SW를 여러 곳에 배포하는 관행으로 이어져 SW산업을 상당히 위축시킨 것으로 평가되고 있다. 그래서 최근에는 SW산업육성을 위해서는 SW를 개발한 자에게 저작권 등의 권리를 인정해 주어야 하고 무분별한 공공 SW의 무상 배포를 제한해야 한다는 목소리가 힘을 얻어, 지식재산권 공동 소유가 계약 예규에 명시되고 공공 SW사업의 민간시장 침해를 사전에 평가하는 SW영향평가제도가 입법되었다.¹ 이러한 국민적 요구를 반영하여 이번 개정안에도 SW를 포함한 계약목적물 활용 보장과 SW영향평가제도 관리감독 강화를 담은 조문들이 신설되었다.

또한 문재인 정부 출범 후 취임한 유영민 장관이 공공 SW사업의 불합리한 관행을 해소하고자 '아직도 왜' 전담반(TF)을 운영하면서 나온 공공 SW사업의 여러 혁신 방안 중 '요구 사항 상세화'를 실질적으로 달성하기 위해서 나온 '제안요청서 사전 검토 및 의견 제시'에 관한 법적 근거도 마련하였다.

오랫동안 공공 SW사업의 근본적인 문제점으로 지목되었던 '불명확한 요구사항'에 대해 2012년 공공 SW사업의 요구사항을 사전에 상세하게 공개하도록 SW산업진흥법에 의무화하기도 했다. 그러나 요구사항 상세화에 대한 관리감독은 RFP의 양식을 점검하는 데에만 집중되어 실제로 SW기업들이 발주자의 요구사항과 그에 따른 과업 규모를 제대로



¹ SW영향평가제도를 담은 SW산업진흥법 일부개정안이 2018. 1. 30. 국회 본회의를 통과한 바 있다.
<http://m.the300.mt.co.kr/view.html?no=2018013016317630700>

예측하고 입찰에 참여했다고 보기는 어려웠기 때문에 그 내용의 상세화 정도까지 살펴보도록 강화한 것이다. 좀 더 많은 인력과 비용이 수반되겠지만, 요구사항의 상세화 정도가 올라가면 과업 규모 및 과업 범위가 예측 가능해져서 무리한 저가 입찰과 사업 수행 중의 과업변경 분쟁도 같이 감소하기 때문에 다수의 공공 SW시장 참여 기업들이 체감하는 효과는 매우 클 것으로 기대된다.

2018년에는 중학교에서, 2019년에는 초등학교에서 SW교육이 의무화될 예정이다. 이에 관해 일부 SW산업 종사자들은 배우고 싶거나 재능이 있는 학생에게만 가르쳐야 하지 않느냐는 입장을 피력하고 있는데, 이는 SW를 대학에서의 전공 분야 또는 산업 기술의 한 부분으로 바라보기 때문일 것이다.

그러나 이런 분들도 SW의 가치가 인정받지 못하고 있다는 말에는 동의를 할 것이다. 그렇다면 다음과 같은 점들을 생각해 보아야 할 것이다. 누가 SW의 가치를 인정하지 않는가? 누구를 언제 어떻게 교육시키면 SW의 가치를 인정하게 될까? SW가 무엇인지 모르면서 SW의 가치를 인정하는 것은 가능할까? 별도의 교육 없이 시행착오를 거쳐서 알게 하는 것이 과연 바람직한가? SW가 무엇인지 말할 수 있는 자는 SW를 전공한 개발자여야만 하는가? 전 세계적인 SW교육 열풍은 이에 대한 각국 정부들의 나름의 답이지 않을까? 그리고 현재의 초·중·고등학생들 외에도 많은 국민들이 SW에 대해 조금이나마 더 아는 것이 국가·사회의 여러 분야에서 SW의 가치가 제대로 인정받는 데 필요하지 않을까?

이처럼 SW교육의 확산은 모든 국민들을 개발자로 만들기 위한 것이 아니다. 향후 다가올 SW중심사회와 4차 산업혁명시대에는 SW를 보다 잘 이해하는 것이 보편적인 소양이 될 것이기에 이와 관련된 내용을 강화하여 국가와 지방자치단체가 보다 적극적인 역할을 하도록 하였다.

SW개발촉진법이 2000년의 SW산업진흥법으로 전부개정될 때에는 SW와 관련된 경제 활동이 패키지SW와 IT서비스로 정형화되어서 하나의 산업으로 분류하는 것이 가능했었고, 이렇게 만들어진 SW산업이라는 틀 속에서 지난 18년 동안 진흥 정책을 펴 왔다.

그러나 2006~2007년경부터 정부 정책에 융합 기술이라는 용어가 등장하기 시작하더니 2007년 미국에서 아이폰이 출시되면서 플랫폼 생태계라는 개념이 회자된 데 이어 스타트업 붐이 일면서 본격적으로 ICT융합과 SW융합 논의가 일어났다. 그중에서도 SW와 다른 분야의 기술과 제품이 융합된다는 SW융합 논의 속에서 SW역량의 중요성이 한 층 더 강조되고 있다. 구글, 아마존, 애플, 페이스북 같은 IT 대기업들은 말할 것도 없고, 우버나 에어비앤비 같은 O2O 또는 공유경제 기업들도 SW기업으로 분류하는 데는 논란이 있겠지만, 사람들의 새로운 수요를 충족시키는 스타트업들이 가진 핵심 역량이 SW라는 것은 부정할 수 없다.

그렇다면 2017년 국내 시장 규모 108억 달러인 SW산업의 육성이라는 목표에서 조금 더 확장하여, 국민과 기업과 정부의 SW역량의 총합인 국가 SW역량을 강화하고 이를 토대로



10여 년 동안 정체 또는 하락하고 있는 국가 경쟁력을 끌어올리는 게 필요하다. 그래서 이번 개정안의 목적에 '국가 전반의 소프트웨어 역량의 강화'와 '국가 경쟁력 확보'가 추가되었다.

개정안에는 이외에도 많은 새로운 내용이 담겨있다. 그러나 큰 틀에서는 전통적인 SW산업을 지속적으로 육성하는 것과 국가 사회 전반의 SW역량을 향상시키기 위한 내용의 두 축으로 이루어져 있다고 볼 수 있다.

비유하자면, 일본 경제에 당면한 문제들을 해결하기 위한 양적 완화, 기동적 재정 정책 그리고 장기 성장 전략의 세 가지 정책을 아베노믹스의 세 가지 화살이라 하듯이, 이번 개정안은 우리나라의 당면한 문제들을 해결하기 위한 두 개의 화살을 담았다. 이 화살들은 새로운 게 아닐 수도 있다. 어쩌면 1987년 SW개발촉진법의 제정 때부터 있었던 걸 뒤늦게 발견했을 수도 있다. 어찌 되었든, 이 새로운 화살들이 제대로 된 과녁을 향하고 있는지에 관해서 계속되는 관찰과 논의가 있어야 할 것이다.

그래서 이번에 쏘는 화살들로 SW 분야에서 득점을 올릴 수 있기를, SW를 통해 국민 생활이 향상되고 SW가 국민 경제의 건전하고 지속적인 발전에 이바지할 수 있게 되기를 기원한다.



피자와 혁신

Pizza and Innovation



● 유재흥
선임연구원
YOO, Jae Heung
Senior Researcher, SPRI
jayoo@spri.kr

인공지능, 빅데이터, 클라우드, 사물인터넷, 즉 ABC(AI, Bigdata, Cloud, IoT) 등은 제4차 산업혁명 관련 혁신 기술, 비즈니스 모델, 스타트업과 기업가들이 여러 지면에 소개되고 있다. 그런 기사나 보고서를 보다 보면 가끔 ‘피자(Pizza)’에 관한 일화가 등장한다. 비트코인의 최초 거래, 아마존 CEO의 경영 철학, 올해 소비자전자제품박람회(CES, Consumer Electronics Show)에 등장한 도미노피자의 자율주행차, 모두 피자에 관한 얘기다.

1. 비트코인과 피자

최근 전 국민의 관심이 집중된 비트코인과 얽힌 피자 주문 일화는 유명하다. 1 비트코인 당 약 2,500만 원을 넘어선 비트코인이 처음 거래된 것은 2010년 5월 22일이었다. 인터넷

사용자인 미국의 라스즐로 한예츠(Laszlo Hanyecz)라는 사람이 1만 비트코인을 피자 2판과 거래한 일이다¹. 당시 비트코인의 가치는 1개당 약 0.003달러(3.4원)였다고 하니, 1만 개면 3만 4천 원 정도의 가치였다. 지금은 5월 22일이 '피자의 날'로 기념되고 있다고 한다.



〈그림 1〉 미국의 라스즐로 한예츠의 비트코인으로 피자 주문 내역

※ 출처 : <https://www.ccn.com/bitcoin-pizza-day-may-22-opportunity-help-children-ill>

2. 아마존(Amazon)과 피자

세계 최고의 전자상거래 기업 아마존의 CEO 제프 베조스(Jeff Bezos)는 ‘피자’를 인용하며 자신의 경영 철학을 얘기한다². “회의에는 피자 두 판을 함께 먹을 수 있는 인원 정도로 충분하다”는 것이다. 그 이상이 되면 소통의 복잡도가 기하급수적으로 증가해 생산성이 떨어진다는 것이 이유다. 자유로운 의견과 혁신적 아이디어는 여덟 명 내외의 소규모 팀에서 발휘되는 경우가 많다. 실제로, IBM의 인기 서버였던 AS400도 조그만 팀에서 개발되었으며 세계 최초의 표 계산기(Spread Sheet) 소프트웨어인 비지칼크(VISICALC)도 개발부서 2명이 만든 것이다. 노스캘리포니아 대학 브래들리 스탠트 교수팀이 수행한 레고블록 조립 실험에서 2명이 한 조로 구성된 팀은 36분 만에, 4명이 한 조로 구성된 팀은 52분 만에 조립을 완성했다고 보고한다.

¹ https://en.bitcoin.it/wiki/Laszlo_Hanyecz

² http://www.huffingtonpost.kr/2017/06/07/story_n_16980540.html



〈그림 2〉 아마존 CEO 제프 베조스의 경영 철학 예

※ 출처 : <https://womenlovetech.com/day-in-the-life-of-amazon-ceo-jeff-bezos/>

3. 도미노피자와 IT 혁신

매년 1월 미국 라스베이거스에서 열리는 CES 행사는 최첨단 가전 기술의 경연장으로 세계적인 주목을 받는다. 피자 업체인 도미노피자가 올해 CES 행사장에서 자율주행차를 시연한다는 트위터(Twitter)에 올라왔다. 트윗(Tweet)에는 자동차 회사 포드(Ford)의 로고가 박힌 '자율주행 배달차'의 이미지가 실려 있었다. 자율주행 피자배달차가 CES 기간 동안 행사장 주변을 운행하며 고객에게 피자를 배달하는데 주문한 고객은 피자가 도착하면 알림 문자를 보고 인근에 도착한 무인차에서 피자를 꺼내 오면 된다.



〈그림 3〉 도미노피자의 자율주행차를 이용한 피자 배달의 예

※ 출처 : 도미노피자 트위터

2009년부터 피자헛과 파파존스와의 경쟁에서 밀리며 시장 퇴출에 직면했던 도미노피자는 소프트웨어와 IT기술을 활용해 위기를 극복해 온 기업으로 유명하다. 처음에는 신속 배달로 승부를 걸었지만, 30분 내 배달은 피자 맛에 대한 혹평을 잠재우지 못했다. 도미노는 소비자의 기호에 맞는 맛을 개발하기 위해 'Domino's Data'라는 도미노 고객 데이터베이스를 구축한다. 이 데이터에는 소비자가 주문한 제품 정보가 들어있고 이를 분석해 제품 개선에 반영한다. 또 맛있고 따뜻한 피자가 적시에 도착할 수 있도록 'GPS 고객추적장치(GPS Customer Tracker)'를 개발해 선보인다. 2016년 6월 시작된 이 시스템은 고객의 위치 정보를 활용해 고객이 피자 가게에 근접했을 때 요리를 시작해 가장 따뜻한 피자를 찾아가게 한다.

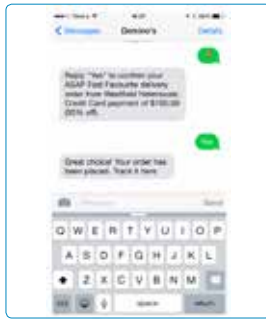
또한 도미노는 쉬운 주문과 결제 시스템을 제공하는 데 많은 투자를 하고 있다. 언제 어디서나 쉽게 주문할 수 있는 'Anyware' 캠페인을 추진하는데 고객이 일일이 전화를 걸어서 주문하는 대신 스마트폰(Zero Click App), TV(Samsung Smart TV), 챗봇, 소셜 네트워크(Facebook, Slack, Twitter) 스마트 워치(Apple Watch, Android Wear, Pebble Watch), AI 스피커(아마존 Alexa, Google Home), 심지어 자동차 음성 시스템(Ford Sync)으로 주문할 수 있는 플랫폼을 구축하고 있다.



〈그림 4〉 도미노피자의 'Anyware' 캠페인 화면

※ 출처 : <https://anyware.dominos.com/>

나아가 '클릭 없는 주문(Zero Click Ordering)'은 스마트폰 앱을 동작시키는 것만으로 바로 주문이 되도록 시스템을 만들었다. 앱을 클릭하는 순간 10초가 자동 카운트되고 10초 후에는 사용자가 미리 등록한 피자가 주문된다. 또, '이모티콘 주문(Emoji Ordering)'은 트위터, 페이스북 등 SNS를 통해 피자 모양의 이모티콘(Emoji)을 보내면 바로 피자가 주문되도록 하고 있다.



〈그림 5〉 이미지 오더링³



〈그림 6〉 제로 클릭 오더링 앱⁴

안전하고 신속한 피자 배달을 위해 전용 배달 차량을 만든 것은 최근의 일이다. 궁극의 피자 배달 차량(Ultimate Pizza Delivery Vehicle)으로 불리는 GM의 Chevy 뒷좌석을 피자 화덕으로 개조해 최대 80개의 피자가 최적 온도에서 유지되도록 했다. 이 차량은 클라우드소싱 기반의 자동차 설계 플랫폼을 제공하는 Local Motors사와 협력을 통해 개발되었다. 2016년 도입되어 미국에서 약 150대가 운영되고 있다고 한다. 2016년에는 DRU(도미노 로보틱스 유닛) 피자배달용 자율주행 로봇을 선보이기도 했다. 190kg 무게에 시속 18~20km로 움직이며 구글 지도와 도미노 GPS 추적 기술을 활용해 고객에게 피자를 배달한다. 같은 해 11월에는 뉴질랜드 왕가파라오(Whangaparaoa) 지역에서 배송 드론 업체 플러티(Flirtey)와 협력해 드론 배달 서비스를 정식으로 시작했다. 이제 2018년 CES에서 무인 자율 주행차를 배달에 적용함으로써 다시 새로운 도약을 시도하고 있다.



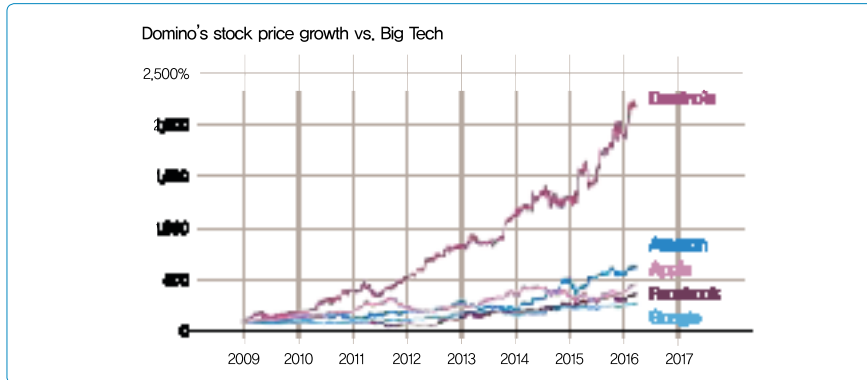
〈그림 7〉 피자 배달에 활용되는 다양한 기기들

돈 메이지 도미노그룹 CEO는 향후 5~10년 동안 로봇과 드론이 도미노그룹 성장의 핵심 전략이 될 것이라고 말한다. 실제로 도미노피자는 데이터 분석과 첨단 디지털 기술을 활용한 혁신에 상당한 투자를 하고 있다. 이미 2013년 DataLab이라는 데이터과학 기업을 세웠고, 2016년에는 호주 브리즈번에 도미노혁신연구소(Domino Innovation Lab)를 개소하여 지속적으로 혁신 기술을 개발하고 있다. 〈그림 8〉은 도미노의 주가 상승률이 잘 알려진 테크 기업들의 주가 상승률을 훨씬 상회하고 있음을 보여 준다. 도미노는 기술을 잘 활용하여

³ <https://internetretailing.com.au/dominos-unveils-sms-smartwatch-ordering/>

⁴ <https://phandroid.com/2016/04/06/dominos-zero-click/>

비즈니스의 혁신을 만들어 내었고, 그 결과로 생존을 넘어 피자헛과 함께 128조⁵에 달하는 세계 피자 시장을 선도하는 기업으로 성장하고 있다.



〈그림 8〉 도미노의 주가 그래프⁶

4. 피자와 혁신

몇 가지 단편적 장면을 통해 피자가 혁신에 주는 의미를 생각해 볼 수 있는데 우선, 피자는 체감할 수 있는 현실 문제의 상징이다. 좀 더 다른 맛, 좀 더 다양한 맛, 고객의 선호에 맞는 맛, 빠른 배달, 식지 않고 갓 구워낸 맛을 전달하는 방법, 남녀노소 누구나 즐길 수 있는 그런 음식으로서의 가치를 끊임없이 만들어 내야 경쟁에서 살아 남을 수 있는 혁신의 대상 그 자체다.

또한 피자는 작은 소통의 매개체다. 소수의 사람들이 피자 한 판을 두고 머리를 맞대고 자유롭게 소통하는 가운데 혁신이 나온다. 공평하게 나누는 피자를 먹는 데 직위와 체면을 따지지 않는다.

그리고 피자는 하나의 실험 정신이다. 토핑을 조합하는 것, 빠른 배달을 위해 운송수단을 도입하는 것, 공유경제를 활용해 보는 것, 첨단 핀테크로 결제를 쉽게 해 보는 것, 사용자가 조금이라도 불편한 부분을 해소하기 위한 크고 작은 혁신의 실험들이 끊임없이 벌어지는 현장이다.

흔히 제4차 산업혁명만은 아이디어를 작은 실험들을 통해 검증해 보고 그것을 플랫폼 모델로 구현해 빠르게 확산하는 ‘속도전’이라고 한다. 민첩한 소통과 의사결정 구조, 그리고 ‘요리(Cooking)’해 보는 시도들은 제4차 산업혁명의 거대한 구조적 전환을 가져올 나비의 작은 날갯짓이 될 것이다.

⁵ <http://www.pmq.com/December-2016/Pizza-Power-2017-A-State-of-the-Industry-Report/>

⁶ https://medium.com/@JonHall_/on-digital-transformation-itsm-and-devops-oh-and-pizza-93acd09dbdb8 (“Consumerisation of IT”, Dominos has concentrated on “IT”izing the consumer”)

사물인터넷 (IoT, Internet of Things)의 특징과 고려사항

Some Characteristics and Considerations on IoT
(Internet of Things)



● 권영환

선임연구원

KWON, Young Hwan

Senior Researcher, SPRI

younghwan.kwon@spri.kr

IoT(Internet of Things, 사물인터넷)라는 용어는 케빈 애쉬턴(Kevin Ashton)이 1999년에 처음 사용한 것으로 알려지고 있다. 그 이후, 다양한 IoT 서비스들을 제공하기 위한 많은 시도들이 있었으며 지속적으로 새로운 기술 및 서비스 개발이 진행되고 있다. 하지만 본격적인 IoT 확산은 아직 이루어지지 않고 있다. 본격적인 IoT 확산을 위해서는 IoT 특징에 대해 정확히 알고 이를 통해 고려사항들을 충분히 이해하여야 한다.



IoT의 첫 번째 특징은 '서비스'이다. 처음 IoT 개념을 표준화한 ITU에서는 IoT를 현재와 진화하는 상호 운영 가능한 정보통신 기술을 바탕으로 물리적 또는 가상의 사물들을 연결하여 서비스를 제공할 수 있는 세계적인 기반 구조로 정의하였다. 이 정의에서 이미 IoT는 서비스를 위한 기반으로 보고 있으며 통신, 네트워크, 소물(小物) 기기들은 서비스를 제공할 수 있는 요소(Component) 기술로 볼 수 있다. 따라서 서비스에 대한 고려 없는 IoT 기술은 존재 가치가 작아질 수밖에 없다.

IoT의 두 번째 특징은 '다양성'이다. IoT 서비스를 보면 매우 다양하다는 것을 알 수 있다. 우선 공간 측면에서 집안의 기기들을 연결하여 편의성을 제공하는 스마트 홈, 건물 내의 효율적인 시설물 관리를 위한 스마트 빌딩, 도시 문제 해결을 위한 스마트 시티 등이 있다. 그리고 서비스 목적 측면에서 보면 맞춤형 의료를 위한 스마트 헬스, 효율적인 자원 사용을 위한 스마트 에너지, 효율적인 제품 생산을 위한 스마트 팩토리 등이 있다. 그리고 이들 서비스들은 감지기와 작동기 같은 매우 다양한 기기들이 필요하며, LTE, WiFi, 블루투스 및 이더넷 같은 다양한 유무선 통신과 네트워크 기술들로 이들 기기들을 연결하고, 클라우드, 빅데이터, 인공지능 같은 다양한 소프트웨어 기술들이 활용되어야 한다. 이와 같이 IoT 서비스는 동작 범위와 목적 측면에서 매우 다양하며 이를 실현하기 위한 기술들도 매우 다양하다.

IoT의 세 번째 특징은 '진화'이다. ITU에서 정의한 IoT 개념에 이미 진화하는 기술을 포함하고 있다. 이는 곧 미래의 신기술들도 IoT에 추가적으로 활용될 수 있음을 나타낸 것이다. 실제로 2012년도에 ITU에서 IoT 개념을 정의할 때 5G 이동통신 기술은 존재하지 않았지만 향후 IoT의 주요 기술 요소로 인식되고 있다. 2010년에 공개된 저전력 블루투스(BLE, Bluetooth Low Energy) 기술은 웨어러블 기기와 비콘(Beacon) 시장들을 확대 시키고 있으며 2017년에 새로이 정의한 Flooding 기반의 블루투스 Mesh 기술은 스마트 조명 시장의 주목을 받고 있다. 또한 아마존의 알렉사와 같은 음성 인식 기반 가상 비서 서비스가 2017년도부터 보편적으로 활용되기 시작하였다. 이와 같이 새로운 기술들이 지속적으로 개발되면서 IoT 서비스 시장을 확대시키고 있다.

IoT의 세 가지 특징들(서비스, 다양성, 진화)을 기반으로 하여 가장 중요한 고려사항은 IoT 서비스에 대한 구체적인 이해이다. 다양한 기술들로 기기들을 연결하는 목적이 바로 사용자에게 새로운 가치를 제공하기 위해서이다. IoT 서비스를 통해 편의성, 효율성, 지적 호기심, 심미적 만족감 등이 불편함 없이 이루어져야 한다. 만약 사용자가 지불 비용만큼의 추가적인 가치를 느끼지 못한다면 IoT 제품 또는 서비스를 구매할 이유가 전혀 없다. 손목에 착용하는 핏빗(Fitbit)의 경우, 구매한 핏빗 제품을 스마트폰과 클라우드와 연결하여 활동량, 운동량, 수면량 관리와 운동 부족 경고 및 추가적인 운동을 권고하여 바쁜 사회에 놓이기 쉬운 건강에 대한 1차적인 서비스를 사용자에게 제공하였기 때문에 성공할 수 있었다.

두 번째인 IoT의 다양성을 보면 개별 서비스의 영역(집, 건물, 도시, 농장 등)과 특징들(전력 소모, 연결 기기 종류 및 수)이 다르기 때문에 서비스 특성에 맞는 맞춤형 기술 융합에 대하여 반드시 고려해야 한다. 이는 IoT 서비스별 다양한 기기들, 통신 및 네트워크, 클라우드, 빅데이터와 인공지능 같은 서로 다른 기술들을 서비스 목적에 맞게 효율적으로 융합해야 하기 때문이다. 예를 들어, 스마트 홈의 경우 3~4명 정도의 사용자들이 집 안에서 엔터테인먼트 기기들(TV, 오디오 등)을 활용하기 위한 하나의 비디오·오디오 전송 네트워크가 필요하다. 하지만 스마트 빌딩의 경우 수천 명에 이르는 사람들의 출입 관리 및 다양한 시설물(승강기, 전등, 공조기 등)의 관리를 위해 보다 넓은 범위(건물 내)에서 데이터 전송이 가능하도록 여러 네트워크 간 연동 기술이 필요하다.

마지막으로 지속적으로 진화하고 있는 IoT의 특징 때문에 IoT 서비스를 제공할 때에는 향후 서비스 확장을 고려한 단계적 접근을 반드시 고려해야 한다. 이를 위해서는 현재 활용 가능한 기술들에 대한 정확한 이해가 필요하다. 예를 들어 사용자의 움직임을 예측하여 사전에 전등을 제어하는 서비스는 현재 인공지능 기술로는 정확한 예측이 불가능하기 때문에 서비스 제공이 불가능하다. 하지만, 사후 제어의 경우 움직임 감지기를 활용하면 현재 기술로도 충분히 제공 가능하다. 따라서 현재는 사후 제어 형태로 서비스가 제공되지만 미래 인공지능 기술 발전을 고려하여 향후에는 사전 제어 서비스가 가능하도록 확장성 있게 IoT 서비스 구축이 되어야 한다.

앞에서 IoT의 특징인 서비스, 다양성과 진화에 대해서 살펴보았으며, 이들 특징들을 통해 IoT 제품 및 기술 개발에서 있어서 중요한 고려사항들로 구체적인 서비스 이해, 맞춤형 기술 융합과 단계적 접근을 제시하였다. IoT 제품, 서비스, 기술 개발을 성공하기 위해서는 우선적으로 서비스 관점에서 사용자에게 어떠한 가치를 부여할지 명확하게 이해하여야 하며, 현재 존재하는 기술들을 기반으로 최고의 서비스를 제공하기 위한 맞춤형 기술들의 효율적인 융합이 필요하다. 추가적으로, 지속적인 IoT 제품, 서비스 또는 기술을 활용하기 위해서는 미래의 기술 발전을 고려하여 향후 확장이 가능하도록 단계적 접근이 가능하여야 한다.



비트커넥트 사례로 보는 렌딩코인 이슈와 시사점

The issues of lending coin and implications :
The case of BitConnect



- 주요 렌딩코인 업체 중 하나인 비트커넥트의 급작스런 서비스 중단에 따라 코인 가격 급락 및 투자자 피해가 발생함
- 블록체인 서비스는 암호화폐 자체가 아닌 이를 기반으로 구현될 서비스·비즈니스 모델에 대한 검증 및 세심한 검토가 요구됨

- Caused by sudden shut down of BitConnect, one of the major lending coin companies, Coin price has been collapsed and investors have been damaged
- Blockchain services require investors to carefully verify and review the business model to be implemented, not the cryptocurrency itself

이중엽

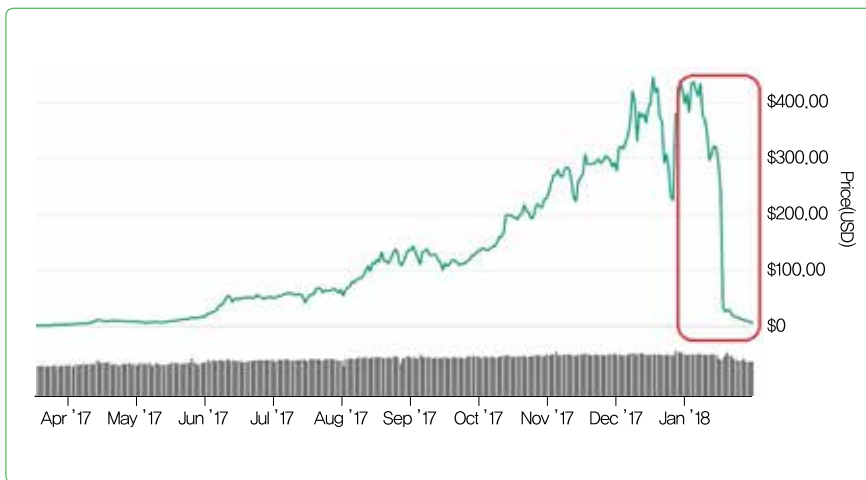
선임연구원

LEE, Joong Yeup

Senior Researcher, SPRI
ilovebiz@spri.kr

배경

- 비트커넥트(BitConnect)의 서비스 중단으로 코인 가격이 급감함(\$400→\$6)
 - 비트커넥트는 법인명이자 서비스명으로 자체 암호화폐인 비트커넥트코인(BCC, Bit ConnectCoin)을 발행하고 이를 기반으로 투자자를 모집하여 투자금에 대해 고정아울을 제공하는 사업모델을 제시함
 - 2016년 7월 법인 설립 후, 2016년 11월 ICO(Initial Coin Offerings)를 통해 BCC를 선보였으며 최종 2,800만 개 유통으로 발표하였음(2018년 1월 현재 917만 개 유통 중)
 - 비트커넥트코인은 2018년 1월 초 개당 금액이 400달러를 넘어섰고 시가총액도 20억 달러를 넘기며 서비스 1년 만에 전체 암호화폐 상위 10위권으로 급성장하였음
 - 그러나 2018년 1월 17일 홈페이지를 통해 거래 플랫폼 및 렌딩(Lending) 서비스의 중단을 고지 직후 20달러 선으로 급락함(2018년 1월 30일 현재 6달러 선에서 거래)¹



〈그림 1〉 비트커넥트코인(BCC) 가격 변동(단위 : USD)

※ 자료 : Coinmarketcap

- 비트커넥트의 후속 비즈니스가 제시되었으나 규제 및 투자자 소송 등 진행 중임
 - 비트커넥트 측은 비트커넥트X(BCCX) 코인발행(ICO, Initial Coin Offerings)이 유효하며 BCCX 사이트에서 BCC를 사용하여 교환 및 지속 거래된다고 소개하고 있음
 - 그러나 비트커넥트코인의 서비스 중지 사유로 밝힌 텍사스와 노스캐롤라이나주에서 받은 서비스 금지 명령²외에도 영국의 British Companies House(회사 등록 기관)에서

¹ Coinmarketcap(<https://coinmarketcap.com>)

² Bloomberg(2017.01.16.) BitConnect Closes Exchange as States Warn of Unregulated Sales

등록제명(First Gazette notice for compulsory strike-off) 통지(2017.11)를 받는 등 제재 조치가 진행 중인 상황임³

- 또한, 플로리다주법원에 일부 투자자 그룹이 비트커넥트를 '광범위한 폰지'사기(Wide-reaching Ponzi scheme)'라고 주장하며 77만 불에 달하는 집단 소송을 제기⁵하고 있어 향후 유사한 형태의 소송이 추가로 진행될 가능성도 존재함

렌딩코인(Lending Coin)⁶ 주요 비즈니스 모델

- 신규 투자자 지속 유입 및 코인 가격 상승을 통한 수익 확보
 - 비트커넥트와 같은 렌딩코인 업체들은 투자자로부터 비트코인, 이더리움 등의 코인을 입금받아 자체 코인(BCC 등)으로 전환 후 서비스를 이용하도록 구성됨
 - (거래 예시) 업체로 비트코인 입금 → 자체 거래소를 통한 렌딩코인 구매 → 대출/코인 보유 등 서비스 진행(정해진 기간 동안 투자금이 해당 업체에 묶임)
- 대출(Lending), 코인 보유(Staking), 추천 보너스(Referral) 등을 통해 유통량을 통제하고 신규 가입자의 유입을 지속적으로 유도하여 뱅크런(Bank run, 집단인출)을 방지하고 자체 코인 가격을 유지시킴
- Model 1 : 코인 대출(Lending) 이자 지급
 - 코인을 해당 시점의 달러 가격 기준으로 정해진 기간 동안(금액 규모별 차등) 업체에 대출해 주고 일정 수준의 이자를 수익으로 지급함(ex. 회사채 발행)
 - 비트커넥트의 경우, <그림 2>와 같이 월 40%의 이자와 금액에 따른 추가 이율을 제시하고 있으며 원금 상환은 약 4개월~10개월로 투입금에 따라 차등 적용함
 - 대출 만기에 따른 원금상환도 투입한 달러 금액으로 지급받으므로 해당 기간 동안 발생하는 코인 가격의 등락은 투자자 수익과 무관함(상승 시는 플랫폼社/하락 시는 투자자에게 유리)
 - 참고로, 비트코인의 2017년 연간 상승률은 약 1,300%(\$974→\$13,508, Coinmarketcap)



³ TheNextWeb(2017.11.13.) UK threatens to shut down popular Bitcoin investment site BitConnect

⁴ 신규 투자자의 돈으로 기존 투자자에게 이자나 배당금을 지급하는 방식의 다단계 금융사기를 일컫는 말로, 1920년대 미국에서 찰스 폰지(Charles Ponzi)가 벌인 사기 행각에서 유래되었다.(두산백과)

⁵ Bloomberg(2017.01.26.) BitConnect's 'Crypto-Wonderland' Hit With Investor Lawsuit

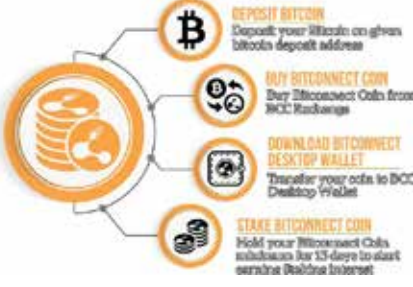
⁶ 비트커넥트의 사례처럼 업체가 발행한 자체 암호화폐를 구입한 후 해당 금액만큼을 업체에 대출(Lending)해주는 형태로 활용되는 코인이며 투자자는 정해진 이자를 수익금으로 받는다.

Lending Amount	Interest (Accrued Daily)	Capital Back
\$100 - \$1000	Volatility Software Interest (up to 40 % Per Month)	After 299 Days
\$1010 - \$5000	Volatility Software Interest + 0.10% Daily (up to 40 % Per Month)	After 239 Days
\$5010 - \$10000	Volatility Software Interest + 0.20% Daily (up to 40 % Per Month)	After 179 Days
\$10010 - \$100000	Volatility Software Interest + 0.25% Daily (up to 40 % Per Month)	After 120 Days

〈그림 2〉 렌딩 투자 이자 지급 예시(비트커넥트 기준)

※ 자료 : bitconnect.com⁷

- Model 2 : 코인 보유(Staking) 이자
 - 비트코인 등 주요 암호화폐를 통해 렌딩코인을 구매한 후 약정된 일정 기간 보유할 경우 이자를 지급하는 형태임(투자 기간 동안에는 회수가 어려움)
 - 렌딩 업체는뱅크런(집단인출 사태)을 방지하는 효과와 함께 유통 물량을 한정시켜 추가적인 시세 차익을 기대할 수 있음

비트커넥트 코인 Staking 절차	Staking 이율 사례														
	<table> <tr> <th>Duration</th><th>Interest</th></tr> <tr> <td>1st 6 months</td><td>60% (10%per month)</td></tr> <tr> <td>2nd 6 months</td><td>50% (8%per month)</td></tr> <tr> <td>3rd 6 months</td><td>40% (7%per month)</td></tr> <tr> <td>4th 6 months</td><td>30% (5%per month)</td></tr> <tr> <td>5th 6 months</td><td>20% (3%per month)</td></tr> <tr> <td>6th 6 months</td><td>10% (1.4%per month)</td></tr> </table> * 매 15일마다 이자 지급	Duration	Interest	1st 6 months	60% (10%per month)	2nd 6 months	50% (8%per month)	3rd 6 months	40% (7%per month)	4th 6 months	30% (5%per month)	5th 6 months	20% (3%per month)	6th 6 months	10% (1.4%per month)
Duration	Interest														
1st 6 months	60% (10%per month)														
2nd 6 months	50% (8%per month)														
3rd 6 months	40% (7%per month)														
4th 6 months	30% (5%per month)														
5th 6 months	20% (3%per month)														
6th 6 months	10% (1.4%per month)														

〈그림 3〉 코인 보유 수익 예시(비트커넥트 기준)

※ 자료 : bitconnect.com

〈표 1〉 렌딩(Lending)과 코인 보유(Staking) 모델 비교(비트커넥트 기준)

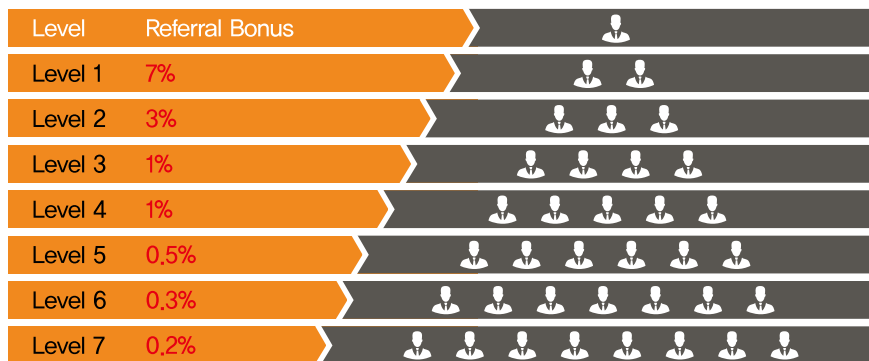
구 분	렌딩 투자(Lending)	코인 보유(Staking)
투자금 입금	비트코인	비트코인
BCC 구입	○	○
투자 기준	달러(렌딩 시점 달러 환산액)	코인(스테이킹 시점 코인 금액)

⁷ BitConnect(<https://bitconnect.com>)

구 분	렌딩 투자(Lending)	코인 보유(Staking)
투자금 회수	달러(렌딩 시점 달러 환산 원금)	코인
투자자 수익	업체 제시 이자	업체 제시 이자 + 코인 시세 상승분
투자 위험	- (코인 변동과 관계없이 달러 환산 원금 지급)	코인 변동 금액
	업체 서비스 중단, 코인 시장 급락, 유통량 감소(신규 회원 유입 정체 등)	

● Model 3 : 추천(Referral) 보너스

- 개인별 투자에 따른 수익금 지급과 별개로 고객별 추천 시스템을 통해 소개받은 계정 투자금의 일정 비율을 보너스로 지급
- 지급되는 보너스의 비율은 직·간접 연계 여부에 따라 차등 적용됨(1단계 추천인에 대한 보상이 가장 높으며 단계를 거쳐 갈수록 보너스 비율은 낮아지는 형태)



〈그림 4〉 추천 보너스 예시(비트커넥트 기준)

※ 자료 : coinpupil.com

시사점

- 렌딩코인 투자 이전에 제공되는 정보에 대한 면밀한 검토가 필수
 - 기술 소개 백서(Whitepaper), KYC(Know Your Customer)⁸ 인증, 경영진 및 비즈니스 로드맵 등 기본적인 사항에 대한 제공 여부와 내용 확인이 필수임
 - 실제로 비트커넥트의 경우 백서가 없어 해당 코인에 대한 기술 검증이 어려우며 홈페이지에 경영진, 회사 위치 등에 대한 세부 정보가 제공되지 않음

⁸ 고객알기제도 : 불법 자금 거래의 차단 및 국제 기준에 부합되는 자금 세탁 방지를 위해 시행된 제도(한경경 제용어사전)

- 또한, 대부분의 렌딩 코인은 자체 거래소를 통한 폐쇄적 거래를 진행하는 점과 코인 유통 자체(ICO→회원 확보→코인 거래→유통량 유지/증가→코인 가격 상승→회원 확보)가 비즈니스 모델이므로 지속 성장이 가능할지 확인해야 함
- 특히, 암호화폐 시장이 급격하게 팽창했던 작년에 비해 전반적인 코인 가격 하락 및 규제 강화 등으로 신규 자금 유입이 저조한 상황을 고려할 때 당분간 렌딩코인 서비스의 위험성은 더욱 높아질 것으로 예상됨
- 암호화폐 활용의 목적은 블록체인 기반 서비스의 구현과 유지
 - 블록체인에서 암호화폐는 플랫폼 유지를 위한 인센티브 혹은 서비스 거래의 단위로서 활용되는 구현 요소 중의 하나이지 그 자체가 목적이 되지 않음
 - 중장기적으로 개별 암호화폐의 가치는 해당 서비스의 성장에 수렴하여 진행될 것을 고려할 때 눈여겨봐야 할 부분은 궁극적으로 구현할 비즈니스 모델의 가치인 점을 상기해야 함



빅데이터를 활용한 가변 가격제 사례와 시사점

A case study on the dynamic pricing based on Bigdata and
some implications



강송희

선임연구원

KANG, Song Hee

Senior Researcher, SPRI

dellabee@spri.kr

- 빅데이터 분석 기술이란 기존 데이터베이스 관리 도구의 능력을 넘어서는 대량의 정형 또는 비정형의 데이터로부터 가치를 추출하고 결과를 분석하는 기술
- 빅데이터 기반의 가변 가격제는 소비자 지불 의사에 대한 정보를 기반으로 기업의 수익을 극대화하는 좋은 사례이며, 이미 많은 분야에서 표준으로 활용 중
- 소비자 관점에서 이슈는 정보비대칭, 공정성 그리고 2차 시장 문제 등이 있으며, 기업 관점에서 이슈는 이윤 극대화 뿐 아니라 가변 가격제 적용을 공급자 관점에서 할지, 소비자 관점에서 할지 결정하는 문제가 있음
- 소비자 또는 기업 관점의 이슈에 대응하여 특정 산업 분야의 변동 가격에 상한을 씌우는 등 소비자 후생 증대 측면에서 개입할 여지가 있을 수 있음

- Big data analysis technology is a technology that extracts valuable information from a large amount of structured or unstructured data and analyzes the results.
- Big data-based dynamic pricing is a good example of maximizing corporate profits based on information of consumer payment intentions, and has been already standard in many areas.
- Consumer-oriented issues include information asymmetry, fairness, and secondary market problems. In terms of firm-oriented issue, in addition to maximizing profits, there is a issue that the dynamic pricing system is applied whether from the supplier's view point or from the consumer's view point.
- The government may be able to intervene in terms of increasing consumer welfare, such as capping the fluctuation prices of specific industries in response to the issues from the consumer and firm perspectives.

빅데이터 기술과 가변 가격제(Dynamic Pricing)의 개념

- (빅데이터 기술) 기존 데이터베이스 관리 도구의 능력을 넘어서는 대량의 정형 또는 비정형의 데이터로부터 가치를 추출하고 결과를 분석하는 기술
- (가변 가격제) 기업이 현재 시장의 요구에 따라 제품 또는 서비스에 대해 유연한 가격을 책정하는 전략¹
 - 기업은 경쟁 업체의 가격, 수요, 공급 및 기타 외부 요소를 고려한 알고리즘과 관련 데이터를 기반으로 가격을 변경할 수 있음
 - 수요자와 공급자가 실시간으로 구매 가격을 협상

빅데이터 기반의 가변 가격제 사례

- ① 숙박 및 관광 : 이 분야에서는 표준 방법으로 성수기 또는 특별 행사 기간 동안 높은 가격이 부과되며, 특정 순간 공급과 수요에 따라 객실 및 패키지 비용을 조정하는 등 지불 의사를 기반으로 수익을 극대화하는 데 사용됨

* Airbnb, Homeaway 및 VRBO에 가변 가격제형 책정 방식을 제공하는 Beyond Pricing이라는 회사는 데이터 기반 동적 가격 책정으로 매출의 40%를 증가시킬 수 있다고 주장²

¹ 가변 가격제(Dynamic Pricing, Surge Pricing, Demand Pricing, Time based Pricing). Collins English Dictionary(2018.02.02.) Definition of "Dynamic Pricing".

² Beyond Pricing 홈페이지, 2018.01, <http://beyondpricing.com>





〈그림 1〉 Beyond Pricing의 가변 가격제 시스템 시연

※ 출처 : Beyond Pricing

- ② 교통 수단 : 항공사는 요일, 시간 등에 따라 가격을 변동시키며, 미국 특정 주에서 택시는 출퇴근 시간과 주말 등 바쁜 시간에 높은 요금을 부과함. 우버 역시 휴가 기간 등에 수요가 몰리면 가격을 동적으로 책정하여 변동시킴

* 우버 홈페이지의 안내서에 의하면 가변 가격을 결정하는 변수에는 예상 시간과 거리, 예상 교통량, 주어진 순간에 우버를 사용하는 운전자의 수가 포함³



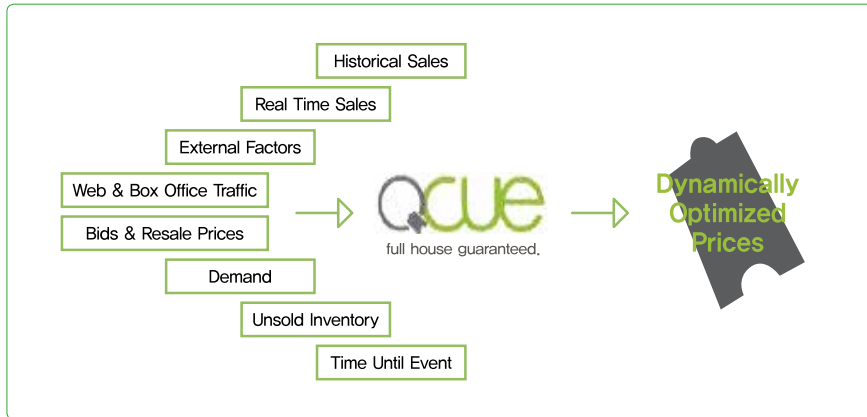
〈그림 2〉 Uber의 가변 가격제 시스템 예시

※ 출처 : 구글 이미지

3 Uber 홈페이지, 2018.01

- ③ 전문 스포츠 : 야구 등 실외 스포츠는 경기 날짜, 구매 날짜 그리고 날씨 등을 가격 전략에 반영. Qcue라는 신생 SaaS⁴ 기업 등이 2010년 처음 가변 가격제를 스포츠에 도입했으며, Qcue는 현재 미국 메이저 리그 야구계 프랜차이즈의 3분의 2와 함께 작업 중⁵

* Qcue의 발표 자료에 따르면 가변 가격제는 수요가 많은 상황에서 평균적으로 30%, 적은 상황에서는 5~10% 정도의 매출 증가를 보였음



〈그림 3〉 QCUE 가변 가격제의 변수들

※ 출처 : 구글 이미지

- ④ 소매업 분야 : 온라인 쇼핑몰 등 소매 업체는 경쟁 업체, 시간, 트래픽 그리고 판매 목표에 따라 제품 가격을 조정함

* 2017년 11월 영국 아마존닷컴(Amazon.co.uk)에서는 하루 동안 삼성 갤럭시 S7이 510.29파운드에서 439파운드까지 14% 하락했고, Ovaltine 6개들이 300g 1팩이 17.94파운드에서 12파운드로 33% 하락했음⁶

- ⑤ 전력 등 유틸리티 서비스 : 사용자의 수요 형태, 공급 문제, 규칙적인 변동 그리고 시장에서 긴장 상황 등에 따라 실시간 또는 피크 타임에 가격을 달리함

* 에스토니아의 스마트 미터기 출시는 '결합형 가격제**' 및 스팟 기반 '교환 가격제***'를 포함하여 도매 전력 시장과 밀접하게 연관된 제품의 채택을 허용. 스팟 기반 가격제 협약 수는 3년 만에 두 배 이상 증가했고, 계속 증가하고 있음⁸

** 결합형 가격제 : 고정 가격제와 가변 가격제를 결합한 것

*** 스팟 기반 교환 가격제 : 사용량 등 전력 교환의 움직임에 따라 가격이 변동하는 가변 가격제

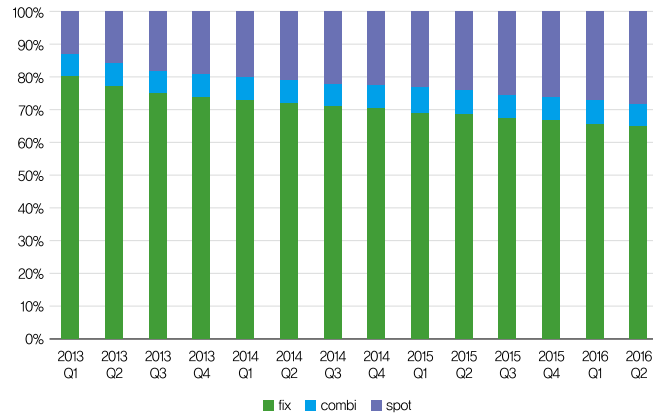
⁴ SaaS(Software as a Service), 서비스로써의 소프트웨어

⁵ 김영혁(2017), Dynamic Pricing이 확산되고 있다, Wikipedia(2018.2.2.)

⁶ Guardian, 2017.11.20.

⁷ 교환 가격 : 사회 일반의 수요와 공급을 표준으로 한 가격

⁸ Eurelectric, 2017.02.



〈그림 4〉 에스토니아 가변 가격제 도입 현황

※ 출처 : Eurelectric, 2017.2, Dynamic pricing in electricity supply

- ⑥ 영화 등 문화 산업 : 영화 산업에서는 이미 시간·요일마다 영화표 가격(조조 요금, 평일 요금, 주말 요금 등)을 달리하고 있으며, 2017년 10월 미국의 시네마 체인인 'Regal'은 2018년 멀티플렉스 시장에서 박스 오피스 매출을 높이기 위해 동적 입장표 가격 책정 방식을 시험해 보겠다고 발표⁹

I 이슈 및 시사점

- (소비자 관점) ①정보비대칭(Information Asymmetry)에 따라 정보소외계층의 불이익이 예상되며, ②공정성(Fairness) 관점에서 동일 제품-동일 가격 원칙을 주장하는 소비자 계층이 존재하고, ③양극화 문제의 연장선에서 동일 제품이나 서비스에 다른 가격을 제시할 경우 소득이 높은 사람에게 혜택이 집중될 수 있으며, ④아마존닷컴의 사례처럼 차익거래(Arbitrage)¹⁰를 이용한 2차 시장(중고 시장)이 활성화될 가능성이 있음
- (기업 관점) 이윤 극대화의 문제뿐 아니라 ①제품의 재고 등 공급자 관점에서 가변 가격제를 적용하느냐, ②소비자의 경제 수준 등을 고려해 소비자 관점에서 가변 가격제를 적용하느냐라는 이슈가 있음
- (정부 관점) 위와 같은 소비자와 기업 관점에서 이슈에 대해서 특정 산업 분야(예: 전력 등 유틸리티 서비스) 변동 가격에 상한을 씌우는 등 소비자 후생 증대 측면에서 정부가 개입할 여지가 있을 수 있음

⁹ CNN Money(2017.10.26.) <http://money.cnn.com/2017/10/26/media/regal-cinemas-dynamic-pricing/index.html>

¹⁰ 쌀 때 사서 비쌀 때 중고로 팔아도 이익을 볼 수 있는 차익 거래

스마트 계약(Smart Contract)에 대한 동향과 현안

The trend and current issues of smart contracts



- 블록체인 기술을 기반으로 다양한 형태의 계약을 자동으로 실행할 수 있는 스마트 계약이 등장하였으며, 활용을 위한 관련 연구개발이 진행되고 있음
- 스마트 계약은 개발자의 실수로 인해 해킹이 일어나는 경우, 큰 피해가 발생할 가능성이 높으므로 철저한 코드 검증 및 대안 마련이 요구됨

- Smart contracts based on the blockchain technology that can automatically execute various types of contracts have emerged and research & development for the use of smart contracts is underway.
- Smart contracts are more likely to cause major damage if hacking occurs due to a developer's mistake, so thorough code review and alternative action are strongly required.

서영희

선임연구원

SEO, Young Hee

Senior Researcher, SPRI

yhseo@spri.kr

블록체인 기술의 등장으로 인해 스마트 계약의 구현이 가능해짐

- 스마트 계약은 다양한 형태의 계약을 체결하고 자동으로 실행할 수 있는 기능을 제공함
 - 스마트 계약(Smart Contract)이란 블록체인 기술을 기반으로 금융거래나 부동산 계약 등 다양한 형태의 계약을 체결하고 자동으로 실행할 수 있는 기능을 제공하는 프로그램으로 1994년 미국의 전산학자인 닉 스자보(Nick Szabo)가 처음으로 사용한 것으로 알려져 있음
- 닉 스자보는 프로그래밍 언어로 계약서를 작성하면 조건에 따라 계약 내용이 자동으로 실행될 수 있다고 주장함, 스마트 계약은 그동안 기술적 제약으로 인해 주목받지 못하였으나 튜링-완전한(Turing-complete)¹ 가상 기계인 이더리움이 등장하여 구현이 가능하게 됨
- 이더리움은 2014년에 비탈릭 부테린(Vitalik Buterin)이 개발한 블록체인 플랫폼으로 이더(Ether, ETH)라는 암호화폐의 송금을 기록하고 스마트 계약과 분산 응용(Decentralized applications, 이하 Dapp)의 구현이 가능함
- 이더리움 플랫폼에서 개발자는 직접 계약 조건과 내용을 코딩하여 원칙적으로는 상상하는 모든 종류의 계약을 스마트 계약으로 표현할 수 있음
- 2015년 1월, 미국 연방 차원의 2014 온라인 시장 보호법(Online Market Protection Act of 2014)²에서 스마트 계약을 암호화된 계약으로 여러 가지 다중 서명 기술(Multi-signature)³을 활용하며, 미리 결정된 변수의 조건이 충족되는 경우, 공공 기록이나 자산 이동과 같은 거래를 자동으로 양자 혹은 복수 당사자 간에 실행이 가능하다고 정의하고 있음
- 2017년 3월에 개정된 미국 애리조나주법⁴에 의하면 스마트 계약은 분산된 공유 원장에서 자산의 이전을 위해 수행되는 사건 기반(Event-driven) 프로그램이라고 정의하고 있음
- 런던대학의 클락(Clack) 박사는 스마트 계약을 자동화된, 집행 가능한 계약이며, 법적 권리 및 의무의 이행을 통해 시행 가능한 계약으로 정의하였음
- 이는 일정한 조건을 만족하는 경우 거래가 자동으로 실행될 수 있도록 프로그램된 자동 계약 시스템을 의미함
- <그림 1>은 이더리움의 스마트 계약의 예시로서 3월까지 웹사이트를 5,000이더에 판매하는 계약임

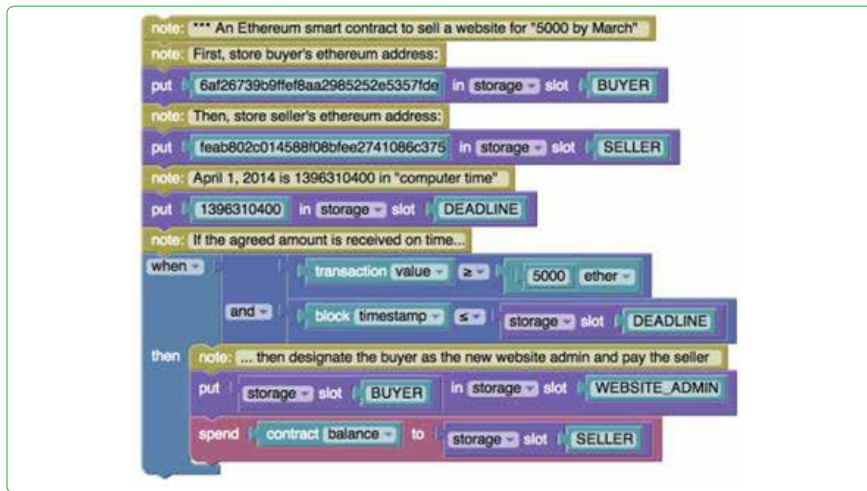


¹ 튜링 완전이란 어떤 프로그래밍 언어나 추상 기계가 튜링 기계와 동일한 계산 능력을 가진다는 의미로 계산적인 문제를 프로그래밍 언어나 추상 기계로 풀 수 있다는 의미

² <https://www.congress.gov/bills/113/congress/house-bill/5892/text?q=%7B%22search%22%25>.

³ 다중서명(Multi-signature, Multi-Sig) 지갑이란 여러 명의 지갑 소유자의 동의를 얻어 암호화 자산을 관리하도록 설계된 스마트 계약

⁴ <https://legiscan.com/AZ/text/HB2417/id/1497439>, Title 44, Chapter 26, Article 5에 블록체인 기술과 관련하여 스마트 계약의 개념과 법적 효력을 언급함, 2017.03.29.



〈그림 1〉 스마트 계약의 예시

※ 자료 : EtherScripter, What is Ethereum?

스마트 계약 관련 연구와 입법화 노력이 진행되고 있음

- 민간과 공공 분야에서 스마트 계약을 활용하기 위한 연구를 진행하고 있음
 - (IBM) 글로벌 컨테이너 업체인 머스크(Maersk)와 IBM은 스마트 계약을 활용하여 무역의 효율성과 안전성을 제고하기 위해 합작 법인회사의 설립 계획⁵을 밝힘
 - 운송 건에 대한 정보를 실시간으로 안전하고 원활하게 교환할 수 있는 공급망 가시성을 제고하고, 필요한 모든 승인 절차가 블록체인 기반의 스마트 계약으로 이루어져 거래의 속도가 빨라지고 오류 발생 가능성을 낮추는 것이 목표임
 - (EEA) 이더리움 기업 연합(Enterprise Ethereum Alliance, EEA) 내 법률서비스 산업작업반(Legal Industry Working Group)은 글로벌 법률 회사, 로스쿨 그리고 법률 교육 기관 등과 협력하여 블록체인 기술과 스마트 계약 관련 법제화 연구를 진행하고 있음⁶
 - (하이퍼레저) 리눅스 재단의 오픈소스 과제인 하이퍼레저(Hyperledger)에서는 2017년 7월에 블록체인을 기반으로 프라이빗 분산 원장 네트워크를 만들 수 있는 '하이퍼레저 패브릭(Fabric) 1.0'을 공개함
 - 체인코드(Chaincode)가 스마트 계약 부분에 해당하며, IBM과 AIG⁷, 스탠다드차타드 은행은 가장 복잡한 보험 증권 중 하나인 다국적 보험 증권에 패브릭을 적용함⁸

⁵ <http://www-03.ibm.com/press/kr/ko/pressrelease/53616.wss>

⁶ <https://entethalliance.org/ethereum-enterprise-alliance-legal-industry-working-group-press-release/>

⁷ AIG 'Smart' Policy Uses Blockchain to Manage International Coverage for Bank, insurancejournal, 2017.06.

⁸ 오픈소스 블록체인 '패브릭' 공개... 보험·공급망 등 활용성 '무궁무진', CIO Korea, 2017.07.

- 미국과 싱가포르, 케냐의 지역 보험 증권이 통합된 '마스터' 보험 증권은 런던에서 작성되었으며 보험 증권 관련 데이터는 스마트 계약으로 구현되어 실시간으로 기록 추적이 가능함
- (미국 CDC) 2016년 미국의 디지털 상공회의소(Chamber of Digital Commerce, CDC)⁹는 스마트 계약이 활용될 수 있는 분야를 12가지로 분류하여 설명하는 분석 보고서를 발표하였음
- (호주 CSIRO) 호주의 연방과학산업연구기구(CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation)는 2017년 5월 블록체인과 스마트 계약에 관련된 연구보고서를 발행하여 호주 정부가 2030년까지 블록체인과 스마트 계약을 필수 서비스로 지정하게 되면 발생 가능한 여러 가지 시나리오에 대해 설명함
- 미국은 연방과 자치 주 차원에서 블록체인 관련 법률을 제정하거나 개정하는 등 입법적 노력을 기울이고 있음
 - 연방 정부 차원에서 2014 온라인 시장 보호 법안¹⁰에서 스마트 계약의 개념을 다루고 있으며 블록체인 기술 발전을 위해 스마트 계약과 관련된 규제를 일정 기간 동안 유예해야 한다는 내용을 포함하고 있으나 아직 의회를 통과하지 못하고 있음
 - 내용적인 측면에서 스마트 계약만을 다루고 있지 않으며 블록체인 관련 산업 활성화라는 큰 틀에서 스마트 계약의 개념을 논의하고 있음
 - 자치 주 차원에서는 애리조나(Arizona)주에서 스마트 계약의 개념을 최초로 법률에 주법(Arizona Code) Title 44, chapter 26 이하 '블록체인의 기술'을 소제목으로 하는 article. 5를 추가하였고, 버몬트(Vermont)주에서도 블록체인 관련 입법화가 시도됨
 - 유럽, 한국 등에서는 암호화폐를 중심으로 블록체인 기술의 활성화와 사용자의 보호에 관련된 논의가 주를 이루고 있으며, 스마트 계약에 대한 법제화 논의가 활발하게 진행되고 있지는 않음

〈표 1〉 미국 주정부의 블록체인 도입 내용

주	내 용
델라웨어	'블록체인 이니셔티브(Blockchain Initiative)' 추진(2016.05.)
버몬트	'버몬트주 증거법(Vermont Rules of Evidence)'을 제정하여 블록체인 기반 전자 기록 인정(1913 Blockchain enabling, 2016.05.)
일리노이	'일리노이 블록체인 이니셔티브' 발족(2016.11.)
애리조나	'애리조나주 전자거래법(Arizona Electronic Transactions Act)'을 개정하여 블록체인 기술 기반 서명, 계약 등 거래기록에 법률적 효력 인정(2017.03.)

※ 자료 : SPRI, 블록체인 기술의 산업적 사회적 활용 전망 및 시사점, 2017.09.

⁹ Chamber of Digital Commerce, "Smart Contracts: 12 Use Cases for Business & Beyond", white paper at Smart Contracts Symposium, 2016.12.

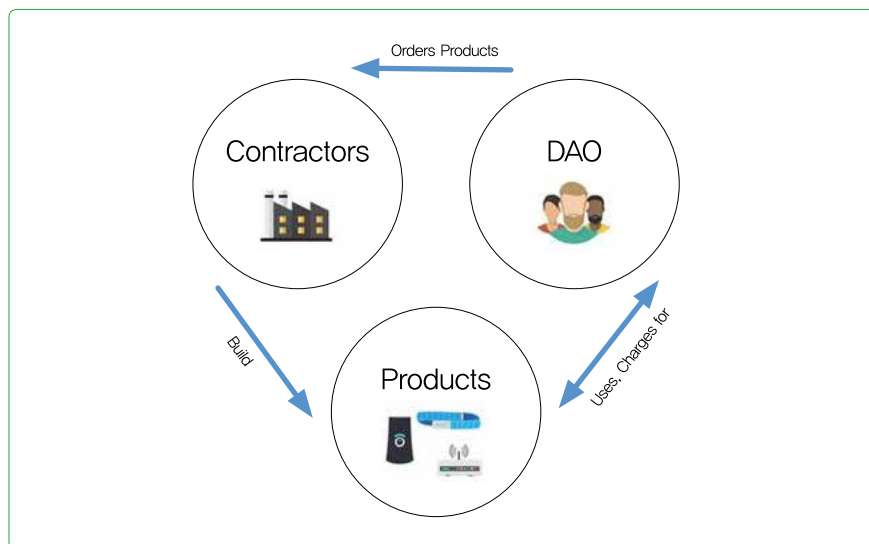
¹⁰ 디지털사회 법제연구(II)-블록체인 기반의 스마트 계약 관련 법제 연구-, 한국법제연구원, 2017.08.

스마트 계약과 관련된 해킹 사례가 발생하여 이에 대한 대비가 필요함

- 스마트 계약과 관련된 해킹은 코드의 취약성에 의해 발생하며 피해 규모가 큰 특징이 있음

1) 더 다오(The DAO) 프로젝트의 이더(ETH) 해킹 사건이 발생함

- 2016년 6월, 이더리움의 스마트 계약 기능으로 개발된 클라우드 펀딩을 위한 더 다오 프로젝트에서 이더 탈취 사건이 발생하였음
- 클라우드 세일로 판매한 다오 토큰을 이더로 환급하는 프로그램에 재귀 호출¹¹ 버그 (Recursive calling vulnerability)가 포함됨
- 해커는 이러한 오류를 이용하여 다오 토큰을 이더로 무한 환급하는 방법으로 당시 가치로 약 500억 원에 해당하는 360만 이더를 탈취함. 해킹 직후 이더의 가치가 절반으로 하락하고 해당 프로젝트는 사실상 종료되었음
- 더 다오는 이더리움 기반의 탈중앙화된 자율조직(Decentralized Autonomous Organization) 형태의 프로젝트로써, 조직 운영을 위한 특정 주체는 없고 대신 가상화폐인 이더로 구매 가능한 다오 토큰(DAO Token)을 소유한 개인의 투표로 운영됨
- 계약자(Contractor)의 제안서가 토큰 소유자들에게 일정 비율 이상의 투표를 받으면 해당 프로젝트는 승인되어 제품을 만들 수 있게 되며 DAO는 접근 권한을 얻음



〈그림 2〉 The DAO의 운영 구조

※ 자료 : Informational Report on The DAO, 2016.05.

¹¹ 재귀 호출은 함수 안에서 함수 자기 자신을 호출하는 방식



2) 패리티 지갑(Parity Wallet)의 이더 탈취 사건이 발생함

- 2017년 7월에 이더리움 플랫폼에서 동작하는 클라이언트인 패리티 지갑(Parity Wallet)¹²에서 153,0370이더(약 3,200만 달러 규모)를 절도 당한 사건이 발생함
- 여러 명의 지갑 소유자의 동의를 얻어 암호화 자산을 관리하도록 설계된 스마트 계약인 다중서명(Multi-Signature)¹³ 지갑의 취약점으로 인해 3개의 ICO 프로젝트(Edgeless 카지노, Aeternity, Swarm City)에서 대량의 이더를 도난당함
- 원래 지갑의 소유자를 지정하는 코드는 거래 생성자에 의해 제일 처음에만 실행되어야 하지만 패리티 지갑의 경우, 라이브러리로 작성한 해당 함수를 언제든지 모든 사람이 호출 가능하다는 문제점을 가지고 있었음
- 이러한 취약점을 이용하여 해커는 해당 계약의 소유자를 해커의 주소로 변경하는 공격으로 토큰 세일 때 펀드 금액을 저장하는 다중 서명 계약에서 대량의 이더를 탈취함
- 이더리움은 더 다오 사례에는 2016년 7월 20일 하드 포크(hard fork)¹⁴를 통해 피해를 되돌리고자 하였으나 패리티 사건으로 하드 포크를 하지 않는다고 공식적으로 밝힘

3) 패리티의 이더 동결(Freeze) 사건¹⁵이 발생함

- 2017년 7월에 문제가 된 취약점을 고치기 위해 패리티 개발자는 다중 서명 지갑에 대한 라이브러리를 수정하였으나 초기화를 하지 않아 7월 20일 이후 배포된 관련 계약들이 모두 무효화가 되는 사건이 발생함
- 'devops199'라는 개발자가 해당 라이브러리의 초기화(InitWallet) 함수를 실행하여 라이브러리의 소유자(Owner)가 되었으며 이후 Kill 함수를 호출하여 관련 스마트 계약이 무효화되어 573개의 지갑이 동결되었으나 패리티 측은 총 피해액은 알 수 없다고 발표하였음
- 패리티는 이더리움 커뮤니티에 하드 포크를 요청(2017년 12월)¹⁶하였으나 이더리움의 하드 포크는 결정되지 않음

시사점

- 스마트 계약은 다양한 거래를 자동으로 실행하여 거래의 효율성을 제고하나 보안에 대한 취약점이 존재하여 이에 대한 대안 마련이 필요

¹² <http://hackingdistributed.com/2017/07/22/deep-dive-parity-bug/> 참고

¹³ <https://cointelegraph.com/news/parity-multisig-wallet-hacked-or-how-come> 참고

¹⁴ 하드 포크(hard fork) : 기존 블록체인에 문제가 생겼을 때, 기존 체인은 유지하면서 개선된 새로운 블록체인을 만드는 것

¹⁵ CNBC, 'Accidental' bug may have frozen \$280 million worth of digital coin ether in a cryptocurrency wallet, 2017.11.08.

¹⁶ Bitcoin.com, Parity Calls for Ethereum Hard Fork to Reverse \$230 Million Bug, 2017.12.11.

- 스마트 계약은 특정 조건이 부합되는 경우 자동으로 계약을 성사시키는 장점을 가지나, 코드에 취약점이 존재할 가능성이 있으며 해당 취약점이 해커에 의해 악용된다면 막대한 금전적 손실이 발생하는 사고로 이어질 가능성이 매우 높음
- 스마트 계약에 대한 보안 수준은 개발자 역량에 좌우되며 별도의 검증 기능은 존재하지 않으므로, 앞으로 스마트 거래에 대한 활용이 증가하게 되는 경우를 대비하여 이에 대한 충분한 검토가 필요한 상황임
- 뿐만 아니라 개인 간 스마트 계약이 이루어지는 경우, 계약이나 결제 불이행 등의 문제가 발생해도 아직까지 법적인 보호 조치나 발생 가능한 문제에 대한 대안이 없는 상태라고 볼 수 있음
- 스마트 계약의 취약점을 보완하기 위해서 기술과 제도적 관점의 검토가 모두 필요함
 - (기술적) 스마트 계약 코드를 배포하기 전에 코드 검증을 통해 보안 취약점 존재 여부와 악성 코드 감염 여부를 사전에 확인하는 과정이 필수적임
 - (제도적) 개인 간 스마트 계약에서 당사자 간 이슈가 존재하는 경우, 피해에 대한 법적인 보호 조치를 마련하고 문제를 예방하기 위한 기존 법제도 개정을 위한 검토가 필요함



지능형 반도체 등 전자부품의 변화

Changes in electronic components
such as an intelligent semiconductor



- 지능형 반도체는 IoT, 웨어러블 디바이스, 스마트시티, 지능형 이동체 등의 기술적 성숙도를 이끄는 부품으로 우리나라의 신성장 동력 산업 중 하나임
- 지능형 반도체는 인간의 뇌를 모방하는 뉴로모픽칩(Neuromorphic chip)의 형태로 진화하고 있으며, 반도체 강국인 우리도 개발에 적극 나서야 함

- An intelligent semiconductor is one of the new growth engine industries that leads to the technological maturity of IoT, Wearable Devices, Smart City, and Intelligent Mobility.
- An intelligent semiconductor is evolving into Neuromorphic chip that mimics the human brain, and we, as a semiconductor powerhouse, should be also active in the development of Neuromorphic chips.

●
안성원
선임연구원
Ahn, Sung Won
Senior Researcher, SPRI
swahn@spri.kr

지능형 반도체의 기본 개념과 반도체의 종류

- 지능형 반도체는 데이터를 저장하는 메모리 반도체와 연산 기능을 수행할 수 있는 시스템 반도체의 융합된 형태를 가짐
 - 지능형 반도체(Process in Memory, PIM)는 사물인터넷(IoT), 스마트시티, 로봇, 착용형 장치(Wearable Device)¹ 및 맞춤형 헬스 케어, 그리고 자율주행차나 드론과 같은 지능형 이동체 등의 기술적 성숙도를 이끌 수 있는 부품임
 - IoT의 활성화와 점차 증가하고 있는 빅데이터로 인해 기존의 반도체 형태만으로는 이를 응용하는 서비스를 원활하게 지원하기에 한계가 있음
- 더 많은 데이터를 더 효율적으로 처리하고 인공지능을 탑재하여 보다 지능적인 서비스를 지원하기 위해, 부품의 내부 구성의 변화가 필요함



〈그림 1〉 지능형 반도체의 응용 분야

※ 출처 : auto.dziennik.pl, kernelsphere.com, ti.com, trossenrobotics.com, boston-dynimic, durr-application-technology, unist, google.com, it.donga.com, samsungsemiconstory.com, kr.aving.net, nextchip
 ※ 자료 : 정보통신기술진흥센터, “반도체 시장의 새로운 바람, 지능형 반도체”, 2017.

- 반도체는 메모리 반도체와 비메모리 반도체 두 종류로 구분됨
 - (메모리 반도체) 메모리 반도체는 정보의 기억과 저장을 목적으로 하며 휘발성이나 비휘발성이나에 따라 다시 램(RAM, Random Access Memory)과 롬(ROM, Read Only Memory)으로 구분됨

¹ 착용형 컴퓨터(Wearable Computer)라고도 하며 안경, 시계, 옷 등과 같이 사람이 착용할 수 있는 형태의 장치로써 사용자가 거부감 없이 신체의 일부처럼 착용하고 인간의 능력을 보완·증가시키거나 각종 편의를 제공

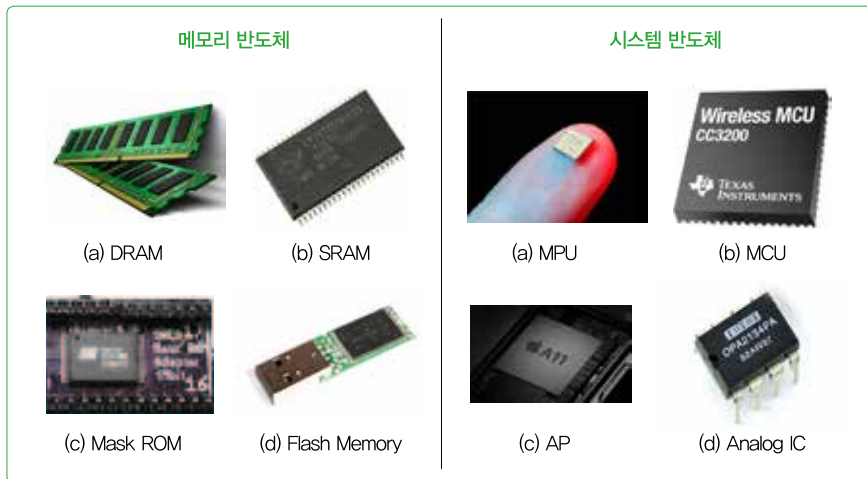
- (램) DRAM(Dynamic RAM)은 컴퓨터의 주기억장치에 주로 사용되며, SRAM(Static RAM)은 중앙처리장치(CPU, Central Processing Unit)의 캐시(Cache) 기억장치²로 사용되고, VRAM(Video RAM)은 그래픽 카드(VGA, Video Graphics Array)의 메모리로 사용됨
- (롬) 제조 공정 시 특정 데이터를 미리 기록한 상태로 출시하여 전력의 흐름에 따라 미리 기록된 동작을 수행하며, 대표적으로 Mask ROM이 있음
- RAM과 ROM의 장점을 모두 갖는 플래시 메모리(Flash Memory)는 우리에게 USB 저장 장치로도 잘 알려져 있음
- 메모리 반도체는 우리나라의 주력 반도체 생산 제품이자 세계적으로도 높은 점유율(50% 이상)을 보이는 분야임
- (비메모리 반도체) 주로 연산이나 제어 같은 정보의 처리를 목적으로 하는 시스템 반도체이며 대표적으로는 CPU, 그래픽처리장치(GPU, Graphic Processing Unit), 휴대폰에 사용되는 응용 프로세서(AP, Application Processor) 등에 활용됨
- 반도체 내부에 기존의 CPU나 GPU 등과 같은 특정 목적의 기능을 탑재하여 하나의 시스템을 이루는 경우도 있어서 이를 시스템 온 칩(SoC)³이라고도 함
- SoC에는 마이크로 컴포넌트(Micro-component), 로직 IC(Logic IC)⁴ 등이 있으며, 그 외 비메모리 반도체로는 아날로그 IC(Analog IC), 광학 반도체 등이 있음
- (마이크로 컴포넌트) 단일 칩에 CPU의 기능을 집적시켜 만든 MPU(Micro Processing Unit), 특정 제품이나 시스템을 제어하기 위해 RAM과 ROM 회로를 탑재하고 단일 칩으로 작동이 가능한 MCU(Micro Controller Unit)가 있음
- (로직 IC) 논리회로 구성과 저장소 및 주변 배선 등을 집약하여 만든 반도체로 휴대폰의 AP가 대표적임
- (AP) 휴대폰에서 컴퓨터의 CPU 기능과 동시에 저장소 역할도 수행하는 핵심 부품으로 최근에는 MCU와 AP의 경계가 모호해 지고 있음
- (아날로그 IC) 아날로그 신호를 증폭하는 회로나 전압 회로를 집적하여 만든 반도체로 오디오 연산 증폭, 온도 감지, 무선 주파수의 증폭 등에 사용될 수 있음
- (광학 반도체) 전자 소자들을 광반응 소자들과 함께 하나의 칩에 집적시켜 빛 신호를 전기 신호로 변환시켜주는 반도체로 이미지 센서로 널리 쓰이며, 카메라를 활용하는 CCTV나 의료기기, 자동차 부품 등에 활용됨



² 고속의 CPU와 상대적으로 느린 주기억장치(메모리, 하드디스크(HDD) 등)의 속도 차이를 보완해주기 위한 고속의 버퍼(Buffer) 역할을 수행하는 메모리

³ SoC : System on Chip, 한 개의 칩에 완전 구동이 가능한 시스템이 들어 있는 것을 의미, 기존 여러 개의 반도체가 모여 시스템을 구성하던 것을 하나의 통합된 칩으로 구현

⁴ IC : 집적회로(Integrated Circuit), 반도체에 만든 전자회로의 집합으로 최근에는 칩 하나에 연산을 위한 트랜지스터(Transistor)를 수십억 개 이상 들어갈 수 있는 나노공정으로 조밀하게 만들



〈그림 2〉 반도체의 종류

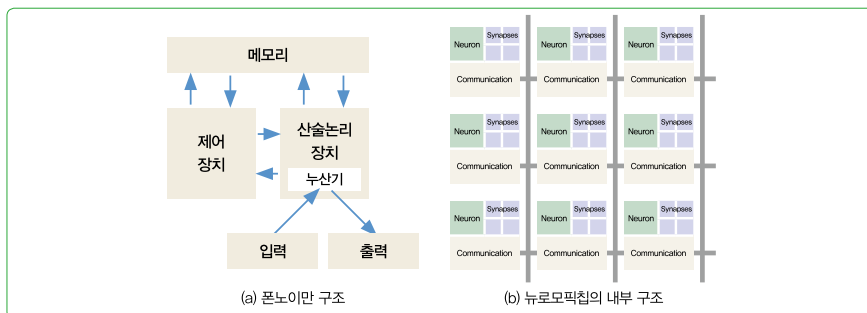
※ 출처 : theregister.co.uk, waveshare.com, cypress semiconductor, cs.umb.edu, techrescueonline.co.uk, Fotosearch, wiki.ti.com, apple.com, Texas instruments, retroamplis.com

지능형 반도체의 부상과 뉴로모픽칩(Neuromorphic chip)의 등장

- IoT가 현실화되면서 늘어나는 빅데이터와 이를 전송하는 5G⁵ 같은 고속 통신이 활성화되면, 더 빠르고 지능적인 데이터 처리를 위한 지능형 반도체가 필요함
 - 지능형 반도체는 CES2018에서도 미래를 이끄는 중요한 기술이자 각종 전자 장비의 핵심 부품으로 주목을 받음
 - (삼성) 정확한 안면 인식을 위한 심층학습 기능과 고성능 통신 모듈(1.2Gbps 속도)을 탑재한 ‘엑시노스 9810’ 칩을 발표했으며 임베디드 기술 제품 분야 혁신상을 수상함
- 글로벌 IT 기업들도 지능형 반도체의 개발 및 제품 출시에 박차를 가하고 있음
 - (애플) 최신 아이폰에 ‘A11’이라는 새 AP칩을 사용했고, 여기에 인공지능을 지원할 수 있는 기능을 탑재하여 인공지능경망 연산 수행에 최적화된 NPU(Neural Processing Unit) 기능을 지원하도록 했음
 - (구글) 자체 개발한 TPU(Tensor Processing Unit)는 자사의 인공지능 알고리즘인 텐서플로우(Tensor Flow)를 전용으로 구동시킬 수 있는 장치로 인공지능경망의 연산에 반드시 필요한 병렬 형태의 계산 구조와 데이터의 재활용 등을 지원함
 - (퀄컴) 세계 3위의 휴대폰 칩셋 사업자이자 CDMA 기술 특허를 보유하고 인공지능 성능을 대폭 향상한 ‘스냅드래곤 845’ 칩을 개발하여 주요 스마트폰에 탑재함

⁵ 5세대 이동통신 표준(5th generation mobile communications)으로 28Ghz의 초고대역 주파수를 사용하며, 최소 100Mbps에서 최대 20Gbps의 데이터 통신 속도, 1km 반경 내 최대 100만 개의 IoT 기기 연결성, 고속 이동(500km/h) 시에도 안정적인 통신을 지원하는 것을 목표로 함

- (엔비디아) GPU 시장을 70% 이상 점유하는 업체로 자사의 GPU 칩셋을 인공지능경망 연산을 위한 병렬컴퓨팅에 적극 활용하고, 하드웨어뿐만 아니라 쿠다(CUDA)⁶와 같은 SW기술을 고도화하는 중
 - 최근 자율주행차를 위한 고성능 인공지능 칩셋 자비에(Xavier)를 선보였는데, 이 칩셋은 90억 개의 트랜지스터(Transistor)를 내장하고 30와트(W)의 전력으로 초당 30조 회 연산이 가능하여 이전 세대 대비 15배 성능을 향상시킴
- 뉴로모픽칩은 인간의 뇌를 모방한 형태로 기존의 폰노이만(Von Neumann) 구조를 벗어나 효율성을 극대화하고 스스로 학습할 수 있는 능력을 갖춘
 - 현재 우리가 일반적으로 사용하는 모든 종류의 컴퓨터는 <그림 3>의 (a)와 같이 폰노이만 구조로 구성되어 있으며, 이는 입력 값에 대하여 저장소와 처리 장치로 구성된 장치를 통해 연산을 수행하고 출력 값을 얻는 형태임
 - 그러나, 각 구성 요소 간의 처리 속도 차이와 데이터 전송 시의 병목 현상 등은 점점 증가하는 빅데이터와 고성능 인공지능을 충분히 지원하지 못하는 한계점임
 - 뉴로모픽칩은 인간의 뇌세포인 뉴런을 모방한 뉴로시냅틱 코어(Neurosynaptic core, 이하 인공 뉴런)가 네트워크 형태를 이루면서 <그림 3>의 (b)와 같은 구조를 가짐
 - 병렬로 구성된 이 인공 뉴런들은 클럭(Clock)⁷ 동작 없이 이벤트 구동 방식⁸으로 작동되며⁹ 기존의 메모리, 연산, 통신의 기능을 하나로 통합하여 각각의 인공 뉴런들이 유기적 연동되어 신호를 주고받음
 - 이는 인간의 대뇌 피질처럼 동작하는 것을 원동력으로 하여 각 인공 뉴런들의 네트워크 군집을 자유롭게 확장하거나 구성할 수 있도록 하여 심층학습(Deep Learning)에 최적화된 구조를 가짐



<그림 3> 폰노이만 구조와 뉴로모픽칩

※ 출처 : 위키피디아(ko.wikipedia.org), IBM Research

⁶ 엔비디아가 개발한 SW로 GPU에서 수행하는 병렬 처리 알고리즘을 그래픽 처리 외의 일반적인 목적(General purpose GPU, GPGPU)으로 사용하는 것을 지원하는 역할을 수행

⁷ CPU가 일정한 속도로 작동하기 위해 일정한 간격으로 전기적 진동을 공급하는 규칙적인 신호

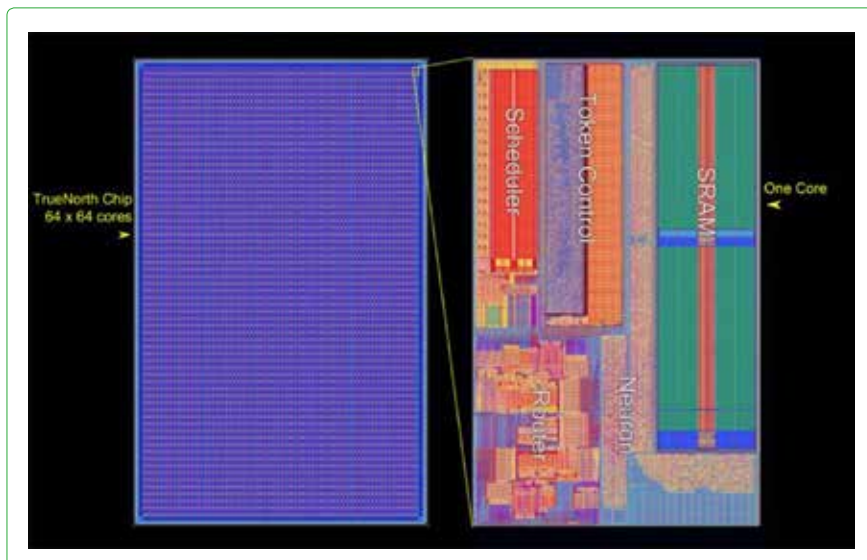
⁸ Event-driven 방식, 이벤트가 발생했을 때 미리 정해진 패턴대로 처리하는 방식

⁹ 클럭 동작 방식은 매 클럭마다 연산을 위한 계산 단계상의 동작이 한순간에 한 번씩 순차적으로 이루어지는 데 반해, 이벤트 구동 방식으로 하면 각 코어의 동작이 정해진 패턴대로 신호를 주고받는 등 단순해질 뿐 아니라, 대규모 군집을 이룰 경우 서로 유기적으로 동시다발적인 신호를 주고받을 수 있고, 이는 학습을 위한 병렬 연산의 더 빠르고 효율적인 처리를 가능하게 함(참고 : <https://www.youtube.com/watch?v=5izS3IAZhImI#action=share>)

- 뉴로모픽칩의 개념이 처음 등장한 것은 1987년으로 초 대규모 집적회로(VLSI)를 발명한 MIT의 카버 미드(Carver Mead)의 논문¹⁰에서 처음 언급되었음
- 뉴로모픽칩의 선두주자들은 인텔과 IBM인데, 인텔은 2012년 뉴로모픽칩 설계를 발표 후 로이히(Loihi)라는 칩을 개발하였고, IBM은 2014년 8월 DARPA¹¹ 과제로 시작한 트루노스(TureNorth)라는 뉴로모픽칩을 발표함
- 인텔의 Loihi는 13만 개의 인공 뉴런과 1억 3천만 개 이상의 인공 시냅스 처리 능력을 보이며, 인텔은 이 칩의 시험판을 올해 상반기부터 인공지능을 연구하는 자국 대학 및 연구 기관에 제공할 예정임

● IBM 뉴로모픽칩 트루노스의 예

- 트루노스는 컴퓨팅 칩과 신경망 칩을 하나의 칩에서 구현했고 매우 낮은 소비전력과 상대적으로 낮은 코어의 처리 속도로도 현재의 CPU를 능가하는 성능을 보일 수 있게 <그림 4>와 같이 설계함



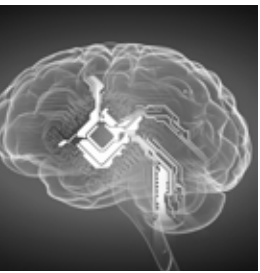
<그림 4> IBM TureNorth의 구조

※ 출처 : IBM Research

- (구성) 칩 하나에 총 64x64(=4,096)개의 코어가 있고, 이 코어 하나당 256개의 인공 뉴런을 보유하여 칩 하나 당 104만 8천여 개의 인공 뉴런을 가지고 있는 것과 같음

¹⁰ M.A. Sivilotti, M.A. Mahowald, and C.A. Mead, "Real-time visual computations using analog CMOS processing arrays.", Advanced research in VLSI: Proceeding of the 1987 Stanford conference, P. Losleven (Ed.), Cambridge, MA; MIT Press, 1897, pp. 295-311.

¹¹ 미 방위고등연구계획국, Defense Advanced Research Projects Agency.



- 이 인공 뉴런들은 뉴런들과의 연결을 각각 256개씩 가져서, 코어 하나당 256x256 (65,536)개의 연결을 가지며, 트루노스 칩 하나당 2억 6천만 개가 넘는 인공 신경 접합부(Synapses) 갖는 것과 같음
- 인간의 뇌신경 세포(뉴런)는 약 860억 개이고, 각 신경 세포마다 다른 세포들과 연결을 위한 수천~수만 개의 가지(축삭)들이 있어 약 100조 개의 시냅스가 존재함에 비추어 볼 때 아직 인간의 뇌 형태를 완전히 모방하기에는 많이 부족함(칩 하나에 0.00026% 수준)
- (성능) 평균 70밀리와트(mW)로 매우 적은 전력을 소비하며 초당 460억 시냅틱(Synaptic) 연산을 수행함 - 인간 뇌의 신경세포 연산(초당 10회 수준 : 10Hz) 대비, 성능적으로는 뇌보다 단위 영역당 더 강한 연산 성능을 보여줌
- 실제 인간의 뇌 수준으로 이 칩들을 병렬로 연결하여 100조 개의 시냅스를 갖춘 시뮬레이션에는 1,500배 이상 느린 효율과 12기가 와트(GW)라는 엄청난 전력을 소모함(인간의 뇌가 약 20와트의 전력을 소비한다고 할 때, 6억 배에 달하는 매우 큰 전력소모임)
- 현재 IBM은 16개의 트루노스 칩을 연결하여 1,600만 개의 인공 뉴런과 40억 개의 인공 시냅스를 구축하는 수준까지 도달하였으며, 향후 4,096개의 칩을 연결하고 약 1조 개의 인공 시냅스 구축 및 4킬로와트(kW) 이하의 전력 소모를 목표로 개발을 진행하는 중임

지능형 반도체 산업 육성을 위한 정부 정책들

- 정부는 지능형 반도체를 혁신 성장 동력 중점 13개 과제 분야 중 하나로 선정하고 지속적인 지원을 추진 중임
 - 지난 2014년에 지능형 반도체를 13대 성장 동력 중 하나로 선정하였고, 이후 2년에 걸쳐 '미래성장동력 종합실천계획'을 통해 국가 기반 산업으로 발전시키기 위한 전략을 수립함
 - 우리나라는 2020년까지 세계시장 점유율 10%(2위) 달성과 뉴로모픽, 초소형·저전력, 웰니스 케어(Wellness care), 저전력 연결형 반도체 개발 및 서비스를 주요 목표로 삼았으며, 투자 규모 계획은 2020년까지 총 4,886억 원임
 - 또한, 'K-ICT전략 2016', '지능정보사회 중장기 종합대책(2016.12.)', '시스템반도체 산업 경쟁력 강화방안(2017.3.)' 등 지속적인 대책 마련을 통해 지능형 반도체를 중요 핵심 과제로 선정하여 기초 및 원천 기술 확보에 주력해 왔음
 - 이번 제13회 국가과학기술심의회 미래성장동력 특별위원회에서 확정한 '혁신성장동력 추진계획(2017.12.)'에서도 중점 13개 과제의 분야 중 하나로 지능형 반도체를 선정하여 지속적인 지원을 할 것으로 예정
- 해외 주요국들도 우리보다 한발 앞서 지능형 반도체 관련 정책을 적극적으로 추진
 - (미국) 앞서 예시로 살펴본 트루노스 칩처럼 DARPA를 중심으로 IBM과 지능형 반도체 프로젝트를 진행하는 등 민·관 협력의 투자 개발에 주력하고 있음

- (EU) 인간의 뉴런을 모사한 인공지능 칩 개발¹²을 포함하는 프로젝트에 1조 2천억 원 규모의 투자를 하고 있음
- (일본) 이미 2001년부터 2007년까지 MIRAI, 2007년부터 2011년까지는 ASUKA 등의 프로젝트를 통해 1조 2천 8백억 원 이상의 투자를 진행해 왔음
- (중국) 반도체 생태계의 양성을 위한 투자를 2015년 이후 10년간 180조 원 규모로 투자하며 세제 혜택 등을 통한 기업 R&D를 장려하고 있음

■ 시사점

- 지능형 반도체는 스마트 인프라 및 기기의 지능형 서비스를 가능하게 하며, 산업 전체의 지능화를 실현시키는 파급 효과가 큰 핵심 기반기술이므로 시장의 요구에 따라 기존 반도체 산업을 지능형 반도체 산업으로 진화시키는 것에 박차를 가할 때임
 - 반도체 산업은 우리나라의 효자 종목으로 IT 산업을 이끄는 주역이며, 지난해 우리나라 반도체 생산 기업들은 좋은 성적을 거두며 세계 시장을 재패했음
 - 비록 아직까지는 메모리 반도체의 비율이 더 크긴 하지만, 지능형 반도체의 수요는 그 비중이 빠르게 늘어날 것으로 보임
- 특히, 반도체가 차지하는 비중이 9~12% 이상인 사물인터넷의 시장 규모는 향후 2020년에 최대 7천억 달러 규모까지 성장할 것으로 전망됨
- 사물인터넷의 부류인 착용형 장치도 지금보다 더 발전된 서비스를 제공하고, 산업이 성장하기 위해서는 지능형 반도체 기술이 뒷받침되어야 함
- 사물인터넷의 궁극적인 단계는 각 사물이 외부의 환경을 스스로 탐지하고 판단하여 필요한 최적의 서비스를 제공하는 것이며, 이를 위한 핵심 기술은 바로 지능형 반도체임



¹² 인간 뇌 프로젝트인 HBP(Human Brain Project)에서 추진하며 뉴로모픽, 로보틱스 등의 플랫폼 구축 및 지능형 반도체 개발 등을 진행

ITSQF 기반 SW기술자 경력관리 체계 개선 방향

Direction for improving SW engineer career
management system based on ITSQF



Executive Summary

안성원

선임연구원
AHN, Sung Won
Senior Researcher, SPRI
swahn@spri.kr

유호석

선임연구원
YOO, Ho Seok
Senior Researcher, SPRI
hsy@spri.kr

국가직무능력표준(NCS) 기반의 IT분야역량수준체계(ITSQF)는 SW기술자의 역량 수준을 직무별로 평가 및 관리할 수 있는 체계이다. 이는 4차 산업혁명 시대의 SW산업 경쟁력을 확보하기 위해 SW기술자들에 대한 경력 경로를 제공하기 위한 방편으로도 주목받고 있다. 그러나 NCS와는 다른 등급 체계로 타 산업과의 호환성과 범용성 측면에 제약이 있을 수 있고, SW기술자들의 직종 전환 시 경력 연수가 줄어드는 문제가 발생할 수 있어서 일부 보완이 필요하다. 표준 체계를 따르되 추가된 상위 등급을 자율적으로 선택하게 하고, 직종 전환 시 경력을 모두 인정하되 직종별로 차별적인 요구사항은 공신력 있는 평가를 통해 검증하는 체계로 보완하는 검토가 필요하다. 또한 근무 경력 없이 실력을 보유한 인재들도

인정 및 평가할 수 있는 체계의 신설도 필요하다. 이 보고서에서는 ITSQF의 SW산업 내 조기 정착을 위하여 필요한 부분을 보완하고 SW기술자의 공정하고 합리적인 경력 경로 관리 방안을 모색해 보고자 한다.

The ITSQF based on NCS is a system for evaluating and managing SW engineers' competence level by job. It is also attracting attention as a way to provide a career path for SW engineers to secure SW industry competitiveness in the era of the fourth industrial revolution. However, there is a restriction on the compatibility and versatility with other industries due to the different rating system from NCS, and there is a problem that the number of career years is reduced when SW engineers are switched to jobs. The system should be complemented by a system that follows the standard system but autonomously chooses the added upper grades, and recognizes all of the career experiences when switching jobs, but verifies the discriminatory requirements by job type. It is also necessary to have a system for recognizing and evaluating talented people who have skills without working experience. This report complements the ITSQF's needs for early settlement in the SW industry and seeks to provide fair and reasonable career path management for SW engineers.

1. 연구 배경

■ (SW기술자 경력관리 체계의 필요성) SW기술자의 성장 비전을 제시하고 체계적인 역량 관리를 통한 인재 유입을 증가시킬 제도 마련이 시급

- SW기술자 역량 강화 및 능력 위주의 정당한 처우문화 조성은 4차 산업혁명, 지능정보 사회와 같은 시대 혁신에 대한 대응책이자 국가 경쟁력 강화의 토대

* SW직무역량체계 구축은 과기정통부 주요 과제였으며, SW기술자 처우 개선이 주목적

- SW기술자들을 SW산업 분야에서 오래 근무할 수 있도록 하려면 체계적인 경력관리를 통해 자부심을 고취시킬 필요가 있음

* 현재 국내 SW산업은 해외 평균대비 절반 수준의 낮은 직무 만족율(37.1%)로 인하여 ICT업계 평균 대비 3배 이상 이직률이 높고 타 산업 대비 5~10년 직무 수명이 짧음(SPRI 2017.)



- (기존 경력관리 제도의 한계) SW사업에 대한 부실 방지 및 SW기술자 권익 보호를 위한 SW기술자 신고 및 경력관리 제도를 도입·운영(2008년) 하였으나, 직무 경력관리 미흡 등으로 기술자 등급 폐지(2012년)

* 기존의 기술자 신고 및 경력관리 제도는 기술자 신고 시 단순 학력 및 경력만 기재하며 별도의 직무 분류가 이루어지지 않음

- (공정한 경력관리 체계의 필요) SW기술자의 능력 중심의 경력 인정과 경력의 다양한 변화를 수용하는 직종 간 연계·관리 수단의 필요

- 정부는 현장 중심의 다양한 직무 능력을 각 수준별로 공정하게 평가 및 인증 받기 위한 통합형 체계인 국가직무능력표준(NCS)을 구축하였고, 산업계에는 이를 기반으로 하는 공정한 경력관리 체계의 구축이 요구됨
 - NCS 기반의 IT분야역량체계(ITSQF)는 기존 SW기술자 등급제를 대체하고 IT 분야에 수용성이 높은 역량 체계를 제시하기 위해 개발
 - ITSQF의 공신력 확보를 통한 산업 내 조기 정착과 SW기술자의 현실적인 경력 경로 관리를 보장하기 위해 일부 보완이 필요
- 이 보고서에서는 ITSQF를 기반으로 SW기술자들의 현실을 반영한 공정한 경력관리와 다양한 경력 경로를 지원할 수 있는 방안을 살펴보고자 함

2. 역량인정체계 개요

2.1. 국가직무능력표준(NCS)과 국가역량체계(NQF)

- 기존 학벌 중심의 고용이 이루어지는 사회가 아닌 능력 중심의 사회를 구축하려는 취지에서 시작
 - 2013년부터 산업 현장에 맞는 인재를 양성하고, 업무와 교육을 통합하여 평생 직업 능력 개발체계를 마련하고자 추진
- 국가직무능력표준(NCS, National Competency Standards)은 산업 현장에서 직무를 수행하기 위해 요구되는 능력을 산업 부문 및 수준별로 체계화¹⁾
 - 직무를 수행하기 위한 지식, 기술, 소양 등을 국가가 표준화하여, 이를 통해 산업 실무 중심의 인적 자원을 개발하고 일-교육훈련-자격의 연계
 - * 기업들은 직원의 직무 능력을 정확하게 파악하여 채용 및 재교육 비용을 절감하고, 우수한 해외 인재 확보도 가능, 현재 공기업 및 공공기관은 공채 시 NCS 기준의 평가 의무화

1 국가직무능력표준 고시 [고용노동부고시 제2017-26호]

- NCS 분류는 전 산업을 대분류(24개), 중분류(78개), 소분류(238개), 세분류(897개)로 나누고, 능력 단위의 개발을 완성(2017.12.기준)
 - * 정보통신 분야는 중분류 3개, 소분류 13개, 세분류 64개로 나눔
- 국가역량체계(NQF, National Qualifications Framework)는 개인이 가진 다양한 직무 능력을 각 수준별로 공정하게 평가·인정받을 수 있도록 자격화
 - NCS를 기반으로 학력과 자격, 현장 경력 및 교육훈련 등을 상호 연계하여 한 사람의 능력을 가늠할 수 있는 모든 자격을 국가가 인증하는 하나의 자격 체계로 통합하여 인정받을 수 있도록 함
 - * 전 세계 177개국이 구축하였거나 구축 중에 있으며 우리나라도 한국형 국가역량체계(KQF)를 구축하고 있음(UNESCO, 2015)
 - * 국가역량체계를 통하여 다양한 방식으로 개인의 경력관리, 역량 개발, 불필요한 중복 학습 감소, 자격의 해외 인정과 이를 통한 취업 등을 가능하게 하고자 함
 - * 국가역량체계를 갖추기 위해서는 각 산업별로 산업분야별역량체계(SQF, Sectoral Qualifications Framework)를 갖추어야 함

2.2. IT산업 분야 역량수준체계(ITSQF)

- ITSQF(IT Sectoral Qualifications Framework)는 IT산업 분야의 역량인정체계로 역량에 관련된 여러 요소(학력, 자격, 현장 경력 및 교육훈련, 대회 수상경력 등)를 종합적으로 반영하여 SW기술자 개인의 역량 수준을 직무별 객관적 평가가 가능하도록 구축한 체계
 - ITSQF는 국가직무능력표준(NCS)을 기반으로 산업 분야별 역량 체계를 구축하는 것을 목표로 함
 - * 기존 NCS기반의 SW기술자의 역량을 9개 수준으로 재분류하고, 각각의 등급에 필요한 경력·학력·자격 요건을 매핑, 직종은 12개로 분류했으며 총 27개의 연관 직무로 세분화함

〈표 2-1〉 ITSQF의 역량 수준 구분 및 정의

구분			내용	수준		
단계	ITSQF 수준	NCS 수준		경력	학력	자격
9	Master Engineer (ME)	L8	● 해당 분야 최고의 이론 및 현장 실무 지식을 활용한 새로운 이론 창조, 광범위한 기술적 작업 지휘, 세계적 수준으로 기존 관행에 변화를 부여	EE+8년	유관 박사	IT 관련 기술사
8	Expert Engineer (EE)		● 해당 분야 최고의 이론 및 현장 실무지식을 활용한 새로운 프로그램이나 방법을 창조, 광범위한 기술적 작업을 수행, 조직 및 업무 전반에 대한 권한과 책임	A8+7년 +50시간 교육		

구분			내용	수준		
단계	ITSQF 수준	NCS 수준		경력	학력	자격
7	Advanced (A8)	L8	• 해당 분야의 전문화된 이론 및 지식을 활용, 광범위한 작업을 수행, 타인의 결과에 대하여 의무와 책임	17+3년 +50시간 교육	유관 박사	IT 관련 기술사
6	Intermediate (I7)	L7	• 독립적인 권한 내에서 해당 분야의 이론 및 현장 실무지식을 자유롭게 활용, 일반적인 숙련으로 다양한 과업 수행, 타인에게 해당 분야의 지식 및 노하우를 전달 가능	16+3년		
5	Intermediate (I6)	L6	• 포괄적인 권한 내에서 해당 분야의 이론 및 현장 실무지식을 사용하여 매우 복잡하고 비 일상적인 과업을 수행, 타인에게 해당 분야의 지식을 전달	15+3년 +50시간 교육	유관 석사	NCS자격 L6
4	Junior (J5)	L5	• 일반적인 권한 내에서 해당 분야의 이론 및 현장 실무지식을 제한적으로 사용, 복잡하고 다양한 과업을 수행	14+1년	유관 학사	IT 관련 기사, NCS자격 L5
3	Junior (J4)	L4	• 제한된 권한 내에서 해당 분야의 기초 이론 및 일반적인 현장 실무지식을 통해 다소 복잡한 과업을 수행하는 단계	13+1년	유관 전문학사 (3년제)	
2	Junior (J3)	L3	• 제한된 권한 내에서 해당 분야의 기초 이론 및 일반적인 현장 실무지식을 통해 절차화 되고 일상적인 과업을 수행	B+2년	유관 전문학사 (2년제)	IT 관련 산업 기사, NCS자격 L3
1	Beginner (B)	L2	• 지시 및 감독 하에 해당 분야의 일반적 현장 실무지식을 활용, 절차화되고 일상적인 과업을 수행		고교 졸업	IT 관련 기능사
		L1	• 구체적인 지시 및 철저한 감독 하에 기초적인 현장 실무지식을 사용하여 단순하고 반복적인 과업을 수행			

※ 자료 : 한국소프트웨어산업협회, IT분야 역량수준체계의 고도화 방안에 대한 연구, 2017.(재편집)

〈표 2-2〉 ITSQF의 직종 및 직무 분류

직종	내용	연관 직무
IT 컨설턴트	• 정보기술을 효과적으로 활용할 수 있는 전략 및 이를 수행하기 위한 구체적 모형과 운영 정책 마련	• 정보기술기획자 • 정보기술컨설턴트 • 정보보호컨설턴트
IT프로젝트 관리자	• IT프로젝트를 기획하고, 범위, 일정, 원가, 인적 자원, 품질, 위험, 의사소통, 조달, 변경, 보안, 정보시스템, 성과 등을 통합 관리	• IT프로젝트관리자
SW 아키텍트	• SW의 목적을 이루기 위한 각종 업무, 시나리오, 각종 요구를 분석하고, UI/UX의 기획 및 구조를 설계	• SW아키텍트 • 빅데이터분석가 • UI/UX기획자 • 업무분석가

직종	내용	연관 직무
SW 엔지니어	- 프로그래밍 언어로 각각의 목적에 맞는 SW의 기능을 구현하며, 테스트 및 사용자 배포를 수행 - SW 시스템 및 버전 관리 등 각종 기술지원을 통해 제품 성능 향상	- 빅데이터개발자 - UI/UX퍼블리셔 - 응용SW개발자 - 시스템SW엔지니어
임베디드 SW 엔지니어	HW플랫폼별로 운영체제 이식, 펌웨어, 디바이스 드라이버, 애플리케이션 등 임베디드SW 개발 및 HW플랫폼 최적화 수행	임베디드SW 엔지니어
DB 엔지니어	- DB의 구조를 설계하고 최적화된 배치, 수정, 백업 등의 업무 수행 - DB, 온라인 성능추이를 분석, SW를 변경하거나 운영을 통제	- DB엔지니어 - 데이터아키텍트
네트워크 엔지니어	네트워크 시스템의 구조를 분석·평가, 문제점 발굴, 개선책 반영 및 사용자의 요구사항에 부합되는 네트워크 시스템을 설계·구축	네트워크 엔지니어
시스템 엔지니어	- 시스템의 분석·연구·설계·관리·기술적 상담 등을 수행 - 다양한 전산자료처리시스템을 운용하고 서버 및 운영체제(OS), 프로그래밍 언어와, HW, DB, 보안기술 등의 전반적 지식 보유	- IT시스템관리자 - IT지원기술자
IT 마케터	- 고객 관리 및 영업 기회 창출, 고객의 요구에 적합한 솔루션을 제안하고 협상, 계약, 판매 및 사후 관리 업무를 수행 - 새로운 SW의 개발을 위한 내/외부 환경, 요구 기술, 시장성 등을 분석하여 마케팅 및 제품, 가격, 유통, 판촉, 고객관리 전략 수립	- SW제품기획자 - IT기술영업 - IT서비스기획자
IT 보안 엔지니어	시스템의 물리적/논리적 보안 계획을 수립, 위험 평가, 요구사항에 따른 보안체계를 구축·운영하여 IT 시스템과 정보자료에 대한 불법적인 접근, 노출, 반출 등을 방지	- 정보보안전문가 - 침해사고대응 - 전문가
IT 품질 관리자	- 정보시스템의 효율성 및 안전성 확보를 위해 시스템 구축·운영에 관한 사항을 종합적으로 점검, 문제점 개선 등 감리 업무 수행 - 품질 보증을 위한 테스트 수행, 이에 필요한 기획, 진단 컨설팅, 분석, 설계, 환경구축, 실행, 완료 및 자동화를 수행하고 관리	- IT품질관리자 - IT테스터 - IT감리원
IT 교육 강사	IT 분야의 인재 육성 전략 수립, 교육 목표 설정, 교육 요구 조사와 더불어 교육 체계를 수립하고 그에 맞는 교육 과정을 개발 운영	IT 교육강사

※ 자료 : 한국소프트웨어산업협회, IT분야 역량수준체계의 고도화 방안에 대한 연구, 2017.(재편집)

2.3. ITSQF의 역량 인정 조건

■ ITSQF의 역량 수준 인정 원리는 IT 유관학과를 졸업하고, IT 유관업무를 수행한 현장 경험일 경우 인정

- 학력, 자격, 교육훈련, 현장 경력 등 모든 역량은 SW 분야와 관련성이 있어야 하며, 공식적인 확인과 객관적인 증명이 가능해야 함
- (학력 인정) IT 유관학과를 졸업해야 하며 <표 2-1>과 같이 학사는 J5, 석사는 J6, 박사는 A8의 수준부터 인정

* 해당 학위의 관련 직종에서만 그 수준을 인정하며, IT 분야의 학위가 아니거나 특정 직종과 무관한 경우 해당 학력을 인정받지 못함



- **(자격 인정)** 국가자격증인 IT 관련 산업기사, 기사, 기술사의 경우 각각 J3, J5, A8 수준으로 인정
 - IT기술자들이 취득하는 여러 자격들이 '어떤 직종과 직무에 해당되고 그 수준이 어느 정도인가'를 객관적으로 파악하기 위해 IT 관련 전문가 집단의 심사를 거쳐 해당 자격의 수준을 인정하는 「자격인정 제도」를 도입
 - * 해당 자격의 수준을 인정하는 판단은, 해당 자격시험의 세부 항목이 연관된 직무 능력 요구치를 충족할 수 있는가를 측정하여 이루어지며, 일부 충족할 경우 부분 인정, 측정이 불가할 경우 인정하지 않음
- **(교육훈련 인정)** IT기술자들이 졸업 이후 학습하는 교육훈련을 인정하되, 특정 수준에서 상위 수준으로 이동하는 데 필요한 필수 교육 단위를 이수해야 함
 - * 상위 수준으로 올라가기 위해서는 50시간의 교육 과정을 반드시 이수
- **(현장 경력 인정)** 관련 업무를 수행한 현장 경력 증명이 객관적으로 이루어질 경우 해당 직종의 역량을 인정하고, 직종 간의 인정비율을 통해 표준 경력 연차를 산출
 - IT 유관회사에서 경력을 쌓더라도 해당 직종의 업무와는 직접적인 연관성이 없는 업무를 수행하는 경우를 고려하여 산정
 - * 직종 간의 경력 인정 비율의 경우, 상위 수준으로 올라갈수록 인정 비율이 조금씩 낮아지도록 설계

3. SW기술자 경력관리를 위한 개선안

- 합리적인 SW기술자 경력관리 체계의 정비는 SW기술자의 성장 비전을 제시하고 자긍심 고취를 통한 장기 근속 여건 조성을 위한 선행 요인
- SW기술자 역량 강화 및 능력 중심의 정당대우를 보장하는 생태계 조성은 SW기술자의 처우를 개선시키고, 나아가 SW산업 분야의 인재 유입을 증가시키며 국가 경쟁력 강화의 토대를 강화

3.1. ITSQF 기준으로 개선이 필요한 부분

- ITSQF는 IT 분야의 역량 체계를 고도화하여 SW기술자의 능력 중심 경력관리 체계를 제공하지만, 보완할 부분이 일부 존재
- 이 보고서에서는 ITSQF의 '수준체계 불일치'와 '경력 인정 감소' 측면의 문제를 중점적으로 살펴보고자 함
 - * ITSQF의 부정적 요소에 대한 이슈는 [부록 1] 참조

■ (수준체계의 불일치 측면) 국가직무능력표준(NCS)은 8개의 수준으로 분류되어 있으나, ITSQF는 총 9개의 수준으로 분류

- ITSQF는 NCS의 1~2단계의 수준을 하나의 수준(Beginner)으로 묶고, 8수준을 3개(A8, EE, ME)로 세분화하여 국가 표준 및 타 산업과 불일치하는 구조
 - L8을 세부적으로 분류하여 보다 정확하고 세밀한 경력관리 체계를 구현했지만 국가 표준과의 차이점으로 인해 범용성에 제약이 발생할 수 있음
 - * IT산업에 특화된 역량수준체계는 필요하나, 수준체계를 국가 표준과 다르게 하는 것은 자칫 민간 협·단체 위주의 국지적인 인증 체계가 될 수 있고, 국가에서 지정한 통합 표준과의 비교에 있어서 공신력을 인정받기 어려울 수 있음
- NCS 및 NQF는 국가가 공인한 자격 체계로 직종 간의 상호호환 또한 목표로 하여, ITSQF는 직종 간의 전환 시 상호호환이 안되는 문제가 발생할 수 있음
 - * 현재 NCS는 소분류 내의 직종 전환(경력개발 경로 모형)을 지원하며, 최근 산업별 융합이 널리 이루어짐을 고려하여 2017년부터 중분류 및 대분류 간의 경력 경로 모형을 개발 중²
 - * 타 직종에서 SW기술자로 전환하거나 SW기술자에서 타 직종으로 전환 시, 이에 대한 고려가 없음(예 : ITSQF의 ME는 NCS의 L8로 재분류되어 평가를 하게 됨)

■ (경력 인정의 감소 측면) SW기술자들에 대한 경력 인정에 있어서 개인의 전체 경력 연수 산정 시 손해가 발생할 수 있음

- 높은 등급일수록 기존의 SW기술자 등급 체계보다 상위 등급 수준으로 인정받기 위한 연수(年數)가 더 많이 필요함
 - * ITSQF는 NCS 기준 L8 수준을 고급(A8), 특급(EE), 마스터(ME)의 3개 등급으로 나누어 '고급 → 특급' 시 7년, '특급 → 마스터' 시 8년의 기본 경력 연수가 필요하여, 고교 졸업 기준으로 마스터 수준은 29년(대졸 25년차)의 누적 경력 연수가 기본적으로 필요
 - * IT 유관학과를 졸업하면 J5등급이며, 이후 24년이 경과하면 ME로 인정, 이는 기존의 SW기술자 등급제 대비 약 14년이 더 소요되는 수준
- 직종 전환 시 인정받는 비율이 상위 등급으로 갈수록 감소하여, 세부 분야별 연관성 및 유사성이 높은 SW 분야에서 기술자들의 경력 손실 발생
 - 많은 경우에서 SW엔지니어로 경력을 쌓은 기술자가 SW아키텍트로 경력을 이어나가는 데, ITSQF 기준으로 이전 경력을 모두 인정받는 경우는 초급(B~J5(대졸))의 경우에 국한되며 상위 등급일수록 손해
 - * ITSQF에서는 고급 이상(A8 이상)의 SW엔지니어가 SW아키텍트로 직종 전환을 할 경우 경력 인정 비율은 60%임(B~J5단계에서는 100% 경력을 인정받지만, EE~ME단계에서는 경력의 60%만을 인정) ([부록 2] 참조)



2 한국산업인력공단, 국가직무능력표준 홈페이지, <https://www.ncs.go.kr/>, 2017.

* 고급 SW엔지니어(NCS 기준 L8, ITSQF 기준 A8 이상)가 SW아키텍트 외에 임베디드SW 엔지니어, 데이터베이스(DB)엔지니어, 네트워크(NW)엔지니어로 직종 전환을 할 경우에도, 이전 경력을 인정받는 수준은 60~80%에 불과

- 상위 등급으로 올라가기 위해 필요한 의무교육 시간이 너무 길고, 교육 효과에 대한 검증 수단이 부재하여 의례적으로 시간만 채우는 교육이 될 우려가 있음
 - I6, A8, EE의 경우 상위 등급으로 인정받기 위해서는 기본으로 필요한 경력 외에 50시간의 의무교육을 받도록 되어 있으며, 의무교육의 효과를 검증하기 어려움
- * 50시간의 교육은 하루 5시간 가량의 교육을 받는다고 가정하였을 때, 영업일 기준 10일로 2주가 소요되며, 이는 SW기술자나 기업 측에서 부담을 가중 시킬 수 있음

3.2. 경력관리 체계의 개선 방향

가. NCS 등급 체계와 일치 측면

- (수준체계 일치) 타 산업과의 형평성과 상호 호환성을 위해 기본적으로는 NCS의 8수준 체계를 따르되, 필요시 등급8의 3개 세분화(A8, EE, ME)를 적용
 - * 현재, ITSQF의 NCS와 등급 불일치성 해결을 위한 등급 재조정 논의가 진행 중에 있으며, 소프트웨어산업협회 및 관련 기관을 중심으로 2018년 중 변경안 도출을 계획·추진하고 있음
- IT산업 분야 내의 각 기업 또는 기관이 자율적으로 등급8의 세부 등급을 반영하고, 인력이 EE나 ME에 해당된다고 판단되는 경우 인센티브를 부여
- L1 및 L2 등급의 구분은 NCS, KQF의 표준과 일치시키는 것이 바람직
 - NCS의 L1과 L2를 하나의 수준으로 묶은 것은 사실상 L1의 등급을 삭제시킨 것으로, L8등급 세분화와 더불어 직무 수준의 기준을 전반적으로 상향 조정한 것과 같으며, SW기술자의 경력 불이익을 초래할 수 있음
 - * 상대적으로 SW산업은 L1등급(중학교 졸업 수준으로 구분)이 존재하지 않는다고 하나, 통계 자료에 의하면 2016년 2.7%³, 2014년 4.1%⁴ 비율로 '고졸 이하' 학력이 집계되고 있으며 이는 고졸뿐 아니라 중졸 이하도 포함할 수 있음

나. 경력 인정의 측면

- (공정한 경력 인정) 상위 수준 기술자의 역량을 공정하게 평가하여 경력 손실을 방지하고, 다양한 기술과 역량을 가진 인재를 우대해야 함



3 소프트웨어정책연구소, 2016년 국내 SW산업 실태조사, 2017.

4 정보통신산업진흥원, SW기술자 근로환경 실태조사 및 개선방안 연구, 2014.



- **(필요 경력 연수 조정)** 상위 등급으로 승급하기 위한 필요조건(경력 연수 및 의무교육 시간)을 현재의 체계보다 짧은 수준으로 합리적인 조정 필요
 - 현실적으로 초기부터 SW 분야 내의 한 가지 세부 영역에서 오랜 기간 해당 직종을 유지하는 경우는 매우 드물며, ITSQF에서 정한 마스터까지 도달하기가 매우 힘들
 - * 특히, SW 분야는 타 산업 대비 근속 연수가 짧고(직무 수명 45세, 타 산업 대비 5~10년 짧음), 잦은 이직이 발생(CT업계 평균의 3배 이상)하는 분야
 - 또한, 신(新)기술의 등장이 잦고 기술 변화가 빠른 SW 분야에서 첫 등급부터 29년이나 소요되는 마스터의 구분은 현실성이 부족할 수 있음
 - ITSQF I6, A8, EE 등급의 경우 승급 시 필요한 50시간의 의무교육은 도입기관별로 자율적으로 선택하게 하고 승급을 위한 가점 형태로 부여
 - * 교육훈련은 SW기술자의 역량 강화 및 재교육 지원 측면에서 사업주가 의무적으로 제공할 수는 있으나, 훈련에 대한 효과를 객관적으로 검증하기 어렵고, 승급을 위한 강제 조건이 아닌 가점 요소가 바람직
- **(직종 전환 시 경력 인정)** SW분야 내에서 상위수준 기술자의 직종 전환 시 경력을 기본적으로 모두 인정하되, 각 직종별로 요구되는 특별한 능력들은 공신력 있는 평가를 통해 검증
 - SW 분야는 세부 직종 간 필요한 기본 지식과 업무의 연관성 및 유사성이 매우 높은 특성을 보이며, 직종의 영역이 겹치는 경우가 많음
 - * 예로, SW엔지니어와 임베디드SW엔지니어, NW엔지니어, DB엔지니어, 보안엔지니어 등은 SW의 적용 대상과 개발 환경(시스템, 주력 개발 언어 등)의 차이점을 고려해야 할 뿐 기본적인 개발 방법(론)은 동일
 - 단, 차별적으로 고려해야 할 환경적 요인, 세부 기술 및 관련 개발에 대한 경험적 측면의 숙련도에 대해서는 각 직무를 수행하는 사업장에서 자체적인 평가 또는 협·단체 등 공신력 있는 기관에서 실시하는 테스트(필요하다면 신설) 등의 평가를 통해 보완
- **(실력 검증 및 인정 체계)** 근무 경력은 부족하거나 없지만 출중한 실력을 보유한 인력에 대한 인정 및 평가 체계의 확보 필요
 - IT 및 SW 분야는 타 산업 대비 현장 경험에 대한 의존성이 상대적으로 적으며, 기술자 본인 소유의 PC로 얼마든지 경험을 쌓을 수 있다는 점에서 장비 의존성도 적은 편이기 때문에 경력은 없으나 실력 있는 인재가 다수 존재
 - * 예로, 미 국방부(펜타곤)의 보안망을 해킹한 18세의 화이트해커(데이비드 드워켄)가 장관상을 수상⁵
 - 자격증뿐 아니라 프로그램 능력, 프로젝트 참여 이력(성과, 평판) 등에 대한 평가 기준을 마련하여 이에 상응하는 NCS 및 ITSQF 등급을 부여

5 연합뉴스, 18세 화이트 해커 '펜타곤 보안망 뚫었다', 2017.



- * 프로젝트 참여 기술자의 실명관리, 참여 기간, 성과, 평판 등의 이력을 공인된 기관에서 보증하는 이력보증제와 이를 바탕으로 우수한 기술자를 포상하는 포상제 등을 통해 실현⁶
- * 프로그램 능력은 프로그래밍 온라인 테스트를 진행하는 공인된 민간·정부기관 등을 통해서 검증(해외 사례 : 코딜리티(Codility))

다. 공신력의 확보 측면

- (공신력 확보) 국가역량체계와의 호환성 및 다양하고 공정한 경력 인정은 ITSQF가 조기에 정착하고 SW산업 발전에 기여하기 위한 조건
 - (호환성) 국가역량체계와의 상호 호환성 및 범용성을 보장하여 SW 분야가 전 산업과의 융합이 이루어지고 있는 현재 상황을 반영할 필요가 있음
 - ITSQF상에서 기술자 스스로 역량을 파악하는 것은 객관성을 완벽하게 보장할 수 없으므로 국가역량체계와 호환을 권고
 - * 예로, SW기업체 사장이 스스로의 경력을 평가하는 경우 공신력 확보에 문제의 소지가 있음
 - SW의 전 산업에 걸친 융합이 가속화되고 그에 따른 SW융합인력의 수요가 늘어남에 따라 타 산업과의 호환성은 매우 중요
 - 기업 및 기관에서 NCS 기반의 ITSQF 평가 결과를 수용할 수 있도록 해야 하며, 글로벌 시장에서 인정받을 수 있는 체계가 되도록 보완해야 함
 - (근속 환경 조성) 각 수준별 SW기술자들의 역량을 공정하게 평가하여 SW기술자 개개인의 처우 보장을 위한 근간을 마련하고, 나아가 유능한 인재 유입을 유도할 수 있어야 함
 - 상위 수준(ITSQF 기준 EE, ME) 기술자들의 근무 경력과 직무 능력은 반드시 정비례하지 않을 수도 있으며, 큰 차이가 없을 경우 상대적으로 높은 대우가 필요한 상위 수준의 기술자에 대한 선호도가 약화될 우려
 - ITSQF의 모태인 NCS의 목적은 능력 중심 사회를 지향하는 것이므로, 각 등급별로 해당 등급에 부합하는 능력을 가진 인력들을 발굴하고 배양하기 위해서는, 경력만을 쌓아야 하는 현재의 구조를 개선할 필요
 - SW기술자들이 다양한 경력을 배경으로 타 산업을 포함하는 여러 분야로 상호 호환되는 경력 지도를 갖추는 것은 SW산업 부흥의 토대가 될 수 있음

4. 요약과 시사

- SW기술자의 경력을 체계적이고 효율적으로 관리·인증하고, 직무에 대한 비전을 제시하는 것은 인재 확보와 국가 경쟁력 강화를 위해 필요함

⁶ 소프트웨어정책연구소, SW기술자 처우개선에 대한 새로운 접근, 2017. 참조

- 한국형 역량관리체계(KQF)를 구축하기 위해서는 산업별 역량체계인 SQF가 선행되어야 하며, IT 분야는 NCS 기반의 역량체계인 ITSQF가 제안
- ITSQF는 NCS 기반의 역량 체계를 IT 분야 특성에 맞게 수정·보완하였으나, 국가 표준과의 호환성 문제 및 경력 인정의 감소 등 미흡한 부분이 있음
 - ITSQF는 국가 표준인 NCS와 등급이 달라 불일치하고 타 산업과의 상호 호환성을 고려해야 하며, SW기술자의 SW산업 내 경력 전환 시 불이익 발생
- ITSQF는 국가 표준과의 호환성 및 공정한 경력 경로를 제공하기 위한 방안이 보완되어야 하며, 다양한 기술과 역량을 가진 인재 발굴방안도 검토 필요
 - 수준체계를 NCS와 일치하되, 세부 등급은 ITSQF를 수용하는 기관이 자율적으로 선택하도록 하여 국가 표준 체계와의 호환성을 유지(논의 중)
 - 상위 등급의 승급에 필요한 경력 연수를 현재 체계보다 짧게 조정하여 불리한 조건을 개선하고, 의무교육은 선택 조건으로 가산점을 부여
 - 직종 간 유사성이 높은 특성을 반영하여 직종 전환 시 경력을 기본적으로 모두 인정하고, 각 직종별로 필요한 세부 요소들은 별도의 평가를 통해 보완
 - 근무 경력은 부족하나 실력이 뛰어난 인재를 발굴하기 위해 프로젝트 참여 이력이나 프로그래밍 능력 등을 평가하여 인정하는 체계의 신설
- ITSQF는 보다 다양한 현장 검증과 실태를 반영한 기준을 마련하고, 공신력 있는 테스트 기관과의 연계 등을 통한 경력 인정 및 관리 체계로 정착해야 함
 - 호환성을 벗어나지 않는 범주에서 SW 분야의 특성을 반영한 유연한 체계로 SW기술자들을 위한 공정하고 합리적인 경력관리 체계의 구축 및 실행

■ [부록 1] ITSQF의 개선 필요사항 요약

구분	ITSQF 기준	부정적 요소
직종 구분	● 단일 직종으로 관리되던 직종을 대표 직종 12개로 구분하여, 기술자의 경력을 직종별로 관리	● 개인의 전체 경력 연수가 줄어드는 현상이 발생할 수 있음 - 일부 개인 기술자 우려
수준체계	● 등급별 분류 기준을 9개 수준으로 개편 - NCS의 L1, L2 수준을 하나의 등급 (Beginner)으로 통합 - 최고 등급인 L8 수준을 A8, EE, ME의 3개 수준으로 세분	● 8수준의 NCS 수준 체계와 달라 표준에 불일치 ● 타 산업과의 상호 호환성 문제가 발생

구분	ITSQF 기준	부정적 요소
현장 경력	• 각 수준별로 상향 가능 연수를 설정하고, 현장 경력만으로 최고 수준에 도달하는 시기를 대졸 25년차로 설정(고졸 29년차)	• 높은 수준일수록 기존 체계보다 상향 가능한 연수가 길게 설정되어 전반적으로 기술자들의 수준이 낮아지는 결과 초래
유관학위	• 기존 체계에서는 전공학과 구분을 하지 않고 단순 학력으로 관리되던 것을 직종별 유관학과에 대해서만 인정하는 것으로 바꿈	• (석/박사) 12개 직종과 연계되지 않는 IT 비 유관학과 졸업자의 학력 인정 불가함 • (학사/전문학사) IT 유관학과 졸업자와 최종적으로 1년의 경력 차이가 발생하게 됨
자격 인정	• 직종별 수준별 자격 관리로 역량 인정 체계에서 주요 항목 중 하나로 설정	• 자격증 취득으로만 기술자가 해당 역량을 가지고 있다고 인정하는 것에 대한 우려
의무교육	• J5/I7/A8 수준에서 수준 상향이 가능하려면, 선행 교육훈련을 50시간 받아야 함	• 중소기업 근무 기술자들의 경우 실제로 50시간의 교육훈련을 받을 수 있는지에 대한 우려가 있음 • 교육 후 평가에 대한 기준이 불분명

※ 자료 : 한국소프트웨어산업협회, IT분야 역량수준체계의 고도화 방안에 대한 연구, 2017.(재편집)

■ [부록 2] ITSQF의 경력 인정 비율(특급, 고급)

수준	특급(EE ~ ME)										
주직종	IT 컨설턴트	IT 프로젝트 관리자	SW 아키텍트	SW 엔지니어	임베디드 SW 엔지니어	DB 엔지니어	NW 엔지니어	시스템 엔지니어	IT 마케터	IT보안 엔지니어	IT품질 관리자
연관 직종											
IT컨설턴트	100	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
IT프로젝트 관리자	70	100	60	60	60	60	60	60	60	60	70
SW아키텍트	60	60	100	60	60	60	60	60	60	60	60
SW엔지니어	60	60	60	100	60	60	60	60	60	60	60
임베디드SW 엔지니어	60	60	60	60	100	60	60	60	60	60	60
DB엔지니어	60	60	60	60	60	100	60	60	60	60	60
NW엔지니어	60	60	60	60	60	60	100	60	60	70	60
시스템 엔지니어	60	60	60	60	60	60	60	100	60	60	60
IT마케터	60	60	60	60	60	60	60	60	100	60	60
IT보안 엔지니어	60	60	60	60	60	60	60	60	60	100	60
IT품질 관리자	70	70	60	60	60	60	60	60	60	60	100

※ 자료 : 한국소프트웨어산업협회, IT분야 역량수준체계의 고도화 방안에 대한 연구, 2017.

수준	고급(A8)										
주직종 연관 직종	IT 컨설턴트	IT 프로젝트 관리자	SW 아키텍트	SW 엔지니어	임베디드 SW 엔지니어	DB 엔지니어	NW 엔지니어	시스템 엔지니어	IT 마케터	IT보안 엔지니어	IT품질 관리자
IT컨설턴트	100	80	80	70	70	70	70	70	80	80	80
IT프로젝트 관리자	80	100	80	80	80	80	80	80	80	80	80
SW아키텍트	80	80	100	80	80	80	80	80	80	80	80
SW엔지니어	80	80	80	100	80	80	80	80	80	80	80
임베디드SW 엔지니어	70	70	80	80	100	80	80	80	80	80	70
DB엔지니어	80	80	80	80	80	100	80	80	80	80	80
NW엔지니어	80	80	80	80	80	80	100	80	80	80	80
시스템 엔지니어	80	80	80	80	80	80	80	100	80	80	80
IT마케터	80	80	70	70	70	70	70	70	100	70	80
IT보안 엔지니어	80	80	80	80	80	80	80	80	80	100	80
IT품질 관리자	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	100

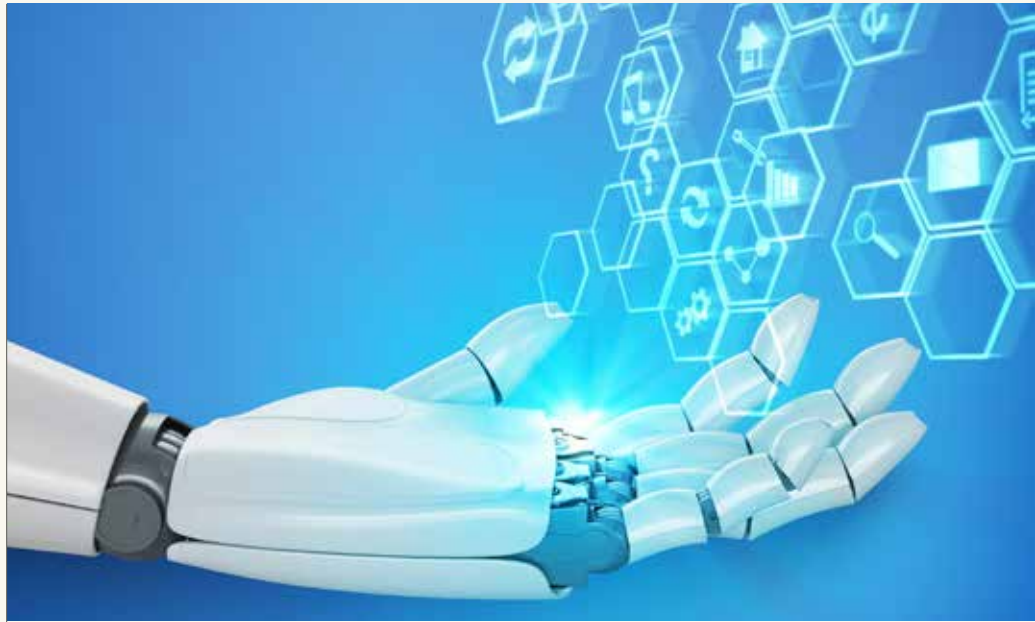
※ 자료 : 한국소프트웨어산업협회, IT분야 역량수준체계의 고도화 방안에 대한 연구, 2017.

참고 문헌

1. NCS국가직무능력표준(<https://www.ncs.go.kr/>), 2018.
2. 한국직업능력개발원, “한국형 국가역량체계(KQF) 운영 가이드라인(안)”— 공청회, 2017.
3. 데이터넷, “정보기술ISC, IT분야 능력 중심 사회 구현 앞장”, 2017.
4. IT데일리, “한국SW산업협회, SW기술자 역량평가체계 ‘ITSQF’ 제시”, 2017.
5. 한국소프트웨어산업협회, “‘IT분야 역량체계’ 직무체계 및 직무기술서”, 2017.
6. 연합뉴스, “18세 화이트 해커 ‘펜타곤 보안망 뚫었다’”, 2017.
7. 소프트웨어정책연구소, “2016년 국내 SW산업 실태조사”, 2017.
8. 소프트웨어정책연구소, “빅데이터 분석 기반 SW산업 직종·직무 분류체계 개발 및 동향 연구”, 2017.
9. 소프트웨어정책연구소, “SW기술자 처우개선에 대한 새로운 접근”, 2017.
10. 한국소프트웨어산업협회, “IT분야 역량수준체계의 고도화 방안에 대한 연구”, 2017.
11. 한국소프트웨어산업협회, “IT분야 역량인정체계(안)(ITSQF)”, 2016.
12. 한국산업인력공단, “국가역량체계(NQF) 구축을 위한 SW분야 산업별 역량체계(SQF) 구축 방안”, 2016.
13. 정보통신산업진흥원, “SW기술자 근로환경 실태조사 및 개선방안 연구”, 2014.

AlphaGo Zero의 인공지능 알고리즘

The Artificial Intelligence Algorithm
of AlphaGo Zero



Executive Summary

구글 딥마인드가 개발한 인공지능 바둑 프로그램 AlphaGo는 지난 2017년 5월 중국의 바둑신성 커제 9단과 대결에서 완승한 뒤 바둑계에서 화려하게 은퇴했다. 커제 9단과 대결했던 AlphaGo는 과거 이세돌 9단과 대결했던 AlphaGo보다 완벽에 가까운 정도로 개선됐다. 그렇다면 어떻게 개선된 것일까? 딥마인드는 커제 9단의 대국 이후 개선된 형태의 AlphaGo에 대해 구체적인 내용을 공개한다고 밝혔다. 딥마인드의 최고 경영자인 데미스 하사비스는 특히 개선된 AlphaGo가 인간의 기보를 전혀 학습하지 않았고, 컴퓨터 1대 수준에서 경기에 임했다는 사실이 기존과의 차별점이라고 밝히면서 대중의 궁금증을 자아냈다.

2017년 10월 세계 최고의 학술지 네이처에는 “Mastering the Game of Go without Human Knowledge”라는 제목의 논문이 게재됐다. 바로 개선된 AlphaGo의 세부 내용을 담은 AlphaGo Zero에 관한 논문이다. 사실 AlphaGo를 개선한다는

● **추형석**
선임연구원
CHU, Hyoung Seok
Senior Researcher, SPRI
hchu@spri.kr

것은 매우 도전적인 영역으로 인식됐다. 그 이유는 역설적으로 AlphaGo가 사용한 인공지능 알고리즘 때문이다. 과거 AlphaGo는 전문 바둑기사의 착수 선호도 예측과 바둑판 상태의 승률을 계산하기 위해 심층학습(Deep Learning)을 활용했다. 심층학습의 가장 큰 한계는 예측한 결과에 대한 인과관계를 설명할 수 없다는 점이다. 다시 말하면, 과거 AlphaGo가 실수했던 측면의 어떤 부분이 잘못됐는지를 전혀 알 수 없다는 것이다. 그러나 AlphaGo Zero는 이러한 우려를 불식시키며 개선에 성공하고 바둑계의 최정상 자리를 차지했다.

이번 보고서에서는 AlphaGo Zero의 인공지능 알고리즘을 분석해 보고자 한다. 특히 과거 AlphaGo와의 어떠한 차별점이 있는지에 대해 집중적으로 다룰 것이다. 결론적으로 AlphaGo Zero는 인간의 기보를 전혀 학습하지 않았고, 자체 대국 결과를 학습 데이터로 활용하는 방법을 시도했다. 그 결과 AlphaGo Zero는 최정상 바둑 실력을 입증했다. 수천 년을 이어온 바둑이 약 40일간 학습한 인공지능에 정상을 내준 것이다.

AlphaGo, an artificial intelligence Go program developed by Google's Deep Mind, retired brilliantly from Go community after winning against Ke Jie in May, 2017. AlphaGo, which confronted Ke Jie, was improved to be closer to perfection than the AlphaGo, which confronted Lee Se-dol. So how did it improve? Deep Mind announced that it will release specific details of the improved version of AlphaGo since competition with Ke Jie. Deep Mind CEO Chief Executive Demis Hassabis said that the fact that the improved AlphaGo did not learn human knowledge at all and that the game was played at the level of one computer was a distinction from the past.

In October, 2017, the world's leading journal Nature published a paper entitled "Mastering the Game of Go without Human Knowledge." It is an article on AlphaGo Zero which contains details of the improved AlphaGo. In fact, improving AlphaGo was seen as a very challenging area. The reason is paradoxically because of the AI algorithm used by AlphaGo. In the past, AlphaGo used deep learning to calculate the winning rate and preference positions of professional Go player. The greatest limitation of deep learning is that it can not account for the causal relationship between predicted results. In other words, in the past, AlphaGo never knew what went wrong in order to make up the mistake. However, AlphaGo Zero succeeded in improving the situation by eliminating these concerns and took the top spot in the Go.

In this report, I try to analyze AlphaGo Zero's artificial intelligence algorithm. In particular, I will focus on what differentiates AlphaGo from the past. In conclusion, AlphaGo Zero has not trained human Go data, but tried to use self-play data for training. AlphaGo Zero proved to be the best player in the league with its excellent results. Thousands of years passed Go history gave the summit to the learned artificial intelligence for about 40 days.

1. 배경

지난 2016년 3월 이세돌 9단과 대결하여 4:1로 승리한 AlphaGo는 인류 역사의 큰 획을 긋는 성과로 기억됐다. 당시 AlphaGo는 완벽하지 않은 프로그램이었다. 의미 없는 수를 두거나, 계가 시점에서 실수를 하는 등 개선의 여지가 남아있었기 때문이다. 또한 슈퍼컴퓨터 급의 계산 장비를 활용했다는 점에서 형평성의 논란도 있었다. 그러나 AlphaGo가 보여준 바둑 실력은 이미 최정상임을 입증한 상황이었기 때문에, 더 성능을 높인다는 것은 도전의 영역이었다.

이세돌 9단과의 대결 이후 AlphaGo의 성능을 향상시킨다는 점은 요원할 것으로 예측됐다. 가장 큰 이유는 역설적으로 AlphaGo의 알고리즘 때문이다. AlphaGo는 전문 바둑기사의 착수 선호도 예측과 현재 바둑판 상태의 승리할 확률을 예측하기 위해 인공신경망(Artificial Neural Network) 기술을 활용했다. AlphaGo의 인공신경망은 이미지 분류에 최적화된 합성곱신경망(Convolutional Neural Network)으로, 현재 바둑판을 48가지 특징(Feature map)으로 세분화하여 학습에 활용했다. 인공신경망 기술은 신경계의 정보전달 기능을 모사한 방법론으로 현대 심층신경망(Deep Neural Network)의 모태가 된다. 인공신경세포(Artificial Neuron)를 여러 층 쌓은 구조인 심층신경망은 복잡한 비선형적인 현상을 분류하고 예측하는 데 활용된다. 그러나 심층신경망에는 가장 큰 단점이 존재한다. 바로 입력과 출력의 상관관계를 설명할 수 없다는 점이다. 다시 말하자면 AlphaGo가 범했던 실수에 대한 원인이 무엇인지 규명해 내기 어렵다는 것이다.

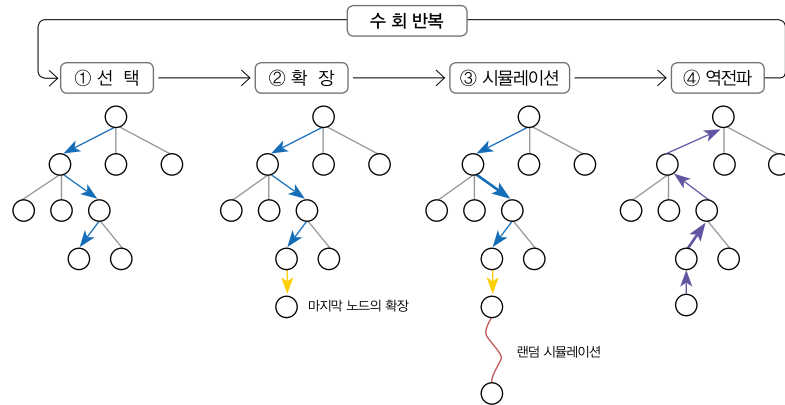
AlphaGo 개발 회사인 딥마인드(DeepMind)는 이러한 상황을 개선하기 위해 탐색 알고리즘인 몬테-카를로 트리 탐색(Monte-Carlo Tree Search, MCTS)을 향상시켰다. MCTS의 개념은 탐색 알고리즘으로부터 출발한다.¹ 탐색 알고리즘은 기존 바둑 인공지능에서 가장 널리 활용되는 방법이다. 탐색 알고리즘의 기능은 수를 읽는 행위와 비슷하게 볼 수 있다. 바로 현재 바둑판 상태에서 승리할 수 있는 수를 예측하는 것이다. 바둑 게임을 비롯한 보드 게임(board game)²은 구조상 게임의 진행 상황을 트리(Tree) 형태로 표현할 수 있다. 따라서 승리할 확률이 매우 높은 수를 찾는 것은 트리를 탐색하여 최적의 경로를 찾는 행위로 볼 수 있다.

그러나 현재 바둑판 상태에서 승리할 확률을 정확하게 아는 것은 매우 어렵다. 바둑 경기는 경우의 수가 거의 무한대에 가깝기 때문이다. AlphaGo는 특정 바둑판 상태의 승률을 정확하게 근사하기 위해 인공신경망 알고리즘을 활용했다는 점이 기존 접근법과 차별점이다. 인공신경망 기술 역시 만능은 아니기 때문에, 간단한 규칙에 의거한 임의(random) 시뮬레이션과 그 결과를 되먹임(feedback)하여 승률 예측 성능을 향상시켰다. 이 접근 방법이 MCTS로 일반적인 트리 탐색(Tree Search)과 구분된다. 몬테-카를로는 일종의 임의 시뮬레이션을 나타내는 것으로 이해할 수 있다.



- 1 자세한 내용은 『AlphaGo의 인공지능 알고리즘』 소프트웨어정책연구소(2016) 이슈리포트 참고
- 2 경기자 두 명이 서로 번갈아 가며 행위를 하는 게임으로 바둑, 체스, 장기 등이 해당함

몬테-카를로 트리 탐색(MCTS) 알고리즘



〈바둑 게임에서의 MCTS의 진행 방식〉

- ① 선택 : 현재 바둑판 상태에서 특정 경로로 수읽기를 진행
- ② 확장 : 일정 수 이상 수읽기가 진행되면 그 지점에서 한 단계 더 착수 지점을 예측(게임 트리의 확장)
- ③ 시뮬레이션 : ②에서 선택한 노드에서 바둑이 종료될 때까지 고속 시뮬레이션 수행. 속도가 빠르기 때문에 여러 번 수행할 수 있으나 착수의 적정성은 떨어짐
- ④ 역전파 : ③의 결과를 종합하여 확장한 노드의 가치(②에서 한 단계 더 착수한 것의 승산)를 역전파 하여 해당 경로의 승산 가능성을 갱신

〈그림 1〉 MCTS 알고리즘의 개념도

딥마인드는 이세돌 9단과의 대결 이후에 AlphaGo의 MCTS를 개선시키는 데 집중했다. 이세돌 9단과 대결한 AlphaGo(이하 AlphaGo Lee)는 16만 개의 전문 바둑 기보에서 추출한 2,940만 개의 바둑판 상태를 학습하여 착수 선호도를 예측하고, MCTS를 활용해 대국을 진행했다. AlphaGo Master는 AlphaGo Lee와 유사하게 전문 바둑기사의 기보를 바탕으로 학습한 인공지능망을 활용한다. AlphaGo Master는 AlphaGo Lee의 인공지능망을 개선하기 위해 자체 대국의 MCTS에서 산출한 착수선호도를 추가적으로 학습한 것이 차별점이다. 다시 말하자면 AlphaGo Lee에서 임의 시뮬레이션은 단순히 트리 탐색에 활용됐으나, AlphaGo Master에서는 시뮬레이션 결과를 학습하는 부분에도 활용했다.

AlphaGo Master는 이세돌 9단과의 대국 이후 온라인 바둑 사이트 Tygem에 'Master'라는 아이디로 60전 전승(2017년 1월 기준)을 거뒀다. 전 세계의 쟁쟁한 9단 기사들과의 대국에서 모두 승리했다는 사실은 앞서 기술한 알고리즘의 개선이 상당한 성능 향상을 달성했다는 것이다. 대국에 참여했던 바둑 기사들은 AlphaGo Master가 인간이 바둑을 두는 틀에서 벗어났고, 인공지능의 바둑 실력이 인간을 완전히 뛰어넘을 가능성이 높다고 평했다. 또한 지난 2017년 5월 개최된 'Future of Go Summit'에서 AlphaGo Master는 중국의 바둑 신성 커제 9단과 대결하여 3:0으로 승리했다. 딥마인드는 AlphaGo Lee에서 제기됐던 문제를 해결하기 위해 인공지능망 기술에서 해결책을 찾기보다 전체적인 알고리즘의 변화를 모색했다.



인과관계가 불분명한 인공신경망을 개선하는 것은 모래사막에서 바늘을 찾는 것만큼 어려운 일이다. 인공신경망의 개선은 수많은 모수³를 미세 조정하며 경험적으로 추정하는 것이 일반적이기 때문이다.

그러나 AlphaGo Master 역시 전문 바둑기사의 기보에 의존한 결과였다. AlphaGo Master는 MCTS의 자체 대국 결과를 인공신경망에 학습시켰다는 점이 차별점이나, 인공신경망은 과거 인간의 기보를 학습한 정보로 구축된 것이기 때문이다. 그러나 딥마인드의 최고 경영자 데미스 하사비스는 2017년 1월 한 국제 학회에서 인간의 기보를 전혀 학습하지 않은 AlphaGo를 개발 중이라고 밝혔다. AlphaGo Master를 뛰어넘는 AlphaGo의 내용은 지난 2017년 10월 세계 최고의 학술지인 네이처에 소개됐다. 이것이 이번 보고서에서 다루고자 하는 AlphaGo Zero다. 2장에서는 AlphaGo Zero의 특징을 살펴보고, 3장에서는 AlphaGo Zero의 인공지능 알고리즘에 대해서 소개한다.

2. AlphaGo Zero의 특징

AlphaGo Zero의 상세 내용은 2017년 10월 네이처에 발간된 'Mastering the Game of Go without Human Knowledge'에서 확인할 수 있다. 먼저 제목에서도 알아낼 수 있듯이 AlphaGo Zero는 인간의 바둑기보를 전혀 활용하지 않고 개발한 바둑 인공지능이다.

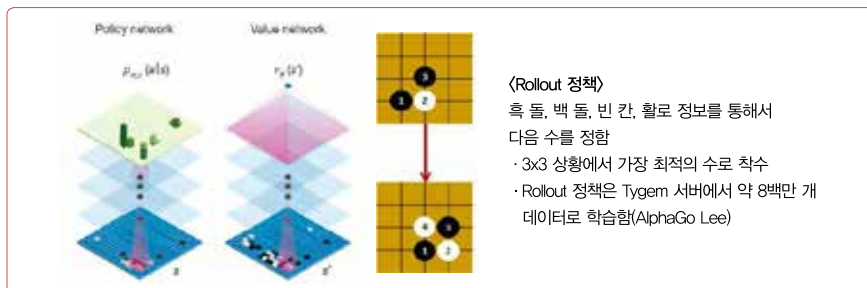
AlphaGo Zero와 기존 AlphaGo Lee(이세돌 9단과 대결), 혹은 AlphaGo Master(커제 9단과 대결)와의 차별점은 크게 네 가지가 있다. 먼저 ①무작위 방식(random play)의 자체 대국을 통해 강화학습(reinforcement learning)을 활용한 점이다. 과거 두 가지 버전의 AlphaGo는 약 16만 개의 전문 바둑 기보를 학습한 반면, AlphaGo Zero는 스스로 바둑을 두면서 학습하는 접근법을 선택했다. ②두 번째 차별점은 인공신경망 학습에 활용된 특징 맵(feature map)이다. AlphaGo Zero는 흑돌과 백돌 두 가지만을 활용했다. 기존 AlphaGo는 흑돌, 백돌을 포함한 눈, 할로, 꼬부림 등 48가지 특징을 활용했다는 점을 상기하면, AlphaGo Zero는 오히려 더 단순한 접근 방법을 취했다.

③다음으로 인공신경망의 형태와 구조의 변화다. AlphaGo Lee는 <그림 2(좌)>와 같이 두 가지 형태의 인공신경망을 활용했다. 정책망(Policy Network)은 전문 바둑기사의 착수 선호도를 학습한 인공신경망이다. 특정 바둑판 상태가 정책 네트워크에 입력으로 들어가게 되면, 출력으로 규칙상 착수 가능한 모든 수에 대해서 착수 선호도(확률 값)가 산출된다. 이 착수 선호도는 MCTS에서 트리를 확장하는 시점에 활용된다. 정책망의 기능은 게임 트리의 폭을 줄이는 용도로, 전문 바둑기사의 관점에서 착수할 지점을 선별하는 역할을 한다.

3 학습률, 은닉층의 개수, 합성곱신경망의 크기, 활성화함수의 선택 등 많은 모수가 존재

가치망(Value Network)은 현재 바둑판 상태에서 승리할 확률을 찾아내는 역할을 한다. 앞서 기술했듯이 바둑은 거의 무한대 경우의 수를 가지고 있기 때문에, 특정 바둑판 상태의 승률을 정확히 예측하기는 어렵다. 따라서 승률을 예측하기 위한 접근을 취할 수밖에 없다. AlphaGo Lee는 가치망을 학습하기 위해 자체 대국으로 생성된 3,000만 개의 바둑판 상태를 활용했다. 가치망의 기능은 게임 트리의 깊이를 줄이는 역할을 한다. 정리하자면, AlphaGo Lee는 정책망과 가치망이라는 두 가지 인공지능망을 활용했다. 반면, AlphaGo Zero는 두 가지 신경망을 하나로 합쳤다. AlphaGo Lee는 두 가지 신경망을 따로 학습하는 전략을 택한 반면, 정책망과 가치망의 역할이 궁극적으로 게임에서 승리하기 위한 방법이기 때문에 AlphaGo Zero는 하나로 합쳐진 형태를 활용한 것으로 추정된다. 인공지능망의 구조 역시 변경됐다. AlphaGo Zero는 ILSVRC⁴ 2015의 우승팀인 마이크로소프트가 개발한 잔차신경망(Residual Network)을 활용했다. 잔차신경망은 이미지 분류 문제를 95%의 정확도로 해결한 것으로 이미지에서 패턴을 인식하는 데 가장 성능이 좋은 것으로 알려져 있다.

④마지막 차별점은 트리 탐색 기법을 개선했다. 기존 AlphaGo의 MCTS는 랜덤 시뮬레이션 단계에서 롤아웃(rollout) 정책⁵을 활용했다. 롤아웃은 정책망과 유사한 역할을 하나, 빠른 속도로 시뮬레이션하기 위해 고안된 간단한 정책이다. 롤아웃은 <그림 2(우)>와 같이 바로 직전 착수한 지점을 중심으로 3x3 바둑판에 간단한 규칙에 의해 바둑돌을 신속하게 착수하는 과정으로 진행된다. 이후 게임의 결과를 바둑 트리의 노드 값에 되먹임하여, 착수 전략을 향상시킨다. 이 롤아웃 정책은 복잡한 바둑 게임을 지나치게 단순화한 경향이 있었기 때문에, 이 부분이 기존 AlphaGo의 실수 원인 중 하나라고도 볼 수 있다. 따라서 AlphaGo Zero에서는 롤아웃을 활용하지 않고, 랜덤 시뮬레이션의 정책으로 앞서 기술한 잔차신경망을 적용했다. 인공지능망 기술 기반의 정책은 롤아웃보다 훨씬 많은 계산을 요구하지만 정확도가 향상되는 장점이 있다.



<그림 2> 정책망과 가치망의 개념(좌)과 롤아웃 정책(우)

※ 자료 : Mastering the game of Go with Deep neural networks and tree search, Nature(2016)

⁴ Imagenet Large Scale Visual Recognition Challenge는 지난 2010년부터 개최된 경진대회로 수천만 장의 이미지(ImageNet 데이터베이스)에서 객체를 적절하게 분류하는 임무를 수행함

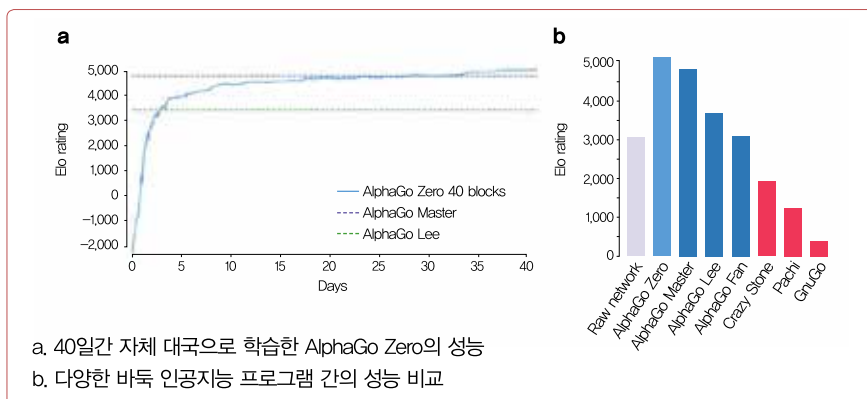
⁵ 여기서 정책의 의미는 착수를 결정하는 규칙으로 해석 가능함

잔차신경망(Residual Network)

- 잔차신경망은 2015년 ILSVRC(Imagenet Large Scale Visual Recognition Challenge)의 우승팀인 마이크로소프트 연구진이 개발한 인공신경망으로 이미지 인식에 특화
 - 이미지 분류에서 3.57%의 오차율로 우승
 - 152층의 합성곱신경망 층을 활용
- 인공신경망의 은닉층의 개수가 많아질수록 성능이 개선될 여지가 있었으나, 기술적으로 30층 이상에서는 성능이 정체되는 현상이 발견되어, 이를 개선하기 위한 방법으로 잔차신경망이 소개됨
- 잔차신경망은 구조적으로 동일한 성능을 갖는 신경망을 중복하여 연결하고, 그 사이에 얇은 신경망을 추가함으로써 성능 향상을 도모함

이것으로 AlphaGo Zero의 네 가지 차별점을 살펴봤다. 요약하자면 AlphaGo Zero는 인간의 기보를 전혀 사용하지 않고 무작위 대국을 통해 학습했다. 대국 상황의 분류 성능을 극대화하기 위해 최신 잔차신경망 구조를 활용했으며, 과거 정책망과 가치망의 기능을 하나로 합쳤다. 또한 일원화된 탐색 전략으로 성능 향상을 도모했다. 그러나 지금까지의 내용을 토대로 보면, 아직도 AlphaGo Zero가 '왜 인간을 넘어서는 성능을 갖게 됐는지' 쉽게 이해되지는 않는다. 기술적인 차별점은 있으나 왜 이러한 차별점으로 인해 성능이 향상됐는가는 여전히 의문으로 남는다. 그 근거에 대해서는 3장에서 더 세부적으로 살펴볼 것이다.

AlphaGo Zero의 성능은 언론에도 많이 보도됐듯이 무작위 대국을 토대로 학습하여 3일 만에 학습했던 AlphaGo Lee의 성능을 뛰어넘었다. 3일간 AlphaGo Zero는 약 490만 자체 대국을 수행하여 바둑 지식을 학습했다. AlphaGo Zero의 자체 대국 착수는 약 0.4초마다 이루어졌으며, 이 시간 동안 1,600회의 MCTS를 계산했다. 최종적으로 AlphaGo Zero는 40일간의 학습을 통해 AlphaGo Master를 능가했다. 이 기간 동안 AlphaGo Zero는 2,900만 번의 자체 대국을 수행했다. AlphaGo Zero와 기존 AlphaGo와의 성능은 다음 <그림 3>과 같고, AlphaGo Lee, Master, Zero의 차별점은 <표 1>과 같다.



<그림 3> AlphaGo Zero의 학습 기간과 성능

※ 자료 : Mastering the game of Go without human knowledge, Nature(2017)

〈표 1〉 AlphaGo의 버전별 차별점

버전	차별점
AlphaGo Lee	- 최초로 프로 9단 바둑기사와 대결하여 승리 - 정책망과 가치망 학습에 인간의 기보 16만 개 활용
AlphaGo Master	- 바둑 온라인 경기 사이트 Tygem에서 60전 전승 - MCTS의 자체 대국 결과를 정책망과 가치망 학습에 활용 (AlphaGo Lee에서 활용된 신경망을 초기값으로 활용)
AlphaGo Zero	- AlphaGo Master와 대국하여 89:11로 압도적 승리 - AlphaGo Master와 같은 방식으로 정책망과 가치망을 학습했으나, 인간의 기보를 전혀 활용하지 않음

특히 AlphaGo Zero는 TPU(Tensorflow Processing Unit, <그림 4>) 네 장을 활용하여 달성했다는 점이 주목할 부분이다. TPU는 구글이 개발한 연산처리장치로, 인공신경망 연산에 최적화되어 있다. 현대 인공지능 컴퓨팅 인프라로 주목받고 있는 연산처리장치는 GPU (Graphical Processing Unit)가 대표적이나, 전력 소비가 상대적으로 높은 편이다. TPU는 인공 신경망에 필요한 연산만을 처리하기 위한 구조를 구현하여 GPU 대비 최대 80배의 전력 절감 효과를 달성했다.⁶ 또한 TPU 네 장의 구성은 고성능 PC 1대 수준의 전력으로도 구동하기 때문에, 슈퍼컴퓨터 급 자원을 활용한 AlphaGo Lee와의 형평성 문제도 해결했다. 이 부분 역시 지난 2017년 1월 데미스 하사비스가 차세대 AlphaGo를 개발하기 위해 중점을 두었던 사항이다. 저전력과 고성능의 두 마리 토끼를 모두 잡기에는 매우 요원한 일이라 여겨졌지만, 두 가지를 모두 해결한 딥마인드의 저력이 놀라울 따름이다.



〈그림 4〉 Tensorflow Processing Unit(TPU)

※ 자료 : Build and train machine learning models on our new Google Cloud TPUs, Jeff Dean(2017)

⁶ Jouppi, Norman P., et al, "In-datacenter performance analysis of a tensor processing unit," arXiv preprint arXiv:1704.04760(2017).

3. AlphaGo Zero의 인공지능 알고리즘

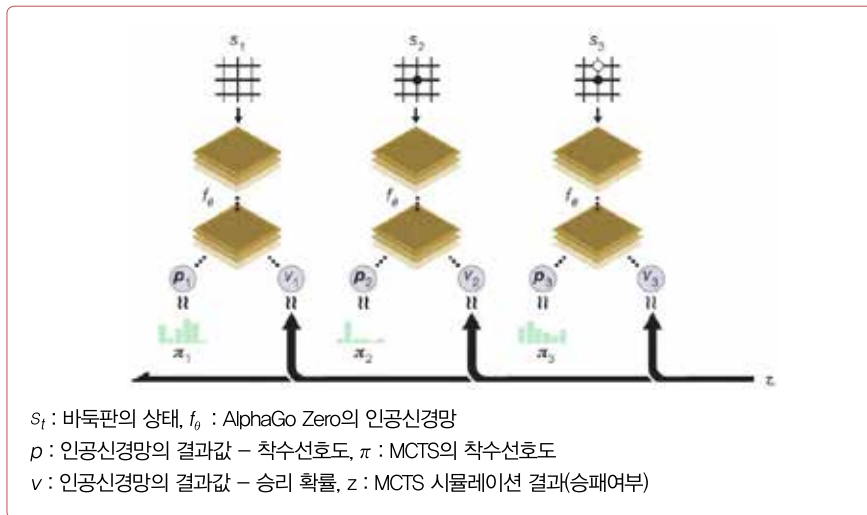
AlphaGo Zero는 자체 대국 결과를 기반으로 학습했다. 자체 대국 알고리즘에는 인간의 기보가 전혀 활용되지 않았고, 전적으로 바둑 규칙만을 적용했다. AlphaGo Zero에는 여전히 심층학습 기술이 활용됐다. 일반적으로 심층학습은 많은 데이터를 요구하는데, AlphaGo Zero는 이 데이터를 자체 대국으로 생산하여 학습했다.

AlphaGo Zero의 자체 대국은 이미 알려졌듯이 무작위 접근으로부터 출발한다. 자체 대국에서 착수를 결정하는 인공지능망 역시 무작위로 초기화된다. AlphaGo Zero는 자체 대국에서 한 번의 착수를 위해 1,600번의 MCTS 탐색을 실시한다. 바둑 게임 트리를 확장하는 방법은 앞서 기술한 잔차신경망이 활용되고, 가장 초기 단계에는 잔차신경망을 구성하는 모수가 모두 무작위로 초기화된다. 1,600번의 MCTS 탐색은 1,600번의 수를 읽는 것으로 이해할 수 있으며, 인공지능망의 학습이 성공적으로 이루어질수록 1,600번의 수읽기가 더 정교해진다는 것을 의미한다. 수읽기가 정교해질수록 AlphaGo Zero의 바둑 실력은 향상된다고 볼 수 있다.

그렇다면 AlphaGo Zero의 인공지능망은 어떠한 방법으로 학습된 것일까? 그 답은 1장에서 기술했던 AlphaGo Master에서 찾아볼 수 있다. AlphaGo Master는 MCTS를 통한 자체 대국의 결과를 인공지능망 학습에 활용했던 것이 AlphaGo Lee와의 차별점이었다. MCTS를 통한 자체 대국은 일종의 시뮬레이션과 같기 때문에 결과물로 기보가 나온다. AlphaGo Master는 MCTS 자체 대국 기보를 학습하는 접근으로 성능 향상에 성공했다. AlphaGo Zero는 MCTS 자체 대국 결과를 학습했다는 점에서 AlphaGo Master와 동일한 접근을 취하지만, AlphaGo Zero는 MCTS 시뮬레이션에서 바둑 규칙 이외에 어떠한 인간의 지식이 포함되지 않았다는 것이다. AlphaGo Zero는 약 3일간 490만 자체 대국을 학습하여 진화했다. 490만 자체 대국은 각각의 바둑판 상태로 분할되어, 인공지능망 학습은 2,048개 바둑판 상태를 단위로 총 70만 번을 수행했다.⁷ 학습에 활용된 하드웨어는 GPU 64개와 CPU 19개다. 4장의 TPU를 활용한 것은 학습이 완료된 버전(inference)을 토대로 대국을 수행하는데 활용됐다. 지금까지 기술한 AlphaGo Zero 알고리즘의 학습 과정을 표현하면 <그림 5>와 같다.



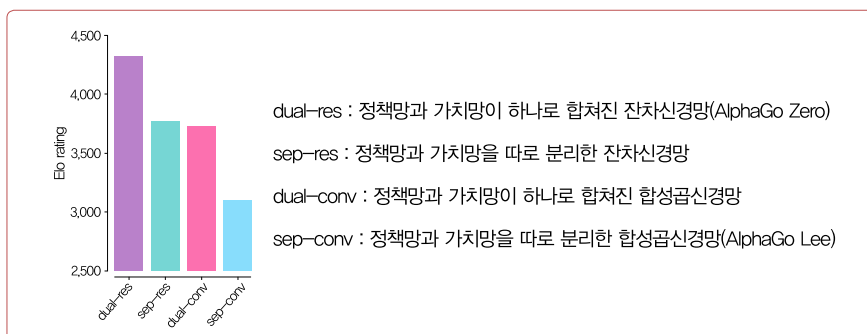
⁷ 490만 자체 대국이 평균적으로 약 292수까지 진행된 것으로 분석됨



〈그림 5〉 AlphaGo Zero의 학습 과정

※ 자료 : Mastering the game of Go without human knowledge, Nature(2017)

인공신경망의 형태와 구조 변화도 AlphaGo Zero의 바둑 실력 향상에 기여했다. 정책망과 가치망을 합친 인공신경망 형태는 이미 AlphaGo Master에서 구현한 결과였다. 정책망과 가치망의 역할은 궁극적으로 바둑 게임에서 승리하기 위한 도구이기 때문에, 이를 합치는 방향은 적절한 접근이라고 분석된다. 그러나 AlphaGo Master의 인공신경망의 초기값은 무작위로 초기화된 것이 아닌, 인간의 기보를 통해 학습된 것을 활용했다는 점이 AlphaGo Zero와의 차이점이다. 이 부분이 시사하는 바는 인간의 바둑 지식이 편향되어 있다고도 추론할 수 있다. 수천 년을 이어온 바둑 격언이 오히려 무한대의 경우의 수에서 오는 바둑의 다양성을 제한했다고도 볼 수 있기 때문이다. 또한 AlphaGo Zero는 이미지 인식에 가장 좋은 성능을 보유한 잔차신경망을 사용하여 바둑 실력을 더 향상시켰다. 딥마인드는 다음 〈그림 6〉과 같이 다양한 형태와 구조의 시뮬레이션을 통해 궁극적으로 앞서 소개한 AlphaGo Zero의 인공신경망 형태를 활용했다.



〈그림 6〉 다양한 인공신경망 형태와 구조의 비교

※ 자료 : Mastering the game of Go without human knowledge, Nature(2017)



지금까지 AlphaGo Zero의 인공지능 알고리즘에 대해 살펴보았다. 그러나 여전히 AlphaGo Zero가 기존 AlphaGo를 뛰어넘는 성능을 갖게 됐는지에 대한 명쾌한 해답은 여전히 내리기 힘들다. MCTS와 인공지능망 알고리즘의 변화 등 기술적인 차별점은 존재하나, 알고리즘의 변화로 인한 성능 향상은 직관적이고 경험적인 결과라는 점이 때문이다. AlphaGo Zero의 알고리즘은 대부분 AlphaGo Master에서 적용된 것을 차용했다. 다른 점은 단지 인간의 기보를 전혀 사용하지 않았다는 것이다. 딥마인드는 AlphaGo Zero의 접근을 일반화하기 위해 지난 2017년 12월 5일 'AlphaZero'에 대한 논문을 arXiv에 게재했다.⁸ AlphaZero는 바둑과 유사한 보드 게임인 체스와 쇼기(일본식 장기)에서 AlphaGo Zero와 동일하게 인간의 대국을 전혀 활용하지 않는 방법을 적용하여 학습했다. AlphaZero는 기존 인공지능 프로그램과 대결하여 압도적으로 승리하여 그 성능을 입증했다.

4. 결론

AlphaGo Zero는 인간의 기보를 학습하지 않았다는 점에서 가장 큰 관심을 받았다. 최근 인공지능의 큰 흐름을 주도하고 있는 심층학습(Deep Learning)은 필연적으로 대규모 데이터를 요구하기 때문이다. 심층신경망을 수학적으로 표현하자면 수백만 개의 미지수를 갖는 비선형 함수다. 수백만 개의 미지수를 적절하게 추정하기 위해 필요한 데이터는 상식적으로 미지수보다는 많아야 한다. 결국 성공적인 심층학습을 위해서는 양질의 데이터 공급이 우선적이라고 볼 수 있다. AlphaGo Zero는 양질의 데이터 공급처를 자체 대국에서 찾은 것이 지금까지 일반화된 접근법과의 차별점이다. 딥마인드는 AlphaGo Zero에 이어지는 AlphaZero를 통해 규칙으로 데이터를 생산하여 학습한다는 메커니즘을 증명했다.

또한 무작위 접근이 오히려 성능 향상에 긍정적인 역할을 한 것으로 추정된다. 과거 AlphaGo가 학습했던 인간의 기보는 수천 년의 바둑 격언을 바탕으로 한다. 그러나 바둑의 경우의 수는 인간이 인지할 수 있는 것보다 훨씬 많다. 그간 누적된 인류의 바둑 지식은 분명 바둑의 정수가 담겨있으나, 편향이 존재할 가능성이 높다고 볼 수 있다. 학습 방법과 MCTS 구조가 모두 동일한 AlphaGo Zero와 AlphaGo Master의 차이점은 인간의 기보를 학습했는지에 대한 여부다. AlphaGo Zero가 AlphaGo Master를 89대 11로 물리쳤다는 점에서, 전문 바둑기사의 기보가 편향이 있다는 사실을 간접적으로 추론할 수 있다.

그러나 AlphaGo Zero의 접근법이 성공했는지에 대한 논리적인 근거는 여전히 불분명하다. 기술적인 알고리즘의 개선을 통해 성능이 향상됐다는 점일 뿐이다. 결국 AlphaGo Zero의 성능은 직관적이고 경험적인 결과에 의거한 것이라고 볼 수 있다. 이것은 인공지능망의

⁸ Silver, David, et al. "Mastering Chess and Shogi by Self-Play with a General Reinforcement Learning Algorithm." arXiv preprint arXiv:1712.01815(2017).

특성과도 부합하는 것이다. 인공지능경망 역시 현상과 패턴을 분류하는 데 높은 성능을 가지고 있으나, 왜 잘하는지에 대한 인과관계가 명확하지 않기 때문이다. 이를 해결하기 위해 설명 가능한 인공지능(Explainable AI)에 대한 연구가 활발히 추진 중이다. 미국의 방위고등연구계획국(DARPA)은 2018년 설명 가능한 인공지능 연구에 수 천만 달러의 연구비를 투입할 예정이다.

AlphaGo Zero가 보여준 성과는 지난 이세돌 9단과의 대국만큼 충격적인 결과다. AlphaGo가 공개된 지 채 2년이 되기 전에, 딥마인드는 인공지능 역사에 다시 한 번 큰 획을 그었다. 인공지능의 진화 속도는 우리가 생각했던 것보다 매우 빠를 수도 있다.

■ 참고 문헌

1. 국외 문헌

Silver, David, et al. "Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search." *Nature* 529.7587(2016): 484-489.

Silver, David, et al. "Mastering the game of go without human knowledge." *Nature* 550.7676(2017): 354.

He, Kaiming, et al. "Deep residual learning for image recognition." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2016.

2. 국내 문헌

AlphaGo의 인공지능 알고리즘 분석, 이슈리포트 2016-002, 소프트웨어정책연구소(2016)

게임인공지능 동향, SPRI SW산업 동향, 소프트웨어정책연구소(2016)

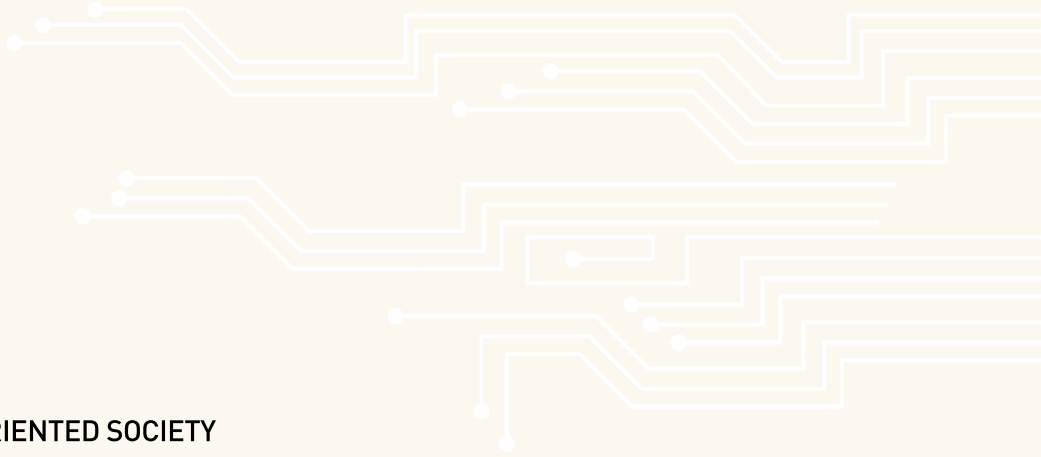
알파고 세계 바둑계를 정복하다, SPRI SW산업 동향, 소프트웨어정책연구소(2017)

알파고 제로, 인공지능의 새 길을 열다, SPRI 칼럼, 소프트웨어정책연구소(2017)





발행인	김명준 (KIM, Myung Joon)
발행처	소프트웨어정책연구소 (Software Policy & Research Institute) 경기도 성남시 분당구 대왕판교로 712번길 22 글로벌 R&D센터 연구동(A) Global R&D Center 4F, 22, Daewangpangyo-ro 712beon-gil, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do
홈페이지	www.spri.kr
전화	031.739.7300 (+82-31-739-7300)
디자인·제작	(주)늘플러스 www.nplplus.co.kr



2018 FEBRUARY

MONTHLY SOFTWARE ORIENTED SOCIETY

COLUMN

Will a new arrow hit indeed the target?

Pizza and Innovation

Some Characteristics and Considerations on IoT(Internet of Things)

TREND

The issues of lending coin and implications : The case of BitConnect

A case study on the dynamic pricing based on Bigdata and some implications

The trend and current issues of smart contracts

Changes in electronic components such as an intelligent semiconductor

STATISTICS

Domestic Software Production

Domestic Software Export

ISSUE

Direction for improving SW engineer career management system based on ITSQF

The Artificial Intelligence Algorithm of AlphaGo Zero



경기도 성남시 분당구 대왕판교로 712번길 22 글로벌 R&D센터 연구동(A)

Global R&D Center 4F, 22, Daewangpangyo-ro 712beon-gil, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do

www.spri.kr

