

# 전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.49. no.12

개인정보 보호 시스템



개인정보 보안

## 블록체인 기술 동향

- 블록체인 기술과 응용
- 블록체인의 Trilemma
- 블록체인 기술 동향과 Web3.0
- 웹 3.0 활성화를 위한 시나리오 발굴
- 블록체인과 전통적 합의 알고리즘의 이해
- 영지식 증명 이해와 블록체인 활용
- 블록체인 코드와 품질 가시화

모든 인증 시스템을 하나로!  
DID SYSTEM

모바일 신분증



공인인증서



대한전자공학회

The Institute of Electronics and Information Engineers

[www.theieie.org](http://www.theieie.org)

# Boost your lab's performance

## 임의파형발생기

- 2.4 GSa/s, 16 bit, 750 MHz
- 4 또는 8 채널 이상
- 50 ns 이하의 트리거 딜레이

### 어플리케이션

반도체 테스트, 양자 컴퓨터, Phased array 레이더 설계 & 테스트, Lidar, 분광학, NMR

## 임피던스분석기

- DC ~ 5 MHz까지, 1mΩ ~ 1TΩ까지
- 0.05% 기본 정확도
- 측정 정확도 보상 및 측정 신뢰도 표시 기능

### 어플리케이션

높은 Q 값의 유전체, 정전용량형 센서, 슈퍼 커패시터, PV 소자, 소자 특성 분석

## 락인앰플리파이어

- 600 MHz까지 측정 가능
- 스코프, FFT, 주파수 응답 분석기, Sweeper, 이미징 툴
- 옵션: 임의파형발생기, PID, PLL, Boxcar, 주파수 카운터, AM & FM 변조

### 어플리케이션

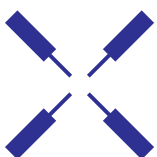
AFM, LVP, CARS, SRS, SNOM, graphene, optical PLL, THz, pump-probe, RFID, MEMS, NEMS, gyros, NDT, MRFM

## LabOne® 소프트웨어

취리히인스트루먼트의 모든 장비는 제어소프트웨어인 LabOne®을 사용할 수 있습니다. 다양한 기능, 효율적인 작업, 쉬운 사용자인터페이스를 제공합니다. 웹브라우저에서 장비를 액세스하거나 LabVIEW™, MATLAB®, Python, C 또는 .NET 프로그램들과 통합할 수 있습니다.

한국담당자 010-6456-3463  
ilnam.yeom@zhinst.com  
www.zhinst.com

응용분야 솔루션에 대하여  
기술문의 해주세요



Zurich  
Instruments



# ICEIC2023

INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONICS,  
INFORMATION, AND COMMUNICATION 2023

**FEB. 5<sup>(SUN)</sup> – 8<sup>(WED)</sup> | SHANGRI LA, SINGAPORE**

## CALL FOR PAPERS

The 22st International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC 2023) is a forum open to all the participants who are willing to broaden professional contacts and to discuss the state-of-the-art technical topics.

Regular sessions of ICEIC 2023 will include more than 300 oral and poster presentations. In addition, the conference will offer special sessions, invited talks, keynote speeches, and tutorials to cover a broad spectrum of topics on electronics, information, and communication technologies.

## IMPORTANT DATES

- Submission of Paper : September 18, 2022
- Notification of Acceptance : October 21, 2022
- Submission of Camera-Ready Paper : November 14, 2022





## 대한전자공학회

# 2022

## 학회상 수상자

우리 학회는 1968년부터 매년 전자·정보·통신 분야에 탁월한 업적을 이루어 전자공학 학문과 기술의 발전에 공헌한 회원들에게 학회상을 시상하고 있으며, 금년에는 11월 25일(금) 곤지암리조트에서 시상식이 개최되었다.

[대한전자공학대상]



[기술혁신상]



[2022 IEIE Research Pioneer Award]



[논문상 단체]



[공로상 단체]





## 대한전자공학대상



### 전 영 현 부회장 (삼성SDI(주))

#### | 주요 학력/이력 |

- 1979년~1984년 한양대학교 전기 전자공학과 학사
- 1984년~1986년 KAIST 전기 및 전자공학과 석사
- 1986년~1989년 KAIST 전기 및 전자공학과 박사
- 2009년~2012년 삼성전자 반도체사업부 DRAM/Flash개발실장 부사장
- 2012년~2014년 삼성전자 메모리사업부 전략마케팅팀장 부사장
- 2014년~2017년 삼성전자 DS부문 메모리사업부장 사장
- 2017년~2022년 삼성SDI 대표이사 사장
- 2022년~ 삼성SDI 이사회 의장 부회장
- 2020년~ 한국전자산업협회 회장

#### | 주요업적 |

전영현 부회장은 메모리 반도체 및 2차 전지 분야에서 다양한 연구 개발을 주도해 왔다.

특히 2009년부터 2017년 2월까지 삼성전자의 부사장과 사장을 역임하면서 반도체 및 메모리 사업부의 개발 책임을 맡아, 국내외 최고 수준의 연구역량과 경영능력을 발휘하였다. 10나노급 DRAM 세계 최초 양산, 3D V낸드 세계 최초 양산, 세계 최초 3D TSV 기반 서버용 DRAM 모듈 양산, 차세대 SSD 및 메모리카드 관련 원천 특허 등 반도체 산업의 주요 제품인 메모리 분야에 필요한 핵심 기술과 세계 최초/최고의 차세대 메모리를 연이어 개발하였고, 이는 대한민국이 메모리 시장의 기술 주도자로서 국가 기술 경쟁력 향상과 IT 강국으로서의 이미지를 제고하고 반도체산업의 초격차 기술 및 경쟁력을 확보하는 데 크게 기여하였다.

2017년 3월 삼성SDI 부임 후에는 반도체 사업의 성공 경험을 전 사업계의 또 다른 분야인 전자소재 및 2차전지에 접목해 OLED 및 반도체 등에 소요되는 최첨단 전자재료 개발, 중/대형 및 소형의 초고성능 배터리 개발, 고성능 전력저장시스템 개발 등을 주도하여 근본적 혁신을 이루고 배터리 산업을 반도체에 버금가는 국가 신성장동력 산업으로 이끌었다.





## 기술혁신상



**이 재 훈** 대표이사 (유정시스템㈜)

### | 주요 학력/이력 |

- 1985년 한양대학교 대학원 공학석사
- 2004년 한국해양대학교 대학원 공학박사
- 1993년 경기도 교육청 교육행정 전산망 SYSTEM 도입 자문위원\_경기도 교육청
- 2000년 한국산업기술평가원 기술심의위원\_산업자원부
- 2001년 유정시스템㈜ 대표이사 취임
- 2004년 전략물자기술자문단 위원 위촉\_산업자원부
- 2006년 LG전자㈜ MC연구소 개발 협력회 회장 취임\_LG전자㈜
- 2011년 2011 SME-Technology Fair 우수 협력중소기업 감사장 수상\_LG기술협의회
- 2013년 사단법인 대한전자공학회 협동 부회장 임명\_(사)대한전자공학회
- 2017년 한국센서학회 산학협력부회장 임명\_(사)한국센서학회
- 2021년 우수기업연구소육성사업(ATC+) 기업으로 선정\_산업통상자원부

### | 주요업적 |

이재훈 대표이사는 22년전 벤처회사를 창업하여 LG전자의 통신단말기(핸드폰), SKHynix의 반도체 chip tester 등을 개발하여 왔다. 이재훈 대표이사는 기업경영에 힘쓰면서도 반도체 chip tester 기술 개발에 전념하여, 1개의 메모리를 시험하는 환경에서 128개를 동시에 테스트할 수 있는 환경으로 확장 가능 메모리 테스트 장비를 개발하였고, 이에 핸들러를 적용한 정밀 온도 제어 기술을 적용하여 메모리 테스트 실장 환경을 선도하여 관련 기술 발전에 기여하고 있다.

## IEIE Research Pioneer Award



**정 진 곤** 교수 (중앙대학교)

### | 주요 학력/이력 |

- 1994년~2001년 연세대학교 전파공학과 공학사
- 2001년~2003년 KAIST 전기및전자공학과 공학석사
- 2003년~2007년 KAIST 전기및전자공학과 공학박사
- 2007년~2008년 KAIST 전기및전자공학과 박사후연구원
- 2008년~2009년 UCLA 박사후연구원
- 2009년~2016년 I2R, A\*STAR 책임연구원, 연구원
- 2016년~현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수, 부교수, 조교수

### | 주요업적 |

정진곤 교수는 무선통신 전송량 증대, 통신 시스템 에너지 효율 향상, 통신 보안 강화 등을 위해 다중 안테나 및 다중 사용자 무선통신 물리계층 기술을 연구하고, 100편 이상의 SCI(E) 우수 학술지에 그 연구 결과를 게재하여 관련 분야 연구 발전에 공헌하였다. 특히, 2018년에 연구 발표한 시공간 선 부호화(STLC: space-time line code) 기술은 낮은 네트워크 오버헤드와 적은 계산량으로 대단위 안테나 시스템의 최대 성능을 끌어낼 수 있고, 그 확장성 또한 우수하여, 다양한 무선통신 시스템에 활용되어 다중 안테나 무선통신 기술 발전에 크게 공헌하였다.



## 대한전자공학회 논문상

### | 반도체분야 |



#### 강명곤 교수 (한국교통대학교)

##### | 주요 학력/이력 |

- 1996년~2003년 전북대학교 전자정보공학부 공학사 (수석 졸업)
- 2003년~2005년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 공학석사
- 2010년~2012년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 공학박사 (학술 연구)
- 2005년~2015년 삼성전자 메모리사업부 책임연구원
- 2015년~ 한국교통대학교 전자공학과 교수 (KNUT Fellow)

##### | 주요업적 |

강명곤 교수는 반도체 소자 기술에 대한 지식과 경험(삼성전자 재직 시 세계 최초로 양산된 3D NAND 개발에 참여하였고 다수의 제품 개발에 참여하였음)을 바탕으로 다수의 연구 결과(SCIE급 논문 125여건)를 발표하였으며, 이는 국내 차세대 반도체 기술 개발에 큰 기여를 하였다. 특히 3D NAND Flash Memory에서 물리적으로 발생하는 현상인 Down Coupling Phenomenon(DCP, IEEE EDL 2016)과 Natural Local Self-Boosting(NLSB, IEEE EDL 2017) 현상을 세계 최초로 발견, 분석하여 많은 연구자에게 연구 방향과 통찰력을 주었으며, 이런 핵심적인 연구를 통해 3D NAND의 성능 개선과 구현에 크게 공헌하였다.

### | 컴퓨터 분야 |



#### 정은성 교수 (홍익대학교)

##### | 주요 학력/이력 |

- 1992년~1996년 서울대학교 전기공학부 공학사
- 1996년~1998년 서울대학교 전기공학부 공학석사
- 1998년~2000년 LG산전 주임연구원
- 2000년~2005년 (주)매크로임팩트 개발팀장
- 2005년~2010년 University of Florida 컴퓨터공학과 공학박사
- 2011년~2012년 삼성전자 종합기술원 전문연구원
- 2013년~2015년 Argonne National Lab 박사후연구원
- 2016년~현재 홍익대학교(세종) 부교수

##### | 주요업적 |

정은성 교수는 연구기관들을 연결하는 연구망에서의 효율적인 데이터 전송과 관련하여 박사 이후 연구를 지속하여 TCP 프로토콜의 효율성 증가, 데이터 전송을 위한 스케줄링 알고리즘 및 Science DMZ 모델 개선 등의 연구 성과가 있으며, 분산 시스템 고성능 컴퓨팅 분야에서는 모바일 기기와 클라우드 컴퓨터 간의 작업 배분 및 슈퍼컴퓨터에서의 작업 스케줄링 관련한 연구에도 크게 공헌하였다. 또한, 고성능 컴퓨팅 및 시스템 소프트웨어 분야의 산업체들과의 협업을 통해 실제 제품에 적용되는 실용적 기술 개발 연구에도 크게 기여하였다





## 대한전자공학회 논문상

### | 인공지능 신호처리 분야 |



**김 용 우** 교수 (상명대학교)

#### | 주요 학력/이력 |

- 2003년~2007년 인하대학교 전자공학과 공학사
- 2007년~2009년 인하대학교 전자공학과 공학석사
- 2014년~2019년 한국과학기술원 전기및전자공학부 공학박사
- 2009년~2017년 (주)LX세미콘 선임연구원
- 2018년~2020년 한국항공우주연구원 선임연구원
- 2020년~ 상명대학교 조교수

#### | 주요업적 |

김용우 교수는 자율주행차, 드론과 같은 임베디드 시스템에서 실시간 영상 처리를 위한 딥러닝 네트워크 경량화 기법 및 하드웨어 가속기 구조 연구를 수행하였다. 특히, 에지 디바이스와 같은 리소스가 제한된 환경 하에서 프루닝, 양자화 등의 딥러닝 네트워크 경량화 기법을 제안하여 얼굴 감정 인식, 객체 인식 등 딥러닝 기반 영상 처리 알고리즘과 그에 대한 하드웨어를 구현하였으며 최근 3년간 해외 및 국내 논문 12편을 게재하여 많은 연구자에게 연구 방향과 통찰력을 주었다.

### | 시스템 및 제어 분야 |



**강 대 수** 교수 (공주대학교)

#### | 주요 학력/이력 |

- 1979년~1983년 경희대학교 전자공학과 공학사
- 1983년~1985년 경희대학교 전자공학과 공학석사
- 1986년~1993년 경희대학교 전자공학과 공학박사
- 1984년~1985년 삼성반도체통신(주) 통신종합연구소
- 1993년~1997년 경희대학교 부설 시스템공학연구소
- 1997년~1999년 한국과학기술원 첨단기술사업화센터
- 1999년~ 국립공주대학교 공과대학 정보통신공학과 교수

#### | 주요업적 |

강대수 교수는 신호처리에 의한 시스템진단 및 모니터링 분야에서 다수의 논문 및 특허를 보유하고 있으며, 특히 고전력계통 불량개소 진단시스템의 개발과 배터리 시스템의 진단 및 모니터링 시스템의 개발 관련하여 정책과제수행 및 산학협력체계를 통하여 사업화에 이르는 등 관련분야의 발전에 기여하였다.



## 대한전자공학회 논문상

### | 산업전자분야 |



서 병 석 교수 (상지대학교)

#### | 주요 학력/이력 |

- 1994년 3월 ~ 2001년 2월 연세대학교 전산학 학사
- 2005년 3월 ~ 2008년 8월 연세대학교 일반대학원 전산학 석사
- 2009년 9월 ~ 2021년 8월 연세대학교 일반대학원 전산학 박사
- 2001년 12월 ~ 2002년 12월 씨엔씨엔터프라이즈(주)
- 2003년 1월 ~ 2004년 6월 (주)제네럴솔루션테크놀로지
- 2010년 4월 ~ 2012년 2월 유비씨앤에스 대표
- 2012년 4월 ~ 2020년 2월 상지영서대학교 국방정보통신과 조교수
- 2020년 3월 ~ 현재 상지대학교 전자보안공학부 부교수

#### | 주요업적 |

서병석 교수는 컴퓨터시스템 및 네트워크보안 분야에서 실시간 처리 가능한 대량의 다중 정규표현식(regular expression) 패턴 매칭 프로세서 아키텍처의 설계 및 구현을 통해 침입탐지시스템의 성능 향상에 크게 기여하였으며, 특히 최근에는 위·변조 공격 가능성을 차단하기 위한 딥러닝 기반 소프트웨어 취약점 분석, 머신러닝 및 딥러닝 기반 DDoS 공격의 탐지와 관련한 SCI(E) 논문을 발표하여 많은 연구자에게 연구 방향과 통찰력을 주었다.



## 2022년도 학회 공로상 수상자 명단

| 성명  | 직위   | 소속        | 공적                   |
|-----|------|-----------|----------------------|
| 고병철 | 교수   | 계명대학교     | 영상이해연구회 위원장          |
| 김성우 | 교수   | 서울대학교     | 총무이사                 |
| 김영로 | 교수   | 명지전문대학    | 산업전자(소)활성화           |
| 김영선 | 교수   | 대림대학교     | 산업전자(소)활성화           |
| 김영진 | 교수   | 한국항공대학교   | RF집적회로연구회 활성화        |
| 김진홍 | 교수   | 배재대학교     | 컴퓨터(소)활성화            |
| 문 용 | 교수   | 송실대학교     | SoC설계연구회 활성화         |
| 송병철 | 교수   | 인하대학교     | IEIE SPC 편집장         |
| 유성철 | 본부장  | LG히다찌(주)  | 컴퓨터(소)활성화            |
| 이광엽 | 교수   | 서경대학교     | 2021 반도체산학연구교류회 위원장  |
| 이덕진 | 교수   | 전북대학교     | 2022 정보및제어심포지엄 조직위원장 |
| 장경훈 | 교수   | 제주관광대학교   | 제주지부장                |
| 장은영 | 교수   | 공주대학교     | 호서지부장                |
| 전세영 | 교수   | 서울대학교     | 바이오영상신호처리연구회 위원장     |
| 전한수 | 전무   | 세림티에스지(주) | 산업전자(소)활성화           |
| 조병영 | 대표이사 | (주)태진티엔에스 | 산업전자(소)활성화           |
| 최정희 | 교수   | 대구대학교     | 대구.경북지부장             |

## 대한전자공학회

## 2022 해동상

대한전자공학회가 주관하고 해동과학문화재단(김영재 이사장)이 후원하는 제 32회 해동학술상 수상자로 전병우 성균관대학교 교수, 해동 기술상 수상자로 최창식 DB하이텍 대표이사 부회장 그리고 해동젊은공학인상에는 학술상 수상자로 김영민 서울대학교 교수가 기술상 수상자로 김용석 LG이노텍 책임연구원이 각 각 선정되었다.

전병우 교수는 동영상 압축 및 신호처리 분야에서 30년 이상의 우수한 연구개발을 통하여 논문, 특허, 기술이전 등으로 원천 기술을 확보하여 산업적 활용도를 높였으며, “10대 차세대성장동력 디지털TV/방송 사업단장” 등을 역임하며 디지털 방송, 멀티미디어, 국제표준화 분야 기술전문가로서 다양한 사회공헌을 통해 국가경쟁력 향상에 크게 기여하였다고 평가되었다.

최창식 대표이사 부회장은 삼성전자에서 20년 이상 재직하면서 256M DRAM을 개발하여 삼성회장상을 2회 수상하였고 한국이 메모리반도체 산업의 위상을 유지하는데 기틀을 마련하였으며, 2012년에 DB하이텍 대표이사로 취임 후에는 Analog 및 BCD(Bipolar-CMOS-DMOS) 공정의 구축, Foundry와 미래 통신 분야의 핵심 기술의 개발 등을 통해 시스템반도체 산업의 국가경쟁력 강화에 크게 기여하였다고 평가되었다.

김영민 교수는 3차원 비전과 연관된 그래픽스, 컴퓨터 비전, 로보틱스, 머신 러닝 등의 분야에서 탁월한 연구성과를 지닌 융합형 인재로 세계 최고 수준의 다양한 학술지와 워크샵에서 발표 및 심사 등을 통해 시 등 미래 새로운 신기술 분야 학문과 산업에 크게 기여하였다고 평가되었으며, 참고로 김 교수는 2019에 World Economic Forum에서 Young Scientist로 선정된 20인 중의 1명으로 선정된 바 있다.

김용석 책임연구원님은 5G 신호 손실 저감, 고속 전송 및 고 집적화를 요구하는 기술의 방향성을 제시하고, 이를 주도적으로

개발하여 세계 최초로 신호 손실 저감 기술이 탑재된 제품을 다수 출시할 수 있었으며, 또한 이를 바탕으로 기술확장 및 융복합화를 통해 한국의 차세대 반도체 패키지, 5G 통신 기술 및 기반 산업 발전에 크게 기여하였다고 평가되었다.

해동상은 1965년 대덕전자회를 설립하여 50여년간 PCB사업에 전념하여 오신 창업주 (故)김정식 회장님께서 우리나라 전자공학 분야의 학문 및 기술발전을 위하여 크게 업적을 쌓은 분들의 노고를 치하하기 위해 제정한 상이다.

해동상은 1991년 설립된 해동과학문화재단에서 <대한전자공학회 해동상>을 제정한 이래 현재까지 총 32회에 걸쳐 시행하여 왔고, 2005년부터는 시상영역을 확대하여 한국마이크로전자 및 패키징학회, 한국통신학회, 한국공학한림원을 포함해 4개의 단체를 대상으로 총 300여명에게 해동상을 수여해 오고 있다.

<대한전자공학회 해동상>은 해동상 설립 초기부터 시상하여 현재 학술상, 기술상, 젊은공학인상(학술상), 젊은공학인상(기술상) 4개 부문으로 구분하여 업적이 탁월한 분들에게 시상하고 있다.

한편, 이번 제32회 해동상 수상자 선정을 위해 각 대학, 연구소, 기업체에 후보자 추천을 의뢰하고 전자신문에 2회에 걸쳐 후보자 공모 광고를 게재하고 전 회원들에게 이메일 발송, 홈페이지 게시 및 각종 행사에서 홍보 등 다방면으로 홍보하여 9월 20일까지 후보자에 대한 추천서를 접수하였다.

해동학술상은 2인, 해동기술상은 1인, 젊은공학인상(학술상)은 1인, 젊은공학인상(기술상)은 2인이 각각 응모하였으며, 포상위원회에서(2022.10.11.)에서는 해동상 평가 세부 지침에 의거하여 심도 있는 평가를 거쳐 최종 수상후보자 각 1인을 선정하였으며, 학회 6차 상임이사회(2022.10.14.) 의결을 거쳐 후보자를 선정하고 해동과학문화재단의 승인 후 확정하였다.

[해동상 수상자]







## 해동학술상



### 전 병 우 교수 (성균관대학교)

#### Ⅰ 주요 양력 및 이력 Ⅰ

- 1981년~1985년 서울대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)
- 1985년~1987년 서울대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1987년~1992년 미국 Purdue 대학교 (공학박사)
- 1993년~1997년 삼성전자 신호처리연구소 (선임, 수석연구원)
- 1997년~현재 성균관대학교 전자전기공학부 조교수, 부교수, 교수
- 2004년~2006년 과기부 차세대성장동력 디지털TV/방송 사업단장(정통부 PM)
- 2006년~현재 국가기술표준원 산업표준심의회 멀티미디어부호화 전문위원
- 2010년~2010년 공정거래위원회 지적재산 자문위원
- 2015년~2016년 성균관대학교 정보통신대학 학장
- 2016년 대통령표창(세계표준의 날, 산업통상자원부)
- 2020년~현재 성균관대 전자전기컴퓨터공학과 4단계 BK21 교육연구단장
- 2021년~2021년 삼성전자 삼성리서치 자문교수
- Associate Editor (IEEE Trans. Circ. & Syst. for Video Tech. 2018. 1. ~ 2021.12)
- Associate Editor (IEEE Trans. Broadcasting, 2011. 1. ~ 현재)
- General Chair of IEEE VCIP2023, IWAIT2023, IEEE BMSB2019
- Technical Program Chair of IWAIT2016, IEEE BMSB2012

#### Ⅰ 주요업적 Ⅰ

전병우 교수는 동영상압축 및 신호처리분야에서 30년 이상의 지속적인 연구개발을 통하여 논문, 특허, 기술이전등 우수한 연구성과를 창출하고 국제표준 원천기술을 확보하여 산업적 활용도를 높였다. 특히, 동영상압축분야의 국내 기술이 열악했던 1990년초부터 현재까지 MPEG 동영상압축 및 처리분야에 집중된 연구를 수행하며, 103편의 국제학술지 게재와 213편의 국제학술대회 논문발표를 통하여 연구결과를 적극적으로 전파하여 이 분야의 학문적 발전에 크게 기여하였다.

또한, 산업적 활용성이 높은 연구주제를 연구하면서 H.264, H.265, H.266에 이르는 MPEG 국제표준의 핵심 원천기술로 등재된 국내외 등록특허를 다수 창출하여 국가 산업경쟁력 향상에 크게 기여하고 다양한 형태의 기술이전을 통하여 산업적으로 활용될 수 있게 하였다. 이러한 지금까지의 노력들은 객관적으로도 인정을 받아, 2022년 9월 현재 H-index=42 (Google Scholar)를 달성하였고, 또한, 동영상신호처리 분야의 국가지정연구실(National Research Lab)으로 지정되었으며 (2006년), 국제적으로도 동영상압축분야 전문가로 인정받아 국제적으로 가장 저명한 IEEE의 동영상 관련 대표 학술논문지 2종의 편집위원으로, 그리고 이 분야의 중요한 학술회의들의 Technical Program Chair, General Chair로도 기여하고 있다.

전병우 교수는 학문적인 활동이외에도 디지털 방송, 멀티미디어, 국제표준화 분야 기술전문가로서 다양한 사회공헌을 하였다. 특히 10대 차세대성장동력 디지털TV/방송 사업단장 (2004~2006)으로 우리나라의 디지털방송 기술 개발을 총괄하며, DTV 기술개발, 사업화 및 정책지원업무를 수행하였고, 기술표준원 멀티미디어부호화 전문위원 (2006~ 현재) 역할을 통하여 산학연 간의 표준화 정보교류증진과 국가 표준화 전략실현을 통하여 국내기술을 MPEG 국제표준에 반영시키는데 공헌하였다. 이러한 “국제표준 선점과 해외시장 선도활동을 통하여 국내기업의 매출증대에 기여”한 공적으로 2016년 세계표준의 날에 대통령표창을 받기도 하였다



## 해동기술상



### 최 창 식 대표이사 부회장 (주)DB하이텍

#### | 주요 양력 및 이력 |

- 1977년 서울대학교 공과대학 재료공학과 (공학사)
- 1979년 서울대학교 대학원 재료공학과 (공학석사)
- 1990년 미국 North Carolina대학 전자공학 박사학위 (공학박사)
- 2006년 서울대학교 경제학과 최고전략과정 수료
- 1981년~1982년 동부산업(現 동부메탈) 기술개발실
- 1983년~1985년 삼성전자 64K, 256K DRAM 개발 연구원
- 1984년 256K DRAM 개발 삼성회장상 수상
- 1991년~1996년 삼성전자 256M DRAM 개발팀장
- 1994년 256M DRAM 개발 삼성회장상 수상
- 1994년 제야의 종 타종(256M DRAM 개발로 세계화 · 미래화에 기여공로)
- 1997~2000년 삼성전자 ASIC 공정개발팀장
- 2001~2005년 삼성전자 디스플레이 드라이버 IC 사업팀장
- 2006~2007년 삼성전자 시스템LSI 제조센터장
- 2008~2009년 삼성전자 시스템LSI Foundry센터장
- 2010~2011년 삼성전자 태양전지 사업부장
- 2018년 제11회 반도체의 날 기념식 동탑산업훈장
- 2012년~2020년 동부하이텍 (現 DB하이텍) 대표이사 사장
- 2020년~現在 DB하이텍 대표이사 부회장

#### | 주요업적 |

최창식 부회장은 삼성전자에서 근무하였을 당시 256KB, 256MB DRAM을 개발하여 대한민국이 20년이상 메모리반도체 산업의 위상을 유지할 수 있는 기틀을 마련하였다.

이후, 2012년 DB하이텍 대표이사를 맡은 후부터 시스템반도체 사업에서 경쟁력을 잃고 있었던 상황에서 극적인 반전을 꾀하였다. 시스템반도체 산업에서 Analog 및 BCD(Bipolar-CMOS-DMOS) 공정은 각국에서 탄소중립 달성을 위해서 필요한 효율적인 전력 제품을 만들기 위한 필수 공정이다. DB하이텍은 전력관련 모든 종류의 제품을 설계할 수 있는 5V ~ 900V 공정을 주요 영역별로 구분하여 제공하고 있으며, 최고의 공정 성능, 품질, Delivery, PDK 등 모든 면에서 최고의 우수성을 인정받고 있다. 이러한 우수성을 인정받아 전세계적으로 250개이상의 고객이 DB하이텍 Analog 및 BCD 공정을 사용하고 있으며, 세계 유수의 업체가 (Mediatek, Broadcom, Renesas 등) DB하이텍과 미래의 제품 개발 roadmap을 함께하고자 찾아오는 등 시스템반도체에서의 위상을 높이고 있습니다. 이외에도 Foundry 업계에서 IDM인 Infineon/STMicro 수준의 경쟁력이 있는 SJMOSFET 공정을 보유하여 점유율을 올리고 있으며, 국내에서 유일하게 SNR 65dB 수준의 MEMS microphone 제품도 보유하고 있다. AI, 전기차 시대 등에 필요한 Specialty CIS (Global shutter, SPAD) 공정을 확보하여 고객에 지원을 하고 있으며, 5G/6G, IoT, V2X 등 미래 통신분야에 적합한 경쟁력이 있는 RF SOI 공정도 국내에서 유일하게 경쟁력 있는 성능을 확보하는 등 다방면에서 대한민국이 부족한 시스템반도체 영역에서 국가 경쟁력을 강화하고 있을 뿐만 아니라 국가 안보에도 이바지하고 있다.





## 해동젊은공학인상[학술상]



김 영 민 교수 (서울대학교)

### | 주요 양력 및 이력 |

- 2002년~2006년 서울대학교 공과대학 전기공학부 (공학사)
- 2006년~2008년 미국 스탠퍼드 대학 (Stanford University) (공학석사)
- 2008년~2008년 독일 막스플랑크 연구소 (MPI Informatiks) 방문연구원
- 2008년~2013년 미국 스탠퍼드 대학 (Stanford University) (공학박사)
- 2013년~2015년 한국과학기술연구원 (KIST) 연구원
- 2016년~2018년 미국 텍사스주립대 (Univ. of Texas at Austin) 방문연구원
- 2015년~2019년 한국과학기술연구원 (KIST) 선임연구원
- 2019년~현재 서울대학교 전기정보공학부 조교수
- 2020년~현재 한국과학창의재단 비상임이사

### | 주요업적 |

김영민 박사는 3차원 센서를 활용하고 이를 통해 일상 속의 공간 혹은 물체의 3차원 모델을 만드는 연구를 진행하여 왔다. 3차원 비전이라는 연구 분야는 수 년전만 해도 국내에서 생소한 분야였으나, 메타버스, 인공지능 등의 발전과 함께 세계적으로 관심이 집중되고 있는 분야이다. 3차원 센서를 본격적으로 활용하는 박사기간의 연구 내용을 바탕으로 서울대학교에 관련 수업을 처음으로 개설하고 관련 연구 성과를 꾸준히 발표하고 있다.

주요 연구 분야는 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 최근 업적 중 가장 널리 알려진 연구들은 3차원 형상을 재현하고 완성하는 방법을 제시하고 있다(CVPR 2019, ACCV 2020, ICLR 2021, BMVC 2021, ICLR 2022). 둘째, 3차원 정보를 활용하여 대용량 데이터 없이 시뮬레이터와 현실 사이의 간극을 줄이는 연구 내용을 발표하여, 실용적인 시각 기반 알고리즘을 제안하였다 (ICCV 2021, CVPR 2022, WACV2022, ECCV 2022, IROS 2022). 셋째, 실측 데이터로부터 3차원 구조(ICPR 2022, ICCV 2021, CGF 2021) 나 동적 움직임을 이해(CVPR 2021 oral, AAAI 2022 oral)하고 활용하여 실측 데이터 활용을 돕고 있다. 이러한 성과를 인정받아 국제적 전문가들과 함께 ICLR 2022에 “Generalizable Policy Learning in the Physical World”라는 워크숍을 개최하여 첨단 기술의 방향성과 실용적인 응용 방안을 논의 하는 자리를 가졌다.

이처럼 3차원 비전과 연관된 그래픽스, 컴퓨터 비전, 로보틱스, 머신 러닝 등의 분야의 최우수 학술지들(TVCG, CGF, CVPR, ICCV, ECCV, ICLR, AAAI, IROS, TRO, Mobicom)에 연구 성과를 발표하는 보기 드문 융합형 인재이다. 연구 업적의 우수성과 분야의 탁월성을 인정받아 2019년에는 World Economic Forum에서 Young Scientist로 선정된 20인 중의 1명으로 선정되었다. 또한 각종 학회나 학술지에 리뷰어나 편집자, 프로그램 위원으로 참가하는 등 국제 활동 또한 활발히 참여 하고 있다.



## 해동젊은공학인상(기술상)



김 용 석 책임연구원 (LG이노텍(주))

### | 주요 양력 및 이력 |

- 2010년 가천대학교 화학공학과 (공학사)
- 2015년 연세대학교 화공생명공학과 (공학박사)
- 2015년~2016년 Univ. of Michigan (박사후 연구원)
- 2016년~2017년 Univ of Wisconsin (박사후 연구원)
- 2017년~현재 LG이노텍(주) (책임 연구원)

### | 주요업적 |

김용석 책임연구원은 5G 통신 환경 변화에서의 기술 리더를 위해, 제4세대(4G) 이동통신에서 제5세대(5G) 이동통신으로 넘어가는 단계에서 신호 손실 저감 기술의 필요성과 Solution에 대해 고객에게 선 제안하고, 한발 앞선 개발 및 양산에 성공하였다.

특히, 유전체의 저유전 소재에서 발생하는 분극 현상 제어와 표피 효과로 나타나는 저조도 도체 표면 기술은 trade-off 기술로 난이도가 매우 높은 난제 중 하나였으나, 이를 소재의 분자설계와 기존 물리적 접착에서 진화되는 물리/유기 하이브리드 접합 구조의 구현으로 공정기술의 진화를 이루어 세계 최초 사업화에 성공하였다. 상기 코어기술을 중심으로 반도체 기판 구조, 차폐 디자인 등 다양한 방법으로 고객의 가치를 창출하고 있다.

또한, 경박 단소의 반도체 기판을 구현하기 위한 하이브리드 구조 제시로 획기적으로 두께를 줄일 수 있는 반도체 기판 기술에 대한 로드맵을 제시하고, 입고소재부터 불량을 검출할 수 있는 AI 플랫폼 개발 등 반도체 기판에서 향후 필요한 미래기술을 준비하고 있다.

5G 신호 손실 저감, 고속 전송 및 고집적화를 요구하는 기술의 방향성을 제시하고, 이를 주도적으로 개발하여 세계 최초로 신호 손실 저감 기술이 탑재된 제품을 다수 출시하였고, 이를 기반으로 LG이노텍 RF-SiP 기판의 세계 1위 지위를 확보에 크게 기여하였다. 또한 기술을 지속적으로 발전시켜 5G 스마트폰 시장에서 LG이노텍의 독점적인 원천기술을 기반으로 Sub 6G (~6GHz) 영역에서의 해외 경쟁사와의 진입 장벽을 높일 수 있었다.

이를 바탕으로 인접 기술 분야인 mmWave용 AiP(Antenna in Package), FCBGA기술 확장 및 융복합화를 통해 Application 확대와 함께 매출액 상승을 기대하고 있으며, 차세대 반도체 패키지에 대한 기술 개발과 이를 기반으로 업계 기술리딩을 통해 국가 5G 통신 기술 및 기판 산업 발전에 크게 기여하였다



# IEEE DiscoveryPoint Communications(IDPC)



## IEEE가 만든 첨단 통신산업 R&D를 위한 All-in-One Platform



IEEE Full-text를  
포함한 다양한 양질의  
자료 제공



최첨단 연구를 위한  
자료, 표준, 공급업체를  
위한 솔루션까지  
하나의 플랫폼에서  
검색가능



5G, 6G, Edge,  
Computing, IoT 등  
다양한 통신기술  
분야의 자료중  
전문적으로  
선별된 콘텐츠 제공



설계 문제에 대한  
솔루션 제공하여  
실무 엔지니어에게  
최적화

Trial가능,  
문의 02-3474-5290  
이희진 과장 [hjlee@kitis.co.kr](mailto:hjlee@kitis.co.kr)  
김은진 대리 [ejkim@kitis.co.kr](mailto:ejkim@kitis.co.kr)



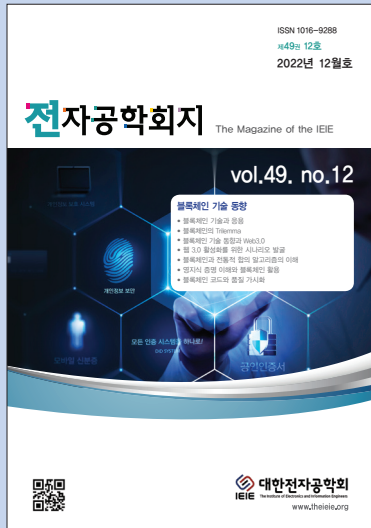
Authorized  
Dealer



키티스 産學研情報(株)  
KITIS Info. & Co., Ltd.

# CONTENTS

제49권 12호 (2022년 12월)



※ 학회지 12월호 표지 (vol 49, No 12)

## 회지편집위원회

- 위 원 장 선 우 경 (서울대학교 교수)
- 위 원 김 명 선 (한성대학교 교수)
- 김 영 진 (한국생산기술연구원 박사)
- 김 형 진 (인하대학교 교수)
- 민 경 식 (국민대학교 교수)
- 송 민 협 (한국전자통신연구원 선임)
- 이 덕 진 (전북대학교 교수)
- 이 정 원 (서울대학교 교수)
- 이 철 (동국대학교 교수)
- 정 은 성 (홍익대학교 교수)
- 조 성 재 (가천대학교 교수)
- 황 효 석 (가천대학교 교수)
- 사무국 편집담당  
배 기 동 부장  
TEL : (02)553-0255(내선 5)  
FAX : (02)552-6093
- 학회 홈페이지  
<http://www.theieie.org>

## 학회소식

12 학회소식 / 편집부

## 특집 : 블록체인 기술 동향

14 특집편집기 / 정은성

15 블록체인 기술과 응용 / 권수호

23 블록체인의 Trilemma / 박영훈

29 블록체인 기술 동향과 Web 3.0 / 윤석빈

35 웹 3.0 활성화를 위한 시나리오 발굴 / 서중원, 정윤성, 조성우, 성시우, 박수용

45 블록체인과 전통적 합의 알고리즘의 이해 / 임종철, 오진태

57 영지식 증명이해와 블록체인 활용 / 정권호, 오동환, 오현욱

66 블록체인 코드와 품질 가시화 / 김장환, 박찬술, 장우성, 문소영, 김영철

## 인터뷰

75 한국전자기술연구원 (KETI) / 이규복 부원장

## 회원광장

85 논문지 논문목차

## 정보교차로

87 국내외 학술행사 안내 / 편집부

96 특별회원사 및 후원사 명단



## 2022년도 임원 및 각 위원회 위원

|              |              |                                              |                                      |
|--------------|--------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|
| 회 장          | 수석부회장<br>고 문 | 서 승 우 (서울대학교 교수)                             | 권 호 열 (정보통신정책연구원 원장)                 |
|              |              | 이 혁 재 (서울대학교 교수) - 총괄                        | 김 명 준 (한국전자통신연구원 원장)                 |
|              |              | 권 오 경 (한국공학한림원 회장)                           | 박 성 욱 (SK하이닉스(주) 부회장)                |
|              |              | 김 기 남 (삼성전자(주) 회장)                           | 윤 석 진 (한국과학기술연구원 원장)                 |
|              |              | 김 영 재 (해동과학문화재단 이사장)                         | 천 경 준 (㈜씨젠 회장)                       |
|              |              | 안 승 권 (연암공과대학교 총장)                           |                                      |
|              |              | 전 영 현 (삼성SDI(주) 부회장)                         |                                      |
| 감 사<br>부 회 장 |              | 최 창 식 (㈜DB하이텍 부회장)                           | 인 치 호 (세명대학교 교수)                     |
|              |              | 이 충 용 (연세대학교 교수)                             | 노 원 우 (연세대학교 교수) - 추계 총괄, 국제협력       |
|              |              | 김 종 국 (고려대학교 교수) - 하계 총괄                     | 강 문 식 (강릉원주대 교수) - 학회지 총괄, 교육        |
|              |              | 백 광 현 (중앙대학교 교수) - AI위원회, 사업                 | 심 동 규 (광운대학교 교수) - SPC               |
|              |              | 노 태 문 (한국전자통신연구원 센터장) - 연구소                  | 이 석 희 (솔리다임 의장) - 산업체                |
|              |              | 이 규 복 (한국전자기술연구원 부원장) - 산학연                  | 이 재 훈 (유정시스템(주) 대표이사) - 산업체          |
|              |              | 이 승 호 (한밭대학교 교수) - 지부                        |                                      |
| 소사이머티 회장     |              | 황 인 철 (강원대학교 교수) - 학술(ICEE-Asia), 정보화 총괄, 회원 | 김 진 상 (경희대학교 교수) - 반도체소사이머티          |
|              |              | 유 명 식 (숭실대학교 교수) - 통신소사이머티                   | 송 병 철 (인하대학교 교수) - 인공지능 신호처리소사이머티    |
|              |              | 황 성 운 (가천대학교 교수) - 컴퓨터소사이머티                  | 김 은 원 (대림대학교 교수) - 산업전자소사이머티         |
|              |              | 유 정 봉 (공주대학교 교수) - 시스템 및 제어 소사이머티            | 강 성 원 (한국전자통신연구원 소장)                 |
|              |              | 김 민 석 (LG이노텍(주) 부사장 CTO)                     | 김 부 군 (숭실대학교 교수)                     |
|              |              | 김 달 수 (㈜티엘아이 대표이사)                           | 김 영 한 (UC San Diego 교수 / 가우스랩스 대표이사) |
|              |              | 김 상 태 (한국산업기술평가관리원 연구위원)                     | 남 공 선 (㈜유니트론텍 부회장)                   |
| 협동부회장        |              | 김 형 준 (한국과학기술연구원 소장)                         | 손 보 익 (㈜LX세미콘 대표이사)                  |
|              |              | 박 홍 준 (포항공과대학교 교수)                           | 엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)              |
|              |              | 송 문 섭 (㈜심텍 회장)                               | 윤 석 현 (단국대학교 교수)                     |
|              |              | 유 창 동 (한국과학기술원 교수)                           | 이 동 규 (㈜카카오모빌리티 부사장)                 |
|              |              | 이 광 업 (서경대학교 교수)                             | 이 상 호 (SK텔레콤(주) CTO)                 |
|              |              | 이 병 선 (김포대학교 교수)                             | 이 재 관 (한국자동차연구원 본부장)                 |
|              |              | 이 승 훈 (서강대학교 교수)                             | 이 흥 노 (광주과학기술원 교수)                   |
| 상 임 이 사      |              | 이 창 한 (한국반도체산업협회 상근부회장)                      | 전 선 익 (파이낸셜뉴스 사장)                    |
|              |              | 전 병 우 (상관대학교 교수)                             | 정 은 승 (삼성전자(주) 사장)                   |
|              |              | 정 준 (㈜솔리드 대표이사)                              | 최 승 범 (삼성전자(주) 부사장)                  |
|              |              | 최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)                        |                                      |
|              |              | 최 승 중 (LG전자(주) 부사장)                          |                                      |
|              |              | 강 명 곤 (한국교통대학교 교수) - 국문논문                    | 강 석 주 (서강대학교 교수) - 홍보 총괄             |
|              |              | 강 제 원 (이화여자대학교 교수) - 사업                      | 구 본 태 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 학술(하계)     |
| 산 업 체 이 사    |              | 권 구 덕 (강원대학교 교수) - 정보화                       | 권 혁 인 (중앙대학교 교수) - 학술(하계)            |
|              |              | 김 윤 (서울시립대학교 교수) - 회원                        | 김 용 신 (고려대학교 교수) - 회원총괄              |
|              |              | 김 현 (서울과학기술대학교 교수) - 재무                      | 김 훈 (인천대학교 교수) - 학술(CEE)             |
|              |              | 김 성 우 (서울대학교 교수) - 총무, 대외협력                  | 김 영 민 (서울대학교 교수) - AI위원회             |
|              |              | 김 익 군 (한국전자통신연구원 본부장) - 사업                   | 김 종 선 (홍익대학교 교수) - 산학연               |
|              |              | 류 수 정 (사피온코리아 대표이사) - 대외협력 총괄                | 변 대 석 (삼성전자(주) 마스터) - 교육 총괄          |
|              |              | 서 창 호 (한국과학기술원 교수) - 사업                      | 선 우 경 (서울대학교 교수) - 학회지               |
|              |              | 신 오 순 (숭실대학교 교수) - 국문논문 총괄                   | 연 규 봉 (한국자동차연구원 팀장) - 표준화 총괄         |
|              |              | 유 찬 세 (한국전자기술연구원 센터장) - 사업                   | 이 강 윤 (성균관대학교 교수) - 산학연 총괄           |
|              |              | 이 정 우 (중앙대학교 교수) - 기획                        | 전 세 영 (서울대학교 교수) - 추무 총괄             |
|              |              | 정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장) - 학술(ICEE-Asia)        | 정 진 곤 (중앙대학교 교수) - 사업 총괄             |
|              |              | 제 민 규 (한국과학기술원 교수) - 사업                      | 조 성 현 (한양대학교 교수) - 사업                |
|              |              | 차 철 웅 (한국전자기술연구원 센터장) - 표준화                  | 채 영 철 (연세대학교 교수) - 국제협력, 추계          |
|              |              | 한 재 호 (고려대학교 교수) - 학술(ICEE-Asia 총괄)          | 황 진 영 (한국항공대학교 교수) - 홍보              |
|              |              | 강 석 판 (LG전자(주) 상무) - 학술(하계)                  | 김 동 현 (ICTK(주) 대표이사)                 |
|              |              | 김 태 진 (㈜더즈텍 대표이사)                            | 김 현 수 (삼성전자(주) 상무)                   |
|              |              | 오 의 열 (LG디스플레이(주) 연구위원)                      | 우 정 호 (비전넥스트 대표이사)                   |
|              |              | 원 제 형 (도쿄일렉트론코리아(주) 대표이사)                    | 윤 영 권 (삼성전자(주) 마스터)                  |

이 사  
협 동 이 사

이 상 만 (㈜시스템이트 대표이사)  
이 수 민 (한국센서연구소 대표이사)  
조 해 정 (삼성물산 그룹장)  
최 진 성 (도이치텔레콤 부사장)  
함 철 희 (삼성전자주 마스터)  
황 정 성 (케이케이테크주 고문)  
강 동 우 (홍익대학교 교수) - 사업  
고 병 철 (계명대학교 교수) - 학술(하계)  
권 기 룡 (부경대학교 교수) - 학술(하계)  
권 태 수 (서울과학기술대학교 교수) - 사업  
김 민 규 (LG이노텍주 상무 연구소장) - 학술(하계)  
김 성 진 (UNIST 교수) - 사업  
김 용 석 (성균관대학교 교수) - 홍보  
김 유 철 (LG AI연구원 부부장) - AI위원회  
김 중 현 (고려대학교 교수) - 사업/기획/학술(하계)  
박 영 훈 (숙명여자대학교 교수) - 학술(ICEC)  
배 현 철 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 학술(추계)  
안 광 호 (한국전자기술연구원 센터장) - 사업  
안 호 균 (한국전자통신연구원 실장) - 사업  
오 정 훈 (삼성전자주 마스터) - 회원  
이 남 윤 (포항공과대학교 교수) - 사업/기획  
이 승 아 (연세대학교 교수) - 국제협력  
이 종 호 (숭실대학교 교수) - 국문논문  
이 형 민 (고려대학교 교수) - 학술(하계)  
장 성 옥 (카카오모빌리티 상무) - AI위원회  
정 승 원 (고려대학교 교수) - SPC  
차 혁 규 (서울과학기술대학교 교수) - 정보화  
하 정 우 (네이버 AI연구소장) - AI위원회  
한 정 환 (충남대학교 교수) - 정보화  
함 범 섭 (연세대학교 교수) - 학술(하계)  
현 유 진 (DGIST 책임연구원) - 사업  
고 승 훈 (광운대학교 교수) - 정보화  
권 중 원 (한국산업기술시험원 책임연구원) - 학술(추계)  
김 수 연 (동국대학교 교수) - 학술(하계)  
김 용 태 (경북대학교 교수) - 회원  
김 형 진 (인하대학교 교수) - 학회지  
민 경 식 (국민대학교 교수) - 회원  
배 준 성 (강원대학교 교수) - 정보화  
백 지 선 (삼성전자주 수석연구원) - 정보화  
손 일 수 (서울과학기술대학교 교수) - 국문논문  
송 의 현 (한양대학교 교수) - 국문논문  
오 윤 호 (성균관대학교 교수) - 국제협력  
유 경 창 (삼성전자주 수석연구원) - 회원  
윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원) - 사업  
이 재 규 (삼성전자주 마스터) - 산학연  
이 주 연 (전주비전대학교 교수) - 학술(추계)  
정 방 철 (충남대학교 교수) - 학술(추계)  
조 성 인 (동국대학교 교수) - 홍보  
지 택 수 (전남대학교 교수) - 학술(하계)  
최 웅 (숙명여자대학교 교수) - 학술(하계)  
최 병 수 (한국전자통신연구원 실장) - 학술(하계)  
홍 제 형 (한양대학교 교수) - AI위원회

이 상 훈 (주웨이브피아 대표이사) - 회원  
조 영 민 (SkyMirr CEO)  
최 성 민 (주해치텍 대표이사)  
한 은 혜 (에스에스앤씨주 대표이사)  
홍 국 태 (주LX세미콘 연구위원)  
강 용 성 (와이즈넷 대표이사) - 산학연  
구 민 석 (인천대학교 교수) - 국문논문  
권 중 기 (한국전자통신연구원 연구전문위원) - 사업  
김 경 연 (제주대학교 교수) - 학술(하계)  
김 선 옥 (고려대학교 교수) - 회원  
김 소 영 (성균관대학교 교수) - 홍보  
김 원 중 (한국전자통신연구원 실장) - 표준화  
김 주 업 (숙명여자대학교 교수) - 사업  
남 기 창 (동국대학교 교수) - 정보화  
배 순 민 (KT 소장) - AI위원회  
손 기 옥 (국가보안기술연구소 책임연구원) - 산학연  
안 상 철 (KIST 책임연구원) - AI위원회  
양 준 성 (연세대학교 교수) - 학술(추계)  
이 구 순 (파이낸셜뉴스 부국장) - 홍보  
이 상 근 (성균관대학교 교수) - 표준화  
이 윤 식 (UNIST 교수) - 홍보  
이 채 은 (인하대학교 교수) - 홍보  
임 동 구 (전남대학교 교수) - 정보화  
장 익 준 (경희대학교 교수) - 국제협력  
조 현 중 (강원대학교 교수) - 정보화  
채 찬 병 (연세대학교 교수) - 기획  
한 영 선 (부경대학교 교수) - 학술(추계)  
한 태 희 (성균관대학교 교수) - 국문논문  
허 재 두 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 사업  
홍 병 우 (중앙대학교 교수) - AI위원회  
곽 진 태 (고려대학교 교수) - 학술(추계)  
권 준 석 (중앙대학교 교수) - AI위원회  
김 영 진 (한국항공대학교 교수) - 홍보  
김 주 성 (한밭대학교 교수) - 국제협력  
김 형 탁 (홍익대학교 교수) - 학술(하계)  
박 성 옥 (강릉원주대학교 교수) - 학술(하계)  
배 준 호 (가천대학교 교수) - 표준화  
서 종 열 (LG전자주 그룹장) - 산학연  
송 민 협 (한국전자통신연구원 선임연구원) - 학회지  
송 준 영 (인천대학교 교수) - 학술(CCE-Aisa)  
우 성 민 (한국기술교육대학교 교수) - 학술(하계)  
윤 명 국 (이화여자대학교 교수) - 학술(추계)  
이 철 (동국대학교 교수) - 학술(하계)  
이 정 원 (서울대학교 교수) - 학회지  
임 매 순 (한국과학기술연구원 선임연구원) - 사업  
정 성 업 (차세대융합기술연구원 선임연구원) - 학술(하계)  
좌 성 훈 (서울과학기술대학교 교수) - 표준화  
채 주 형 (광운대학교 교수) - 재무  
최 강 선 (한국기술교육대학교 교수) - SPC  
추 상 혁 (현대자동차 책임매니저) - 정보화  
홍 철 호 (중앙대학교 교수) - 산학연

## 지부장 명단

|            |                    |           |                                                                   |
|------------|--------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------|
| 강 원 지 부    | 강 문 식 (강릉원주대학교 교수) | 광주·전남지부   | 최 수 일 (전남대학교 교수)                                                  |
| 대구·경북지부    | 공 성 호 (경북대학교 교수)   | 대전·충남지부   | 이 문 식 (한국전자통신연구원 실장)                                              |
| 부산·경남·울산지부 | 김 현 철 (울산대학교 교수)   | 전 북 지 부   | 김 대 순 (전주비전대학교 교수)                                                |
| 제 주 지 부    | 고 석 준 (제주대학교 교수)   | 충 북 지 부   | 최 영 규 (한국교통대학교 교수)                                                |
| 호 서 지 부    | 강 윤 희 (백석대학교 교수)   | 일 본       | 백 인 천 (AIZU대학교 교수)                                                |
| 미 국        | 최 명 준 (텔레다인 박사)    | 러 시 아 지 부 | Prof. Edis B. TEN (National University of Science and Technology) |



## 위원회 명단

### 자문위원회

|      |                  |
|------|------------------|
| 위원장  | 김수중 (경북대학교 명예교수) |
| 부위원장 | 김도현 (국민대학교 명예교수) |
| 위원   | 고성제 (고려대학교 교수)   |
|      | 김덕진 (고려대학교 명예교수) |
|      | 김재희 (연세대학교 명예교수) |
|      | 박규태 (연세대학교 명예교수) |
|      | 박항구 (소암시스텔 명예교수) |
|      | 성광모 (서울대학교 명예교수) |
|      | 이상설 (한양대학교 명예교수) |
|      | 이충웅 (서울대학교 명예교수) |
|      | 임혜숙 (이화여자대학교 교수) |
|      | 정정화 (한양대학교 명예교수) |

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| 공준진 (삼성전자공과대학교 주임교수) | 구용서 (단국대학교 교수)     |
| 김성대 (한국과학기술원 명예교수)   | 김영권 (건국대학교 명예교수)   |
| 나정웅 (한국과학기술원 명예교수)   | 문영식 (한양대학교 교수)     |
| 박성한 (한양대학교 명예교수)     | 박진옥 (육군사관학교 명예교수)  |
| 백준기 (중앙대학교 교수)       | 서정욱 ((전) 과학기술부 장관) |
| 윤종용 (한국공학교육인중원 이사장)  | 이문기 (연세대학교 명예교수)   |
| 이재홍 (서울대학교 명예교수)     | 이진구 (동국대학교 명예교수)   |
| 이태원 (고려대학교 명예교수)     | 임제탁 (한양대학교 명예교수)   |
| 전국진 (서울대학교 명예교수)     | 전홍태 (중앙대학교 명예교수)   |
| 홍대식 (연세대학교 교수)       | 홍승홍 (인하대학교 명예교수)   |

### 기획위원회

|     |                |
|-----|----------------|
| 위원장 | 이정우 (중앙대학교 교수) |
| 위원  | 김중헌 (고려대학교 교수) |
|     | 조성재 (가천대학교 교수) |

|                  |                |
|------------------|----------------|
| 이남윤 (포항공과대학교 교수) | 이한림 (중앙대학교 교수) |
| 채찬병 (연세대학교 교수)   |                |

### 학술연구위원회 – 하계

|      |                       |
|------|-----------------------|
| 위원장  | 김종옥 (고려대학교 교수)        |
| 부위원장 | 구본태 (한국전자통신연구원 책임연구원) |
| 위원   | 강석판 (LG전자(주) 상무)      |
|      | 권기룡 (부경대학교 교수)        |
|      | 김수연 (동국대학교 교수)        |
|      | 김형택 (홍익대학교 교수)        |
|      | 우성민 (한국기술교육대학교 교수)    |
|      | 이철 (동국대학교 교수)         |
|      | 지택수 (전남대학교 교수)        |
|      | 최웅 (숙명여자대학교 교수)       |

|                 |
|-----------------|
| 권혁인 (중앙대학교 교수)  |
| 고병철 (계명대학교 교수)  |
| 김경연 (제주대학교 교수)  |
| 김용권 (건양대학교 교수)  |
| 문용 (숭실대학교 교수)   |
| 이승호 (한밭대학교 교수)  |
| 이형민 (고려대학교 교수)  |
| 최무한 (경북대학교 교수)  |
| 한상민 (순천향대학교 교수) |

|                        |
|------------------------|
| 조성현 (한양대학교 교수)         |
| 권구락 (조선대학교 교수)         |
| 김민규 (LG이노텍(주) 상무/연구소장) |
| 김중헌 (고려대학교 교수)         |
| 박성욱 (강릉원주대학교 교수)       |
| 이종호 (숭실대학교 교수)         |
| 정성엽 (차세대융합기술연구원 선임연구원) |
| 최병수 (한국전자통신연구원 실장)     |
| 함범섭 (연세대학교 교수)         |

### 학술연구위원회 – 추계

|     |                       |
|-----|-----------------------|
| 위원장 | 노원우 (연세대학교 교수)        |
| 위원  | 고한열 (고려대학교 교수)        |
|     | 권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원) |
|     | 배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원) |
|     | 윤명국 (이화여자대학교 교수)      |
|     | 채영철 (연세대학교 교수)        |

|                  |
|------------------|
| 곽수영 (한밭대학교 교수)   |
| 김진영 (광운대학교 교수)   |
| 서성규 (고려대학교 교수)   |
| 이주연 (전주비전대학교 교수) |
| 한영선 (부경대학교 교수)   |

|                |
|----------------|
| 곽진태 (고려대학교 교수) |
| 김형택 (홍익대학교 교수) |
| 양준성 (연세대학교 교수) |
| 정방철 (충남대학교 교수) |

### 논문편집위원회

|     |                    |
|-----|--------------------|
| 위원장 | 신오순 (숭실대학교 교수)     |
| 위원  | 강명곤 (한국교통대학교 교수)   |
|     | 김병서 (홍익대학교 교수)     |
|     | 김영선 (대림대학교 교수)     |
|     | 손일수 (서울과학기술대학교 교수) |
|     | 유동훈 (삼성중합기술원 박사)   |
|     | 이후진 (한성대학교 교수)     |
|     | 홍민철 (숭실대학교 교수)     |

|                    |
|--------------------|
| 구민석 (인천대학교 교수)     |
| 김선용 (건국대학교 교수)     |
| 박성욱 (강릉원주대학교 교수)   |
| 송익현 (한양대학교 교수)     |
| 이윤구 (광운대학교 교수)     |
| 최강선 (한국기술교육대학교 교수) |

|                       |
|-----------------------|
| 권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원) |
| 김소영 (성균관대학교 교수)       |
| 박종선 (고려대학교 교수)        |
| 심정연 (강남대학교 교수)        |
| 이종호 (숭실대학교 교수)        |
| 한태희 (성균관대학교 교수)       |

### 국제협력위원회

|     |                |
|-----|----------------|
| 위원장 | 채영철 (연세대학교 교수) |
| 위원  | 권구덕 (강원대학교 교수) |
|     | 이승아 (연세대학교 교수) |

|                |
|----------------|
| 김주성 (한밭대학교 교수) |
| 장익준 (경희대학교 교수) |

|                 |
|-----------------|
| 오윤호 (성균관대학교 교수) |
|-----------------|

## 산학연협동위원회

|         |                    |                         |                       |
|---------|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| 위 원 장   | 이 강 윤 (성균관대학교 교수)  | 최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)   |                       |
| 부 위 원 장 | 김 중 선 (홍익대학교 교수)   | 김 상 훈 (한라대학교 교수)        | 김 익 재 (한국과학기술연구원 박사)  |
| 위 원     | 강 용 성 (와이즈넷㈜ 대표이사) | 백 준 호 (퓨리오사 대표이사)       | 서 영 호 (광운대학교 교수)      |
|         | 남 상 준 (세미파이브 상무)   | 손 기 욱 (국가보안기술연구소 책임연구원) | 안 호 균 (한국전자통신연구원 실장)  |
|         | 서 종 열 (LG전자㈜ 그룹장)  | 이 승 환 (SPRI 실장)         | 이 재 규 (삼성전자㈜ 마스터)     |
|         | 유 선 우 (SK하이닉스㈜ 팀장) | 전 중 욱 (건국대학교 교수)        | 정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장) |
|         | 이 중 민 (SK텔레콤㈜ 원장)  | 홍 철 호 (중앙대학교 교수)        |                       |
|         | 최 윤 석 (한밭대학교 연구위원) |                         |                       |

## 회원관리위원회

|       |                     |                     |                   |
|-------|---------------------|---------------------|-------------------|
| 위 원 장 | 김 용 신 (고려대학교 교수)    | 김 윤 (서울시립대학교 교수)    |                   |
| 위 원   | 김 선 욱 (고려대학교 교수)    | 김 용 태 (경북대학교 조교수)   | 김 혁 (서울시립대학교 교수)  |
|       | 민 경 식 (국민대학교 교수)    | 박 동 욱 (서울시립대학교 교수)  | 오 정 훈 (삼성전자㈜ 마스터) |
|       | 유 경 창 (삼성전자㈜ 수석연구원) | 이 상 훈 (㈜웨이브피아 대표이사) |                   |

## 회지편집위원회

|       |                  |                      |                  |
|-------|------------------|----------------------|------------------|
| 위 원 장 | 선 우 경 (서울대학교 교수) | 김 영 진 (한국생산기술연구원 박사) | 김 형 진 (인하대학교 교수) |
| 위 원   | 김 명 선 (한성대학교 교수) | 송 민 협 (한국전자통신연구원 선임) | 이 덕 진 (전북대학교 교수) |
|       | 민 경 식 (국민대학교 교수) | 이 철 (동국대학교 교수)       | 정 은 성 (홍익대학교 교수) |
|       | 이 정 원 (서울대학교 교수) | 황 효 석 (가천대학교 교수)     |                  |
|       | 조 성 재 (가천대학교 교수) |                      |                  |

## 사업위원회

|       |                       |                          |                         |
|-------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| 위 원 장 | 정 진 곤 (중앙대학교 교수)      | 강 제 원 (이화여자대학교 교수)       | 김 익 균 (한국전자통신연구원 본부장)   |
|       | 서 창 호 (한국과학기술원 교수)    | 유 찬 세 (한국전자기술연구원 센터장)    | 제 민 규 (한국과학기술원 교수)      |
|       | 조 성 현 (한양대학교 교수)      |                          |                         |
| 위 원   | 강 동 우 (홍익대학교 교수)      | 권 중 기 (한국전자통신연구원 연구전문위원) | 권 태 수 (서울과학기술대학교 교수)    |
|       | 김 성 진 (UNIST 교수)      | 김 주 엽 (숙명여자대학교 교수)       | 김 중 현 (고려대학교 교수)        |
|       | 안 광 호 (한국전자기술연구원 센터장) | 안 호 균 (한국전자통신연구원 실장)     | 윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원) |
|       | 이 남 윤 (포항공과대학교 교수)    | 임 매 순 (한국과학기술연구원 선임연구원)  | 허 재 두 (한국전자통신연구원 책임연구원) |
|       | 현 유 진 (DGIST 책임연구원)   |                          |                         |

## 교육연구위원회

|       |                      |                    |                    |
|-------|----------------------|--------------------|--------------------|
| 위 원 장 | 변 대 석 (삼성전자㈜ 마스터)    | 강 문 식 (강릉원주대학교 교수) |                    |
| 위 원   | 강 명 곤 (한국교통대학교 교수)   | 김 훈 (인천대학교 교수)     | 김 지 훈 (이화여자대학교 교수) |
|       | 동 성 수 (용인예술과학대학교 교수) | 박 영 우 (TEL 기술총괄)   | 변 영 재 (UNIST 교수)   |
|       | 윤 종 윤 (㈜ 파두 대표이사)    | 이 영 택 (ASML 전무)    | 이 후 진 (한성대학교 교수)   |

## 홍보위원회

|       |                    |                    |                    |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 위 원 장 | 강 석 주 (서강대학교 교수)   | 김 영 진 (한국항공대학교 교수) | 김 용 석 (성균관대학교 교수)  |
| 위 원   | 김 소 영 (성균관대학교 교수)  | 김 형 진 (인하대학교 교수)   | 민 경 식 (국민대학교 교수)   |
|       | 김 진 규 (고려대학교 교수)   | 이 윤 식 (UNIST 교수)   | 이 채 은 (인하대학교 교수)   |
|       | 이 구 순 (파이낸셜뉴스 부국장) | 홍 성 완 (서강대학교 교수)   | 황 진 영 (한국항공대학교 교수) |
|       | 조 성 인 (동국대학교 교수)   |                    |                    |

## 표준화위원회

|         |                       |                      |                         |
|---------|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| 위 원 장   | 연 규 봉 (한국자동차연구원 팀장)   | 김 성 동 (서울과학기술대학교 교수) | 김 원 종 (한국전자통신연구원 실장)    |
| 부 위 원 장 | 차 철 웅 (한국전자기술연구원 센터장) | 이 상 근 (성균관대학교 교수)    | 정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원) |
| 위 원     | 권 기 원 (성균관대학교 교수)     |                      |                         |
|         | 배 준 호 (가천대학교 교수)      |                      |                         |
|         | 좌 성 훈 (서울과학기술대학교 교수)  |                      |                         |

## 정보화위원회

|       |                      |                     |                  |
|-------|----------------------|---------------------|------------------|
| 위 원 장 | 권 구 덕 (강원대학교 교수)     | 남 기 창 (동국대학교 교수)    | 배 준 성 (강원대학교 교수) |
| 위 원   | 고 승 훈 (광운대학교 교수)     | 임 동 구 (전남대학교 부교수)   | 조 현 중 (강원대학교 교수) |
|       | 백 지 선 (삼성전자㈜ 수석연구원)  | 추 상 혁 (현대자동차 책임매니저) | 한 정 환 (충남대학교 교수) |
|       | 차 혁 규 (서울과학기술대학교 교수) |                     |                  |



## AI위원회

|     |                |                       |                    |
|-----|----------------|-----------------------|--------------------|
| 위원장 | 김영민 (서울대학교 교수) | 김성우 (서울대학교 교수)        | 김유철 (LG AI연구원 부문장) |
| 위원  | 권준석 (중앙대학교 교수) | 안상철 (한국과학기술연구원 책임연구원) | 장성욱 (카카오모빌리티 상무)   |
|     | 배순민 (KT 소장)    | 하정우 (네이버 AI연구소장)      | 홍병우 (중앙대학교 교수)     |
|     | 전세영 (서울대학교 교수) |                       |                    |
|     | 홍제형 (한양대학교 교수) |                       |                    |

## 지부담당위원회

|     |                  |                |                    |
|-----|------------------|----------------|--------------------|
| 위원장 | 이승호 (한밭대학교 교수)   | 강운희 (백석대학교 교수) | 공성호 (경북대학교 교수)     |
| 위원  | 강문식 (강릉원주대학교 교수) | 김현철 (울산대학교 교수) | 이문식 (한국전자통신연구원 실장) |
|     | 김대순 (전주비전대학교 교수) | 최수일 (전남대학교 교수) | 최영규 (한국교통대학교 교수)   |
|     | 고석준 (제주대학교 교수)   |                |                    |

## 선거관리위원회

|     |                   |                |                |
|-----|-------------------|----------------|----------------|
| 위원장 | 이재홍 (서울대학교 명예교수)  | 김성우 (서울대학교 교수) | 김용신 (고려대학교 교수) |
| 위원  | 권혁인 (중앙대학교 교수)    | 전세영 (서울대학교 교수) |                |
|     | 김현 (서울과학기술대학교 교수) |                |                |

## 포상위원회

|           |                |                |                |
|-----------|----------------|----------------|----------------|
| 위원장       | 백준기 (중앙대학교 교수) | 노원우 (연세대학교 교수) | 이정우 (중앙대학교 교수) |
| 위원        | 김종옥 (고려대학교 교수) | 이혁재 (서울대학교 교수) |                |
|           | 이종호 (서울대학교 교수) |                |                |
| 위원 및 간사겸임 | 전세영 (서울대학교 교수) |                |                |

## 재정위원회

|     |                   |                      |                    |
|-----|-------------------|----------------------|--------------------|
| 위원장 | 서승우 (서울대학교 교수)    | 김현 (서울과학기술대학교 교수)    | 박성환 (명예회장)         |
| 위원  | 구용서 (단국대학교 교수)    | 원제형 (도교일렉트론코리아 대표이사) | 이윤종 (전 ㈜DB하이텍 부사장) |
|     | 박영기 (주)싸인텔레콤 대표이사 | 인치호 (세명대학교 교수)       | 홍대식 (연세대학교 교수)     |
|     | 이혁재 (서울대학교 교수)    |                      |                    |

## 인사위원회

|     |                |                  |                   |
|-----|----------------|------------------|-------------------|
| 위원장 | 서승우 (서울대학교 교수) | 김지훈 (이화여자대학교 교수) | 김현 (서울과학기술대학교 교수) |
| 위원  | 김성우 (서울대학교 교수) |                  |                   |
|     | 이혁재 (서울대학교 교수) |                  |                   |

## JSTS 편집위원회

|     |                  |                  |                |
|-----|------------------|------------------|----------------|
| 위원장 | 김재준 (서울대학교 교수)   | 강인만 (경북대학교 교수)   | 권혁인 (중앙대학교 교수) |
| 위원  | 강석형 (포항공과대학교 교수) | 김소영 (성균관대학교 교수)  | 김재준 (서울대학교 교수) |
|     | 김상범 (서울대학교 교수)   | 김지훈 (이화여자대학교 교수) | 김형택 (홍익대학교 교수) |
|     | 김주성 (한밭대학교 교수)   | 류승택 (한국과학기술원 교수) | 민경식 (국민대학교 교수) |
|     | 남일구 (부산대학교 교수)   | 박성주 (한양대학교 교수)   | 백광현 (중앙대학교 교수) |
|     | 박성민 (이화여자대학교 교수) | 신창환 (성균관대학교 교수)  | 오정우 (연세대학교 교수) |
|     | 신민철 (한국과학기술원 교수) | 이강윤 (성균관대학교 교수)  | 장호원 (서울대학교 교수) |
|     | 이가원 (충남대학교 교수)   | 조성재 (가천대학교 교수)   | 조일환 (명지대학교 교수) |
|     | 정재경 (한양대학교 교수)   | 최우영 (서울대학교 교수)   |                |
|     | 차호영 (홍익대학교 교수)   |                  |                |

## SPC위원회

|     |                  |                    |                |
|-----|------------------|--------------------|----------------|
| 위원장 | 심동규 (광운대학교 교수)   | 김영민 (홍익대학교 교수)     | 김원준 (건국대학교 교수) |
| 위원  | 강석주 (서강대학교 교수)   | 김종옥 (고려대학교 교수)     | 박철수 (광운대학교 교수) |
|     | 김재곤 (한국항공대학교 교수) | 유양모 (서강대학교 교수)     | 이채은 (인하대학교 교수) |
|     | 서영호 (광운대학교 교수)   | 최강선 (한국기술교육대학교 교수) | 황원준 (아주대학교 교수) |
|     | 정승원 (동국대학교 교수)   |                    |                |
|     | 황인철 (강원대학교 교수)   |                    |                |

## Society 명단

### 통신소사이터티

|           |                                   |                                    |                          |
|-----------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 회 장       | 유 명 식 (송실대학교 교수)                  | 이 정 우 (중앙대학교 교수)                   | 윤 석 현 (단국대학교 교수)         |
| 부 회 장     | 허 준 (고려대학교 교수)                    | 김 선 용 (건국대학교 교수)                   | 김 진 영 (광운대학교 교수)         |
|           | 김 재 현 (아주대학교 교수)                  | 유 명 식 (송실대학교 교수)                   | 오 정 근 (㈜ATNS 대표이사)       |
|           | 김 훈 (인천대학교 교수)                    |                                    |                          |
|           | 최 천 원 (단국대학교 교수)                  |                                    |                          |
| 감 사       | 이 재 진 (송실대학교 교수)                  | 이 흥 노 (광주과학기술원 교수)                 | 김 영 한 (송실대학교 교수)         |
| 협 동 부 회 장 | 김 병 남 (에이스테크놀로지 연구소장)             | 김 연 은 (㈜브로던 대표이사)                  | 류 승 문 (사)개인공간서비스협회 수석부회장 |
|           | 김 용 석 (주)답스 대표이사                  | 김 인 경 (LG전자(주) 상무)                 | 연 철 흙 (LG텔레콤 상무)         |
|           | 박 용 석 (주)UCT 대표이사                 | 방 승 찬 (한국전자통신연구원 부장)               | 정 진 섭 (이노와이어리스 부사장)      |
|           | 이 승 호 (주)하이게인 부사장                 | 이 재 훈 (유정시스템(주) 대표이사)              |                          |
|           | 정 현 규 (한국전자통신연구원 부장)              |                                    |                          |
| 이 사       | 김 광 순 (연세대학교 교수)                  | 김 성 훈 (한국전자통신연구원 박사)               | 김 정 호 (이화여자대학교 교수)       |
|           | 노 윤 섭 (한국전자통신연구원 박사)              | 방 성 일 (단국대학교 교수)                   | 서 철 현 (송실대학교 교수)         |
|           | 성 원 진 (서강대학교 교수)                  | 신 오 순 (송실대학교 교수)                   | 신 오 안 (송실대학교 교수)         |
|           | 윤 중 호 (한국항공대학교 교수)                | 윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수)               | 이 중 호 (송실대학교 교수)         |
|           | 이 재 훈 (동국대학교 교수)                  | 이 호 경 (홍익대학교 교수)                   | 임 종 태 (홍익대학교 교수)         |
|           | 장 병 수 (이노벨류네트웍스 부사장)              | 조 성 현 (한양대학교 교수)                   | 조 인 호 (에이스테크놀로지 박사)      |
|           | 최 진 식 (한양대학교 교수)                  | 허 서 원 (홍익대학교 교수)                   |                          |
| 연구회위원장    | 장 석 호 (건국대학교 교수) - 통신             | 윤 상 민 (국민대학교 교수) - 미래지능형네트워크       |                          |
|           | 조 춘 식 (한국항공대학교 교수) - 마이크로파 및 전파전파 | 이 철 기 (아주대학교 교수) - ITS             |                          |
|           | 김 장 욱 (경북대학교 교수) - 군사전자           | 허 재 두 (한국전자통신연구원 본부장) - 무선 PAN/BAN |                          |
| 간 사       | 김 중 현 (고려대학교 교수)                  |                                    |                          |

### 반도체소사이터티

|         |                                     |                                          |                       |
|---------|-------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|
| 회 장     | 김 진 상 (경희대학교 교수)                    | 권 오 경 (한양대학교 교수)                         | 김 영 환 (포항공과대학교 교수)    |
| 자 문 위 원 | 공 준 진 (삼성전자공과대학교 교수)                | 김 희 석 (청주대학교 교수)                         | 박 홍 준 (포항공과대학교 교수)    |
|         | 김 재 석 (연세대학교 교수)                    | 손 보 익 (주)LX세미콘 대표                        | 신 윤 승 (반소 전임회장)       |
|         | 선우명훈 (아주대학교 교수)                     | 우 남 성 (반소 전임회장)                          | 이 승 훈 (서강대학교 교수)      |
|         | 신 현 철 (한양대학교 교수)                    | 임 형 규 (반소 전임회장)                          | 장 성 진 (삼성전자(주) 부사장)   |
|         | 임 신 일 (서경대학교 교수)                    | 정 연 모 (경희대학교 교수)                         | 정 향 근 (전북대학교 교수)      |
|         | 전영현 (삼성SDI(주) 부회장)                  | 조 경 순 (한국외국어대학교 교수)                      | 조 상 복 (울산대학교 교수)      |
|         | 정 해 수 (Synopsis 사장)                 | 최 기 영 (서울대학교 교수)                         | 최 승 중 (LG전자(주) 부사장)   |
|         | 조 중 휘 (인천대학교 교수)                    |                                          |                       |
|         | 허 영 (실리콘마이터스 대표이사)                  |                                          |                       |
| 감 사     | 이 강 윤 (성균관대학교 교수)                   | 이 광 엽 (서경대학교 교수)                         |                       |
| 부 회 장   | 김 동 규 (한양대학교 교수)                    | 안 기 현 (한국반도체산업협회 전무)                     | 이 한 호 (인하대학교 교수)      |
|         | 이 희 덕 (충남대학교 교수)                    | 최 중 호 (서울시립대학교 교수)                       |                       |
| 총 무 이 사 | 고 형 호 (충남대학교 교수)                    | 김 지 훈 (이화여자대학교 교수)                       | 류 현 석 (서울대학교 교수)      |
|         | 박 종 선 (고려대학교 교수)                    | 윤 찬 호 (삼성전자(주) 마스터)                      | 황 상 준 (삼성전자 부사장)      |
| 편 집 이 사 | 노 정 진 (한양대학교 교수)                    | 유 창 식 (삼성전자(주) 부사장)                      | 조 성 재 (가천대학교 교수)      |
|         | 한 태 희 (성균관대학교 교수)                   |                                          |                       |
| 학 술 이 사 | 강 진 구 (인하대학교 교수)                    | 김 철 우 (고려대학교 교수)                         | 범 진 욱 (서강대학교 교수)      |
|         | 변영재 (UNST 교수)                       | 송 민 규 (동국대학교 교수)                         | 이 병 훈 (포항공과대학교 교수)    |
|         | 이 승 호 (한밭대학교 교수)                    | 이 혁 재 (서울대학교 교수)                         | 이 희 덕 (충남대학교 교수)      |
|         | 인 치 호 (세명대학교 교수)                    | 정 진 균 (전북대학교 교수)                         | 차 호 영 (홍익대학교 교수)      |
|         | 최 우 영 (연세대학교 교수)                    | 최 창 환 (한양대학교 교수)                         |                       |
| 사 업 이 사 | 강 윤 병 (삼성전자(주) 마스터)                 | 공 배 선 (성균관대학교 교수)                        | 공 정 택 (성균관대학교 교수)     |
|         | 김 동 순 (한국전자기술연구원 PD)                | 김 소 영 (성균관대학교 교수)                        | 김 시 호 (연세대학교 교수)      |
|         | 김 용 석 (성균관대학교 교수)                   | 김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)                     | 김 종 선 (홍익대학교 교수)      |
|         | 백 광 현 (중앙대학교 교수)                    | 변 대 석 (삼성전자(주) 마스터)                      | 손 교 민 (삼성전자(주) 마스터)   |
|         | 송 윤 호 (삼성전자(주) 전무)                  | 염 나 용 (한국전자통신연구원 연구위원)                   | 오 정 우 (연세대학교 교수)      |
|         | 이 강 윤 (성균관대학교 교수)                   | 조 태 제 (삼성전자(주) 고문)                       | 최 규 명 (서울대학교 교수)      |
|         | 최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)               | 최 윤 경 (고려대학교 교수)                         | 최 준 립 (경북대학교 교수)      |
| 재 무 이 사 | 권 기 원 (성균관대학교 교수)                   | 이 성 수 (송실대학교 교수)                         |                       |
| 산 학 이 사 | 김 경 수 (넥스트칩 대표)                     | 김 동 현 (ICTK(주) 사장)                       | 김 보 은 (라운텍 사장)        |
|         | 김 준 석 (ADT 사장)                      | 나 준 호 (주)LX세미콘 전무)                       | 손 재 철 (어보브반도체 부사장)    |
|         | 송 태 훈 (휴인스 사장)                      | 신 용 석 (케이던스코리아 사장)                       | 이 도 영 (옵토레인 사장)       |
|         | 이윤종 (동부하이텍 부사장)                     | 이 장 규 (텔레칩스 대표)                          |                       |
|         | 노 원 우 (연세대학교 교수)                    | 문 용 (송실대학교 교수)                           |                       |
| 회 원 이 사 | 김 형 탁 (홍익대학교 교수) - 반도체사 및 재료        | 김 상 인 (아주대학교 교수) - 광파 및 양자전자공학           |                       |
| 연구회위원장  | 문 용 (송실대학교 교수) - SoC 설계             | 김 영 진 (한국항공대학교 교수) - RF 집적회로             |                       |
|         | 정 원 영 (주)태성에스엔이 부본부장) - PCB&Package | 김 익 균 (한국전자통신연구원 본부장) - 정보보안시스템          |                       |
|         | 장 의 준 (경희대학교 교수) - 내방사선 반도체 설계 및 소재 | 김 한 구 (삼성전자공과대학교 교수) - ESD/EOS & Latchup |                       |
|         | 노 원 우 (연세대학교 교수) - 인 메모리 컴퓨팅        |                                          |                       |
| 협 동 위 원 | 강 명 곤 (한국교통대학교 교수)                  | 강 석 형 (포항공과대학교 교수)                       | 권 영 수 (한국전자통신연구원 본부장) |
|         | 김 수 연 (동국대학교 교수)                    | 김 영 민 (홍익대학교 교수)                         | 김 재 욱 (KIST 그룹장)      |
|         | 김 현 (서울과학기술대학교 교수)                  | 류 성 주 (송실대학교 교수)                         | 박 성 정 (건국대학교 교수)      |
|         | 송 준 영 (인천대학교 교수)                    | 양 준 성 (연세대학교 교수)                         | 오 윤 호 (성균관대학교 교수)     |
|         | 윤 명 국 (이화여자대학교 교수)                  | 이 영 주 (포항공과대학교 교수)                       | 이 우 주 (중앙대학교 교수)      |
|         | 이 명 영 (성균관대학교 교수)                   | 이 형 민 (고려대학교 교수)                         | 전 동 석 (서울대학교 교수)      |
|         | 전 성 훈 (삼성전자 상무)                     | 정 무 경 (SK 사피온 담당 (임원))                   | 정 윤 호 (한국항공대학교 교수)    |
|         | 제 민 규 (한국과학기술원 교수)                  | 추 민 성 (한양대학교 교수)                         | 채 형 일 (건국대학교 교수)      |



최 재 혁 (한국과학기술원 교수)  
황 태 호 (한국전자기술연구원 센터장)

최 재 혁 (성균관대학교 교수)

한 정 환 (충남대학교 교수)

## 컴퓨터사이언스

회 장  
명 예 회 장

황 성 운 (가천대학교 교수)  
신 인 철 (단국대학교 명예교수)  
김 형 중 (고려대학교 교수)  
안 병 구 (홍익대학교 교수)  
김 승 천 (한성대학교 교수)  
정 교 일 (한국전자통신연구원 책임)  
변 영 재 (UNIST 교수)  
박 수 현 (국민대학교 교수)  
최 용 수 (신한대학교 교수)  
심 정 영 (강남대학교 교수)  
김 상 욱 (상명대학교 교수)  
김 영 학 (산업기술평가관리원 본부장)  
이 기 영 (인천대학교 교수)  
정 은 성 (홍익대학교 교수)  
노 소 영 (월송출판 대표이사)  
이 덕 기 (연암공과대학교 교수)  
진 성 아 (성결대학교 교수)  
강 병 권 (순천향대학교 교수)  
김 천 식 (세종대학교 교수)  
이 찬 수 (영남대학교 교수)  
한 태 화 (연세대의료원 팀장)  
임 재 규 (명지병원 소장)  
한 영 선 (부경대학교 교수)  
이 종 규 (조선대학교 교수)  
서 민 석 (고려대학교 교수)  
박 승 창 (주)유오씨 사장)  
유 성 철 (LG히다찌 본부장)  
김 대 휘 (한국정보통신 대표이사)  
서 봉 상 (㈜올프랜드 이사)  
이 학 준 (이노비에스코리아 연구소장)  
심 정 연 (강남대학교 교수) - 멀티미디어  
윤 은 준 (경일대학교 교수) - 융합컴퓨팅  
김 도 현 (제주대학교 교수) - M2M/IoT  
황 성 운 (가천대학교 교수) - 인공지능 및 보안  
정 은 성 (홍익대학교 교수) - 블록체인

박 인 정 (단국대학교 명예교수)  
홍 유 식 (상지대학교 교수)  
이 규 대 (공주대학교 교수)  
강 문 식 (강릉원주대학교 교수)  
남 상 업 (국제대학교 교수)  
이 후 진 (한성대학교 교수)  
김 도 현 (제주대학교 교수)  
권 호 열 (강원대학교 교수)  
박 성 욱 (강릉원주대학교 교수)  
우 윤 택 (한국과학기술원 교수)  
황 인 정 (명지병원 책임)  
김 호 선 (울지대학교 조교)

박 춘 명 (한국교통대학교 교수)  
허 영 (스마트의료기기산업진흥재단 부이사장)  
안 현 식 (동명대학교 교수)  
정 용 규 (울지대학교 교수)

자 문 위 원  
감 사  
부 회 장

윤 은 준 (경일대학교 교수)  
조 민 호 (고려대학교 교수)

협동부회장

김 병 서 (홍익대학교 교수)  
진 훈 (경기대학교 겸임교수)

총 무 이 사  
재 무 이 사  
홍 보 이 사  
편 집 이 사

박 영 훈 (숙명여자대학교 교수)  
김 선 욱 (고려대학교 교수)  
이 문 구 (김포대학교 교수)  
정 해 명 (김포대학교 교수)

기 장 근 (공주대학교 교수)  
김 진 훈 (배재대학교 교수)  
이 민 호 (경북대학교 교수)  
한 규 필 (금오공과대학교 교수)

학 술 이 사

임 경 원 (대림대학교 교수)  
황 석 중 (SK Telecom 박사)  
김 명 선 (한성대학교 교수)  
한 상 민 (순천향대학교 교수)  
차 시 호 (청운대학교 교수)  
오 승 훈 (주얼린 대표이사)  
조 병 순 (CNCinstrument 사장)  
김 은 영 (투와이시스템즈 이사)  
이 재 훈 (유비벨록스모바일 대표이사)

김 훈 규 (다스파워 이사)  
황 재 정 (군산대학교 교수)  
고 한 열 (고려대학교 교수)  
이 정 선 (울지대학교 교수)  
황 진 영 (한양대학교 교수)  
송 치 봉 (웨이버스 이사)  
조 병 영 (㈜태진인포텍 전무)  
신 동 희 (대보정보통신 부장)

사 업 이 사

연구위원회

진 훈 (경기대학교 교수) - 휴먼ICT  
이 민 호 (경북대학교 교수) - 인공지능/신경망/퍼지  
우 윤 택 (한국과학기술원 교수) - 증강현현  
김 명 선 (한성대학교 교수) - AI응용

## 인공지능 신초처리사이언스

회 장  
자 문 위 원

송 병 철 (인하대학교 교수)  
김 종 욱 (고려대학교 교수)  
김 정 태 (이화여자대학교 교수)  
김 홍 국 (광주과학기술원 교수)  
전 병 우 (성균관대학교 교수)  
고 병 철 (계명대학교 교수)  
예 종 철 (한국과학기술원 교수)  
김 남 수 (서울대학교 교수)  
한 재 준 (삼성전자(주) 마스터)  
이 병 욱 (이화여자대학교 교수)  
지 인 호 (홍익대학교 교수)  
강 석 주 (서강대학교 교수)  
김 휘 용 (경희대학교 교수)  
곽 진 태 (고려대학교 교수)  
박 영 경 (이화여자대학교 교수)  
배 성 호 (경희대학교 교수)  
신 종 연 (광주과학기술원 교수)  
오 병 태 (한국항공대학교 교수)  
이 법 식 (조선대학교 교수)  
이 철 (동국대학교 교수)  
전 세 영 (서울대학교 교수)  
정 찬 호 (한밭대학교 교수)  
최 욱 (인천대학교 교수)  
함 범 석 (연세대학교 교수)  
강 현 수 (충북대학교 교수)  
권 구 락 (조선대학교 교수)  
김 용 환 (한국전자기술연구원 선임)  
박 조 중 (광운대학교 교수)  
양 현 중 (UNIST 교수)  
이 상 철 (인하대학교 교수)  
염 일 규 (부산대학교 교수)  
최 승 호 (서울과학기술대학교 교수)  
한 종 기 (세종대학교 교수)  
박 구 만 (서울과학기술대학교 교수)  
홍 성 훈 (전남대학교 교수)  
김 휘 용 (경희대학교 교수)  
정 승 원 (고려대학교 교수)

심 동 규 (광운대학교 교수)  
조 남 익 (서울대학교 교수)  
홍 민 철 (송실대학교 교수)

김 창 익 (한국과학기술원 교수)  
이 영 렬 (세종대학교 교수)  
박 종 일 (한양대학교 교수)

부 회 장  
협동부회장

민 동 보 (이화여자대학교 교수)  
김 진 우 (한국전자통신연구원 그룹장)  
김 창 수 (고려대학교 교수)  
유 명 호 (인텔리빅스 대표이사)  
이 찬 수 (영남대학교 교수)  
권 기 롱 (부경대학교 교수)  
강 정 원 (한국전자통신연구원 박사)  
고 영 준 (충남대학교 교수)  
민 동 보 (이화여자대학교 교수)  
박 철 수 (광운대학교 교수)  
서 정 일 (한국전자통신연구원 박사)  
심 재 영 (UNIST 교수)  
우 성 민 (한국기술교육대학교 교수)  
이 상 윤 (연세대학교 교수)  
임 재 열 (한국기술교육대학교 교수)  
정 승 원 (고려대학교 교수)  
조 성 인 (동국대학교 교수)  
최 해 철 (한밭대학교 교수)  
황 효 석 (가천대학교 교수)  
김 종 민 (강원대학교 교수)  
김 기 백 (송실대학교 교수)  
박 상 윤 (명지대학교 교수)  
서 영 호 (광운대학교 교수)  
오 태 현 (포항공과대학교 교수)  
이 장 원 (한국항공대학교 교수)  
임 재 윤 (제주대학교 교수)  
최 종 원 (중앙대학교 교수)  
김 재 곤 (한국항공대학교 교수)  
유 양 모 (서강대학교 교수)

최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)  
백 준 기 (중앙대학교 교수)  
강 경 진 (LG전자(주) 연구위원)  
윤 재 웅 (LG전자(주) 연구위원)  
하 정 우 (네이버 AI연구소장)  
최 병 호 (한국전자기술연구원 센터장)  
강 제 원 (이화여자대학교 교수)  
곽 수 영 (한밭대학교 교수)  
박 인 규 (인하대학교 교수)  
백 종 덕 (연세대학교 교수)  
신 지 태 (성균관대학교 교수)  
심 현 정 (연세대학교 교수)  
이 덕 우 (계명대학교 교수)  
이 윤 구 (광운대학교 교수)  
장 준 혁 (한양대학교 교수)  
정 영 주 (숙명여자대학교 교수)  
조 성 현 (포항공과대학교 교수)  
한 재 호 (고려대학교 교수)

협 동 이 사

구 형 일 (아주대학교 교수)  
김 상 호 (성균관대학교 교수)  
박 현 진 (성균관대학교 교수)  
신 재 섭 (㈜픽스트리 대표이사)  
이 기 승 (건국대학교 교수)  
이 종 설 (한국전자기술연구원 박사)  
장 세 진 (한국전자기술연구원 센터장)  
최 종 원 (한양대학교 교수)  
최 해 광 (세종대학교 교수)  
이 창 우 (카톨릭대학교 교수)

감 사  
총 무 간 사

한 재 호 (고려대학교 교수)

|        |                                |                          |
|--------|--------------------------------|--------------------------|
| 연구회위원장 | 이 채 은 (인하대학교 교수) - 영상처리        | 김 원 준 (건국대학교 교수) - 영상이해  |
|        | 이 중 호 (서울대학교 교수) - 바이오영상신호처리   | 황 원 준 (아주대학교 교수) - 딥러닝   |
|        | 장 길 진 (경북대학교 교수) - 음향 및 음성신호처리 | 김 성 우 (서울대학교 교수) - 로봇 지능 |

## 시스템 및 제어사이어티

|           |                                  |                                |                         |
|-----------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 회 장       | 유 정 봉 (공주대학교 교수)                 | 권 중 원 (한국산업기술시험원 책임연구원)        | 이 경 중 (연세대학교 교수)        |
| 부 회 장     | 김 수 찬 (한경대학교 교수)                 |                                |                         |
| 감 사       | 남 기 창 (동국대학교 교수)                 | 김 영 철 (군산대학교 교수)               |                         |
| 총 무 이 사   | 김 영 진 (생산기술연구원 박사)               |                                | 김 용 태 (한경대학교 교수)        |
| 재 무 이 사   | 김 기 연 (한국산업기술시험원 선임연구원)          |                                | 최 영 진 (한양대학교 교수)        |
| 학 술 이 사   | 김 준 식 (한국과학기술연구원 박사)             | 이 윤 재 (위더스텍 이사)                |                         |
| 편 집 이 사   | 김 용 권 (건양대학교 교수)                 | 서 성 규 (고려대학교 교수)               |                         |
| 기 획 이 사   | 남 기 창 (동국대학교 교수)                 | 이 수 열 (경희대학교 교수)               |                         |
| 사 업 이 사   | 이 덕 진 (전북대학교 교수)                 | 최 현택 (한국해양과학기술원 책임연구원)         |                         |
| 산 학 연 이 사 | 고 낙 용 (조선대학교 교수)                 | 양 연 모 (금오공과대학교 교수)             | 이 석 재 (대구보건대학교 교수)      |
| 홍 보 이 사   | 강 대 희 (유도주 박사)                   | 서 동 혁 (단국대학교 교수)               | 조 영 조 (한국전자통신연구원 박사)    |
|           | 김 재 욱 (한국한의학연구원 박사)              | 김 호 철 (울지대학교 교수)               | 박 재 병 (전북대학교 교수)        |
| 회 원 이 사   | 여 희 주 (대전대학교 교수)                 |                                |                         |
|           | 권 오 민 (충북대학교 교수)                 | 주 영 복 (한국기술교육대학교 교수)           | 김 종 만 (전남도립대학교 교수)      |
|           | 김 지 훈 (전주비전대학교 교수)               | 문 정 호 (강릉원주대학교 교수)             | 박 명 진 (경희대학교 교수)        |
|           | 변영재 (UNIST 교수)                   | 서영석 (영남대학교 교수)                 | 송 철 규 (전북대학교 교수)        |
|           | 유재현 (한경대학교 교수)                   | 이 상 준 (선문대학교 교수)               | 이 용 귀 (한국전자통신연구원 선임연구원) |
|           | 이태희 (전북대학교 교수)                   | 이 학 성 (세종대학교 교수)               | 정 재 훈 (동국대학교 교수)        |
|           | 최 수 범 (한국과학기술정보연구원 연구원)          | 류 지 형 (한국전자통신연구원 박사)           | 최 우 영 (전북대학교 교수)        |
|           | 한 아 (한국산업기술시험원 선임연구원)            |                                |                         |
| 자 문 위 원   | 박 중 국 (경희대학교 교수)                 | 서 일 훈 (한양대학교 교수)               | 김 덕 율 (연세대학교 교수)        |
|           | 김 희 식 (서울시립대학교 교수)               | 허 경 무 (단국대학교 교수)               | 오 창 현 (고려대학교 교수)        |
|           | 오 상 록 (한국과학기술연구원 분원장)            | 오 승 록 (단국대학교 교수)               | 정 길 도 (전북대학교 교수)        |
|           | 김영철 (군산대학교 교수)                   |                                |                         |
| 연구회위원장    | 김 규 식 (서울시립대학교 교수) - 전력전자        | 한 수 희 (포항공과대학교 교수) - 제어계측      |                         |
|           | 남 기 창 (동국대학교 교수) - 의용전자 및 생체공학   | 정 재 훈 (동국대학교 교수) - 지능로봇        |                         |
|           | 이 성 준 (한양대학교 교수) - 회로 및 시스템      | 이 석 재 (대구보건대학교 교수) - 국방정보 및 제어 |                         |
|           | 연 규 봉 (한국자동차연구원 센터장) - 자동차전자     | 오 창 현 (고려대학교 교수) - 의료영상시스템     |                         |
|           | 권 중 원 (한국산업기술시험원 책임연구원) - 스마트팩토리 | 정 범 진 (서울과학기술대학교 교수) - 스마트미터링  |                         |

## 산업전자사이어티

|           |                         |                        |                      |
|-----------|-------------------------|------------------------|----------------------|
| 회 장       | 김 은 원 (대림대학교 교수)        | 김 동 식 (인하공업전문대학 교수)    | 남 상 업 (국제대학교 교수)     |
| 명 예 회 장   | 강 창 수 (유한대학교 교수)        | 장 철 (우성정보기술 대표이사)      | 최 영 일 (조선이공대학교 교수)   |
| 자 문 위 원   | 윤 기 방 (인천대학교 교수)        | 김 병 화 (동원대학교 교수)       | 김 용 민 (충청대학교 교수)     |
|           | 김 대 휘 (한국정보기술 대표이사)     | 원 영 진 (부천대학교 교수)       | 이 상 준 (수원과학대학교 교수)   |
|           | 김 중 부 (인덕대학교 교수)        | 이 원 석 (동양미래대학교 교수)     | 조 규 남 (로봇신문 대표이사)    |
|           | 이 상 회 (동서울대학교 교수)       | 한 성 준 (아이티센 부사장)       |                      |
|           | 진 수 춘 (한백전자 대표이사)       |                        |                      |
| 수 석 부 회 장 | 고 정 환 (인하공업전문대학 교수)     |                        |                      |
| 상 임 이 사   | 김 현 (부천대학교 교수)          | 김 상 범 (폴리텍대학교-대전 교수)   | 김 영 로 (명지전문대학 교수)    |
|           | 김영선 (대림대학교 교수)          | 김 윤 석 (상지대학교 교수)       | 김 태 용 (구미대학교 교수)     |
|           | 김 태 원 (상지대학교 교수)        | 동 성 수 (용인송담대학교 교수)     | 서 병 석 (상지대학교 교수)     |
|           | 서 춘 원 (K-MY지능정보기술 대표이사) | 엄 우 용 (인하공업전문대학 교수)    | 우 찬 일 (서일대학교 교수)     |
|           | 원 우 연 (폴리텍대학교-춘천 교수)    | 윤 중 현 (조선이공대학교 교수)     | 이 시 현 (동서울대학교 교수)    |
|           | 장 기 동 (동양미래대학교 교수)      | 조 도 현 (인하공업전문대학 교수)    |                      |
| 협동상임이사    | 강 현 석 (로보웰코리아 대표이사)     | 권 오 병 (넷케이아이 이 사)      | 김 세 중 (SJ정보통신 이사)    |
|           | 김 윤 철 (트라콤 이사)          | 김 정 석 (오디에이테크놀로지 대표이사) | 김 진 선 (청파이엠티 본부장)    |
|           | 박 현 영 (씨티랩스 대표이사)       | 서 봉 상 (올포랜드 이사)        | 성 재 용 (오픈링크시스템 대표이사) |
|           | 송 광 현 (복두전자 대표이사)       | 송 치 봉 (웨이비스 대표이사)      | 신 동 희 (대보정보통신 이사)    |
|           | 오 재 곤 (한국정보기술 이사)       | 유 성 철 (LG히다찌 본부장)      | 이 승 민 (튜시스템 대표이사)    |
|           | 이 영 준 (투비콤 대표이사)        | 장 대 현 (대산정보통신 이사)      | 전 한 수 (세림티에스지 이사)    |
|           | 조 병 영 (태진인포텍 대표이사)      | 조 한 일 (하이제이컨설팅 대표이사)   |                      |
| 이 사       | 강 동 진 (한국정보통신기능대학교 교수)  | 강 민 구 (경기과학기술대학교 교수)   | 강 희 훈 (여주대학교 교수)     |
|           | 곽 칠 성 (재능대학교 교수)        | 구 자 일 (인하공업전문대학 교수)    | 권 오 상 (경기과학기술대학교 교수) |
|           | 김 경 복 (경북대학교 교수)        | 김 남 섭 (서일대학교 교수)       | 김 덕 수 (동양미래대학교 교수)   |
|           | 김 덕 영 (부천대학교 교수)        | 김 영 준 (인하공업전문대학 교수)    | 김 중 오 (동양미래대학교 교수)   |
|           | 문 현 욱 (동원대학교 교수)        | 방 경 호 (명지전문대학 교수)      | 방 기 준 (인덕대학교 교수)     |
|           | 배 효 관 (동원대학교 교수)        | 백 승 철 (우송정보대학교 교수)     | 변 상 준 (대덕대학교 교수)     |
|           | 성 홍 석 (부천대학교 교수)        | 송 정 태 (동서울대학교 교수)      | 신 용 조 (상지영서대학교 교수)   |
|           | 신 진 섭 (경민대학교 교수)        | 심 완 보 (충청대학교 교수)       | 안 성 수 (명지전문대학 교수)    |
|           | 오 태 영 (원지전문대학 교수)       | 윤 승 립 (인하공업전문대학 교수)    | 원 우 연 (충천폴리텍대학교 교수)  |
|           | 이 철 (인하공업전문대학 교수)       | 이 규 희 (상지영서대학교 교수)     | 이 동 영 (명지전문대학 교수)    |
|           | 이 상 철 (재능대학교 교수)        | 이 승 우 (동원대학교 교수)       | 이 용 구 (한림성심대학교 교수)   |
|           | 이 정 석 (인하공업전문대학 교수)     | 이 중 근 (부천대학교 교수)       | 이 중 성 (부천대학교 교수)     |
|           | 이 중 용 (광운대학교 교수)        | 이 중 하 (전주비전대학교 교수)     | 강 성 석 (영진전문대학교 교수)   |
|           | 정 석 재 (영진전문대학 교수)       | 정 해 명 (김포대학교 교수)       | 정 환 익 (경북대학교 교수)     |
|           | 조 경 식 (국제대학교 교수)        | 주 진 화 (오산대학교 교수)       | 최 현 식 (충북보건과학대학교 교수) |
|           | 최 홍 주 (상지영서대학교 교수)      | 허 윤 석 (충청대학교 교수)       | 황 수 철 (인하공업전문대학 교수)  |
| 협 동 이 사   | 고 강 일 (이지테크 대표이사)       | 김 연 길 (대보정보통신 이사)      | 신 현 상 (아이티커머스 이사)    |
|           | 이 진 우 (글로벌링크 이사)        | 이 현 성 (프로랩 대표이사)       | 장 기 웅 (나날에스엠아이 대표이사) |
|           | 최 석 우 (한국정보기술 상무)       |                        |                      |
| 감 사       | 이 병 선 (김포대학교 교수)        | 이 태 동 (국제대학교 교수)       |                      |



## 제24대 평의원 명단

강명곤 (한국교통대학교 교수)  
강석주 (서강대학교 교수)  
강성원 (한국전자통신연구원 소장)  
강진구 (인하대학교 교수)  
고성제 (고려대학교 교수)  
공배선 (성균관대학교 교수)  
곽진태 (고려대학교 교수)  
구용서 (단국대학교 교수)  
권기룡 (부경대학교 교수)  
권종기 (한국전자통신연구원 연구전문위원)  
권혁인 (중앙대학교 교수)  
김광수 (서강대학교 교수)  
김남 (충북대학교 교수)  
김덕진 (고려대학교 명예교수)  
김동규 (한양대학교 교수)  
김명선 (한성대학교 교수)  
김봉태 (한국전자통신연구원 소장)  
김상태 (한국산업기술평가관리원 연구위원)  
김성대 (KAIST 명예교수)  
김소영 (성균관대학교 교수)  
김수찬 (한경대학교 교수)  
김시호 (연세대학교 교수)  
김영민 (서울대학교 교수)  
김영재 (해동과학문화재단 이사장)  
김영철 (군산대학교 교수)  
김용석 (성균관대학교 교수)  
김원준 (건국대학교 교수)  
김윤 (서울시립대학교 교수)  
김재현 (아주대학교 교수)  
김정호 (이화여자대학교 교수)  
김주성 (한밭대학교 교수)  
김진상 (경희대학교 교수)  
김창수 (고려대학교 교수)  
김태욱 (연세대학교 교수)  
김현 (서울과학기술대학교 교수)  
김현철 (울산대학교 교수)  
김형택 (홍익대학교 교수)  
나정웅 (한국과학기술원 명예교수)  
남상욱 (서울대학교 교수)  
노정진 (한양대학교 교수)  
류수정 (사피온코리아 대표이사)  
문영식 (한양대학교 교수)  
민동보 (이화여자대학교 교수)  
박성민 (이화여자대학교 교수)  
박성환 (한양대학교 명예교수)  
박인규 (인하대학교 교수)  
박진욱 (육군사관학교 명예교수)  
배준호 (가천대학교 교수)  
백상현 (고려대학교 교수)  
변대석 (삼성전자 마스터)  
서정욱 (전 과학기술부 장관)  
선우영환 (아주대학교 교수)  
손교민 (삼성전자 마스터)  
송문섭 (삼척 회장)  
송병철 (인하대학교 교수)  
신오순 (송실대학교 교수)  
신현철 (광운대학교 교수)  
안상철 (한국과학기술연구원 책임연구원)  
안호균 (한국전자통신연구원 실장)  
여희주 (대전대학교 교수)  
오상록 (한국과학기술연구원 강릉분원장)  
오의열 (LG디스플레이 연구위원)  
우은택 (한국과학기술원 교수)  
유동훈 (삼성전자 전문)  
유정봉 (공주대학교 교수)  
유창식 (삼성전자 전문)

강문식 (강릉원주대학교 교수)  
강석판 (LG전자 상무)  
강윤희 (백석대학교 교수)  
고병철 (계명대학교 교수)  
고정환 (인하공업전문대학 교수)  
공성호 (경북대학교 교수)  
구민석 (인천대학교 교수)  
권건우 (홍익대학교 교수)  
권오경 (한국공학한림원 회장)  
권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)  
권호열 (정보통신정책연구원 원장)  
김광순 (연세대학교 교수)  
김달수 (티엘아이 대표이사)  
김도현 (국민대학교 명예교수)  
김동식 (인하공업전문대학 교수)  
김명준 (한국전자통신연구원 원장)  
김부균 (송실대학교 교수)  
김선용 (건국대학교 교수)  
김성우 (서울대학교 교수)  
김수연 (동국대학교 교수)  
김수환 (서울대학교 교수)  
김영권 (후레대학교 명예총장)  
김영민 (홍익대학교 교수)  
김영진 (한국항공대학교 교수)  
김영한 (UC San Diego/가우스랩스 교수/대표이사)  
김용신 (고려대학교 교수)  
김유선 (LGI노텍 TASK LEADER)  
김은원 (대림대학교 교수)  
김재희 (연세대학교 명예교수)  
김종선 (홍익대학교 교수)  
김준모 (한국과학기술원 교수)  
김진영 (영문대학교 교수)  
김창익 (한국과학기술원 교수)  
김태진 (더즈텍 대표이사)  
김현 (부천대학교 교수)  
김형준 (한국과학기술연구원 소장)  
김홍국 (광주과학기술원 교수)  
남궁선 (유니트론텍 부회장)  
남일구 (부산대학교 교수)  
노태문 (한국전자통신연구원 센터장/책임연구원)  
류승택 (한국과학기술원 교수)  
문용 (송실대학교 교수)  
박규태 (연세대학교 명예교수)  
박성욱 (SK하이닉스 부회장)  
박수현 (국민대학교 교수)  
박종선 (고려대학교 교수)  
박항구 (소암시스템 회장)  
배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원)  
백준기 (중앙대학교 교수)  
변영재 (울산과학기술원 교수)  
서창호 (한국과학기술원 교수)  
성광모 (서울대학교 명예교수)  
손보익 (LX세미콘 대표이사)  
송민규 (동국대학교 교수)  
송상현 (중앙대학교 교수)  
신요안 (송실대학교 교수)  
심동규 (광운대학교 교수)  
안승권 (연암공과대학교 총장)  
양준성 (연세대학교 교수)  
연규봉 (한국자동차연구원 팀장/수석연구원)  
오성근 (아주대학교 교수)  
오정훈 (삼성전자 마스터)  
우정호 (비전텍스트 대표이사)  
유명식 (송실대학교 교수)  
유찬세 (한국전자기술연구원 센터장)  
윤광섭 (인하대학교 교수)

강민석 (LGI노텍 부사장(CTO))  
강석형 (포항공과대학교 교수)  
강제원 (이화여자대학교 교수)  
고석준 (제주대학교 교수)  
고형호 (충남대학교 교수)  
공준진 (삼성전자 마스터/주임교수)  
구본태 (한국전자통신연구원 책임연구원)  
권구덕 (강원대학교 교수)  
권오규 (인하대학교 교수)  
권태수 (서울과학기술대학교 교수)  
김경기 (대구대학교 교수)  
김규식 (서울시립대학교 교수)  
김대순 (전주비전대학교 교수)  
김도현 (제주대학교 교수)  
김동현 (CTK 대표이사)  
김병서 (홍익대학교 교수)  
김상완 (서강대학교 교수)  
김선욱 (고려대학교 교수)  
김성진 (울산과학기술원 교수)  
김수중 (경북대학교 명예교수)  
김승천 (한성대학교 교수)  
김영로 (명지전문대학 교수)  
김영선 (대림대학교 교수)  
김영진 (한국생산기술연구원 수석연구원)  
김용규 (한국철도기술연구원 수석연구원)  
김원중 (한국전자통신연구원 책임연구원)  
김유철 (LGI A연구원 부문장)  
김익균 (한국전자통신연구원 본부장)  
김정범 (강원대학교 교수)  
김종욱 (고려대학교 교수)  
김지훈 (이화여자대학교 교수)  
김진태 (건국대학교 교수)  
김철우 (고려대학교 교수)  
김한구 (삼성전자공과대학교 교수)  
김현수 (삼성전자 상무)  
김형진 (인하대학교 교수)  
김훈 (인천대학교 교수)  
남기창 (동국대학교 교수)  
노원우 (연세대학교 교수)  
동성수 (용인송담대학교 교수)  
문병인 (경북대학교 교수)  
민경식 (국민대학교 교수)  
박부건 (포항공과대학교 교수)  
박성욱 (강릉원주대학교 교수)  
박영훈 (숙명여자대학교 교수)  
박종일 (한양대학교 교수)  
배준성 (강원대학교 조교수)  
백광현 (중앙대학교 교수)  
범진욱 (서강대학교 교수)  
서승우 (서울대학교 교수)  
선우경 (서울대학교 교수)  
성원진 (서강대학교 교수)  
손일수 (서울과학기술대학교 교수)  
송민협 (한국전자통신연구원 선임연구원)  
송준영 (인천대학교 교수)  
신창환 (고려대학교 교수)  
심정연 (강남대학교 교수)  
안현식 (동명대학교 교수)  
엄낙웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)  
예종철 (한국과학기술원 교수)  
오윤호 (성균관대학교 교수)  
우성민 (한국기술교육대학교 교수)  
원제형 (도쿄엘렉트론코리아 대표이사)  
유윤섭 (한경대학교 교수)  
유창동 (한국과학기술원 교수)  
윤명국 (이화여자대학교 교수)

윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)  
 윤 성 로 (서울대학교 교수)  
 윤 중 용 (삼성전자 비상임고문)  
 이 광 업 (서경대학교 교수)  
 이 규 필 (삼성전자 부사장)  
 이 덕 진 (전북대학교 교수)  
 이 문 식 (한국전자통신연구원 실장)  
 이 상 설 (한양대학교 명예교수)  
 이 석 호 (한국전자통신연구원 책임연구원)  
 이 성 준 (한양대학교 교수)  
 이 승 은 (서울과학기술대학교 교수)  
 이 윤 식 (울산과학기술원 교수)  
 이 재 성 (고려대학교 교수)  
 이 재 훈 (유정시스템 대표이사)  
 이 중 호 (숭실대학교 교수)  
 이 주 연 (전주비전대학교 교수)  
 이 채 은 (인하대학교 교수)  
 이 철 (동국대학교 교수)  
 이 태 동 (국제대학교 교수)  
 이 한 호 (인하대학교 교수)  
 이 흥 노 (광주과학기술원 교수)  
 임 매 순 (한국과학기술연구원 선임연구원)  
 임 혜 숙 (이화여자대학교 교수)  
 장 성 진 (삼성전자 부사장)  
 전 동 석 (서울대학교 교수)  
 전 세 영 (서울대학교 교수)  
 전 흥 태 (중앙대학교 명예교수)  
 정 민 수 (라온텍 부사장)  
 정 성 업 (차세대융합기술연구원 선임연구원)  
 정 원 영 (태성에스엔이 부분부장)  
 정 일 권 (한국전자통신연구원 부분부장)  
 정 준 (솔리드 대표이사)  
 정 해 준 (경희대학교 교수)  
 조 남 익 (서울대학교 교수)  
 조 성 인 (동국대학교 교수)  
 조 중 회 (인천대학교 교수)  
 조 해 정 (삼성물산 그룹장)  
 차 혁 규 (서울과학기술대학교 교수)  
 천 경 준 (씨젠 회장)  
 최 광 표 (삼성전자 마스터)  
 최 성 민 (해치텍 대표이사)  
 최 승 중 (LG전자 부사장)  
 최 우 영 (연세대학교 교수)  
 최 재 혁 (한국과학기술원 교수)  
 최 진 성 (도이치텔레콤 부사장)  
 최 천 원 (단국대학교 교수)  
 한 영 선 (부경대학교 교수)  
 한 정 환 (충남대학교 교수)  
 함 철 희 (삼성전자 마스터)  
 현 유 진 (대구경북과학기술원 책임연구원)  
 홍 민 철 (숭실대학교 교수)  
 홍 인 기 (경희대학교 교수)  
 황 성 운 (가천대학교 교수)  
 황 인 정 (명지병원 수석연구원)  
 황 진 영 (한국항공대학교 교수)

윤 석 진 (한국과학기술연구원 원장)  
 윤 영 권 (삼성전자 마스터)  
 이 강 윤 (성균관대학교 교수)  
 이 규 대 (공주대학교 교수)  
 이 남 윤 (고려대학교 교수)  
 이 동 규 (카카오모빌리티 부사장)  
 이 병 선 (김포대학교 교수)  
 이 상 윤 (연세대학교 교수)  
 이 석 희 (SK하이닉스 대표이사)  
 이 수 민 (한국센터연구소 대표이사)  
 이 승 호 (한밭대학교 교수)  
 이 인 규 (고려대학교 교수)  
 이 재 진 (숭실대학교 교수)  
 이 정 우 (중앙대학교 교수)  
 이 중 호 (서울대학교 교수)  
 이 진 규 (동국대학교 석좌교수)  
 이 천 희 (전) 청주대학교 교수)  
 이 중 용 (연세대학교 교수)  
 이 태 원 (고려대학교 명예교수)  
 이 혁 재 (서울대학교 교수)  
 이 희 덕 (충남대학교 교수)  
 임 신 일 (서경대학교 교수)  
 장 길 진 (경북대학교 교수)  
 장 의 준 (경희대학교 교수)  
 전 병 우 (성균관대학교 교수)  
 전 영 현 (삼성SDI 부회장)  
 정 교 일 (한국전자통신연구원 연구전문위원)  
 정 방 철 (충남대학교 교수)  
 정 승 원 (고려대학교 교수)  
 정 윤 호 (한국항공대학교 교수)  
 정 정 화 (한양대학교 석좌교수)  
 정 진 곤 (중앙대학교 교수)  
 제 민 규 (한국과학기술원 교수)  
 조 도 현 (인하공업전문대학 교수)  
 조 성 현 (한양대학교 교수)  
 조 진 우 (한국전자기술연구원 센터장/수석연구원)  
 진 훈 (경기대학교 교수)  
 채 영 철 (연세대학교 교수)  
 최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)  
 최 병 수 (부경대학교 교수)  
 최 수 일 (전남대학교 교수)  
 최 영 규 (한국교통대학교 교수)  
 최 웅 (숙명여자대학교 교수)  
 최 준 립 (경북대학교 교수)  
 최 창 범 (한밭대학교 교수)  
 최 현 택 (한국해양과학기술원 책임연구원)  
 한 은 혜 (에스에스엔씨 대표이사)  
 한 태 희 (성균관대학교 교수)  
 허 재 두 (한국전자통신연구원 책임연구원)  
 홍 국 태 (엘엑스세미콘 연구위원)  
 홍 승 흥 (인하대학교 명예교수)  
 홍 제 형 (한양대학교 교수)  
 황 승 훈 (동국대학교 교수)  
 황 인 철 (강원대학교 교수)

윤 석 현 (단국대학교 교수)  
 윤 일 구 (연세대학교 교수)  
 이 경 중 (연세대학교 교수)  
 이 규 복 (한국전자기술연구원 부원장)  
 이 덕 기 (연암공과대학교 교수)  
 이 문 기 (연세대학교 명예교수)  
 이 상 만 (시스메이트 대표이사)  
 이 상 훈 (웨이브피아 대표이사)  
 이 성 수 (숭실대학교 교수)  
 이 승 용 (포항공과대학교 교수)  
 이 영 열 (세종대학교 교수)  
 이 재 관 (한국자동차연구원 본부장)  
 이 재 홍 (서울대학교 명예교수)  
 이 정 원 (서울대학교 선임연구원)  
 이 중 호 (서울대학교 교수)  
 이 창 한 (한국반도체산업협회 상근부회장)  
 이 철 (동국대학교 교수)  
 이 중 용 (서울대학교 명예교수)  
 이 한 립 (중앙대학교 교수)  
 이 형 민 (고려대학교 교수)  
 인 치 호 (세명대학교 교수)  
 임 제 탁 (한양대학교 명예교수)  
 장 석 호 (건국대학교 교수)  
 전 국 진 (서울대학교 명예교수)  
 전 선 의 (파이낸셜뉴스 사장)  
 전 정 훈 (성균관대학교 교수)  
 정 길 도 (전북대학교 교수)  
 정 범 진 (한국외국어대학교 교수)  
 정 용 규 (울지대학교 교수)  
 정 은 승 (삼성전자 사장)  
 정 중 문 (연세대학교 교수)  
 정 진 곤 (전북대학교 교수)  
 조 경 순 (한국외국어대학교 교수)  
 조 민 호 (고려대학교 교수)  
 조 영 민 (SkyMir CEO)  
 조 현 중 (강원대학교 교수)  
 차 철 웅 (한국전자기술연구원 센터장)  
 채 주 형 (광운대학교 교수)  
 최 광 성 (한국전자통신연구원 실장)  
 최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)  
 최 승 범 (삼성전자 부사장)  
 최 용 수 (신한대학교 교수)  
 최 윤 석 (한밭대학교 교수)  
 최 중 호 (서울시립대학교 교수)  
 최 창 식 (DB하이텍 부회장)  
 한 동 석 (경북대학교 교수)  
 한 재 호 (고려대학교 교수)  
 함 범 섭 (연세대학교 교수)  
 허 준 (고려대학교 교수)  
 홍 대 식 (연세대학교 교수)  
 홍 유 식 (상지대학교 교수)  
 홍 철 호 (중앙대학교 교수)  
 황 원 준 (아주대학교 교수)  
 황 인 태 (전남대학교 교수)

## 사무국 직원 명단

송기원 국장 - 기획, 신규업무, 산학연, 자문/IT포럼, 지부, 인사, 규정, 회장단 관련, 유관기관 등 대외업무 및 업무총괄  
 이만순 부장 - 하계학술대회, 주요 운영회의(이사회, 평의원회 및 총회), 총무업무(선거, 공문처리, 임원관련, 송년회, 포상 및 Wiset 등)  
 배지영 부장 - 본회 사업, 추계학술대회, 교육, 통신소사이터티, 컴퓨터소사이터티, 인공지능 신호처리소사이터티, 시스템 제어소사이터티, 산업전자소사이터티  
 배기동 부장 - AI 관련, 국문지, 학회지, 표준화, 영역 등 기타 지원업무  
 변은정 부장 - 재무(본회/소사이터티/연구회), 개인회원 및 특별회원, 홍보(컨텐츠)  
 김천일 차장 - 학회 웹사이트 관리, 홍보지원(매체), IIE Forum, 각종 정보화업무 지원, 전산장비 관리 등  
 성다희 사원 - 국제학술대회(ITC-CSOC, ICIC, ICCE-Asia), 외국 관련기관과 협력(Joint Award 등), JSTS/ SPC 발간



# 학회소식

## 2022년 정기총회 및 추계학술대회

11월 25일(금)~26일(토) 6개 소사이어티 주관으로 곤지암리조트(경기도 광주)에서 학계, 산업계 및 연구계에서 연구한 총 350여편의 학술논문을 발표하는 추계학술대회가 개최 되었다.

그리고 한해를 마무리하는 정기총회와 금년도 학회를 위해 수고해 주시고 탁월한 업적을 이룬 회원에게 학회상을 수여하였다. 한편 이번 총회에서는 2022년도 결산, 2023년도 사업계획 및 예산(안)승인, 2023년도 임원선출 보고 등의 안건들이 원안대로 승인 되었다.



서승우 회장 인사말(정기총회)



추계학술대회 기조강연



추계학술대회 시상식



SK텔레콤 AI포럼 (류수정 대표이사)



IT창의챌린지



# 학회일지

[www.theieie.org](http://www.theieie.org)

THE INSTITUTE OF  
ELECTRONICS AND INFORMATION  
ENGINEERS

(2022년 11월 15일 ~ 12월 15일)

## 1. 행사 개최

| 구분 | 행사 명칭        | 기간       | 장소     |
|----|--------------|----------|--------|
| 본회 | 2022년 추계학술대회 | 11.25~26 | 곤지암리조트 |



## 블록체인 기술 동향



정은성 편집위원  
(홍익대학교)

비트코인과 같은 가상화폐 붐과 더불어 많은 관심을 받았던 블록체인 기술은, 최근 들어 가상화폐 자산이 급격히 하락하였음에도 그 기술적 가치와 의의는 여전히 유효하며 탈중앙화된 시스템의 주요 기술로서 꾸준히 발전을 거듭하고 있다. 본 특집호는 현재 블록체인 기술의 동향과 미래 발전 방향에 대

해 블록체인을 이루는 다양한 요소 기술 관점에서 살펴본다. 산업계, 학계 등 다양한 분야의 전문가들이 총 7편의 논문을 기고하였으며, 이를 통해 과거 기술이 어떻게 현재 기술로 이어졌는지, 또한 어떠한 미래 기술로 이어질 수 있는지 들여다 볼 수 있도록 특집호가 구성되었다.

첫째, “블록체인 기술과 응용(권수호)”에서는 전체적인 관점에서 블록체인 기술의 의의와 문제점, 그리고 Web 3.0 시대의 도래와 함께 블록체인 기술의 미래 전망을 간략하게 소개하였다. 둘째, “블록체인의 Trilemma(박영훈)”에서는 블록체인 시스템의 한계점을 심도있게 고찰하였다. 셋째, “블록체인 기술 동향과 Web 3.0(윤석빈)”은 블록체인 기술동향 관점에서 Web의 발전 방향과 Web 3.0 탄생 배경을 설명하고 Web 3.0이 가지는 중요성을 설명하였다. 넷째, “웹 3.0 활성화를 위한 시나리오 발굴(서중원 외)”에서는 현재 Web 3.0을 표방하는 서비스들이 가지는 활용성 부재 문제를 해결하고자, 사용자와 기업에 와닿을 수 있는 다양한 서

비스 시나리오들을 소개하였다. 주제를 블록체인 주요 요소 기술로 전환하여, 다섯째, “블록체인과 전통적 합의 알고리즘의 이해(임종철 외)”에서는 BGP (Byzantine Generals Problem)에 관한 학술적 연구가 어떻게 전개되었는지에 대한 고찰 후, 관련한 대표적 블록체인 시스템의 BFT 합의 프로토콜의 현재 적용 사례를 기술적으로 상세히 논의하였다. 여섯째, “영지식 증명 이해와 블록체인 활용(정권호 외)”에서는 블록체인의 프라이버시와 유효성 검증 대립 문제를 해결하는 영지식 증명 (Zero-knowledge proof) 기술에 대한 최신 기술 동향을 소개하였다. 끝으로, “블록체인 코드와 품질 가시화(김장환 외)”에서는 소프트웨어 공학 측면에서 블록체인 코드의 품질을 다루며, 새로운 프로그래밍 언어로 짜여진 블록체인 코드들에 대한 상용화된 정적분석기가 존재하지 않아 발생하는 소프트웨어의 비가시성을 해결하는 블록체인 코드 가시화 사례를 소개하였다.

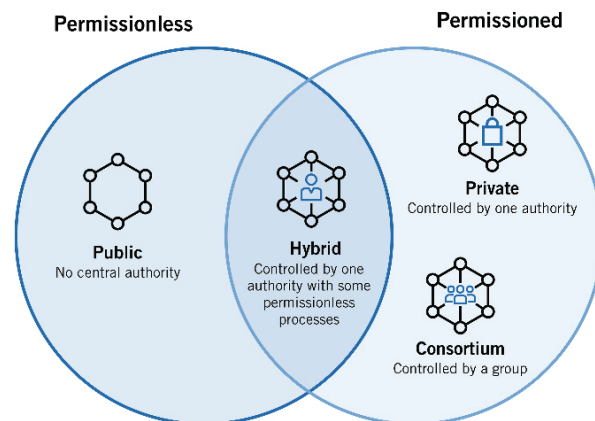
연말 눈코 뜰 새 없이 바쁜 와중에 본 특집호를 위하여 소중한 원고를 보내주신 집필진 여러분께 정말 감사드립니다. 특집호를 구성하며, 국내 산학연 연구진들이 블록체인 발전에 많은 노력과 수고를 아끼지 않는 것을 새삼 느끼며 응원하고 박수를 보낸다.

# 블록체인 기술과 응용

## 1. 블록체인 기술에 대한 기초

블록체인은 신뢰할 수 없는 참여자 사이에서 신뢰를 구축하는 기술이다. 블록체인을 구분할 때 크게 프라이빗(허가형) 블록체인과 퍼블릭(공개형) 블록체인으로 나누며, 대부분의 국가 프로젝트는 프라이빗 블록체인인 EEA(Ethereum Enterprise Alliance)에서 제공하는 기술이나, 혹은 Linux Foundation에서 지원하는 Hyperledger Project에 속한 기술을 사용하고 있다. 퍼블릭 블록체인은 일반적으로 우리가 흔히 알고 있는 Bitcoin, Ethereum, EOS, Cosmos(Tendermint) 등을 의미하며, PoW(Proof of Work)에서 PoS(Proof of Stake)로 나아가거나 PBFT(Practical Byzantine Fault Tolerant) 합의 알고리즘을 사용하고 있다.

블록체인 기술이 중요하게 된 이유는 기존의 중앙화 된 Web 2.0에서 벗어나 탈 중앙화 된 Web 3.0으로 나아가기 위한 새로운 움직임 때



〈그림 1〉 블록체인 분류



권수호

한국블록체인산업진흥협회[KBIPA]



문이지만, 항상 그렇듯 기술의 오용으로 인한 문제점도 결코 무시할 수 없으며 점점 더 커지고 있는 상황이다. 아직 블록체인 기반으로 발행된 코인이나 토큰이 실 생활에서 사용되는 경우는 드물며, 대부분 중앙화 된 거래소에서 소위 말하는 “사고 파는 디지털 자산”처럼 거래되고 있으며, 블록체인이 가지는 트릴레마(Trilemma: Decentralization, Security, Scalability)도 해결되지 못하고 있다. 최근 이더리움 업그레이드(기존 이더리움 2.0 이라고 불렀던)가 진행되며, 완전한 탈 중앙화는 포기하면서 거래소의 수수료와 속도, 자원(PoW 알고리즘으로 인한 과도한 전기 사용) 절약을 약속하고 있지만, 블록을 생성하는 검증자(Validator)에 대한 중앙화 문제는 풀기 어려울 것으로 생각된다.

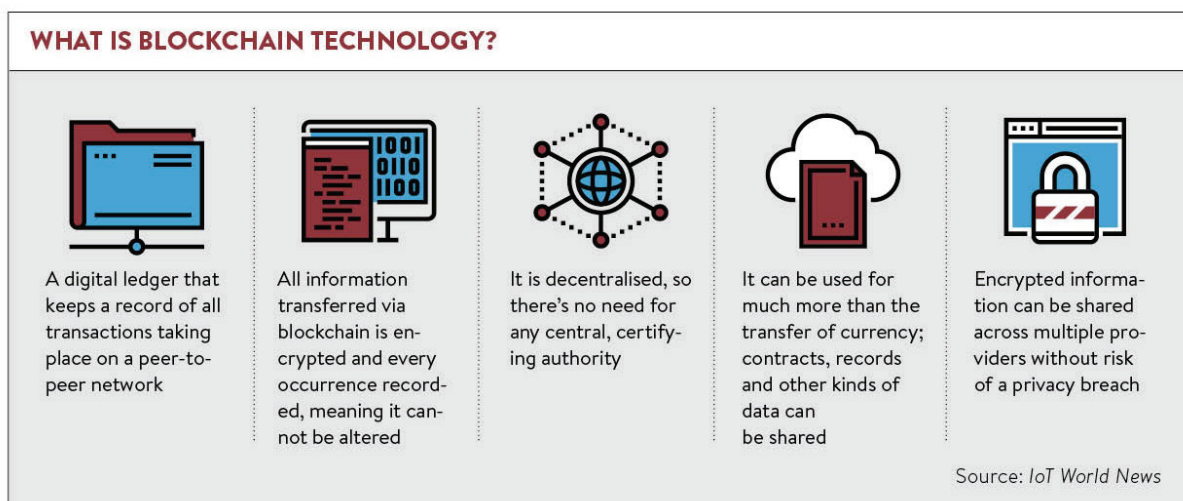
블록체인 네트워크는 공유된 기록과 상태를 가지는 P2P 네트워크로 연결된 노드(Node)들의 집합체로, 접속자는 클라이언트인 동시에 타 노드에 대한 서버의 역할도 할 수 있다(하이퍼레저 패브릭은 노드 별 역할이 정해져 있음). 따라서, 중앙화 된 서버가 사라진 자리에 다수의 탈 중앙화 된 무수히 많은 서버들이 데이터를 동기화시키기 위해서 협업하고 있는 구조를 가지고 있지만, 또한 블록체인 네트워크의 모든 참여자가 최고의 수익을 얻기 위해서 서로 경쟁하는 아이러니한 상황을 연출하기도 한다. 중요한 것은 이러한 블록체인 기술이 차세대 웹을 위해서 필요한 Web 3.0 기술의 근간이 될 것이 유력하

며, 다양한 새로운 비즈니스 모델이 탄생할 것이 분명하다는 점이다. 따라서, 이 글에서는 블록체인 기술이 가지는 오해와 편견(혹은 진실)과 어디에 사용될 수 있는지(응용 예), 블록체인 해킹은 주로 어떻게 발생하는지와 블록체인 기술 자체가 해결해야 할 문제점 및 앞으로 나아갈 방향에 대해서 이야기하겠다.

## 2. 블록체인에 대한 오해와 편견 (혹은 진실)

블록체인은 모든 문제를 해결해 주지 않는다. 그리고, 블록체인 기반의 코인이나 토큰은 내재된 가치를 가지지 않는다. 흔히 블록체인 기술을 이용하면 평등한 세상을 구현하거나 사회적인 문제를 해결할 수 있다고 주장하는 것은 잘못된 생각이다. 오히려 블록체인 기술로 인해서 부의 집중 현상이 발생하거나(탈중앙화의 약화와 맞물려), 부에 대한 그릇된 생각으로 “한탕주의”에 빠지는 경우가 많다.

블록체인을 기술적인 관점에서 바라보더라도 완벽하지 않다. 예를 들어, PoW와 같은 알고리즘은 대량의 전력소모와 동일한 데이터의 중복저장, 생산적이지 않은 반복된 연산을 위한 컴퓨팅 자원 낭비를 발생시킨다. 그렇다면 굳이 왜 블록체인을 사용해야 하는가에 대한 의문이 남게 된다.



〈그림 2〉블록체인 기술이란?

블록체인은 데이터의 불균형으로 인한 “신뢰”가 부족한 환경에서 “신뢰”를 구축하는 기술이며, 이를 가능하게 하기 위해서는 다음과 같은 것들이 필요하다.

- a. 블록체인 네트워크에 참여하는 모든 노드는 궁극적으로 같은 상태(State)를 유지하기 위해 합의해야 한다.
- b. 모든 노드는 서버임과 동시에 클라이언트 역할을 하게 되며, 궁극적으로 동등한 위치에서 서로 협력(혹은 경쟁)하게 된다.
- c. 올바른 행동을 하는 노드(참여자)에게는 보상(Reward)을 주며, 그렇지 못한 노드(참여자)에게는 벌(Penalty)을 가한다.

이를 통해서 구축되는 네트워크는 결과적으로 “신뢰”할 수 있는 행동을 보상의 형태로 강화하게 되며, P2P(Peer-to-Peer)방식으로 서로의 지위를 보장하는 방식으로 상태 정보를 끊임없이 동기화하게 된다. 그렇다고 모든 상태 정보가 항상 진실(Truth)이 되는 것은 아니다. 블록에 들어가는 트랜잭션들도 더 많은 자원을 점유한 노드(혹은 사람이나 기관, 회사 등)의 의도를 반영하는 결과이며, 중간자는 사라졌지만 새로운 권력의 탄생을 막지는 못했다. 예를 들어, 이더리움이나 비트코인 채굴장을 운영하는 주체들은 이미 상위 3개의 업체가 51% 이상의 해시(Hash) 파워를 점유하고 있으며, 이더리움 업그레이드로 가더라도 검증자는 자본을 보유한 사람이 절대 강자가 될 가능성이 높기 때문이다.

블록체인은 단지 코인이나 토큰만이 전부 아니다. 기술적으로 접근하면 이미 존재하던 기술을 적절히 잘 마무리 특정 부분에 사용할 수 있는 토대를 이미 제공하기도 했다. 예를 들어, 정부나 공공기관에서 활용하고 있는 프라이빗 블록체인들은 추적성이나 변경할 수 없는 기록과 이해관계자에 대한 투명한 정보의 실시간 제공 등에서 충분히 그 가능성을 입증했다. 퍼블릭 블록체인 기술도 낮은 거래수수료를 가질 수만 있다면, 금융 혜택을 입지 못하는 많은 사람들에게 손쉬운 결제 및 송금 용도로도 활용될 수 있는 길을 열어놓았다. 물론 그렇다고 그런 것들이 사회적인 합의나 정부의 인정을 받고 있는 것은 아니지만 앞으로 계속 발전해 나갈 것이라는 점은 눈 여겨 봐

야 할 부분이다.

### 3. 블록체인 기술이 필요한 분야

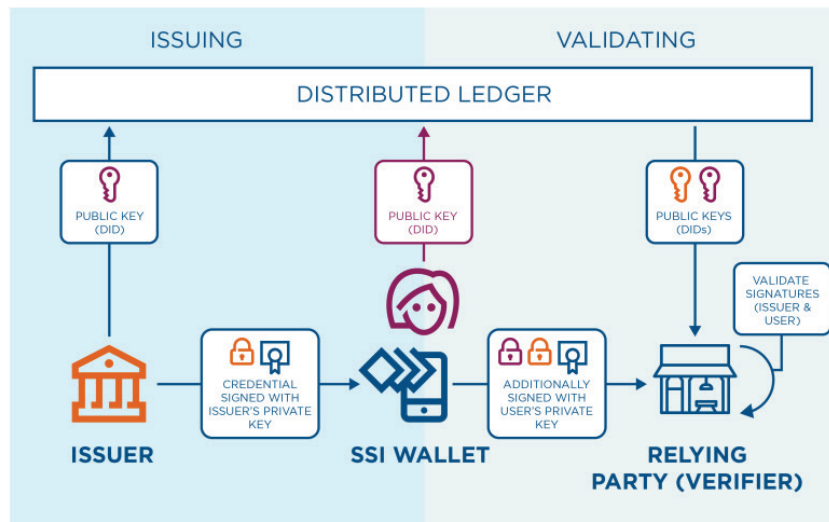
코인이나 토큰과 같은 핀테크 분야를 제외하더라도 블록체인 기술이 활용될 분야는 충분히 있다. 아직은 활용도가 미미한 부분도 있지만, 점차 기술적인 관점에서 상용화로 나아갈 것으로 예상되는 영역이다. 아래에 나열하는 것들은 대표적인 예이며, 블록체인 기술이 적용될 수 있는 분야로 한정하는 것은 아니다.

- 추적(Tracking): 추적성이란 어떤 물건이나 이벤트를 기록하고 이를 전파해서 상태를 확인하는 용도로 사용하는 특성이다. 블록체인 기술이 주로 IoT와 결합하게 되는 경우 데이터 입력에 대한 진본성을 기록하거나 상태의 변화를 실시간으로 참여 노드에 전파하기 위해서 사용될 수 있다. 식자재의 생산과 유통, 오수처리 시설의 센서 값 등에 대한 정보를 블록체인에 기록한다면 투명한 관리를 위한 도구로 블록체인 기술을 활용할 수 있을 것이다.
- 탈중앙화 ID(DID: Decentralized Identifier)<sup>1</sup>: 신원 인증에 대한 정보를 개인이 관리하는 SSI(Self-Sovereign Identity)에 블록체인을 활용하는 경우다. 주민증, 운전면허, 여권 등 다양한 정보를 블록체인을 활용해 개인이 직접 관리하게 된다. 이때 스마트폰과 같은 기기에 지갑을 설치하게 되며, 인증을 위한 방법과 제출해야 하는 디지털 인증서 등은 블록체인에 저장된 정보를 기초할 제공될 수 있다.
- 스마트 경찰(Smart Police)<sup>2</sup>: 주로 범죄 증거물에 대한 조작 방지 및 투명한 공개를 위해서 관계자들(법원, 변호사, 검사, 수사기관, 피의자, 피해자 등)이 참여하는 블록체인 네트워크를 구성하는 것이다. 증거에 대한 누락이나 조작을 방지하기 위해서 활용할 수 있으며, 수사 진척 상황과 같은 정보의 전파에도 블록체인 기술을 활용할 수 있다.

1) <https://www.w3.org/TR/did-core/>

2) <https://sinconf.org/sin2020/docs/4.pdf>





〈그림 3〉 탈중앙화 ID 개념

– 문서 공유(Document Sharing): 문서는 실 생활에 밀접한 관련이 있는 부분으로 공증이나, 신용장 등의 통관 문서, 기업이나 기관, 개인 등이 문서를 공유할 경우에도 블록체인 기술이 활용될 수 있다. 이를 위해서는 블록체인 자체는 문서를 저장하지 않지만, 별도의 저장공간을 공유(예로 IPFS: Inter-planetary File System)해 P2P 방식으로 전달하고, 진본성과 조작이 안되었다는 정보를 블록체인에 저장하는 방식이 활용될 수 있다.

위에서 나열한 것들 이외에도 코인이나 토큰을 제외하더라도 블록체인 기술을 다양하게 활용될 수 있으며, 현재 실생활에 활용되는 기술들도 블록체인 기술을 기반으로 새롭게 구성될 있을 것으로 예상할 수 있을 것이다.

#### 4. 블록체인에 대한 해킹

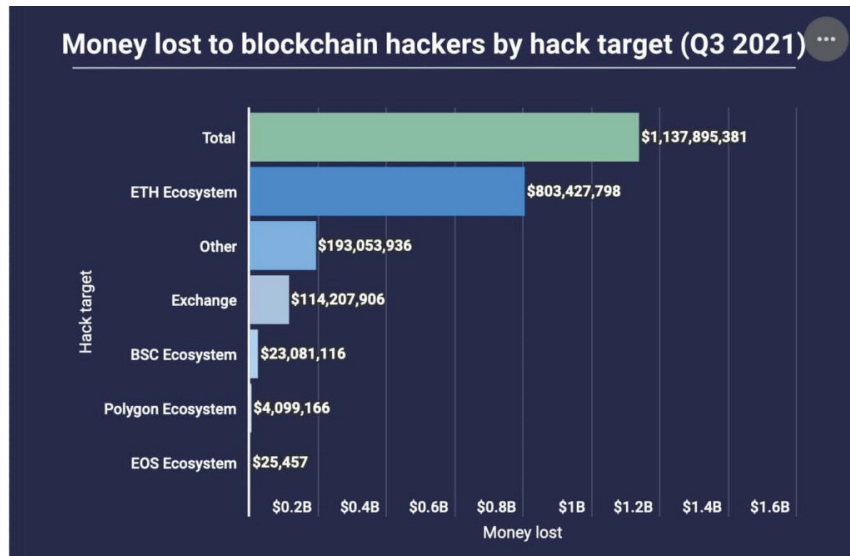
블록체인 기술이 일반화되기 위해서는 해킹으로부터 어느정도 자유로울 수 있어야 한다. 과거의 사례에서 본다면 블록체인 자체에 대한 공격은 이미 발생하고 있으며, 보고되지 않은 사례도 있을 것으로 충분히 예상할 수 있다. 대표적인 공격이나 해킹 지점(Point)를 보면 아래와 같이 나열할 수 있다.

– 지갑에서 발생하는 해킹: 블록체인은 기본적으로 중앙화 된 권력독점이 없다는 것을 전제로 한다. 이때

의 모든 책임은 개인이 져야 한다는 점이 불편한 진실이다. 특히 개인이 보관해야 할 프라이빗 키(Key)는 모든 거래의 서명으로 사용되며, 소유한 자산에 대한 사용 권한을 확인할 때 필요하다. 만약 개인의 지갑에 보관된 키를 분실하거나 외부에 노출된다면, 블록체인은 아무런 도움을 주지 못한다. 따라서, 탈중앙화 된 블록체인 노드 자체를 해킹하려는 노력보다 오히려 개인 지갑을 노리는 경우가 더 빈번할 수 밖에 없다. 분실도 개인의 책임이며, 탈취되는 것도 개인의 책임일 뿐이다.

– 중앙화 된 거래소에서 발생하는 해킹: 거래소는 블록체인이 아니다. 극단적으로 이야기하면 그냥 DB를 활용해 암호화폐를 거래하는 곳이다. 입출금에서 블록체인과 연계되지만, 엄밀히 말하면 거래소 내의 거래는 블록체인에 원장을 기록하지 않는다. 이는 거래의 속도를 높이고 비용을 낮추기 위해서 어쩔 수 없는 선택이며, 앞으로도 바뀔 가능성이 없다. 이를 탈피하기 위해서는 중앙화 된 거래소(CEX: Centralized Exchange)가 아닌 탈중앙화된 DEX(Decentralized Exchange)가 활성화되어야 할 것이다. 기존의 거래소에서 발생하는 해킹은 외부 침투와 내부자의 소행이며, 이는 중앙화에 따른 대가다.

– 스마트 컨트랙트(Smart Contract)에서 발생하



〈그림 4〉 Money lost to Blockchain hackers Q3 2021, Source: Atlas VPN<sup>3</sup>

는 해킹: 스마트 컨트랙트도 프로그램이다. 따라서, 완벽하지 않은 것은 세상에 존재하는 모든 소프트웨어와 마찬가지다. 대표적인 사례로 이더리움에서 발생했던 DAO(Decentralized Autonomous Organization) 해킹<sup>4</sup> 사건이 있다. 즉, 스마트 컨트랙트의 오류를 이용해 모아두었던 자금을 특정 주소로 전송했던 사례다. 이와 같은 버그(오류)는 언제든지 발생할 수 있으며, 이를 이용해서 부정당한 이익을 얻으려는 행동은 앞으로도 막을 수 없을 것으로 보인다. 퍼블릭 블록체인에서 아무리 완벽한 스마트 컨트랙트 프로그래밍 언어가 나오더라도 끊임없는 시도가 있을 것으로 예상된다.

- 블록 생성자에 의한 해킹(혹은 조작)<sup>5</sup>: PoW나 PoS와 같은 합의 알고리즘은 언제든지 블록 생성자의 악의적인 위협에 노출될 수 있다. 더 많은 자원과 자본을 가지고 있다면 블록체인 네트워크에 기록되는 원장을 조작하는 것이 충분히 가능하다. 더 빨리 블록을 생성하거나 더 많은 생성자 노드를 점유하면 필요시

블록내에 들어갈 트랜잭션을 변경하는 것은 크게 어려운 일이 아니기 때문이다. 따라서, 이런 것들을 방지하기 위한 노력으로 랜덤(Random)성을 가미하기도 하지만, 아직 완벽한 해결책은 아니다.

창이 있으면 방패가 있고, 방패가 강해지면 그만큼 새로운 창을 만들어내는 것은 어쩔 수 없는 악순환이다. 따라서, 블록체인 기술도 이에 맞게 지속적인 보완이 있을 것이라는 것은 당연한 결과다. 여기서 중요한 것은 블록체인 기술이 일반화되기 위해서 사용자가 감내해야 할 책임이 어느정도 인가를 명확히 인식하는 것이다. 기술이 일반화되면 일반인이 인식하지 못할 정도로 제품에 녹아들어야 하지만, 아직은 부족한 것이 현실적인 블록체인 기술의 한계다.

## 5. 블록체인 기술이 해결해야 할 문제

블록체인은 완벽한 기술이 아니다. 이른바 블록체인이 아직도 해결하지 못하고 있는 트라이레마(Trilemma)도 있으며, 정보의 중복 저장과 컴퓨팅 자원의 낭비 등 지속적인 개선이 요구되고 있다.

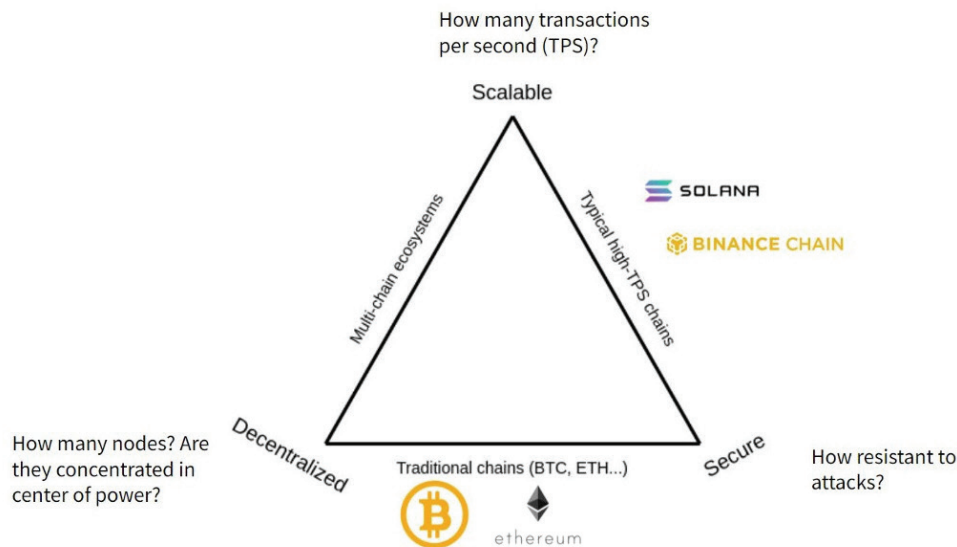
- 트라이레마(Trilemma: Decentralization, Security, Scalability)<sup>6</sup>: 세가지 2가지만 선택적으로 해결할 수 있는 블록체인은 존재하지만, 3가지 문제에 대한 완

3) <https://finbold.com/more-than-1-billion-worth-of-crypto-stolen-by-hackers-in-q3-2021/>

4) <https://medium.com/swlh/the-story-of-the-dao-its-history-and-consequences-71e6a8a551ee>

5) <https://www.investopedia.com/terms/1/51-attack.asp>





〈그림 5〉블록체인 트라일레마(Trilemma)

전한 해결책은 아직 찾지 못했다. 예를 들어, 비트코인이나 이더리움은 탈 중앙화와 보안 문제를 해결할 수는 있지만, 확장성 문제는 여전히 답보상태다. PoS방식으로의 전환은 결과적으로 탈 중앙화의 약화를 낳아 새로운 중앙화 된 권력을 낳을 가능성이 높아지고 있다.

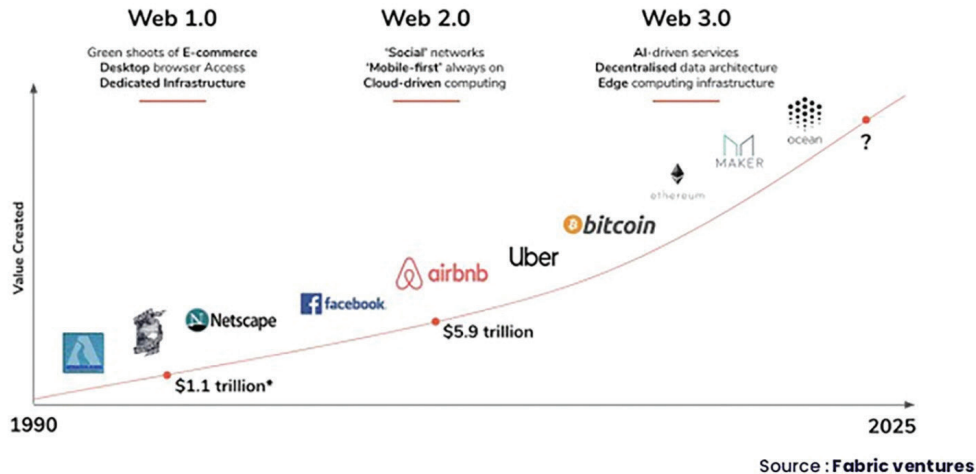
- **정보(블록)의 중복처리에 따른 저장공간과 컴퓨팅 자원의 낭비:** 검증자(혹은 블록 생성자)가 되기 위해서는 기존에 이미 쌓여 있는 블록을 동기화해야 한다. 따라서, 아무 일을 하지 않더라도 기본적으로 수백 기가바이트에 해당하는 저장공간이 블록체인 네트워크의 중추를 담당하는 노드들을 차지하게 되며, 이는 결코 줄어들지 않는 방향으로 지속적으로 증가하고 있다. 또한, 같은 일을 모든 노드에서 반복적으로 처리해야 하기에 생산적인 활동이 될 수 없다. 즉, 일을 배분해서 하는 것이 아닌 같은 일을 각자 따로 하고 있다.
- **입력 값에 대한 진위여부의 검증:** 블록체인 외부의 데이터를 읽어오는 것은 진위 여부를 가리기 어렵다. 즉, 입력이 거짓이면 블록에는 거짓된 정보가 쌓이게

되며, 이를 기반으로 한 스마트 컨트랙트의 실행도 잘못된 결과를 낳게 된다. 이를 위해서는 외부에 다시 권위(Authority)를 가진 존재가 있어야하기에 입력 정보에 대한 중앙화를 막지 못하게 된다. 이를 처리하기 위한 방안으로 다양한 입력 정보의 원천을 가지고 진위 여부를 판단하는 방법을 사용하고 있으나 완벽한 솔루션은 아니다.

- **참여자에 대한 보상 자원 마련 방안의 부재(비즈니스 모델 부재):** 특히 블록체인 스타트업이라고 주장하는 많은 회사들이 실질적인 수익을 남기는 사업모델을 만들어내지 못하고 있다. 이는 보상 기반의 올바른 행위를 통한 선한 행동의 동기를 자극하지 못하게 되며, 네트워크 효과를 통한 사용자의 증폭을 유발하지 못한다. 더군다나 코인이나 토큰에 대한 지급도 자체 가치(Value)를 가지지 못하기에 수익과 연결 지을 수 없다. 이런 상태에서는 투자자의 피해를 낳을 수밖에 없으며, 결과적으로 시장 전체의 수익 창출보다는 참여자에 대한 지속적인 착취구조만 낳게 된다.
- **양자 컴퓨팅 기술의 상용화에 따른 암호 체계의 약화:** 현재 블록체인에서 사용하는 디지털 서명기술인 ECDSA(Elliptic Curve Digital Signature Algorithm)는 양자 컴퓨팅을 살아가야 할 앞으로의 세대에서는 더 강화될 필요가 있다. 즉, 개인이 가지

6) <https://coinmarketcap.com/alexandria/glossary/blockchain-trilemma>

## The Evolution of the Web



〈그림 6〉 웹 3.0의 시대<sup>7)</sup>

는 지갑내의 프라이빗 키(Key)값이 해체되는 날이 도래할 것이다. 따라서, 양자 내성을 가지는 새로운 디지털 서명 기술이 등장하고 이를 적용해 블록체인의 보안이 강화되어야 한다. 현재 존재하는 대부분의 블록체인 메인넷(mainnet)은 기본적으로 비트코인에서 유래된 디지털 서명에 기반하고 있으며, 새로운 암호화 기술을 적용하기 위해서는 기존 블록체인에 대한 업그레이드나 하드포크(hard fork)를 회피할 수 없을 것으로 보인다.

블록체인이 주장하는 진정한 탈 중앙화를 이루기 위해서는 앞에서 나열한 것들 이외에도 앞으로 더 많은 문제를 풀어야 나가야 할 것이다. 가장 큰 문제는 일반 대중의 기술에 대한 잘못된 이해와 편견이며, 또한 블록체인 기술을 개발하거나 관련된 사업을 하려고 하는 사람들의 탐욕일 것이다.

## 6. 블록체인 기술이 나아가야 할 길

웹은 진화되어 가고 있다. 초창기 1세대 웹이 정적인 콘텐츠 위주로 보기만 할 수 있었다면, 2세대 웹은 사용자 참여를 통한 동적인 콘텐츠라고 볼 수 있다. 그렇다면 3세대 웹은 어떨까? 현재 진행중인 3세대 웹은 기존의 1세대와 2세대가 가진 중앙화 된 웹에서의 탈피를 특징으

로 하고 있다. 즉, 탈중앙화된 웹이 탄생하고 있는 것이다. 이더리움이 Web 3.0을 모토로 하고 있듯이, 블록체인이 탈중앙화된 웹의 네트워크 토대를 제공해 줄 것으로 기대를 모으고 있다. 기존의 구글이나 페이스북, 인스타그램이나 국내의 네이버, 다음과 같은 강자들도 충분히 이러한 사실을 인지하고 있으며, 블록체인 기술의 활용 가능성을 가장 먼저 내다보고 있는 핀테크 산업 쪽도 블록체인 기술에 대한 응용에 대해 주시고 있는 상황이다. 다만 아직 부족한 것은 수익 모델에 대한 불확실성과 이미 확보한 탄탄한 기반을 쉽게 벗어나지 못하는 관성이며, 이를 바꿀 수 있는 것은 새로운 시도를 쉽게 할 수 있는 스타트업들이 나타나고 있다는 것이다.

Web 3.0은 “내 손안의 포털(Portal)”을 기반으로 하고 있으며, 소위 말하는 dApp 탈중앙화 된 앱(Decentralized App)을 수 없이 만들어낼 것이다. 웹 콘텐츠들은 P2P 방식으로 교환될 것이고, 각각의 포털들을 연결하는 게이트웨이 역할과 사용자 인증(등록)을 담당하는 지갑(Wallet)의 사용자가 폭발적으로 늘어날 것이 분명하다. 사용자는 더 이상 ID와 Password를 기억하지 않아도 될 것이며, 개인 데이터의 사용/전달/생성/보관 권

7) <https://karen-j.medium.com/technology-trends-for-2022-is-it-time-for-web-3-0-535fbc4c7242>



리는 개인에게 돌아가고, 이용 대한 혜택도 개인의 몫이 될 것이다. P2P 방식의 네트워크를 이루는 것의 근간은 당연히 블록체인 기술될 가능성이 높으며, 올바른 행위를 할 경우에는 보상이, 그렇지 않은 행위에 대해서는 불이익이 주어지는 웹 환경으로 서서히 변화될 것이다. 그렇다고 기존의 강자가 사라지는 것은 아니다. 하지만, 그들이 “관리하던” 세상이 조금은 변화를 보일 것이라는 점은 충분히 확신할 수 있다.



권수호

- 1996년 2월 서강대학교 컴퓨터공학과 학사
- 1998년 2월 서강대학교 컴퓨터공학과 석사
- 1998년 3월 ~ 2008년 9월 삼성전자 책임연구원
- 2008년 11월 ~ 2013년 8월 삼성테크윈 수석연구원
- 2013년 9월 ~ 2018년 2월 SK하이닉스 수석연구원
- 2018년 3월 ~ 2018년 10월 거번테크 국내 R&D 연구소장
- 2018년 12월 ~ 현재 한국블록체인산업진흥협회 교육센터장
- 2020년 1월 ~ 2022년 8월 Reappay 연구소장
- 2022년 10월 ~ 현재 EQBR 이사

〈관심 분야〉

블록체인, 임베디드 시스템, 소프트웨어 공학, 소프트웨어 개발 인프라 등



# 블록체인의 Trilemma

## I. 서론

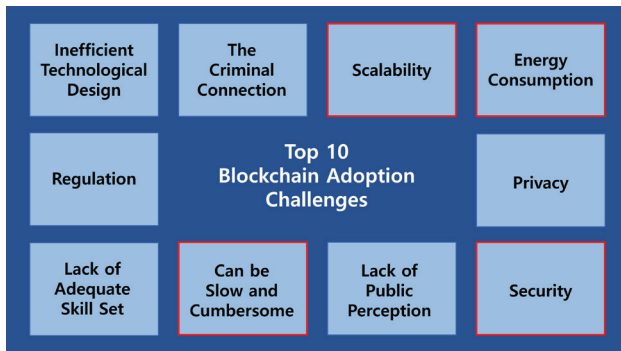
블록체인이 2009년 비트코인<sup>[1]</sup>의 형태로 처음 등장한 이래 다양한 종류의 블록체인이 탄생하였으며, 개인, 기업, 국가 기관 등의 관심 역시 날이 갈수록 증대되고 있다. 초창기에는 대부분의 블록체인이 코인의 형태로 다양한 거래소로부터 공급됨에 따라 투자 대상 및 시세 차익 실현 수단으로써 관심을 받았지만, 현재에는 데이터의 인증을 위한 수단으로 각광을 받고 있다<sup>[2]</sup>. 특히 최근에는 금융, 물류, 의료, 문서 관리 등 다양한 분야에서 블록체인을 적용하기 위하여 많은 노력이 이루어지고 있다<sup>[3][4]</sup>. 블록체인은 개인 및 기업 뿐 아니라 국가 및 지방자치단체에서도 블록체인의 도입에 적극적으로 나서고 있으며, 이에 따라 각종 투자금 및 국비/지방비가 투입되고 있다. 하지만, 블록체인에 대한 지대한 관심 및 투자되는 엄청난 자본에 비해서는 블록체인이 실생활에 쓰이는 비중이 그리 높지 않은 실정이다.

블록체인은 데이터의 인증을 위한 연결 리스트 기반의 자료구조로, 내장된 보안 기술과 탈중앙화 방식으로 저장된 데이터의 무결성을 확실하게 보장한다<sup>[5][6]</sup>. 또한, 탈중앙화라는 성격 덕분에 모든 데이터가 투명하게 관리될 수 있고, 모든 참여자들이 동등한 자격으로 데이터에 접근할 수 있다. 물론, 데이터의 기밀성이나 접근 권한이 중요한 환경에서는 블록체인에 추가적인 보안 기술이 필요하겠지만, 공공 데이터, 인공지능 학습 데이터 등과 같이 기밀성이 비교적 덜 중요한 분야에서는 무결성이 특히 중요하기 때문에 블록체인이 매우 유용한 보안 수단이 될 수 있다. 하지만, 블록체인이 이렇게 우수한 보안성을 제공함에도 불구하고, 아직까지 널리 쓰이지는 않고 있는 실정이다.

블록체인에 대한 투자와 지원은 국내외에서 천문학적으로 투입되었지만, 아직까지 널리 사용되지 않고 있다. 블록체인이 많이 사용되



박영훈  
숙명여자대학교



〈그림 1〉블록체인의 10가지 한계점

지 않는 이유가 여러 가지가 있겠지만, 그 중 대표적으로 Trilemma가 있으며, Trilemma는 보안성, 확장성, 탈중앙성은 모두 만족시키는 것이 매우 어렵다는 것이다. 〈그림 1〉은 블록체인이 사용되지 않은 10가지 이유<sup>[7]</sup>를 정리한 것으로, 10가지 중 빨간색으로 표시한 네 가지가 Trilemma와 관련된 내용이다. 실제로, 블록체인이 많이 사용되지 않는 이유 중 하나로 실시간성이 있는데, 이는 보안성과 탈중앙성을 모두 만족시키면서 확장성까지 만족하는 것이 매우 어렵기 때문이다.

본 기고문에서는 블록체인의 활성화를 저해하는 요인 중 하나인 Trilemma에 대하여 자세히 알아보고, Trilemma를 해결하려는 시도 및 기술 동향에 대해서 알아보고자 한다.

## II. 블록체인과 보안

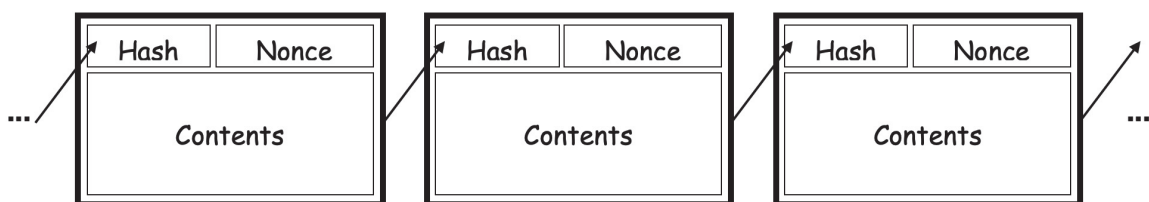
블록체인은 앞서 언급했듯이 데이터의 무결성을 거의 완벽에 가깝게 보장할 수 있는 보안 기술이다.

블록체인이 등장하기 전에는 중앙의 서버가 모든 데이터 및 접근 권한을 관리하였다. 그러다 보니, 공격자 입

장에서는 서버가 가장 좋은 공격 대상이 되었으며 서버가 공격 당하게 되면 데이터 보안에 실패하게 되었다(Single point of failure)<sup>[8]</sup>. 또한, 대부분의 경우, 전체 보안을 담당하는 서버가 많은 권한을 갖고 있게 되는데, 이러한 권한을 오/남용하게 되면 전체 시스템이 위협해질 수 있다(Concentration of power). 이 두 가지 문제를 해결하기 위하여 서버 중심의 보안을 탈피하고, 모든 참여자 컴퓨터들이 동등한 권한을 갖고 데이터를 관리할 수 있는 블록체인이 등장하게 되었다.

블록체인이 데이터를 보호하기 위하여 두 가지 장치를 이용한다. 하나는 암호 기술을 이용하여 데이터의 변조를 막는 방법, 다른 하나는 모든 참가자들에게 동일한 데이터를 브로드캐스팅 하는 방법이다. 이제 각각에 대하여 알아보도록 하자.

우선, 암호 기술을 이용하여 데이터의 무결성을 보장하기 위해서는 해시함수와 비표(Nonce)를 이용한다. 〈그림 2〉와 같이, 각 블록에서 Hash는 이전 블록 전체를 해시함수에 넣은 결과값이고, 비표는 블록의 해시값이 특수한 조건을 만족하게 해 주는 값으로, 참가자들이 직접 찾아내야 하는 값이다. 비트코인의 경우, 해시값의 처음 몇 개의 자리가 0으로 시작해야 한다는 조건이 있으며, 0의 개수가 많아질수록 난이도가 어려워지게 된다. 비표를 찾는 것이 매우 어렵기 때문에, 일반적으로 전세계의 참여자들이 많은 자원을 동원하여 비표를 찾아내려고 하며, 참여자들의 자발적 참가를 위하여 처음으로 비표를 찾아낸 참여자에게는 보상을 주는데, 이렇게 비표를 찾아내는 행위를 채굴이라고 한다. 이렇게 어렵게 비표를 찾아내어야 하기 때문에 블록체인에 값이 이미 한 번 기록되었을 때 값을 수정하는 것은 매우 어려운데, 그 이유는 비표를 새로 찾아야 하기 때문이며, 위/변조된 블록의 비표 뿐 아



〈그림 2〉블록체인의 개략적 구조

니라 후속 블록의 비표들까지 모조리 새로 찾아야 하기 때문이다. 이러한 암호학적 방식으로 블록체인에 저장된 데이터의 무결성을 지킬 수 있다.

블록체인의 또다른 데이터 보호 수단은 모든 참여자들에게 동일한 데이터를 공유하는 것이다. 이 상태에서 어느 한 참여자가 블록체인의 데이터를 수정하면 해당 참여자의 컴퓨터에 있는 블록체인 데이터만 바뀌었고 나머지 모든 참여자들의 데이터는 그대로이기 때문에 위/변조 여부가 바로 드러나게 된다. 전체에서 절반 이상의 참여자들의 데이터를 수정하지 않는 이상은 원본 데이터가 그대로 보존이 되는데, 전세계의 컴퓨터 중 반 이상의 데이터를 수정하는 것은 거의 불가능하기 때문에 데이터의 보호가 가능한 것이다.

상기 언급한 두 가지 데이터 보호 방법들 중, 후자의 방식은 기존의 중앙 집중의 서버 중심 보안이 아니라 모든 분산된 참여자들이 동등한 위치에서 데이터를 관리하기 때문에 가능한 것이다. 하나의 서버가 혼자서 운영하는 것이 아닌, 모든 참여자가 동일한 권한으로 같은 데이터를 운영하는 것을 탈중앙화라고 하며, 탈중앙화 역시 블록체인의 보안을 위하여 탄생한 것이다. 암호 기술을 이용한 보안과 탈중앙화의 관계는 다음 절에서 다룰 예정이다.

### III. 블록체인의 Trilemma

#### 1. Trilemma의 각 속성

블록체인의 Trilemma는 블록체인의 세 가지 속성, 즉 보안성, 확장성, 탈중앙성을 모두 만족시키는 것은 불가능하다는 것이다. 우선, 각 속성에 대하여 살펴보자.

**보안성:** 블록체인에 저장된 데이터의 위/변조 가능성, 중복 데이터 저장 가능성 등을 포함한다. 참고로, 블록체인에서 말하는 보안성은 보안의 3대 요소인 기밀성, 무결성, 가용성 중에서 무결성만을 의미한다. 앞에서 언급했듯이 탈중앙성 역시 블록체인의 보안을 위한 기술로, 블록체인의 보안을 위한 기술로 해당 항목인 보안성과 탈중앙성이 필요한 것이다. 따라서 용어의 혼동이 올 수 있으므로 여기에서 말하는 보안성은 “암호 기술을 이용하여

보호할 수 있는 보안성”으로 한정한다.

블록체에서 사용되는 암호기술은 앞 절에서도 언급했듯이 해시함수와 비표를 이용하는 것으로, 잘못된 데이터나 중복된 데이터가 추가되는 것을 방지하고 이미 저장된 데이터의 수정 역시 불가능하게 만드는 것이다. 이를 위해서는 기본적으로 블록에 데이터를 기록하는 것이 매우 어려워야 한다. 이를 위해서 작업 증명이나 지분 증명, 권위 증명 등의 블록 추가 알고리즘, 즉 합의 알고리즘이 나오게 된 것이다. 만일 블록에 데이터를 누구나 쉽게 추가할 수 있다면 잘못된 데이터나 중복 데이터 역시 쉽게 저장될 수 있을 것이고, 데이터 위조 후에도 블록을 쉽게 조작할 수 있게 될 것이다. 따라서 보안성을 높이게 되면 블록체인의 처리 속도가 떨어지게 된다. 또한, 보안성과 속도를 모두 높이기 위해서는 탈중앙성을 포기하고 다시 서버 중심의 보안 체계로 되돌아가는 방법 밖에 없을 것이다.

**확장성:** 확장성은 블록체인에 참여하는 노드의 수가 늘어나도 시스템 운영에 지장이 없어야 한다는 성질이다. 블록체인 네트워크의 참여자 컴퓨터, 즉 노드의 수가 많아지게 되면 블록을 추가하려는 경쟁이 심해지게 되고, 이에 따라 블록을 추가하는데 드는 난이도가 올라가게 된다. 그 결과 각 노드가 블록을 추가하기 위해서 드는 연산량도 많아지게 되고, 노드 수 또한 늘어나기 때문에 전체 연산량은 더욱 늘어나게 된다. 실제로, 비트코인 전체에 참여 노드들이 10분간 경쟁적으로 연산을 하여 하나의 블록을 만들어내게 되는데, 이에 따라 엄청난 에너지 자원 낭비라는 지적을 받고 있다.

**탈중앙성:** 탈중앙성은 전체 시스템의 운영을 하나의 서버가 아닌 다수의 노드가 동등한 위치에서 운영해야 한다는 성질이다<sup>[9]</sup>. 운영에 참여하는 노드의 수가 1개이면 탈중앙성이 가장 낮은 것이고, 그런 노드의 수가 많아질수록 탈중앙성 정도가 올라가게 된다.

기존 서버 중심의 보안 기술을 탈피하고 탈중앙성을 실현하기 위하여 블록체인이 나오게 되었으며, 그 첫 번째 주자가 바로 비트코인이었다. 비트코인은 초창기에는 거의 완벽한 탈중앙성을 제공하고 있지만, 시간이 지남에 따라 고성능의 연산 자원을 가진 소수의 참여자들만이 블



록 생성에 관여할 수 있게 되었다. 따라서 탈중앙성을 표방하기 위하여 등장했던 기술이 결국에는 탈중앙성을 보장하지 못 하는 아이러니한 상황이 발생하게 된다.

## 2. Trilemma의 속성간의 관계

블록체인의 Trilemma를 해결하기 위하여 많은 노력들이 있었지만, 아직까지 Trilemma가 해결되지는 않았다. 현재까지 나온 블록체인들은 세 가지 속성 중 최대 두 가지만 해결할 수 있었다. 블록체인의 구체적 분류는 IV에서 다룰 것이며, 본 절에서는 세 가지 속성이 왜 동시에 해결될 수 없는지에 대하여 다루고자 한다.

Trilemma에서의 보안성은 앞서 설명했듯 암호 기술을 이용하여 보호할 수 있는 보안성으로, 블록체인에 블록을 추가하는 난이도와 직접 관련된 속성이다. 즉, 보안성이 올라가게 되면 블록을 추가하는 것이 어려워지게 된다. 또한, 참여 노드의 수가 많아질수록 확장성을 유지하기 위해서는, 즉, 모든 노드가 동등하게 블록을 추가할 수 있게 하기 위해서는 블록을 추가하는 것이 더더욱 어려워져야 한다. 따라서 보안성과 탈중앙성을 높이면 그만큼 확장성이 떨어지게 된다.

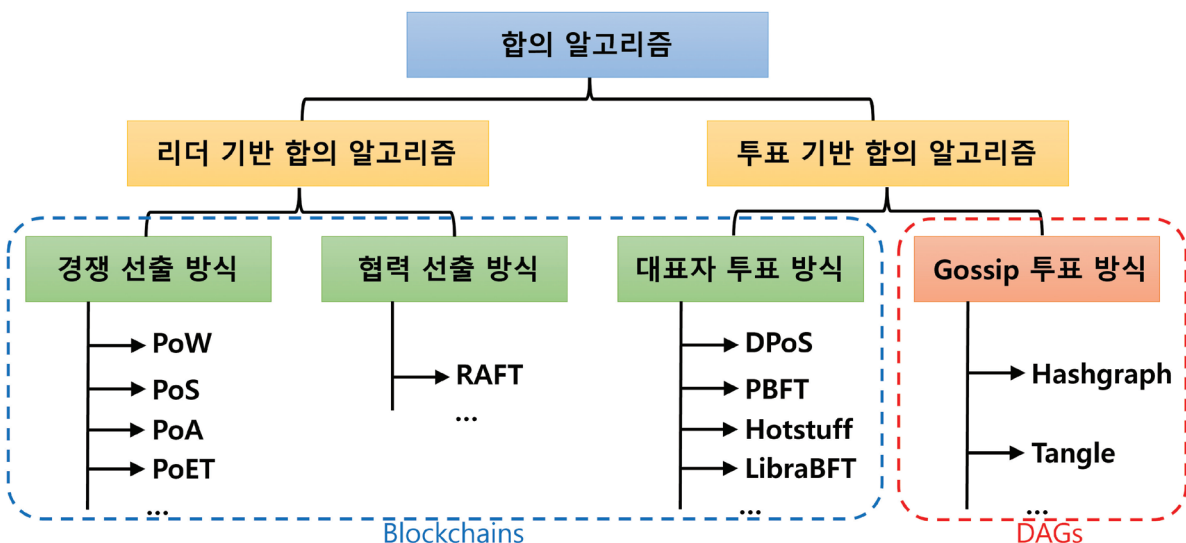
반대로 확장성을 높이기 위해서 노드의 수와 상관 없이 블록을 추가하는데 드는 비용 및 시간의 변화를 일정하게 유지한다고 가정해보자. 탈중앙성을 유지하기 위해서

는 누구나 쉽게 블록을 추가할 수 있게 해야 하는데, 그러면 누구나 블록을 수정할 수도 있고 블록의 내용을 수정할 수 있다는 말도 되어, 보안성이 하락하게 된다. 한편, 확장성과 보안성을 유지하기 위한 방법으로 전체 노드 중 일부만 블록 생성에 참여시키는 방법들이 제안되고 있다. 자세한 기술은 IV에서 다룰 예정이며, 이렇게 되면 모든 노드가 동등한 블록 생성 기회를 갖는 것이 아니기 때문에 탈중앙성이 하락하게 된다.

정리하면, 현재까지 제안된 블록체인 기술로는 보안성과 확장성, 탈중앙성 중 최대 두 가지만 만족을 시킬 수가 있었다. 또한, 두 가지 속성을 증대시키고자 하게 되면 나머지 한 속성은 줄어들게 되었다. 이에, 블록체인의 Trilemma는 아직까지 해결이 안 된 문제라고 볼 수 있을 것이다.

## IV. Trilemma 극복을 위한 블록체인 기술

블록체인에 블록을 추가하는 알고리즘을 합의 알고리즘이라고 한다. 비트코인의 합의 알고리즘은 작업 증명(Proof of Work)방식을 시작으로 다양한 작업 증명 방식이 나오게 되었는데, 블록체인의 성능은 합의 알고리즘에 의해서 결정 되는 것과 다름이 없다. 본 절에서는 합의 알고리즘을 카테고리별로 분류하고, 각 카테고리의 합의 알



〈그림 3〉 합의 알고리즘의 분류

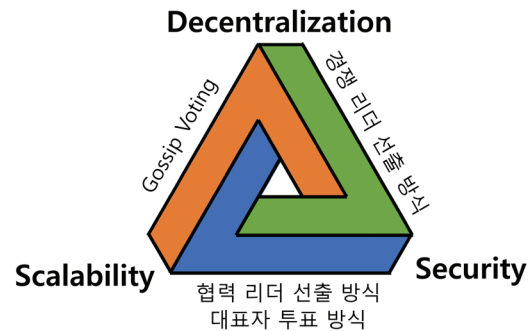
고리즘이 Trilemma의 속성들 중에서 어떤 부분들을 해결하고 있는지 알아볼 것이다. 본 절에서는 [10]에서 분류한 체계를 인용한다.

〈그림 3〉과 같이 합의 알고리즘은 크게 리더 기반 합의 알고리즘과 투표 기반 합의 알고리즘으로 나눌 수 있다. 리더 기반 합의 알고리즘은 참여하는 노드들 중 하나의 노드가 블록 생성에 관여하는 방식이고, 투표 기반 합의 알고리즘은 블록 생성을 위해서 노드들이 투표를 진행하는 방식이다. 리더 기반 합의 알고리즘은 어떤 방식으로 리더를 선출하느냐에 따라서 경쟁 선출 방식과 협력 선출 방식으로 나뉘며, 투표 기반 합의 알고리즘은 무엇을 투표하는지에 따라서 대표자 투표 방식과 가십 투표 방식으로 나뉜다.

**경쟁 선출 방식(Competitive Leader Selection):** 경쟁 선출 방식은 블록을 만들기 위하여 모든 노드들이 서로 경쟁하는 방식이다. 초창기 블록체인들이 이러한 방식을 택하고 있으며, 가장 대표적인 것이 작업 증명이다. 모든 노드들이 비표 값을 찾아내기 위하여 경쟁을 하고 있으며, 비표를 최초로 찾아낸 노드가 블록을 추가할 수 있기 때문이다. 하지만, 작업 증명은 에너지를 너무 많이 소모하기 때문에, 이를 대체하는 기술들이 나오게 되었는데, 지분 증명, 권위 증명 등이 그 예이다. 하지만, 이와 같은 합의 알고리즘에서도 블록 추가 기회를 얻기 위해서는 컴퓨팅 자원에 많은 돈을 투자해야 한다. 따라서 확장성에는 실패했다고 볼 수 있으며, 결국에는 자본을 많이 투자한 노드만이 블록체인 운영에 참여할 수 있기 때문에 탈중앙화를 표방하였지만 결국에는 탈중앙화에 실패하게 된다.

**협력 선출 방식(Collaborative Leader Selection):** 협력 선출 방식은 노드들이 블록을 만들 대표 노드 하나를 뽑아서 그 노드에게 블록을 만들도록 하는 방식이다. 가장 대표적인 방식으로 RAFT가 있다. 이 방식은 노드들이 블록을 만들기 위하여 경쟁하지 않아도 되기 때문에 보안성을 유지하면서 확장성을 보장할 수 있다. 하지만, 일부 몇 개의 노드만이 블록 생성을 할 수 있다는 점 때문에 역시 탈중앙화에 실패하게 된다.

**대표자 투표 방식(Representative Voting):** 대표자 투



〈그림 4〉블록체인 Trilemma와 합의 알고리즘

표 방식은 노드들 중에서 블록체인 운영을 담당할 일부 노드들을 선출하는 방식으로, 선출을 위해서 모든 노드들이 투표를 하게 된다. 이 방식의 가장 대표적인 것이 위임 지분 증명(DPoS)이고, 그 외에도 PBFT, Hotstuff, LibraBFT 등이 있다. 블록 생성은 소수의 믿을만한 노드들만이 수행하기 때문에 보안성과 확장성은 보장이 된다고 볼 수 있다. 하지만, 이 방식도 협력 선출 방식과 마찬가지로 탈중앙성은 보장하지 못 하게 되는데, 이는 일부 노드만이 블록 생성을 담당하기 때문이다.

**가십 투표 방식(Gossip Voting):** 가십 투표 방식은 블록체인의 트랜잭션이 정당한지를 결정하기 위하여 가십 메시지(Gossip Message)를 통해 투표한다. 가십 투표 방식으로는 Hedera 해시그래프 등이 있다. 이러한 가십 투표 방식은 누구나 쉽게 블록을 추가할 수 있기 때문에 확장성과 탈중앙성을 확실히 보장한다. 하지만, 그러한 성질 때문에 잘못된 데이터가 저장될 수 있거나 저장된 데이터가 위/변조 될 가능성이 있다는 단점이 있다. 따라서 보안성을 희생하여 다른 두 성질을 보장하는 방식이라 볼 수 있다. 사실 이 방식은 블록체인 구조를 사용하는 것은 아니고, 방향 비순환 그래프를 이용하는 방식이지만, 기존 블록체인과 원리는 거의 같기 때문에 블록체인 기술의 연장선이라고 할 수 있다.

위 〈그림 4〉는 블록체인의 Trilemma 세 가지 속성과 현존하는 블록체인들의 각 속성별 해결 여부를 표시한 것이다. 경쟁 선출 방식은 보안성과 탈중앙성을 보장해 주며(물론 상기 언급했듯이 결국에는 탈중앙성에 실패하게 된다), 협력 선출 방식과 대표자 선출 방식은 보안성과 효



율을 보장하는 방식들이며, 가십 투표 방식은 효율성과 탈중앙성을 보장하는 방식이다. 즉, 이와 같이 기존의 블록체인들은 Trilemma의 세 가지 속성 중 두 가지 이하만 해결할 수 있다. 물론, 현재도 Trilemma를 풀기 위한 노력은 계속 되고 있으며, 대부분 합의 알고리즘 하나를 선택한 뒤, Trilemma 중 커버하지 못한 속성을 해결하는 방식으로 접근하고 있다.

## V. 결론과 전망

블록체인은 매우 우수한 보안 기술로, 데이터의 무결성 및 인증성을 확실하게 보장해 줄 수 있는 방식 중 하나이다. 하지만, 지연 시간 및 속도 측면 때문에, 더 나아가서는 Trilemma라는 한계 때문에 그 동안 투자 및 지원을 받아온 것에 비해서 널리 사용되고 있지 않은 실정이다. 현재까지 제안되어 온 블록체인 기술은 Trilemma 중 두 가지 이하의 속성들만을 해결할 수 있었고, 모든 속성을 해결한 블록체인 및 합의 알고리즘은 아직까지 나오지 않고 있다.

## 참고 문헌

- [1] Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- [2] M. Hegde, R. R. Rao and B. M. Nikhil, "DDMIA: Distributed Dynamic Mutual Identity Authentication for Referrals in Blockchain-Based Health Care Networks," in IEEE Access, vol. 10, pp. 78557–78575, 2022
- [3] 이신욱, 박영훈. (2019). 블록체인의 산업별 적용 실태 동향. 전자공학회논문지, 56(12), 83–91.
- [4] J. Ren, J. Li, H. Liu and T. Qin, "Task offloading strategy with emergency handling and blockchain security in SDN-empowered and fog-assisted healthcare IoT," in Tsinghua Science and Technology, vol. 27, no. 4, pp. 760–776, Aug. 2022
- [5] Y. Jia, C. Xu, Z. Wu, Z. Feng, Y. Chen and S. Yang, "Measuring Decentralization in Emerging Public Blockchains," 2022 International Wireless Communications and Mobile

Computing (IWCMC), 2022, pp. 137–141

- [6] 이재진, 이나영, 오혁천, 안병구. (2019). [인공지능, 신경망 및 퍼지시스템] 인공지능 본인 인증에 의한 블록체인 기반 선거 시스템. 전자공학회논문지, 56(4), 37–43.
- [7] Top 10 Blockchain Adoption Challenges, <https://101blockchains.com/blockchain-adoption-challenges/>
- [8] K. Rais, M. Dardour and M. Amroune, "A Blockchain-Based Model for Efficient, Privacy-Preserving Online Medical Diagnoses," 2022 4th International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Systems (PAIS), 2022
- [9] Q. Lin, C. Li, X. Zhao and X. Chen, "Measuring Decentralization in Bitcoin and Ethereum using Multiple Metrics and Granularities," 2021 IEEE 37th International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW), 2021
- [10] A. Altarawneh, T. Herschberg, S. Medury, F. Kandah and A. Skjellum, "Buterin's Scalability Trilemma viewed through a State-change-based Classification for Common Consensus Algorithms," 2020 10th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), 2020



박영훈

- 2006년 2월 서울대학교 공과대학 전기공학부 학사
- 2008년 2월 서울대학교 공과대학 전기컴퓨터공학부 석사
- 2013년 2월 서울대학교 공과대학 전기컴퓨터공학부 박사
- 2013년 3월 ~ 2013년 8월 삼성전자 소프트웨어센터 책임
- 2013년 9월 ~ 2016년 2월 서울대학교 BK21 연구원
- 2016년 3월 ~ 현재 숙명여자대학교 공과대학 소프트웨어학부 교수
- 2022년 2월 ~ 현재 U.C.Berkeley 방문 연구원

<관심 분야>

Blockchain, Security, Privacy, Cryptography, Group Signature



# 블록체인 기술 동향과 Web3.0

## I. 서론

블록체인 기술 동향은 매우 빠르게 변화한다. 특히 2009년도 비트코인을 시작으로 2015년도 이더리움, 현재는 블록체인 3.0 의주도권을 잡기 위한 각축전이 일어 나고 있다. 최근에 이더리움 머지라고 해서 작업 증명 합의 방식에서 지분 증명으로 전화되는 중요하고 급변의 시기이다. 특히 플랫폼의 시대에서 프로토콜의 시대로 변화 하는 시기이기도 하다. 이러한 맥락에서 요즘 논의되는 Web3.0에 대해서 논의 하는 것은 시기시작 적절 하다고 생각한다. 이에 Web3.0 본질과 미래를 알아 보고자 한다. Web3.0이 마케팅 용어라는 주장도 많이 회자가 되고 있다. 버전이 중요한게 아니라 Web 에서 큰 변화가 있다는 사실이 중요하다. 사실 우리 주위에서는 Web1.9 Web 2.0 Web 2.1 등 다양한 웹을 사용하는 역량이나 성숙도가 다 다르다. 하지만 중용한 사실은 Web1.0, Web2.0을 경험 했듯이 큰 변화가 있다는 사실이다. Web3.0 이 소유의 인터넷으로 표현이 되듯이, 사용자가 읽고 쓰는데만 한정하지 않고 Own 즉 소유권을 가지는 Web이 된다는 것이다. 필자가 페이스북에서 많은 활동을 한다고 가정을 했을 때, 예를 들면 좋은 글과 사진들을 공유 하고 좋아야 클릭을 아무리 많이 받아도 필자에게는 아무런 가치, 인센티브가 없다. 페이스 북, 메타 의 주가만 올라 가고 실제로 사용자/생산자에게는 가치가 전달 되지 않는다. 이러한 문제점을 해결 하는 것이 Web 3.0 이 지향하는 포토포콜 경제, 크리에이터 경제라는 개념의 핵심이다. 기여한 만큼 투명하게 보상을 받는 서비스/시스템 인 것이다. 여기에 블록체인이 핵심 기술로 역할을 하게 되는 것이다. 탈중앙화라는 핵심 가치를 구현하는 본질인 것이다. 기관의 데이터에서 마이데이터로, 중앙화에서 탈 중앙화/분산화로, 플랫폼의 시대에서 프로토콜의 시대로 이와 같이 기술적인, 철학적인 흐름의 변화를 인



윤 석 빈  
서강대학교

식 하는 것이 중요한 것이다. 이러한 변화, 혁신의 시대에 많은 사회에 impact를 주는 스타트업과 산업들이 나오기 때문이다.

## II. 본론

Web3.0의 본질과 미래에 대해서 논하고자 한다. 역사적으로 Web1.0, Web2.0 의 역사적인 흐름을 먼저 살펴보면 통찰력을 얻을 수 있다. 올해가 2022년이니 2년전인 우리는 코로나로 2020년대를 시작해 어느새 비대면이 일상인 세상에서 살고 있다. 이를 가능하게 된것은 연구실, 전산실에서 출발한 컴퓨터는 다양한 기기들과 Apple 같은 회사로 인해 Personal Computer라는, 1인 1PC를 넘어 여러대의PC(스마트 폰 포함)를 소유하는 게 노멀(normal)인 시대가 되었다. 전세계를 연결하기 시작한 인터넷은 20~30년 세월에서 플랫폼, 가상/증강현실, 모바일, 클라우드, 빅데이터와 데이터 사이언스, 블록체인, AI에 이어 최근에는 ‘메타버스’라는 키워드까지 경험하고 있다. 그리고 지금 우리는 십 몇년 전에는 불가능했던 YouTube로 실시간 영상을 끊임없이 집에서 보면서 다양한 앱에서 실시간 댓글과 AI 필터로 얼굴을 바꿀 수 있는 시대에도 이미 살고 있다. WebRTC 같은 기술로 매일 하는 화상회의는 너무나도 당연한 세상이 되었다. web2.0이라는 용어도 사실 인터넷 초창기 등장하긴 했으나, 단순한 페이지를 표시하던 인터넷이란 것이, 이용자들이 댓글도 달고 참여하고 Social media처럼 네트워크로 연결되며 생활하는, 지금 우리가 당연하다 생각하는, 단순한 웹페이지가 아니라 화려한 Rich-media로 Full HD 사이즈로 영상을 감상하고, 회의도 하고 이용자들이 참여해서 콘텐츠도 만들어내는(user-generated) 지금 이 시절을 예전부터 어렵פות이 미리 예상한 셈이다.

MIT, 노벨상에 빛나는 경제학 석학이신 폴 그루그먼(Paul Krugman) 역시 초창기 인터넷의 가치에 대해서 팩스머신 절반정도라고 예측했던 이야기도, 사실 닷컴 초창기 때 나스닥(NASDAQ) 시장의 고평가 버블논란도 역시 최근에 우리가 겪었던 모바일 초창기 거품론과 크게 다를 게 없었다. Web2.0도 정확한 시대는 2005

년 즈음 이야기하지만 예전 현업에서 2002년쯤 프론트엔드(front-end)라는 용어가 나오기 전에 웹 페이지 상/하단 연동되는 애니메이션 광고를 야후코리아와 만들고, 포털사이트 첫 화면을 지금은 소외된 플래시(Flash)라는 기술로 뒤덮는 시절도 있었다. 하지만 당시 이야기 나왔던 Social network 개념은 둘째 치고, Mash-up이라는 개념, 공급자가 유일하게 제공하는 서비스가 아닌 다른 공급자가 제공하는 데이터들을 API(Application Programming Interface) 기술로 연결해 새로운 서비스를 만들어내는 행태는 약 10여년이 지난 후 지금에서야 너무나 흔하게 일반적인 서비스 개발형태가 되었고, 그 덕분에 우리는 각종 시세 정보와 날씨, 뉴스 온갖 정보들을 편리하고 자연스럽게 PC와 모바일에서 이용하고 있다. 바로 그 인터넷, Web기술로 말이다. 당시 닷컴 공룡들과 엔터프라이즈 세상, 오픈소스가 이렇게 활성화될 것이라고 쉽게 생각하기 어려웠다. 필자도 글로벌 SW회사에 근무하면서 외국에서는 오픈소스가 활발했지만 국내에서는 극 초기였다. 물론 당시 기술적으로는 충분히 구현 가능했지만, 재무적으로나 서비스 정책 차원에서 우리가 가진 데이터를 왜 굳이 개방해야 하느냐, 비싼 인터넷 호스팅 비용을 내며 사람을 써서 만든 데이터를 공개할 이유가 없다는 사람들이 많았지만, 충분히 이제는 투자로서 설득 가능할 정도로 클라우드(Cloud)컴퓨팅 기술을 통해 이런 서버관리, 데이터 저장관련 비용이 현격하게 낮아졌고, 공개된 Open API 뿐만 아니라 이런 API 서비스로 돈을 버는 Business Model이 발생하면서, 이제는 당연히 데이터가 돈이 된다는 시대에 접어들었다. 또한 우리가 매우 잘 아는 MMORPG 같은 게임에서 무수히 많은 사용자들 대상 서비스를 유지하기 위해 계속 동기화된 접속(connection) 상태인 Socket 통신을 활용했지만, 이제는 HTML 표준과 웹 관련 기술이 좋아지면서 서버가 아닌 클라이언트(웹브라우저 같은)에서 xml/json 등의 규격으로 비동기 상태로 데이터를 주고 받는 AJAX 기술, web socket, web token 같은 기술이나 화상회의 같은 동영상도 webRTC 같은 기술로 구현되고 주고받는 시대가 되었다. 페이스북이나 넷플릭스 같은 기술 최강자들이 키우는 React나 정말 오늘날 많이 활용되는 node,

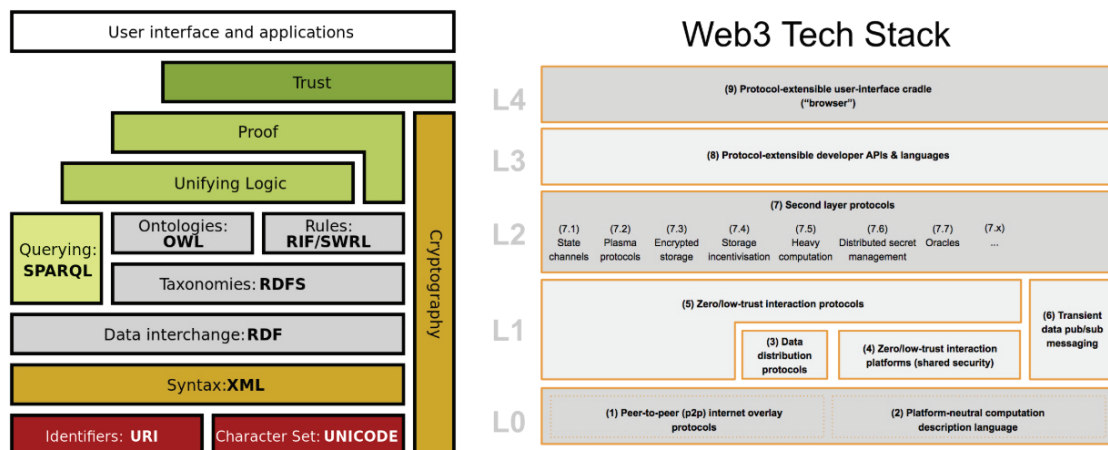
js 같은 기술들도 그 발전과 활용이 눈부시다. 당시 한참 ‘플랫폼’이라는 단어가 주가를 올리면서 누구나 다 나름대로의 플랫폼을 만드는데 혈안이었지만, 최근 모바일 시대에 실제로 시장을 지배하고 있는 사업자들은 네이버, 카카오도 아닌 Apple과 Google(Alphabet)이 가장 강력한 플랫폼이 되었고, 이 기반으로 새로운 서비스를 만들기 위한 SaaS(Software as a Service) 스타트업 들이 NASDAQ에 상장하며, 웹 브라우저 상에서는 YouTube, Facebook이나 모바일 앱 같은 엔터테인먼트 앱, 게임화된 메타버스 세계는 Roblox 같은 강자들이 나타나고 급격하게 성장하는 세상이 되었다.

이미 모바일 Web 시대를 넘어 예전 추억이 될 것으로 예상되는 서비스들도 많이 보인다

World-wide Web의 시초이자 HTML 개념을 만들었던 팀버너스리경의 예전 인터뷰나 Semantic Web이라는 당시 기술적 컨셉과 용어들, Web2.0이라는 시대를 풍미했던 현실세계 사람들을 연결하는 Social media나 이용자들이 무한정으로 콘텐츠를 생산해서 공급해주고 그게 수익으로 연결되었던 지금 시절에서도 그 전조들이 보이는데, 다름 아닌 Creator Economy라고 불리는 움직임이다. 즉, Twitter, Facebook, YouTube나 Instagram 등 다양한 대표적 플랫폼 서비스들에서 콘텐츠를 공급하던 이용자들이 자신들의 수익화를 위해 팬 커뮤니티를 따로 만들기 시작했고, Discord 같은 별도 채널 등을 통해 파생되고 있다.

실제 무수히 히트한 게임들의 이용자들도 별도 커뮤니티에서 따로 활동하고 그들 사이에서 스타가 되듯이 승자 독식일 것 같던 대형 플랫폼 시장에서도, 어찌 보면 우리 사회의 거울처럼 리니지 최상위 레벨 이용자들이 계급사회를 이루거나, 그게 싫으면 다른 플랫폼에서 지속적으로 새로운 커뮤니티를 만들어 나가고 있는 것이다.

최근에 최초의 웹브라우저인 Mosaic에서 출발, 한 시대를 풍미했던 Netscape를 만들었던, 실리콘밸리 전설적 투자자(VC)인 A16Z(Andreessen Horowitz)의 Marc Andreessen과 Twitter 창업자인 Jack Dorsey(심지어 최근엔 Twitter CEO를 사임하고 이미 CEO였던 미국 POS 시장 1위 Square의 사명을 ‘Block’으로 바꿔버렸다), Elon Musk나 다양한 인사들과의 트위터 설전에서도 보듯이 아직은 Web3.0이란 것들이 아직 실체가 없고 마케팅 용어라고 이야기하지만, 이미 Web2.0 시절처럼 앞으로 흘러갈 방향임은 분명해 보이고, 관련 동향들과 기술들도 이미 우리 턱 앞에 나타나 있다. 기존 Web2.0 시절이 대형 플랫폼 사업자 생태계 안에서 user-generated였다면, user-owned, 단순히 이용자 참여에서 그치는 게 아니라 경제 시스템에서 부터 보다 적극적인 참여가 이루어질 것(user-controlled)으로 많은 사람들이 예상하고 있다. 이미 이런 전조들은 블록체인 기술에서 단순히 Bitcoin을 몇 개 전송하던 수준에서 Ethereum이란 네트워크 상에 동작하는 컴퓨터라는 다소 충격적인 컨셉들도 나타나고, 이를 넘어 국가 범위를 넘어선 온라인상의 기계/자동화된 조직



〈그림 1〉 Semantic Web에서 이야기하는 Stack/ 최근 Web3에서 이야기하는 Stack

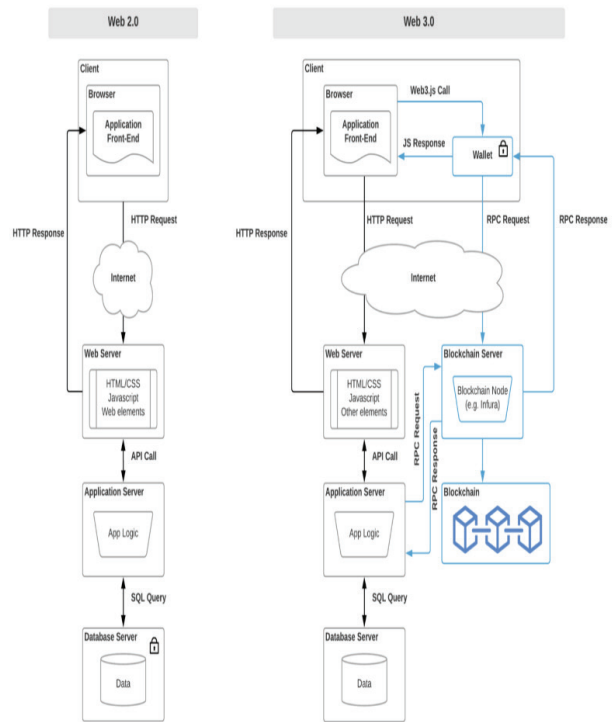


(Decentralized Autonomous Organization)을 표방하는 데서 시작되었다.

예전에는 생태계만 표방했지만 진짜 생태계로 구성된 힘의 분산, 투명한 정보들의 공개와 Smart Contract를 이용해 구성되는 DeFi(Decentralized Finance) 등 재무적으로도, 기술적으로도 가능한 시대가 되었다. 프로토콜 경제란 키워드가 익숙하지 않을 수 있다, 이런 팬에 가까운 이용자(혹은 개발자) 참여없이 성공은 커녕 유지되기 힘든 세상이 되었는데, 기존 중앙화된 서비스들이 API 형태로 분산 제공하는 시대가 되었고, 집중되는 트래픽을 처리하기 위한 기술(Redis 같은 in memory DB도 예전에는 불안하고 믿을 수 없던 시절도 있었다), 그리고 분산하는 산업, 그리고 오픈소스 기반 기술기업 역시 고성장하고 있는 현재 시점에서 web3.0에서 주로 이야기하는 ‘탈중앙화(decentralized)’ 기술기업들이 새롭게 나타날 가능성이 높다.

최초의 상용화 브라우저인 넷스케이프(Netscape) Chief Scientist였고 SSL 기술을 만들었던 Taher Elgamal 박사는 인터넷이 전세계 분산되어 있는 이용자를 연결해 주는 네트워크인 만큼 ID 체계도 탈중앙화된 방식이 가장 이상적이고 현재 중앙화된 ID관리 방식에서 발견되고 있는 개인정보 주권 문제나 보안 문제도, DID(분산 ID)로 해결할 수 있다고 언급하기도 했고 W3C에서도 DID 표준 관련해서 Candidate를 넘어 Proposed Recommendation 수준에서 실제 표준에 이르렀다. 또한 예전 Semantic web시절 논의도 HTML 보다 간결한 URI/XML/RDF 기반 정보들로 해결해 보려는 시도들도 꾸준히 논의될 것으로 예상된다. 이는 요즘 열풍인 NFT의 URI로 연결된다

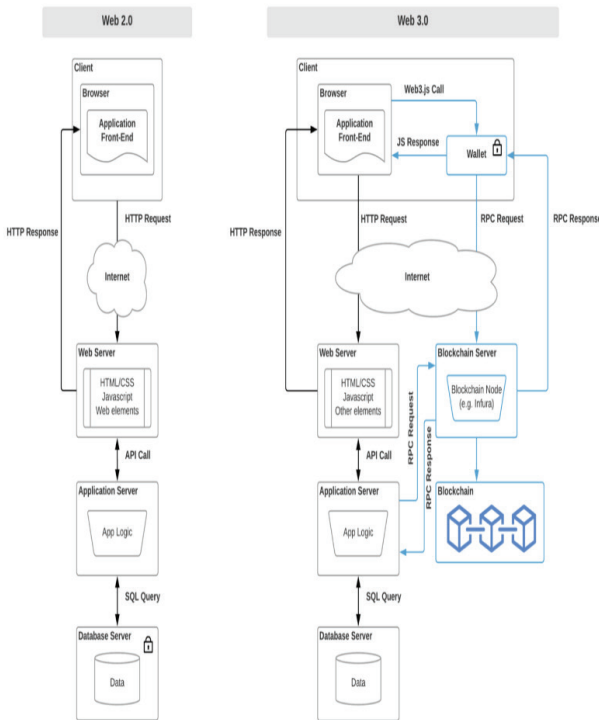
블록체인 초창기에는 합의 알고리즘이나 암호화 기술들이 주요 도전과제였다면, 최근들어 암호자산 크립토 분야에 VC 투자가 활성화되면서 DeFi 분야의 금액이 기하급수적으로 성장했고, NFT 시장 역시 눈부신 성장을 보이고 있다. 근간 기술인 지갑의 사용성부터 효율적 노드 운영, 각종 발행/취급에 해당하는 On-chain, Smart Contract 관련된 기술들 역시 앞으로 지속적인 주목과 개발참여를 이끌어낼 것으로 생각해 본다.



〈그림 2〉 Coinbase — Understanding Web3, User-controlled Internet<sup>[1]</sup>

이미 패권을 장악했다고 주장하는 사업자들 입장에서 굳이 Decentralized할 필요가 없으나, 후발주자들은 Creator Economy를 유인하기 위해 NFT 관련된 콘텐츠를 활용할 수 있는 기술들을 선택하거나 Community rewards나 정말 많은 서비스들과 연결, 지불, 교환 가치를 위해 기존 fiat-currency 뿐만 아닌 crypto-currency에 눈을 돌릴 수 밖에 없고, 이런 기술들이 범용화되는 시점부터 다양한 메타버스 플랫폼들로 유인될 것으로 예상된다. 기존 Unity나 Unreal 같은 게임엔진 뿐만 아니라 웹 브라우저에서 instant하게 동작시킬 수 있는 WebXR 관련된 오픈소스 커뮤니티와 개발자 참여도 매우 활성화되고 있으니 이를 응용한 새로운 패권에 도전하는 서비스들이 계속 등장할 것이다.

기존 Ethereum의 EVM(Virtual Machine)에서 넘어선 Ethereum 2.0에서 언급되는 eWASM 같은 개념들, 가장 큰 Market Cap을 보유한 기존 Ethereum과 연계할 수 있는 Side-chain, Layer-2 관련된 기술이나 DeFi쪽 Swap 분야도 급격하게 개발되고 활용되고 있는 각종 기술들 역시 기존 Web, Web2.0 시절 중앙화된 인프라로



〈그림 3〉 (Metamask를 만든 Consensys의 Web3 Report)<sup>[2]</sup>

구성된 것이 아니라, 가상화된 네트워크 내에서 비용을 지불하고 활용되는 구조이다. 예로 OpenSea에서 이더리움 NFT 계약을 체결하기 위해 Gas fee를 지불하는 것으로 바뀌면서 소위 네트워크 상의 Programmable(코딩으로 구현, 지속적 실행 가능)한 기술 역시 눈부시게 발전할 것으로 예상해 본다.

Web2.0 초창기 때도 ‘비싸고 느린 기술’이라는 평가와 Open API 운영하는게 경영상 전혀 도움 안된다는 시각도 존재했지만, On-premise 전산실에서 벗어나 클라우드 인프라와 가상화 기술, 서버/인프라 관리 등 DevOps 관련된 기술들이 눈부시게 발전하면서 규모의 경제를 이루었듯이, 이 시각들은 Web3.0에서도 꾸준히 제기되고 관련 해결책, 즉 솔루션들이 나타날 것이라 예상된다.

아직 Web3.0의 근간 중 하나라고 이야기하는 블록체인 기술은 여전히 느린 편(비트코인 7 TPS, 이더리움 20 TPS등)이나 이런 속도 경쟁은 이미 POS, POA, DPOS, PBFT 등 다양한 합의 알고리즘과 실현 가능한 설계들로 이미 많은 발전을 이루어 실제 서비스에서 쓸만한 수준까지는 올라왔고, 문제는 이를 이용해 어떻게 새로운 시대

의 killer app들을 만들어낼 것이냐가 더 중요한 문제일 것이다.

Web3, Web3.0으로 나타나는 탈중앙화와 아직 느린 성능과 비효율, 어려운 사용성 등을 개선하는 많은 투자가 이루어질 가능성이 높다. 심지어 이를 seamless하게 개발할 수 있도록 돕는 소프트웨어 도구들도 이미 등장하고 있다.

이러한 환경에서 모든 산업 영역에서 Web 3.0의 서비스가 확장이 될 것으로 예상된다. Web3.0의 미래는 우리가 초기 인터넷, 모바일에서 경험한 것 같이 모든 산업 영역으로 확장이 될 것으로 예상된다. 이러한 방향성에서, 대한 민국이 이제 콘텐츠의 강국이다. K 팝, K 드라마, K 영화 등 이제는 대표적인 케이스가 너무도 많아서 언급 하기도 어렵다. 이제는 K SW, K 서비스가 나올 시기라고 생각한다. Web 3.0을 선도 하는 K 서비스, 기술 회사가 나오길 기대 한다. 이렇게 되기 위해서는 개방적 혁신이 필요하다. 혼자 하는 혁신이 불가능한 시대이다. 혁신도 개방적 혁신, Open Innovation이 되어야 한다. 그래서 커뮤니티, 즉 Web 3.0에 맞는 기술 공동체를 대한 민국에서 태생해서 글로벌 에 impact 주는 시대와 서비스를 기대한다. Web3.0의 미래는 결국 사람이 만들어 가는 것이다.

### III. 결론

블록체인 기술동향관점에서 Web의 발전 방향과 Web 3.0 탄생 배경과 Web 1.0, Web 2.0 의 변천 과정을 통해서 Web 3.0이 어떠한 철학적 가치와 소비자나 생산자가 되는 크리에이터 경제, 프로토콜 경제이 중요성을 강조 했다. 데이터 주권이 개인에게 가는 시대에 이어서 개인의 소유권이 투명하게 증명되고 기여한 만큼 인센티브를 받는 Web 3.0 의 미래는 단지 마케팅 용어가 아닌 밝다고 필자는 생각한다. 물론 인터넷, 모바일에서도 경험 했듯이 버블은 존재한다. 모든 혁신에는 버블이 동시에 존재 했었다. 우리는 이러한 버블을 지단 지성의 힘으로 슬기롭게 극복할 것으로 믿는다. 중앙화 시대에서 탈 중앙화, 분산화의 시대라는 것은 누구도 부

인 할수 없을 것이다. 물론 이러한 큰 기술의 라이프 싸이클에서 현재 Web2.0 사업, 서비스 들이 Web 3.0으로 Transformation 하기 위해 노력을 기울이고 혁신을 만들어 가고자 할 것이다. Web 3.0에서 주요한 주인공들이 있다. 바로 Z 세대이다. 필자 자녀도 Z 세대 인데 실제로 블록체인 서비스를 이용할 때 보면 기성 세대들은 게임으로 인식을 할지 몰라도 Z 세대 들은 게임이 아니라 거기서 실제로 살고 있는 것처럼 느껴진다. 스토리 텔링의 시대에서 Story Living의 시대라로 누군가 표현을 했었는데 전적으로 공감할 한다. Z 세대가 감성과 생각을 수용하지 않으면 향후 Web 3.0의 미래를 이끌어 갈수 있을지 의문이 든다. 이에 차세대 MZ 세대와 개방적 혁신을 해서 Web 3.0의 비전을 같이 만들어 갔으면 한다. 현재는 중앙화된 메타버스 서비스들이 주를 이루어 있다. 그런데 예를 들면 내 아바타가 블록체인에 열심히 만든 아이템을 제폐토로는 가져 올수가 없다. 중앙화된 메타버스 이기에 어렵지만 Web 3.0의 탈중앙화된 메타버스에서는 유니버설 지갑 기술과 분산 ID, 아바타 연동 기술등을 통해서 자유롭게 Web 3.0 탈 중앙화된 메타버스를 경험하게 될것이다. 현재 중앙화돼 있지만 탈중앙화된다면 크로스체인 형식으로 상호 운용을 통해 '크로스 메타버스(Cross Metaverse)'의 시대를 경험하게 될것이다. 현재 산업은 다양한 메타버스가 서로 융합되고 메타버스 내에서 메타버스 간 단계로 통신 채널을 전환할 준비를 하고 있다. 그리고 이 안에서 '상호 운용성'은 메타버스 분야에서 중요한 요소로 간주되고 있다. 크로스 메타버스의 목소리가 높아지면서 '커뮤니티'가 상호 운용 가능한 생태계를 발견할 수 있을 것이라는 전망이다.

금융에서 가상 토지 거래에 이르기까지 메타버스 커뮤니티는 실제 시나리오와 매우 유사한 방식으로 운영되기 때문에 가상 세계의 공통점은 커뮤니티에 더욱 힘을 실어줄 것이다.

모델 표준의 출현으로 다양한 메타버스, 블록체인 합의 차이를 해결하는 방법에 크게 좌우되기 때문에 메타버스/블록체인간 교차 커뮤니케이션을 촉진하기 위해서는 다양한 주체 간의 거래 및 상호 작용 규정이 우호적으로 해결해야 한다. 이러한 것은 Web 3.0에서의 메타버스의

예인 것이고 이외에도 모든 영역에서 Web 3.0의 미래는 인간의 상상력에 의해서 구현될 것으로 믿는다. 다시 한번 강조를 한다면 Web 3.0의 미래는 결국 사람이 만들어 가는 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Coinbase — Understanding Web3, User-controlled Internet
- [2] Consensys의 Web3 Report



윤 석 빈

- 1996년 2월 서강대 화학공학 학사 졸업
- 2006년 4월 ~ 2013년 6월 한국 IBM 부장/컨설턴트
- 2013년 7월 ~ 2015년 6월 한국 Oracle 부장
- 2019년 7월 ~ 2022년 5월 서강대 지능형 블록체인 연구센터 산학협력 교수

〈관심 분야〉

블록체인 융합(AI, 마이데이터, 클라우드), SW 아키텍트



# 웹 3.0 활성화를 위한 시나리오 발굴

## I. 서론

### 1. 연구 배경 및 목적

특정 자산을 사람 간에 공유함으로써 새로운 이익을 창출해 내는 공유경제 (Sharing Economy)는 더 이상 낯선 단어가 아니다. 오늘날에는 자동차 등의 유형 자산 (Tangible Asset)을 공유하는 것을 넘어서 무형 자산 (Intangible Asset)의 한 종류인 디지털 데이터 (Digital Data)를 공유하기 위한 시도 또한 진행되고 있다. 공공 데이터의 공유를 위해, 한국과 미국 정부는 법률을 제정하여 정부 기관이 수집한 위치 및 환경 데이터 등을 일반 사용자들에게 제공<sup>[1, 2]</sup> 하고 있다. 또한, EU는 기업 간의 데이터 공유를 통해 새로운 비즈니스 모델을 창출해 내는 것을 장려하는 가이아-X (GAIA-X) 프로젝트를 진행하고 있다



서중원  
서강대학교



정운성  
서강대학교



성시우  
서강대학교



조성우  
서강대학교



박수용  
서강대학교

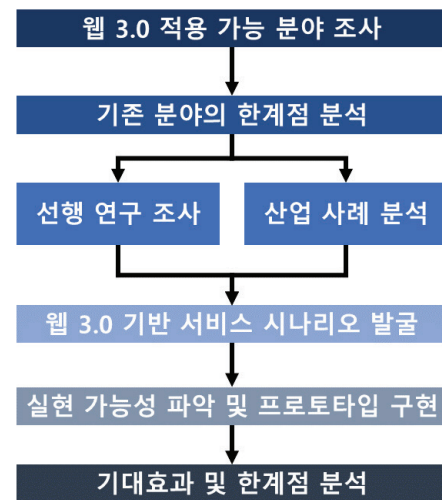
[3]. 더 나아가 구글과 같은 IT 기업들도 수집한 디지털 데이터를 사용자에게 공유하고 있으며 [4, 5], 데이터 커먼즈(Data Commons)라는 명칭으로 디지털 데이터 공유를 위한 연구 [6-8] 들도 함께 진행되고 있다. 디지털 데이터 공유가 활성화됨에 따라서, 기존 중앙화된 데이터 관리 및 공유 방법에서 벗어나, 사용자 스스로 데이터를 관리하는 마이 데이터(My Data) [8, 9, 10] 에 대한 관심이 높아졌다. 또한, 블록체인을 활용하여 마이 데이터 및 데이터 주권(Data Sovereignty)을 위한 다양한 연구가 진행되고 있다 [11-14]. 웹 3.0은 마이데이터, 데이터 주권에 대한 사용자들의 수요를 만족시킬 수 있는 차세대 웹을 의미한다. 웹 3.0을 통해서 사용자들은 특정 기관에 종속받지 않고, 사용자가 생성한 데이터의 주권을 보장받으며, 생성한 데이터를 통해서 사용자 스스로 가치 창출이 가능하다. 웹 3.0의 가치는 무궁무진할 것이며, 웹 3.0은 산업과 경제 생태계에 또 다른 혁신을 불러올 것으로 기대되고 있다. 오늘날 다양한 서비스들이 웹 3.0을 표방하여 개발되고 있지만, 활용성이 극히 제한적이며, 사용자와 기업에 와닿는 형태의 서비스들은 개발되지 않고 있다. 본 논문에서는 이러한 웹 3.0의 활용성 부재 문제를 해결하고자, 사용자와 기업에 와닿을 수 있는 다양한 서비스 시나리오들을 도출하여, 웹 3.0 활성화에 기여하고자 한다.

## 2. 연구범위 및 방법

본 논문에서는 웹 3.0 활성화에 기여하고자, 웹 3.0 적용 가능성이 있는 시장을 분석 및 파악하여, 웹 3.0 기반의 서비스 시나리오를 도출한다. 서비스 시나리오 도출을 위한 연구 흐름은 <그림 1>과 같다.

웹 3.0 적용 가능 분야 조사 부분에서는 사용자의 데이터 주권을 보장하면서 사용자 스스로 가치 창출을 할 수 있는 분야를 확인하면서 조사를 진행하였다. 또한, 조사된 분야에서 발생하는 한계점을 분석하여, 웹 3.0기반의 시나리오로 해결 가능성이 있는지 혹은 웹 3.0으로 해결이 불가능한지 여부를 파악하였다.

이후, 도출된 한계점을 극복하기 위한 선행 연구 조사 및 기업체들의 사례분석을 진행하였으며, 해당 선행 연구



<그림 1> 연구 흐름

조사 및 산업 사례 분석을 기반으로 하여 웹 3.0 기반 서비스 시나리오를 발굴하였다.

도출된 시나리오를 기반으로 프로토타입(Prototype) 구현을 통해 실현 가능성 파악하였으며, 해당 시나리오 기반으로 발생할 수 있는 기대효과 및 한계점 분석을 진행하였다.

## II. 웹 3.0 개요 및 동향

본 장에서는 시나리오의 이해를 돕고자 웹 3.0의 개요 및 동향에 관해서 서술한다. 웹 1.0은 인터넷 익스플로러(Internet Explorer)와 같은 웹 브라우저의 탄생으로 일반 사용자들이 손쉽게 인터넷에 접속할 수 있는 시대를 이야기한다. 웹 1.0 시대의 사용자는 블로그 작성과 같이 쓰기 기능을 사용할 수 없고, 특정 개발자에 의해 작성된 자료를 읽기만 가능한 단방향 소통 시대를 이야기한다.

웹 2.0은 온라인 커뮤니티를 중심으로 사용자들끼리 자유롭게 소통이 가능한 오늘날 사용하고 있는 웹의 형태를 이야기한다. 사용자가 스스로 인터넷에 자료를 작성하여 공유할 수 있고, 다른 사용자가 생성한 데이터를 읽기 할 수 있는 양방향 소통 방식의 시대를 이야기한다. 웹 2.0은 사용자가 생성한 데이터는 중앙화된 거대 플랫폼 기업에 귀속되는 형태이며, 거대 플랫폼 기업에 의해 데이터 사용 독점 및 정보의 불균형이 발생할 수 있다는 한

계가 존재한다.

웹 3.0은 사용자가 생성한 데이터의 주권을 보장함으로써, 사용자가 생성한 데이터를 스스로 관리하고 통제할 수 있는 시대를 이야기한다.

시장 조사기관에 의하면 웹 3.0의 미국 시장 규모는 2021년 32억 달러 규모에서 2030년 815억 달러 규모로 성장할 것으로 예측하였다<sup>[15]</sup>. 또한, 웹 3.0 관련 서비스 개발을 위해 구글, 네이버, 카카오 등의 IT 회사들도 투자를 시작하고 있다<sup>[16, 17]</sup>.

중국 정부는 블록체인 기술을 인공지능 기술과 같이 미래 핵심 기술로 분류하여 웹 3.0 시대를 준비하고 있다<sup>[18]</sup>. 또한, 일본의 기시다 후미오 총리는 중원 예산위원회에서 웹 3.0 시대의 도래는 경제성장 실현으로 이어질 가능성이 있다고 발언하였다<sup>[19]</sup>.

웹 3.0의 시대가 아직 완벽하게 시작되었다고 할 수 없지만, 웹 3.0의 철학을 추구하는 다양한 서비스들이 탄생하고 있다. 대표적으로 브레이브(Brave) 브라우저가 존재한다<sup>[20]</sup>.

브레이브 브라우저는 사용자의 인터넷 검색 기록 및 인터넷 광고에 관련된 데이터를 사용자가 선택할 수 있도록 함으로써, 사용자의 데이터 주권을 보장하였다. 브레이브를 통해 인터넷을 사용할 경우 사용자가 선택에 따라서 인터넷 광고 시청을 선택할 수 있다. 사용자가 인터넷 광고를 본다고 선택할 경우, 브레이브는 광고를 통한 수익 일부를 사용자에게 나눠준다. 브레이브 이외에도 핸드셰이크 (Handshake), 오디오스 (Audiis), 브레인 트러스트 (Braintrust)와 같은 웹 3.0 기반의 서비스들이 존재한다<sup>[21]</sup>.

### III. 서비스 시나리오 발굴

#### 1. 중고차 시장 활성화 시나리오

##### 1.1. 중고차 시장의 한계

국내 중고차 시장 규모는 2021년 기준 약 29조 원의 시장으로 추정된다<sup>[22]</sup>. 또한, 앞으로 대기업이 중고차 시장에 참여할 수 있게 됨으로써, 중고차 시장은 더 활성화

되고 커질 것으로 전망된다. 하지만, 중고차 시장에 대한 부정적인 이미지는 76%에 육박하며, 차량 상태 불신에 대한 이유가 가장 큰 이유로 조사되었다<sup>[23]</sup>.

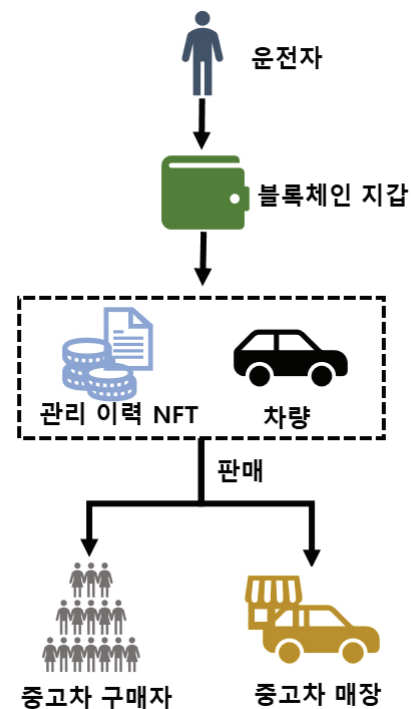
본 장에서는 이러한 중고차 시장의 차량 상태 불신에 대한 한계를 극복할 수 있는 웹 3.0 기반의 운전자 정보를 활용한 중고차 시장 활성화 시나리오를 제안한다.

##### 1.2. 선행 연구 및 사례 분석

본 장에서는 중고차 시장의 신뢰성 확보를 위한 기업 동향 및 관련 연구들을 서술한다.

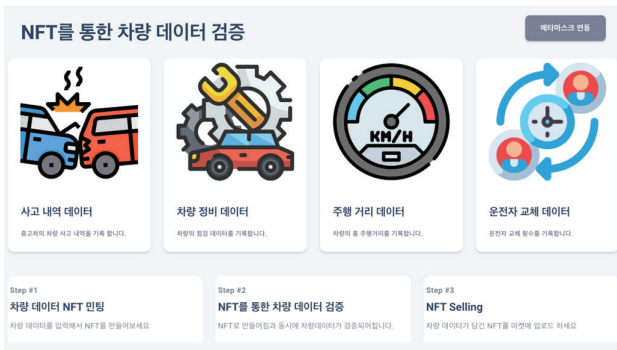
벤츠(Benz), BMW, 포드(Ford)는 중고차 시장 활성화를 위해서 해당 브랜드의 차량 인증 서류를 NFT로 발행하는 사업을 진행 중에 있다<sup>[24-26]</sup>. 또한 도요타(Toyota)는 블록체인 연구소 설립을 통해서 차량 생산 및 판매, 중고차 판매와 같은 모든 프로세스를 블록체인에 기록하는 사업을 진행 중에 있다<sup>[27]</sup>.

Jingjing Chen 이 제안한 BCVhis 연구에서는 차량 관리 이력 전부를 블록체인을 활용하여 기록하는 연구를 제안하였다<sup>[28]</sup>. 또한, Seung Gyun Yoo이 제안한 연구<sup>[29]</sup>



〈그림 2〉 중고차 시장 활성화 시나리오





〈그림 3〉 중고차 시나리오 프로토타입 화면

와 Gokay Saldamli가 제안한 연구<sup>[30]</sup>는 중고차 거래의 신뢰성을 확보하기 위해서 블록체인을 활용하는 방안을 제안하였다.

### 1.3. 서비스 시나리오 발굴

운전자 정보를 활용한 중고차 시장 활성화 시나리오는 〈그림 2〉와 같이 묘사될 수 있다. 해당 시나리오를 구현한 프로토타입 화면의 예시는 〈그림 3〉과 같다. 또한, 해당 시나리오는 운전자, 블록체인 지갑, 중고차 구매자, 중고차 매장으로 구성이 된다.

운전자는 본인의 차량 정비 정보, 운전 습관 정보 등 차량을 운전 및 관리 및 기록할 수 있는 정보들 중 본인이 원하는 데이터를 블록체인 지갑에 등록한다. 차량을 판매하고 싶을 경우, 블록체인 지갑을 활용하여 NFT를 발행하여 차량과 함께 판매한다.

블록체인 지갑은 사용자가 기록한 정보들을 관리하는 역할을 담당한다. 또한 사용자가 차량을 판매하고자 할 때, 해당 차량에 관련된 정보를 메타데이터(Metadata)로 하는 NFT를 발급하여 운전자에게 제공해 준다.

중고차 구매자는 운전자에게 직접적으로 차량을 구매하는 사람으로서, NFT에 저장되어 있는 메타데이터를 확인하고, 차량 상태를 교차 검증하여 구매 결정을 내릴 수 있다.

중고차 매장은 NFT에 저장되어있는 메타 데이터를 확인하여 해당 차량 상태를 교차 검증하고, 교차 검증이 완료된 차량은 프리미엄을 부과하여 재판매가 가능하다.

해당 시나리오를 통해 운전자는 본인의 차량 정보를 직

접 관리하고 원하는 정보만을 팔 수 있기 때문에 웹 3.0이 추구하는 데이터 주권을 실현할 수 있다. 또한, 기존 중고차 시장이 가지고 있는 차량 상태 불신에 대한 문제점을 블록체인과 NFT를 통해서 누구나 검증할 수 있기 때문에 차량 상태 불신에 대한 문제점을 해결할 수 있다.

### 1.4. 기대효과 및 한계점 분석

제안하는 시나리오를 통해서 중고차 판매자는 차량 관리 정도에 따라서 차량을 판매할때 추가적인 인센티브를 부여 받을 수 있기 때문에 중고차 시장 활성화에 기여할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

또한, 중고차 구매자는 본인이 구매한 중고차의 투명한 관리 이력을 확인할 수 있기 때문에 차량 구매 후 원활한 차량 관리가 가능할 것으로 기대할 수 있다.

중고차 매장은 차량 관리 이력이 블록체인을 통해서 투명하게 기록되기 때문에 중고차 매장의 신뢰를 회복할 수 있을 것으로 기대된다. 더 나아가, 기존 중고차 시장에 블록체인 기술을 도입함으로써, 중고차 시장에 새로운 활력을 불어넣을 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

하지만 제안하는 시나리오는 어떤 형태의 블록체인을 사용하며, 어떻게 관리할 것인가에 대한 구체적인 논의가 필요하며, NFT 발급에 필요한 비용은 운전자에게 부담으로 다가올 수 있다는 한계가 존재한다.

## 2. 재생 에너지 산업 활성화 시나리오

### 2.1. 재생 에너지 산업의 한계

국내 재생에너지 정책은 2050년 탄소중립을 발표하고, 2030년 국가온실 감축을 목표로 하고 있다<sup>[31]</sup>. 또한, 국가적인 차원에서 재생에너지 활용 하기 위한 연구들도<sup>[32]</sup> 이루어 지고 있다.

정부 차원의 노력뿐만 아니라 다양한 기업들도 RE-100 (Renewable Energy 100)<sup>[33]</sup>이라고 부르는 국제적 기업 간 협약 프로젝트에 가입하여 재생에너지 활성화에 참여하고 있다.

재생에너지에 대한 국민인식 조사 보고서에 따르면, 86.2%가 전력 생산 수단으로써 재생에너지를 활용하는

것에 동의하고 있다<sup>[34]</sup>. 하지만, 일반 사용자는 특정 설비를 갖추지 않는 이상 재생 에너지 생산에 직접적으로 참여하기 어렵다는 한계가 있다.

하여, 본 장에서는 일반 사용자도 재생에너지 생산에 직접적으로 참여하여 가치를 창출해 낼 수 있는 솔라루프 기반의 재생에너지 산업 활성화 시나리오를 제안한다.

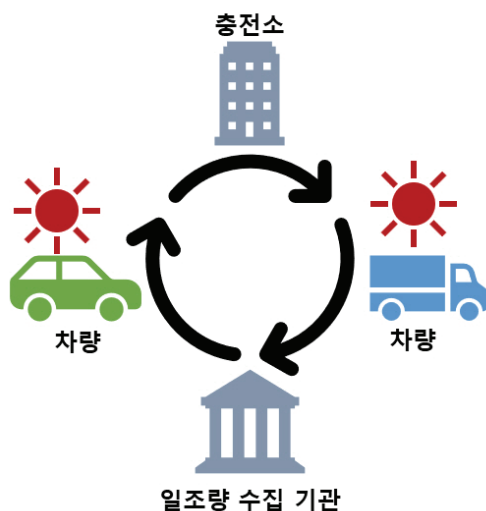
## 2.2. 선행 연구 및 사례 분석

본 장에서는 재생에너지 산업 활성화를 위한 기업 사례 소개 및 연구들에 대해서 서술한다. 벤틀리는 차량 생산 공장에 태양광 패널 2만 815개를 설치함으로써 본사 및 공장 전력 100%를 재생에너지로 대체하는 사업을 진행하였다<sup>[35]</sup>. 또한, 현대차도 2045년 탄소중립을 목표로 공장에서 사용하는 에너지를 재생에너지로 변환하기 위한 사업을 진행 중에 있다<sup>[36]</sup>.

Tianyang Zhang의 연구<sup>[37]</sup>에서는 암호화폐를 사용하여 재생에너지 거래를 최적화시키는 방안을 제안하였다. 또한, Eung Seon Kang이 제안한 연구<sup>[38]</sup>에서는 블록체인을 활용하여 재생에너지 마이크로 그리드 (MicroGrid) 시스템을 개선하는 방안에 대해서 제안하였다.

## 2.3. 서비스 시나리오 발굴

솔라루프란 (Solar Roof) 전기 차량에 장착할 수 있는 태양광 패널을 의미하며, 솔라루프를 통해서 전기 차량을



〈그림 4〉 솔라루프 기반의 재생에너지 산업 활성화 시나리오



〈그림 5〉 재생에너지 시나리오 프로토타입 화면

충전할 수 있다<sup>[39]</sup>. 솔라루프 기반의 재생에너지 산업 활성화 시나리오는 〈그림 4〉와 같이 묘사될 수 있으며, 해당 시나리오를 구현한 프로토타입 화면의 예시는 〈그림 5〉와 같다. 해당 시나리오는 전기 차량 운전자, 충전소, 일조량 수집기관으로 구성된다.

해당 시나리오에서는 전기차 운전자의 거래 투명성을 보장하기 위해서 블록체인의 스마트 컨트랙트를 활용할 수 있으며, 수집되는 일조량 정보를 실시간으로 확인하기 위해서 블록체인을 활용할 수 있다.

전기 차량 운전자는 솔라루프를 통해서 충전되는 일조량 정보 및 위치 정보를 일조량 수집기관에 판매할 수 있다. 또한, 솔라루프를 통해서 충전되는 초과 잉여 전력 양은 충전소에 판매가 가능하다.

충전소는 전기차로부터 잉여 전력량을 구매하는 역할을 담당한다. 잉여 전력을 직접 전기차로부터 구매함으로써, 효율적인 에너지 관리가 가능하다.

일조량 수집 기관은 전기 차량으로부터 일조량 정보를 구입 및 판매하는 역할을 담당한다. 솔라루프로부터 수집되는 일조량 정보와 위치 정보를 함께 운전자로부터 구매함으로써 일조량 정보와 관련된 가치 창출을 추구할 수 있다. 추가적으로 솔라루프를 통해서 전기차 충전을 하고 싶은 운전자에게 일조량 정보를 재 판매할 수도 있다.

해당 시나리오를 통해 전기차 운전자는 본인의 차량을

통해서 수집한 일조량 정보를 중개 기관을 통하지 않고 직접 판매할 수 있는 데이터 주권을 가질 수 있다. 또한, 기존 재생에너지 산업이 가지고 있던 일반 사용자가 재생 에너지 생산에 직접적으로 관여하기 힘든 한계점을 해결할 수 있다.

#### 2.4. 기대효과 및 한계점 분석

제안하는 시나리오를 통해서, 운전자는 솔라루프를 활용한 활용한 차량 충전으로 차량 충전비용 감소 효과를 기대할 수 있으며, 일조량 정보를 일조량 수집기관에 판매함으로써 추가적인 수입을 기대할 수 있다.

또한, 블록체인 기반 P2P 에너지 거래 시스템은 에너지 이용의 효율성을 개선하여 탄소 중립 및 RE-100 실현을 가속화할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

하지만, 제안하는 시나리오는 솔라루프를 장착할 수 있다는 차량은 제한적이라는 한계가 존재한다. 또한, 실시간 거래 및 모니터링 구현을 위해서 블록체인의 기술적 성능이 향상되어야 한다는 한계가 존재한다.

### 3. 배터리 재활용 시장 활성화 시나리오

#### 3.1. 배터리 재활용 시장의 한계

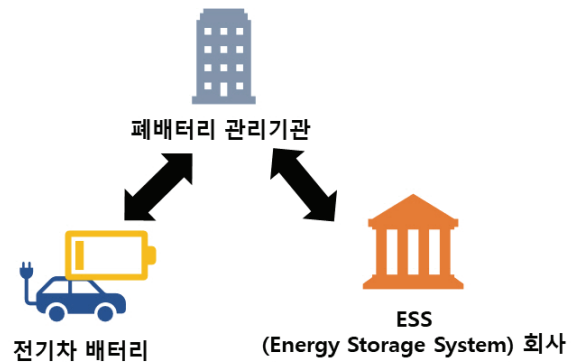
전기차의 시장 규모가 점차 확대됨에 따라서, 전기차에서 활용되는 배터리 재활용 시장에 대한 관심이 점차 증가하고 있다. 전기차 배터리 재활용 시장은 연평균 26% 성장하여 2040년에는 87조 원 규모로 성장할 것으로 예측되고 있다<sup>[40]</sup>.

배터리 재활용을 위한 시장이 증가하고 있음에도 불구하고, 배터리 재활용을 위한 관리 방법 및 인증 기준이 존재하지 않아서 배터리 재활용 시장의 활성화가 어렵다는 한계가 존재한다<sup>[41]</sup>.

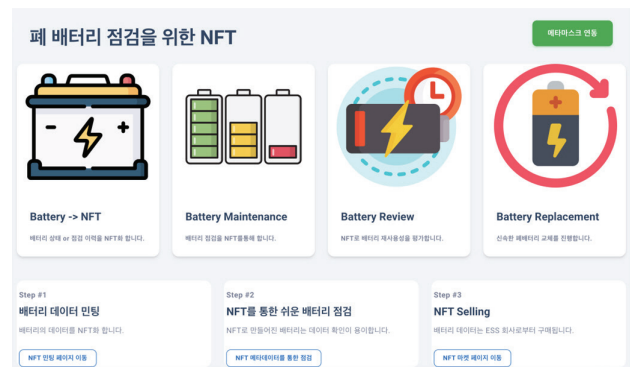
하여 본 장에서는 전기차 배터리 관리를 NFT를 통해 관리함으로써, 배터리 재활용 시장 활성화 시나리오를 제안한다.

#### 3.2. 선행 연구 및 사례 분석

본 장에서는 배터리 재활용 시장 활성화를 위한 기업



〈그림 6〉 배터리 재활용 시장 활성화 시나리오



〈그림 7〉 배터리 재활용 프로토타입 화면

동향 및 연구들에 대해서 서술한다. 오늘날, 기업들은 배터리 재활용 시장 활성화를 위해서 다양한 준비를 하고 있다. 현대 차는 급증하는 폐배터리 재활용을 위한 업무 협약을 체결하였으며,<sup>[42]</sup> 테슬라는 배터리 재활용을 위한 자체 에너지 저장 센터 구축 사업을 진행하고 있다<sup>[43]</sup>.

Bogdan Cristian Florea는 폐배터리 급증으로 발생하는 배터리 관리의 문제점을 해결하기 위해서 블록체인을 활용하는 방안을 제안<sup>[44]</sup> 하였다. 또한, Song Hua가 제안한 연구<sup>[45]</sup>에서는 전기차 폐배터리 교체를 위해 블록체인을 활용하는 방안을 제안하였다.

#### 3.3. 서비스 시나리오 발굴

전기차 배터리 관리 이력을 활용한 배터리 재활용 시장 활성화 시나리오는 〈그림 6〉과 같다. 해당 시나리오를 구현한 프로토타입 화면의 예시는 〈그림 7〉과 같다. 또한, 해당 시나리오는 전기차 운전자, 블록체인 지갑, 폐배터리 관리기관, ESS (Energy Storage System) 회사로 구



성된다.

전기차 운전자는 전기차 배터리를 충전할 때마다 충전 이력을 블록체인 지갑에 기록한다. 사용자는 차량 배터리 수명이 다 했다고 판단될 때 폐배터리와 배터리 관리 이력을 NFT화 하여 폐배터리 관리기관에 판매한다.

블록체인 지갑은 사용자가 기록한 배터리 관리 기록정보들을 관리하는 역할을 담당한다. 또한, 사용자의 요청이 있을 때 해당 배터리 관리 이력을 NFT의 메타데이터로 입력하여 NFT를 발급해준다.

폐배터리 관리기관은 운전자로부터 제공받은 NFT가 가지고 있는 메타데이터 정보와 폐배터리 정보를 비교하여, 폐배터리를 재사용할 것인지, 분해할 것인지 결정한다.

ESS (Energy Storage System) 회사는 폐배터리 관리기관으로부터 재사용 가능한 폐배터리를 구매하여 새로운 비즈니스를 창출한다.

해당 시나리오를 통해 전기차 운전자는 전기차의 배터리 정보를 본인이 직접 관리하고 판매함으로써, 데이터 주권을 보장받을 수 있다.

### 3.4. 기대효과 및 한계점 분석

제안하는 시나리오를 통해서 블록체인 기반의 투명한 배터리 관리 이력은 배터리 재활용과 관련된 산업의 활성화를 촉진시킬 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

운전자는 다 사용한 배터리를 사용 이력과 함께 판매함으로써 추가적인 수입을 기대할 수 있다. 또한, 배터리 관리 이력 확인을 통해서 배터리 관리를 효율적으로 진행할 수 있다.

폐배터리 관리기관은 배터리 사용 이력을 기반으로 하여 배터리 재사용 방안 및 폐배터리 부품 재사용과 관련된 새로운 비즈니스 모델을 창출할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

ESS 기업은 관리 이력이 뚜렷한 배터리를 구매함으로써, 재활용 배터리 분석에 소모되는 비용 감소 효과를 기대할 수 있다.

하지만, 제안하는 시나리오는 폐배터리 관리기관의 권한이 커질 수 있다는 단점이 존재하며, NFT 발행을 위해서 많은 비용이 소모될 수 있다는 한계가 존재한다.

## IV. 결론

본 논문에서는 웹 3.0의 활용성 부재 문제를 해결하고자, 웹 3.0 기반의 3가지 시나리오를 발굴하였다. 시나리오 발굴을 위한 연구 흐름은 웹 3.0 적용 가능 분야 조사, 기존 분야의 한계점 분석, 선행 연구 및 사례 조사, 시나리오 발굴, 프로토타입 구현, 기대효과 및 한계점 분석으로 이루어졌다.

시나리오는 웹 3.0 기반의 중고차 시장 활성화 시나리오, 재생 에너지 산업 활성화 시나리오, 배터리 재활용 시장 활성화 시나리오를 제안하였다. 각 시나리오 도출을 위해서 기존 분야의 한계점 분석 및 선행 연구 및 사례 조사하였다. 또한, 각 발굴된 시나리오의 실현 가능성을 파악하기 위해서 프로토타입을 구현하였으며, 기대효과 및 한계점을 서술하였다.

향후, 발굴된 시나리오를 구체화하기 위해서는 사용성 평가 및 개념 실증 (PoC)가 추가적으로 필요하다. 또한, 본 논문에서 발굴된 시나리오들이 웹 3.0 활성화에 기여할 수 있을 것으로 기대해본다.

## 참고 문헌

- [1] Public Data Portal, <https://www.data.go.kr/en/index.do>
- [2] DATA.GOV, <https://data.gov/>
- [3] gaia-x, <https://www.data-infrastructure.eu/GAIX/Navigation/EN/Home/home.html>
- [4] Data Commons, <https://www.datacommons.org/>
- [5] Robert L. Grossman, Allison Heath, Mark Murphy, Maria Patterson, Walt Wells, "A Case for Data Commons: Toward Data Science as a service", *arXiv*, pp. 1-18, Apr. 2016, <https://arxiv.org/abs/1604.02608>
- [6] Kristin R. Eschenfelder, Andrew Johnson, "Managing the data commons: Controlled sharing of scholarly data", *JASIST (Journal of the Association for Information Science and Technology)*, vol. 73, no. 12, pp. 1757-1774, Sep. 2014.
- [7] Jane R. Bambauer, "Tragedy of the Data Commons", *Harvard Journal of Law and Technology*, vol. 25, no. 1, pp. 1-67, Feb. 2012



- [8] Hanne Sorum, Wanda Presthus, "Dude, where's my data? The GDPR in practice, from a consumer's point of view", *Information Technology & People*, vol. 34, no. 3, pp. 912–929, May, 2021
- [9] Florian Lauf, Simon Scheider, Jan Bartsch, Philipp Herrmann, Marija Radic, "Linking Data Sovereignty and Data Economy: Arising Areas of Tension", *Wirtschaftsinformatik 2022 Proceedings*, pp.1–20, Nuremberg, Germany, Jan, 2022.
- [10] Stuart Mills, *Who Owns the Future? Data Trusts, Data Commons, and the Future of Data Ownership*, Manchester Metropolitan University Future Economies UCRKE, pp. 1–37, 2020.
- [11] Mohamed Maher, Imtiaz Khan, "From Sharing to Selling: Challenges and Opportunities of Establishing a Digital Health Data Marketplace Using Blockchain Technology", *Blockchain in Healthcare Today*, vol. 5, pp. 1–9, Jan, 2022.
- [12] Mohammad Javed Morshed Chowdhury, Alan Colman, Muhammad Ashad Kabir, Jun Han, Paul Sarda, "Blockchain as a Notarization Service for Data Sharing with Personal Data Store", *TrustCom/BigDataSE*, pp. 1330–1335, NY, USA, Aug, 2018.
- [13] Sihan Huang, Guoxin Wang, Yan Yan, Xiongbing Fang, "Blockchain-based data management for digital twin of product", *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 54, pp. 361–371, Jan, 2020.
- [14] Pooja Gupta, Volkan Dedeoglu, Salil S. Kanhere, Raja Jurdak, "TrailChain: Traceability of data ownership across blockchain-enabled multiple marketplaces", *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 203, pp. 1–21, Jul, 2022.
- [15] Web 3.0 Market Size, Share, Trends, By Type, Blockchain Type (Public, Private, Hybrid, and Others), By Organization Size (Small and Medium-Sized Enterprises, Large Enterprises), By Application, By Vertical, and By Region Forecast to 2030, <https://www.emergenresearch.com/industry-report/web-3-market>
- [16] Web 3.0 Became Battlefield for BigTech., Naver & Kakao Took Part in a War, <https://biz.chosun.com/it-science/ict/2022/05/11/IFVW2JZMANDJNN5PSL42U6SQKM/>
- [17] Google Is Searching For a Blockchain-Based Web 3.0 Service, <https://tvcc.kr/article/view/13159>
- [18] Korea-China Science and Technology Cooperation Center, *Analysis of technology Trends in the 14th five-year plan*, Issue Report, p. 1–16, 2021.
- [19] Web 3.0 Is a Japan's Economic Growth Opportunities Public Funding Is Available to Related Companies by Japanese Prime Minister Kishida, <https://www.tvcc.kr/article/view/14151>
- [20] Brave, <https://brave.com/ko/>
- [21] Won Seok Lee, Min Kyo In, Sung Pil Shin, Kang Chan Lee, "Web 3.0 Technology Trends", *Korea Institute of Communication Science (Information & Communication)*, vol. 39, no. 6, pp. 42–48, Jun, 2022.
- [22] Chang Hee Lee, Opportunities (Overweight) in the Used Car Industry, *Samsun Securities*, pp. 1–31, 2022.
- [23] Joo Hong Kim, The Problem of the Second-Hand Car Market in Korea and the Entry into Major Company, Korea Institute for Industrial Economic and Trade Act, pp. 65–69, 2022
- [24] Firt Digital Warranty NFT Issued for Second-Hand Cars Which Certified by Mercedes-Benz, <http://www.biznews.or.kr/mobile/article.html?no=13135>
- [25] BMW & Ford, Support Blockchain Certificate to Prevent Second-Hand Car Fraud, [https://www.tokenpost.kr/article-51416?p\\_ref=gpHdWG](https://www.tokenpost.kr/article-51416?p_ref=gpHdWG)
- [26] BMW & Ford., MOBI Blockchain is Used to Prevent Second Hand Car Fraud, [https://www.bitwide.co.kr/news/news\\_view.php?uData=ZXhITW9kZSUzRHZpZXcIMjZpZHGIM0QzODY5](https://www.bitwide.co.kr/news/news_view.php?uData=ZXhITW9kZSUzRHZpZXcIMjZpZHGIM0QzODY5)
- [27] Toyota Established the Blockchain Research Institute, Innovating Entire Liens Production-Sales-AS-Secondhand, <https://www.digitaltoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=226684>
- [28] JingJing Chen, Yi Ruan, Lingling Guo, Huijuan Lu, "BCVehis:

- A Blockchain-Based Service Prototype of Vehicle History Tracking for Used-Car Trades in China", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 214842–214851, Nov. 2020.
- [29] Seung Gyun Yoo, Byeongtae Ahn, "A study for efficiency improvement of used car trading based on a public blockchain", *The Journal of Supercomputing*, Vol. 77, pp. 10621–106935, Mar. 2021.
- [30] Gokay Saldamli, Kavitha Karunakaran, Vidya K. Vijaykumar, Weiyang Pan, Siddesh Puttarevaiah, Levent Ertaul, "Securing Car Data and Analytics using Blockchain", 2020 Seventh International Conference on Software Defined System, pp. 153–159, Paris, France, Apr. 2020.
- [31] Ki Whan Kim, *Analyzing the Ripple Effect of Renewable Energy Expansion on The National Economy(3/4)*, Korea Energy Economics Institute, pp. 1–112, 2021.
- [32] Ji Sung Kim, Kyung Soo Han, Kwang Yong Kim, Dea Sik Kim, Tae Chul Kim, Sang Wun Nam, *A Study on the Utilization of Renewable Energy in Rural Villages*, Ministry of Agriculture and Forestry, pp. 1–202, 2007
- [33] RE100, <https://www.there100.org/ko>
- [34] Korea Society for Renewable Energy, *a Survey of The Public's Perception of New Renewable Energy*, Korea Gallab, pp.1–67, 2018
- [35] Bentley 7.7MW Solar Panel Installation 100% of Headquarters Plant Power Supply, <https://www.motorgraph.com/news/articleView.html?idxno=22435>
- [36] RE 100 · Hexagonal Future City Hyundai Motor Group which Dreams of Carbon Neutrality in 2045, <https://m.hankookilbo.com/News/Read/A2022111505030002551>
- [37] Tianyang Zhang, Himanshu Pota, Chi-Cheng Chu, Rajit Gadhi, "Real-time renewable energy incentive system for electric vehicles using prioritization and cryptocurrency, *Applied Energy*, vol. 226, no. 15, PP. 582–594, Sep. 2018
- [38] Eung Seon Kang, Seung Jae Pee, Jae Geun Song, Ju Wook Jang, "A Blockchain-Based Energy Trading Platform for Smart Homes in a Microgrid", 2018 3rd International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS), pp. 472–476, Apr. 2018
- [39] What is a Solar Roof? My Vehicle's Roof Produces Energy, <https://tech.hyundaimotorgroup.com/kr/article/what-does-a-solar-roof-do-my-car-roof-generates-energy/>
- [40] \$65 Billion Market Will Be Held Electric Vehicle Waste Battery Is A Goose That Lays Golden Eggs, <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2022061015000864565>
- [41] 100,000 Electric Vehicle Waste Batteries Per Year Where Are Regulations On Recycle And Reuse, <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2022061015000864565>
- [42] Hyundai Glovis Implementation of ESS Business Using Batteries After Using Electric Vehicles, <https://www.hyundai.co.kr/news/CONT0000000000063702>
- [43] [Exclusive] Tesla Considering Build Up an ESS Center to Reuse Waste Battery Packs For Electric Vehicles, <https://www.greened.kr/news/articleView.html?idxno=297033>
- [44] Bogdan Cristian Florea, Dragos Daniel Taralunga, "Blockchain IoT for Smart Electric Vehicles Battery Management", *sustainability*, vol. 12, no. 10, pp. 1–25, May. 2020
- [45] Song Hua, Ence Zhou, Bingfeng Pi, Jun Sun, Yoshihide Nommura, Hidetoshi Kurihara, *Proceedings of the 51st, Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 4494–4502, Hilton Waikoloa Village, Hawaii, Feb. 2018.





서중원

- 2010년 ~ 2016년 버펄로 뉴욕 주립 대학교 학사  
(경영 정보 시스템학)
- 2018년 ~ 2020년 서강대학교 석사 (컴퓨터 공학)
- 2020년 ~ 현재 서강대학교 박사과정 (컴퓨터 공학)

〈관심 분야〉

블록체인 합의알고리즘, 블록체인 개인키 관리



성시우

- 2013년 ~ 2021년 한국외국어대학교 학사 (브라질학과)
- 2022년 ~ 현재 서강대학교 석사 (컴퓨터공학과)

〈관심 분야〉

블록체인 개인키 복구



정윤성

- 2013년 ~ 2020년 한밭대학교 학사 (정보통신공학)
- 2020년 ~ 현재 서강대학교 석사과정 (컴퓨터공학)

〈관심 분야〉

NFT(Non-Fungible Token), 블록체인 대용량 데이터 처리



박수용

- 1982 ~ 1986 서강대학교 학사(전자 계산학)
- 1986 ~ 1988 플로리다 주립대학교 석사(컴퓨터학)
- 1990 ~ 1995 조지메이슨 대학교 박사(정보 기술학)
- 2011년 3월 ~ 2012년 9월 서강대학교 정보통신대학원  
원장
- 2012년 9월 ~ 2014년 11월 정보통신산업진흥원(NIPA)  
원장
- 2015년 1월 ~ 2017년 4월 글로벌 핀테크 연구원 원장
- 2017년 6월 ~ 현재 서강대학교 적응형 블록체인  
연구 센터 (ITRC) 센터장
- 2019년 1월 ~ 현재 한국블록체인학회 학회장

〈관심 분야〉

블록체인, 소프트웨어 공학



조성우

- 2020년 ~ 2022년 숭실대학교 글로벌 미래교육원 학사  
(컴퓨터 공학)
- 2022년 ~ 현재 서강대학교 석사과정

〈관심 분야〉

블록체인 네트워크, 블록체인 합의 알고리즘

# 블록체인과 전통적 합의 알고리즘의 이해

## I. 서론

비트코인의 등장 이래, 수많은 블록체인 시스템들이 등장하였다. 특히 탈중앙화(decentralization)를 핵심 가치로 내세운 비트코인이나 이더리움과 같은 초기의 퍼블릭 블록체인 시스템들은 신뢰할 수 없는 인터넷 환경에서 대규모의 노드가 자율적으로 참여함에도 불구하고 안전하게 동작하는 고가용의 시스템을 구현해 냈지만 낮은 TPS(Transaction Per Second)와 최종성(finality) 보장 불가라는 문제를 가졌다.

블록체인 시스템 동작의 핵심은 모든 노드가 궁극적으로 동일한 장부(ledger)<sup>1)</sup>를 가지도록 하는 것이라 할 수 있는데, 이때 장부에 대한 업데이트는 신규 블록에 의해 이루어진다. 새로운 블록을 만드는 작업은 시스템상의 어떠한 노드라도 수행할 수 있기 때문에 시빌 어택(sybil attack) 문제가 발생할 수 있다. 작업 증명(PoW: Proof of Work) 방식은 매우 어려운(다시 말해, 푸는데 일정 시간이 소요되는) 해시 암호 문제에 대한 올바른 풀이를 한 노드가 생산한 블록만을 유효한 블록으로 인정하도록 함으로써 시빌 어택 문제를 해결한다. 이때 생산된 블록이 시스템을 구성하는 대부분의 노드에 전파되는 시간과 다수의 블록이 거의 동시에 생산되는 것을 방지하기 위해 블록과 블록의 생산 간격은 일반적으로 수십 초에서 수 분을 가지기 때문에 TPS 측면의 성능은 매우 낮다고 말할 수 있다. 또 하나의 문제는 블록 생성 자격을 확률적으로 획득한다는 점과 신뢰할 수 없는 네트워크 연결로 인해 <그림 1>에 보이듯이 같은 부모를 가지는 여러 자식 블록이 생성되는 포크(fork)가 발생할 수 있다는 점이다. 포크가 발생하면 서로 양립할 수 없는 체

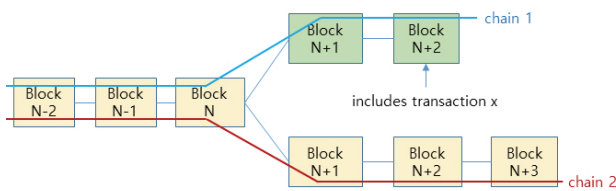


임 종 철  
한국전자통신연구원



오 진 태  
한국전자통신연구원

1) 트랜잭션의 순차적인 처리 기록과 그로 인해 파생되는 상태 정보



〈그림 1〉 포크와 정규 체인

인이 두 개 이상 생기게 되는데, 이때, 여러 체인 중 하나의 체인만을 정규 체인(canonical chain)으로 채택하게 된다. 체인을 선택하는 대표적인 정책으로 비트코인에서 사용하는 가장 긴 체인 선택 정책을 예로 들 수 있다. 정규 체인으로 선택되지 않은 체인에 포함된 블록과 트랜잭션은 더는 유효하지 않게 된다. 예를 들어, 〈그림 1〉에서 체인 1번의 N+2번째 블록에 포함된 “트랜잭션 x”는 블록체인 장부에 기록되지 않는다. 체인 선택 정책은 오로지 체인 길이만으로 정규 체인을 선택하므로 언제든지 정규 체인이 다른 체인으로 바뀔 수 있다. 예를 들어, chain 1에 N+3 및 N+4 블록이 붙게 된다면, 정규 체인은 다시 chain 1로 바뀌게 된다. 따라서 현시점의 정규 체인에 트랜잭션이 포함되었다 하더라도, 나중에 유효하지 않은 트랜잭션으로 바뀔 수 있기 때문에 트랜잭션의 최종성을 보장할 수 없게 된다.

작업 증명 방식에 의한 경쟁적 그리고 확률적 블록 생산 방식과 체인 선택 정책으로 정규 체인을 결정하는 방식을 일명 Nakamoto 합의(consensus) 방식이라고 부른다.

이후 블록체인 시스템은 낮은 TPS 또는 최종성 보장 불가 문제를 극복하기 위해 다양한 합의 알고리즘을 개발하고 적용하기 시작하였는데, 이러한 과정에서 전통적 합의 프로토콜들이 재조명받기 시작했고, 많은 블록체인 시스템에, 원형 그대로 또는 약간의 변경을 거쳐 적용되었다. 특히 많은 허가형 블록체인에서 PBFT<sup>[21]</sup> 계열의 프로토콜을 적용하였다. PBFT로 대표되는 전통적 합의 프로토콜은 대체로 최종성과 높은 TPS를 보장하지만, 노드 수가 늘어날 경우 성능이 현저히 저하되는 문제를 가지고 있다. 따라서 노드 수가 상대적으로 적은 허가형 블록체인이나 전체 노드 중 일부 노드를 대표 노드로 위임하여 합의하도록 하는 시스템에 일반적으로 적용된다.

신규로 개발되어 블록체인에 적용되는 다수의

BFT(Byzantine Fault Tolerant) 합의 알고리즘의 정수를 이해하기 위해서는 전통적 합의 알고리즘이 어떻게 발전하여 나갔는지를 아는 것이 필요하다. 또한, 이러한 이해는 새로운 합의 프로토콜을 개발하고자 할 때, 유용한 지식으로 활용될 수 있을 것이다.

고장 감내(fault tolerance) 또는 회복탄력성(resiliency)은 분산 시스템에서 제공되어야 할 중요한 속성으로 많은 연구가 있었다. 소위 합의(consensus or agreement)의 기원은 기존의 분산 시스템에서의 고장 감내 연구로 거슬러 올라갈 수 있다. 그러나 1980년에 Lamport, Shostak, 그리고 Pease에 의해 발표된 두 논문에 의해 공식적으로 문제가 정의되고 그 후 많은 논문이 문헌 [1], [2]에서 제시한 문제와 해법에 대한 새로운 해법 또는 발견을 제시하였기 때문에, 두 논문을 합의 문제의 시발점으로 보는 것이 매우 실용적이라고 할 수 있다. 특히 [2]에서는 분산 시스템의 고장 감내 문제를 비잔틴 장군 문제에 비유하여 제시하였는데, 이로 말미암아 이후 유사한 합의 문제를 통칭하여 비공식적으로 BGP(Byzantine Generals Problem)라고 일컫게 되었다.

본 고에서는 BGP에 관한 학술적 연구가 어떻게 전개되었는지를 다양한 관점에서 살펴보고, 대표적인 블록체인 시스템에 BFT 합의 프로토콜이 어떻게 적용되었는지 살펴보고자 한다.

## II. 기본 BGP 문제와 확장

가장 기본적인 유형의 BGP는 다음과 같이 정의할 수 있다.

- 1)  $n$  개의 독립적인 프로세서( $n_i, i=1..n$ )가 초깃값  $v_i$ 를 각각 가지고 있다.
- 2) 각 프로세서는 신뢰 있는 통신을 통해 자신의 초깃값  $v_i$ 를 다른 모든 프로세서에 올바르게 알리고자 한다. (신뢰 있는 통신이란 메시지 전송에 실패가 없으며, 메시지가 미리 정해진 bound 내에 반드시 도착한다는 의미이다.)
- 3) 각 프로세서는 이렇게 획득한 정보(벡터 형태)에 기반하여 다수결 원칙과 같은 결정론적 결정 알고리즘



(deterministic decision algorithm)에 의해 행위를 취한다. 다시 말해 모든 프로세서가 같은 정보를 가지고 있다면 같은 결정을 내릴 수 있다.

- 4) 이때,  $f$ 개의 프로세서는 악의적인 행동을 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 모든 선한 프로세서(good processor)는 동일한 결정을 내릴 수 있어야 한다.

비잔틴 장군의 시나리오를 사용하면, 모든 장군이 다른 장군의 개별적인 의견(공격/후퇴)을 모두 듣고, 그 의견을 바탕으로 공격 또는 후퇴를 하는데, 모든 선한 장군은 같은 최종 판단을 내려야 한다고 얘기할 수 있다. 비잔틴 장군은 다른 장군의 개별적인 의견과 관계없이 악의적인 행동을 할 수 있으므로 비잔틴 장군의 판단은 올바른 합의인지를 판단하는 근거로 사용되지 않는다.

초기 기본 유형의 BGP는 합의에 도달한 최종값을 직접 교환하여 결정하는 것이 아니라 동일한 결정을 할 수 있도록 하는 벡터(각 프로세서의 값,  $V=(v_1, v_2, \dots, v_n)$ )를 획득하는 것이 문제인데, 이를 다른 말로 IC(Interactive Consistency) 문제라고 통칭할 수 있다. "Interactive Consistency"의 의미는 비공식적으로는 프로세서 간 여러 번의 메시지 교환을 통해 동일한 벡터값을 얻고, 그 값을 이용하여 각 프로세서가 결정론적 결정 알고리즘에 따라 동일한 행위를 하여 일관성을 달성한다고 해석할 수 있다.

BGP는 미리 선언된 다음과 같은 여러 가지 가정에 기반하여 해결 알고리즘이 도출된다. 기반하는 가정에 따라 다른 형태의 알고리즘이 만들어질 수 있다.

- 1) 네트워크 모델: 커뮤니케이션 모델 혹은 메시징 모델이라고 부를 수도 있다. 논문에 따라서는 통신 링크를 직접 언급하지 않고 노드들이 하나의 메시징 시스템을 통해 메시지를 주고받는다라고 설명한다. 어쨌든 메시지 전송이 fail-free 한가에 따라 동기(synchronous)모델과 비동기(asynchronous)모델로 구분할 수 있다. 동기 모델에서는 메시지가 정해진 시간 안에 반드시 도착하며, 비동기 모델에서는 메시지 전송 지연뿐만 아니라 유실이 발생할 수 있다. 또한, 메시지가 도착하지 않았을 경우 그것이 유실로 인한 것인지 전송 지연에 의한 것인지를

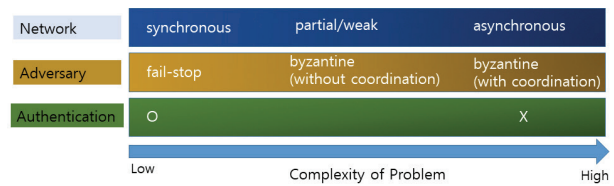
가늠할 수 없다. 또한, 프로세서와 프로세서 간 통신 연결이 1대 1로 모두 연결되었는가 여부에 따라 complete network 사례와 incomplete network 사례로 구분할 수 있다. 가장 중요한 기준은 역시 메시지가 정해진 시간(bounded time)에 예리 없이 전달되느냐 여부이다. 초기 많은 BGP 관련 논문들은 동기 모델과 비동기 모델로 양분하여 해법을 제시하고 있으나, 그 후 점차 실용적 해법을 찾아가는 과정에서 부분 동기 네트워크(partially synchronous network)를 가정하는 논문(예: PBFT)들이 등장하기 시작하였다.

- 2) Adversary 모델: BGP 문제는 프로세서가 비잔틴 행위를 할 수 있다고 가정하고 있다. 그러나 논문에 따라 비잔틴 행위의 가용 범위를 약간씩 다르게 하고 있다. 공통적인 기본 가정은 비잔틴 노드는 자신의 값(value)에 대해 거짓말을 할 수 있다는 것이다. Fail-stop 모델 또는 크래쉬 폴트(crash fault) 모델은 단순 고장으로 프로세서가 멈추는 것을 다루기 때문에, BGP 문제는 아니지만, 가장 약한 형태의 adversary 모델이라고 간주하는 것도 가능하다. 좀 더 강력한 형태의 adversary 모델은 단순히 비잔틴 노드가 단독으로 임의의 행동을 하는 것이 아니라, 서로 협력(coordination)할 수 있는 모델이라고 할 수 있다. Adversary 모델은 네트워크 모델과 인증 모델과 연관될 수 있다.

- 3) 인증(Authentication) 모델: 메시지의 전송자를 식별하는 문제와 메시지 자체에 인증이 되어 있는지를 결정짓는 모델이다. 기본적으로 모든 BGP 문제는 메시지를 보낸 프로세서를 식별할 수 있다고 가정하고 있다. 그러나, 메시지 전송자를 알 수 있다고 하여, 메시지 자체의 출처를 알 수 있는 것은 아니다. 예를 들어, B 장군이 A 장군에게 C 장군이 공격하자고 했다고 말했다면, A 장군은 B 장군이 직접 말하는 것을 들었기 때문에, "C 장군이 공격하자고 했다"라는 말을 한 것은 B 장군이라는 것은 식별할 수 있다. 그러나, "C 장군이 공격하자고 했다"라는 말 자체를 정말 C 장군이 말한 것인지는 알 수 없

다. 그러나 만약 B 장군이 A 장군에게 C 장군이 공격하자고 했던 서신을 주었고, 그 서신에는 C 장군의 서명이 포함되어 있다면, A 장군은 C 장군이 공격하자고 했던 것을 믿을 수 있을 것이다. [2]의 논문에서 OM(Oral Message) 알고리즘과 SM(Signed Message) 알고리즘이 각각 인증하지 않는 모델과 인증하는 모델을 사용한 알고리즘이다.

- 4) 프로세서 동기화 모델: 동기적이라는 의미는 네트워크뿐만 아니라 프로세서 간의 처리 속도도 포함하는 개념이다. 비동기적인 것은 네트워크나 프로세서의 동기(synchrony) 중 둘 중 하나가 맞지 않아도 발생할 수 있다. 두 경우가 모두 합의 알고리즘에 영향을 줄 수도 있으나, 프로세서의 비동기성은 크게 다루어지지 않는다. 특히 블록체인 시스템이나 일반적인 분산 시스템에서는 컴퓨팅 성능 자체에도 차이가 날 수 있으므로, 프로세서의 동기화 여부는 중요하지 않다고 말할 수 있다.
- 5) 합의 형태 모델: 초기 논문들은 IC 벡터를 구하는 것이 목적이었다. IC 벡터를 구할 수 있다면, 그 벡터에 결정론적 처리를 하는 결정(decision) 함수 또는 필터링 함수를 적용하면 모든 선한 프로세서는 합의(agreement)에 이를 수 있다. 예를 들어 시간 동기화를 통해 작업을 처리하는 분산 프로세서 set 이 있다고 가정해보자. 분산 프로세서는 시간동기화의 정확도를 향상하기 위해 일정 주기로 자신의 시각(현재 time 값)을 서로 교환한다고 해보자. 각 프로세서는 주고받은 시각 정보에 따라 자신의 시스템 시간을 재조정한다. 이때, 만약 모든 non-faulty 프로세서가 각 프로세서의 타이머 값을 담은 벡터  $V = \{time_1, time_2, \dots, time_n\}$ 를 동일하게 얻게 된다면, 특정한 결정 알고리즘(모든 값의 평균 또는 median 값 사용 등)을 사용하면 모든 non-faulty 프로세서는 같은 값으로 시스템 시간을 재조정할 수 있을 것이다. IC 모델은 각 프로세서가 의견을 조정하여 하나의 값으로 수렴해 가는 형태가 아니라, 서로의 값을 제대로 알면 올바른 결정을 내릴 수 있다는 원리에 기반한다고 할 수 있다. 몇몇 논문들은 IC



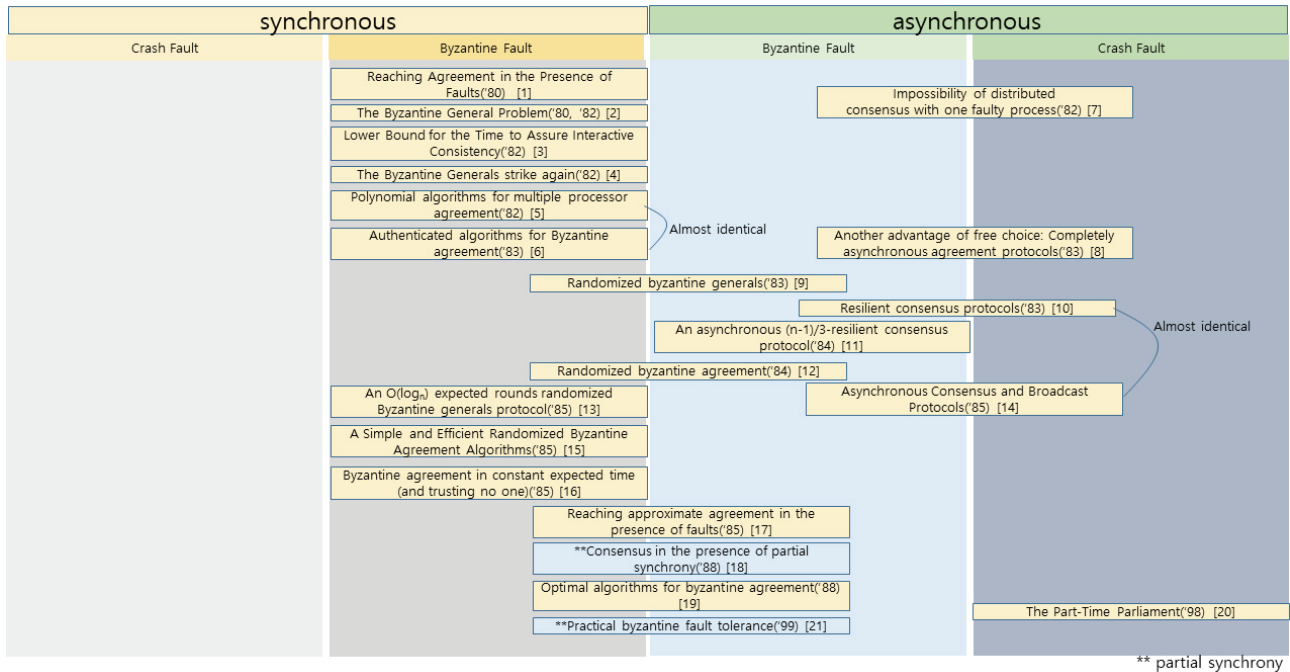
〈그림 2〉 BGP 문제의 다양한 가정

벡터를 구하기보다는 최종 합의에 도달하는 상태에 집중한다. 이런 접근에서는 각 프로세서가 초기값  $v_i$ 를 가지고 있다고 가정한다. 합의(agreement)는 그 값 중 하나를 모든 non-faulty 프로세서가 동일하게 선택하도록 한다. 따라서 이 접근에서는 합의 프로토콜이 진행되는 과정에서 자신의  $v_i$  값을 변경하고, 다시 알리게 된다. 그런 과정을 여러 번 반복하게 되면 결국 합의에 이르게 된다. 특히 프로세서들이 가지는 초기값의 범위가 binary인(즉 두 값만 가지는) 경우가 기본 유형인데, 문제를 더 좁혀  $n$ 개 중 하나의 프로세서가 자신의 값을 모든 선한 프로세서에 올바르게 전달하는 것만을 다룰 수도 있다.

〈그림 2〉는 여러 BGP에 대한 대표적 가정과 문제의 난이도를 보여준다. Adversary 모델 중 가장 강력한 모델은 노드 또는 프로세서의 컴퓨팅 파워가 상한이 없다는 가정일 것이다. 그러나, 현실적으로 매우 힘들고, 또한, 그런 가정하에서는 암호학을 사용할 수 없게 됨으로써, 합의 알고리즘의 복잡도가 증가하여 비실용적으로 되기 때문에, 거의 모든 논문에서 비잔틴 프로세서의 컴퓨팅 파워로는 암호를 깰 수 없다고 가정하고 있다.

비동기 모델은 동기 모델의 super set이고, 비잔틴 폴트는 크래쉬 폴트의 super set이므로, 비동기 비잔틴 폴트를 감내하는 알고리즘은 모든 문제를 풀 수 있다고 말할 수 있다. 그러나, 그 알고리즘이 모든 가정에 대하여 최적이라고는 할 수 없다.

〈그림 3〉은 초기의 BGP에서 PBFT에 이르기까지의 합의 문제를 다룬 주요 논문을 범주별로 요약한다. 동기 네트워크 환경에서의 크래쉬 폴트는 다른 문제에 비해 매우 쉬우므로 크게 다루어지지 않았다. 경계에 존재하는 연구는 두 가지 범주에 대한 해법을 모두 제시하는 경우이다. 다만, 부분 동기화 네트워크를 다루는 연구는 네트워크



〈그림 3〉 BGP 문제의 발전 양상

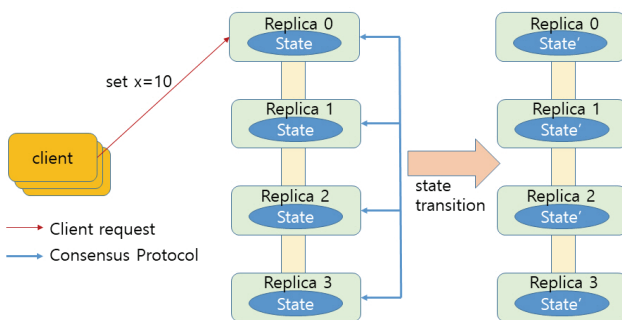
속성이 양쪽에 걸쳐 있다는 의미이다.

Paxos<sup>[20]</sup>와 PBFT<sup>[21]</sup> 이전의 합의 문제<sup>[1,19]</sup>는 순수한 합의 문제를 다루었다고 할 수 있다. 즉, 한 건의 값에 대해 합의하는 것만을 다루었다. Paxos와 PBFT는 합의 문제를 〈그림 4〉로 설명할 수 있는 응용 영역인 state machine replication에 적용하는 문제를 다루었다. 이에 따라 이제는 하나의 안전에 대해 합의하는 것이 아니라, 여러 개의 안전을 순차적으로 처리하면서 일관성(consistency)을 달성하는 것을 다루게 되었다. 순수 합의 문제를 다룰 때는 주로 알고리즘 자체가 올바르게 동작하느냐를 다루는 올바름(correctness)을 주요 목표로

삼았다면, state machine replication에 적용할 때는 시스템의 safety와 liveness를 보장하는 것을 목표로 하였다. 쉬운 말로 표현한다면, safety는 고장이 있을지라도 안전하게 트랜잭션(state를 변경시키는 명령)이 처리된다는 의미이고, liveness는 시스템이 계속 동작한다는 의미이다.

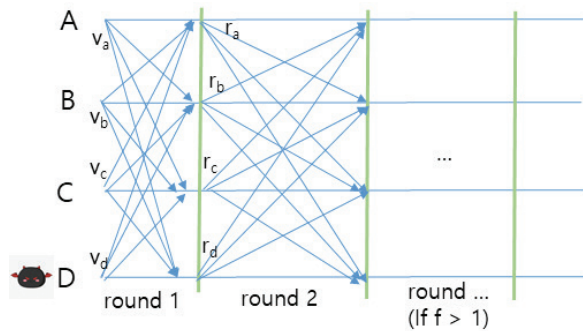
### III. 합의 문제의 발전 양상

합의 문제가 어떤 방향으로 발전해 나갔는지를 알아보기 전에 가장 기본적인 BGP에 대해 간략히 짚고 넘어가보자. 2장에서 약속한 바와 같이 BGP의 기본 유형은 동기 환경의 complete 네트워크상에서 IC 벡터를 구하는 것이 목표였다<sup>[1][2]</sup>. [1]에서는 모든 프로세서가 각자의 값을 제시하는 형태인 데 반해, [2]에서는 n개의 프로세서(장군)가 다른 프로세서가 가지고 있는 값을 얻는 과정이 결국에는 하나의 프로세서가 자신의 값을 다른 프로세서들에 올바르게 전달하는 과정으로 압축될 수 있다는 사실에 입각하여 비잔틴 장군 문제를 커맨더 장군이 그의 부하 장군에게 자신의 명령을 전달하는 문제로 정의하였다.



〈그림 4〉 State Replication Model





〈그림 5〉 합의 알고리즘 골격

원문은 다음과 같다.

Byzantine Generals Problem. A commanding general must send an order to his  $n - 1$  lieutenant generals such that

- IC1. All loyal lieutenants obey the same order.
- IC2. If the commanding general is loyal, then every loyal lieutenant obeys the order he sends.

두 문제에 대한 구체적인 해결 알고리즘은 약간 다르지만, 올바른 결정에 다다르기까지 필요한 충분한 정보를 얻기 위해 프로세서들이 자신이 알고 있는 정보를 반복적으로 교환한다는 점에서는 매우 유사하다.

〈그림 5〉는 faulty 프로세서가 1개일 때의 기본적인 알고리즘의 골격을 보여준다. 한 프로세서가 다른 프로세서에 메시지를 보내는 것을 한 라운드로 간주하고 있다.  $v$ 는 각 프로세서의 초기값을 의미하고,  $r$ 은 이전 라운드에 얻는 결괏값을 의미한다. 기본적으로 faulty 노드 수가 증가할 경우, 전체 노드의 수는 물론 라운드의 수도 그에 비례하여 증가하는 구조를 가진다. 예를 들어, 인증을 사용하지 않을 경우,  $f=1$ 일 경우,  $n=4$ , 필요한 라운드가 2인 반면,  $f=2$ 가 되면,  $n=7$ 개, 라운드는 3라운드가 필요하다.

[1]은 이론적인 바탕에서 IC 문제를 해결할 수 있는 조건을 정리하려 했는데, 내용을 요약하면 다음과 같다.

- $f$ 개의 faulty 프로세서가 있을 경우,  $n$ 은  $3f+1$  이상이어야 한다. (그렇지 않을 경우 문제 해결이 불가능하다.)
- 이때  $f+1$ 개의 라운드가 필요하다.
- 만약 인증을 사용할 수 있을 경우,  $n$ 이  $f+1$ 개 이상이면 된다.

[2]는 [1]에 비해 문제를 좀 더 확장 가능한 형태로 정리하고, Oral Message(인증이 없다는 가정)를 이용한 알고리즘(OM)과 Signed Message(인증한다는 가정)를 이용한 알고리즘(SM)을 제시하였는데, 그 결론은 다음과 같다.

- OM의 경우  $n \geq 3f+1$ 이어야만 한다.
- SM의 경우  $n \geq f+2$ 이어야 한다.

알고리즘 효율의 평가에 있어서 메시지 복잡도<sup>2)</sup>를 주로 사용하는데, [1][2]의 경우,  $O(nf)$ 으로 매우 비효율적이다. 초기 논문들에서는 메시지 복잡도는 실제 전송된 메시지의 양을 포함한 개념으로 사용되었는데, 최근의 논문들에서는 단순히 메시지 전송 횟수를 나타내는 communication complexity와 같은 개념으로 사용하기도 한다. 예를 들어 알고리즘이 프로토콜로 구현되었을 때, 하나의 프로토콜 PDU(Protocol Data Unit)에  $n$ 개의 프로세서의 정보가 포함되었다면, 전자의 기준으로는 메시지 복잡도는  $O(n)$ 이 될 수 있고, 후자의 기준으로는  $O(1)$ 이 될 수 있다. 만약 메시지 크기가 크지 않고, 노드의 네트워크 성능이 뛰어나다면, 프로토콜의 효율성을 라운드 수나 communication complexity로 가늠하는 것이 좀 더 직관적일 수 있다.

기본 BGP 이후, 많은 관련 논문들이 발표되었는데, 대략적인 방향은 다음과 같이 요약할 수 있다.

## 1. 무엇이 최적(optimal)인가?

$f$ 개의 fault를 감내하기 위한  $n$ 의 lower bound를 찾거나 라운드 수에 대한 lower bound를 찾는 이론적인 연구

2) 메시지 복잡도는 주고받은 메시지 양의 복잡도를 표현할 때 사용하는 용어이다.

분야라고 할 수 있다. 이후 알고리즘을 평가할 때 알고리즘이 최적인가를 가늠하는 잣대로 활용된다. 또한, 이론적인 해결 불가 결과(impossibility result) 연구도 이 범주의 연구로 보는 것이 좋을 듯하다.

대표적인 논문으로 [3]과 [7]을 들 수 있다. [3]에 의하면 기본 BGP의 라운드 수의 lower bound는  $f+1$ 이다. 즉 어떤 알고리즘이라도 최소한  $f+1$  라운드 이상의 메시지 교환을 하여야 IC를 달성할 수 있다. [7]은 네트워크 환경이 비동기적인 경우를 다루었는데, 하나의 fault만 있어도 유한한 라운드 내에 합의할 수 없다는 것이 증명되었다. 해결 불가 결과(impossibility result)라는 말의 의미는 합의에 이르지 못하는 결과가 생길 수 있다는 의미이지, 항상 합의를 못 한다는 말이 아님을 밝혀두고 싶다.

## 2. 알고리즘의 개선 연구

초기 연구에서는 동기 네트워크 환경에서조차도 합의 알고리즘의 메시지 복잡도는 지수적으로 매우 컸다. 따라서 합의 알고리즘을 개선하여 메시지 복잡도를 줄이려는 여러 시도가 있었다. 예를 들어, [5]에서는 polynomial 시간을 가지는 알고리즘을 제시하고 있다. 이 논문에 따르면, 인증을 사용할 경우,  $f+1$  라운드를 가지는 알고리즘의 경우 메시지 복잡도가  $O(n^2)$ 이고,  $f+2$  라운드를 가지는 알고리즘의 경우 메시지 복잡도가  $O(nf)$ 이다. 이 결과는 [6]에서도 같다. 인증을 사용하지 않을 경우에는  $4f+4$ 의 라운드를 이용하여  $O(n^5)$ 의 메시지 복잡도를 달성한다.

만약 네트워크가 비동기적이라면 합의가 불가하다는 이론으로 말미암아, 그 한계를 확률적 접근을 통해 해결하려는 논문들이 등장하였다. 확률적 해결을 위한 노력에서도 많은 논문이 여러 제약에 기반(예를 들어  $n > 10f$ )하여 상수 시간 내에 합의할 수 있는 알고리즘을 만들기 위해 노력하였다. 확률적 해결 방안이 연구되면서 이진값(binary value)에 대해 합의하는 비잔틴 합의 알고리즘이 좀 더 공식적으로 정의되기 시작하였다.

## 3. 실용적인 알고리즘 연구

네트워크 모델을 동기 환경을 사용하는 것은 인터넷 환경은 물론 엔터프라이즈 네트워크 환경에서도 현실적인

모델이라고 할 수 없다. 실용적인 알고리즘이라고 함은 실제 응용 서비스에 활용될 수 있는 알고리즘이라고 표현할 수 있을 것이다. 특히, 이것이 가능하려면 일반적인 제약 조건을 가정한 상황에서, 매우 크지 않은 복잡도(최소한 polynomial 복잡도)를 가진 알고리즘이어야 할 것이다. 예를 들어 부분 동기 환경에서의 합의 알고리즘 연구<sup>[18]</sup>나 state machine replication을 염두에 둔 Paxos<sup>[20]</sup>나 PBFT<sup>[21]</sup>를 이 범주로 볼 수 있을 것이다.

## IV. 합의 알고리즘에 대한 정리

### 1. 입증된 이론

여러 논문에 의해 입증된 이론은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 동기화 네트워크 기반의 기본 BGP를 해결하기 위해서는  $n$ 은  $3f+1$  이상이어야 한다<sup>[1]</sup>. 만약 인증을 사용할 경우  $n$ 이  $f+1$  이상이면 된다.
- 기본 BGP 알고리즘의 라운드 수의 lower bound는  $f+1$ 이다<sup>[3][6]</sup>.
- 비동기 환경에서의 합의 문제는 하나의 프로세서 고장(fail-stop/비잔틴 폴트)만으로도 해결 불가 결과가 생길 수 있다<sup>[7]</sup>.
- 확률적 접근을 한다면 FLP impossibility<sup>[7]</sup>를 회피할 수 있다<sup>[8]</sup>. 즉, 1의 확률로 언젠가는 합의에 도달할 수 있다.
- 확률적 접근을 통하면, 비동기 환경에서 fail-stop의 경우  $n \geq 2f+1$ 인 경우 1의 확률로 합의에 도달할 수 있고, 비잔틴 폴트 경우  $n \geq 3f+1$ 이면 1의 확률로 합의에 도달할 수 있다<sup>[14]</sup>.
- 확률적 접근에서  $n$ 이  $f$ 보다 상당히 크다면(예: 5 배, 2 자승) 기대(expected) 라운드 수를 상당히 줄일 수 있다<sup>[8][13][15]</sup>.
- 부분 동기 네트워크인 경우, 합의에 필요한  $n$ 의 최소 개수는, fail-stop/인증 사용 비잔틴 폴트/인증 미사용 비잔틴 폴트의 경우에 각각  $2f+1/3f+1/3f+1$ 이다<sup>[18]</sup>.

## 2. 동기 vs 비동기

합의 알고리즘에 있어서 효율성을 따질 때,  $f$ 개의 fault를 감내하기 위해서는 최소한 몇 개의  $n$ 이 필요한가( $n$ 의 lower bound)와 합의에 도달하기까지 최소한 몇 번의 라운드가 필요한가(라운드 수의 lower bound)를 고려해 볼 수 있다.

비동기 여부는  $n$ 의 lower bound와 라운드 수의 lower bound 둘에 모두 영향을 줄 수 있다. 먼저 라운드 수의 lower bound는 네트워크가 동기적일 경우에는 고장의 종류와 관계없이 최소  $f+1$ 개의 라운드가 필요하다. 그러나 비동기인 경우에는 lower bound가 없다. 즉, 라운드를 무한히 반복해도 합의에 이르지 못할 수 있다. 이런 이유로 이 문제를 해결하기 위해 확률적 알고리즘이 등장하였다. 확률적 알고리즘은 본질적으로는 이진값에 대한 합의 문제에 적용될 수 있지만, multi-value인 경우 이터라도, 먼저 이 문제를 이진값 문제로 reduction할 수 있으므로, 모든 문제에 적용하는 것이 가능하다. 기본적인 아이디어는 0으로 합의 할지, 1로 합의할지 결정하기 힘든 상황에서는 0과 1의 값을 무작위로 출력하는 랜덤 코인(random coin)을 던져 그 값을 결정하는 것이다. 확률적 알고리즘은 크게 두 가지 접근을 가질 수 있다. Common(혹은 Global) 코인을 사용하는 방법과 local 코인을 사용하는 방법이다. Common 코인을 사용하게 되면 모든 프로세서가 합의 프로토콜의 같은 단계에서 랜덤 코인을 던지게 되면 모두 같은 값을 얻게 된다. 이런 속성으로 인해 메시지 라운드를 특정 조건에서 상수로 고정할 수 있도록 한다. 문제는 common 코인을 어떻게 생성할 수 있느냐인데, 이를 위해 초기 논문들에서는 외부의 trusted entity가 그 일을 할 수 있다는 가정을 한다. 이런 가정은 비현실적으로 간주될 수 있다. 반면 local 코인을 던지는 경우는 모든 프로세서가 독립적으로 자신의 코인을 던지는 방식이다. 각 프로세서의 값이 다시 0과 1로 갈라질 수 있으므로, 합의에 이르는 단계가 늘어나게 된다. 만약 이때,  $n$ 과  $f$ 의 관계에 있어서,  $n$ 이  $f$ 보다 현저하게 클 경우 기대 라운드의 수를 polynomial 하게 바꿀 수 있다.

비동기 네트워크 환경에서 합의 프로토콜이 동작하게

할 수 있는 또 하나의 방법은 부분 동기 가정을 하는 것이다. 부분 동기 가정의 핵심은 어느 시점에서는 모든 프로세서의 메시지가 미리 알려진 시간 내에 도착한다는 가정이다. 이 말이 암시하는 바는 라운드를 계속 반복하다 보면, 언젠가는 합의에 도달하게 된다는 것이다. Paxos나 PBFT는 이런 가정하에 프로토콜이 종료(termination)할 수 있도록 가정하고 있다.

비동기 여부는  $n$ 의 lower bound에도 영향을 줄 수 있다. 합의하기 위해서는 다른 프로세서가 보낸 값을 확인해야 하는데, 값이 오지 않을 수 있으므로,  $n$ 개의 값을 모두 기다릴 수는 없다.  $f$ 개의 fault를 감내한다고 했으므로,  $n - f$ 개의 값을 이용하여 어떤 결정을 내려야 한다. 그런데, 이때  $f$ 개가 실제 faulty node가 아니라 단순히 응답이 느린 경우를 포함할 수도 있으므로, 크래쉬 폴트의 경우  $n - 2f \geq 1$  이어야 한다는 조건이 만들어지고, 비잔틴 폴트의 경우  $n - 2f \geq f + 1$ 이어야 한다는 조건이 만들어진다. 따라서, 비동기 네트워크 가정에서는 크래쉬 폴트 및 비잔틴 폴트에 대해  $n$ 의 lower bound가 각각  $2f + 1$ ,  $3f + 1$ 이다.

## 3. 크래쉬 폴트 vs 비잔틴 폴트

크래쉬 폴트는 만약 네트워크 환경이 동기적이라면 매우 사소한 문제이다.  $f$ 개의 fault를 감내하기 위해서는  $n$ 이  $f + 1$ 개가 있으면 충분하다. 라운드의 경우, 2번의 라운드로 모든 문제가 해결될 수 있다. 비잔틴 폴트를 다루기 위해서는  $n$ 은  $3f + 1$  이상이어야 하고, 최소한  $f + 1$  이상의 메시지 송수신 라운드를 거쳐야 합의에 이를 수 있다.  $f + 1$  라운드가 암시하는 바는 거짓말하는 하나의 노드를 걸러내기 위해서는 하나의 라운드가 필요하고, 메시지 복잡도는 지수적이라는 의미이다. 인증을 사용하게 되면  $n$ 의 lower bound를 줄일 수 있다.

비동기 네트워크 환경에서는 FLP impossibility result에 의해 하나의 크래쉬 폴트만으로도 합의가 무한히 지연되는 결과가 나올 수 있으므로 비동기 환경에서의 크래쉬 폴트를 다루는 합의 알고리즘에 관한 연구가 있다. 이 경우에 어떤 접근을 하든 간에  $n$ 의 lower bound는  $2f + 1$ 이 된다.



#### 4. 인증 사용 vs 인증 미사용

인증의 사용 여부는 동기 환경에서의 비잔틴 폴트를 다룰 때 주로 언급된다. 인증을 사용하게 되면 비잔틴 행위의 범위를 매우 좁게 한정할 수 있게 된다. 즉 비잔틴 노드(혹은 프로세서)는 자신의 값에 대해서만 거짓말을 할 수 있고, 다른 노드의 값을 조작할 수는 없게 되어, 다른 노드의 값을 전달(relay)해야 할 경우, 그 값을 지연시키거나, 누락시키는 행동밖에 할 수 없다. 이로 인해 [2]의 SM 알고리즘에 의하면  $n$ 의 lower bound가  $f+2$ 로 향상될 수 있다. 인증을 할 수 있다고 해서 문제가 크래쉬 폴트로 축약(reduction)되지는 않는다. 비잔틴 노드는 여전히 자신의 값에 대해서는 거짓말을 할 수 있기 때문이다.

#### 5. Consensus/Agreement/Broadcast

논문에 따라 consensus와 agreement가 다르게 정의되어 사용되고 있다. 용어에 대한 표준이 있는 것이 아니므로, 용어 자체가 아닌 내용과 문맥으로 그 말의 의미를 파악하는 것이 좋을 것 같다. 다만, atomic broadcast 또는 broadcast라는 말은 대략 같은 문맥으로 사용된다고 할 수 있다. broadcast라는 말이 나타내듯이 이 용어는 하나의 프로세서가 자신의 값을 다른 노드들에 안전하게 전달하는 형태의 합의를 의미한다. Atomic broadcast는 각 프로세서가 가진 값 중 하나의 값을 선택하는 합의 문제에서 하나의 sub protocol로 이용되기도 한다. 왜냐하면, 각 프로세서가 가진 값 중 하나의 값을 선택하는 문제는 각 프로세서가 자신의 값을 다른 프로세서에 잘 알리는 단계를 필요로 할 수 있기 때문이다.

### V. 합의 알고리즘의 블록체인 적용 예

#### 1. Hyperledger fabric

Hyperledger fabric<sup>[25]</sup>은 엔터프라이즈에서 사용할 수 있는 대표적인 허가형 블록체인 시스템이다. Hyperledger fabric에서는 일명 ordering 서비스라 불리는 기능에 의해 트랜잭션들이 순차적으로 처리되는데, 이때 합의 프로토콜이 사용된다. 초기 버전에서는 합의 프로토콜로 PBFT 프로토콜을 사용하였다. PBFT 프로

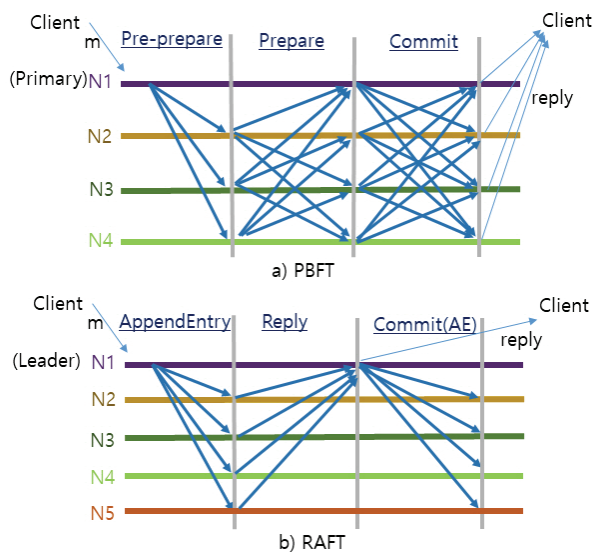
토콜은 communication complexity<sup>3)</sup>가  $O(n^2)$ 으로, 합의에 참여하는 orderer 노드가 증가하게 될 경우 성능이 현저하게 저하되는 문제가 있다. 현재(2022년 11월) 버전 2.4에서는 CFT(Crash Fault Tolerant) 합의 프로토콜인 RAFT<sup>[24]</sup>를 사용한다. 비잔틴 폴트에 대처할 수 없지만, 신뢰 되는 환경에서 운용되는 허가형 블록체인으로 CFT 프로토콜을 적용하는 것도 가능한 접근이라고 할 수 있다. <그림 6>은 PBFT와 RAFT를 보여준다. RAFT의 프로토콜 메시지 중 Commit은 별도의 명령어로 존재하지 않고 다음 AppendEntry 명령에 포함된다. PBFT와 RAFT는 모두 부분 동기를 가정하고 있다. PBFT는 비잔틴 노드가 있다는 가정을 하고 있으므로, 전체 노드의 수는  $3f+1$  이상이어야 한다. RAFT는 모두 신뢰할 수 있는 노드로 구성되므로  $2f+1$  이상이면 충분하고 메시지 복잡도는  $O(n)$ 이다. Client의 요청 처리 후, 결과를 확인하는 과정에서도 PBFT는  $f+1$ 개의 동일한 reply가 필요한 반면, RAFT의 경우에는 리더 노드로부터 응답을 받는 것으로 충분하다. 두 방식 모두 liveness를 보장하기 위해 primary 노드 또는 리더 노드의 문제가 의심되면 노드를 교체한다.

#### 2. Algorand

알고랜드<sup>[23]</sup>는 지분 증명(PoS: Proof of Stake) 스킴을 적용한 퍼블릭 블록체인이다. 최근에 등장하는 블록체인은 에너지 낭비 문제와 성능 문제가 심각한 작업 증명 방식 대신 지분 증명 방식을 사용한다. 지분 증명 방식에서는 블록을 생산하는 과정에 참여하는 자격을 사용자의 지분에 비례하여 부여한다. 자신의 지분을 이용하여 블록 생성에 참여하고자 하는 자를 보통 참여자(participant) 또는 검증인 validator)이라고 부른다. 일반적으로 블록의 생산은 전체 검증인 중 무작위로 선출된 위원회(의장과 위원)의 합의에 의해 이루어진다.

알고랜드의 위원회는 소위 BA\* 프로토콜<sup>[23]</sup>에 의해 블록을 합의한다. BA\* 프로토콜은 두 개의 단계로 이루어

3) 프로토콜 메시지의 크기는 고려하지 않고 노드 간 주고 받은 개별 메시지의 수로 계산.



〈그림 6〉 PBFT vs RAFT

진다. 첫 번째 단계는 여러 후보 블록 중에 합의를 진행할 단 하나의 블록을 선택하는 과정이고, 두 번째 단계는 선택된 하나의 블록에 대해 실제 합의를 하는 단계이다. 각 단계는 다시 여러 개의 step으로 구성되는데, 여기서 step은 전술한 알고리즘에서의 라운드와 유사하다. 알고랜드 합의 프로토콜의 핵심은 두 번째 단계에 있다고 할 수 있는데, 이는 전술한 프로토콜 중 비동기 네트워크에서 동작하는 확률 기반의 이진 합의(binary agreement) 프로토콜<sup>[8][9][12]</sup>의 동작 방식의 변형이라고 할 수 있다. 알고랜드의 경우 확률적으로 동시에 여러 개의 블록이 제안될 수 있기 때문에, 첫 번째 단계를 통해 먼저 하나의 블록을 선택하는 필터링을 수행하고, 그다음 이미 많이 연구된 이진 합의 프로토콜을 변형하여 적용한 것으로 이해할 수 있다. 블록에 대한 합의는 제안된 블록에 대해 투표권을 가진 검증인이 투표를 하는 방식이고, 검증인의 투표는 네트워크의 모든 노드에 전파되는 형태이기 때문에 communication complexity는  $O(n^2)$ 이라고 할 수 있다. 그러나 네트워크 연결이 p2p 방식이므로, 전송하는 노드 처지에서 보면 자신과 연결된 peer 수만큼 메시지를 전송한다.

### 3. Ethereum 2.0 (Beacon Chain)

이더리움 2.0<sup>[22]</sup>의 consensus layer로 불리는 비콘 체

인은 지분 증명 방식의 퍼블릭 블록체인이다. 사용자는 일정 금액의 코인을 스테이킹함으로써 검증인 자격을 획득할 수 있다. Epoch 단위로 블록을 생산할 위원회를 랜덤 셔플링을 통해 선출하고, 각 위원회가 epoch 내의 특정 슬롯에 대한 블록을 담당한다. 위원회가 블록을 합의하는 방식은 일명 Gasper<sup>[26]</sup> 프로토콜을 사용한다. 알고랜드의 BA\* 프로토콜은 블록 단위로 최종성을 보장하는 프로토콜인 반면 Gasper는 그러하지 않다. 따라서, 알고랜드는 fork가 없다. 정확하게는 확률적으로 거의 불가능하다.

비콘 체인은 포크가 생길 수 있다. 그러나 합의 프로토콜의 복잡도 측면에서 Gasper가 합의에 필요한 라운드 수가 훨씬 적다.

비콘 체인에서는 각 슬롯별로 단 하나의 블록 제안자가 있지만, 비동기 네트워크를 감안하면, 블록이 늦게 전달되거나 유실될 수 있고, 네트워크 단절도 발생할 수 있다. 또한, 비잔틴 노드가 블록을 임의로 만드는 등의 악의적인 행동을 할 수 있으므로 fork가 발생할 수 있다.

비콘 체인에서 블록이 제안되면 검증인은 일명 attestation을 통해 해당 블록에 대해 지지 투표를 하고, fork가 발생하면 attestation의 수를 weight로 환산하여 가장 무거운 체인을 정규 체인으로 선택하는 정책을 사용한다. 그러나 어느 시점에서도 블록체인의 최종성을 보장할 수 없다면 블록체인을 사용하는 사용자나 애플리케이션 입장, 또는 샤딩 적용을 고려하면 문제가 될 수 있다. 비콘 체인에서는 이 문제를 해결하기 위해 epoch 단위로 정규 체인을 최종화한다. 이때 Casper FFG<sup>[27]</sup>와 거의 동일한 프로토콜이 사용된다. 정규 체인에 대한 최종 합의는 justification과 finalization의 두 단계에 의해 이루어지는데, 이는 기존 BFT 프로토콜의 두 라운드(예: PBFT의 prepare와 commit)와 매우 유사한 문맥으로 동작한다.

## VI. 결론

퍼블릭 블록체인의 대두는 탈중앙화를 실용적인 시스템에 적용하게 되는 대변혁을 가져왔지만, 낮은 TPS와 최종성 보장 불가라는 한계를 가졌다. 이러한 한계를 극

복하고자 큰 노력이 이루어졌는데, 특히 새로운 합의 알고리즘을 통해 이 문제를 극복하려 하였다. 이 과정에서 전통적 합의 알고리즘들이 재조명받게 되었다.

본 고에서는 전통적 합의 알고리즘의 시발점이라고 할 수 있는 BGP에 관한 학술적 연구가 어떻게 전개되었는지를 다양한 관점에서 살펴보고, 대표적인 블록체인 시스템에 BFT 합의 프로토콜이 어떻게 적용되었는지 살펴 보았다.

## 사사

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021-0-00118, 대규모 노드를 위한 탈중앙화 합의체 구성 기술 개발)

## 참고 문헌

- [1] M. Pease, R. Shostak, and L. Lamport, Reaching agreement in the presence of faults, J. ACM 27, 2, pp. 228–234, Apr. 1980.
- [2] L. Lamport, R. Shostak, and M. Pease, The Byzantine Generals problem, ACM Transactions on Programming Languages and Systems, vol. 4, no. 3, pp. 382–401, July 1982.
- [3] N. Lynch, M. Fischer, A lower bound for the time to assure interactive consistency, Inf. Proc. Letters, Vol. 4, pp. 183–186, 1982.
- [4] D. Dolev, The Byzantine generals strike again, J. Algorithms, 3, pp. 14–30, 1982.
- [5] D. Dolev, Polynomial algorithms for multiple processor agreement, Proc. 14th Annual ACM Symposium on Theory of Computing, San Francisco, CalifD.
- [6] Dolev and H. R. Strong, Authenticated algorithms for Byzantine Agreement, SIAM J. Comput., vol. 12, no. 4, pp. 656–666, Nov. 1983.
- [7] Fischer, M., Lynch, N., and Paterson, M., Impossibility of distributed consensus with one faulty process, Journal of the Association for Computing Machinery, Vol. 32, No. 2, pp. 374–382, April 1985.
- [8] M. Ben-Or, Another advantage of free choice: Completely asynchronous agreement protocols, Proc. 2nd Symposium on the Principles of Distributed Computing, Montreal, Canada, pp. 27–30, Aug. 1983.
- [9] M. Rabin, Randomized Byzantine generals, Proc. 4th Symposium on Foundations of Computer Science, Tucson, Arizona, pp. 403–409, Nov. 1983.
- [10] G. Bracha and S. Toueg, Resilient consensus protocols, Proc. 2nd Symposium on the Principles of Distributed Computing, Montreal, Canada, pp. 12–26, Aug. 1983.
- [11] G. Bracha, An asynchronous  $(n - 1) / 3$  J-resilient consensus protocol, Proc. 3rd Symposium on the Principles of Distributed Computing, Vancouver, Canada, Aug. 1984.
- [12] M. Rabin, Randomized Byzantine Generals, Proceeding 24th Symposium on Foundation a of Computer Science, Tuscan, Arizona, pp. 403–409, Nov. 1983.
- [13] G. Bracha, An  $O(\log n)$  Expected Rounds Randomized Byzantine Generals Protocol, 1985 STOC.
- [14] Bracha, G., and Toueg, S. Asynchronous consensus and broadcast protocols, J. ACM 32, 4, pp. 824–840, Oct. 1985.
- [15] N. Lynch, M. Fischer, and R. Fowler, A simple and efficient Byzantine Generals algorithm, Proc. Second IEEE Symposium on Reliability in Distributed Software and Data Base Systems, Pittsburgh, Pennsylvania, pp. 46–52, 1982.
- [16] P. Feldman and S. Micali, Byzantine Agreement in Constant Expected Time, 1985 FOCS.
- [17] Dolev, D., Lynch, N. A., Pinter, S. S., Stark, E. W., and Weihl, W. E. Reaching approximate agreement in the presence of faults, J. ACM 33, 3, pp. 499–516, July, 1986.
- [18] Cynthia Dwork, Nancy Lynch, Larry Stockmeyer, Consensus in the presence of partial synchrony, Journal of the ACM, Volume 35 Issue 2, pp. 288–323, April 1988.
- [19] Paul Fedlman, Silvio Micali, Optimal algorithms for Byzantine agreement, STOC '88: Proceedings of the twentieth annual ACM symposium on Theory of computing, pp. 148–161, Jan., 1988.
- [20] Leslie Lamport, The part-time parliament, ACM Transactions





on Computer Systems, 16(2), pp. 133–169, May 1998.

- [21] M. Castro, B. Liskov, et al. Practical byzantine fault tolerance. In OSDI, volume 99, pp. 173–186, 1999.
- [22] Ethereum, Ethereum Proof-of-Stake Consensus Specifications, Retrieved Sep., 1, 2022, from <https://github.com/ethereum/consensus-specs>.
- [23] Y. Gilad, R. Hemo, S. Micali, G. Vlachos, and N. Zeldovich, “Algorand: Scaling byzantine agreements for cryptocurrencies,” in Proceedings of the 26th Symposium on Operating Systems Principles, ACM, pp. 51–68., 2017.
- [24] D. Ongaro and J. Ousterhout, “In search of an understandable consensus algorithm,” in 2014 USENIX Annual Technical Conference (USENIX ATC 14), pp. 305–319., 2014.
- [25] Hyperledger fabric, <https://www.hyperledger.org/use/fabric>, Retrieved Nov., 1, 2022.
- [26] Vitalik Buterin, Diego Hernandez, Thor Kamphofner, Khiem Pham, Zhi Qiao, Danny Ryan, Juhyeok Sin, Ying Wang, and Yan X Zhang, “Combining GHOST and Casper”, from: arXiv:2003.03052, 2020. url: <https://arxiv.org/abs/2003.03052>.
- [27] Vitalik Buterin and Virgil Griffith, “Casper the Friendly Finality Gadget”, from: arXiv:1710.09437, 2019, url: <https://arxiv.org/abs/1710.09437>.



임종철

- 1997년 2월 서울시립대학교 전산통계학과 학사
- 2000년 2월 서울시립대학교 전산통계학과 석사
- 2022년 현재 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 2000년 10월 ~ 현재 한국전자통신연구원 근무

〈관심 분야〉

Pervasive Computing, 이동통신 네트워크, 미래 인터넷, 블록체인, 분산 시스템, 합의 알고리즘 등



오진태

- 1990년 2월 경북대학교 전자공학 학사
- 1992년 2월 경북대학교 전자공학 석사
- 2011년 2월 충남대학교 컴퓨터공학 박사
- 1992년 3월 ~ 1998년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1998년 2월 ~ 2003년 1월 Winnow Tech. 공동창업 CTO 부사장 등 미국벤처 3회
- 2003년 3월 ~ 현재 한국전자통신연구원 책임연구원
- 2005년 3월 ~ 2009년 3월 한국전자통신연구원 보안게이트웨이연구팀 팀장
- 2013년 3월 ~ 2014년 1월 한국전자통신연구원 창의서비스연구실 실장
- 2014년 1월 ~ 2016년 1월 한국전자통신연구원 미래기술연구부 부장
- 2020년 9월 ~ 2022년 5월 한국전자통신연구원 블록체인연구실 실장

〈관심 분야〉

블록체인 분산합의, 네트워크 보안, 고속하드웨어 설계

# 영지식 증명 이해와 블록체인 활용

## I. 서론

블록체인은 기존 중앙 관리 시스템에서 벗어나 P2P(Peer to Peer) 네트워크를 통해 데이터를 관리하며 연결된 다수의 컴퓨터에 분산 저장 및 보관 하는 기술이다. 이러한 네트워크 구조 속에서 내부적으로 해시 함수, 서명 등의 암호화 기술과 분산 처리 기술을 결합하여 높은 보안성을 확보하였다. 더불어 데이터의 투명성을 지원함과 동시에 데이터에 대한 위·변조가 어려워 원본 데이터의 무결성 증명이 필요한 환경에서 사용될 수 있다. 현재 블록체인 기술은 새로운 신뢰 사회 구현을 위한 공개 보드(Public Bulletin Board)를 실현하는 원천 기술로 분산 애플리케이션(DApp), 디지털 자산 거래, 분산 신원 증명(DID) 등 다양한 영역에서 활용 중이다.

블록체인 기술은 혁신적인 기술로 많은 장점을 가지고 있지만 반대로 높은 데이터의 무결성을 위해 공공연하게 데이터가 보이는 투명한 구조로 인하여 프라이버시 문제가 존재한다. 단순한 해결 방안은 데이터를 암호화하여 블록체인 내 암호문을 저장하는 방식이 있다. 그러나, 이는 암호문을 복호화를 할 수 없는 공공의 입장에서 '원본 데이터의 유효성 검증 불가'라는 또 다른 문제를 야기한다. 즉 프라이버시와 유효성 검증 사이의 대립 문제는 블록체인 사회에서 해결해야 하는 문제로 대두되었다. 다양한 연구팀들은 믹싱, 링 서명, 동형 암호, 영지식 증명 등 암호 기술을 활용하여 프라이버시 문제 해결을 시도하였다. 이 중 영지식 증명 기술은 다양한 연구팀들과 블록체인 커뮤니티에서 상기 문제의 적절한 해결책으로 주목받고 있다.

영지식 증명(Zero-knowledge proof, ZKP) 기술은 비밀 정보를 드러내지 않고 증명하고자 하는 사실을 증명할 수 있는 기술이다. 이를 통해 블록체인의 프라이버시와 유효성 검증 대립 문제를 해결 가능하



정 권 호  
한양대학교



오 동 환  
한양대학교



오 현 옥  
한양대학교

다. 사용자는 원본 데이터를 암호화하여 생성된 암호문과 암호문이 올바르게 생성되었다는 사실에 대한 영지식 증명을 블록체인에 같이 저장한다. 추후 저장된 영지식 증명으로 공개 검증이 가능함과 동시에 암호문을 통해 프라이버시 보호까지 만족한다. 다양한 영지식 증명 기술들이 설계되어 있으며 사용하고자 하는 목적에 맞게 활용 가능하다. 프라이버시 보호가 필수적으로 필요한 분산 신원 증명, 금융 거래, 투표 등의 애플리케이션들은 영지식 증명의 사용이 필수불가결하다. 블록체인을 응용하여 애플리케이션을 개발하고자 하는 이는 암호학 전문가가 아니더라도 현재 널리 사용되는 영지식 증명 기술의 이해가 필요하다. 본 논문에서는 영지식 증명 기술이 무엇인지, 현재 영지식 증명 기술의 최신 동향, 그리고 영지식 증명을 활용한 응용들에 대해서 설명하고자 한다.

## II. 영지식 증명

영지식 증명 (Zero-Knowledge Proof, ZKP)은 Shafira Goldwasser, Silvio Micali, Charles Weill Rackoff가 1989년 SIAM journal on Computing에서 처음 제시한 암호 이론이다<sup>[19]</sup>. 영지식 증명이란 어떠한 명제(Statement)를 증명할 때, 증명하고자 하는 명제의 참·거짓 여부를 제외하고 어떠한 정보도 노출하지 않고 사실을 안다는 것을 입증하는 기술이다. 예를 들어, 영지식 증명을 이용하여 증명자의 나이가 19세 이상임을 증명할 경우 ‘나이’라는 증명자의 정보가 노출되지 않으면서 명제 ‘19세 이상’의 참·거짓 여부를 판단 가능하다. 엄밀하게 말하자면, 임의의 관계  $R$ (Relation)에 대한 입력(instance)와 비밀정보(witness)가 해당 입력이 관계  $R$ 에 속하는 비밀정보를 가진다는 명제를 만족하는 영지식 증명은 증명자(Prover)와 검증자(Verifier) 사이에서 다음의 세 가지 특성을 만족해야 한다.

- 완전성(Completeness) : 어떤 명제에 대한 유효한 입력과 비밀정보를 가진 정직한 증명자는 항상 검증자를 납득시킨다.
- 건실성(Soundness) : 어떤 명제가 거짓이라면, 어떠한 증명자라도 정직한 검증자를 납득시킬 확률은

거의 존재하지 않는다.

- 영지식성(Zero-Knowledge) : 어떤 명제가 참이고 증명자가 올바르게 프로토콜을 수행했다면, 검증자는 영지식 증명을 통해서 문장의 참·거짓 여부 외에 어떠한 정보도 얻을 수 없다.

또한 영지식 증명은 대화형(Interactive)과 비대화형(Non-interactive)으로 분류할 수 있다. 대화형 영지식 증명은 초기 영지식 프로토콜에서 사용했으며 명제의 유효성을 확인하려면 증명자와 검증자 간의 상호작용이 필요하다. 대화형 영지식 증명은 두 당사자가 반복적으로 상호 작용할 수 있어야 하기 때문에 유용성이 제한적이다. 이 문제를 해결하기 위해 Manuel Blum, Paul Feldman, Silvio Micali는 증명자와 검증자가 공유 키를 갖는 최초의 비대화형 영지식 증명을 제안했다<sup>[20]</sup>. 대화형 증명과 달리 비대화형 증명은 증명자와 검증자 간에 단 한 번의 통신만 필요하며, 증명자는 입력과 비밀 정보를 가지고 증명을 생성한다. 이후 생성된 증명값을 검증자에게 전달하여 검증자는 입력값과 증명값만을 가지고 검증 알고리즘을 실행한다. 이와 같은 비대화형 증명 방식은 상호작용 비용을 줄여 대화형 방식 보다 효율적이며, zk-SNARK(Zero-Knowledge Succinct Non-Interactive Argument of Knowledge)와 zk-STARK(Zero-Knowledge Scalable Transparent Argument of Knowledge) 등 기술로 발전하였다.

zk-SNARK는 간결한 비상호적 영지식 증명을 뜻하며 일반적인 영지식 증명 프로토콜에서 ‘간결성(Succinctness)’와 ‘비대화형(Non-interactive)’의 조건이 추가된 영지식 증명이다. 간결성은 간단하게, 증명 알고리즘을 통해 생성된 증명의 크기가 물리적으로 작음(로그 크기의 증명 크기 및 검증 시간)을 의미한다. 증명의 크기가 관계  $R$ 의 복잡도와 관계없이 상수로 고정되거나 선형 이하의 크기를 가진다면 검증자는 증명 시간과 비교하여 매우 빠르게 검증을 할 수 있다는 이점을 가진다. 즉, 증명 검증에 필요한 시간이 실제 수행에 비해서 더 빠르기 때문에 검증자의 계산량이 작아진다. zk-STARK는 ‘확장성(Scalable)’과 ‘투명성(Transparent)’을 제외하고 zk-SNARK와 동일하다. 확장성의 의미는 비밀정보가



〈표 1〉 프론트엔드 · 백엔드 기술 프레임워크 현황

| 프론트엔드<br>(Front-ends)                                                                                                                                                                                                                                                       | 백엔드<br>(Back-Ends)                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• ZoKrates</li> <li>• SnarkyJS</li> <li>• Circom</li> <li>• Noir</li> <li>• zkEVM</li> <li>• RISC Zero</li> <li>• Cairo</li> <li>• Leo</li> <li>• pilcom/pil-stark</li> <li>• Zinc</li> <li>• libsnark</li> <li>• Vamp-IR</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Libsnark</li> <li>• Halo 2</li> <li>• libSTARK</li> <li>• Barretenberg</li> <li>• Nova</li> <li>• Jellyfish</li> <li>• Bulletproofs</li> <li>• Spartan</li> <li>• Bellman</li> <li>• ZK Garage</li> <li>• gnark</li> <li>• Miden</li> <li>• Artworks</li> </ul> |

큰 상황에서는 zk-SNARK보다 증명 생성 및 검증이 빠르다는 의미를 가지며, zk-SNARK보다 비밀정보 크기에 따라 증명 및 검증 시간의 변화가 크지 않은 것을 주장한다. 투명성은 신뢰 가정(Trusted Setup)이 아닌 공개적인 난수들을 통해서 증명 및 검증 알고리즘을 위한 공개 매개변수를 생성함을 의미한다. 그러나, zk-STARK는 zk-SNARK와 비교하여 매우 큰 증명 크기를 갖는다는 단점을 지닌다. 영지식 증명의 과정은 주어진 함수에 대해 산술 회로(Arithmetic Circuit)를 만드는 프론트엔드(Front-end)와 산술 회로식을 기반으로 증명을 생성하는 백엔드(Back-end)로 나눌 수 있다. 우선, 프론트엔드는 연산 과정에 대한 코드를 덧셈과 곱셈으로 표현되는 산술식으로 변환한 뒤 덧셈, 곱셈 두 개의 게이트들로 구성된 산술 회로식을 생성한다. 이후 프론트엔드를 통해 생성된 산술 회로에 대해 영지식 증명을 생성하는 과정을 백엔드로 지칭한다. 현존하는 프론트엔드와 백엔드 기술을 코드로 구현하여 사용할 수 있는 프레임워크들은 아래 〈표 1〉과 같다.

영지식 증명 기술을 응용하는 입장에서는 다양한 프론트엔드와 백엔드 프레임워크 중 현재 개발하고 있는 프로그래밍 언어, 호환성, 증명 속도, 증명 크기 등을 고려해야 한다.

### III. 영지식 증명 기법 동향

#### 1. QAP (Quadratic Arithmetic Program) 기반 영지식 증명

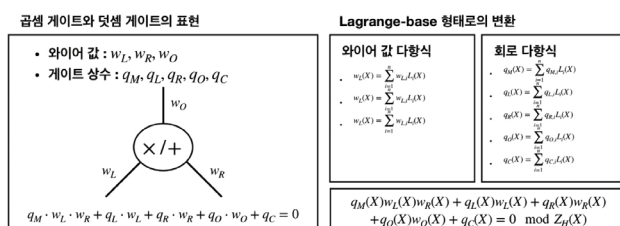
QAP 표현식은 각각의 회로식을 하나의 곱셈으로 표현한다. 즉, 곱셈 게이트의 2개의 입력과 1개의 출력에 대하여 각 부분을 다항식으로 압축가능하다. 3개의 다항식은 각 곱셈 게이트에 대한 입 · 출력값을 담고 있다. 3개의 다항식을  $A(x)$ ,  $B(x)$ ,  $C(x)$  표현하면 아래와 같이 기술할 수 있다.

$$A(x) \times B(x) - C(x) = H(x) \times Z(x)$$

$Z(x)$ 는 게이트의 모든 값들에 대하여 0을 반환하는 다항식을 의미한다. 위 다항식들에 대한 증명을 통해 QAP 기반 영지식 증명 기법들이 설계된다. QAP 기반 영지식 증명은 증명하고자 하는 계산 과정과 연관된 연산 회로에 대한 공용 키(Structured Reference String) 생성이 요구되어 신뢰 가정(Trusted Setup)이 필요하다. 2013년 제안된 피노키오(Pinocchio) 프로토콜은 처음으로 N-곱셈 게이트에 대한 QAP 형태의 회로를 통해  $O(N)$  증명 생성 시간과 회로 크기에 상관없는 상수(Constant,  $O(1)$ ) 시간의 증명 검증 시간을 가진다<sup>[7]</sup>. Jens Groth는 2016년 피노키오 프로토콜의 성능을 개선하여 3개의 그룹 원소 크기를 가지는 영지식 증명 기법을 설계하였다<sup>[5]</sup>. Groth16의 증명 크기는 현재까지 가장 작은 크기이다. 그러나 생성된 증명에 대하여 비밀정보를 알 수는 없지만 랜덤화를 통해 증명값을 변형할 수 있어 시뮬레이션 추출(Simulation Extratability)을 제공하지 않는다. 시뮬레이션 추출은 주어진 증명으로부터 새로운 증명을 생성할 수 없는 성질을 의미한다. 이에 대한 다양한 연구가 진행되었으며 2017년에 Jens Groth는 QAP에서 확장된 SAP 기반으로 검증식을 확장함과 동시에 증명 생성 시 별도의 추가 변수를 두어 이를 해결하였다<sup>[6]</sup>. 2019년에는 해시함수를 도입하여 Groth16과 동일한 증명 크기와 단일 검증식을 통해 시뮬레이션 추출을 제공하는 KLO19가 개발되었다<sup>[8]</sup>.

#### 2. 유니버설 영지식 증명

QAP 기반 영지식 증명은 주어진 회로에 대하여 각각 다른 SRS를 생성해야 한다. SRS를 생성하는 과정에서 위조된 증명을 만들 수 있는 toxic waste가 생성된다. 이와 같은 이유로 SRS의 생성은 믿을 수 있는 신뢰 기관에 의해서 진행되어야 한다는 단점이 존재한다. 이와 대조적으로 유니버설 영지식 증명은 회로에 상관없이 공개 매개변수(Common Reference String, CRS)를 만들고 회로가 주어진 경우 이에 대한 증명을 다항식 약정(Polynomial Commitment)에 의해서 증명하는 방식이다. 대표적인 기법으로 Sonic<sup>[21]</sup>, Plonk<sup>[10]</sup>, Marlin<sup>[22]</sup> 등이 존재한다. 유니버설 영지식 증명은 크게 두 가지 기법으로 분류할 수 있다. 신뢰 주체가 필요한 SRS 기반 기법과 신뢰 주체가 필요한 SRS 기반 기법은 증명은 대표적인 다항식 약정기법인 KZG10<sup>[9]</sup>을 사용하는 것이 일반적이다. KZG10은 페어링 연산을 사용하며 증명의 크기가 상수이고 검증 시간도 상수 시간이 소요되기 때문에 SRS 기반의 기법이 RRS 보다 상대적으로 검증이 빠르고 증명의 크기도 매우 작다. 현재 가장 활발히 연구되고 있는 방식은 Plonk 기법이다. Plonk가 상대적으로 다른 연구보다 대두되는 이유는 여러 가지가 있지만 대표적으로 증명의 크기가 상대적으로 작으며 사용자 정의 게이트 생성이 가능하다는 장점이 있다. Plonk는 산술 회로를 QAP가 아닌 새로운 형태로 구성했으며, 게이트 간의 입출력 간 연결성 증명 방식을 순열 형태로 설계했다. 이를 기반으로 고속의 검증 시간과 상수 크기(약 500byte)의 증명값을 가진다. 하지만 SRS를 위해 단 한 번의 신뢰 가정이 요구되고 FFT(Fast Fourier Transform)와 지수 연산이 필요하여 상대적으로 증명 시간이 많이 소요된다.



(그림 1) PLONK 산술 회로 표현식

### 3. 신뢰 가정이 없는 영지식 증명

상기 영지식 증명 기법들은 신뢰 가정이 필요하다는 큰 단점이 존재하였다. 이 단점을 해결하기 위해 많은 연구가 진행되었고 대표적인 기법으로는 Bulletproof<sup>[4]</sup>, GKR15<sup>[11]</sup> 등이 존재한다. Bulletproofs의 경우 이산 로그 기반으로 설계되었으며 신뢰 가정이 없는 영지식 증명으로 작은 증명 크기  $O(\log N)$  (약 1-2KB)를 가진다. Bulletproofs는 덧셈 동형 성질을 가지는 Pedersen 약정과 IPA(Inner Product Argument) 방식을 활용하여 설계되었다. IPA는 증명자가 두 벡터  $\vec{a}, \vec{b}$ 에 대한 내적에 대한 정합성(Correctness)을 검증자에게 입증하는 기술을 의미한다. '분할 정복(Divide and Conquer)'을 기본 매커니즘으로 하여 증명자와 검증자의 상호 교환 속에서 라운드마다 데이터의 크기를 절반으로 줄여  $\log N$  라운드로 증명하며 각 라운드마다 상수 크기의 증명값을 생성한다. 따라서 총 증명의 크기는  $O(\log N)$ 이다. 하지만 검증 시간은  $O(N)$ 의 선형 시간복잡도가 요구된다.

GKR15는 논리 게이트의 구조를 계층화하였을 때 출력으로부터 시작하여 입력으로 거슬러 올라가는 검증하는 과정을 가지며, 이는 각 계층의 계산 과정이 올바르게 진행되었다는 사실을 검증한다. 이 때 사용하는 프로토콜은 sumcheck 프로토콜이다. sumcheck 프로토콜은 IP(Interactive Proof)이며 증명자는 다선형 다항식 계산의 합을 검증자에게 입증한다. 내부적으로는 출력 계층부터 입력 계층까지 검증자로부터 받은 랜덤 변수에 대한 다선형 다항식 값을 반환하면서 올바른 계산 사실을 입증한다. 이후 ZGK+17<sup>[23]</sup>, WTS+18<sup>[24]</sup>, XZZ+19<sup>[25]</sup> 등의 연구는 다선형 다항식에 대하여 다항식 약정을 통해  $O(C^3)$ 의 시간복잡도에서  $O(C)$ 의 선형 증명 시간으로 단축하였다. 단 는 회로 (또는 다항식)의 크기를 나타낸다. GKR15 기반 기법들은 FFT 혹은 지수 계산이 필요하지 않아 상대적으로 빠른 증명 시간을 가지며, 검증 시간 또한 ms 단위로 효율적이다. 그러나 증명 크기 측면에서 다른 기법보다 상대적으로 큰 약 100KB 이상의 증명이 생성되는 단점을 지닌다.

#### 4. STARK

STARK는 상기 영지식 증명의 회로 표현 방식과 다른 AIR(Arithmetic intermediate representation)를 사용하여 설계된다. 각 스텝에 대한  $1, 2, \dots, v$  변수의 값에 대한 결과를  $(X_1[1], \dots, X_1[v]), \dots, (X_T[1], \dots, X_T[v])$ 로 표현한다. 이에 대한 다항식들이 다음과 같은 식을 만족하는지 파악한다.

$$P_s(\vec{X}_t, \vec{X}_{t+1}) = 0 \quad (s = 1, \dots, S/t = 1, \dots, T)$$

즉, 각 변수에 대한 변화 과정을 다항식으로 압축할 수 있으며 이를 vanishing polynomial을 사용하여 low-degree 검사를 진행한다. 이를 기반으로 설계된 기법으로 FRI(Fast Reed-solomon Interactive Oracle Proofs of Proximity)가 존재한다<sup>[12]</sup>. FRI는 머클 해시 트리와 오류 정정(Error correction)과 관련된 기법인 Reed-Solomon을 활용하여 IOP(Interactive Oracle Proof)를 진행한다. 빠른 증명 및 검증 시간을 가지며 신뢰 가정이 필요 없다는 장점을 가지나 상대적으로 큰 증명 크기를 가지는 단점이 존재한다. 관련 기법으로는 Liger<sup>[13]</sup>, Aurora<sup>[14]</sup>, Fractal<sup>[15]</sup> 등이 존재한다.

#### 5. 선형 시간의 부호화 가능 오류 정정 코드(Encodable Error Correcting Code) 기반 영지식 증명

선형 시간의 부호화 가능 오류 정정 코드 기반 영지식 증명은 신뢰 가정 없이 선형 증명 생성 시간을 단축시키기 위한 목적으로 설계된 영지식 증명 기법이다. 대표적으로 BCG+17<sup>[18]</sup>, Brakedown<sup>[16]</sup>, Orion<sup>[17]</sup> 등이 존재한다. 가장 최근 연구인 Orion의 경우  $O(N)$ 의 증명 생성 시간,  $O(\log^2 N)$ 의 증명 크기 및 검증 시간 복잡도를 보여준다. 구체적으로 약  $2^{20}$  곱셈 게이트를 기준으로 1.5MB의 증명 크기와 3.09s의 증명 생성 시간을 가진다. Orion은 두 개의 핵심기술을 통해 위와 같은 결과를 만족하였다. 첫 번째는 고밀도 하위 그래프를 찾는 알고리즘 기반으로 임의의 그래프가 올바른 확장기 그래프 정점의 모든 하위 집합이 큰 경계를 갖는 유한 무방향 다중 그래프<sup>1)</sup>(Expander Graph)인지 판단하는 새로운 알고리즘이다. 두 번째 핵심기술은 RR20<sup>[26]</sup>에서 제안한 'Code

switching'이라 불리는 증명 구성 기술을 선형 시간 부호화 가능 코드의 회로를 사용하여 효율적인 인스턴스화이다. 이를 통해 증명 생성 시간 측면에서 약간의 오버헤드를 가지지만 증명 크기를  $O(\sqrt{N})$ 에서  $O(\log^2 N)$ 으로 축소시켰다. 다른 관련 기법들도 FFT와 지수 계산을 포함하지 않도록 설계하여 다른 영지식 기법 대비 선형 시간 내 빠른 증명 생성 시간을 갖는다. 추가적으로 ms 단위의 고속 검증 시간을 가짐과 동시에 신뢰 가정이 요구되지 않는다. 하지만 가장 큰 단점으로 MB 단위의 매우 큰 증명 크기를 가지고 있다.

각 기법들은 각자의 장 · 단점을 지니고 있으며 설계하고자 하는 시스템의 목적과 안전성을 만족하기 위해 설계자 및 개발자는 적절한 영지식 증명 시스템을 선택해야 한다.

### IV. 블록체인의 영지식 증명 활용

#### 1. 프라이버시 측면

블록체인의 프라이버시 문제를 해결하기 위해 익명성을 지원하는 프라이버시 보장 블록체인 중 가장 대중적으로 알려진 것은 Zerocash<sup>[1]</sup> 연구 기반의 Zcash이다. Zcash는 zk-SNARK를 활용하여 블록체인 네트워크 내 송수신자의 정보와 거래 대금을 공개하지 않고 익명 거래가 가능케 하였다. 또한, 영지식 증명을 활용하여 올바르게 거래 과정이 진행되었다는 사실을 입증한다. Zcash 블록체인 내에는 크게 '코인(Coin)'과 '유효식별자(Nullifier)'가 저장된다. 코인은 간단하게 익명의 돈 주머니이며 내부적으로는 돈, 수신자의 익명 주소 등의 정보를 입력으로 하는 약정값의 형태로 정보들을 가지고 있다. 올바른 소유주만이 블록체인에 저장된 코인을 사용할 수 있으며 Zcash는 코인을 활용하여 익명 거래를 지원한다. 유효식별자는 코인과 쌍을 이루어 블록체인에 저장되며, 코인의 이중 사용(Double Spending) 방지라는 중요한 역할을 수행한다. 트랜잭션에는 모든 익명 거래 과정이 올바르게 진행되었다는 사실에 대한 영

1) 정점의 모든 하위 집합이 큰 경계를 갖는 유한 무방향 다중 그래프.



지식 증명이 포함되어 누구나 익명 트랜잭션에 대한 유효성 검증이 가능하다. 그러나, Zcash는 신뢰 가정 기반의 QAP 기반 영지식 증명(Groth16)을 사용하기 때문에 toxic waste의 폐기 문제와 멤버십 증명에 의한 상대적으로 큰 회로(Circuit)로 인해 증명 생성 시간이 오래 걸린다는 단점을 가진다. 더불어, Zcash는 UTXO 기반의 블록체인을 기반으로 구현되었기 때문에 일반적으로 이더리움(Ethereum)<sup>[3]</sup> 기반으로 만들어지는 분산 애플리케이션(DApp)에는 사용하기 어렵다. 이더리움과 같은 계좌 기반 블록체인에서 프라이버시 보호를 위한 응용 연구의 대표적인 예로 Zether<sup>[2]</sup>가 존재한다. Zether는 영지식 증명과 이더리움을 결합하여 계좌 기반 블록체인의 결제 구조에서 기밀성을 유지할 수 있도록 설계했다. Zether의 가장 큰 이점은 기존에 사용하는 이더리움의 스마트 계약(Smart Contract)의 변형 없이 DApp을 구성하여 프라이버시를 보호할 수 있다는 점이다. Zether는 신뢰 가정이 필요없는 영지식 증명 기법인 Bulletproof을 활용하여 범위 증명(Range proof)과 ElGamal 암호화의 유효성을 증명한다. 사용자는 각각 비밀키와 공개키를 가지고 있으며, 키를 가진 사용자는 Zether의 통화인 ZTH와 Zether의 스마트 계약인 ZSC로 익명 거래를 진행한다. ZSC의 내부에서는 자금에 대한 암호문을 저장하며 덧셈에 대한 동형(Homomorphic) 특성을 활용하여 이더리움 블록체인 구조에서 프라이버시 보호를 설계하였다. 하지만, 익명성을 보장하기 위해서는 충분한 크기의 익명 신원 집합(Anonymity Set)이 요구되는데, 익명 신원 집합 크기가 커질수록 계산 비용이 급격히 증가하는 문제점을 초래한다. 또한, Zether의 실험 결과를 살펴보면 익명 신원 집합의 크기를 2로 설정 했을 때, 익명 거래 알고리즘인 ‘Transfer’에 대하여 약 800만 정도의 가스 비용이 소모되어 실생활에 사용하기에는 부족하다고 볼 수 있다. 이는 스마트 계약 내에서 타원 곡선(Elliptic Curve) 연산 비용이 매우 비싸기 때문에 나타나는 결과이다. Zcash와 Zether처럼 블록체인 내 데이터 프라이버시 보호를 목적으로 영지식 증명 기술은 많이 사용되고 있다. 현재에도 많은 연구팀에서 블록체인 내 더욱 효율적인 영지식 증명 기술 도입으로 고성능의 프라이버시 보호 블록체인 시스템 개발을 진행 중이다.

## 2. 확장성 측면

영지식 증명 기술을 활용해 블록체인의 확장성을 향상시키는 것 또한 가능하다. 블록체인 확장성이란 크게 증가하고 있는 블록체인의 수요를 감당하기 위해 블록체인이 더욱 많은 트랜잭션을 수용하고 감당할 수 있도록 블록체인 네트워크의 처리량을 향상 시키는 것을 말한다. 블록체인의 확장성을 개선하기 위한 연구는 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 블록체인 메인 네트워크를 직접 개선하는 “On-Chain”과 메인 네트워크 대신 메인 네트워크에 의존하는 하위 네트워크를 통해 확장성을 개선하는 “Off-Chain” 방식이다. 이는 각각 Layer1 (이하 L1), Layer2 (이하 L2) 확장성 기법으로 불린다. L2 확장성 솔루션들은 L1 네트워크의 안전성 및 탈중앙성에 영향을 주지 않으며 확장성 개선이 가능하기 때문에 각광받고 있다. L2 확장성 기법은 별도의 네트워크에서 수행된 트랜잭션들이 전부 L1 메인 네트워크에서 검증되기 때문에 메인 네트워크의 안전성에 의존할 수 있다는 장점이 있다. L2 네트워크에서 수행된 트랜잭션들을 L1에서 검증하는 방식에 따라 L2 확장성 솔루션 기법을 분류할 수 있다.

Rollup 방식은 L2에서 수행된 다수 트랜잭션을 하나의 트랜잭션으로 모아, 이를 메인 네트워크에서 검증하는 방식이다. 수백에서 수천개의 트랜잭션을 하나의 트랜잭션으로 압축하고, 이를 L1에서 하나의 압축된 트랜잭션을 검증하는 것으로 다수의 트랜잭션을 검증한 것과 같은 효과를 얻을 수 있다. 압축된 트랜잭션을 L1 네트워크에 반영하기 위해 트랜잭션의 유효성을 검증하는 기법에 따라 Optimistic Rollup 과 ZK Rollup 두가지 방식으로 나뉜다.

Optimistic Rollup은 L2에서 제출된 트랜잭션을 우선 L1에 적용한 후 차후에 검증하는 Fraud proof 방식을 사용하고 있어 구조가 간단하다는 장점이 있지만, L2에서 생성된 트랜잭션들이 확정되기까지 fraud에 대한이의 신청을 받는 기간이 필요하다. 이의(Challenge)기간이 끝날 때 까지 트랜잭션에 대한 fraud가 적발되지 않을

경우, 해당 트랜잭션을 확정하고 L1에 반영된다.

ZK Rollup 방식의 경우 L2에서 트랜잭션이 올바르게 수행되었다는 zk-SNARK 증명을 생성하고, 트랜잭션들과 함께 L1 네트워크에 제출한다. L1 네트워크에서는 제출된 트랜잭션에 대한 증명을 검증하는 것으로 L2에서 수행된 트랜잭션의 유효성을 즉각적으로 검증하여 메인 네트워크에 반영한다. 영지식 증명을 검증하는 것은 매우 빠르게 처리되기 때문에, L1 네트워크는 간단하게 L2 트랜잭션의 정당성을 검증할 수 있다.

이 외의 방식으로는 상태 채널 (State Channel), 플라즈마 (Plasma), 발리디움 (Validum) 등의 방식이 있다. 상태 채널은 오프체인에 채널을 개설하여, 채널에서 거래를 처리하고 채널의 마지막 결과값만 메인체인에 반영하는 기법으로, 채널 참가자의 개설 전 상태와 폐쇄 후 상태만 L1 네트워크에 등재한다. 라이트닝 (Lightning) 과 라이덴(Raiden) 네트워크를 상태 채널로 볼 수 있다. 플라즈마는 이더리움 확장성 솔루션의 한 종류로, 이더리움 메인넷을 부모 체인 (parent chain)으로 보고 이에 종속되는 자식 체인 (child chain)을 생성하여 기존의 이더리움에서 발생하던 트랜잭션을 자식 체인에서도 수행할 수 있도록 하여 이더리움 네트워크의 트랜잭션 처리량을 향상시킨다. 발리디움은 rollup 방식 중 zk-rollup 방식과 유사한 확장성 기법으로 L2에서 생성된 트랜잭션을 L1에서 검증하는 것은 동일하나, 트랜잭션을 L1 메인 네트워크에 제출하지 않고 L2 네트워크에만 저장한다. L1에 트랜잭션을 제출하는 과정을 생략해 처리능력은 더욱 뛰어나지만 추가적인 보안 가정(security assumption)을 통해 L2에만 저장되는 트랜잭션에 대한 유효성을 보장해야 한다.

앞서 서술한 다양한 확장성 기법 중, 영지식 증명을 활용하는 zk-Rollup 확장성 향상기법이 가장 큰 주목을 받고 있다.

## V. 전망과 결론

영지식 증명 기법은 블록체인이 더욱 다양한 분야에서 활용되기 위해 필수적인 기술이다. 현재 수많은 기업 및

연구팀들이 영지식 증명에 대한 연구를 진행하고 있다. 더욱 빠르고 효율적인 일반적인 영지식 증명 기법, 특정 응용을 효율적인 영지식 증명 기법, 영지식 증명 기법을 응용에 적용하기 용이하게 하는 소프트웨어 등 다양한 방면에서 연구를 진행하고 있다. 이를 통해 현재까지는 비전문가가 활용하기 어려웠던 영지식 증명 기법이 앞으로는 더욱 많은 사람들이 활용할 수 있는 기술이 되어 다양한 곳에서 영지식 증명을 활용할 것으로 기대한다. 특히 블록체인에서의 발생하는 중요한 문제인 프라이버시 보호와 성능 확장을 위한 중요 기술로써 영지식 증명이 중요한 해결책으로 활용되어 블록체인의 실용화에 크게 이바지할 것으로 전망한다.

## 참고 문헌

- [1] Ben-Sasson, E., Chiesa, A., Garman, C., Green, M., Miers, I., Tromer, E., Virza, M.: Zerocash: Decentralized anonymous payments from bitcoin. In: 2014 IEEE Symposium on Security and Privacy. pp. 459–474.
- [2] Bunz, B., Agrawal, S., Zamani, M., Boneh, D.: Zether: Towards privacy in a smart contract world. In: Boneau, J., Heninger, N. (eds.) Financial Cryptography and Data Security – 24th International Conference. pp. 423–443 (2020)
- [3] Buterin, V.: Ethereum white paper: a next generation smart contract-decentralized application platform (2013)
- [4] Bunz, B., Bootle, J., Boneh, D., Poelstra, A., Wuille, P., Maxwell, G.: Bulletproofs: Short proofs for confidential transactions and more. Cryptology ePrint Archive, Report 2017/1066 (2017), <https://ia.cr/2017/1066>
- [5] Groth, J.: On the size of Pairing-Based non-interactive arguments. In: Advances in Cryptology – EUROCRYPT 2016 – 35th Annual International Conference on the Theory and Applications of Cryptographic Techniques. pp. 305–326 (2016)
- [6] Groth, J., Maller, M.: Snarky signatures: Minimal signatures of knowledge from Simulation-Extractable SNARKs. In: Advances in Cryptology – CRYPTO 2017 – 37th Annual International Cryptology Conference. pp. 581–612 (2017)



- [7] Parno, B., Howell, J., Gentry, C., Raykova, M.: Pinocchio: Nearly practical verifiable computation. In: 2013 IEEE Symposium on Security and Privacy. pp. 238–252 (2013). <https://doi.org/10.1109/SP.2013.47>
- [8] J. Kim, J. Lee and H. Oh, "Simulation-Extractable zk-SNARK With a Single Verification," in IEEE Access, vol. 8, pp. 156569–156581, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3019980.
- [9] Kate, A., Zaverucha, G.M., Goldberg, I. (2010). Constant-Size Commitments to Polynomials and Their Applications. In: Abe, M. (eds) Advances in Cryptology – ASIACRYPT 2010
- [10] Ariel Gabizon, Aztec, Zachary J. Williamson Oana Ciobotaru, "PLONK: Permutations over Lagrange-bases for Oecumenical Noninteractive arguments of Knowledge", Cryptology ePrint Archive
- [11] S. Goldwasser, Y. T. Kalai, and G. N. Rothblum, "Delegating Computation: Interactive Proofs for Muggles". In: Journal of the ACM 62.4 (2015), 27:1–27:64
- [12] Eli Ben-Sasson, Iddo Bentov, Yinon Horesh, and Michael Riabzev, Fast Reed-Solomon Interactive Oracle Proofs of Proximity. In 45th International Colloquium on Automata, Languages, and Programming, ICALP 2018, July 9–13, 2018, Prague, Czech Republic, pages 14:1–14:17, 2018
- [13] S. Ames, C. Hazay, Y. Ishai, and M. Venkatasubramanian, "Ligero: Lightweight Sublinear Arguments Without a Trusted Setup". In: Proceedings of the 24th ACM Conference on Computer and Communications Security. CCS '17. 2017, pp. 2087–2104
- [14] E. Ben-Sasson, A. Chiesa, M. Riabzev, N. Spooner, M. Virza, and N. P. Ward. "Aurora: Transparent Succinct Arguments for R1CS". In: Proceedings of the 38th Annual International Conference on the Theory and Applications of Cryptographic Techniques. EUROCRYPT '19.
- [15] A. Chiesa, D. Ojha, and N. Spooner, "Fractal: Post-Quantum and Transparent Recursive Proofs from Holography". In: Proceedings of the 39th Annual International Conference on the Theory and Applications of Cryptographic Techniques. EUROCRYPT '20. 2020
- [16] Alexander Golovnev, Jonathan Lee, Srinath Setty, Justin Thaler, and Riad S. Wahby, Brakedown: Linear-time and post-quantum snarks for r1cs. Cryptology ePrint Archive. <https://ia.cr/2021/1043>
- [17] Tiancheng Xie, Yupeng Zhang, Dawn Song, "Orion: Zero Knowledge Proof with Linear Prover Time", Cryptology ePrint Archive, <https://eprint.iacr.org/2022/1010>
- [18] Jonathan Bootle, Andrea Cerulli, Essam Ghadafi, Jens Groth, MohammadHajabadi, and Sune K Jakobsen, Linear-time zero-knowledge proofs for arithmetic circuit satisfiability. In ASIACRYPT, 2017.
- [19] Shafira Goldwasser, Silvio Micali, Charles Weill Rackoff, The knowledge Complexity of Interactive Proof Systems, SIAM Journal on Computing, 1989
- [20] Manuel Blum, Paul Feldman, Silvio Micali, Non-interactive zero-knowledge and its applications, i, STOC '88 Proceedings of the twentieth annual ACM symposium, 1988
- [21] Mary Maller, Sean Bowe, Markulf Kohlweiss, and Sarah Meiklejohn, 2019. Sonic: Zero-Knowledge SNARKs from Linear-Size Universal and Updatable Structured Reference Strings. In Proceedings of the 2019 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS '19)
- [22] Alessandro Chiesa, Yuncong Hu, Mary Maller, Pratyush Mishra, Noah Vesely, and Nicholas Ward, Marlin: Preprocessing zkSNARKs with Universal and Updatable SRS, EUROCRYPT, 2020
- [23] Yupeng Zhang, Daniel Genkin, Jonathan Katz, Dimitrios Papadopoulos, and Charalampos Papamanthou, vSQL: Verifying arbitrary SQL queries over dynamic outsourced databases. In Proceedings of the IEEE Symposium on Security and Privacy (S&P), 2017
- [24] Riad S. Wahby, Ioanna Tzialla, Abhi Shelat, Justin Thaler, and Michael Walfish, Doubly-efficient zkSNARKs without trusted setup. In Proceedings of the IEEE Symposium on Security and Privacy (S&P), 2018.



[25] Tiancheng Xie, Jiaheng Zhang, Yupeng Zhang, Charalampos Papamanthou, and Dawn Song. Libra: Succinct zero-knowledge proofs with optimal prover computation. In Proceedings of the International Cryptology Conference (CRYPTO), 2019.

[26] Noga Ron-Zewi and Ron Rothblum. Local proofs approaching the witness length. In Foundations of Computer Science (FOCS), 2020.



정 권 호

- 2019년 2월 한양대학교 공과대학 정보시스템학과 학사
- 2019년 3월 ~ 현재 한양대학교 공과대학 박사과정

〈관심 분야〉  
암호학, 영지식 증명, 블록체인



오 현 옥

- 1996년 2월 서울대학교 공과대학 컴퓨터공학부 학사
- 1998년 2월 서울대학교 공과대학 컴퓨터공학부 석사
- 2003년 2월 서울대학교 공과대학 컴퓨터공학부 박사
- 2003년 3월 ~ 9월 Research Institute of Advanced Computer Technology, 연구원
- 2003년 9월 ~ 2005년 11월 UC Irvine, 연구원
- 2005년 12월 ~ 2008년 8월 staff Software Engineer, ARM
- 2008년 9월 ~ 현재 한양대학교 정보시스템학과 교수
- 2020년 11월 ~ 현재 지크립토(zkrypto) CEO

〈관심 분야〉  
암호학, 영지식 증명, 블록체인



오 동 환

- 2018년 8월 한양대학교 공과대학 정보시스템학과 학사
- 2018년 9월 ~ 현재 한양대학교 공과대학 박사과정

〈관심 분야〉  
암호학, 영지식 증명, 블록체인

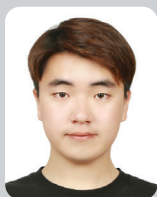
# 블록체인 코드와 품질 가시화

## I. 서론

최근 4차 산업혁명이 가장 큰 이슈로 떠오르면서 AI, 자율주행, 블록체인 등 새롭고 다양한 시스템들이 등장하고 있다. 그 중에서도 블록체인 기술은 비트코인을 포함한 수많은 가상화폐들이 등장하면서 전 세계의 주목을 한 몸에 받는다. 이러한 현상과 함께 가상화폐(비트코인, 이더리움, 리플 등)가 미래의 화폐가 될 것이라는 주장들이 대두되면서 사람들의 관심이 높아지고 있다. 국내뿐만 아니라 전 세계에서 각종 금융기관 및 미디어는 지속적으로 블록체인과 가상화폐에 대해서 기사를 이어간다. 하지만 가상화폐는 블록체인이라는 기술로 구현하는 것들 중 일부분에 불과할 뿐, 블록체인 기술이 발전하고 점점 더 상용화 된다면 단지 화폐의 대체제로 인기가 높은 것을 떠나 다양한 분야에서 접목시키려는 시도가 더욱 커질 것이다<sup>[1]</sup>.



김 장 환  
홍익대학교



박 찬 술  
홍익대학교



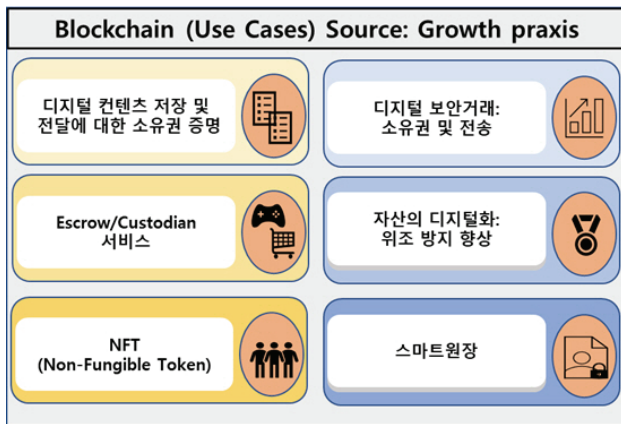
문 소 영  
홍익대학교



장 우 성  
홍익대학교



김 영 철  
홍익대학교



〈그림 1〉 블록체인 기술 사용사례 도표

〈그림1〉은 여러 분야에서 사용되는 블록체인기술의 사용사례를 나타낸다. 디지털 콘텐츠에 대한 소유권 증명, Escrow/Custodian 서비스, 디지털 보안 거래, 스마트원장, 등 이 분야들 이외에도 여러 분야에서 블록체인 기술을 적용하는 연구가 활발하다.

하지만, 이처럼 관심이 커진 만큼 블록체인에 대한 잘못된 정보나 모호한 이해를 통해 블록체인에 대한 잘못된 정보가 확대 재생산 되고 있는 실정이다. 대표적으로 블록체인이 탈중앙화로 인한 데이터의 위·변조를 원천봉쇄할 수 있는 데이터 분산기술을 가지고 있기에 사람들은 블록체인 기술이 완벽한 것이라고 생각하는 데, 이것은 잘못된 생각이다. 블록체인은 여러 사용자가 노드를 소유하며 동일한 트랜잭션 정보를 바탕으로 동시에 승인하는 시스템을 구축하기 하는데, 만약 여러 노드 중 한 노드에 부하가 발생하면 해당 트랜잭션 승인에 있어 문제가 발생할 수 있다<sup>[2]</sup>. 이를 악용해 인위적으로 트랜잭션 승인에 문제를 만든다면 단순히 보안적인 측면뿐만 아니라 수행하는 코드까지 내려가서 문제를 해결할 수 있는 방법을 찾아야한다. 하지만, 이러한 코드들은 문자들의 집합으로 이루어 있기 때문에 코드들의 의미를 파악하고 문제점을 인지하여 개선하기까지는 많은 시간이 걸린다.

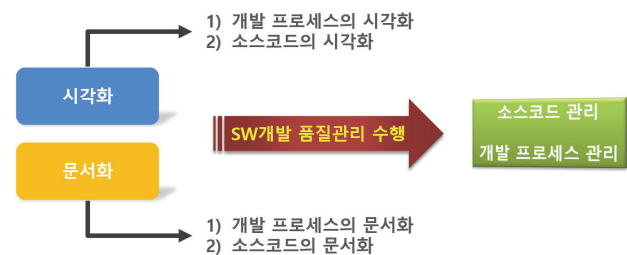
또한 가장 중요한 이슈는 새로운 프로그래밍 언어 및 블록체인 관련 코드(Java, Go, Solidity, Lua 등)들에 대한 상용화된 정적분석기들이 존재하고 있지 않다. 따라서 해당 언어의 코드들에 대한 정보를 측정할 수 없기 때문에 해당 언어들의 품질을 보장할 수 없다. 이렇게 소프트

웨어의 내부를 잘 파악할 수 없는 특징을 소프트웨어 공학에서는 소프트웨어의 비가시성이라고 한다<sup>[3]</sup>.

소프트웨어의 비가시성은 소프트웨어 개발자 입문하는데 큰 장애물로 다가온다. 왜냐하면 머릿속으로 생각한 소프트웨어를 코드를 통해 구현할 때 계획한대로 혹은 생각한대로 구현되지 않기 때문이다. 소프트웨어의 규모가 작을 경우 혹은 단순하여 복잡하지 않은 소프트웨어일 경우, 소프트웨어 개발에 방해가 되진 않지만, 반대의 경우 큰 문제를 야기한다. 게다가 지난 세월동안 소프트웨어의 규모는 지속적으로 커져왔고 단일 개발자가 단독으로 소프트웨어의 개발부터 테스트, 유지 및 보수까지 하는 것은 매우 어렵다. 우리는 다양한 분야의 여러 전문가와 이해관계자들이 함께 협업하여 소프트웨어를 개발하는 시대에 살고 있다. 이러한 경우, 스스로 작성하지도 않은 코드를 읽고 분석하는 것은 분명히 어려운 일이다. 이런 문제를 개선하고자 소프트웨어공학에서는 다양한 방향을 통해 문제를 개선하고자 시도하는데 그 방법 중 하나는 바로 소프트웨어 가시화 방법이다.

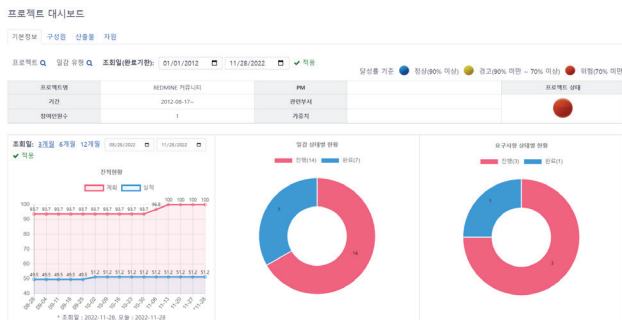
## II. 기존 소프트웨어 가시화

소프트웨어 가시화는 문자 그대로 소프트웨어를 시각화 하여 소프트웨어의 내부를 보여준다. 흔히들, 소프트웨어의 가시화를 생각하면 GUI를 떠올리기 쉽다. 하지만, 소프트웨어 가시화는 GUI와는 다르다. 소프트웨어 내부를 시각화하는 것은 소프트웨어 개발의 가장 어려운 점인 프로세스와 아키텍처의 비가시성을 극복함으로써 개발의 전체 과정을 파악하며, 이를 통하여 품질 관리를 실현하고자 하는데 목적을 둔다. 또한, 이러한 소프트웨

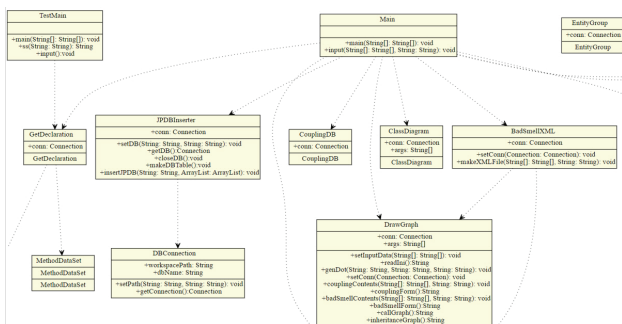


〈그림 2〉 소프트웨어 가시화 종류





〈그림 3〉 소프트웨어 프로세스 가시화 대시보드 예시<sup>[4]</sup>



〈그림 4〉 코드가시화 결과 다이어그램<sup>[5]</sup>

어 개발 프로세스를 수행하면 산출되는 문서들을 자동으로 문서화하는 것은 소프트웨어 개발에 중요한 문제이다. 문서화는 기업의 개발과 관련된 업무 이해도 향상과 외부와의 의사소통이 가능하다. 소프트웨어 가시화의 첫 번째는 소프트웨어 프로세스 가시화이다.

〈그림 3〉은 소프트웨어 프로세스를 가시화한 형태로서 대시보드 형식으로 프로세스의 진행사항을 시각적으로 사용자에게 전달하는 것을 나타낸다. 소프트웨어 프로세스 가시화는 기획부터 요구사항 정의 및 분석, 소프트웨어 설계 및 구현, 소프트웨어 검증, 유지 및 보수 등의 단계적 프로세스에 대해 보여준다. 둘째는 소프트웨어 코드 가시화이다.

〈그림 4〉은 코드 가시화로서 타겟 소프트웨어의 코드 구조와 취약점을 도식화해 사용자에게 다이어그램 혹은 그림 형태로 시각화한 것을 나타낸다. 그림의 화살표는 메인함수에서 어떻게 함수들이 연결되어 있는지에 대한 연관관계를 나타낸다.

소스코드의 내부 구조와 취약점을 시각화하기 위해 C.K. Metrics, McCabe의 Cyclomatic Complexity 등

Test Project - Requirement Elicitation #1683  
Create Improved Software Visualization Framework  
12/21/2021 06:05 PM - Admin

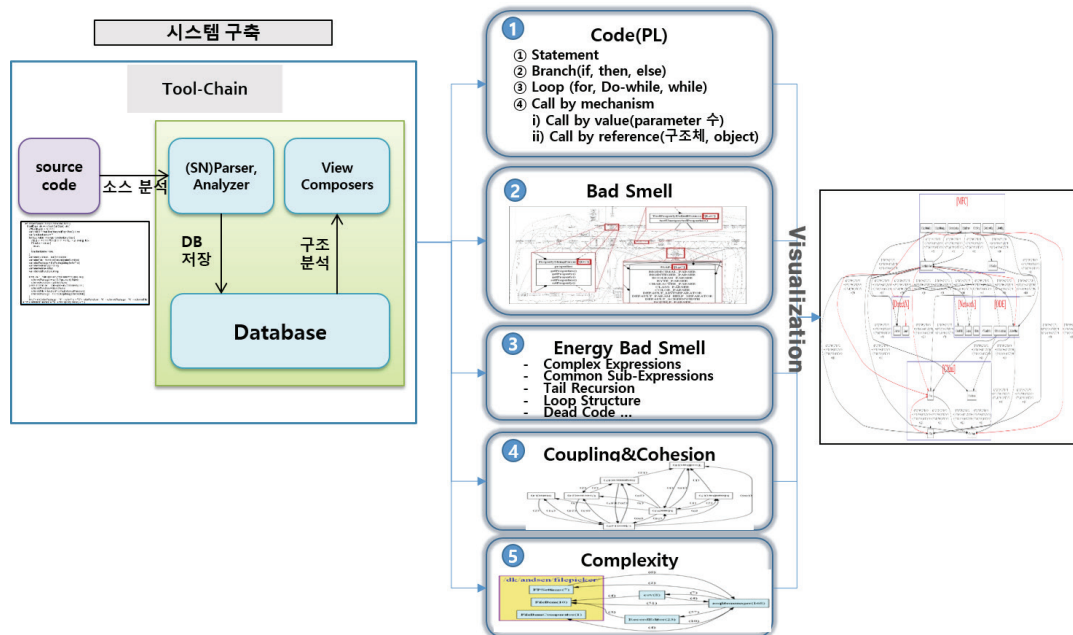
|                                                                            |                                                                |                 |                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------|
| Status:                                                                    | In Progress                                                    | Start date:     | 12/21/2021                                       |
| Priority:                                                                  | High                                                           | Due date:       |                                                  |
| Assignee:                                                                  | developer Kim                                                  | % Done:         | 0%                                               |
| Category:                                                                  |                                                                | Estimated time: | 0.00 hour                                        |
| Target version:                                                            |                                                                | Spent time:     | 2.00 hours                                       |
| ID:                                                                        | Requirement-Elicitation-01                                     | Difficulty:     | 7                                                |
| Pre-condition:                                                             | To understand previous Software Process Visualization approach | Restrictions:   | Output document has to be in text format: String |
| Description                                                                |                                                                |                 |                                                  |
| To improve Software Visualization and its tool                             |                                                                |                 |                                                  |
| 1. To understand functionalities of Software Visualization Framework(SVF). |                                                                |                 |                                                  |
| 2. To find problems of SVF.                                                |                                                                |                 |                                                  |
| 3. ...                                                                     |                                                                |                 |                                                  |
| Expected output:                                                           |                                                                |                 |                                                  |
| Rough draft requirement for SVF                                            |                                                                |                 |                                                  |
| ...                                                                        |                                                                |                 |                                                  |

〈그림 5〉 자동으로 생성된 요구사항 도출문서<sup>[6]</sup>

다양한 품질지표를 바탕으로 해당 소프트웨어에 성격에 따라 소스코드를 분석하고 시각화한다. 마지막으로 문서 가시화이다. 문서 가시화는 소프트웨어 프로세스를 수행하면서 발생하는 각종 산출물들과 결과물들을 문서로 만드는 것을 말한다.

〈그림 5〉는 소프트웨어 프로세스 중 요구사항을 명세한 문서를 자동으로 발생시켜 시각화하여 나타낸 그림이다. 문서 가시화는 요구사항 도출, 소프트웨어 스펙 작성, 요구사항 명세, 설계도, 테스트케이스, 테스트 시나리오 등 소프트웨어 프로세스의 수행에서 발생하는 산출물들을 문서로 자동으로 발생시켜 해당 정보를 저장한다. 이처럼 소프트웨어 가시화 기법은 소프트웨어 개발 공정 전 범위에서 소프트웨어를 가시화하여 사용자와 이해관계자의 이해를 돕는다.

〈그림 6〉는 소프트웨어 코드 가시화 툴체인을 도식화하여 나타낸 것이다. 그림의 왼쪽에는 툴체인 시스템 구축 방법을 통해 분석된 코드 데이터가 어떻게 가시화 되는지에 대한 것을 나타낸다. 코드 가시화는 다양한 오픈 소스를 활용하여 코드를 분석하여 결과를 보여줄 수 있는 툴체인(Toolchain)을 구성한다. 〈그림 6〉은 오픈 소스 소프트웨어를 활용하여 소프트웨어 코드가시화의 툴체인과 어떤 품질지표를 분석하여 추출하는지를 보여준다. 정적분석기를 통해 소스 코드를 입력하면, 정적분석기(Source Navigator)는 소스코드를 분석하여 코드의 품질과 관련된 지표들을 추출한다. 정적분석기가 소스코드를 통해 분기문, 반복문, 파라미터 패싱, 코드 나쁜 냄



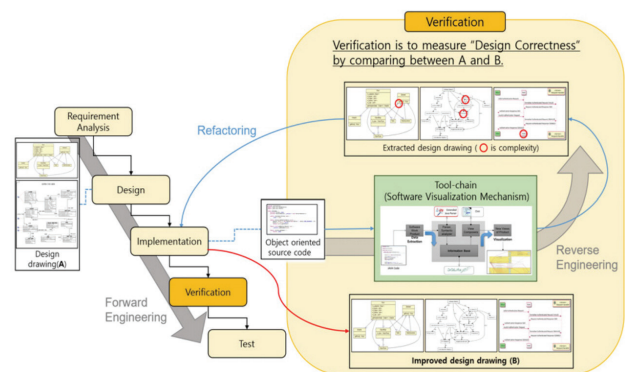
〈그림 6〉 SELab's 코드 가시화 툴체인<sup>[6]</sup>

새(Code Bad smell)<sup>[7]</sup>, 에너지 나쁜 냄새(Energy bad smell)<sup>[8]</sup>, 결합도&응집도(Coupling and Cohesion)<sup>[9]</sup>, 복잡도(Complexity)<sup>[10]</sup>와 같은 품질지표를 추출한다. 그런 다음, 정적분석기를 통해 분석된 내용을 데이터베이스에 저장하고, 데이터베이스에서 필요한 품질지표를 질의문(Query Statement)을 통해 원하는 품질지표를 도출할 수 있도록 한다. 코드가시화는 시각화 도구이므로 질의문을 바탕으로 사용자가 원하는 속성에 따라 그래프나 표의 형태로 프로그래밍을 하여 자동으로 코드 구조 추출할 수 있도록 한다.

소프트웨어 개발의 최종 산출물인 소프트웨어는 개발 과정에서 완성된 형태가 명확히 확인되지 않아 오류의 발견 시기를 놓치거나 오류에 대한 해결책을 찾지 못하는 경우가 빈번히 발생한다. 이럴 경우, 뒤늦게 오류를 발견하고 개선하면서 발생하는 유지 및 보수비용은 급격히 증가한다. 그래서 순공학(Forward Engineering) 관점의 가시화는 소프트웨어 프로세스의 현재 단계의 산출물을 기반으로 다음 단계의 산출물을 생산해내는 기법으로 요구사항 분석→설계→구현의 단계를 위에서 아래로 순차적으로 수행되는 것을 가시화한다. 이와는 반대로, 역공학(Reverse Engineering) 관점의 가시화도 존재한다. 역

공학 관점의 가시화는 순공학 관점의 가시화와는 반대로 다음 단계의 산출물(코드)을 기반으로 이전 단계의 산출물 추출해내는 기법이다. 이 방법은 구현으로부터 설계를, 설계로부터 요구사항으로 순공학적 어프로치와는 반대로 수행한다. 따라서 역공학 관점의 가시화 방법은 모든 프로세스가 하나로 집약되는 소스코드를 기반으로 품질, 코드의 구조, 코드로부터 설계 요소 추출, 코드의 복잡도 등을 가시화한다. 역공학관점의 가시화는 코드만 존재하고 있고 설계와 문서가 부재할 때 사용하면 더 유용하다.

순공학 프로세스에서 소프트웨어를 설계한 설계도면



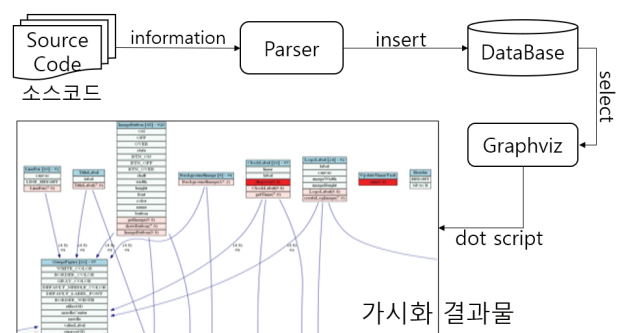
〈그림 7〉 역공학 기반 설계 검증

(A)와 역공학 프로세스를 통해 소프트웨어 Tool-chain을 통해 얻어진 설계도면(B)을 비교하여 설계 정확도를 검증한다. 두 설계의 비교를 통해 현재 설계(B)의 복잡도를 측정하고 설계를 개선해야할 부분을 확인할 수 있다. 이를 바탕으로 이상적인 설계도면(A)에 가까워지도록 소스코드를 변경하는 소프트웨어 리팩토링을 수행하여 설계 복잡도를 낮춘다. 결과적으로 '설계→구현→설계' 과정의 반복으로 소프트웨어 설계를 검증하여 완성도를 지속적으로 개선하여 소프트웨어 품질을 높인다. <그림 7>은 소프트웨어 개발 프로세스 중 구현단계에서 작성한 소스코드 통해 역공학을 기반으로 설계도를 복원하여 검증하는 프로세스를 나타낸다.

### III. 블록체인 관련 코드

#### 1. 블록체인

블록체인은 분산 컴퓨팅 기술을 기반으로 한 데이터 위, 변조 방지 기술을 말한다. 블록체인은 저장할 데이터를 블록 단위로 나누고 이를 체인으로 연결하여 저장한다. 이렇게 저장된 정보는 블록체인 네트워크에 참여하는 모든 구성원에게 공유되고 저장된다. 이를 통해 데이터를 탈중앙화 하여 저장하고, 데이터가 여러 곳에 분산 저장되어 있으므로 데이터의 위변조 또한 막을 수 있다. 또한 새로운 블록체인에 새로운 데이터를 기록함에 있어, 합의 알고리즘을 통한 구성원의 합의 이후 기록한다. 이를 통해 누군가가 악의적으로 데이터를 수정하는 것을 방지하여 데이터의 무결성과 신뢰성을 보장한다. 블록체인은 2009년 비트코인(Bitcoin) 개발을 시작으로 활성화되기 시작했다. 블록체인 기반의 암호 화폐 구현을 블록체인 1세대라고 칭하며, 대표적인 블록체인 네트워크로는 비트코인이 있다. 스마트 계약 구현을 통해 암호 화폐를 통한 거래를 자동화한 블록체인을 2세대라고 칭하며, 대표적으로 이더리움이 있다. 블록체인 2세대는 스마트 계약(Smart contract)을 통해 블록체인을 기반으로 하는 플랫폼을 구축했으며, 이러한 플랫폼에서 동작하는 애플리케이션이 탈중앙화 애플리케이션(dApp)이다. 블록체인 3세대는 기존 블록체인이 가진 단점들을 극복하고 실제



<그림 8> Java 언어에 대한 코드가시화 기법

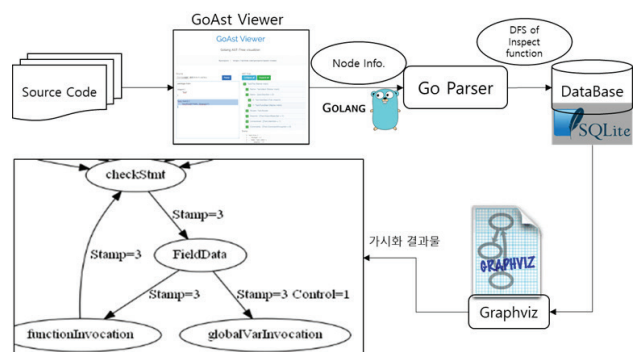
상용화하여 일상생활 속에서도 무리 없이 사용할 수 있는 블록체인 네트워크를 말하며 다양한 블록체인 네트워크들이 이를 목표로 발전 중에 있다.

#### 2. 블록체인 코드 Java 언어

소프트웨어 가시화 방법을 Java에 접목하기 위한 방법으로 다음과 같은 코드 가시화 기법을 적용한다. 소스코드를 Java parser를 이용해 소스코드의 정보를 추출한다. 파서를 통해 추출한 정보들은 데이터베이스에 저장하여 저장된 정보들을 언제든지 다시 재사용할 수 있게 한다. 특정한 지표를 시각화하기 위해서 데이터베이스에 있는 정보들을 추출해 Graphviz라는 도구를 사용하여 dot script를 이용해 그래프 형태로 나타낸다<sup>[8]</sup>.

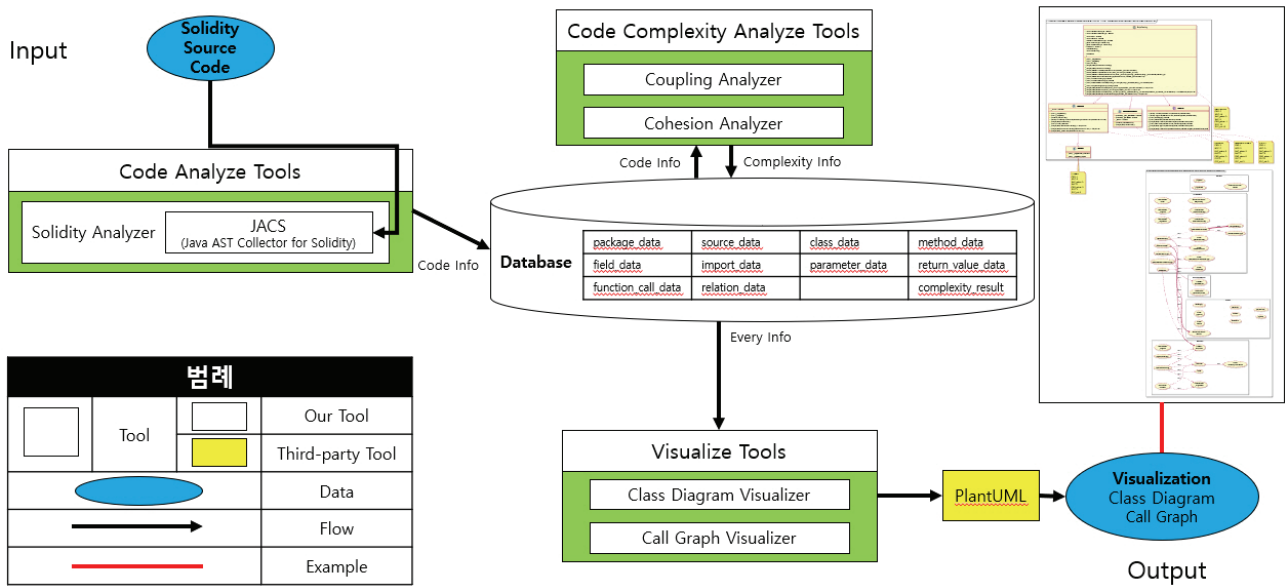
#### 3. 블록체인 코드 Go 언어

2009년 11월 구글에서 발표한 프로그래밍 언어로, 높은 생산성과 빠른 컴파일링, 실행속도를 자랑하는 Go라는 언어를 개발한다. 이후 이 언어는 Golang으로 불린



<그림 9> Go 언어에 대한 코드가시화 기법





〈그림 10〉 Solidity에 대한 아키텍처 가시화 틀체인<sup>[12,14,15]</sup>

다. 이 언어는 컴파일언어에 속하지만 언어의 문법구조의 개선을 통해 빠른 컴파일리를 할 수 있는 언어로 개발되었다. 새로운 언어답게 코드는 매우 간결하며 쉽게 배울 수 있는 장점을 지녔다.

Go언어는 스마트 원장(Smart Contract)을 지원하는 언어로서 블록체인 기술을 개발 할 수 있다. 〈그림 9는 Go 언어에 대한 코드가시화 기법을 나타낸다. 소스코드로부터 GoAST Viewer를 통해 해당 소스코드의 AST를 추출한다. 추출한 AST정보는 파서를 통해 분석되며, 분석된 정보는 데이터베이스를 통해 저장하여 재사용한다. 데이터베이스에 저장된 정보는 다양한 가시화 도구(PlantUML, StarUML, GravphViz 등)을 이용해 시각화할 수 있다.

#### 4. 블록체인 코드 Solidity 언어

솔리디티는 이더리움 플랫폼에서 스마트 계약을 구현하는 언어이자 DApp에서 중추적인 역할을 한다. Solidity는 이더리움 플랫폼에 특화된 객체지향 프로그래밍 언어로서, 중간 언어인 Yul 언어를 거쳐 OPCODE로 컴파일된다. OPCODE로 컴파일 된 스마트 계약을 배포하면 이더리움의 계약계정(CA)에 저장된다. 솔리디티로 작성된 스마트 계약은 계약 그 자체로 동작하지 않고, 이

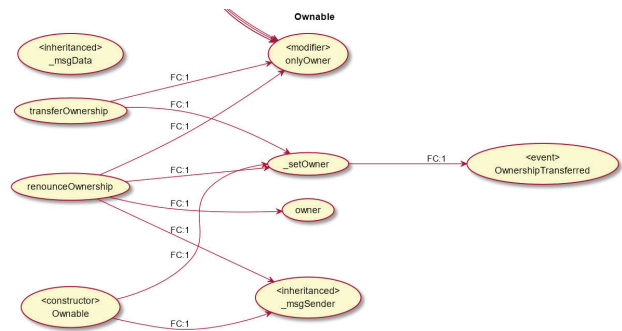
더리움 네트워크 내부에서의 트랜잭션 혹은 이더리움 네트워크 외부에서의 원격 프로시저 호출(RPC)을 통해 동작한다<sup>[10, 11]</sup>.

## IV. 블록체인 코드 가시화 사례

〈그림 11〉은 Java 언어로 작성된 스마트 계약의 호출 그래프를 나타낸다. FC는 Function call을 의미하며, 소스코드의 함수가 다른 함수를 부르는 것들을 파악할 수 있다. 이런 정보들을 통해서 호출관계, 결합도, 응집도 등 Java언어에 대한 품질지표에 대해 파악할 수 있다.

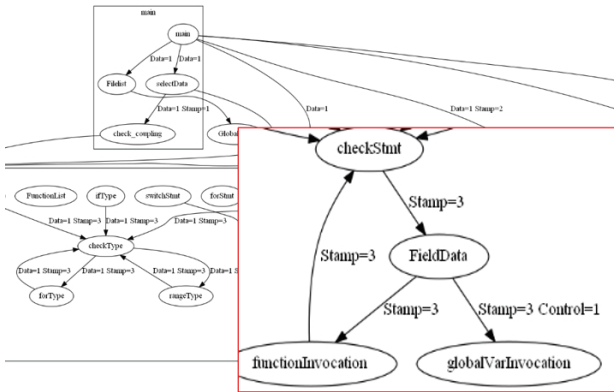
Case 2번은 Go언어를 분석하여 앞서 언급한 Go언어

Case 1: Java 블록체인 코드 가시화 사례

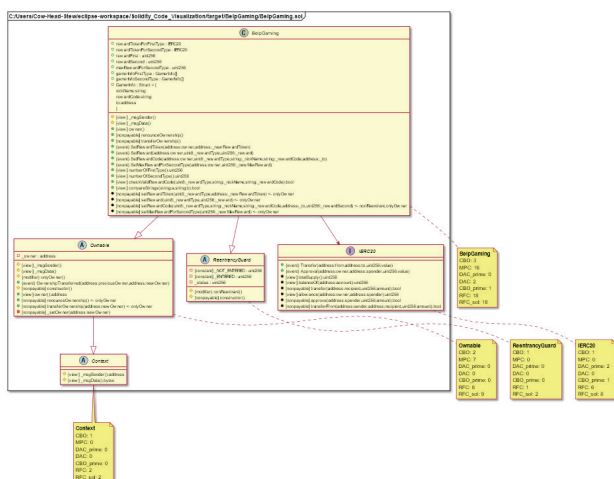


〈그림 11〉 Java 언어 코드 가시화 사례

Case 2: Go 언어 블록체인 코드 가시화 사례



&lt;그림 12&gt; Go 언어 코드가시화 사례

Case 3: Solidity 언어 블록체인 코드 가시화 사례<sup>[12]</sup>

<그림 13> Solidity 스마트계약 Class Diagram 추출<sup>[14]</sup>

가시화 틀체인에 소스코드를 입력하여 생성한 결과물을 나타낸다. 동그란 타원은 함수를 나타내며 함수가 다른 함수를 호출하는 관계에 대한 결합도를 점수로 표현한다.

<그림 13>은 Solidity로 작성된 예제 스마트 계약에 대해 Class Diagram 형태로 설계를 추출한 것이다. Class Diagram을 통해 계약의 상태를 저장하는 변수 및 계약의 함수, 이벤트 등의 동작 요소들을 확인 할 수 있다. 또한 각각의 계약에 대해 계산한 코드 복잡도를 표시해 줌으로서 계약이 얼마나 복잡한지 나타낸다.

솔리디티의 품질로서 주로 고려되는 사항은 크게 두 가지가 있다. 첫 번째로는 가스 소모량이 품질로서 고려되고 있다<sup>[13]</sup>. 이더리움 네트워크는 하나의 서버를 통해 동

작하는 것이 아닌, 여러 개의 분산된 노드들을 통해 동작하는 분산 네트워크이다. 이러한 노드들 중 몇몇 노드는 채굴 노드로서 이더리움 네트워크에 계산 리소스를 제공하는 대가로서 수수료를 받는다. 스마트 계약을 배포 및 실행하는 경우 이러한 명령들에 대한 수수료로서 가스(Gas)를 소모하게 되고, 가스 소모량과 가스당 단가를 곱한 양의 코인을 채굴 노드에게 제공한다. 이러한 가스 소모량은 스마트 컨트랙트 및 DApp을 운영하기 위한 유지비가 되는 셈이다. 따라서 이러한 유지비를 감소시키기 위한 방법 및 코딩 패턴에 대한 연구가 진행되고 있다.

두 번째로는 취약점이 품질로서 고려되고 있다. Solidity는 토큰 혹은 NFT 그리고 Ether와 같이 가치가 있다고 판단되는 재화를 직접적으로 거래할 수 있는 언어이다. 이러한 언어를 통해 작성한 프로그램에 존재하는 결함 및 취약점은 곧 계약의 배포자 및 계약에 참여한 당사자들의 금전적 손실로 이어질 수 있기 때문에 대부분의 계약은 Audit 서비스를 통해 취약점에 대한 검토 및 Audit 인증서를 발급받아 계약의 신뢰도를 보장 받는다.

## V. 전망과 결론

블록체인과 그 기술에 적용하는 소프트웨어에 대한 관심이 증가하고 블록체인 기반 소프트웨어에 대한 개념이 변화되고 있다. 또한 블록체인에 대한 응용분야가 확대됨에 따라 이를 구현하고 탑재하는 소프트웨어에 대한 연구도 큰 관심을 받기 시작하고 있다.

블록체인 기술은 매우 그 출발이 매우 뛰어난 기술임에도 불구하고 여전히 가상 화폐나 다른 이슈들로 인해 그 빛이 가려져있다.

우리는 단순한 블록체인 기술의 발전이 아니라 블록체인 관련 코드(Java, Go, Solidity, Lua 등)에 대한 고품질화를 통한 신뢰성 있는 코드를 만들고자 한다. 현실은 새로운 언어에 대한 상용화된 정적/동적 분석기가 존재하지 않기 때문에 품질을 고려하기 어렵다. 이를 해결하기 위해 기존의 소프트웨어 가시화 기법을 블록체인 코드에 품질가시화를 위해 적용하는 방법이 있다.

그러한 기술에 기반이 되는 기술, 또한, 블록체인 기술

이 적용되어 함께 상생할 수 있는 기술의 발전에 집중해야 할 때라고 생각한다. 이러한 기반 기술의 발전과 확대가 더 나은 블록체인 기술 발전과 더불어 세계를 선도하는 대한민국형 블록체인 기술이 많이 보급될 수 있으면 하는 바람이며 이에 대한 연구와 지원이 확대되기를 기대한다.

### 참 고 문 헌

- [1] 안현식. "블록체인코드 복잡도 분석을 위한 정적분석기 개발과 저전력 및 성능 개선 방법." 국내석사학위논문 弘益大學校 大學院, 2021. 서울
- [2] 김장환. (2019). 블록체인 기반 시스템의 구조적 분석과 취약점 도출. 한국소프트웨어감정평가학회논문지, 15(1), 115-121.
- [3] Brooks, F. P. Jr. (1987). "No Silver Bullet - Essence and Accidents of Software Engineering" (PDF). Computer, 20 (4): 10-19. CiteSeerX 10.1.1.117.315. doi:10.1109/MC.1987.1663532, S2CID 372277.
- [4] [http://www.redmine.or.kr/projects/community/project\\_dashboard](http://www.redmine.or.kr/projects/community/project_dashboard)
- [5] Park, B.K.; Kang, G.-H.; Son, H.S.; Jeon, B.; Kim, R.Y.C. Code Visualization for Performance Improvement of Java Code for Controlling Smart Traffic System in the Smart City. Appl. Sci. 2020, 10, 2880. <https://doi.org/10.3390/app10082880>
- [6] 문소영. "순/역공학 기반 비용 예측 및 자동 검증의 요구사항 프레임워크." 국내박사학위논문 홍익대학교 대학원, 2019. 서울
- [7] Fowler, Martin. Refactoring: improving the design of existing code. Addison-Wesley Professional, 2018.
- [8] 박지훈. "정적 분석 기반 블록체인 코드 취약성의 자동 가시화 연구." 국내석사학위논문 홍익대학교 대학원, 2019. 서울
- [9] <https://go.dev/>
- [10] Buterin, Vitalik. "A next-generation smart contract and decentralized application platform," white paper 3.37 (2014): 2-1.
- [11] Wood, Gavin. "Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger." Ethereum project yellow paper 151.2014 (2014): 1-32.
- [12] Chansol Park et al. "Design Validation Practices on Design Extraction of Solidity's Smart Contract Code based on Reverse Engineering". aac17: IIBC, 2021, pp. 26-31.
- [13] Janghwan Kim et al. "Best Practices on Improving Gas Consumption through Simplifying Quality Complexity of Solidity code for Smart Contracts in Distributed Network Environments". ICGHIT, 2022.
- [14] 박찬솔 외. "Smart Contract Auditing을 위한 코드 복잡도 추출". 2022 종합학술대회 : 스마트미디어학회, 2022, pp. 63-65.
- [15] Chansol Park et al. "Applying Code Visualization into Solidity for Auditing of Smart Contract". 2022 ICAEIC: ICT-Advanced Engineering Society, Vol.5 No.2, 2022, pp. 333-336.

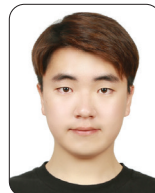


김 장 환

- 2019년 12월 이이다호 주립대학교 학사
- 2022년 2월 홍익대학교 소프트웨어융합학과 석사
- 2022년 3월 ~ 현재 홍익대학교 박사과정

<관심 분야>

Software Visualization, Blockchain, Requirement Engineering, Web 3.0, Software Quality



박 찬 솔

- 2022년 2월 홍익대학교 소프트웨어융합학과 학사
- 2022년 3월 ~ 현재 홍익대학교 석사과정

<관심 분야>

소프트웨어공학, 블록체인, 객체지향 SW





장우성

- 2022년 8월 홍익대학교 전자전산공학과 석/박사
- 2011년 8월 ~ 2015년 1월 (주)한백전자 연구원
- 2015년 9월 ~ 2022년 6월 홍익대학교 강사
- 2022년 9월 ~ 현재 홍익대학교 외래교수

〈관심 분야〉

소프트웨어공학, 요구공학, 객체지향 SW, 인공지능 시스템, IoT/Embedded 시스템, 소프트웨어 모델링, 자연어기반의 테스트 케이스



김영철

- 2000년 2월 일리노이공대 박사
- 2001년 3월 ~ 2002년 2월 LG산전 부장
- 2002년 3월 ~ 현재 홍익대학교 교수

〈관심 분야〉

Software Visualization, TMM, Requirement Engineering.



문소영

- 2018년 8월 홍익대학교 전자전산공학과 석/박사
- 2007년 3월 ~ 2012년 2월 ㈜엑트
- 2017년 12월 ~ 현재 NIPA SP 선임심사원
- 2019년 3월 ~ 현재 홍익대학교 초빙교수

〈관심 분야〉

Software Visualization, Requirement Engineering.



한국전자기술연구원 (KETI)

이 규 복 부원장

## KETI !! 그것이 궁금하다!

**Q** 국내 ICT 관련 정부출연연구소는 KETI (Korea Electronics Technology Institute: 한국전자기술연구원), ETRI (Electronics and Telecommunications Research Institute: 한국전자통신연구원)와 KIST(Korea Institute of Science and Technology: 한국과학기술연구원)로 알려져 있습니다. 그럼 KETI는 타 기관과 어떤 점이 비슷하고 어떤 점이 다를까요? KETI에 대해 간단한 소개 부탁드립니다.

일단 KIST와 ETRI는 정부출연연구기관이고 KETI는 정부 산하의 "전문생산기술연구소"입니다. 즉, KETI는 정부 산하 16개 전문생산기술연구소중 한 곳이 되겠습니다.

그리고 KIST는 기초과학을 연구하는 곳이라고 볼 수 있습니다. 즉, ICT 뿐만 아니라 화학, 재료, 물리 등 전반적인 기반 기술분야를 연구하는 곳이 KIST이며 정부 출연을 가장 많이 받는 곳이기도 합니다.

다음으로 ETRI는 국내 ICT 분야의 대표 기관이죠. 국내에서 40년 넘게 전자 분야의 대표 연구기관 역할을 해왔을 뿐만 아니라, 전세계적으로도 ICT 분야의 선두주자라고 할 수 있습니다. 국내 초기 메모리 반도체 개발, 전화 교환기, 이동통신 등의 분야에서 상당히 많은 연구를 한 기관이죠. 지금도 전 세계적으로 봐도 표준을 주도하는 부분이 상당히 많고, 기술을 선도하는 기관인 반면 정부출연을 30~40% 받고 있습니다.

반면 KETI 같은 경우는 정부출연이 '0'이기 때문에 정부출연보다는 프로젝트 기반으로 운영이 됩니다. 즉, 정부의 프로젝트나 민간의 프로젝트를 가지고 운영이 되고있으며, 독일의 프라운호퍼나 대만의 ITRI와 비슷한 연구소라고 보

시면 될 것 같습니다. KETI에 대해서 간단히 소개를 드리자면, 기업체 출신이 구성원의 60% 정도로 비중이 높습니다. 그러다 보니까 저희는 기업을 지원 하고 상용화 쪽에 가까운 연구를 한다고 보시면 될 것 같습니다.

**Q** 그렇다면 KIST-ETRI-KETI 순서대로 기초과학 연구에서 실용적인 상용화 관련 연구로 연구 주제가 변한다고 생각 하는 것이 맞을까요?

네, 그렇게 보시면 될 것 같습니다.

**Q** KETI 홈페이지를 보면 선임연구본부, IT 소재부품, 정보통신미디어, 융합시스템, 지능정보 반도체, 디스플레이, 스마트에너지/제조, 스마트머신/로봇 부서가 있습니다. 부원장님께서 계신 선임연구본부는 다른 부서를 총괄하는 부서인데, 어떤 부분을 지향하며 운영을 하시는지 궁금합니다.

KETI는 2020년 한국전자부품연구원에서 "한국전자기술연구원"으로 이름을 변경하였습니다. 사실 전자 산업에서 소재부품의 중요성이 상당히 크기 때문에, 1991년 연구소가 처음 설립 될 때의 이름은 "전자부품종합기술연구소"였습니다. 즉, 우리 연구원은 소재부품에 기반해서 성장한 연구소라고 볼 수 있습니다. 왜냐하면 그 당시 일본에서 수입하는 소재부품이 많았기 때문에 그것을 국산화 하는 것에 초점을 맞추기 위한 것이 KETI의 초기 설립 목적 중 하나였기 때문입니다.

그런데 이후 연구 영역이 넓어져서 홈페이지에서 보셨다시피 현재 KETI는 기본적으로는 6개 본부, 1개 연구단, 3개 지역본부로 되어 있습니다. 즉, 정보통신미디어 쪽이라던가, 인공지능을 주로 연구하는 지능정보연구, 그리고 다양한 산업에 융합되는 ICT를 연구하는 융합연구본부 등등 여러가지로 구성이 되어 있습니다. 그래서 각 구성 본부의 주제를 보시면, 산업 영역별로는 어느 정도 구분은 되어 있지만 일부는 약간 중복적인 연결 고리가 되어 있는 연구분야도 있습니다. 그래서 그 연결고리를 어떻게 구성해서 연구를 잘 진행할 것인가를 찾는 것이 부원장인 저의 역할이라고 볼 수 있습니다. 그리고 또 다른 제 업무의 역할은 각 본부간에 정말 중첩되는 연구가 있을 때 그러한 중첩을 조정하는 기능, 그리고 각 본부에 맞는 연구분야를 가르마 타 주는 것이라고 볼 수 있습니다.





**Q** KETI에서는 다양한 연구가 진행되는데, 매년 연구 주제는 어떻게 결정되며 진행되는지 궁금합니다.

KETI는 기본조직에 연구 본부가 있는데 각각의 본부는 각 본부에 맞는 역할이 있습니다. 즉, 본부별로 연구분야가 정해져 있는 것이지요. 그래서 본부별 연구분야 중에서 내년에 어떤 분야를 연구 할 것인지에 대해서 업무 보고식으로 발표를 하게 됩니다. 그러면 그때 너무 중첩이 되는 연구 주제들은 상호 협력해서 하도록 하거나, 일부는 재조정해서 연구가 한 본부로 일원화 될 수 있도록 합니다. 이와 같이 매년 연말 쯤에 연구 주제 선정 회의를 하고, 연초인 3월 이전에는 당해년 연구 주제를 확정 하게 됩니다.

## KETI의 핵심 기술력은 무엇인지요?

**Q** KETI가 보유한 기술이 매우 많은 것으로 알고 있습니다. 부원장님께서 가장 기억에 남는 KETI 기술은 무엇인지 궁금합니다.

크게 4가지 정도로 분류가 될 것 같습니다.

먼저 많은 분들이 ETRI가 CDMA의 기반기술, CDMA 휴대폰 개발을 같이 해서 CDMA 기술 도입 초기에 국내와 미국 시장에 CDMA가 상용화 되는데 큰 역할을 했지요. 그런데 KETI가 GSM 휴대폰을 개발했다고 하는 것은 여러분들이 잘 모르실 것 같아요. 사실 CDMA가 개발된 1990년 초반은 이동통신이 처음에 막 스타트가 된 시대였고, 그 이동통신 시장을 가장 많이 차지하고 있던 것은 2세대인 디지털 이동통신 방식의 GSM이었습니다. 그 당시 ETRI는 CDMA 쪽으로 연구를 많이 했고, KETI같은 경우에는 상용화가 목표이기 때문에, 삼성, LG, 한화, 대우 등의 4개 회사와 휴대폰을 같이 개발했습니다. 즉, 각 사의 연구원들이 파견형태로 KETI에 오기도 하고, KETI에서는 영국이나 미국쪽에 파견을 가서 연구개발을 진행했지요. 그 당시 저도 미국에 파견을 가서 근무하기도 했습니다. 그러면서 국내에서 GSM 휴대폰이 만들어졌고 그걸 처음에 상용화 해서 수출한 바로 1호 폰이 바로 저희와 같이 개발한 GSM 폰이었어요. 여담이지만, 그 당시에 같이 GSM 연구를 한다고 KETI쪽에 파견 왔던 연구원이 지금은 S사의 부사장으로 계시지요. 그래서 GSM 휴대폰을 수출 주력화 상품으로 하기 위해서 개발을 했다는 것이 기억에 많이 남습니다.

또 하나는 HDTV 사업입니다. 지금 100% HDTV이지만 처음에 아날로그 TV에서 HDTV로 디지털화 될 때는 사실 핵심 chip-set이 상당히 중요한 부분이었고, 그것을 GSM때와 마찬가지로 기업과 협력을 하여 개발을 했습니다. 그리고 KETI가 개발한 기술은 KETI가 갖는 것이 아니라 모두 이관을 하게 되어 있거든요.

그 뒤에 최근으로 좀 넘어 오면은 최근 스마트팩토리 관련 이야기가 많이 나오고 있지 않습니까? 사실 국가의 대표 스마트팩토리 공장을 KETI가 가지고 있습니다. 그 공장이 1호 공장인데, 독일 등과 같은 해외에서 실질적으로 테스트를 받아서 1등도 했었습니다. 그래서 국내 기업체들이 갑자기 스마트팩토리로 생산 라인을 바꿀 수 없으니 기업들이 스마트 팩토리로 점점 바뀌가는 사업을 현재 KETI가 도와주고 있습니다. 현재 안산과 창원 쪽에 KETI의 스마트팩토리 공장이 있습니다. 거기 가보시면 아마 "진짜 향후에는 공장이 이렇게 바뀌는구나" 하는 것을 한눈에 보실 수 있을 것입니다.

마지막으로, IOT 플랫폼이란 기간간의 통신뿐만이 아니라 그것을 활용해서 다양한 서비스를 제공할 수 있도록 하는 것이지요. 그리고 우리나라 전체에서 쓰고 있는 IOT 오픈 플랫폼을 KETI가 만들어서 무료로 제공하고 있습니다. 그래서 이런 4가지 기술이 KETI의 대표적인 기술이 아닐까 생각합니다.

**Q** 부원장님께서 HDTV 기술을 말씀하시니, 궁금한 점이 있습니다. 사실 80년대 일본이 TV와 같은 가전 쪽은 전세계적으로 선진 기술을 가지고 있었는데, 디지털화가 늦어져서 가전의 주도권이 한국으로 넘어왔다는 이야기들을 많이 합니다. 이것이 HDTV 기술과 연관이 있는지요? .

일본은 SONY를 중심으로 국제 표준을 리드하는 형태였습니다. 즉, 자국주의가 상당히 컸던 것이지요. 사실 현재 일본은 휴대폰을 만드는 기업도 없는데 거기에는 다 이유가 있습니다. 예를 들어서 과거 우리나라는 CDMA 시장과 GSM 시장을 둘 다 공략하기 위해서 CDMA도 개발을 하고 GSM도 개발을 했습니다. 왜냐하면 CDMA는 국내에서 사용해야만 했고, GSM은 수출을 하기 위해서 개발을 했던 것이지요. 즉, 우리나라는 글로벌 표준에 같이 들어가서 작업을 했고, 오히려 지금은 우리 나라가 글로벌 표준을 상당히 선도하는 입장이 되었지요. 그런데 TV가 아날로그에서 디지털로 넘어오는 그 시점에 소니는 고유의 자기 표준을 계속 주장을 했던 거예요. 왜냐하면 그 당시에는 전자산업 전 세계 1위가 일본이었기 때문에 미국도 뭐라고 얘기를 못 할 상황이었어요. 그런데 일본이 자기 나라의 고유 표준이 세계 표준이 될 거라는 자신감이 너무 컸죠. 즉, 일본이 자국의 표준을 너무 고집을 하다 보니까 기술이 사장이 되는 그런 상황이 되었습니다. 아무리 TV의 전세계 시장점유율 1위가 일본이라고 해도, 표준이나 기술의 1위는 사실 미국입니다. 그래서 일본이 전세계 기술 1위라는 미국의 선도적인 입장을 시장 점유율 1위라는 것으로 뛰어넘으려고 했지만 그것이 잘 안된 것이라고 생각합니다.

또 다른 이유는, 제 개인적인 주장이기는 합니다만, 제니스(Zenith)라고 미국에서 전세계 1호 TV를 만든 회사의 특허를 LG가 다 인수했습니다. 이것은 TV에 관련된 과거부터 아직 현실화 되지 않은 미래의 기술과 관련 된 여러가지 특허들을 우리가 산 격이지요. 저는 그것이 우리나라 가전 산업을 발전시키는데 크게 기여하지 않았을까 생각하고 있습니다.

**Q** 부원장님께서 아까 스마트 팩토리를 언급하셨는데, 스마트 팩토리의 핵심 기술은 공장자동화를 의미하는 것일까요?.

그것은 아니지요. 공장자동화는 지금까지 공장에서 해 오던 생산라인의 일부에 로봇을 투입하여 소프트웨어를 이용해서 사람의 손으로 할 일을 기계가 대체하는 것이지요. 스마트 팩토리는 앞으로 일어날 일, 지금까지 생산 해보지 않은 것을 가상으로 생산할 수 있는 것을 말합니다.

다른 예를 들어서 말씀드리면 A라는 생산 단계에서 B라는 다음 생산 단계로 자동으로 넘어가도록 하는 것은 단순 공장자동화이고, 스마트 팩토리는 생산 단계를 이동하거나 장비와 장비 사이를 이동할 때, 통신이나 5G와 같은 이동통신, 기타 다른 방식을 이용해서 장비와 장비를 연결 시킨다든가, 장비끼리 서로 데이터를 주고받는 것이지요. 또 다른 예는, 최근 디지털 트윈이라든가 가상 공장같은 개념이 많이 알려져 있는데, 스마트 팩토리는 생산자가 지금까지 생산 해보지 않은 제품을 어떤 형태로 만들고 어떤 형태로 조립을 하는 것이 최적일지를 실제 만들어보지 않고도 알 수 있다는 장점이 있습니다.

사실 지금까지는 생산자가 본인이 원하는 생산품을 실제로 만들어 봐야 되는데 이를 위해서 많은 비용을 소모하게 됩니다. 그런데 스마트 팩토리를 이용하면 가상으로 실제와 똑같은 형태의 공장을 만들 수 있습니다. 메타버스와 비슷한 개념의 가상 공간을 만드는 것이지요. 그 안에서 생산품의 크기, 특성들을 input 값으로 넣고 이런 것을 생산할 때 어떻게 생산라인을 설계하는 것이 최적일지를 계속 시뮬레이션을 해 보는 것입니다. 이러한 작업은 돈이 들어가는 것이 아니기 때문에 시뮬레이션을 계속 해 보는 것이 가능하고, 그러면서 점점 생산품 생산에 대한 데이터가 계속 쌓이게 됩니다. 그렇게 되면 인공지능이 생산에 최적화된 공장 라인을 판단하고 사용자에게 제공을 하게 되면 그것에 맞게끔

공장 라인을 설계하고 그 운영 방안을 따르면 됩니다.

또한 향후에는 공장 생산에 필수적으로 필요한 사람의 작업을 도와주는 '협업로봇' 도입도 필연적이 될 것이라고 예상하고 있습니다. 이러한 공장자동화와 협업로봇의 도입 등도 스마트 팩토리의 영역이라고 생각하고 있습니다.

**Q** 최근 테슬라가 생산에 사람의 인력을 최소화하기 위하여 자동차 구조 자체를 로봇 조립이 가능하게 바꾼다는 기사를 보았습니다. 그럼 테슬라는 스마트팩토리를 성공적으로 도입한 기업이라고 보아도 될런지요?

사실 저는 테슬라가 약간은 실패했다고 보고 있습니다. 물론 공장 자동화와 스마트팩토리 라는 개념에서 보면 테슬라가 스마트팩토리 쪽으로 더 많이 가 있기는 합니다. 그러나 최종적으로 출시된 테슬라의 자동차는 기존 회사들의 차량보다 완성도가 떨어집니다. 차량의 완성도를 높이기 위해서는 반드시 사람이 조립해야 하는 부분이 있고, 이런 부분을 사람과 협업할 수 있는 협업 로봇을 도입하던가 했어야 하는데 너무 로봇 제조만을 이용하는 오기를 부려서 최종 조립과정을 소홀히 한 것이 아닌가라고 생각이 됩니다.

**Q** 우리나라가 여러 수출품이 있지만, 기본적으로 제조업 기반의 국가이지 않겠습니까? 그렇다면 우리나라 산업에 진짜 필요한 것은 스마트 팩토리를 잘 활용하는 것이 국가 경쟁력을 높일 수 있는 방안이 되지 않을까요?

그 생각에 동의합니다. 아시다시피 우리나라가 제조업 강국이었는데, 우리나라의 인건비가 올라가면서 제조업의 중심이, 중국, 베트남, 최근에는 라오스 등 다른 나라로 생산기지가 이동하고 있습니다. 그러니 우리나라 기업들의 생산 공장을 계속 인건비가 싼 국가로 이동시킬 것이 아니라, 지금 말씀드린 디지털트윈, 협업로봇 등을 활용한 스마트팩토리란 개념을 도입하면 우리 나라의 똑똑한 소수의 인력 만으로도 생산이 가능하게 됩니다. 특히 우리나라의 경우 인구가 줄고 있지 않습니까? 따라서 생산공장이 해외에 존재하는데 따른 여러가지 물류비용 기타 등등을 고려하면 향후에는 생산공장이 한국으로 귀환하는 것도 충분히 가능하다고 생각합니다.

## KETI가 원하는 인재는 어떤 모습일까요?

**Q** KETI는 석사 이상의 학위를 소지한 학생만 지원이 가능한가요?

네, 석사 이상의 학위는 필수적입니다. 물론 예외적인 조항이 있을 수는 있습니다. 학사 학위 소지자가 특정 연구 분야에서 상당히 뛰어나서 상당한 업적을 가지고 있거나, 아니면 능력에 대한 객관적인 검증이 되면 학사 출신도 들어올 수는 있습니다. 그러나 원칙적으로는 이제 석사 이상을 채용하려고 하고 있습니다.

**Q** 석사와 박사 비율이 어느정도인지요?

박사의 비율이 66-67% 정도인 것으로 알고 있습니다.



**Q** 최근 학생들의 대학원 진학 기피 성향이 뚜렷한데 본부장님께서 생각하시는 주요 원인이 무엇이라고 생각하시는지요?



저도 대학원 생활을 해 봤지만 일단은 자기 시간이 별로 없죠. 자기 연구 외에도 교수님을 도와 드리는 일이라던가, 여러가지 복합적인 일을 하게 되니, 사실 힘들긴 합니다. 그런 이유도 있기는 하지만 다른 한편으로는 최근의 젊은 분들은 내가 노력한 만큼의 결과를 빨리 빨리 피드백 받고 싶어하는 것 같습니다. 지금 우리 사회는 학사만 졸업해도 바로 사회에 나가서 여러 기업에 충분히 취직해서 수입을 가질 수 있는데, 석사 2년을 하면 다시 자기 돈을 또 들어야 되는 상황이 됩니다. 그런데 이렇게 2년을 더 공부해서 '내가 석사를 받는다고 더 높은 위치에 가는 것이 그렇게 쉬울까? 석사 한 다음에 기업체에 취직하는 것이 더 쉬운가?'라는 고민을 하는 것 같습니다. 이런 것을 생각하면 빠르게 피드백이 오는 것은 학사 졸업하고 바로 기업체 취직하고 무엇든 하는 것이 빠르다고 생각을 하는 것 같습니다.

그런데 제 생각에는, 자기가 할 수 있는 일의 한계치가 1에서 100이 있다고 한다면, 학부를 졸업하고 자기 능력으로 100까지를 다 할 수 있는 사람은 그렇게 많지 않다고 봅니다. 열심히 노력해도 70% 정도라고 생각합니다. 이럴 때 사람의 능력을 100%까지 올릴 수 있는 방법은 자기가 좋아하고자 하는 분야를 더 공부하는 것이라고 생각하고 심지어, 100%를 넘어서 그 위까지 120% 까지도 충분히 갈 수 있거든요. 이런 과정을 거치면 본인의 성취도뿐만 아니라 높은 월급까지도 같이 따라올 수 있다고 생각이 됩니다.

다른 관점에서 제가 우려되는 것은 우리나라 발전의 힘은 우수한 인력밖에 없는데 우리나라 학생들이 학부 졸업하고 그 한계치의 일만 하고 있으면, 나중에는 해외 인력들이 일반 한국 엔지니어의 위치를 점령할 것이라는 점입니다. 예를 들어서 베트남 학생들이 최근에 한국에서 석사, 박사 학위를 하고 한국 기업에 취업을 많이 하고 있습니다. 그리고 반대로 베트남에 가서 한국 기업들이 베트남 개발 인력들에게 프로젝트도 많이 주기도 하는 등 이렇게 세상이 바뀌고 있거든요. 그러면 해외 연구자들은 석사, 박사 출신이고 우리나라 학생들은 학부 출신인데 그러면 업무를 지시하는 사람이 누가 되겠어요. 나중에 가면은 해외 엔지니어들이 우리나라 엔지니어에게 업무를 지시하는 상황이 될 수도 있습니다. 이런 상황도 잘 생각해야 됩니다.

**Q** 그렇다면 이런 현상을 개선하기 위해 산학연이 어떤 노력을 해야한다고 생각하시나요?

상당히 어려운 질문입니다. 이 질문의 답변을 알면 제가 교육부 장관이 되지 않았을까요? (웃음) 현재 KETI는 석박사와 관련된 학연 프로그램도 하고 있고 위촉 연구원들이 석박사 과정에 들어가서 같이 연구도 하고 있습니다. 그런데 같이 일을 하다보면, 학부, 석사, 박사과정 학생들이 연구를 할때 과정에 따른 그 한계가 확실히 보입니다. 따라서 우리는 KETI와 협업을 하는 학생들이 스스로 좀 더 노력을 함으로써 내가 성취할 수 있는 한계치가 올라간다는 것을 알도록 유도를 하고 있습니다. 저희는 위촉 연구원이 들어오면 '공부 좀 더 해라'라고 유도도 하고 조언도 해 주고 앞으로의 진로에 대해서 상담도 해 주고 있습니다. 연구소는 이런 방식으로 석박사 인력이 늘어나도록 도와주는 역할을 해야 될 것이라고 생각이 됩니다.

다음으로 기업들이 지금과는 약간 생각을 달리 해야 될 것 같아요. 젊은 세대들의 성향에 대한 분석이 사실 아직도 제 나이 또래 분들의 눈높이에 맞춰져 있어요. 기업에서 그것이 안 돼 있으니까 신입사원들이 직장을 조금 다니다가 나가는 일이 반복되고 있습니다. 그런데 이런 학부생이 이렇게 직장을 조금 다니다 나가고 다니다 나가면, 사실 그 사람

은 경력이 없는 것이예요. 그런데 앞으로 100세는 충분히 산다고 하니 젊은 세대가 일 할 수 있는 시기는 길어지는데 젊은 친구들이 자기 인생에 있어서 경력을 쌓아야 할 시기를 잘 돌봐주기 위해서 기업에서도 고민을 좀 더 해야 되지 않을까 생각합니다. 참 어렵고 답이 없는 문제이기도 합니다.

### **Q** KETI의 입사 경쟁률은 어느 정도인지요?

경쟁률은 항상 00:1 은 됩니다. 그런데 연구소에서 너무 세밀하게 인력채용을 요청하는 경우에는 경쟁률이 낮은 분야가 있어요. 특정 연구 분야는 그 일을 하는 분이 와야 하는데 그런 경우를 제외하고 경쟁률은 항상 높은 편입니다. 최근에는 대기업에서 더 많이 이직을 하는 것 같아요.

### **Q** 그렇다면 사기업에 있던 연구자들이 KETI로의 이직을 선호는 이유는 무엇일까요?

그 질문은 제가 최종 면접자이기 때문에 입사 면접 때 항상 물어봅니다. (웃음) 사실 대기업에서 인센티브를 받으면 KETI보다 급여가 많을 수 있는데 왜 KETI를 오려고 하나고 물어보면 아까 제가 말했던 내용과 비슷합니다. 연구자가 석사 이상 공부한 다음에는 자기가 해보고 싶은 연구 주제들이 생기는데, 대기업에서는 특정 업무를 지정해 주더라는 것이지요. 그래서 연구자가 그 특정 업무를 끝낸 다음에는 다른 주제로 연구를 하고 싶은데 자신이 했던 업무의 다음 버전을 또 하게 되더라는 것이지요. 물론 특정 업무의 전문가가 되니까 좋을 수는 있지만, 사실 어떻게 보면 그것이 약간 문제 될 수도 있거든요. 연구자들은 어떤 주제로 연구를 하다 보면 관련 주제로 다른 연구도 해보고 싶고, 새로운 것도 만들고 싶은데 대기업에서는 그런 것이 어려운 것이지요.

또 다른 관점에서는 KETI 같은 경우에는 논문 발표를 하기 위해 해외출장을 가야한다면 언제든지 갈 수 있도록 지원하고 있습니다. 그런 측면에서는 KETI는 자기가 하고 싶은 일을 하면서 꿈을 펼칠 수 있는 그런 직장입니다. 내가 정말 말 대기업 가서 돈 많이 벌고 임원 한번 되야지 하는 사람들은 당연히 기업체 가기는 하지만, 기업체를 3년에서 5년 정도 경험해 본 경력자들이 KETI에 많이 지원을 합니다.

### **Q** 최근 부원장님께서 이공계에 인공지능 교육을 기본으로 적용해야 한다는 말씀을 하셨는데, 전자공학의 다양한 분야에 인공지능이 미치는 영향, 그리고 이공계 전반에 인공지능이 미치는 영향이 무엇이라고 생각하시는지 궁금합니다.



최근에는 전자공학에서 인공지능을 빼놓고 이야기를 할 수 없을 정도입니다. 아까 말씀드린 스마트팩토리나 기타 자율주행차나 스마트폰, 가전기기등에 인공지능이 모두 도입되고 있습니다. 따라서 우리의 모든 생활에 좀 더 편의를 주고, 편리하게 만드는 그런 측면에서 인공지능은 기본적으로 모든 전자기기에 도입되어야 한다고 생각합니다. 왜 꼭 인공지능을 해야만 하냐는 질문을 주셨는데, 기본적으로 사회가 요구하고 세상이 요구하는 방향성이 있지 않겠습니까? 그런 방향성 측면에서 앞으로는 자기 스스로가 할 수 있

는 것도 있지만 우리 사회가 다른 기술의 도움을 받아서 조금 더 편하고 조금 더 안전한 사회로 갈 수 있으므로, 기본적으로 인공지능을 꼭 배워야 되는 것 같습니다. 따라서 모든 산업분야에서 당연히 인공지능이 접목 되어서 연구가 진행되어야 하지 않을까 생각합니다.

**Q** 그렇다면 인공지능 관련 교육이 어느정도 학년의 학부생들에게 실시되는 것이 적절하다고 생각하시는지요?

만약에 학부생들에게 교육을 한다면, 저는 한 3-4학년 정도가 적당하다고 생각합니다. 그때 인공지능의 맛을 볼 수 있는 이론이나 실험 학습을 진행해서 이후 사회나 대학원에 갔을 때 바로 적용할 수 있는 인공지능 입문 교육은 충분히 시행되어야 한다고 생각합니다. 즉, 모든 이공계 학생들에게는 인공지능의 응용법을 익히는 필수 교양 정도 교과목으로라도 모두가 교육을 받으면 좋겠다 싶습니다. 대학원생들의 경우 인공지능의 다양한 기본적인 키트나 프로그램들을 운용할 수 있어야 되겠지요.

**Q** 최근 다양한 공학 분야의 인력양성이 중요하다고 많은 곳에서 이야기하고 있습니다. 부원장님께서 생각하시기에 어떤 분야의 학생들을 중점적으로 교육을 시켜야 된다고 생각하십니까?

저는 기본적으로 인공지능을 포함한 소프트웨어 계열 교육의 중요성이 크다고 생각합니다. 즉, 공대에서는 소프트웨어 교육을 기본적으로 시켜야 한다고 생각합니다. 물론 소프트웨어 원천 이론 관련 교육이 아닌 소프트웨어 응용 교육을 말하는 것입니다. 그리고 어떤 분야의 인력양성을 해야 되냐고 물어보시면 그것은 답변이 쉽지 않은 질문인 것 같습니다. 모든 분야가 다 필요한 거 같습니다. 그런데 최근에 반도체학과 등을 만들면서 물리학과, 화학과, 수학과와 규모가 줄어들고 있지 않습니까? 하지만 이렇게 되면, 사실 기초가 없어지는 것이거든요. 즉, 모래 위에다 집을 짓는 것과 똑같은 상황이 되는 것이기 때문에, 기초과학 분야의 규모를 줄이기 보다는, 거꾸로 자연과학 학생들에게 이러한 교육을 접할 수 있는 기회를 주는 것이 어떨까 라는 생각이 듭니다. 그래서 기본적인 기초 학문에 대한 지식을 갖고 있는 친구들이 인공지능이나 반도체 관련 교육을 받을 수 있도록 한다면, 오히려 훨씬 나을 것이라고 생각합니다.

그리고 저도 반도체를 전공했는데 '반도체'가 좋다, 나쁘다라고 평가하는 시기는 이미 지났다고 봅니다. 과거에는 반도체가 어느 특정 몇몇 제품에 일부 사용되는 부품이었는데, 지금은 모든 산업에 다 사용이 되고 있습니다. 그래서 인력양성 중 반도체 분야에 대한 얘기가 구체적으로 나올 수 있는 것입니다. 또 다른 이유는 우리나라가 그나마 반도체에서 강점을 가지고 있기 때문입니다. 우리가 강점을 갖고 있고 미래 전망이 상당히 크다면 당연히 그 산업에 집중 해야 되기 때문입니다. 그러므로 인력양성에서 반도체가 빠지면 안 된다는 생각에는 공감합니다.

## KETI 부원장으로서의 일상은 어떤 모습일까요?

**Q** 부원장님께서 생각하시는 이상적인 산학연의 관계는 어떠하고, 그 중에서 특히 연구원의 역할은 무엇이라고 생각하시나요?

먼저 대학에서는 인력양성은 기본으로 수행할 뿐만 아니라, 산업의 기반이 되는 가장 기초적인 원천기술에 대한 핵심 연구는 대학에서 진행이 되어야 한다고 생각합니다. 물론 KIST에서도 기초 연구를 하기는 하지만, KIST는 국가에



서 필요한 특정 연구 분야를 집중적으로 연구하는 특수한 케이스 입니다. 그래서 저는 산학연이 기술을 개발할 때 연구원과 대학이 먼저 연구를 진행하는 것이 좋다고 생각합니다. 저는 KETI에서 연구 프로젝트를 진행할 때, 그 프로젝트에 대학이 어느정도 참여를 하고 협업을 할 계획인지를 미리 확인을 합니다. 연구원과 대학교가 같이 협업으로 연구를 진행하는 것이 중요한 이유는, 사실 연구원은 산업과의 중간다리 위치에 있기 때문에 이론적인 측면에서 놓치는 이슈들이 많습니다. 따라서 대학에서 프로젝트를 같이 진행하면, 대학이 이론적으로 문제가 되거나 기본적으로 선행 해야 될 사안들 중 빠진 부분들은 채워주는 것이 가능합니다. 반면 KETI의 경우에는 상용화가 중심이기 때문에, 개발된 기술을 바로 기업에 이전하는 역할을 하고 있어서, 연구원과 기업의 역할은 어느정도 구분이 된다고 생각합니다.

물론 지금 현재 정부 사업을 따기 위해서 중첩되는 부분, 즉, 연구소와 대학, 대학과 기업, 기업과 연구소가 경쟁하는 관계도 있지만 그런 것은 절충점이 충분히 있다고 봅니다. 세 기관 모두 자기 고유의 영역은 분명히 있다고 생각하기 때문에, 그 중간다리 역할을 KETI같은 연구원이 당연히 해야 되겠죠.

**Q** 부원장님께서 현재 한국컴퓨터통신연구회, 반도체공학회, 한국방송미디어공학회 등 다양한 곳에서 활동하고 계시는 것으로 알고 있습니다. 어떤 계기로 이렇게 많은 곳에서 활동을 하게 되셨는지, 많은 업무를 하시기 위해 시간 관리를 어떻게 하시는지 궁금합니다.

저는 전공이 반도체 소자의 모델링이었어요. 그런데 박사는 RF 아날로그와 같은 통신쪽 IC 를 연구하게 되었지요. 그러다 보니까 통신을 자연스럽게 접하게 되었습니다. 제가 GSM 휴대폰 개발에 투입이 되었던 것도, 휴대폰 안에 들어가는 반도체 소자, 부품들이 여러가지가 있으니, 반도체도 했고 내부 회로 구성도 봐야 되지 않느냐는 이유에서였습니다. 이후 휴대폰에 들어가는 One-chip RF-IC를 개발하게 되면서 통신과 반도체를 묶게 되었습니다. 이후 제가 통신부품연구센터를 맡아서 하게 되었는데, 통신부품은 군사용, 이동통신용, 데이터 통신, IoT등 여러 분야로 확장되게 됩니다. 그런데 IoT를 하다보니까, 가전과 연관이 되고, 군과 일을 하다보니까 레이더나 국방 관련된 일을 하는 등 업무의 영역이 넓어졌죠.

그러다 미래창조과학부에서 민간 전문가를 뽑는다는 공고가 났어요. 그래서 제가 지원을 해서 40대 1이라는 경쟁률을 뚫고 디바이스 분야 민간전문가로 선출이 되었습니다. (웃음) 과거에는 CP, 지금은 PM이라고 하는 일을 하게 되었는데, 제가 맡은 분야가 ICT 디바이스(Device)라는 파트였어요. 그런데 디바이스가 좀 막연합니다. 반도체 하는 사람한테는 디바이스가 소자잖아요. 그런데 일반적으로 ICT 하는 사람들은 디바이스가 단말기 등을 이야기 하는 것이거든요. 그래서 제가 거기 가서 맡은 분야가 지능형반도체, 자율주행차, 3D 프린팅, 웨어러블디바이스, 무인 이동체까지 다섯개였습니다. 제가 처음에 지원을 할 때 그동안 어떤 연구들을 진행했는지를 설명했어야 했습니다. 그런데 과거에 제가 무인 이동체와 통신을 할 때, 그 안테나를 어떻게 설치하고, 거기에 칩을 어떻게 넣을까 하는 그런 연구를 한 적이 있습니다. 웨어러블디바이스는 제가 정부 사업에 참여를 해서 진행을 해본 경험이 있었고, 자율주행차는 과거 자동차용 레이더를 연구했었고요. 3D 프린팅은 과거 통신부품을 빨리 빨리 만들어서 테스트해 보기 위해서 3D 프린팅을 이용해 봤었지요. 그래서 심사를 받을 때 "제가 5가지 분야를 다 연구해 봤습니다"라고 발표를 했습니다. 그래서 제가 CP로 뽑혔던 것 같습니다. (웃음) 이렇게 다양한 분야로 연구를 하다보니, 여러 학회들과 인연을 맺게 된 것 같습니다.

그리고 일정관리의 경우, 저는 하루에 회의를 5-6개는 기본적으로 하는 것 같습니다. 일반적으로 8시에 출근을 해서 5시 30분에 퇴근을 합니다. 퇴근 이후에 학회활동과 같은 외부 업무를 하게 되는 것 같습니다. KETI가 근무 시간이 9시부터인데 1시간 먼저 출근해서 제가 써야 되는 문서나, 조정을 해야 될 사안 등을 정리하는 일들을 1시간 정도 하고 업무를 시작합니다.



**Q** 마지막으로 요새 20대들에게 가장 인기있는 키워드는 MBTI 입니다. 본부장님의 MBTI는 무엇인지요?

제가 핸드폰에 저장을 해 놓았지요. (웃음) 제 MBTI는 ESFJ 입니다.

〈감사의 글: '김교수'가 준비한 많은 질문들에 하나하나 세심하게 답변해주신 이규복 부원장님께 대한전자공학회를 대신하여 진심으로 감사드립니다.〉

## 통신 분야

### [ 통신 ]

- HF 채널에서 적응형 및 배치 블라인드 등화 알고리즘 성능 분석  
권순영, 김형남
- 재난 환경에서 무선랜 기반 드론 통신을 위한 MAC 프로토콜 성능 분석  
조준우, 김신구, 이충희, 이상필, 김재현
- 무선랜 기반 무인기를 위한 적응형 슬롯 길이 변조 매커니즘  
조준우, 김신구, 이충희, 이상필, 김재현

### [ 마이크로파 및 전파전파 ]

- 레이다 수신부용 적응형 바이어스 회로를 이용한 6 GHz 적응형 이득 저잡음 증폭기 설계  
남형석, 우규식, 서철현

## 반도체 분야

### [ 반도체 소자 및 재료 ]

- 심층신경망을 이용한 Nanowire FETs의 공정 조건 특성 예측  
하중현, 이경엽, 서민기, 방민지, 김태형, 김정식

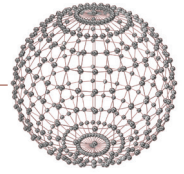
### [ 정보보안시스템 ]

- 비트연산자와 입력 위치 선택이 가능한 XAT(XOR-AND Transpose)-PUF에 관한 연구  
백창재, 박서현, 이정원, 선우경

### [ SoC 설계 ]

- 고집적 낸드 플래시 SSD의 수명 및 쓰기 성능 향상을 위한 BER 기반 하이브리드 파티션 기법  
최기재, 김정훈, 한태희





## 컴퓨터 분야

### [ 융합컴퓨팅 ]

- 자동 8자 직조가 가능한 알곤 용접토치 및 제어장치의 개발  
차형우

### [ 인공지능, 신경망 및 퍼지시스템 ]

- 65 적은 파라미터의 경량 이진 신경망 모델  
김능윤, 오선희, 김태환

## 인공지능 신호처리 분야

### [ 영상 신호처리 ]

- 발전설비제조공장의 작업 안전 유스케이스 분석을 통한 영상기반 안전관리기술 개발  
이용귀, 강현철, 임상규, 손지연, 공현중

## 시스템 및 제어 분야

### [ 지능로봇 ]

- 경로점 기반 자율주행 배달 로봇의 주행 안정성을 위한 GPS 모듈과 SLAM 모듈의 비교 연구  
김봉상, 남일진, 류제규, 문희창

## 산업전자 분야

### [ 신호처리 및 시스템 ]

- 잡음 제거를 위한 시공간 비지역적 평균 필터  
김영로

### [ 컴퓨터 응용 ]

- 건물 거주 만족도 설문 데이터 필터링 시스템 설계  
노태현, 이민구, 박용국, 정경권

## 2021년 추계종합학술대회 우수논문

- 스마트 헬스케어를 위한 실시간 혈압추정 웨어러블 시스템 개발  
이정철, 이재학, 김병수, 전석훈

# 국 내 외 학 술 행 사 안 내

국·내외에서 개최되는 각종 학술대회/전시회를 소개합니다.  
 게재를 희망하시는 분은 간략한 학술대회 정보를 이메일로 보내주시면 게재하겠습니다.  
 연락처: biz@theieie.org

## >>2023년 1월

| 일 자             | 학술대회명                                                                                                                         | 개최장소                                  | 홈페이지/연락처                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01.03. - 01.05. | 2023 International Conference on Power Electronics and Energy (ICPEE)                                                         | Bhubaneswar, India                    | <a href="https://kiit.ac.in/event/2nd-international-conference-on-power-electronics-and-energy-icpee-2023/">https://kiit.ac.in/event/2nd-international-conference-on-power-electronics-and-energy-icpee-2023/</a> |
| 01.03. - 01.05. | 2023 17th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM)                             | Seoul, Korea (South)                  | <a href="http://imcom.org/">http://imcom.org/</a>                                                                                                                                                                 |
| 01.03. - 01.08. | 2023 15th International Conference on COMMunication Systems & NETWORKS (COMSNETS)                                             | Bangalore, India                      | <a href="https://www.comsnets.org/">https://www.comsnets.org/</a>                                                                                                                                                 |
| 01.04. - 01.05. | 2023 International Multi-disciplinary Conference in Emerging Research Trends (IMCERT)                                         | Karachi, Pakistan                     | <a href="http://indus.edu.pk/imcert-2023/">http://indus.edu.pk/imcert-2023/</a>                                                                                                                                   |
| 01.05. - 01.07. | 2023 International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT)                  | Bengaluru, India                      | <a href="http://icoici.org/2023/">http://icoici.org/2023/</a>                                                                                                                                                     |
| 01.05. - 01.06. | 2023 Third International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies (ICAECT) | Bhilai, India                         | <a href="http://icaect.com/">http://icaect.com/</a>                                                                                                                                                               |
| 01.06. - 01.08. | 2023 6th World Conference on Computing and Communication Technologies (WCCCT)                                                 | Chengdu, China                        | <a href="http://www.wccct.org/">http://www.wccct.org/</a>                                                                                                                                                         |
| 01.06. - 01.08. | 2023 7th International Conference on Management Engineering, Software Engineering and Service Sciences (ICMSS)                | Wuhan, China                          | <a href="http://www.icmss.org/">http://www.icmss.org/</a>                                                                                                                                                         |
| 01.06. - 01.08. | 2023 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)                                                             | Las Vegas, Nevada, USA                | <a href="https://icce.org/2023/">https://icce.org/2023/</a>                                                                                                                                                       |
| 01.08. - 01.11. | 2023 IEEE 20th Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)                                                         | Las Vegas, Nevada, USA                | <a href="https://ccnc2023.ieee-ccnc.org/">https://ccnc2023.ieee-ccnc.org/</a>                                                                                                                                     |
| 01.08. - 01.12. | 2023 36th International Conference on VLSI Design and 22nd International Conference on Embedded Systems (VLSID)               | Hyderabad, India                      | <a href="https://vlsid.org/">https://vlsid.org/</a>                                                                                                                                                               |
| 01.10. - 01.12. | 2023 15th International Conference on Computer Research and Development (ICCRD)                                               | Hangzhou, China                       | <a href="http://www.iccrd.org/index.html">http://www.iccrd.org/index.html</a>                                                                                                                                     |
| 01.11. - 01.14. | 2023 International Conference on Information Networking (ICOIN)                                                               | Bangkok, Thailand                     | <a href="http://www.icoin.org/main.php">http://www.icoin.org/main.php</a>                                                                                                                                         |
| 01.13. - 01.15. | 2023 11th International Conference on Nano and Materials Science (ICNMS)                                                      | Singapore, Singapore                  | <a href="http://www.icnms.org/">http://www.icnms.org/</a>                                                                                                                                                         |
| 01.15. - 01.18. | 2023 IEEE Conference on Advances in Magnetism (AIM)                                                                           | Moena, Italy                          | <a href="https://www.aim2023.com/">https://www.aim2023.com/</a>                                                                                                                                                   |
| 01.15. - 01.20. | 2023 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT)                                         | Washington, District of Columbia, USA | <a href="https://ieee-isgt.org/">https://ieee-isgt.org/</a>                                                                                                                                                       |
| 01.16. - 01.19. | 2023 28th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC)                                                       | Tokyo, Japan                          | <a href="https://www.aspdac.com/aspdac2023/">https://www.aspdac.com/aspdac2023/</a>                                                                                                                               |
| 01.16. - 01.18. | 2023 Future of Educational Innovation-Workshop Series Data in Action: Digital Ecosystem and Emerging Tools for Education      | Monterrey, Mexico                     | <a href="https://educationalinnovation2023.mx/">https://educationalinnovation2023.mx/</a>                                                                                                                         |

| 일 자             | 학술대회명                                                                                                                      | 개최장소                        | 홈페이지/연락처                                                                                            |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01.18. - 01.20. | 2023 Third International Symposium on Instrumentation, Control, Artificial Intelligence, and Robotics (ICA-SYMP)           | Bangkok, Thailand           | <a href="https://ica-symp-2023.ecti-thailand.org/">https://ica-symp-2023.ecti-thailand.org/</a>     |
| 01.19. - 01.20. | 2023 13th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)                             | Noida, India                | <a href="https://www.amity.edu/aset/confluence2023/">https://www.amity.edu/aset/confluence2023/</a> |
| 01.19. - 01.20. | 2023 3rd International Conference on Intelligent Communication and Computational Techniques (ICCT)                         | Jaipur, India               | <a href="https://icct.co.in/">https://icct.co.in/</a>                                               |
| 01.19. - 01.20. | 2023 IEEE 7th Global Electromagnetic Compatibility Conference (GEMCCON)                                                    | Nusa Dua, Indonesia         | <a href="http://www.gemcon2023bali.org/">http://www.gemcon2023bali.org/</a>                         |
| 01.20. - 01.21. | 2023 International Conference on Computer, Electrical & Communication Engineering (ICCECE)                                 | Kolkata, India              | <a href="http://iccece.com/">http://iccece.com/</a>                                                 |
| 01.20. - 01.22. | 2023 International Conference for Advancement in Technology (ICONAT)                                                       | Goa, India                  | <a href="http://iconat.org/">http://iconat.org/</a>                                                 |
| 01.20. - 01.21. | 2023 5th Biennial International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE)                                  | Navi Mumbai, India          | <a href="http://www.icnte.fcrit.ac.in/">http://www.icnte.fcrit.ac.in/</a>                           |
| 01.20. - 01.21. | 2023 Advanced Computing and Communication Technologies for High Performance Applications (ACCTHPA)                         | Ernakulam, India            | <a href="http://accthp.fisat.ac.in/">http://accthp.fisat.ac.in/</a>                                 |
| 01.22. - 01.25. | 2023 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS)                                                                               | Las Vegas, Nevada, USA      | <a href="https://www.radiowirelessweek.org/">https://www.radiowirelessweek.org/</a>                 |
| 01.22. - 01.25. | 2023 100th ARFTG Microwave Measurement Conference (ARFTG)                                                                  | Las Vegas, Nevada, USA      | <a href="https://www.arftg.org/">https://www.arftg.org/</a>                                         |
| 01.22. - 01.25. | 2023 IEEE Topical Conference on RF/Microwave Power Amplifiers for Radio and Wireless Applications (PAWR)                   | Las Vegas, Nevada, USA      | <a href="https://www.radiowirelessweek.org/">https://www.radiowirelessweek.org/</a>                 |
| 01.22. - 01.25. | 2023 IEEE Space Hardware and Radio Conference (SHaRC)                                                                      | Las Vegas, Nevada, USA      | <a href="https://www.radiowirelessweek.org/">https://www.radiowirelessweek.org/</a>                 |
| 01.22. - 01.25. | 2023 IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks (WiSNet)                                              | Las Vegas, Nevada, USA      | <a href="https://www.radiowirelessweek.org/">https://www.radiowirelessweek.org/</a>                 |
| 01.22. - 01.25. | 2023 IEEE 23rd Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF)                              | Las Vegas, Nevada, USA      | <a href="https://www.radiowirelessweek.org/">https://www.radiowirelessweek.org/</a>                 |
| 01.23. - 01.26. | 2023 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)                                                               | Orlando, Florida, USA       | <a href="https://rams.org/">https://rams.org/</a>                                                   |
| 01.23. - 01.25. | 2023 5th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)                                       | Tirunelveli, India          | <a href="http://icssit.com/2023/">http://icssit.com/2023/</a>                                       |
| 01.23. - 01.25. | 2023 IEEE Applied Sensing Conference (APSCON)                                                                              | Bengaluru, India            | <a href="https://2023.ieee-apscon.org/">https://2023.ieee-apscon.org/</a>                           |
| 01.24. - 01.25. | 2023 International Conference on Frontiers of Engineering and Applied Sciences (ICFEAS)                                    | Taxila, Pakistan            | <a href="https://icfeas.org/">https://icfeas.org/</a>                                               |
| 01.26. - 01.27. | 2023 International Conference On Cyber Management And Engineering (CyMaEn)                                                 | Bangkok, Thailand           | <a href="http://cymaen.org/">http://cymaen.org/</a>                                                 |
| 01.27. - 01.29. | 2023 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Communication (AISC)                                    | Greater Noida, India        | <a href="https://www.glbitm.org/aisc-23/">https://www.glbitm.org/aisc-23/</a>                       |
| 01.27. - 01.28. | 2023 International Conference on Intelligent and Innovative Technologies in Computing, Electrical and Electronics (IITCEE) | Bengaluru, India            | <a href="http://iitcee-conference.org/index.html">http://iitcee-conference.org/index.html</a>       |
| 01.27. - 01.29. | 2023 International Conference on Machine Intelligence for GeoAnalytics and Remote Sensing (MIGARS)                         | Hyderabad, India            | <a href="https://migars.org/">https://migars.org/</a>                                               |
| 01.29. - 01.31. | 2023 IEEE 3rd International Conference on Power, Electronics and Computer Applications (ICPECA)                            | Shenyang, China             | <a href="http://www.icpeca.org/">http://www.icpeca.org/</a>                                         |
| 01.30. - 02.01. | 2023 18th Wireless On-Demand Network Systems and Services Conference (WONS)                                                | Madonna di Campiglio, Italy | <a href="http://2023.wons-conference.org/">http://2023.wons-conference.org/</a>                     |



| 일 자             | 학술대회명                                                                                                                                                    | 개최장소                            | 홈페이지/연락처                                                                                        |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 02.01. - 02.03. | 2023 Fourth International Symposium on 3D Power Electronics Integration and Manufacturing (3D-PEIM)                                                      | Miami, Florida, USA             | <a href="http://www.3d-peim.org/">http://www.3d-peim.org/</a>                                   |
| 02.01. - 02.03. | 2023 IEEE 17th International Conference on Semantic Computing (ICSC)                                                                                     | Laguna Hills, California, USA   | <a href="https://www.ieee-icsc.org/">https://www.ieee-icsc.org/</a>                             |
| 02.02. - 02.04. | 2023 9th International Conference on Mechatronics and Robotics Engineering (ICMRE)                                                                       | Shenzhen, China                 | <a href="http://www.icmre.org/">http://www.icmre.org/</a>                                       |
| 02.02. - 02.04. | 2023 Third International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy (ICAIS)                                                                  | Coimbatore, India               | <a href="http://icaise.in/2023/">http://icaise.in/2023/</a>                                     |
| 02.03. - 02.04. | 2023 International Conference on Intelligent Systems, Advanced Computing and Communication (ISACC)                                                       | Silchar, India                  | <a href="http://www.isacc.in/">http://www.isacc.in/</a>                                         |
| 02.07. - 02.09. | 2023 IEEE 2nd International Conference on AI in Cybersecurity (ICAIC)                                                                                    | Houston, Texas, USA             | <a href="https://icaic.gyancity.com/">https://icaic.gyancity.com/</a>                           |
| 02.08. - 02.10. | 2022 OPJU International Technology Conference on Emerging Technologies for Sustainable Development (OTCON)                                               | Raigarh, Chhattisgarh, India    | <a href="http://www.opjuieeeotc.in/">http://www.opjuieeeotc.in/</a>                             |
| 02.08. - 02.09. | 2023 8th International Conference on Technology and Energy Management (ICTEM)                                                                            | Mazandaran, Babol, Iran         | <a href="http://ictem.ir/">http://ictem.ir/</a>                                                 |
| 02.10. - 02.11. | 2023 11th International Conference on Internet of Everything, Microwave Engineering, Communication and Networks (IEMECON)                                | Jaipur, India                   | <a href="https://iemecon2023.uem.edu.in/?post=203">https://iemecon2023.uem.edu.in/?post=203</a> |
| 02.10. - 02.12. | 2023 2nd International Conference on Mechatronics and Electrical Engineering (MEEE)                                                                      | Abu Dhabi, United Arab Emirates | <a href="http://www.meee.org/">http://www.meee.org/</a>                                         |
| 02.10. - 02.12. | 2023 9th International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA)                                                                       | Abu Dhabi, United Arab Emirates | <a href="http://www.icara.us/">http://www.icara.us/</a>                                         |
| 02.10. - 02.11. | 2023 International Conference on Recent Trends in Electronics and Communication (ICRTEC)                                                                 | Event Format: Virtual           | <a href="http://nie.ac.in/icrtec22/index.html">http://nie.ac.in/icrtec22/index.html</a>         |
| 02.10. - 02.11. | 2023 IEEE 3rd International Conference on Technology, Engineering, Management for Societal impact using Marketing, Entrepreneurship and Talent (TEMSMET) | Mysuru, India                   | <a href="https://www.temsmetviet.com/">https://www.temsmetviet.com/</a>                         |
| 02.10. - 02.12. | 2023 International Conference on Power, Instrumentation, Energy and Control (PIECON)                                                                     | Aligarh, India                  | <a href="http://www.piecon2023.org/">http://www.piecon2023.org/</a>                             |
| 02.11. - 02.12. | 2023 4th International Conference on Innovative Trends in Information Technology (ICITIIT)                                                               | Kottayam, India                 | <a href="http://icitiit23.iitkottayam.ac.in/">http://icitiit23.iitkottayam.ac.in/</a>           |
| 02.13. - 02.14. | 2023 IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC)                                                                                                       | College Station, Texas, USA     | <a href="https://tpec.engr.tamu.edu/">https://tpec.engr.tamu.edu/</a>                           |
| 02.13. - 02.16. | 2023 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)                                                                             | Jeju, Korea (South)             | <a href="http://www.bigcomputing.org/">http://www.bigcomputing.org/</a>                         |
| 02.15. - 02.18. | 2023 27th International Conference on Information Technology (IT)                                                                                        | Zabljak, Montenegro             | <a href="http://www.it.ac.me/eng/">http://www.it.ac.me/eng/</a>                                 |
| 02.19. - 02.22. | 2023 25th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)                                                                          | Pyeongchang, Korea (South)      | <a href="https://icact.org/">https://icact.org/</a>                                             |
| 02.20. - 02.22. | 2023 4th International Conference on Advancements in Computational Sciences (ICACS)                                                                      | Lahore, Pakistan                | <a href="http://sites.uol.edu.pk/icacs23/">http://sites.uol.edu.pk/icacs23/</a>                 |
| 02.20. - 02.23. | 2023 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)                                                                     | Dubai, United Arab Emirates     | <a href="https://hct.ac.ae/en/events/aset-2022/">https://hct.ac.ae/en/events/aset-2022/</a>     |
| 02.20. - 02.22. | 2023 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)                                                                         | Honolulu, Hawaii, USA           | <a href="http://www.conf-icnc.org/2023/">http://www.conf-icnc.org/2023/</a>                     |
| 02.20. - 02.23. | 2023 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC)                                                      | Bali, Indonesia                 | <a href="http://icaic.org/">http://icaic.org/</a>                                               |
| 02.20. - 02.22. | 2023 11th International Winter Conference on Brain-Computer Interface (BCI)                                                                              | Gangwon, Korea (South)          | <a href="https://brain.korea.ac.kr/bci2023/">https://brain.korea.ac.kr/bci2023/</a>             |

| 일 자             | 학술대회명                                                                                                | 개최장소                     | 홈페이지/연락처                                                                                        |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 02.21. - 02.24. | 2023 15th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST)                           | Phuket, Thailand         | <a href="http://kst.buu.ac.th/2023/">http://kst.buu.ac.th/2023/</a>                             |
| 02.22. - 02.24. | 2023 Fifth International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)  | Erode, India             | <a href="http://icecct.com/">http://icecct.com/</a>                                             |
| 02.22. - 02.24. | 2023 15th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART)                    | Lisbon, Portugal         | <a href="https://icaart.scitevents.org/">https://icaart.scitevents.org/</a>                     |
| 02.23. - 02.26. | 2023 National Conference on Communications (NCC)                                                     | Guwahati, India          | <a href="https://event.iitg.ac.in/ncc2023/">https://event.iitg.ac.in/ncc2023/</a>               |
| 02.23. - 02.25. | 2023 7th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)               | Erode, India             | <a href="http://iccmcc.com/2023/">http://iccmcc.com/2023/</a>                                   |
| 02.23. - 02.25. | 2023 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)           | Chittagong, Bangladesh   | <a href="https://webs.cuet.ac.bd/ecce/">https://webs.cuet.ac.bd/ecce/</a>                       |
| 02.24. - 02.26. | 2023 IEEE 2nd International Conference on Electrical Engineering, Big Data and Algorithms (EEBDA)    | Changchun, China         | <a href="http://www.eebda.org/">http://www.eebda.org/</a>                                       |
| 02.24. - 02.26. | 2023 9th International Conference on Electrical Engineering, Control and Robotics (EECR)             | Wuhan, China             | <a href="http://eegr.org/index.html">http://eegr.org/index.html</a>                             |
| 02.24. - 02.26. | 2023 IEEE 6th Information Technology,Networking,Electronic and Automation Control Conference (ITNEC) | Chongqing, China         | <a href="http://www.itnec.org/">http://www.itnec.org/</a>                                       |
| 02.24. - 02.25. | 2023 IEEE International Conference on Integrated Circuits and Communication Systems (ICICACS)        | Raichur, India           | <a href="https://icicacs.in/index.php">https://icicacs.in/index.php</a>                         |
| 02.24. - 02.26. | 2023 International Conference on Power Energy Systems and Applications (ICoPESA)                     | Nanjing, China           | <a href="https://icicacs.in/index.php">https://icicacs.in/index.php</a>                         |
| 02.25. - 02.27. | 2023 13th International Conference on Power, Energy and Electrical Engineering (CPEEE)               | Tokyo, Japan             | <a href="http://www.cpeee.net/index.html">http://www.cpeee.net/index.html</a>                   |
| 02.25. - 03.01. | 2023 IEEE International Symposium on High-Performance Computer Architecture (HPCA)                   | Montreal, Quebec, Canada | <a href="https://hpca-conf.org/2023/">https://hpca-conf.org/2023/</a>                           |
| 02.25. - 03.01. | 2023 IEEE/ACM International Symposium on Code Generation and Optimization (CGO)                      | Montreal, Quebec, Canada | <a href="https://conf.researchr.org/home/cgo-2023">https://conf.researchr.org/home/cgo-2023</a> |

### >>2023년 3월

|               |                                                                                        |                            |                                                                                                           |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 03.01 - 03.03 | 2023 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)       | Pune, India                | <a href="https://escioit.org/">https://escioit.org/</a>                                                   |
| 03.02 - 03.03 | 2023 IEEE Power and Energy Conference at Illinois (PECI)                               | Champaign, Illinois, USA   | <a href="https://www.peci.ece.illinois.edu/">https://www.peci.ece.illinois.edu/</a>                       |
| 03.02 - 03.04 | 2023 Second International Conference on Electronics and Renewable Systems (ICEARS)     | Tuticorin, India           | <a href="http://icears.com/2023/">http://icears.com/2023/</a>                                             |
| 03.03 - 03.05 | 2023 15th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE)      | Sydney, Australia          | <a href="http://www.iccae.org/">http://www.iccae.org/</a>                                                 |
| 03.03 - 03.04 | 2023 6th International Conference on Information Systems and Computer Networks (ISCON) | Mathura, India             | <a href="https://www.gla.ac.in/iscon2023/index.html">https://www.gla.ac.in/iscon2023/index.html</a>       |
| 03.03 - 03.04 | 2023 19th IEEE International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA) | Kedah, Malaysia            | <a href="https://sites.google.com/view/asprg-cspa/home">https://sites.google.com/view/asprg-cspa/home</a> |
| 03.03 - 03.05 | 2023 International Conference on Robotics and Automation in Industry (ICRAI)           | Peshawar, Pakistan         | <a href="https://icrai2023.org/">https://icrai2023.org/</a>                                               |
| 03.03 - 03.05 | 2023 2nd International Conference for Innovation in Technology (INOCON)                | Bangalore, India           | <a href="http://inoconf.org/">http://inoconf.org/</a>                                                     |
| 03.04 - 03.11 | 2023 IEEE Aerospace Conference                                                         | Big Sky, Montana, USA      | <a href="https://www.aeroconf.org/">https://www.aeroconf.org/</a>                                         |
| 03.05 - 03.09 | 2023 Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC)                      | San Diego, California, USA | <a href="https://www.ofcconference.org/en-us/home/">https://www.ofcconference.org/en-us/home/</a>         |

| 일 자           | 학술대회명                                                                                                 | 개최장소                                  | 홈페이지/연락처                                                                                                                      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 03.05 - 03.07 | 2023 IEEE 3rd International Symposium on Joint Communications & Sensing (JC&S)                        | Seefeld, Austria                      | <a href="https://jcn-symposium.org/">https://jcn-symposium.org/</a>                                                           |
| 03.06 - 03.09 | 2023 IEEE Underwater Technology (UT)                                                                  | Tokyo, Japan                          | <a href="http://www.ut2021.org/">http://www.ut2021.org/</a>                                                                   |
| 03.06 - 03.07 | 2023 International Conference on Advances in Electronics, Control and Communication Systems (ICAECCS) | BLIDA, Algeria                        | <a href="https://www.univ-blida.dz/icaeccs23/">https://www.univ-blida.dz/icaeccs23/</a>                                       |
| 03.06 - 03.09 | 2023 26th Conference on Innovation in Clouds, Internet and Networks and Workshops (ICIN)              | Paris, France                         | <a href="https://www.icin-conference.org/">https://www.icin-conference.org/</a>                                               |
| 03.08 - 03.09 | 2023 Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)                          | Event Format: Virtual                 | <a href="http://www.ictas.org/">http://www.ictas.org/</a>                                                                     |
| 03.09 - 03.11 | 2023 SICE International Symposium on Control Systems (SICE ISCS)                                      | Kusatsu, Japan                        | <a href="http://iscs2023.sice-ctrl.jp/">http://iscs2023.sice-ctrl.jp/</a>                                                     |
| 03.09 - 03.10 | 2023 Argentine Conference on Electronics (CAE)                                                        | Cordoba, Argentina                    | <a href="http://eamta.ar/">http://eamta.ar/</a>                                                                               |
| 03.10 - 03.12 | 2023 7th International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA)                            | Singapore, Singapore                  | <a href="http://www.icgea.org/">http://www.icgea.org/</a>                                                                     |
| 03.11         | 2023 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)                                                 | Laurel, Maryland, USA                 | <a href="https://ewh.ieee.org/conf/stem/index.html">https://ewh.ieee.org/conf/stem/index.html</a>                             |
| 03.11 - 03.12 | 2023 IEEE IAS Global Conference on Renewable Energy and Hydrogen Technologies (GlobConHT)             | Male, Maldives                        | <a href="http://globconht.org/">http://globconht.org/</a>                                                                     |
| 03.12 - 03.15 | 2023 IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies - Middle East (ISGT Middle East)       | Abu Dhabi, United Arab Emirates       | <a href="http://ieee-isgt-me.org/">http://ieee-isgt-me.org/</a>                                                               |
| 03.13 - 03.17 | 2023 IEEE IAS Electrical Safety Workshop (ESW)                                                        | Reno, Nevada, USA                     | <a href="https://electricalsafetyworkshop.com/">https://electricalsafetyworkshop.com/</a>                                     |
| 03.13 - 03.17 | 2023 IEEE 20th International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)                   | L'Aquila, Italy                       | <a href="https://icsa-conferences.org/2023/">https://icsa-conferences.org/2023/</a>                                           |
| 03.13 - 03.16 | 2023 18th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)                          | Stockholm, Sweden                     | <a href="https://humanrobotinteraction.org/2023/">https://humanrobotinteraction.org/2023/</a>                                 |
| 03.14 - 03.16 | 2023 International Conference on Innovative Data Communication Technologies and Application (ICIDCA)  | Uttarakhand, India                    | <a href="http://icidca.com/2023/">http://icidca.com/2023/</a>                                                                 |
| 03.14 - 03.16 | 2023 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications             | Moscow, Russia                        | <a href="http://media-publisher.ru/en/2023-on-board/">http://media-publisher.ru/en/2023-on-board/</a>                         |
| 03.15 - 03.17 | 2023 22nd International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)                                          | East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina | <a href="https://infoteh.etf.ues.rs.ba/indexe.php">https://infoteh.etf.ues.rs.ba/indexe.php</a>                               |
| 03.15 - 03.17 | 2023 10th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)         | New Delhi, India                      | <a href="http://bvica.ac.in/indiacom/">http://bvica.ac.in/indiacom/</a>                                                       |
| 03.15 - 03.16 | 2023 International Conference on Communication Technologies (ComTech)                                 | Rawalpindi, Pakistan                  | <a href="http://conferences.mcs.nust.edu.pk/comtech2023/cfp.html">http://conferences.mcs.nust.edu.pk/comtech2023/cfp.html</a> |
| 03.15 - 03.16 | 2023 6th International Conference on Energy Conservation and Efficiency (ICECE)                       | Lahore, Pakistan                      | <a href="https://icece.kics.edu.pk/2023/">https://icece.kics.edu.pk/2023/</a>                                                 |
| 03.15 - 03.17 | 2023 IEEE International Conference on Mechatronics (ICM)                                              | Loughborough, United Kingdom          | <a href="https://www.imagovenues.co.uk/icm2023/">https://www.imagovenues.co.uk/icm2023/</a>                                   |
| 03.15 - 03.16 | 2023 International Conference on IT Innovation and Knowledge Discovery (ITIKD)                        | Manama, Bahrain                       | <a href="https://tikd.ahlia.edu.bh/">https://tikd.ahlia.edu.bh/</a>                                                           |
| 03.15 - 03.17 | 2023 Winter Summit on Smart Computing and Networks (WSSCoN)                                           | Chennai, India                        | <a href="http://www.wisscon.in/">http://www.wisscon.in/</a>                                                                   |
| 03.15 - 03.17 | 2023 IEEE 15th International Symposium on Autonomous Decentralized System (ISADS)                     | Mexico City, Mexico                   | <a href="https://www.isads2023.org/">https://www.isads2023.org/</a>                                                           |
| 03.16 - 03.18 | 2023 IEEE 12th International Conference on Educational and Information Technology (ICEIT)             | Chongqing, China                      | <a href="http://www.iceit.org/">http://www.iceit.org/</a>                                                                     |



| 일 자           | 학술대회명                                                                                                   | 개최장소                       | 홈페이지/연락처                                                                                                  |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 03.16 - 03.18 | 2023 5th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE)  | Moscow, Russia             | <a href="http://reepe.mpei.ru/IEEE/Pages/default.aspx">http://reepe.mpei.ru/IEEE/Pages/default.aspx</a>   |
| 03.17 - 03.18 | 2023 9th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)              | Coimbatore, India          | <a href="https://icaccs.sece.ac.in/">https://icaccs.sece.ac.in/</a>                                       |
| 03.17 - 03.18 | 2023 International Conference on Device Intelligence, Computing and Communication Technologies, (DICCT) | Dehradun, India            | <a href="https://dicct.geu.ac.in/">https://dicct.geu.ac.in/</a>                                           |
| 03.17 - 03.18 | 2022 International Conference on Digital Management, Information Systems and Technologies (DMIST)       | Shenyang, China            | <a href="http://www.icdmist.com/">http://www.icdmist.com/</a>                                             |
| 03.18 - 03.20 | 2023 3rd International conference on Artificial Intelligence and Signal Processing (AISP)               | VIJAYAWADA, India          | <a href="https://www.aisp.in/">https://www.aisp.in/</a>                                                   |
| 03.18 - 03.20 | 2023 11th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)                      | Fujisawa, Japan            | <a href="http://www.iciet.org/">http://www.iciet.org/</a>                                                 |
| 03.19 - 03.23 | 2023 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)                                    | Orlando, Florida, USA      | <a href="http://www.apec-conf.org/">http://www.apec-conf.org/</a>                                         |
| 03.20 - 03.22 | 2023 6th Conference on Cloud and Internet of Things (CIoT)                                              | Lisbon, Portugal           | <a href="https://ciot.dnac.org/">https://ciot.dnac.org/</a>                                               |
| 03.20 - 03.22 | 2023 International Conference on Information Technology, Applied Mathematics and Statistics (ICITAMS)   | Al-Qadisiya, Iraq          | <a href="https://qu.edu.iq/ICITAMS/">https://qu.edu.iq/ICITAMS/</a>                                       |
| 03.20 - 03.24 | 2023 IEEE 20th International Conference on Software Architecture (ICSA)                                 | L'Aquila, Italy            | <a href="https://icsa-conferences.org/2023/">https://icsa-conferences.org/2023/</a>                       |
| 03.21 - 03.23 | 2023 IEEE International Symposium on Power Line Communications and its Applications (ISPLC)             | Manchester, United Kingdom | <a href="https://isplc2023.ieee-isplc.org/">https://isplc2023.ieee-isplc.org/</a>                         |
| 03.21 - 03.24 | 2023 Data Compression Conference (DCC)                                                                  | Snowbird, Utah, USA        | <a href="https://www.cs.brandeis.edu/~dcc/">https://www.cs.brandeis.edu/~dcc/</a>                         |
| 03.21 - 03.24 | 2023 IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER)            | Taipa, Macao               | <a href="https://saner2023.must.edu.mo/">https://saner2023.must.edu.mo/</a>                               |
| 03.22 - 03.24 | 2023 57th Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS)                                  | Baltimore, Maryland, USA   | <a href="https://ciiss.jhu.edu/">https://ciiss.jhu.edu/</a>                                               |
| 03.23 - 03.26 | 2023 Young Professionals Virtual Control Conference (YPVCC)                                             | Event Format: Virtual      | <a href="http://ypvcc2023.ieeecss.org/">http://ypvcc2023.ieeecss.org/</a>                                 |
| 03.23 - 03.25 | 2023 13th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)                   | Bucharest, Romania         | <a href="http://www.atee.pub.ro/atee2023/">http://www.atee.pub.ro/atee2023/</a>                           |
| 03.23 - 03.25 | 2023 International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS)          | Erode, India               | <a href="http://icscds.com/2023/">http://icscds.com/2023/</a>                                             |
| 03.23 - 03.26 | 2023 5th Asia Energy and Electrical Engineering Symposium (AEEES)                                       | Chengdu, China             | <a href="http://www.aeees.org/">http://www.aeees.org/</a>                                                 |
| 03.23 - 03.24 | 2023 10th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)                  | Noida, India               | <a href="https://www.amity.edu/spin2023/">https://www.amity.edu/spin2023/</a>                             |
| 03.24 - 03.25 | 2023 IEEE Bangalore Humanitarian Technology Conference (B-HTC)                                          | Mysore, India              | <a href="https://www.bhtc-2023.ieeebangalore.org/">https://www.bhtc-2023.ieeebangalore.org/</a>           |
| 03.24 - 03.25 | 2023 Second International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon)              | Singapore, Singapore       | <a href="http://smarttech-conference.org/2023/">http://smarttech-conference.org/2023/</a>                 |
| 03.24 - 03.25 | 2023 Somaiya International Conference on Technology and Information Management (SICTIM)                 | Mumbai, India              | <a href="https://simr.somaiya.edu/en/conference/SICTIM">https://simr.somaiya.edu/en/conference/SICTIM</a> |
| 03.24 - 03.26 | 2023 3rd International Conference on Computer, Control and Robotics (ICCCR)                             | Shanghai, China            | <a href="http://www.icccr.org/">http://www.icccr.org/</a>                                                 |
| 03.26 - 03.29 | 2023 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)                                      | Glasgow, United Kingdom    | <a href="https://wcnc2023.ieee-wcnc.org/">https://wcnc2023.ieee-wcnc.org/</a>                             |
| 03.26 - 03.31 | 2023 17th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)                                       | Florence, Italy            | <a href="https://www.eucap2023.org/">https://www.eucap2023.org/</a>                                       |

| 일 자           | 학술대회명                                                                                                                                                                                    | 개최장소           | 홈페이지/연락처                                                                                                                                                        |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 03.27 - 03.31 | 2023 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon)                                                                                                                  | Sochi, Russia  | <a href="https://smartindustrycon.ru/index-eng.html">https://smartindustrycon.ru/index-eng.html</a>                                                             |
| 03.27 - 03.30 | 2023 35th International Conference on Microelectronic Test Structure (ICMTS)                                                                                                             | Tokyo, Japan   | <a href="http://icmts.if.t.u-tokyo.ac.jp/icmts.if.t.u-tokyo.ac.jp_8080/index.html">http://icmts.if.t.u-tokyo.ac.jp/icmts.if.t.u-tokyo.ac.jp_8080/index.html</a> |
| 03.29 - 03.31 | 2023 IEEE International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC) | Venice, Italy  | <a href="http://www.esars-itec.eu/">http://www.esars-itec.eu/</a>                                                                                               |
| 03.29 - 03.31 | 2023 25th International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA)                                                                                              | Moscow, Russia | <a href="http://dspa-conf.org/pages/home">http://dspa-conf.org/pages/home</a>                                                                                   |

## >>2023년 4월

|               |                                                                                                                       |                                       |                                                                                                   |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 04.04 - 04.07 | 2023 IEEE Silicon Photonics Conference (SiPhotonics)                                                                  | Washington, District of Columbia, USA | <a href="https://ieee-gfp.org/">https://ieee-gfp.org/</a>                                         |
| 04.05 - 04.07 | 2023 Second International Conference on Electrical, Electronics, Information and Communication Technologies (ICEEICT) | Trichirappalli, India                 | <a href="http://iceict.in/">http://iceict.in/</a>                                                 |
| 04.05 - 04.07 | 2023 24th International Symposium on Quality Electronic Design (ISQED)                                                | San Francisco, California, USA        | <a href="https://www.isqed.org/">https://www.isqed.org/</a>                                       |
| 04.07 - 04.09 | 2023 IEEE 8th International Conference for Convergence in Technology (I2CT)                                           | Lonavla, India                        | <a href="https://ieeepune.i2ct.in/">https://ieeepune.i2ct.in/</a>                                 |
| 04.08 - 04.09 | 2023 IEEE 12th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)                      | Bhopal, India                         | <a href="http://csnt.in/">http://csnt.in/</a>                                                     |
| 04.11 - 04.13 | 2023 7th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)                                    | Tirunelveli, India                    | <a href="http://icoei.com/2023/">http://icoei.com/2023/</a>                                       |
| 04.13 - 04.16 | SoutheastCon 2023                                                                                                     | Orlando, Florida, USA                 | <a href="https://ieeesoutheastcon.org/">https://ieeesoutheastcon.org/</a>                         |
| 04.14 - 04.16 | 2023 8th Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE)                                                  | Tianjin, China                        | <a href="https://acpee.net/">https://acpee.net/</a>                                               |
| 04.14 - 04.16 | 2023 8th International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCRE)                                         | Niigata, Japan                        | <a href="http://www.iccre.org/">http://www.iccre.org/</a>                                         |
| 04.14 - 04.16 | 2023 Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers (IPEC)                                    | Dalian, China                         | <a href="http://www.acipec.org/">http://www.acipec.org/</a>                                       |
| 04.14 - 04.16 | 2023 IEEE 3rd International Conference on Electronic Communications, Internet of Things and Big Data (ICEIB)          | Taichung, Taiwan                      | <a href="http://www.iceib.asia/">http://www.iceib.asia/</a>                                       |
| 04.16 - 04.20 | 2023 IEEE Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST)                                          | Dublin, Ireland                       | <a href="https://conf.researchr.org/home/icst-2023">https://conf.researchr.org/home/icst-2023</a> |
| 04.17 - 04.20 | 2023 IEEE International Systems Conference (SysCon)                                                                   | Vancouver, British Columbia, Canada   | <a href="https://ieeesystemscouncil.org/">https://ieeesystemscouncil.org/</a>                     |
| 04.17 - 04.20 | 2023 International VLSI Symposium on Technology, Systems and Applications (VLSI-TSA/VLSI-DAT)                         | HsinChu, Taiwan                       | <a href="https://expo.itri.org.tw/2023VLSITSADAT/">https://expo.itri.org.tw/2023VLSITSADAT/</a>   |
| 04.17 - 04.21 | 2023 IX International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT)                                  | Event Format: Virtual                 | <a href="http://itnt-conf.org/index.php/en/">http://itnt-conf.org/index.php/en/</a>               |
| 04.17 - 04.18 | 2023 IEEE Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON)                                                      | Melbourne, Florida, USA               | <a href="https://www.ieewamicon.org/">https://www.ieewamicon.org/</a>                             |
| 04.17 - 04.19 | 2023 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE)                                               | Antwerp, Belgium                      | <a href="https://www.date-conference.com/">https://www.date-conference.com/</a>                   |
| 04.18 - 04.20 | 2023 INSUCON - 14th International Electrical Insulation Conference (INSUCON)                                          | Birmingham, United Kingdom            | <a href="https://insucon.org/">https://insucon.org/</a>                                           |
| 04.18 - 04.21 | 2023 IEEE 16th Pacific Visualization Symposium (PacificVis)                                                           | Seoul, Korea (South)                  | <a href="https://pvis2023.github.io/pvis2023/">https://pvis2023.github.io/pvis2023/</a>           |

| 일 자           | 학술대회명                                                                                                                        | 개최장소                         | 홈페이지/연락처                                                                                                                                                                              |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 04.18 - 04.20 | 2023 Integrated Communication, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)                                                 | Herndon, Virginia, USA       | <a href="https://i-cns.org/">https://i-cns.org/</a>                                                                                                                                   |
| 04.19 - 04.21 | 2023 Wireless Telecommunications Symposium (WTS)                                                                             | Boston, Massachusetts, USA   | <a href="https://www.cpp.edu/~wtst/">https://www.cpp.edu/~wtst/</a>                                                                                                                   |
| 04.19 - 04.21 | 2023 International Symposium on Medical Robotics (ISMR)                                                                      | Atlanta, Georgia, USA        | <a href="https://ismr.gatech.edu/">https://ismr.gatech.edu/</a>                                                                                                                       |
| 04.19 - 04.21 | 2023 IEEE Symposium in Low-Power and High-Speed Chips (COOL CHIPS)                                                           | Tokyo, Japan                 | <a href="https://www.coolchips.org/2023/">https://www.coolchips.org/2023/</a>                                                                                                         |
| 04.19 - 04.20 | 2023 33rd International Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA)                                                       | Pardubice, Czech Republic    | <a href="https://www.marew.cz/">https://www.marew.cz/</a>                                                                                                                             |
| 04.19 - 04.21 | 2023 International Conference on Power, Instrumentation, Control and Computing (PICC)                                        | Thrissur, India              | <a href="http://icettest.gectcr.ac.in/picc-2023/">http://icettest.gectcr.ac.in/picc-2023/</a>                                                                                         |
| 04.19 - 04.22 | 2023 IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech)                                                            | Portland, Oregon, USA        | <a href="https://ieee-sustech.org/">https://ieee-sustech.org/</a>                                                                                                                     |
| 04.20 - 04.22 | 2023 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS)                                                     | Kaunas, Lithuania            | <a href="https://etems.digital/2023/">https://etems.digital/2023/</a>                                                                                                                 |
| 04.21 - 04.23 | 2023 IEEE Region 5 Annual Meeting (R5)                                                                                       | Denver, Colorado, USA        | <a href="https://r5conferences.org/">https://r5conferences.org/</a>                                                                                                                   |
| 04.21 - 04.22 | 2023 International Conference on Artificial Intelligence and Applications (ICAIA) Alliance Technology Conference (ATCON-1)   | Bangalore, India             | <a href="https://www.alliance.edu.in/icaia-2023/">https://www.alliance.edu.in/icaia-2023/</a>                                                                                         |
| 04.21 - 04.23 | 2023 8th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS)                                              | Guangzhou, China             | <a href="http://www.icccs.org/">http://www.icccs.org/</a>                                                                                                                             |
| 04.21 - 04.25 | 2023 9th International Conference on Applied System Innovation (ICASI)                                                       | Chiba, Japan                 | <a href="https://2023.icasi-conf.net/">https://2023.icasi-conf.net/</a>                                                                                                               |
| 04.21 - 04.23 | 2023 11th International Conference on Bioinformatics and Computational Biology (ICBCB)                                       | Hangzhou, China              | <a href="http://www.icbc.org/index.html">http://www.icbc.org/index.html</a>                                                                                                           |
| 04.21 - 04.22 | 2023 IEEE International Conference on Contemporary Computing and Communications (Inc4)                                       | Bangalore, India             | <a href="https://ic4.co.in/">https://ic4.co.in/</a>                                                                                                                                   |
| 4.22          | 2023 International Conference on Code Quality (ICCCQ)                                                                        | St. Petersburg, Russia       | <a href="https://www.iccq.ru/2023.html">https://www.iccq.ru/2023.html</a>                                                                                                             |
| 04.23 - 04.28 | 2023 IEEE Information Theory Workshop (ITW)                                                                                  | Saint-Malo, France           | <a href="https://itw2023.org/">https://itw2023.org/</a>                                                                                                                               |
| 04.23 - 04.27 | 2023 IEEE-IAS/PCA Cement Industry Conference (IAS/PCA)                                                                       | Dallas, Texas, USA           | <a href="https://www.cementconference.org/event/9c9cbcec-fc6a-4fa8-a1ef-b224d1bc6743/summary">https://www.cementconference.org/event/9c9cbcec-fc6a-4fa8-a1ef-b224d1bc6743/summary</a> |
| 04.23 - 04.25 | 2023 IEEE International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software (ISPASS)                                   | Raleigh, North Carolina, USA | <a href="https://ispass.org/ispass2023/">https://ispass.org/ispass2023/</a>                                                                                                           |
| 04.23 - 04.26 | 2023 IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC)                                                                       | San Antonio, Texas, USA      | <a href="https://www.ieee-cicc.org/">https://www.ieee-cicc.org/</a>                                                                                                                   |
| 04.24 - 04.27 | 2023 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS)                                                            | Monterey, California, USA    | <a href="https://www.ion.org/plans/index.cfm">https://www.ion.org/plans/index.cfm</a>                                                                                                 |
| 04.24 - 04.26 | 2023 IEEE International Workshop of Electronics, Control, Measurement, Signals and their application to Mechatronics (ECMSM) | Donosti/San Sebastian, Spain | <a href="https://www.ecmsm.eu/">https://www.ecmsm.eu/</a>                                                                                                                             |
| 04.25 - 04.28 | 2023 24th International Vacuum Electronics Conference (IVEC)                                                                 | Chengdu, China               | <a href="https://ivec2023.org/">https://ivec2023.org/</a>                                                                                                                             |
| 04.25 - 04.27 | 2023 International Conference on Data Science, E-learning and Information Systems (Data)                                     | Dubai, United Arab Emirates  | <a href="https://iares.net/Conference/DATA2022">https://iares.net/Conference/DATA2022</a>                                                                                             |
| 04.26 - 04.28 | 2023 8th International Conference on Cloud Computing and Big Data Analytics (ICCCBDA)                                        | Chengdu, China               | <a href="http://www.icccbda.com/">http://www.icccbda.com/</a>                                                                                                                         |
| 04.27 - 04.29 | 2023 1st International Conference on Cognitive Computing and Engineering Education (ICCCCE)                                  | Pune, India                  | <a href="https://www.mitadtsoece-iccmr.org/">https://www.mitadtsoece-iccmr.org/</a>                                                                                                   |



| 일 자            | 학술대회명                                                                                                    | 개최장소                        | 홈페이지/연락처                                                                  |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 04.27 - 04.30  | 2023 Panda Forum on Power and Energy (PandaFPE)                                                          | Chengdu, China              | <a href="https://www.pandafpe.org/">https://www.pandafpe.org/</a>         |
| 04.27 - 04.28  | 2023 IEEE Kansas Power and Energy Conference (KPEC)                                                      | Event Format: Virtual       | <a href="https://www.kpec-ksu.org/">https://www.kpec-ksu.org/</a>         |
| 04.28 - 04.30  | 2023 IEEE International Conference on Control, Electronics and Computer Technology (ICCECT)              | Event Format: Virtual       | <a href="http://www.iccect.com/">http://www.iccect.com/</a>               |
| 04.29. - 05.01 | 2023 IEEE International Conference on Advanced Systems and Emergent Technologies (IC_ASET)               | Hamamet, Tunisia            | <a href="https://attend.ieee.org/aset/">https://attend.ieee.org/aset/</a> |
| 04.29 - 04.30  | 2023 International Conference on Mechanical, Automotive and Mechatronics Engineering (ICMAME)            | Dubai, United Arab Emirates | <a href="http://icmame.org/">http://icmame.org/</a>                       |
| 04.29 - 04.30  | 2023 International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE) | Ballar, India               | <a href="https://icdcece.in/">https://icdcece.in/</a>                     |

# The Magazine of the IEIE

## 특별회원사 명단

| 회원사                    | 대표자            | 주 소                                        | 전 화           | 홈페이지                           |
|------------------------|----------------|--------------------------------------------|---------------|--------------------------------|
| (주)디비하이텍               | 최창식            | 경기도 부천시 수도로 90(도당동)                        | 032-680-4700  | www.dbhitek.com                |
| (주)레티널                 | 김재혁            | 경기도 안양시 동안구 부림로170번지 41-10, 4층             | 02-6959-7007  | https://letinar.com            |
| (주)마르시스                | 박용규            | 서울시 강남구 언주로 85길 7                          | 02-3445-3999  | http://www.marusys.com         |
| (주)세미파이브               | 조명현            | 경기도 성남시 분당구 양현로 322, 코리아디자인센터 2층           |               | http://www.semifive.com        |
| (주)센서위드유               | 이윤식            | 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 501-4호        | 052-912-4282  | http://www.sensorwyou.com      |
| (주)에스비솔루션              | 변영재            | 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 401-3호        | 052-217-7343  | http://www.sb-solutions.co.kr  |
| (주)에어포인트               | 백승준            | 대전광역시 유성구 테크노2로 187, 204호(용산동, 미건테크노월드 2차) | 042-484-5460  | http://www.airpoint.co.kr      |
| (주)와이솔                 | 염상덕            | 경기도 오산시 가장로 531-7                          | 070-7837-2730 | http://www.wisol.co.kr         |
| (주)웨이브피아               | 이상훈            | 경기도 화성시 동탄기흥로 557 금강펜테리움IT타워 1301호         | 031-8058-3384 | http://www.wavepia.com         |
| KT                     | 구현모, 박종욱       | 경기도 성남시 분당구 정자동 206                        | 031-727-0114  | http://www.kt.com              |
| LG이노텍(주)               | 정철동            | 서울시 강서구 마곡중앙10로 30                         | 02-3777-1114  | www.lginnotek.com              |
| LG전자(주)                | 조주완, 배두용       | 서울시 영등포구 여의도동 30                           | 02-3777-1114  | http://www.lge.co.kr           |
| LIG넥스원                 | 김지찬            | 서울시 서초구 강남대로 369(서초동, 나라빌딩)                | 02-1644-2005  | http://www.lignex1.com         |
| LPKF Laser&Electronics | 이용상, 벤델레코츠마티아스 | 경기도 안양시 동안구 흥안대로 427번길                     | 031-689-3660  | www.lpkf.com.kr                |
| SK텔레콤(주)               | 유영상            | 서울시 중구 을지로65(을지로2가) SK T-타워                | 02-2121-2114  | http://www.sktelecom.com       |
| SK하이닉스(주)              | 박정호, 이석희       | 경기도 이천시 부발읍 아미리 산 136-1                    | 031-630-4114  | http://www.skhynix.com         |
| 네이버(주)                 | 한성숙            | 경기도 성남시 분당구 불정로 6 (정자동 그린팩토리)              | 031-784-2560  | https://www.navercorp.com      |
| 누리미디어                  | 최순일            | 서울시 영등포구 선유로 63, 4층(문래동 6가)                | 02-710-5300   | http://www.nurimedia.co.kr     |
| 대덕전자(주)                | 신영환            | 경기도 안산시 단원구 강촌로230 (목내동 475)               | 031-8040-8000 | http://www.daeduck.com         |
| 대전테크노파크                | 임헌문            | 대전시 유성구 테크로9로                              | 042-930-4300  | www.djtpr.or.kr                |
| 도요일렉트론코리아(주)           | 원재형            | 경기도 화성시 장안면 장안공단 6길 51                     | 031-260-5000  | https://www.tel.com            |
| 리얼텍코리아 주식회사            | 팅치창            | 서울시 서초구 사임당로 18, 석오빌딩 5층                   | 070-4120-7966 | www.realtek.cpm/en             |
| 비전테크                   | 이원복            | 대전 유성구 테크노2로 187, 미건테크노월드2차 1층 118호        | 042-934-0236  | http://www.visiontechkorea.com |
| 삼성전자(주)                | 한중희            | 서울시 서초구 서초2동 1320-10 삼성전자빌딩                | 02-1588-3366  | https://www.samsung.com        |
| 스카이칩스                  | 이강윤            | 수원시 장안구 서부로 2066, 산학협력센터 85511호            | 031-299-6848  | http://www.skaichips.co.kr     |
| 스테코(주)                 | 박영우            | 충청남도 천안시 서북구 3공단1로 20(백석동)                 | 041-629-7480  | http://www.steco.co.kr         |
| 에스에스앤씨(주)              | 한은혜            | 서울시 영등포구 당산로171, 1301                      | 02-6925-2550  | http://www.secnc.co.kr         |
| 에어스메디컬                 | 이진구            | 서울시 관악구 남부순환로 1838                         | 070-7777-3186 | www.airsmmed.com               |
| 오토아이티(주)               | 정명환            | 대구시 수성구 알파시티1로 117                         | 053-795-6303  | www.auto-it.co.kr              |
| 유정시스템(주)               | 이재훈            | 서울시 구로구 디지털로26길 110                        | 02-852-8721   | www.yjsys.co.kr                |
| 정보통신정책연구원              | 권호열            | 충북 진천군 덕산읍 정통로 18                          | 043-531-4389  | www.kisdi.re.kr                |
| 주LX세미콘                 | 손보익            | 대전시 유성구 탑립동 707                            | 042-712-7700  | www.lxsemicon.com              |

| 회원사           | 대표자           | 주 소                                        | 전 화           | 홈페이지                                                                            |
|---------------|---------------|--------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| (주)넥스틴        | 박태훈           | 경기도 화성시 동탄면 동탄산단9길 23-12                   | 031-629-2300  | <a href="http://www.nextinsol.com">http://www.nextinsol.com</a>                 |
| (주)더텍         | 김태진           | 경기도 안양시 동안구 학의로 292 금강펜테리움IT타워 A동 1061호    | 031-450-6300  | <a href="http://www.doestek.co.kr">http://www.doestek.co.kr</a>                 |
| (주)만도         | 정몽원, 조성현, 김광현 | 경기도 평택시 포승읍 하만호길 32                        | 02-6244-2997  | <a href="http://www.mando.com">www.mando.com</a>                                |
| (주)빅텍         | 임만규           | 경기도 이천시 마장면 덕이로 180-31                     | 031-631-7301  | <a href="http://www.vitek.co.kr">http://www.vitek.co.kr</a>                     |
| (주)스프링클라우드    | 송영기           | 경기도 성남시 창업로 42                             | 031-778-8328  | <a href="http://www.aspringcloud.com">www.aspringcloud.com</a>                  |
| (주)시스메이트      | 이상만           | 대전시 유성구 유성대로 1184길 41                      | 042-486-6135  | <a href="http://www.sysmate.com">http://www.sysmate.com</a>                     |
| 주식회사 뷰웍스      | 김후식           | 경기도 안양시 동안구 부림로 170번길 41-3                 | 070-7011-6161 | <a href="https://www.vieworks.com">https://www.vieworks.com</a>                 |
| (주)실리콘마이터스    | 허염            | 경기도 성남시 분당구 대왕판교로 660 유스페이스-1 A동 8층        | 1670-7665     | <a href="http://www.siliconitus.com">http://www.siliconitus.com</a>             |
| (주)싸이몬        | 정창호           | 경기도 성남시 분당구 별말로48(구 야탑동 272-1 케이디티빌딩)      | 02-480-8580   | <a href="http://www.cimon.com">http://www.cimon.com</a>                         |
| (주)인텔레콤       | 박영기           | 서울시 영등포구 경인로 775, 문래동 3가 에이스하이테크시티 1동 119호 | 02-3439-0033  | <a href="http://www.signtelecom.com">http://www.signtelecom.com</a>             |
| (주)솔리드        | 정준, 이승희       | 경기도 성남시 분당구 판교역로 220 솔리드스페이스               | 031-627-6000  | <a href="http://www.st.co.kr">http://www.st.co.kr</a>                           |
| (주)와이솔        | 염상덕           | 경기도 오산시 가장로 531-7                          | 070-7837-2730 | <a href="http://www.wisol.co.kr">http://www.wisol.co.kr</a>                     |
| (주)유니트론텍      | 남궁 선          | 서울시 강남구 영동대로 638(삼도빌딩) 9층                  | 02-573-6800   | <a href="http://unitrontech.com">http://unitrontech.com</a>                     |
| (주)코클리어닷컴에이아이 | 한윤창           | 서울시 강남구 봉은사로 51길 26                        |               | <a href="http://www.cochl.ai">www.cochl.ai</a>                                  |
| (주)크레셈        | 오상민           | 대전시 유성구 대덕대로 582, 4층 402호(도룡동, 옥토빌딩)       | 031-427-3445  | <a href="http://www.cressem.com">http://www.cressem.com</a>                     |
| (주)텔레칩스       | 이장규           | 서울시 송파구 올림픽로 35다길 42(신천동 한국루터화관)19~23층     | 02-3443-6792  | <a href="http://www.telechips.com">www.telechips.com</a>                        |
| (주)티에이치엔      | 이광연, 채승훈      | 대구시 달서구 갈산동 973-3                          | 053-583-3001  | <a href="http://www.th-net.co.kr">http://www.th-net.co.kr</a>                   |
| (주)티엘아이       | 김달수           | 경기도 성남시 중원구 양현로 405번길 12 티엘아이 빌딩           | 031-784-6800  | <a href="http://www.tli.co.kr">http://www.tli.co.kr</a>                         |
| (주)해치텍        | 최성민           | 충북 청주시 청원구 오창읍 연구단지로 40, 스타기업관 207호        | 043-715-9034  | <a href="http://www.haechitech.com">http://www.haechitech.com</a>               |
| 중소벤처기업진흥공단    | 김학도           | 경상남도 진주시 동진로 430                           | 055-751-9380  | <a href="http://www.kosmes.or.kr">www.kosmes.or.kr</a>                          |
| 케이케이테크(주)     | 다케시게신이치, 황정성  | 경기도 안성시 대덕면 무능로132                         | 031-678-1586  | <a href="http://www.k-kttech.co.kr">http://www.k-kttech.co.kr</a>               |
| 코어인사이트(주)     | 유용훈           | 경기도 성남시 중원구 갈마치로 186 반포테크노피아 5층            | 031-750-9200  | <a href="http://www.coreinsight.co.kr">http://www.coreinsight.co.kr</a>         |
| 한국알박(주)       | 김선길           | 경기도 평택시 청북읍 한산길5                           | 031-683-2922  | <a href="http://www.ulvackora.co.kr">http://www.ulvackora.co.kr</a>             |
| 한국인터넷진흥원      | 이원태           | 서울시 송파구 중대로 135 (가락동) IT벤처타워               | 02-405-5118   | <a href="http://www.kisa.or.kr">http://www.kisa.or.kr</a>                       |
| 한국전기연구원       | 명성호           | 경남 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)               | 055-280-1114  | <a href="http://www.keri.re.kr">http://www.keri.re.kr</a>                       |
| 한국전자기술연구원     | 김영삼           | 경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)                  | 031-789-7000  | <a href="http://www.keti.re.kr">http://www.keti.re.kr</a>                       |
| 한국전자통신연구원     | 김명준           | 대전시 유성구 가정로 218                            | 042-860-6114  | <a href="http://www.etri.re.kr">http://www.etri.re.kr</a>                       |
| 한화시스템(주)      | 김연철           | 서울시 중구 청계천로 86 (장교동) 한화비딩 (19,20층)         | 02-729-3030   | <a href="http://www.hanwhasystems.com">http://www.hanwhasystems.com</a>         |
| 현대로템(주)       | 이용배           | 경기도 의왕시 철도박물관로 37                          | 031-596-9114  | <a href="http://www.hyundai-rotem.co.kr">http://www.hyundai-rotem.co.kr</a>     |
| 현대모비스(주)      | 조성환           | 서울시 강남구 테헤란로 203                           | 02-2018-5114  | <a href="http://www.mobis.co.kr">http://www.mobis.co.kr</a>                     |
| 현대자동차(주)      | 정의선, 하연태      | 경기도 화성시 장덕동 772-1                          | 02-3464-1114  | <a href="http://www.hyundai-motor.com">http://www.hyundai-motor.com</a>         |
| 호리바에스테크코리아(주) | 김성환 외 1명      | 경기도 용인시 수지구 디지털벨리로 98 호리바빌딩                | 031-6520-6500 | <a href="http://www.horiba.com">http://www.horiba.com</a>                       |
| 히로세코리아(주)     | 이상엽           | 경기도 시흥시 정왕동 희망공원로 250                      | 031-496-7000  | <a href="http://www.hirose.co.kr">http://www.hirose.co.kr</a>                   |
| 히타치하이테크코리아(주) | MIYOSHI KEITA | 경기도 성남시 분당구 정자일로 155, 엔16층(정자동, 분당두산타워)    | 031-725-4201  | <a href="https://www.hitachi-hightech.com">https://www.hitachi-hightech.com</a> |



## 박사학위 논문초록 게재 안내

본 학회에서는 전자공학회지에 국내외에서 박사학위를 취득한 회원의 학위 논문초록을 게재하고 있으니 해당 회원 여러분의 적극적인 참여를 바랍니다.(단, 박사학위 취득후 1년 이내에 제출해 주시는 것에 한함.)

| 성 명               | (국문)          | (한문) | (영문)  |
|-------------------|---------------|------|-------|
| 학위취득              | 학 교 명         | 대학교  | 학과    |
|                   | 취득년월          | 년 월  | 지도교수  |
| 현 근무처<br>(또는 연락처) | 주 소 (우편번호 : ) |      |       |
|                   | 전화번호          |      | FAX번호 |
| 학위논문 제목           | 국 문           |      |       |
|                   | 영 문           |      |       |
| KEY WORD          |               |      |       |

국문 초록(요약) : 1000자 이내

보내실 곳 \_ 06130

서울특별시 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동, 과학기술회관 제1관 907호)

사무국 회지담당자앞

E-mail : biz@theieie.org

TEL : (02)553-0255(내선 5)

FAX : (02)552-6093



대한전자공학회

The Institute of Electronics and Information Engineers

전자공학회지 <월간>

제49권 제12호(통권 제463호)

The Magazine of the IEIE

2022년 12월 20일 인쇄

2022년 12월 25일 발행

발행및

편집인

인쇄인

발행인

(사) 대한전자공학회

한림원(주)

사 단 법 인 대 한 전 자 공 학 회

회장 서 승 우

대표 김 흥 중

(우)06130 서울 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동, 과학기술회관 제1관 907호)

TEL.(02)553-0255~7 FAX.(02)552-6093

E-mail : ieie@theieie.org

Homepage : http://www.theieie.org

씨티은행 102-53125-258



# 2023년도 회비납부 안내

## 1. 회비의 납부 및 유효기간

2023년도 회원 연회비는 2022년과 동일함을 알려드리며, 아직 2023년도 회비를 납부하지 않으신 회원님께서서는 납부하여 주시기 바라며, 연회비의 유효기간은 회비를 납부한 당해연도에 한합니다.

◆ 2023년도 회원 연회비는 다음과 같습니다.

- 정 회 원 : 70,000원 (입회비 : 10,000원)
- 학생회원 : 30,000원 (입회비 면제)
- 평생회원 : 700,000원 2023년
  - 평생회비 할인 제도 : 학회 홈페이지 안내 참조
  - 평생회비 분납 제도(1년 한) : 평생회비 분할 납부를 원하시는 회원께서는 회원 담당에게 요청하여 주시기 바랍니다.
  - 7월 1일부터 연회비 50% 할인 적용

## 2. 논문지(eBook) 제공

학회지와 논문지(국·영문)가 eBook으로 발간되어 학회 홈페이지(<http://www.theieie.org>)를 통해 제공되고 있습니다.

## 3. 회비의 납부방법

신용카드(홈페이지 전자결제) 및 계좌이체(한국씨티은행, 102-53125-258)를 이용하여 학회 연회비, 심사비 및 논문게재료 등 납부 가능합니다.

## 4. 석·박사 신입생 및 재학생 다년 학생회원 가입 및 회비 할인 제도 안내

우리 학회에서는 석·박사 신입생 및 재학생을 위하여 다년 학생회원 가입 제도 및 회비 할인 제도를 마련하였습니다. 한 번의 회원가입으로 졸업 및 수료 때까지 학회 활동에 참여하실 수 있는 기회가 되시기 바라며 회비 할인 혜택까지 받으시길 바랍니다.

◎ 가입 대상 및 할인 혜택

- 가입 대상 : 2023년 석·박사 신입생 및 재학생
- 할인 내용 : 2년 60,000원(1년당 30,000원) → 2년 50,000원(16.7% 할인)  
3년 90,000원(1년당 30,000원) → 3년 70,000원(22.2% 할인)  
4년 120,000원(1년당 30,000원) → 4년 90,000원(25% 할인)  
5년 150,000원(1년당 30,000원) → 5년 110,000원(26.7% 할인)

## 6. 문의처

◆ 대한전자공학회 사무국 변은정 부장(회원담당)

Tel : 02-553-0255(내선 3번) / E-mail : [edit@theieie.org](mailto:edit@theieie.org)



# 첨단기술로 더 나은 환경을 만듭니다

더 나은 미래를 열어가는 기술  
환경문제를 해결하는 기술

반도체의 미래를 준비하는 일

지금, SK하이닉스가 하고 있습니다  
We Do **Green** Technology

