

ISSN1016-9288

제50권 6호

2023년 6월호

전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.50. no.6

인공지능과 데이터사이언스 기술을 활용한 ICT 융합

- 응집성을 가지는 서브그래프 식별 기술의 최신 연구 동향
- 기계학습을 활용한 네트워크 정렬 기술 최근 동향
- 테더드 UAV 기반 6G 네트워크를 위한 강화학습 기술
- 물리 정보 기계학습의 발전 및 응용
- 데이터 문해력의 재고(再考)



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

Boost your lab's performance

임피던스분석기

- DC ~ 5 MHz까지, 1 mΩ ~ 1 TΩ까지
- 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



새로운 차원의 플레이



미래지향적인 새로운 스타일과 차급을 넘나드는 상품성으로 새로운 차원의 경험을 선사합니다.

[illegible]

2023년도 대한전자공학회

학회상 후보자 추천

사단법인 대한전자공학회에서는 매년 전자·정보·통신 분야에 탁월한 업적을 이루고 전자공학의 발전에 크게 공헌한 분에게 학회상을 아래와 같이 시상하고 있습니다. 금년에도 회원 여러분께서 훌륭하신 후보자를 추천하여 주시면 감사하겠습니다.

1. 시상부문

시 상 부 문	인 원	시 상 자 격	시 상 내 용
대한전자공학대상	1명	전자·정보·통신 및 그 관련 분야에 탁월한 업적이 있는 자	상패 및 부상 (2,000만원)
기술혁신상	1명	전자공학 기술발전에 현저한 업적을 이룩한 자 또는 기업의 기술혁신에 기여한 자	상패 및 부상
IEIE Research Pioneer Award	1명	50세 이하로서 전자·정보·통신 및 그 관련 분야에서 새로운 연구분야를 개척, 확대시킨 업적이 있는 자	상패 및 부상 (500만원)
논문상 (TC,SD,CI,SP, SC,IE)	6명	우수한 논문을 대한전자공학회 논문지 및 해외 저명 학술지에 발표한 자로서 6개 SOciety (TC,SD,CI,SP,SC,IE)별 각 1인(*)	상패 및 부상

* 최근 5년간 전자공학회 논문지에 3편 이상의 저널 논문이 포함되어야 함.

2. 추천권자

가. 소속기관장 (연구소, 대학, 기업체, 행정기관 등) 나. 개인(본인 포함)

* 단, 대한전자공학대상은 소속기관장의 추천에 한함.

3. 제출서류

* 제출서류 작성양식은 학회 홈페이지(<http://www.theieie.org>)를 참조하기 바람.

4. 서류 또는 이메일 접수

가. 접수마감: 2023년 7월 11일(화)

나. 접 수 처: 서울 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동) 과학기술회관 1관 907호

대한전자공학회 사무국 이안순 부장 (02-553-0255(내선 6번), ieie@theieie.org)

5. 수상자 발표 및 시상

가. 발 표: 2023년 11월 초순

나. 시 상: 2023년 11월 24일(금) 정기총회(장소: 추후공지)

2023년도 대한전자공학회

해동상 후보자 추천

사단법인 대한전자공학회에서는 매년 전자·정보·통신 분야에 탁월한 업적을 이루고 전자공학의 발전에 크게 공헌한 분에게 해동상을 아래와 같이 시상하고 있습니다. 해동상은 대덕전자(주) 고, 김정식 회장께서 우리나라 전자공학 분야의 학문 발전과 기술 발전을 위하여 크게 업적을 쌓은 분들의 노고를 치하하고 업적을 기리기 위하여 해동과학문화재단을 설립함으로써 제정되었습니다. 금년에도 회원 여러분께서 훌륭하신 후보자를 추천하여 주시면 감사하겠습니다.

1. 시상부문 및 자격

시 상 부 문	인 원	시 상 자 격	시 상 내 용
해동학술상	1명	학회 정회원 혹은 평생회원(회원자격 최근 2년 이상 유지)이어야 하며, 최근 10년간 본 학회 논문지 및 SCI-E급 국제저널에 논문 게재 등 전자·정보·통신 및 관련 분야 학술 활동에 탁월한 업적이 있는 자(*)	상패 및 부상 (2,500만원)
해동기술상	1명	기업체, 공공연구기관 및 정부출연기관에 근무하는 임직원 중 우수한 기술개발 업적을 달성하여 국가적으로 전자·정보·통신 기술 발전에 크게 기여한 자	상패 및 부상 (2,500만원)
해동젊은공학인상 (학술상)	1명	학회 정회원 혹은 평생회원(회원자격 최근 2년 이상 유지)이며, 만 40세 이하인 자로 최근 5년간 본 학회 학술대회 및 학술지에 논문 게재 등 전자·정보·통신 및 관련 분야 학술 활동에 탁월한 업적이 있는 자(**)	상패 및 부상 (1,000만원)
해동젊은공학인상 (기술상)	1명	만 40세 이하인 자로, 우수한 기술개발 업적을 달성하여 국가적으로 전자·정보·통신 기술 발전에 크게 기여한 자	상패 및 부상 (1,000만원)

* 해동학술상은 최근 10년간 본 학회 학술지(전자공학회 논문지, JSTS, IEIE SPC)에 5편 이상의 논문을 게재한 자로서 10년간(2013년 7월 1일~2023년 6월 30일)의 실적을 평가함.

** 해동젊은공학인상(학술상)은 당해년도 만 40세 이하로서 최근 5년간 본 학회 학술대회(하계, 추계, ICEIC, ICCE-Asia, ITC-CSCC) 및 학술지(전자공학회논문지, JSTS, IEIE SPC)에 3편 이상의 논문을 게재한 자로서 5년간(2018년 7월 1일~2023년 6월 30일)의 실적을 평가함.

※ 해동상에 제출하는 논문은 마감일 기준으로 게재된 논문만 인정하며, 아래 조건 중 하나 이상에 해당하는 자는 후보가 될 수 없음.

- 타 기관 해동상 수상자
- 동일한 연구개발 업적으로 본 학회 또는 타 기관에서 수상한 자
- 10년 이내 대한전자공학회에서 수여하는 다른 상(해동상 타 부문, IEIE/IEEE Joint Award 등) 수상자

2. 추천권자

가. 소속기관장 (연구소, 대학, 기업체, 행정기관 등) 나. 개인(본인 포함)

3. 제출서류

* 제출서류 작성양식은 학회 홈페이지(<http://www.theieie.org>)를 참조하기 바람.

4. 서류 또는 이메일 접수

가. 접수마감: 2023년 7월 11일(화)

나. 접 수 처: 서울 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동) 과학기술회관 1관 907호

대한전자공학회 사무국 이안순 부장 (02-553-0255(내선 6번), ieie@theieie.org)

5. 수상자 발표 및 시상

가. 발 표: 2023년 11월 초순

나. 시 상: 2023년 12월 8일(금) (장소: 추후공지)

전자공학회논문지

단편논문 신설 안내

전자공학회논문지에서 단편논문을 신설하여 투고를 받습니다. 기존의 정규논문과 함께 단편논문을 신설하여, 투고 논문 형식의 다변화와 함께 신속한 논문심사 및 게재를 추진하고자 합니다.

논문투고시스템 투고구분 선택

☞ 정규논문(기존) : 긴급 / 일반 중 택일

▶ 단편논문(신설) : 특급

단편논문 양식

☞ 투고규정 : https://www.theieie.org/pages_journal/journal_info.vm

☞ 논문양식 : <https://www.theieie.org/board/?ncode=a008>

* 심사본 : 3쪽 이내, 최종본 : 4쪽 이내

단편논문 심사비 : 10만원/편당

단편논문 게재료 : 게재논문 면당 5만원, 최대 4쪽 이내

☞ 지원 문구 추가 시 10만원 추가

☞ 교신저자가 비회원인 경우 산정된 게재료의 150% 부과

단편논문 심사 기간 : 2주 이내 1차 심사를 원칙으로 함

시 행 : 2022년 10월 이후

2023 하계종합학술대회

6.28(수)~30(금)
롯데호텔 제주(중문)



주요일정

논문제출 : 2023년 5월 10일(수)

심사통보 : 2023년 5월 24일(수)

사전등록 : 2023년 5월 16일(화)~6월 9일(금)



발표분야

소사이어티	연구회
통신(Communication)	통신, 마이크로파 및 전파전파, ITS, 무선PAN/BAN, 미래지능형네트워크, 군사전자
반도체(Semiconductor)	반도체소자 및 재료, SoC 설계, 광파 및 양자전자공학, PCB & Package, RF 집적회로, 정보보안시스템, 내방사선 반도체 설계 및 소자, ESD/EOS & Latchup, 인메모링 컴퓨팅
컴퓨터(Computer)	융합컴퓨팅, 멀티미디어, 인공지능/신경망/퍼지, M2M/IoT, 휴먼ICT, 인공지능 및 보안, 증강휴먼, AI응용, 블록체인
인공지능 신호처리 (AI Signal Processing)	영상처리, 음향 및 음성신호처리, 영상이해, 바이오영상신호처리, 딥러닝, 로봇지능
시스템 및 제어 (System and Control)	의용전자 및 생체공학, 제어계측, 회로 및 시스템, 전력전자, 지능로봇, 국방정보 및 제어, 자동차전자, 의료영상시스템, 스마트팩토리, 스마트 미터링
산업전자 (Industry Electronics)	산업전자제어, 임베디드시스템, 유비쿼터스 센서네트워크, 디지털통신 시스템
New Emerging Area	의료, 에너지, Software, 기타



대한전자공학회

The Institute of Electronics and Information Engineers

(06130) 서울시 강남구 테헤란로 7길 22 과학기술회관 1관 907호

TEL 02-553-0255 (내선6)

FAX 02-552-6093

e-mail ieie@theieie.org

홈페이지 <http://conf.theieie.org>

ITC-CSCC 2023

The 38th International Technical
Conference on Circuits/
Systems, Computers, and
Communications 2023

June 25(Sun) - 28(Wed), 2023
Grand Hyatt Jeju,
Republic of Korea



Welcome to ITC-CSCC 2023

The 38th International Technical Conference on Circuits/
Systems, Computers, and Communications (ITC-CSCC) will be
held on June 25-28, 2023, at Grand Hyatt Jeju, Republic of Korea.

Topics

The conference is open to researchers from all regions of the world.
Participation from Asia Pacific region is particularly encouraged. Proposals
for special sessions are welcome. Papers with original works in all aspects
of Circuits/Systems, Computers and Communications are invited. Topics
include, but not limited to, the followings:

• Circuits & Systems

- Semiconductor Devices & Technology
- Computer Aided Design
- Power Electronics & Circuits
- Intelligent Transportation Systems & Technology
- Analog Circuits
- RF Circuits
- Linear / Nonlinear Systems
- Modern Control
- Medical Electronics & Circuits
- Neural Networks
- VLSI Design
- Verification & Testing
- Sensors & Related Circuits

• Computers

- Artificial Intelligence
- Image Processing
- Biocomputing
- Internet Technology & Applications
- Computer Systems & Applications
- Motion Analysis
- Multimedia Service & Technology
- Computer Vision
- Object Extraction & Technology
- Image Detection & Recognition
- Security
- Image Coding & Analysis
- Watermarking
- Metaverse
- Natural Language Processing

• Communications

- Signal Processing
- Antenna & Wave Propagation
- Network Management & Design
- Optical Communications & Components
- Circuits & Components for Communications

- Radar / Remote Sensing
- IP Networks & QoS
- MIMO & Space-Time Codes
- Ubiquitous Networks
- Multimedia Communications
- UWB - Mobile & Wireless Communications
- Visual Communications
- Future Internet Architectures

PROCEEDINGS

All registered participants are provided with conference proceedings.
Authors of the accepted papers are encouraged to submit full-length
manuscripts to IEIE Journal of Semiconductor Technology and Science,
IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and
Computer Sciences or ECTI Transactions on Computer and Information
Technology. Papers passed through the standard editing procedures of the
IEIE JSTS, IEICE Transactions on Fundamentals or ECTI-CIT will be published
in regular issues. The authors (or their institute) are requested to pay the
publication charge when their paper is accepted.

SUBMISSION OF PAPERS

Prospective authors are invited to submit original papers (1~6 pages)
of either MS Word or PDF format written in English. Paper submission
procedures are available at www.itc-cscc2023.org.

AUTHOR'S SCHEDULE

- Submission of Paper : March 31, 2023
- Notification of Acceptance : May 8, 2023
- Submission of Final Paper : May 22, 2023

Hosted by

The Institute of Electronics and Information Engineers (IEIE), Korea
The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers
(IEICE), Japan
The Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications
and Information Association (ECTI), Thailand

Contact Point

- E-mail : inter@theieie.org
- Phone : +82-2-553-0255(Ext. 4)
- www.itc-cscc2023.org.

ICCE-Asia 2023

The 8th International Conference on Consumer Electronics (ICCE) Asia

10.23^{Mon} - 10.25^{Wed}, 2023

Paradise Hotel Busan, South Korea

Presentation Guidelines

The conference will be held with face-to-face presentations of papers at the conference site at Paradise Hotel, Busan, South Korea.

Organized by the IEEE Consumer Electronics Society and the Institute of Electronics and Information Engineers, ICCE-Asia 2023 which will be held in the Paradise Hotel, Busan, South Korea is an event open to researchers and engineers from industry, research centres, and academia to exchange information and results related to consumer electronics (CE). The conference will feature outstanding keynote speakers, high quality tutorials, special sessions and peer-reviewed papers. It hopes to attract a global audience from industry and academia. It is a perfect opportunity to promote affiliated company/organization to an audience of world-class researchers in the CE industry.

TOPICS OF IEEE/IEIE ICCE-ASIA 2023

- Artificial Intelligence and Machine Learning for CE Applications (AIM)
- Robotics, Drones, Automation Technologies and Interfaces (RDA)
- Security and Privacy of CE Hardware and Software Systems (SPC)
- Energy Management of CE Hardware and Software Systems (EMC)
- Application-Specific CE for Smart Cities (SMC)
- RF, Wireless, and Network Technologies (WNT)
- Internet of Things and Internet of Everywhere (IoT)
- Entertainment, Gaming, and Virtual and Augmented Reality (EGV)
- AV Systems, Image and Video, and Cameras and Acquisition (AVS)
- Automotive CE Applications (CEA)
- CE Sensors and MEMS (CSM)
- Consumer Healthcare Systems (CHS)
- Enabling and HCI Technologies (HCI)
- Smartphone and Mobile Device Technologies (MDT)
- Semiconductor Devices for Consumer Electronics (SCE)
- Other Technologies Related with CE (MIS)

SPECIAL SESSIONS

Special session proposals are invited to IEEE/IEIE ICCE-Asia 2023, and inquiries regarding submission should be directed to the Special Session Chair.

BEST PAPER AWARDS

The authors of the best papers will be presented Gold, Silver, and Bronze awards.

Selected top quality papers will be recommended to be published in the Journal of Semiconductor Technology and Science (JSTS) or a special issue of IEIE Transactions on Smart Processing and Computing.

PAPER SUBMISSION

Prospective authors can submit their papers by following the guidelines posted on the conference webpage (<http://www.icce-asia2023.org>).

Accepted papers will be published in IEEE Xplore when the copyright transfer agreement is signed and returned by the authors.

AUTHOR'S SCHEDULE

- Full paper submission/Special Session proposals: August 20th, 2023
- Accepted papers notification: September 8th, 2023
- Final submission due: September 17th, 2023

CONTACT POINT

- Secretariat : inter@theieie.org

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



Authorized
Dealer



키티스 産學研情報(株)
KITIS Info. & Co., Ltd.

www.kitis.co.kr / T. 02 3474 5290

CONTENTS

제50권 6호 (2023년 6월)



※ 학회지 6월호 표지 (vol 50, No 6)

회지편집위원회

- 위 원 장 양 준 성 (연세대학교 교수)
- 위 원 박 관 서 (연세대학교 교수)
 - 박 승 창 (쥬유오씨 사장)
 - 안 진 호 (호서대학교 교수)
 - 윤 석 현 (단국대학교 교수)
 - 장 지 원 (연세대학교 교수)
 - 정 재 용 (인천대학교 교수)
 - 최 정 욱 (한양대학교 교수)
 - 허 준 (고려대학교 교수)
 - 한 태 화 (연세대학교 의료원 팀장)
- 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 : 인공지능과 데이터사이언스 기술을 활용한 ICT 융합

17 특집편집기 / 신원용

18 응집성을 가지는 서브그래프 식별 기술의 최신 연구 동향 / 김다희, 김정훈, 임성수

31 기계학습을 활용한 네트워크 정렬 기술 최근 동향 / 박진덕, 신원용

40 테더드 UAV 기반 6G 네트워크를 위한 강화학습 기술 / 이예린, 유희정, 이호원

50 물리 정보 기계학습의 발전 및 응용 / 이재용, 손취재

59 데이터 문해력의 재고(再考) / 서일정

회원광장

67 논문지 논문목차

69 박사학위 논문초록 / 박현성(연세대학교)

정보교차로

70 국내외 학술행사 안내 / 편집부

86 특별회원사 및 후원사 명단

2023년도 임원 및 각 위원회 위원

회 수 석 부 회 장 고 문	이 혁 재 (서울대학교 교수)	권 호 열 (정보통신정책연구원 원장)
	이 충 용 (연세대학교 교수) - 총괄 / AI	김 영 재 (해동과학문화재단 이사장)
	권 오 경 (한양대학교 석좌교수)	방 승 찬 (한국전자통신연구원 원장)
	김 기 남 (삼성전자 종합기술원 회장)	안 승 권 (연암공과대학교 총장)
	박 성 옥 (SK하이닉스(주) 부회장)	전 영 현 (삼성SDI(주) 부회장)
감 사 부 회 장	신 회 동 (한국전자기술연구원 원장)	최 창 식 (주DB하이텍 부회장)
	윤 석 진 (한국과학기술연구원 원장)	인 치 호 (세명대학교 교수)
	천 경 준 (주씨젠 회장)	김 중 옥 (고려대학교 교수) - 국제협력 / ICCE-Asia / 영문논문
	백 광 현 (중앙대학교 교수) - ITC-CSCC	노 태 문 (한국전자통신연구원 센터장) - 연구소
	강 문 식 (강릉원주대학교 교수) - 교육 / 표준화	심 동 규 (광운대학교 교수) - SPC 영문지
소 사 이 여 티 회 장	노 원 우 (연세대학교 교수) - 하계 및 추계학술 총괄 / 국문논문	이 용 옥 (한화시스템 부사장) - 산학연
	류 수 정 (주사피온코리아 대표이사) - 회원 / 여성	이 재 훈 (유정시스템(주) 대표이사) - 산학연
	이 승 호 (한밭대학교 교수) - 지부	황 인 철 (강원대학교 교수) - 사업 / 대외협력
	이 재 관 (한국자동차연구원 소장) - 산학연	김 진 상 (경희대학교 교수) - 반도체
	정 영 모 (한성대학교 교수) - 홍보 총괄 / 정보화 / 학회지	송 병 철 (인하대학교 교수) - 인공지능신호처리
협 동 부 회 장	유 명 식 (송실대학교 교수) - 통신	김 은 원 (대림대학교 교수) - 산업전자
	최 용 수 (신한대학교 교수) - 컴퓨터	강 성 원 (한국전자통신연구원 부원장)
	김 영 진 (한국생산기술연구원 수석연구원) - 시스템 및 제어	김 달 수 (주티엘아이 대표이사)
	강 민 석 (LG01노텍(주) 부사장)	김 상 태 (한국산업기술평가관리원 연구위원)
	김 강 태 (삼성전자(주) 부사장)	김 형 준 (한국과학기술연구원 소장)
상 임 이 사	김 부 군 (송실대학교 교수)	남 궁 선 (주유니트론텍 부회장)
	김 영 한 (UC San Diego / 가우스랩스 대표이사)	송 문 섭 (주심텍 회장)
	김 후 식 (주뷰웍스 대표이사)	오 윤 제 (정보통신기획평가원 PM)
	손 보 익 (주LX세미콘 대표이사)	이 광 영 (서경대학교 교수)
	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)	이 병 선 (김포대학교 교수)
산 업 체 이 사	유 창 동 (한국과학기술원 교수)	이 장 규 (주텔레칩스 대표이사)
	이 동 규 (주카카오모빌리티 부사장)	전 병 우 (성균관대학교 교수)
	이 서 규 (한국팹리스산업협회 회장)	정 준 (주솔리드 대표이사)
	이 창 한 (한국반도체산업협회 상근부회장)	강 석 주 (서강대학교 교수) - 재무
	전 선 익 (파이낸셜뉴스 회장)	권 영 수 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 국제협력(ICCE-Asia)
산 업 체 이 사	정 은 승 (삼성전자(주) 사장)	김 동 순 (세종대학교 교수) - 대외협력(정책)
	강 명 곤 (한국교통대학교 교수) - 회원	김 용 신 (고려대학교 교수) - 국제협력 총괄(ICCE-Asia)
	구 본 태 (한국전자통신연구원 본부장) - 하계학술	김 익 균 (한국전자통신연구원 본부장) - 사업
	권 혁 인 (중앙대학교 교수) - 국제협력(ITC-CSCC)	김 재 준 (서울대학교 교수) - JSTS 영문지
	김 수 연 (동국대학교 교수) - 홍보	김 철 우 (고려대학교 교수) - 사업
산 업 체 이 사	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장) - 표준화	김 훈 (인천대학교 교수) - 대외협력 총괄
	김 중 현 (고려대학교 교수) - 사업	변 대 석 (삼성전자(주) 마스터) - 교육 총괄
	김 지 훈 (이화여자대학교 교수) - 기획	손 교 민 (삼성전자(주) 마스터) - 산학연
	김 현 (서울과학기술대학교 교수) - 총무(대외협력)	연 규 봉 (한국자동차연구원 팀장) - 산학연 총괄
	류 현 석 (서울대학교 교수) - 교육(산업체)	이 남 윤 (고려대학교 교수) - 사업
산 업 체 이 사	선 우 경 (서울대학교 교수) - 회원 총괄	장 익 준 (경희대학교 교수) - 하계학술
	양 준 성 (연세대학교 교수) - 학회지	정 진 곤 (중앙대학교 교수) - 국문논문
	유 찬 세 (한국전자기술연구원 센터장) - 사업 총괄	조 성 현 (한양대학교 교수) - 정보화
	이 채 은 (인하대학교 교수) - 총무 총괄	최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장) - 산학연
	전 세 영 (서울대학교 교수) - AI	한 재 호 (고려대학교 교수) - 추계학술
산 업 체 이 사	제 민 규 (한국과학기술원 교수) - 사업	고 용 남 (하나미이크론(주) 전무)
	최 기 창 (서울대학교 교수) - 산학연	김 동 현 (ICTK(주) 대표이사)
	최 재 혁 (한국과학기술원 교수) - 홍보	김 현 수 (삼성전자(주) 상무)
	강 석 판 (LG전자(주) 상무)	오 의 열 (LG디스플레이(주) 연구위원)
	김 녹 원 (주디엑스 대표이사)	원 제 형 (도쿄일렉트론코리아(주) 대표이사)
산 업 체 이 사	김 태 진 (주더즈텍 대표이사)	이 도 훈 (국가보안기술연구소 부소장)
	배 순 민 (주케이티 연구소장)	이 상 훈 (주웨이브피아 대표이사)
	우 정 호 (비전넥스트(주) 대표이사)	이 수 인 (주텔레칩스 상무)
	윤 영 권 (삼성전자(주) 마스터)	조 혜 정 (삼성물산(주) 상무)
	이 상 만 (주시스메이트 대표이사)	최 성 민 (주해치텍 대표이사)
산 업 체 이 사	이 수 민 (한국센서연구소 대표이사)	
	조 영 민 (SkyMirr CEO)	
	전 이 우 (주넥스트칩 연구소장)	

이 사

한은혜 (에스에스앤씨㈜ 대표이사)
 홍국태 (㈜LX세미콘 연구위원)
 고병철 (계명대학교 교수) - 학술(하계)
 권기룡 (부경대학교 교수) - 학술(하계)
 김민규 (LG0|노텍㈜ 상무) - 산학연
 김성우 (서울대학교 교수) - 대외협력
 김유철 (LG AI연구원 부문장) - AI
 김재욱 (한국과학기술연구원 선임연구원) - 학술(하계)
 박성정 (건국대학교 교수) - 국제협력
 백종덕 (연세대학교 교수) - AI
 심현정 (한국과학기술원 교수) - AI
 안상철 (한국과학기술연구원 책임연구원) - AI
 원용욱 (명지대학교 교수) - 학술(추계)
 윤종윤 (㈜파두 사장) - 교육
 이구순 (파이낸셜뉴스 부국장) - 홍보
 이창우 (가톨릭대학교 교수) - 홍보
 임동구 (전북대학교 교수) - 정보화
 장지원 (연세대학교 교수) - 학회지
 정무경 (㈜사파온코리아 CTO) - AI
 정해준 (경희대학교 교수) - 국문논문
 차혁규 (서울과학기술대학교 교수) - 정보화
 최광성 (한국전자통신연구원 실장) - 대외협력
 최정욱 (한양대학교 교수) - 학회지
 하태준 (광운대학교 교수) - 학술(추계)
 한정환 (충남대학교 교수) - 정보화
 한태희 (성균관대학교 교수) - 국문논문
 황진영 (한국항공대학교 교수) - 홍보
 구민석 (인천대학교 교수) - 기획
 권경하 (한국과학기술원 교수) - 사업
 김대영 (순천향대학교 교수) - 호서지부
 김사혁 (KSDI 책임연구원) - 대외협력
 김승환 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 학술(추계)
 김형진 (인하대학교 교수) - 회원
 민경식 (국민대학교 교수) - 회원
 박성욱 (강릉원주대학교 교수) - 강원지부
 배준호 (가천대학교 교수) - 표준화
 서종열 (LG전자㈜ 그룹장) - 산학연
 송준영 (인천대학교 교수) - 홍보
 신세운 (UNIST 교수) - 사업
 안진호 (호서대학교 교수) - 학회지
 유경창 (삼성전자㈜ 수석연구원) - 회원
 유호영 (충남대학교 교수) - 대전·충남지부
 윤상훈 (한국전자기술연구원 책임연구원) - 사업
 이권형 (LG전자㈜ 책임연구원) - 대외협력
 이왕상 (경상국립대학교 교수) - 부산·경남·울산지부
 이재규 (삼성전자㈜ 마스터) - 산학연
 이지훈 (전북대학교 교수) - 전북지부
 임승찬 (한경국립대학교 교수) - 국문논문
 정민재 (세종대학교 교수) - 국문논문
 정성영 (차세대융합기술연구원 선임연구원) - 학술(하계)
 정재용 (인천대학교 교수) - 학회지
 채관영 (삼성전자㈜ 마스터) - 국제협력
 최강선 (한국기술교육대학교 교수) - SPC 영문지
 최웅 (숙명여자대학교 교수) - 회원
 추상혁 (현대자동차㈜ 책임매니저) - 정보화

협 동 이 사

함철희 (삼성전자㈜ 마스터)
 권구덕 (강원대학교 교수) - 기획
 권태수 (서울과학기술대학교 교수) - 정보화
 김선욱 (고려대학교 교수) - 교육
 김소영 (성균관대학교 교수) - SPC 영문지
 김윤 (서울시립대학교 교수) - 기획/회원
 동성수 (용인예술과학대학교 교수) - 교육
 배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 학술(추계)
 변영재 (UNIST 교수) - 교육
 안광호 (한국전자기술연구원 센터장) - 대외협력
 안호균 (한국전자통신연구원 실장) - 사업
 윤상민 (국민대학교 교수) - 학술(추계)
 이강윤 (성균관대학교 교수) - SPC 영문지
 이영택 (ASML 전무) - 교육
 이형민 (고려대학교 교수) - 대외협력
 장성욱 (㈜카카오모빌리티 부사장) - AI
 전동석 (서울대학교 교수) - 학술(하계)
 정일권 (한국전자통신연구원 본부장) - 산학연
 조성재 (이화여자대학교 교수) - 기획
 채영철 (연세대학교 교수) - 회원
 최영규 (인하대학교 교수) - 학술(하계)
 하정우 (네이버 AI연구소장) - AI
 한동국 (국민대학교 교수) - 사업
 한진호 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 국제협력
 허재두 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 사업
 황태호 (한국전자기술연구원 본부장) - 학술(하계)
 권건우 (홍익대학교 교수) - 학술(하계)
 권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원) - 학술(추계)
 김범현 (한양대학교 교수) - 정보화
 김시준 (강원대학교 교수) - 사업
 김정석 (가천대학교 교수) - 국제협력
 류성주 (서강대학교 교수) - 학술(하계)
 박관서 (연세대학교 교수) - 학술(추계)
 배준성 (강원대학교 교수) - 정보화
 서민재 (가천대학교 교수) - 기획/홍보
 송익현 (한양대학교 교수) - 회원
 송철 (DGIST 교수) - 학술(추계)
 심용 (중앙대학교 교수) - 홍보
 오윤호 (고려대학교 교수) - 학술(추계)
 유동훈 (디시일로 연구소장) - 회원
 윤명국 (이화여자대학교 교수) - AI
 윤희인 (UNIST 교수) - 홍보
 이성학 (경북대학교 교수) - 대구·경북지부
 이인영 (조선대학교 교수) - 광주·전남지부
 이정원 (서울대학교 교수) - 회원/사업
 임매순 (한국과학기술연구원 책임연구원) - 사업
 장지수 (삼성전자㈜ PE) - 사업
 정방철 (충남대학교 교수) - 정보화
 정완영 (한국과학기술원 교수) - 홍보
 차철웅 (한국전자기술연구원 센터장) - 표준화
 채주형 (광운대학교 교수) - 총무
 최병수 (부경대학교 교수) - 교육
 추민성 (한양대학교 교수) - 학술(하계)/홍보
 황원준 (아주대학교 교수) - AI

지부장 명단

강원지부
 대구·경북지부
 부산·경남·울산지부
 제주지부
 호서지부
 미 국

강문식 (강릉원주대학교 교수)
 공성호 (경북대학교 교수)
 고진환 (경상대학교 교수)
 고석준 (제주대학교 교수)
 강윤희 (백석대학교 교수)
 최명준 (텔레다인 박사)

광주·전남지부
 대전·충남지부
 전 북 지 부
 충 북 지 부
 일 본
 러 시 아 지 부

최수일 (전남대학교 교수)
 김철영 (충남대학교 교수)
 이주연 (전주비전대학교 교수)
 최영규 (한국교통대학교 교수)
 백인천 (AIZU대학교 교수)
 Prof. Edis B. TEN (National University of Science and Technology)

위원회 명단

자문위원회

위원장	김도현 (국민대학교 명예교수)
부위원장	박항구 (소암시스템 회장)
위원	고성제 (고려대학교 교수)
	김덕진 (고려대학교 명예교수)
	김영권 (건국대학교 명예교수)
	문영식 (한양대학교 교수)
	박진옥 (육군사관학교 명예교수)
	서정욱 (전) 과학기술부 장관)
	이문기 (연세대학교 명예교수)
	이진구 (동국대학교 명예교수)
	임제탁 (한양대학교 명예교수)
	전홍태 (중앙대학교 명예교수)
	홍승홍 (인하대학교 명예교수)

공준진 (삼성전자공과대학교 주임교수)	구용서 (단국대학교 교수)
김성대 (한국과학기술원 명예교수)	김수중 (경북대학교 명예교수)
김재희 (연세대학교 명예교수)	나정웅 (한국과학기술원 명예교수)
박규태 (연세대학교 명예교수)	박성한 (한양대학교 명예교수)
백준기 (중앙대학교 교수)	서승우 (서울대학교 교수)
성광모 (서울대학교 명예교수)	윤종웅 (한국공학교육인증원 이사장)
이상설 (한양대학교 명예교수)	이재홍 (서울대학교 명예교수)
이충웅 (서울대학교 명예교수)	이태원 (고려대학교 명예교수)
임혜숙 (이화여자대학교 교수)	전국진 (서울대학교 명예교수)
정정화 (한양대학교 명예교수)	홍대식 (연세대학교 교수)

기획위원회

위원장	김지훈 (이화여자대학교 교수)
부위원장	조성재 (이화여자대학교 교수)
위원	권구덕 (강원대학교 교수)
	김윤 (서울시립대학교 교수)

구민석 (인천대학교 교수)	서민재 (가천대학교 교수)
----------------	----------------

학술연구위원회 - 하계

위원장	노원우 (연세대학교 교수)
부위원장	장익준 (경희대학교 교수)
위원	고병철 (계명대학교 교수)
	김윤 (서울시립대학교 교수)
	변대석 (삼성전자(주) 마스터)
	전동석 (서울대학교 교수)
	최영규 (인하대학교 교수)
	황태호 (한국전자기술연구원 본부장)

구본태 (한국전자통신연구원 본부장)	권기룡 (부경대학교 교수)
권건우 (홍익대학교 교수)	류성주 (서강대학교 교수)
김재욱 (KIST 그룹장)	이종호 (숭실대학교 교수)
양준성 (연세대학교 교수)	최민석 (경희대학교 교수)
정성엽 (차세대융합기술연구원 실장)	추민성 (한양대학교 교수)
최정욱 (한양대학교 교수)	

학술연구위원회 - 추계

위원장	노원우 (연세대학교 교수)	한재호 (고려대학교 교수)
위원	권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)	김승환 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	권관서 (연세대학교 교수)	김진영 (광운대학교 교수)
	오운호 (고려대학교 교수)	송철 (DGIST 교수)
	하태준 (광운대학교 교수)	윤상민 (국민대학교 교수)

논문편집위원회

위원장	정진곤 (중앙대학교 교수)	한재호 (고려대학교 교수)
부위원장	정해준 (경희대학교 교수)	김승환 (한국전자통신연구원 책임연구원)
위원	강성복 (한국생산기술연구원 수석연구원)	김진영 (광운대학교 교수)
	권구덕 (강원대학교 교수)	송철 (DGIST 교수)
	김명선 (한성대학교 교수)	윤상민 (국민대학교 교수)
	김영로 (명지전문대학교 교수)	
	김학구 (중앙대학교 교수)	
	임민중 (동국대학교 교수)	
	조성인 (동국대학교 교수)	

국제협력위원회

위원장	김용신 (고려대학교 교수)	김종욱 (고려대학교 교수)
부위원장	권영수 (한국전자통신연구원 책임연구원)	권혁인 (중앙대학교 교수)
위원	김정석 (가천대학교 교수)	박성정 (건국대학교 교수)
	최웅 (숙명여대 교수)	한진호 (한국전자통신연구원 책임연구원)

대외협력위원회

위원장	김훈 (인천대학교 교수)	연규봉 (한국자동차연구원 책임연구원)
부위원장	김성우 (서울대학교 교수)	

위	원	김 동 순 (세종대학교 교수)	김 사 혁 (KISDI 책임연구원)	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)
		김 형 준 (한국전자통신연구원 센터장)	안 광 호 (한국전자기술연구원 센터장)	이 권 형 (LG전자㈜ 책임연구원)
		이 형 민 (고려대학교 교수)	최 광 성 (한국전자통신연구원 실장)	한 상 옥 (삼성전자㈜ 책임연구원)
		황 성 운 (가천대학교 교수)		

산학연협동위원회

위	원	장	연구 봉 (한국자동차연구원 실장)	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)	서 종 열 (LG전자㈜ 그룹장)
위	원		김 민 규 (LG이노텍㈜ 상무)	이 용 옥 (한화시스템 부사장)	이 재 관 (한국자동차연구원 소장)
			손 교 민 (삼성전자㈜ 마스터)	이 재 훈 (유정시스템 대표이사)	정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장)
			이 재 규 (삼성전자㈜ 마스터)	최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)	
			최 기 창 (서울대학교 교수)		

회원관리위원회

위 원 장	선 우 경 (서울대학교 교수)			
부 위 원 장	강 명 곤 (한국교통대학교 교수)			
위 원	김 윤 (서울시립대학교 교수)	김 형 진 (인하대학교 교수)	민 경 식 (국민대학교 교수)	
	배 종 호 (국민대학교 교수)	송 익 현 (한양대학교 교수)	유 경 창 (삼성전자㈜ 수석연구원)	
	유 동 훈 (디사일로 연구소장)	이 상 훈 (㈜웨이브피아 대표이사)	이 정 원 (서울대학교 교수)	
	채 영 철 (연세대학교 교수)	최 웅 (숙명여자대학교 교수)		

회지편집위원회

위	원	장	양 준 성 (연세대학교 교수)	박 승 창 (㈜유오씨 사장)	안 진 호 (호서대학교 교수)
위	원		박 관 서 (연세대학교 교수)	장 지 원 (연세대학교 교수)	정 재 용 (인천대학교 교수)
			윤 석 현 (단국대학교 교수)	한 태 화 (연세대학교 의료원 팀장)	허 준 (고려대학교 교수)
			최 정 옥 (한양대학교 교수)		

사업위원회

위	원	장(총괄)	유 찬 세 (한국전자기술연구원 센터장)	김 중 헌 (고려대학교 교수)	김 철 우 (고려대학교 교수)
위	원	장	김 익 균 (한국전자통신연구원 본부장)	이 남 윤 (고려대학교 교수)	제 민 규 (한국과학기술원 교수)
			선 우 경 (서울대학교 교수)	김 시 준 (강원대학교 교수)	송 준 영 (인천대학교 교수)
위	원		권 경 하 (한국과학기술원 교수)	안 호 균 (한국전자통신연구원 실장)	윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
			신 세 운 (UNIST 교수)	임 매 순 (한국과학기술연구원 책임연구원)	장 지 수 (삼성전자㈜ PE)
			이 정 원 (서울대학교 교수)	허 재 두 (한국전자통신연구원 책임연구원)	
			한 동 국 (국민대학교 교수)		

교육연구위원회

위 원 장	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)				
부 위 원 장	변 대 석 (삼성전자㈜ 마스터)				
위 원	김 선 옥 (고려대학교 교수)	동 성 수 (용인예술과학대학교 교수)	류 현 석 (서울대학교 교수)		
	박 영 우 (TEL 부사장)	변 영 재 (UNIST 교수)	윤 종 윤 (㈜파두 사장)		
	이 영 택 (ASML 전무)	이 후 진 (한성대학교 교수)	최 병 수 (한국전자통신연구원 실장)		

홍보위원회

위원장	정영모 (한성대학교 교수)		
부위원장	김수연 (동국대학교 교수)	최재혁 (한국과학기술원 교수)	
위원	서민재 (가천대학교 교수)	송준영 (인천대학교 교수)	심용 (중앙대학교 교수)
	윤희인 (UNIST 교수)	이구순 (파이낸셜뉴스 부국장)	이창우 (가톨릭대학교 교수)
	정완영 (한국과학기술원 교수)	추민성 (한양대학교 교수)	황진영 (한국항공대학교 교수)

표준화위원회

위 원 장	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)				
부 위 원 장	연 규 봉 (한국자동차연구원 팀장)				
위 원	권 기 원 (성균관대학교 교수)	김 성 동 (서울과학기술대학교 교수)	박 재 영 (광운대학교 교수)		
	배 준 호 (가천대학교 교수)	이 상 근 (성균관대학교 교수)	이 종 목 (SOL 대표)		
	좌 성 훈 (서울과학기술대학교 교수)	차 철 웅 (한국전자기술연구원 센터장)	한 태 수 (한국전자기술연구원 연구위원)		

정보화위원회

위	원	장	조 성 현 (한양대학교 교수)	김 범 현 (한양대학교 교수)	김 중 헌 (고려대학교 교수)
위	원		권 태 수 (서울과학기술대학교 교수)	임 동 구 (전북대학교 교수)	정 방 철 (충남대학교 교수)
			배 준 성 (강원대학교 교수)	추 상 혁 (현대자동차㈜ 책임매니저)	한 정 환 (충남대학교 교수)
			차 혁 규 (서울과학기술대학교 교수)		

AI위원회

위 원 장	이 총 용 (연세대학교 교수)	전 세 영 (서울대학교 교수)	
위 원	강 석 주 (서강대학교 교수)	김 유 철 (LG AI연구원 부부장)	백 종 덕 (연세대학교 교수)
	심 현 정 (한국과학기술원 교수)	안 상 철 (KIST 책임연구원)	윤 명 국 (이화여자대학교 교수)
	정 무 경 (주사피온코리아 CTO)	한 재 호 (고려대학교 교수)	황 원 준 (아주대학교 교수)

지부담당위원회

위 원 장	이 승 호 (한밭대학교 교수)		
위 원	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)	강 윤 희 (백석대학교 교수)	고 석 준 (제주대학교 교수)
	고 진 환 (경상대학교 교수)	공 성 호 (경북대학교 교수)	김 철 영 (충남대학교 교수)
	이 주 연 (전주비전대학교 교수)	최 수 일 (전남대학교 교수)	최 영 규 (한국교통대학교 교수)

선거관리위원회

위 원 장	이 재 홍 (서울대학교 명예교수)		
위 원	강 석 주 (서강대학교 교수)	김 현 (서울과학기술대학교 교수)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)
	이 채 은 (인하대학교 교수)	장 익 준 (경희대학교 교수)	정 진 곤 (중앙대학교 교수)

포상위원회

위 원 장	최 천 원 (단국대학교 교수)		
위 원	김 종 옥 (고려대학교 교수)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	노 원 우 (연세대학교 교수)
	이 총 용 (연세대학교 교수)	황 인 철 (강원대학교 교수)	
위원 및 간사겸임	이 채 은 (인하대학교 교수)		

재정위원회

위 원 장	이 혁 재 (서울대학교 교수)		
위 원	강 석 주 (서강대학교 교수)	박 성 한 (명예회장)	박 영 기 (주씨인텔레콤 대표이사)
	원 제 형 (도쿄일렉트론코리아주 대표이사)	유 창 동 (한국과학기술원 교수)	이 윤 중 (전) ㈜DB하이텍 부사장)
	이 총 용 (연세대학교 교수)	인 치 호 (세명대학교 교수)	조 중 휘 (인천대학교 교수)

인사위원회

위 원 장	이 혁 재 (서울대학교 교수)		
위 원	김 현 (서울과학기술대학교 교수)	강 석 주 (서강대학교 교수)	이 채 은 (인하대학교 교수)
	이 총 용 (연세대학교 교수)	전 세 영 (서울대학교 교수)	

JSTS 편집위원회

위 원 장	김 재 준 (서울대학교 교수)		
위 원	강 인 만 (경북대학교 교수)	권 혁 인 (중앙대학교 교수)	김 상 범 (서울대학교 교수)
	김 소 영 (성균관대학교 교수)	김 재 준 (포항공과대학교 교수)	김 주 성 (한밭대학교 교수)
	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	남 일 구 (부산대학교 교수)	민 경 식 (국민대학교 교수)
	박 성 주 (한양대학교 교수)	백 광 현 (중앙대학교 교수)	신 민 철 (한국과학기술원 교수)
	신 창 환 (고려대학교 교수)	오 정 우 (연세대학교 교수)	이 가 원 (충남대학교 교수)
	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	장 호 원 (서울대학교 교수)	정 재 경 (한양대학교 교수)
	조 성 재 (이화여자대학교 교수)	조 일 환 (명지대학교 교수)	차 호 영 (홍익대학교 교수)
	최 우 석 (서울대학교 교수)	최 우 영 (서울대학교 교수)	한 재 덕 (한양대학교 교수)

SPC위원회

위 원 장	심 동 규 (광운대학교 교수)		
위 원	강 석 주 (서강대학교 교수)	김 선 옥 (고려대학교 교수)	김 소 영 (성균관대학교 교수)
	김 영 민 (홍익대학교 교수)	김 원 준 (건국대학교 교수)	김 재 곤 (한국항공대학교 교수)
	김 종 옥 (고려대학교 교수)	박 철 수 (광운대학교 교수)	백 준 기 (중앙대학교 교수)
	서 용 호 (광운대학교 교수)	송 병 철 (인하대학교 교수)	유 양 모 (서강대학교 교수)
	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	이 채 은 (인하대학교 교수)	전 병 우 (성균관대학교 교수)
	정 승 원 (동국대학교 교수)	조 남 익 (서울대학교 교수)	조 민 호 (고려대학교 교수)
	진 훈 (경기대학교 교수)	최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)	황 원 준 (아주대학교 교수)
	황 인 철 (강원대학교 교수)		

Society 명단

통신소사이터티

회 장	유 명 식 (숭실대학교 교수)	김 재 현 (아주대학교 교수)	김 진 영 (광운대학교 교수)
부 회 장	김 선 용 (건국대학교 교수)	오 정 근 (㈜ATNS 대표이사)	유 명 식 (숭실대학교 교수)
	김 훈 (인천대학교 교수)	이 정 우 (중앙대학교 교수)	최 천 원 (단국대학교 교수)
	윤 석 현 (단국대학교 교수)		
	허 준 (고려대학교 교수)		
감 사	이 재 진 (숭실대학교 교수)	이 흥 노 (광주과학기술원 교수)	김 영 한 (숭실대학교 교수)
협 동 부 회 장	김 병 남 (에이스테크놀로지 연구소장)	김 연 은 (㈜브로던 대표이사)	류 승 문 (사)개인공간서비스협회 수석부위원장
	김 용 석 (㈜답스 대표이사)	김 인 경 (LG전자㈜ 상무)	연 철 홍 (LG텔레콤 상무)
	박 용 석 (㈜LUCT 대표이사)	방 승 찬 (한국전자통신연구원 부장)	정 진 섭 (이노와이어리스 부사장)
	이 승 호 (㈜하이게인 부사장)	이 재 훈 (유정시스템㈜ 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 (숭실대학교 교수)
	상 원 진 (서강대학교 교수)	신 오 순 (숭실대학교 교수)	신 오 안 (숭실대학교 교수)
	윤 종 호 (한국항공대학교 교수)	윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수)	이 재 훈 (동국대학교 교수)
	이 중 호 (숭실대학교 교수)	이 호 경 (홍익대학교 교수)	임 종 태 (홍익대학교 교수)
	장 병 수 (이노벨루네트웍스 부사장)	조 성 현 (한양대학교 교수)	조 인 호 (에이스테크놀로지 박사)
	최 진 식 (한양대학교 교수)	허 서 원 (홍익대학교 교수)	
연구회위원장	최 지 웅 (DGIST 교수) - 통신	윤 상 민 (국민대학교 교수) - 지능형네트워크	
	조 춘 식 (한국항공대학교 교수) - 마이크로 및 전파전자	이 철 기 (아주대학교 교수) - ITS	
	김 강 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 석좌교수)	김 영 환 (포항공과대학교 교수)
자 문 위 원	공 준 진 (삼성전자공과대학교 주임교수)	김 희 석 (청주대학교 교수)	박 홍 준 (포항공과대학교 교수)
	김 재 석 (연세대학교 교수)	손 보 역 (㈜LX세미콘 대표이사)	신 승 용 (반소 전임회장)
	신우명훈 (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㈜ 부사장)
	임 신 일 (서경대학교 교수)	정 연 모 (경희대학교 교수)	정 항 근 (전북대학교 교수)
	전 영 현 (삼성SDI㈜ 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㈜ 부사장)
	조 중 회 (연세대학교 교수)		
	허 영 (실리콘마이터스 대표이사)		
감 사	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	이 광 엽 (서경대학교 교수)	이 한 호 (인하대학교 교수)
부 회 장	김 동 규 (한양대학교 교수)	안 기 현 (한국반도체산업협회 전무)	최 중 호 (서울시립대학교 교수)
	이 희 덕 (충남대학교 교수)	장 성 진 (삼성전자㈜ 부사장)	류 현 석 (서울대학교 교수)
총 무 이 사	고 형 호 (충남대학교 교수)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	황 상 준 (삼성전자㈜ 부사장)
	박 종 선 (고려대학교 교수)	유 찬 호 (삼성전자 마스터)	조 성 재 (가천대학교 교수)
	노 정 진 (한양대학교 교수)	최 기 식 (삼성전자 부사장)	
편 집 이 사	한 태 희 (성균관대학교 교수)		
학 술 이 사	김 진 규 (인하대학교 교수)	김 철 우 (고려대학교 교수)	범 진 욱 (서강대학교 교수)
	변 영 재 (UNIST 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 규 (전북대학교 교수)	차 호 영 (홍익대학교 교수)
	최 우 영 (연세대학교 교수)	최 창 환 (한양대학교 교수)	
사 업 이 사	강 운 병 (삼성전자㈜ 마스터)	공 배 선 (성균관대학교 교수)	공 정 택 (성균관대학교 교수)
	김 동 순 (세종대학교 교수)	김 소 영 (성균관대학교 교수)	김 시 호 (연세대학교 교수)
	김 용 석 (성균관대학교 교수)	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)	김 중 선 (홍익대학교 교수)
	백 광 현 (중앙대학교 교수)	변 대 석 (삼성전자㈜ 마스터)	손 교 민 (삼성전자㈜ 마스터)
	송 용 호 (삼성전자㈜ 부사장)	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 연구위원)	오 정 우 (연세대학교 교수)
	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	조 태 제 (삼성전자㈜ 고문)	최 규 영 (서울대학교 교수)
	최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)	최 윤 경 (고려대학교 교수)	최 준 민 (경북대학교 교수)
재 무 이 사	권 기 원 (성균관대학교 교수)	이 성 수 (숭실대학교 교수)	
산 학 이 사	김 경 수 (넥스트칩 대표이사)	김 동 현 (ICTK 사장)	김 보 은 (라온텍 사장)
	김 준 석 (ADT 사장)	나 준 호 (㈜LX세미콘 전무)	손 재 철 (어보브반도체 부사장)
	송 태 훈 (휴인스 사장)	신 용 석 (케이던스코리아 사장)	이 도 영 (옵토레인 사장)
	이 윤 중 (동부하이텍 부사장)	이 장 규 (텔레칩스 대표이사)	
	노 원 우 (연세대학교 교수)	문 용 (숭실대학교 교수)	
회 원 이 사	최 우 영 (서울대학교 교수) - 반도체소재및재료	김 상 인 (아주대학교 교수) - 광파밍및자전자공학	
연구회위원장	김 종 성 (홍익대학교 교수) - SoC설계	김 영 진 (한국항공대학교 교수) - RF집적회로	
	정 원 영 (강원공업㈜ 본부장) - PCB&Package	김 익 규 (한국전자통신연구원 본부장) - 정보보안시스템	
	정 의 준 (경희대학교 교수) - 내방사선 반도체 설계 및 소자	김 한 규 (삼성전자공과대학교 교수) - ESD/EOS & Latchup	
	노 원 우 (연세대학교 교수) - 인 메모리 컴퓨팅		
협 동 위 원	강 영 곤 (한국교통대학교 교수)	강 석 형 (포항공과대학교 교수)	권 구 덕 (강원대학교 교수)
	권 영 수 (한국전자통신연구원 책임연구원)	김 수 연 (동국대학교 교수)	김 영 민 (홍익대학교 교수)
	김 재 욱 (KIST 그룹장)	김 현 (서울과학기술대학교 교수)	류 성 주 (서강대학교 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 윤 명 (성균관대학교 교수)	이 영 민 (고려대학교 교수)
	전 동 석 (서울대학교 교수)	전 성 훈 (삼성전자㈜ 상무)	정 무 경 (㈜사피온코리아 CTO)
	장 윤 호 (한국항공대학교 교수)	제 민 규 (한국과학기술원 교수)	채 형 일 (건국대학교 교수)
	최 재 혁 (한국과학기술원 교수)	최 재 혁 (성균관대학교 교수)	추 민 성 (한양대학교 교수)
	한 정 환 (충남대학교 교수)	황 태 호 (한국전자기술연구원 센터장)	김 태 환 (한국항공대학교 교수)

컴퓨터소사이터티

회 명 예 회 장

최용수 (신한대학교 교수)
강문식 (강릉원주대학교 교수)
박인성 (단국대학교 명예교수)
정영규 (홍익대학교 교수)
정영규 (울지대학교 교수)
정영규 (가천대학교 교수)
정영규 (강원대학교 교수)
변영재 (UNIST 교수)
김도현 (제주대학교 교수)
조민호 (고려대학교 교수)
김상욱 (상명대학교 교수)
박성우 (강릉원주대학교 교수)
이영 (인천대학교 교수)
정영 (명지병원 책임연구원)
김진홍 (배재대학교 교수)
박영훈 (숙명여자대학교 교수)
이덕기 (연암공과대학교 교수)
강병권 (순천향대학교 교수)
김정욱 (경희대학교 교수)
노영 (월송출판 대표이사)
이문구 (김포대학교 교수)
이주형 (가천대학교 교수)
한규필 (금오공과대학교 교수)

자 문 위 원
감 부 회 장

고한열 (고려대학교 교수)
김종원 (경동대학교 교수)
서민석 (고려대학교 교수)
이충규 (조선대학교 교수)
한상민 (순천향대학교 교수)
황석중 (SK Telecom 박사)
박승찬 (㈜유오씨 사장)
김대휘 (주한국정보통신 대표이사)
서봉상 (주올포랜드 이사)
오승훈 (주얼린 대표이사)
조병순 (CNC instrument 사장)
심정현 (강남대학교 교수) - 멀티미디어
윤준 (경일대학교 교수) - 융합컴퓨팅
김도현 (제주대학교 교수) - M2M/IOT
정영 (가천대학교 교수) - 인공지능 및 보안
정영 (홍익대학교 교수) - 블록체인

협동부회장

김병서 (홍익대학교 교수)
우운택 (한국과학기술원 교수)
이후진 (한성대학교 교수)

총무이사
재무이사
홍보이사
집의사

김선욱 (고려대학교 교수)
김한울 (서울과학기술대학교 교수)
윤상훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
이세호 (전북대학교 교수)
정해명 (김포대학교 교수)

학술이사

김대홍 (울지대학교 교수)
김홍균 (다스파워 이사)
오희석 (한성대학교 교수)
임경원 (대림대학교 교수)
한영선 (부경대학교 교수)
황재정 (군산대학교 교수)
차시호 (청운대학교 교수)
김은영 (특와이시스템즈 이사)
송치봉 (웨이버스 이사)
이재홍 (유비벨록스모바일 대표이사)
조병영 (주태진인포텍 전무)

사업이사
산학이사

김대홍 (울지대학교 교수)
김홍균 (다스파워 이사)
오희석 (한성대학교 교수)
임경원 (대림대학교 교수)
한영선 (부경대학교 교수)
황재정 (군산대학교 교수)
차시호 (청운대학교 교수)
김은영 (특와이시스템즈 이사)
송치봉 (웨이버스 이사)
이재홍 (유비벨록스모바일 대표이사)
조병영 (주태진인포텍 전무)

연구회위원장

진훈 (경기대학교 교수) - 휴먼ICT
이민호 (경북대학교 교수) - 인공지능/신경망/퍼지
우운택 (한국과학기술원 교수) - 중강류현
김명선 (한성대학교 교수) - AI응용

김승천 (한성대학교 교수)
박준명 (한국교통대학교 교수)
안현식 (동명대학교 교수)
허영 (스마트의료기기산업진흥재단 부이사장)

남상엽 (국제대학교 교수)
박수현 (국민대학교 교수)
심정연 (강남대학교 교수)

김병서 (홍익대학교 교수)
우운택 (한국과학기술원 교수)
이후진 (한성대학교 교수)

기장근 (공주대학교 교수)
김천식 (세종대학교 교수)
심규성 (한경대학교 교수)
이민호 (경북대학교 교수)
이찬수 (영남대학교 교수)

김대홍 (울지대학교 교수)
김홍균 (다스파워 이사)
오희석 (한성대학교 교수)
임경원 (대림대학교 교수)
한영선 (부경대학교 교수)
황재정 (군산대학교 교수)
차시호 (청운대학교 교수)
김은영 (특와이시스템즈 이사)
송치봉 (웨이버스 이사)
이재홍 (유비벨록스모바일 대표이사)
조병영 (주태진인포텍 전무)

진훈 (경기대학교 교수) - 휴먼ICT
이민호 (경북대학교 교수) - 인공지능/신경망/퍼지
우운택 (한국과학기술원 교수) - 중강류현
김명선 (한성대학교 교수) - AI응용

김형중 (고려대학교 교수)
신인철 (단국대학교 명예교수)
이규대 (공주대학교 교수)
홍유식 (상지대학교 교수)

정교일 (한국전자통신연구원 책임연구원)
윤은준 (경일대학교 교수)

김영학 (산업기술평가관리원 본부장)
유성철 (LG히다씨 본부장)
정은성 (홍익대학교 교수)

김선욱 (고려대학교 교수)
김한울 (서울과학기술대학교 교수)
윤상훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
이세호 (전북대학교 교수)
정해명 (김포대학교 교수)

김영선 (한성대학교 교수)
백광현 (중앙대학교 교수)
이정선 (울지대학교 교수)
임재균 (명지병원 소장)
한태화 (연세대학교 의료원 팀장)

황진영 (한국항공대학교 교수)
김효선 (연세세브란스병원 연구원)
신동희 (대보정보통신 부장)
이학준 (이노지에스코리아 연구소장)
진훈 (경기대학교 교수)

인공지능 신초처리소사이터티

회 명 예 회 장

송병철 (인하대학교 교수)
김정태 (이화여자대학교 교수)
김홍국 (광주과학기술원 교수)
이영렬 (세종대학교 교수)
홍민철 (송실대학교 교수)
고병철 (계명대학교 교수)
김경진 (LG전자 연구위원)
김진웅 (한국전자통신연구원 그룹장)
여종철 (한국과학기술원 교수)
이찬수 (영남대학교 교수)
최병호 (한국전자기술연구원 센터장)
이재은 (인하대학교 교수)
고종환 (성균관대학교 교수)
곽수영 (한밭대학교 교수)
김승룡 (고려대학교 교수)
김태현 (한양대학교 교수)
김휘웅 (경희대학교 교수)
박인규 (인하대학교 교수)
신종원 (광주과학기술원 교수)
오병태 (한국항공대학교 교수)
유현우 (두산인프라코어 연구원)
유현우 (UNIST 교수)
이덕우 (계명대학교 교수)
이윤구 (광운대학교 교수)
장주혁 (한양대학교 교수)
정영주 (숙명여자대학교 교수)
조상인 (동국대학교 교수)
최동철 (한밭대학교 교수)
최종원 (중앙대학교 교수)
한보영 (서울대학교 교수)
홍성은 (인하대학교 교수)
김준희 (중앙대학교 교수)
곽진태 (고려대학교 교수)
김광주 (한국전자통신연구원 연구원)
김상호 (성균관대학교 교수)
김원하 (경희대학교 교수)
김종민 (강원대학교 교수)
김태광 (세종대학교 교수)
박구만 (서울과학기술대학교 교수)
박현진 (성균관대학교 교수)
서영호 (광운대학교 교수)

부 회 장
협동부회장

전세영 (서울대학교 교수)
권기훈 (부경대학교 교수)
김창수 (고려대학교 교수)
윤재중 (LG전자 연구위원)
지인호 (홍익대학교 교수)
하정우 (네이버 AI연구소장)
강제원 (이화여자대학교 교수)
고현석 (한양대학교 교수)
곽수하 (포스텍 교수)
김준모 (한국과학기술원 교수)
김학구 (중앙대학교 교수)
박상현 (DGIST 교수)
박철수 (광운대학교 교수)
삼재영 (UNIST 교수)
우성민 (한국기술교육대학교 교수)
유재준 (UNIST 교수)
윤정인 (한화디펜스 연구원)
이범식 (조선대학교 교수)
이철 (동국대학교 교수)
전세영 (서울대학교 교수)
정희철 (경북대학교 교수)
조상현 (포스텍 교수)
최성준 (고려대학교 교수)
최종현 (연세대학교 교수)
한재호 (고려대학교 교수)
한호식 (경희대학교 교수)
강현수 (충북대학교 교수)
구형일 (아주대학교 교수)
김기백 (송실대학교 교수)
김선주 (연세대학교 교수)
김재곤 (한국항공대학교 교수)
김종욱 (한국항공우주연구원 연구원)
남승우 (한국전자통신연구원 연구원)
박상운 (명지대학교 교수)
박호중 (광운대학교 교수)
서정일 (한국전자통신연구원 박사)

이 사

김창의 (한국과학기술원 교수)
심종규 (광운대학교 교수)
조남익 (서울대학교 교수)
정승원 (고려대학교 교수)
김남수 (서울대학교 교수)
백준기 (중앙대학교 교수)
이병욱 (이화여자대학교 교수)
최강선 (한국기술교육대학교 교수)
한재준 (삼성전자(주) 마스터)
고영준 (충남대학교 교수)
곽노준 (서울대학교 교수)
구문학 (LG전자 연구원)
김진규 (고려대학교 교수)
김한울 (서울과학기술대학교 교수)
박영경 (이화여자대학교 교수)
백종택 (연세대학교 교수)
심현정 (연세대학교 교수)
우운택 (한국과학기술원 교수)
유종빈 (아주대학교 교수)
이금하 (KT 연구원)
이상철 (인하대학교 교수)
임상훈 (DGIST 교수)
정교일 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
조동현 (충남대학교 교수)
차영수 (고려대학교 교수)
최욱 (인천대학교 교수)
최해철 (한밭대학교 교수)
함범섭 (연세대학교 교수)
곽노준 (서울대학교 교수)
권구락 (조선대학교 교수)
김동현 (연세대학교 교수)
김동환 (한국전자기술연구원 수석연구원)
김진진 (계명대학교 교수)
김진우 (경성대학교 교수)
박구만 (서울과학기술대학교 교수)
박성훈 (한국과학기술원 교수)
배성호 (경희대학교 교수)
서진근 (연세대학교 교수)

협동이사

김대홍 (울지대학교 교수)
김홍균 (다스파워 이사)
오희석 (한성대학교 교수)
임경원 (대림대학교 교수)
한영선 (부경대학교 교수)
황재정 (군산대학교 교수)
차시호 (청운대학교 교수)
김은영 (특와이시스템즈 이사)
송치봉 (웨이버스 이사)
이재홍 (유비벨록스모바일 대표이사)
조병영 (주태진인포텍 전무)

감사
연구회위원장

손광훈 (연세대학교 교수)	송진호 (연세대학교 교수)	신재섭 (㈜픽스트리 대표이사)
신지태 (성균관대학교 교수)	심학준 (캐논메디칼시스템즈코리아 박사)	양현종 (UNIST 교수)
여영정 (연세대학교 교수)	엄일규 (부산대학교 교수)	오세홍 (한국외국어대학교 교수)
오명현 (포스텍 교수)	엄영호 (인텔리빅스 대표이사)	유양모 (서강대학교 교수)
윤국진 (한국과학기술원 교수)	윤일동 (한국외국어대학교 교수)	이기승 (건국대학교 교수)
이상근 (중앙대학교 교수)	이상운 (연세대학교 교수)	이상현 (DGIST 교수)
이상훈 (연세대학교 교수)	이승용 (포스텍 교수)	이연정 (경북대학교 교수)
이의진 (서울과학기술대학교 교수)	이정원 (한국항공대학교 교수)	이재성 (서울대학교 교수)
이준석 (연세대학교 교수)	이종설 (한국전자기술연구원 책임연구원)	이종하 (계명대학교 교수)
이준재 (계명대학교 교수)	이준호 (성균관대학교 교수)	이창우 (가톨릭대학교 교수)
임재열 (한국기술교육대학교 교수)	임재윤 (제주대학교 교수)	임종우 (한양대학교 교수)
장세진 (한국전자기술연구원 센터장)	장용준 (제주한라대학교 교수)	장인수 (한국전자통신연구원 연구원)
전기완 (국가수리과학연구소 박사)	전해곤 (광주과학기술원 교수)	정미라 (계명대학교 교수)
정원기 (고려대학교 교수)	정찬호 (한밭대학교 교수)	정호기 (한국교통대학교 교수)
정호열 (영남대학교 교수)	정현호 (HDXMLL 박사)	조승룡 (한국과학기술원 교수)
조윤지 (이비인 연구원)	진현성 (제주대학교 교수)	최승호 (서울과학기술대학교 교수)
최윤식 (연세대학교 교수)	최장환 (이화여자대학교 교수)	최준원 (한양대학교 교수)
최현철 (영남대학교 교수)	한종기 (세종대학교 교수)	허용석 (아주대학교 교수)
홍성훈 (전남대학교 교수)	황도식 (연세대학교 교수)	황성주 (한국과학기술원 교수)
황영배 (충북대학교 교수)		
김현우 (경희대학교 교수)	한재호 (고려대학교 교수)	
김동보 (이화여자대학교 교수)		
김석주 (서강대학교 교수) - 영상처리	김원준 (건국대학교 교수) - 영상이해	
이종호 (서울대학교 교수) - 바이오영상신호처리	황원준 (아주대학교 교수) - 딥러닝	
장길진 (경북대학교 교수) - 음향 및 음성신호처리	김성우 (서울대학교 교수) - 로봇 지능	

시스템 및 제어소사이터

회장	김영진 (한국생산기술연구원 수석연구원)	주영복 (한국기술교육대학교 교수)	김기연 (한국산업기술시험원 선임연구원)
부회장	이덕진 (전북대학교 교수)	장길도 (전북대학교 교수)	
감사	김영철 (군산대학교 교수)	강성복 (한국생산기술연구원 수석연구원)	
편집/학술이사	권중원 (한국산업기술시험원 책임연구원)		
홍보이사	최현택 (한국해양과학기술원 책임연구원)	문태주 (㈜부일하우징 대표이사)	신대현 (㈜대연씨앤아이 대표이사)
산학연이사	김광식 (㈜소올아이티 전무)		
회원이사	유병길 (현대전기 대표이사)	김수찬 (한경대학교 교수)	김종만 (전남도립대학교 교수)
	권오민 (충북대학교 교수)	김호철 (울지대학교 교수)	남기창 (동국대학교 교수)
	김지홍 (전주비전대학교 교수)	문정호 (강릉원주대학교 교수)	박영진 (경희대학교 교수)
	류지형 (한국전자통신연구원 박사)	변영재 (UNIST 교수)	서영석 (영남대학교 교수)
	박재병 (전북대학교 교수)	여희주 (대진대학교 교수)	유재현 (한경대학교 교수)
	송철규 (전북대학교 교수)	이수열 (경희대학교 교수)	이웅귀 (한국전자통신연구원 선임연구원)
	이상준 (선문대학교 교수)	이학성 (세종대학교 교수)	정재훈 (동국대학교 교수)
	이태희 (전북대학교 교수)	최우영 (전북대학교 교수)	한아 (한국산업기술시험원 선임연구원)
자문위원	최수범 (KIST 연구원)	김희식 (서울시립대학교 교수)	박종국 (경희대학교 교수)
	김덕원 (연세대학교 교수)	오상록 (KIST 분원장)	오승록 (단국대학교 교수)
	최일환 (한양대학교 교수)	유정봉 (공주대학교 교수)	허경무 (단국대학교 교수)
연구회위원장	오창현 (고려대학교 교수)	한수희 (포항공과대학교 교수) - 제어계측	
	김규식 (서울시립대학교 교수) - 전력전자	정재훈 (동국대학교 교수) - 지능로봇	
	남기창 (동국대학교 교수) - 의용전자 및 생체공학	이석재 (대구보건대학교 교수) - 국방정보 및 제어	
	이성준 (한양대학교 교수) - 회로 및 시스템	오창현 (고려대학교 교수) - 의료영상시스템	
	연구총괄 (한국자동차연구원 센터장) - 자동차전자	정법진 (서울과학기술대학교 교수) - 스마트미터링	
	권중원 (한국산업기술시험원 책임연구원) - 스마트팩토리		

산업전자소사이터

회장	김은원 (대림대학교 교수)	김동식 (인하공업전문대학 교수)	남상엽 (국제대학교 교수)
명예회장	김창수 (유한대학교 교수)	윤기방 (인천대학교 교수)	이명선 (김포대학교 교수)
	원영진 (부천대학교 교수)	이원석 (동양미래대학교 교수)	
자문위원	이상희 (동서울대학교 교수)	김영민 (충청대학교 교수)	이상준 (수원과학대학교 교수)
	김대희 (한국정보기술 대표이사)	최영일 (조선이공대학교 교수)	한성준 (아이티센 고문)
	조규남 (로봇신문사 대표이사)		
수석부회장	조정환 (인하공업전문대학 교수)		
상임이사	김남섭 (서일대학교 교수)	김상범 (한국폴리텍대학 교수)	김영로 (명지전문대학교 교수)
	김영선 (대림대학교 교수)	김현 (부천대학교 교수)	서명석 (상지대학교 교수)
	서준원 (K-My지능정보기술 대표이사)	엄우웅 (인하공업전문대학 교수)	원우연 (한국폴리텍대학 교수)
협동상임이사	윤종현 (조선이공대학교 교수)	이시현 (동서울대학교 교수)	조도현 (인하공업전문대학 교수)
	김현석 (로보월드코리아 대표이사)	권오병 (㈜넷케이티아이 전무이사)	김세중 (㈜SJ정보통신 이사)
	김윤철 (㈜트라콤 상무이사)	김정석 (㈜오디에이테크놀로지 대표이사)	박현영 (㈜보고텍 대표이사)
	서봉상 (㈜올프랜드 이사)	서승현 (㈜글로벌텔레콤 대표이사)	성재용 (㈜오픈링크시스템 대표이사)
	송관식 (㈜아이티웨이 상무이사)	송광현 (복두출판사 대표이사)	송치봉 (웨이버스 대표이사)
	유성철 (㈜클로센 상무이사)	이영준 (㈜투비콤 대표이사)	장대현 (㈜LGCNS 상무이사)
	전한수 (㈜세림TSG 전무이사)	조병영 (㈜태진인포텍 대표이사)	조한일 (㈜하이제이컨설팅 대표이사)
	최석우 (한국정보기술 상무이사)	Gemma 김 (엔티데이터 이사)	
이사	강희훈 (여주대학교 교수)	구자일 (인하공업전문대학 교수)	권오상 (경기과학기술대학교 교수)
	권윤중 (세명대학교 교수)	김대순 (전주비전대학교 교수)	김덕수 (동양미래대학교 교수)
	김백기 (강릉원주대학교 교수)	김종오 (동양미래대학교 교수)	김태원 (상지대학교 교수)
	김필중 (조선이공대학교 교수)	성홍석 (부천대학교 교수)	안대원 (동양미래대학교 교수)
	김찬일 (서일대학교 교수)	이문구 (김포대학교 교수)	이성재 (대림대학교 교수)
	이윤구 (한림성심대학교 교수)	이주연 (전주비전대학교 교수)	장기동 (동양미래대학교 교수)
	정성순 (동양미래대학교 교수)		
협동이사	변영필 (㈜넷케이티아이 전무이사)	고강일 (이지테크 대표이사)	곽정희 (한국정보기술 부장)
	신우현 (시티랩스 이사)	김철룡 (㈜클로센 책임연구원)	신동희 (전대보정보통신 부장)
	이병건 (㈜오픈링크시스템 이사)	오재곤 (한국정보기술 상무이사)	이경원 (한국종합기술공사 상무이사)
	이승태 (㈜하나텍시스템 이사)	이성대 (시티랩스 이사)	이승민 (㈜통신시스템 대표이사)
	임준섭 (전대신정보통신 차장)	이웅우 (㈜쌍용정보통신 상무이사)	이지학 (한국암시시스템 대표이사)
	정민우 (전대보정보통신 상무이사)	장기웅 (전대신정보통신 부장)	장철 (전대보정보통신 대표이사)
감사	동성수 (용인예술과학대학교 교수)	한찬석 (한국종합기술공사 부사장)	
		이태동 (국제대학교 교수)	

제24대 평의원 명단

강명곤 (한국교통대학교 교수)	강문식 (강릉원주대학교 교수)	강민석 (LGO노텍 부사장)
강석주 (서강대학교 교수)	강석판 (LG전자 상무)	강석형 (포항공과대학교 교수)
강성원 (한국전자통신연구원 부원장)	강윤희 (백석대학교 교수)	강제원 (이화여자대학교 교수)
강진구 (인하대학교 교수)	고병철 (계명대학교 교수)	고석준 (제주대학교 교수)
고성제 (고려대학교 교수)	고정환 (인하공업전문대학 교수)	고진환 (경상대학교 교수)
고형호 (충남대학교 교수)	공배선 (성균관대학교 교수)	공성호 (경북대학교 교수)
공준진 (삼성전자공과대학교 주임교수)	곽진태 (고려대학교 교수)	구민석 (인천대학교 교수)
구본태 (한국전자통신연구원 본부장)	구용서 (단국대학교 교수)	권건우 (홍익대학교 교수)
권구덕 (강원대학교 교수)	권기룡 (부경대학교 교수)	권오경 (한양대학교 석좌교수)
권오규 (인하대학교 교수)	권종기 (한국전자통신연구원 연구전문위원)	권종원 (한국산업기술평가관리원 책임연구원)
권태수 (서울과학기술대학교 교수)	권혁인 (중앙대학교 교수)	권호열 (정보통신정책연구원 원장)
김경기 (대구대학교 교수)	김광수 (서강대학교 교수)	김광순 (연세대학교 교수)
김규식 (서울시립대학교 교수)	김남 (충북대학교 교수)	김달수 (티엘아이 대표이사)
김대순 (전주비전대학교 교수)	김덕진 (고려대학교 명예교수)	김도현 (국민대학교 명예교수)
김도현 (제주대학교 교수)	김동규 (한양대학교 교수)	김동식 (인하공업전문대학 교수)
김동현 (CTK 대표이사)	김명선 (한성대학교 교수)	김명준 (한국전자통신연구원 원장)
김병서 (홍익대학교 교수)	김봉태 (한국전자통신연구원 소장)	김부균 (숭실대학교 교수)
김상원 (서강대학교 교수)	김성태 (한국산업기술평가관리원 연구위원)	김선웅 (건국대학교 교수)
김선욱 (고려대학교 교수)	김성대 (한국과학기술원 명예교수)	김성우 (서울대학교 교수)
김성진 (울산과학기술원 교수)	김소영 (성균관대학교 교수)	김수연 (동국대학교 교수)
김수중 (경북대학교 명예교수)	김수찬 (한경대학교 교수)	김수환 (서울대학교 교수)
김승천 (한성대학교 교수)	김시호 (연세대학교 교수)	김영권 (후레대학교 명예총장)
김영로 (명지전문대학교 교수)	김영민 (서울대학교 교수)	김영민 (홍익대학교 교수)
김영선 (대림대학교 교수)	김영재 (해동과학문화재단 이사장)	김영진 (한국항공대학교 교수)
김영진 (한국생산기술연구원 수석연구원)	김영철 (군산대학교 교수)	김영한 (UC San Diego/기우스랩스 교수/대표이사)
김용규 (한국철도기술연구원 수석연구원)	김용석 (성균관대학교 교수)	김용신 (고려대학교 교수)
김원중 (한국전자통신연구원 책임연구원)	김원준 (건국대학교 교수)	김유선 (LGO노텍 TASK LEADER)
김유철 (LG AI연구원 부부장)	김윤 (서울시립대학교 교수)	김은원 (대림대학교 교수)
김익균 (한국전자통신연구원 본부장)	김재현 (아주대학교 교수)	김재희 (연세대학교 명예교수)
김정범 (강원대학교 교수)	김정호 (이화여자대학교 교수)	김종선 (홍익대학교 교수)
김종욱 (고려대학교 교수)	김주성 (한밭대학교 교수)	김준모 (한국과학기술원 교수)
김지훈 (이화여자대학교 교수)	김진성 (강희대학교 교수)	김진영 (광운대학교 교수)
김진태 (건국대학교 교수)	김창수 (고려대학교 교수)	김창익 (한국과학기술원 교수)
김철영 (충남대학교 교수)	김철우 (고려대학교 교수)	김태욱 (연세대학교 교수)
김태진 (더즈텍 대표이사)	김한구 (삼성전자공과대학교 교수)	김현 (서울과학기술대학교 교수)
김현 (부천대학교 교수)	김현수 (삼성전자) 상무	김현철 (울산대학교 교수)
김형준 (한국과학기술연구원 소장)	김형진 (인하대학교 교수)	김형택 (홍익대학교 교수)
김홍국 (광주과학기술원 교수)	김훈 (인천대학교 교수)	나정웅 (한국과학기술원 명예교수)
남궁선 (유니트론텍 부회장)	남기창 (동국대학교 교수)	남상욱 (서울대학교 교수)
남일구 (부산대학교 교수)	노원우 (연세대학교 교수)	노정진 (한양대학교 교수)
노태문 (한국전자통신연구원 센터장/책임연구원)	동성수 (웅인송담대학교 교수)	류수정 (사피온코리아 대표이사)
류승택 (한국과학기술원 교수)	문병인 (경북대학교 교수)	문영식 (한양대학교 교수)
문웅 (숭실대학교 교수)	민경식 (국민대학교 교수)	민동보 (이화여자대학교 교수)
박규태 (연세대학교 명예교수)	박부건 (포항공과대학교 교수)	박성민 (이화여자대학교 교수)
박성욱 (SK하이닉스 부회장)	박성욱 (강릉원주대학교 교수)	박성한 (한양대학교 명예교수)
박수현 (국민대학교 교수)	박영훈 (숙명여자대학교 교수)	박인규 (인하대학교 교수)
박종선 (고려대학교 교수)	박종일 (한양대학교 교수)	박진욱 (육군사관학교 명예교수)
박항구 (소암시스템 회장)	배준성 (강원대학교 조교수)	배준호 (가천대학교 교수)
배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원)	백광현 (중앙대학교 교수)	백상헌 (고려대학교 교수)
백준기 (중앙대학교 교수)	범진욱 (서강대학교 교수)	변대석 (삼성전자) 마스터
변영재 (울산과학기술원 교수)	서승우 (서울대학교 교수)	서정욱 (전) 과학기술부 장관
서창호 (한국과학기술원 교수)	선우경 (서울대학교 교수)	선우명훈 (아주대학교 교수)
성광모 (서울대학교 명예교수)	성원진 (서강대학교 교수)	손교민 (삼성전자) 마스터
손보익 (IX세미콘 대표이사)	손일수 (서울과학기술대학교 교수)	송문섭 (삼척 회장)
송민규 (동국대학교 교수)	송민협 (한국전자통신연구원 선임연구원)	송병철 (인하대학교 교수)
송상현 (중앙대학교 교수)	송준영 (인천대학교 교수)	신오순 (숭실대학교 교수)
신요안 (숭실대학교 교수)	신창환 (고려대학교 교수)	신현철 (광운대학교 교수)
심동규 (광운대학교 교수)	심정연 (강남대학교 교수)	안상철 (한국과학기술연구원 책임연구원)
안승권 (연암공과대학교 총장)	안현식 (동명대학교 교수)	안호균 (한국전자통신연구원 실장)
양준성 (연세대학교 교수)	엄낙웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)	여희주 (대진대학교 교수)
연구봉 (한국자동차연구원 팀장/수석연구원)	예종철 (한국과학기술원 교수)	오상록 (한국과학기술연구원 강릉분원장)
오성근 (아주대학교 교수)	오윤호 (고려대학교 교수)	오의열 (LG디스플레이 연구위원)
오정훈 (삼성전자) 마스터	우성민 (한국기독교교육대학교 교수)	우윤택 (한국과학기술원 교수)
우정호 (비전넥스트 대표이사)	원제형 (도쿄일렉트론코리아 대표이사)	유동훈 (삼성전자) 전문
유명식 (숭실대학교 교수)	유윤섭 (한경대학교 교수)	유정봉 (공주대학교 교수)
유찬세 (한국전자기술연구원 센터장)	유창동 (한국과학기술원 교수)	유창식 (삼성전자) 전문

윤 광 석 (인하대학교 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 상 만 (시스메이트 대표이사)
 이 상 훈 (웨이브피아 대표이사)
 이 성 수 (숭실대학교 교수)
 이 승 용 (포항공과대학교 교수)
 이 영 렬 (세종대학교 교수)
 이 재 관 (한국자동차연구원 본부장)
 이 재 훈 (서울대학교 명예교수)
 이 정 원 (서울대학교 선임연구원)
 이 중 호 (서울대학교 교수)
 이 창 한 (한국반도체산업협회 상근부회장)
 이 철 (동국대학교 교수)
 이 충 용 (서울대학교 명예교수)
 이 한 림 (중앙대학교 교수)
 이 형 민 (고려대학교 교수)
 인 치 호 (세명대학교 교수)
 임 태 택 (한양대학교 명예교수)
 장 석 호 (건국대학교 교수)
 전 국 진 (서울대학교 명예교수)
 전 선 익 (파이낸셜뉴스 사장)
 전 흥 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 군 (전북대학교 교수)
 조 경 순 (한국외국어대학교 교수)
 조 민 호 (고려대학교 교수)
 조 영 민 (SkyMirr CEO)
 조 현 중 (강원대학교 교수)
 차 철 용 (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 군 (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)

윤 명 국 (이화여자대학교 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 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 책임연구원)
 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 (라운텍 부사장)
 정 성 영 (차세대융합기술연구원 선임연구원)
 정 원 영 (강원공업 본부장)
 정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장)
 정 준 (솔리드 대표이사)
 정 해 준 (경희대학교 교수)
 조 남 익 (서울대학교 교수)
 조 성 인 (동국대학교 교수)
 조 중 휘 (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 회 (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 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
 윤 성 로 (서울대학교 교수)
 윤 중 용 (한국공학대학교육인증 이사장)
 이 광 영 (서경대학교 교수)
 이 규 필 (삼성전자㈜ 부사장)
 이 덕 진 (전북대학교 교수)
 이 병 선 (김포대학교 교수)
 이 상 윤 (연세대학교 교수)
 이 석 희 (SK하이닉스 대표이사)
 이 수 민 (한국센서연구소 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 구 (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 용 (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 림 (경북대학교 교수)
 최 창 범 (한밭대학교 교수)
 최 현 택 (한국해양과학기술원 책임연구원)
 한 은 혜 (에스에스앤씨 대표이사)
 한 태 희 (성균관대학교 교수)
 허 재 두 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 홍 국 태 (LX세미론 연구위원)
 홍 승 홍 (인하대학교 명예교수)
 홍 제 형 (한양대학교 교수)
 황 승 훈 (동국대학교 교수)
 황 인 철 (강원대학교 교수)

사무국 직원 명단

송기원 국장 - 기획, 산학연, 신규 사업, 자문/서울IT포럼, 지부, 인사, 규정, 회장단 관련, 대외협력 및 업무총괄
 이안수 부장 - 하계학술대회, 주요 운영회의(이사회, 평의원회 및 총회), 총무업무(선거, 공문수발, 임원관련, 송년회, 포상 및 Wiset 등), 산업전자소사이터티
 배지영 부장 - 국제학술대회 총괄(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 사업(기술워크샵 등), 추계학술대회, 컴퓨터소사이터티, 시스템 및 제어소사이터티
 배기동 부장 - AI 관련, 국문지, 학회지, 표준화, 용역, 기타 지원업무, 인공지능 신호처리소사이터티
 변은정 부장 - 본회/소사이터티/연구회 재무, 회원관리(개인회원 및 특별회원), 홍보, 통신소사이터티
 김천일 부장 - 정보화 관련(웹사이트 관리 및 온라인/디지털 업무지원 등), 교육, 전산장비 관리, 반도체소사이터티
 이소진 서기 - 국제학술대회 담당(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 외국 기관과 국제협력(Joint Award 등), JSTS 및 SPC 발간

학회소식

제4차 상임이사회 회의록

제4차 상임이사회가 5월 12일(금) 17시 학회 회의실에서 개최되었으며, 이번 회의 결과는 다음과 같다.

- 다 음 -

1. 성원 보고

－ 제3차 상임이사회는 40명의 상임이사 중 21명의 참여로 성원되었음.

2. 본 학회(각 위원회) 및 소사이어티 보고

－ 본 회(각 위원회)/ 각 소사이어티별 사업 및 활동 계획·추진경과 보고

3. 심의사항 의결

- － 신규 개인회원 가입 승인에 대해 원안대로 승인함.
- － 학회 명예회장 추대 및 자문위원 위촉에 대해 원안대로 승인함.

4. 기타

2023 국방ICT 민군협력 콜로키엄 참가

학회 임원 6인이 지난 5월 31일 대전 오노마호텔에서 개최되는 “2023 국방ICT 민군협력 콜로키엄”에 참석하였으며, 이혁재 학회장은 “SI 반도체의 동향과 전망, 그리고 국방 적용방안”이라는 주제로 강연하였다.



이혁재 학회장 – 2023 국방ICT 민군협력 콜로키엄 강연

유관기관 방문

학회 회장단은 5월 26일 한국산업기술평가관리원과 간담회를 개최하여 양 기관의 추진사업을 보고하고 협력방안을 모색하였다.



한국산업기술평가관리원 간담회 후 기념촬영(5.26)

2023 IoT Technology & Business 포럼

반도체소사이어티(포럼 운영위원장 : 김용석 교수(성균관대))에서는 “2023 IoT Technology & Business 포럼”을 5월 17일(수) 양재 엘타워 골드홀에서 개최하였다.

이번 포럼은 10번째 행사로 특정 주제로 한정 하지 않고, AI와 IoT 기술이 만들어 내는 응용 분야 전체를 구성하여 오전 세션에서는 최근 뜨거운 분야인 챗GPT 국내 AI반도체 개발현황 보았으며 오후 세션에는 IoT, AI가 만들어 내는 응용분야에 대한 상세한 논의가 이루어 졌다. 이번 포럼을 통하여 AI, IoT 기술과 그 응용을 이해하고 사업 전반을 모색하는 자리가 되었으며 활발한 질문과 토론이 진행 되었다. 참여 인원은 100여명이었다.



사회 포럼 운영위원장 김용석 교수/ 개회사 반도체소사이어티 김진상 회장/ 환영사 성균관대 대학장 권기원 교수



포럼 단체사진

보안 SoC (System on Chip) 설계 기술 워크숍

우리학회 사업위원회(운영위원장 : 김익균 본부장)에서 “보안 SoC (System on Chip) 설계 기술 워크숍”을 2023년 5월 17일(수) 과학기술회관 중회의실에서 개최 진행되었다.

본 워크숍은 각종 단말 및 IoT 디바이스에서 새로운 게임 체인저가 될 수 있는 RISC-V 기반의 임베디드 CPU 보안 기술을 소개하고, 최근 인공지능 고속화를 위한 딥러닝 기반 HW가속기 관련 보안 이슈, 마지막으로 고성능 암호 가속기 기술에 대한 발표 진행되었다. 이번 워크숍이 상대적으로 초기 단계인 하드웨어 보안시스템 기술 발전에 기여하는 자리가 되었다. 온오프 진행으로 진행되었으며, 참석은 80여명이 었다.



보안 SoC설계 기술 워크숍 강연모습

초거대 인공지능 테크놀로지 워크샵

대한전자공학회 멀티미디어 연구회와 휴먼 ICT연구회에서는 최근 관심이 집중되고 있는 ‘초거대 인공지능 테크놀로지’를 주제로 산·학·연에 학술적, 기술적 정보를 심도있게 교류하고 토론의 장으로 워크샵을 5월 19일(금) ~ 20일(토) 2일간 을지인력개발원(강원도 양양)에서 컴퓨터소사이어티 주최로 개최 진행되었다. 미래 산업의 빠른 발전과 더불어 초거대 인공지능 시스템과 차세대 IT 융합기술 및 스마트 헬스케어 기술, 스마트 헬스케어와 차세대 IT 융합, 블록체인 및 멀티미디어 기술 등 전문가를 모시고 강연 및 미래기술 동향 및 정책토론을 진행하였다.

최신 네트워크 및 학습 기술 동향

통신소사이어티 (회장:유명식 교수(숭실대))에서는 5월 25일 (목) “최신 네트워크 및 학습 기술 동향” 강좌를 온라인으로 개최하였다. 이번 단기강좌는 통신네트워크 분야의 연구원이라면 한 번은 꼭 듣는 강좌로 만들겠다는 취지로 딥러닝 주요 기초 기술과 더불어 미래 모빌리티 기술에 필수적으로 논의되는 다양한 이론 및 응용 이론 등을 논의하는 시간을 갖고자 개최하였다. 아울러, 이러한 기술의 자율 이동체 및 컴퓨팅으로의 응용과 구현에 대해서도 설명하는 시간을 가졌으며, 이번 워크샵에는 총 60명이 참석하였다.

최첨단 칩렛 및 패키징 기술 워크숍

대한전자공학회 반도체소사이어티(김진상 회장)와 반도체공학회(이규복 회장)가 공동으로 “최첨단 칩렛 및 패키징 기술 워크숍”을 6월 8일 (목) 한국반도체산업협회 9층 교육장(온라인병행)에서 개최하였다. 본 워크숍은 두 학회에서 합동으로 국내 관련 최고의 전문가들을 모시고 칩렛 및 패키징 기술의 최신 동향을 공유하고, 국내 반도체 산업의 발전 방향을 모색하는 토론의 장으로 마련되었으며 칩렛의 설계부터 CAD, 패키징, 후공정 전반에 걸친 최신 연구 동향과 기술 전망에 대해서 발표가 이루어졌으며 약 170명이 참여하였다.



최첨단 칩셋 및 패키징 기술 워크숍 강연모습

미래 모빌리티를 선도하는 SDV 워크숍

대한전자공학회 산학연위원회(프로그램위원장 : 이재관 한국자동차연구원 소장)에서는 6월 9일(금) 한국과학기술회관에서 SDV 기술을 중심으로 모빌리티 분야의 최신 동향과 기술 개발의 주요 이슈에 대해 다루는 “미래 모빌리티를 선도하는 SDV 워크숍”을 개최하였다. 이번 워크숍은 온,오프라인 100여명이 참석한 가운데 전문가들의 SDV 기술의 깊이있는 설명과 더불어 다양한 시각과 경험을 공유하여 관련 지식정보 습득과 인적 네트워크를 확보하는 기회가 될 수 있었으며, 발표주제는 아래와 같다.

[발표주제]

1. 자동차업계의 SDV 개발동향
2. SDV 시대의 기술 주도권 확보를 위한 Tier1의 대응 전략
3. SDV 대응을 위한 OEM SW 플랫폼 전략
4. 오픈 소스 기반 자율주행 플랫폼을 이용한 SDV 개발방향
5. SDV 환경에서의 보안 고려사항 및 대응방안
6. SDV를 위한 소프트웨어 플랫폼의 진화



이혁재 학회장 인사말 모습

신규회원 가입현황

기간 : 2023년 5월 1일 - 2023년 5월 31일

〈정회원〉

이영준(㈜성진테크원), 최동근(주)에프알티로보틱스, 박민지(주)엠제이비전테크, 이수련(KTDS), 윤금석(LG 유플러스), 이호연(NAVER), 손형길(RFPT), 김성민, Youssef Oumate(Viewmagine), 우성윤, 이경운(경북대학교), VASANTHA KUMAR(경상대학교), 유승열(계명대학교), 박흥우, 전민지, 최승훈(고려대학교), 홍언표(국방과학연구소), 소소영(국방기술진흥연구소), 류지선, 정희철, 홍희현(국방기술품질원), 김범주(누리플렉스), 송찬호(대구경북첨단의료산업진흥재단), 김장욱(동양미래대학교), 남경원, 박진선, LOMALIZA(부경대학교), 신준혁, 이지영(뷰메진), 오윤석(삼성전자), 김현빈(삼우이머션), 신경섭(상명대학교), 류성주(서강대학교), 오범석, 홍슬기(서울과학기술대학교), 변일권, 양승진(서울대학교), 이희선(숙명여자대학교), 백현재(순천향대학교), 이길호(숭실대학교), 기인호, 박종하, 최준열(연세대학교), 백승렬(울산과학기술원), 모하마드(인제대학교), 이영택(인하대학교), 김선우(자동차융합기술원), 이세호(전북대학교), 김예본, 장요셉(중앙대학교), 우종명(충남대학교), 원영대(토문엔지니어링), 구기범, 정현미(한국과학기술정보연구원), 조문규(한국교통대학교), 박재연(한국원자력연구원), 김선환, 배근영, 신성근, 이광호, 이범수, 정찬희, 추지연, BUI MINH TRUNG, PHUNGQUANGNGOC(한국전자기술연구원), 이영완, 최현화, (한국전자통신연구원), 윤영수(한국항공우주연구원), 유형석, 윤균홍, 한호범(한양대학교), 이찬호, (한화시스템), 김정우(해군사관학교)

이상 74명

〈평생회원〉

김재준(서울대학교), 홍석인(성균관대학교), 이아현(순천향대학교), 김기현(전북대학교), 이은종(한국전자기술연구원), 오현우(한국전자통신연구원), 서승현(한양대학교)

이상 7명

〈학생회원〉

변지석(경기과학기술대학교), 용다윗(경기대학교), 이에림, 김창윤, 장종환, 채종민(경북대학교), 박규태, 서정원(경상대학교), 문희준, 윤준학, 정혜원(경희대학교), 김다운, 김도훈, 양현주, 정찬혁(계명대학교), 강동훈, 김채성, 김하은, 김호석, 박건희, 박세훈, 배효인, 신원국, 유남규, 이재운, 이지훈, 정영민, 정하경, 조현준, 한창우, 홍석희(고려대학교), 권창호, 옹효빈, 황지현(과학기술연합대학원대학교), 김종호(광운대학교), 김수민(광주과학기술원), 장석준, 한동현, (국민대학교), 권문, 최재웅, 허인혁, 허준영(국제대학교), 강규혁, 김민주, 박성호, 윤효

원, 조현우(금오공과대학교), 최현성(김포대학교), 박유진, 태민우(단국대학교), 김동건, 정한빈(대구경북과학기술원), 엄태용, 이소미, 이찬영, 장호균(대림대학교), 김재철, 김지훈, 문학현, 박상아, 변지선, 이가영(동국대학교), 김새롬, 배채은, 신이현(동덕여자대학교), 김효성, 심희연(동양미래대학교), 윤성민(명지대학교), 고현정, 송무건, 송진우, 송훈, 이준하, 이태훈, 임창현, 차민건(목포대학교), 박재혁(부경대학교), 김민성, 김민주, 김여경, 김연어, 김정진, 김준태, 남예린, 남희준, 박상욱, 박인철, 이수보, 이승익, 정익훈, 홍미진(부산대학교), 강남규, 강민기, 김승중, 김주찬, 박근형, 박해우, 백지웅, 송민광, 정다혜, 조건희, taivan(부천대학교), 남명준, 양성훈, 어은지, 최윤서(서강대학교), 김가은, 김예은, 김예찬, 김정연, 류준규, 박혜빈, 이예진, 전예지, 최수빈, 한혜림, 홍민주, 황진경(서울과학기술대학교), 고영훈, 김고은, 김기환, 김세훈, 김영석, 김중찬, 김준표, 박태형, 박준준, 안상민, 윤건우, 조영목, 조진만, 최민호, 최해찬, 황현하, WANGJIAYUE, XU JIAJIE(서울대학교), 고유정, 김수경, 이희진, 채종철, 홍아현(서울시립대학교), 백채령(서일대학), Anusree(선문대학교), 김동하, 김상범, 김주형, 김지훈, 나신영, 나인예, 민태홍, 박민수, 박재현, 박준혁, 박준형, 우요셉, 이용준, 이재현, 임종범, 정석원, 정인구, 정재형, 정지원, 조민지, 허석재, 황시원, 황종윤(성균관대학교), 박동준, 서세일, (세명대학교), 김상수, 김재연, 박수연, 윤혜주, 이기성, 이지호, 임채진, 정다현, 현준희, 황승진(세종대학교), 최영주(숙명여자대학교), 김예서(순천향대학교), 김민성, 김유창, 정승채, 한성민(숭실대학교), 고동환, 김용현, 김정은, 김종민, 박진구, 송창현, 염인선, 장준영(연세대학교), 김태민(영남대학교), 김준수, 김지현, 박건희(울산과학기술원), 김경주, 김지용(울산대학교), 김수민, 전여진, 최신해, ZHANG XINYUE(이화여자대학교), 김주현, Jatoth Deepak, tonmoy(인제대학교), 김궁배, 오승엽, 이수빈, 장현수(인천대학교), 권민기, 김원표, 이세현, 이승준, 이태호, 이하린, 전동수(인하공업전문대학), Noor Nadhira(인하대학교), 강소망, 고현준, 김경섭, 박세성, 박창용, 배해준, 서유권, 손민재, 유시은, 이세희, 천정현, 최예진(인하대학교), 강대희, 김영중, 김현서, 박주희, 범동규(전남대학교), 임소미, 최우성(조선대학교), 송해찬, 조현성(조선이공대학교), 강대현, 곽민지, 권영준, 권준형, 권태은, 김경석, 김도희, 김미주, 김미현, 김민기, 김서린, 김석현, 김소정, 김영화, 김재원, 김정은, 김준호, 김지현, 김찬우, 김초희, 김태훈, 김현태, 류재석, 류종원, 문승진, 박고은, 박두홍, 박수현, 박예찬, 박주한, 박주현, 박지수, 박지원, 박진우, 박현준, 박혜린, 석재광, 송다현, 송상민, 양현준, 오유정, 유동제, 유승욱, 유재성, 윤상호, 윤지희, 이동준, 이성학, 이수현, 이은주, 이주영, 이준혁, 이지윤, 이채린, 이태현, 이현민, 이혜빈, 전경훈, 전장영, 정호준, 조상연, 조해준, 진대중, 차수연, 최수진, 최주원, 최주환, 최현태, 하태환, 한승희, 홍기성, 홍세준, 홍영택, ZHANG NAN(중앙대학교), 김정호, 박지호, 양희훈, 이동훈, 이상원, 이은채, 황용택(충남대학교), 곽민선, 마준석, 박상연, 송용훈, 오현우, 최진영(포항공과대학교), 김도현, 조성준, 류승훈(한국과학기술연구원), 박창주, 성나눔, 이상욱, 이성희, 조윤서

한국과학기술원), 김종현(한국교통대학교), 박기형, Maaz Ahmed(한국기술교육대학교), 이다연, 조원기(한국외국어대학교), 권(한국폴리텍V대학)

이상 377명



학회일지

www.theieie.org

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND INFORMATION
ENGINEERS

(2023년 5월 16일 ~ 6월 15일)

1. 회의 개최

회의 명칭	일시	장소	주요 안건
제 3차 하계 조직위원 회의	5.17 (17:00)	학회 회의실	- 하계 프로그램 구성에 관한 사항 등

2. 행사 개최

구분	행사명	기간	장소
반도체소사이어티	2023 IoT Technology & Business 포럼	5.17	엘타워 B1 골드홀
사업위원회	보안 SoC (System on Chip) 설계 기술 워크숍	5.17	과학기술회관 중회의실2
컴퓨터소사이어티	초거대 인공지능 테크놀로지 워크샵	5.19~20	을지인력개발원 (강원도 양양)
통신소사이어티	최신 네트워크 및 학습 기술 동향	5.26	온라인(Zoom)
반도체소사이어티	최첨단 칩렛 및 패키징 기술 워크숍	6.8	한국반도체산업협회 (온라인병행)
산학연합동위원회	미래모빌리티 선도를 위한 SDV 워크숍	6.9	과학기술회관 중회의실6

인공지능과 데이터사이언스 기술을 활용한 ICT 융합



신 원 응 편집위원
(연세대학교)

최근 인공지능과 데이터사이언스 기술이 비약적으로 발전하면서, 소셜 네트워크 서비스, 6G 통신, 생물 정보 분야 등 다양한 분야에서 이러한 고도화된 기술을 활용한 새로운 ICT 융합의 움직임이 나타나고 있다. 본 특집호는 최근 고도화된 인공지능과 데이터사이언스 기술들이 어떠한 실세계 응용 문제에 적

용되고 있으며 어떠한 ICT 융합이 수행되고 있는지를 소개하고자 한다. 이에 본 특집호는 학계 및 연구소 전문가들의 논문 5편으로 구성되었다.

첫째, “응집성을 가지는 서브그래프 식별 기술의 최신 연구 동향(김다희 외)”에서는 소셜 네트워크 분석의 주요 연구 주제인 그래프에서 높은 연결성 또는 응집성을 갖는 서브그래프를 찾는 여러 가지 모델들을 소개하였고, 커뮤니티 검색과 이상 탐지로의 활용 방안에 대해서 논의하였다. 둘째, “기계학습을 활용한 네트워크 정렬 기술 최근 동향(박진덕 외)”에서는 소셜 네트워크에서의 또 다른 주요 연구 주제인 서로 다른 다수의 네트워크에서 같은 노드 ID를 찾아내는 네트워크 정렬 기술을 소개하였고, 네트워크 정렬이 다양한 기계학습 방법 별로 어떻게 수행되는지 보였다. 셋째, “테더드 UAV 기반 6G 네트워크를 위한 강화학습 기술(이예린 외)”에서는 6G 통신네트워크 분야로의 응용을 다루었는데, 배터리 제약 문제를 갖는 기존 무인 비행체의 한계점을 해결

할 수 있는 테더드 UAV 기반 6G 네트워크와 이를 위한 강화학습 기술에 대해 소개하였다. 넷째, “물리 정보 기계학습의 발전 및 응용(이재용 외)”에서는 전산 유체역학, 수리 생물학, 감염병 전파 모델링 등 다양한 학문 분야에 적용될 수 있는 물리 정보 신경망과 연산자 학습 방법론에 대해 소개하였다. 다섯째, “데이터 문해력의 재고(再考)(서일정)”에서는 학계와 산업계에서 큰 관심을 받아 온 데이터 문해력을 정의하고, 데이터 활용의 기대와 실제 사이의 간극을 줄이기 위해 데이터 활용 역량의 필요성과 중요성 측면에서 데이터 문해력을 재고해 보았다.

본 특집호를 위하여 바쁜 일정 중에도 기고문을 작성해주신 집필진 여러분께 감사드립니다. 본 특집호가 인공지능과 데이터사이언스 원천 기술 및 이를 활용한 다양한 ICT 융합 분야에서의 문제 해결에 대한 이해의 폭을 넓히고 전자공학회 회원분들의 관심을 높이는 계기가 되기를 희망한다.

응집성을 가지는 서브그래프 식별 기술의 최신 연구 동향

I. 서론

인터넷 서비스와 모바일 디바이스의 확산으로 인해 사람들은 언제 어디서나 소셜 네트워크 서비스를 쉽게 사용할 수 있게 되었다. 전 세계적인 전염병의 유행으로 비대면 소통이 증가하면서 이러한 소셜 네트워크의 규모는 더욱 급격히 성장하였다. 예를 들어, 세계에서 가장 인기 있는 소셜 네트워크 서비스 중 하나인 페이스북은 2022년 1분기 기준, 월간 활동 사용자로 약 29억 3천만명 보유하고 있다고 알려져 있다. 대규모 소셜 네트워크의 가능성은 소셜 네트워크 분석에 대한 연구를 촉진시켰다. 소셜 네트워크 분석은 네트워크 데이터를 통해 사용자의 행동 및 복잡한 사회 현상을 이해할 수 있게 하여, 다양한 분야에서 큰 관심을 받고 있다 [3].

소셜 네트워크 분석, 또는 네트워크 과학의 주요 연구 주제 중 하나는 응집성(cohesiveness)을 갖는 서브그래프(subgraph)를 탐색하는 것이다. 응집성을 갖는 서브그래프를 찾는 것의 목표는 주어진 그래프에서 높은 연결성(connectivity) 또는 응집성을 가진 서브그래프를 찾는 것이다. 이러한 서브그래프 탐색은 다양한 분야에서 응용된다 [7]. 그래프 시각화(graph visualization) [4], 커뮤니티 검색(community search) [10], [14], [15], [24], 주요 사용자 탐색 [31], 제품 추천 [11], 키워드 추출 [19], 이상 탐지 [23] 등 다양한 문제 해결의 기법으로 쓰이고 있다.

최근 몇 년간 다양한 응집성을 갖는 서브그래프 모델들이 제안되었다. 이 모델을 그래프 구조에 따라 (1) 코어(core) 기반 모델 [6], [12], [22], [30], [32], (2) 삼각형(triangle) 기반 [9], [29], (3) 클리크(clique) 기반 모델 [2], [17], [18], [25], [28], (4) 연결 성분(connected component) 기반 모델 [27], (5) 기타 모델 [16], [26]로 분류할 수 있다. 각 모델은 다른 모델의 한계를 극복하면서, 높은 수준의 응집성을 갖는 서브그래프를 식별하는 것을



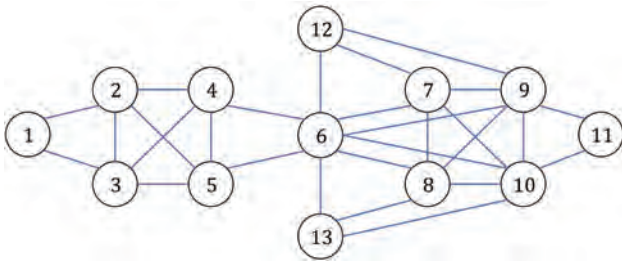
김 다 희
울산과학기술원



김 정 훈
울산과학기술원



임 성 수
충남대학교



〈그림 1〉 예제 네트워크

〈표 1〉 해당 논문에서 소개되는 응집성을 갖는 서브그래프 모델

Model	Notation	Category
k -core	$C_k^{k,c}$	Core-based
(k,s) -core	$C_{k,s}^{ksc}$	Core & Triangle-based
(k,h) -core	$C_{k,h}^{khc}$	Core-based
(k,p) -core	$C_{k,p}^{kpc}$	Core-based
k -peak	C_k^{kp}	Core-based
k -truss	C_k^{kt}	Triangle-based
k -tripeak	C_k^{ktp}	Triangle-based
Over- k -size clique	C_k^{clique}	Clique-based
k -distance clique	C_k^{dist}	Clique-based
k -VCC	C_k^{vcc}	Others
k -ECC	C_k^{ecc}	Others
Alphacore	C_k^α	Others
k -core-truss	$C_{k,\alpha}^{kct}$	Core & Triangle-based
SCAN	$C_{k,\epsilon}^{scan}$	Combined

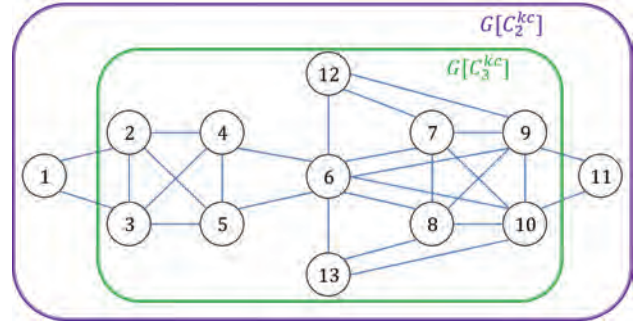
목표로 하고 있다.

〈그림 1〉은 이해를 돕기 위해 구성된 예제 네트워크이다. 13개의 노드(node)와 28개의 엣지(edge)로 구성된다.

II. 응집성을 가지는 서브그래프 식별 모델

1. 코어 기반 모델

이 절에서는, 응집성을 가지는 서브그래프 최소 차수(minimum degree)를 기반으로 식별하는 네 개의 모델을 소개한다.

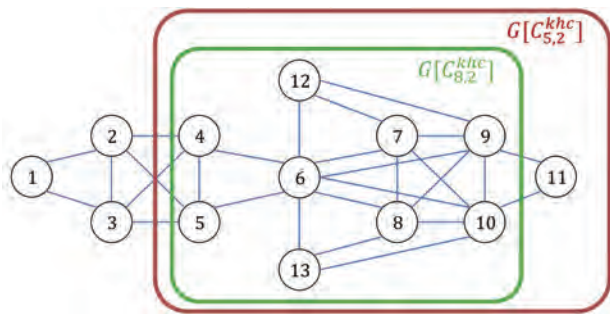


〈그림 2〉 k -core

k -core. k -core^[22]는 소셜 네트워크 분석에서 가장 널리 사용되는 응집성을 가지는 서브그래프 모델로 알려져 있다. k -core는 그래프 $G = (V,E)$ 와 양의 정수 k 가 주어졌을 때, 최소 차수가 k 이상인 모든 노드를 포함하는 최대 서브그래프를 의미한다. 즉, k -core는 가능한 많은 노드들을 포함하면서도 각 노드의 차수가 최소 k 인 최대 서브그래프이다. 주어진 그래프에서, 노드의 차수는 연결된 이웃 노드의 수로 정의하고, k -core에서는 모든 노드들이 해당하는 k -core로 최소 k 개의 연결을 가져야 한다. 이러한 k -core는 단순하고 직관적인 구조로 인해, 초기의 응집성을 가지는 서브그래프를 찾거나, 여러 다양한 문제의 기본적인 해결책을 찾는데 활용된다^[24]. k -core를 식별하기 위한 알고리즘은 주어진 그래프에서 차수가 k 보다 작은 노드들을 반복적으로 삭제하는 알고리즘이다. 이러한 알고리즘은 $O(|E|)$ 의 시간 복잡도를 가진다^[5].

〈그림 2〉는 k -core의 결과를 보여준다. $k = 2$ 일 때, k -core C_2^{kc} 는 모든 노드가 C_2^{kc} 로 최소 2개의 엣지를 가져야 한다. 주어진 그래프에서 k -core C_2^{kc} 는 전체 그래프이다. $k = 3$ 일 때, k -core C_3^{kc} 는 노드 1과 11을 제외한 모든 노드가 해당된다. 노드 1과 11은 2개의 이웃 노드를 가지기 때문에, C_3^{kc} 에 포함될 수 없다.

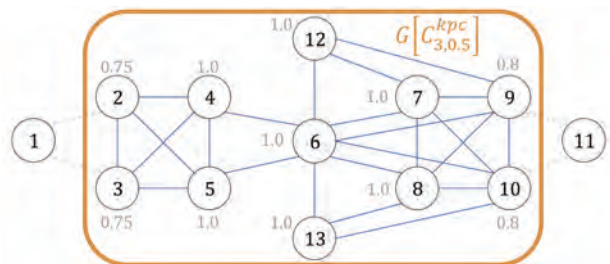
(k,h) -core. Bonchi et al.^[6]은 k -core 개념에 거리의 제약조건을 추가한 (k,h) -core를 제안했다. (k,h) -core는 그래프 $G = (V,E)$ 에서 양의 정수 k 와 h 가 주어졌을 때, 각 노드가 직접적인 연결이 아닌 h 거리 이내에 존재하는 다른 노드들과 적어도 k 개의 연결을 가지는 최대 서브그래프이다. (k,h) -core 식별하기 위한 알고리즘


<그림 3> (k, h) -core

은 각 노드에 대해 거리가 h 이내에 존재하는 다른 노드와 k 개 미만의 연결을 가지는 노드들을 더이상 삭제할 노드가 없을 때까지 반복적으로 삭제한다. 이 알고리즘은 $O(|V| + D(D + \tilde{E}))$ 의 시간 복잡도를 가진다^[6]. 여기서, D 와 $\tilde{E}$ 는 h 거리 이내에 있는 이웃의 최대 서브그래프의 노드 수와 엣지 수를 의미한다.

<그림 3>는 (k, h) -core의 결과를 보여준다. $k = 5$, $h = 2$ 인 (k, h) -core $C_{5,2}^{khc}$ 는 주어진 예제에서 빨간색 박스로 표시되어 있다. 초록색 박스는 (k, h) -core $C_{8,2}^{khc}$ 를 의미한다. $C_{8,2}^{khc}$ 의 각 노드는 거리가 2 이하인 8개 이상의 노드와 간접적으로 연결된다. 노드 11은 거리가 2 이내 연결된 노드가 7개이므로 (k, h) -core $C_{8,2}^{khc}$ 에 포함되지 않는다.

(k, p) -core. Zhang et al.^[30]은 k -core의 개념에서 노드들의 이웃들이 해당 서브그래프에 속하는 비율을 고려하였다. 이에 (k, p) -core는 각 노드가 최소 k 개의 이웃 노드를 가지고, 해당 서브그래프에서 비율 p 이상의 이웃 노드를 갖는 최대 서브그래프를 의미한다. (k, p) -core를 식별하는 알고리즘은 노드의 이웃들이 서브그래프에 속하는 비율이 p 이하이거나, 차수가 k 보다 작은 노드들

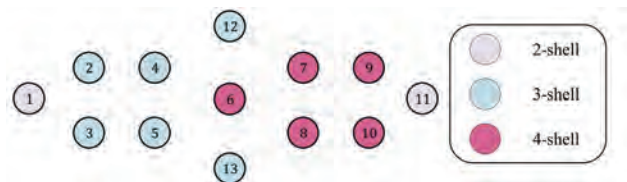
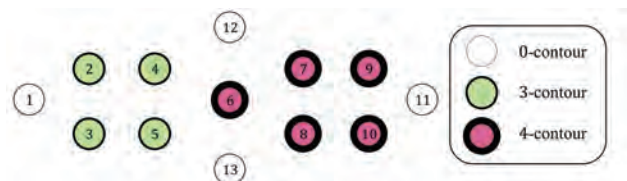

<그림 4> (k, p) -core

을 반복적으로 삭제하는 알고리즘이다. 해당 알고리즘은 $O(|E|)$ 의 시간 복잡도를 가진다^[30].

<그림 4>는 $k = 3$, $p = 0.5$ 인 (k, p) -core $C_{3,0.5}^{kpc}$ 결과를 나타낸다. 각 노드에는 각 노드에 대한 비율 p 가 회색 글자로 표시되어 있다. $C_{3,0.5}^{kpc}$ 에 속하는 모든 노드는 비율 0.5이상을 갖는 최소 3개의 이웃 노드를 가져야 한다. 노드 1과 11은 2개의 이웃 노드를 가짐으로 $C_{3,0.5}^{kpc}$ 에 속하지 않는다. $p > 0.75$ 일 경우에는, 조건에 맞지 않는 노드가 반복적으로 삭제됨으로, 결과적으로 어떠한 노드도 남지 않는다.

k -peak. Govindan et al.^[12]은 k -core가 가장 밀집된 부분에 초점을 맞추어서, 그래프의 전체 구조를 적절하게 표현하지 못하는 한계가 있고, 이 한계를 해결하기 위해 k -peak를 제안하였다. k -peak를 이해하기 위해서는 k -shell과 k -contour에 대한 이해가 필요하다. 먼저, k -shell은 k -core에 포함되면서, $(k+1)$ -core에 속하지 않는 노드의 집합이다. <그림 5>는 k -shell의 구조를 보여준다. 노드 1과 11은 2-core에 속하지만, 3-core에는 속하지 않기에, 2-shell에 속한다고 할 수 있다.

다음으로, k -contour는 최소 k 개의 이웃 노드를 가지며, 더 높은 contour의 노드를 포함하지 않는 최대 서브그래프를 말한다. k -contour의 정의는 k -shell과 매우 유사하지만, k -contour는 같은 contour 내의 연결만을 고려한다. <그림 6>은 예제 네트워크에서의 k -contour 결과를 보여준다. 노드 12와 13는 같은 contour 간의 연


<그림 5> k -shell

<그림 6> k -contour

결이 있지 않으므로, 3-contour에 포함되지 않는다.

k -peak는 k 이상의 contour를 모두 포함하는 최대 서브그래프를 의미한다. k -peak를 식별하는 알고리즘은 가장 높은 k -core를 반복적으로 제거하여, k -contour를 계산하고, k 이하의 contour를 삭제하는 알고리즘이다. 그래프 $G = (V, E)$ 가 주어질 때, 해당 알고리즘에 대한 시간 복잡도는 $O(\sqrt{|V|}(|V| + |E|))$ 이다^[12].

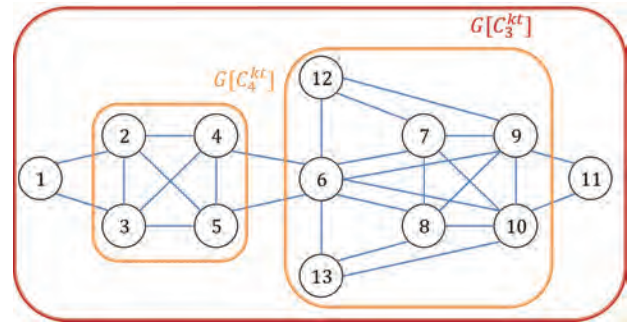
〈그림 6〉에서 인 k -peak C_3^{kp} 는 3이상의 contour를 모두 포함해야 하는 제약사항을 가지기에, 3-contour, 4-contour를 포함하는 {2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}을 반환한다. 기존의 k -core와 다르게 노드 12와 13이 포함되지 않는다는 것을 확인할 수 있다.

2. 삼각형 기반 모델

이 절에서는, 소셜 네트워크 분석에서 널리 사용되어지는 삼각형을 활용하여, 응집성을 갖는 서브그래프 모델을 소개한다. 그래프 $G = (V, E)$ 가 주어지면 노드 $\{u, v, w\} \subseteq V$ 로 이루어진 구조를 삼각형이라 부르며, 삼각형은 3개의 엣지 $e_1 = \{u, v\}, e_2 = \{v, w\}, e_3 = \{u, w\} \in E$ 를 포함하고 있다. 이러한 삼각형은 소셜 네트워크를 분석하는데 있어 기초적인 분석의 단위로 활용될 수 있으며, 네트워크 혹은 유체의 품질(quality)을 평가하는 척도로 사용되거나 응집성을 갖는 서브그래프를 찾는 데 응용되기도 한다^{[1][8]}.

k -truss. k -truss^[9]는 소셜 네트워크를 분석함에 있어, 가장 널리 사용되어지는 응집성을 갖는 서브그래프 모델 중 하나이다^{[33], [34], [13], [20]}. 그래프와 k 가 주어졌을 때, k -truss는 서브그래프에서 각 엣지가 최소 $k-2$ 개의 삼각형에 포함되어지는 것을 보장하는 최대 서브그래프이다. k -truss를 발견하기 위해 k -core와 유사하게 각 엣지에 대하여 최소 $k-2$ 개의 삼각형에 포함되지 않는 엣지를 반복적으로 삭제하는 알고리즘을 사용할 수 있으며, 이에 대한 시간 복잡도는 $O(|E|^{1.5})$ 이다^[9]. 일반적으로 k -truss는 k -core보다 더 응집성을 가지는 서브그래프를 식별한다고 알려져 있지만, 모델의 복잡성과 실행시간이 더 느리다는 한계점을 갖고 있다.

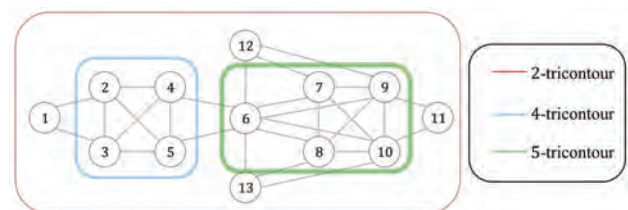
〈그림 7〉에서, $k = 3$ 일 때, C_3^{kt} 는 모든 엣지가 적어도



〈그림 7〉 k -truss

하나의 삼각형에 포함되어야 하므로, C_3^{kt} 는 모든 엣지가 포함되는 그래프를 결과로 반환한다. $k = 4$ 인 경우, C_4^{kt} 의 결과로 {2, 3, 4, 5}, {6, 7, 8, 9, 10, 12, 13}를 반환한다. 두 엣지 {4, 6}, {5, 6}은 하나의 삼각형에만 속하므로, C_4^{kt} 에 포함될 수 없음을 확인할 가능하다.

k -tripeak. Wu et al.^[29]은 k -peak가 서브그래프에서 노드들 간의 엣지의 연결성(차수)만 고려하기때문에, 반환된 서브그래프의 응집성이 부족하다는 한계점에 대해 논의하였다. 반면, 삼각형 구조는 차수만을 고려하는 구조보다 일반적으로 높은 연결성을 가진 구조로서, 네트워크의 기본 구성 요소로 간주된다. 해당 연구에서는 높은 응집성을 갖는 k -truss에서 전체 구조를 적절하게 표현하기 위한 k -peak^[12]를 결합한 모델인 k -tripeak을 제안하였다. k -tripeak은 k -peak의 k -contour와 유사하게 k -tricontour 정의 하에 새롭게 정의되어 진다. k -tricontour에 대한 정의는 다음과 같다: (1) 각 엣지가 적어도 $k-2$ 개의 삼각형에 포함되고; (2) k -tricontour는 더 높은 tricontour에 포함되지 않으며; (3) 최대 서브그래프이다. k -tripeak는 k 값 이상의 k -tricontour를 포함하는 최대 서브그래프를 의미한다. k -tripeak를 식별하기 위한 알고리즘은 최대 값을 가지는 k -truss



〈그림 8〉 k -tricontour



를 계산하고, 이를 그래프에서 반복적으로 제거함으로써, k -tricontour를 계산한다. 이후 k 이하의 tricontour를 삭제하여 k -tripeak를 구한다. 해당 알고리즘은 $O(|E|^{1.5})$ 의 시간 복잡도를 가진다^[29].

〈그림 8〉에서, $k = 4$ 일때, k -tripeak C_4^{ktp} 는 노드 집합 $\{2, 3, 4, 5\}$ 와 $\{6, 7, 8, 9, 10\}$ 로 이루어진 2개의 서브그래프를 반환한다. $k = 5$ 의 경우, k -tripeak C_5^{ktp} 는 $\{6, 7, 8, 9, 10\}$ 을 반환한다. 포함되지 않는 노드 집합 $\{2, 3, 4, 5\}$ 는 엣지 $\{2, 3\}$, $\{2, 4\}$, $\{2, 5\}$, $\{3, 4\}$, $\{3, 5\}$ 가 3개 이상의 삼각형을 갖지 않으므로 k -truss C_5^{kt} 에 포함되지 않는 것을 확인할 수 있다.

(k, s) -core. Zhang et al.^[32]는 k -core^[22]에서 노드의 중요도를 고려하지 않기때문에, 모든 인접한 엣지를 동등하게 고려하는 점을 한계점으로 언급하였다. 반면, k -truss^[9]는 높은 응집성을 가지는 모델로 간주되나, 실제 세계의 커뮤니티는 엣지 중심이 아닌 노드가 중심이 되어지기에, 이러한 모델은 현실적인 상황과 맞지 않다고 주장하였다. 이러한 문제점을 해결하고자, 저자는 k -truss와 k -core를 동시에 고려하는 모델을 제안하였다. 가장 먼저, 주어진 파라미터 k 에 의해 엣지들을 약한 연결(weak tie)과 강한 연결(strong tie)로 분류하였다. 만약, 엣지 $e \in E$ 가 s 개 이상의 삼각형에 포함된다면 ($sup(e) \geq s$), 강한 연결로 정의하며, 그렇지 않으면, 약한 연결로 정의한다. 그 후, 임계값 k 에 대하여, 각 노드가 적어도 k 개의 강한 연결을 가지면 해당 노드를 강하게 참여(strongly engage)한 것으로 간주하고, 그렇지 않으면 약하게 참여(weakly engage)하였다고 간주한다. (k, s) -core는 각 노드가 강하게 연결되어 있는 최대 서브그래프이다. (k, s) -core를 식별하는 알고리즘은 우선 k -core를 계산하고, 각 엣지가 포함되는 삼각형의 수를 계산한다. 이후, k 개 미만의 강한 연결을 가진 노드들을

반복적으로 삭제한다. 해당 알고리즘은 $O(|E|^{1.5})$ 의 시간 복잡도를 가진다^[32].

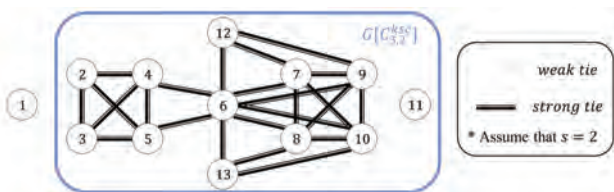
〈그림 9〉은 예제 그래프를 이용한 (k, s) -core의 결과를 나타낸다. 유저 파라미터가 $k = 3$, $s = 2$ 로 할당되면, (k, s) -core $C_{3,2}^{ksc}$ 는 모든 엣지가 적어도 두 개의 삼각형에는 포함되고, 각 노드는 적어도 3개 이상의 강한 연결 엣지를 가져야 하기에, $C_{3,2}^{ksc}$ 는 $\{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13\}$ 를 결과로 반환한다.

3. 클릭 기반 모델

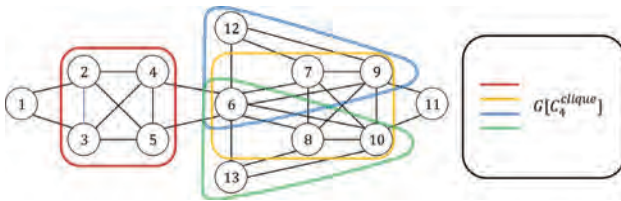
이 절에서는, 클릭 기반의 응집성을 가지는 서브그래프를 식별하는 두 가지 모델을 소개한다. 가장 먼저, 직접적인 연결만을 고려하며 크기가 k 개 이상인 서브그래프를 찾는 Over- k -size clique와 직접적인 연결만을 고려하지 않고 특정 노드 기반으로 거리 k 까지를 연결로 간주하여 클릭을 찾는 k -distance clique에 대해 소개한다. 네트워크에서 클릭^{[17], [28]}은 서브그래프에 존재하는 모든 노드들이 다른 모든 노드와 직접적으로 연결되어 있는 서브그래프를 의미한다. 이는 완전 연결된 서브그래프로 정의된다. 주어진 그래프에서 클릭을 찾는 문제는 NP-Complete에 속하는 문제로, 해당하는 서브그래프를 찾기 위해서는 일반적으로 많은 시간이 소요된다.

k -clique는 k 개의 노드가 있는 서브그래프로, 각 노드가 다른 모든 노드와 직접 연결된다. k -distance 모델은 모든 노드 쌍이 최대 k 의 거리에 있는 서브그래프이다. 네트워크에서 두 노드 사이의 거리는 최단 경로의 길이를 의미한다.

Over- k -size clique. 클릭^{[17], [28]}은 주어진 서브그래프에 존재하는 모든 노드들이 서로 연결된 구조를 의미한다. 특정한 사이즈의 클릭을 찾는 문제는 k -clique 문제라고 불리며, 응집성을 갖는 서브그래프로 간주될 수 있다. 우리는 특정한 사이즈 k 가 아니라 k 혹은 그 이상의 사이즈를 갖는 모든 클릭을 나열하는 문제를 Over- k -size clique 문제로 정의하고, 백트래킹 알고리즘을 사용하여 모든 최대 클릭을 나열하여 Over- k -size clique를 얻을 수 있다. 해당 알고리즘은 $O(|V|^{V/3})$ 의 시간 복잡도를 가진다^[35].



〈그림 9〉 (k, s) -core

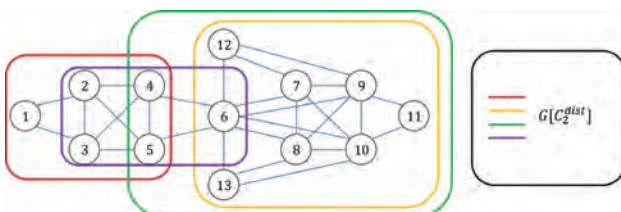


〈그림 10〉 Over- k -size clique

〈그림 10〉는 $k = 4$ 일때, Over- k -size clique이다. Over- k -size clique C_4^{clique} 는 총 4개의 서브그래프 $\{2, 3, 4, 5\}$, $\{6, 7, 8, 9, 10\}$, $\{6, 8, 10, 13\}$, $\{6, 7, 9, 12\}$ 를 결과로 반환한다. 서브그래프의 각 노드는 모든 노드들과 직접적인 연결을 가지고, 4개 이상의 노드를 가진다.

k -distance clique. k -distance clique^{[2], [18], [25], [28]}는 노드 간의 연결성에 중점을 둔 모델로, 두 노드 간의 거리가 k 이하일 경우에 연결되었다고 가정한다. k -distance clique는 그래프 $G = (V, E)$ 에서 두 노드 $\forall u, v \in E$ 가 거리 k 이내에 있는 최대 서브그래프를 의미한다. k -distance clique를 식별하기 위해서는 우선 먼저 주어진 그래프 $G = (V, E)$ 를 거리에 기반한 하이퍼-그래프로 변환시킨다. 두 노드 u 와 v 사이의 거리가 k 보다 작거나 같으면, 두 노드 사이의 엣지를 생성하는 방식으로 거리 k 에 기반한 하이퍼-그래프로 변환한다. 이러한 하이퍼-그래프를 기반으로 k -distance clique를 식별할 수 있다. 해당 알고리즘은 $O(3^{V/3})$ 의 시간 복잡도를 갖는다^[35].

〈그림 11〉에서, k -distance clique의 결과이다. $k = 2$ 일때, 4개의 k -distance clique C_2^{dist} $\{1, 2, 3, 4, 5\}$, $\{6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13\}$, $\{4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13\}$ 를 결과로 반환한다. 각 집합에 존재하는 노드들은 서로 직접 연결되어 있거나 간접적으로 (거리 2 이내에) 연결되어 있음을 확인할 수 있다.



〈그림 11〉 k -distance clique

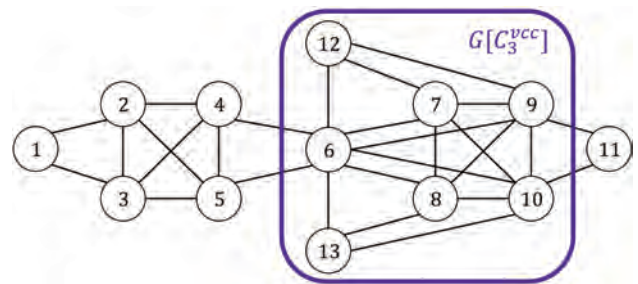
4. 연결 성분 기반 모델

이 절에서는, 응집성을 가지는 서브그래프의 연결성분에 중점을 둔 여러 모델들을 소개한다. 연결 성분 기반 모델의 기본적인 개념은 k 개의 노드(혹은 엣지)를 제거하는 동안 남은 그래프의 연결성을 보장하는 것이다. 해당 모델은 노드 기반 그리고 엣지 기반으로 분류될 수 있으며, 각각 k -VCC(k -vertex connected component) 그리고 k -ECC(k -edge connected component) 문제로 명명된다.

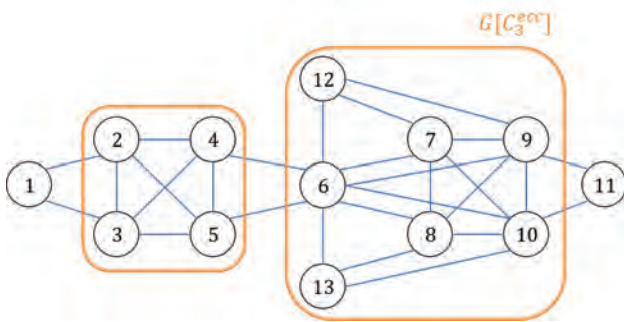
k -VCC(k -vertex connected component). k -VCC^{[21], [36]}는 노드 기반의 연결성에 중점을 둔 모델이다. 그래프 $G = (V, E)$ 와, 정수 k 가 주어졌을 때, k -VCC C_k^{vcc} 는 어떠한 $k-1$ 개의 노드를 삭제해도 남은 서브그래프 노드들의 연결성이 보장되는 최대 서브그래프를 의미한다. 즉, k -VCC는 그래프에서 최소한 k 개의 노드를 포함하여 연결된 서브그래프이다. 이는 서브그래프가 연결되지 않기 위해서는 적어도 k 개의 노드가 삭제되어야 한다는 점에서 노드들 간의 응집성이 보장되는 것으로 해석될 수 있다. k -VCC는 Kanevsky가 제안했던 그래프의 cut-sets 발견 알고리즘을 활용하여 반복적으로 삭제를 수행한다. 해당 알고리즘은 $O(|V|^4)$ 의 시간 복잡도를 갖는다^[36].

〈그림 12〉는 k -VCC의 결과를 보여준다. $k = 3$ 일때, C_3^{vcc} 는 노드 집합인 $\{6, 7, 8, 9, 10, 12, 13\}$ 를 결과로 반환한다. 해당 결과에서 확인할 수 있듯이, C_3^{vcc} 에서 어떠한 두 개의 노드 집합을 삭제해도, 남은 서브그래프의 연결성이 보장된다는 점을 확인할 수 있다.

k -ECC(k -edge connected component). k -ECC^[27]는 엣지의 연결성에 중점을 둔 모델이다. k -ECC는 최소



〈그림 12〉 k -VCC



〈그림 13〉 k -ECC

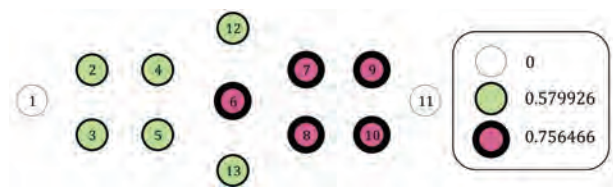
한 k 개의 엣지를 포함하여 연결된 최대 서브그래프를 의미한다. 즉, k -ECC는 어떤 $k-1$ 개 엣지가 삭제되어도 연결성이 보장되는 그래프이다. k -ECC는 max-flow 알고리즘을 사용하여 auxiliary 그래프를 생성하고 이렇게 생성된 그래프를 이용하여 k -ECC를 발견한다. 해당 알고리즘의 시간 복잡도는 $O(|V|F)$ [27] 로, F 는 max-flow 알고리즘의 시간 복잡도를 의미한다.

〈그림 13〉에서 $k = 3$ 일때, C_3^{ecc} 는 $\{2, 3, 4, 5\}$, $\{6, 7, 8, 9, 10, 12, 13\}$ 이다. 각 서브그래프에서 어떤 3개의 엣지를 삭제해도, 서브그래프의 연결성이 보장된다.

5. 기타 모델

Alphacore. Victor et al. [26] 은 데이터 깊이 기반의 응집성을 가지는 서브그래프 식별 문제를 제안하였다. Alphacore는 주어진 그래프에서 여러 노드 속성을 허용함으로써, 방향성과 가중치를 갖고 있는 네트워크에서 사용할 수 있다. 우리는 단순 그래프를 다루고 있기에, 그래프는 노드 속성이 모두 같고, 양방향성을 가지고 있으며, 가중치가 1인 그래프로 간주한다.

Alphacore는 데이터 깊이를 활용하여 응집성을 갖는 서브그래프를 식별한다. 데이터 깊이(depth)란 중앙에서부터의 거리를 측정하는 방법으로, 어떤 엔티티가 다른 엔티티보다 더 깊이 있는지를 평가할 수 있다. 이는 이상치 탐지, 클러스터링, 비모수 추정 등 다양한 데이터 분석 작업에 유용하게 사용 가능하다. 이러한 데이터 깊이를 수행하기 위한 여러 방법들이 있다. Alphacore는 가장 널리 사용되는 데이터 깊이를 할당하는 함수 중 하나인 Mahalanobis 깊이(MhD depth)를 사용한다. 이를 통



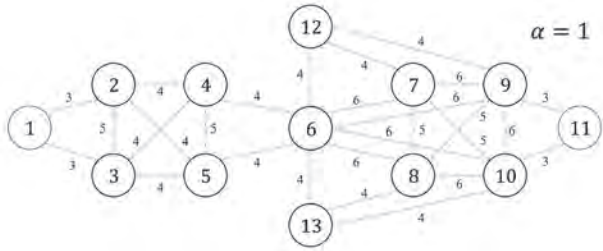
〈그림 14〉 Alphacore

하여, 데이터의 공분산(covariance) 구조를 고려한다. 그래프 $G = (V, E)$ 에서 Alphacore는 노드 속성의 집합을 기반으로 한 α 에 대한 데이터의 깊이가 $\beta = 1 - \alpha$ 이하인 노드를 포함하는 최대 서브그래프로 정의된다.

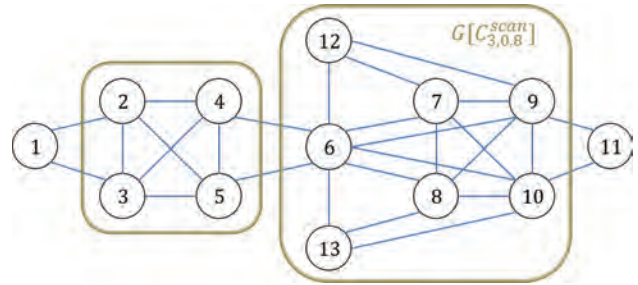
Alphacore를 구하는 알고리즘은 MhD depth를 통해 얻은 데이터의 깊이 β 을 통해, 주어진 그래프 $G = (V, E)$ 에서 β 값이 주어진 α 값보다 작은 노드들을 반복적으로 삭제하는 알고리즘이다. 해당 알고리즘의 시간 복잡도는 $O(F^3 + |E||V|^2F)$ 으로 F 는 속성 정보를 사용하기 위한 속성 테이블의 크기를 의미한다.

〈그림 14〉는 Alphacore의 결과를 보여준다. $0 < \beta \leq 0.579926$ 를 사용하면, 서브그래프 $\{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13\}$ 가 결과로 반환된다. $\beta > 0.579926$ 인 경우, $\{6, 7, 8, 9, 10\}$ 이 결과가 반환된다.

k -core-truss. Li et al. [16]은 k -core의 직관적인 구조와 k -truss의 높은 응집성을 유지하기 위해, 해당하는 두 모델을 결합한 k -core-truss모델을 제안하였다. 저자들은 두 노드가 주어졌을 경우, 공통된 이웃 노드의 개수가 많을수록 그들의 관계가 더 강하다고 주장하였다. 이는 두 노드 간의 유사도가 두 노드 간의 공통 인접 노드의 수에 밀접한 영향을 받는 것과 같은 맥락으로 해석될 수 있다. 이에 더하여, 높은 차수를 갖는 두 노드의 경우, 그들이 강한 연관성을 갖는다고 간주할 수 있다고 주장하였다. 해당 방법에서는 엣지의 차수를 정의하는 방법을 사용한다. 구체적으로, 그래프 $H = (V_H, E_H)$ 와 E_H 의 엣지 $e = (u, v)$ 에 대해, 엣지의 차수는 다음과 같이 정의된다: $d(e, H) = \min(d(u, H), d(v, H))$. 해당 식에서 $d(u, H)$ 는 그래프 H 에서 노드 u 의 차수이다. 즉, 그래프 H 에서 엣지 e 의 차수 $d(e, H)$ 는 엣지를 연결하는 두 노드의 차수 중 작은 값으로 정의된다. 다음으로, 두 노드 간의 연결의 정도를 표현하기 위하



〈그림 15〉 k -core-truss



〈그림 16〉 SCAN

여 주어진 엣지 e 의 degree-support 값을 정의한다: $deg_{sup}_H(e) = \max \{sup_H(e) + 2, \alpha \cdot d(e, H)\}$ 이다. 여기서, $sup_H(e(u, v)) = |\Delta_{uvw} : (u, w), (v, w) \in E_H|$ 이다. 즉, $sup_H(e(u, v))$ 는 엣지 $e(u, v)$ 로 만들 수 있는 삼각형의 개수이다. 그래프 $H = (V_H, E_H)$ 와 유저 파라미터 α 와 $k \geq 2$ 에 대해, k -core-truss는 그래프 H 의 모든 엣지 $e \in E_H$ 의 $deg_{sup}_H(e)$ 는 threshold k 보다 크거나 같아야 하는 최대 서브그래프이다. 즉, k -core-truss는 $deg_{sup}_H(e) \geq k$ 을 만족하는 최대 서브그래프이다. k -core-truss를 식별하는 알고리즘은 주어진 그래프 $G = (V, E)$ 에서 $deg_{sup}_H(e) \geq k$ 를 만족하지 않는 엣지를 반복적으로 삭제하여 서브그래프를 식별하고, 이러한 알고리즘의 시간 복잡도는 $O(|E|^{1.5})$ 이다.

〈그림 15〉은 k -core-truss의 결과이다. $\alpha = 1$, $k = 5$ 일때, k -core-truss $C_{5,1}^{kct}$ 의 결과는 $\{6, 7, 8, 9, 10\}$ 이다. 노드 1과 11의 $deg_{sup}_H = \max \{1 + 2, 1 \cdot 3\} = 3$ 이므로, 차수는 $k = 5$ 보다 작으므로 $C_{5,1}^{kct}$ 에 속하지 않는다. 각 엣지의 deg_{sup} 값은 회색 글자로 표시되어 있다.

SCAN. SCAN^[38] 알고리즘은 데이터 클러스터링에서 널리 활용되어지는 DBSCAN 알고리즘의 그래프 버전이다. 이전의 여러 응집도를 가지는 서브그래프 모델들과는 다르게, 이 연구는 모델이 아닌 알고리즘을 기반으로 하고 있다. 그래프 $G = (V, E)$ 와 파라미터 k, ϵ 이 주어진다고 가정한다. 해당 알고리즘은 클러스터, 허브, 그리고 네트워크 내의 이상치를 감지하기 위한 클러스터링 기법이다. 이는 노드의 구조적 유사성에 기반하여 동작을 수행하게 된다. 주어진 두 노드간의 이웃 구조가 유사하다면, 두 노드는 구조적으로 유사하다고 간주할 수 있다. SCAN 알고리즘은 다음과 같은 방법으로 동작한다: (1)

그래프 내의 각 노드에 대해, SCAN은 주어진 ϵ 을 이용하여 유사한 이웃을 계산하게 된다; (2) 계산된 이웃을 바탕으로, SCAN은 각 노드를 클러스터의 핵심 노드, 경계 노드, 또는 잡음 노드로 분류한다. 핵심 노드는 충분히 많은 수의 이웃을 가진 노드이며, 경계 노드는 핵심 노드에 연결되지만 충분한 이웃이 없는 노드를 의미한다. 마지막으로 잡음 노드는 핵심 노드나 경계 노드에 속하지 않는 노드를 말한다. 클러스터를 식별하기 위해 SCAN은 연결된 핵심 노드들을 같은 클러스터로 그룹화하고, 각 경계 노드를 해당 경계 노드에 연결된 핵심 노드의 클러스터에 할당한다. 이 방법은 노드 간의 직접적인 연결뿐만 아니라 노드의 이웃 간의 유사성을 고려하므로, 구조적으로 유사한 노드들을 함께 그룹화하는 데 효과적이라고 알려져 있다. 이러한 알고리즘의 시간 복잡도는 $O(|E|^{1.5})$ 이다.

〈그림 16〉은 SCAN의 결과이다. k 가 3이고 ϵ 이 0.8 인 경우 노드 2개의 응집성을 갖는 서브그래프를 식별할 수 있으며, 노드 1과 11은 포함되지 않는 것을 확인할 수 있다. 이는 노드 2 혹은 3이 노드 1과의 유사도가 0.8 이하이고, 동일한 이유로 노드 9, 10이 노드 11과 유사도가 0.8 이하이기 때문이다. 이를 통해 서브그래프 $\{2, 3, 4, 5\}$ 와 $\{6, 7, 8, 9, 10, 12, 13\}$ 가 결과로 반환된다.

III. 실험 및 평가

여러 모델들의 성능을 확인하기 위해서 우리는 두 가지 작업에 대한 성능을 평가한다: (1) 커뮤니티 검색은 주어진 그래프와 쿼리 노드가 존재할 경우에, 쿼리 노드를 포함하는 응집성을 가지는 서브그래프로 정의된다. 이러한 커뮤니티 검색을 위해 응집성을 가지는 서브그래프 모델



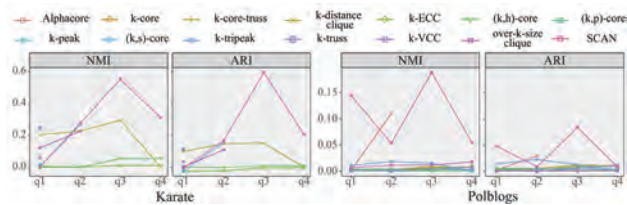
〈표 2〉 실제 네트워크 데이터 셋

Dataset	$ V $	$ E $	$\max C$
Karate	34	78	4
Polblogs	1,224	16,718	36

* $\max C$ 는 네트워크의 최대로 갖는 코어 값

〈표 3〉 모델별 파라미터 세팅

Model	Parameter settings (q_1, q_2, q_3, q_4)
k -core	$k = 3, 5, 7, 9$
(k, s) -core	$k, s = (3, 2), (3, 3), (5, 2), (5, 3)$
(k, h) -core	$k, h = (3, 2), (5, 2), (7, 2), (9, 2)$
(k, p) -core	$k, p = (3, 0.4), (3, 0.6), (5, 0.4), (5, 0.6)$
k -peak	$k = 3, 5, 7, 9$
k -truss	$k = 4, 6, 8, 10$
k -tripeak	$k = 4, 6, 8, 10$
Over- k -size clique	$k = 3, 5, 7, 9$
k -distance clique	$k = 2, 3, 4, 5$
k -VCC	$k = 3, 5, 7, 9$
k -ECC	$k = 3, 5, 7, 9$
Alphacore	$\beta = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$
k -core-truss	$k, \alpha = (4, 1), (6, 1), (8, 1), (10, 1)$
SCAN	$k, \epsilon = (3, 0.4), (3, 0.6), (5, 0.4), (5, 0.6)$



〈그림 17〉 커뮤니티 검색 문제에서의 정확도

이 활용된다; (2) 주어진 그래프에서 이상 유저 탐지를 수행하기 위해 응집성을 가지는 서브그래프 식별 모델이 활용된다. 이는 이상 유저들이 비슷하게 활동하는 경향이 존재하기에, 소수의 이상 유저에 대한 정보를 가지고 있으면, 이를 통해 이상 유저들의 그룹을 식별할 수 있기 때

문이다. 우리는 표 2에서 확인할 수 있는 데이터 셋을 커뮤니티 검색을 위해 사용하고, 표 3에서 유저 파라미터를 어떻게 세팅하였는지 소개한다.

〈그림 17〉은 두 개의 실제 네트워크에서 커뮤니티 검색 문제를 해결하기 위해 소개한 서브그래프 모델이 갖는 정확도를 나타낸다. 알고리즘이 커뮤니티 탐지 문제를 위해 설계되어 있기 때문에 다른 알고리즘보다 우수한 성능을 보여주는 것을 관찰할 수 있다. 또한 Alphacore, k -truss, k -distance clique, k -tripeak 및 (k, s) -core는 비슷한 결과를 반환한다. (k, s) -core를 제외하고 다른 모델들은 상대적으로 작은 크기의 응집성을 가지는 서브그래프를 반환하는 것을 확인된다. 작은 크기의 커뮤니티 결과는 일반적으로 보다 정확한 결과를 가져온다는 것을 의미한다. 하지만, 이는 여전히 적절한 응집성 수준을 선택하는 것의 어려움이 있다.

다음으로, Amazon 데이터 셋을 사용하여 이상 유저 탐지에 대한 사례 연구를 수행하였다. 해당 실험에서 사용한 Amazon 데이터 셋에 대한 정보는 표 4에서 확인할 수 있다. 해당 통계에서 V^b 는 양호(benign) 노드 집합을 나타내고, V^f 는 이상(fraudulent) 노드 집합을 나타낸다. 주어진 그래프가 이분 그래프(bipartite graph)이기 때문에, 우리의 문제 설정에 따라 데이터 전처리를 수행하였다. 우선, 우리는 적어도 t 명의 유저에 의해 평가된 리뷰들에 초점을 맞추기 위해, 리뷰 수가 t 보다 작은 일부 엣지(리뷰)를 제거하였다. 그 다음, 각각의 엣지(리뷰)를 다음과 같이 분류하였다: (1) 만약 도움이 되는 평가의 비율이 75%이상이면 양호(benign), (2) 25%미만이면 이상(fraudulent), (3) 그 외의 경우에는 정상(normal)으로 분류하였다. 해당 전략은 [37]에서 사용되었다.

〈표 4〉 데이터셋의 통계

	$ V $	$ E $	$ V^b $	$ V^f $
Amazon Instant Video	3,300	21,676	1,946	109
Clothing, Shoes and Jewelry	22,854	52,304	20,742	37
Digital Music	21,116	351,418	15,212	616
Sports and Outdoors	33,782	135,073	29,067	208

본 논문에서 사용한 응집성을 갖는 서브그래프 모델들은 노드가 한가지 종류로만 이루어진 그래프이다. 우리는 주어진 Amazon의 이분그래프를 라인 그래프(line graph) 변환 기법을 사용하여 일반적인 그래프로 변환하였다. 라인 그래프에서는 이분 그래프의 모든 엣지가 노드로 간주된다. 만약 두 노드의 가중치가 λ 이상이면, 라인 그래프에서 엣지가 생성된다. 라인 그래프에서 두 노드 간의 가중치는 다음과 같이 계산하였다:

$$w(x_{u^i,v^j}, x_{u^k,v^l}) = \frac{J(N(u^i), N(u^k)) + J(N(v^j), N(v^l))}{2}$$

해당 식에서, J 는 Jaccard similarity를 의미한다. 만약 $w \geq \lambda$ 의 경우, 두 노드 간의 연결이 생성된다. 실험에서는 $t = 3, \lambda = 0.3$ 으로 설정하였다.

〈그림 18〉은 실험 결과를 나타낸다. 실행 시간이 24시간이 넘는 결과는 제외하였다. 실험 결과에서 각 모양에 따라 다른 유저 파라미터를 사용하였다. k -tripeak, k -truss, SCAN모델은 다른 모델보다 의미 있는 클러스터가 포함되는 응집성을 가지는 서브그래프를 찾는데 더

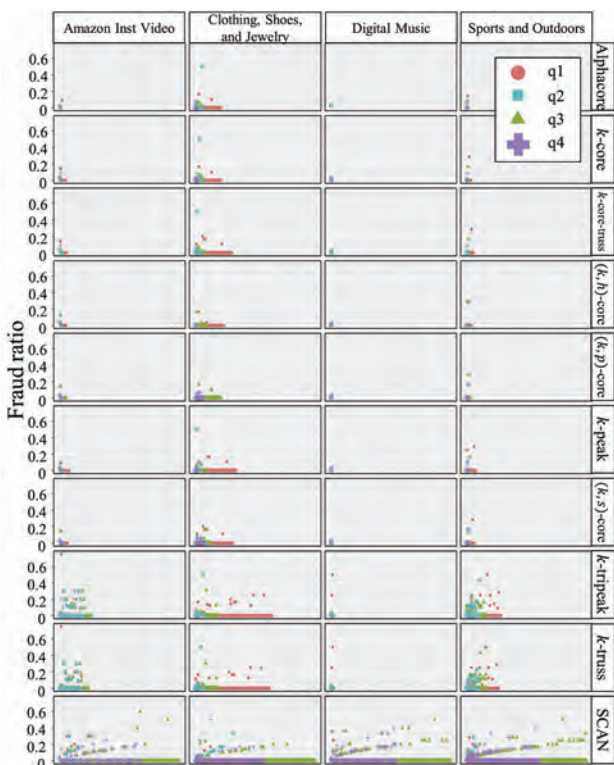
우수하다는 것을 관찰할 수 있다. 여기서 의미 있는 클러스터는 많은 fraudulent 노드를 포함하는 클러스터이다. 대부분의 클러스터가 양호한 노드 혹은 일반 노드들을 포함하는 클러스터이지만, 종종 이상 노드들로 생성된 클러스터들이 발견되는 것을 확인할 수 있다. 이 세가지 모델은 상대적으로 높은 엣지 밀도와 많은 응집성을 가지는 서브그래프를 가진 작은 크기의 응집성을 가지는 서브그래프를 결과로 반환한다. 반면, (k, h) -core 모델은 다른 차수 기반의 모델들과 비교하여, 큰 크기의 결과를 반환하기 때문에, 성능이 가장 안 좋다는 것을 확인할 수 있다.

IV. 결론

이 논문에서, 우리는 13개의 응집성을 갖는 서브그래프 모델들에 대하여 살펴보았다. 해당하는 서브그래프들은 접근방법에 근거하여 5가지로 구별하여 논의하였다. 가장 먼저, 최소 차수 기반의 코어 기반 모델, 삼각형 기반의 모델, 클릭 구조에 기반한 모델, 연결성분에 기반한 모델, 마지막으로 해당 카테고리에 속하지 않는 기타 모델로 나누었다. 이러한 여러 모델들을 2가지 작업(커뮤니티 검색, 이상 탐지)에서 어떻게 활용하면 좋을지에 대해 논의하기 위해 실험을 수행하였고, 어떠한 모델이 각 작업에서 효율적인지에 대해 논의하였다.

참고 문헌

- [1] Mohammad Al Hasan and Vachik S Dave, 2018, Triangle counting in large networks: a review, Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery 8, 2 (2018), e1226.
- [2] Richard D Alba, 1973, A graph-theoretic definition of a sociometric clique, Journal of Mathematical Sociology 3, 1 (1973), 113–126.
- [3] Albert-László Barabási, 2013, Network science, Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 371, 1987 (2013), 20120375.
- [4] Vladimir Batagelj, Andrej Mrvar, and Matjaž Zaveršnik, 1999, Partitioning approach to visualization of large graphs. In



〈그림 18〉 이상 유저 탐지에 대한 case study



- International Symposium on Graph Drawing. Springer, 90–97.
- [5] V. Batagelj and M. Zaversnik. 2003. An $O(m)$ Algorithm for Cores Decomposition of Networks. *Advances in Data Analysis and Classification*, 2011. Volume 5, Number 2, 129–145. (2003), arXiv:arXiv:cs/0310049
- [6] Francesco Bonchi, Arijit Khan, and Lorenzo Severini. 2019. Distance-generalized core decomposition. In *SIGMOD*. 1006–1023.
- [7] Lijun Chang and Lu Qin. 2018. Cohesive subgraph computation over large sparse graphs: algorithms, data structures, and programming techniques.
- [8] Shumo Chu and James Cheng. 2011. Triangle listing in massive networks and its applications. In *SIGKDD*. 672–680.
- [9] Jonathan Cohen. 2008. Trusses: Cohesive subgraphs for social network analysis. National security agency technical report 16, 3.1 (2008).
- [10] Yixiang Fang, Xin Huang, Lu Qin, Ying Zhang, Wenjie Zhang, Reynold Cheng, and Xuemin Lin. 2020. A survey of community search over big graphs. *The VLDB Journal* 29, 1 (2020), 353–392.
- [11] Yixiang Fang, Kai Wang, Xuemin Lin, and Wenjie Zhang. 2021. Cohesive subgraph search over big heterogeneous information networks: Applications, challenges, and solutions. In *SIGMOD*. 2829–2838.
- [12] Priya Govindan, Chenghong Wang, Chumeng Xu, Hongyu Duan, and Sucheta Soundarajan. 2017. The k -peak decomposition: Mapping the global structure of graphs. In *WWW*. 1441–1450.
- [13] Enrico Gregori, Luciano Lenzini, and Chiara Orsini. 2013. k -Dense communities in the Internet AS-level topology graph. *Computer Networks* 57, 1 (2013), 213–227.
- [14] Xin Huang, Hong Cheng, Lu Qin, Wentao Tian, and Jeffrey Xu Yu. 2014. Querying k -truss community in large and dynamic graphs. In *SIGMOD*. 1311–1322.
- [15] Junghoon Kim, Tao Guo, Kaiyu Feng, Gao Cong, Arijit Khan, and Farhana MChoudhury. 2020. Densely connected user community and location cluster search in location-based social networks. In *SIGMOD*. 2199–2209.
- [16] Zhenjun Li, Yunting Lu, Wei-Peng Zhang, Rong-Hua Li, Jun Guo, Xin Huang, and Rui Mao. 2018. Discovering hierarchical subgraphs of k -core-truss. *Data Science and Engineering* 3, 2 (2018), 136–149.
- [17] R Duncan Luce and Albert D Perry. 1949. A method of matrix analysis of group structure. *Psychometrika* 14, 2 (1949), 95–116.
- [18] Robert J Mokken et al. 1979. Cliques, clubs and clans. *Quality & Quantity* 13, 2 (1979), 161–173.
- [19] François Rousseau and Michalis Vazirgiannis. 2015. Main core retention on graph-of-words for single-document keyword extraction. In *ECIR*. Springer, 382–393.
- [20] Kazumi Saito, Takeshi Yamada, and Kazuhiro Kazama. 2008. Extracting communities from complex networks by the k -dense method. *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences* 91, 11 (2008), 3304–3311.
- [21] James Moody and Douglas R White. 2002. Social cohesion and embeddedness: A hierarchical conception of social groups. *Sociological Methodology* 68, 1 (2002), 365–368.
- [22] Stephen B Seidman. 1983. Network structure and minimum degree. *Social networks* 5, 3 (1983), 269–287.
- [23] Kijung Shin, Tina Eliassi-Rad, and Christos Faloutsos. 2018. Patterns and anomalies in k -cores of real-world graphs with applications. *KAIS* 54, 3 (2018), 677–710.
- [24] Mauro Sozio and Aristides Gionis. 2010. The community-search problem and how to plan a successful cocktail party. In *SIGKDD*. 939–948.
- [25] Lei Tang and Huan Liu. 2010. Community detection and mining in social media. *Synthesis lectures on data mining and knowledge discovery* 2, 1 (2010), 1–137.
- [26] Friedhelm Victor, Cuneyt G Akcora, Yulia R Gel, and Murat Kantarcioglu. 2021. Alphacore: Data Depth based Core Decomposition. In *SIGKDD*. 1625–1633.
- [27] Tianhao Wang, Yong Zhang, Francis YL Chin, Hing-Fung Ting, Yung H Tsin, and Sheung-Hung Poon. 2015. A simple

algorithm for finding all k -edge-connected components. PLOS One 10, 9 (2015), e0136264.

- [28] Stanley Wasserman, Katherine Faust, et al. 1994. Social network analysis: Methods and applications.
- [29] Xudong Wu, Long Yuan, Xuemin Lin, Shiyu Yang, and Wenjie Zhang. 2019. Towards efficient k -tripeak decomposition on large graphs. In DASFAA. Springer, 604–621.
- [30] Chen Zhang, Fan Zhang, Wenjie Zhang, Boge Liu, Ying Zhang, Lu Qin, and Xuemin Lin. 2020. Exploring finer granularity within the cores: Efficient (k, p) -core computation. In ICDE. IEEE, 181–192.
- [31] Fan Zhang, Jiadong Xie, Kai Wang, Shiyu Yang, and Yu Jiang. 2021. Discovering key users for defending network structural stability. World Wide Web 25 (2021), 1–23.
- [32] Fan Zhang, Long Yuan, Ying Zhang, Lu Qin, Xuemin Lin, and Alexander Zhou. 2018. Discovering strong communities with user engagement and tie strength. In DASFAA. Springer, 425–441.
- [33] Yang Zhang and Srinivasan Parthasarathy. 2012. Extracting analyzing and visualizing triangle k -core motifs within networks. In ICDE. IEEE, 1049–1060.
- [34] Feng Zhao and Anthony KH Tung. 2012. Large scale cohesive subgraphs discovery for social network visual analysis. PVLDB 6, 2 (2012), 85–96.
- [35] Etsuji Tomita, Akira Tanaka, and Haruhisa Takahashi. 2006. The worst-case time complexity for generating all maximal cliques and computational experiments. Theoretical computer science 363, 1 (2006), 28–42.
- [36] Jordi Torrents and Fabrizio Ferraro. 2015. Structural cohesion: Visualization and heuristics for fast computation. arXiv preprint arXiv:1503.04476 (2015).
- [37] Srijan Kumar, Bryan Hooi, Disha Makhija, Mohit Kumar, Christos Faloutsos, and VS Subrahmanian. 2018. Rev2: Fraudulent user prediction in rating platforms. In WSDM. 333–341.
- [38] Xu, Xiaowei, et al. "Scan: a structural clustering algorithm for networks." Proceedings of the 13th ACM SIGKDD

international conference on Knowledge discovery and data mining. 2007.



김다희

- 2022년 2월 동아대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2023년 4월 ~ 현재 UNIST 컴퓨터공학과 연구원

〈관심 분야〉

Graph Mining, Community Search, Cohesive Subgraph Discovery



김정훈

- 2013년 2월 서울시립대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2015년 2월 KAIST 지식서비스공학과 석사
- 2022년 4월 싱가포르 난양공과대학교 (NTU) School of Computer Science and Engineering 박사
- 2015년 8월 ~ 2016년 5월 LG전자 CTO 연구원
- 2022년 8월 ~ 현재 UNIST 컴퓨터공학과 조교수

〈관심 분야〉

Data Mining, Graph Data Management, Social Network Analysis



임 성 수

- 2009년 1월 KAIST 수리과학과 학사
- 2011년 1월 KAIST 수리과학과 석사
- 2016년 8월 KAIST 지식서비스공학대학원 박사
- 2018년 9월 ~ 현재 충남대학교 컴퓨터융합학부 조교수

〈관심 분야〉

Data Mining, Machine Learning, Graph Mining, Graph Neural Networks

기계학습을 활용한 네트워크 정렬 기술 최근 동향

I. 서론

네트워크(그래프)는 자료구조를 일컫는 용어로 노드 (node (혹은 vertex))와 이들 간의 관계를 나타내는 엣지 (edge (혹은 link))로 구성된 데이터를 말한다. 이러한 네트워크 기반의 모델링은 다양한 현실 세계 분야의 데이터를 직관적으로 표현할 수 있다. 예를 들면, 사람과 사람 간의 소셜 네트워크, 생물 정보학에서의 단백질-단백질 간의 상호작용 및 지역 간 경로 정보 등 다양한 도메인의 데이터를 효과적으로 표현할 수 있다. 한편, 4차산업혁명의 흐름과 함께 나날이 데이터의 수는 기하급수적으로 증가해 가고, 데이터 통합 시장의 성장에 따라 다수의 네트워크에서의 데이터 분석 및 해석의 중요성 또한 커지고 있다.

이 때, 네트워크 정렬 (network alignment)이란 서로 다른 다수의 네트워크에서 같은 노드 ID를 찾아내는 문제를 말한다. 이러한 네트워크 정렬 기술을 통해 각 네트워크의 노드 ID를 정렬 후, 동일한 노드 ID를 찾아냄으로써 다수의 네트워크 환경에서의 기계학습 (machine learning) 응용문제를 해결하는 데 큰 도움을 줄 수 있다. 예를 들면, 소셜 네트워크에서 한 명의 사용자는 여러 플랫폼에 걸쳐 다수의 계정을 갖고 있을 수 있다. 이 때, 네트워크 정렬 기술을 통해 같은 사용자를 판별해 낸다면, 정보가 많은 플랫폼에서 해당 사용자의 소비 패턴을 분석하여 그렇지 않은 플랫폼에서의 사용자에게 대한 개인화 추천 성능을 향상시킬 수 있다. 또한, 생물 정보학에서 여러 단백질 분자에서의 원자 대응 관계를 찾아냄으로써 새로운 단백질-단백질 상호작용을 찾아낼 수 있는 등 많은 이점이 존재한다.

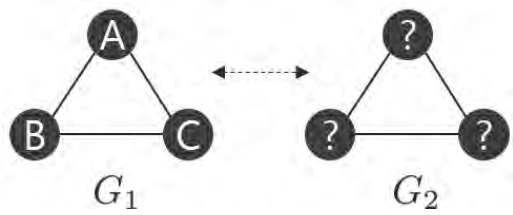
그러나, n 개의 노드로 구성된 네트워크가 가질 수 있는 n 가지의 서로 다른 노드 순서 (node ordering) 경우의 수는 다수의 네트워크 환경에서 정확한 분석을 수행하는데 큰 어려움을 준다. 예를 들면, <그



박진덕
연세대학교



신원용
연세대학교



〈그림 1〉 두 개 네트워크에서의 노드 순서 문제 예시

림 1)과 같이 세 개의 노드를 갖는 두 개의 네트워크가 존재할 때, G_1 의 각각의 노드가 G_2 의 어떤 노드에 대응되는지 파악하기 어렵다. 이러한 문제는 네트워크의 스케일이 커짐에 따라 경우의 수가 기하급수적으로 증가하여 그 해를 찾기가 어려워지며, 수백 개에서 수백만 개에 이르는 노드 수를 갖는 현실 세계 네트워크 문제에서 이러한 복잡성은 더더욱 다수의 네트워크에서의 분석을 어렵게 만든다.

한 편, 최근 기계학습 및 딥러닝 (deep learning) 기술의 부상 및 다양한 신경망 구조의 고도화는 이미지 분류 및 자연어 처리 등 다양한 실세계 문제를 정확하고 확장성 있게 해결하는데 도움을 주었다. 최근 네트워크 정렬 기술의 연구 동향은 그러한 기계학습 및 딥러닝 방법론을 적용하여 높은 계산 복잡도를 요구하는 네트워크 정렬 문제를 효과적으로 해결하기 위해 다양한 방법론이 제안되고 있다. 따라서 본 논문에서는 네트워크 정렬의 명확한 문제 정의와 네트워크 정렬의 기본 원칙을 소개하고, 다양한 환경에서의 최근 주류 동향인 기계학습을 활용한 네트워크 정렬 기술에 대해 전반적으로 소개한다.

II. 네트워크 정렬

네트워크 정렬은 다수의 네트워크가 존재할 때, 같은 노드 ID를 찾아내는 문제를 말하며 그 문제 정의는 다음과 같다. 네트워크 정렬이란 노드, 엣지, 그리고 노드 속성 (attribute) 정보를 갖는 두 네트워크 $G_s = (V_s, E_s, X_s)$, $G_t = (V_t, E_t, X_t)$ 가 존재할 때, 각 네트워크의 ground truth 노드 쌍 (v_s, v_t) (이 때, $v_s \subseteq V_s, v_t \subseteq V_t$)에 대하여 네트워크 정렬은 노드 사상 $\pi(v_s) = v_t$ 을 만족하는 사상 함수 π 를 찾는 문제이다.

이 때 ground truth 노드 쌍을 앵커 링크 (anchor link)라고 하며, 네트워크 정렬은 앵커 링크를 예측하는 문제라고 볼 수 있다. 한 편, 현실 세계에서는 일부 유명 인사의 계정이나 수동으로 찾아낸 일부 수의 노드 매핑 (mapping) 정보를 이미 알고 있을 수 있는데, 이를 사전 앵커 링크 (prior anchor link)라고 한다. 이러한 사전 앵커 링크 정보는 기계학습 기반 네트워크 정렬 방법론에서 주로 지도학습용 데이터 (supervision data)로 사용된다. 하지만 이러한 사전 앵커 링크 정보는 취득하기가 어려울 뿐만 아니라 비싼 비용을 필요로 하기 때문에, 현실에서는 매우 적은 양의 정보만 활용이 가능하다. 이러한 정보를 기계학습에 적극 활용하는 방법론들도 있는 반면, 최근에는 이러한 정보를 활용하지 않고도 높은 수준의 네트워크 정렬 성능을 얻기 위한 방법론에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다.

네트워크 정렬의 기본 원칙은 “일관성 (consistency)의 원칙”에 있다. 네트워크 간 같은 노드 ID는 비슷한 네트워크 구조를 갖거나 그 속성 정보가 일관될 것이라는 가정에서 세워진 원칙이다. 각각의 네트워크 정렬 방법론은 그 일관된 정도를 정량적으로 측정하여, 그 일관된 정도가 높은 순서대로 네트워크 간 노드들의 사상을 할당하는 방식으로 네트워크를 정렬한다. 구체적으로, 먼저 네트워크 정렬에서 “구조 정보 일관성의 원칙”이란 같은 노드 ID는 여러 네트워크에 걸쳐 비슷한 로컬 (local) 네트워크 구조를 갖는다는 것이다. 예를 들면 플랫폼 A에서 유명 인사의 계정은 네트워크 상 높은 degree의 노드일 것이고, 이는 플랫폼 B에서도 상대적으로 여전히 높은 degree를 가지는 경향이 높다는 가정이다. 하지만 이러한 구조적 일관성은 늘 강하게 존재하는 것은 아니다. 예를 들면, 플랫폼 A에서는 활발하게 활동하는 사용자가 플랫폼 B에서는 활동량이 매우 적은 경우도 빈번하게 관찰된다. 이를 보완하기 위한 두 번째 일관성의 원칙이 속성 정보 일관성의 원칙이다. 네트워크 정렬에서 “속성 정보 일관성의 원칙”이란, 같은 노드 ID는 여러 네트워크에 걸쳐 비슷한 속성을 공유할 것이라는 가정이다. 예를 들면, 플랫폼 A에서 성별, 나이, 주소 등의 정보는 플랫폼 B에서도 일관적으로 유지될 것이다. 하지만 이러한 정보 또

한 마찬가지로, 플랫폼 A에서 특정 사용자가 정보를 업데이트하지 않은 채로 플랫폼 B에 가입했다면, 주소와 같은 속성 정보는 일관되게 유지되지 않을 수도 있다. 따라서 네트워크 정렬의 핵심은 이러한 중요한 두 가지의 일관성의 원칙을 복합적이고 종합적으로 반영하여, 주어진 네트워크 쌍의 특성에 맞게 적절히 그 일관성을 반영한 방법론을 설계하는 것이다.

III. 기계학습을 활용한 네트워크 정렬 기술

1. 네트워크 구조 정보 기반 네트워크 정렬 기술

앞서 소개하였듯이, 네트워크 정렬의 첫 번째 원칙인 구조적 일관성에 기반하여 네트워크를 정렬하는 논문들이 많이 소개되었다. 즉, 각 네트워크에서 각 노드가 갖는 구조적 특성을 정량화하여 측도하고, 이러한 구조적 특성의 일관성이 큰 노드 쌍을 같은 노드 ID로 예측하는 방식이다.

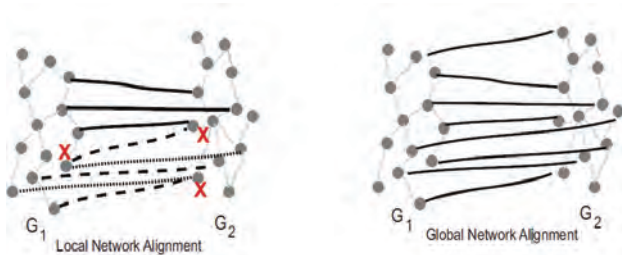
그 중 IsoRank^[1]는 2007년도에 등장한 네트워크 정렬 방법론으로, 단백질-단백질 네트워크 쌍에서 Google의 PageRank^[2]와 유사한 방식을 통해 네트워크 정렬을 수행하는 방법을 제안하였다. IsoRank 이전의 단백질-단백질 네트워크 쌍에서의 단순 네트워크 정렬 혹은 그래프 매칭 방법론은 네트워크의 지엽적인 구조만 고려하여 로컬 네트워크를 정렬했기 때문에 네트워크 구조 정보를 전체적으로 활용하지 못했다는 단점이 있었지만, IsoRank에서는 노드 쌍에서 구조적 유사성을 재귀적으로 전파(propagation)하는 방식을 사용하여 글로벌(global) 네트워크 정렬을 수행한다.

예를 들면, <그림 2>와 같이 기존 방법론은 큰 네트워크 구조에서 로컬한 구역의 네트워크 정렬만을 수행하는

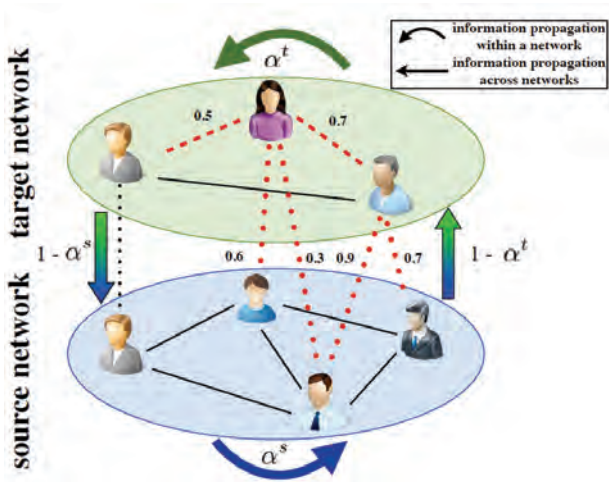
것으로, 일종의 subgraph 쌍에서의 네트워크 정렬을 수행한다고 볼 수 있다. 하지만 IsoRank는 전체 구조를 반영하여 글로벌한 네트워크 정렬이 가능하다고 주장한다. 구체적으로, IsoRank는 먼저 모든 네트워크 넘어 노드 쌍의 유사도를 랜덤하게 초기화하고, 네트워크 넘어 노드 쌍 (i, j) 가 존재할 때 해당 노드 쌍의 유사도는 각각 노드의 이웃 노드들의 degree가 비슷할수록 높은 값을 가지는 식으로 유사도 값을 전파하였다. 하지만 이러한 방식은 랜덤하게 초기화되는 유사도 값에 민감한 성능을 보인다는 점에서 강건한 네트워크 정렬 방법론을 설계하는 데 있어 한계점을 보인다.

그 다음으로 BIG-ALIGN^[3]은 2013년도에 ICDM이라는 데이터 마이닝 학회에 소개된 방법론이다. 해당 논문에서는 네트워크 정렬을 두 개의 같은 노드 개수를 갖는 그래프의 인접 행렬에서, 적절한 순환 행렬(permutation matrix)를 찾아내는 문제로써 네트워크 정렬 문제를 정의하였는데, 찾아낸 순환 행렬을 행렬곱한 타겟(target) 네트워크의 인접 행렬과 소스(source) 네트워크의 차이를 통해 구해낸 행렬의 norm을 최소화하는 순환 행렬 P 를 찾는 방식으로 목적 함수를 설계하여 네트워크 정렬 방법론을 모델링하였다. 구체적으로, 해당 목적 함수를 만족하는 해를 찾고자 alternating projected gradient descent라는 수치적 방법을 활용하여 제한된 조건에서의 최적화 문제를 풀어 최적의 순환 행렬을 찾아낸다. 하지만 해당 방법론은 기본적으로 행렬 간의 연산과 최적화를 수행하다보니 노드 개수에 따라 2차(quadratic)로 증가하는 메모리를 요구한다. 뿐만 아니라 문제 정의와 그 방법론이 노드 개수가 같은 네트워크 쌍을 상정하므로, 현실 세계의 상황과는 다소 맞지 않는다는 단점이 있다.

CLF^[4]는 2015년도에 IJCAI라는 인공지능 학회에서 소개한 네트워크 구조를 활용한 네트워크 정렬 방법론 중 하나이다. CLF는 'collective link fusion'이라는 방식을 활용하여, 네트워크 넘어 노드 쌍의 소프트한 확률 값을 전파하는 방식으로 링크 간(cross-link) 확률을 계산하고, 확률이 높은 값의 노드 쌍을 앵커 링크로 매칭한다. 구체적으로는, <그림 3>과 같이, CLF는 각각 네트워크



<그림 2> 로컬 네트워크 정렬 (좌)와글로벌 네트워크 정렬 (우)



〈그림 3〉 CLF 네트워크 정렬 방법론의 구조 ^[4]

안의 링크를 나타내는 intra-network 링크 (즉, 소셜 링크)와 네트워크 간의 링크를 나타내는 inter-network 링크를 모두 확률적으로 모델링하였다. 이러한 방법론을 통하여 기존 네트워크 구조 기반 네트워크 정렬 방법론들에 비해서는 높고 강건한 성능을 보여주었지만, intra-network와 inter-network에서의 링크와 관련된 확률전파 파라미터에 다소 민감한 성능을 보여준다.

앞서 소개한 네트워크 구조 정보에 기반한 네트워크 정렬 방법론들 (IsoRank ^[1], BIG-ALIGN ^[3], CLF ^[4])은 모두 네트워크 구조 정보라는 한정된 정보에 기반하여 네트워크 정렬을 수행한다. 하지만 실제 세계 네트워크 쌍은 주로 구조적으로 일관되지 않은 경우가 많고, 단순히 구조 정보에만 의존해서 네트워크 노드 쌍을 정렬한다면 실제 세계에 적용하기에는 만족할만한 높은 정렬 정확도를 보장하기 어렵다.

2. 네트워크 속성 정보 기반 네트워크 정렬 기술

앞서 언급했듯이, 실제 세계 네트워크 쌍에서 네트워크의 구조 정보 만으로는 높은 정렬 정확도를 기대하기는 어렵기 때문에, 노드 속성 정보의 일관성을 활용한 네트워크 정렬 방법론이 화두가 되었다.

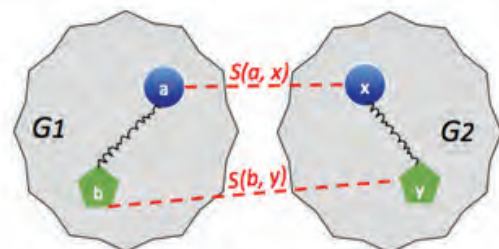
FINAL ^[5]은 2016년 저명 데이터과학 학회인 KDD에서 발표된 방법론으로, 네트워크의 속성 정보를 활용하여 효율적이면서도 높은 정확도를 갖는 네트워크 정렬 방법론을 제안하였을 뿐만 아니라, 네트워크 정렬 문제에서 일

관성의 원칙의 개념을 처음으로 정의하여 차후 네트워크 정렬 방법론의 원칙에 있어서 그 초석을 마련하여 학계의 높은 관심을 받았다.

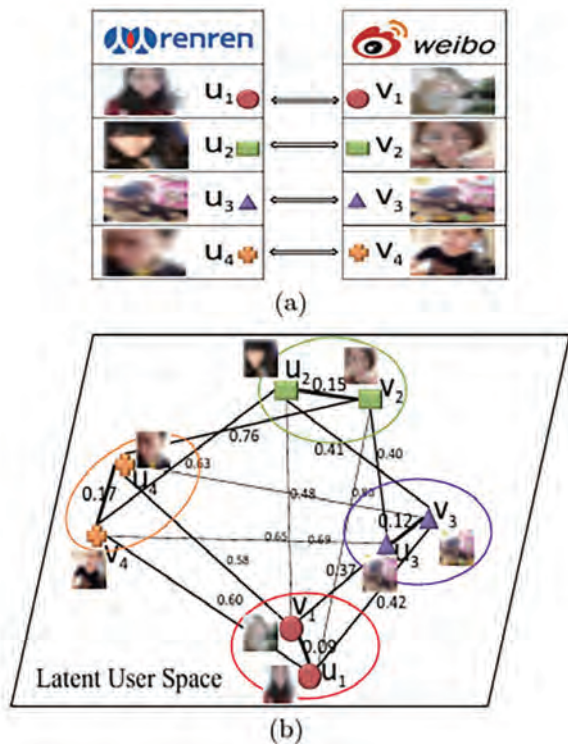
특히 해당 논문에서는 정렬 일관성 (alignment consistency)이라는 개념 또한 도입하였는데, 〈그림 4〉와 같이 정렬된 노드 쌍 (a, x) 그리고 (b, y) 가 존재할 때, 노드 쌍의 정량적으로 측도된 유사도 값인 $S(a, x)$ 와 $S(b, y)$ 의 값은 유사해야 한다는 원칙이다. FINAL에서는 해당 유사도 값을 최적화 문제를 통해 해결함으로써 최적의 유사도 행렬을 구하게 되는데, 이때 최적화 문제의 목적 함수에 네트워크의 구조 정보의 일관성 뿐만 아니라 노드 속성 정보, 그리고 심지어 네트워크의 엣지 속성 정보까지 반영하여 네트워크를 정렬했다. 행렬 최적화 문제에 다양한 근사화 (approximation)와 이론적 기반을 제공하여 해당 논문은 높은 정확도를 제공할 뿐만 아니라 아주 빠른 연산 속도 또한 제공하게 되어, 현실 세계 네트워크 쌍에서의 실용적인 네트워크 정렬 방법론을 제안했다는데 그 의미가 있다. FINAL은 해당 논문에서 네트워크를 인위적으로 복제 및 수정하는 방식을 통해 합성 (synthetic) 네트워크 쌍을 생성하고, 노드 개수가 30,000개 이상을 갖는 네트워크 쌍에서도 여전히 해당 방법론의 시간 복잡도가 2차보다 적음을 실험적으로 뒷받침하였다.

다음으로 ULink ^[6]는 동일 데이터 과학 학회인 KDD에서 발표된 방법론으로, 〈그림 5〉에서와 같이 잠재 사용자 공간 (latent user space)이라는 개념을 도입하여 네트워크에서 각각의 사용자들을 매핑해주는 최적의 프로젝트션 (projection) 함수를 찾아내는 방식으로 방법론이 설계됐다.

특히, 해당 방법론은 잠재 사용자 공간을 통해 같은 사



〈그림 4〉 정렬 일관성에 관한 예제 ^[5]

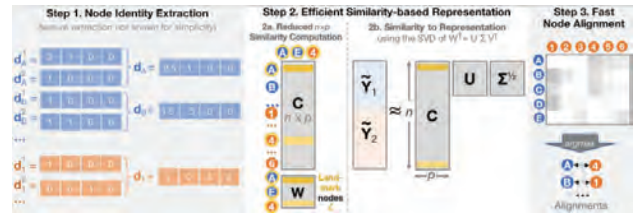


〈그림 5〉 ULink 네트워크 정렬 방법론의 구조 [6]

용자 ID를 공유하는 네트워크 간 노드들의 관계성을 수월하게 모델링하였다고 주장한다. 구체적으로, ULink는 먼저 프로젝션 함수 (행렬)를 초기화하고, 해당 함수를 수치해석적 접근을 통해서 최적화함으로써 최적의 매핑 함수를 찾아냈다. 이 때 최적의 프로젝션 함수를 찾아내는 과정에서 ULink 또한 네트워크의 노드 속성 정보를 적극 활용함으로써, 더욱 표현력이 높은 임베딩을 통해 다른 플랫폼에 존재하는 사용자 ID를 더 효과적으로 찾아낼 수 있게 되었다. 해당 방법론은 Weibo, Renren, 36.cn, Zhaopin 등 다양한 노드 속성 정보를 갖는 네트워크 쌍 데이터셋에서 성능을 평가하여 우수성을 입증하였다.

REGAL [7]은 2018년도에 데이터 과학 학회인 CIKM에서 발표된 논문으로, 네트워크의 구조적/속성 정보의 일관성을 기반으로 부분적으로 계산된 유사도 행렬을 low-rank implicit approximation을 통해서 행렬 분해하는 방법론이다.

구체적으로, REGAL은 〈그림 6〉에서와 같이 크게 세 단계로 나누어 생각해볼 수 있다. 먼저, 첫 번째 단계에서는 각 노드의 1-홉 (hop), 2-홉 노드 degree를 기반으



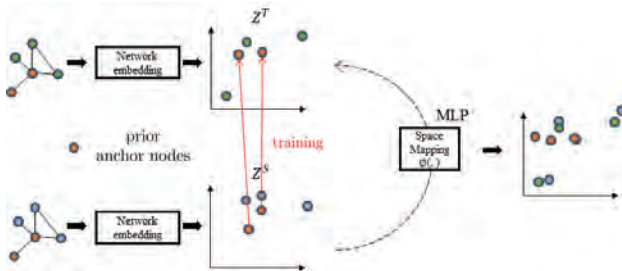
〈그림 6〉 REGAL 네트워크 정렬 방법론의 구조 [7]

로 각 노드의 속성 정보를 생성한다. 다음으로, 해당 네트워크 구조 정보 기반 속성과 원래 갖고 있던 속성 정보의 벡터 유사성을 기반으로 유사도를 계산하고, 행렬 분해를 활용하여 일부 계산된 유사도 행렬을 행렬 분해한다. 마지막으로, 행렬 분해를 통해 생성한 p 차원의 노드 표현 벡터를 활용하여, 이 유사도를 기반으로 네트워크 정렬을 수행한다. REGAL은 이러한 방식을 통해 arXiv, PPI 등을 복제 및 변형하여 만든 네트워크 쌍 데이터셋을 사용하여 앞서 소개한 방법론들 보다 우수한 성능을 보여주었다. 하지만 이러한 실험 환경은 실제 세계에서 서로 다른 네트워크 쌍 데이터셋이 아니라는 점에서 다소 실용성이 부족하다는 단점이 있다.

3. 네트워크 임베딩 기반 네트워크 정렬 기술

최근 머신 러닝 및 딥 러닝에 대한 활발한 연구 및 발전과 함께, 네트워크 노드를 다중 레이어 신경망 (MLP: multilayer perceptron)과 같은 다양한 차원 축소 모델을 통해 효과적으로 임베딩 공간에 매핑하는 방법론에 대한 연구가 주류를 이루고 있다. 구체적으로, 네트워크 임베딩 (network embedding)이란 네트워크에 존재하는 각각의 노드를 그 구조적/속성 정보를 효과적으로 반영하며 임베딩 공간에 매핑하는 방법론을 뜻한다. 이러한 네트워크 임베딩 방법론은 차원 축소를 통한 그 계산의 효율성과 높은 표현력 덕분에 네트워크 정렬 분야에서도 각광 받고 있다.

PALE [8]은 2016년도 인공지능 학회인 IJCAI에서 발표된 방법론으로, 〈그림 7〉에서 보인바와 같이 네트워크 구조 정보만을 이용한 네트워크 임베딩 방법론 및 MLP를 활용하였다. PALE은 딥러닝을 사용한 초기 네트워크 정렬 방법론으로써 많은 관심을 받았다.

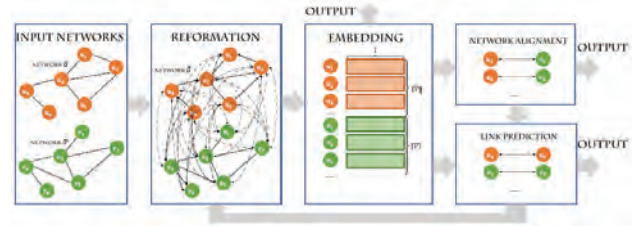


〈그림 7〉 PALE 네트워크 정렬 방법론의 구조

PALE은 먼저 네트워크 구조의 1차, 그리고 2차 근접 (proximity)을 반영한 네트워크 임베딩 기법을 사용하여 각각의 네트워크를 임베딩 공간에 투영하고, MLP를 매핑 함수로 활용하여 한 임베딩 공간을 다른 임베딩 공간으로 매핑 (즉, space mapping 수행)하였다. 특히, PALE은 지도학습 기반 네트워크 정렬 방법이다. 즉, PALE은 사전 앵커 링크를 지도 학습용 데이터로 활용하여, space mapping 함수인 MLP를 학습한다. 그러나 실제 세계에서 그러한 지도 학습 데이터는 취득하기 어렵거나 아주 적은 비율로만 존재하기 때문에, 적은 지도 학습 데이터로 높은 성능을 기대하기 어렵다는 단점이 있다. 또한, 각각의 네트워크 임베딩을 수행하고 별개로 MLP를 학습해야 하는 단계적 방식은 계산에 다소 비효율적이라는 단점이 있다.

CENALP^[9]는 2019년도에 인공지능 학회인 IJCAI에 발표된 논문으로, 네트워크에서 수행되는 대표적인 문제인 링크 예측과 네트워크 정렬을 동시에 수행하며 시너지 효과를 낼 수 있음을 보였다.

〈그림 8〉과 같이, CENALP는 먼저 두 개의 네트워크를 연결하는 cross-link를 노드의 N -hop 이웃 개수의 유사성을 기반으로 생성해내고, 해당 그래프 위에서 random walk 기반의 네트워크 임베딩을 적용하여 각 노드의 표현 (representation) 벡터를 얻어낸다. 그 다음, 해당 표현 벡터를 기반으로 링크 예측을 수행하여 intra-network의 링크를 예측하고, 예측된 링크에 기반하여 증가된 네트워크 구조 유사성에 기반하여 네트워크 정렬 정확도를 높였다. 특히 해당 방법론은 기존의 방법론 대비 Facebook-Twitter 등 현실 세계 네트워크 쌍 데이터셋에서 높은 성능을 보여주었다. 하지만 해당 방법론은 반

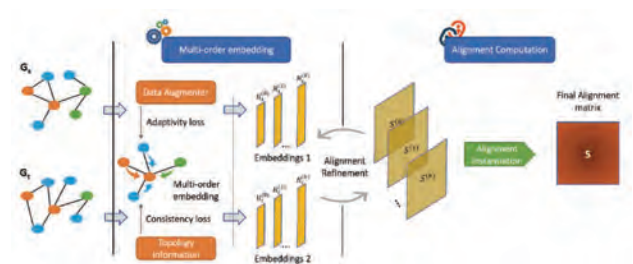


〈그림 8〉 CENALP 네트워크 정렬 방법론의 구조

복적으로 네트워크 임베딩, 링크 예측, 그리고 네트워크 정렬을 수행하는 알고리즘의 특성 때문에 굉장히 높은 수준의 계산량을 요구하고, 따라서 매우 높은 시간 복잡도를 갖는다는 단점이 있다.

최근, 네트워크 구조에서 고차원 연결성을 반영하여 효과적인 네트워크 학습이 가능한 신경망 구조인 그래프 신경망 (GNN: graph neural network)이 다양한 그래프 학습 응용 문제 해결 시 두각을 나타냈다. 따라서 네트워크 정렬 방법론에서도 그래프 신경망을 활용하려는 연구가 최근 각광받고 있다. GAlign^[10]은 2020년 대표적인 데이터 과학 학회인 ICDE에서 소개되었는데, 그래프 신경망을 활용한 초기 네트워크 정렬 방법론 중 하나이다. 특히, 〈그림 9〉에서와 같이 GAlign은 네트워크의 구조 정보 뿐만 아니라 속성 정보를 복합적으로 반영하여 노드의 임베딩을 생성할 수 있는 그래프 합성곱 신경망 (GCN: graph convolution network)을 활용하여 높은 정렬 성능을 나타냈다.

GAlign은 GCN에서 파라미터를 공유 (weight-sharing)하여 각각의 네트워크를 인코딩하면 노드 표현 벡터의 일관성이 유지됨을 이론적으로 증명하였다. 즉, 파라미터 공유를 사용하면 로컬한 노드 구조/속성 정보가 비슷한 노드는 다른 네트워크에 속해 있더라도 비슷한

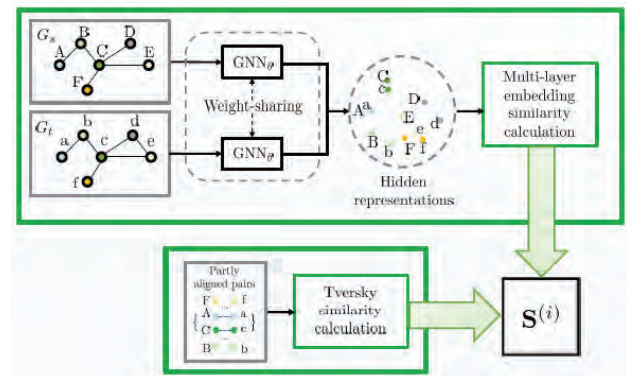


〈그림 9〉 GAlign 네트워크 정렬 방법론의 구조^[10]

표현 벡터를 갖는다는 것이다. 한 편, GCN의 1번 째 층(layer)은 네트워크 구조에서 타겟 노드를 기준으로 1-홉까지의 정보를 취합하는 특성을 갖고 있는데, GAlign은 다차원(multi-order) 임베딩 유사도라는 개념을 도입하여 노드의 로컬 구조 및 글로벌 구조를 복합적으로 고려하여 노드 쌍의 유사도를 계산하는 방식을 통해 크게 성능을 높였다.

다음으로, Grad-Align^[11]은 2022년 대표적인 인공지능 학회 AAAI에서 소개되었는데, 점진적으로 네트워크 정렬을 수행함으로써 정렬 정확도를 크게 개선할 수 있음을 보였다.

GCN의 파라미터 공유가 일관성의 원칙을 만족시킨다는 GAlign의 이론적 증명을 확장하여 일반적인 그래프 신경망에서 파라미터 공유 방식이 네트워크 정렬에서 일관성의 원칙을 만족시킨다는 것을 증명했다. 뿐만 아니라, Grad-Align은 네트워크의 가능한 노드 쌍을 계산된 유사도 행렬에 기반하여 한 번에 모두 정렬하던 기존의 방법론들과 다르게, <그림 10>에서 보인 바와 같이 네트워크 노드 쌍을 일부 정렬한 후, 부분적으로 정렬된 정보를 적극 활용하여 다음 일부 노드 쌍을 반복적으로 정렬해나가는 점진적 네트워크 정렬이라는 새로운 정렬 패러다임을 제시하였다. 구체적으로, 네트워크가 일부 정렬됐을 때 네트워크 간 공통 이웃이라는 개념인 ‘aligned cross-network neighbor (ACN)’라는 개념을 정의하여, ACN의 개수를 정량적으로 측정할 때 두 개의 정렬하려는 네트워크의 노드 개수가 다르다는 현실적인 특징을 반영하여 비대칭 집합 유사도인 Tversky Index^[12]를 통해 ACN에 관한 유사도를 효과적으로 반영하여 계산했다. 이러한 방식은 네트워크 정렬이라는 특수한 환경에서 활용할 수 있는 정보를 적극적으로 활용했다는 점에서 그 의미가 크며, Facebook-Twitter, Douban Online-Offline, Allmovie-IMDB 등 여러 가지 현실 세계에 존재하는 네트워크 쌍 데이터셋에서 일관적으로 타 방법론들에 비해 월등한 성능을 나타냈다. 하지만 이러한 방법론은 초기 ACN에 관한 집합 유사도 계산에 사전 앵커 링크의 영향력이 크거나 노드 속성 정보를 입력으로 필요로 하는 그래프 신경망의 특성 때문에, 사전 앵커 링크나 노

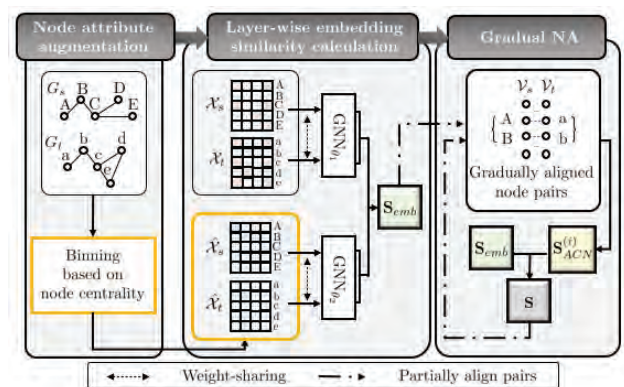


<그림 10> Grad-Align 네트워크 정렬 방법론의 구조

드 속성 정보가 없는 경우에 그 성능이 다소 취약하다는 단점이 있다.

Grad-Align의 후속 연구로서, Grad-Align+^[13]는 2022년도에 데이터 과학 학회인 CIKM에 소개되었는데, 기존 Grad-Align의 장점인 ACN 정보를 적극 활용하는 구조를 적용하면서, 기존 Grad-Align의 단점이었던 사전 앵커 링크나 노드 속성 정보에 대한 의존성을 노드 속성 증강(node attribute augmentation)이라는 방법론을 통해 해결하였다(그림 11 참고).

먼저, Grad-Align+는 노드 당 해당 네트워크의 영향력을 정량적으로 계산하는 중심성(centrality) 값을 고정된 길이의 벡터로 인코딩하여, 해당 노드 속성을 증강하였다. 다음 과정으로, 이렇게 증강된 노드 속성은 기존 속성 정보와는 이질적인 특성을 가지므로, 개별 그래프 신경망을 사용하여 표현 벡터를 추출하고, 두 벡터를 복합적으로 고려하여 표현 벡터 간의 유사도를 일차적으로 계산한다. 마지막 과정으로, Grad-Align과 마찬가지로



<그림 11> Grad-Align+ 네트워크 정렬 방법론의 구조^[13]

ACN의 개수를 정량적으로 측도하는 방식으로 또 다른 유사도 행렬을 계산했는데, 그 과정에서 Grad-Align과는 다르게 집합 유사도를 활용하지 않고, ACN 개수만을 활용하여 유사도를 계산하는 방식으로 ACN 수의 네트워크 정렬 결과에의 영향력을 키웠다. 결과적으로, 노드 속성 증강 방식을 통해 그러한 정보가 없는 환경에서도 Grad-Align+는 높은 정렬 정확도를 낼 수 있었고, 이러한 중심성 인코딩 방식은 그래프 신경망 방법에 무관하게 적용할 수 있기 때문에, 일반화 측면에서 유리하다고 판단한다. 하지만 Grad-Align 및 Grad-Align+와 같은 방법론은 점진적으로 네트워크를 정렬해나가는 그 특성 때문에 계산 시간 소요가 상대적으로 많은 편이다. 따라서, ACN 계산 등의 과정을 행렬곱으로 모델링하는 등의 방식을 통해 계산 시간을 단축하는 것은 또 다른 연구 과제 중 하나이다.

V. 전망과 결론

최근 데이터 통합 시장의 성장에 따라 다수의 네트워크에서의 데이터 분석 및 해석의 중요성은 나날이 커져가고 있다. 이러한 다수의 네트워크에서 다양한 기계학습 응용 문제를 해결하는데 초석이 되는 문제인 네트워크 정렬 기술 또한, 나날이 그 중요성이 더해질 것이라 예상된다. 그러나 NP-hard 문제인 네트워크 정렬 기술은 그 정확성과 확장성에 있어서 여전히 실제적인 챌린지들을 안고 있다.

한 편, 최근 딥러닝 기술에 대한 급증하는 관심 및 발전과 함께, 이러한 딥러닝 기술을 네트워크 정렬에 적용하여 정확성과 확장성을 올리는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 노드와 이를 연결하는 엣지로 연결된 그래프 (혹은 네트워크) 구조에서 표현 학습에 높은 효능을 보이는 그래프 신경망을 활용한 네트워크 정렬 방법론에 대한 연구가 최신 네트워크 정렬 연구의 주류 경향이다.

뿐만 아니라, 네트워크 정렬이라는 특수한 환경에서 활용할 수 있는 정보를 적극적으로 활용하여 더더욱 네트워크 정렬 정확도를 높이는 연구 또한 중요해지고 있다. 예

를 들면, Grad-Align처럼 네트워크를 일부 정렬했을 때, 해당 정렬 정보를 다음 정렬에 적극적으로 활용하여 정렬 정확도를 높이는 연구가 최근 소개되었고, Grad-Align+에서와 같이 노드의 중심성을 활용한 노드 속성 증강 방식을 통해 네트워크 정렬에서 실용적인 문제인 사전 앵커 링크나 노드 속성 정보와 같은 추가 정보에 대한 의존성을 낮추는 연구 또한 활발히 진행되고 있다.

앞서 언급했듯이 네트워크 정렬은 그 정확도와 확장성에 있어서 도전 과제를 안고 있음에도 불구하고, 최근 급성장하는 딥러닝 기술의 발전과 급성장하는 데이터 통합 시장의 성장과 함께, 대용량 데이터를 활용한 실제 산업에서의 네트워크 정렬 기술 고도화 또한 활발히 이루어질 것으로 기대할 수 있다.

Acknowledgement

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1A2C3004345, No. RS-2023-00220762).

참고 문헌

- [1] R. Singh, J. Xu, and B. Berger, "Global alignment of multiple protein interaction networks with application to functional orthology detection," *Nat. Acad. Sci.*, vol. 105, no. 35, pp. 12 763–12 768, 2008.
- [2] S. Brin and L. Page, "The anatomy of a large-scale hypertextual Web search engine," *Comput. Netw. ISDN Syst.*, vol. 30, no. 1, pp. 107–117, 1998.
- [3] D. Koutra, H. Tong, and D. Lubensky, "BIG-ALIGN: Fast bipartite graph alignment," in *Proc. IEEE 13th Int. Conf. Data Mining, (ICDM'13)*, Dallas, TX, Dec. 2013, pp. 389–398.
- [4] J. Zhang and S. Y. Philip, "Integrated anchor and social link predictions across social networks," in *Proc. 24th Int. Joint Conf. Artif. Intell. (IJCAI'15)*, Buenos Aires, Argentina, Jul. 2015, pp. 2125–2131.
- [5] S. Zhang and H. Tong, "FINAL: Fast attributed network alignment," in *Proc. 22nd ACM SIGKDD Int. Conf. Knowledge Discovery & Data Mining (KDD'16)*, San Francisco, CA, Aug.

2016, pp. 1345 – 1354.

- [6] . Mu, F. Zhu, E.-P. Lim, J. Xiao, J. Wang, and Z.-H. Zhou, “User identity linkage by latent user space modelling,” in Proc. 22th ACM SIGKDD Int. Conf. Knowledge Discovery & Data Mining (KDD’16), San Francisco, CA, Aug. 2016, pp. 1775 – 1784.
- [7] M. Heimann, H. Shen, T. Safavi, and D. Koutra, “REGAL: Representation learning-based graph alignment,” in Proc. 27th ACM Int. Conf. Inf. Knowl. Manage (CIKM’18), Turin, Italy, Oct. 2018, pp. 117–126.
- [8] T. Man, H. Shen, S. Liu, X. Jin, and X. Cheng, “Predict anchor links across social networks via an embedding approach,” in Proc. 25th Int. Joint Conf. Artif. Intell. (IJCAI’16), vol. 16, New York City, NY, Jul. 2016, pp. 1823 – 1829.
- [9] X. Du, J. Yan, and H. Zha, “Joint link prediction and network alignment via cross-graph embedding,” in Proc. 28th Int. Joint Conf. Artif. Intell. (IJCAI’19), Macao, China, Aug. 2019, pp. 2251 – 2257.
- [10] H. T. Trung, T. Van Vinh, N. T. Tam, H. Yin, M. Weidlich, and N. Q. V. Hung, “Adaptive network alignment with unsupervised and multi-order convolutional networks,” in Proc. 36th Int. Conf. Data Eng. (ICDE’20), Dallas, TX, Apr. 2020, pp. 85 – 96.
- [11] J.-D. Park, C. Tran, W.-Y. Shin, and X. Cao, “Grad-Align: Gradual network alignment via graph neural networks (Student Abstract),” in Proc. 36th AAAI Conf. on Artif. Intell. (AAAI’22), Virtual Event, Feb. 2022.
- [12] Tversky, A. 1977. Features of similarity. Psychological review, 84(4): 327.
- [13] J.-D. Park, C. Tran, W.-Y. Shin, and X. Cao, “Grad-Align+: Empowering gradual network alignment using attribute augmentation,” in Proc. 31st Int. Conf. Inf. Knowl. Manage (CIKM’22), Virtual Event, Oct. 2022, pp. 4374–4378.



박진덕

- 2012년 3월 ~ 2018년 7월 연세대학교 기계공학과 학사
- 2017년 12월 ~ 2018년 2월 LG전자 생산기술연구원 인턴
- 2018년 7월 ~ 2019년 7월 LG전자 생산기술연구원 연구원
- 2020년 2월 ~ 현재 연세대학교 수학교산학부 (계산과학공학) 석박사통합과정
- 2023년 1월 ~ 2023년 2월 호주 UNSW 방문 연구원

〈관심 분야〉

기계학습, 딥러닝, 그래프 학습, 그래프 마이닝, 추천 시스템



신원용

- 2002년 2월 연세대학교 기계전자공학부 학사
- 2004년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 석사
- 2008년 8월 한국과학기술원 전자전산학과 박사
- 2009년 5월 ~ 2011년 10월 Harvard University Postdoctoral Fellow
- 2011년 10월 ~ 2012년 2월 Harvard University Research Associate
- 2012년 3월 ~ 2019년 2월 단국대학교 컴퓨터학과 조교수/부교수
- 2015년 1월 ~ 2017년 6월 단국대학교 모바일시스템공학과 학과장
- 2017년 6월 ~ 2019년 1월 단국대학교 소프트웨어 글로벌협력센터 센터장
- 2019년 2월 ~ 현재 연세대학교 수학교산학부 (계산과학공학) 부교수/교수
- 2021년 6월 ~ 현재 (주)카이로스랩 공동창업자
- 2022년 9월 ~ 현재 포항공과대학교 인공지능대학원 겸직교수

〈관심 분야〉

데이터마이닝, 기계학습, 모바일컴퓨팅, 무선네트워크

테더드 UAV 기반 6G 네트워크를 위한 강화학습 기술

I. 서론

UAV (Unmanned Aerial Vehicle)는 공공, 민간 및 군사 분야에서 다양한 신흥 산업과 군사적 애플리케이션들을 위한 지상-공중 융합 네트워크 핵심 요소로 활용되고 있다^{[1]-[4]}. UAV는 높은 이동성과 자원 활용의 유연성을 제공하고, 높은 고도에서부터 지상으로의 통신 연결성 제공이 가능하므로 지상 통신 네트워크에 의존하고 있는 기존 정보통신 기술 (Information and Communication Technology, ICT) 분야에 큰 패러다임 전환을 가져오고 있다^[5]. 구체적으로, UAV의 3차원 이동성은 가시거리 (Line of Sight, LoS) 통신 링크 사용 비율을 더 높일 수 있기 때문에 기존보다 더 나은 통신 연결성의 제공이 가능하다. 이에 따라 UAV 통신 기술은 6세대 이동통신 (6G)의 핵심 요구사항 중 하나인 3차원 연결성 제공에 필요한 핵심구성요소로 고려되고 있다^{[3]-[7]}. 구체적으로, UAV는 공중 기지국 또는 공중 릴레이 및 공중 단말의 역할을 통해 3차원 연결성을 크게 개선하고 높은 데이터 속도 제공, 낮은 지연 보장 및 대기 시간 절감을 필요로 하는 6G의 핵심 기술로 활발한 연구가 진행되고 있다.

그럼에도 불구하고, 공중 기지국으로의 UAV 활용은 2가지 대표적인 한계점을 갖는다. 첫째, UAV의 제한된 배터리 용량은 안정적인 지속적 서비스를 제공해야 하는 공중 기지국의 짧은 수명이라는 치명적인 문제를 야기한다. UAV의 에너지 소모는 비행 및 호버링에 사용되는 추진에너지와 사용자에게 서비스를 제공하는데 사용되는 통신에너지로 구분될 수 있다^[8]. UAV의 동작 시간 증대를 위해 에너지 효율적 통신 분야에 대한 많은 연구가 진행되고 있지만 기본적으로 추진에너지가 통신에너지보다 훨씬 더 많은 에너지 소모량을 차지하기 때문에 에너지 효율적인 통신만으로는 UAV의 동작 시간을 충분히 보장하는 데에 여



이 예 린
한경국립대학교



유 희 정
고려대학교



이 호 원
한경국립대학교

전히 한계를 가지게 된다. 대부분의 상용화된 UAV의 비행시간은 1시간 미만이므로, UAV는 일정 주기마다 충전소로 복귀하여 배터리 충전 또는 교체 과정을 거쳐야 하며, 이에 따라 해당 기간에는 사용자에게 서비스를 제공할 수 없다. 둘째, UAV 기지국으로 언제나 안정적인 무선 백홀 링크의 제공이 필요하다. UAV는 기존 지상 네트워크와 같은 광섬유 케이블 기반의 유선 백홀 링크 제공이 쉽지 않기 때문에 무선 백홀 링크를 통한 연결성의 제공을 고려해야 한다. 이는 지상 네트워크에 추가적인 높은 간섭을 야기하게 되고, 공중-지상 액세스 링크의 성능 향상을 위해서는 언제나 추가적으로 지상-공중 백홀 링크의 성능도 함께 고려되어야 한다. 이는 네트워크 운영의 복잡도를 증가시키는 동시에 링크의 증가로 인해 효율적 간섭 관리의 필요성도 야기하게 된다.

최근, 건물의 루프탑 또는 이동체와의 유선(테더) 연결을 통하여 전력과 데이터를 동시에 공급받을 수 있는 테더드 UAV가 제안되었으며, 이는 기존의 UAV를 대체할 수 있는 현실적 대안으로 이와 관련된 많은 연구가 진행되고 있다 [8]~[11]. 테더드 UAV는 탑재 배터리에 의존하는 기존 UAV와 달리 테더를 통한 끊임없는 에너지 공급으로 장시간 비행이 가능하여 지속성과 신뢰성 보장이 필요한 공중 기지국으로서의 활용에 매우 적합하다. 테더드 UAV의 주요 단점들 중 하나는 제한된 테더 길이로 인한 이동성의 제한이다. 이에 따라, 테더의 길이로 제한되는 비행 영역에서 낮은 경로 손실로 서비스 제공 커버리지를 최대화하기 위해, 최적의 통신 위치를 찾는 것은 테더드

〈표 1〉 도시 환경에 따른 A2G 채널 모델 파라미터 [15]

Scenario	a	b	ξ_{LoS}	ξ_{NLoS}
Suburban	0.76	0.06	0.1	21
Urban	0.6	0.11	1.0	20
Dense Urban	0.36	0.21	1.6	23
Highrise Urban	0.05	0.61	2.3	34

UAV 기반 6G 네트워크에서 가장 중요한 문제들 중 하나로 고려된다. 테더드 UAV 지원 6G 네트워크는 단말의 이동성에 따른 동적 특성으로 인해 기존의 최적화 프레임워크로는 해결하기 어려운 부분이 존재한다. 따라서 환경에 대한 사전 정보 없이 학습을 수행할 수 있는 강화학습이 좋은 대안이 될 수 있다. 강화학습은 보상을 최대화하기 위한 방향으로 환경에 대한 최선의 행동을 선택한다. 이러한 특성으로 인해, UAV의 위치/전력 최적 제어와 같은 문제들을 해결하기 위한 강화학습 적용 연구가 최근 매우 활발히 이루어지고 있다 [1], [10].

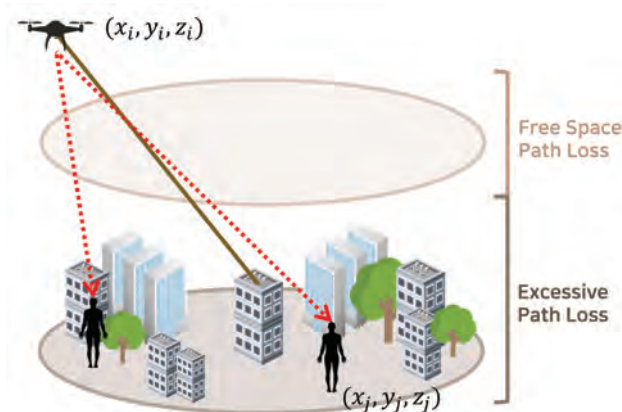
이에 본 논문에서는 테더드 UAV 기반 6G 네트워크 소개와 함께 테더드 UAV를 위한 강화학습 기술에 대해 살펴해보도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 테더드 UAV 기반 네트워크와 공중-지상 채널 모델에 관하여 설명한다. 3장과 4장에서는 테더드 UAV 기반 6G 네트워크를 위한 강화학습 기술들에 대해 살펴보고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 테더드 UAV 기반 6G 네트워크 개요

1. 테더드 UAV 기반 공중-지상 네트워크

테더드 UAV 기반 6G 네트워크는 테더드 UAV, 전력 공급이 가능한 지상 플랫폼, 지상과의 연결성 제공을 위한 테더, 그리고 지상 사용자로 구성된다. 여기서 지상 플랫폼으로는 전력 공급이 가능한 기존의 건물 루프탑이나 지상 이동체가 활용될 수 있다. 지상 플랫폼은 UAV에게 에너지 제공 역할 이외에도 테더의 장력을 팽팽하게 유지하는 역할, UAV가 서비스 제공의 목적에 맞게 움직일 수 있도록 테더의 길이를 증가/축소/유지시키는 역



〈그림 1〉 테더드 UAV 기반 A2G 네트워크 시스템 모델



할을 수행한다. 또한, 테더는 지상국을 통하여 UAV에게 지속적인 에너지 제공과 유선 연결을 통한 안정적인 백홀 링크를 제공하는 역할을 수행한다. 테더드 UAV는 테더의 길이에 따라 구성되는 반구 모양의 특정 범위 내에서만 이동이 가능하며 해당 영역을 호버링 영역으로 정의할 수 있다. 추가적으로, 테더드 UAV가 건물이 밀집한 영역에 배치된다면 호버링 영역은 주변 건물의 영향으로 인해 추가적인 영역 제한을 가지게 된다. 따라서, 테더드 UAV 기반 6G 네트워크에서는 호버링 영역 내에서 테더드 UAV가 사용자에게 서비스 제공을 극대화 할 수 있도록 최적 위치 및 최적 전송 전력을 찾는 것이 매우 중요한 문제 중 하나이다.

테더드 UAV는 고정형 지상 기지국 또는 배터리 탑재 UAV와 비교하여 여러 이점을 가지고 있다. 첫째, 테더드 UAV는 고정형 기지국에 비해 자유로운 이동성과 배치 용이성으로 인해 극심한 트래픽이 발생하는 자연 재해 구역 또는 콘서트, 스포츠 경기와 같은 대규모 이벤트 상황에서 끊임없는 무선 연결성을 제공하기 위해 임의로 배치될 수 있다. 일례로, 푸에르토리코에서는 테더드 UAV를 활용하여 허리케인 이후 복구된 지역에 통신 서비스를 제공한 사례가 있다. 고정형 지상 기지국은 위치 이동이 거의 불가능한 동시에 상대적으로 높은 설치 비용이 발생하지만, 테더드 UAV는 이에 비해 배치 및 이동의 용이성과 매우 낮은 설치 비용으로 필요로 한다는 장점이 있다. 또한, 기지국 배치가 어렵거나 지상 플랫폼으로 활용 가능한 건물이 없는 농어촌 지역에서는 움직이는 이동체와의 연결을 통하여 이를 해결할 수 있으며 이는 커버리지 영역 확대 효과로 이어질 수 있게 된다. 둘째, 배터리 탑재 UAV는 제한된 배터리 용량으로 인해 지속적인 서비스 제공이 필수적인 공중 기지국으로 사용될 경우 신뢰성과 성능 저하 문제를 겪는다. 셋째, 테더드 UAV는 배터리 탑재 UAV에 비하여 더 많은 양의 페이로드 지원이 가능하다. 이는 더 많은 수의 안테나 설치를 가능하게 하여 더 나은 서비스 용량 및 간섭 관리 기능을 갖는 시스템으로의 발전이 가능하다. 넷째, 무선 백홀링에서 발생하는 배터리 탑재 UAV의 문제점을 해결할 수 있다. 테더드 UAV는 테더 기반의 유선 링크 연결을 통해 무선 백홀 링크에 비

하여 더 높은 데이터 속도 지원이 가능하며, 이를 통한 간섭 관리용 제어 정보 교환이 가능하다.

2. 공중-지상 무선 채널 모델

UAV 통신 채널 모델은 지상 통신 채널과 달리 UAV가 높은 고도에서 동작함으로 인해 LoS 링크 발생 확률이 높으며, 3차원 공간 이동성으로 인해 채널이 더욱 동적으로 변하는 특징을 가지고 있다. 즉, 일반적인 지상 통신에서 사용되는 채널 모델과는 매우 다른 특성을 갖는다. UAV 채널 모델은 A2A (air-to-air)와 A2G (air-to-ground)로 구분된다. A2A는 공중과 공중 단말 간 통신 환경에서 사용되는 채널 모델을 의미하며, A2G는 공중과 지상 단말 간의 통신 환경에서 사용되는 채널 모델을 의미한다. A2A 채널 모델에서는 전파 장애물이 거의 존재하지 않아 LoS 링크가 지배적이기 때문에, 일반적으로 자유 공간 채널 모델이 주로 사용된다^[12]. 또한, A2G 채널 모델은 UAV와 지상 단말 간 통신 시 주변 고층 건물 같은 환경의 영향으로 인한 다중경로의 발생으로 인해 자유 공간 채널 모델의 사용은 적합하지 않으며, 보다 정교한 모델링을 필요로 한다.

A2G 채널 모델은 환경의 특성에 따라 LoS 링크의 발생 빈도가 매우 다르게 나타난다. 따라서 많은 연구에서 환경 특성을 고려한 확률 기반 A2G 채널 모델을 적용하고 있다. 고도각 기반 확률적 채널 모델링 방식에서는 LoS와 NLoS (non-LoS)가 발생하는 확률을 수학적으로 계산하고 각각에 대한 경로 손실을 계산한다. 여기서, 송신기 i 와 수신기 j 사이의 LoS 확률 ($P_{i,j}^{LoS}$)과 NLoS 확률 ($P_{i,j}^{NLoS}$)은 다음과 같이 계산될 수 있다^{[13], [14]}.

$$P_{i,j}^{LoS} = a(\tan^{-1}(\frac{z_i}{\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}) - 15)^b, \quad (1)$$

$$P_{i,j}^{NLoS} = 1 - P_{i,j}^{LoS}. \quad (2)$$

여기서, a 와 b 는 <표 1>에 정의되어있는 International Telecommunication Union-Radio Communication Sector(ITU-R)에서 정의한 4가지 도시 배치 모델의 환경 매개변수를 나타낸다. ξ_{LoS} 와 ξ_{NLoS} 는 <그림 1>과 같이 각각 LoS와 NLoS 연결에 대한 전파 손실을 의미한다. 일반적으로 NLoS에서는 LoS 보다 더 큰 전파 손실이 발

생하기 때문에 ξ_{NLoS} 가 상대적으로 더 큰 값을 가진다. 결론적으로, (1)과 (2) 수식을 통하여 평균 경로 손실 ($\eta_{i,j}^{avg}$)은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\eta_{i,j}^{avg} = P_{i,j}^{LoS} \eta_{i,j}^{LoS} + P_{i,j}^{NLoS} \eta_{i,j}^{NLoS}. \quad (3)$$

여기서, $\eta_{i,j}^{LoS} = 20 \log_{10} d_{i,j} + \xi^{LoS}$ 와

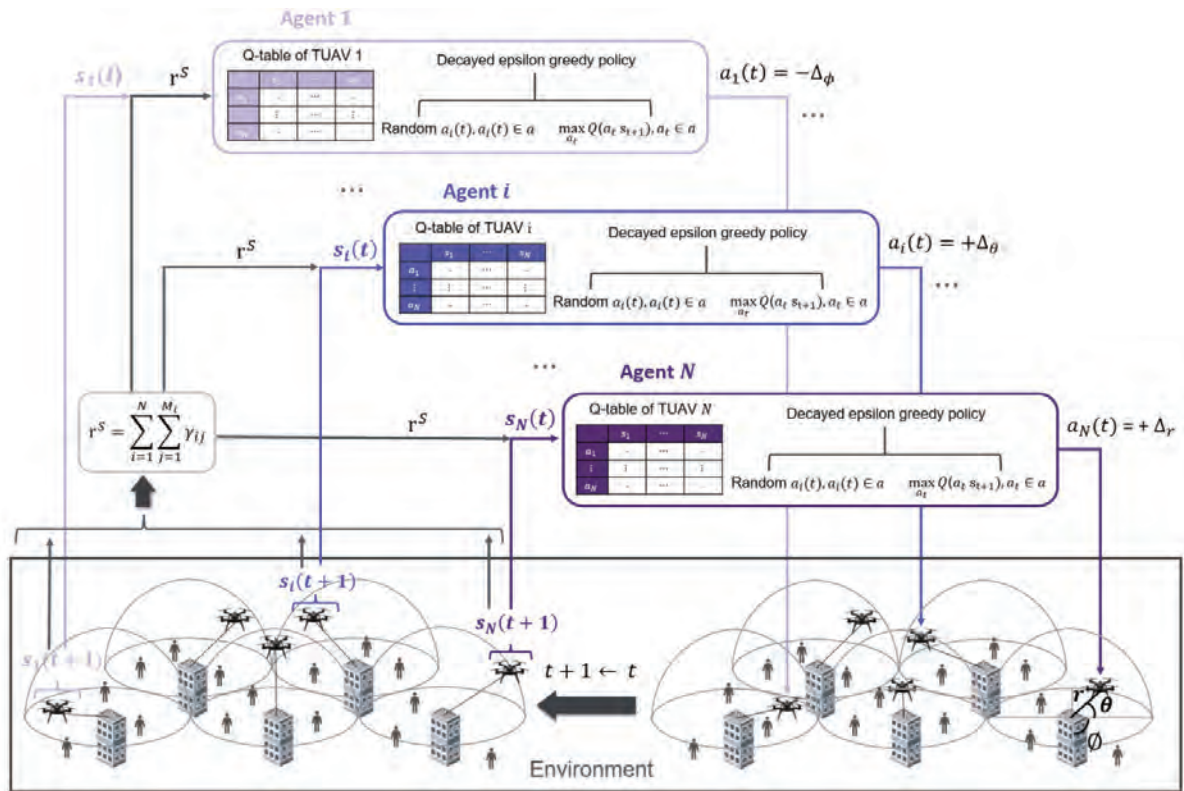
는 $\eta_{i,j}^{NLoS} = 20 \log_{10} d_{i,j} + \xi^{NLoS}$ 각각 LoS 링크와 NLoS 링크에 대한 경로 손실을 의미한다. 또한, $d_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2}$ 는 테더드 UAV와 지상 단말 사이의 유클리드 거리이다.

III. 다중 에이전트 큐러닝 기반 최적 테더드 UAV 위치 제어 기법

[10]에서는 공중 기지국 역할을 수행하는 테더드 UAV를 고려하여, 다중 테더드 UAV-BS 지원 공중-지상 네트워크에서 합 전송률 또는 개별 전송률을 극대화하기 위

한 다중 에이전트 큐러닝 기반 최적 테더드 UAV-BS 배치 전략을 제안하였다. 단일 테더드 UAV의 최적 위치 제어만을 고려한 기존 연구와는 다르게 [10]에서는 다중 테더드 UAV-BS 환경에서 테더드 UAV-BS 간의 상호 작용을 고려한 낮은 복잡도의 알고리즘을 제안하였다. 다중 테더드 UAV-BS 시스템은 단일 테더드 UAV-BS 시스템에 비하여 더 효율적이고 경제적인 시스템 운용이 가능하지만, UAV-BS 간의 지속적인 정보 교환으로 인해 발생하는 다양한 문제의 해결을 필요로 한다.

이에 [10]에서는 지상 사용자의 채널과 위치 분포가 주어졌을 때 테더드 UAV-BS의 위치를 최적으로 제어하여 네트워크 처리량을 최대화하는 최적화 문제를 해결하기 위해 해당 문제를 마르코프 결정 프로세스로 공식화하고 강화학습을 이용하여 이 문제를 해결하고자 하였다. 중앙집중형 강화학습 알고리즘은 다중 셀에 대한 모든 정보의 수집이 필수적이며, 테더드 UAV-BS 개수 증가에 따라 기하급수적으로 증가하는 알고리즘 계산 복잡성 문제가 발생한다. 이러한 중앙집중식 접근 방식의 한



〈그림 2〉 테더드 UAV 기반 6G 네트워크에서 합 전송률 최대화를 위한 다중 에이전트 분산 큐러닝 시스템 프레임워크 [10]

계를 극복하기 위해 [10]에서는 테더드 UAV-BS가 자신의 위치를 개별적으로 제어하는 분산 큐-러닝 기반의 테더드 UAV-BS 위치 제어 기법을 제안하였다. <그림 2>는 [10]에서 제안하는 다중 에이전트 분산 큐-러닝 알고리즘의 시스템 프레임워크이다. 제안하는 다중 에이전트 큐-러닝 프레임워크의 에이전트, 상태, 행동 및 보상은 다음과 같이 정의된다.

1) 에이전트: 본 연구에서는 테더드 UAV-BS가 에이전트로 간주된다. 에이전트는 환경을 통하여 자신의 상태를 관찰하여 행동하며 그에 상응하는 보상을 획득하고 다음 상태로 이동한다.

2) 상태: 구면 좌표계로 표현되는 테더드 UAV-BS의 3차원 위치 정보를 상태로 정의한다. (r_i, θ_i, ϕ_i) 는 각각 반경, 위도, 각도를 의미하는 테더드 UAV-BS i 의 현재 구면 좌표를 나타낸다. 정해진 최대 최소의 범위 내에서 다음과 같이 상태가 정의된다.

$$s_i(t) = (r_i(t), \theta_i(t), \phi(t)) \quad (4)$$

3) 행동: 각 에이전트는 구면 좌표계로 표현되는 상태 내에서 자신의 행동을 결정할 수 있다. [10]에서 행동은 와 정지를 포함한 7가지 옵션으로 정의된다.

$$a_i(t) \in \{\pm \Delta r, \pm \Delta \theta, \pm \Delta \phi, 0\} \quad (5)$$

여기서 $\Delta r, \Delta \theta, \Delta \phi$ 는 반경, 위도, 각도의 스텝 크기를 나타낸다.

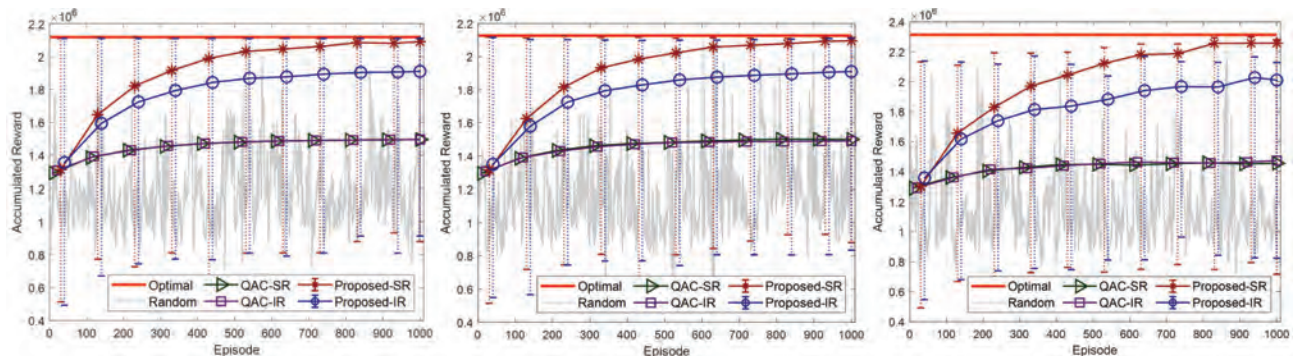
4) 보상: 에이전트의 협력 정도에 따른 성능을 검증하기 위해 보상은 합 전송률과 개별 전송률의 두 가지 형태로 구분된다. 보상으로 고려되는 합 전송률은 전체 네트워크 처리량을 최대화하기 위한 성능 메트릭이다.

큐-함수는 특정 상태에서 행동이 수행될 때 예상되는 보상을 내부적으로 추정하는 상태-행동 값 함수이다. 큐-러닝은 에이전트가 최상의 보상을 얻을 수 있도록 큐-함수를 적절하게 업데이트하는 방향으로 학습을 수행한다. 큐-함수는 다음과 같은 수식을 통해 업데이트된다.

$$Q(a_t, s_t, i) = (1 - \alpha)Q(a_t, s_t, i) + \alpha(r + \gamma \max_{a(t+1) \in A} (Q(a_{t+1}, s_{t+1}, i))) \quad (6)$$

여기서 $\alpha \in (0, 1]$ 는 학습율(learning rate)을 γ 는 할인율(discount factor)을 의미한다.

시뮬레이션 기반 성능 검증을 위해 테더드 UAV-BS 3개, 지상 사용자 30명 (기지국 당 10명의 사용자로 구성)으로 구성된 네트워크를 고려하였으며 5,000번의 반복을 포함하는 1,000번의 에피소드에 대해 시뮬레이션이 수행되었다. 합 전송률과 개별 전송률을 보상으로 가지는 각 제안방안은 ‘Proposed-SR’, ‘Proposed-IR’로 표기한다. 제안방안과의 성능 비교를 위한 벤치마크 알고리즘은 완전 탐색 알고리즘을 통해 도출되는 ‘Reward-optimal algorithm (Optimal)’, 무작위로 행동을 선택하는 ‘Random action algorithm (Random)’, 학습 시작 전 수평 위치를 고정하고 고도 제어만을 학습하는 ‘Q-learning-based altitude control algorithm (QAC)’가 고려된다. 지상 사용자는 기지국 주변에 랜덤하게 배치되며 매 에피소드마다 랜덤 워크 모델을 기반으로 이동한다. <그림 3>은 지상 사용자의 속도가 각각 {0.0, 0.1, 1.0} [m/s]인 환경에서 제안방안과 벤치마크 알고리즘의 에피소드 진행에 따른 누적 보상 비교 결과이다. 결과를 통해 제안하는 알고리즘이 QAC, Random 알고리



<그림 3> 3-셀 시나리오에서 사용자 이동 속도(0(left), 0.1(middle), 1.0(right)) [m/s]에 따른 평균 누적 보상 결과^[10]

증과 비교할 때 높은 평균 누적 보상 값으로 수렴하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 지상 사용자의 속도가 각각 {0.0, 0.1, 1.0} [m/s]일 때 'Proposed-SR'은 'QAC-SR'과 비교하여 39.66%, 39.65%, 55.17%의 성능 이득을 가지며 'Proposed-SR'은 'Proposed-IR'과 비교하여 9.41%, 9.70%, 13.21%의 성능 이득을 보인다. 속도가 1.0 [m/s]인 환경에서는 제안하는 'Proposed-SR' 알고리즘이 Optimal 알고리즘과 약간의 차이를 보이지만 최적으로 높은 값으로 수렴하는 것을 확인할 수 있다.

IV. 테더드 UAV 지원 통합 액세스 백홀 네트워크에서 심층강화학습 기반 합 전송률 최대화 기법

5G에서는 증가하는 트래픽 수요를 충족하기 위해 높은 주파수 대역의 사용과 함께 소형 셀의 고밀도 배치를 통하여 이 문제를 해결해 나가고 있다. 하지만 보다 넓은 커버리지 제공을 위한 수많은 소형 셀의 배치는 막대한 설치 및 운영 비용과 기술적 문제들을 야기한다^{[16]–[19]}. 이와 관련하여 최근 3GPP (3rd Generation Partnership Project)에서는 네트워크 운용 및 설치 비용을 절감하면서 네트워크 구성요소들을 유연하게 배치할 수 있는 IAB (Integrated Access and Backhaul) 기술에 대한 표준화가 활발히 진행되고 있다. IAB는 기존 액세스 링크를 위해 사용되던 주파수 자원을 백홀 링크와 동시에 사용하는 아키텍처로 IAB 공여자 기지국과 릴레이 역할을 하는 IAB 노드 기지국으로 구성된다^[17]. IAB 기술은 커버리지 향상에 용이하며 동일한 주파수 자원을 백홀 링크 및 액세스 링크가 동시에 사용할 수 있어 주파수 효율을 높이는 동시에 운용 비용의 절감이 가능하다. 이러한 IAB 아키텍처는 공중-지상 통합 네트워크에서 자원의 효율성을 향상시키며 장시간의 운용이 가능한 테더드 UAV와의 통합을 통해 보다 확장된 3차원 통신 커버리지의 제공이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 테더드 UAV-BS 지원 IAB 네트워크에서 합 전송률 최대화를 위해 자원할당 및 테더드 UAV-BS 위치 제어의 공동 최적화를 위한 분산형 double deep Q-learning (DDQN) 프레임워크를 제

안한다.

강화학습 알고리즘으로 가장 잘 알려져 있는 큐-러닝은 심층 신경망 없이 룩업 테이블을 통해 학습하며, 복잡도가 낮고 수렴 속도가 빠르다는 장점이 있지만, 상태와 행동 수가 많은 복잡한 환경에서는 테이블의 크기가 방대해지면 수렴 속도가 느려지거나 구현이 불가능한 문제를 가지고 있다. <그림 4>는 본 논문에서 제안하는 다중 에이전트 분산 DDQN 기반 자원할당 및 위치 제어 공동 최적화 알고리즘의 시스템 프레임워크를 보여준다. 분산 DDQN 알고리즘은 전송 오버헤드와 계산 복잡성, 에이전트 간의 정보 침해 문제를 가지고 있는 중앙 집중형 알고리즘에서 발생하는 문제점들에 대한 해결이 가능하다. 또한, 알고리즘의 행동 공간 크기가 에이전트 개수 증가에 따라 비례하여 증가하지 않게 되는데, 이는 각 에이전트가 독립적인 행동 공간을 가지기 때문이다. 본 연구에서는 IAB 공여자 기지국인 매크로 셀 기지국 (MBS)과 IAB 노드 기지국인 테더드 UAV-BS가 에이전트로 정의되며, 각 에이전트의 상태와 행동은 다음과 같이 정의된다.

1) 에이전트 (MBS):

- 상태: i 번째 MBS의 상태는 부대역 할당과 전송 전력 정보를 포함한다.

$$s_i^M(t) = \{B_{(i,k)}^R(t), P_i^M(t)\} \quad (7)$$

- 행동: i 번째 MBS의 행동은 1계층 수신기 (테더드 UAV-BS, 지상 사용자)로의 백홀 및 액세스 부대역 할당, 전송 전력 제어를 포함한다.

$$a_i^M(t) = \{B_{(i,k)}^R, \pm \Delta_{P_i^M}, \Delta_{P_i^M} = 0\} \quad (8)$$

여기서, w 는 w' 스텝 사이즈 만큼의 MBS 전력의 증대/감소/유지를 의미한다.

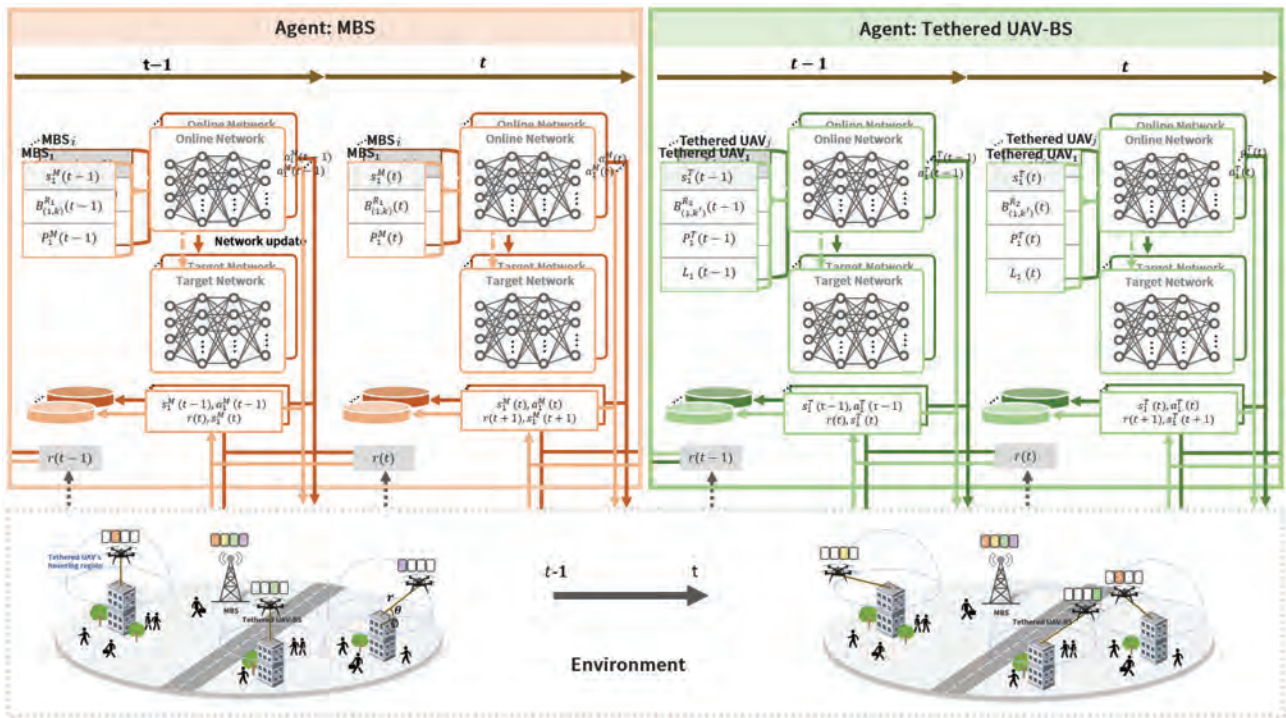
2) 에이전트 (테더드 UAV-BS):

- 상태: j 번째 테더드 UAV-BS의 상태는 부대역 할당과 전송전력, 3차원 위치 정보를 포함한다.

$$s_j^T(t) = \{B_{(j,k)}^R(t), P_j^T(t), L_j(t)\} \quad (9)$$

- 행동: j 번째 테더드 UAV-BS의 행동은 2계층 수신기 (지상 사용자)로의 액세스 부대역 할당과 전송 전력 제어, 3차원 위치제어를 포함한다.

$$a_j^T(t) = \left\{ B_{(j,k)}^R, \pm \Delta_{P_j^T}, \Delta_{P_j^T} = 0, \pm \Delta_r, \Delta_r = 0, \right. \\ \left. \pm \Delta_\theta, \Delta_\theta = 0, \pm \Delta_\phi, \Delta_\phi = 0 \right\} \quad (10)$$



〈그림 4〉 테더드 UAV-BS 지원 6G IAB 네트워크에서 합 전송률 최대화를 위한 분산 DDQN 시스템 프레임워크

여기서, $\pm \Delta_{P_i}, \Delta_{P_i} = 0$ 는 스텝 사이즈 만큼의 테더드 UAV-BS 전력의 증대/감소/유지를 의미하며 위치 제어 변수인 $\pm \Delta_r, \Delta_r = 0, \pm \Delta_\theta, \Delta_\theta = 0, \pm \Delta_\phi, \Delta_\phi = 0$ 는 스텝 사이즈 만큼의 반경, 위도, 각도의 이동과 정지를 의미한다.

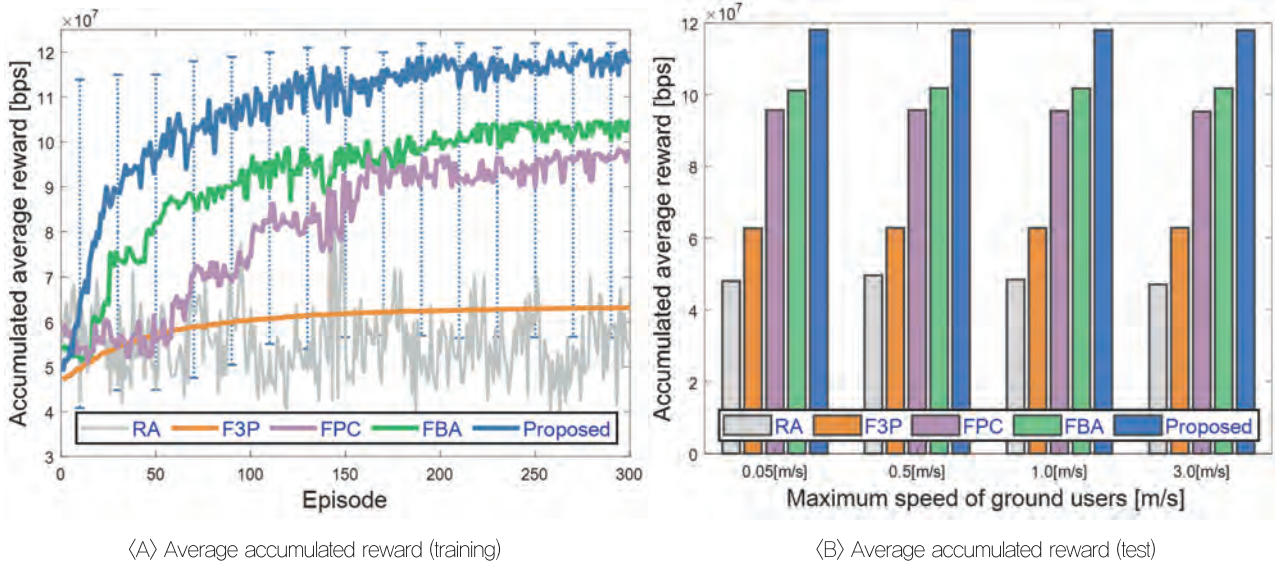
3) 공동 보상: 전체 네트워크 합 전송률을 최대화하는 공동 목표를 갖기 때문에 공동 보상은 MBS와 TUAV 합 전송률의 총합계로 정의된다.

일반적으로, DQN은 행동 평가와 행동 선택에 동일한 가중치를 사용한다. 이는 행동에 대해 항상 긍정적인 평가로 과대평가 문제가 발생하여 시스템 성능 저하 문제를 겪게 된다. 이러한 문제를 완화하기 위해 DDQN은 가중치가 다른 2개의 신경망을 이용한다. DDQN의 목표 큐값은 다음과 같이 계산된다.

$$Y^{DDQN}(n) = r_n + \gamma Q(s_{t+1}(n), \arg\max_{a_{t+1} \in A} Q(a_{t+1}(n), s_{t+1}(n)|w)|w') \quad (12)$$

여기서 w 와 w' 는 행동 선택과 평가에 대한 가중치이다. 시뮬레이션 기반 성능 검증을 위해 단일 MBS, 4개의 테더드 UAV-BS, 14명의 지상 사용자로 구성되는 5-

에이전트 시나리오를 고려하였다. 총 대역폭은 20MHz이며 이는 6개의 부대역으로 분할된다. 제한하는 공동 최적화 알고리즘의 성능 분석을 위해 'RA (random action)', 부대역 할당 고정 기반의 'FBA (fixed bandwidth allocation)', 전송 전력 고정 기반의 'FPC (fixed power control)', 테더드 UAV-BS 위치 고정 기반의 'F3P (fixed 3D positioning)'을 벤치마크 알고리즘으로 고려하였다. 'FBA', 'FPC', 'F3P'의 고정 자원은 시뮬레이션 초기 랜덤하게 설정된다. 〈그림 5A〉는 5-에이전트 시나리오에서 각 비교방안과 제안방안에 대한 누적 평균 보상의 학습 결과이다. 총 300번의 에피소드가 진행되었고 각 에피소드 당 10,000번의 반복이 수행되었다. 〈그림 5A〉의 시뮬레이션 결과를 통해, 제안 기법의 수렴성을 확인할 수 있으며, 마지막 에피소드 수렴 값을 기준으로 'Proposed'는 'FBA', 'FPC', 'F3P'과 비교하여 13.32%, 21.03%, 87.15%의 성능 이득을 가지는 것을 확인할 수 있다. 또한, 테더드 UAV-BS 위치 제약이 포함된 제안방안과 'FBA', 'FPC'가 'F3P'와 비교하여 높은 값으로 수렴해 나가는 것을 통하여 이동체의 위치



〈그림 5〉 5-에이전트 시나리오에 대한 성능 결과

(A) Accumulated average reward vs. episode (B) Accumulated average reward vs. maximum speed of ground users

제어가 네트워크 처리량에 가장 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 〈그림 5B〉는 각 방안을 통해 학습된 최적 모델을 사용하여 지상 사용자의 이동 속도가 {0.05, 0.5, 1.0, 3.0} [m/s]인 각 환경에서 100,000번의 테스트를 진행한 결과이다. 신경망을 기반으로 하는 학습 방법들은 지상 사용자의 이동 속도가 다양한 환경에서도 큰 성능 저하가 없이 강건한 성능 결과를 얻는 것을 확인할 수 있다. 테스트 결과에서도 지상 사용자의 이동 속도가 다양한 환경에서 제안방안이 가장 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다.

V. 결론 및 전망

본 논문에서는 배터리 제약 문제를 갖는 기존 무인 비행체의 한계점을 해결할 수 있는 테더드 UAV 기반 6G 네트워크와 이를 위한 강화학습 기술에 대해 살펴보았다. 먼저, 테더로 인하여 제한된 비행 영역을 갖는 테더드 UAV의 최적 위치를 찾는 것이 네트워크 처리량에 큰 영향을 미치기 때문에 이를 고려한 저복잡도 큐러닝 기반의 테더드 UAV 위치제어 기법을 제안하고 그 성능을 비교 분석하였다. 또한, 테더드 UAV 기반 IAB 네트워크 환경

에서 대역폭 할당, 전송 전력 제어 및 공중 기지국 위치 제어를 공동으로 최적화하기 위한 분산형 DDQN 기법을 제안하였다. 시뮬레이션 결과를 통하여 제안하는 공동 최적화 기법이 기존 방안 대비 가장 좋은 성능을 보이는 것을 확인하였으며, 다양한 고정 자원할당 알고리즘이 포함된 벤치마크 알고리즘과의 비교를 통하여 신경망을 사용한 기법의 강건함과 네트워크 처리량에 테더드 UAV의 위치 제어가 미치는 영향을 확인할 수 있었다.

테더드 UAV-BS는 배터리 탑재 UAV-BS와 비교하여 이동성에 제한이 있지만 끊임 없는 전력과 데이터 공급을 통해, 보다 긴 동작 시간을 가지는 동시에 더 나은 통신 연결성의 제공이 가능하다. 또한, 고정형 기지국과 비교하여 배치 용이성과 비용 효율성의 장점을 가지며 이를 통해 3차원 서비스 제공이 필수적인 6세대 이동통신의 관련 요구사항 충족이 가능할 것으로 예상된다. 더 나아가, 테더드 UAV 네트워크는 다양한 머신러닝 기술과의 융합을 통해 6G 네트워크의 발전과 확산에 더욱 기여할 것으로 전망된다.

Acknowledgement

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원



으로 정보통신기획평가원의 지원(No. 2021-0-00794, 3차원 공간 이동통신 기술 개발, 50%)과 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No.2022-0-00704, 초고속 이동체 지원을 위한 3D-NET 핵심 기술 개발, 50%)을 받아 수행된 연구임.

참 고 문 헌

- [1] H. Lee, et al. "Towards 6G Hyper-Connectivity: Vision, Challenges, and Key Enabling Technologies", 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2301.11111>
- [2] H. Yu, H. Lee, and H. Jeon, "What is 5G? Emerging 5G Mobile Services and Network Requirements", in Sustainability 2017
- [3] S. Lee, H. Yu, and H. Lee, "Multiagent Q-Learning-Based Multi-UAV Wireless Networks for Maximizing Energy Efficiency: Deployment and Power Control Strategy Design", in IEEE Internet of Things Journal 2022
- [4] A. Fouda, et al. "UAV-Based In-Band Integrated Access and Backhaul for 5G Communications", IEEE 88th Vehicular Technology Conference 2018
- [5] O. M. Bushnaq, et al. "Optimal Deployment of Tethered Drones for Maximum Cellular Coverage in User Clusters", in IEEE Transactions on Wireless Communications 2021
- [6] L. Zhang, et al. "A Survey on 5G Millimeter Wave Communications for UAV-Assisted Wireless Networks", in IEEE Access 2019
- [7] H. Cao, X. et al. "Resource Allocation of E2E Slices in Software-defined UAVs-Assisted 6G Terrestrial Networks", 14th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP) 2022
- [8] M. Kishk, et al. "Aerial Base Station Deployment in 6G Cellular Networks Using Tethered Drones: The Mobility and Endurance Tradeoff", in IEEE Vehicular Technology Magazine 2020
- [9] V. U. Pai and B. Sainath, "UAV Selection and Link Switching Policy for Hybrid Tethered UAV-Assisted Communication", in IEEE Communications Letters 2021
- [10] S. Lim, H. Yu, and H. Lee, "Optimal Tethered-UAV Deployment in A2G Communication Networks: Multi-Agent Q-Learning Approach", in IEEE Internet of Things Journal 2022
- [11] Z. Xie, et al. "Providing Aerial MEC Service in Areas Without Infrastructure: A Tethered-UAV-Based Energy-Efficient Task Scheduling Framework", in IEEE Internet of Things Journal 2022
- [12] J.-S. Eom, et al. "Air-to-Air Channel Modeling and Performance Evaluation of an OFDM System for UAV Communications", in IEEE 2020
- [13] M. A. Kishk, et al. "On the 3-D Placement of Airborne Base Stations Using Tethered UAVs", IEEE Transactions on Communications 2020
- [14] A. Al-Hourani, et al. "Optimal LAP Altitude for Maximum Coverage", in IEEE Wireless Communications Letters 2014
- [15] ITU-R, "Rec. P.1410-2 Propagation Data and Prediction Methods for The Design of Terrestrial Broadband Millimetric Radio Access Systems", P Series, Radiowave propagation, 2003
- [16] Q. Cheng, et al. "Deep Reinforcement Learning-based Spectrum Allocation and Power Management for IAB Networks", IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops) 2021
- [17] W. Lei, et al. "Deep Reinforcement Learning-Based Spectrum Allocation in Integrated Access and Backhaul Networks", in IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking 2020
- [18] W. Lee, H. Lee, and H.-H. Choi, "Deep Learning-based Network-Wide Energy Efficiency Optimization in Ultra-Dense Small Cell Networks", IEEE Transactions on Vehicular Technology (early access)
- [19] K. Shin, H.-H. Choi, and H. Lee, "Knowledge Transfer-based Multi-agent Q-learning for Medium Access in Dense Cellular Networks", in IEEE Wireless Communications Letters (early access)



이예린

- 2022년 2월 한경국립대학교 전자전기공학부 학사
- 2022년 3월 ~ 현재 한경국립대학교 전자전기공학부 석사과정

〈관심 분야〉

B5G/6G 네트워크, 강화학습 기반 UAV 통신



이호원

- 2003년 2월 KAIST 전자전산학과 학사
- 2009년 8월 KAIST 전기및전자공학과 박사(석박사 통합과정)
- 2009년 6월 ~ 2012년 2월 KAIST IT융합연구소 선임연구원
- 2010년 3월 ~ 2012년 2월 KAIST IT융합연구소 연구조교수
- 2013년 3월 ~ 2015년 2월 삼성전자 소프트웨어센터 기술자문교수
- 2018년 3월 ~ 2019년 2월 UCSD 방문교수
- 2022년 8월 ~ 현재 5G포럼 서비스위원회 위원장
- 2012년 3월 ~ 현재 한경국립대학교 전자전기공학부 교수

〈관심 분야〉

6G 무선통신, 초고밀도 분산 네트워크, UAV 및 위성 네트워크를 위한 강화학습 기술 등



유희정

- 1999년 2월 고려대학교 전파공학과 학사
- 2001년 2월 KAIST 전기및전자공학과 석사
- 2011년 2월 KAIST 전기및전자공학과 박사
- 2001년 2월 ~ 2012년 8월 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2012년 9월 ~ 2019년 8월 영남대학교 정보통신공학과 부교수
- 2019년 9월 ~ 현재 고려대학교 전자및정보공학과 교수

〈관심 분야〉

통계적 신호 처리, 통신 이론, 5G/6G 시스템, Wi-Fi 표준 기술 등

물리 정보 기계학습의 발전 및 응용

I. 서론

뉴턴이 운동법칙과 미적분의 발견 이후, 자연 현상을 수학적으로 기술하는 방법론으로써 다양한 형태의 미분방정식이 제시되었다. 물리적 현상을 수학적인 식으로 나타낸 미분방정식과 해의 성질에 관하여 연구하는 분야는 현대 수학의 큰 줄기로 자리매김하였고 현재까지 활발히 연구되고 있다. 어떤 물리적인 현상을 이해하고 싶을 때, 이를 수학적으로 모델링하고, 이 방정식을 공부하여 여러 가지 특성(예, 물리량의 변화)을 얻어내어 그 현상을 재해석하고 더 깊이 이해할 수 있다. 이러한 관점에서 미분방정식과 편미분방정식을 분석하고 연구하는 것은 매우 중요한 연구 분야이고, 다양한 과학 및 공학 분야에서 실제 현상을 모델링하는 용도로 널리 사용되고 있다. 그러나 많은 경우, 편미분방정식을 해석적인 방법으로 해결하여 정확한 해를 구하는 것은 매우 어려우므로 수치적인 방법을 통해 근사해를 구하는 과정이 필요하다.

수치해석은 실제 시스템의 동작을 모델링하는 수학적 방정식을 이산화하여 컴퓨터상에서 계산 가능한 형태로 변환하고, 계산을 통해 문제를 해결하는 과정이다. 이를 위해 수치적인 해법과 계산 알고리즘을 고안하고 분석한다. 예를 들어, 유한차분법, 유한요소법, 스펙트럼 방법 등 다양한 수치 해법이 개발되었으며, 각각의 방법은 대상 편미분방정식의 특성과 해를 구하는 목적에 맞게 선택된다. 이를 위해, 모델 방정식 각각의 특성에 맞는 수치적 해법을 고안, 분석하며, 수렴성을 증명하고, 시뮬레이션을 통해 효율적인 알고리즘을 개발하는 연구를 수행한다. 수치해석 방법론은 다양한 연구 분야에 응용되고 있는데, 예를 들어 공학 분야에서는 구조물의 강도와 안정성 분석, 유체의 흐름과 열 전달 등의 문제를 수치해석을 통해 해결할 수 있으며, 물리학에서는 복잡한 물리 현상을 모델링하고 시뮬레이션하여 이해하는 데에 활용된



이재용
고등과학원



손휘재
한밭대학교

다. 경제학에서는 수치해석을 통해 경제 모델의 동작을 예측하고 정책 결정에 활용하기도 한다.

최근 인공지능 및 기계학습에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 과거에는 컴퓨터가 다루기 어려웠던 다양한 분야들, 예를 들어 이미지 처리, 음성 인식, 자연어처리, 신호 처리 등에서 딥 러닝은 놀라운 성과를 거두고 있다. 딥 러닝은 인공신경망(Artificial Neural Network)을 기반으로 한 기계학습 방법으로, 다층 구조의 신경망을 사용하여 복잡한 문제를 해결하는 방법이다. 인공신경망은 입력층, 은닉층, 그리고 출력층으로 구성되며, 각각의 뉴런은 입력 데이터로부터 가중치와 편향, 활성화 함수를 통해 정보를 처리하고 전달한다. 딥 러닝은 이러한 신경망 구조를 여러 층으로 쌓아 올리면서, 점진적으로 추상화된 특징을 학습하여 복잡한 패턴 및 특징을 추출하고 일반화 및 예측에 활용한다.

딥 러닝의 우수한 성능은 대량의 데이터와 많은 계산량을 기반으로 하고, 이는 그래픽 처리 장치(GPU)의 기술적 발전과 밀접한 관련이 있다. GPU를 이용한 병렬 계산이 기계학습에 본격적으로 활용되면서 대규모 데이터 처리와 복잡한 계산을 효율적으로 수행할 수 있게 되었다. 이로 인해 딥 러닝 모델의 학습과 추론 속도가 대폭 향상되었으며, 고성능 컴퓨터 시스템과 클라우드 기술의 발전으로 대용량 데이터를 처리하고 모델을 구축하는 것이 가능해졌다. 딥 러닝은 이러한 기술적 발전과 함께 다양한 분야에서 놀라운 성공을 거두고 있다. 컴퓨터 비전 분야에서는 객체 인식, 분류, 업스케일링 등에서 높은 정확도를 보이며, 음성 인식 분야에서는 음성 명령 인식, 음성 합성 등에 큰 발전을 이루고 있다. 자연어처리 분야에서는 기계 번역, 문서 요약, 감성 분석 등에 딥 러닝이 활발히 활용되고 있고, 신호 처리 분야에서는 음악 생성, 음원 분리, 음향 합성 등에도 딥 러닝이 큰 성과를 내고 있다. 의료 분야에서는 암 진단, 약물 발견, 질병 예측 등에 딥 러닝이 활용되어 환자 치료와 건강 관리에 도움을 주고 있으며, 자율 주행 분야에서는 딥 러닝을 기반으로 한 인지 시스템을 통해 자동차와 로봇 등의 독립적인 판단과 결정 기능을 개발하고 있다. 또한, 금융 분야에서는 딥 러닝을 활용하여 주가 예측, 사기 탐지, 자산 관리

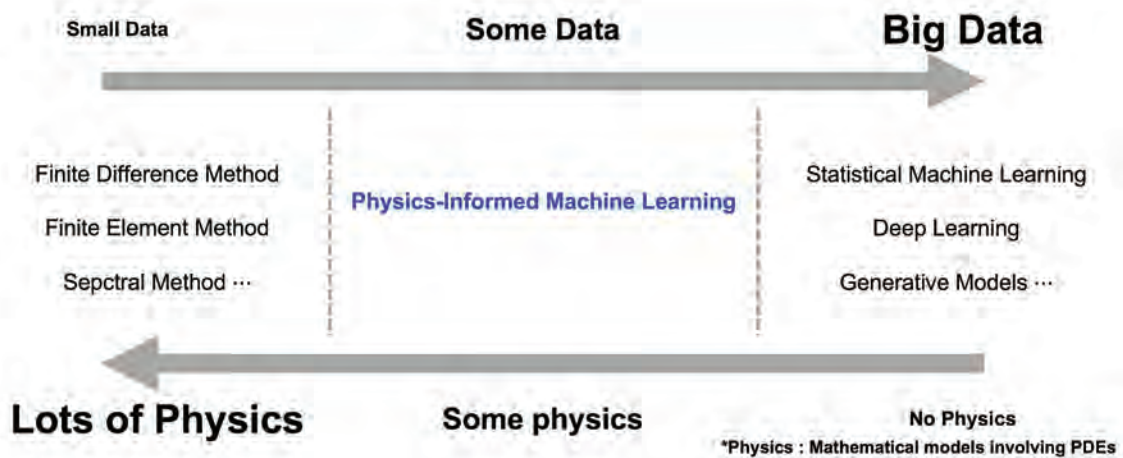
등에 응용되어 투자 및 자산운용 전략에 도움을 주고 있다. 이처럼 딥 러닝은 분야를 막론한 응용의 형태로 발전하고 있다.

물리 정보 기계학습은 딥 러닝의 응용 분야 중 응용 수학자들의 큰 관심을 끌고 있는 연구 분야이다^[12]. 물리 정보 기계학습은 복잡한 수학적 모델의 해를 인공신경망을 이용하여 근사하는 방법론을 통칭한다. 물리 정보 기계학습 연구는 물리 정보 신경망(Physics Informed Neural Networks)을 처음 제시한 연구^[27]에서 시작되었다. 물리 정보 신경망은 편미분방정식과 경계치 조건으로 주어진 수학적 모델의 해를 인공신경망을 이용하여 근사하는 방법론이다. 이 방법론은 이산화 과정이 필요하지 않아 mesh로부터 자유로운 방법론이라는 점에서 기존의 수치적 방법과는 차별되는 방법론이며, 나쁜 조건의 모델, 잡음이 있는 데이터 등 제한적인 상황에도 적용할 수 있는 방법론이다. 최근에는 단순히 한 편미분방정식의 해를 학습하는 것을 넘어서 특정 편미분방정식류의 해 연산자를 학습하는 연산자 학습 방법이 제시되어 활발히 연구되고 있다^[13,21].

이 논문에서는 물리 정보 기계학습 분야의 소개와 발전 과정을 다루면서, 초기의 물리 모델 기반 기계학습에서부터 현재의 딥 러닝과 결합한 기법까지의 변화를 살펴볼 것이다. 이 과정에서 신경망의 구조, 학습 알고리즘, 데이터 처리 방법 등 다양한 측면에서 물리 정보 기계학습의 동작 원리를 설명하고자 한다. 또한, 이 논문에서는 물리 정보 기계학습의 다양한 응용 사례에 관해서도 다룰 예정이다. 이를 통해 물리 정보 기계학습의 실제적인 활용 가능성과 잠재력을 보다 구체적으로 이해할 수 있을 것으로 기대한다.

II. 물리 정보 기계학습 소개

GPU 발전과 함께 병렬 계산이 가속됨에 따라 많은 은닉층을 가진 심층신경망의 학습이 가능해지면서 물리 정보와 주어진 데이터를 동시에 학습하는 물리 정보 신경망(PINNs)이 등장하며 물리 정보 기계학습에 관한 관심이 커지기 시작했다^[27]. 자연 현상을 보다 정확하게 이해



〈그림 1〉 물리 정보와 데이터양의 세 가지 시나리오

하고자 물리적, 수학적으로 기술할 때, 우리는 크게 세 가지 시나리오를 생각할 수 있다(그림 1). 첫째로, 아주 적은 양이지만 정확한 데이터(초기치, 경계치 등)가 주어지고, 현상에 관한 수학적 모델(편미분방정식 등)이 완전히 알려진 상황에는 고전적인 수치적 방법론을 통한 문제해결이 가장 효율적이고 정확하다. 둘째로, 현상을 관측한 많은 양의 데이터가 존재하고, 기존의 물리적, 수학적 모형이 거의 알려지지 않았을 때는 최근 눈부신 발전을 이룩하고 있는 기계학습 방법론이 적절한 해결책이 될 수 있다. 마지막으로, 제한적으로 주어진 수학적 모델과 상대적으로 적은 양의 잡음이 있는 데이터는 최근 제시된 물리 정보 신경망이 가장 적절한 방법론이 될 수 있다.

인공신경망을 이용해 편미분방정식의 해를 근사하려는 첫 시도는 1900년대로 거슬러 올라간다. 1997년 발표된 [16]의 저자들은 인공신경망을 이용하여 편미분방정식의 해를 수치적으로 근사하는 방법론을 발표했다. 논문의 저자들은 경계치 조건을 강한 제약조건으로 하는 인공신경망을 제시했고, 이 인공신경망이 푸아송 방정식의 잔차(residual)를 최소화하도록 학습하는 방법을 제시하였다. 이 논문은 인공신경망을 활용하여 편미분방정식의 해를 학습하는 물리 정보 신경망 방법에 대한 기초를 제시하였고, 이후 더 많은 연구와 응용 분야를 발전시키는 기반이 되었다.

물리 정보 신경망은 인공신경망의 조밀성에 관한 정리인 Universal Approximation Theorem(보편 근사 정

리) [6,7]에 근거하여 편미분방정식의 해를 근사한다. 이 정리는 인공신경망을 이용하여 대상 함수를 충분히 잘 근사할 수 있다는 정당성을 제시해 준다. 전통적인 수치적 방법론도 각각의 방법마다, 모델 방정식마다 그 방정식의 해를 얼마나 잘 근사할 수 있는지에 관한 수학적 분석인 오차 분석을 수행한다. 이러한 측면에서 인공신경망의 근사 정리는 수치해석에서의 오차 분석과 유사한 이론적 근거 역할을 하여 인공신경망을 이용한 편미분방정식의 해 근사의 수학적 엄밀함을 제공한다.

물리 정보 신경망은 인공신경망을 이용하여 편미분방정식에 접근함으로써 전통적인 수치해석방법론과 비교하여 다양한 장점을 갖고 있다. 전통적인 수치해석 방법론은 문제의 대상 차원이 높아질수록 근사에 필요한 mesh size가 기하급수적으로 증가하고, 그에 따라 시뮬레이션에 걸리는 시간이 매우 늘어나거나, 계산이 현실적으로 불가능한 경우도 발생한다. 이러한 점에서 딥 러닝 접근 방식은 큰 도움을 줄 수 있다. [31]의 저자들은 인공신경망을 이용한 편미분방정식의 해 연구가 고차원 문제에도 효율적으로 적용될 수 있음을 시사했다. 이 밖에도, 복잡한 영역에서의 편미분방정식의 해법에 관한 연구 [1], 강한 경계조건 방법론 [33], 기존의 수치적 방법론과의 결합연구 등 다양한 연구가 발표되고 있고, 고전적으로 풀기 어려웠던 문제들을 새로운 접근방법으로 해결하려는 연구가 등장하고 있다.

물리 정보 신경망 방법의 가장 큰 한계점은 모델 방정

식마다 새로운 인공신경망을 만들어 학습해야 하는 점을 들 수 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 연산자 학습이라 불리는 새로운 연구가 등장하였다. 핵심 아이디어는 편미분방정식의 변량(초기치 등)과 그 편미분방정식의 해 사이의 관계를 연산자의 관점에서 바라보고 학습하는 것이다. 변량에 따라 달라지는 편미분방정식의 해를 data로 하여, 함수(변량)를 함수(해)로 mapping 하는 연산자를 학습하는 방법론이다. 예를 들면, 편미분방정식의 초기조건이 바뀔 때마다 바뀌는 방정식의 해를 딥 러닝 알고리즘을 이용하여 학습을 수행한다. 이를 이용하면 학습 때 사용하지 않은 초기조건을 갖는 편미분방정식의 해를 인공신경망의 forward 계산 한 번으로 얻을 수 있다. 이러한 방법은 딥 러닝에서 기존에 연구된 이미지-이미지 회귀 모델을 활용하여 연구 할 수 있다. 하지만 함수를 데이터로 하여 인공신경망의 입력과 출력으로 사용하기 위해서는 이에 알맞은 신경망 구조가 필요하며 이와 관련하여 연구한 대표적인 모델로는 Fourier Neural Operator(FNO)와 Deep Operator Network(DeepONet)이 있다^[18, 20].

III. 물리 정보 기계학습의 구조

이 장에서는 앞에서 논의한 두 개의 대표적 물리 정보 기계학습 모형인 물리 정보 신경망과 연산자 학습의 구조와 방법에 관하여 기술한다. 물리 정보 신경망은 편미분방정식의 정문제, 역문제 해법에 관하여 자세히 기술하고, 연산자 학습은 핵심 아이디어를 소개한다.

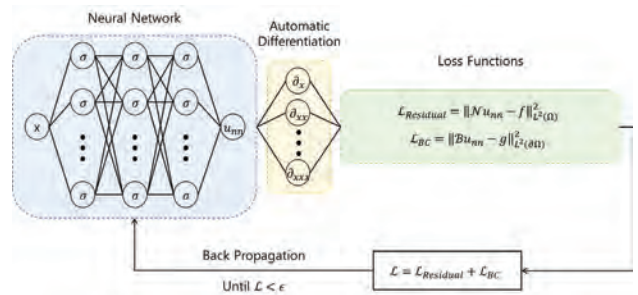
1. 물리 정보 신경망을 이용한 정문제

(Forward problem) 해결

물리 정보 신경망을 이용한 편미분방정식의 정문제(Forward problem)은 다음과 같은 일반적인 미분방정식의 해를 근사하는 과정을 말한다.

$$\begin{aligned} Nu &= f, \text{ for } x \in \Omega, \\ Bu &= g, \text{ for } x \in \partial\Omega, \end{aligned}$$

이 때, N 은 임의로 주어진 미분 연산자를, B 는 경계 연산자를 의미한다. 인공신경망 $u_{nn}(x; \theta)$ 을 이용해 위



〈그림 2〉 물리 정보 신경망을 이용한 편미분방정식의 정문제 해결 모식도

방정식의 해를 구하기 위해 인공신경망을 위 방정식에 대입하고 그 잔차 $Nu_{nn} - f$ 와 $Bu_{nn} - g$ 를 계산한다. 잔차를 손실함수로 사용하기 위해 적절한 함수공간에서의 노름

$$L_{\text{residual}} = \|Nu_{nn} - f\|^2,$$

$$L_{BC} = \|Bu_{nn} - g\|^2,$$

을 계산하여 최종적인 목적함수

$$L = L_{\text{residual}} + L_{BC}$$

를 얻고, 이를 적절한 수치적분 방법(몬테-카를로 방법)으로 근사하여 얻은

$$\begin{aligned} L \approx & \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (Nu_{nn}(x_i; \theta) - f(x_i))^2 \\ & + \frac{1}{2M} \sum_{j=1}^M (Bu_{nn}(x_j; \theta) - g(x_j))^2 \end{aligned}$$

를 최소화하도록 신경망의 매개변수를 학습한다. 즉, 아래의 최적화 문제에서 $\hat{\theta}$ 를 찾는 문제로 치환할 수 있다.

$$\hat{\theta} = \arg \min_{\theta} L$$

이 최적화 문제는 경사 하강법에 기초한 다양한 최적화 방법론을 이용해 해결한다. 이 과정에서 인공신경망에 대한 미분 연산자 N 의 계산이 필요하고, 이는 Automatic Differentiation을 통해 수행한다. 이 과정을 그림으로 나타내면 〈그림 2〉와 같다.

2. 물리 정보 신경망을 이용한 역문제(Inverse)해결

역문제는 제한된 측정 데이터로부터 모델 방정식의 숨겨진 특성을 추론하는 과정을 통칭한다. 편미분방정식을 수반하는 역문제는 매우 다양한 형태로 존재하는데, 한 예로 아래와 같은 미지의 매개변수가 포함된 방정식으로



나타낼 수 있다^[10].

$$\begin{aligned} N(u; p) &= f, \text{ for } x \in \Omega, \\ Bu &= g, \text{ for } x \in \partial\Omega, \end{aligned}$$

이 때, p 는 미지의 매개변수를, N 은 p 에 의존하는 미분 연산자를, B 는 경계 연산자를 의미한다. 역문제의 경우는 미지의 매개변수로 인한 ill-posedness가 존재하고, 이를 극복할 수 있는 추가적인 정보를 가정하는 경우가 많다. 이 경우에는 유한개의 label $\hat{u}$ 이 존재한다고 가정한다. 정문제의 해결과 마찬가지로, 인공신경망 $u_{nn}(x; \theta)$ 을 이용해 위 방정식의 해를 구한다. 역문제의 경우 방정식에 미지의 매개변수가 존재하고, 이 매개변수 역시 학습의 대상이 되어, 외부 매개변수 p_{nn} 을 추가로 사용한다. 이때, p_{nn} 의 형태는 변수, 벡터에서 인공신경망까지 특별한 형태의 제약 없이 고려할 수 있다. 인공신경망과 외부 매개변수를 위 방정식에 대입하고 그 잔차 $N(u_{nn}; p_{nn}) - f$, $B(u_{nn}) - g$, $u_{nn} - \hat{u}$ 를 계산, 손실함수로 사용하기 위해 적절한 함수공간의 노름

$$L_{residual} = \|N(u_{nn}; p_{nn}) - f\|^2,$$

$$L_{BC} = \|B(u_{nn}) - g\|^2,$$

$$L_{obs} = \|u - \hat{u}\|^2,$$

를 계산하여 최종적인 목적함수

$$L = L_{residual} + L_{BC} + L_{obs}$$

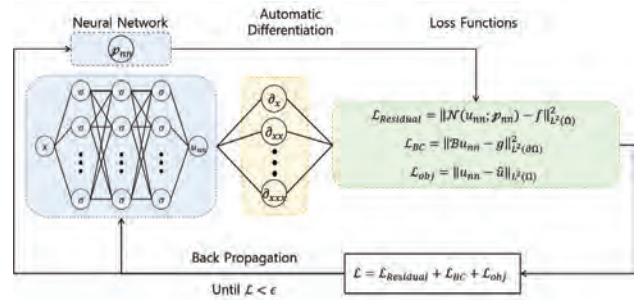
를 계산한다. 역시, 이를 적절한 수치적분 방법으로 근사하여 얻은

$$\begin{aligned} L \approx & \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (Nu_{nn}(x_i; \theta) - f(x_i))^2 \\ & + \frac{1}{2M} \sum_{j=1}^M (Bu_{nn}(x_j; \theta) - g(x_j))^2 \\ & + \frac{1}{2L} \sum_{k=1}^L (u_{nn}(x_k; \theta) - \hat{u}_k)^2 \end{aligned}$$

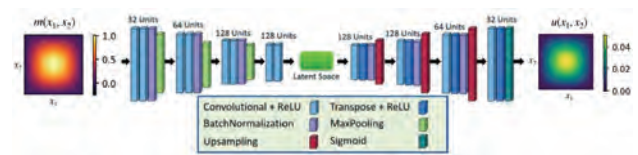
를 최소화하도록 신경망의 매개변수와 p_{nn} 을 동시에 학습한다. 즉, 아래의 최적화 문제에서 $\hat{\theta}$ 과 $\hat{p}$ 을 동시에 찾는 문제로 치환할 수 있다.

$$(\hat{\theta}, \hat{p}) = \arg \min_{\theta, p_m} L$$

이 과정에서도 인공신경망에 대한 미분 연산자 N 의 계산이 필요하고, 이는 Automatic Differentiation을 통해 수행한다. 이 과정을 그림으로 나타내면 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 물리 정보 신경망을 이용한 편미분방정식의 역문제 해결 모식도



<그림 4> Convolutional Autoencoder 모형

3. 연산자 학습

가장 간단한 연산자 학습 모델은 이미지 데이터를 다루는 인공지능 연구에서 사용하는 Convolutional autoencoder^[15] 구조를 사용하는 것이다 <그림 4>. 예를 들어, 푸아송 방정식의 경우, 어떤 편미분방정식의 해 u 는 외력 함수 m 이 변함에 따라 변화한다고 가정하자. 이 때, 연산자 학습은 2차원 영역의 함수 $m(x_1, x_2)$ 로부터 2차원 영역의 함수 $u(x_1, x_2)$ 로의 mapping을 인공신경망을 이용하여 학습하고자 하는 것이다. <그림 4>처럼 이 두 함수를 위치 (x_1, x_2) 마다 값을 갖는 이미지로 생각하여 Convolutional autoencoder를 학습하면 원하는 연산자를 학습할 수 있다. 따라서, 우리는 외력 함수 m 과 이에 대응하는 방정식의 해 u 의 쌍으로 이루어진 데이터가 필요하다. 이 학습 방법의 가장 큰 장점은 데이터로 인공신경망 훈련을 완료한 후에는, 신경망을 추가로 학습하지 않고, 추론만 계산하여 주어진 외력 함수 m 에 해당하는 방정식의 해 u 를 매우 빠르게 구할 수 있다는 점이다.

IV. 물리 정보 기계학습의 연구 동향

이 장에서는 물리 정보 기계학습의 최신 연구 동향을 물리 정보 신경망의 정문제, 역문제, 연산자 학습으로 나

누어 소개하고자 한다.

물리 정보 신경망의 최종 목적함수는 $L_{residual}$ 과 L_{BC} 등 여러 손실함수의 결합으로 정의되는데, 각각의 손실함수를 최적으로 결합하는 방법은 이론적으로 알려진 바 없다^[32, 5]. 초기의 연구들은 hyperparameter로써 w_1 과 w_2 를 결정하여 목적함수 $L = w_1 L_{residual} + w_2 L_{BC}$ 를 구성하는 방법론 사용하였고^[27, 38], 최근 발표된 연구들에 따르면 이 손실함수들의 결합 방법이 물리 정보 신경망의 성능에 지대한 영향을 미친다. 때에 따라서는 원시 목적함수 $L = L_{residual} + L_{BC}$ 를 사용하면 인공신경망의 학습이 전혀 진행되지 않는 예시도 보고되고 있다^[14]. 이에 따라, 최적의 목적함수를 선택하기 위한 loss balancing algorithm에 관한 다양한 연구가 발표되었다. 대표적으로, soft attention mechanism을 활용한 적응형 loss balancing algorithm을 발표한^[23], 각 손실함수 gradient의 불균형이 초래하는 학습의 불안정성을 지적하며 해결방법을 제시한^[35], Neural Tangent Kernel의 관점에서 각 손실함수의 학습속도를 균일하게 유지하는 방법론을 제시한^[36], 경계치 조건을 제약조건으로 하여 Augmented Lagrangian 방법론을 제시한^[8, 33] 등이 있고, multi-objective learning 관점에서 접근하는 연구^[24, 2, 29] 및 curriculum learning을 응용한 연구^[14]도 발표되었다. 정문제의 응용으로는 self sustained oscillator를 모델링하는 포커-플랑크 방정식의 정문제에 관한 물리 정보 신경망 방법론을 제시한^[34]를 꼽을 수 있다. 이외에도, 더 안정적이고, 효율적으로 물리 정보 신경망을 학습하기 위한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다.

제한된 데이터로부터 주어진 시스템을 역으로 해석하는 역문제는 일반적으로 비선형 문제이고, 또한 ill-posed 문제이다.^[2, 10, 19]의 저자들은 이러한 역문제의 해결에 물리 정보 신경망의 아이디어가 쉽게 응용될 수 있음을 실험적, 이론적으로 입증하였고 이후 많은 기계학습 기반 역문제 해결 방법론에 응용되었다. 그 예로,^[28]의 저자들은 유체의 흐름을 관측한 데이터와 나비에-스톡스 방정식을 활용하여 해당 유체의 특정 물리량을 추론하는 물리 정보 신경망 기반의 역문제 해결방법을 제시하였다. 또한, metamaterial의 역산란 문제에서 특정 영역

에서의 미지의 유전율을 추론하는 연구^[3], high-speed aerodynamic flows를 모델링하기 위한 오일러 방정식의 역문제에 관한 연구^[22], 코로나바이러스감염증-19의 전파 양상과 실제 확산 데이터를 적합하여 감염률과 회복률, 재생산지수를 추론하는 방법론을 제시한^[11] 등을 역문제 응용 예시로 들 수 있다. 최근에는 물리 정보 신경망의 역문제 해법에 관한 이론적 정당성에 관한 수학적 연구도 발표되고 있다^[25, 39].

함수를 이미지로 바라보는 관점에서 이미지를 다루는 기존 모델을 사용하여 연산자 학습을 할 수도 있지만, 함수를 이산화한 이미지가 아닌 추상적인 함수로 생각하고 연산자 학습을 수행하는 연구가 등장하고 있다.^[18]에서 제시된 Fourier Neural Operator 모델은 무한 차원의 함수공간 사이를 mapping하는 연산자를 효과적으로 학습하기 위해서 전역에 컨벌루션을 수행하는 방법을 제시했고, 이를 위해 푸리에 공간에서 파라미터를 학습하는 방법을 제안했다. 이 논문은 다양한 편미분방정식의 해를 비롯한 연산자 학습이 성공적으로 수행되는 결과를 보여주었다.^[20]에서는^[21]에서 제시한 연산자의 보편근사 정리를 바탕으로 인공신경망을 더 깊게 쌓은 Deep Operator Network 모델을 제시하였다. 이 두 모델을 바탕으로 하여 두 모델을 비교분석 하고^[21], 두 모델을 확장하는 연구가 계속해서 발표되고 있다^[30, 17]. 이뿐만 아니라 연산자 학습은 날씨예측^[26], 최적 제어문제^[9], 이산화탄소-물 다상 문제^[37] 등 다양한 분야에 이용되어 연구되고 있다.

V. 결론

기계학습과 인공신경망의 성능이 고도화되고 기반 이론이 축적됨에 따라 계산과학 및 응용수학의 문제를 해결하는 인공신경망 기반 방법론이 대두되고 있다. 본 논문에서는 그 대표적인 방법론인 물리 정보 신경망과 연산자 학습 방법론을 주제로 논의하고, 다양한 응용 분야를 소개하였다.

물리 정보 신경망은 고차원 편미분방정식, 복잡한 영역에서의 수치해석 문제, 노이즈가 있는 데이터 기반의 ill-

posed 역문제 등 기존의 방법론이 접근하기 어려운 문제를 비교적 효과적으로 해결하며 그 가치를 입증하고 있으며, 다양한 데이터 분석 및 과학계산 문제에서의 응용이 가능하여 전산 유체역학, 수리생물학, 감염병 전파 모델 등 다양한 문제에 적용되고 있다. 기존 물리 정보 신경망 연구들을 확장하여 넓은 범위의 편미분방정식을 동시에 다루기 위한 연산자 학습에 관한 연구도 최근 시작되어 활발히 이루어지고 있다. 함수를 인공신경망의 입력과 출력으로 사용하려는 목적에 적합한 신경망을 찾으려는 연구와 동시에 연산자 학습 방법론을 다양한 산업문제들에 적용하는 연구들도 계속하여 진행되고 있다.

물리 정보 기계학습은 과학계산 및 응용수학뿐만 아니라 다양한 공학 분야에 널리 응용되며 그 범용성과 우수성을 인정받고 있다. 하지만 물리 정보 기계학습에 관한 이론적인 연구는 아직 미완이고, 방법론의 고도화 및 응용 범위에 관한 연구도 더 깊이 수행되어야 한다. 물리 정보 기계학습은 잠재력이 큰 유망한 연구 분야인바, 국내 연구자들의 더욱 큰 관심이 기대된다.

참고 문헌

- [1] Berg, Jens, and Kaj Nyström. "A unified deep artificial neural network approach to partial differential equations in complex geometries." *Neurocomputing* 317 (2018): 28–41.
- [2] Bischof, Rafael, and Michael Kraus. "Multi-objective loss balancing for physics-informed deep learning." *arXiv preprint arXiv:2110.09813* (2021).
- [3] Chen, Yuyao, et al. "Physics-informed neural networks for inverse problems in nano-optics and metamaterials." *Optics express* 28,8 (2020): 11618–11633.
- [4] Chen, Tianping, and Hong Chen. "Universal approximation to nonlinear operators by neural networks with arbitrary activation functions and its application to dynamical systems." *IEEE Transactions on Neural Networks* 6,4 (1995): 911–917.
- [5] Cho, Sung Woong, Hwang, Hyung Ju, and Son, Hwijae. "Traveling Wave Solutions of Partial Differential Equations Via Neural Networks." *Journal of Scientific Computing* 89,1 (2021): 21.
- [6] Cybenko, George. "Approximation by superpositions of a sigmoidal function." *Mathematics of control, signals and systems* 2,4 (1989): 303–314.
- [7] Hornik, Kurt, Maxwell Stinchcombe, and Halbert White. "Multilayer feedforward networks are universal approximators." *Neural networks* 2,5 (1989): 359–366.
- [8] Hwang, Hyung Ju, and Hwijae Son. "Lagrangian dual framework for conservative neural network solutions of kinetic equations." *Kinetic and Related Models* 15,4 (2022): 551–568.
- [9] Hwang, Rakhon, et al. "Solving pde-constrained control problems using operator learning." *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, Vol. 36, No. 4, 2022.
- [10] Jo, Hyeontae, et al. "Deep neural network approach to forward-inverse problems." *Networks and Heterogeneous Media* 15,2 (2020): 247–259.
- [11] Jung, Se Young, et al. "Real-world implications of a rapidly responsive COVID-19 spread model with time-dependent parameters via deep learning: Model development and validation." *Journal of medical Internet research* 22,9 (2020): e19907.
- [12] Karniadakis, George Em, et al. "Physics-informed machine learning." *Nature Reviews Physics* 3,6 (2021): 422–440.
- [13] Kovachki, Nikola, et al. "Neural operator: Learning maps between function spaces." *arXiv preprint arXiv:2108.08481* (2021).
- [14] Krishnapriyan, Aditi, et al. "Characterizing possible failure modes in physics-informed neural networks." *Advances in Neural Information Processing Systems* 34 (2021): 26548–26560.
- [15] Khare, N., Thakur, P. S., Khanna, P., & Ojha, A. (2022, July). Analysis of Loss Functions for Image Reconstruction Using Convolutional Autoencoder. In *Computer Vision and Image Processing: 6th International Conference, CVIP 2021, Rupnagar, India, December 3–5, 2021, Revised Selected Papers, Part II* (pp. 338–349). Cham: Springer International Publishing.
- [16] Lagaris, Isaac E., Aristidis Likas, and Dimitrios I. Fotiadis.



- "Artificial neural networks for solving ordinary and partial differential equations." *IEEE transactions on neural networks* 9.5 (1998): 987–1000.
- [17] Lee, Jae Yong, C. H. O. SungWoong, and Hyung Ju Hwang. "HyperDeepONet: learning operator with complex target function space using the limited resources via hypernetwork." *The Eleventh International Conference on Learning Representations*.
- [18] Li, Z., Kovachki, N., Azizzadenesheli, K., Liu, B., Bhattacharya, K., Stuart, A., & Anandkumar, A. (2020). Fourier neural operator for parametric partial differential equations. *arXiv preprint arXiv:2010.08895*.
- [19] Lu, Lu, et al. "Physics-informed neural networks with hard constraints for inverse design." *SIAM Journal on Scientific Computing* 43.6 (2021): B1105–B1132.
- [20] Lu, L., Jin, P., Pang, G., Zhang, Z., & Karniadakis, G. E. (2021). Learning nonlinear operators via DeepONet based on the universal approximation theorem of operators. *Nature machine intelligence*, 3(3), 218–229.
- [21] Lu, Lu, et al. "A comprehensive and fair comparison of two neural operators (with practical extensions) based on fair data." *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 393 (2022): 114778.
- [22] Mao, Zhiping, Ameya D. Jagtap, and George Em Karniadakis. "Physics-informed neural networks for high-speed flows." *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 360 (2020): 112789.
- [23] McClenny, Levi, and Ulisses Braga-Neto. "Self-adaptive physics-informed neural networks using a soft attention mechanism." *arXiv preprint arXiv:2009.04544* (2020).
- [24] van der Meer, Remco, Cornelis W. Oosterlee, and Anastasia Borovykh. "Optimally weighted loss functions for solving pdes with neural networks." *Journal of Computational and Applied Mathematics* 405 (2022): 113887.
- [25] Mishra, Siddhartha, and Roberto Molinaro. "Estimates on the generalization error of physics informed neural networks (PINNs) for approximating PDEs II: A class of inverse problems." *arXiv preprint arXiv:2007.01138* 640 (2020): 1–35.
- [26] Pathak, Jaideep, et al. "Fourcastnet: A global data-driven high-resolution weather model using adaptive fourier neural operators." *arXiv preprint arXiv:2202.11214* (2022).
- [27] Raissi, Maziar, Paris Perdikaris, and George E. Karniadakis. "Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations." *Journal of Computational physics* 378 (2019): 686–707.
- [28] Raissi, Maziar, Alireza Yazdani, and George Em Karniadakis. "Hidden fluid mechanics: Learning velocity and pressure fields from flow visualizations." *Science* 367.6481 (2020): 1026–1030.
- [29] Rohrhofer, Franz M., Stefan Posch, and Bernhard C. Geiger. "On the pareto front of physics-informed neural networks." *arXiv preprint arXiv:2105.00862* (2021).
- [30] Shin, Jin Young, Jae Yong Lee, and Hyung Ju Hwang. "Pseudo-Differential Integral Operator for Learning Solution Operators of Partial Differential Equations." *arXiv preprint arXiv:2201.11967* (2022).
- [31] Sirignano, Justin, and Konstantinos Spiliopoulos. "DGM: A deep learning algorithm for solving partial differential equations." *Journal of computational physics* 375 (2018): 1339–1364.
- [32] Son, Hwijae, et al. "Sobolev training for physics informed neural networks." *Communications in Mathematical Sciences* (2023).
- [33] Son, Hwijae, Cho, Sung Woong, and Hwang, Hyung Ju. "AI-pinns: Augmented lagrangian relaxation method for physics-informed neural networks." *arXiv preprint arXiv:2205.01059* (2022).
- [34] Son, Hwijae, and Lee Minwoo. "Continuous Probabilistic Solution to the Transient Self-Oscillation under Stochastic Forcing: a PINN Approach." to appear in *Journal of Mechanical Science and Technology* (2023)
- [35] Wang, Sifan, Yujun Teng, and Paris Perdikaris.



"Understanding and mitigating gradient flow pathologies in physics-informed neural networks," SIAM Journal on Scientific Computing 43.5 (2021): A3055–A3081.

[36] Wang, Sifan, Xinling Yu, and Paris Perdikaris. "When and why PINNs fail to train: A neural tangent kernel perspective." Journal of Computational Physics 449 (2022): 110768.

[37] Wen, Gege, et al. "U-FNO—An enhanced Fourier neural operator-based deep-learning model for multiphase flow." Advances in Water Resources 163 (2022): 104180.

[38] Yu, Bing, and E. Weinan. "The deep Ritz method: a deep learning-based numerical algorithm for solving variational problems." Communications in Mathematics and Statistics 6.1 (2018): 1–12.

[39] Zhang, Mengmeng, Qianxiao Li, and Jijun Liu. "On stability and regularization for data-driven solution of parabolic inverse source problems." Journal of Computational Physics 474 (2023): 111769.



이재용

- 2017년 2월 포항공과대학교 수학과 학사
- 2022년 2월 포항공과대학교 수학과 박사
- 2022년 3월 ~ 현재 고등과학원 AI기초과학센터 Research Fellow

〈관심 분야〉

Scientific computing, Computational mathematics, Applied mathematics, Numerical analysis, Artificial intelligence (AI), Deep learning, Machine learning, PDE solver, Physics-informed neural network, Operator learning, Kinetic equation.



손희재

- 2016년 2월 한양대학교 수학과 학사
- 2021년 2월 포항공과대학교 수학과 박사
- 2021년 2월 ~ 2022년 3월 한국과학기술원 확률 해석 및 응용 연구센터 박사 후 연구원
- 2022년 3월 ~ 현재 한밭대학교 인공지능소프트웨어학과 조교수
- 2022년 3월 ~ 현재 한국산업응용수학회 인공지능연구회 운영위원
- 2023년 1월 ~ 현재 한국산업응용수학회 사업이사

〈관심 분야〉

Applied Mathematics, Data Sciences, Physics-Informed Machine Learning, Scientific Computing

데이터 문해력의 재고(再考)

I. 서론

데이터 문해력이란 용어를 누가 언제부터 사용하기 시작했는지 명확하지는 않지만, 그 개념의 기원은 1962년 John W. Tukey의 “The Future of Data Analysis”에서 찾아볼 수 있다. 수학 통계학자인 Tukey^[1]는 데이터 분석은 수학보다는 과학에 가깝다고 하면서 통계 방정식을 맹목적으로 따르는 것보다 통계 데이터를 이해하는 것이 더 중요하다고 제안하였다. 그 이후로 데이터 문해력의 개념은 지속적으로 진화해 왔으며, 최근 몇 년 동안 데이터 기반 의사 결정이 확산되고 다양한 영역에서 데이터의 양과 가용성이 증가함에 따라 데이터 활용 능력에 대한 인식과 중요성이 크게 증가하고 있다. 이러한 인식을 바탕으로 데이터 문해력에 대한 학계의 연구가 교육학^[2]과 도서관학^[3]을 중심으로 활발히 진행되었다. 산업계에서도 데이터 문해력의 관심과 필요성이 점점 더 높아지고 있다. 전 세계 1,200명의 임원과 6,000명의 직원을 대상으로 2021년에 실시한 비즈니스 분석 플랫폼 제공업체 Qlik^[4]의 설문 조사에 따르면, 직원들이 활용하는 데이터의 양이 일년 전과 비교하여 두배로 증가하였으며, 임원의 85%는 데이터 문해력이 향후 비즈니스 성공에 매우 중요하다고 답변하였다.

데이터 문해력은 학계와 산업계에서 뜨거운 관심을 받았지만, 그러한 관심과 노력에도 불구하고 개인과 조직의 데이터 활용 수준은 기대에 미치지 못하고 있다. Forrester Consulting^[5]이 전 세계 10개국 글로벌 기업의 임직원 2,000여 명을 대상으로 실시한 설문 조사에 의하면, 급변하는 업무 환경에서 성공적인 비즈니스를 위해 데이터 문해력이 반드시 필요하다고 생각하는 것으로 나타났다. 하지만 데이터 문해력에 대한 수요가 빠르게 증가하고 있는 반면에 이를 위한 교육과 투자가 충분히 제공되지 못하는 것으로 나타났다. 설문 결과에 따르면 조직 리더의



서일정
경기대학교

79%는 직원들이 필요한 데이터 기술을 갖추고 있다고 답했지만, 직원 중 40%만이 기대하는 데이터 기술을 제공받고 있다고 답한 것이다.

소프트웨어 기업인 Salesforce^[6]가 2022년 9월에 10,000여 명의 전 세계 비즈니스 리더와 의사 결정자를 대상으로 조사한 바에 의하면, 조사 대상의 80%가 의사 결정에서 데이터가 매우 중요하다고 답변하였다. 하지만 이들 대부분은 조직의 중요한 의사 결정에서 데이터를 활용하지 못하고 있다고 답변하였다. 데이터를 활용하지 못하는 이유로 데이터의 이해 부족, 데이터로부터 통찰을 이끌어 내는 능력의 부족, 너무 많은 데이터 등을 꼽았다.

이상의 설문 조사 결과를 종합해보면, 데이터 활용의 가치와 중요성에 대한 인식은 증대되었지만 실질적인 데이터 문해력은 크게 향상되지 않았다는 것을 알 수 있다. 이에 본고는 데이터 문해력의 실질적인 향상을 위한 방안을 모색하기 위해 문헌에 나타난 데이터 문해력에 대한 정의와 역량을 살펴보고 논의하고자 한다. 본고의 내용이 데이터 문해력의 기대와 실제 사이의 간극을 좁히는 단초가 되기를 기대한다.

II. 데이터 문해력의 정의

모든 개념이 그렇듯 데이터 문해력을 이해하기 위한 시작도 정의를 살펴보는 것이 될 것이다. 지금까지 데이터 문해력의 정의는 데이터 문해력에 대한 관심만큼이나 다양한 정의가 존재하고 시간이 지나면서 그 정의도 변하고 있다. 문헌들에서 자주 인용되는 정의를 정리한 <표 1>에서 보는 바와 같이, 데이터 문해력을 정의하는 조직 또는 연구자의 상황과 관점에 따라 정의의 차이가 있음을 발견할 수 있다.

<표 1>의 정의들에서 공통적으로 나타나는 데이터 문해력의 능력은 데이터를 읽고, 쓰고, 소통하는 것이고 데이터 문해력의 목적은 의사 결정이다. 따라서 이 정의들을 종합하여 데이터 문해력을 간결하게 정의하면, 데이터 문해력은 의사 결정을 위해 데이터를 읽고, 쓰고, 소통하는 능력이다. Wikipedia에서 인용한 가장 넓은 의미의 문해력(literacy)은 특정한 사용 맥락에서 생각이나 아이디어를 이해하거나 글로 표현하기 위한 목적으로 읽기와 쓰기에 대해 생각하고 수행하는 특정한 방식을 의미한다

<표 1> 데이터 문해력의 정의

정의	출처
데이터 문해력은 데이터 원본 및 구성과 적용된 분석 방법 및 기법에 대한 이해, 사용 사례, 응용 및 결과 값을 설명할 수 있는 능력을 포함하여 상황에 맞게 데이터를 읽고, 쓰고, 전달하는 능력이다.	Gartner ^[7]
데이터 문해력은 데이터를 읽고, 쓰고, 소통하고, 추론하여 더 나은 데이터 기반 의사 결정을 내릴 수 있는 능력이다.	DataCamp ^[8]
데이터 문해력은 데이터를 탐색하고, 이해하고, 데이터로 소통하는 능력이다. 그리고 데이터 문해력은 데이터를 사용하고, 해석하고, 의사 결정을 내리고, 다른 사람에게 데이터의 중요성과 가치를 전달하는 비판적 사고 기술을 포함한다.	Tableau ^[9]
데이터 문해력은 데이터를 읽고, 작업하고, 분석하고, 소통할 수 있는 능력이다. 데이터 문해력은 모든 수준의 직원이 데이터와 기계에 대해 올바른 질문을 하고, 지식을 쌓고, 의사 결정을 내리고, 다른 사람에게 의미를 전달할 수 있는 역량을 강화하는 기술이다.	Qlick ^[10]
데이터 문해력은 비판적인 방식으로 데이터를 수집, 관리, 평가, 적용하는 능력이다.	Ridsdale et al. ^[2]
데이터 문해력은 데이터로부터 가치를 창출하거나 의사 결정을 위한 모든 프로세스 단계를 효과적으로 실행하기 위한 모든 효율성과 태도의 집합체이다.	Schüller ^[11]
데이터 문해력은 데이터의 윤리적 사용을 고려하여 질문 프로세스를 통해 크고 작은 데이터 세트에서 실제 질문을 하고 답할 수 있는 능력이다. 이는 목표에 따라 전문적인 데이터 처리 기술에 대한 지식을 확장할 수 있는 능력과 함께 실용적이고 창의적인 기술을 기반으로 한다. 여기에는 데이터를 선택, 정리, 분석, 시각화, 비판 및 해석하는 능력뿐만 아니라 데이터에서 이야기를 전달하고 설계 프로세스의 일부로 데이터를 사용하는 능력도 포함된다.	Wolff et al. ^[12]
데이터 문해력은 데이터를 읽고, 데이터를 이용하여 작업하고, 데이터를 분석하고, 데이터를 이용하여 입증하는 능력을 포함한다. 데이터를 읽는다는 것은 데이터가 무엇인지, 그리고 데이터가 세상의 어떤 측면을 나타내는지 이해하는 것을 포함한다. 데이터를 이용하여 작업하는 것은 데이터 생성, 수집, 정리 및 관리가 포함된다. 데이터 분석은 데이터를 필터링, 정렬, 집계, 비교 및 기타 분석 작업을 수행하는 것을 포함한다. 데이터를 이용하여 입증하는 것은 특정 청중에게 어떤 메시지를 전달하기 위해 데이터를 사용하여 더 큰 내러티브를 뒷받침하는 것이다.	D'Ignazio & Bhargava ^[13]

^[14] 이 정의에 의하면 글로 표현된 생각을 이해하는 것이 읽기이고 생각을 글로 표현하는 것이 쓰기이다. 데이터는 실제 세상의 추상(abstraction)이므로 문해력의 정의를 데이터 문해력에 적용하면, 데이터로 표현된 세상을 이해하는 것이 읽기이고 세상을 데이터로 표현하는 것이 쓰기라고 할 수 있다. 그리고 데이터 문해력의 특정한 사용 맥락은 의사 결정이라고 할 수 있다. 다시 말해서, 데이터 문해력은 의사 결정을 위해 세상을 데이터로 표현하고 이를 이해하는 능력이다.

데이터를 쓰는 능력은 데이터를 생성, 수집, 관리, 분석하여 데이터를 생산하는 능력이고, 데이터를 읽는 능력은 생산된 데이터를 탐색, 이해, 비판, 해석, 소통하여 활용하는 능력이다. 지금까지 데이터 문해력에 대한 관심과 노력은 데이터를 생산하는 기술과 능력에 집중되어 왔다. 하지만 생산된 데이터가 의사 결정에 실질적으로 활용되기 위해서는 데이터를 읽는 능력이 필수적이다. 데이터를 쓰는 사람에게 필요한 문해력과 데이터를 읽는 사람에게 필요한 문해력을 구분하여 정의하고 개발한다면 데이터 활용의 가치가 더 높아질 것이라고 생각한다. 이는 문학 작품을 쓰는 작가와 이를 읽는 독자의 문해력이 엄연히 다른 것처럼 명확하다.

III. 데이터 문해력의 수준

배경 지식과 데이터 요구가 각기 다른 모든 사람이 데이터 과학자 수준의 데이터 문해력을 갖출 필요는 없다. 그렇다면 나에게 적합한 데이터 문해력의 수준과 내용은 무엇일까? 이번 장에서는 문헌에 나타난 데이터 문해력 수준의 기준과 구분을 소개하고 논의하고자 한다.

기술 연구 및 컨설팅 기업인 Gartner^[7]는 데이터 문해력에 필요한 기본 어휘를 가치, 정보, 분석으로 정의하고 산업, 비즈니스, 데이터 기술 영역을 고려하여 데이터 문해력의 숙달 수준을 다섯 개로 구분하였다. 대화 가능 수준(conversational)을 보유한 사람은 데이터, 분석 및 사용 사례의 개념을 기본적으로 이해하지만 다른 사람에게 설명할 수 없는 수준으로 분석 가치 제안과 관련 요소에 대한 기본적인 이해가 있는 전문가이다. 문해력 수

준(literacy)을 보유한 사람은 데이터 및 분석 프로그램과 사용 사례에 대해 말하고, 쓰고, 참여할 수 있는 수준으로 의사 결정 문제, 데이터 원본, 분석 방법 등 분석 사용 사례의 모든 측면을 설명할 수 있는 전문가이다. 역량 수준(competency)을 보유한 사람은 데이터 및 분석 프로그램을 설계, 개발, 적용하는 데 능숙한 수준으로 개념부터 결과까지 분석 프로젝트를 설계하고 제공한 경험이 있는 숙련된 데이터 및 분석 프로그램 관리자이다. 유창 수준(fluency)을 보유한 사람은 산업 분야 내 대부분의 비즈니스 영역에서 정보 언어(가치, 정보, 분석)에 능통한 전문가이다. 다국어 수준(multilingual)을 보유한 사람은 여러 비즈니스 영역, 산업 및 생태계에 걸쳐 정보 언어를 모두 유창하게 구사하는 수준으로 여러 산업 및 비즈니스 영역에 걸쳐 분석 솔루션을 설계하고 제공한 경험이 있는 숙련된 데이터 및 분석 전략 컨설턴트이다. Gartner는 정보언어에 대한 이해를 기준으로 데이터 문해력의 수준을 일단 구분하고 적용 범위를 비즈니스와 업계로 확장하면서 수준이 높아지는 것으로 데이터 문해력을 개념화하고 있다.

경영 컨설팅 기업인 KPMG^[15]는 데이터 기술, 역량, 학습 요구사항에 따라 비즈니스 사용자의 데이터 역할을 네 가지로 구분하였다. 데이터 신봉자(data believer)는 분석 기술은 없지만 의사 결정을 위해 데이터를 이해할 필요가 있는 사람이고, 데이터 사용자(data user)는 일상 업무에 데이터와 분석을 통합해야 하는 사람이고, 데이터 과학자(data scientist)는 고급 수준의 분석 기술을 보유하고 있는 데이터 분석 전문가이고, 마지막으로 데이터 리더(data leader)는 데이터를 잘 이해하고 결과나 분석을 해석할 수 있는 능력이 있는 사람으로 데이터 과학자 수준의 분석 기술은 아니지만 데이터 분석 방법론에 대한 이해도가 높은 사람이라고 하였다. 다시 말해서, 모든 사람이 동일한 내용과 수준의 역량을 습득해야 하는 것이 아니라 역할과 목적에 따라 필요한 데이터 문해력의 내용과 수준이 달라질 수 있다는 것이다.

데이터 문해력에 관한 글로벌 커뮤니티인 Data Literacy Project^[16]는 데이터에 대한 인식 수준과 보유 기술에 따라 데이터 페르소나를 구분하고 필요한 역량

을 제시하고 있다. 데이터 회피자(data avoiders)는 데이터 기반 의사 결정 및 프로세스의 가치에 회의적이고 의사 결정 시 직관과 지식에 의존하는 경향이 있다. 데이터 회피자들은 데이터 문해력에 대한 기초 교육 이전에 데이터의 중요성과 가치에 대한 인식 변화를 위한 교육이 선행되어야 한다. 데이터 신규 사용자(data newcomers)는 데이터 문해력의 초기 수준에 있으며, 현재 업무에서 데이터로 작업할 때 얻을 수 있는 이점을 인식하고 있다. 데이터 및 분석에 대한 기초 학습과 비판적이고 분석적인 사고가 필요하다. 데이터 수습생(data apprentice)은 기초 분석 개념, 시각화 및 스토리텔링 기술 등 기초적인 분석 기술을 보유하고 있다. 데이터 과학, 알고리즘, 통계 분석 등 고급 기술을 개발하고자 하며 데이터 전문가로 성장하기 위해 리더십, 멘토링 및 전반적인 비즈니스 기술도 향상하고자 한다. 또한 데이터 문해력의 실질적인 가치를 전달하기 위해 스토리텔링 기술을 향상시킬 필요가 있다. 데이터 전문가(data guru)는 데이터 분석에 대한 고급 기술과 경험을 보유하고 있으며, 일부는 데이터 과학자의 역할을 수행한다. 이들은 조직에서 데이터 전도사 역할을 할 수 있도록 리더십과 멘토링 기술을 개발할 필요가 있다. Data Literacy Project가 제시하는 구분은 자신에게 적합한 데이터 문해력의 학습 과정을 선택하기 위한 사전 테스트를 통해 확인할 수 있다.

Wolff et al.^[12]는 사회가 점점 더 데이터에 의존하게 되면서 모든 시민이 데이터 문해력을 갖출 필요성이 있다고 주장하면서 문제 해결을 위해 데이터를 지능적으로 사용해야 하는 상황 또는 요구에 따라 네 가지 유형으로 시민을 구분하였다. 소통자(communicator)는 다른 사람이 이해할 수 있도록 데이터를 이해하고 이야기를 전달할 필요가 있는 사람이고, 독자(reader)는 일상 생활의 일부로 제시되는 데이터를 비판적으로 해석할 필요가 있는 사람이고, 결정자(maker)는 현실 세계의 문제를 식별하고 해결하기 위해 전략 수립에 데이터를 적용 및 통합하고 의사 결정을 수행할 필요가 있는 사람이고, 마지막으로 과학자(scientist)는 데이터 기술, 커뮤니케이션 기술, 데이터 영역에 대한 심층 지식을 결합할 필요가 있는 사람이라고 하였다. 그들은 이러한 유형 구분이 완전한 것은 아

니지만, 데이터를 사용하는 필요에 따라 데이터 문해력의 유형이 달라질 수 있음을 보여주는 기준이 될 수 있다고 주장하였다.

대화형 인공지능 챗봇인 ChatGPT^[15]는 데이터 문해력의 수준을 다음과 같이 요약하였다. 데이터 문해력의 수준은 데이터에 대한 지식, 기술 및 경험에 따라 여러 단계로 분류할 수 있다. 기본 수준: 데이터 문해력에 대한 기초적인 이해를 가지고 있다. 데이터 유형 및 출처와 같은 데이터 개념에 대한 인식이 있으며 의사 결정에서 데이터의 중요성을 인식할 수 있다. 기본적인 데이터 수집 방법에 익숙하고 스프레드시트와 같은 도구를 사용하여 데이터 작업에 대한 기본적인 기술을 보유하고 있을 수 있다. 하지만 데이터 조작 및 분석 능력은 제한적이다. 중급 수준: 중급 수준에서는 데이터 조작 및 분석에 대한 고급 기술을 보유하고 있다. 데이터를 정리 및 변환하고, 데이터 집합을 병합하고, 기본적인 통계 분석을 수행하는 데 능숙하다. 통계적 개념에 대한 지식이 있으며 이를 적용하여 데이터에서 의미 있는 통찰을 도출할 수 있다. 이 수준의 개인은 기본적인 데이터 시각화 기술도 보유하고 있을 수 있다. 고급 수준: 고급 수준에서는 데이터 문해력에 대한 고도의 전문 지식을 보유하고 있다. 데이터 조작, 분석 및 시각화에 대한 고급 기술을 보유하고 있다. 복잡한 통계 기법과 모델링 접근 방식을 사용하여 데이터를 분석하고 해석할 수 있다. 데이터 분석을 위한 고급 도구 및 소프트웨어 사용에 능숙하다. 또한 이 수준의 개인은 데이터 기반의 통찰과 권장 사항을 다양한 이해관계자에게 효과적으로 전달할 수 있다. 전문가 수준: 전문가 수준에서는 데이터 문해력에 고도로 능숙하고 경험이 풍부하다. 데이터 분석 방법론, 통계 모델링 및 고급 데이터 시각화 기법에 대한 깊은 지식을 보유하고 있다. 데이터 윤리, 개인정보 보호 및 법적 고려 사항을 포괄적으로 이해하고 있다. 데이터 문해력 전문가는 종종 연구에 기여하고, 새로운 방법론을 개발하며, 다른 사람들이 데이터를 효과적으로 사용할 수 있도록 안내한다. 데이터 문해력은 지속적인 학습 과정이며, 개인은 지속적인 연습과 학습, 다양한 데이터 과제와 상황에 대한 노출을 통해 이러한 수준을 발전시킬 수 있다. 또한 데이터 문해력의 수

준은 분야 또는 산업의 특정 요구 사항과 조직 내 개인의 역할 및 책임에 따라 달라진다.

이상의 내용을 종합해보면, 데이터 문해력에 필요한 지식과 기술의 습득 정도에 따라 데이터 문해력의 수준을 구분하거나 데이터 요구 또는 역할에 따라 데이터 문해력의 수준을 구분하고 있다. 모든 사람이 데이터 과학자 수준의 데이터 문해력을 갖출 필요는 없다고 생각한다. 왜냐하면 데이터 과학은 다양한 분야의 이론과 기술을 융합한 전문 분야로 비전문가가 쉽게 학습할 수 있는 내용이 아니고 자신의 분야에서 데이터를 활용하는 데 꼭 필요한 역량만 선택적으로 개발하면 충분하다고 생각하기 때문이다. 즉, 역할에 따라 요구되는 데이터 문해력의 수준과 내용이 달라야 한다는 것이다.

본 고에서는 데이터 문해력의 수준을 데이터 과학 분야에서 일반적으로 인식하고 있는 데이터 과학의 세부 전문 분야 또는 역할에 따라 아래와 같이 구분하고자 한다.

데이터 사용자: 데이터 사용자는 데이터를 읽고 이해하여 통찰을 획득하고 이를 업무 개선 또는 의사 결정에 활용한다. 데이터 이용자는 데이터 개념에 대한 기본적인 이해와 도메인 지식을 바탕으로 데이터의 내용을 이해하고 의미를 비판적으로 해석할 수 있는 능력이 필수적이다. 데이터 분석 기술과 관련해서는 스프레드시트, 리포팅 도구, 데이터 시각화 도구, BI(Business Intelligence) 도구 등과 같은 기본적인 데이터 분석 도구를 사용하여 데이터를 탐색하고 요약하여 보고서와 대시보드를 작성할 수 있는 능력이 필요하다.

데이터 분석가: 데이터 분석가는 데이터 사용자의 요구에 따라 데이터를 분석하는 업무를 담당한다. 고급 데이터 분석 도구와 기법을 사용하여 추세와 패턴을 파악하고, 데이터 모델을 구축하는 업무를 담당한다. 데이터 분석가는 데이터 개념에 대한 깊은 이해가 필요하며 R 또는 Python과 같은 데이터 분석 도구를 능숙하게 다룰 수 있어야 한다.

데이터 과학자: 데이터 과학자는 추론 통계, 데이터 마이닝, 머신 러닝, 딥 러닝 등과 같은 보다 복잡한 데이터 분석 작업을 담당한다. 데이터 과학자는 수학 및 통계, Python 또는 R과 같은 프로그래밍 언어, 데이

터 시각화 도구에 대한 깊은 이해가 필수적이다. 그리고 Hadoop이나 Spark와 같은 빅 데이터 기술에 대한 지식이 필요하다.

데이터 엔지니어: 데이터 엔지니어는 데이터 분석을 지원하는 인프라를 설계하고 구축 및 유지 관리하는 업무를 담당한다. 데이터 엔지니어는 데이터 저장 및 검색 시스템, Java 또는 Python과 같은 프로그래밍 언어, SQL과 같은 데이터베이스 기술에 대한 깊은 이해가 필요하다. 또한 데이터 엔지니어는 빅데이터 기술 및 클라우드 컴퓨팅에 대해서도 잘 알고 있어야 한다.

최고 데이터 책임자(CDO): 최고 데이터 책임자는 데이터가 비즈니스 성과를 창출하는 데 효과적으로 사용되도록 조직 전체의 데이터 전략을 수립하고 관리하는 책임을 맡는다. 이를 위해 최고 데이터 책임자는 데이터 거버넌스, 데이터 품질, 데이터 윤리에 대한 깊은 이해뿐만 아니라, 조직 전반에 데이터 문화를 형성하고 변화를 주도할 수 있는 강력한 커뮤니케이션 및 리더십 능력이 필요하다.

가전제품 사용자는 가전제품을 사용하기 위해 사용법만 알면 되는 것이지만 가전제품이 어떤 기술을 이용하여 어떻게 만들어졌는지 알 필요가 없다. 마찬가지로 데이터 사용자는 데이터를 효과적으로 사용하는 방법만 학습하면 된다. 그렇다면 데이터 사용자에게 요구되는 데이터 문해력은 무엇일까? 다음 장에서 이에 대해 좀 더 자세히 살펴보고자 한다.

III. 데이터 활용 역량

데이터 활용 역량은 데이터 사용자에게 필요한 데이터 문해력으로 데이터를 정의하고 이해하고 해석하여 통찰을 도출하고 이를 문제 해결과 의사 결정에 효과적으로 활용하는 기술과 능력이다.

데이터 정의: 조직의 내부 운영과 외부 환경에 대한 데이터를 관찰하고 탐색하면서 현실의 문제를 발견 및 정의하고 문제 해결에 필요한 데이터를 정의할 수 있어야 한다. 이때 데이터 사용자는 도메인 지식(특정 분야 또는 주제에 대한 전문 지식)을 바탕으로 문제 해결에 필요한 데

이터의 획득 또는 수집 가능성을 데이터 과학자 또는 데이터 엔지니어와 협의하여 데이터를 정의할 필요가 있다. 문제와 데이터가 정의되고 나면 데이터 프로젝트를 착수하고 기획하는 업무를 담당할 수 있다.

데이터 이해: 데이터 이해는 데이터의 출처와 특성을 이해하는 것을 포함한다. 데이터의 출처를 이해하는 것은 데이터가 수집된 방법, 데이터가 생성된 상황, 데이터 원본과 관련된 잠재적인 제한 사항과 편향을 파악하는 것을 포함한다. 데이터의 출처를 이해하는 것은 데이터의 적절성을 평가하고 데이터를 해석하는 데 필수적인 요소이다. 그리고 데이터의 특성을 이해하는 것은 데이터 유형, 변수, 데이터 구조, 데이터 품질 평가 등을 포함한다. 데이터를 탐색하면서 데이터 유형과 관련 변수를 식별하고 그 의미를 이해하는 작업이 포함된다. 이를 위해 데이터 사용자는 데이터 구조, 데이터 유형, 데이터 형식 등 데이터와 관련된 개념과 용어를 이해할 수 있어야 한다.

데이터 분석: 데이터 사용자가 직접 고급 수준의 데이터 분석 업무를 수행할 필요는 없지만 데이터 분석가 또는 데이터 과학자와 원활하게 소통하기 위하여 통계적 방법, 데이터 마이닝, 머신 러닝 등 다양한 분석 기법의 기본적인 개념과 용어를 이해할 필요가 있다. 데이터 분석 기술과 관련해서는 과거 또는 현재에 어떤 사건이 발생했는지를 파악하고 문제를 발견하는 설명 분석(descriptive analytics)을 데이터 사용자가 직접 수행할 수 있다면 데이터를 이해하고 문제를 발견하는 데 효과적일 것이다. 이를 위해 데이터 사용자는 스프레드시트, 리포팅 도구, 데이터 시각화 도구, 비즈니스인텔리전스 도구 등과 같은 기본적인 데이터 분석 도구를 사용할 수 있는 기술과 능력이 요구된다.

데이터 해석: 데이터 해석은 데이터 분석의 결과를 읽고 이해하고 맥락을 적용하여 의미 있는 정보를 도출하는 작업이다. 데이터 분석 결과를 읽고 이해하기 위해서는 결과에 제시된 기본적인 통계적 또는 수학적 용어와 수치를 이해하고 다양한 시각적 표현들의 구성과 의미를 파악할 수 있어야 한다. 또한 데이터 분석 방법에 대한 이해를 바탕으로 결과의 의미뿐만 아니라 신뢰성과 타당성에 대한 비판적인 사고와 질문을 할 수 있어야 한다. 비판적

사고는 데이터 분석 결과에 대해 다양한 관점에서 의문을 제기하고 대안적인 설명이나 해석을 고려하는 것을 포함한다. 데이터 분석의 결과를 해석할 때 맥락을 적용하는 것은 데이터 분석 결과를 정확하게 해석하고 의미있는 통찰을 도출하기 위해 데이터의 출처와 관련된 도메인, 산업 또는 문제 공간 등을 이해하고 고려하는 것을 의미한다. 따라서 데이터 사용자는 데이터 분석의 결과를 있는 그대로 해석하지 않고 도메인에 대한 지식과 경험을 이용하여 데이터 분석 결과를 맥락적으로 해석할 수 있는 역량이 필요하다. 이를 위해서는 문제 영역에 대한 도메인 지식이 필수적이고 이를 분석 결과와 연계할 수 있는 논리적이고 비판적인 사고력이 필요하다

데이터 소통: 데이터 소통은 데이터 분석과 해석을 통해 도출한 통찰을 다양한 이해관계자에게 효과적으로 전달하는 기술이다. 이는 복잡한 데이터 분석 결과와 해석을 명확하고 간결하게 이해하기 쉬운 메시지로 변환하는 작업이 포함된다. 차트, 그래프 또는 대시보드와 같은 데이터 시각화를 사용하여 데이터 분석 결과를 이해관계자들이 쉽고 직관적으로 이해할 수 있도록 시각적으로 표현하여 이해관계자들의 의사 결정을 지원하고 즉각적인 행동을 유도할 수 있다. 데이터 사용자는 데이터 시각화에 대한 개념과 시각적 표현들의 구성과 의미를 이해하는 것이 필요하고 시각화 도구를 능숙하게 다룰 수 있어야 하며, 스토리텔링 기술을 이용하여 메시지를 명확하게 전달할 수 있는 능력이 필요하다.

문제 해결과 의사 결정: 데이터 사용자는 데이터 해석을 통해 도출한 통찰을 문제 해결과 의사 결정에 반드시 활용해야 한다. 이를 위해 데이터 사용자는 데이터 분석 기반의 통찰과 도메인 지식을 종합적으로 검토하여, 조직의 목표에 부합하고 실행 가능성이 높은 행동 방침을 도출하고 행동 방침의 기대 효과를 평가하여 최종적으로 행동 계획을 수립하는 능력이 필요하다. 행동 계획 수립 이후에는 데이터 기반의 행동 계획을 적극적으로 수용하려는 태도와 실행이 반드시 수반되어야 한다. 행동 이후에는 비즈니스 성과를 평가하여 데이터 기반 의사 결정의 프로세스를 점검하고 개선하는 지속적인 노력이 필요하다.

데이터 윤리: 데이터 윤리는 데이터 작업 시 윤리적 원칙을 이해하고 준수하는 것을 의미한다. 구체적으로 프라이버시, 기밀성 및 보안을 보장하는 것뿐만 아니라 편향된 해석을 지양하고, 데이터 소유권을 존중하며, 개인이나 커뮤니티에 미칠 수 있는 잠재적 영향을 고려하는 등 데이터를 윤리적으로 활용하는 것을 포함한다.

IV. 결론

하나금융지주 데이터본부장은 ZDNet Korea와의 인터뷰^[18]에서 "파이썬 관련 책을 낸 사람이지만 직원들에게 파이썬을 배우기보다 그 시간에 다른 공부를 할 것을 권유했다"며 "영업점, 본부 직원 사람들이 코딩을 배우기 보다는 데이터를 이해하고 결과물이 나오면 적용하는 데이터 이해력이 더 필요하다고 판단했기 때문"이라고 말했다. 그의 말은 본고에서 주장하는 내용과 맥을 같이한다.

데이터 문해력은 데이터를 생산하는 역량과 데이터를 활용하는 역량으로 구분할 수 있다. 지금까지는 학계와 산업계의 노력 모두 데이터를 생산하는 능력에 초점을 맞추어 진행되었다. 결과적으로 데이터 활용의 기대와 실제 사이의 간극이 발생하였고, 이를 해결하기 위한 방안으로 본고에서는 데이터 활용 역량의 필요성과 중요성을 강조하였다. 데이터 과학이 지금보다 더 많은 효용 가치를 가지려면 이제라도 데이터 활용 역량에 좀 더 많은 관심을 가질 필요가 있다. 본고의 내용이 데이터 활용 역량의 개발에 기여하여 비즈니스 현장에서 데이터의 가치를 높이는 밑거름이 되기를 바란다.

참고 문헌

- [1] Tukey, J. W. "The future of data analysis". The annals of mathematical statistics, 33(1), 1-67, 1962.
- [2] Ridsdale, C., Rothwell, J. Smit, M., Ali-Hassan, H., Bliemel, M., Irvine, D.... and Wuetherick, B. Strategies and best practices for data literacy education: Knowledge synthesis report, 2015.
- [3] Koltay, T. "Data literacy for researchers and data librarians", Journal of Librarianship and Information Science, 49(1), pp. 3-14, 2017.
- [4] Qlik, Data Literacy: The Upskilling Evolution, 2022.
- [5] Forrester Consulting, Building data literacy: the key to better decisions, greater productivity, and data-driven organization, 2022.
- [6] Salesforce, <https://www.salesforce.com/news/stories/data-skills-research>.
- [7] Gartner, Information as a Second Language: Enabling Data Literacy for Digital Society, 2018.
- [8] DataCamp, The Complete Guide to Data Literacy, <https://www.datacamp.com/blog/the-complete-guide-to-data-literacy>
- [9] Tableau, What is Data Literacy? <https://www.tableau.com/why-tableau/data-literacy>
- [10] Qlick, What is Data Literacy? <https://www.qlik.com/us/bi/data-literacy>
- [11] Schüller, K., Future Skills: A Framework for Data Literacy, Working Paper No. 53. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung. 2020. DOI: 10.5281/zenodo.394607
- [12] Wolff, A., Gooch, D., Montaner, J. J. C., Rashid, U. and Kortuem, G. "Creating an understanding of data literacy for a data-driven society", The Journal of Community Informatics, Vol. 12, No. 3, 2016.
- [13] D'ignazio, C. and Bhargava, R., Approaches to building big data literacy. Bloomberg data for good exchange, 2015.
- [14] Street, B. V., Literacy and development: Ethnographic perspectives, Routledge, 2002.
- [15] Goedhart, B., Lambers, E. E., and Madlener, J. J. "How to become data literate and support a data driven culture", Compact, 2018/4, 2018.
- [16] Data Literacy Project, <https://thedataliteracyproject.org>
- [17] ChatGPT, <https://openai.com/blog/chatgpt>
- [18] ZDNet Korea, <https://zdnet.co.kr/view/?no=20230222082626>



서 일 정

- 1999년 2월 경기대학교 경영정보학과 학사
- 2006년 2월 광운대학교 경영정보학과 석사
- 2010년 2월 광운대학교 경영정보학과 박사
- 2011년 3월 ~ 2013년 2월 경북대학교 초빙교수
- 2017년 3월 ~ 2019년 6월 아주대학교 외래교수
- 2018년 3월 ~ 현재 경기대학교 조교수
- 2019년 1월 ~ 현재 한국빅데이터학회 이사/편집위원
- 2022년 2월 ~ 현재 한국서비스경영학회 편집위원

〈관심 분야〉

Big Data Analysis, Data Visualization, Data Literacy,
Network Analysis

통신 분야

[통신]

- UAV-지원 통신 시스템에서 Gaussian Process를 이용한 위치 예측 기반의 빔 추적 알고리즘
심윤아, 신승석, 조지훈, 문상미, 황인태

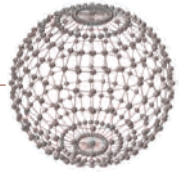
반도체 분야

[반도체 소자 및 재료]

- 정전용량 차동 구조를 이용한 MEMS 6축 힘-토크 센서 설계 및 시뮬레이션
김창규
- 베리어 메탈이 고전압 핀 다이오드의 전기적 특성에 미치는 영향
원종일, 정동윤, 장현규, 박건식

[SoC 설계]

- 공통 모드 아티팩트 제거 루프가 있는 저전력 재구성 가능한 뇌 신경 인터페이스 아날로그 프론트엔드 집적회로
홍순성, 차혁규
- 점프탐색 알고리즘을 이용한 재구성가능 SAR/SS 하이브리드 ADC
오성광, 윤광섭



컴퓨터 분야

[융합컴퓨팅]

- 수학적 모델을 이용한 반사율 기반 혼합염료의 흡광도 그래프에 관한 연구
강나희, 김세영, 황지용, 오현우

[인공지능, 신경망 및 퍼지시스템]

- 염료 배합 비율 AI 추천 시스템에 관한 연구
김세영, 강나희, 황지용, 오현우

인공지능 신호처리 분야

[영상 신호처리]

- 단일 영상의 깊이 추정을 이용한 안개 제거와 감쇠 계수의 추정
표창훈, 임창훈
- 강건하고 효율적인 이면도로 CCTV 영상 폭행 검출 방법
이상운, 박래홍, 박형민

박현성
HYUN-SUNG PARK
연세대학교

학위논문 제목	국문 : 인지 라디오 네트워크의 연판정 감지 기반 스펙트럼 공유를 위한 자원 할당 기법
	영문 : Resource Allocation for Sensing-based Spectrum Sharing with Soft-Decision in Cognitive Radio Networks
학위취득	연세대학교
취득년월	2022년 8월
지도교수	황태원
KEY WORD	Cognitive radio, sensing-based spectrum sharing, beamforming, multiuser, spectral efficiency, energy efficiency

〈논문 요약〉

본 논문에서는 인지 라디오 네트워크에서 연판정 감지 기반 스펙트럼 공유기법을 위한 스펙트럼 및 에너지 효율적 자원 할당 방법에 대해 연구하였다. 제안 기법은 주 사용자의 상태에 대한 연판정 결과의 불확실성을 고려하여 이차 사용자의 전송 전략을 조정하기 때문에, 기존의 기회적 스펙트럼 접근법, 언더레이 스펙트럼 공유법, 정판정 감지 기반 스펙트럼 공유기법에 비해 더 좋은 성능을 갖는다. 실험 결과를 통하여 제안기법은 기존 기법들 대비 스펙트럼 및 에너지 효율성이 크게 향상됨을 확인하였다.

첫째로, 본 논문은 인지 라디오 네트워크에서 이차 사용자가 다중안테나를 갖는 경우에서, 스펙트럼 효율성을 최대화하기 위한 연판정 감지 기반 주파수 공유 기법에서의 이차 사용자를 위한 빔포밍과 전력 할당에 대해 다룬다. 최적의 빔포밍과 전력 할당을 얻는 문제의 논컨벡스 문제를 해결하기 위해 문제를 두 개의 문제로 분해하였고, 분해된 문제의 최적을 보이고 최적 해답을 찾았다.

다음으로 인지라디오 네트워크에서 여러명의 이차 사용자가 동일한 시간 주파수 자원을 이용하여 동시에 신호를 전송하는 경우에, 에너지 효율적인 감지 기반 스펙트럼 공유 기법을 다룬다. 본 논문에서는 시스템 전체의 에너지 효율성 보다는 사용자 별 에너지 효율성들을 다루고, 이들을 파레토 최적화한다. 파레토 최적을 얻기 위한 최적화 문제는 논컨벡스 최적화 문제인데, 이를 풀기 위해 추가적인 전력 제한을 적용하여 전역에서의 최적을 잃지 않으면서 컨벡스 최적화 문제로 만들고, 수정된 문제의 최적과 컨벡스 특징을 증명하였다.

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 7월

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.01. - 07.08.	2023 IEEE World Congress on Services (SERVICES)	Chicago, Illinois, USA	https://conferences.computer.org/services/2023/
07.01. - 07.03.	2023 IEEE 10th International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud)/2023 IEEE 9th International Conference on Edge Computing and Scalable Cloud (EdgeCom)	Xiangtan, Hunan, China	http://www.cloud-conf.org/csccloud/2023/
07.02. - 07.06.	2023 Opto-Electronics and Communications Conference (OECC)	Shanghai, China	http://oecc2023.com/
07.02. - 07.05.	2023 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)	Chicago, Illinois, USA	https://2023.ieee-cec.org/
07.02. - 07.05.	2023 IEEE Statistical Signal Processing Workshop (SSP)	Hanoi, Vietnam	https://www.ssp2023.org/about_SSP2023.html
07.02. - 07.05.	2023 IEEE 23rd International Conference on Nanotechnology (NANO)	Jeju City, Korea (South)	https://2023.ieeenano.org/
07.03. - 07.05.	2023 IEEE Petroleum and Chemical Industry Conference Brasil (PCIC Brasil)	Rio de Janeiro, Brazil	https://www.ieee.org.br/pcicbr/
07.03. - 07.07.	2023 IEEE 8th European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P)	Delft, Netherlands	https://www.ieee-security.org/
07.03. - 07.05.	2023 Sixth International Workshop on Mobile Terahertz Systems (IWMTS)	Bonn, Germany	http://www.iwmts.org/
07.03. - 07.06.	2023 24th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM)	Singapore, Singapore	https://mdmconferences.org/mdm2023/
07.03. - 07.06.	2023 9th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)	Rome, Italy	http://codit2023.com/
07.03. - 07.05.	2023 IEEE Latin American Electron Devices Conference (LAEDC)	Puebla, Mexico	https://attend.ieee.org/laedc-2023/
07.03. - 07.06.	2023 Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS)	Prague, Czech Republic	https://prague2023.piers.org/
07.04. - 07.07.	2023 IEEE 13th International Conference on Pattern Recognition Systems (ICPRS)	Guayaquil, Ecuador	http://www.icprs.org/
07.04. - 07.07.	2023 30th International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD)	Kyoto, Japan	http://www.amfpd.jp/
07.04. - 07.07.	2023 Fourteenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)	Paris, France	https://icufn.org/
07.05. - 07.07.	2023 Fifth International Conference on Advances in Computational Tools for Engineering Applications (ACTEA)	Zouk Mosbeh, Lebanon	https://www.ndu.edu.lb/actea/home
07.05. - 07.07.	2023 14th Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems (DoCEIS)	Caparica (Lisbon), Portugal	https://doceis.dee.fct.unl.pt/
07.05. - 07.07.	2023 6th International Conference on Renewable Energy for Developing Countries (REDEC)	Zouk Mosbeh, Lebanon	http://www.redeconf.org/
07.05. - 07.07.	2023 12th International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar (IWAGPR)	Lisbon, Portugal	http://iwagpr2023.lnec.pt/index.html
07.06. - 07.08.	IEEE EUROCON 2023 - 20th International Conference on Smart Technologies	Torino, Italy	https://2023.ieee-eurocon.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.06. - 07.08.	2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)	Delhi, India	http://14icccnt.com/
07.06. - 07.08.	2023 4th International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)	Event Format: Virtual	http://icesc.co.in/2023/
07.06. - 07.07.	2023 IEEE Cloud Summit	Baltimore, Maryland, USA	https://www.ieeecloudsummit.org/
07.07. - 07.08.	2023 International Conference on Smart Systems for applications in Electrical Sciences (ICSSES)	Tumakuru, India	http://icseses.sit.ac.in/home
07.07.	2023 7th International Young Engineers Forum (YEF-ECE)	Caparica / Lisbon, Portugal	https://yef-ece.deec.fct.unl.pt/
07.07. - 07.09.	2023 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR)	Adelaide, Australia	https://www.icmlc.com/
07.08. - 07.09.	2023 IEEE World Conference on Applied Intelligence and Computing (AIC)	Sonbhadra, India	https://aic2023.scrs.in/
07.08. - 07.10.	2023 8th International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP)	Wuxi, China	http://www.icsip.org/
07.08. - 07.10.	2023 International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM)	Sanya, China	http://www.ieee-arm.org/
07.09. - 07.13.	2023 60th ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC)	San Francisco, California, USA	https://www.dac.com/
07.09. - 07.12.	2023 IEEE International Conference on Flexible and Printable Sensors and Systems (FLEPS)	Boston, Massachusetts, USA	https://2023.ieee-fleps.org/
07.09. - 07.11.	2023 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC)	Adelaide, Australia	https://www.icmlc.com/
07.09. - 07.12.	2023 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)	Gammarth, Tunisia	https://2023.ieee-iscc.org/
07.10. - 07.14.	2023 IEEE World Haptics Conference (WHC)	Delft, Netherlands	https://2023.worldhaptics.org/
07.10. - 07.14.	2023 IEEE 36th Computer Security Foundations Symposium (CSF)	Dubrovnik, Croatia	https://www.ieee-security.org/TC/CSF2023/index.html
07.10. - 07.13.	2023 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)	Orem, Utah, USA	https://tc.computer.org/tclt/icalt-2023/
07.10. - 07.12.	2023 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS)	Genoa, Italy	http://atc.udg.edu/CITS2023/
07.10. - 07.14.	2023 IEEE 36th International Vacuum Nanoelectronics Conference (IVNC)	Cambridge, Massachusetts, USA	http://www.vacuumnanoelectronics.org/
07.10. - 07.14.	2023 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)	Brisbane, Australia	https://www.2023.ieeeicme.org/
07.11. - 07.13.	2023 17th International Conference on Telecommunications (ConTEL)	Graz, Austria	http://www.contel.hr/2023/
07.13. - 07.14.	2023 International Conference on Innovations in Engineering and Technology (ICIET)	Muvattupuzha, India	http://ieee.icet.ac.in/
07.13. - 07.14.	2023 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS)	Iasi, Romania	http://scs.etti.tuiasi.ro:81/isscs2023/
07.14. - 07.16.	2023 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT)	Bangalore, India	http://ieee-conecct.org/
07.14. - 07.16.	2023 IEEE 13th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication (ICEIEC)	Event Format: Virtual	http://www.iceiec.org/
07.14. - 07.16.	2023 International Conference on Digital Applications, Transformation & Economy (ICDATE)	Miri, Sarawak, Malaysia	https://dateconference.org/
07.14. - 07.16.	2023 IEEE/IAS Industrial and Commercial Power System Asia (I&CPS Asia)	Chongqing, China	http://ieee-icps.com/2023/index.html
07.14. - 07.16.	2023 IEEE 5th International Conference on Power, Intelligent Computing and Systems (ICPICS)	Shenyang, China	http://www.icpics.org/
07.14. - 07.16.	2023 World Conference on Communication & Computing (WCONF)	RAIPUR, India	https://wconf.in/
07.14. - 07.22.	IGARSS 2023 - 2023 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium	Pasadena, California, USA	https://2023.ieeeigarss.org/index.php

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.15. - 07.16.	2023 IEEE Symposium on Industrial Electronics & Applications (ISIEA)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://www.isiea.asia/home
07.15. - 07.16.	2023 Intelligent Methods, Systems, and Applications (IMSA)	Giza, Egypt	http://imsa.msa.edu.eg/
07.15. - 07.18.	2023 IEEE International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition (IWEM)	Harbin, China	http://www.iwem2023.org/IWEM2023/
07.16. - 07.20.	2023 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM)	Orlando, Florida, USA	https://pes-gm.org/
07.16. - 07.19.	2023 28th IEEE International Symposium on Asynchronous Circuits and Systems (ASYNC)	Beijing, China	https://asynctsymposium.org/
07.17. - 07.20.	2023 IEEE International Professional Communication Conference (ProComm)	Ithaca, New York, USA	https://procomm.ieee.org/conference/
07.17. - 07.19.	2023 IEEE Photonics Society Summer Topicals Meeting Series (SUM)	Sicily, Italy	https://www.ieee-sum.org/
07.17. - 07.20.	2023 IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPS)	Athens, Greece	https://ieeedapps.com/
07.17. - 07.20.	2023 11th IEEE International Conference on Mobile Cloud Computing, Services, and Engineering (MobileCloud)	Athens, Greece	https://ieemobilecloud.com/
07.17. - 07.19.	2023 International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-Taiwan)	PingTung, Taiwan	http://www.icce-tw.org/
07.18. - 07.27.	2023 IEEE 9th International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology (SMC-IT)	Pasadena, California, USA	https://spacecomputing.ecs.baylor.edu/Home.php
07.18. - 07.21.	2023 IEEE Space Computing Conference (SCC)	Pasadena, California, USA	https://smcit-scc.space/
07.18. - 07.21.	2023 IEEE 43rd International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)	Hong Kong, Hong Kong	https://icdcs2023.icdcs.org/
07.18. - 07.20.	2023 IEEE BTS Pulse - 3rd Quarter (BTS PULSE - 3rd Quarter)	Event Format: Virtual	https://bts.ieee.org/pulse.html
07.18. - 07.20.	2023 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)	Ottawa, Ontario, Canada	https://2023.sensorapps.org/
07.18. - 07.20.	2023 International Telecommunications Conference (ITC-Egypt)	Alexandria, Egypt	https://www.itc-egypt-adc.org/
07.19. - 07.21.	2023 IEEE 34th International Conference on Application-specific Systems, Architectures and Processors (ASAP)	Porto, Portugal	https://www.asap2023.org/
07.19. - 07.21.	2023 2nd International Conference on Edge Computing and Applications (ICECAA)	Event Format: Virtual	http://icecc.co.in/2023/
07.20. - 07.28.	2023 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting (USNC-URSI)	Portland, Oregon, USA	https://2023.apsursi.org/
07.20. - 07.23.	2023 IEEE 6th International Conference on Electronic Information and Communication Technology (ICEICT)	Qingdao, China	http://www.iceict.org/ICEICT2023/
07.21. - 07.23.	2023 IEEE 6th International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII)	Sapporo, Japan	https://www.ickii.org/
07.21. - 07.23.	2023 6th Asia Conference on Energy and Electrical Engineering (ACEEE)	Chengdu, China	http://www.aceee.net/index.html
07.22. - 07.27.	2023 IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics (ISAF)	Cleveland, Ohio, USA	https://2023.ieee-isaf.org/
07.23. - 07.26.	2023 IEEE International Symposium on the Physical and Failure Analysis of Integrated Circuits (IPFA)	Pulau Pinang, Malaysia	https://www.ipfa-ieee.org/2023/
07.23. - 07.25.	2023 IEEE International Conference on Omni-layer Intelligent Systems (COINS)	Berlin, Germany	https://coinsconf.com/
07.23. - 07.25.	2023 IEEE International Test Conference India (ITC India)	Bangalore, India	https://itctestweekindia.org/
07.24. - 07.28.	2023 IEEE Nuclear and Space Radiation Effects Conference (NSREC)	Kansas City, Missouri, USA	https://www.nsrec.com/
07.24. - 07.27.	2023 32nd International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN)	Honolulu, Hawaii, USA	http://www.iccn.org/iccn23/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.25. - 07.27.	2023 International Conference on Smart Applications, Communications and Networking (SmartNets)	Istanbul, Turkey	https://smarnets.ieee.tr/
07.26. - 07.28.	2023 IEEE 3rd International Conference on Industrial Electronics for Sustainable Energy Systems (IESES)	Shanghai, China	http://www.ieee-ieses.org/
07.27. - 07.29.	2023 8th International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)	Dalian, China	http://www.icivc.org/
07.27. - 07.28.	2023 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)	Ho Chi Minh, Vietnam	https://icsse2023.hcmute.edu.vn/
07.28. - 07.29.	2023 International Conference on Data Science and Network Security (ICDSNS)	Tiptur, India	https://icdsns.co.in/index.php
07.29. - 08.04.	2023 IEEE Symposium on Electromagnetic Compatibility & Signal/Power Integrity (EMC+SIPI)	Grand Rapids, Michigan, USA	https://emc2023.org/
07.30. - 08.01.	2023 IEEE BioSensors Conference (BioSensors)	London, United Kingdom	https://2023.ieee-biosensors.org/
07.30. - 08.03.	2023 IEEE 18th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)	Ningbo, China	http://www.ieeeiciea.org/2023/
07.31. - 08.02.	2023 IEEE International Conference on Cyber Security and Resilience (CSR)	Venice, Italy	https://www.ieee-csr.org/
07.31. - 08.03.	2023 International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics (OMN) and SBFoton International Optics and Photonics Conference (SBFoton IOPC)	Campinas, Brazil	https://www.sbfoton.org.br/

>>2023년 8월

08.01. - 08.03.	2023 IEEE 24th International Conference on Information Reuse and Integration for Data Science (IRI)	Bellevue, Washington, USA	https://homepages.uc.edu/~niunn/IRI23/
08.01. - 08.04.	2023 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS)	Alexandria, Virginia, USA	https://ests.mit.edu/
08.02. - 08.04.	2023 IEEE 2nd German Education Conference (GECon)	Berlin, Germany	https://gecon2023.org/
08.02. - 08.03.	2023 International Conference on Advancement in Data Science, E-learning and Information System (ICADEIS)	Bali, Indonesia	https://icadeis.com/
08.03. - 08.05.	2023 5th International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)	Event Format: Virtual	http://www.icirca18.com/2023/
08.04. - 08.06.	2023 IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP)	Madison, Wisconsin, USA	https://iccp2023.iccp-conference.org/
08.04. - 08.06.	2023 IEEE 4th International Conference on Pattern Recognition and Machine Learning (PRML)	Urumqi, China	http://www.prml.org/
08.04. - 08.06.	2023 7th International Conference on Automation, Control and Robots (ICACR)	Kuala Lumpur, Malaysia	http://www.icacr.org/
08.05. - 08.07.	2023 IEEE 4th Annual Flagship India Council International Subsections Conference (INDISCON)	Mysore, India	https://www.indiscon.org/
08.05.	2023 IEEE 14th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)	Shah Alam, Malaysia	https://sites.google.com/view/icsgrc/home
08.06. - 08.09.	2023 IEEE 66th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)	Tempe, Arizona, USA	https://www.mwscas2023.org/
08.06. - 08.09.	2023 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)	Harbin, Heilongjiang, China	http://2023.ieee-icma.org/
08.07. - 08.08.	2023 IEEE/ACM International Symposium on Low Power Electronics and Design (ISLPED)	Vienna, Austria	http://www.islped.org/2023/
08.07. - 08.10.	2023 IEEE 14th International Conference on Power Electronics and Drive Systems (PEDS)	Montreal, Quebec, Canada	http://ieee-peds.org/
08.07. - 08.09.	2023 IEEE 35th International Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T)	Tokyo, Japan	https://conf.researchr.org/home/cseet-2023
08.08. - 08.10.	2023 International Electronics Symposium (IES)	Denpasar, Indonesia	https://ies.pens.ac.id/2023/
08.08. - 08.11.	2023 24th International Conference on Electronic Packaging Technology (ICEPT)	Shihezi City, China	http://www.icept.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
08.09. - 08.11.	2023 Silicon Valley Cybersecurity Conference (SVCC)	San Jose, California, USA	https://svcc2022.svcsi.org/
08.09. - 08.12.	2023 IEEE 3rd International Conference on Sustainable Energy and Future Electric Transportation (SEFET)	Bhubaneswar, India	https://sefet.in/
08.09. - 08.10.	2023 International Conference on Information Technology (ICIT)	Amman, Jordan	http://icit.zuj.edu.jo/icit2023/Index.html
08.09. - 08.11.	2023 8th International Conference on Instrumentation, Control, and Automation (ICA)	Jakarta, Indonesia	http://icaibt.id/
08.09. - 08.11.	2023 International Workshop on Intelligent Systems (IWIS)	Ulsan, Korea (South)	http://islab.ulsan.ac.kr/iwis2023/
08.10. - 08.12.	2023 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC Workshops)	Dalian, China	https://iccc2023.ieee-iccc.org/
08.10. - 08.11.	2023 International Conference on Circuit Power and Computing Technologies (ICCPCT)	Kollam, India	http://www.iccpct.in/
08.10. - 08.11.	2023 10th International Conference on Dependable Systems and Their Applications (DSA)	Tokyo, Japan	https://dsa23.techconf.org/
08.11. - 08.13.	2023 IEEE 6th International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII)	Sapporo, Japan	https://www.ickii.org/
08.13. - 08.17.	2023 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ)	Incheon, Korea (South)	http://fuzz-ieee.org/
08.13. - 08.16.	2023 IEEE International Flexible Electronics Technology Conference (IFETC)	San Jose, USA, California, USA	https://2023.ifetc.org/
08.14. - 08.16.	2023 10th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)	Marrakesh, Morocco	http://ficloud.org/2023/
08.14. - 08.16.	2023 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology (RFIT)	Cairns, Australia	https://www.rfit2023.org/index_s.php
08.15. - 08.16.	2023 9th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCCE)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://conference.iium.edu.my/iccce/
08.16. - 08.18.	2023 IEEE Conference on Control Technology and Applications (CCTA)	Bridgetown, Barbados	https://ieeecss.org/event/7th-ieee-conference-control-technology-and-applications
08.16.	2023 International Conference on Information Technology Research and Innovation (ICITRI)	Event Format: Virtual	https://icitri.nusamandiri.ac.id/
08.18. - 08.19.	2023 Second International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon)	Singapore, Singapore	http://smarttech-conference.org/2023/
08.18. - 08.22.	2023 IEEE 18th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)	Ningbo, China	https://www.ieeeiciea.org/2023/
08.18. - 08.19.	2023 7th International Conference On Computing, Communication, Control And Automation (ICCUBEA)	Pune, India	http://iccubea.pccoepune.com/
08.18. - 08.20.	2023 IEEE 6th International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence (PRAI)	Haikou, China	http://www.prai.net/index.html
08.19. - 08.26.	2023 XXXVth General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science (URSI GASS)	Sapporo, Japan	https://www.ursi-gass2023.jp/
08.20. - 08.21.	2023 International Conference for Technological Engineering and its Applications in Sustainable Development (ICTEASD)	Al-Najaf, Iraq	https://icteasd.org/
08.21. - 08.24.	2023 IEEE Conference on Games (CoG)	Boston, Massachusetts, USA	https://2023.ieee-cog.org/
08.21. - 08.23.	2023 20th Annual International Conference on Privacy, Security and Trust (PST)	Copenhagen, Denmark	https://pstnet.ca/
08.21. - 08.24.	2023 5th International Conference on Industrial Artificial Intelligence (IAI)	Shenyang, China	http://conf.kzgc.com.cn/iai2023/
08.22. - 08.25.	2023 27th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)	Mi. dzydroje, Poland	http://mmar.edu.pl/
08.23. - 08.24.	2023 11th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)	Event Format: Virtual	https://www.icoict.org/
08.23. - 08.25.	2023 IEEE Symposium on High-Performance Interconnects (HOTI)	Event Format: Virtual	https://hoti.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
08.23. - 08.25.	2023 Second International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS)	Event Format: Virtual	http://icaiss.in/2023/
08.25. - 08.28.	2023 IEEE Smart World Congress (SWC)	Portsmouth, United Kingdom	https://ieee-smart-world-congress.org/
08.25. - 08.26.	2023 IEEE 13th International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)	Penang, Malaysia	http://acscrg.com/iccsce2023/
08.25.	2023 IEEE 8th International Conference On Software Engineering and Computer Systems (ICSECS)	Penang, Malaysia	https://icsecs.ump.edu.my/index.php/en/
08.25. - 08.27.	2023 3rd Asian Conference on Innovation in Technology (ASIANCON)	Ravet IN, India	https://asiancon.org/
08.25. - 08.27.	2023 IEEE 17th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS)	Peradeniya, Sri Lanka	https://iciis.org/
08.25. - 08.27.	2023 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT)	Xining, China	https://www.ieee-smartiot.org/
08.25. - 08.26.	2023 International Conference on Networking, Electrical Engineering, Computer Science, and Technology (IConNECT)	Bandar Lampung, Indonesia	https://iconnect.teknokrat.ac.id/
08.26. - 08.27.	2023 15th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC)	Hangzhou, China	http://ihmsc.zju.edu.cn/
08.26. - 08.30.	2023 IEEE 19th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)	Auckland, New Zealand	https://case2023.org/
08.27. - 08.29.	2023 IEEE Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications in Asia (WiPDA Asia)	Hsinchu, Taiwan	https://www.wipda-asia2023.org/
08.27. - 08.29.	2023 IEEE Hot Chips 35 Symposium (HCS)	Palo Alto, California, USA	https://www.hotchips.org/
08.28. - 08.31.	2023 IEEE AUTOTESTCON	National Harbor, Maryland, USA	https://2023.autotestcon.com/
08.28. - 08.30.	2023 IEEE 11th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)	Athens, Greece	https://www.segah.org/2023/
08.28. - 08.31.	2023 32nd IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)	Busan, Korea (South)	http://ro-man2023.org/main
08.28. - 08.31.	2023 IEEE 14th International Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives (SDMPED)	Chania, Greece	https://www.ieee-sdmped.org/
08.28. - 08.31.	NAECON 2023 - IEEE National Aerospace and Electronics Conference	Dayton, Ohio, USA	https://attend.ieee.org/naecon-2023/
08.28. - 08.30.	2023 IEEE Regional Symposium on Micro and Nanoelectronics (RSM)	Langkawi, Malaysia	https://ieemalaysia-eds.org/rsm2023/
08.29. - 08.31.	2023 IEEE Conference on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB)	Eindhoven, Netherlands	https://cmte.ieee.org/cis-bbct/cibcb2023/
08.29. - 09.01.	2023 12th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)	Oshawa, Ontario, Canada	http://www.icrera.org/
08.30. - 09.01.	2023 28th International Conference on Automation and Computing (ICAC)	Birmingham, United Kingdom	https://cacsuk.co.uk/icac/
08.30. - 09.01.	2023 IEEE 6th International Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (MIPR)	Singapore	http://www.ieee-mipr.org/
08.30. - 09.01.	2023 IEEE 29th International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications (RTCSA)	Niigata, Japan	https://rtcsa.org/
08.30. - 09.01.	2023 International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Systems (ARIS)	Taipei, Taiwan	https://www.aris2023.org/
08.31. - 09.01.	2023 10th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)	Semarang, Indonesia	https://icitacee.undip.ac.id/2023/
>>2023년 9월			
08.01. - 08.03.	2023 IEEE 24th International Conference on Information Reuse and Integration for Data Science (IRI)	Bellevue, Washington, USA	https://homepages.uc.edu/~niunn/IRI23/
08.01. - 08.04.	2023 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS)	Alexandria, Virginia, USA	https://ests.mit.edu/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
08.02. - 08.04.	2023 IEEE 2nd German Education Conference (GECon)	Berlin, Germany	https://gecon2023.org/
08.02. - 08.03.	2023 International Conference on Advancement in Data Science, E-learning and Information System (ICADEIS)	Bali, Indonesia	https://icadeis.com/
08.03. - 08.05.	2023 5th International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)	Event Format: Virtual	http://www.icirca18.com/2023/
08.04. - 08.06.	2023 IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP)	Madison, Wisconsin, USA	https://iccp2023.iccp-conference.org/
08.04. - 08.06.	2023 IEEE 4th International Conference on Pattern Recognition and Machine Learning (PRML)	Urumqi, China	http://www.prml.org/
08.04. - 08.06.	2023 7th International Conference on Automation, Control and Robots (ICACR)	Kuala Lumpur, Malaysia	http://www.icacr.org/
08.05. - 08.07.	2023 IEEE 4th Annual Flagship India Council International Subsections Conference (INDISCON)	Mysore, India	https://www.indiscon.org/
08.05.	2023 IEEE 14th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)	Shah Alam, Malaysia	https://sites.google.com/view/icsgrc/home
08.06. - 08.09.	2023 IEEE 66th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)	Tempe, Arizona, USA	https://www.mwscas2023.org/
08.06. - 08.09.	2023 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)	Harbin, Heilongjiang, China	http://2023.ieee-icma.org/
08.07. - 08.08.	2023 IEEE/ACM International Symposium on Low Power Electronics and Design (ISLPED)	Vienna, Austria	http://www.islped.org/2023/
08.07. - 08.10.	2023 IEEE 14th International Conference on Power Electronics and Drive Systems (PEDS)	Montreal, Quebec, Canada	http://ieee-peds.org/
08.07. - 08.09.	2023 IEEE 35th International Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET)	Tokyo, Japan	https://conf.researchr.org/home/cseet-2023
08.08. - 08.10.	2023 International Electronics Symposium (IES)	Denpasar, Indonesia	https://ies.pens.ac.id/2023/
08.08. - 08.11.	2023 24th International Conference on Electronic Packaging Technology (ICEPT)	Shihezi City, China	http://www.icept.org/
08.09. - 08.11.	2023 Silicon Valley Cybersecurity Conference (SVCC)	San Jose, California, USA	https://svcc2022.svcsi.org/
08.09. - 08.12.	2023 IEEE 3rd International Conference on Sustainable Energy and Future Electric Transportation (SEFET)	Bhubaneswar, India	https://sefet.in/
08.09. - 08.10.	2023 International Conference on Information Technology (ICIT)	Amman, Jordan	http://icit.zuj.edu.jo/icit2023/Index.html
08.09. - 08.11.	2023 8th International Conference on Instrumentation, Control, and Automation (ICA)	Jakarta, Indonesia	http://icaibt.id/
08.09. - 08.11.	2023 International Workshop on Intelligent Systems (IWIS)	Ulsan, Korea (South)	http://islab.ulsan.ac.kr/iwis2023/
08.10. - 08.12.	2023 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC Workshops)	Dalian, China	https://iccc2023.ieee-iccc.org/
08.10. - 08.11.	2023 International Conference on Circuit Power and Computing Technologies (ICCPCT)	Kollam, India	http://www.iccpct.in/
08.10. - 08.11.	2023 10th International Conference on Dependable Systems and Their Applications (DSA)	Tokyo, Japan	https://dsa23.techconf.org/
08.11. - 08.13.	2023 IEEE 6th International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII)	Sapporo, Japan	https://www.ickii.org/
08.13. - 08.17.	2023 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ)	Incheon, Korea (South)	http://fuzz-ieee.org/
08.13. - 08.16.	2023 IEEE International Flexible Electronics Technology Conference (IFETC)	San Jose, USA, California, USA	https://2023.ifetc.org/
08.14. - 08.16.	2023 10th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)	Marrakesh, Morocco	http://ficloud.org/2023/
08.14. - 08.16.	2023 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology (RFIT)	Cairns, Australia	https://www.rfit2023.org/index_s.php

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
08.15. - 08.16.	2023 9th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCCE)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://conference.iium.edu.my/iccce/
08.16. - 08.18.	2023 IEEE Conference on Control Technology and Applications (CCTA)	Bridgetown, Barbados	https://ieeecs.org/event/7th-ieee-conference-control-technology-and-applications
08.16.	2023 International Conference on Information Technology Research and Innovation (ICITRI)	Event Format: Virtual	https://icitri.nusamandiri.ac.id/
08.18. - 08.19.	2023 Second International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon)	Singapore, Singapore	http://smarttech-conference.org/2023/
08.18. - 08.22.	2023 IEEE 18th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)	Ningbo, China	https://www.ieeeiciea.org/2023/
08.18. - 08.19.	2023 7th International Conference On Computing, Communication, Control And Automation (ICCUBEA)	Pune, India	http://iccubea.pccoepune.com/
08.18. - 08.20.	2023 IEEE 6th International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence (PRAI)	Haikou, China	http://www.prai.net/index.html
08.19. - 08.26.	2023 XXXVth General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science (URSI GASS)	Sapporo, Japan	https://www.ursi-gass2023.jp/
08.20. - 08.21.	2023 International Conference for Technological Engineering and its Applications in Sustainable Development (ICTEASD)	Al-Najaf, Iraq	https://icteasd.org/
08.21. - 08.24.	2023 IEEE Conference on Games (CoG)	Boston, Massachusetts, USA	https://2023.ieee-cog.org/
08.21. - 08.23.	2023 20th Annual International Conference on Privacy, Security and Trust (PST)	Copenhagen, Denmark	https://pstnet.ca/
08.21. - 08.24.	2023 5th International Conference on Industrial Artificial Intelligence (IAI)	Shenyang, China	http://conf.kzgc.com.cn/iai2023/
08.22. - 08.25.	2023 27th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)	Mi. dzysdroje, Poland	http://mmar.edu.pl/
08.23. - 08.24.	2023 11th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)	Event Format: Virtual	https://www.icoict.org/
08.23. - 08.25.	2023 IEEE Symposium on High-Performance Interconnects (HOTI)	Event Format: Virtual	https://hoti.org/
08.23. - 08.25.	2023 Second International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS)	Event Format: Virtual	http://icaiss.in/2023/
08.25. - 08.28.	2023 IEEE Smart World Congress (SWC)	Portsmouth, United Kingdom	https://ieee-smart-world-congress.org/
08.25. - 08.26.	2023 IEEE 13th International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)	Penang, Malaysia	http://acsorg.com/iccsc2023/
08.25.	2023 IEEE 8th International Conference On Software Engineering and Computer Systems (ICSECS)	Penang, Malaysia	https://icsecs.ump.edu.my/index.php/en/
08.25. - 08.27.	2023 3rd Asian Conference on Innovation in Technology (ASIANCON)	Ravet IN, India	https://asiancon.org/
08.25. - 08.27.	2023 IEEE 17th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS)	Peradeniya, Sri Lanka	https://iciis.org/
08.25. - 08.27.	2023 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT)	Xining, China	https://www.ieee-smartiot.org/
08.25. - 08.26.	2023 International Conference on Networking, Electrical Engineering, Computer Science, and Technology (IConNECT)	Bandar Lampung, Indonesia	https://iconnect.teknokrat.ac.id/
08.26. - 08.27.	2023 15th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC)	Hangzhou, China	http://ihmsc.zju.edu.cn/
08.26. - 08.30.	2023 IEEE 19th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)	Auckland, New Zealand	https://case2023.org/
08.27. - 08.29.	2023 IEEE Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications in Asia (WiPDA Asia)	Hsinchu, Taiwan	https://www.wipda-asia2023.org/
08.27. - 08.29.	2023 IEEE Hot Chips 35 Symposium (HCS)	Palo Alto, California, USA	https://www.hotchips.org/
08.28. - 08.31.	2023 IEEE AUTOTESTCON	National Harbor, Maryland, USA	https://2023.autotestcon.com/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
08.28. - 08.30.	2023 IEEE 11th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)	Athens, Greece	https://www.segah.org/2023/
08.28. - 08.31.	2023 32nd IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)	Busan, Korea (South)	http://ro-man2023.org/main
08.28. - 08.31.	2023 IEEE 14th International Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives (SDEMPED)	Chania, Greece	https://www.ieee-sdemped.org/
08.28. - 08.31.	NAECON 2023 - IEEE National Aerospace and Electronics Conference	Dayton, Ohio, USA	https://attend.ieee.org/naecon-2023/
08.28. - 08.30.	2023 IEEE Regional Symposium on Micro and Nanoelectronics (RSM)	Langkawi, Malaysia	https://ieemalaysia-eds.org/rsm2023/
08.29. - 08.31.	2023 IEEE Conference on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB)	Eindhoven, Netherlands	https://cmte.ieee.org/cis-bbct/cibcb2023/
08.29. - 09.01.	2023 12th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)	Oshawa, Ontario, Canada	http://www.icrera.org/
08.30. - 09.01.	2023 28th International Conference on Automation and Computing (ICAC)	Birmingham, United Kingdom	https://cacsuk.co.uk/icac/
08.30. - 09.01.	2023 IEEE 6th International Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (MIPR)	Singapore	http://www.ieee-mipr.org/
08.30. - 09.01.	2023 IEEE 29th International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications (RTCSA)	Niigata, Japan	https://rtcsa.org/
08.30. - 09.01.	2023 International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Systems (ARIS)	Taipei, Taiwan	https://www.aris2023.org/
08.31. - 09.01.	2023 10th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)	Semarang, Indonesia	https://icitacee.undip.ac.id/2023/

>>2023년 10월

10.01. - 10.05.	2023 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)	Detroit, Michigan, USA	https://ieee-iros.org/
10.01. - 10.05.	2023 European Conference on Optical Communications (ECOC)	Glasgow, United Kingdom	https://ecoc2023.theiet.org/?utm_source=cross_promo&utm_medium=web&utm_campaign=ecoc&utm_content=ieee
10.01. - 10.06.	2023 45th Annual EOS/ESD Symposium (EOS/ESD)	Riverside, California, USA	https://www.esda.org/events/45th-annual-eosesd-symposium-and-exhibits
10.01. - 10.06.	2023 ACM/IEEE 26th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS)	Västerås, Sweden	https://conf.researchr.org/home/models-2023/
10.01. - 10.05.	2023 IEEE/AIAA 42nd Digital Avionics Systems Conference (DASC)	Barcelona, Spain	https://2023.dasconline.org/
10.01. - 10.06.	2023 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)	Paris, France	https://iccv2023.thecvf.com/
10.01. - 10.03.	2023 ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems Companion (MODELS-C)	Västerås, Sweden	https://conf.researchr.org/home/models-2023
10.01. - 10.05.	2023 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)	Maui, Hawaii, USA	https://ieeesmc2023.org/
10.01. - 10.03.	2023 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT)	Anchorage, Alaska, USA	https://www.isspit.org/
10.01. - 10.06.	2023 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME)	Bogotá, Colombia	https://conf.researchr.org/home/icsme-2023
10.01. - 10.03.	2023 IEEE International Symposium on Workload Characterization (IISWC)	Ghent, Belgium	http://iiswc.org/iiswc2023/
10.02. - 10.06.	2023 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)	Washington, District of Columbia, USA	https://conf.researchr.org/home/vlhcc-2022
10.02. - 10.05.	2023 IEEE 48th Conference on Local Computer Networks (LCN)	Daytona Beach, Florida, USA	https://www.ieeelcn.org/
10.02. - 10.03.	2023 IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI)	Charlotte, North Carolina, USA	https://ieee-isi.org/2023/
10.02. - 10.06.	2023 13th European Space Power Conference (ESPC)	Elche, Spain	https://atpi.eventsair.com/esp2023/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.02. - 10.06.	2023 European Data Handling & Data Processing Conference (EDHPC)	Juan Les Pins, France	https://atpi.eventsair.com/edhpc-conference/
10.02. - 10.04.	2023 IEEE International Symposium on Defect and Fault Tolerance in VLSI and Nanotechnology Systems (DFT)	Juan-Les-Pins, France	http://www.dfts.org/
10.02. - 10.05.	2023 IEEE International Conference and Expo on Real Time Communications at IIT (RTC)	Chicago, Illinois, USA	https://www.rtc-conference.com/2023/
10.02. - 10.05.	2023 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS)	Orlando, Florida, USA	https://cns2023.ieee-cns.org/
10.02. - 10.06.	2023 7th International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT)	Astrakhan, Russia	https://icct2023astrakhan.com/
10.02.	2023 IEEE 13th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)	Shah Alam, Malaysia	https://sites.google.com/view/icset-malaysia/home
10.02. - 10.03.	2023 IEEE 23rd International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation (SCAM)	Bogotá, Colombia	http://www.ieee-scam.org/2023/
10.02. - 10.03.	2023 4th International Scientific Conference of Al-Ayen University: Intelligent Systems and Applications (ISCUA:ISA)	Thi-Qar, Iraq	http://conf4.alayen.edu.iq/
10.03. - 10.05.	2023 International Conference on Cyberworlds (CW)	Sousse, Tunisia	https://cw2023.ieee.tn/
10.04. - 10.06.	2023 14th International Conference on Network of the Future (NoF)	Izmir, Turkey	https://nof.dnac.org/
10.04. - 10.05.	2023 14th International Conference on Information & Communication Technology and System (ICTS)	Surabaya, Indonesia	https://elib.its.ac.id/conf/icts/public/
10.04. - 10.06.	2023 IEEE/ACM 27th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT)	Singapore, Singapore	http://ds-rt.com/2023/
10.04. - 10.06.	2023 Workshop on Microwave Theory and Technology in Wireless Communications (MTTW)	Riga, Latvia	http://mttw.rtu.lv/
10.04. - 10.06.	2023 IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea)	La Valletta, Malta	https://www.metrosea.org/
10.04. - 10.06.	2023 Systems and Technologies of the Digital HealthCare (STDH)	Tashkent, Uzbekistan	http://stdh-2023.uz/
10.04. - 10.11.	2023 IEEE 68th Holm Conference on Electrical Contacts (HOLM)	Seattle, Washington, USA	https://ieee-holm.org/
10.05. - 10.06.	2023 9th International Conference on Optimization and Applications (ICOA)	AbuDhabi, United Arab Emirates	https://lct.ac.ae/en/icoa/
10.05. - 10.07.	2023 International Conference Automatics and Informatics (ICAI)	Varna, Bulgaria	http://www.ica-conf.org/
10.05. - 10.06.	2023 IEEE 64th International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS)	Riga, Latvia	http://itms.rtu.lv/
10.05. - 10.06.	2023 IEEE Electronic Design Process Symposium (EDPS)	Sunnyvale, California, USA	https://www.ieee-edps.com/
10.05. - 10.06.	2023 International Conference on Multimedia Analysis and Pattern Recognition (MAPR)	Quy Nhon, Vietnam	https://mapr.uit.edu.vn/
10.05. - 10.06.	2023 IEEE Workshop on Power Electronics and Power Quality Applications (PEPQA)	Cali, Colombia	http://pepqa.co/
10.06. - 10.08.	2023 IEEE International Conference on Blockchain and Distributed Systems Security (ICBDS)	New Raipur, India	https://www.icbds.in/
10.06. - 10.07.	2023 International Conference on Advanced Computing Technologies and Applications (ICACTA)	Mumbai, India	https://www.djicacta.in/
10.06. - 10.08.	2023 4th IEEE Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)	Bangalore, India	http://globeconf.org/
10.07. - 10.15.	2023 IEEE International Test Conference (ITC)	Anaheim, California, USA	http://www.itctestweek.org/
10.07. - 10.08.	2023 IEEE 5th International Conference on Cybernetics, Cognition and Machine Learning Applications (ICCMLA)	Event Format: Virtual	https://www.intdatacon.com/
10.08. - 10.11.	2023 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://2023.ieeeicip.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.08. - 10.13.	2023 Antenna Measurement Techniques Association Symposium (AMTA)	Renton, Washington, USA	https://2023.amta.org/
10.08. - 10.12.	2023 IEEE International Integrated Reliability Workshop (IIRW)	South Lake Tahoe, California, USA	https://www.iirw.org/
10.08. - 10.11.	2023 IEEE International Conference on Image Processing Challenges (ICIPC)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://2023.ieeeicip.org/
10.09. - 10.13.	2023 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)	Venice, Italy	https://www.iceaa.net/j3/
10.09. - 10.13.	2023 IEEE 19th International Conference on e-Science (e-Science)	Limassol, Cyprus	https://www.escience-conference.org/2023/
10.09. - 10.12.	2023 IEEE International Conference on Computing (ICOCO)	Langkawi, Malaysia	https://ieeecomputer.my/icoco2023/
10.09. - 10.11.	2023 IEEE International Conference on Technology and Entrepreneurship (ICTE)	Kaunas, Lithuania	https://icte.ieee-tems.org/
10.09. - 10.13.	2023 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA)	Venice, Italy	https://www.iceaa.net/j3/
10.09. - 10.10.	2023 International Conference on IT and Industrial Technologies (ICIT)	Chiniot, Pakistan	https://icit.nu.edu.pk/
10.09.	2023 Guardians Workshop (Guardians)	Event Format: Virtual	https://www.bhavi.us/BhaviHome/Symposia/202310
10.09. - 10.12.	2023 IEEE 34th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE)	Firenze, Italy	https://issre.github.io/2023/
10.09. - 10.11.	2023 IEEE 19th International Conference on Body Sensor Networks (BSN)	Boston, Massachusetts, USA	https://bsn.embs.org/2023/
10.10. - 10.13.	2023 IEEE Seventh Ecuador Technical Chapters Meeting (ECTM)	Ambato, Ecuador	https://attend.ieee.org/etcm-2023/
10.10. - 10.13.	2023 IEEE 31st International Conference on Network Protocols (ICNP)	Reykjavik, Iceland	https://icnp23.cs.ucr.edu/
10.10. - 10.11.	2023 3rd International Conference on Emerging Smart Technologies and Applications (eSmarTA)	Taiz, Yemen	https://esmarta.yostr.org/
10.10. - 10.12.	2023 IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob)	Bali, Indonesia	https://apwimobconf.org/
10.10. - 10.12.	2023 International Conference on Computer Science and Emerging Technologies (CSET)	Bangalore, India	https://set.jainuniversity.ac.in/international-conference/
10.11. - 10.13.	2023 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU)	Sivas, Turkey	http://asyu.inista.org/EN/
10.11. - 10.13.	2023 IEEE 5th International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)	Dali, China	http://www.iccasit.org/
10.11. - 10.13.	2023 Communication and Information Technologies (KIT)	Vysoke Tatry, Slovakia	https://www.kitaos.sk/index.php?conference=kit2023&schedConf=KIT2023
10.11. - 10.13.	2023 27th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)	Timisoara, Romania	http://icstcc2023.cs.upt.ro/
10.11. - 10.13.	2023 International Semiconductor Conference (CAS)	Sinaia, Romania	https://www.imt.ro/cas/
10.11. - 10.13.	2023 IEEE International Conference on Space Optical Systems and Applications (ICSOS)	Vancouver, British Columbia, Canada	https://icsos2023.ieee-icsos.org/
10.11. - 10.14.	2023 14th International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)	Jeju Island, Korea (South)	https://ictc.org/
10.11. - 10.13.	2023 7th International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)	Event Format: Virtual	https://i-smac.org/ismac2023/
10.11. - 10.13.	2023 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIEMEN)	Craiova, Romania	https://siemen.ucv.ro/
10.11. - 10.13.	2023 IEEE Learning with MOOCS (LWMOOCS)	Cambridge, Massachusetts, USA	https://2023.lwmoocs-conference.org/
10.11. - 10.15.	2023 IEEE International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST)	Pune, India	https://site.ieee.org/icst/2023-pune-india/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.12. - 10.15.	2023 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)	Radnor, Pennsylvania, USA	https://ieeeghtc.org/
10.12. - 10.14.	2023 IEEE International Conference on Artificial Intelligence & Green Energy (ICAIGE)	Sousse, Tunisia	https://icaige.recherche-scientifique.com/
10.12. - 10.15.	2023 Global Reliability and Prognostics and Health Management Conference (PHM-Hangzhou)	Hangzhou, China	https://icphm.org/
10.12. - 10.13.	2023 Seventh International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME)	Beirut, Lebanon	http://ireee.org/icabme23/
10.12. - 10.27.	2023 IEEE 9th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)	Aveiro, Portugal	https://wfot2023.iot.ieee.org/
10.12. - 10.14.	2023 IEEE 14th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)	New York, New York, USA	https://ieee-uemcon.org/
10.13. - 10.16.	2023 IEEE 15th International Conference on Advanced Infocomm Technology (ICAIT)	Hefei, China	http://www.icaith.org/
10.13. - 10.14.	2023 IEEE International Conference on Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics (DISCOVER)	Mangalore, India	http://www.ieee-discover.org/
10.13. - 10.15.	2023 11th International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (ICSGCE)	Kuala Lumpur, Malaysia	http://www.icsgce.org/
10.13. - 10.15.	2023 IEEE International Conference on Unmanned Systems (ICUS)	Hefei, China	http://icus.c2.org.cn/
10.13. - 10.14.	2023 1st International Conference on Advanced Engineering and Technologies (ICONNIC)	Kediri, Indonesia	https://iconnic.unpkediri.ac.id/
10.14. - 10.18.	2023 IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS)	Monterey, California, USA	https://bcicts.org/
10.14. - 10.15.	2023 IEEE Symposium on Computers & Informatics (ISCI)	Shah Alam, Malaysia	https://www.isci.asia/
10.14. - 10.17.	2023 IEEE 32nd Asian Test Symposium (ATS)	Beijing, China	https://ats2023.casconf.cn/
10.14. - 10.15.	2023 Sixth International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)	Surabaya, Indonesia	http://icvee.conference.unesa.ac.id/
10.15. - 10.18.	2023 IEEE 32nd Conference on Electrical Performance on Electronic Packaging and Systems (EPEPS)	Milpitas, California, USA	http://www.epeps.org/
10.15. - 10.19.	2023 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP)	East Rutherford, New Jersey, USA	https://ceidp.org/
10.15. - 10.18.	2023 IEEE EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)	Pittsburgh, Pennsylvania, USA	https://embs.embs.org/2023/
10.15. - 10.17.	2023 North American Power Symposium (NAPS)	Asheville, North Carolina, USA	https://www.wcu.edu/engage/professional-enrichment/conferences-and-community-classes/naps-2023/index.aspx
10.15. - 10.18.	2023 International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP)	Nanjing, China	http://mwp2023.org/
10.15. - 10.16.	2023 IEEE Visualization in Data Science (VDS)	Melbourne, Australia	https://www.visualdatascience.org/2023/index.html
10.16. - 10.20.	IECON 2023- 49th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society	Singapore, Singapore	https://www.iecon2023.org/
10.16. - 10.18.	2023 22nd International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT)	Sydney, Australia	https://iscit2023.org/
10.16. - 10.18.	2023 IEEE 33rd International Conference on Microelectronics (MIEL)	Nis, Serbia	https://miel.elfak.ni.ac.rs/
10.16. - 10.18.	2023 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH)	Vienna, Austria	http://media-publisher.eu/conference-emctech/call-for-papers/
10.16. - 10.18.	2023 International Conference on Data Security and Privacy Protection (DSPP)	Xi'an, China	https://dspp2023.xidian.edu.cn/
10.16. - 10.19.	2023 Twelfth International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA)	Paris, France	https://www.ipta-conference.com/ipta23/
10.16. - 10.18.	2023 IEEE 11th Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)	Rajkot, India	https://r10htc2023.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.16. - 10.21.	2023 Antennas Design and Measurement International Conference (ADMInC)	Saint Petersburg, Russia	https://etu.ru/en/university/conferences/antennas-design-and-measurement-international-conference-2023-admnc2023
10.16. - 10.18.	2023 IFIP/IEEE 31st International Conference on Very Large Scale Integration (VLSI-SoC)	Dubai, United Arab Emirates	https://sites.google.com/view/vlsi-soc2023/home?pli=1
10.16. - 10.18.	2023 8th IEEE Workshop on the Electronic Grid (eGRID)	Karlsruhe, Germany	https://www.egrid2023.com/index.php
10.16. - 10.18.	2023 IEEE International Automated Vehicle Validation Conference (IAVVC)	Austin, Texas, USA	https://iccve2022.org/
10.16. - 10.20.	2023 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)	Sydney, Australia	https://ismar23.org/
10.16. - 10.20.	2023 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)	Sydney, Australia	https://ismar23.org/
10.16. - 10.18.	2023 7th Cyber Security in Networking Conference (CSNet)	Montreal, Quebec, Canada	https://csnet-conference.org/2023/
10.17. - 10.21.	2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)	College Station, Texas, USA	https://fie-conference.org/
10.17. - 10.18.	2023 IEEE 14th International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)	Event Format: Virtual	http://www.icsess.org/
10.17. - 10.20.	2023 IEEE 6th Colombian Conference on Automatic Control (CCAC)	Popayan, Colombia	https://www.ieeeccac2023.org/
10.17. - 10.20.	2023 IEEE 35th International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing (SBAC-PAD)	Porto Alegre, Brazil	https://www.inf.pucrs.br/sbacpad2023/
10.17. - 10.18.	2023 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST)	Copenhagen, Denmark	https://ist2023.ieee-ims.org/
10.17. - 10.20.	2023 23rd International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)	Yeosu, Korea (South)	https://2023.iccas.org/
10.18. - 10.20.	2023 International Conference on Self Sustainable Artificial Intelligence Systems (ICSSAS)	Event Format: Virtual	https://icssat.com/
10.18. - 10.20.	2023 International Conference on Communications, Computing, Cybersecurity, and Informatics (CCCI)	Chongqing, China	http://atc.udg.edu/CCCI2023/
10.18. - 10.20.	2023 IEEE Secure Development Conference (SecDev)	Atlanta, Georgia, USA	https://secdev.ieee.org/2023/home
10.18. - 10.20.	2023 IEEE 17th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)	Baku, Azerbaijan	https://www.aict.info/?csc=2023
10.18. - 10.20.	2023 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)	Ixtapa, Mexico	https://ropec.org/
10.18. - 10.19.	2023 International Conference on University Teaching and Learning (InCULT)	Shah Alam, Malaysia	https://incult.uitm.edu.my/
10.18. - 10.20.	2023 15th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE)	Hanoi, Vietnam	http://kse2023.actvn.edu.vn/
10.18. - 10.20.	2023 IEEE 9th Information Technology International Seminar (ITIS)	Batu Malang, Indonesia	http://2023.itisconf.org/
10.19. - 10.21.	2023 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS)	Toronto, Ontario, Canada	https://2023.ieee-biocas.org/
10.19. - 10.20.	2023 International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EExPolytech)	ST PETERSBURG, Russia	https://eexpolytech.spbstu.ru/
10.19. - 10.21.	2023 International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC)	Da Nang, Vietnam	https://atc-conf.org/
10.19. - 10.20.	2023 IEEE 2nd International Conference on Cognitive Mobility (CogMob)	Budapest, Hungary	https://cogmob.hu/
10.19. - 10.20.	2023 International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEE)	Ho Chi Minh, Vietnam	https://feee-conf.com/isee2023/
10.19. - 10.20.	2023 First International Conference on Advances in Electrical, Electronics and Computational Intelligence (ICAEECI)	Tiruchengode, India	http://icaeci.com/
10.19. - 10.21.	2023 Eighth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)	Manado, Indonesia	https://icic-apikom.org/2023/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.20. - 10.23.	2023 International Conference on Cyber-Physical Social Intelligence (ICCSI)	Xi'an, China	http://agist.org/iccsi2023/
10.20. - 10.21.	2023 International Conference on Evolutionary Algorithms and Soft Computing Techniques (EASCT)	Bengaluru, India	https://easct.in/
10.20. - 10.22.	2023 IEEE 23rd International Conference on Communication Technology (ICCT)	Wuxi, China	https://www.ieee-icct-wuxi.com/
10.20. - 10.22.	2023 2nd Asian Conference on Frontiers of Power and Energy (ACFPE)	Chengdu, China	https://acfpe.org/index.html
10.20. - 10.23.	2023 5th International Conference on System Reliability and Safety Engineering (SRSE)	Beijing, China	http://www.srse.org/
10.20. - 10.22.	2023 4th International Conference on Intelligent Design (ICID)	Xi'an, China	http://www.ic-id.org/
10.20. - 10.22.	2023 6th International Conference on Software Engineering and Computer Science (CSECS)	Chengdu, China	http://www.csse2023.net/
10.20. - 10.22.	2023 International Conference on Power and Renewable Energy Engineering (PREE)	Tokyo, Japan	http://www.pree.net/index.html
10.21. - 10.22.	2023 IEEE 11th International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT)	Dalian, China	http://www.iccsnt.org/ICCSNT2023/
10.21. - 10.27.	2023 IEEE Visualization and Visual Analytics (VIS)	Melbourne, Australia	https://ieevis.org/year/2023/welcome
10.21. - 10.23.	2023 5th Novel Intelligent and Leading Emerging Sciences Conference (NILES)	Giza, Egypt	https://www.nilesconf.org/
10.21. - 10.22.	2023 International Conference on the Cognitive Computing and Complex Data (ICCD)	Huaian, China	http://www.icc-cs.cn/
10.21. - 10.25.	2023 32nd International Conference on Parallel Architectures and Compilation Techniques (PACT)	Vienna, Austria	https://pact2023.github.io/
10.22. - 10.25.	2023 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA)	New Paltz, New York, USA	https://wasppaa.com/
10.22. - 10.25.	2023 15th Seminar on Power Electronics and Control (SEPOC)	Santa Maria, Brazil	https://sepoc.com.br/
10.22. - 10.23.	2023 IEEE Workshop on Visualization for Social Good (VIS4Good)	Melbourne, Australia	https://vis4good.github.io/
10.22. - 10.23.	2023 Topological Data Analysis and Visualization (TopoInVis)	Melbourne, Australia	https://topoinvis-workshop.github.io/2023/index.html
10.22. - 10.23.	2023 IEEE VIS Workshop on Visualization for Pandemic and Emergency Responses (Vis4PandEmRes)	Melbourne, Australia	https://vis4pandemres.github.io/
10.22. - 10.27.	2023 IEEE VIS Arts Program (VISAP)	Melbourne, Australia	https://visap.net/2023/
10.23. - 10.26.	2023 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)	Doha, Qatar	https://www.isncc-conf.org/
10.23. - 10.26.	2023 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV)	Boca del Rio, Veracruz, Mexico	https://www.ieeeicev.org/
10.23. - 10.26.	2023 42nd IEEE International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)	Concepcion, Chile	http://jcc2023.cl/
10.23. - 10.27.	2023 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)	New Orleans, Louisiana, USA	https://conf.researchr.org/home/esem-2023
10.23. - 10.25.	2023 IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference (NMDC)	Paestum, Italy	https://ieeenmdc.org/nmdc-2023/
10.23. - 10.27.	2023 IEEE International Workshop Technical Committee on Communications Quality and Reliability (CQR)	Washington, District of Columbia, USA	https://cqr2023.ieee-cqr.org/
10.23. - 10.25.	2023 10th International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS)	San Antonio, Texas, USA	https://emergingtechnet.org/IOTSMS2023/index.php
10.23. - 10.24.	2023 IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON)	Kuching, Malaysia	https://site.ieee.org/malaysia-pels/
10.23.	2023 IEEE 13th Symposium on Large Data Analysis and Visualization (LDAV)	Melbourne, Australia	https://ldav.org/2023/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.23. - 10.25.	2023 6th International Conference on Applied Computational Intelligence in Information Systems (ACIIS)	Bandar Seri Begawan, Brunei Darussalam	http://conference.utb.edu.bn/aciis2023/
10.23. - 10.27.	2023 World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC)	Monterrey, Mexico	https://eventos.tec.mx/s/lt-event?language=es_MX&id=a5u8X000001KTRmQAO
10.24. - 10.27.	2023 IEEE 15th International Conference on ASIC (ASICON)	Nanjing, China	http://www.asicon.org/
10.24. - 10.26.	2023 Fourth International Conference on Intelligent Data Science Technologies and Applications (IDSTA)	Kuwait, Kuwait	https://intelligenttech.org/IDSTA2023/
10.24. - 10.27.	2023 IEEE 28th Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC)	Singapore, Singapore	https://prdc.dependability.org/PRDC2023/
10.24. - 10.26.	2023 Fifth International Conference on Blockchain Computing and Applications (BCCA)	Kuwait, Kuwait	https://intelligenttech.org/BCCA2023/
10.24. - 10.26.	2023 IEEE Physical Assurance and Inspection of Electronics (PAINE)	Huntsville, Alabama, USA	https://paine-conference.org/
10.25. - 10.27.	2023 16th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications (TELSIKS)	Nis, Serbia	http://www.telsiks.org.rs/
10.25. - 10.27.	2023 IEEE International Conference on Metrology for eXtended Reality, Artificial Intelligence and Neural Engineering (MetroXRINE)	Milano, Italy	https://metroxraine.org/
10.25. - 10.27.	2023 18th International Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conference (IMPACT)	Taipei, Taiwan	https://www.impact.org.tw/site/page.aspx?pid=901&sid=1283&lang=en
10.25. - 10.28.	2023 20th International SoC Design Conference (ISOC)	Jeju, Korea (South)	https://isoc.org/
10.25. - 10.27.	2023 International Conference on Speech Technology and Human-Computer Dialogue (SpED)	Bucharest, Romania	https://sped.pub.ro/
10.25. - 10.27.	2023 International Conference on Engineering Applied and Nano Sciences (ICEANS)	Erbil, Iraq	https://sites.google.com/soran.edu.iq/iceans-2023/home
10.25. - 10.27.	2023 IEEE 8th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)	Bahrain, Bahrain	https://icetas.etssm.org/
10.25. - 10.28.	2023 22nd International Symposium on Power Electronics (Ee)	Novi Sad, Serbia	http://www.dee.uns.ac.rs/
10.25. - 10.26.	2023 International Conference on Converging Technology in Electrical and Information Engineering (ICCTEIE)	Bandar Lampung, Indonesia	http://iccteie.eng.unila.ac.id/
10.26. - 10.28.	2023 8th International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEEE)	Galati, Romania	https://www.iseee.ugal.ro/2023/
10.26. - 10.27.	2023 IEEE 2nd International Conference on Cognitive Aspects of Virtual Reality (CVR)	Veszprém, Hungary	https://scitope.com/cvr23/
10.26. - 10.27.	2023 15th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)	Chiang Mai, Thailand	https://icitee2023.it.kmitl.ac.th/
10.26. - 10.28.	2023 IEEE Women in Engineering (WIE) Forum USA East	Pittsburgh, Pennsylvania, USA	https://attend.ieee.org/wie-forum-usa-east-2023/
10.26. - 10.27.	2023 11th International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM)	Bucharest, Romania	http://ciem.upb.ro/2023/
10.26. - 10.28.	2023 7th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)	Ankara, Turkey	http://www.ismsitconf.org/
10.26. - 10.29.	2023 Big Data Meets Survey Science (BigSurv)	Quito, Ecuador	https://www.bigsurv.org/
10.26. - 10.28.	2023 International Symposium on Electromobility (ISEM)	Monterrey, Mexico	https://electromobilityisem.tec.mx/en/welcome
10.26. - 10.28.	2023 International Conference on Information and Communication Technology for Development for Africa (ICT4DA)	Bahir Dar, Ethiopia	https://ict4daconf.org/
10.26. - 10.27.	2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)	Makassar, Indonesia	http://citism.id/citism2023/
10.27. - 10.29.	2023 IEEE International Conference on Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices (ASEMD)	Tianjin, China	https://r10.ieee.org/cc-csc/asemd2023/
10.27. - 10.29.	2023 7th CAA International Conference on Vehicular Control and Intelligence (CVCI)	Changsha, China	http://www.ascl.jlu.edu.cn/vci/cvci2023/Home.htm

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.27. - 10.29.	2023 IEEE 5th Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE)	Yunlin, Taiwan	https://www.ecice.asia/
10.27. - 10.29.	2023 7th International Conference on Computer Applications in Electrical Engineering-Recent Advances (CERA)	Roorkee, India	http://cera23.iitr.ac.in/
10.27. - 10.29.	2023 6th International Conference on Robotics, Control and Automation Engineering (RCAE)	Suzhou, China	http://www.rcae.net/
10.27. - 10.29.	2023 IEEE 3rd International Conference on Data Science and Computer Application (ICDSCA)	Dalian, China	http://www.icdscs.net/
10.27. - 10.29.	2023 4th International Conference on Advanced Electrical and Energy Systems (AEES)	Shanghai, China	http://www.aees.org/
10.27. - 10.29.	2023 6th International Conference on Computing and Big Data (ICCBD)	Shanghai, China	http://www.iccbd.org/index.html
10.27. - 10.28.	2023 International Conference on New Frontiers in Communication, Automation, Management and Security (ICCAMS)	Bangalore, India	https://iccams-presidencyuniversity.netlify.app/
10.27. - 10.28.	2023 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET)	Istanbul, Turkey	https://iceet.net/
10.28. - 10.30.	2023 IEEE 8th International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE)	Beijing, China	http://www.icite.org/
10.28. - 10.02.	2023 IEEE/ACM International Conference on Computer Aided Design (ICCAD)	San Francisco, California, USA	https://iccad.com/
10.28. - 11.01.	2023 56th IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO)	Toronto, Ontario, Canada	https://microarch.org/
10.29. - 11.02.	2023 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS)	Nashville, Tennessee, USA	https://ias.ieee.org/2023annualmeeting
10.29. - 11.01.	2023 57th Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers	Pacific Grove, California, USA	https://www.asilomarsscconf.org/
10.29. - 11.01.	2023 IEEE SENSORS	Vienna, Austria	https://2023.ieee-sensorsconference.org/
10.29. - 10.30.	2023 Computer Applications & Technological Solutions (CATS)	Mubarak Al-Abdullah, Kuwait	https://cats23.gust.edu.kw/
10.29. - 11.01.	2023 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)	Ipojuca (Porto de Galinhas), Brazil	https://netuh.github.io/la-cci-home/
10.29. - 11.02.	2023 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)	Nashville, Tennessee, USA	https://www.ieee-ecce.org/2023/
10.30. - 11.03.	MILCOM 2023 - 2023 IEEE Military Communications Conference (MILCOM)	Boston, Massachusetts, USA	https://milcom2023.milcom.org/
10.30. - 11.03.	2023 Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM)	Dallas, Texas, USA	https://2023.magnetism.org/
10.30. - 11.03.	2023 IEEE International Symposium On Antennas And Propagation (ISAP)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://isap2023.apmttemc.org/
10.30. - 11.01.	2023 IEEE 41st International Conference on Computer Design (ICCD)	Washington, District of Columbia, USA	https://www.iccd-conf.com/Home.html
10.31. - 11.03.	2023 IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER)	Santa Fe, New Mexico, USA	https://clustercomp.org/committee/
10.31. - 11.03.	2023 IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm)	Glasgow, United Kingdom	https://sgc2023.ieee-smartgridcomm.org/
10.31. - 11.04.	TENCON 2023 - 2023 IEEE Region 10 Conference (TENCON)	Chiang Mai, Thailand	https://www.tencon2023.org/
10.31. - 11.01.	2023 IEEE Nordic Circuits and Systems Conference (NorCAS)	Aalborg, Denmark	https://events.tuni.fi/norcass2023/
10.31. - 11.03.	2023 Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)	Taipei, Taiwan	https://www.apsipa2023.org/

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	김지호	경기도 오산시 가창로 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	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	이웅상, 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, 곽노정	경기도 이천시 부발읍 아미리 산 136-1	031-630-4114	http://www.skhynix.com
네이버(주)	최수연	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	임현문	대전시 유성구 테크로9로	042-930-4300	www.djtp.or.kr
도요일렉트론코리아(주)	원제형	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)	한종희, 경계현	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
(주)LX세미콘	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	http://www.nextinsol.com
(주)더스텍	김태진	경기도 안양시 동안구 학의로 292 금강펜테리움IT타워 A동 1061호	031-450-6300	http://www.doestek.co.kr
(주)만도	정몽원, 조성현, 김광현	경기도 평택시 포승읍 하만호길 32	02-6244-2997	www.mando.com
(주)빅텍	임만규	경기도 이천시 마장면 덕이로 180-31	031-631-7301	http://www.vitek.co.kr
(주)스프링클라우드	송영기	경기도 성남시 창업로 42	031-778-8328	www.aspringcloud.com
(주)시스메이트	이상만	대전시 유성구 유성대로 1184길 41	042-486-6135	http://www.sysmate.com
주식회사 뷰웍스	김후식	경기도 안양시 동안구 부림로 170번길 41-3	070-7011-6161	https://www.vieworks.com
(주)실리콘마이터스	허엽	경기도 성남시 분당구 대왕판교로 660 유스페이스-1 A동 8층	1670-7665	http://www.siliconitus.com
(주)싸이몬	정창호	경기도 성남시 분당구 별말로48(구 야탑동 272-1 케이디티빌딩)	02-480-8580	http://www.cimon.com
(주)싸인텔레콤	박영기	서울시 영등포구 경인로 775, 문래동 3가 에이스하이테크시티 1동 119호	02-3439-0033	http://www.signtelecom.com
(주)솔리드	정준, 이승희	경기도 성남시 분당구 판교역로 220 솔리드스페이스	031-627-6000	http://www.st.co.kr
(주)유니트론텍	남궁 선	서울시 강남구 영동대로 638(삼도빌딩) 9층	02-573-6800	http://unitrontech.com
(주)코클리어닷에이아이	한윤창	서울시 강남구 봉은사로 51길 26		www.cochl.ai
(주)크레셈	오상민	대전시 유성구 대덕대로 582, 4층 402호(도룡동, 옥토빌딩)	031-427-3445	http://www.cressem.com
(주)텔레칩스	이장규	서울시 송파구 올림픽로 35다길 42(신천동 한국루터회관)19~23층	02-3443-6792	www.telechips.com
(주)티에이치엔	이광연, 채승훈	대구시 달서구 갈산동 973-3	053-583-3001	http://www.th-net.co.kr
(주)티엘아이	김달수	경기도 성남시 중원구 양현로 405번길 12 티엘아이 빌딩	031-784-6800	http://www.tli.co.kr
(주)해치텍	최성민	충북 청주시 청원구 오창읍 연구단지로 40, 스타기업관 207호	043-715-9034	http://www.haechitech.com
중소벤처기업진흥공단	김학도	경상남도 진주시 동진로 430	055-751-9380	www.kosmes.or.kr
케이케이테크(주)	김경하	경기도 안성시 대덕면 무능로132	031-678-1586	http://www.k-ktch.co.kr
코어인사이트(주)	유용훈	경기도 성남시 중원구 갈마치로 186 반포테크노피아 5층	031-750-9200	http://www.coreinsight.co.kr
한국알박(주)	김선길	경기도 평택시 청북읍 한산길5	031-683-2922	http://www.ulvackora.co.kr
한국인터넷진흥원	이원태	서울시 송파구 중대로 135 (가락동) IT벤처타워	02-405-5118	http://www.kisa.or.kr
한국전기연구원	명성호	경남 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)	055-280-1114	http://www.keri.re.kr
한국전자기술연구원	김영삼	경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)	031-789-7000	http://www.keti.re.kr
한국전자통신연구원	김명준	대전시 유성구 가정로 218	042-860-6114	http://www.etri.re.kr
한화시스템(주)	김연철	서울시 중구 청계천로 86 (장교동) 한화비딩 (19,20층)	02-729-3030	http://www.hanwhasystems.com
현대로템(주)	이용배	경기도 의왕시 철도박물관로 37	031-596-9114	http://www.hyundai-rottem.co.kr
현대모비스(주)	조성환	서울시 강남구 테헤란로 203	02-2018-5114	http://www.mobis.co.kr
현대자동차(주)	정익선, 장재훈, 이동석	경기도 화성시 장덕동 772-1	02-3464-1114	http://www.hyundai-motor.com
호리바에스텍코리아(주)	김성환 외 1명	경기도 용인시 수지구 디지털벨리로 98 호리바빌딩	031-6520-6500	http://www.horiba.com
히로세코리아(주)	이상엽	경기도 시흥시 정왕동 희망공원로 250	031-496-7000	http://www.hirose.co.kr
히타치하이테크코리아(주)	MIYOSHI KEITA	경기도 성남시 분당구 정자일로 155, 엔16층(정자동, 분당두산타워)	031-725-4201	https://www.hitachi-hightech.com

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 (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>

제50권 제6호(통권 제469호)

The Magazine of the IEIE

2023년 6월 20일 인쇄

2023년 6월 25일 발행

발행및

편집인

인쇄인

발행인

(사) 대한전자공학회

한림원(주)

사 단 법 인 대 한 전 자 공 학 회

회장 이 혁 재

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
 - 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)

5. 문의처

◆ 대한전자공학회 사무국 변은정 부장(회원담당)

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

“미래 기술 · 신산업 기술 정보의 보고” 해동일본기술정보센터, 최신 정보 한글요약 제공



서울대학교 공과대학 해동일본기술정보센터는 대덕전자(故)김정식 회장님의 열정과 지원에 의해 최신 일본 기술정보를 산업계와 학계에 널리 알리고자 2010년 3월에 설립하여 현재까지 운영해 오고 있습니다.

3천여권의 공학 및 신산업 관련 서적과 20여종의 Nikkei가 발행한 정기간행물과 40여개사의 기술보고서 등 4천여권의 도서를 통해 다양한 분야의 기술 정보를 제공하고 있습니다.

2016년부터는 소장 정보를 26개의 신산업 카테고리별로 구분하여 미래기술과 신산업 관련한 정기간행물의 특집기사와 신문기사의 한글요약 제공과 함께, 주간브리핑 등을 통해 매주 새로운 정보를 메일과 SNS 등으로 배포하고 있습니다.

상세한 사항은 로그인 없이 모든 정보와 이용이 가능한 홈페이지를 참조바랍니다.



해동일본기술정보센터
HAEDONG JAPAN TECHNOLOGY INFORMATION CENTER
HJTIC <http://hjt看.snu.ac.kr>

08826 서울특별시 관악구 관악로 1,
서울대학교 공과대학 35동
전화 : 02-880-8279



<https://www.facebook.com/snuhjt看>



<http://blog.naver.com/hjt看2010>



카카오톡 오픈채팅@HJTIC 브리핑룸

주간브리핑의 무료 이메일 구독을 원하시면,
'hjt看@snu.ac.kr'에 "구독"으로 신청.

카카오톡으로 매일의 기사까지 받아 보시려면,
'오픈채팅@HJTIC브리핑룸' 가입 (pw:2016)