

ISSN 1016-9288

제49권 5호

2022년 5월호

전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.49. no.5

ICEIC 2022 Review Paper

(International Conference on Electronics, Information, and Communication)

- 모방 학습을 통한 그래프 기반 하위 작업 표현 학습
- 자율주행 자동차를 위한 비근시적 경로 계획 방법론
- 지능형 반사 표면을 활용한 다중 입·출력 시공간 선 부호화 시스템
- 하부 절연체가 삽입된 기판을 통한 Multi-Bridge Channel MOSFET 누설전류 최적화



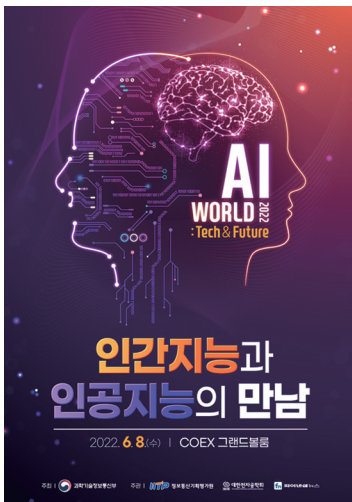
대한전자공학회

The Institute of Electronics and Information Engineers

www.theieie.org

AI WORLD 2022 : Tech & Future

- 일 시 & 장소 : '22. 6. 8.(수) / 코엑스 그랜드볼룸(1F), 온라인
- 주 최 : 과학기술정보통신부
- 주 관 : 정보통신기획평가원, 대한전자공학회, 파이낸셜 뉴스
- 후 원 : 정보과학회, 정보처리학회, 한국인공지능학회, 한국인지과학회, 한국계산뇌과학회, 서울대학교, 한국과학기술원, LG, 솔트룩스, 한국전자통신연구원, 한국전자기술연구원



미래 사회에서의 인공지능은 어떤 모습을 하고 있을까요?

많은 과학자들과 연구자들은 '인간과 유사한 정도 지능' 혹은 그 이상의 지능을 가지게 될 것으로 예측합니다.

오늘날 기술의 발전으로 예전에는 상상도 하지 못할 많은 일들을 기계학습 기반의 인공지능이 해내고 있고, 누구나 생활 속에서 인공지능을 쉽게 접할 수 있습니다. 자율주행차, 음성인식, 질병 예측, 스마트 홈, 내비게이션 등 이미 우리 생활에 익숙한 다양한 디바이스와 서비스들에 인공지능 기술이 쓰이고 있습니다. 그러나 여전히 범용 인공지능으로 가기 위한 기술적 한계도 명확합니다. 이를 해결하기 위해 전세계적으로 다양한 방법론들이 시도되고 있고, 이중 가장 효율적이고 뛰어난 방법론이 미래 인공지능 기술의 트렌드를 지배하게 될 것입니다.

AI WORLD 2022 프로그램

이번 'AI World 2022 : Tech & Future' 컨퍼런스는 「인공지능과 인공지능의 만남」이라는 주제로 6월 8일 수요일에 서울 코엑스 그랜드 볼룸에서 개최됩니다.

인공지능을 효과적으로 이용하기 위한 국내·외 최고수준 전문가들의 다양한 제안과 토론이 있을 예정입니다. 특히 범용 인공지능을 위한 '자연지능'과 '인공지능'의 융합 등 미래 인공지능의 새로운 방법론에 대해 논의하는 자리도 마련했습니다. 또한 후원에 포함돼 있는 AI학회와 과학기술정보통신부-IITP 정책 담당자의 심도있는 R&D 정책 간담회가 예정되어 있으며 일반인들도 우리 삶에 깊숙히 들어와 있는 AI를 직접 체험할 수 있는 체험형 전시 공간도 마련됩니다

미래 인공지능 기술에 관심있는 많은 분들의 참여를 부탁드립니다.

시 간		내 용	
		컨퍼런스(인간지능과 인공지능의 만남, 1F 그랜드볼룸)	
오전 세션	09:00~09:10	• 개회식(개회사, 환영사, 축사)	
	09:10~10:00	• 오프닝 대담 – 인공지능의 미래 삼성리서치 세바스찬 송 사장 – KAIST 정재승 교수	
	10:00~10:40	• Keynote – 할리우드는 왜 AI에 열광하는가? 웨타디지털 임해광 연구위원	
	10:40~11:10	• Keynote – 지능의 탄생 이대열 존스홉킨스 교수	
	11:10~12:00	• 특별좌담 디지털플랫폼정부: AI정부가 국민의 사랑받는 비서가 되려면 싱가포르 국가CTO, 한국 정부	
	12:00~13:00	Lunch Break	
오후 세션	13:00~13:30	초거대 AI 기술트렌드 세션	• AI서비스의 미래 ; 카카오 최동진 AI 최고책임자
	13:30~14:00		• 초거대 AI 인프라 기술 발전 방향 ; 네이버 성낙호 책임리더
	14:00~14:30		• 인공지능이 인간지능을 치료한다 ; 스탠포드대 이진형 교수
	14:30~15:00	인공지능 서비스 세션	• 글로벌 AI기술 발전 트렌드 ; 마이크로소프트 최윤석 전무
	15:00~15:20	Coffee Break & 에스파 뮤직비디오 상영	
	15:20~15:50	지능형 에이전트 및 디지털 휴먼 세션	• 지능형 에이전트 방향 ; KT 배순민 소장
	15:50~16:20		• 포스트 엑소브레인, 담뿔 등 미래 AI 방향 ; ETRI 이윤근 소장
	16:20~16:50		• 디지털 휴먼이 이끄는 미래사회 ; 솔트룩스 이경일 대표
	16:50~17:20	AIoT 세션	• IoT와 AI의 만남, 디지털 지구를 잇다! ; 에스디플렉스 노주환 대표
09:00~18:00		전시 및 시연(1F 그랜드볼룸 101~102)	
■ 담뿔 / 엑소브레인 / VTT, XAI 등 정부R&D 성과시연 ■ LG 클라우드 로봇 과제 시연 ■ KETI · 카이스트 AI자율비행 드론 시연			
* 프로그램은 사정에 따라 변동될 수 있습니다.			

2022 하계종합학술대회



2022년 6월 29일(수) ~ 7월 1일(금)
제주신화월드(서귀포시)

주요일정

- ① 논문제출 : 2022년 5월 11일(수)
- ② 심사통보 : 2022년 5월 25일(수)
- ③ 사전등록 : 2022년 5월 17일(화)~6월 10일(금)

발표분야

소사이어티	연구회
통신[Communication]	통신, 스위칭 및 라우팅, 마이크로파 및 전파전파, ITS, 군사전자, 방송·통신 융합기술, 무선PAN/BAN, 미래 네트워크
반도체[Semiconductor]	반도체소자 및 재료, SoC 설계, 광파 및 양자전자공학, PCB&Package, RF 집적회로, 정보보안시스템, 내방사선 반도체 설계 및 소자, ESD/EOS & Latchup, 인 메모리 컴퓨팅
컴퓨터[Computer]	융합컴퓨팅, 멀티미디어, 인공지능 신경망 및 퍼지시스템, M2M/IoT, 휴먼ICT, 인공지능및보안, 증강휴먼, AI응용
인공지능 신호처리[AI Signal Processing]	영상신호처리, 음향 및 신호처리, 영상이해, 바이오영상신호처리, 딥러닝
시스템 및 제어[System and Control]	의용전자 및 생체공학, 제어계측, 회로 및 시스템, 전력전자, 지능로봇, 국방정보 및 제어, 자동차전자, 의료영상시스템, 스마트팩토리, 스마트미터링
산업전자[Industry Electronics]	산업전자제어, 임베디드시스템, 유비쿼터스 센서네트워크, 디지털통신 시스템
New Emerging Area	의료, 에너지, Software, 기타

1st CALL FOR PAPERS

ITC-CSCC 2022

The 37th International Technical Conference on Circuits
/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2022)

July 5-8, 2022, Duangjitt Resort & Spa,
Patong, Phuket, Thailand

With the great success of the International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC) as the world leading conference devoted to the advancement of high technologies in Circuits, Systems, Computers, and Communications, we would like to invite all the scholars and experts around the world to attend the 37th ITC-CSCC 2022 to be hosted in Phuket, Thailand.

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 work in all aspects of Circuits, Systems, Computers, and Communications are invited. Topics include, but not limited to, the followings

Circuit and systems

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

Communications

- Antenna & Wave Propagation
- Audio / Speech Signal Processing
- Circuits & Components for Communications
- IP Networks & QoS
- MIMO & Space-Time Codes
- Multimedia Communications
- Mobile & Wireless Communications
- Network Management & Design
- Optical Communications & Components
- Radar / Remote Sensing
- Communication Signal Processing
- Ubiquitous Networks
- UWB
- Visual Communications
- Wireless Sensor Networks
- Underwater Communications

Computers

- Artificial Intelligence
- Biocomputing
- Computer Systems & Applications
- Computer Vision
- Face Detection & Recognition
- Image Coding & Analysis
- Image Processing
- Internet Technology & Applications
- Motion Analysis
- Multimedia Service & Technology
- Object Extraction & Technology
- Security
- Watermarking
- Blockchain
- Data Analytics
- Internet of Things
- Virtual Reality

Submission of Papers

Prospective authors are invited to submit an original paper with 2 – 4 pages in length of PDF format written in English. Paper submission procedures are available at <https://itc-cscc2022.org>

Proceedings and Publications

All registered participants are provided with online conference proceedings. Upon requested, accepted papers will be published in IEEE Xplore. Moreover, authors of the accepted papers are encouraged to submit full-length manuscripts to IEIE JSTS (Korea), IEIE SPC (Korea), IEICE Transactions (Japan), or ECTI Transactions (Thailand). All the submissions need to follow the standard procedure of their publication and be published on regular issues.

Contact: secretary@itc-cscc2022.org , <http://www.itc-cscc2022.org>

Important Dates

Deadline of Manuscript Submission : ~~April 1, 2022~~ April 30, 2022

Notification of Acceptance : May 14, 2022

Submission of Camera-Ready Paper : June 6, 2022



IEIE
The Institute of Electronics
and Information Engineers



ECTI
Association

IEEE/IEIE

ICCE-Asia 2022

The 7th International Conference on Consumer Electronics (ICCE) Asia

10.26^(Wed) - 10.28^(Fri), 2022

SONO CALM HOTEL, Yeosu, South Korea

Presentation Guidelines

The conference will be held with face-to-face presentations of papers at the conference site at SONO CALM HOTEL, Yeosu, South Korea where online paper presentations (using videos submitted in advance) will be permitted in case the presenter cannot attend the conference.

Organized by the IEEE Consumer Technology Society and the Institute of Electronics and Information Engineers, ICCE-Asia 2022 which will be held in the SONO CALM HOTEL, Yeosu, South Korea is an event open to researchers and engineers from industry, research centres, and academia to exchange information and results related to Consumer Technologies (CT). 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 CT industry.

TOPICS OF IEEE/IEIE ICCE-ASIA 2022

- 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 2022, 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-asia2022.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 16th, 2022**
- Accepted papers notification: **September 1st, 2022**
- Final submission due: **September 16th, 2022**

CONTACT POINT

- Secretariat : inter@theieie.org





4차 산업혁명 시대, 키티스가 함께합니다

키티스는 ASTM, SAE, IEEE 한국공인 딜러사입니다



IEEE

Authorized Dealer in Korea



키티스 産學研情報(株)
KITIS Info. & Co., Ltd.

CONTENTS

제49권 5호 (2022년 5월)



※ 학회지 5월호 표지 (vol 49, No 5)

회지편집위원회

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

학회소식

- 12 학회소식 / 편집부
- 17 Pre-View : 대한전자공학회 하계종합학술대회

특집 : 2022 ICEIC (International Conference on Electronics, Information, and Communications)

- 19 특집편집기 / 선우경
- 20 모방 학습을 통한 그래프 기반 하위 작업 표현 학습 / 유세욱
- 28 자율주행 자동차를 위한 비근시적 경로 계획 방법론 / 조재경, 김성우
- 38 지능형 반사 표면을 활용한 다중 입 · 출력 시공간 선 부호화 시스템 / 김재홍, 정진곤, 최지훈, 김주엽
- 49 하부 절연체가 삽입된 기판을 통한 Multi-Bridge Channel MOSFET 누설전류 최적화 / 유송길, 김소영

회원광장

- 56 논문지 논문목차
- 58 박사학위 논문초록 / 방수식(한국공학대)

정보교차로

- 59 국내외 학술행사 안내 / 편집부
- 72 특별회원사 및 후원사 명단

2022년도 임원 및 각 위원회 위원

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

이 사
협 동 이 사

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

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

지부장 명단

강 원 지 부
대구·경북지부
부산·경남·울산지부
제 주 지 부
호 서 지 부
미 국

강 문 식 (강릉원주대학교 교수)
공 성 호 (경북대학교 교수)
김 현 철 (울산대학교 교수)
고 석 준 (제주대학교 교수)
강 윤 희 (백석대학교 교수)
최 명 준 (텔레다인 박사)

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

최 수 일 (전남대학교 교수)
이 문 식 (한국전자통신연구원 실장)
김 대 순 (전주비전대학교 교수)
최 영 규 (한국교통대학교 교수)
백 인 천 (AIJU대학교 교수)
Prof. Edis B. TEN (National University of Science and Technology)

위원회 명단

자문위원회

위원장	김수중 (경북대학교 명예교수)
부위원장	김도현 (국민대학교 명예교수)
위원	고성재 (고려대학교 교수)
	김성대 (한국과학기술원 명예교수)
	나정웅 (한국과학기술원 명예교수)
	박성한 (한양대학교 명예교수)
	백준기 (중앙대학교 교수)
	윤종용 (한국공학대학교인증원 이사장)
	이재홍 (서울대학교 명예교수)
	이태원 (고려대학교 명예교수)
	전국진 (서울대학교 명예교수)
	홍대식 (연세대학교 교수)

구용서 (단국대학교 교수)
김영권 (건국대학교 명예교수)
문영식 (한양대학교 교수)
박진옥 (육군사관학교 명예교수)
서정옥 ((전) 과학기술부 장관)
이문기 (연세대학교 명예교수)
이진구 (동국대학교 명예교수)
임제탁 (한양대학교 명예교수)
전홍태 (중앙대학교 명예교수)
홍승홍 (인하대학교 명예교수)

김덕진 (고려대학교 명예교수)
김재희 (연세대학교 명예교수)
박규태 (연세대학교 명예교수)
박항구 (소암시스템 명예교수)
성광모 (서울대학교 명예교수)
이상설 (한양대학교 명예교수)
이충웅 (서울대학교 명예교수)
임혜숙 (이화여자대학교 교수)
정정화 (한양대학교 명예교수)

기획위원회

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

이남윤 (포항공과대학교 교수)
채찬병 (연세대학교 교수)

이한림 (중앙대학교 교수)

학술연구위원회 – 하계

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

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

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

학술연구위원회 – 추계

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

곽수영 (한밭대학교 교수)
김진영 (광운대학교 교수)
서성규 (고려대학교 교수)
이주연 (전주전대학교 교수)
한영선 (부경대학교 교수)

곽진태 (고려대학교 교수)
김형탁 (홍익대학교 교수)
양준성 (연세대학교 교수)
정방철 (충남대학교 교수)

논문편집위원회

위원장	신오순 (송실대학교 교수)
위원	강명곤 (한국교통대학교 교수)
	김병서 (홍익대학교 교수)
	김소영 (성균관대학교 교수)
	박종선 (고려대학교 교수)
	심정연 (강남대학교 교수)
	이종호 (송실대학교 교수)
	한태희 (성균관대학교 교수)

구민석 (인천대학교 교수)
김선웅 (건국대학교 교수)
김영선 (대림대학교 교수)
손일수 (서울과학기술대학교 교수)
유동훈 (삼성종합기술원 박사)
이후진 (한성대학교 교수)
홍민철 (송실대학교 교수)

권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)
김선웅 (건국대학교 교수)
박성욱 (강릉원주대학교 교수)
송익현 (한양대학교 교수)
이윤구 (광운대학교 교수)
최강선 (한국기술교육대학교대학교 교수)

국제협력위원회

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

김주성 (한밭대학교 교수)
장익준 (경희대학교 교수)

오윤호 (성균관대학교 교수)

산학연합동위원회

위원장	이강윤 (성균관대학교 교수)	최병호 (한국전자기술연구원 본부장)	
부위원장	김종선 (홍익대학교 교수)	김상훈 (한라대학교 교수)	김익재 (한국과학기술연구원 박사)
위원	강용성 (와이즈넷㈜ 대표이사)	백준호 (퓨리오사 대표이사)	서영호 (광운대학교 교수)
	남상준 (세미파이버 상무)	손기욱 (국가보안기술연구소 책임연구원)	안호균 (한국전자통신연구원 실장)
	서종열 (LG전자㈜ 그룹장)	이승환 (SPRI 실장)	이재규 (삼성전자㈜ 마스터)
	유선우 (SK하이닉스㈜ 팀장)	전종욱 (건국대학교 교수)	정일권 (한국전자통신연구원 본부장)
	이종민 (SK텔레콤㈜ 원장)	홍철호 (중앙대학교 교수)	
	최윤석 (한밭대학교 연구위원)		

회원관리위원회

위원장	김용신 (고려대학교 교수)	김윤 (서울시립대학교 교수)	
위원	김선욱 (고려대학교 교수)	김용태 (경북대학교 조교수)	김혁 (서울시립대학교 교수)
	민경식 (국민대학교 교수)	박동욱 (서울시립대학교 교수)	오정훈 (삼성전자㈜ 마스터)
	유경창 (삼성전자㈜ 수석연구원)	이상훈 (₩웨이브피아 대표이사)	

회지편집위원회

위원장	선우경 (서울대학교 교수)	김영진 (한국생산기술연구원 박사)	김형진 (인하대학교 교수)
위원	김명선 (한성대학교 교수)	송민협 (한국전자통신연구원 선임)	이덕진 (전북대학교 교수)
	민경식 (국민대학교 교수)	이철 (동국대학교 교수)	정은성 (홍익대학교 교수)
	이정원 (서울대학교 교수)	황효석 (가천대학교 교수)	
	조성재 (가천대학교 교수)		

사업위원회

위원장	정진곤 (중앙대학교 교수)	강제원 (이화여자대학교 교수)	김익균 (한국전자통신연구원 본부장)
	서창호 (한국과학기술원 교수)	유찬세 (한국전자기술연구원 센터장)	제민규 (한국과학기술원 교수)
	조성현 (한양대학교 교수)		
위원	강동우 (홍익대학교 교수)	권종기 (한국전자통신연구원 연구전문위원)	권태수 (서울과학기술대학교 교수)
	김성진 (UNIST 교수)	김주엽 (숙명여자대학교 교수)	김중헌 (고려대학교 교수)
	안광호 (한국전자기술연구원 센터장)	안호균 (한국전자통신연구원 실장)	윤상훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
	이남윤 (포항공과대학교 교수)	임매순 (한국과학기술연구원 선임연구원)	허재두 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	현유진 (DGIST 책임연구원)		

교육연구위원회

위원장	변대석 (삼성전자㈜ 마스터)	강문식 (강릉원주대학교 교수)	
위원	강명곤 (한국교통대학교 교수)	김훈 (인천대학교 교수)	김지훈 (이화여자대학교 교수)
	동성수 (용인예술과학대학교 교수)	박영우 (TEL 기술총괄)	변영재 (UNIST 교수)
	윤종윤 (₩ 파두 대표이사)	이영택 (ASML 전무)	이후진 (한성대학교 교수)

홍보위원회

위원장	강석주 (서강대학교 교수)	김영진 (한국항공대학교 교수)	김용석 (성균관대학교 교수)
위원	김소영 (성균관대학교 교수)	김형진 (인하대학교 교수)	민경식 (국민대학교 교수)
	김진규 (고려대학교 교수)	이윤식 (UNIST 교수)	이채은 (인하대학교 교수)
	이구순 (파이낸셜뉴스 부국장)	홍성완 (서강대학교 교수)	황진영 (한국항공대학교 교수)
	조성인 (동국대학교 교수)		

표준화위원회

위원장	연규봉 (한국자동차연구원 팀장)	김성동 (서울과학기술대학교 교수)	김원종 (한국전자통신연구원 실장)
부위원장	차철웅 (한국전자기술연구원 센터장)	이상근 (성균관대학교 교수)	정교일 (한국전자통신연구원 책임연구원)
위원	권기원 (성균관대학교 교수)		
	배준호 (가천대학교 교수)		
	좌성훈 (서울과학기술대학교 교수)		

정보화위원회

위원장	권구덕 (강원대학교 교수)	남기창 (동국대학교 교수)	배준성 (강원대학교 교수)
위원	고승훈 (광운대학교 교수)	임동구 (전남대학교 부교수)	조현종 (강원대학교 교수)
	백지선 (삼성전자₩ 수석연구원)	추상혁 (현대자동차 책임매니저)	한정환 (충남대학교 교수)
	차혁규 (서울과학기술대학교 교수)		

AI위원회

위 원 장	김 영 민 (서울대학교 교수)	김 성 우 (서울대학교 교수)	김 유 철 (LG AI연구원 부문장)
위 원	권 준 석 (중앙대학교 교수)	안 상 철 (한국과학기술연구원 책임연구원)	장 성 욱 (카카오모빌리티 상무)
	배 순 민 (KT 소장)	하 정 우 (네이버 AI연구소장)	홍 병 우 (중앙대학교 교수)
	전 세 영 (서울대학교 교수)		
	홍 제 형 (한양대학교 교수)		

지부담당위원회

위 원 장	이 승 호 (한밭대학교 교수)	강 윤 희 (백석대학교 교수)	공 성 호 (경북대학교 교수)
위 원	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)	김 현 철 (울산대학교 교수)	이 문 식 (한국전자통신연구원 실장)
	김 대 순 (전주비전대학교 교수)	최 수 일 (전남대학교 교수)	최 영 규 (한국교통대학교 교수)
	고 석 준 (제주대학교 교수)		

선거관리위원회

위 원 장	이 재 홍 (서울대학교 명예교수)	김 성 우 (서울대학교 교수)	김 용 신 (고려대학교 교수)
위 원	권 혁 인 (중앙대학교 교수)	이 정 우 (중앙대학교 교수)	전 세 영 (서울대학교 교수)
	김 현 (서울과학기술대학교 교수)		

포상위원회

위 원 장	백 준 기 (중앙대학교 교수)	노 원 우 (연세대학교 교수)	이 정 우 (중앙대학교 교수)
위 원	김 종 욱 (고려대학교 교수)	이 혁 재 (서울대학교 교수)	
	이 종 호 (서울대학교 교수)		
위원 및 간사겸임	전 세 영 (서울대학교 교수)		

재정위원회

위 원 장	서 승 우 (서울대학교 교수)	김 현 (서울과학기술대학교 교수)	박 성 한 (명예회장)
위 원	구 용 서 (단국대학교 교수)	원 제 형 (도교일렉트론코리아 대표이사)	이 윤 종 ((전) ㈜DB하이텍 부사장)
	박 영 기 ((주)싸인텔레콤 대표이사)	인 치 호 (세명대학교 교수)	홍 대 식 (연세대학교 교수)
	이 혁 재 (서울대학교 교수)		

인사위원회

위 원 장	서 승 우 (서울대학교 교수)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	김 현 (서울과학기술대학교 교수)
위 원	김 성 우 (서울대학교 교수)		
	이 혁 재 (서울대학교 교수)		

JSTS 편집위원회

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

SPC위원회

위 원 장	심 동 규 (광운대학교 교수)	김 영 민 (홍익대학교 교수)	김 원 준 (건국대학교 교수)
위 원	강 석 주 (서강대학교 교수)	김 종 욱 (고려대학교 교수)	박 철 수 (광운대학교 교수)
	김 재 곤 (한국항공대학교 교수)	유 양 모 (서강대학교 교수)	이 채 은 (인하대학교 교수)
	서 영 호 (광운대학교 교수)	최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)	황 원 준 (아주대학교 교수)
	정 승 원 (동국대학교 교수)		
	황 인 철 (강원대학교 교수)		

Society 명단

통신소사이터티

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

반도체소사이터티

회 장	김 진 상 (경희대학교 교수)	권 오 경 (한양대학교 교수)	김 영 환 (포항공과대학교 교수)
자 문 위 원	공 준 진 (삼성전자공과대학교 교수)	김 회 석 (청주대학교 교수)	박 홍 준 (포항공과대학교 교수)
	김 재 석 (연세대학교 교수)	손 보 익 (주)LX세미콘 대표)	신 윤 승 (반소 전임회장)
	선우명훈 (아주대학교 교수)	우 남 성 (반소 전임회장)	이 승 훈 (서강대학교 교수)
	신 현 철 (한양대학교 교수)	임 형 규 (반소 전임회장)	장 성 진 (삼성전자(주) 부사장)
	임 신 일 (서경대학교 교수)	정 영 모 (경희대학교 교수)	정 향 근 (전북대학교 교수)
	전 영 현 (삼성SD(주) 부회장)	조 경 순 (한국외국어대학교 교수)	조 상 복 (울산대학교 교수)
	정 해 수 (Synopsis 사장)	최 기 영 (서울대학교 교수)	최 승 중 (LG전자(주) 부사장)
	조 중 휘 (인천대학교 교수)		
	허 여 (실리콘마이터스 대표이사)		
감 사	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	이 광 엽 (서경대학교 교수)	
부 회 장	김 동 규 (한양대학교 교수)	안 기 현 (한국반도체산업협회 전무)	이 한 호 (인하대학교 교수)
	이 희 덕 (충남대학교 교수)	최 중 호 (서울시립대학교 교수)	
총 무 이 사	고 형 호 (충남대학교 교수)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	류 현 석 (서울대학교 교수)
	박 종 선 (고려대학교 교수)	윤 찬 호 (삼성전자(주) 마스터)	황 상 준 (삼성전자 부사장)
편 집 이 사	노 정 진 (한양대학교 교수)	유 창 식 (삼성전자(주) 부사장)	조 성 재 (가천대학교 교수)
	한 태 희 (성균관대학교 교수)		
학 술 이 사	강 진 구 (인하대학교 교수)	김 철 우 (고려대학교 교수)	범 진 욱 (서강대학교 교수)
	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 균 (전북대학교 교수)	차 호 영 (홍익대학교 교수)
	최 우 영 (연세대학교 교수)	최 창 환 (한양대학교 교수)	
사 업 이 사	강운병 (삼성전자(주) 마스터)	공 배 선 (성균관대학교 교수)	공 정 택 (성균관대학교 교수)
	김 동 손 (한국전자기술연구원 PD)	김 소 영 (성균관대학교 교수)	김 시 호 (연세대학교 교수)
	김 용 석 (성균관대학교 교수)	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)	김 종 선 (홍익대학교 교수)
	백 광 현 (중앙대학교 교수)	변 대 석 (삼성전자(주) 마스터)	손 교 민 (삼성전자(주) 마스터)
	송 용 호 (삼성전자(주) 전무)	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 연구위원)	오 정 우 (연세대학교 교수)
	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	조 태 제 (삼성전자(주) 고문)	최 규 명 (서울대학교 교수)
	최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)	최 윤 경 (고려대학교 교수)	최 준 린 (경북대학교 교수)
재 무 이 사	권 기 원 (성균관대학교 교수)	이 성 수 (숭실대학교 교수)	
산 학 이 사	김 경 수 (넥스트칩 대표)	김 동 현 (ICT(주) 사장)	김 보 은 (라운텍 사장)
	김 준 석 (ADT 사장)	나 준 호 (주)LX세미콘 전무)	손 재 철 (어브반도체 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 대표)	
	노 원 우 (연세대학교 교수)	문 용 (숭실대학교 교수)	
회 원 이 사	김 형택 (홍익대학교 교수) - 반도체소자 및 재료	김 상 인 (아주대학교 교수) - 광파 및 양자전자공학	
연구회위원장	문 용 (숭실대학교 교수) - SoC설계	김 영 진 (한국항공대학교 교수) - RF집적회로	
	정 원 영 ((주)태성에스엔이 부분부장) - PCB&Package	김 익 균 (한국전자통신연구원 본부장) - 정보보안시스템	
	장 익 준 (경희대학교 교수) - 내방사선 반도체 설계 및 소자	김 한 구 (삼성전자공과대학교 교수) - ESD/EOS & Latchup	
	노 원 우 (연세대학교 교수) - 인 메모리 컴퓨팅		
협 동 위 원	강명곤 (한국교통대학교 교수)	강 석 형 (포항공과대학교 교수)	권 영 수 (한국전자통신연구원 본부장)
	김 수 연 (동국대학교 교수)	김 영 민 (홍익대학교 교수)	김 재 욱 (KIST 그룹장)
	김 현 (서울과학기술대학교 교수)	류 성 주 (숭실대학교 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 형 민 (고려대학교 교수)	전 동 석 (서울대학교 교수)
	전 성 훈 (삼성전자 상무)	정 무 경 (SK 사피온 담당 (임원))	정 윤 호 (한국항공대학교 교수)

제민규 (한국과학기술원 교수)
최재혁 (한국과학기술원 교수)
황태호 (한국전자기술연구원 센터장)

추민성 (한양대학교 교수)
최재혁 (성균관대학교 교수)

채형일 (건국대학교 교수)
한정환 (충남대학교 교수)

컴퓨터소사이터티

회장
명예회장

황성운 (가천대학교 교수)
신인철 (단국대학교 명예교수)
김형중 (고려대학교 교수)
안병구 (홍익대학교 교수)
김승천 (한성대학교 교수)
정교일 (한국전자통신연구원 책임)

박인정 (단국대학교 명예교수)
홍유식 (상지대학교 교수)
이규대 (공주대학교 교수)
강문식 (강릉원주대학교 교수)
남상엽 (국제대학교 교수)
이후진 (한성대학교 교수)
김도현 (제주대학교 교수)
권호열 (강원대학교 교수)

박준명 (한국교통대학교 교수)
허영 (스마트의료기기산업진흥재단 부이사장)
안현식 (동명대학교 교수)
정용규 (울지대학교 교수)

자문위원
감무이사
부회장

변영재 (UNIST 교수)
박수현 (국민대학교 교수)
최용수 (신한대학교 교수)
심정연 (강남대학교 교수)
강상욱 (상명대학교 교수)
김영학 (산업기술평가관리원 본부장)

박성욱 (강릉원주대학교 교수)
우운택 (한국과학기술원 교수)
황인정 (명지병원 책임)
김효선 (울지대학교 조교)

윤은준 (경일대학교 교수)
조민호 (고려대학교 교수)

협동부회장

이기영 (인천대학교 교수)
정은성 (홍익대학교 교수)
노소영 (월송출판 대표이사)
이덕기 (연암공과대학교 교수)
진성아 (성결대학교 교수)
강병권 (순천향대학교 교수)
김천식 (세종대학교 교수)
이찬수 (영남대학교 교수)
한태화 (연세대의료원 팀장)

박영훈 (숙명여자대학교 교수)
김선욱 (고려대학교 교수)
이문구 (김포대학교 교수)
정해명 (김포대학교 교수)

김병서 (홍익대학교 교수)
진훈 (경기대학교 겸임교수)

총무이사
재무이사
홍보이사
편집이사

임재균 (명지병원 소장)
한영선 (부경대학교 교수)
이충규 (조선대학교 교수)
서민석 (고려대학교 교수)
박승창 (주)유오씨 사장)
유성철 (LG히다찌 본부장)
김대희 (한국정보통신 대표이사)
서봉상 (서울폴랜드 이사)
이학준 (이노비에스코리아 연구소장)

임경원 (대림대학교 교수)
황석중 (SK Telecom 박사)
김명선 (한성대학교 교수)
한상민 (순천향대학교 교수)
차시호 (청운대학교 교수)
오승훈 (주얼린 대표이사)
조병순 (CNCInstrument 사장)
김은영 (투와이시스템즈 이사)
이재홍 (유비벨록스모바일 대표이사)

기장근 (공주대학교 교수)
김진홍 (배재대학교 교수)
이민호 (경북대학교 교수)
한규필 (금오공과대학교 교수)

학술이사

심정연 (강남대학교 교수) - 멀티미디어
윤은준 (경일대학교 교수) - 융합컴퓨팅
김도현 (제주대학교 교수) - M2M/IoT
황성운 (가천대학교 교수) - 인공지능 및 보안

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

김홍균 (다스파워 이사)
황재정 (군산대학교 교수)
고한열 (고려대학교 교수)
이정선 (울지대학교 교수)
황진영 (항공대학교 교수)
송지봉 (웨이버스 이사)
조병영 (주)태진인포텍 전무)
신희희 (대보정보통신 부장)

사업이사

연구회위원장

인공지능 신호처리소사이터티

회장
자문위원

송병철 (인하대학교 교수)
김종욱 (고려대학교 교수)
김정태 (이화여자대학교 교수)
김홍국 (광주과학기술원 교수)
전병우 (성균관대학교 교수)

심동규 (광운대학교 교수)
조남익 (서울대학교 교수)
홍민철 (송실대학교 교수)

김창익 (한국과학기술원 교수)
이영렬 (세종대학교 교수)
박종일 (한양대학교 교수)

부회장
협동부회장

고병철 (계명대학교 교수)
예종철 (한국과학기술원 교수)
김남수 (서울대학교 교수)
한재준 (삼성전자(주) 마스터)
이병욱 (이화여자대학교 교수)
지인호 (홍익대학교 교수)

민동보 (이화여자대학교 교수)
김진웅 (한국전자통신연구원 그룹장)
김창수 (고려대학교 교수)
유명호 (인텔리빅스 대표이사)
이찬수 (영남대학교 교수)
권기룡 (부경대학교 교수)
강정원 (한국전자통신연구원 박사)
고영준 (충남대학교 교수)
민동보 (이화여자대학교 교수)
박철수 (광운대학교 교수)
서정일 (한국전자통신연구원 박사)

최강선 (한국기술교육대학교 교수)
백준기 (중앙대학교 교수)
강경진 (LG전자(주) 연구위원)
윤재웅 (LG전자(주) 연구위원)
하정우 (네이버 AI연구소장)
최병호 (한국전자기술연구원 센터장)
강재원 (이화여자대학교 교수)
곽수영 (한밭대학교 교수)
박인규 (인하대학교 교수)
백종덕 (연세대학교 교수)
신지태 (성균관대학교 교수)

이사

김석주 (서강대학교 교수)
김휘용 (경희대학교 교수)
곽진태 (고려대학교 교수)
박영경 (이화여자대학교 교수)
배성호 (경희대학교 교수)
신종원 (광주과학기술원 교수)
오병태 (한국항공대학교 교수)
이범식 (조선대학교 교수)
이철 (동국대학교 교수)
전세영 (서울대학교 교수)
정찬호 (한밭대학교 교수)
최욱 (인천대학교 교수)
함범석 (연세대학교 교수)
강현수 (충북대학교 교수)
권구락 (조선대학교 교수)
김용환 (한국전자기술연구원 선임)
박오종 (광운대학교 교수)
양현중 (UNIST 교수)
이상철 (인하대학교 교수)
염일규 (부산대학교 교수)
최승호 (서울과학기술대학교 교수)
한종기 (세종대학교 교수)
박구만 (서울과학기술대학교 교수)
홍성훈 (전남대학교 교수)
김희용 (경희대학교 교수)
정승원 (고려대학교 교수)

심재영 (UNIST 교수)
우성민 (한국기술교육대학교 교수)
이상윤 (연세대학교 교수)
임재열 (한국기술교육대학교 교수)
정승원 (고려대학교 교수)
조성인 (동국대학교 교수)
최해철 (한밭대학교 교수)
황효석 (가천대학교 교수)
김종민 (강원대학교 교수)
김기백 (송실대학교 교수)
박상운 (명지대학교 교수)
서영호 (광운대학교 교수)
오태현 (포항공과대학교 교수)
이장원 (한국항공대학교 교수)
임재운 (제주대학교 교수)
최종원 (중앙대학교 교수)
김재곤 (한국항공대학교 교수)
유양모 (서강대학교 교수)

장준혁 (한양대학교 교수)
정영주 (숙명여자대학교 교수)
조성현 (포항공과대학교 교수)
한재호 (고려대학교 교수)

협동이사

구형일 (아주대학교 교수)
김상호 (성균관대학교 교수)
박현진 (성균관대학교 교수)
신재섭 (주)픽스트리 대표이사)
이기승 (건국대학교 교수)
이종설 (한국전자기술연구원 박사)
장세진 (한국전자기술연구원 센터장)
최준원 (한양대학교 교수)
최해광 (세종대학교 교수)
이창우 (카톨릭대학교 교수)

한재호 (고려대학교 교수)

이창우 (카톨릭대학교 교수)

감사
총무간사

연구회위원장 이 채 은 (인하대학교 교수) - 영상신호처리
이 중 호 (서울대학교 교수) - 바이오영상신호처리
장 길 진 (경북대학교 교수) - 음향 및 신호처리

김 원 준 (건국대학교 교수) - 영상이해
황 원 준 (아주대학교 교수) - 딥러닝

시스템 및 제어소사이어티

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

산업전자소사이어티

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

제23대 평의원 명단

강명곤 (한국교통대학교 교수)
 강상욱 (상명대학교 교수)
 강성원 (한국전자통신연구원 소장)
 강제원 (이화여자대학교 교수)
 고병철 (계명대학교 교수)
 고정환 (인하공업전문대학 교수)
 공성호 (경북대학교 교수)
 구본태 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 권건우 (홍익대학교 교수)
 권순철 (연세대학교 부원장)
 권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)
 김경기 (대구대학교 교수)
 김규식 (서울시립대학교 교수)
 김덕진 (명예회장)
 김동규 (한양대학교 교수)
 김민규 (LGI노텍 상무)
 김부균 (숭실대학교 교수)
 김선용 (건국대학교 교수)
 김성우 (서울대학교 교수)
 김수연 (동국대학교 교수)
 김수환 (서울대학교 교수)
 김영권 (명예회장)
 김영선 (대림대학교 교수)
 김영환 (포항공과대학교 교수)
 김원중 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 김은원 (대림대학교 교수)
 김재준 (서울대학교 교수)
 김창호 (이화여자대학교 교수)
 김종욱 (고려대학교 교수)
 김지훈 (이화여자대학교 교수)
 김창수 (고려대학교 교수)
 김태욱 (연세대학교 교수)
 김현 (부천대학교 교수)
 김현진 (단국대학교 교수)
 김형택 (홍익대학교 교수)
 나정웅 (명예회장)
 남일규 (부산대학교 교수)
 노원우 (연세대학교 교수)
 동성수 (용인송담대학교 교수)
 류현석 (삼성전자 마스터)
 민경식 (국민대학교 교수)
 박성욱 (전 SK하이닉스 회장)
 박영훈 (숙명여자대학교 교수)
 박종일 (한양대학교 교수)
 박항구 (소암시스템 회장)
 배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 백상현 (고려대학교 교수)
 변대석 (삼성전자 마스터)
 서영호 (광운대학교 교수)
 서춘원 (김포대학교 교수)
 성광모 (명예회장)
 손기욱 (국가보안기술연구소 본부장)
 송문섭 (심텍 회장)
 송상현 (중앙대학교 교수)
 신오순 (숭실대학교 교수)
 신현철 (한양대학교 교수)
 심정연 (강남대학교 교수)
 안태원 (동양미래대학교 교수)
 안호균 (한국전자통신연구원 실장)
 엄우웅 (인하공업전문대학 교수)
 오성목 (KT 사장)
 오창현 (고려대학교 교수)
 원영진 (부천대학교 교수)

강문식 (강릉원주대학교 교수)
 강석주 (서강대학교 교수)
 강윤희 (백석대학교 교수)
 강진구 (인하대학교 교수)
 고성제 (고려대학교 교수)
 고형호 (충남대학교 교수)
 공준진 (삼성전자 마스터/주임교수)
 구용서 (단국대학교 교수)
 권구덕 (강원대학교 교수)
 권오경 (한국공학한림원 회장)
 권혁인 (중앙대학교 교수)
 김경연 (제주대학교 교수)
 김달수 (티엘아이 대표이사)
 김도현 (제주대학교 교수)
 김동식 (인하공업전문대학 교수)
 김병서 (홍익대학교 교수)
 김상완 (아주대학교 교수)
 김선욱 (고려대학교 교수)
 김성철 (서울대학교 교수)
 김수중 (명예회장)
 김승천 (한성대학교 교수)
 김영로 (명지전문대학 교수)
 김영진 (한국생산기술연구원 박사)
 김용석 (성균관대학교 교수)
 김원준 (건국대학교 교수)
 김익균 (한국전자통신연구원 본부장)
 김재현 (아주대학교 교수)
 김중대 (유니에쓰티 연구소장)
 김준모 (한국과학기술원 교수)
 김진상 (경희대학교 교수)
 김창익 (한국과학기술원 교수)
 김태원 (상지영서대학교 교수)
 김현 (서울과학기술대학교 교수)
 김현철 (울산대학교 교수)
 김홍국 (광주과학기술원 교수)
 남기창 (동국대학교 교수)
 노미정 (삼성전자 상무)
 노정진 (한양대학교 교수)
 류수정 (SK텔레콤 담당)
 문영식 (한양대학교 교수)
 박규태 (명예회장)
 박성한 (명예회장)
 박인규 (인하대학교 교수)
 박준희 (이화여자대학교 교수)
 박준무 (동국대학교 교수)
 백광현 (중앙대학교 교수)
 백준기 (중앙대학교 교수)
 변영재 (UNST 교수)
 서정욱 (명예회장)
 선우경 (서울대학교 교수)
 성원진 (서강대학교 교수)
 손보익 (LX세미콘 대표이사)
 송민규 (동국대학교 교수)
 송준영 (인천대학교 교수)
 신요안 (숭실대학교 교수)
 심동규 (광운대학교 교수)
 안승권 (연암공과대학교 총장)
 안현식 (국민대학교 교수)
 양연모 (금오공과대학교 교수)
 연규봉 (한국자동차연구원 팀장)
 오의열 (LG디스플레이 연구위원)
 우운택 (한국과학기술원 교수)
 원제형 (도쿄일렉트론코리아 대표이사)

강민석 (LGI노텍 부사장(CTO))
 강석형 (포항공과대학교 교수)
 강용성 (와이즈넷 대표이사)
 강창수 (유한대학교 교수)
 고요환 (전) 매그나칩반도체 전무)
 공배선 (성균관대학교 교수)
 공진홍 (광운대학교 교수)
 구원모 (전자신문사 회장)
 권기룡 (부경대학교 교수)
 권종기 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 권호열 (강원대학교 교수)
 김광순 (연세대학교 교수)
 김대순 (전주비전대학교 교수)
 김도현 (명예회장)
 김동현 (CTK 대표이사)
 김봉태 (한국전자통신연구원 연구위원)
 김상태 (한국산업기술평가관리원 연구위원)
 김성대 (명예회장)
 김소영 (성균관대학교 교수)
 김수찬 (한경대학교 교수)
 김시호 (연세대학교 교수)
 김영민 (서울대학교 교수)
 김영철 (군산대학교 교수)
 김용신 (고려대학교 교수)
 김윤 (서울시립대학교 교수)
 김재곤 (한국항공대학교 교수)
 김재희 (명예회장)
 김중선 (홍익대학교 교수)
 김중현 (고려대학교 교수)
 김진영 (광운대학교 교수)
 김철우 (고려대학교 교수)
 김태진 (더텍 사장)
 김현수 (삼성전자 상무)
 김형진 (인하대학교 교수)
 김훈 (인천대학교 교수)
 남상욱 (서울대학교 교수)
 노소영 (도서출판 월송 대표)
 노태문 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 류승택 (한국과학기술원 교수)
 문용 (숭실대학교 교수)
 박성욱 (강릉원주대학교 교수)
 박수현 (국민대학교 교수)
 박종선 (고려대학교 교수)
 박진욱 (명예회장)
 박홍준 (포항공과대학교 교수)
 백만기 (김&장법률사무소 변리사)
 범진욱 (서강대학교 교수)
 서승우 (서울대학교 교수)
 서철현 (숭실대학교 교수)
 선우명훈 (아주대학교 교수)
 손교민 (삼성전자 마스터)
 손일수 (서울과학기술대학교 교수)
 송병철 (인하대학교 교수)
 송철규 (전북대학교 교수)
 신현철 (광운대학교 교수)
 심용 (중앙대학교 교수)
 안창범 (광운대학교 교수)
 안현식 (동명대학교 교수)
 엄낙웅 (한국전자통신연구원 연구위원)
 예종철 (한국과학기술원 교수)
 오정훈 (삼성전자 마스터)
 우정호 (LG전자 상무)
 유동훈 (삼성전자 전무)

유명식 (숭실대학교 교수)
 유창식 (삼성전자 전무)
 윤광섭 (인하대학교 교수)
 윤석현 (단국대학교 교수)
 윤일구 (연세대학교 교수)
 이경중 (연세대학교 교수)
 이규복 (한국전자기술연구원 부원장)
 이문기 (명예회장)
 이상만 (시스메이트 대표)
 이상희 (동서울대학교 교수)
 이성준 (한양대학교 교수)
 이승훈 (서강대학교 교수)
 이웅구 (한림성심대학교 교수)
 이윤종 (DB하이텍 부사장)
 이재진 (숭실대학교 교수)
 이정우 (중앙대학교 교수)
 이종호 (숭실대학교 교수)
 이창우 (기톨릭대학교 교수)
 이천희 (전임회장)
 이태원 (명예회장)
 이형민 (고려대학교 교수)
 이희덕 (충남대학교 교수)
 임제택 (명예회장)
 장석호 (건국대학교 교수)
 전국진 (명예회장)
 전영현 (삼성SDI 대표이사)
 정교일 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 정승원 (고려대학교 교수)
 정원영 (태성에스엔이 이사)
 정제창 (한양대학교 교수)
 정진곤 (중앙대학교 교수)
 제민규 (한국과학기술원 교수)
 조남익 (서울대학교 교수)
 조성현 (한양대학교 교수)
 조중희 (인천대학교 교수)
 채영철 (연세대학교 교수)
 최강선 (한국기술교육대학교 교수)
 최병호 (한국전자기술연구원 본부장)
 최수일 (전남대학교 교수)
 최승종 (LG전자 부사장)
 최우영 (서강대학교 교수)
 최정환 (삼성전자 Fellow)
 최진성 (도이체텔레콤 부사장)
 최천원 (단국대학교 교수)
 한동국 (국민대학교 교수)
 한은혜 (에스에스엔씨 대표이사)
 한태희 (성균관대학교 교수)
 허영 (한국스마트의료기기산업진흥재단 부이사장)
 홍국태 (LX세미콘 연구위원)
 홍승홍 (명예회장)
 황성운 (가천대학교 교수)
 황원준 (아주대학교 교수)
 황인태 (전남대학교 교수)

유정봉 (공주대학교 교수)
 유태환 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 윤기방 (인천대학교 교수)
 윤성로 (서울대학교 교수)
 윤종웅 (삼성전자 비상임고문)
 이광엽 (서경대학교 교수)
 이남윤 (포항공과대학교 교수)
 이문식 (한국전자통신연구원 실장)
 이상설 (명예회장)
 이석희 (솔리다임 의장)
 이승아 (연세대학교 교수)
 이시현 (동서울대학교 교수)
 이원석 (동양미래대학교 교수)
 이인규 (고려대학교 교수)
 이재훈 (명예회장)
 이정원 (서울대학교 반도체공동연구소 선임연구원)
 이진구 (명예회장)
 이창한 (한국반도체산업협회 상근부회장)
 이충용 (연세대학교 교수)
 이한호 (인하대학교 교수)
 이흥노 (광주과학기술원 교수)
 임치호 (세명대학교 교수)
 임혜숙 (과학기술정보통신부 장관)
 장익준 (경희대학교 교수)
 전병우 (성균관대학교 교수)
 전정환 (UNIST 교수)
 정길도 (전북대학교 교수)
 정영모 (한성대학교 교수)
 정일권 (한국전자통신연구원 본부장)
 정종문 (연세대학교 교수)
 정진용 (인하대학교 교수)
 조경록 (충북대학교 명예교수)
 조도현 (인하공업전문대학 교수)
 조영민 (타오글라스 사장)
 진훈훈 (경기대학교 교수)
 채찬병 (연세대학교 교수)
 최광표 (삼성전자 마스터)
 최성민 (해치텍 대표이사)
 최승범 (삼성전자 부사장)
 최영규 (한국교통대학교 교수)
 최우영 (연세대학교 교수)
 최준림 (경북대학교 교수)
 최진영 (서울대학교 교수)
 최현택 (한국해양과학기술원 책임연구원)
 한동석 (경북대학교 교수)
 한정화 (충남대학교 교수)
 함철희 (삼성전자 마스터)
 허재두 (한국전자통신연구원 본부장)
 홍대식 (연세대학교 교수)
 홍용택 (서울대학교 교수)
 황승구 (한국전자통신연구원 연구위원)
 황인정 (명지병원 수석연구원)
 황정성 (KK-tech 대표이사)

유창동 (한국과학기술원 교수)
 유호영 (충남대학교 교수)
 윤상훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
 윤영권 (삼성전자 마스터)
 이강윤 (성균관대학교 교수)
 이규대 (공주대학교 교수)
 이문구 (김포대학교 교수)
 이병선 (김포대학교 교수)
 이상윤 (연세대학교 교수)
 이성수 (숭실대학교 교수)
 이승호 (한밭대학교 교수)
 이영렬 (세종대학교 교수)
 이윤식 (UNIST 교수)
 이재성 (고려대학교 교수)
 이재훈 (유정시스템 사장)
 이종호 (서울대학교 교수)
 이찬수 (영남대학교 교수)
 이재은 (인하대학교 교수)
 이충웅 (명예회장)
 이혁재 (서울대학교 교수)
 이희국 (LG그룹 고문)
 임신일 (서경대학교 교수)
 고석준 (제주대학교 교수)
 장태규 (중앙대학교 교수)
 전세영 (서울대학교 교수)
 전홍태 (명예회장)
 정방철 (충남대학교 교수)
 정용규 (울지대학교 교수)
 정정화 (명예회장)
 정준 (솔리드 대표이사)
 정향근 (전북대학교 교수)
 조경순 (한국외국어대학교 교수)
 조상복 (울산대학교 교수)
 조재문 (삼성전자 부사장)
 차철웅 (한국전자기술연구원 센터장)
 천경준 (씨젠 회장)
 최두호 (고려대학교 교수)
 최성수 (한국전기연구원 센터장)
 최승원 (한양대학교 교수)
 최용수 (신한대학교 교수)
 최재혁 (한국과학기술원 교수)
 최중호 (서울시립대학교 교수)
 최창식 (DB하이텍 부회장)
 하정우 (네이버 AI연구소장)
 한영선 (부경대학교 교수)
 한태화 (연세의료원 연구교수)
 허경무 (단국대학교 교수)
 허준 (고려대학교 교수)
 홍민철 (숭실대학교 교수)
 홍인기 (경희대학교 교수)
 황승훈 (동국대학교 교수)
 황인철 (강원대학교 교수)
 황진영 (한국항공대학교 교수)

사무국 직원 명단

송기원 국장 - 기획, 신규업무, 산학연, 자문/IT포럼, 자부, 인사, 규정, 회장단 관련, 유관기관 등 대외업무 및 업무총괄
 이안순 부장 - 하계기술대회, 주요 운영회의(이사회, 평의원회 및 총회), 총무업무(선거, 공문처리, 임원관련, 송년회, 포상 및 Wiset 등)
 배지영 부장 - 본회 사업, 추계기술대회, 교육, 통신소사이어티, 컴퓨터소사이어티, 인공지능 신호처리소사이어티, 시스템 제어소사이어티, 산업전자소사이어티
 배기동 부장 - AI 관련, 국문지, 학회지, 표준화, 용역 등 기타 지원업무
 변은정 부장 - 재무(본회/소사이어티/연구회), 개인회원 및 특별회원, 홍보(컨텐츠)
 김천일 차장 - 학회 웹사이트 관리, 홍보지원(매체), IEE Forum, 각종 정보화업무 지원, 전산장비 관리 등
 박수정 사원 - 국제학술대회(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 외국 관련기관과 협력(Joint Award 등), JSTS/SPC 발간

학회소식

제 3차 상임이사회

제 3차 상임이사회가 4월 8일(금) 17시 학회 회의실에서 개최되었으며, 이번 회의 결과는 다음과 같다.

- 다 음 -

1. 성원 보고

- 제3차 상임이사회는 45명의 상임이사 중 27명의 참여로 성원 되었음.

2. 본 학회(각 위원회) 및 소사이어티 보고

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

3. 심의사항 의결

- 신규 개인회원 가입 승인에 대해 원안대로 승인함.
- 신규 특별회원 가입 승인에 대해 원안대로 승인함.
- 24대 직선평의원 예비 후보 승인에 대해 원안대로 승인함.
- 해동상 평가 세부지침(안) 제정에 대해 원안대로 승인함.

4. 기타

대한전자공학회 - ADD 국방첨단과학기술연구원, 상호 협력을 위한 MOU 체결

대한전자공학회와 ADD 국방첨단과학기술연구원은 4월 20일 서울 강남구 소재 대한전자공학회 회의실에서 상호 협력을 위한 포괄적 업무협약(MOU)을 체결했다.

이날 협약식에서 대한전자공학회는 서승우 회장, 황인철 부회장, 강석주 상임이사, 김성우 상임이사가 참석하였고, ADD 국방첨단과학기술연구원에서는 김주현 원장, 김인익 미래도전사업부장, 신진우 신기술연구부장, 최성진 사무관이 참석했다.

양측은 이번 협약을 통해 첨단 기술 기반 미래 국방 수요 발굴 및 상호 협력 체계 구축을 위해서 상호 간 밀접한 협력관계를 지속적으로 확대하기로 했다.

이를 위해서 양측은 향후 원천 기술의 국방 도입을 통해서 방위 체계 고도화를 위한 전문 인력 교류와 관련 산업 생태계 조성 및 경쟁력 확보 지원을 위한 정책 공동을 발굴하기로 하였다. 또한 향후 미래 국방 과학 관련 세미나, 워크샵 등 학술 행사 공동 개최할 예정이다.



대한전자공학회 - ADD MOU 협약

대한전자공학회-국제전기전자공학회 업무협약 체결

대한전자공학회 서승우 회장과 국제전기전자공학회 소비자기술소사이어티(IEEE CTSoc) Wahab Almuhtadi 회장은 5월 13일 한국과 학기술회관 9층 대한전자공학회 회의실에서 업무협약(MOU)을 체결하였다.

협약식에는 대한전자공학회 서승우 회장을 비롯한 임원들이 참여하였으며, IEEE CTSoc 측에서는 Wahab Almuhtadi 회장과 정종문 부회장이 참여하였다.

이번 협약은 이전 체결한 협약서의 내용과 기간을 보강하여 상호 기관의 네트워크와 협력을 강화하기 위한 취지에서 이루어졌다.

서승우 회장은 “대한전자공학회는 우리나라에서 가장 역사 깊은 학회 중 하나로서, 다양한 산학연과 관계를 맺고 있다. IEEE와도 앞으로 더욱 좋은 관계를 유지했으면 좋겠다”라고 언급하였으며 IEEE의 Wahab 회장은 “전기/전자 분야의 선두주자인 한국과 더욱 긴밀하고 긍정적인 관계를 맺고, 학회 간의 협력을 더욱 활성화하길 바란다”라고 말했다.



IEEE CTSoc 업무협약체결-Wahab Almuhtadi 회장

딥러닝 기술과 자율이동체 응용 단기 강좌

통신 소사이어티(위원장 : 유명식 교수(숭실대), 프로그램 위원장 : 김중헌 교수 (고려대)에서는 “ 딥러닝 기술과 자율이동체 응용을 4월 14일(목)~15일(금) 온라인으로 개최하였다.

통신네트워크 분야에 인공지능과 딥러닝 기술 분야등을 응용과 구현에 대해 소개하였으며, 온라인 워크숍에는 74명이 참석하였다.

2022 정보 및 제어 심포지엄

시스템 및 제어소사이어티(유정봉 회장, 공주대학교) 대한전기학회와 공동 주최로 4월 21(목) ~ 22(금), 전북대학교에서 양일간에 걸쳐 “정보 및 제어 심포지엄”을 약 100명이 하이브리드로 참석한 가운데 성황리에 개최되었다.



전자/ 전기 임원진 단체 사진

2022년 차세대 통신 및 자동차 산업을 견인하는 밀리미터파 기술 워크숍

사업위원회(위원장 : 정진곤 교수(중앙대), 프로그램 위원장 : 유찬세 센터장(KETI)에서는 “ 차세대 통신 및 자동차 산업을 견인하는 밀리미터파 기술 워크숍”을 4월 29일(금) 하이브리드로 개최하였다. 이번 워크숍은 밀리미터파 개발 기술 분야/ 밀리미터파 응용 기술 분야등을 소개하였으며, 워크숍에는 70명이 참석하였다.



서승우 학회장 인사말

아날로그/파워 IC 설계 워크샵

반도체소사이어티(회장 : 김진상 교수(경희대))에서는 4월 28일(목) 온라인으로 “아날로그/파워 IC 설계 워크샵”을 개최하였다.

이번 워크샵은 시스템 반도체의 경쟁력을 높이기 위한 핵심 기술로서 아날로그 회로의 중요성은 지속적으로 강조되고 있는 상황에서 아날로그 회로 설계에 대한 기초적인 개념들과 최근의 주요 설계 이슈 등에 대한 내용으로 워크샵을 개최하였다.

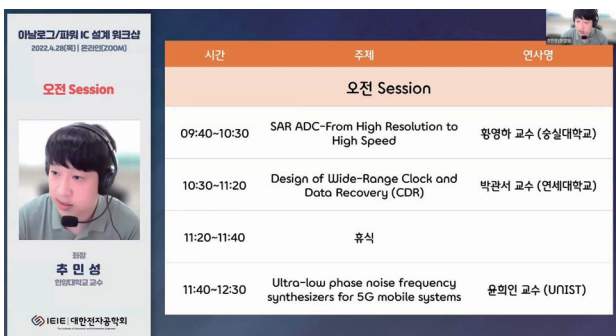
또한 학계 및 산업계 최고의 강사들이 참여하여 최근 주요한 연구 주제로 부각되고 있는 다양한 분야의 설계 이슈 및 주요 기업의 제품 설계 등에 대한 강의를 통해 아날로그 회로 설계 전공자들의 지식의 폭을 넓히는 기회가 될 수 있었으며 90여명이 참가하였다.



사회 (노정진 워크샵 운영위원장)



환영사 (김진상 반도체소사이어티 회장)



좌장(오전세션)
(추민성 한양대학교 교수)

시간	주제	연사명
오후 세션		
14:00-14:50	On-chip Power Management for High-performance SoC	양준혁 수석 (삼성전자 Foundry사업부 IP개발팀)
14:50-15:40	Direct AC LED drivers for low-cost lighting systems	김용진 교수 (고려대학교)
15:40-16:00	휴식	
16:00-16:50	Design of High-PSRR LDO Voltage Regulators	노정진 교수 (한양대학교)

좌장(오전세션)
(홍성완 서강대학교 교수)

박병국 명예회장 – 과학기술훈장 수상



우리 학회 (故)박병국 명예회장(2015년 회장, 서울대학교)은 2022년 4월 21일(목) 개최된 과학·정보통신의 날 기념식에서 과학기술 발전에 공을 세운 공로로 과학기술훈장(3급/웅비장)을 수상하였습니다.

신규회원 가입현황

기간 : 2022년 4월 1일 - 2022년 4월30일

〈정회원〉

김성혜, 김해욱, 현희철(LG전자), 강홍기(대구경북과학기술원), 김태완(동덕여자대학교), 김영민(서울대학교), 박병찬(송실대학교), 채병철(육군), 편범준(한국자동차연구원), 조진우(한국전자기술연구원), 김태훈(한밭대학교), 이현진(효성티앤에스)

이상 12명

〈평생회원〉

김현호(한국실장산업협회)

이상 1명

〈학생회원〉

문규식, 이경근, 김재은(고려대학교), 박지웅(서울대학교), 오진우, 이승연, 이재형, 전정희(서울시립대학교), 조경용(연세대학교), 윤장원(한국항공대학교)

이상 10명



학회일지

www.theieie.org

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND INFORMATION
ENGINEERS

(2022년 4월 15일 ~ 5월 14일)

1. 회의 개최

회의명	일시	장소	주요 안건
제 4차 하계 조직위원 온라인 회의	4.29 16:00	온라인	프로그램 구성에 관한 사항 등

2. 행사 개최

구분	행사명	기간	장소
통신소사이어티	딥러닝 기술과 자율이동체 응용 단기 강좌	4.14-15	온라인
시스템 및 제어소사이어티	2022 정보 및 제어 심포지엄	4.21-22	전북대학교 (하이브리드)
반도체소사이어티	아날로그/파워 IC 설계 워크숍	4.28	온라인
사업위원회	2022년 차세대 통신 및 자동차 산업을 견인하는 밀리미터파 기술 워크숍	4.29	스페이스쉐어 (삼성코엑스) 하이브리드

Pre-View

대한전자공학회 하계종합학술대회

본 학회 주관 국내학술대회인 하계종합학술대회는 전자공학 분야
의 연구논문발표 및 성과발표가 이루어진다. 또한, 국내외 최고의 전
문가를 초청하여, 기조강연, 튜토리얼, 산업체/연구소 특별세션, 주
제기반 특별세션, 신진연구자 세션 등 1,000여편의 연구 논문이 발
표되는 연구성과 공유의 장이 되고 있다.

하계종합학술대회에서는 6개 소사이어티와 소속 연구회 학술행사
가 진행되며, 학술 및 기술분야 별 학술대회 개최를 통해, 최신 연구
성과를 공유하고, 인적 네트워킹, 기술 및 정보 교류의 장으로 활용
된다.



소사이어티	연구회
통신 (Communication)	통신, 스위칭 및 라우팅, 마이크로파 및 전파전파, ITS, 군사전자, 방송·통신 융합기술, 무선PAN/BAN, 미래 네트워크
반도체 (Semiconductor)	반도체소자 및 재료, SoC 설계, 광파 및 양자전자공학, PCB&Package, RF 집적회로, 정보보안시스템, 내방사선 반도체 설계 및 소자, ESD/EOS & Latchup, 인 메모리 컴퓨팅
컴퓨터 (Computer)	융합컴퓨팅, 멀티미디어, 인공지능 신경망 및 퍼지시스템, M2M/IoT, 휴먼ICT, 인공지능및보안, 증강휴먼, AI응용
인공지능 신호처리 (AI Signal Processing)	영상신호처리, 음향 및 신호처리, 영상이해, 바이오영상신호처리, 딥러닝
시스템 및 제어 (System and Control)	의용전자 및 생체공학, 제어계측, 회로 및 시스템, 전력전자, 지능로봇, 국방정보 및 제어, 자동차전자, 의료영상시스템, 스마트팩토리, 스마트미터링
산업전자 (Industry Electronics)	산업전자제어, 임베디드시스템, 유비쿼터스 센서네트워크, 디지털통신 시스템
New Emerging Area	의료, 에너지, Software, 기타

구체적으로 아래와 같은 소사이터티의 관련 연구회에서 연구되는 다양한 주제에 대해서 최신 연구 성과를 논문으로 발표한다.

2022년도 하계종합학술대회는 'Digital Transformation for New Normal'을 주제로 2022년 6월 29일(수) ~ 7월 1일(금)에 제주신화월드(서귀포시)에서 개최된다. 주요 행사로 기조강연 2건, 특별초청 강연 5건, 중견연구자 세션, 튜토리얼, 산업체 및 연구소 특별세션, 소사이터티 및 연구회 주제별 특별세션을 진행하며, 세부 내용은 아래와 같다.

<기조강연 1>



[주요경력]

- eMMC/UFS 세계최초 사업화, VNAND 기반 기업용 SSD Controller개발 등 다수
- [現]삼성전자 메모리사업부 Solution개발실장 (2020~)
- [前]삼성전자 메모리 사업부 Controller 개발팀장 (2012~2019)
- [前]삼성전자 메모리 사업부 SoC 설계 엔지니어 (2003~)

[학력]

- 서울대학교 학사(1989), 석사(1991), 박사(1996)

최진혁 부사장
삼성전자(주) 메모리사업부

발표제목: NAND 솔루션 스토리지의 도전과 기회

요약문: 현재 NAND 메모리 기반 저장장치를 사용하지 않는다는 것은 상상할 수 없을 정도로 대중화 되어 DX (Digital Transformation)의 필수 기술로 활용되고 있다. 이러한 NAND 솔루션 스토리지는 단순히 기존 저장장치를 대체하는 것을 넘어 앞으로는 저전력, Form Factor의 유연성, 고성능, 고신뢰성의 장점을 통해 다양한 응용에 최적화되어 사용될 것이다. 삼성전자는 SmartSSD, CXL SSD, 자율 주행을 위한 Auto양 Storage 및 PB-SSD와 같은 미래 NAND 솔루션을 선행 개발 중이다. 이를 통해 AI, NFT, Metaverse, Infotainment와 같은 다양한 분야의 발전을 도모하고 선행 스토리지 기술을 선도함으로써 미래 DX 시대를 한 단계 끌어올리고자 한다.

<기조 강연 2>



[주요경력]

- 2021. 10~현재 한화시스템(주) 방산부부장
- 2020. 01~2021. 09 한화시스템(주) 사업본부장
- 2019. 01~2020. 12 한화시스템(주) 연구개발본부장
- 2015. 12~2018. 12 한화시스템(주) 해양사업부장

[학력]

- 1983. 02 대구 달성고등학교 졸업
- 1987. 02 경북대학교 전자공학과 졸업
- 1995. 08 경북대학교 대학원 통신공학과 졸업
- 2015. 11 서울대학교 경영대학원 안보최고경영자과정 수료

이용욱 부사장/방산부부장
(주)한화시스템

발표제목: 첨단 기술 접목을 통한 국방 R&D 발전의 현주소와 미래

요약문: 최근 국방 분야는 AI, 빅데이터 등 4차 산업혁명 기술을 접목하여 Digital Transformation을 중점적으로 추진하고 있으며 기존의 육해공 중심의 전장영역에서 사이버, 우주 등으로 영역을 확대하고 있는 추세이다. 미국을 비롯한 선진국을 중심으로 신기술 연계를 통

한 전력 획득에 투자를 늘리고 있고 러시아, 중국 등 비서방국가와의 냉전 체제가 대두됨에 따라 미사일방어체계, 사이버공격체계, 시가 반 전투지원체계 등 국방 R&D 기술확보전략을 강화하고 있다. 본 기조 강연은 이와 같은 방위산업 시장 Trend에 따른 방산기업의 주요 기술개발 현황을 소개하고, 향후 국방 R&D 기술 발전방향을 제시하고자 한다.

하계종합학술대회에서는 기조강연 이외에 현재 AI 및 반도체 분야에서 리더십을 발휘하고 있는 국내 산업체 및 미국 대학의 석학을 모시고 아래와 같이 특별초청강연을 진행할 계획이다.

유승일 CTO (카카오모빌리티) (AI)

류수정 대표이사 (Sapeon) (AI 반도체)

석민구 교수 (컬럼비아대) (CPU architecture)

함돈희 교수 (하버드대) (반도체)

박홍근 교수 (하버드대) (반도체)

이와 함께 현재 활발하게 연구하고 있는 다양한 분야의 중견 연구자들의 최신 연구 기술을 공유하는 중견 연구자 세션을 마련하였으며, 세부 분야별 발표자는 아래와 같다.

– 통신 연구의 최전선:

채찬병(연세대), 조성현(한양대), 백상현(고려대)

– AI 연구의 최전선:

심현정(연세대), 유창동(카이스트), 민동보(이화여대)

– 반도체 연구의 최전선:

이정형 (썬센소허브), 노원우(연세대), 김용신(고려대)

– 융합 연구의 최전선:

임재균 (명지병원 IT융합연구소), 남호성(고려대)

주제별 특별세션으로는 최근 많은 관심을 받고 있는 메타버스 기술을 소개하는 세션을 마련하였다.

– 메타버스 세션: 우운택 교수 (KAIST), 최원희 연구위원 (NIPA)

또한 아래의 연구 주제를 통해서 관련 분야를 처음 연구하는 연구자들에게 도움을 줄 수 있는 튜토리얼 2건을 준비하였다.

– 도메인 적응 AI 기술과 응용: 객진태 교수 (고려대)

– 딥 뉴럴 네트워크 경량화 기술: 강석주 교수 (서강대)

이외에 산업체 및 연구소 특별세션에서는 대표적으로 아래와 같은 주제로 최신 연구 내용이 발표될 예정이다.

– 삼성전기: AI 산업 응용

– 현대모비스: 차량용 전력 반도체 분야

– ETRI: 클라우드지능로봇, 산업안전지능시스템, 이중 집적을 위한 차세대 패키징 기술, 레벨4 자율주행 SW/AI 기술, 국방 초지능 및 무인시스템

2022 ICEIC (International Conference on Electronics, Information, and Communications)



선우경 편집위원
(서울대학교)

대한전자공학회에서 1991년부터 개최하고 있는 ICEIC(International Conference on Electronics, Information, and Communications)는 당초에는 북한 학자들과의 교류가 목적이었으나, 북한 학자들의 참석이 여의치 않아 일반 국제 학술대회로 전환한 학회이다. 올해로 21회를 맞이한 ICEIC는 현재

대한전자공학회(IEIE), IEEE CTSoc, IEEE가 공동주관하고 있으며, 전자, 정보, 통신 분야의 세계적인 최고 전문가 및 석학들의 다양한 강연을 준비하여 최근에는 미국, 뉴질랜드, 스페인 등에서 개최하였다. 그러나 전 세계적인 COVID-19의 여파로 2021년과 2022년에는 국내 제주에서 개최되었으며 다른 여타 학회와 마찬가지로 해외 참가자들의 참가가 어려움에 따라 온,오프라인이 혼합된 하이브리드 형태로 진행되었다. 물론, 코로나 이후 시대에는 하이브리드 형태의 학회가 학회 운영의 기본 형태가 될 것으로 예상되지만, 작년과 올해의 경우 강력한 사회적 거리두기 시행 및 새로운 하이브리드 시스템 적응 등의 문제로 많은 참석자가 학술대회를 온전히 경험하기에는 어려움이 있었다. 따라서 본 특집호에서는 ICEIC 2022에서 우수 논문상을 수상한 4편을 학회지를 통해 소개하는 자리를 새로이 마련하였다.

첫째, “모방 학습을 통한 그래프 기반 하위 작업 표현 학습 - ‘Graph-based Subtask Representation Learning via Imitation Learning’ (유세욱)”은 로봇 공학 분야에서 그래프 기반 표현 학습을 통해, 로봇을 학습시키는 사례를

소개하였다. 둘째, “자율주행 바동차를 위한 비근시적 경로 계획 방법론 - ‘Non-myopic Trajectory Planning for Autonomous Driving Combining Single-Query and Multi-Query Methods’ (조재경 외)”은 자율주행 자동차의 운행에 단일-목적지 방식과 다중-목적지 방식을 결합한 비근시적 경로 계획법을 새로이 제안하고, 이를 활용하는 방안을 제시하였다. 셋째, “지능형 반사 표면을 활용한 다중 입출력 시공간 선 부호화 시스템 - ‘Intelligent Reflecting Surface for M-by-Nr Space-Time Line Coded Systems’ (김재홍 외)”에서는 송신단 채널 정보만으로 최대 공간 다이버시티 이득을 얻는 시공간 선 부호화(STLC) 시스템에 능동 RF 소자를 줄이고 인위적인 가시선 통신 경로를 구축할 수 있는 지능형 반사 표면(IRS)을 적용한 연구를 소개하였다. 넷째, “하부 절연체가 삽입된 기판을 통한 Multi-Bridge Channel MOSFET 누설전류 최적화 - ‘Multi-Bridge Channel MOSFET on Insulator for Low Leakage Current’ (유송길 외)”에서는 Gate-Around FET의 유효채널 넓이를 충분히 확보하려는 목적으로 개발된 MBCFET 구조 하부 영역의 누설전류를 최소화하기 위하여 MBCFET on Insulator (MOI) 구조를 새롭게 제안하였다.

본 특집호를 위하여 ICEIC 2022 우수 논문 수상작 논문을 재 편집해 주신 집필진 여러분께 감사드리며, 본 특집호가 COVID-19 시국에 진행된 학술대회에 소개된 우수 논문이 더 많은 국내 연구자들에게 소개되는 계기가 될 수 있기를 희망한다. 또한 이번 특집호를 통해 더 많은 연구자들이 대한전자공학회에서 주관하는 ICEIC 학술대회에 관심을 가지고, 우수한 연구 성과물로 ICEIC 학회에 참여하기를 바란다.

모방 학습을 통한 그래프 기반 하위 작업 표현 학습

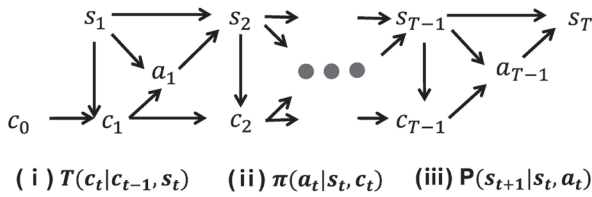
I. 서론

최근 로봇 공학 분야에서 모방 학습 IL (Imitation Learning) ^[1]은 인간의 행동을 모방하는 다양한 원시 기술을 학습하는 데 탁월한 성과를 보였다. 생성기와 판별기가 환경과 상호작용하면서 적대적 학습을 하는 GAIL (Generative Adversarial Imitation Learning) ^[2]의 많은 변형들이 모방 학습 분야에서 특히 성공적이었다. GAIL은 환경과 상호작용하며 얻은 피드백 신호를 사용하여 복합 오류의 누적을 줄임으로써 고차원 제어 작업을 성공적으로 해결했다. 그러나 손재주 조작이나 자율주행과 같은 대부분의 응용 프로그램에는 원시과제가 아닌 복합과제로 여러 하위 작업들로 구성되어 있다. 단순히 하나의 작업을 푸는데 집중하는 것은 복잡한 작업 관계를 가진 여러 하위 작업으로 구성된 많은 기계적 문제들을 해결할 수 없다. 돌파구를 찾기 위해서 하위 작업 간의 상호 관계를 설명하는 잠재된 표현을 찾는 것이 핵심 요소이다. 복합과제는 여러 하위과제들의 조합으로 표현될 수 있고 이러한 관계를 이해하는 것은 계층 구조에 따른 하위 작업의 전환 순서를 식별하는 것과 일치한다. 그러한 이유로 전체 문제를 구성하는 하위 작업의 종류를 분별하고 그들의 관계를 이해하는 것은 복잡한 문제를 효과적으로 해결하는 열쇠이다.

많은 이전 연구는 각 하위 작업이 다른 의도를 가지고 있기 때문에 이러한 응용 프로그램을 처리하는 데 한계가 있었다. 이러한 복잡한 문제를 해결하기 위해 인간은 <그림 1>과 같은 시간적 추상화 과정을 통해 전체 작업의 계층 구조를 파악하고 주어진 현재 하위 작업에 따라 환경에 행동한다. 우리는 이러한 그래픽 흐름을 옵션 프레임워크 ^[3]로 해석한다. 하위 작업은 낮은 빈도로 작동하는 높은 수준의 행동들(잡기, 들기, 이동하기, 놓기 등)을 의미하며 기본 작업 집합을 설명한다. 학습된



유 세 옥
서울대학교



〈그림 1〉 그래픽 정보 흐름. Sequence는 s 는 state, a 는 action, c 는 각 time step $t = 1, \dots, T$ 에 대한 sub-task로 구성된다. (i)은 작업 전환 모델, (ii)는 정책, (iii)은 상태 전환 모델이다.

하위 작업을 통해서 정책이 계층적 하위 작업 구조를 이해하는 데 도움을 줄 수 있다. 하지만 하위 작업의 전환 중 발생할 수 있는 인과적 혼동은 학습을 어렵게 만든다.

최근에는 관계형 추론을 위해 그래프 기반 신경망GNN (Graph-based Neural Network) ^[5]이 널리 연구되고 있다. 최근 그래프 컨볼루션 (Graph Convolution)을 사용하는 많은 접근 방식들이 복잡한 관계를 학습하는 데 탁월한 성능을 보여주고 있다. 그 이유는 그래프에서 인접 노드들의 정보를 집계하여 노드의 표현 기능을 업데이트 하기 때문이다. 본 논문에서는 관계형 추론의 장점에서 영감을 받아 〈그림 1〉과 같은 그래픽 흐름을 고려하여 하위 작업 간의 관계를 추론한다. 또한 그래프 컨볼루션 기반의 네트워크 GCN (Graph Convolutional Network) ^[16]을 활용하여 하위 작업의 계층 구조를 이해해야 하는 작업을 해결하는 데 중점을 둔다. 제안하는 방법은 사전 정의된 작업별 지식 없이 전문가 정책을 모방하고 동시에 하위 작업 표현을 학습한다. 우리 방법의 주된 아이디어는 적대적 모방 학습과 하위 작업 표현 학습으로 구성된 두 프레임워크를 효과적으로 결합하는 것이다. 전체 작업을 성공적으로 해결하는 것을 보이기 위해 하위 작업의 전환이 필요한 고차원 제어 작업에 대한 접근 방식을 실험한다. 마지막으로 우리의 방법을 이전 작업들과 비교하여 더 나은 성능을 갖는 것을 보여준다. 또한 하위 작업 변수들의 관계를 시각화하여 네트워크가 계층적 작업 구조를 이해하는 방법을 보여준다.

본 논문에서는 GAIL을 그래프 기반 표현 학습을 결합하여 확장한 GAS-GAIL (GrAphical Sub-task GAIL)이라고 하는 방법을 제안한다. HGAIL (Hierarchical GAIL) ^[4]에서와 같이 감독되지 않은 방식

(Unsupervised Manner)으로 하위 작업을 추론한다. 하위 작업에 대한 분류를 하는 사후 모델과 그들 사이에 관계를 설명하는 작업 전환 모델을 GAIL 프레임워크에 도입한다. 이전 작업과 달리 그래프 기반 네트워크를 사후 모델의 기본 구조로 사용한다. 이것은 사후 작업 집합 간의 지역적 상관관계를 학습하는 데 도움이 된다. 또한, 다중 흡을 사용한 추론을 통해 사후 그래프의 전역적인 Topology를 파악할 수 있으므로 각 하위 작업들이 위치적 역할에 맞춰 정렬된다. 모든 모델들은 사후 및 작업 전환 모델에 의해 생성된 하위 작업 변수를 공유하며 학습된다. 사후 및 작업 전환 모델은 서로에게 교사 역할을 한다. 즉, 그들은 감독되지 않은 방식으로 계층적 표현을 학습하기 위해 Pseudo 레이블을 제공한다.

제안된 방법은 다음과 같은 주요 기여를 제공한다. 첫 번째는 사전 지식 없이 작업의 계층 구조를 파악하는 Embedding 변수를 학습하여 해석 가능성을 높인다. 둘째, 그래프 기반 표현 학습과 전문가 정책 모방을 동시에 수행하여 이전 작업들보다 성능이 우수한 방법을 제안한다.

II. 관련 연구

교사로서 전문가의 시연을 활용하는 시연인 LfD (Learning from Demonstration) ^[6]에서 가장 인기 있는 학습의 패러다임은 모방학습 (IL) 및 견습 학습 AL (Apprenticeship Learning) ^[7]으로 알려져 있다. 모방학습 (IL)은 교사의 행동을 모방하는 정책의 학습에 집중한다. 행동 복제 BC (Behavior Cloning) ^[8]는 지도 학습 (Supervised Learning)을 통한 모방학습 (IL)의 가장 간단한 방법이다. 행동복제 (BC)의 경우 복제 오차가 누적되어 데이터에서 볼 수 없는 상황에 대해서 실패하는 경향이 있었다. 한편, 견습학습 (AL)과 역강화학습 IRL (Inverse Reinforcement Learning)의 변형들 ^{[9]-[11]}은 의도를 추론하여 보상 함수를 찾는 데 중점을 둔다. 견습학습 (AL)의 경우 보상 퇴화 문제로 인해 최적이지 않은 행동을 보이는 모호한 정책이 발생했다. 강화학습 (RL)과 역 강화학습 (IRL)의 Hybrid방법인 GAIL의 등장으로 적대적 구조를 통한 효율적인 1단계 학습이 가능했을 뿐만

아니라 누적 복합 오류도 완화되었다. 그럼에도 불구하고 Action Primitive의 의도가 바뀌는 상황에는 한계가 있었다.

계층적 정책을 학습한 많은 접근 방식들^{[12]–[14]}은 사전 정의된 규칙을 사용하여 하위 작업을 학습하기 위해 Oracle 체계를 필요로 했다. 제안하는 방법에서는 하위 작업에 대한 레이블이 필요하지 않은 옵션 프레임워크를 기반으로 한 GAIL의 변형들의 구조를 채택하여 사용하고 다중 작업 학습에 중점을 둔다. 예를 들어, InfoGAIL^[14]은 감독되지 않은 방식으로 궤적 간 변동을 명시적으로 발견했다. 또한 Direct-Info GAIL^[15]은 반복 방향 그래프를 통해 궤적 내 변화를 찾아 미래 궤적의 종속성을 제거했다. 그러나 위의 두 가지 접근 방식은 2단계 학습이다. HGAIL과 유사하게, 우리는 학습을 한 단계로 만들기 위해서 작업 전환 모델의 사전 분포로 사후 모델을 활용한다. 우리가 제안하는 방법은 HGAIL과 달리 하위 작업 간의 관계를 반영하는 사후 모델에 대해서 그래프 기반 구조를 사용한다. 그래서 작업 전환 모델의 학습이 불안정해지는 것을 방지한다. 또한 정책이 각 하위 작업의 의도를 학습할 수 있도록 판별자에게 하위 작업 변수를 제공한다.

그래프로 표현되는 관계, 상호작용과 같은 추상적인 개념을 다루기 위해 GCN이 제안되었다. Graph SAGE (Graph SAmple and aggreGatE)^[17]와 GAT (Graph ATtention network)^[18]에서 스펙트럼 영역에서 공간 영역으로의 그래프 연산을 분석하여 오버헤드를 크게 줄였다. 또한, 대규모 그래프에서 귀납추론으로 일반성을 향상시켰다. 이와 달리 우리가 제안하는 방법은 인접 노드를 샘플링하거나 주의 가중치를 계산하지 않고도 귀납적 학습을 가능하게 한다. 이는 제안된 프레임워크에서 작업 전환과 사후 모델 간의 교사-학생 관계가 전문가와 Rollout 궤적 사이에 존재하는 분포 이동 (Distribution Shift)문제에 대해서 강건하도록 도움을 주기 때문이다.

III. 배경지식

1. 마르코프 결정 프로세스(MDP)

(S, A, P, γ, R) 의 튜플로 표현된 Markov Decision Process(MDP) 하에서 문제를 분석한다. 여기서 S 는 상태 공간, A 는 작업 공간, $P: S \times A \times S \rightarrow [0, 1]$ 는 상태 전이 확률 분포를 나타내고, $\gamma \in (0, 1)$ 는 Discount Factor이고 $R: S \times A \rightarrow \mathbb{R}$ 는 보상 기능에 해당된다. 각 상태 및 작업 쌍 (s, a) 은 τ 로 표시된다. τ 와 τ_E 를 $\{\tau^1, \dots, \tau^N\}$ 의 궤적 집합이라고 하자. 각 궤도 $\{\tau_1, \dots, \tau_T\}$ 는 확률적 정책 $\pi: S \times A \rightarrow [0, 1]$ 과 전문가 정책 π_E 에 의해 각각 생성되고, 여기서 T 는 터미널 시간을 나타낸다. 각각의 궤도에는 주어진 시간 단계에서 하위 작업을 의미하는 잠재 변수에 해당되는 순서쌍인 $c = (c_1, \dots, c_T)$ 가 있다.

2. 모방학습(IL)

IL의 목표는 전문가 궤적 τ_E 에서 전문가 행동 τ_E 을 모방하는 정책을 학습하는 것이다. 지도 학습을 통해 정책을 학습한 행동 복제 (BC)는 복합 오류 문제에 직면했다. GAIL은 적대적 학습 프레임워크로 이 문제를 완화했다. 에이전트의 정책 π 은 생성기 역할을 하는 반면 판별자 D 는 전문가 정책 τ_E 와 학습된 정책 π 을 구별하는 방법을 학습하는 로컬 보상 함수를 나타낸다. 최적화는 다음과 같이 <식 1>과 동일하다.

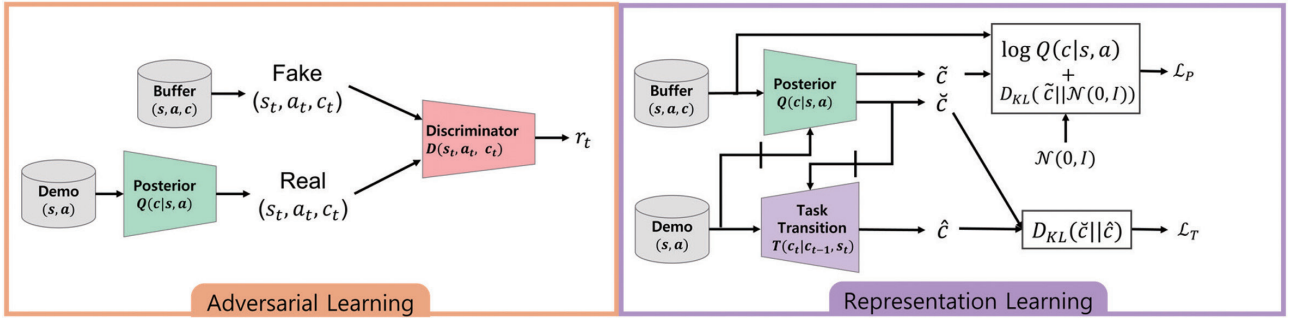
$$\min_{\pi} \max_D \mathbb{E}_{\pi} [\log D(s, a)] + \mathbb{E}_{\pi_E} [1 - \log D(s, a)] - \lambda H(\pi) \quad (1)$$

전문가 궤적 τ_E 사이의 다양한 유형의 행동을 구별하기 위해서 InfoGAIL은 잠재 변수 c 와 사후 모델 $Q(c | \tau)$ 를 도입한다. 상호 정보량 $I(c; \tau)$ 을 최대화하기 위해서 π 가 정보 이론 정규화를 기반으로 c 를 사용하도록 유도한다. 그들은 <식 2>와 같이 상호 정보량 $I(c; \tau)$ 의 변동 하한 $L_q(\pi, Q)$ 을 유도하고 그것을 식 1에 더한다.

$$I(c; \tau) \geq \mathbb{E}_{p(c), \pi(a|s, c)} [\log Q(c | \tau)] + H(c) = L_q(\pi, Q) \quad (2)$$

3. 그래프 컨볼루션

관계 및 상호 작용과 같은 추상적인 개념을 처리하는데 적합한 GCN은 그래프에서 중요한 정보를 추출하는



〈그림 2〉 제안된 프레임워크의 전체 구조.

CNN(Convolutional Neural Network)^[19]의 변형이다. 노드의 기능은 〈식 3〉과 같은 전파 규칙을 사용하여 노드와 연결된 간선을 따라 인접 노드에서 정보를 수집하여 동작한다.

$$H^{l+1} = \sigma(\tilde{D}^{-\frac{1}{2}} \tilde{A} \tilde{D}^{-\frac{1}{2}} H^l W^l) \quad (3)$$

여기서 무방향 그래프 $G = (V, E)$ 는 N 개의 노드 $v_i \in V \in \mathbb{R}^{N \times D_v}$ 들을 사용하여 표기된다. 그리고 모서리는 $(v_i, v_j) \in E$ 으로, 인접 행렬은 $A \in \mathbb{R}^{N \times N}$ 으로 및 차수 행렬은 $D_{ii} = \sum_j a_{ij}$ 으로 표기한다. $\tilde{A} = A + I_N$ 는 자체 연결이 추가된 인접 행렬이다. 마찬가지로 차수 행렬도 $\tilde{D}_{ii} = \sum_j \tilde{a}_{ij}$ 으로 확장된다. W^l 는 계층별 학습 가능한 가중치 행렬이다. $\sigma(\cdot)$ 는 활성화 함수를 나타낸다. $H^l \in \mathbb{R}^{N \times D_h}$ 는 l 번 층의 임베딩 벡터이다. 그리고 초기 층의 Embedding 값 H^0 은 입력 X 와 같다.

IV. 제안된 방법

우리의 방법은 4개의 신경망 모델로 구성된다. 구체적으로 말하면, 정책 $\pi(a_t | s_t, c_t)$ 은 현재 상태와 하위 작업이 주어진 행동에 대한 분포를 출력한다. 작업 전환 모델 $T(c_t | c_{t-1}, s_t)$ 은 이전 하위 작업과 상태가 주어진 상황에서 하위 작업에 대한 분포를 출력한다. 사후 모델 $Q(c_t | s_t, a_t)$ 은 상태와 행동 쌍이 주어지면 하위 작업 분포를 출력한다. 판별자 $D(s_t, a_t, c_t)$ 는 정책을 학습하기 위한 현재 상태, 조치 및 하위 작업을 감안할 때 판별적인 보상 신호를 제공한다. 전문가 정책을 모방하고 하위 작업 표현을 얻기 위해 〈그림 2〉와 같이 4가지 모델이 동시

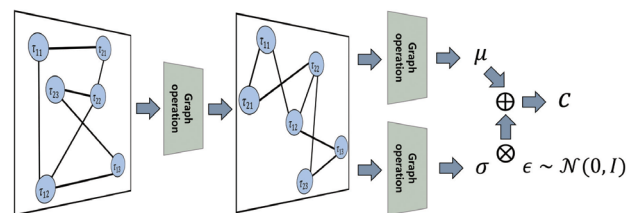
에 작동된다. 제안하는 학습 방식은 (1) 적대적 모방 학습과 (2) 표현 학습의 두 가지 요소로 구성된다.

1. 적대적 모방학습

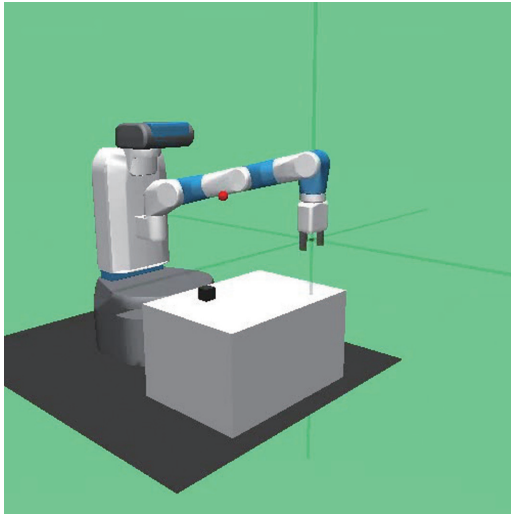
GAIL 프레임워크에 대한 정책을 학습하려면 판별자의 출력 값인 보상 신호가 필요하다. 이러한 이유로 상태, 작업 및 하위 작업의 Tuple로 구성된 실제 및 가짜 샘플이 필요하다. 가짜 샘플은 정책 및 작업 전환 모델이 Rollout 프로세스를 통해 환경과 상호 작용할 때 생성된다. 실제 샘플의 경우 전문가 데모에서 무작위로 추출하고 그 추출된 상태 행동쌍에 대해서 사후 모델을 통과하여 생성된 Pseudo 레이블을 추가하여 구성된다. 마지막으로 〈식 1〉과 같은 변동 하한을 〈식 2〉에 추가하여 보상 함수를 설계할 필요 없이 판별자와 정책을 동시에 학습한다.

2. 표현학습

여기서는 〈그림 3〉의 그래프 기반 사후 모델의 아키텍처를 간략하게 설명한다. 사후 모델의 경우 가우스 변수를 사용하여 하위 작업을 설계한다. 그렇기 때문에 가우스 매개변수를 출력하기 위해서 연속된 두 개의 그래프



〈그림 3〉 사후 모델의 구조.



〈그림 4〉 FetchPickAndPlace 환경

컨볼루션 네트워크의 층으로 구성된다. 궤적을 사후 모델에게 제공하기 전에 샘플 간의 상관관계를 고려하여 그래프를 작성한다. 그래프에서 각 노드들은 서로 다른 시간 단계에서의 상태 및 작업 쌍에 해당된다. 노드 집합은 $V = \{\tau_i \mid i = 1, \dots, N\}$ 로 정의된다. 각 모서리에 대해서 각 노드를 설명하는 특징들 간의 거리 행렬에 Boltzman model 형태의 Heat Kernel을 적용한다. 다음 〈식 4〉와 같이 그 후 값이 임계값보다 작으면 간선이 존재한다고 가정한다.

$$E = \{e_{ij} = (\tau_i, \tau_j) \mid e^{-\frac{\|\tau_i - \tau_j\|}{\sigma}} < D_{\text{close}} \text{ for } i, j = 1, \dots, N\} \quad (4)$$

상태와 행동 공간이 연속적이면 시간 간격이 좁을수록 간선이 존재할 확률이 높아진다. 따라서 설계된 간선을 따라 학습된 노드의 특징은 시간 종속성을 반영하게 된다. 그래프의 전역 토폴로지를 반영하는 연결에 대한 학습을 장려하기 위해 다중 홉 인접 행렬을 구한다. 최대 홉 깊이를 의미하는 Hyper-parameter는 L 이다. 인접 행렬을 의미하는 $A = \{A_k \mid k = 0, \dots, L-1\}$ 는 K -hop 인접 행렬의 집합이며 는 식 5에 보이듯이 다음과 같이 정의된다.

$$a_{kij} = \begin{cases} 1 & \text{if } \exists e_{kij} \in A^k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

각 계층에 대해 K -hop 인접 행렬에서 L 개의 그래프

〈표〉 평균과 표준편차에 대한 반환과 성공률의 비교.

방법	척도	평균 반환 표준편차	평균 성공률
GAIL		- 7.65 5.15	0.46
HGAIL		- 4.89 3.75	0.79
GAS-GAIL		- 4.41 2.99	0.83

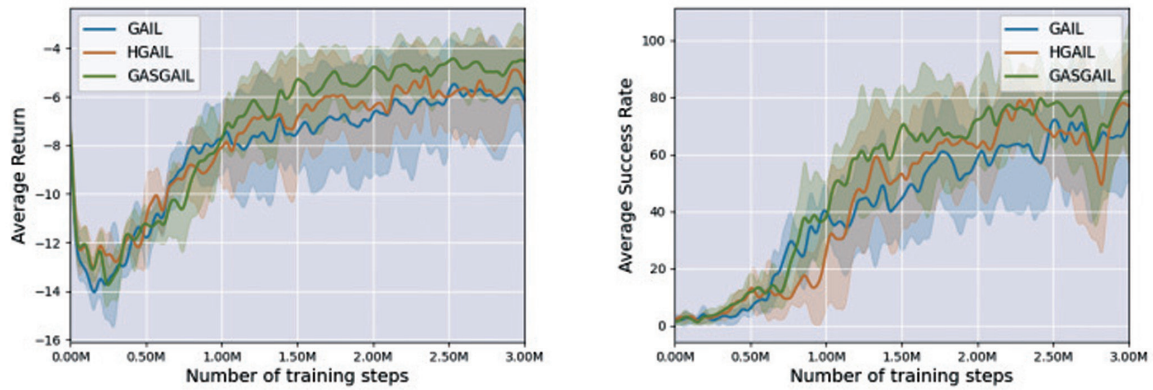
연산을 Average Pooling하여 출력을 얻는다.

제안하는 방법은 하위 과제들에 대한 수동적인 레이블링에 대한 비용 없이 자율적으로 하위 작업 표현을 얻을 수 있다. 이는 사후 전환과 작업 전환 사이에 신호를 보내고 받는 피드백 루프가 있기 때문이다. 사후 모델은 작업 전환에 대한 교사로서의 그래픽 Embedding을 통해 각 에피소드 간의 불변성을 유지하는 계층적 특성을 전달한다. 사후 및 작업 전환의 목표 L_P 와 L_T 는 〈그림 2〉와 같이 각각 최적화된다.

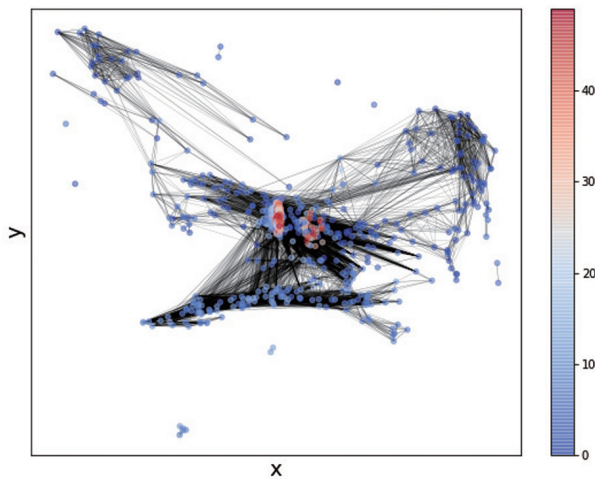
V. 실험

1. 고차원 복합과제 제어

목표 기반 작업을 제공하는 Robotics 물리 엔진을 활용하여 〈그림 4〉와 같은 FetchPickAndPlace 환경에서 테스트한다. 환경에서 시작 위치와 목표 위치는 3D 공간에서 무작위로 선택된다. Agent는 7 DoF (Degree of Freedom) Robot의 End Effector를 제어한다. 해당 목표를 수행하기 위해서 블록을 잡고 들어 올린 후 목적지점까지 이동 후 물체를 놓아야 한다. 상태와 행동 공간은 연속적이다. 본 논문에서는 GAIL과 HGAIL을 기준선으로 설정한다. 제안한 방법인 GAS-GAIL을 〈그림 5〉 및 〈표 1〉에서 보이듯이 벤치마크 환경의 기준선과 비교한다. GAIL의 경우 하위 작업 전환에 대해서 적응하지 못한다. 따라서 임의로 변경된 출발지점과 목적지점에 대한 과제를 수행하지 못하는 경향을 보인다. HGAIL의 경우 좀더 나은 경향을 보여주지만, 하위과제들에 대해서 단일 사전분포를 가정하기 때문에 한계를 보인다. 결과적으로 학습곡선을 보면 HGAIL에 비해 제안된 방법이 더 나은 성공률과 수렴 속도를 보인다.



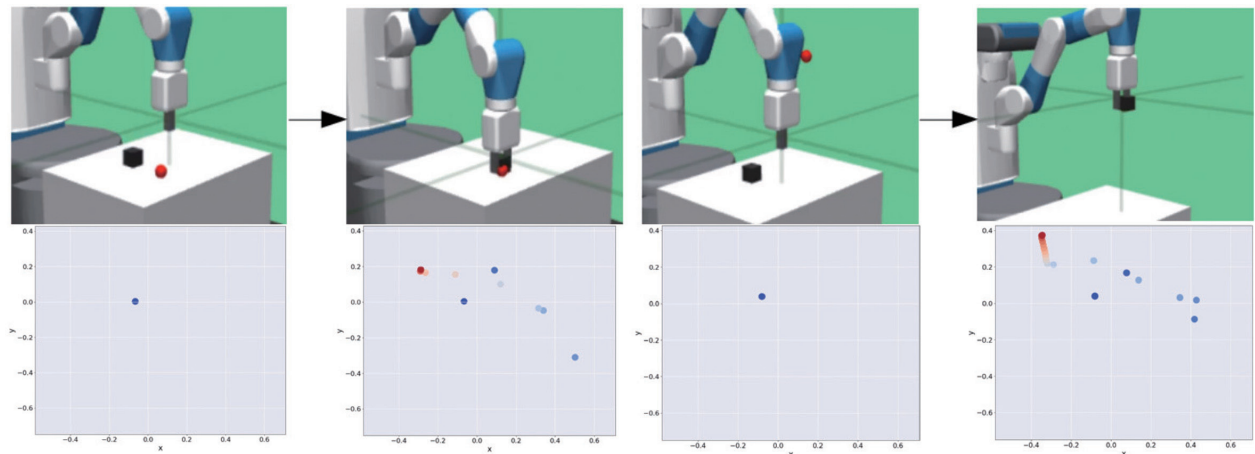
〈그림 5〉 FetchPickAndPlace 환경에 대한 학습 곡선. 더 어두운 색의 선과 음영 영역은 각각 평균과 분산을 의미한다. 각 방법들은 5개의 임의의 시드에 대해 계산된다. 왼쪽 곡선은 평균 반환을 보여주고 오른쪽 곡선은 성공률을 나타냅니다.



〈그림 6〉 전문가 데모 샘플들 사이의 하위 작업들 간의 관계를 그래프 형태로 시각화.

2. 그래프 표현의 시각화

사후모델이 하위 작업에 대해서 지역적인 상관관계를 학습했는지 여부를 보이기 위해서 〈그림 6〉에서 Topological Graph를 시각화한다. 검은색 선은 간선을 나타낸다. 홑에서 멀어질수록 간선이 가늘어진다. 노드의 색상은 에피소드의 시간 경과를 나타낸다. 목표점의 위치가 변경되어도 최종 하위 작업 변수는 Global Topology 상에서 동일한 위치에 있음을 나타낸다. 〈그림 7〉은 시간적 흐름에 따른 각 에피소드에 대한 하위 작업 전환을 보여준다. 최종 목표에 도달함에 따라서 목적지의 위치가 다른 서로 다른 두 개의 에피소드이지만 하위 작업 변수가 결국 마지막에 비슷한 위치로 이동한다.



〈그림 7〉 시간에 따른 하위작업 전환에 대한 시각화.



VI. 결론과 전망

제안된 방법은 작업 구조에 대한 어떠한 사전 지식 없이 목표 지향적인 작업에 대한 전문가 행동을 성공적으로 수행한다. 실용적인 대부분의 기계적 문제들은 단일 과제가 아니라 다중 복합 작업으로 이루어진다. 즉, 큰 문제는 작은 단위의 하위 작업들의 조합 형태로 설명된다. 그래서 본 논문처럼 자동적으로 문제를 하위 분할하고 인과관계에 근거하여 그들 사이의 시간적 전환 순서를 찾는 연구가 가치가 있다. 또한 로봇의 행동을 해석하기 위해서는 인간과 기계 사이의 접점을 찾는 것이 중요하다. 소위 딥러닝 DL (Deep Learning)은 인간과 유사한 결과를 내지만 그것에 대한 근거를 알 수 없다고 하여 블랙박스 (Black Box)라 불린다. 우리는 그래프 기반 표현 학습을 수행하여 중간 결과물인 하위 과제를 학습하고 그 의미를 실시간으로 시각화 하여 인간의 해석 가능성을 높인다. 그러나 간선을 설계하기 위해서 Heat Kernel의 온도를 고정된 값으로 사용하기 때문에 분포이동 문제에는 한계점이 있다. 그 이유는 사후 모델이 전문가 샘플과 몰아웃 샘플 모두에서 교차적으로 작동하기 때문이다. 향후 작업으로 동적 그래프를 학습하여 효과적으로 작동하면 더 나은 성능이 기대된다.

참고 문헌

- [1] D. Pomerleau, "An autonomous land vehicle in a neural network," *Advances in Neural Information Processing Systems*; Morgan Kaufmann Publishers Inc.: Burlington, MA, USA, 1998.
- [2] J. Ho and S. Ermon, "Generative adversarial imitation learning," *Advances in neural information processing systems*, vol. 29, pp. 4565-4573, 2016.
- [3] R. S. Sutton, D. Precup, and S. Singh, "Between mdps and semi-mdps: A framework for temporal abstraction in reinforcement learning," *Artificial intelligence*, vol. 112, no. 1-2, pp. 181-211, 1999.
- [4] J. Zhou, G. Cui, S. Hu, Z. Zhang, C. Yang, Z. Liu, L. Wang, C. Li, and M. Sun, "Graph neural networks: A review of methods and applications," *AI Open*, vol. 1, pp. 57-81, 2020.
- [5] S.-H. Lee and S.-W. Seo, "Learning compound tasks without task-specific knowledge via imitation and self-supervised learning," in *International Conference on Machine Learning*, pp. 5747-5756, PMLR, 2020.
- [6] B. D. Argall, S. Chernova, M. Veloso, and B. Browning, "A survey of robot learning from demonstration," *Robotics and autonomous systems*, vol. 57, no. 5, pp. 469-483, 2009.
- [7] P. Abbeel and A. Y. Ng, "Apprenticeship learning via inverse reinforcement learning," in *Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning*, p. 1, 2004.
- [8] D. A. Pomerleau, "Efficient training of artificial neural networks for autonomous navigation," *Neural computation*, vol. 3, no. 1, pp. 88-97, 1991.
- [9] A. Y. Ng, S. J. Russell, et al., "Algorithms for inverse reinforcement learning,," in *lcm*, vol. 1, p. 2, 2000.
- [10] B. D. Ziebart, A. L. Maas, J. A. Bagnell, A. K. Dey, et al., "Maximum entropy inverse reinforcement learning,," in *Aaai*, vol. 8, pp. 1433-1438, Chicago, IL, USA, 2008.
- [11] U. Syed and R. E. Schapire, "A game-theoretic approach to apprenticeship learning," in *Advances in neural information processing systems*, pp. 1449-1456, 2008.
- [12] B. Eysenbach, X. Geng, S. Levine, and R. Salakhutdinov, "Rewriting history with inverse rl: Hindsight inference for policy improvement," *arXiv preprint arXiv:2002.11089*, 2020.
- [13] S. Krishnan, A. Garg, R. Liaw, L. Miller, F. T. Pokorny, and K. Goldberg, "Hirl: Hierarchical inverse reinforcement learning for long-horizon tasks with delayed rewards," *arXiv preprint arXiv:1604.06508*, 2016.
- [14] A. S. Vezhnevets, S. Osindero, T. Schaul, N. Heess, M. Jaderberg, D. Silver, and K. Kavukcuoglu, "Feudal networks for hierarchical reinforcement learning," in *International Conference on Machine Learning*, pp. 3540-3549, PMLR, 2017.
- [15] A. Sharma, M. Sharma, N. Rhinehart, and K. M. Kitani, "Directed-infogail: Learning hierarchical policies from unsegmented demonstrations using directed information," *arXiv preprint arXiv:1810.01266*, 2018.

- [16] T. N. Kipf and M. Welling, "Semi-supervised classification with graph convolutional networks," arXiv preprint arXiv:1609.02907, 2016.
- [17] W. L. Hamilton, R. Ying, and J. Leskovec, "Inductive representation learning on large graphs," in Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, pp. 1025–1035, 2017.
- [18] P. Veličković, G. Cucurull, A. Casanova, A. Romero, P. Lio, and Y. Bengio, "Graph attention networks," arXiv preprint arXiv:1710.10903, 2017.
- [19] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, "Imagenet classification with deep convolutional neural networks," in Advances in Neural Information Processing Systems (F. Pereira, C. J. C. Burges, L. Bottou, and K. Q. Weinberger, eds.), vol. 25, Curran Associates, Inc., 2012.



유세욱

- 2018년 2월 홍익대학교 공과대학 전기전자공학부 학사
- 2018년 9월 ~ 현재 서울대학교 공과대학 전기정보공학부 석박통합과정
- 2021년 8월 ~ 11월 토르드라이브 인턴

〈관심 분야〉

Robotics, Autonomous Driving System, Decision Making, Path Planning, Path Tracking, Trajectory Prediction, Machine Learning, Reinforcement Learning, Imitation Learning, Representation Learning, Multi-task Learning, Transfer Learning, Autonomous Driving Simulation

자율주행 자동차를 위한 비근시적 경로 계획 방법론

I. 서론

자율 주행 자동차 시스템은 탑승자의 안전을 보장하고 편안함을 증진시킬 뿐 아니라, 나아가 교통 정체 해소를 통해 인류 전체 삶의 질을 높여줄 가능성을 가지고 있다. 자율 주행 시스템을 위해서는 인식 (Perception), 지도 제작 (Mapping), 위치 파악 (Localization), 경로 계획 (Planning), 그리고 제어 (Control)의 다섯 가지 핵심 기술이 요구된다. 그 중에서도 관측된 정보를 모아 자동차가 어떻게 움직여야 할지를 계획하는 경로 계획 기술은 탑승자의 안전과, 자율 주행 시스템의 효율성에 직접적으로 영향을 미친다. 경로 계획은 크게 실시간 장애물을 고려하지 않고 최종 목적지까지 경로를 계획하는 글로벌 경로 계획과 글로벌 경로 계획 결과에 기반하고, 실시간으로 장애물을 고려하여 최종 경로를 도출하는 실시간 경로 계획으로 나뉜다^[1].

글로벌 경로 계획은 궁극적인 최종 목적지까지 도달하는 길은 안내하는, 네비게이션과 같은 결과물을 도출하는 것이다. 기존에 만들어진 지도를 기반으로 하여 통과해야 하는 지점(waypoint)들의 집합을 구하게 된다. 좋은 알고리즘들이 많이 개발되었고, 전지구적 도로 네트워크 데이터가 널리 공유되기 때문에 글로벌 경로 계획을 처리하는데 걸리는 시간은 1초가 채 걸리지 않게 되었다^[2]. 그러나 이 경로를 자율주행 차량이 실제로 주행할 수는 없다. 실제 교통 환경은 변수가 너무나도 많기 때문에, 장애물들을 고려하여 안전함을 유지하면서 운전자의 편안함을 해치지 않는 새로운 경로를 계획해야만 한다. 실시간

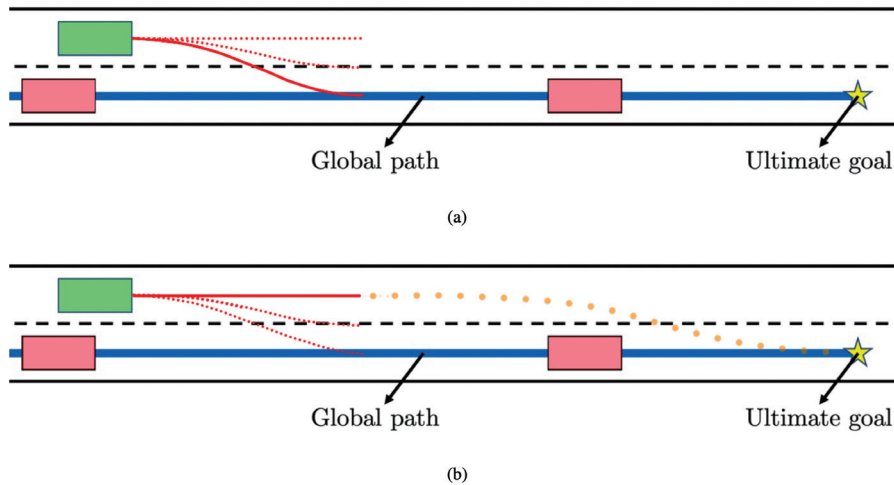


조 재 경
서울대학교



김 성 우
서울대학교

본 기사는 ICEIC 2022에 출판된 'Non-myopic Trajectory Planning for Autonomous Driving Combining Single-Query and Multi-Query Methods' 논문을 요약 한글화하여 작성되었습니다.



〈그림 1〉 (a) 근시적 경로 계획법과 (b) 비근시적 경로 계획법의 비교. 붉은 점선으로 표현된 경로 후보들 중 근시적으로 판단할 경우 글로벌 경로로 돌아가는 경로를 택하는 반면 비근시적으로 판단할 경우 빈 차선을 유지하는 경로를 선택한다.

경로 계획은 글로벌 경로를 최대한 따라가면서, 실시간으로 발생하는 문제들을 해결할 수 있는 새로운 경로를 계획한다^[3]. 가장 중요한 것은 실시간성을 보장하면서 움직이는 장애물을 안전하게 피할 수 있고, 자동차 운동학적으로 구동 가능한 경로를 보장해야 하며, 사용자의 편안함을 만족하기 위해 부드러운 주행이 가능하도록 경로를 계획하는 것이다.

자율주행 기술의 개발 초기 단계에서는 단일-목적지 방식의 실시간 경로 계획 기법들이 사용되었다. 단일-목적지 방식이란 하나의 유일한 목적지로 가는 경로를 다시 계획하는 것이다. 글로벌 경로에서 교차로, 갈림길과 같이 허브로 사용되는 지점들이 있는데 가장 가까운 허브 지점까지의 경로를 계획하게 된다. 대표적으로 사용되는 알고리즘들로는 Hybird-A*^[4], RRT*^{[5], [6]}, fastRRT^[7], 그리고 elastic band^[8] 등이 있다. 그러나 이러한 방식들은 먼 곳까지 경로를 계획해야 하기 때문에 계산 시간이 오래 걸려 실시간성을 제대로 보장하기 어렵거나, 빠르게 결과를 도출할 경우 자동차 운동학적으로 최적화되지 않은 경로를 생성되어 차량의 좌우 흔들림이 클 수 있다는 단점이 있다.

다중-목적지 방식의 실시간 경로 계획의 경우 하나의 목적지를 향한 경로를 계획하는 것이 아니라, 대략 5초 이내의 자동차가 움직일 수 있는 여러 개의 경로 후보들을 계획한 뒤, 안전과 편안함 등을 고려하여 하나를 선택하는 방법이다.

여러 개의 경로 후보는 자동차 운동학을 이용하여 최적화된 경로이기 때문에 자동차의 좌우 흔들림이 최소화된다^{[9]-[11]}. 다만 길고 복잡한 경로를 계획한다면 계산 시간이 너무 길어 실시간성을 보장할 수 없기 때문에 아주 제한된 근시적인 경로만을 계획할 수 있다^{[11]-[13]}.

현재 대부분의 자율주행 시스템은 실시간 경로 계획을 위해서 다중-목적지 방식을 차용하고 있다. 그러나 본 연구에서는 몇몇 상황에서 다중-목적지 방식의 근시적 특성 때문에 자동차가 비효율적인 움직임을 나타내는 것을 발견하였다. 〈그림 1(a)〉에서 나타나듯 기존 다중-목적지 방식의 경로 계획은 근시적으로 계획된 경로들 중 글로벌 경로로 돌아가는 경로를 선택하게 된다. 그러나 궁극적인 목적지는 두 번째 장애물 뒤에 위치하기 때문에 〈그림 1(b)〉와 같이 차선을 변경하지 않는 것이 비근시적 관점에서는 유리하다. 본 연구에서는 단일-목적지 방식과 다중-목적지 방식을 결합한 비근시적 실시간 경로 계획 방법을 제안하고, 실제 어떤 도로 상황에서 더 나은 성능을 보였는지를 소개한다.

II. 실시간 경로 계획법

1. 단일-목적지 실시간 경로 계획

단일-목적지 실시간 경로 계획은 동적인 제약조건

하에서 갈림길과 같은 로컬 목적지 혹은 최종 목적지에 가장 빠르게 도착하기 위한 경로를 계획하는 것이다. Hybrid-A* 알고리즘^[4]은 지도를 사각 격자로 나눈 뒤 가장 빠르게 목적지에 도달할 수 있는 격자 순서쌍을 찾아서 경로로 사용하는 방식이다. Spatio-temporal lattice^[14]는 자동차 역학으로 구동 가능한 특별한 형태의 격자를 이용한다. 그러나 격자 기반의 방법은 격자를 크게 하면 정확도가 떨어지고 작게 하면 계산 시간이 너무 오래 걸리는 문제가 발생하여 양질의 경로를 만들기 어렵다는 단점이 있다.

CL-RRT (Closed-Loop Rapidly exploring Random Trees)는 자율주행 발전 초기에 사용되던 실시간 경로 계획법 중 하나로, 지도에 무작위로 점을 추가하고 가장 가까운 기존의 점과 연결하는 방식으로 트리를 만들어 경로를 계획하는 방법이다. 무작위성 때문에 아주 빠르게 경로를 찾아낼 수 있지만 운동학적으로도 완벽히 최적화되지 않을뿐더러 가장 빠른 경로를 찾지도 못한다. 그래서 높은 속도도 달리는 고속도로와 같은 환경에서는 차량이 좌우로 흔들릴 수 있다. 가장 빠른 경로를 찾아내기 위해 RRT*^[16]라는 방법이 제안되었지만 이 또한 차량 운동학적으로 최적화된 경로를 도출할 수 없었다. 운동학적 최적화와 실시간성을 해결하기 위해서 FastRRT^[7] 기법이 제안되었는데, 이는 다수의 경로 후보를 트리 구조로 미리 만들어 두고 이에 기반하여 RRT 기법을 다시 시작하는 방법이다. 그러나 실제로 차량의 현재 속도나 핸들 각도 등을 고려하지 않은 경로 후보들을 만드는 것이기 때문에 뉴욕의 맨해튼과 같이 격자 형태로 생긴 도로

구조에는 적합할 수 있으나 복잡한 형태의 도로에서 사용하기는 어렵다.

2. 다중-목적지 실시간 경로 계획

다중-목적지 방식의 실시간 경로 계획은 대략 5초 이내의 짧은 시간 구간에 자동차가 효율적으로 움직일 수 있는 여러 개의 경로 후보들을 생성한 뒤, 하나를 선택하는 방식이다^{[9]-[12]}. 우선 곡선 좌표계와 다항 곡선을 이용하여 최대 속도, 최대 곡률, 장애물로부터의 안전거리 확보 등의 제약 조건을 모두 만족하는 경로 후보군을 생성한다. 각 경로 후보군의 순위를 매기기 위해서는 비용 함수를 직접 정의하여 사용하였는데, 비용함수는 장애물까지의 거리, 경로의 최대 곡률, 이전에 선택된 경로와의 유사도, 등이 고려되었다. 비용함수에서 가장 낮은 값을 가지는 경로가 최종 경로로 선택된다. 하지만 너무 많은 경로 후보를 생성하거나 복잡하고 긴 경로를 생성하려 하면 계산 시간이 폭발적으로 증가하는 단점이 있다. 따라서 짧은 시간 간격에 대한 경로 계획만이 실시간으로 가능하고, 비근시적으로는 더 효율적인 경로가 있음에도 근시적인 경로를 택하게 되는 경우가 발생한다. 단일-목적지 방식과 다중-목적지 방식은 <표 1>에 자세히 정리되어 있다.

III. 비근시적 실시간 경로 계획법

비근시적 실시간 경로 계획의 경우 3단계로 나뉜다. 첫 번째로 다중-목적지 경로 계획 방식과 유사하게 근시적 경로 후보군을 생성한다. 그리고 경로 후보들 중 너무 큰 가속도가 요구되거나 핸들을 급격하게 꺾어야 하는 경우들과 같이 현재 자동차의 상태로 주행할 수 없거나, 장애물과 너무 가까운 경로들을 제거한다. 마지막으로 비근시적으로 가장 효율적인 경로를 선택한다.

1. 근시적 경로 후보군 생성

<알고리즘 1>은 근시적 경로 후보군 생성 알고리즘에 대한 의사 코드이다. 우선 근시적 경로 후보군 생성을 우선 수식으로 나타내면 다음과 같다. 자동차의 상태 공간

Planning method	Single-query	Multi-query
Algorithms	Hybrid-A*, fastRRT, elastic band	Splines, polynomials, discrete optimization
Pros	Fast non-myopic solution, simple cost function	Improved quality, vehicle-optimized
Cons	Not fully optimal	Myopic solution, high cost function dependency
Time complexity	$O(\text{search space})$	$O(\text{terminal states}^{\text{layer}})$

<표 1> 단일-목적지 방식 경로 계획법과 다중-목적지 방식 경로 계획법의 비교표.

Algorithm 1 Algorithm for multiple myopic trajectory generation

Require: $L_l, L_r, dL, v_{list}, T$

```

1: function MYOPICTRAJ CANDIDATES( $x_{ego}, path_{global}$ )
2:    $d_0, \dot{d}_0, \ddot{d}_0, s_0, \dot{s}_0, \ddot{s}_0 \leftarrow \text{FRENET}(x_{ego}, path_{global})$ 
3:    $MTC = \{\emptyset\}$ 
4:   for  $d_1 = L_l : L_r : dL$  do
5:     for  $\dot{s}_1 \in v_{list}$  do
6:        $S_0^d = (d_0, \dot{d}_0, \ddot{d}_0, 0), S_1^d = (d_1, 0, 0, T)$ 
7:        $P_{long} \leftarrow \text{QUINTICPOLINOMIAL}(S_0^d, S_1^d)$ 
8:        $S_0^s = (s_0, \dot{s}_0, \ddot{s}_0, 0), S_1^s = (s_1, \dot{s}_1, 0, T)$ 
9:        $P_{lat} \leftarrow \text{QUARTICPOLINOMIAL}(S_0^s, S_1^s)$ 
10:       $\mathbf{x}(t) = \text{CARTESIAN}(P_{long}, P_{lat}, path_{global})$ 
11:      if FEASIBLE(P) then
12:         $MTC \leftarrow MTC \cup \mathbf{x}(t)$ 
13:      end if
14:    end for
15:  end for
16:  return MTC
17: end function

```

〈알고리즘 1〉 근시적 경로 후보군 생성 의사 코드

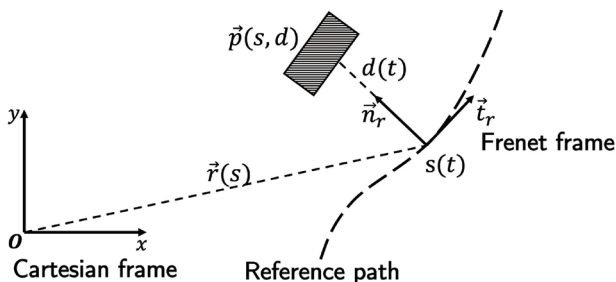
X 는 연속적인 2-D 위치, 방향, 속도, 가속도, 곡률, 등으로 구성되어 있고, 제어 공간 U 는 가속도와 핸들 각가속도로 구성된다. 이 때 특정 시점의 자동차 상태와 제어 변수를 각각 $x(t) \in X, u(t) \in U$ 라고 하면 자동차의 비선형 역학 수식은 다음과 같다.

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t)), \quad x(0) = x_0 \quad (1)$$

우선 총 N 개의 경로 후보를 생성한다. 각 경로 후보의 끝 지점 $x_{end}^i (i = 1, \dots, N)$ 은 현재 자동차의 상태 x_0 와 주어진 글로벌 경로 GP 를 기반으로 얻을 수 있다.

$$\{x_{end}^i\}_{i=1}^N = g(x_0, GP) \quad (2)$$

글로벌 경로에 기반하여 N 개의 끝 지점을 샘플링하기 위해 직교좌표계 대신 〈그림 2〉에 자세히 묘사되어 있는 Frenet 좌표계^[17]를 사용한다. Frenet 좌표계는 기준이



〈그림 2〉 Frenet 좌표계

되는 곡선이 존재할 때, 그 곡선의 접선 방향 $\vec{t}_r$ 과 $\vec{n}_r$ 수직 방향으로 좌표를 나타내는 것이다.

$$\vec{p}(s, d) = \vec{r}(s) + d(t)\vec{n}_r \quad (3)$$

Frenet 좌표계를 이용하는 이유는 자동차의 제어 변수가 가감속 페달과 핸들 조작으로 이루어져 있기 때문이다. 가감속 페달의 경우 곡선의 접선 방향 (Longitudinal)에 대한 제어 만 가능하고, 핸들 조작은 수직 방향 (Lateral)에 대한 제어만 가능하기 때문이다. 글로벌 경로가 연속적인 함수로 나타나야 Frenet 좌표계도 연속적일 수 있기 때문에, 우선 3차 스플라인 곡선을 이용하여 글로벌 경로를 나타낸 후 Frenet 좌표계를 사용한다.

각 경로 후보의 끝 지점은 미리 정의된 수직방향 오프셋과 간격, 접선방향 속도 리스트를 통해 샘플링된다 (lines 4-5). L_l, L_r 은 각각 좌우 최대 오프셋을 의미하며 지도 정보로부터 얻어낼 수 있는 값이다. dL 은 그 사이 끝 지점들의 간격을 뜻하며, 너무 세밀하지 않도록 적당한 값으로 지정한다. 일반적으로 자동차는 차선을 유지하며 달려야 하기 때문에, 너무 세밀한 값으로 잡아도 계산량만 늘어날 뿐 큰 의미가 없기 때문이다. 접선방향 속도 리스트의 경우 주행 중인 도로의 최저 속도와 최대 속도, 그리고 주변 자동차들의 속도들로 구성된다. 이는 안전거리를 유지하며 주변 자동차들의 뒤를 따라가거나 최대 속도를 이용해 추월하는 경로를 생성하기 위함이다.

현재 자동차의 위치로부터 끝 지점까지 이동하는 i 번째 경로 후보 $x^i(t), (t = 0, \dots, t_{myopic})$ 는 아래의 제약조건들을 만족하면서 가장 짧은 거리로 이동할 수 있는 경로로 생성된다.

$$\begin{aligned}
 x^i(t) &\in X \setminus X_{obs}, \quad \forall t \in [0, t_{myopic}] \\
 x^i(t_{myopic}) &= x_{end}^i \\
 u^i(t) &\in U, \quad \forall t \in [0, t_{myopic}]
 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 u_{min} &\leq ||\dot{u}^i(t)|| \leq u_{max} \\
 u_{min} &\leq ||\ddot{u}^i(t)|| \leq u_{max}
 \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)의 경우 자동차 운동학에 대한 제약 조건으로 제어 변수의 범위를 제한하는 것이다.

우선 현재 차량의 위치부터 샘플링된 경로 후보들의 끝

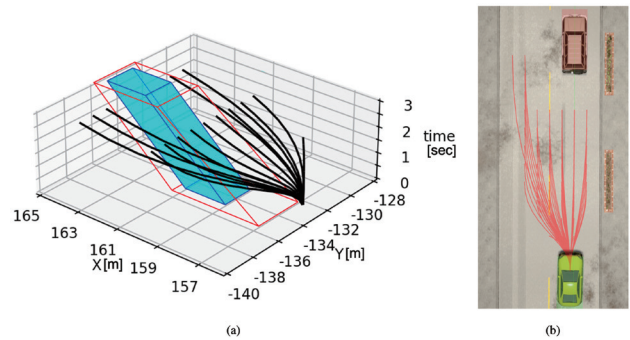
지점까지 경로를 완성한 후 제약조건을 만족하는 경로만을 남기는 방법을 사용한다. 우선 특정 시간의 차량의 상태는 Frenet 좌표계에서의 위치와 속도, 가속도로 나타낼 수 있다: $S = (x, \dot{x}, \ddot{x}, t)$. 접선 방향과 수직 방향은 서로 독립적이므로 따로 경로 생성을 진행할 수 있다. 다시 말해, $S^d = (d, \dot{d}, \ddot{d}, t)$, $S^s = (s, \dot{s}, \ddot{s}, t)$ 를 각각 구한 후 다시 직교좌표계로 변환한다 (lines 6–10).

접선 방향의 경우 현재 자동차 상태와 끝 지점에서 요구되는 상태는 각각 $S^s_0 = (s_0, \dot{s}_0, \ddot{s}_0, 0)$, $S^s_1 = (s_1, \dot{s}_1, \ddot{s}_1, 0)$ 이다. 경로의 끝 지점에서 가속도가 0인 것은 요구되는 속도에 도달한 뒤 이를 유지해야 하기 때문에 당연히 발생하는 조건이다. 이 때 변수가 5개이므로, 5차 다항 곡선을 사용하여 접선방향 경로를 생성한다.

수직 방향의 경우 한 가지 조건이 더 추가되는데, 끝 지점에서 속도가 0이 된다는 점이다. 원하는 수직 방향 위치에 도달한 뒤 이를 유지하기 위함이다. 다시 말해, 현재 자동차 상태와 끝 지점에서 요구되는 상태가 각각 $S^d_0 = (d_0, \dot{d}_0, \ddot{d}_0, 0)$, $S^d_1 = (d_1, 0, 0, 0)$ 이 되고, 변수가 4개이므로 4차 다항 곡선을 이용하여 수직방향 경로를 생성한다. 최종적으로 Frenet 좌표계에서 형성된 경로는 직교 좌표계로 변환되어 최종 경로 후보로 사용된다.

2. 유의미한 경로 후보군 선별

각 경로 후보는 제약 조건 만족 유무에 따른 선별 과정을 거친다 (lines 11–13). 첫 번째로 경로에 최대 속도나 최대 곡률을 넘는 구간이 존재한다면, 그 경로는 후보군에 포함되지 않는다. 두 번째로 도로 경계, 타 차량, 보행자, 교통 신호와 같은 임시 장애물 (빨간불이나 정지 신호의 경우 지도 차원에서 일시적인 장애물로 인식하게 된다) 등과 충돌하는 경로 또한 후보군에서 제거된다. 동적인 물체의 경우 근시적 관점에서 행동을 유지한다고 가정한다. 즉 타 차량의 경우 속도와 핸들 각도를 유지한다고 가정하는 것이다. 모든 장애물은 직사각형 형태로 가정하며 안전거리 확보를 위해 <그림 3(a)>의 붉은 직사각형처럼 실제 크기보다 조금 더 크게 인식한다. 시간을 고려하여 충돌 유무를 판단해야 하므로, 각 직사각형은 시간 축으로 확장되어 육면체의 형태를 띠게 된다. 마지막으로



<그림 3> 유의미한 경로 후보군 선별 과정.

(a) 움직이는 차량에 대한 충돌을 판단하기 위해 시간 축을 고려함.

(b) 선별된 경로 후보군의 모습.

<그림 3(b)>와 같이 장애물과 충돌하는 경로들은 최종 경로 후보군에서 제외된다.

3. 비근시적 경로 선택

최종적으로 남은 경로 후보군들에게 비근시적 비용 함수를 적용하여 가장 낮은 비용을 가지는 경로를 선택하게 된다.

$$x^*(t) = \arg \min_{(t) \text{ INLEFT } ^i(t) \text{ RIGHT}^N} C_{NM}(x(t_{myopic}), x_{goal}, X) \quad (6)$$

비근시적 비용함수는 글로벌 경로와 관계 없이 근시적 경로 후보의 끝점들로부터 최종 목적지를 이용하여 도

Algorithm 2 Algorithm for non-myopic trajectory selection using fastRRT

```

Require:  $T$  (myopic time),  $K$  (max iteration)
1: function TRAJECTORYSELECTION( $x_{goal}$ )
2:    $\{x^i(t)\} \leftarrow \text{MYOPICTRAJ CANDIDATES}(x_{ego}, path_{global})$ 
3:    $x^*(t) = \arg \min_{x^i(t)} \text{ECTA}(x^i(T), x_{goal}, K)$ 
4:   if  $x^*(t) = \text{NULL}$  then
5:     return Emergency – stop
6:   end if
7:   return  $x^*(t)$ 
8: end function

9: function ECTA( $x^i(T), x_{goal}, K$ )
10:   $\mathcal{P} \leftarrow \text{FASTRRT}(x^i(T), x_{goal}, K)$ 
11:  if find Trajectory =  $\mathcal{P}$  then
12:    return consuming time to drive  $\mathcal{P}$ 
13:  else
14:    return NULL
15:  end if
16: end function

```

<알고리즘 2> 비근시적 경로 선택 의사 코드

출한다. 다시 말해, 경로 후보군들 중에 최종 목적지까지 가장 빠르게 도착할 수 있는 경로를 택하는 것이다. 비근시적 경로 선택의 의사 코드는 알고리즘 2에 자세히 설명되어 있다.

우선 각 경로 후보를 선택했을 때 최종 목적지에 도달하기까지 걸리는 시간을 계산하는 함수를 $ECTA()$ 라고 정의한다 (line 9). FastRRT^[7]는 기존에 미리 만들어둔 경로 후보에서 무작위로 점을 추가하여 가장 가까운 경로와 있는 방식으로 최종 경로를 생성하는 방식이다. 이 방법은 자동차 운동학적으로 최적화된 경로를 생성하지는 못하지만 굉장히 빠르게 계산할 수 있기 때문에, 최종 목적지까지 걸리는 시간을 대략 구하는 용도로 사용하기엔 충분하다 (line 10). 이 때 무작위로 추가되는 점의 개수 K 를 미리 지정해야 하는데, 그 이유는 크게 두 가지이다. 첫 번째로 너무 많은 점을 추가하게 되면 계산량이 많아지면서 실시간성을 보장할 수 없게 된다. 두 번째로 점의 개수가 많이 필요한 복잡한 경로의 경우 차량이 복잡한 움직임을 가져가야 하므로 선호되지 않을 가능성이 높다는 가정을 할 수 있다. 즉 제한된 점의 개수로 경로를 찾지 못한다면 복잡한 경로로 판단하고 $NULL$ 을 반환하면서 해당 경로를 제외하게 된다 (lines 11–15). K 는 100밀리초 안에 모든 연산이 종료될 수 있도록 컴퓨터 사양에 맞추어 지정하면 된다. 실제 환경에서는 LiDAR 센서의 한계로 많은 수의 차량을 감지할 수 없고, 너무 도로 환경이 복잡한 경우 앞 차와 같은 속도로 차선을 유지하는 경로는 반드시 생성되므로 K 가 작다고 하더라도 크게 문제가 발생하지는 않는다. 근시적인 방법으로 얻어진 경로 후보들 사이에서 $ECTA()$ 가 가장 작은 경로를 비근시적인 최종 경로로 선택하게 된다 (line 3). 만약 모든 경로 후보의 $ECTA()$ 가 $NULL$ 을 반환하게 되면 가능한 경로가 없다고 판단하고 차량은 즉시 정지하게 된다 (lines 4–6).

비록 짧은 시간동안 다른 차량들의 행동이 변하지 않는다고 가정했으나, 실제로는 옳지 않은 가정이다. 다른 차량들의 행동 불확실성을 해결하기 위해서 안전거리를 조정하는 방법을 사용하였다. 우선앞뒤 방향의 안전거리를 시간에 따라 다르게 설정한다. 타 차량이 속도를 변화시

키는 것을 예측하기는 어렵기 때문에 먼 미래일수록 안전거리를 크게 확보하도록 경로를 계획하는 방식을 사용하였다. 반면 좌우 움직임의 경우 방향등 감지 등을 통해 정보를 얻을 수 있기 때문에 불확실성이 크지 않다.

$$d_{clearance} = \frac{2d_{clearance}}{1 + \exp(-t/t_{thresh})} \quad (7)$$

그러나 목적지가 굉장히 멀 경우 안전거리가 점점 증가하다 보면 경로 계획이 불가능해질 수 있기 때문에, 일정 시간 이후에는 장애물을 고려하지 않는 방법을 사용했다. t_{thresh} 이후에는 장애물이 고려하지 않고, 그 이전에는 최대 2배까지 안전거리를 늘려가게 된다. t_{thresh} 를 20초로 설정하였을 때 좋은 성능을 보였다.

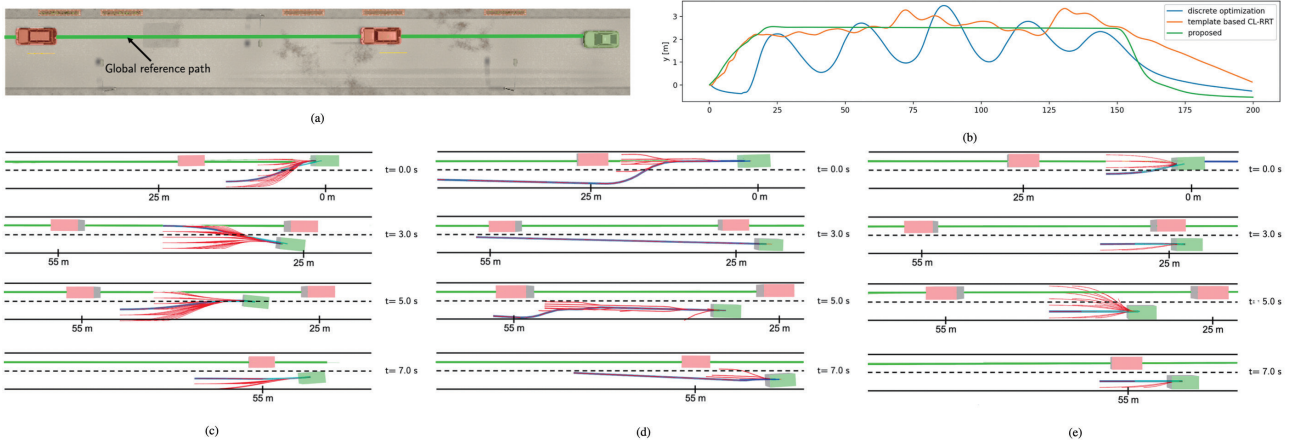
IV. 비근시적 경로 계획법의 효율성

기존의 경로 계획 방법들에 비해 비근시적 경로 계획법이 어느 정도 효율을 보이는지 실험을 통해 확인하였다. 비교대상으로는 각각 단일-목적지 방식과 다중-목적지 방식의 대표적인 방법론인 Discrete optimization^[12]과 template-based CL-RRT^[7]를 사용하였다.

우선 기존의 경로 계획 방법이 비효율적으로 동작하는 두 가지 대표적인 시나리오를 소개하고, 제안한 비근시적 경로 계획법이 이를 어떻게 해결하였는지를 보인다. 두 시나리오는 <그림 4(a)>와 <그림 5(a)>에 소개되어 있으며 CARLA 시뮬레이션 환경을 통해 구현하였다.

1. 시나리오 1: 글로벌 경로 위에 주차된 차량

<그림 4(a)>는 글로벌 경로 위에 5개의 차량이 30 m 간격으로 주차되어 있는 시나리오를 나타낸다. 최종 목적지는 200 m 떨어진 지점에 위치한다. <그림 4(c)>는 discrete optimization (다중-목적지 방식) 경로 계획법의 결과가 글로벌 경로로 계속해서 돌아가는 경로를 생성하는 것을 확인할 수 있다. 아래쪽 차선이 비었음에도 글로벌 경로로 돌아가려는 현상은 좌우 가속도를 발생시킴으로써 탑승자의 불편함을 야기한다. Template-based CL-RRT (단일-목적지 방식) 경로 계획법의 경우 <그림



〈그림 4〉 (a) 글로벌 경로 위에 차량이 주차되어 있는 시나리오. (b) 기존 경로 계획법들과 비근시적 경로 계획법의 최종 경로 비교. (c) 다중-목적지 방식의 경로 계획법. 지속적으로 글로벌 경로로 되돌아오면서 비효율적인 경로를 생성 (d) 단일-목적지 방식의 경로 계획법. 효율적이나 자동차 운동학을 실시간으로 고려하지 않으면서 차량이 흔들림 (e) 비근시적 경로 계획법. 효율적이며 좌우로 흔들리지 않는 최적의 경로 선택.

〈표 2〉 시나리오 1의 결과.

	Baseline1 [12]	Baseline2 [7]	Proposed
Path length [m]	201.41	200.38	200.42
Avg. lateral accel. [m/s ²]	2.38	2.34	0.45

4(d)와 같이 빈 차선을 유지하기는 하지만 실시간으로 자동차 운동학을 고려하지 않기 때문에 좌우 방향 가속도가 발생하게 된다.

반면 〈그림 4(e)〉에 나타난 비근시적 경로 계획법의 경우 빈 차선을 유지하면서도 좌우로 흔들리지 않는 경로를 생성한다. 〈그림 4(b)〉는 세 가지 방법의 최종 경로를 나타낸 것으로 녹색 선으로 표현된 비근시적 경로 계획법의 결과가 가장 안정적이고 효율적임을 정성적으로 확인할 수 있다. 또한 〈표 2〉에 따르면 비근시적 경로 계획법의 결과가 단일-목적지 방식과 거의 비슷한 효율성을 가지면서 좌우 가속도는 훨씬 작게 나타남을 알 수 있다.

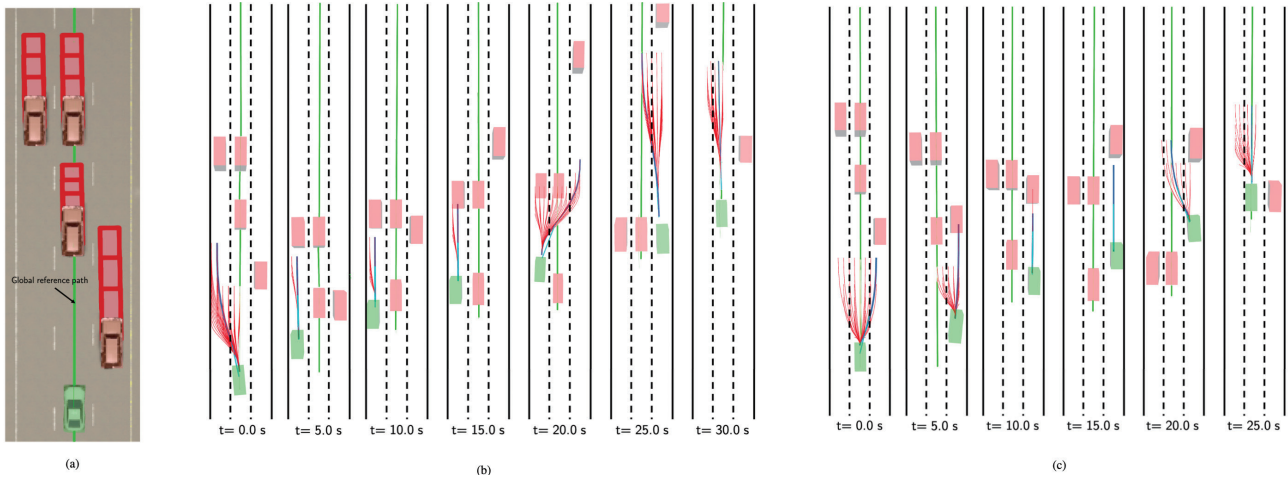
2. 시나리오 2: 고속도로에서 차량 추월

〈그림 5(a)〉는 고속도로에서 다른 차량들과 함께 달리고 있는 경우를 나타낸 것이다. 이 때 오른쪽에서 달리고 있는 차량이 다른 차량들에 비해 더 빠르게 달리고 있다. 최종 목적지는 글로벌 경로를 따라 200 m 떨어진 지점이다. 시나리오 2에서는 template-based CL-RRT

가 제대로 동작하지 않기 때문에, 다중-목적지 방식인 discrete optimization과 비근시적 경로계획법을 비교하였다.

〈그림 5(b)〉는 다중-목적지 방식이 왼쪽 차선으로 추월을 시도하는 것을 확인할 수 있다. 이는 근시적으로 봤을 때 왼쪽 차선이 비어 있고, 오른쪽 차선에는 다른 차량이 있기 때문에 왼쪽으로 추월을 시도한 것이다. 그러나 실제로는 오른쪽 차량이 훨씬 빠르게 달리고 있기 때문에 비근시적으로 보았을 경우 잠시 기다렸다가 오른쪽 차선으로 추월하는 것이 최종 목적지까지 도달하는데 더 짧은 시간이 걸리게 된다. 〈그림 5(c)〉는 비근시적 경로 계획법이 실제로 오른쪽 차선으로 추월을 시도하는 것을 보여준다. 〈표 3〉에서는 비근시적 경로 계획법이 기존의 다중-목적지 방식보다 약 20%의 시간을 단축시킨 것을 확인할 수 있다.

이렇게 비근시적 경로 계획법이 더 효율적인 시나리오들이 얼마나 자주 발생하는지 확인하기 위해서 3~10개의 차량을 고속도로 환경에 무작위로 배치하고 랜덤한 속도로 주행하도록 한 후 기존 방법론보다 효율적으로 동작한 횟수를 살펴보았다. 결과적으로 전체 시나리오의 2.7%에서 10% 이상 시간이 단축되었고, 전체 시나리오의 16.2%에서 5% 이상 시간이 단축되었다.



〈그림 5〉 (a) 고속도로에서 주변 차량을 고려하며 앞 차량을 추월하는 시나리오. (b) 다중-목적지 방식의 경로 계획법. 근시적인 선택을 하기 때문에 비어있는 왼쪽 차선으로 추월을 시도함. (c) 비근시적 경로 계획법. 왼쪽 차선이 비어있지만, 멀리 보았을 경우 오른쪽 차선이 더 효율적이므로 오른쪽 차선으로 추월을 시도함.

〈표 3〉 시나리오 2의 결과.

	Baseline [12]	Proposed
Consuming time [sec]	40.25	32.20

V. 결론

비근시적 경로 계획법은 자율주행 자동차가 단순히 장애물들을 피하는 것뿐만이 아니라 비근시적으로 판단했을 때 더 효율적인 경로를 계획할 수 있는 새로운 방법론이다. 다중-목적지 방식의 경로계획법과 유사하게 자동차 운동학을 실시간으로 고려한 경로 후보를 생성하고, 단일-목적지 방식을 차용하여 각 경로 후보가 최종 목적지까지 도착할 시간을 계산하는 방식으로, 기존 방법론들을 잘 결합한 하이브리드형 경로 계획법으로도 볼 수 있다. 차량들이 주차된 정적 환경과, 고속도로에서 모든 차량이 움직이는 동적 환경 모두에서 그 효율성이 검증되었으며, 특별히 차이가 많이 발생하는 시나리오를 직접 나타냈다. 앞으로 남은 과제는 시뮬레이션 환경이 아닌 실제 차량에 비근시적 방법론을 적용하여 그 효과를 검증하는 것이다.

참고 문헌

- [1] C. Katrakazas, M. Quddus, W. -H. Chen, and L. Deka, "Real-time motion planning methods for autonomous on-road driving: State-of-the-art and future research directions," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 60, pp. 416–442, 2015.
- [2] C. Badue, R. Guidolini, R. V. Carneiro, P. Azevedo, V. B. Cardoso, A. Forechi, L. Jesus, R. Berriel, T. M. Paixao, F. Mutz et al., "Self-driving cars: A survey," *Expert Systems with Applications*, p. 113816, 2020.
- [3] E. Yurtsever, J. Lambert, A. Carballo, and K. Takeda, "A survey of autonomous driving: Common practices and emerging technologies," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 58 443–58 469, 2020.
- [4] D. Dolgov, S. Thrun, M. Montemerlo, and J. Diebel, "Practical search techniques in path planning for autonomous driving," *Ann Arbor*, vol. 1001, no. 48105, pp. 18–80, 2008.
- [5] S. -W. Kim, W. Liu, M. H. Ang, E. Frazzoli, and D. Rus, "The impact of cooperative perception on decision making and planning of autonomous vehicles," *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, vol. 7, no. 3, pp. 39–50, 2015.
- [6] S. -W. Kim, G. -P. Gwon, W. -S. Hur, D. Hyeon, D. -Y. Kim,



- S. -H. Kim, D. -K. Kye, S. -H. Lee, S. Lee, M. -O. Shin et al., "Autonomous campus mobility services using driverless taxi," IEEE Transactions on intelligent transportation systems, vol. 18, no. 12, pp. 3513–3526, 2017.
- [7] L. Ma, J. Xue, K. Kawabata, J. Zhu, C. Ma, and N. Zheng, "Efficient sampling-based motion planning for on-road autonomous driving," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 16, no. 4, 2015.
- [8] T. Gu, J. Atwood, C. Dong, J. M. Dolan, and J.-W. Lee, "Tunable and stable real-time trajectory planning for urban autonomous driving," in 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), IEEE, 2015, pp. 250–256.
- [9] W. Xu, J. Wei, J. M. Dolan, H. Zhao, and H. Zha, "A real-time motion planner with trajectory optimization for autonomous vehicles," in IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2012.
- [10] K. Chu, M. Lee, and M. Sunwoo, "Local path planning for off-road autonomous driving with avoidance of static obstacles," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 13, no. 4, pp. 1599–1616, 2012.
- [11] X. Li, Z. Sun, D. Cao, D. Liu, and H. He, "Development of a new integrated local trajectory planning and tracking control framework for autonomous ground vehicles," Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 87, pp. 118–137, 2017.
- [12] X. Hu, L. Chen, B. Tang, D. Cao, and H. He, "Dynamic path planning for autonomous driving on various roads with avoidance of static and moving obstacles," Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 100, pp. 482–500, 2018.
- [13] S. Zhu and B. Aksun-Guvenc, "Trajectory planning of autonomous vehicles based on parameterized control optimization in dynamic on-road environments," Journal of Intelligent & Robotic Systems, vol. 100, no. 3, pp. 1055–1067, 2020.
- [14] M. McNaughton, C. Urmson, J. M. Dolan, and J.-W. Lee, "Motion planning for autonomous driving with a conformal spatiotemporal lattice," in 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation, IEEE, 2011, pp. 4889–4895.
- [15] Y. Kuwata, J. Teo, G. Fiore, S. Karaman, E. Frazzoli, and J. P. How, "Real-time motion planning with applications to autonomous urban driving," IEEE Transactions on control systems technology, vol. 17, no. 5, pp. 1105–1118, 2009.
- [16] S. Karaman and E. Frazzoli, "Sampling-based algorithms for optimal motion planning," The international journal of robotics research, vol. 30, no. 7, pp. 846–894, 2011.
- [17] A. Houenou, P. Bonnifait, V. Cherfaoui, and W. Yao, "Vehicle trajectory prediction based on motion model and maneuver recognition," in 2013 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems, IEEE, 2013, pp. 4363–4369.



조재경

- 2014년 2월 과학영재학교 경기과학고등학교 졸업
- 2020년 8월 서울대학교 기계항공공학부 학사
- 2020년 9월 ~ 현재 서울대학교 전기정보공학부 석사

〈관심 분야〉

강화학습, 자율주행, 인공지능 및 로봇 제어



김성우

- 2005년 8월 고려대학교 공과대학 전자공학 학사
- 2007년 8월 고려대학교 공과대학 전자컴퓨터공학 석사
- 2011년 8월 서울대학교 공과대학 전기컴퓨터공학 박사
- 2011년 ~ 2014년 MIT SMART 연구소 박사후연구원
- 2014년 ~ 현재 서울대학교 공과대학/공학전문대학원
연구교수, 조교수, 부교수

〈관심 분야〉

Autonomous vehicles, Robot AI, Digital fabrication
and manufacturing

지능형 반사 표면을 활용한 다중 입·출력 시공간 선 부호화 시스템



김 재 홍
중앙대학교



정 진 곤
중앙대학교



최 지 훈
한국항공대학교



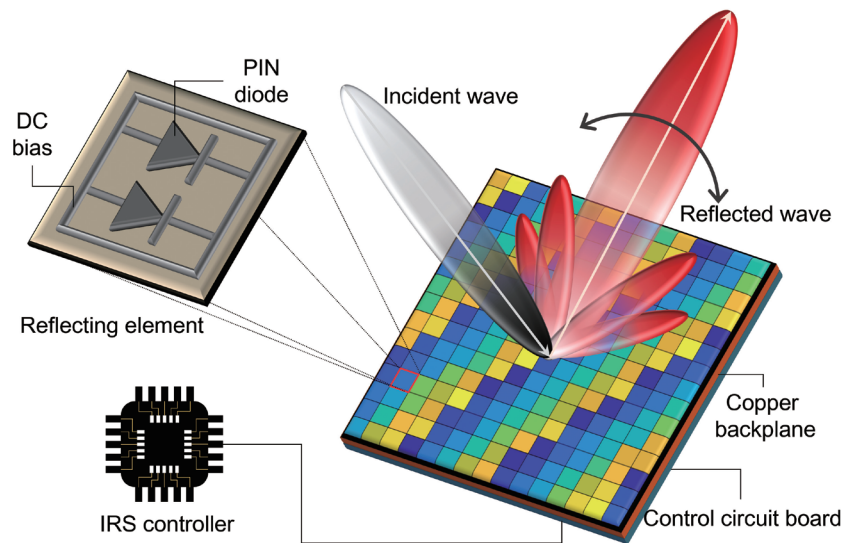
김 주 엽
숙명여자대학교

I. 서론

무선통신은 다른 산업 전반에 활용되는 기반 시스템으로, 세대가 거듭할수록 초광대역, 초고속, 초연결, 초저지연 등 높은 기술력을 요구하고 있다^[1]. 5G에서 요구하는 최대 데이터 전송율 20 Gbps, 밀리초 단위 지연속도, 그리고 제곱 킬로미터 당 백만에 달하는 기기 연결성을 지원하기 위해, 추가적인 통신 인프라 증설과 에너지 소비 증가 추세는 6G를 비롯한 향후 차세대 통신 시스템에도 이어질 것으로 전망된다^[2]. 2009년 코펜하겐 기후 회의 이후 전 세계적으로 진행 중인 탄소 배출 절감을 위한 움직임은 통신 산업에도 예외가 아니며, 여러 국제 연구 기구 및 단체에서 에너지 효율적인 통신 시스템에 대한 논의가 활발히 진행되고 있다^{[3],[4]}. 통신 시스템은 한정된 주파수, 에너지 자원 사이에 근본적인 효율성 trade-off 관계가 있으며, 이를 고려한 추가적인 핵심 요소 기술과 추가 연구가 필요한 상황이다^[4].

한편, 밀리미터파 및 테라헤르츠 대역 통신 시스템은 고주파 신호가 갖는 강한 물리적 직진성과 낮은 투과성에 따라 비가시선 경로를 통한 통신 성능 저하가 심각하다^[5]. 이에 따라, 소형 셀을 다수 배치하거나 중계기를 활용하는 기술이 제안되고 있으나, 추가적인 고주파 대역 RF (radio frequency) 소자를 필요로 하여, 설치 비용과 전력 소모가 크다는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해, 능동 RF 소자를 줄이고 인위적인 가시선 통신 경로를 구축할 수 있는 지능형 반사 표면 (IRS: intelligent reflecting surface)이 최근 학계와 산업계에서 활발하게 연구되고 있다^[6].

일반적으로 IRS는 작은 위상제어 소자로 이루어진 평면판 구조체로 입사하는 신호의 위상을 바꾸어 반사한다. 따라서 IRS는 원하는 방향으로 반사된 신호의 세기를 집중시키거나 억제할 수 있다^[7]. IRS 하드

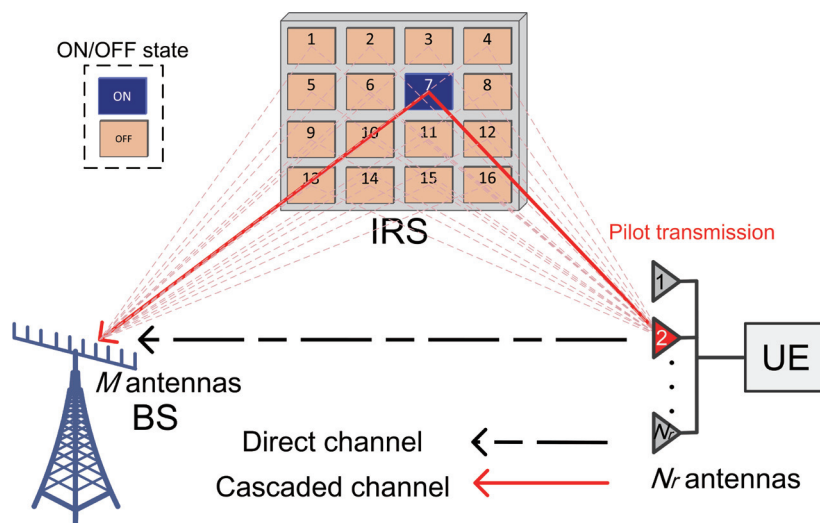


〈그림 1〉 PIN 다이오드 기반 IRS 계층 구조와 IRS 제어기.

웨어는 다양한 구조로 설계가 가능하나, 〈그림 1〉과 같은 PIN 다이오드 기반 위상제어 구조를 예로 들어 설명할 수 있다. IRS 구조는 일반적으로 세 계층과 제어기로 구성되어 있다. 첫 계층은 PIN 다이오드로 구성된 여러 IRS 위상제어 소자 배열로 이루어져 있다. 다음 계층엔 신호 누수를 막으며 반사하는 구리판이 있으며, 마지막 계층엔 소자별 위상제어 역할을 하는 제어회로가 있다. IRS 제어기는 이러한 IRS 제어회로에 연결되어 각 소자에 흐르는 직류 바이어스를 실시간으로 조절할 수 있다.

이러한 직류 bias는 각 위상제어 소자가 갖는 회로 특성 임피던스를 조절하여 원하는 방향으로 신호를 반사한다^[8].

전력 증폭기와 같은 능동 소자가 없는 IRS는 기존 다중 안테나 시스템보다 설계 비용과 전력 소모가 낮다는 장점이 있다. 따라서 IRS는 비교적 낮은 전력 소모로 높은 주파수 대역 통신이 갖는 커버리지 문제를 보완하는 등 친환경적인 차세대 통신 핵심 요소 기술로 주목받고 있다. IRS는 다음과 같은 여러 시나리오에 적용되어 연구되고



〈그림 2〉 ON/OFF 기반 IRS 시스템 채널 추정 기법 (16개 위상제어 소자 중 일곱째 소자 ON, UE 둘째 안테나 pilot 송신 예시).

있다. 다중 안테나 시스템 데이터 전송량 최대화를 위한 연구^{[9],[10]}, 에너지 절감을 위한 에너지 효율 최대화^[11] 및 무선 전력 전송 시스템^[12]을 위한 연구 등이 진행되었다. 또한, IRS를 활용한 커버리지 증대 연구^{[13],[14]}가 수행되었으며, 최근 다중 IRS를 활용한 라우팅 연구^[15]도 활발하게 연구 중이다.

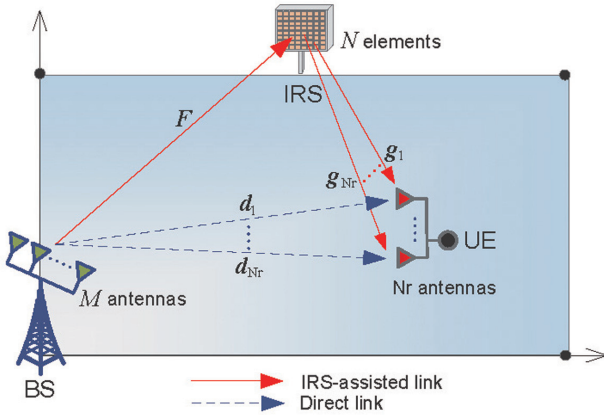
한편, IRS 위상제어를 통해 최적 성능을 얻기 위해선 IRS가 구축한 채널 상태 정보 (CSI: channel state information)가 필요하다. 하지만 수동 소자로 이루어진 IRS는 별도 RF 센싱 기능이 없으므로, IRS 대신 기지국 (BS: base station)이 채널 추정을 수행해야 한다. 그 예로, BS와 사용자 단말 (UE: user equipment)이 각각 M 과 N_r 안테나, IRS는 16개 위상제어 소자를 갖는 IRS 기반 다중 입·출력 시스템에 대한 채널 추정 기법을 <그림 2>에 도시하였다. <그림 2>에와 같이, IRS 시스템 BS는 UE에서 IRS 그리고 IRS에서 BS에 이르는 합성 채널 (cascaded channel)을 추정한다. IRS 합성 채널 추정은 위상제어 소자 간 간섭을 피하기 위해, 전체 위상제어 소자 구동 전력을 차단한 상태에서, 한 위상제어 소자만 순차적으로 동작하며 각 소자에 해당하는 합성 채널을 추정한다. 이러한 위상제어 소자 ON/OFF 채널 추정 기법은 IRS 위상제어 소자 수에 비례하는 파일럿 전송이 필요하다^[10]. 한편, 다중 안테나 시스템 파일럿 전송 횟수는 안테나 개수에도 비례하므로 다중 안테나 IRS 시스템은 심각한 채널 추정 오버헤드를 갖는다. IRS를 활용한 기존 다중 안테나 시스템에서는 최적 IRS 위상제어 및 송·수신 빔포밍을 수행하기 위해 수신단 또한 CSI가 필요하며, <그림 2>에 도시한 시스템을 예로, BS에서 $16M$, UE에서 $16N_r$, 총 $16(N_r + M)$ 번 파일럿 송신이 필요하다.

이와 같이 IRS를 활용한 다중 안테나 시스템은 심각한 채널 추정 오버헤드를 가지며, 이를 줄이기 위해, 수신단에서 별도 채널 추정을 요구하지 않는 시공간 선 부호화 (STLC: space-time line code) 방식^[16]을 도입할 수 있다. 최근 제안된 STLC 송신기는 CSI를 활용해 부호화하고, 수신기는 부분적인 CSI만으로 최대 공간 다이버시티 이득을 얻을 수 있는 기법이다. 이러한 특징을 바탕으로, STLC는 중계기를 활용한 협력 통신^[17-19], 다중 사용

자 시스템^{[20],[21]}, 이동체 시스템^{[22],[23]}, 보안 통신^{[24],[25]} 등에 적용되었으며, 최근 여러 다중 입·출력 시스템 적용을 위한 확장된 STLC 시스템에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다^{[26],[27]}.

하향링크 STLC 시스템에 IRS를 도입하면 송신단인 BS는 추정된 CSI로 IRS 위상제어 설계와 STLC 부호화를 함께 수행한다. BS와 달리 수신단인 UE는 채널 추정을 수행하지 않으므로, 채널 추정을 위해 BS가 파일럿을 전송할 필요가 없다. 따라서, <그림 2>의 경우, UE만이 $16N_r$ 개의 파일럿 전송만으로 BS에서 채널 추정이 가능하고, 추정된 채널 정보를 써, IRS 위상제어 설계 및 STLC 부호화를 할 수 있다. 이때, 일반적으로 UE보다 많은 안테나를 갖는 BS, 즉 $M \gg N_r$ 임을 고려하면, STLC-IRS 시스템의 $16N_r$ 파일럿 전송 오버헤드는 STLC를 쓰지 않는 기존 IRS를 활용한 다중 입·출력 시스템이 갖는 $16(N_r + M)$ 에 비해 현저히 낮은 오버헤드임을 알 수 있다. 또한, 이러한 오버헤드 감소 효과는 IRS 위상제어 소자 수에 비례하여 증가한다.

본 논문에선 채널추정 오버헤드가 상대적으로 낮은 IRS-STLC 시스템을 고려하고, 수신 신호 대 잡음비 (SNR: signal-to-noise ratio)를 최대화하는 IRS 최적 위상제어 벡터를 설계한다. IRS는 각 위상제어 요소가 갖는 반사계수 크기가 1이며 위상만 조절 가능하므로, 수신 SNR 최대화 문제는 unit-modulus 제약조건을 갖는 이차식 형태로 나타난다. 이러한 UMQP (unit-modulus quadratic program)는 NP-hard 문제로 알려져 있으며, 이를 효과적으로 풀기 위해 SDR (semidefinite relaxation) 기법을 널리 사용하고 있다. 하지만 SDR은 IRS 위상제어 소자 수가 일 N 일때, $O(N^7)$ 에 계산 복잡도를 가지므로, N 이 큰 대규모 IRS에 적용이 어렵다. 본 연구에선 이러한 SDR 계산 복잡도를 줄이기 위해, unit-modulus 조건을 constant-norm 조건으로 완화하는 UCR (unit-modulus constraint relaxation) 기법을 소개한다. UCR 기법은 unit-modulus 제약조건 완화를 통해 기존 UMQP 문제를 일반적인 convex 문제로 변형하고, Lagrangian 방식으로 closed-form 해를 구할 수 있다. 모의실험을 통해, 두 기법에 대한 성능과 복잡도를 비



〈그림 3〉 IRS를 활용한 다중 안테나 시공간 선 부호화 시스템 모델^[14].

교한 결과, UCR 기법은 SDR 기법 대비 약간에 성능 열화가 있으나, 상당히 낮은 $O(N^3)$ 복잡도로 IRS 위상제어 벡터를 설계할 수 있음을 확인하였다. 또한, IRS 최적 위상제어를 통해 효과적인 통신 커버리지 증대가 가능함을 확인하였다.

본 논문에서 사용한 표기법에 대한 정의는 다음과 같다. 위 첨자 ‘ H ’, ‘ T ’, 그리고 ‘ $*$ ’는 각각 행렬 및 벡터에 대한 복소 켈레 전치, 전치, 그리고 복소 켈레 연산을 뜻한다. $|x|$, $\|x\|$ 는 각각 스칼라 x 에 대한 절대값과 벡터 x 에 대한 유클리디안 노름이며, $\text{Re}\{x\}$ 와 $\text{Im}\{x\}$ 는 복소 벡터 x 에 대한 실수부 벡터와 허수부 벡터를 의미한다. 확률 변수 x 에 대한 기댓값을 $E[x]$, 그리고 평균 μ 와 분산 σ^2 를 갖는 복소 정규분포를 $x \sim CN(\mu, \sigma_z^2)$ 라고 표기한다.

II. IRS를 활용한 다중 안테나 STLC 시스템 모델

IRS를 활용한 다중 안테나 하향링크 시스템은 〈그림 3〉과 같이 도시할 수 있다. M 개 송신 안테나를 갖는 BS는 직사각형 커버리지 내에 존재하는 N_r 개 수신 안테나 UE를 취급한다. 이때 BS와 UE 사이에 N 개 위상제어 소자로 이루어진 IRS를 적절한 위치에 배치하면, 인위적인 가시선 통신 경로를 통한 성능 개선을 이루어낼 수 있다. 여기서, BS와 UE는 균일 선형 배열 안테나 모델, IRS는

균일 평면 배열 모델을 고려하였다.

1. IRS-STLC 채널 모델

BS m 째 송신 안테나에서 UE i 째 수신 안테나 사이 직접 채널을 $d_{i,m}$ ($i \in \{1, \dots, N_r\}$, $m \in \{1, \dots, M\}$)이라고 할 때, i 째 수신 안테나에 해당하는 직접 채널 벡터를 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$d_i = \sqrt{\eta_d} [d_{i,1} \cdots d_{i,M}]^H \in \mathbb{C}^{M \times 1}. \quad (1)$$

여기서, η_d 는 직접 채널에 대한 경로 손실을 의미한다. 직접 채널은 Rayleigh 채널로 모델링하므로 $d_{i,m} \sim CN(0,1)$ 이다. 한편, IRS로 인해 형성되는 채널들은 가시선 경로가 존재하는 Rician 채널로 모델링한다^[14]. BS m 째 송신 안테나에서 IRS n 째 위상제어 소자 사이 채널 $f_{n,m}$ ($n \in \{1, \dots, N\}$)로 구성된 채널 행렬은 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$F = [f_1 \cdots f_m \cdots f_M] \in \mathbb{C}^{N \times M}. \quad (2)$$

여기서, 채널 벡터 $f_m = \sqrt{\eta_f} [f_{1,m} \cdots f_{N,m}]^T \in \mathbb{C}^{N \times 1}$ 이며, η_f 는 BS와 IRS 사이 경로 손실이다. IRS 위상제어 소자에서 n 째 UE i 째 수신 안테나로 향하는 채널 $g_{i,n}$ 도 Rician 채널이며, i 째 수신 안테나에 해당하는 채널 벡터를 다음과 같이 나타낸다:

$$g_i = \sqrt{\eta_g} [g_{i,1} \cdots g_{i,N}]^H \in \mathbb{C}^{N \times 1}. \quad (3)$$

여기서 η_g 는 IRS와 UE 사이 경로 손실을 의미한다. $\eta = \eta_f \eta_g$

IRS 위상제어 벡터 $\psi = [e^{j\chi_1} \cdots e^{j\chi_N}]^T \in \mathbb{C}^{N \times 1}$ 이다. 전력 증폭 없이 크기가 일정하고 연속적인 위상을 나타낼 수 있는 이상적인 IRS 위상제어를 가정하면, n 째 위상제어 요소 $|\psi_n| = 1$ 이며, $\chi_n \in [0, 2\pi)$ 이다. 따라서, UE i 째 안테나에 해당하는 합성 채널 벡터를 다음과 같이 표현할 수 있다:

$$h_i^H = d_i^H + g_i^H \text{diag}(\psi) F. \quad (4)$$

합성 채널 벡터 $h_i = [h_{i,1} \cdots h_{i,M}]^H \in \mathbb{C}^{M \times 1}$ 로 나타

낼 수 있으며, $h_{i,m}$ 은 m 째 송신 안테나에서 i 째 수신 안테나에 이르는 합성 채널 성분을 의미한다.

2. STLC 신호 모델

이번 절에선, 이해 상 편의를 위해 $N_r = 2$ 인 간단한 1×2 STLC 신호 모델을 예시로 STLC 부호 및 복호 과정을 설명한다. BS는 (4)에서 설명한 합성 채널을 써 다음과 같은 두 STLC 심볼을 생성한다:

$$s_{m,1} = \frac{1}{\sqrt{\gamma_2}}(h_{1,m}^* x_1 + h_{2,m}^* x_2^*), \quad (5a)$$

$$s_{m,2} = \frac{1}{\sqrt{\gamma_2}}(h_{2,m}^* x_1^* - h_{1,m}^* x_2). \quad (5b)$$

여기서, x_1 과 x_2 는 정보 심볼을 의미하며, $E[|x_1|^2] = E[|x_2|^2] = \sigma_x^2 \triangleq P$ 를 만족한다. STLC 심볼은 송신 전력 정규화 요소 $\gamma_2 = \|h_1\|^2 + \|h_2\|^2$ 를 통해, $\sum_{m=1}^M E[|s_{m,1}|^2] = \sum_{m=1}^M E[|s_{m,2}|^2] = P$ 를 만족한다. BS가 (5)와 같이 생성한 STLC 심볼을 연속한 두 시간 슬롯에 걸쳐 전송하면, UE i 째 수신 안테나는 시간 t 에 IRS로부터 반사되어 들어온 신호를 다음과 같이 수신한다 ($i \in \{1, 2\}, t \in \{1, 2\}$):

$$r_{i,t} = \frac{1}{\sqrt{\gamma_2}} h_i^H [s_{1,t}^* \cdots s_{M,t}^*]^H + z_{i,t}. \quad (6)$$

여기서, $z_{i,t}$ 는 시간 t 에 i 째 안테나가 겪는 백색 가우시안 잡음으로 $z_{i,t} \sim CN(0, \sigma_z^2)$ 이다.

UE는 수신 STLC 심볼을 다음과 같은 선형 결합을 통해 복호한다:

$$r_{1,1} + r_{2,2}^* = \sqrt{\gamma_2} x_1 + z_{1,1} + z_{2,2}^*, \quad (7a)$$

$$r_{2,1}^* - r_{1,2} = \sqrt{\gamma_2} x_2 + z_{2,1}^* - z_{1,2}. \quad (7b)$$

(7)에서 볼 수 있듯이, STLC는 수신단에서 부분적 CSI γ_2 만으로 두 심볼 간 간섭없이 복호가 가능하다. 따라서, 최대 우도 추정을 통해 정보 심볼을 검출할 수 있으며, 이 때 수신 SNR = $\frac{\gamma_2 P}{2\sigma_z^2}$ 이다.

III. IRS 위상제어 기법

다중 안테나 IRS-STLC 시스템 수신 SNR을 최대화하기 위한 최적 IRS 위상제어 벡터 설계 기법을 고려한다. [16]에 따라, $M \times N_r$ STLC 시스템에 대한 일반적인 수신 SNR은 다음과 같이 유도할 수 있다:

$$\text{SNR} = \frac{\gamma_{N_r} P}{RN_r \sigma_z^2}. \quad (8)$$

여기서, 실효 채널 이득 $\gamma_{N_r} = \sum_{i=1}^{N_r} \|h_i\|^2$ 이며, R 은 수신 안테나 수에 따라 결정되는 STLC 부호율을 의미한다. 각 수신 안테나 수에 따른 STLC 구조와 부호율 R 은 [16]에서 확인할 수 있다. (8)을 통해, IRS-STLC 시스템 수신 SNR 최대화 문제는 다음과 같이 쓸 수 있다:

$$\max_{\{\chi_1, \dots, \chi_N\}} \frac{\gamma_{N_r} P}{RN_r \sigma_z^2}, \quad (9a)$$

$$\text{s.t. } \chi_n \in [0, 2\pi), \forall n \in \{1, \dots, N\}. \quad (9b)$$

여기서, γ_{N_r} 은 (4)를 대입하여 ψ 에 대한 이차식, $\gamma_{N_r} = [\psi^H \mathbf{1}] V_c [\psi^H \mathbf{1}]^H$ 로 쓸 수 있으며, 자세한 유도과정은 [14]에서 확인할 수 있다. 여기서, 실효 채널 행렬 $V_c \in \mathbb{C}^{(N+1) \times (N+1)}$ 을 아래와 같이 정의한다:

$$V_c = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{N_r} \text{diag}(g_i)^H F F^H \text{diag}(g_i) & \sum_{i=1}^{N_r} \text{diag}(g_i)^H F d_i \\ \sum_{i=1}^{N_r} d_i^H F^H \text{diag}(g_i) & \sum_{i=1}^{N_r} d_i^H d_i \end{bmatrix}^* \quad (10)$$

수신 SNR 최대화 문제 (9)는 송신 전력 P 와 잡음 전력 σ_z^2 , 그리고 수신 안테나 수 N_r 이 고정되었을 때, 실효 채널 이득 γ_{N_r} 을 최대화하는 문제와 동일하다. 따라서, 수신 SNR 최대화 문제는 아래와 같이 다시 쓸 수 있다:

$$\max_{\psi \in \mathbb{C}^{N \times 1}} [\psi^H \mathbf{1}] V_c [\psi^H \mathbf{1}]^H, \quad (11a)$$

$$\text{s.t. } |\psi_n| = 1, \forall n \in \{1, \dots, N\}. \quad (11b)$$

목적함수 (11a)는 ψ 에 대한 이차식이며, (11b)는 unit-modulus 제약조건임을 확인할 수 있다. 따라서 문제 (11)은 UMQP로 non-convex하며 NP-hard 문제로 알려져 있다 [27]. 완전 탐색법으로 (11)에 대한 전역 최적해

를 구할 수 있으나, 높은 계산 복잡도를 갖으므로 N 이 큰 대규모 IRS에 적용이 어렵다. 본 논문에서는 대규모 IRS에도 적용이 가능한 두가지 효과적인 위상제어 기법을 소개한다.

1. SDR 기반 위상제어 기법

SDR 방식에 따라 실수값을 갖는 rank-one 행렬 $\mathbf{Q} = [\text{Re}\{\boldsymbol{\psi}\}^T \text{Im}\{\boldsymbol{\psi}\}^T]^T [\text{Re}\{\boldsymbol{\psi}\}^T \text{Im}\{\boldsymbol{\psi}\}^T]^T \in \mathbb{R}^{(2N+2) \times (2N+2)}$ 을 정의하고, 행렬 $\mathbf{Q}$ 에 대한 rank-one 제약조건을 완화하면 문제 (11)을 아래처럼 변형할 수 있다:

$$\max_{\mathbf{Q} \in \mathbb{R}^{(2N+2) \times (2N+2)}} \text{tr}(\mathbf{V}\mathbf{Q}), \quad (12a)$$

$$\text{s.t.} \quad \mathbf{Q}_{n,n} + \mathbf{Q}_{n+(N+1),n+(N+1)} = 1 \\ \forall n \in \{1, \dots, N+1\}. \quad (12b)$$

여기서, 행렬 $\mathbf{V} \in \mathbb{R}^{(2N+2) \times (2N+2)}$ 는 $\mathbf{V}_c$ 에 대한 실수화 행렬이며^[14], $\mathbf{Q}_{n,n}$ 은 행렬 $\mathbf{Q}$ 에 대한 n 째 대각 원소를 의미한다. (12)는 CVX^[29]를 활용한 기존 convex 최적화 문제를 통해 $O(N^7)$ 에 해당하는 계산 복잡도로 풀 수 있다^[30]. 이후 Gaussian randomization 방식을 활용하여 (12)에서 완화한 rank-one 조건을 충족하는 해를 얻을 수 있다^[28].

2. UCR 기반 위상제어 기법

Unit-modulus 제약조건 (11b)를 constant-norm 제약으로 완화하면 다음과 같은 최적화 문제로 다시 쓸 수 있다:

$$\max_{\boldsymbol{\psi} \in \mathbb{C}^{N \times 1}} [\boldsymbol{\psi}^H \mathbf{1}] \mathbf{V}_c [\boldsymbol{\psi}^H \mathbf{1}]^H, \quad (13a)$$

$$\text{s.t.} \quad \|\boldsymbol{\psi}^H \mathbf{1}\|^2 = N+1. \quad (13b)$$

UCR 문제 (11)은 Lagrangian 방식으로 풀 수 있으며, 다음과 같은 제약조건이 없는 문제로 다시 쓸 수 있다:

$$\max_{\hat{\boldsymbol{\psi}}, \lambda_1, \lambda_2} L(\hat{\boldsymbol{\psi}}, \lambda_1, \lambda_2). \quad (14)$$

여기서, $\hat{\boldsymbol{\psi}} = [\boldsymbol{\psi}^H \mathbf{1}]^H \in \mathbb{C}^{(N+1) \times 1}$ 이며, λ_1 과 λ_2 는 실수인 Lagrangian 승수이다. (14)의 Lagrangian 함수는 다음과 같다:

〈표 1〉 모의실험 환경 파라미터.

파라미터	설정값
커버리지 영역	$500 \times 250 \text{ m}^2$
BS / IRS 위치	$(0, 0, 10) / (250, 250, 5) \text{ m}$
대역폭 / Rician K factor	10 MHz / 10 dB
반송파 주파수, f_c	2.5 GHz
Noise figure	-174 dBm/Hz
직접 채널 경로 손실 ^[31] , η_d	$-18 - 20\log_{10}(f_c) - 22\log_{10}(d_d)$
IRS 관련 채널 경로 손실 ^[31] , $\eta_a, a \in \{f, g\}$	$-12.7 - 26\log_{10}(f_c) - 36.7\log_{10}(d_a)$

$$L(\hat{\boldsymbol{\psi}}, \lambda_1, \lambda_2) = \hat{\boldsymbol{\psi}}^H \mathbf{V}_c \hat{\boldsymbol{\psi}} - \lambda_1 (\hat{\boldsymbol{\psi}}^H \hat{\boldsymbol{\psi}} - N - 1) - \lambda_2 (\hat{\boldsymbol{\psi}}_{N+1} - 1). \quad (15)$$

(14)에 대한 최적해는 일차 최적성 조건에 따라, 각 최적화 변수에 대한 목적함수 일차 편미분을 0이 되도록 하므로 다음을 만족한다:

$$\mathbf{V}_c \hat{\boldsymbol{\psi}}_{\text{eig}} = \lambda_{\text{eig}} \boldsymbol{\psi}_{\text{eig}}. \quad (16)$$

여기서, $\boldsymbol{\psi}_{\text{eig}} = \hat{\boldsymbol{\psi}} / \hat{\boldsymbol{\psi}}_{N+1}$ 이며, $\mathbf{V}_c$ 는 에르미트 행렬, 즉 $\mathbf{V}_c = \mathbf{V}_c^H$ 이므로 (13)은 다음과 같이 쓸 수 있다:

$$L(\boldsymbol{\psi}_{\text{eig}}, \lambda_{\text{eig}}, \lambda_2) = \lambda_{\text{eig}} \boldsymbol{\psi}_{\text{eig}}^H \boldsymbol{\psi}_{\text{eig}} - \lambda_{\text{eig}} (\boldsymbol{\psi}_{\text{eig}}^H \boldsymbol{\psi}_{\text{eig}} - N - 1) - \lambda_2 (\boldsymbol{\psi}_{\text{eig}, N+1} - 1), \\ = (N+1) \lambda_{\text{eig}}. \quad (17)$$

따라서, (13)은 행렬 $\mathbf{V}_c$ 의 고유값을 최대화하는 문제와 동일하며, 최적해는 최대 고유값에 해당하는 고유벡터에 대한 마지막 원소를 1로 만드는 scaled 벡터가 된다.

UCR 문제는 기존 unit-modulus 제약인 (11b)를 완화하여 풀 문제로, 이를 만족하기 위해 설계한 벡터 각 원소를 자신의 크기로 나누어주는 스케일링 과정이 필요하다. 하지만 이 과정은 각 ψ_n 에 대한 위상, 즉 χ_n 에 영향을 주지 않으므로, UCR 문제 (13)에서 구한 최적해에 대한 위상을 구하는 과정으로 대체할 수 있다. 자세한 과정은 알고리즘 1에서 확인할 수 있다. UCR 기반 IRS 위상제어는 행렬 $\mathbf{V}_c$ 고유값 분해 과정에서 소요되는 계산 복잡도 $O(N^3)$ 을 갖는다.

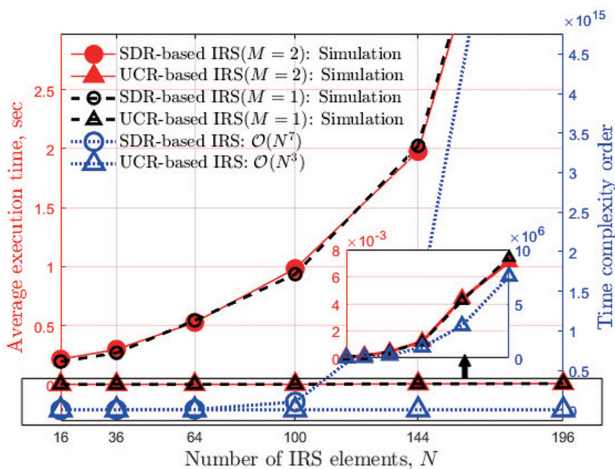
Algorithm 1: UCR-Based IRS Phase Shift Vector Design.

- 1 **Input:** Channel vectors $\mathbf{f}$, $\mathbf{g}_1$, and $\mathbf{g}_2$.
- 2 **Output:** UCR-based phase-shift vector $\chi_{ucr}^* \in \mathbb{R}^{N \times 1}$.
- 3 Construct $\mathbf{V}_c$ in (10).
- 4 Calculate the eigenvector $\hat{\psi} \in \mathbb{C}^{(N+1) \times 1}$ that corresponds to the largest eigenvalue of $\mathbf{V}_c$.
- 5 Scaling $\hat{\psi}$ by its last element as $\psi = \hat{\psi} / \hat{\psi}_{N+1}$.
- 6 **Return** $\chi_{ucr}^* = \left[\tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}\{\psi_1\}}{\text{Re}\{\psi_1\}} \right), \dots, \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}\{\psi_N\}}{\text{Re}\{\psi_N\}} \right) \right]^T \in \mathbb{R}^{N \times 1}$.

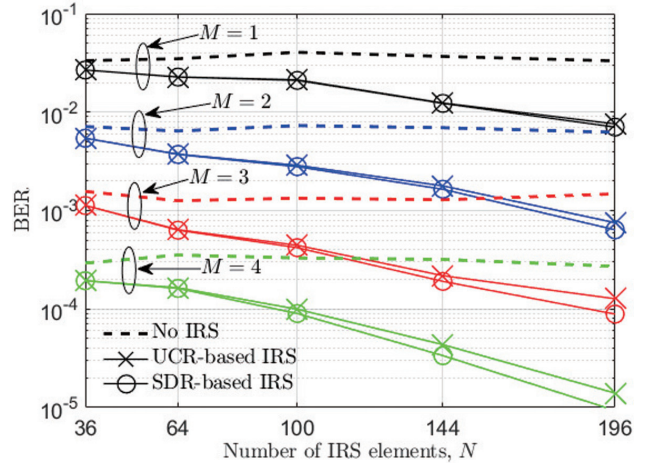
IV. 모의실험 결과

본 장에서는 모의실험을 통해 SDR과 UCR 기반 위상제어를 적용한 IRS-STLC 시스템에 대한 복잡도와 BER (bit-error-rate) 성능을 확인한다. 자세한 모의 실험 환경 파라미터는 <표 1>에 제시하였다. <표 1>에서 d_a , d_f , d_g 는 각각 BS에서 IRS에 달하는 직접 채널 거리, BS-IRS 거리, IRS-UE 거리를 의미한다. 모의실험은 3.0-GHz CPU, 32-GB RAM, 그리고 MATLAB 2021a를 통해 실행되었다.

<그림 4>에선 소개한 SDR과 UCR 기반 위상제어 기법 복잡도 비교를 위해 위상제어 소자 수 N 에 대한 평균 실행 시간을 비교한다. 먼저 SDR과 UCR 평균 실행 시간은 각각 이론적인 시간 복잡도 $O(N^7)$ 과 $O(N^3)$ 을 따르는 것



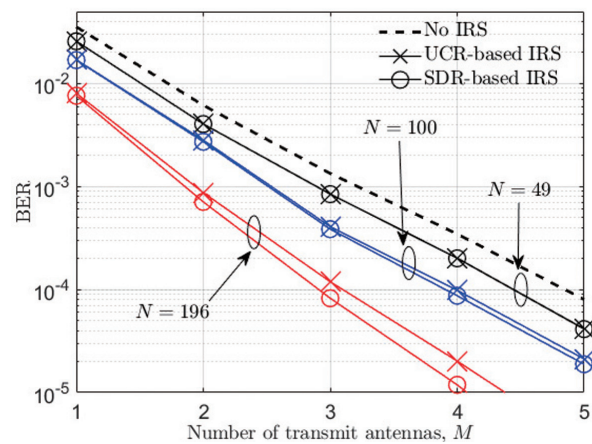
<그림 4> SDR과 UCR 기반 위상제어 기법 평균 실행 시간과 시간 복잡도 비교^[14].



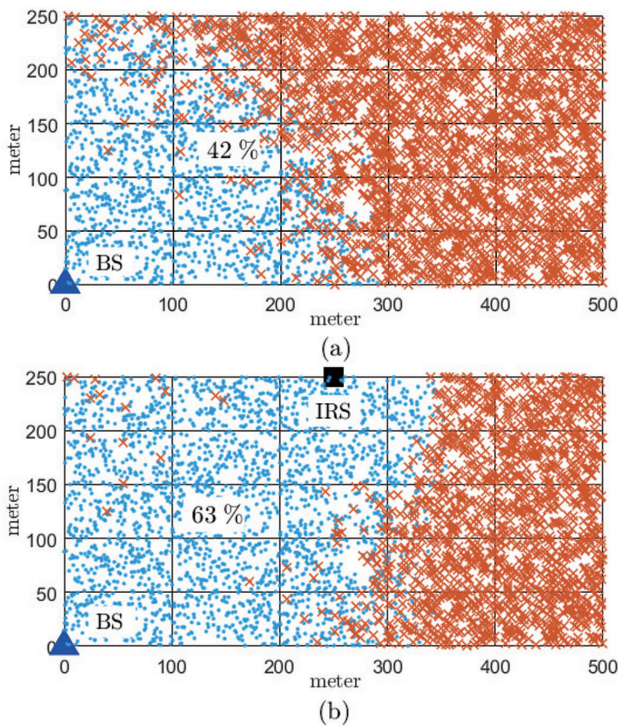
<그림 5> IRS 위상제어 소자 수 N 에 대한 16-QAM BER 결과 ($P = 30$ dBm, UE 위치 (300,100,0) m, $M \in \{1, 2, 3, 4\}$)^[14].

을 확인할 수 있다. 예를 들어, $N=144$ 인 경우, SDR 기반 위상제어는 평균 실행 시간이 2 초 소요되나, UCR 경우 2밀리초로 상당히 낮은 실행 시간을 보임을 알 수 있다. 송신 안테나 수 M 은 위상제어 계산 복잡도에 영향을 주지 않으며, 이는 (10)에서 제시한 실패 채널 행렬 $\mathbf{V}_c$ 차원 크기가 M 에 따라 달라지지 않기 때문이다.

IRS 위상제어 소자 수에 대한 16-quadrature amplitude modulation (QAM)-BER 비교를 <그림 5>에서 제시한다. 송신 안테나 수 M 과 N 이 증가할수록, SDR과 UCR 기법 모두 BER이 감소하는 것을 볼 수 있다. 하지만 UCR 위상제어는 M 과 N 이 커질수록 SDR



<그림 6> 송신 안테나 수 M 에 대한 IRS-STLC 64-QAM BER 비교 결과 ($P = 30$ dBm, UE 위치 (300,100,0) m, $N \in \{49, 100, 196\}$).



〈그림 7〉 무작위 생성한 4,000 UE에 대한 target BER (10^{-3}) 달성 여부 공간 분포도 ('·': Target BER을 달성한 UE, 'x': Target BER을 달성하지 못한 UE), (a) IRS가 없는 기존 1×2 STLC 시스템, (b) $N=100$ 인 IRS를 도입한 1×2 STLC 시스템^[14].

기법 대비 성능 열화가 드러나는 것을 확인할 수 있다. 〈그림 6〉에서도 송신 안테나 증가에 따른 SDR 대비 UCR 기법 성능 열화를 확인할 수 있다. $N=49$ 인 IRS를 활용한 IRS-STLC 시스템은 SDR과 UCR 사이 64-QAM BER 성능 차이가 거의 드러나지 않으나, $N=169$ 인 경우, 상당히 큰 격차가 벌어짐을 확인할 수 있다. 이는 UCR 문제가 (11b)에서 완화한 unit-modulus 제약을 다시 충족시키기 위한 heuristic 접근법에서 기인한 결과이다. 따라서 IRS 위상제어 기법은 복잡도와 통신 성능에 대한 trade-off가 있으며, 이를 고려하여 IRS 기반 다중 안테나 시스템에 적용되어야 함을 알 수 있다. 또한, 〈그림 6〉을 통해, IRS를 활용하면 특정 BER 성능을 유지하며 BS 송신 안테나 수를 줄일 수 있음을 확인할 수 있다. 예를 들어, 시스템 target BER을 10^{-3} 이하로 설정하였을 때, IRS가 없는 다중 안테나 시스템 경우, BS가 네 개 안테나를 필요로 하나, $N=196$ 인 IRS를 활용하면 BS 송신 안테나를 두 개로 줄이면서 RF 소자 비용과 전력 소모를

줄일 수 있다.

〈그림 7〉에선, UCR 기반 IRS 시스템의 커버리지 증대 효과를 확인하기 위해, target BER 10^{-3} 을 달성한 UE를 파란 '·'으로, 달성하지 못한 UE를 붉은 'x'로 표시하였다. 주어진 커버리지 내에 4,000 UE를 균일 분포로 무작위 생성하였으므로, target BER 달성 UE 수 증가는 곧 통신 커버리지 영역 증대로 해석할 수 있다. 〈그림 7(a)〉처럼 IRS를 활용하지 않은 기존 1×2 STLC 시스템 경우, 전체 UE 중 BS에 가깝게 위치한 42% UE만이 target BER을 달성하였다. 〈그림 7(b)〉에서 $N=100$ 인 IRS를 추가로 배치하자 전체 중 63% UE가 target BER을 만족하는 것을 보아, 100개 소자 IRS로 인해 약 21% 커버리지 증대가 이루어짐을 확인하였다.

V. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에선 송신단 채널 정보만으로 최대 공간 다이버시티 이득을 얻는 STLC 시스템에 IRS를 적용한 연구를 소개하였다. IRS-STLC 시스템 수신 SNR을 최대화하기 위한 SDR과 UCR 기반 위상제어 기법을 제시하고 성능을 비교하였다. 모의실험 결과, UCR 기반 위상제어 기법이 SDR 기법 대비 확연히 낮은 복잡도로 작은 성능 열화를 보이면서, 성능과 복잡도 사이 trade-off가 있음을 확인하였다. 또한, 기존 다중 안테나 시스템에 IRS를 활용하여 효과적인 커버리지 증대가 가능함을 실험적으로 보였다. 본 논문에서 소개한 IRS-STLC 연구는 이상적인 위상제어 모델을 기반으로 진행되었으며 IRS로 위상정보를 피드백하는 시그널링에 대한 오버헤드를 고려하지 않았으나, 향후엔 실제 IRS 하드웨어 특성과 IRS 시그널링 오버헤드를 반영한 연구를 진행하고자 한다.

감사의 글

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(2021R1A4A2001316 & 2022R1A2C1003750)과 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-00874, 시공간 선 부호 기반 차세대 무선 접속 기술 개발, 50%)



참고 문헌

- [1] M. Shafi, A. F. Molisch, P. J. Smith, T. Haustein, P. Zhu, P. D. Silva, F. Tufvesson, A. Benjebbour, and G. Wunder, "5G: A tutorial overview of standards, trials, challenges, deployment, and practice," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 35, no. 6, pp. 1201–1221, Jun. 2017.
- [2] P. Gandotra, R. K. Jha, and S. Jain, "Green communication in next generation cellular networks: A survey," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 11727–11758, Jul. 2017.
- [3] GreenTouch, "GreenTouch 2014–2015 annual report," 2015. [Online]. Available: <http://www.bell-labs.com/greentouch/>
- [4] S. Zhang, Q. Wu, S. Xu, and G. Y. Li, "Fundamental green tradeoffs: Progresses, challenges, and impacts on 5G networks," *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 19, no. 1, pp. 33–56, Firstquarter 2017.
- [5] L. T. Wedage, B. Butler, S. Balasubramaniam, Y. Koucheryavy, and J. M. Jornet, "Climate change sensing through terahertz communications: A disruptive application of 6G networks," 2021, *arXiv*: 2110.03074. [Online]. Available: arxiv.org/abs/2110.03074
- [6] Q. Liu, S. Sun, B. Rong, and M. Kadoch, "Intelligent reflective surface based 6G communications for sustainable energy infrastructure," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 28, no. 6, pp. 49–55, Dec. 2021.
- [7] Q. Wu and R. Zhang, "Towards smart and reconfigurable environment: Intelligent reflecting surface aided wireless network," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 58, no. 1, pp. 106–112, Jan. 2020.
- [8] Y. S. Ribeiro, F. H. C. Neto, and A. L. F. de Almeida, "Practical hardware models and beamforming design for IRS-assisted MIMO networks," *Workshop on Communication Networks and Power Systems (WCNPS)*, Brasilia, Brazil, Dec. 2021, pp. 1–6.
- [9] S. Zhang and R. Zhang, "Capacity characterization for intelligent reflecting surface aided MIMO communication," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 38, no. 8, pp. 1823–1838, Aug. 2020.
- [10] Y. Yang, B. Zheng, S. Zhang, R. Zhang, "Intelligent reflecting surface meets OFDM: Protocol design and rate maximization," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 68, no. 7, pp. 4522–4535, Jul. 2020.
- [11] C. Huang, A. Zappone, G. C. Alexandropoulos, M. Debbah, and C. Yuen, "Reconfigurable intelligent surfaces for energy efficiency in wireless communications," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 18, no. 8, pp. 4157–4170, Aug. 2019.
- [12] J. Liu, K. Xiong, Y. Lu, D. W. K. Ng, "Energy efficiency in secure IRS-aided SWIPT," *IEEE Wireless Commun. Lett.*, vol. 9, no. 11, pp. 1884–1888, Nov. 2020.
- [13] H. Ibrahim, H. Tabassum, and U. T. Nguyen, "Exact coverage analysis of intelligent reflecting surfaces with Nakagami-*M* channels," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 70, no. 1, pp. 1072–1076, Jan. 2021.
- [14] J. Kim and J. Joung, and K. Lim, "Intelligent reflecting surface-aided space-time line coded systems," *IEEE Wireless Commun., Lett.*, vol. 11, no. 2, pp. 245–249, Feb. 2022.
- [15] W. Mei and R. Zhang, "Cooperative beam routing for multi-IRS aided communication," *IEEE Wireless Commun. Lett.*, vol. 10, no. 2, pp. 426–430, Feb. 2021.
- [16] J. Joung, "Space-time line code," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 1023–1041, Feb. 2018.
- [17] J. Joung, "Energy efficient space-time line coded regenerative two-way relay under per-antenna power constraints," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 47026–47035, 2018.
- [18] J. Joung and J. Choi, "Space-time line codes with power allocation for regenerative two-way relay systems," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 68, no. 5, pp. 4884–4893, May. 2019.
- [19] J. Choi and J. Joung, "Process-and-forward two-way relay using layered STBCs and multiple STLCs," *Elsevier Signal Processing*, vol. 196, no. 108526, pp. 1–11, Jul. 2022.
- [20] J. Joung, "Space-time line code for massive MIMO and multiuser systems with antenna allocation," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 962–979, Feb. 2018.

- [21] J. Joung and J. Choi, "Multiuser space-time line codes with transmit antenna selection," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 71930–71939, Apr. 2020.
- [22] H. Yu and J. Joung, "Frame structure design for vehicular-to-roadside unit communications using space-time line code under time-varying channels," *IEEE Syst. J.*, vol. 15, no. 2, pp. 3150–3153, Jun. 2021.
- [23] J. Joung, H. Yu, and J. Zhao, "Bandwidth design for energy efficient unmanned aerial vehicle using space-time line code," *IEEE Syst. J.*, vol. 15, no. 2, pp. 3154–3157, Jun. 2021.
- [24] J. Choi, J. Joung, and B. C. Jung, "Space-time line code for enhancing physical layer security of multiuser MIMO uplink transmission," *IEEE Syst. J.*, vol. 15, no. 3, pp. 3336–3347, Sep. 2021.
- [25] J. Choi, J. Joung, and Y.-S. Cho, "Artificial-noise-aided space-time line code for enhancing physical layer security of multiuser MIMO downlink transmission," *IEEE Syst. J.*, vol. 16, no. 1, pp. 1289–1300, Mar. 2022.
- [26] S.-C. Lim and J. Joung, "Full-rate space-time line code for four receive antennas," *IEEE Wireless Commun. Lett.*, vol. 11, no. 3, pp. 602–606, Mar. 2022.
- [27] J. Choi and J. Joung, "Generalized space-time line code with receive combining for MIMO systems," *IEEE Syst. J.*, (early access articles).
- [28] Z. Luo, W. Ma, A. M. So, Y. Ye, and S. Zhang, "Semidefinite relaxation of quadratic optimization problems," *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 27, no. 3, pp. 20–34, May 2010.
- [29] M. Grant and S. Boyd, "CVX: Matlab software for disciplined convex programming, version 2.2 (2020)," [Online]. Available: <http://cvxr.com/cvx/>
- [30] C. Helmberg, F. Rendl, R. Vanderbei, and H. Wolkowicz, "An interior point method for semidefinite programming," *SIAM J. Optim.*, vol. 6, no. 2, pp. 342–361, 1996.
- [31] "Further Advancements for E-UTRA Physical Layer Aspects (Release 9)," 3GPP, Tech. Rep. TS 36.814, Mar. 2010.



김재훈

- 2021년 2월 중앙대학교 창의ICT 공과대학 전자전기공학부 학사
- 2021년 2월 ~ 현재 중앙대학교 전자전기공학과 석사

〈관심 분야〉

Space-Time Coding, Intelligent Reflecting Surface



정진곤

- 2001년 2월 연세대학교 전파공학과 학사
- 2003년 2월 KAIST 전자전산학과 석사
- 2007년 2월 KAIST 전자전산학과 박사
- 2007년 3월 ~ 2008년 8월 KAIST BK, 박사후연구원
- 2007년 8월 ~ 2008년 8월 (주)루미콤, 위촉연구원
- 2008년 9월 ~ 2009년 9월 UCLA, 박사후연구원
- 2009년 10월 ~ 2016년 2월 I2R, Singapore, 연구원
- 2016년 3월 ~ 현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수

〈관심 분야〉

무선통신, 통신 신호처리, 기계학습

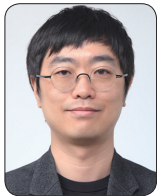


최지훈

- 1997년 2월 KAIST 전기및전자공학과 학사
- 1999년 2월 KAIST 전자전산학과 석사
- 2003년 2월 KAIST 전자전산학과 박사
- 2003년 3월 ~ 2004년 2월 University of Texas, Austin, 박사후연구원
- 2004년 4월 ~ 2008년 8월 삼성전자 정보통신총괄, 책임연구원
- 2008년 9월 ~ 현재 한국항공대학교 항공전자정보공학부 교수

〈관심 분야〉

통신신호처리, 무선통신, 물리계층 보안, 레이다 신호처리, 기계학습



김주엽

- 2010년 4월 KAIST 전자전산학과 학사
- 2010년 1월 KAIST 전기 및 전자공학과 박사
- 2011년 4월 ~ 2013년 12월 삼성전자 무선사업부, 책임연구원
- 2014년 1월 ~ 2018년 2월 한국철도기술연구원, 선임연구원
- 2018년 3월 ~ 현재 숙명여자대학교 전자공학전공 조교수

〈관심 분야〉

이동통신, 소프트웨어 모뎀

하부 절연체가 삽입된 기판을 통한 Multi-Bridge Channel MOSFET 누설전류 최적화

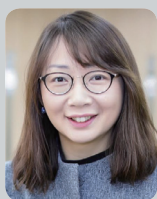
I. 서론

반도체 소자는 지속적인 소형화를 통해 발전해왔다. 소형화는 채널 길이 축소에 의한 구동 전류 증가 및 Gate 산화막 두께 감소를 통한 전계 증가 등을 통한 전기적 특성 극대화와 작아진 소자에 의해 하나의 wafer에 많은 chip을 생산할 수 있는 생산성 극대화 두 가지 목적을 가지고 있다. 하지만, 이러한 소형화는 몇 가지 단점들이 있는데 Short Channel Effects(SCEs)라 불리는 단채널 효과이다. 짧아진 채널 길이를 통해 누설전류가 증가하는 것이 그 예이다. 누설전류는 원하지 않는 전류이며, 소자를 off하고 싶을 때 나오는 전류를 의미한다. 이러한 이유로 기존의 Planar FET 구조에서 3D 구조인 FinFET과 Gate-All-Around FET(GAAFET)으로 변화하는 흐름에 있으며, 이를 통해 채널에 대한 Gate controllability를 증대시켜 소자의 누설전류를 최소화하려고 하고 있다. GAAFET은 이름에서 유추할 수 있듯이 채널을 게이트가 4면에서 감싸는 형태이다. 이로 인해 채널은 소자가 원하는 on/off 동작을 손실 없이 정확히 반영할 수 있다. GAAFET 중 유효 채널 넓이를 충분히 확보할 수 있는 Nanosheet가 적용된 구조인 Multi-Bridge-Channel FET(MBCFET)이 각광 받고 있다^[1-5].

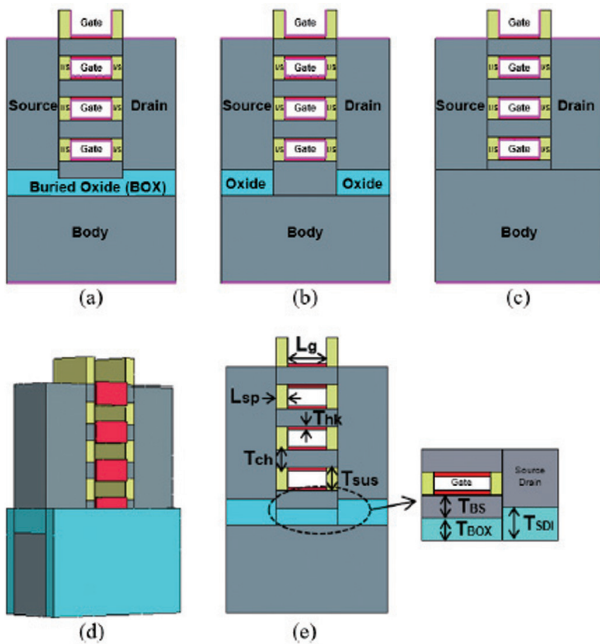
이러한 구조의 변화에도 불구하고, 누설전류를 최소화하고자 하는 산업의 요구는 계속되고 있다. 연구자들은 하부에 Source/Drain과 반대되는 type의 이온을 주입하는 Ground Plane(GP) Doping 구조와 Source/Drain 하부에 절연체를 삽입한 구조(SDI)를 통해 이 요구를 충족시키려 하고 있다^[6-8]. 두 구조 모두 소자가 off 상태일 때 substrate 영역에서 불필요한 전류가 흐르는 것을 방지하기 위한 목적이다. GP doping의 경우 NMOS 일 때 p-type이 기판에 heavy doping 되기 때문에, 소자가 off 상태 일 때, 전자가 흐르는 것(누설전류)을 억제하게



유 송 길
성균관대학교



김 소 영
성균관대학교



〈그림 1〉 Crosssection of (a) MOI, (b) SDI, (c) conventional MBCFET structures, (d) MOI 구조의 Bird's eye view, (e) 구조 Parameter 정의

된다. SDI 구조는 Source와 Drain 하부가 절연체로 되어 있기에 이런 누설전류가 갈 수 없게 path를 막아주는 원리이다. Source/Drain뿐만이 아닌 하부 전체에 절연체를 삽입한 구조도 제안되었으나, 이 구조는 Silicon과 SiGe를 Epi, 증착시키기 어렵다는 어려움이 있다^[9].

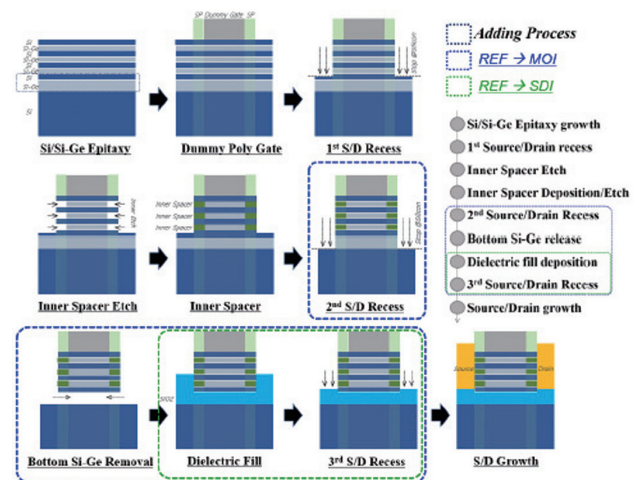
이 논문에서는 앞에서 얘기한 공정의 어려움을 해소할 수 있는 하부 전체에 절연체가 삽입된 MBCFET on insulator(MOI) 구조를 제안한다. 하부 전체가 절연체로 되어진 구조는 기존에 산업에서 사용되는 Silicon on insulator(SOI)구조가 있는데, SOI는 공정의 복잡성과 비용면에서 단점이 있다. 이러한 단점으로부터 상대적으로 자유로울 수 있는 공정 순서를 제안할 것인데, 이는^[10-11]에 소개된 silicon-on-nothing (SON) 기법과 유사하다. 다음으로 제안된 MOI 소자의 전기적 특성 시뮬레이션을 Synopsys Sentaurus technology computer aided design(TCAD)를 통해 수행한 결과를 보여 줄 것이다. 이 실험에서 MOI의 전기적 특성이 기존의 conventional MBCFET과 Source/Drain Isolation(SDI) 대비 우월함을 보여 줄 것이다.

〈표 1〉 MOI, SDI, conventional MBCFET의 구조 parameter

Structure	MOI	SDI	REF
L_g [nm]	14	14	14
L_{sp} [nm]	4	4	4
T_{ch} [nm]	6	6	6
T_{sus} [nm]	8	8	8
T_{hk} [nm]	1	1	1
T_{BS} [nm]	6	-	-
T_{BOX} [nm]	6	-	-
L_{SDI} [nm]	9	9	-
W (NMOS) [nm]	20	20	20
W (PMOS) [nm]	40	40	40
Channel doping [cm^{-3}]	1×10^{17}	1×10^{17}	1×10^{17}
S/D doping [cm^{-3}]	5×10^{20}	5×10^{20}	5×10^{20}
Substrate doping [cm^{-3}]	1×10^{17}	1×10^{17}	1×10^{17}

II. MOI 구조 소개

〈그림 1〉은 앞에서 소개한 MOI, SDI 구조와 Conventional MBCFET의 구조를 보여 준다. Conventional MBCFET과 달리 MOI에서는 Gate, Source, Drain 하부 전체에 절연체가 삽입된 구조이다. 구체적인 구조 parameter는 〈표 1〉에 표기되어 있다. 〈그림 2〉는 MOI와 SDI의 공정 순서를 보여 준다. Silicon과 SiGe의 Epi, 성장부터 Inner Spacer 생성까지의 공정은 conventional MBCFET과 동일하다. 1st S/D recess 공정에서는, 최하부의 SiGe 물질이 inner spacer 공정 동안 제거되는 것을 방지하기 위해 Silicon layer에서 Etch가 멈추는 것이 중요하다. 이러한



〈그림 2〉 MOI와 SDI의 공정 순서. 추가되는 공정은 점선 Box로 표기.

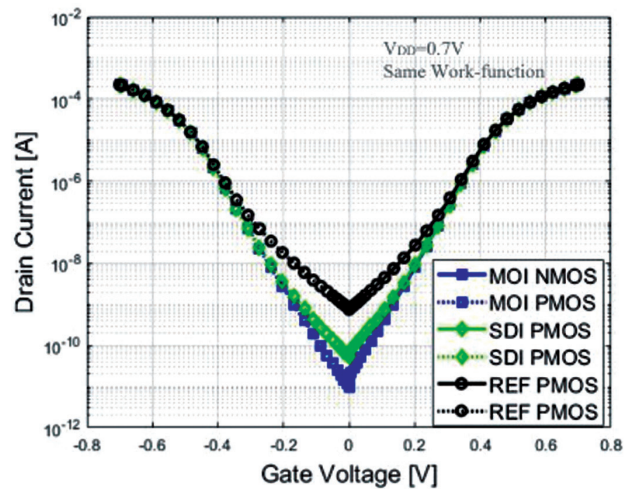
이유로 해당 Silicon layer의 적절한 두께에 대해 논의가 필요한데, 전기적 특성 변화와 함께 뒤에서 다루어질 예정이다. Inner spacer를 생성한 후에는 2nd S/D recess 공정이 진행되고 하부의 bulk Silicon에서 Etch가 멈춘다. 그 뒤에 최하단의 SiGe Layer가 Wet Etch 공정을 통해 제거된다. 이 지점에서 빈 공간이 생기게 되는데, 주변에서 감싸는 dummy gate로 인해 무너지지 않는다. 다음으로, 이 빈 공간은 절연 물질인 SiO₂로 채워지게 된다. 빈 공간의 높이(최하단 SiGe의 높이)의 적절한 값은 뒤에서 다루어질 예정이다. 절연 물질을 채운 후 세 번째 S/D recess가 필요한데 그 이유는 Source와 Drain가 생성되는 시작 높이를 결정하기 때문이다. 마지막으로, Source와 Drain Epi. 성장이 conventional MBCFET과 동일한 방식으로 이루어지게 된다. 기존의 SOI 공정도 동일하게 하부 절연체 구조를 갖게 되지만, 제안된 MOI 공정과는 차이가 있다. SOI 공정은 wafer 2장을 소모하여 비용이 많이 들지만, MOI 공정은 제안된 대로 1장의 wafer로 만들기에 비용 절감 효과가 있으며, 최하단 SiGe의 두께로 높이를 조절할 수 있기에 원하는 두께(높이)로 미세 제어가 가능하다는 장점이 있다. 이 부분의 미세제어가 필요한 이유는 하부에 삽입된 oxide의 두께가 얇을수록 소자는 좋은 성능을 갖기 때문이다 [10-11]. Conventional MBCFET 공정 대비해서 MOI 공정은 노광공정의 추가 없이 간단한 4개의 step 추가로 구현이 가능하기에 성능개선을 위한 가치가 있다. <그림 2>에서 볼 수 있듯이, MOI 구조가 되기 위해 필요한 공정은 파란색 점선으로 표기되어 있고, SDI 구조가 되기 위해 필요한 공정은 초록색 점선으로 표기되어 있다. SDI 공정은 MOI 공정에 포함되어 있으며, conventional MBCFET 대비 2개의 step 추가로 구현 가능하다.

<표 2> Gate Length 14nm에서의 소자별 전기적 특성

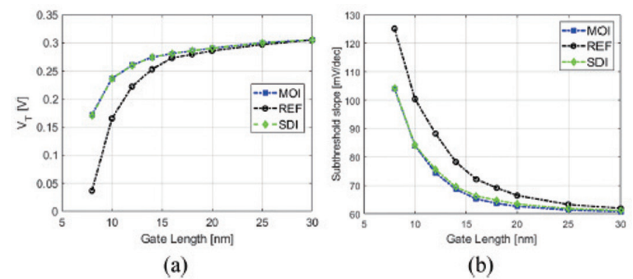
Structure	V_T [V]	SS[mV/dec]	DIBL [mV/V]	ON/OFF Ratio
MOI	0.274	68.65	17.54	1.21E+07
SDI	0.275	69.46	19.23	3.11E+06
REF	0.253	78.22	49.54	2.97E+07

III. 소자 시뮬레이션 결과

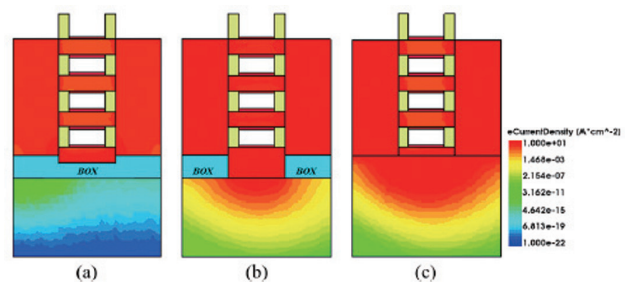
이번 단락에서는 MOI의 성능을 SDI 및 conventional MBCFET과 비교한다. <그림 3>은 Gate 전압(V_g)과 Drain 전류(I_d)의 관계를 각 소자 별로 보여 준다. 오른쪽 곡선은 NMOS를 보여 주고 왼쪽 곡선은 PMOS



<그림 3> MOI와 SDI의 공정 순서. 추가되는 공정은 점선 Box로 표기.



<그림 4> MOI, SDI, conventional MBCFET의 Gate Length에 따른 전기적 특성 비교. (a) V_T roll-off curve, (b) Subthreshold slope 곡선

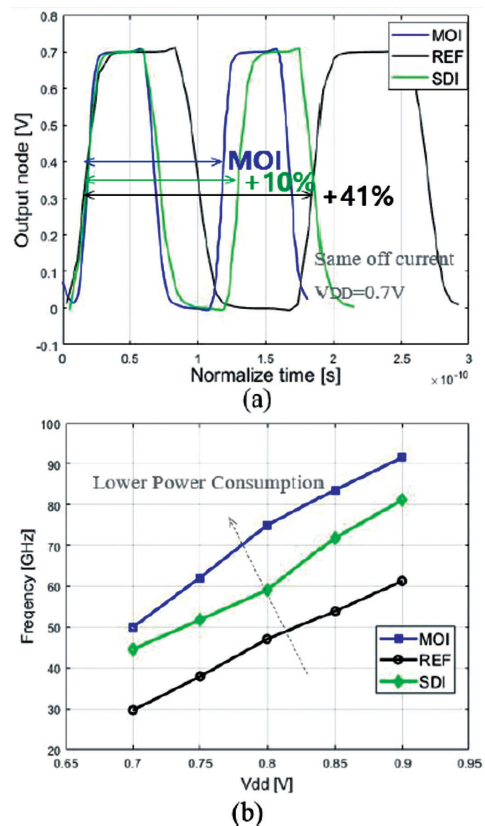


<그림 5> Zero gate bias에서의 전류 밀도. (a) MOI, (b) SDI, (c) conventional MBCFET

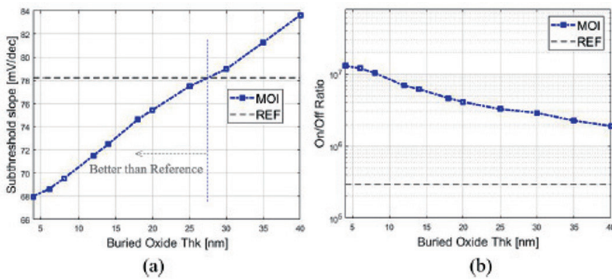
를 보여 준다. 이 그림을 통해 MOI 구조가 SDI 및 conventional MBCFET 대비 낮은 누설전류(Gate Zero bias에서의 Drain 전류)를 갖음을 명백하게 보여 준다. 그 이유는 하부 절연 물질이 하부 bulk 채널 영역의 누설전류를 차단하기 때문이다. <그림 4(a)>는 $V_{Troll-off}$ 특성을 Gate 길이에 따라 보여 주며, <그림 4(b)>는 MOI 구조가 conventional MBCFET 대비 낮은 subthreshold-swing(SS)을 보여 줌을 나타낸다. 게이트 길이가 짧아질수록 DIBL과 SS가 열화되는 수준이 MOI 구조가 conventional MBCFET 대비 작다는 것을 알 수 있다. 시뮬레이션을 통해 추출된 특성 값들은 <표 2>에 명시되어 있다. 이러한 결과들을 통해 MOI 구조가 conventional MBCFET 대비 SCEs에 내성이 있음을 암시한다. 또한 Gate 길이가 14nm 일 때, MOI가 SDI 대비 on/off ratio가 2.9배 개선됨을 보여 주고, SS이 0.8mV/dec 낮아짐을 알 수 있다. <그림 5>는 Gate 전압이 0V 일 때, 전류 밀도를 보여주는데, MOI 구조의 하부 누설전류가 억제되고 있음을 표현한다. Conventional MBCFET에서 MOI 구조로 갈수록 하부의 전류 밀도가 약해진 것이 확인 가능하다. <그림 6>은 5-stage ring oscillator를 통해 $V_{DD}=0.7V$, $C_L=1fF$ 조건에서 delay time이 소자별로 어떤 거동을 보이는지 나타내고 있다. Ring oscillator는 홀수 개의 인버터를 통해 인가된 신호가 다시 되돌아오는 delay time을 측정하기 위해 고안되었다. Gate work-function 값들은 각 소자들이 모두 같은 off-current를 갖도록 최적화되었다. <그림 6(a)>에서 볼 수 있듯이, MOI 구조의 delay time이 conventional MBCFET 대비 41% 감소하고, SDI 대비 10% 감소함을 보여 준다. <그림 6(b)>는 주파수와 V_{DD} 간의 상관관계이다. 동일한 주파수 성능에서, MOI가 요구하는 V_{DD} 가 다른 소자 대비 낮음을 보여 주고, 이것은 MOI가 동일한 성능을 갖기 위해 가장 낮은 전력 소모를 보여 준다는 것을 의미한다. 이러한 개선의 이유는 동일한 off-current에서 MOI의 on-current가 가장 높기에 RC delay가 감소 되기 때문이고, 하부의 절연 물질이 C_{eff} 감소를 통해 RC delay를 감소시키는 효과가 있기 때문이다.

IV. MOI 구조 parameter의 최적화

Conventional MBCFET과 비교해서, MOI 구조는 성능을 최적화할 수 있는 두 가지 새로운 구조 parameter가 존재한다. Buried oxide 두께를 나타내는 T_{BOX} 와 bottom silicon 채널의 두께를 나타내는 T_{BS} 가 그것이다. 이번 단락에서는 이 두 가지 구조가 소자 특성에 어떻게 영향을 미치는지 보여 준다. 먼저 T_{BOX} 는 공정에서 최하단 SiGe의 두께를 조절하여 쉽게 조절할 수 있다. <그림 7>(a) 와 (b)는 SS와 on/off 전류 ratio를 T_{BOX} 변화에 따라 보여 준다. SS와 on/off 전류 ratio 모두 T_{BOX} 가 얇을수록 좋은 성능을 냄을 보여 주는데, 그 이유는 buried oxide가 얇을수록 source-drain 간의 전기적 coupling이 억제되어 누설전류를 감소시키기 때문이다^[10-11]. 그러나 얇은 T_{BOX} 를 만들기 위해선 공정상 어려움이 존재하는데, 이 사이의 좁은 영역을 절연 물질로 채우는데 공정의



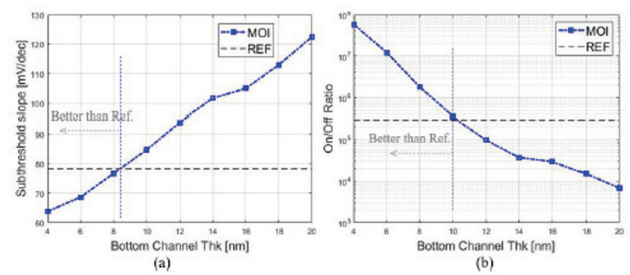
<그림 6> 5-stage Ring oscillator 시뮬레이션 결과 ($V_{DD} = 0.7V$, $C_L = 1fF$). (a) Output wave form, (b) Frequency with variable V_{DD} .



〈그림 7〉 T_{BOX} 변화에 따른 (a) Subthreshold slope 곡선, (b) on/off 전류 ratio curve.

어려움이 존재하기 때문이다. 〈그림 7(a)〉의 검정색 수평 점선은 conventional MBCFET의 SS 값을 나타내는데, T_{BOX} 가 약 27nm보다 작으면 기존 대비 좋은 성능을 낼 수 있기에, 이 값은 충분한 마진이 있다고 보여 진다. 〈그림 7(b)〉에서 검정색 수평 점선은 충분히 아래 있기 때문에 On/off 전류 ratio는 oxide 두께를 충분히 두껍게 해도 conventional MBCFET대비 개선됨을 확인할 수 있다. T_{BOX} 가 각각 4nm, 20nm 일 때의 전류 밀도가 〈그림 8〉에 표현되어 있다. 이것은 하부 영역의 누설전류가 T_{BOX} 가 20nm일 때 4nm 대비 약간 증가함을 나타낸다.

두 번째로 T_{BS} 또한 소자의 성능 영향성을 살펴볼 수 있다. 〈그림 9〉는 T_{BS} 가 얇을수록 낮은 SS과 높은 on/off 전류 ratio를 나타냄을 보여 준다. 이것은 T_{BS} 영역

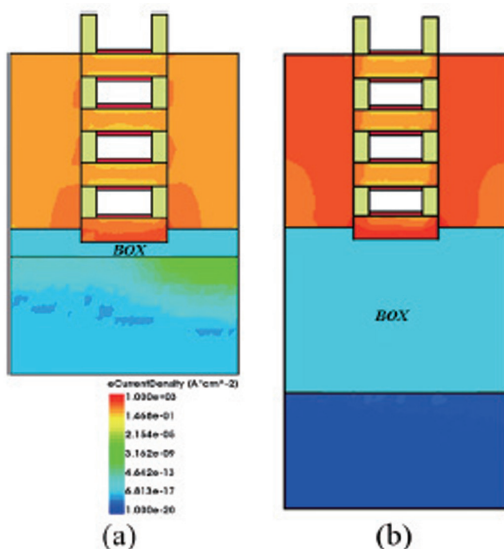


〈그림 9〉 T_{BS} 변화에 따른 (a) subthreshold slope 곡선, (b) on/off 전류 ratio 곡선.

에 해당하는 최하단 채널이 기생 채널로써 역할 하기 때문이다. 이 최하단 채널은 게이트가 상부에만 존재하는 planar MOSFET과 같은 역할을 하게 되어 누설전류에 취약한 곳이다. 하지만 얇은 T_{BS} 를 갖기 위해선 공정 적인 어려움 또한 존재하는데, 이 영역이 2nd S/D recess 공정에서 etch stopping layer로 역할 하기 때문이다. Silicon이 얇을수록 T_{BS} 가 작아져서 성능에 유리하지만, 너무 얇을 경우 etch stop을 못하고 모두 제거되어 원하는 MOI 구조를 구현할 수 없게 될 것이다. 〈그림 9〉의 검정색 점선에서 알 수 있듯이, MOI의 성능이 conventional MBCFET 대비 좋은 성능을 보이기 위해선 T_{BS} 가 8nm이하로 관리되어야 하며 2nd S/D recess 공정에서의 정밀한 etching control이 요구 된다. 이러한 공정은 Silicon과 SiGe 간의 높은 선택비를 필요로 한다.

V. 결론

이 논문에서는 MBCFET 구조 하부 영역의 누설전류를 최소화하기 위해 새로운 구조인 MOI가 제안되었다. 하부 전체를 유전막으로 하는 구조는 이미 연구되었으나, MOI 구조가 Epi, 성장으로부터 자유로운 구현 가능한 구조일 것이다. 기존 MBCFET 대비 노광공정이 없는 4개의 공정을 추가함으로써, MOI는 효율적인 비용으로 누설전류를 최소화할 수 있다. TCAD 시뮬레이션을 통해 conventional MBCFET 대비 SS 이 12%, DIBL 이 65% 개선됨을 확인하였고, on/off 전류 ratio가 1.8 order 개선됨을 확인하였다. 또한, SDI 대비 MOI의 RC delay time이 10% 개선됨을 통해, SDI에서 2개 공정 추가를 통



〈그림 8〉 Zero gate bias에서의 전류 밀도.
(a) T_{BOX} = 4nm, (b) T_{BOX} = 20nm.



해 의미 있는 개선 된다는 것을 보여 주었다. 여기에 더해 MOI 구조가 두 가지 parameter(T_{BOX} , T_{BS})가 성능에 영향을 주는 정도를 확인하였으며, 이를 통해 관리 기준 및 공정 최적화가 필요함을 보여 주었다. 실제 공정에 MOI를 적용하기 위해서는, Source와 Drain 이 절연체 위에 있을 때 생길 수 있는 stress 감소 효과에 대해 좀 더 연구가 필요할 것이며, 하부의 좁은 영역(T_{BS})을 어떻게 절연 물질로 효과적으로 채울 수 있는지에 대한 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] N. Loubet et al., "Stacked nanosheet gate-all-around transistor to enable scaling beyond FinFET," in Symp. VLSI Tech. Dig., 2017, pp. T228–229.
- [2] S. D. Kim et al., "Performance trade-offs in FinFET and gate-all-around device architectures for 7nm-node and beyond," in IEEE SOI-3D-Subthreshold Microelectron. Tech. Unified Conf. (S3S), 2015, pp. 1–3.
- [3] D. Jang et al., "Device exploration of nanosheet transistors for sub-7-nm technology node," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 64, pp. 2707–2713, June, 2017.
- [4] J. S. Yoon, J. Jeong and R. H. Baek, "Optimization of nanosheet number and width of multi-stacked nanosheet FETs for sub-7-nm node system on chip applications," Jpn. J. Appl. Phys., vol. 58, pp. 1–5, Mar. 2019.
- [5] V. Subramanian et al., "Planar bulk MOSFETs versus FinFETs: An analog/RF perspective," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 53, pp. 3071–3079, Dec. 2006.
- [6] J. S. Yoon, J. Jeong and R. H. Baek, "Punch-through-stopper free nanosheet FETs with crescent inner-spacer and isolated source/drain," IEEE Access, vol. 7, pp. 38593–38596, Apr. 2019.
- [7] Y. Seon, J. Chang, C. Yoo and J. Jeon, "Device and circuit exploration of multi-nanosheet transistor for sub-3 nm technology node," Electronics 2021, 10(2), 180.
- [8] V. Jegadheesan, K. Sivasankaran and A. Konar, "Optimized substrate for improved performance of stacked nanosheet field-effect transistor," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 67, pp. 4079–4084, Oct. 2020.
- [9] J. Zhang et al., "Full bottom dielectric isolation to enable stacked nanosheet transistor for low power and high performance applications," in IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), 2019, pp. 11.6.1–11.6.4.
- [10] M. Jurczak et al., "Silicon-on-nothing (SON)—an innovative process for advanced CMOS," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 47, pp. 2179–2187, Nov. 2000.
- [11] M. Jurczak et al., "SON (silicon on nothing)—a new device architecture for the ULSI era," in Symp. VLSI Tech. Dig., 1999, pp. 29–30



유 송 길

- 2013년 2월 성균관대학교 학사
- 2013년 ~ 현재 Samsung Electronics Engineer
- 2021년 ~ 현재 성균관대학교 반도체디스플레이공학 석사과정

〈관심 분야〉

Nanosheet transistor device characteristics, Process integration



김소영

- 1997년 2월 서울대학교 Electrical Engineering 학사
- 1999년 6월 Stanford University, Electrical Engineering 석사
- 2004년 6월 Stanford University, Electrical Engineering 박사
- 2004년 ~ 2008년 Intel Corporation, Santa Clara, CA.
- 2008년 ~ 2009년 Cadence Design Systems, San Jose, CA.
- 2009년 ~ 현재 Professor with the Department of Semiconductor Systems Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon.

〈관심 분야〉

VLSI computer-aided design, Signal integrity, Power integrity, Electromagnetic interference in electronic systems.

논문지 논문목차

전자공학회 논문지 제 59권 5호 발행

통신 분야

[통신]

- 다중안테나 FBMC-QAM 시스템에서의 신호 레벨 Alamouti 기법
심동규

[마이크로파 및 전파전파]

- 비대칭적인 자유공간 측정환경 거리 교정 방법
조경용, 육종관

반도체 분야

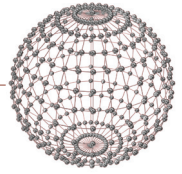
[SoC 설계]

- 디지털 논리 회로 인식을 위한 이진 그래프 노드 분류 데이터세트
권규안, 정재용

인공지능 신호처리 분야

[음향 및 신호처리]

- 시간-주파수 분석을 통한 초음파 신호 간의 시간 차 추정
방수식, 이승우, 김성섭, 권영민
- 레이저 위치 센서의 레이저 스팟 크기에 따른 출력 특성 분석
신정섭, 정보희, 이강일, 강지안, 이은정, 천수경, 지호진
- 손상된 단일 뷰로부터 강인한 그래프 학습을 통한 원스텝 그래프 클러스터링
박지웅, 최진영
- 전동기 기계시설물 고장 분류를 위한 이미지 인코딩 기반 경량화된 딥러닝 모델
안동주, 신재광, 이수안



산업전자 분야

[반도체재료 및 VLSI 설계]

- 안정화 지르코니아를 이용한 심미성과 기계적 물성의 인공치아용 세라믹 소재 개발
박재성, 이영신

2021년 하계종합학술대회 우수논문

- 28 GHz 대역 5G FR2 통신 기지국용 GaN 저잡음 증폭기 MMIC 설계
안현배, 지홍구, 강동민, 한정환
- 뉴런 커버리지 변화에 따른 학습 데이터의 모델 영향력 평가
김주형, 유동연, 이정원
- 희소 시스템을 위한 희소 인식 인접 투사 Least Mean Mixed-norm 알고리즘
이민호, 조태성, 박부건
- 국방경계시스템에서 카메라 관제지역을 지도에 도시하는 방법
김태우, 김형현, 차영균

방수식
BANG, SU SIK
한국공학대학교

학위논문 제목	국문 : 기계학습 기반 시간-주파수 분석을 통한 전력인프라의 진단 방법
	영문 : Diagnosis of Electrical Power Infrastructure via Machine Learning-Based Time-Frequency Analysis
학위취득	연세대학교
취득년월	2021년 8월
지도교수	신용준(연세대학교 교수)
KEY WORD	Cable Modeling, Fault Detection, Infrastructure Diagnosis, Machine Learning, Monitoring, Multicore Cable, Pipeline, Power Cable, Reflectometry, Three-Phase Cable, Time-Frequency Analysis

〈논문 요약〉

최근 기반시설 (infrastructure)의 노후화가 증가함에 따라 기반시설에 대한 더 높은 수준의 신뢰성 및 안전성 확보가 요구되고 있다. 특히 전기, 수도, 가스 등을 수송 및 공급하는 유통 시설물의 안정성은 인간의 기본적 삶뿐만 아니라 인공지능, 빅데이터 등의 지능형 정보 기술의 융합이 이루어지고 있는 산업에도 필수적이다. 케이블, 배관과 같은 유통 시설물은 타 시설과 달리 사람의 접근이 어려우며 넓은 범위에 설치되어 있어, 육안검사와 같은 일반적인 진단 방법으로 전체 유통 시설물에 대한 신뢰성을 확보하는 것은 한계가 있다. 본 학위논문에서는 전력케이블의 비파괴적 진단 기술인 반사파계측법의 확장 및 융합 연구를 통해 전력케이블뿐만 아니라 배관의 비파괴적 진단 및 모니터링 방법에 대해 제안한다. 나아가, 기계 학습 기반의 결함 분류 알고리즘을 제안하여 반사파계측법을 지능형 정보 기술로 확장한다.

첫째로, 단상 (single-phase) 전력케이블 진단만 가능했던 반사파계측법을 확장하여, 3상 (three-phase) 전력케이블을 동시에 진단 및 모니터링하는 기술을 제안한다. 3상 케이블과 진단 장비 간의 시스템의 최적화를 위해 시뮬레이션 기반의 다중 채널 네트워크 분석을 진행하며, 진단 신호와 케이블 및 커넥터의 고주파수 대역 특성을 분석에 반영하기 위한 케이블 모델링 기법을 제안한다. 실제 3상 고온 초전도 케이블을 대상으로 냉각실험을 진행하여, 제안한 3상 케이블 모니터링 기술의 성능 및 케이블 모델링 기법을 검증한다. 둘째로, 반사파계측법에서의 신호 특징 추출과 합성곱 신경망 네트워크 (convolutional neural network)를 활용하여 멀티코어 케이블 (multicore cable)에서 발생할 수 있는 결함에 대한 자동 분류 기술을 제안한다. 각 코어에서 추출한 특징을 보존하면서도 효율적인 데이터 처리가 가능한 고급 신호 처리 기법이 소개된다. 실제 멀티코어 케이블로부터 진단 데이터를 수집하고, 수집한 데이터를 바탕으로 신경망 네트워크를 훈련 및 테스트하여 제안한 기술의 분류정확도를 검증한다. 마지막으로, 전자기파를 사용하는 시간-주파수 영역 반사파계측법을 비파괴적 배관 진단이 가능한 초음파 진단 기술로 확장한다. 전자기파 신호를 초음파 신호로 변환하기 위해 압전 변환기 (piezoelectric transducer)를 활용하며, 배관에서의 초음파 전파 특성을 반영하여 새로운 신호 선정 알고리즘 및 결함 탐지 지표를 제안한다. 실제 배관을 활용한 실험을 통해 제안하는 기술의 성능 및 효과를 검증한다.

본 학위논문에서 제안하는 방법은 케이블 및 배관 구조물에 그치지 않고 다양한 기반시설로 확장이 가능하다. 기반시설의 특성을 분석하여 진단 신호가 전파되기 쉬운 형태를 찾아야하며, 그에 따른 신호 선정 및 인가 방법에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 또한, 기반시설의 전파특성에 특화된 신호분석 및 특징추출을 통해 진단 정확도 향상이 가능하다. 본 학위논문에서 제안하는 진단 기술의 확장 방법론이 기반시설 진단 방법 간의 융합 및 확장과 인공지능 기반의 자동화 진단에 기여하기를 기대한다.

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: edit@theieie.org

>>2022년 6월

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06. 01. - 06. 03.	2021 Joint Conference - 11th International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting & 17th International Symposium on the Science and Technology of Lighting (EEDAL/LS:17)	Toulouse, France	https://eedal-ls21.sciencesconf.org/
06. 01. - 06. 04.	2022 22nd International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA)	Burgas, Bulgaria	https://siela.tu-sofia.bg/
06. 01. - 06. 03.	2022 29th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)	Sofia, Bulgaria	http://iwSSIP.bg/
06. 01. - 06. 03.	2022 16th International Conference on Stability and Oscillations of Nonlinear Control Systems (Pyatnitskiy's Conference) (STAB)	Moscow, Russia	https://stab22.ipu.ru/en/about
06. 01. - 06. 03.	2022 IEEE 31st International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)	Anchorage, Alaska, USA	https://www.ieee-isie2022.org/
06. 02. - 06. 04.	2021 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA)	Varna, Bulgaria	http://biaconf.tu-varna.bg/index.php
06. 05. - 06. 08.	2022 IEEE Wireless Antenna and Microwave Symposium (WAMS)	Rourkela, India	http://www.wams.co.in/
06. 06. - 06. 10.	2022 59th ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC)	San Francisco, California, USA	https://www.dac.com/
06. 06. - 06. 07.	2022 IEEE Women in Engineering International Leadership Conference (WIE ILC)	San Diego, California, USA	https://ieee-wie-ilc.org/
06. 06. - 06. 08.	2022 IEEE International Conference on Prognostics and Health Management (ICPHM)	Detroit (Romulus), Michigan, USA	http://www.phmconf.org/
06. 06. - 06. 09.	2022 23rd IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM)	Paphos, Cyprus	https://mdm2022.cs.ucy.ac.cy/
06. 06. - 06. 07.	2022 Engineering and Technology for Sustainable Architectural and Interior Design Environments (ETSAIDE)	Virtual Conference	https://ideic.gulfuniversity.org/committees/
06. 06. - 06. 10.	2022 IEEE 7th European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P)	Genoa, Italy	http://www.ieee-security.org/TC/EuroSP2022/
06. 06. - 06. 08.	2022 IEEE 23rd International Conference on High Performance Switching and Routing (HPSR)	Taichang, Jiangsu, China	https://hpsr2022.ieee-hpsr.org/
06. 06. - 06. 10.	2022 IEEE World AI IoT Congress (AllIoT)	Virtual Conference	https://worldaiotcongress.org/
06. 06. - 06. 10.	2022 IEEE Conference on Cognitive and Computational Aspects of Situation Management (CogSIMA)	Salerno, Italy	https://edas.info/web/cogsima2022/
06. 06. - 06. 07.	2022 10th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS)	Istanbul, Turkey	https://isdfs.org/
06. 06. - 06. 10.	2022 IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops (EuroS&PW)	Genoa, Italy	http://www.ieee-security.org/TC/EuroSP2022/index.html
06. 06. - 06. 10.	2022 19th International Summer School for Advanced Studies on Biometric Authentication: Continually Learning Biometrics (SSB)	Virtual Conference	http://biometrics.uniss.it/
06. 06. - 06. 09.	2022 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom)	Sofia, Bulgaria	https://blackseacom2022.ieee-blackseacom.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06. 07. - 06. 09.	2022 IEEE International Workshop Technical Committee on Communications Quality and Reliability (CQR)	Washington, District of Columbia, USA	https://cqr2022.ieee-cqr.org/
06. 07. - 06. 09.	2022 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4.0&IoT)	Trento, Italy	https://www.metroind40iot.org/
06. 07. - 06.10.	2022 12th International Conference on Pattern Recognition Systems (ICPRS)	Saint-Etienne, France	http://s836450039.websitehome.co.uk/icprs22/
06. 07. - 06. 09.	2022 International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS)	Tampere, Finland	https://events.tuni.fi/icl-gnss2022/
06. 07. - 06. 11.	2022 11th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)	Budva, Montenegro	https://mecocoference.me/
06. 08. - 06. 10.	2022 American Control Conference (ACC)	Atlanta, Georgia, USA	https://acc2022.a2c2.org/
06. 08. - 06. 10.	2022 22nd International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE)	Kouty nad Desnou, Czech Republic	http://www.epe-conference.eu/
06. 08. - 06. 10.	2022 11th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCAST)	Bremen, Germany	http://www.ids.uni-bremen.de/conf/mocast2022/index.html
06. 09. - 06. 11.	2022 6th International Conference on Robotics and Automation Sciences (ICRAS)	Wuhan, China	http://www.icras.org/
06. 09. - 06. 11.	2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)	Ruzomberok, Slovakia	http://acit.wunu.edu.ua/
06. 09. - 06. 11.	2022 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT)	Moscow, Russia	https://mwent.hse.ru/en/
06. 09. - 06. 11.	2022 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)	Ankara, Turkey	http://www.horacongress.com/
06. 10. - 06. 12.	2022 IEEE/ACM 30th International Symposium on Quality of Service (IWQoS)	Virtual Conference	https://iwqos2022.ieee-iwqos.org/
06. 11. - 06. 15.	2022 ACM/IEEE 49th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA)	New York, New York, USA	https://iscaconf.org/isca2022/
06. 12. - 06. 16.	2022 IEEE IAS Pulp and Paper Industry Conference (PPIC)	Niagara Falls, Ontario, Canada	https://www.pulpaper.org/
06. 12. - 06. 16.	2022 17th Conference on Ph.D Research in Microelectronics and Electronics (PRIME)	Villasimius, SU, Italy	http://prime-conference.org/
06. 13. - 06. 15.	2022 IEEE 4th International Conference on Artificial Intelligence Circuits and Systems (AICAS)	Incheon, Korea (South)	https://aicas2022.org/
06. 13. - 06. 15.	2022 26th International Conference Electronics	Palanga, Lithuania	http://electronicsconf.ktu.edu/index.php/elc
06. 13. - 06. 16.	2022 IFIP Networking Conference (IFIP Networking)	Catania, Italy	http://networking.ifip.org/2022/
06. 14. - 06. 16.	2022 IEEE 21st Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON)	Palermo, Italy	https://melecon2022.org/
06. 14. - 06. 17.	2022 IEEE 23rd International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)	Belfast, United Kingdom	https://computing.ulster.ac.uk/WoWMoM2022/
06. 15. - 06. 17.	2022 IEEE 9th International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA)	Chemnitz, Germany	https://civemsa2022.ieee-ims.org/
06. 15. - 06. 17.	2022 IEEE/AIAA Transportation Electrification Conference and Electric Aircraft Technologies Symposium (ITEC+EATS)	Anaheim, California, USA	https://itec-conf.com/
06. 16. - 06. 18.	2022 57th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST)	Ohrid, Macedonia	https://icestconf.org/
06. 16. - 06. 18.	2022 14th International Conference on Communications (COMM)	Bucharest, Romania	https://www.comms.ro/
06. 24. - 06. 06.	2022 III International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies (NeuroNT)	Virtual Conference	https://etu.ru/en/university/conferences/iii-international-conference-on-neural-networks-and-neurotechnologies-neuront2022
06. 17. - 06. 19.	2022 IEEE 10th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC)	Chongqing, China	http://www.itaic.org/
06. 17. - 06. 19.	2022 IEEE World Conference on Applied Intelligence and Computing (AIC)	Virtual Conference	https://www.aic2022.scrs.in/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06. 17. - 06. 19.	2022 IEEE 15th Dallas Circuit And System Conference (DCAS)	Dallas, Texas, USA	http://www.dcas2021.com/index.html
06. 18. - 06. 24.	2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)	New Orleans, Louisiana, USA	https://cvpr2022.thecvf.com/
06. 19. - 06. 24.	2022 IEEE/MTTS International Microwave Symposium - IMS 2022	Denver, Colorado, USA	https://ims-ieee.org/
06. 19. - 06. 24.	2022 20th International Forum on MPSoC for Software-Defined Hardware (MPSoC)	Megève, France	http://mpsoc-forum.org/
06. 19. - 06. 22.	2022 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC)	Knoxville, Tennessee, USA	https://ieee-eic.org/
06. 19. - 06. 22.	2022 20th IEEE Interregional NEWCAS Conference (NEWCAS)	Quebec City, Quebec, Canada	https://newcas2022.org/
06. 19. - 06. 22.	2022 IEEE 94th Vehicular Technology Conference (VTC2022-Spring)	Virtual Conference	https://events.vtsociety.org/vtc2022-spring/
06. 19. - 06. 21.	2022 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium (RFIC)	Denver, Colorado, USA	https://rfic-ieee.org/
06. 20. - 06. 24.	2022 International Conference Laser Optics (ICLO)	Saint Petersburg, Russia	https://www.laseroptics.ru/
06. 20. - 06. 23.	2022 IEEE 23rd Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL)	Tel Aviv, Israel	https://www.compel2022.org/
06. 21. - 06. 24.	2022 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)	Dubrovnik, Croatia	http://www.uasconferences.com/2022_icuas/
06. 22. - 06. 24.	2022 7th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)	Coimbatore, India	http://icoecs.org/2022/
06. 22. - 06. 24.	2022 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)	Messina, Italy	https://memea2022.ieee-ims.org/
06. 22. - 06. 23.	2022 9th Swiss Conference on Data Science (SDS)	Lucerne, Switzerland	https://www.sds2022.ch/
06. 22. - 06. 24.	2022 IEEE Conference on Dependable and Secure Computing (DSC)	Edinburgh, United Kingdom	https://attend.ieee.org/dsc-2022/
06. 22. - 06. 24.	2022 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)	Sorrento, Italy	http://www.speedam.org/
06. 24. - 06. 26.	2022 99th ARFTG Microwave Measurement Conference (ARFTG)	Denver, Colorado, USA	https://www.arftg.org/
06. 24. - 06. 26.	2022 International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)	Hubli, India	http://inconf.in/
06. 24. - 06. 26.	2022 7th International Conference on Computational Intelligence and Applications (ICCIA)	Nanjing, China	http://www.iccia.org/
06. 24. - 06. 26.	2022 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications (ICAICA)	Dalian, China	http://www.icaica.org/
06. 25. - 06. 25.	2022 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)	Shah Alam, Malaysia	https://sites.google.com/view/i2cacis/home
06. 25. - 06. 27.	2022 IEEE 9th International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud)/2022 IEEE 8th International Conference on Edge Computing and Scalable Cloud (EdgeCom)	Xi'an, China	http://www.cloud-conf.net/cscloud/2022/cscloud/index.html
06. 26. - 06. 29.	2022 IEEE 14th Image, Video, and Multidimensional Signal Processing Workshop (IVMSP)	Nafplio, Greece	https://2022.ivmsp.org/
06. 26. - 06. 28.	2022 IEEE/ACIS 22nd International Conference on Computer and Information Science (ICIS)	Zhuhai, China	http://acisinternational.org/conferences/icis-2022/
06. 27. - 06. 30.	2022 IEEE International Interconnect Technology Conference (IITC)	San Jose, California, USA	https://iitc-conference.org/
06. 27. - 06. 29.	2022 IEEE 9th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace)	Pisa, Italy	https://www.metroaerospace.org/
06. 27. - 06. 27.	2022 IEEE 8th International Conference on Network Softwarization (NetSoft)	Milan, Italy	https://netsoft2022.ieee-netsoft.org/
06. 27. - 06. 30.	2022 IEEE International Symposium on Hardware Oriented Security and Trust (HOST)	McLean, Virginia, USA	http://www.hostsymposium.org/
06. 27. - 07. 01.	2022 IEEE 46th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)	Turin, Italy	https://ieeecompsac.computer.org/2022/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06. 28. - 07. 01.	2022 30th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)	Vouliagmeni, Greece	https://www.med-control.org/med2022/
06. 29. - 07. 01.	2022 Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (XV Technologies Applied to Electronics Teaching Conference) (TAE)	Teruel, Spain	https://congresotae.es/
06. 29. - 07. 01.	2022 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)	Arkhangelsk, Russia	http://media-publisher.ru/en/about-synchroinfo-2022/
06. 29. - 07. 01.	2022 31st Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEIE)	Coimbra, Portugal	https://eaeie.isec.pt/
06. 30. - 07. 02.	2022 8th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE)	Ruse, Bulgaria	http://eeae-conf.uni-ruse.bg/
06. 30. - 07. 01.	2022 14th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)	Ploiesti, Romania	https://ecai.ro/

>>2022년 7월

07.01	2022 International Young Engineers Forum (YEF-ECE)	Caparica / Lisbon, Portugal	http://sites.uninova.pt/yef-ece
07. 01. - 07. 03.	2022 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP)	Mumbai, India	https://www.ieeebombay.org/tensymp2022/
07. 01. - 07. 03.	2022 IEEE Students Conference on Engineering and Systems (SCES)	Virtual	http://www.mnnit.ac.in/sces2022/index.php
07. 01. - 07. 04.	2022 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)	Virtual	https://iscc2022.unipi.gr/
07. 01. - 07. 04.	2022 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)	Bucharest, Romania	https://tc.computer.org/tclt/icalt-2022/
07. 03. - 07. 07.	2022 IEEE European School of Information Theory (ESIT)	Vienna, Austria	https://www.itsoc.org/event/2022-ieee-european-school-information-theory-esit
07. 03. - 07. 07.	2022 27th OptoElectronics and Communications Conference (OECC) and 2022 International Conference on Photonics in Switching and Computing (PSC)	Toyama, Japan	https://www.oecpc2022.org/index.html
07. 04. - 07. 06.	2022 IEEE International Workshop on Metrology for Automotive (MetroAutomotive)	Modena, Italy	https://www.metroautomotive.org/
07. 04. - 07. 06.	2022 IEEE 23rd International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communication (SPAWC)	Oulu, Finland	https://spawc2020.netlify.app/
07. 04. - 07. 08.	2022 IEEE 22nd International Conference on Nanotechnology (NANO)	Palma de Mallorca, Spain	https://2022.ieeenano.org/
07. 04. - 07. 06.	2022 IEEE Latin American Electron Devices Conference (LAEDC)	Virtual	https://attend.ieee.org/laedc-2022/
07. 04. - 07. 08.	2022 1st International Conference on Sustainable Technology for Power and Energy Systems (STPES)	SRINAGAR, India	https://nitsrinagar.yawun.com/
07. 04. - 07. 06.	2022 Fifth International Workshop on Mobile Terahertz Systems (IWMTS)	Duisburg, Germany	http://www.iwmts.org/
07. 05. - 07. 08.	2022 Wireless Power Week (WPW)	Bordeaux, France	https://www.wpw2022.org/
07. 05. - 07. 08.	2022 29th International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD)	Kyoto, Japan	http://www.amfpd.jp/
07. 05. - 07. 08.	2022 7th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)	Split / Bol, Croatia	https://2022.splitech.org/
07. 05. - 07. 08.	2022 Thirteenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)	Barcelona, Spain	http://icufn.org/
07. 05. - 07. 08.	2022 37th International Technical Conference on Circuits/ Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC)	Phuket, Thailand	https://www.itc-cscc2022.org/
07. 06. - 07. 08.	2022 1st International Conference on 6G Networking (6GNet)	Paris, France	https://6g-conference.dnac.org/
07. 06. - 07. 09.	2022 IEEE 10th Jubilee International Conference on Computational Cybernetics and Cyber-Medical Systems (ICCC 2022)	Reykjavik, Iceland	http://conf.uni-obuda.hu/icc2022/
07. 08. - 07. 10.	2022 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT)	Virtual	http://ieee-conecct.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07. 10. - 07. 16.	2022 IEEE World Congress on Services (SERVICES)	Barcelona, Spain	https://conferences.computer.org/services/2022/
07. 11. - 07. 15.	2022 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)	Taipei, Taiwan	http://2022.ieeeicme.org/index.html
07. 11. - 07. 12.	2022 IEEE International Symposium on Local and Metropolitan Area Networks (LANMAN)	Virtual	https://lanman2022.ieee-lanman.org/
07. 11. - 07. 15.	2022 IEEE International Conference on Signal Processing and Communications (SPCOM)	Bangalore, India	https://ece.iisc.ac.in/~spcom/2022/index.html
07. 12. - 07. 14.	2022 IEEE BTS Pulse - 3rd Quarter (BTS PULSE - 3rd Quarter)	Virtual	https://bts.ieee.org/pulse.html
07. 12. - 07. 14.	2022 International Conference on Broadband Communications for Next Generation Networks and Multimedia Applications (CoBCom)	Graz, Austria	https://www.tugraz.at/en/institutes/ihf/news/conferences/
07. 13. - 07. 15.	2022 45th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)	Virtual	https://tsp.vutbr.cz/
07. 13. - 07. 15.	2022 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS)	Athens, Greece	http://atc.udg.edu/CITS2022/
07. 15. - 07. 17.	2022 IEEE 12th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication (ICEIEC)	Virtual	http://www.iceiec.org/
07. 15. - 07. 17.	2022 IEEE India Council International Subsections Conference (INDISCON)	Bhubaneswar, India	https://site.ieee.org/indiacouncil/about-indiscon/
07. 18. - 07. 20.	2022 IEEE Workshop on Complexity in Engineering (COMPENG)	Florence, Italy	https://compeng2020.ieeesezioneitalia.it/
07. 18. - 07. 20.	2022 IEEE International Symposium on Measurements & Networking (M&N)	Padua, Italy	https://mn2022.ieee-ims.org/
07. 19. - 07. 22.	2022 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)	Shenzhen, China	https://www.isncc-conf.org/
07. 20. - 07. 22.	2022 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)	Nepal	http://icicts.com/2022/index.html
07. 20. - 07. 22.	2022 13th International Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP)	Porto, Portugal	https://csndsp2022.av.it.pt/
07. 20. - 07. 22.	2022 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)	Prague, Czech Republic	http://www.icecet.com/
07. 21. - 07. 23.	2022 IEEE 35th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)	Shenzen, China	http://2022.cbms-conference.org/
07. 22. - 07. 24.	2022 IEEE 5th International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII)	Hualien, Taiwan	http://www.ickii.org/
07. 23.	2022 IEEE 13th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)	Shah Alam, Malaysia	https://sites.google.com/view/icsgrc/home
07. 25. - 07. 28.	2022 International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN)	Honolulu, Hawaii, USA	http://www.iccn.org/iccn22/
07. 25. - 07. 27.	2022 IEEE International Conference on Cyber Security and Resilience (CSR)	Virtual	https://www.ieee-csr.org/
07. 26. - 07. 28.	2022 4th International Conference on Smart Sensors and Application (ICSSA)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://razak.utm.my/icssa2022/
07. 27. - 07. 28.	2022 1st International Conference on Information System & Information Technology (ICISIT)	Virtual	http://icisit.org/
07. 27. - 07. 29.	2022 IEEE Ninth International Conference on Communications and Electronics (ICCE)	Nha Trang, Vietnam	https://ieee-icce.org/
07. 28. - 07. 30.	2022 IEEE International Conference on Industry 4.0, Artificial Intelligence, and Communications Technology (IAICT)	Virtual	http://iaict.org/
07. 29. - 07. 31.	2022 Second International Conference on Next Generation Intelligent Systems (ICNGIS)	Virtual	http://www.rit.ac.in/icngis2022/
07. 29. - 07. 30.	2022 6th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD)	Nha Trang City, Vietnam	https://gtsd2022.hcmute.edu.vn/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07. 29. - 07. 30.	2022 IEEE International Conference on Data Science and Information System (ICDSIS)	Virtual	https://www.icdsis.in/index.php

>>2022년 8월

08. 01. - 08. 03.	2022 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)	Sundsvall, Sweden	https://2022.sensorapps.org/
08. 01. - 08. 03.	2022 IEEE International Conference on Omni-layer Intelligent Systems (COINS)	Barcelona, Spain	https://coinsconf.com/
08. 01. - 08. 05.	2022 IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP)	Pasadena, California, USA	https://iccp2022.iccp-conference.org/
08. 01. - 08. 03.	2022 IEEE/ACM International Symposium on Low Power Electronics and Design (ISLPED)	Boston, Massachusetts, USA	http://www.islped.org/2022/
08. 01. - 08. 05.	2022 IEEE-NPSS Real Time Conference (RT)	Event Format: Virtual	https://indico.cern.ch/event/1109460/
08. 02. - 08. 04.	2022 IEEE 5th International Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (MIPR)	Event Format: Virtual	http://www.ieee-mipr.org/
08. 02. - 08. 03.	2022 10th International Conference on Information and Communication Technology (ICICT)	Event Format: Virtual	https://www.icoict.org/
08. 04. - 08. 06.	2022 IEEE/ACIS 7th International Conference on Big Data, Cloud Computing, and Data Science (BCD)	Danang, Vietnam	http://acisinternational.org/conferences/bcd-2022/
08. 04. - 08. 06.	2022 IEEE 2nd International Conference on Sustainable Energy and Future Electric Transportation (SeFeT)	Hyderabad, India	http://www.sefet.griet.ac.in/
08. 04. - 08. 05.	2022 International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD)	Event Format: Virtual	http://icabcd.org/2022/
08. 05. - 08. 07.	2022 IEEE International Conference on Sensing, Diagnostics, Prognostics, and Control (SDPC)	Chongqing, China	http://www.sdpccconf.org/
08. 07. - 08. 11.	2022 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)	Portland, Oregon, USA	https://www.picmet.org/main/
08. 07. - 08. 10.	2022 IEEE 65th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)	Fukuoka, Japan	https://mwscas2022.org/
08. 07. - 08. 10.	2022 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)	Guilin, Guangxi, China	http://2022.ieee-icma.org/
08. 07. - 08. 10.	2022 IEEE 35th Computer Security Foundations Symposium (CSF)	Haifa, Israel	https://www.ieee-security.org/TC/CSF2022/
08. 08. - 08. 10.	2022 IEEE 9th International Conference on Photonics (ICP)	Kuala Lumpur, Malaysia	http://icp2022.photonicsociety.org.my/
08. 09. - 08. 11.	2022 IEEE 23rd International Conference on Information Reuse and Integration for Data Science (IRI)	Event Format: Virtual	https://homepages.uc.edu/~niunn/IRI22/
08. 09. - 08. 11.	2022 International Electronics Symposium (IES)	Surabaya, Indonesia	https://ies.pens.ac.id/2022/
08. 10. - 08. 12.	2022 IEEE 10th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)	Sydney, Australia	https://www.segah.org/2022/
08. 11. - 08. 12.	2022 31st Wireless and Optical Communications Conference (WOCC)	Shenzhen, China	https://wocc.org/
08. 11. - 08. 13.	2022 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC)	Sanshui, Foshan, China	https://iccc2022.ieee-iccc.org/
08. 11. - 08. 13.	2022 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC Workshops)	Sanshui, Foshan, China	https://iccc2022.ieee-iccc.org/
08. 11. - 08. 12.	2022 Third International Conference on Intelligent Computing Instrumentation and Control Technologies (ICICT)	Kannur, India	https://vjaei.com/
08. 11. - 08. 13.	2022 IEEE XXIX International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)	Lima, Peru	https://www.intercon.org.pe/2022/
08. 12. - 08. 13.	2022 1st International Conference on Sustainable Energy and Intelligent Engineering (SEIE)	Nishihara, Japan	https://seie.jp/
08. 12. - 08. 14.	2022 10th International Conference on Traffic and Logistic Engineering (ICTLE)	Macao, China	http://www.ictle.org/index.html

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
08. 15. - 08. 19.	2022 IEEE 30th International Requirements Engineering Conference (RE)	Event Format: Virtual	https://conf.researchr.org/home/RE-2022
08. 15. - 08. 20.	2022 IEEE North American School of Information Theory (NASIT)	Los Angeles, California, USA	https://www.itsoc.org/conferences/schools/NASIT2022
08. 15. - 08. 17.	2022 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics (ICSE)	Event Format: Virtual	https://ieeemalaysia-eds.org/icse2022/
08. 16. - 08. 20.	2022 19th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology (IBCAST)	Islamabad, Pakistan	https://www.ibcast.org.pk/
08. 17. - 08. 19.	2022 3rd International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)	Coimbatore, India	http://icesc.co.in/2022/
08. 17. - 08. 18.	2022 IEEE Symposium on Wireless Technology & Applications (ISWTA)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://www.iswta.asia/
08. 17. - 08. 19.	2022 IEEE Symposium on High-Performance Interconnects (HOTI)	Event Format: Virtual	http://hoti.org/
08. 19. - 08. 21.	2022 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT)	Suzhou, China	https://www.ieee-smartiot.org/
08. 19. - 08. 21.	2022 IEEE 5th International Conference on Computer and Communication Engineering Technology (CCET)	Beijing, China	http://www.ccet.org/
08. 20. - 08. 21.	2022 14th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC)	Hangzhou, China	http://ihmsc.zju.edu.cn/
08. 20. - 08. 21.	2022 IEEE International Conference on Advances in Electrical Engineering and Computer Applications (AEECA)	Event Format: Virtual	http://www.aeeca.com/
08. 21. - 08. 24.	2022 IEEE Conference on Games (CoG)	Beijing, China	https://ieee-cog.org/
08. 21. - 08. 24.	2022 9th IEEE RAS/EMBS International Conference for Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob)	Seoul, Korea (South)	http://biorob2022.org/
08. 22. - 08. 26.	2022 IEEE PES/IAS PowerAfrica	Kigali, Rwanda	https://ieee-powerafrica.org/
08. 22. - 08. 25.	2022 26th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)	Międzyzdroje, Poland	http://mmar.edu.pl/
08. 22. - 08. 26.	2022 35th SBC/SBMicro/IEEE/ACM Symposium on Integrated Circuits and Systems Design (SBCCI)	Event Format: Virtual	https://www.ufrgs.br/chip-in-the-minuano/
08. 22. - 08. 26.	2022 6th International Symposium on Instrumentation Systems, Circuits and Transducers (INSCIT)	Event Format: Virtual	https://www.ufrgs.br/chip-in-the-minuano/inscit2022/
08. 22. - 08. 25.	2022 IEEE International Conferences on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing & Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical & Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) and IEEE Congress on Cybermatics (Cybermatics)	Event Format: Virtual	http://ieee-cybermatics.org/2022/cybermatics/
08. 22. - 08. 25.	2022 IEEE 32nd International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP)	Xi'an, China	https://2022.ieeemlsp.org/
08. 22. - 08. 25.	2022 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain)	Event Format: Virtual	http://www.blockchain-ieee.org/
08. 22. - 08. 25.	2022 IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPS)	Newark, California, USA	https://ieeedapps.net/
08. 22. - 08. 25.	2022 IEEE International Conference On Artificial Intelligence Testing (AITest)	Newark, California, USA	http://ieeetests.com/
08. 22. - 08. 25.	2022 IEEE Eight International Conference on Big Data Computing Service and Applications (BigDataService)	Newark, California, USA	http://big-dataservice.net/
08. 22. - 08. 25.	2022 10th IEEE International Conference on Mobile Cloud Computing, Services, and Engineering (MobileCloud)	San Francisco, California, USA	http://mobile-cloud.net/
08. 23. - 08. 25.	2022 11th Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)	Event Format: Virtual	https://ecccis.ub.ac.id/2022/
08. 23. - 08. 25.	2022 IEEE Conference on Control Technology and Applications (CCTA)	Trieste, Italy	https://ccta2022.ieeecss.org/
08. 24. - 08. 26.	2022 IEEE International Workshop on Integrated Power Packaging (IWIPP)	Aalborg, Denmark	http://iwipp.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
08. 24. - 08. 26.	2022 IEEE 7th Forum on Research and Technologies for Society and Industry Innovation (RTSI)	Paris, France	https://ieeefrance.org/rtsi2022/
08. 25. - 08. 27.	2022 Power System and Green Energy Conference (PSGEC)	Shanghai, China	https://www.psgec.org/
08. 25. - 08. 27.	2022 International Conference on Emerging Techniques in Computational Intelligence (ICETCI)	Hyderabad, India	https://www.ietcint.com/
08. 26. - 08. 29.	2022 IEEE 9th International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications (MAPE)	Chengdu, China	http://www.ieee-mape.org/index.html
08. 26. - 08. 27.	2022 6th International Conference On Computing, Communication, Control And Automation (ICCUBEA)	Pune, India	http://iccubea.pccoepune.com/index.php
08. 26. - 08. 27.	2022 IEEE 12th International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)	Penang, Malaysia	http://acsccg.com/iccscce/2022/
08. 26. - 08. 28.	2022 2nd Asian Conference on Innovation in Technology (ASIANCON)	Ravet, India	http://asiancon.org/
08. 29. - 08. 31.	2022 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology (RFIT)	Busan, Korea (South)	http://rfit2022.org/
08. 29. - 09. 01.	2022 IEEE AUTOTESTCON	National Harbor, Maryland, USA	https://2022.autotestcon.com/
08. 29. - 08. 31.	2022 7th International Conference on Electric Vehicular Technology (ICEVT)	Event Format: Virtual	http://icevt.org/
08. 29. - 09.02.	2022 57th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)	Istanbul, Turkey	https://upec2022.khas.edu.tr/
08. 31. - 09.02.	2022 International Conference on Connected Systems & Intelligence (CSI)	Trivandrum, India	http://connected-systems.org/

>>2022년 9월

09. 01. - 09. 03	2022 27th International Conference on Automation and Computing (ICAC)	Bristol, United Kingdom	http://www.cacsuk.co.uk/index.php/conferences
09. 01. - 09. 02	2022 3rd International Conference on Big Data Analytics and Practices (IBDAP)	Bangkok, Thailand	http://ibdap.org/
09. 04. - 09. 10	2022 International Russian Automation Conference (RusAutoCon)	Sochi, Russia	https://rusautocon.org/index-eng.html
09. 04. - 09. 07	2022 17th Conference on Computer Science and Intelligence Systems (FedCSIS)	Sofia, Bulgaria	https://fedcsis.org/
09. 05. - 09. 08	2022 International Symposium on Electromagnetic Compatibility – EMC Europe	Gothenburg, Sweden	https://www.emceurope2022.org/
09. 05. - 09. 08	2022 International Workshop on Acoustic Signal Enhancement (IWAENC)	Bamberg, Germany	https://iwaenc2022.org/
09. 05. - 09. 07	2022 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST)	Eindhoven, Netherlands	https://sest2022.org/
09. 05. - 09. 08	2022 IEEE 12th International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)	Beijing, China	http://www.ipin-conference.org/2022/
09. 05. - 09. 09	2022 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA)	Cape Town, South Africa	https://www.iceaa-offshore.org/j3/
09. 05. - 09. 09	2022 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)	Cape Town, South Africa	https://www.iceaa-offshore.org/j3/
09. 05. - 09. 08	2022 International Conference on Electrical Machines (ICEM)	Valencia, Spain	https://www.icem.cc/2022/
09. 05. - 09. 08	2022 IEEE International Mediterranean Conference on Communications and Networking (MeditCom)	Athens, Greece	https://meditcom2022.ieee-meditcom.org/
09. 05. - 09. 08	2022 IEEE 35th International System-on-Chip Conference (SOCC)	Belfast, United Kingdom	https://www.ieee-socc.org/
09. 05. - 09. 07	2022 Fourth International Conference on Blockchain Computing and Applications (BCCA)	San Antonio, Texas, USA	http://intelligenttech.org/BCCA2022/index.php
09. 05. - 09. 07	2022 International Conference on Intelligent Data Science Technologies and Applications (IDSTA)	San Antonio, Texas, USA	http://intelligenttech.org/IDSTA2022/index.php

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
09. 05. - 09. 07	2022 14th International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)	Lippstadt, Germany	http://qomex2022.itec.aau.at/
09. 06. - 09. 09	2022 IEEE 27th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)	Stuttgart, Germany	https://2022.ieee-etfa.org/
09. 06. - 09. 08	2022 International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering (Dignostika)	Pilsen, Czech Republic	https://www.dignostika.zcu.cz/
09. 06. - 09. 08	2022 International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices (SISPAD)	Granada, Spain	https://congresos.ugr.es/sispad2022/
09. 06. - 09. 09	2022 IEEE 7th Optoelectronics Global Conference (OGC)	Shenzhen, China	http://www.ipsogc.org/
09. 06. - 09. 07	2022 International Conference on Applied Electronics (AE)	Pilsen, Czech Republic	https://www.appel.zcu.cz/
09. 07. - 09. 09	2022 IEEE International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST)	Valeř u Hrotovic, Czech Republic	https://site.ieee.org/iccst/2020-postponed-for-2021/
09. 07. - 09. 11	2022 XXXII International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA)	Sozopol, Bulgaria	http://www.metrology-bg.org/
09. 07. - 09. 09	2022 7th International Conference on Frontiers of Signal Processing (ICFSP)	Paris, France	http://www.icfsp.org/index.html
09. 07. - 09. 08	2022 Iraqi International Conference on Communication and Information Technologies (IICCIT)	Basrah, Iraq	http://iccit2022.com/
09. 07. - 09. 09	2022 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON)	San Juan, Argentina	https://attend.ieee.org/argencon-2022/
09. 07. - 09. 09	2022 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU)	Antalya, Turkey	http://asyu.inista.org/?language=EN
09. 08. - 09. 11	2022 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)	Santa Clara, California, USA	https://ieeeghtc.org/
09. 09. - 09. 10	2022 IEEE International Conference on Public Key Infrastructure and its Applications (PKIA)	Bangalore, India	https://pkiindia.in/pkia/
09. 11. - 09. 14	2022 10th European Workshop on Visual Information Processing (EUVIP)	Lisbon, Portugal	https://euvip2022.org/
09. 11. - 09. 15	2022 21st International Conference on Intelligent System Applications to Power Systems (ISAP)	Istanbul, Turkey	http://www.isap-power.org/2022/
09. 11. - 09. 16	2022 IEEE 12th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP)	Krakow, Poland	https://ieeenap.org/
09. 11. - 09. 14	2022 Cybernetics & Informatics (K&I)	Visegrád, Hungary	http://ki2022.sski.sk/
09. 11. - 09. 13	2022 1st International Conference on Logistics (ICL)	Jeddah, Saudi Arabia	https://computing.uj.edu.sa/Pages-International-Conference-on-Logistics.aspx
09. 12. - 09. 15	2022 IEEE International Conference on Development and Learning (ICDL)	London, United Kingdom	https://icdl2022.qmul.ac.uk/
09. 12. - 09. 14	2022 IEEE Research and Applications of Photonics in Defense Conference (RAPID)	Miramar Beach, Florida, USA	https://ieee-rapid.org/
09. 12. - 09. 15	2022 IEEE 33rd Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)	Event Format: Virtual	https://pimrc2022.ieee-pimrc.org/
09. 12. - 09. 14	2022 IEEE 12th International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA)	Cagliari, Italy	https://2022.ieee-rfid-ta.org/
09. 12. - 09. 14	2022 IEEE 29th Symposium on Computer Arithmetic (ARITH)	Event Format: Virtual	https://arith2022.arithsymposium.org/
09. 12. - 09. 17	2022 Sixteenth International Congress on Artificial Materials for Novel Wave Phenomena (Metamaterials)	Siena, Italy	https://congress.metamorphose-vi.org/
09. 12. - 09. 13	2022 ACM/IEEE 4th Workshop on Machine Learning for CAD (MLCAD)	Utah, USA	https://mlcad.itec.kit.edu/
09. 12. - 09. 15	2022 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PICom/CBDCCom/CyberSciTech)	Falerna, Italy	http://cyber-science.org/2022/
09. 12. - 09. 14	2022 23rd International Radar Symposium (IRS)	Gdansk, Poland	https://mrw2022.org/irs/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
09. 12.- 09. 14	2022 24th International Microwave and Radar Conference (MIKON)	Gdansk, Poland	https://mrw2022.org/mikon/
09. 12.- 09. 16	2022 International Conference on Numerical Simulation of Optoelectronic Devices (NUSOD)	Event Format: Virtual	https://www.nusod.org/2022/
09. 12.- 09. 14	2022 International Symposium ELMAR	Zadar, Croatia	https://www.elmar-zadar.org/2022/
09. 13.- 09. 14	2022 Sensor Signal Processing for Defence Conference (SSPD)	London, United Kingdom	https://sspd.eng.ed.ac.uk/
09. 13.- 09. 15	2022 18th International Conference on the European Energy Market (EEM)	Ljubljana, Slovenia	https://www.eem22.eu/
09. 13.- 09. 15	2022 IEEE International Conference on Artificial Intelligence in Engineering and Technology (IICAET)	Kota Kinabalu, Malaysia	http://iicaet.ieeesabah.org/
09. 13.- 09. 15	2022 IEEE International Workshop Technical Committee on Communications Quality and Reliability (CQR)	Washington, District of Columbia, USA	https://cqr2022.ieee-cqr.org/
09. 13.- 09. 16	2022 IEEE 9th Electronics System-Integration Technology Conference (ESTC)	Sibiu, Romania	https://www.estc-conference.net/home
09. 13.- 09. 15	2022 XXXI International Scientific Conference Electronics (ET)	Sozopol, Bulgaria	http://e-university.tu-sofia.bg/e-conf/?konf=24
09. 13.- 09. 16	2022 12th Workshop on Hyperspectral Imaging and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing (WHISPERS)	Rome, Italy	https://www.ieee-whispers.com/
09. 14.- 09. 16	2022 International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG)	Darmstadt, Germany	https://biosig.de/
09. 14.- 09. 16	2022 V Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil (AmITIC)	San Jose, Costa Rica	https://redamitic.utp.ac.pa/amitic2022/
09. 14.- 09. 16	2022 7th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)	Diyarbakir, Turkey	https://ubmk.itu.edu.tr/en/
09. 14.- 09. 16	2022 Forum on Specification & Design Languages (FDL)	Linz, Austria	https://fdl-conference.com/
09. 15.- 09. 16	2022 International Conference on Information Technologies (InfoTech)	Event Format: Virtual	http://infotech-bg.com/
09. 16.- 09. 18	2022 IEEE 10th Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)	Hyderabad, India	https://r10htc2022.org/
09. 16.- 09. 18	2022 IEEE International Conference on Blockchain and Distributed Systems Security (ICBDS)	Pune, India	https://www.icbds.in/
09. 16.- 09. 18	2022 5th International Conference on Information Communication and Signal Processing (ICICSP)	Shenzhen, China	http://www.icisp.org/index.html
09. 16.- 09. 18	2022 International Conference on Artificial Intelligence and Computer Information Technology (AICIT)	Yichang, China	http://www.2022aicit.com/
09. 16.- 09. 18	2022 5th World Symposium on Communication Engineering (WSCE)	Nagoya, Japan	http://www.wsce.org/
09. 17.- 09. 18	2022 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic)	Event Format: Virtual	http://isemantic.dinus.ac.id/2022/
09. 18.- 09. 23	2022 44th Annual EOS/ESD Symposium (EOS/ESD)	Reno, Nevada, USA	https://www.esda.org/events/44th-annual-eosesd-symposium-and-exhibits
09. 18.- 09. 20	2022 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE)	Halifax, Nova Scotia, Canada	https://ccece2022.ieee.ca/
09. 18.- 09. 22	2022 European Conference on Optical Communication (ECOC)	Basel, Switzerland	https://www.ecoc.info/
09. 18.- 09. 22	2022 IEEE/AIAA 41st Digital Avionics Systems Conference (DASC)	Portsmouth, Virginia, USA	https://2022.dasconline.org/
09. 18.- 09. 21	2022 11th International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA)	Istanbul, Turkey	http://www.icrera.org/
09. 19.- 09. 21	2022 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles Symposium (AUV)	Singapore	https://www.auv2022.org/
09. 19.- 09. 21	2022 Fourth International Conference on Transdisciplinary AI (TransAI)	Laguna Hills, California, USA	https://www.transai.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
09. 19. - 09. 21	2022 5th International Conference on Artificial Intelligence for Industries (AI4I)	Laguna Hills, California, USA	https://www.ai4i.org/
09. 19. - 09. 21	2022 IEEE Fifth International Conference on Artificial Intelligence and Knowledge Engineering (AIKE)	Laguna Hills, California, USA	https://www.ieee-aike.org/
09. 19. - 09. 22	ESSDERC 2022 - IEEE 52nd European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC)	Milan, Italy	https://www.esscirc-essderc2022.org/
09. 19. - 09. 22	2022 IEEE Technology & Engineering Management Conference - Asia Pacific (TEMSCON-ASPAC)	Bangkok, Thailand	https://primary.temscn.org/wp-signup.php?new=2021.aspac.temscn.org
09. 19. - 09. 23	2022 IEEE High Performance Extreme Computing Conference (HPEC)	Event Format: Virtual	https://ieee-hpec.org/
09. 19. - 09. 21	2022 12th International Workshop on Resilient Networks Design and Modeling (RNDM)	Compiègne, France	http://www.rndm.pl/2022/
09. 19. - 09. 23	2022 20th International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad hoc, and Wireless Networks (WiOpt)	Torino, Italy	http://www.wi-opt.org/
09. 20. - 09. 23	2022 19th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON)	Event Format: Virtual	https://secon2022.ieee-secon.org/
09. 20. - 09. 22	2022 IEEE International Symposium on Product Compliance Engineering (ISPE)	San Diego, California, USA	https://2022.psessymposium.org/
09. 20. - 09. 22	2022 IEEE 9th International Conference on Power Electronics Systems and Applications (PESA)	Event Format: Virtual	http://perc.polyu.edu.hk/pesa2022.html
09. 21. - 09. 23	2022 Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA)	Event Format: Virtual	http://spaconference.org.pl/
09. 21. - 09. 23	2022 4th International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)	Coimbatore, India	http://icirca18.com/2022/
09. 21. - 09. 23	2022 13th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)	Event Format: Virtual	https://scitope.com/coginfocom22/
09. 21. - 09. 23	2022 International Conference on Dynamics and Vibroacoustics of Machines (DVM)	Samara, Russia	http://dvm2022.ssau.ru/
09. 21. - 09. 23	2022 International Conference on IC Design and Technology (ICIDT)	Hanoi, Vietnam	https://www.ipms.fraunhofer.de/en/icidt2021.html
09. 21. - 09. 22	2022 4th International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE)	Zakho, Iraq	https://web.uoz.edu.krd/events/155/2022-02-07/
09. 22. - 09. 23	2022 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)	Helsinki, Finland	https://conf.researchr.org/home/esem-2022
09. 22. - 09. 23	2022 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE)	Saratov, Russia	http://apede.sstu.ru/
09. 22. - 09. 24	2022 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)	Split, Croatia	http://softcom2022.fesb.unist.hr/
09. 22. - 09. 23	2022 IEEE Electric Vehicles International Symposium (EVIS)	Morelia, Mexico	http://www.ieee-evis.org/
09. 23. - 09. 25	2022 IEEE 5th International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)	New Delhi, India	http://www.gucon.org/
09. 23. - 09. 30	2022 IEEE International Test Conference (ITC)	Anaheim, California, USA	http://www.itctestweek.org/
09. 23. - 09. 25	2022 15th International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)	Hangzhou, China	http://www.icacte.org/
09. 23. - 09. 25	2022 IEEE 5th International Conference on Information Systems and Computer Aided Education (ICISCAE)	Event Format: Virtual	http://www.iciscaae.org/
09. 23. - 09. 25	2022 5th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (ICoIAS)	Dalian, China	http://www.icias.org/
09. 23. - 09. 25	2022 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon)	Magnitogorsk, Russia	http://uralcon.su-ieee.ru/index-eng.html
09. 23. - 09. 25	2022 5th International Conference on Intelligent Robotics and Control Engineering (IRCE)	Tianjin, China	http://www.irce.org/
09. 23. - 09. 25	2022 6th International Conference on Automation, Control and Robots (ICACR)	Shanghai, China	http://www.icacr.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
09. 23.- 09. 24	2022 International Conference on Industry 4.0 Technology (I4Tech)	Pune, India	https://www.vit.edu/I4Tech2022/
09. 23.- 09. 26	2022 7th International Conference on Power and Renewable Energy (ICPRE)	Shanghai, China	http://www.icpre.org/
09. 23.- 09. 24	2022 International Conference on Emerging Trends in Smart Technologies (ICETST)	Karachi, Pakistan	https://icetst.khi.nu.edu.pk/
09. 23.- 09. 26	2022 2nd International Conference on Intelligent Technology and Embedded Systems (ICITES)	Chengdu, China	http://www.icites.net/
09. 23.- 09. 25	2022 1st International Conference on Technology Innovation and Its Applications (ICTIIA)	Event Format: Virtual	https://ictia.uph.edu/
09. 23.- 09. 25	2022 International Conference on Healthcare Engineering (ICHE)	Event Format: Virtual	https://www.healthcare-engineering.net/wp-content/endurance-page-cache/_index.html
09. 23	2022 IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON Workshops)	Event Format: Virtual	https://secon2022.ieee-secon.org/
09. 25.- 09. 27	2022 4th International Conference on Robotics and Computer Vision (ICRCV)	Wuhan, China	http://www.icrcv.org/
09. 25.- 09. 29	2022 IEEE International Conference on High Voltage Engineering and Applications (ICHVE)	Chongqing, China	http://www.ichve2022.org/
09. 26.- 09. 27	2022 17th European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC)	Milan, Italy	https://www.eumweek.com/conferences/eumic.html
09. 26.- 09. 29	2022 IEEE IAS Petroleum and Chemical Industry Technical Conference (PCIC)	Denver, Colorado, USA	https://ieeepcic.com/
09. 26.- 10,1	2022 37th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE)	Ann Arbor, Michigan, USA	https://conf.researchr.org/home/ase-2022
09. 26.- 09. 27	2022 IEEE International Symposium on Secure and Private Execution Environment Design (SEED)	Event Format: Virtual	http://seed-symposium.org/
09. 26.- 09. 29	2022 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)	Pafos, Cyprus	https://attend.ieee.org/isc2-2022/
09. 26.- 09. 30	2022 IEEE International Conference on Cloud Engineering (IC2E)	California, USA	https://conferences.computer.org/IC2E/
09. 26.- 09. 28	2022 IEEE/ACM 26th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT)	Alès, France	http://ds-rt.com/2022/
09. 26.- 09. 29	2022 IEEE 47th Conference on Local Computer Networks (LCN)	Edmonton, Alberta, Canada	https://www.ieeelcn.org/index.html
09. 26.- 09. 28	2022 15th International Conference Management of large-scale system development (MLSD)	Event Format: Virtual	https://mlsd2022.ipu.ru/
09. 26.- 09. 28	2022 IEEE 24th International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP)	Event Format: Virtual	https://attend.ieee.org/mmssp-2022/
09. 26.- 09. 29	2022 IEEE 47th LCN Symposium on Emerging Topics in Networking (LCN Symposium)	Edmonton, Alberta, Canada	https://www.ieeelcn.org/index.html
09. 26.- 09. 27	2022 Conference on Sustainable Energy Supply and Energy Storage Systems (NEIS)	Hamburg, Germany	https://neis-conference.com/
09. 26.- 09. 28	2022 IEEE 8th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA)	Melaka, Malaysia	http://icsima.ieeemy-ims.org/22/
09. 27.- 09. 29	2022 52nd European Microwave Conference (EuMC)	Milan, Italy	https://www.eumweek.com/conferences/eumc.html
09. 27.- 09. 30	2022 21st International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT)	Xi'an, China	http://www.iscit2022.org.cn/
09. 27.- 09. 30	2022 4th Conference on Blockchain Research & Applications for Innovative Networks and Services (BRAINS)	Paris, France	https://brains.dnac.org/2022/
09. 27.- 09. 28	2022 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICELTICS)	Banda Aceh, Indonesia	https://iceltics.unsyiah.ac.id/
09. 27.- 09. 30	2022 IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)	Ioannina, Greece	http://bhi-bsn-2022.org/
09. 27.- 09. 30	2022 IEEE-EMBS International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)	Ioannina, Greece	http://bhi-bsn-2022.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
09. 28. - 09. 30	2022 19th European Radar Conference (EuRAD)	Milan, Italy	https://www.eumweek.com/conferences/eurad.html
09. 28. - 09. 30	2022 5th International Conference on Renewable Energy and Power Engineering (REPE)	Beijing, China	http://www.repe.net/index.html
09. 28. - 09. 30	2022 IEEE 12th International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS)	Cagliari, Italy	https://amps2022.ieee-ims.org/
09. 29. - 09. 30	2022 IEEE Learning with MOOCS (LWMOOCS)	Antigua Guatemala, Guatemala	https://lwmoocs-conference.org/
09. 29. - 09. 30	2022 XII International Conference on Virtual Campus (JICV)	Arequipa, Peru	http://www.uaajournals.com/jornadascampusvirtuales/en/
09. 30. - 10. 01	2022 International Conference on Theoretical and Applied Computer Science and Engineering (ICTASCE)	Ankara, Turkey	http://www.ictacse.com/index.php/en/

The Magazine of the IEIE

특별회원사 명단

회원사	대표자	주 소	전 화	홈페이지
(주)디비하이텍	최창식	경기도 부천시 수도로 90(도당동)	032-680-4700	www.dbhitek.com
(주)레티널	김재혁	경기도 안양시 동안구 부림로170번지 41-10, 4층	02-6959-7007	https://letinar.com
(주)마르시스	박용규	서울시 강남구 언주로 85길 7	02-3445-3999	http://www.marusys.com
(주)세미파이브	조명현	경기도 성남시 분당구 양현로 322, 코리아디자인센터 2층		http://www.semifive.com
(주)센서위드유	이윤식	울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 501-4호	052-912-4282	http://www.sensorwyou.com
(주)에스비솔루션	변영재	울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 401-3호	052-217-7343	http://www.sb-solutions.co.kr
(주)에어포인트	백승준	대전광역시 유성구 테크노2로 187, 204호(용산동, 미건테크노월드 2차)	042-484-5460	http://www.airpoint.co.kr
(주)와이솔	염상덕	경기도 오산시 가장로 531-7	070-7837-2730	http://www.wisol.co.kr
(주)웨이브피아	이상훈	경기도 화성시 동탄기흥로 557 금강펜테리움IT타워 1301호	031-8058-3384	http://www.wavepia.com
KT	구현모, 박종욱	경기도 성남시 분당구 정자동 206	031-727-0114	http://www.kt.com
LG이노텍(주)	정철동	서울시 강서구 마곡중앙10로 30	02-3777-1114	www.lginnotek.com
LG전자(주)	조주완, 배두용	서울시 영등포구 여의도동 30	02-3777-1114	http://www.lge.co.kr
LIG넥스원	김지찬	서울시 서초구 강남대로 369(서초동, 나라빌딩)	02-1644-2005	http://www.lignex1.com
LPKF Laser&Electronics	이웅상, 벤텔레콤차마티아스	경기도 안양시 동안구 흥안대로 427번길	031-689-3660	www.lpkf.com/kr
SK텔레콤(주)	유영상	서울시 중구 을지로65(을지로2가) SK T-타워	02-2121-2114	http://www.sktelecom.com
SK하이닉스(주)	박정호, 이석희	경기도 이천시 부발읍 아미리 산 136-1	031-630-4114	http://www.skhynix.com
네이버(주)	한성숙	경기도 성남시 분당구 불정로 6 (정자동 그린팩토리)	031-784-2560	https://www.navercorp.com
누리미디어	최순일	서울시 영등포구 선유로 63, 4층(문래동 6가)	02-710-5300	http://www.nurimedia.co.kr
대덕전자(주)	신영환	경기도 안산시 단원구 강촌로230 (목내동 475)	031-8040-8000	http://www.daeduck.com
대전테크노파크	임현문	대전시 유성구 테크로9로	042-930-4300	www.djtp.or.kr
도쿄อิเล็ก트론코리아(주)	원제형	경기도 화성시 장안면 장안공단 6길 51	031-260-5000	https://www.tel.com
리얼텍코리아 주식회사	팅치창	서울시 강남구 테헤란로 26길 14		www.realtek.cpm/en
비전테크	이원복	대전 유성구 테크노2로 187, 미건테크노월드2차 1층 118호	042-934-0236	http://www.visiontechkorea.com
삼성전자(주)	한종희	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
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	http://www.siliconworks.co.kr

회원사	대표자	주 소	전 화	홈페이지
(주)넥스틴	박태훈	경기도 화성시 동탄면 동탄산단9길 23-12	031-629-2300	http://www.nextinsol.com
(주)더즈텍	김태진	경기도 안양시 동안구 학익로 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 창엽로 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	허염	경기도 성남시 분당구 대왕판교로 660 유스페이스-1 A동 8층	1670-7665	http://www.siliconmitus.com
(주)싸이몬	정창호	경기도 성남시 분당구 별말로48(구 야탑동 272-1 케이디티빌딩)	02-480-8580	http://www.cimon.com
(주)인텔레콤	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)와이솔	염상덕	경기도 오산시 가장로 531-7	070-7837-2730	http://www.wisol.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)	다케시게신이치, 황정성	경기도 안성시 대덕면 무능로132	031-678-1586	http://www.k-ktech.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-rotem.co.kr
현대모비스(주)	조성환	서울시 강남구 테헤란로 203	02-2018-5114	http://www.mobis.co.kr
현대자동차(주)	정의선, 하연태	경기도 화성시 장덕동 772-1	02-3464-1114	http://www.hyundai-motor.com
호리바에스테크코리아(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 신관 907호)

사무국 회지담당자앞

E-mail : biz@theieie.org

TEL : (02)553-0255(내선 5)

FAX : (02)552-6093



대한전자공학회

The Institute of Electronics and Information Engineers

전자공학회지 <월간>

제49권 제5호(통권 제456호)

The Magazine of the IEIE

2022년 5월 20일 인쇄

2022년 5월 25일 발행

발행및

편집인

인쇄인

발행인

(사) 대한전자공학회

한림원(주)

사 단 법 인 대 한 전 자 공 학 회

회장 서 승 우

대표 김 흥 중

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

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

E-mail : ieie@theieie.org

Homepage : http://www.theieie.org

씨티은행 102-53125-258



2022년도 회비납부 안내

1. 회비의 납부 및 유효기간

2022년도 회원 연회비는 2021년과 동일함을 알려드리며, 아직 2022년도 회비를 납부하지 않으신 회원님께서서는 납부하여 주시기 바라며, 연회비의 유효기간은 회비를 납부한 당해연도에 한합니다.

◆ 2022년도 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.

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 논문게재료가 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 : 2022년 석·박사 신입생 및 재학생
- 할인 내용 : 2년 60,000원(1년당 30,000원) → 2년 50,000원(16.7% 할인)
3년 90,000원(1년당 30,000원) → 3년 70,000원(22.2% 할인)
4년 120,000원(1년당 30,000원) → 4년 90,000원(25% 할인)
5년 150,000원(1년당 30,000원) → 5년 110,000원(26.7% 할인)

6. 문의처

◆ 대한전자공학회 사무국 배기동 부장(회원담당)

Tel : 02-553-0255(내선 5번) / E-mail : biz@theieie.org

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



서울대학교 공과대학 해동일본기술정보센터는 대덕전자(故)김정식 회장의 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 카테고리 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.

