

ISSN 1016-9288

제50권 3호

2023년 3월호

전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.50. no.3

자율주행을 위한 HW/SW 기반기술 동향

- 자율주행을 위한 LiDAR 기반 3차원 객체 검출 및 경량화 기술 동향
- 자율주행을 위한 강화학습 기술 동향
- 자율주행 인식 알고리즘 학습을 위한 데이터셋 동향
- 자율주행을 위한 고해상도 지도 제작 기술 동향
- 차량용 AR Head up Display를 위한 무안경 3D 기술 동향



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

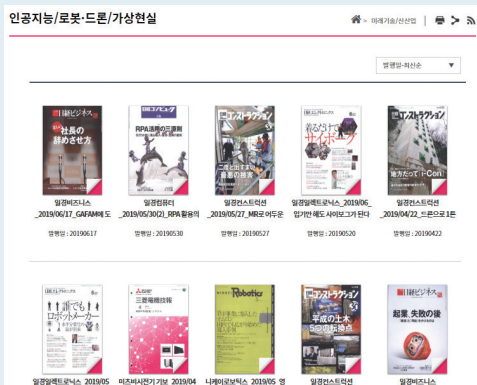


서울대학교 공과대학 해동일본기술정보센터는 대덕전자(故)김정식 회장의 열정과 지원에 의해 최신 일본 기술정보를 산업계와 학계에 널리 알리고자 2010년 3월에 설립하여 현재까지 운영해 오고 있습니다.

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 카테고리로 구분하여 미래기술과 신산업 관련한 정기간행물의 특집기사와 신문기사의 한글요약 제공과 함께, 주간브리핑 등을 통해 매주 새로운 정보를 메일과 SNS 등으로 배포하고 있습니다.

상세한 사항은 로그인 없이 모든 정보와 이용이 가능한 홈페이지를 참조바랍니다.



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

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



<https://www.facebook.com/snuhjt看>



<http://blog.naver.com/hjt看2010>



카카오톡 오픈채팅@HJTIC 브리핑룸

주간브리핑의 무료 이메일 구독을 원하시면,
'hjt看@snu.ac.kr'에 '구독'으로 신청.
카카오톡으로 매일의 기사까지 받아 보시려면,
'오픈채팅@HJTIC브리핑룸' 가입 (pw:2016)



2023 하계종합학술대회

6.28(수)~30(금)
롯데호텔 제주(중문)



주요일정

논문제출 : 2023년 5월 10일(수)

심사통보 : 2023년 5월 24일(수)

사전등록 : 2023년 5월 16일(화)~6월 9일(금)



발표분야

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



대한전자공학회

The Institute of Electronics and Information Engineers

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

TEL 02-553-0255 (내선6)

FAX 02-552-6093

e-mail ieie@theieie.org

홈페이지 <http://conf.theieie.org>

ITC-CSCC 2023

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

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

Welcome to ITC-CSCC 2023

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

Topics

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

• Circuits & Systems

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

• Computers

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

• Communications

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

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

PROCEEDINGS

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

SUBMISSION OF PAPERS

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

AUTHOR'S SCHEDULE

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

Hosted by

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

Contact Point

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



전자공학회논문지

단편논문 신설 안내

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

논문투고시스템 투고구분 선택

☞ 정규논문(기존) : 긴급 / 일반 중 택일

▶ 단편논문(신설) : 특급

단편논문 양식

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

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

* 심사본 : 3쪽 이내, 최종본: 4쪽 이내

단편논문 심사비 : 10만원/편당

단편논문 게재료 : 게재논문 면당 5만원, 최대 4쪽 이내

☞ 지원 문구 추가 시 10만원 추가

☞ 교신저자가 비회원인 경우 산정된 게재료의 150% 부과

단편논문 심사 기간 : 2주 이내 1차 심사를 원칙으로 함

시 행 : 2022년 10월 이후

IEEE DiscoveryPoint Communications(IDPC)



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



IEEE Full-text를
포함한 다양한 양질의
자료 제공



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



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



설계 문제에 대한
솔루션 제공하여
실무 엔지니어에게
최적화

Trial가능,
문의 02-3474-5290
이희진 과장 hjlee@kitis.co.kr
김은진 대리 ejkim@kitis.co.kr



Authorized
Dealer



키티스 産學研情報(株)
KITIS Info. & Co., Ltd.

CONTENTS

제50권 3호 (2023년 3월)



※ 학회지 3월호 표지 (vol 50, No 3)

회지편집위원회

- 위 원 장 양 준 성 (연세대학교 교수)
- 위 원 박 관 서 (연세대학교 교수)
 - 박 승 창 (㈜유오씨 사장)
 - 안 진 호 (호서대학교 교수)
 - 윤 석 현 (단국대학교 교수)
 - 장 지 원 (연세대학교 교수)
 - 정 재 용 (인천대학교 교수)
 - 최 정 욱 (한양대학교 교수)
 - 허 준 (고려대학교 교수)
 - 한 태 화 (연세대학교 의료원 팀장)
- 사무국 편집담당
 - 배 기 동 부장
 - TEL : (02)553-0255(내선 5)
 - FAX : (02)552-6093
- 학회 홈페이지
 - <http://www.theieie.org>

학회소식

12 학회소식 / 편집부

특집 : 자율주행을 위한 HW/SW 기반기술 동향

- 16 특집편집기 / 황효석
- 17 자율주행을 위한 LiDAR 기반 3차원 객체 검출 및 경량화 기술 동향 / 조 현, 황원준
- 26 자율주행을 위한 강화학습 기술 동향 / 강형엽
- 35 자율주행 인식 알고리즘 학습을 위한 데이터셋 동향 / 황병훈, 황효석
- 42 자율주행을 위한 고해상도 지도 제작 기술 동향 / 정지영
- 51 차량용 AR Headup Display를 위한 무안경 3D 기술 동향 / 이 석

회원광장

- 59 논문지 논문목차
- 61 박사학위 논문초록 / 주성환(삼성전자)

정보교차로

- 62 국내외 학술행사 안내 / 편집부
- 78 특별회원사 및 후원사 명단

2023년도 임원 및 각 위원회 위원

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

이 사

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

협 동 이 사

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

지부장 명단

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

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

광주·전남지부
 대전·충남지부
 전북지부
 충북지부
 일 본
 러시아지부

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

위원회 명단

자문위원회

위원장	김도현 (국민대학교 명예교수)
부위원장	박항구 (소암시스템 회장)
위원	고성제 (고려대학교 교수)
	김덕진 (고려대학교 명예교수)
	김영권 (건국대학교 명예교수)
	문영식 (한양대학교 교수)
	박진옥 (육군사관학교 명예교수)
	성광모 (서울대학교 명예교수)
	이상설 (한양대학교 명예교수)
	이충웅 (서울대학교 명예교수)
	임혜숙 (이화여자대학교 교수)
	정정화 (한양대학교 명예교수)

공준진 (삼성전자공과대학교 주임교수)	구용서 (단국대학교 교수)
김성대 (한국과학기술원 명예교수)	김수중 (경북대학교 명예교수)
김재희 (연세대학교 명예교수)	나정웅 (한국과학기술원 명예교수)
박규태 (연세대학교 명예교수)	박성한 (한양대학교 명예교수)
백준기 (중앙대학교 교수)	서정욱 (과학기술부 장관)
윤종웅 (한국공학교육인증원 이사장)	이문기 (연세대학교 명예교수)
이재홍 (서울대학교 명예교수)	이진구 (동국대학교 명예교수)
이태원 (고려대학교 명예교수)	임재택 (한양대학교 명예교수)
전국진 (서울대학교 명예교수)	전홍태 (중앙대학교 명예교수)
홍대식 (연세대학교 교수)	홍승홍 (인하대학교 명예교수)

기획위원회

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

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

학술연구위원회 - 하계

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

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

학술연구위원회 - 추계

위원장	노원우 (연세대학교 교수)	한재호 (고려대학교 교수)
위원	권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)	김승환 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	박관서 (연세대학교 교수)	배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	오윤호 (고려대학교 교수)	원용욱 (명지대학교 교수)
	하태준 (광운대학교 교수)	김진영 (광운대학교 교수)
		송철 (DGIST 교수)
		윤상민 (국민대학교 교수)

논문편집위원회

위원장	정진곤 (중앙대학교 교수)	강제원 (이화여자대학교 교수)	공규열 (한성대학교 교수)
부위원장	정해준 (경희대학교 교수)	권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)	김기연 (한국산업기술시험원 박사)
위원	강성복 (한국생산기술연구원 수석연구원)	김상범 (한국폴리텍대학교 교수)	김선웅 (건국대학교 교수)
	권구덕 (강원대학교 교수)	김영선 (대림대학교 교수)	김태환 (한국항공대학교 교수)
	김명선 (한성대학교 교수)	심규성 (한경대학교 교수)	유재준 (UNIST 교수)
	김영로 (명지전문대학교 교수)	임승찬 (한경국립대학교 교수)	정민채 (세종대학교 교수)
	김학구 (중앙대학교 교수)	추민성 (한양대학교 교수)	
	임민중 (동국대학교 교수)		
	조성인 (동국대학교 교수)		

국제협력위원회

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

대외협력위원회

위원장	김훈 (인천대학교 교수)	연규봉 (한국자동차연구원 책임연구원)
부위원장	김성우 (서울대학교 교수)	김사혁 (KISDI 책임연구원)
위원	김동순 (세종대학교 교수)	김원중 (한국전자통신연구원 실장)

김 형 준 (한국전자통신연구원 센터장)
이 형 민 (고려대학교 교수)
황 성 운 (가천대학교 교수)

안 광 호 (한국전자기술연구원 센터장)
최 광 성 (한국전자통신연구원 실장)

이 권 형 (LG전자(주) 책임연구원)
한 상 옥 (삼성전자(주) 책임연구원)

산학연합동위원회

위 원 장 연 규 봉 (한국자동차연구원 실장)
위 원 김 민 규 (LG이노텍(주) 상무)
손 교 민 (삼성전자(주) 마스터)
이 재 규 (삼성전자(주) 마스터)
최 기 창 (서울대학교 교수)

김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)
이 용 옥 (한화시스템 부사장)
이 재 훈 (유정시스템 대표이사)
최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)

서 종 열 (LG전자(주) 그룹장)
이 재 관 (한국자동차연구원 소장)
정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장)

회원관리위원회

위 원 장 선 우 경 (서울대학교 교수)
부 위 원 장 강 명 곤 (한국교통대학교 교수)
위 원 김 윤 (서울시립대학교 교수)
배 중 호 (국민대학교 교수)
유 동 훈 (디사일로 연구소장)
채 정 철 (연세대학교 교수)

김 형 진 (인하대학교 교수)
송 익 현 (한양대학교 교수)
이 상 훈 (㈜웨이브피아 대표이사)
최 웅 (숙명여자대학교 교수)

민 경 식 (국민대학교 교수)
유 경 창 (삼성전자(주) 수석연구원)
이 정 원 (서울대학교 교수)

회지편집위원회

위 원 장 양 준 성 (연세대학교 교수)
위 원 박 관 서 (연세대학교 교수)
윤 석 현 (단국대학교 교수)
최 정 욱 (한양대학교 교수)

박 승 창 (㈜유오씨 사장)
장 지 원 (연세대학교 교수)
한 태 화 (연세대학교 의료원 팀장)

안 진 호 (호서대학교 교수)
정 재 용 (인천대학교 교수)
허 준 (고려대학교 교수)

사업위원회

위 원 장(총괄) 유 찬 세 (한국전자기술연구원 센터장)
위 원 장 김 익 균 (한국전자통신연구원 본부장)
선 우 경 (서울대학교 교수)
위 원 권 경 하 (한국과학기술원 교수)
신 세 운 (UNIST 교수)
이 정 원 (서울대학교 교수)
한 동 국 (국민대학교 교수)

김 중 현 (고려대학교 교수)
이 남 윤 (고려대학교 교수)
김 시 준 (강원대학교 교수)
안 호 균 (한국전자통신연구원 실장)
임 매 순 (한국과학기술연구원 책임연구원)
허 재 두 (한국전자통신연구원 책임연구원)

김 철 우 (고려대학교 교수)
제 민 규 (한국과학기술원 교수)
송 준 영 (인천대학교 교수)
윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
장 지 수 (삼성전자(주) PE)

교육연구위원회

위 원 장 강 문 식 (강릉원주대학교 교수)
부 위 원 장 변 대 석 (삼성전자(주) 마스터)
위 원 김 선 욱 (고려대학교 교수)
박 영 우 (TEL 부사장)
이 영택 (ASML 전무)

동 성 수 (용인예술과학대학교 교수)
변 영 재 (UNIST 교수)
이 후 진 (한성대학교 교수)

류 현 석 (서울대학교 교수)
윤 중 윤 (㈜파두 사장)
최 병 수 (한국전자통신연구원 실장)

홍보위원회

위 원 장 정 영 모 (한성대학교 교수)
부 위 원 장 김 수 연 (동국대학교 교수)
위 원 서 민 재 (가천대학교 교수)
윤 희 인 (UNIST 교수)
정 완 영 (한국과학기술원 교수)

최 재 혁 (한국과학기술원 교수)
송 준 영 (인천대학교 교수)
이 구 순 (파이낸셜뉴스 부국장)
추 민 성 (한양대학교 교수)

심 용 (중앙대학교 교수)
이 창 우 (가톨릭대학교 교수)
황 진 영 (한국항공대학교 교수)

표준화위원회

위 원 장 김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)
부 위 원 장 연 규 봉 (한국자동차연구원 팀장)
위 원 권 기 원 (성균관대학교 교수)
배 준 호 (가천대학교 교수)
좌 성 훈 (서울과학기술대학교 교수)

김 성 동 (서울과학기술대학교 교수)
이 상 근 (성균관대학교 교수)
차 철 웅 (한국전자기술연구원 센터장)

박 재 영 (광운대학교 교수)
이 종 목 (SOL 대표)
한 태 수 (한국전자기술연구원 연구위원)

정보화위원회

위 원 장 조 성 현 (한양대학교 교수)
위 원 권 태 수 (서울과학기술대학교 교수)
배 준 성 (강원대학교 교수)
차 혁 규 (서울과학기술대학교 교수)

김 범 현 (한양대학교 교수)
임 동 구 (전북대학교 교수)
추 상 혁 (현대자동차(주) 책임매니저)

김 중 현 (고려대학교 교수)
정 방 철 (충남대학교 교수)
한 정 환 (충남대학교 교수)

AI위원회

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

지부담당위원회

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

선거관리위원회

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

포상위원회

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

재정위원회

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

인사위원회

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

JSTS 편집위원회

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

SPC위원회

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

Society 명단

통신소사이터티

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

반도체소사이터티

회 장	김 진 상 (경희대학교 교수)	권 오 경 (한양대학교 석좌교수)	김 영 환 (포항공과대학교 교수)
자 문 위 원	공 준 진 (삼성전자공과대학교 주임교수)	김 희 석 (청주대학교 교수)	박 홍 준 (포항공과대학교 교수)
	김 재 석 (연세대학교 교수)	손 보 익 (㈜XX세미콘 대표이사)	신 윤 승 (반소 전임회장)
	신우명훈 (아주대학교 교수)	우 남 성 (반소 전임회장)	이 승 훈 (서강대학교 교수)
	신 현 철 (한양대학교 교수)	임 형 규 (반소 전임회장)	장 성 진 (삼성전자㈜ 부사장)
	임 신 일 (서경대학교 교수)	정 연 모 (경희대학교 교수)	정 항 근 (전북대학교 교수)
	전 영 현 (삼성SDI㈜ 부회장)	조 경 순 (한국외국어대학교 교수)	조 상 복 (울산대학교 교수)
	정 해 수 (Synopsis 사장)	최 기 영 (서울대학교 교수)	최 승 중 (LG전자㈜ 부사장)
	조 중 회 (인천대학교 교수)		
	허 영 (실리콘마이터스 대표이사)		
감 사	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	이 광 엽 (서경대학교 교수)	이 한 호 (인하대학교 교수)
부 회 장	김 동 규 (한양대학교 교수)	안 기 현 (한국반도체산업협회 전무)	최 중 호 (서울시립대학교 교수)
	이 희 덕 (충남대학교 교수)	장 성 진 (삼성전자㈜ 부사장)	류 현 석 (서울대학교 교수)
총 무 이 사	고 형 호 (충남대학교 교수)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	황 상 준 (삼성전자㈜ 부사장)
	박 종 선 (고려대학교 교수)	윤 찬 호 (삼성전자 마스터)	조 성 재 (가천대학교 교수)
	노 정 진 (한양대학교 교수)	유 찬 식 (삼성전자 부사장)	
	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 규 (전북대학교 교수)	차 호 영 (홍익대학교 교수)
	최 우 영 (연세대학교 교수)	최 창 환 (한양대학교 교수)	
사 업 이 사	강 운 병 (삼성전자㈜ 마스터)	공 배 선 (성균관대학교 교수)	공 정 택 (성균관대학교 교수)
	김 동 순 (세종대학교 교수)	김 소 영 (성균관대학교 교수)	김 시 호 (연세대학교 교수)
	김 용 석 (성균관대학교 교수)	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)	김 중 선 (홍익대학교 교수)
	백 광 현 (중앙대학교 교수)	변 대 석 (삼성전자㈜ 마스터)	손 교 민 (삼성전자㈜ 마스터)
	송 용 호 (삼성전자㈜ 부사장)	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 연구위원)	오 정 우 (연세대학교 교수)
	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	조 태 제 (삼성전자㈜ 고문)	최 규 영 (서울대학교 교수)
	최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)	최 윤 경 (고려대학교 교수)	최 준 립 (경북대학교 교수)
재 무 이 사	권 기 원 (성균관대학교 교수)	이 성 수 (숭실대학교 교수)	
산 학 이 사	김 경 수 (넥스트칩 대표이사)	김 동 현 (CTK 사장)	김 보 은 (라온텍 사장)
	김 준 석 (ADT 사장)	나 준 호 (㈜XX세미콘 전무)	손 재 철 (어보브반도체 부사장)
	송 태 훈 (휴인스 사장)	신 용 석 (케이던스코리아 사장)	이 도 영 (옵토레인 사장)
	이 윤 중 (동부하이텍 부사장)	이 장 규 (텔레칩스 대표이사)	
	노 원 우 (연세대학교 교수)	문 용 (숭실대학교 교수)	
회 원 이 사	최 우 영 (서울대학교 교수) - 반도체소자및재료	김 상 인 (아주대학교 교수) - 광파밍및자전자공학	
연구회위원장	김 중 선 (홍익대학교 교수) - SoC설계	김 영 진 (한국항공대학교 교수) - RF집적회로	
	정 원 영 (강원공업(주) 본부장) - PCB&Package	김 익 규 (한국전자통신연구원 본부장) - 정보보안시스템	
	정 의 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	강 영 곤 (한국교통대학교 교수)	강 석 형 (포항공과대학교 교수)	권 구 덕 (강원대학교 교수)
	권 영 수 (한국전자통신연구원 책임연구원)	김 수 연 (동국대학교 교수)	김 영 민 (홍익대학교 교수)
	김 재 욱 (KIST 그룹장)	김 현 (서울과학기술대학교 교수)	류 성 주 (서강대학교 교수)
	박 성 정 (건국대학교 교수)	송 준 영 (인천대학교 교수)	양 준 성 (연세대학교 교수)
	오 윤 호 (성균관대학교 교수)	윤 명 국 (이화여자대학교 교수)	이 영 주 (포항공과대학교 교수)
	이 우 주 (중앙대학교 교수)	이 윤 명 (성균관대학교 교수)	이 영 민 (고려대학교 교수)
	전 동 석 (서울대학교 교수)	전 성 훈 (삼성전자㈜ 상무)	정 무 경 (㈜사피온코리아 CTO)
	정 윤 호 (한국항공대학교 교수)	제 민 규 (한국과학기술원 교수)	채 형 일 (건국대학교 교수)
	최 재 혁 (한국과학기술원 교수)	최 재 혁 (성균관대학교 교수)	추 민 성 (한양대학교 교수)
	한 정 환 (충남대학교 교수)	황 태 호 (한국전자기술연구원 센터장)	김 태 환 (한국항공대학교 교수)

컴퓨터소사이터티

회 명 예 회 장

최용수 (신한대학교 교수)
강문식 (강릉원주대학교 교수)
박인성 (단국대학교 명예교수)
장영규 (홍익대학교 교수)
홍성원 (가천대학교 교수)
권영철 (강원대학교 교수)
변영재 (UNIST 교수)
김도현 (제주대학교 교수)
조민호 (고려대학교 교수)
강상욱 (상명대학교 교수)
박성우 (강릉원주대학교 교수)
이기영 (인천대학교 교수)
황인정 (명지병원 책임연구원)

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

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

자 문 위 원
감 부 회 장

김진홍 (배재대학교 교수)
박영훈 (숙명여자대학교 교수)
이덕기 (연암공과대학교 교수)
강경권 (순천향대학교 교수)
김정욱 (경희대학교 교수)
노소영 (월송출판 대표이사)
이문구 (김포대학교 교수)
이주형 (가천대학교 교수)
한규필 (금오공과대학교 교수)

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

정교일 (한국전자통신연구원 책임연구원)
윤은준 (경일대학교 교수)

협동부회장

김진홍 (배재대학교 교수)
박영훈 (숙명여자대학교 교수)
이덕기 (연암공과대학교 교수)
강경권 (순천향대학교 교수)
김정욱 (경희대학교 교수)
노소영 (월송출판 대표이사)
이문구 (김포대학교 교수)
이주형 (가천대학교 교수)
한규필 (금오공과대학교 교수)

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

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

총무이사
재무이사
홍보이사
집의사

김진홍 (배재대학교 교수)
박영훈 (숙명여자대학교 교수)
이덕기 (연암공과대학교 교수)
강경권 (순천향대학교 교수)
김정욱 (경희대학교 교수)
노소영 (월송출판 대표이사)
이문구 (김포대학교 교수)
이주형 (가천대학교 교수)
한규필 (금오공과대학교 교수)
고한열 (고려대학교 교수)
김종원 (경동대학교 교수)
서민석 (고려대학교 교수)
이충규 (조선대학교 교수)
한상민 (순천향대학교 교수)
황석중 (SK Telecom 박사)

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

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

학 술 이 사

김진홍 (배재대학교 교수)
박영훈 (숙명여자대학교 교수)
이덕기 (연암공과대학교 교수)
강경권 (순천향대학교 교수)
김정욱 (경희대학교 교수)
노소영 (월송출판 대표이사)
이문구 (김포대학교 교수)
이주형 (가천대학교 교수)
한규필 (금오공과대학교 교수)
고한열 (고려대학교 교수)
김종원 (경동대학교 교수)
서민석 (고려대학교 교수)
이충규 (조선대학교 교수)
한상민 (순천향대학교 교수)
황석중 (SK Telecom 박사)

김대홍 (을지대학교 교수)
김홍균 (다스파임 이사)
오희석 (한성대학교 교수)
임경원 (대림대학교 교수)
한영선 (부경대학교 교수)
황재정 (군산대학교 교수)
차시호 (청운대학교 교수)
김은영 (웨와이시스템즈 이사)
송치봉 (웨이버스 이사)
이재홍 (유비벨로스모바일 대표이사)
조병영 (㈜태진인포텍 전무)

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

사 업 이 사
산 학 이 사

박승창 (㈜유오씨 사장)
김대위 (㈜한국정보통신 대표이사)
서봉상 (㈜올포랜드 이사)
오승훈 (주얼린 대표이사)
조병순 (CNC instrument 사장)

김은영 (웨와이시스템즈 이사)
송치봉 (웨이버스 이사)
이재홍 (유비벨로스모바일 대표이사)
조병영 (㈜태진인포텍 전무)
진훈 (경기대학교 교수) - 휴먼ICT
이민호 (경북대학교 교수) - 인공지능/신경망/퍼지
우운택 (한국과학기술원 교수) - 중강류현
김명선 (한성대학교 교수) - AI응용

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

연구회위원장

심정연 (강남대학교 교수) - 멀티미디어
윤은준 (경일대학교 교수) - 융합컴퓨팅
김도현 (제주대학교 교수) - M2M/IOT
황성우 (가천대학교 교수) - 인공지능 및 보안
정근성 (홍익대학교 교수) - 블록체인

인공지능 신초처리소사이터티

회 명 예 회 장

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

김종욱 (고려대학교 교수)
박종일 (한양대학교 교수)
전병우 (성균관대학교 교수)

김창익 (한국과학기술원 교수)
심종규 (광운대학교 교수)
조남익 (서울대학교 교수)

부 회 장
협동부회장

김경진 (LG전자 연구원)
김진웅 (한국전자통신연구원 그룹장)
여종철 (한국과학기술원 교수)
이찬수 (영남대학교 교수)
최병호 (한국전자기술연구원 센터장)
이채은 (인하대학교 교수)
고종환 (성균관대학교 교수)
곽수영 (한밭대학교 교수)
김승룡 (고려대학교 교수)
김태현 (한양대학교 교수)
김휘웅 (경희대학교 교수)
박인규 (인하대학교 교수)
신종원 (광주과학기술원 교수)
오병태 (한국항공대학교 교수)
유현우 (두산인프라코어 연구원)
유현우 (UNIST 교수)
이덕우 (계명대학교 교수)
이윤구 (광운대학교 교수)
장준혁 (한양대학교 교수)
정영주 (숙명여자대학교 교수)
조상인 (동국대학교 교수)
최동걸 (한밭대학교 교수)
최종원 (중앙대학교 교수)
한보영 (서울대학교 교수)
홍성민 (인하대학교 교수)
권준석 (중앙대학교 교수)
곽진태 (고려대학교 교수)
김광주 (한국전자통신연구원 연구원)
김상호 (성균관대학교 교수)
김원하 (경희대학교 교수)
김종민 (강원대학교 교수)
김해광 (세종대학교 교수)
박구만 (서울과학기술대학교 교수)
박현진 (성균관대학교 교수)
서영호 (광운대학교 교수)

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

정승원 (고려대학교 교수)
김남수 (서울대학교 교수)
백준기 (중앙대학교 교수)
이병욱 (이화여자대학교 교수)
최강선 (한국기술교육대학교 교수)
한재준 (삼성전자(주) 마스터)
고영준 (충남대학교 교수)
곽노준 (서울대학교 교수)
구문학 (LG전자 연구원)
김진규 (고려대학교 교수)
김한울 (서울과학기술대학교 교수)
박영경 (이화여자대학교 교수)
백종덕 (연세대학교 교수)
심현정 (연세대학교 교수)
유우택 (한국과학기술원 교수)
유종빈 (아주대학교 교수)
이금하 (KT 연구원)
이상철 (인하대학교 교수)
임성훈 (DGIST 교수)
정교일 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
조동현 (충남대학교 교수)
차영수 (고려대학교 교수)
최욱 (인천대학교 교수)
최해철 (한밭대학교 교수)
함범섭 (연세대학교 교수)

협 동 이 사

김광주 (한국전자통신연구원 연구원)
김상호 (성균관대학교 교수)
김원하 (경희대학교 교수)
김종민 (강원대학교 교수)
김해광 (세종대학교 교수)
박구만 (서울과학기술대학교 교수)
박현진 (성균관대학교 교수)
서영호 (광운대학교 교수)

곽노준 (서울대학교 교수)
권구락 (조선대학교 교수)
김동현 (연세대학교 교수)
김동환 (한국전자기술연구원 수석연구원)
김진진 (계명대학교 교수)
김진우 (경성대학교 교수)
박구만 (서울과학기술대학교 교수)
박성훈 (한국과학기술원 교수)
배성호 (경희대학교 교수)
서진근 (연세대학교 교수)

곽노준 (서울대학교 교수)
권구락 (조선대학교 교수)
김동현 (연세대학교 교수)
김동환 (한국전자기술연구원 수석연구원)
김진진 (계명대학교 교수)
김진우 (경성대학교 교수)
박구만 (서울과학기술대학교 교수)
박성훈 (한국과학기술원 교수)
배성호 (경희대학교 교수)
서진근 (연세대학교 교수)

감사
총무
연구회위원장

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

시스템 및 제어소사이터

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

산업전자소사이터

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

제24대 평의원 명단

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

윤 광 석 (인하대학교 교수)
 윤 석 진 (한국과학기술연구원 원장)
 윤 영 권 (삼성전자㈜ 마스터)
 이 강 윤 (성균관대학교 교수)
 이 규 대 (공주대학교 교수)
 이 남 윤 (고려대학교 교수)
 이 동 규 (카카오모빌리티 부사장)
 이 상 만 (시스템에이트 대표이사)
 이 상 훈 (웨이브피아 대표이사)
 이 성 수 (숭실대학교 교수)
 이 승 용 (포항공과대학교 교수)
 이 영 렬 (세종대학교 교수)
 이 재 관 (한국자동차연구원 본부장)
 이 재 훈 (서울대학교 명예교수)
 이 정 원 (서울대학교 선임연구원)
 이 중 호 (서울대학교 교수)
 이 창 한 (한국반도체산업협회 상근부회장)
 이 철 (동국대학교 교수)
 이 충 웅 (서울대학교 명예교수)
 이 한 림 (중앙대학교 교수)
 이 형 민 (고려대학교 교수)
 인 치 호 (세명대학교 교수)
 임 제 탁 (한양대학교 명예교수)
 장 석 호 (건국대학교 교수)
 전 국 진 (서울대학교 명예교수)
 전 선 익 (파이낸셜뉴스 사장)
 전 흥 훈 (성균관대학교 교수)
 정 길 도 (전북대학교 교수)
 정 범 진 (한국외국어대학교 교수)
 정 용 규 (울지대학교 교수)
 정 은 승 (삼성전자㈜ 사장)
 정 중 문 (연세대학교 교수)
 정 진 군 (전북대학교 교수)
 조 경 순 (한국외국어대학교 교수)
 조 민 호 (고려대학교 교수)
 조 영 민 (SkyMirr CEO)
 조 현 중 (강원대학교 교수)
 차 철 용 (한국전자기술연구원 센터장)
 채 주 형 (광운대학교 교수)
 최 광 성 (한국전자통신연구원 실장)
 최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)
 최 승 범 (삼성전자㈜ 부사장)
 최 용 수 (신한대학교 교수)
 최 윤 석 (한밭대학교 교수)
 최 중 호 (서울시립대학교 교수)
 최 창 식 (DB하이텍 부회장)
 한 동 석 (경북대학교 교수)
 한 재 호 (고려대학교 교수)
 함 범 섭 (연세대학교 교수)
 허 준 (고려대학교 교수)
 홍 대 식 (연세대학교 교수)
 홍 유 식 (상지대학교 교수)
 홍 철 호 (중앙대학교 교수)
 황 원 준 (아주대학교 교수)
 황 인 태 (전남대학교 교수)

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

윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
 윤 성 로 (서울대학교 교수)
 윤 중 용 (한국공학대학교육인증 이사장)
 이 광 영 (서경대학교 교수)
 이 규 필 (삼성전자㈜ 부사장)
 이 덕 진 (전북대학교 교수)
 이 병 선 (김포대학교 교수)
 이 상 윤 (연세대학교 교수)
 이 석 희 (SK하이닉스 대표이사)
 이수민 (한국센서연구소 대표이사)
 이 승 호 (한밭대학교 교수)
 이 인 규 (고려대학교 교수)
 이 재 진 (숭실대학교 교수)
 이 정 우 (중앙대학교 교수)
 이 중 호 (서울대학교 교수)
 이 진 구 (동국대학교 석좌교수)
 이 천 희 (전) 청주대학교 교수)
 이 중 용 (연세대학교 교수)
 이 태 원 (고려대학교 명예교수)
 이 혁 재 (서울대학교 교수)
 이 희 덕 (충남대학교 교수)
 임 신 일 (서경대학교 교수)
 장 길 진 (경북대학교 교수)
 장 익 준 (경희대학교 교수)
 전 병 우 (성균관대학교 교수)
 전 영 현 (삼성SDI 부회장)
 정 교 일 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
 정 방 철 (충남대학교 교수)
 정 승 원 (고려대학교 교수)
 정 윤 호 (한국항공대학교 교수)
 정 정 화 (한양대학교 석좌교수)
 정 진 곤 (중앙대학교 교수)
 제 민 규 (한국과학기술원 교수)
 조 도 현 (인하공업전문대학 교수)
 조 성 현 (한양대학교 교수)
 조 진 웅 (한국전자기술연구원 센터장/수석연구원)
 진 훈 (경기대학교 교수)
 채 영 철 (연세대학교 교수)
 최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)
 최 병 수 (부경대학교 교수)
 최 수 일 (전남대학교 교수)
 최 영 규 (한국교통대학교 교수)
 최 웅 (숙명여자대학교 교수)
 최 준 림 (경북대학교 교수)
 최 창 범 (한밭대학교 교수)
 최 현 택 (한국해양과학기술원 책임연구원)
 한 은 혜 (에스에스앤씨 대표이사)
 한 태 희 (성균관대학교 교수)
 허 재 두 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 홍 국 태 (LX세미론 연구위원)
 홍 승 훈 (인하대학교 명예교수)
 홍 제 형 (한양대학교 교수)
 황 승 훈 (동국대학교 교수)
 황 인 철 (강원대학교 교수)

사무국 직원 명단

송기원 국장 - 기획, 산학연, 신규 사업, 자문/서울IT포럼, 지부, 인사, 규정, 회장단 관련, 대외협력 및 업무총괄

이안소 부장 - 하계학술대회, 주요 운영회의(이사회, 평의원회 및 총회), 총무업무(선거, 공문수발, 임원관련, 송년회, 포상 및 Wiset 등), 산업전자소사이터

배지영 부장 - 국제학술대회 총괄(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 사업(기술워크샵 등), 추계학술대회, 컴퓨터소사이터, 시스템 및 제어소사이터

배기동 부장 - AI 관련, 국문지, 학회지, 표준화, 용역, 기타 지원업무, 인공지능 신호처리소사이터

변은정 부장 - 본회/소사이터/연구회 재무, 회원관리(개인회원 및 특별회원), 홍보, 통신소사이터

김천일 부장 - 정보화 관련(웹사이트 관리 및 온라인/디지털 업무지원 등), 교육, 전산장비 관리, 반도체소사이터

성다희 서기 - 국제학술대회 담당(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 외국 기관과 국제협력(Joint Award 등), JSTS 및 SPC 발간

학회소식

제1차 전체이사회 회의

제 1차 전체이사회가 2월 10일(금) 17시 SC컨벤션센터 아나이스홀 (한국과학기술회관 1관 12층)에서 개최되었으며, 이번 회의 결과는 다음과 같다.

- 다 음 -

1. 성원 보고

- 제1차 전체이사회는 40명의 상임이사 중 24명의 참여로 성원되었음.

2. 본 학회(각 위원회) 및 소사이어티 보고

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

3. 심의사항 의결

- 신규 개인회원 가입 승인에 대해 원안대로 승인함.
- 2022년도 감사 보고에 대해 원안대로 승인함.
- 2022년도 결산 승인에 대해 원안대로 승인함.

4. 기타

특별회원 및 유관기관 방문

학회 회장단은 2월 - 3월 중 SK하이닉스, SK텔레콤, LG이노텍, LX세미콘, 현대모비스, 도요일렉트론코리아, 빅텍을 방문하여 경영 현안과제를 논의하고 상호 협력방안을 모색하였다.



SK하이닉스 - 곽노정 대표이사



SK텔레콤 - 양승현 CTO



LG이노텍 - 정철동 대표이사



LX세미콘 - 손보익 대표이사



현대모비스 - 조성환 대표이사



도교일렉트로닉코리아 - 원제형 대표이사



빅텍 - 이만규 대표이사

국내 지부장 회의 개최

학회 회장단은 2월 23일(목) 대전 오노마호텔에서 지부장 회의를 개최하여 지부의 현황과 과제를 파악하고, 본회와 지부간 상호협력 및 지원방안 등 활성화 방안을 논의하였다.



지부장회의(2.23)

2023년도 바이오영상신호처리연구회 겨울학교

인공지능 신호처리소사이터티 바이오영상신호처리연구회(위원장 : 이종호 교수(서울대)) 개최로 “2023년도 바이오영상신호처리연구회 겨울학교”를 2월 15일(수) ~ 17일(금), 소노벨 비발디파크에서 개최되었다. 이번 바이오영상신호처리연구회 겨울학교에서는 2022년에 발표된 의료 영상 분야 탑 저널, 머신러닝 및 컴퓨터비전 분야 탑 학회에서 발표된 다양한 연구 결과를 중심으로 강연 세션이 구성되었다. 또한, 의료 영상 및 계산 영상 분야에서 다양하게 활용될 수 있는 연구초청 강연 세션을 통해 배울 수 있는 기회가 되었다. 참석은 약 170여명이었다.



2023년도 바이오영상신호처리연구회 겨울학교 (이종호 연구회장)



2023년도 바이오영상신호처리연구회 겨울학교 강연모습

2023년 단기 계속 교육 강좌 - 디지털 통신 및 최신 네트워크 기술 개회

통신연구회(위원장 : 최지웅 교수(DGIST))에서는 “2023년 단기 계속 교육 강좌 - 디지털 통신 및 최신 네트워크 기술”을 2월 13일(월) - 17일(금) 까지 5일간 온라인으로 개최 하였다.

이번 단기 계속 교육 강좌는 및 최신 네트워크 기술을 단기간에 종합적으로 습득할 수 있는 기회를 제공하기 위하여 디지털 통신 및 네트워크 전 분야에서 활발하게 연구 및 기술 개발을 수행하고 계시는 전문가를 모시고 장소에 관계없이 더욱 많은 분들께 소중한 배움의 기회가 되는 시간이 되고자 온라인으로 개최였으며, 총 80명이 참석하였다.

2023년 대한전자공학회 영상처리연구회 겨울학교

인공지능 신호처리소사이어티 영상처리연구회(위원장 : 강석주 교수(서강대)) 개최로 “ 2023년 영상처리연구회 겨울학교”를 2월 21일(화) 고려대학교 백주년기념삼성관에서 개최되었다.

최근 많은 관심을 받고 있는 Digital Human 및 Video Representation 이라는 큰 주제를 바탕으로 관련한 여러 기술들을 이해하기 위해서 영상처리연구회 겨울학교에서는 관련 Tutorial과 여러 응용 기술들을 확인할 수 있는 공유의 장이 되었다. 그리고 영상처리연구회 소속의 9개의 연구실 교수님들을 초청하여 연구 내용 소개와 비전 그리고 어려움 등을 함께 나누고 논의하는 시간이 되었다. 참석은 약 80여명 이었다.



2023년 영상처리연구회 겨울학교 강연모습

신규회원 가입현황

기간 : 2023년 2월 1일 - 2월28일

〈정회원〉

윤종혁(대구경북과학기술원), 공경보(부경대학교), 주성환(삼성전자), 심재형(이화여자대학교), 이상학(티맥스소프트), 변다솔(한국전자기술연구원)

이상 6명

〈평생회원〉

정완영(한국과학기술원)

이상 1명

〈학생회원〉

손재균(서강대학교), 동호석(연세대학교), 서지원(중앙대학교)

이상 3명

학회일지

www.theieie.org

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND INFORMATION
ENGINEERS

(2023년 2월 16일 ~ 3월 15일)

1. 회의 개최

회의 명칭	일시	장소	주요 안건
제1차 지부장 회의	2.23 (18:00)	대전 오노마호텔	- 본회와 지부간 상호협력 및 지원방안 등 활성화 방안
제1차 하계 조직위원회 회의	2.28 (16:00)	학회 회의실	- 학술대회 운영 및 프로그램 구성 등
2023 SPC 조직위원 회의	3.3 (08:00)	JW 메리어트	- 논문/심사위원 모집 - 논문지 활성화 방안

2. 행사 개최

구분	행사명	기간	장소
통신연구회	2023년 단기 계속 교육 강좌 - 디지털 통신 및 최신 네트워크 기술	2.13-17	온라인
바이오신호처리연구회	2023년도 바이오영상신호처리 겨울학교	2.15-17	소노벨 비발드파크
영상처리연구회	2023년 영상처리연구회 겨울학교	2.21	고려대 백주년기념삼성관

자율주행을 위한 HW/SW 기반기술 동향



황 효 석 편집위원
(경희대학교)

자율주행 분야의 연구는 하드웨어 성능 및 딥러닝 기술의 발전과 더불어 발전을 거듭해 왔으며, 레벨 3에 해당하는 자율주행 기능이 탑재된 제품이 출시되고 있다. 자율주행 시장은 2035년에 약 1600조 규모로 계속해서 성장할 것으로 전망되며, 새로운 하드웨어, 학습 방식,

정밀 지도 분야와 함께 성장할 것으로 예상된다. 본 특집호에서는 자율주행 알고리즘 경량화, 강화학습 적용 방식과 이를 위한 데이터셋 및 정밀 지도 작성, 헤드업 디스플레이 기술 등에 대한 주제를 바탕으로 학계 전문가들의 원고 5편으로 구성되어 있으며 세부적인 내용은 다음과 같다.

첫째, “자율주행을 위한 LiDAR 기반 3차원 객체 검출 및 경량화 기술 동향 (조현, 황원준)”에서는 라이다 센서로 수집된 포인트클라우드 데이터들로부터 3차원 객체를 검출하는 기법의 최신 동향과 지식 증류를 통한 모델의 경량화 방법론에 대해서 소개한다. 둘째, “자율주행을 위한 강화학습 기술 동향 (강형엽)”에서는 자율주행 인공지능 분야에 강화학습의 연구 동향에 대해서 소개하며, 완전 자율주행에 필요한 다양한 기술 요소들에 강화학습이 어떠한 방식으로 적용되고 있는지에 대해서 설명한다. 셋째, “자율주행 인식 알고리즘 학습을 위한 데이터셋 동향 (황병훈, 황효석)”에서

는 자율주행 기술을 학습하기 위한 대규모 공개 데이터셋에 대해서 소개하고, 각각의 데이터셋이 사용한 센서 및 수집 방식과 데이터셋을 활용한 대표적인 연구 사례를 소개한다. 넷째, “자율주행을 위한 고해상도 지도 제작 기술 동향 (정지영)”에서는 자율주행을 위해 필수적인 차세대 지도 생성 및 갱신 기술에 대해서 다루고, 고해상도 지도의 활용 방안에 대해서 소개한다. 마지막으로, “차량용 AR Headup Display를 위한 무안경 3D 기술 동향 (이석)”에서 최근 각광받고 있는 차량용 AR HUD 기술에 대해 소개하고, 영상의 입체감 표시를 위한 무안경 3D 디스플레이 기술의 최근 동향에 대해 소개한다.

본 특집호를 위해 귀중한 시간과 노력을 기울여주신 집필진 여러분께 감사드리며, 본 특집호를 통해 자율주행 HW 및 SW 기반 인공지능 관련 연구가 발전할 수 있는 계기가 되기를 기원한다.

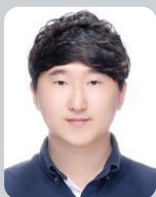
자율주행을 위한 LiDAR 기반 3차원 객체 검출 및 경량화 기술 동향

I. 서론

인공지능은 컴퓨터가 사람의 지성과 같은 행동을 할 수 있도록 입력된 정보를 바탕으로 추론하는 시스템이다. 딥러닝은 인공지능을 학습시키는 머신러닝 기법 중 하나로, 사람의 뉴런 (Neuron)을 모방한 퍼셉트론 (Perceptron)을 연결하여 인공신경망을 구축하고 학습, 추론하도록 하는 기법이다. 딥러닝 기술은 자연어 처리, 음성 인식 뿐만 아니라 컴퓨터 비전 분야에서 두루 사용되고 있다. 컴퓨터 비전은 세상의 시각적 정보를 컴퓨터가 해석하고 이해하여 그 정보에 기반한 결정을 내릴 수 있도록 개발하는 연구 분야이다.

3D 비전 (Vision)은 컴퓨터 비전의 한 분야로, 3차원 공간에서의 물체의 형태와 위치를 인식하는 기술을 말한다. 우리의 눈은 물체의 형태와 거리를 인식하여 3차원의 상상을 가진다. 그러나 컴퓨터는 기본적으로 2차원 영상만을 인식할 수 있다. 3D 비전은 이 문제를 해결하기 위해 연구가 이루어지고 있다. 3D 비전을 사용하면, 컴퓨터가 물체의 형태와 위치를 정확히 인식할 수 있게 되어 로봇틱스, 영상 인식, 자율주행 등 다양한 분야에서 사용할 수 있다.

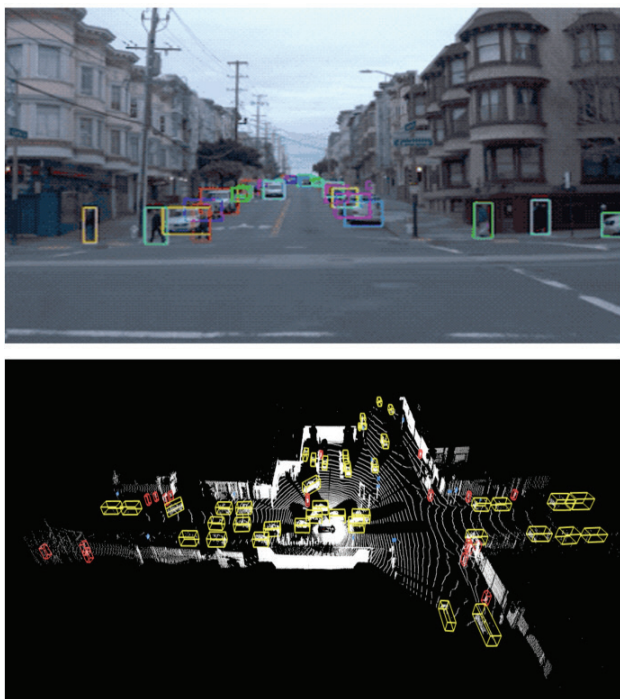
딥러닝을 활용한 인공지능의 발전에 따라 객체 검출 기술이 나날이 진보하고 있다. 컴퓨터 비전 기반의 객체 검출 기술은 입력 데이터의 차이 관점에서 2차원 객체 검출과 3차원 객체 검출으로 나눌 수 있다. 2차원 객체 검출 기술은 깊이 (Depth) 정보가 포함되지 않는 RGB, IR 카메라 등으로 촬영된 이미지로부터 객체를 인식하고, 해당 객체의 카테고리 분류와 위치에 대한 예측을 수행한다. 2차원 객체 검출기에 입력된 이미지에는 깊이 정보가 없기 때문에 <그림 1>의 상단에 보이는 그림과 같이 사각형의 바운딩 박스 (Bounding box)를 활용하여 객체의 위치를 예측한다. 반면에 3차원 객체 검출 기술은 3D 비전 기술을



조 현
아주대학교



황 원준
아주대학교



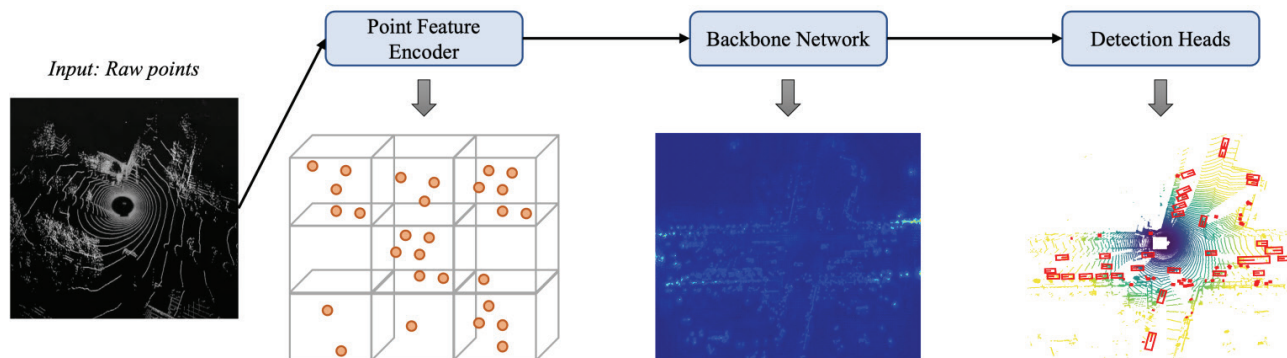
〈그림 1〉 2차원 객체 검출과 3차원 객체 검출의 예시

바탕으로, 라이다 (LiDAR) 또는 레이더 (RADAR)를 활용하여 수집된 포인트 클라우드로부터 객체의 모양을 추론하고 카테고리 분류 및 위치 예측을 수행한다. 이때, 3차원 객체 검출기는 깊이까지 추론하기 때문에 2차원 객체 검출과 달리 정육면체의 바운딩 박스를 활용한다.

앞서 설명한 차이로 인해, 2차원 객체 검출을 위한 모델과 3차원 객체 검출 모델은 구조적 차이가 존재한다. 2차원 객체 검출을 위한 딥러닝 모델의 기본적인 구조는 백본 (backbone), 넥 (neck), 헤드 (head)로 구성된다. 백본은 이미지로부터 특징을 추출하기 위한 모듈

(module)로써 컨볼루션 레이어 (convolution layer)들로 이루어진 딥러닝 네트워크이다. 넥은 백본과 헤드를 이어주는 연결부이며, 백본에서 추출된 특징으로부터 검출하고자하는 객체가 존재할 것으로 예상되는 위치의 후보를 추천하는 역할을 수행한다. 마지막으로 헤드는 최종적으로 카테고리의 분류와 위치에 대한 회귀 예측을 수행한다. 〈그림 2〉에 보이는 것과 같이, 3차원 객체 검출 모델 또한 포인트 클라우드 인코더 (encoder), 백본, 헤드와 같이 3가지의 모듈로 구성된다. 포인트 클라우드 인코더는 장면에 존재하는 모든 포인트로부터 객체에 관련된 특징 (feature)을 연산하는 모듈이다. 백본은 객체의 특징을 활용하여 Bird-eye-view (BEV) 형태로 맵핑된 특징으로 변환시킨다. 3차원 객체 모델의 헤드는, 2차원 객체 모델의 헤드와 달리, 객체의 위치 뿐만 아니라 물체의 지면으로부터의 높이, 방향 등을 추가적으로 추론한다.

객체 검출 모델의 상용화를 위해서는 경량화가 필수적이다. 딥러닝 모델의 많은 연산량과 메모리 사용량은 학습 파라미터로부터 비롯된다. 현재까지 개발된 객체 검출 모델의 파라미터는 최소 수백만개의 파라미터를 가지고 있으며, 파라미터와 입력 데이터 값의 컨볼루션을 사용하여 학습 및 추론을 하기 때문에 연산량은 수억 번의 연산을 수행한다. 딥러닝 모델의 대표적인 경량화 기법은 양자화 (quantization), 네트워크 프루닝 (pruning), 지식 증류 기법 (knowledge distillation)이 있다. 딥러닝 모델의 학습파라미터는 32 bit의 실수형 변수를 사용하는데 이를 정수형으로 변환하여 메모리 사용량을 줄이고 연산 속도를 빠르게 한다. 네트워크 프루닝은 조밀하게 연결된

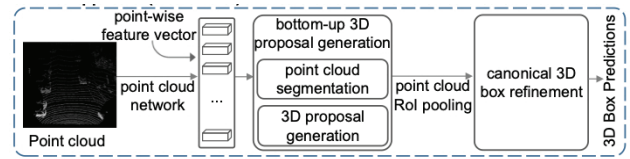


〈그림 2〉 딥러닝 기반의 3차원 객체 검출 모델 예시

딥러닝 네트워크의 특성 상 거의 사용되지 않아 0에 가까운 가중치가 학습된 파라미터를 제거하여 경량화 하는 기법이다. 양자화와 네트워크 프루닝은 메모리의 사용량과 연산속도 향상의 척도에 비례하여 성능의 하락폭도 크다. 또한 모델의 학습 이후 경량화를 수행하기 때문에 모델의 구조를 수정하기 어렵다는 단점이 존재한다. 지식 증류 기법은 성능이 좋은 큰 규모의 딥러닝 네트워크를 교사 모델로 삼아 상대적으로 작은 규모의 네트워크를 설계하여 이를 가르치는 방법으로, 다른 두 방법과는 달리 학습 전에 경량화를 수행하기 때문에 비교적 모델의 수정이 자유롭고 원하는 만큼의 경량화를 수행할 수 있다. 이러한 장점으로 인해 최근 많은 지식 증류 기법에 대한 연구가 수행되고 있으며, 본 고에서는 지식 증류 기법을 중심으로 경량화 기법의 개발 동향을 소개하고자 한다. II장에서는 3차원 객체 검출 기법의 동향을, III장에서는 지식 증류 기법의 동향을 소개한다. IV장에서는 최근 공개된 3차원 객체 검출 모델을 위한 지식 증류 기법을 소개하고, V장에서 결론을 맺는다.

II. 3차원 객체 검출 기법 동향

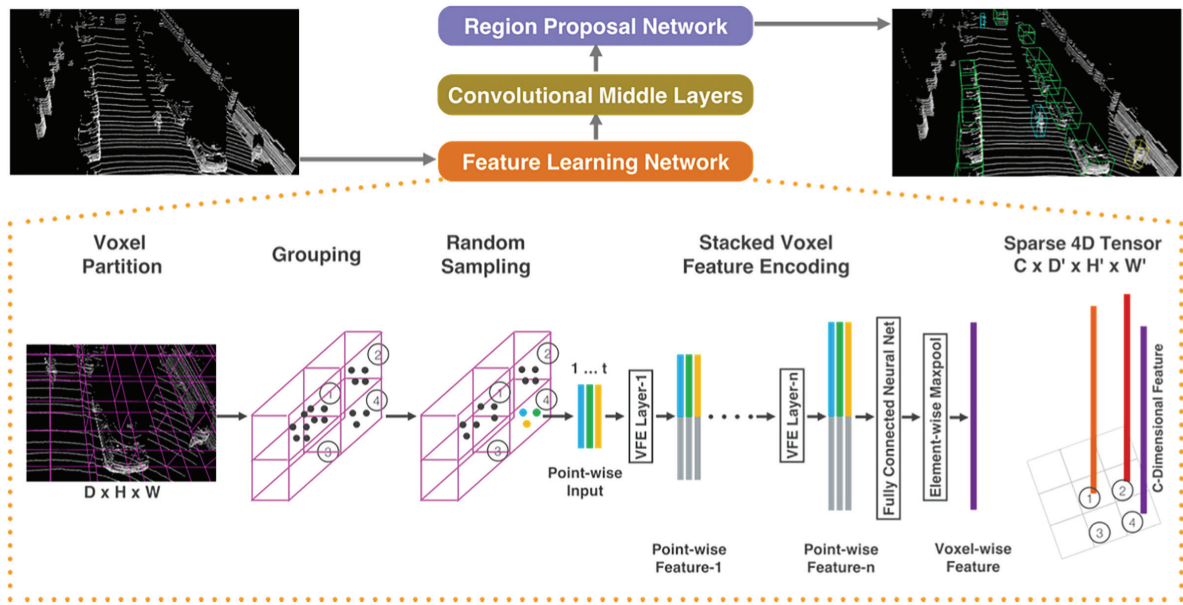
딥러닝 모델 기반의 3차원 객체 검출 기법은 포인트 기반, 그리드 기반, 하이브리드 기반으로 분류된다. 포인트 기반은 입력된 포인트 클라우드를 전처리 작업 없이 포인트 자체의 특징을 추출하는 것에 초점을 둔다. PointNet^[1]은 포인트 순서에 대한 영향인 permutation invariance를 제거하는 대칭 함수 (symmetric function)와 장면의 회전에 의한 영향을 제거하는 T-Net을 바탕으로 분류 및 분할 (segmentation) 모델을 구현하여 제안하였다. PointNet을 바탕으로 2019년 발표된 PointRCNN^[2]은 bottom-up 방식으로 생성된 객체를 구성하는 포인트들의 후보와 연계된 의미론적 단서를 학습하는 검출 기법(〈그림 3〉 참조)을 제안하였다. 3DSSD^[3]는 특징 공간 (feature space) 상의 특징들 간의 거리를 활용하여 효과적으로 무의미한 포인트들을 제거하는 샘플링 기법을 적용하여 효율적인 3차원 객체 검출 모델을 제안하였다.



〈그림 3〉 포인트 기반 특징 추출을 활용한 3차원 객체 검출 모델^[2]

그리드 기반 기법은, 〈그림 4〉에 보이는 예시처럼, 포인트 클라우드를 컴팩트 (compact)한 그리드로 복셀화 (voxelization)하는 것을 기반으로 하는 방법이다. 그리드 기반의 검출기는 지역적 특성이 강조되어 모델의 학습이 원활하고 객체에 더욱 집중한 특징을 추출할 수 있어 가장 활발히 연구되고 있는 분야이다. VoxelNet^[4]은 대표적인 그리드 기반의 모델 중 하나로써, fully connected (FC) 레이어를 활용하여 학습 기반의 복셀화 기법을 제안하고 종단간 (end-to-end) 학습이 가능한 3차원 객체 검출 모델이다. PointPillars^[5]는 복셀화에 소요되는 시간을 줄이기 위해 수직 기둥 형태의 포인트 클라우드 표현 (representation)을 학습하는 기법을 제안하였다. 2021년에는 다수의 그리드 기반 기법들이 발표되었다. CenterPoint^[6]는 객체의 중심점을 예측하는 anchor-free 기반 검출기를 제안하였다. CenterPoint는 PointPillars와 VoxelNet을 바탕으로 BEV를 추출하고 바운딩 박스를 추론하기 위한 다수의 검출 헤드들을 활용하였다. Part-A²^[7]은 객체를 분할하여 지역적 검출에 초점을 둔 기법이다. Part-A²은 3차원 객체 후보와 객체의 부분 위치 추정의 정확성을 위해 ground-truth 박스로부터 파생된 free-of-charge 부분을 학습하는 part-aware 단계와 객체의 부분 위치의 공간 관계를 탐색하여 바운딩 박스에 다시 점수를 매기고 박스의 위치를 구체화하는 part-aggregation 단계로 구성되어 정확도의 향상을 목적으로 개발되었다.

〈그림 5〉는 하이브리드 기반의 3차원 객체 검출 기법의 예시를 보여준다. 하이브리드 기반 기법은 포인트 기반과 그리드 기반의 장점을 융합하는 것을 목적으로 한다. PV-RCNN^[8]은 CVPR 2020에서 발표된 기법으로 그리드 기반의 효율성 및 정확성과 포인트 기반 네트워크의 유연성을 이점으로 활용한 기법이다. 그리드 기반의 3D 후보 제안을 바탕으로 RoI 그리드 풀링을 통해 풍



〈그림 4〉 학습 모델을 활용한 복셀화 기반의 검출 모델 [4]

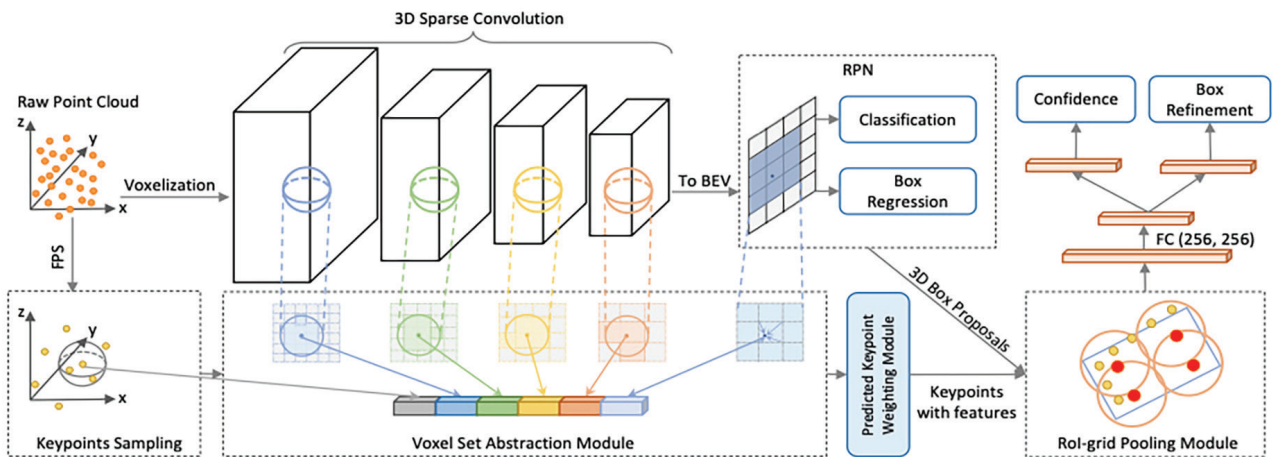
부한 정보를 가진 특징을 제공하는 기법으로 성능 향상에 초점을 맞춰 개발되었다. 같은 해 발표된 SA-SSD [9]은 그리드 기반 네트워크와 포인트 기반 방식의 보조 네트워크를 활용하여 검출기를 설계한 기법이다. 그리드 기반 네트워크를 통해 포인트 클라우드로부터 특징을 추출하고 보조 네트워크의 입력으로 사용한다. 보조 네트워크는 3D 컨볼루션 레이어를 활용하여 입력된 특징을 구성하는 텐서 (tensor)로부터 특징을 추출하고 다시 포인트로 변환하여 주변 포인트들의 특징을 포함하는 결과를 출력한다. 이를 기반으로 포인트 기반 방식의 학습을 진행하여

검출 정확도를 향상시켰다.

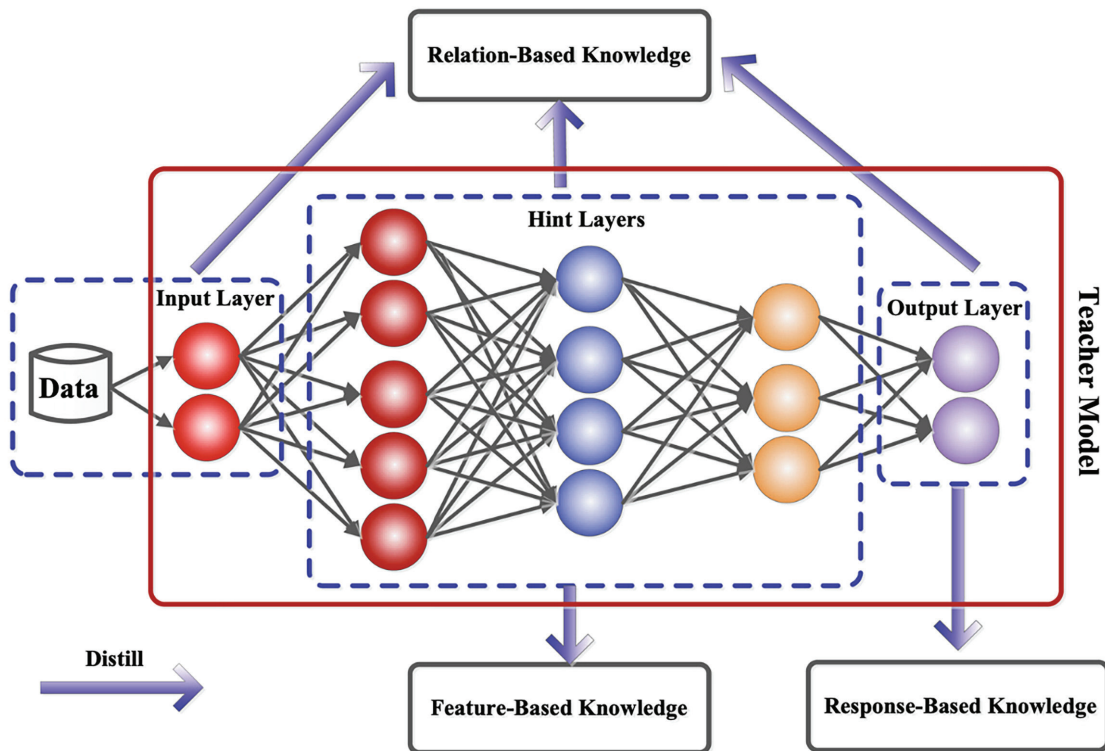
앞서 소개한 바와 같이, 3차원 객체 검출을 위한 연구는 많이 진행되었음에도 불구하고 성능 향상에 치중한 연구가 주를 이루었기 때문에 실제 적용된 사례는 극히 드물다. 다음 절에서는 딥러닝 기반 모델을 실세계에 적용하기 위한 지식 증류 기법의 동향을 소개한다.

III. 지식 증류 기법 동향

지식 증류 기법은 기본적으로 학습 파라미터가 많아 학



〈그림 5〉 그리드 기반의 3D 후보 제안 및 포인트 기반의 RoI 풀링 기법을 활용한 하이브리드 기반 검출 모델 [8]



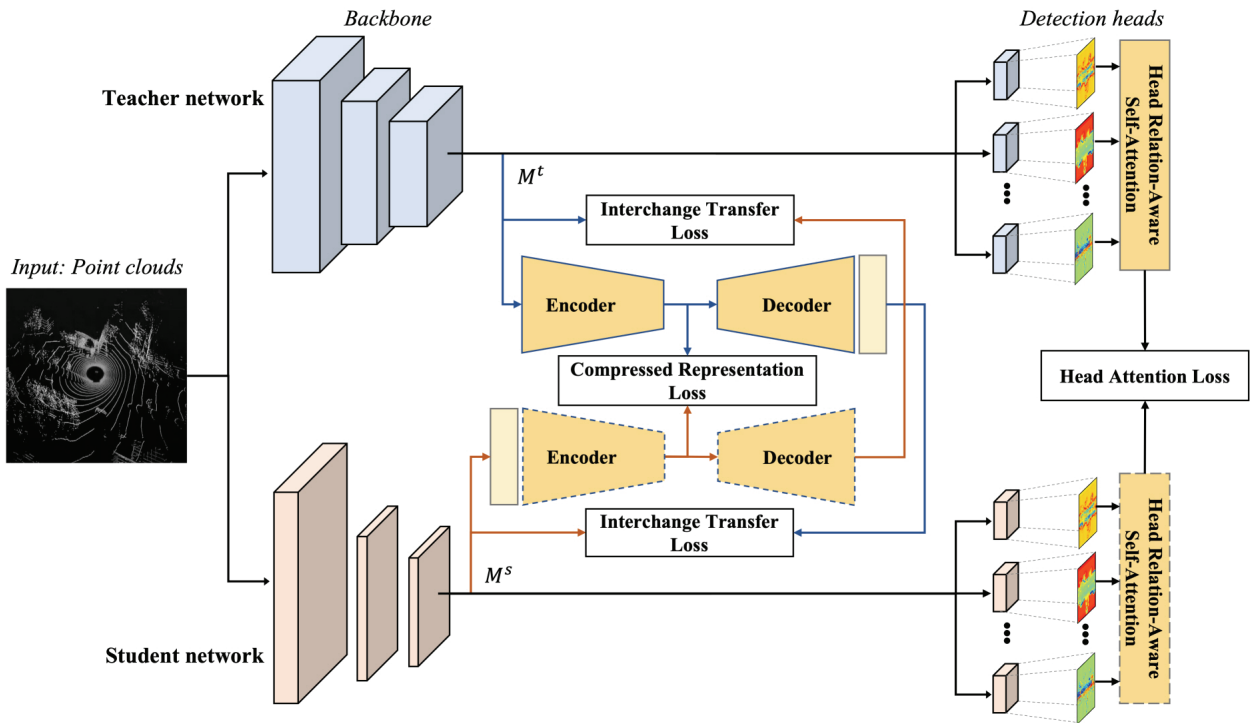
〈그림 6〉 교사 모델에서 응답 기반 지식, 특징 기반 지식, 관계 기반 지식의 원천에 대한 도식적 그림^[10]

습 역량이 뛰어나고 좋은 성능을 보여주는 교사 모델을 활용하여 상대적으로 적은 파라미터를 가진 학생 모델에게 추가적인 지도 신호 (guidance signal)를 줌으로써 학생 모델이 보유한 잠재력을 이끌어 내 정확도를 향상시키는 기법이다. 지식 증류 기법은 KL divergence를 이용하여 교사 모델이 예측한 확률을 전달하는 Hinton's KD^[11]를 처음으로 다양한 방법들이 제안되었다. 〈그림 6〉에서 볼 수 있듯이, 지식 증류 기법은 크게 응답 (response) 전달 기반, 특징 전달 기반, 관계 전달 기반과 같이 3가지 방식으로 구분할 수 있다. 응답 전달 기반 기법은 Hinton's KD와 같이 모델의 출력 단에서 나온 결과를 전달하는 방법이다. EOD-KD^[12]는 가중치가 적용된 cross-entropy loss와 bounded regression loss, smoothL1 loss를 통해 2차원 객체 검출 모델을 위한 지식 증류 기법을 제안하였다. FPD^[13]는 사람의 자세 추정을 위해 조인트 레이블을 표현하는 가우시안 컨피던스 맵 (Gaussian confidence map)을 전달하는 방법을 제안하였다.

특징 전달 기반 기법은 2015년 발표된 FitNet^[14]에서

처음 제안되었다. FitNet은 딥러닝 모델의 히든 레이어 (Hidden layer)에서 나오는 중간 특징을 전달하는 방식으로 교사 모델과 학생 모델의 특징 크기 차이를 극복하기 위해 가이드 레이어를 추가하여 학생 모델의 크기를 증가시켜 전달하였다. AT^[15]는 attention 모듈을 활용하여 교사가 주목하는 특징의 위치와 학생이 주목하는 위치를 동일하기 만드는 기법을 제안했다. FT^[16]는 오토인코더 (Auto-encoder)를 사용하여 교사의 특징 중 중요한 요소를 전달하는 기법을 제안하였다. 교사 모델의 중간 레이어 특징을 재건축하도록 오토 인코더를 학습시킨 후, 인코더의 출력과 학생 모델에 반영한다. 이를 통해, 학생 모델은 교사 모델의 특징에서 중요한 요소를 반영한 특징을 생성하는 방식이다. IEKD^[17]는 FT에서 영감을 받아 오토인코더를 사용하는 방식을 채택하였다. 교사 모델의 특징을 일부 닮도록 하는 inheritance loss와 학생 모델 스스로 특징 공간을 탐색하는 exploration loss를 활용하여 학생 모델의 성능을 향상시켰다.

관계 전달 기반 기법은 특징 전달 기반과 유사하게 중



〈그림 6〉 Interchange transfer 기반의 3차원 객체 검출 모델을 위한 지식 증류 기법 프레임워크 [26]

간 레이어의 특징을 활용한다. 다만, 직접적인 특징의 전달이 아닌 다른 레이어들과의 관계 또는 데이터 샘플들 간의 관계를 활용하여 지식을 전달한다는 차이가 존재한다. RKD [18]는 데이터 샘플 사이의 상관 관계를 전달하는 방식이다. RKD는 구조적 차이에 패널티를 가하는 거리 및 각도별 지식 증류 손실 함수를 통해 학생 모델을 개선한다. CRD [19]는 contrastive learning을 활용하여 교사와 학생 모델의 상호 정보 (mutual information)의 하한 경계를 최대화하는 것을 목표로, 두 모델이 같은 표현 (representation)을 생성하도록 학습하는 기법을 제안하였다.

3D vision을 위한 지식 증류 기법은 멀티 모달이나 도메인 적응 기법에 응용하기 위해 연구되어왔다. TOFD [20]는 3차원 분류 모델을 위한 특징 기반 지식 증류 기법을 제안하였다. 검출 모델의 중간 레이어들에 헤드를 삽입하여 중간 검출 결과를 전달함과 동시에 특징을 함께 전달하여 목적에 맞는 지식을 추출하고 전달한다. 같은 해 ECCV 워크샵에서 발표된 Yue Wang et al. [21]는 다중 프

레이스로 학습한 교사 모델의 지식을 학생 모델에게 전달하여 단일 프레임만 활용했을 때의 성능을 향상시키기 위한 지식 증류 기법을 제안하였다. 이 외에 성능 향상을 위해 자기 증류 (Self-distillation) 방식의 set-to-set distillation을 제안한 object DGCNN [22], 멀티 모달 (Multi-modal)을 위한 CMKD [23], S2M2-SSD [24] 등의 지식 증류 기법을 응용한 사례들이 존재한다.

IV. 3차원 객체 검출 모델의 경량화를 위한 지식 증류 기법

3차원 객체 검출 모델의 정확도 향상에 발맞춰 상용화에 대한 관심 또한 급증하고 있다. 기존의 검출 기법들을 상용화하기 위해서 딥러닝 모델의 경량화를 통한 연산량 및 파라미터 감소가 필수적이다.

SparseKD [25]는 3차원 객체 검출 모델인 CenterPoint를 기반 모델로 활용하고 경량화를 위하여 학생 모델의 설계에 집중한 연구이다. SparseKD의 기반 검출 모델

이 되는 CenterPoint는 PointPillars를 활용해 특징을 추출하는 CP-PP와 VoxelNet을 활용하는 CP-Voxel으로 구분된다. CP-PP는 pillar를 생성하는 pillar feature encoder에서 많은 레이턴시가 발생하기 때문에, 그리드의 크기를 증가시켜 입력 해상도를 감소시키는 방식을 활용하였다. CP-Voxel의 경우, 복셀화를 위한 네트워크가 많은 파라미터를 가지며 가장 많은 레이턴시를 발생시키기 때문에 복셀화 네트워크 및 백본 네트워크의 채널을 감소시킨 학생 모델을 설계하였다.

3차원 객체 검출 모델을 위한 지식 증류 기법은 고밀도의 이미지와 달리 포인트들의 sparsity를 잘 처리하는 것이 중요하다. SparseKD에서는 이를 해결하기 위해 백본 네트워크의 특징에서 객체가 존재하는 위치에 대한 마스크를 적용하여 주요 객체에 대한 특징을 닦아가도록 설계하였다. 또한 검출 결과의 전달을 위해 교사 네트워크의 컨피던스를 활용한 응답 기반 지식 증류 기법을 적용하였다.

또다른 연구로는 interchange transfer 기반의 지식 증류 기법^[26]인 itKD (interchange transfer Knowledge Distillation)가 있다. itKD는 3차원 객체 검출에 적합한 신규 지식 증류 기법과 더불어 파라미터의 경량화에 초점을 두어 모델에서 파라미터가 가장 많은 백본 네트워크의 채널 크기를 감소시켜 학생 모델을 설계하였다. itKD에서는 오토인코더를 활용하여 3차원 표현 중심의 지식을 전달하는 compressed representation loss와 interchange transfer loss와 head relation-aware self-attention 모듈을 활용한 검출 결과 중심의 지식을 전달하는 head attention loss를 소개한다. compressed representation loss는 인코더를 통해 압축된 두 모델의

표현을 같아지도록 만들어, 물체의 중심점에 분포하는 표현을 전달한다. interchange transfer loss는 상대 모델의 백본 특징을 재건하도록 하여, 학생 모델은 교사 모델의 특징을 재건하며 학습한다. 이와 동시에 교사 모델의 특징을 입력으로 학생 모델의 특징을 재건하므로써 오토 인코더가 학생 중심의 지식을 생성하도록 모델을 정규화한다. 이에 더해, head attention loss는 다수의 헤드로 구성된 검출기로부터 나온 출력들을 self-attention을 활용하여 교사 모델과 학생 모델이 같은 위치에 주목할 수 있도록 돕는다.

〈표 1〉은 3차원 객체 검출 모델의 효율성을 비교하여 보여준다. 최신 3차원 객체 검출 모델의 벤치마크에 활용되는 대표적인 데이터 셋은 미국의 Waymo社에서 수집하고 공개한 Waymo open dataset^[27]이다. 5개의 라이다 센서를 활용하여 미국의 1000여 개의 장소에서 약 1200만개의 객체를 포함하는 23만개의 장면을 포함한 대규모 데이터 셋이다. Waymo open dataset의 평가는 mAPH로 이루어지며 객체의 진행방향에 대한 점수와 mAP에 가중치를 부여하여 계산한다. $h(r')$ 이 heading accuracy에 의해 가중치가 적용된 P/R curve를 연산하는 함수일 때, mAPH의 수식은 다음과 같다:

$$100 \int_0^1 \max(h(r') | r' \geq r) dr.$$

〈표 1〉에서 보이는 것과 같이, 지식 증류 기법이 적용되지 않은 상단의 3개의 기법의 경우 많은 양의 학습 파라미터와 연산량을 필요로 한다. 반면, 지식 증류 기법을 적용한 모델의 경우 높은 성능과 함께 상대적으로 파라미터가 적거나 연산량이 적은 것을 확인할 수 있다.

V. 결론

딥러닝의 발전으로 포인트 클라우드를 활용한 3차원 객체 검출 방법들이 활발하게 연구가 되었고, 현재까지도 다양한 방법들이 소개되고 있다. 자율 주행에 있어 3차원 객체 검출을 위한 알고리즘 개발은 SW구성의 핵심이며, 지식 증류 기법은 객체 검출 알고리즘의 상용화를 위한 첫 번째 단계라고 할 수 있다. 또한 3차원 객체 검출

〈표 1〉 3차원 객체 검출 모델의 효율성 비교

Method	Params (M)	FLOPS (G)	mAPH / L2
PointPillars	4.8	255.0	57.05
SECOND	5.3	84.5	57.23
CenterPoint	5.2	333.9	60.13
SparseKD	5.2	85.1	58.89
itKD	1.5	130.1	59.04



모델을 위한 지식 증류 기법은 자율 주행 뿐만 아니라 드론, 지능형 로봇 서비스 등과 같이 다양한 분야에서 활용이 가능하다.

본 고에서 소개한 바와 같이, 3차원 객체 검출 모델의 경량화를 위한 지식 증류 기법의 연구는 시작 단계에 불과하다. 현재까지 연구된 내용은 그리드 기반의 모델에 한정된 기법을 제안했기 때문에 다양한 모델 기반의 연구와 검증이 필요하다. 결론으로, 자율 주행의 상용화를 위해서는 3차원 객체 검출 모델의 경량화를 위한 지식 증류 기법에 대한 꾸준한 개발과 적용이 필요하다.

참고 문헌

- [1] Charles R. Qi, Hao Su, Kaichun Mo, Leonidas J. Guibas, PointNet: Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation, CVPR 2017.
- [2] Shao-su Shi, Xiaogang Wang, Hongsheng Li, PointRCNN: 3D Object Proposal Generation and Detection from Point Cloud, CVPR 2019.
- [3] Zetong Yang, Yanan Sun, Shu Liu, Jiaya Jia, 3DSSD: Point-based 3D Single Stage Object Detector, CVPR 2020.
- [4] Yin Zhou, Oncel Tuzel, VoxelNet: End-to-End Learning for Point Cloud Based 3D Object Detection, CVPR 2018.
- [5] Alex H. Lang, Sourabh Vora, Holger Caesar, Lubing Zhou, Jiong Yang, Oscar Beijbom, PointPillars: Fast Encoders for Object Detection from Point Clouds, CVPR 2019.
- [6] Tianwei Yin, Xingyi Zhou, Philipp Krahenbuhl, Center-based 3D Object Detection and Tracking, CVPR 2021.
- [7] Shaoshuai Shi, Zhe Wang, Jianping Shi, Xiaogang Wang, Hongsheng Li, From Points to Parts: 3D Object Detection from Point Cloud with Part-aware and Part-aggregation Network, T-PAMI 2020.
- [8] Shaoshuai Shi, Chaoxu Guo, Li Jiang, Zhe Wang, Jianping Shi, Xiaogang Wang, Hongsheng Li, PV-RCNN: Point-voxel feature set abstraction for 3D object detection, CVPR 2020.
- [9] Chenhang He, Zeng Hui, Jianqiang Huang, Xiansheng Hua, Lei Zhang, SA-SSD: Structure Aware Single-stage 3D Object Detection from Point Cloud, CVPR 2020.
- [10] Jianping Gou, Baosheng Yu, Stephen J. Maybank, Dacheng Tao, Knowledge distillation: A survey, IJCV 2021.
- [11] Geoffrey Hinton, Oriol Vinyals, Jeff Dean, Distilling the Knowledge in a Neural Network, NIPS 2014 Deep Learning Workshop.
- [12] Guobin Chen, Wongun Choi, Xiang Yu, Tony Han, and Manmohan Chandraker, Learning efficient object detection models with knowledge distillation, NIPS 2017.
- [13] Feng Zhang, Xiatian Zhu, and Mao Ye, Fast human pose estimation, CVPR 2019.
- [14] Adriana Romeo, Nicolas Ballas, Samira Ebrahimi Kahou, Antoine Chassang, Carlo Gatta, Yoshua Bengio, FitNets: Hints for Thin Deep Nets, ICLR 2015.
- [15] Sergey Zagoruyko, Nikos Komodakis, Paying More Attention to Attention: Improving the Performance of Convolutional Neural Networks via Attention Transfer, ICLR 2017.
- [16] Jangho Kim, Seonguk Park, Nojun Kwak, Paraphrasing Complex Network: Network Compression via Factor Transfer, NeurIPS 2018.
- [17] Zhen Huang, Xu Shen, Jun Xing, Tongliang Liu, Xinmei Tian, Houqiang Li, Bing Deng, Jianqiang Huang, Xian-Sheng Hua, Revisiting Knowledge Distillation: An Inheritance and Exploration Framework, CVPR 2021.
- [18] Wonpyo Park, Dongju Kim, Yan Lu, and Minsu Cho, Relational knowledge distillation, CVPR 2019.
- [19] Yonglong Tian, Dilip Krishnan, Phillip Isola, Contrastive Represnetation Distillation, ICLR 2020.
- [20] Linfeng Zhang, Yukang Shi, Kaisheng Ma, Chenglong Bao, Task-Oriented Feature Distillation, NeurIPS 2020.
- [21] Yue Wang, Alireza Fathi, Jiajun Wu, Thomas Funkhouser, and Justin Solomon, Multi-frame to single-frame: Knowledge distillation for 3D object detection, ECCV 2020 workshop.
- [22] Yue Wang, Justin Solomon, ObjectDGCNN: 3D Object Detection using Dynamic Graphs, NeurIPS 2022.
- [23] Yu Hong, Hang Dai, Yong Ding, Cross-Modality Knowledge Distillation Network for Monocular 3D Object Detection, ECCV 2022.

- [24] Wu Zheng, Mingxuan Hong, Li Jiang, Chi-Wing Fu, Boosting 3D Object Detection by Simulating Multimodality on Point Clouds, CVPR 2022.
- [25] Jihan Yang, Shaoshuai Shi, Runyu Ding, Zhe Wang, Xiaojuan Qi, Towards Efficient 3D Object Detection with Knowledge Distillation, NeurIPS 2023.
- [26] Hyeon Cho, Junyong Choi, Geonwoo Baek, Wonjun Hwang, itKD: Interchange Transfer-based Knowledge Distillation for 3D Object Detection, arXiv:2205.15531, 2022.
- [27] Pei Sun, Henrik Kretzschmar, Xerxes Dotiwalla, Aurelien Chouard, Vijaysai Patnaik, Paul Tsui, James Guo, Yin Zhou, Yuning Chai, Benjamin Caine, Vijay Vasudevan, Wei Han, Jiquan Ngiam, Hang Zhao, Aleksei Timofeev, Scott Ettinger, Maxim Krivokon, Amy Gao, Aditya Joshi, Sheng Zhao, Shuyang Cheng, Yu Zhang, Jonathon Shlens, Zhifeng Chen, Dragomir Anguelov, Scalability in Perception for Autonomous Driving: Waymo Open Dataset, CVPR 2020.



조 현

• 2018 년 2 월 아주대학교 소프트웨어학과 학사

〈관심 분야〉

Computer Vision, Pattern Recognition, Knowledge Distillation, Representation Learning, Self-Supervised Learning, Deep Learning, Point Cloud-based 3D Object Detection



황 원 준

- 1999년 2월 고려대학교 전기전자공학부 학사
- 2001년 2월 고려대학교 전기전자공학부 석사
- 2016년 2월 한국과학기술원 (KAIST) 전기및전자공학부 박사
- 2001년 3월 ~ 2016년 8월 삼성전자 종합기술원 전문연구원
- 2016년 9월 ~ 2020년 8월 아주대학교 소프트웨어학과 조교수
- 2020년 9월 ~ 현재 아주대학교 소프트웨어학과 부교수
- 2022년 9월 ~ 2023년 8월 네이버 AI Lab 자문위원

〈관심 분야〉

Computer Vision, Pattern Recognition, Knowledge Distillation, Representation Learning, Self-Supervised Learning, Domain Adaptation, Deep Learning

자율주행을 위한 강화학습 기술 동향

I. 서론

IT 기술의 발달은 산업계와 대중 모두에게 영화에서나 보던 자율주행차가 실현 가능할지도 모른다는 메시지를 던지고 있다. 첨단화된 통신기술, 센서 기술, 그리고 인공지능기술은 마치 우리의 의도를 알아서 이해하고 가장 알맞은 형태로 운전이라는 서비스를 제공할 수 있을 것 같다.

자율주행의 현실화는 현대문명을 한 단계 이상 도약시킬 수 있는 기술로 주목받는다^[1]. 많은 인류가 운전이라는 노동에서 벗어나게 되기에 사회 가용 자원이 늘어나게 된다. 또한, 신호 위반, 졸음운전 등 사용자 과실로 인해 발생하는 교통사고를 획기적으로 줄일 수 있게 되고, 숙련 운전 노동자를 양성하는 데에 들어가는 모든비용들이 사라지게 된다. 다시 말하자면 물류의 이동, 사람의 이동에 들어가는 모든 것이 첨단화되고 자동화된다는 뜻이므로 그 파급효과는 상상할 수 없을 만큼 크다.

이 때문에, 구글, 바이두, 아마존 등의 빅테크 기업은 모빌리티 서비스 분야로 사업을 확장 중이고, 엔비디아, 인텔 등은 반도체, CPU, GPU 기술력을 바탕으로 완성차 제조사에 자율주행 플랫폼을 제공하고 있다. 소프트웨어 역량이 부족한 기존 완성차 업체들의 경우 각종 소프트웨어 스타트업을 인수하고 기업 간 제휴를 맺으며 주도권 다툼을 벌이고 있다. 각국 정부는 자율주행 시장을 미래 성장 동력으로 보고 각종 규제를 완화하고 신산업을 지원하기 위한 정책 지원을 강화하고 있으며, 시범 자율주행 운행 지구 운영, 연구비 확대 등 다방면으로 노력을 기울이고 있다.



강형엽
경희대학교

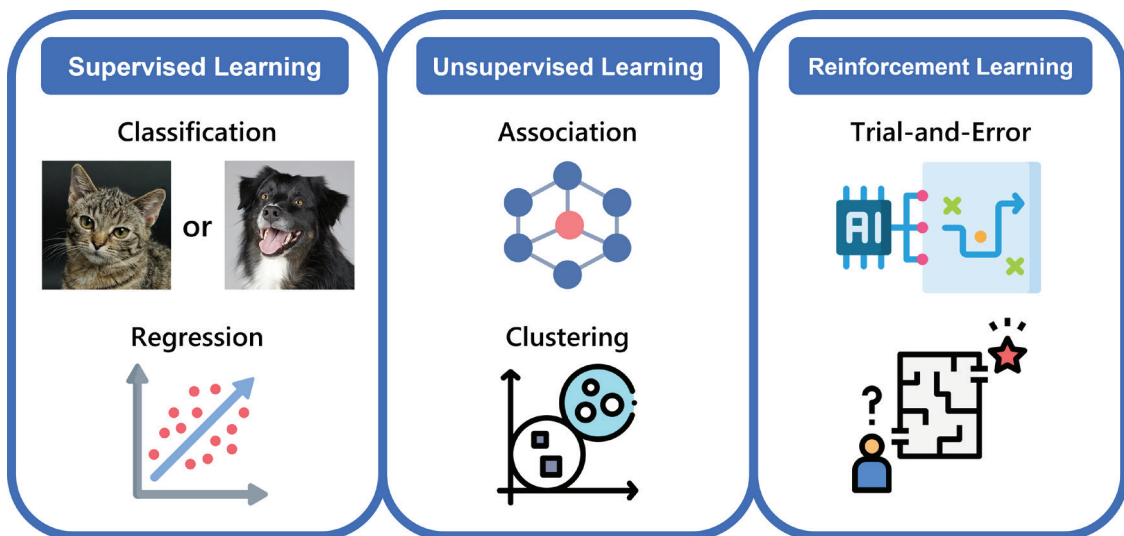
자율주행을 달성하기 위해서는 운전자가 주변 정보를 받아들이고 판단하여 실시간에 자동차를 조종하는 일련의 업무를 소프트웨어가 완벽하게 대체할 수 있어야 한다. 과거에는 상태 머신 (state machine)의 형태로 특정 조건에 맞는 행동을 소프트웨어가 행동하게 함으로써 이를 달성하려고 했었다. 예를 들어, ‘주행 중인 자동차는 중앙선을 침범하지 않고 하얀색 라인을 따라 주행하며, 오른쪽에서 운전하던 차가 왼쪽으로 끼어들면 감속을 통해 자리를 내어주게 한다’라는 식의 조건과 행동을 정의하는 식이었다. 하지만 이러한 방식은 수많은 예외와 돌발상황이 발생하는 실제 주행환경에는 반영할 수 없었고, 한 번의 에러는 치명적인 사고로 이어지는 운전의 특성상 실제 세계에 적용될 수 없는 기술로 치부되곤 하였다.

하지만 최근 인공지능 기술의 발달은 과거의 한계를 뛰어넘을 수 있는 단초를 제공하였다. 인공지능은 방대한 양의 정보를 바탕으로 사람의 행동 양식을 습득하여 마치 사람처럼 사고하고 판단할 수 있는 소프트웨어이다. 이를 자율주행에 적용하게 되면, 주행을 위해 필요한 규칙을 지키면서도 돌발상황에서도 사람처럼 유연하게 대응 가능한 소프트웨어를 만들 수 있게 된다.

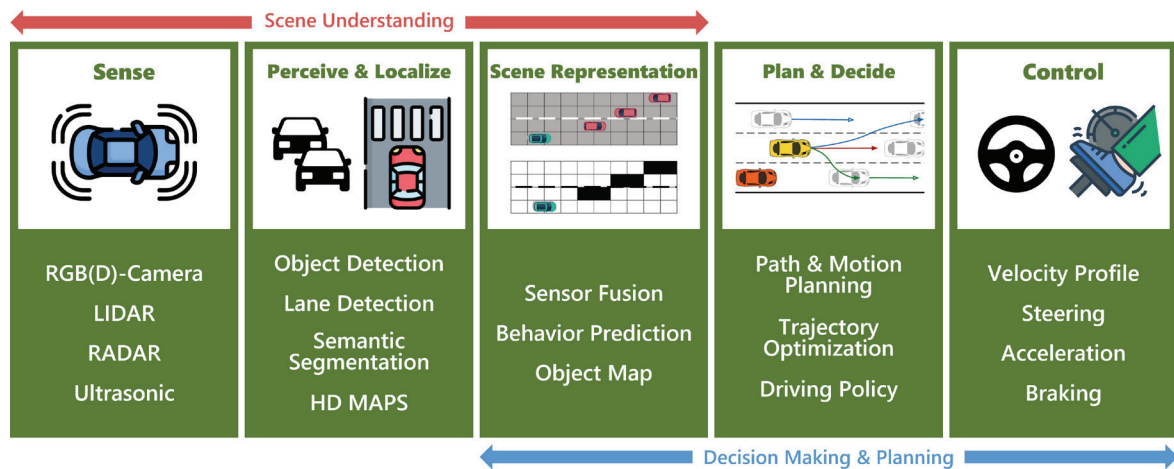
인공지능을 달성하기 위한 기계학습 방법론은 크게 지도학습, 비지도학습, 강화학습의 3가지로 분류된다 (그림1). 지도학습의 경우 주어진 데이터(input)와 그 해

결방법(output)을 커플링하고 이를 통해 input에 따른 정해진 해결책을 인공지능이 수행하도록 학습시키는 것이다. 비지도 학습의 경우 input만을 제공하고, 그 데이터 사이에 존재하는 의미나 input에 따른 해결법을 인공지능이 알아서 찾으려 하는 것이다. 강화학습의 경우 학습시키는 대상 인공지능(agent)을 정의하고, agent가 어떤 환경(state)에서 어떤 행동(action)을 취하면 어떤 보상을 얻는지를 정의하여 특정 상황에서 올바른 행동을 수행하도록 학습하는 방법론이다.

이들 중에서 자율주행 인공지능은 주로 강화학습을 통해 학습을 진행하게 되는데, 여기에는 크게 3가지 이유가 있다: 1) 자율주행 차량이 존재하는 환경에 따라서 취해야 하는 가장 알맞은 행동이 달라지기 때문에 input에 따른 가장 적절한 output의 명확한 정의가 불가능하다. 예를 들어, 주변에 차가 없는 직선 도로를 주행할 때 가장 알맞은 자동차의 속력과 같은 환경이라도 눈이 오는 환경에서의 가장 알맞은 자동차의 속력은 달라진다. 주변에 차가 없는 도로라고 해도 시골길을 달리고 있는지, 도시를 달리고 있는지에 따라서도 가장 알맞은 자동차의 속력이 달라진다. 2) 자율주행 차량의 현재 state를 주변 환경 파라미터를 통해서 정의하고 이에 따른 input/output 학습 데이터를 준비하기에는 너무나 많은 비용이 소모된다. 예를 들어, 자동차의 속도, 회전, 관성, 온도, 주변 차



〈그림 1〉 지도학습, 비지도학습, 강화학습



[그림 2] 자율주행을 달성하기 위해 수행해야 하는 5단계 task

와의 간격, 도로 상태, 날씨에 따른 자동차의 최적 운행 방법은 모두 다를 것이고 이 모든 경우의 수를 학습시키기 위한 데이터를 마련하는 것은 불가능할 것이다. 3) 그림에도 불구하고 자율주행 인공지능은 모호한 환경을 최대한 이해하려고 노력해야 하고, 지니고 있는 지식을 기반으로 최적의 해답을 찾아내 기민하게 대응할 수 있어야 한다. 차량이 없는 직선도로를 달리고 있더라도, 반대편 차선에서 사고가 나서 탈선한 트럭이 갑작스럽게 날아온다면 마치 사람이 대응하는 것처럼 기민하게 이를 피하고 최대한 안전한 운전상태로 돌아올 수 있어야 한다.

강화학습은 위에서 언급한 3가지 문제점들을 모두 극복할 수 있는 인공지능 학습 방법이다. 강화학습은 input에 따른 대응방법을 학습하기보다는 주어진 state에서 다양한 action을 취해보면서 더 높은 보상을 받을 수 있는 방법을 찾아낸다. 이때, 주어진 state는 agent가 완전히 이해할 수 없다. 마치 사람이 자신의 상황에 대해 모든 정보를 동시에 인지하지 못하는 것과 같다. 대신, agent는 다양한 action을 취해볼 수 있고, 그에 따른 결과를 관찰하며 배울 수 있다. 이러한 수많은 trial/error를 통해 자율주행 인공지능은 더 다양한 상황에서 최적의 결과를 내는 특정 행동 패턴을 만들어가게 되는데 우리는 이를 정책(policy)라고 부른다. 이는 마치 수년간의 경험을 통해 초보 운전자가 능숙한 드라이버가 되어가는 모습과 같다. 게다가 state 자체가 agent가 완전히 이해할 수 없었던 상황이었고, 단지 다양한 시도를 통해 대부분의 state에

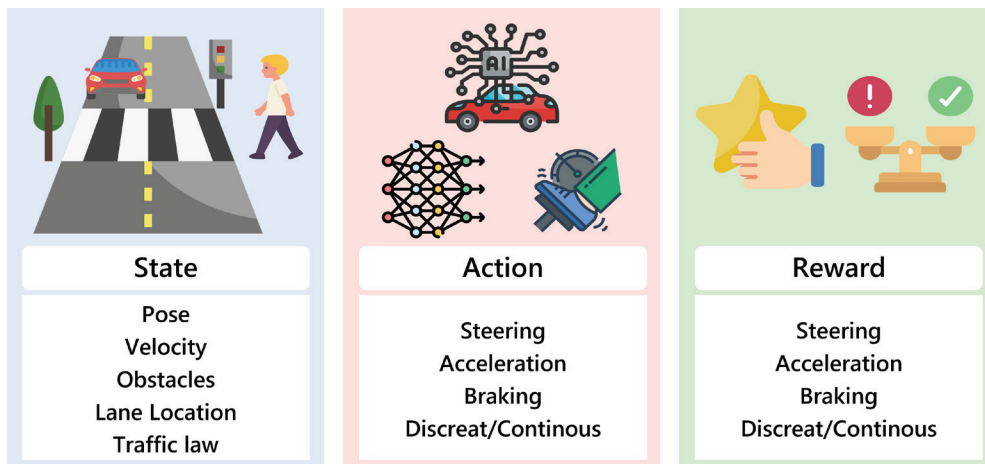
서 가장 최적의 결과를 내는 policy를 학습하였기에, 모호하고 새로운 환경이 나오더라도 어느 정도 학습을 바탕으로 그럴듯한 행동을 취하게 된다.

본 글에서는 자율주행에 필요한 다양한 요소들이 강화학습으로 어떻게 이루어지고 있는지에 대해서 다룰 것이다.

II. 자율주행의 5단계와 인공지능의 적용

자율주행은 크게 5단계의 업무(task)를 통해 달성된다^[2]. 첫 번째 단계는 감지 단계로, 주변 환경 정보를 얻어오는 단계이다. 자율주행을 지원하는 차량의 경우 차량에 수많은 센서들이 달려있고 이를 통해 주변 환경 정보를 실시간에 얻어오게 된다. 대표적인 센서로는 주변 환경을 이미지 데이터로 얻을 수 있는 RGB 카메라, 전파를 사용하여 주변 환경 데이터를 얻을 수 있는 radar, 펄스 레이저를 매개체로 주변 환경 데이터를 얻을 수 있는 LIDAR, 위성에서 보내는 신호를 수신해 차량의 현 위치를 알 수 있는 GPS-GNSS, 차량의 관성 데이터를 얻을 수 있는 IMU 등이 있다.

두 번째 단계는 인지 단계로, 얻어낸 데이터를 처리하여 주변 환경을 정의하기 위한 중간 단계의 데이터를 생성하는 단계이다. 이는 이후에 있을 정책 결정에 사용된다. 주변 차량과의 거리, 차선 탐지, 중앙선 탐지, 신호 탐지, 교통 표지판 탐지 등의 과정이 본 단계에서 이루어



[그림 3] 자율주행에 적용된 강화학습의 state, action, reward

지며, 첫 번째 단계인 감지 단계가 정확하게 이루어질수록 인지 단계로 얻을 수 있는 정보가 정확하고 다양해진다. 또한, 인지 단계에서의 결과물이 정확하고 명확할수록 이후 단계들 역시 더 정확하고 명확하게 수행될 수 있다.

세 번째 단계는 표현 단계로, 인지 단계를 통해 얻은 중간 데이터들을 통합하여 자율주행 차량의 현재 state를 정의하는 단계이다. 차량을 기준으로 얼마나 가까이 다른 차량이 위치하고, 목표물까지 어떻게 움직여 왔으며, 앞으로 목표물까지의 거리가 어떻게 되며, 현재 도로 상황과 신호는 어떻게 되는지를 모두 총체적으로 고려하여 state를 정의하게 된다.

네 번째 단계는 결정 단계로 표현 단계에서 만들어진 현재 state를 기준으로 차량을 어떻게 움직일 것인지를 결정하는 과정이다. 목표물을 향해 어떤 방식으로 어떻게 나아가갈 것인지, 주변에 존재하는 장애물들을 어떻게 피할 것인지 등을 결정하게 된다.

다섯 번째 단계는 조작 단계로 결정 단계에서 내린 결정을 기반으로 실제로 차량을 움직이는 단계이다. 가장 적절한 형태로 엔진을 움직이고, 핸들을 움직여 목표를 달성하게 된다.

5개의 단계 중 전반 3개의 단계인 감지, 인지, 표현 단계의 경우 환경 이해 (scene understanding)를 달성하기 위한 단계이다. 이들 단계에 인공지능이 도입될 때에는 주로 기존의 vision 태스크에서 연구되는 기법들이

사용된다. 이들의 주목적은 주변 환경을 이해하기 위한 segmentation^[3] 또는 object detection^[4], 보행자^[5] 또는 차량^[6]의 움직임 예측, 깊이 값 추정^[7] 등의 업무를 인공지능이 수행하게 하여 부족한 데이터, 저품질의 데이터, 다양한 돌발상황 등에서도 안정적으로 목표를 수행하는 것이 된다. 이들에 적용된 인공지능은 자율주행을 위한 인공지능이라기보다는 자율주행을 달성하기 위해 필요한 기반 데이터를 확보하는 인공지능이다.

5개의 단계 중 후반 3단계인 표현, 결정, 조작 단계의 경우 의사 결정 및 계획 (decision making & planning)을 달성하기 위한 단계로, 본 글에서 다루는 자율주행을 위한 인공지능은 이들 3단계 (이 중에서도 특히

〈그림 3〉 자율주행에 적용된 강화학습의 state, action, reward

4단계)에 적용되는 것을 뜻한다. 이들에 적용된 인공지능은 주행 조작 최적화 (controller optimization), 주행 경로 및 계획 최적화 (path trajectory and planning optimization), 주행 계획 (motion planning), 의사 결정 (decision making) 등을 수행한다.

III. 자율주행과 강화학습

1. 상태(state), 행동(action), 보상(reward)

자율주행에 강화학습을 적용할 때 가장 먼저 해야 하는 일은 state, action, reward를 올바르게 정의하는 것이다

(그림 3 참조). 강화학습을 통해 기계를 학습시키기 위해서는 차량이 어떤 상황에 놓여있는지를 state를 통해 정의하고, 차량이 취할 수 있는 행동들을 action space 안에 모두 정의해야 하며, 해당 action들을 취했을 때 얻는 reward를 통해 더 좋은 행동을 학습할 수 있도록 해야 한다. 하지만 이들을 학습에 용이하도록 정의하는 것은 쉬운 일이 아니다. State를 예시로 들어보면, 현실에서 얻을 수 있는 정보는 셀 수 없이 많지만 판단을 내리는 데에 중요한 역할을 하는 정보는 그중 일부에 지나지 않는다. 그렇기 때문에 state를 정의함에 있어서 모든 정보를 이용하여 정의하기보다는 자율주행 의사결정을 내리는 데에 필요한 정보만을 추려 state를 정의하는 것이 옳을 것이다. 하지만 어떤 정보가 중요한지를 판단하는 것은 오로지 사람의 몫이기 때문에 생각지도 못한 결과를 가져오기도 하며, 사람이 생각했을 때 불필요하다고 생각했던 정보가 중요한 정보가 되는 경우도 많다. 이는 action과 reward를 정의할 때에도 마찬가지이다. 때문에, 많은 자율주행 연구들에서는 이들을 올바르게 정의하는 것에 대해 많은 시간을 투자해왔다^[8].

State를 정의하는 데에 일반적으로 사용되는 정보는 차량의 위치 (position), 바라보고 있는 방향 (heading), 차량의 속도 (velocity of ego-vehicle), 차량으로부터 일정 거리 내에 존재하는 장애물들의 상태 (state of the obstacles around the ego-vehicle), 차량이 주변 공간 내에서 차지하는 정도 (occupancy grid)이다. 최근에는 센서와 정보 시스템의 발달로 도로의 상태와 모양 (road condition & shape), 차선의 위치 (lane location), 도로 구조 (road structure), 충돌까지 걸리는 시간 (time-to-collision), 도로 교통 법규와 표지판 인식 (traffic law & sign recognition) 등도 state를 정의하는 데에 사용된다.

Action space는 자율주행 차량이 가능한 행동들을 정의한 것으로, 저 수준 (혹은 하드웨어 수준)에서 action space를 정의할 때에는 핸들의 각도, 가속이나 브레이크 페달이 눌린 정도, 기어의 상태 등을 이용한다^[9]. 하지만 이러한 각 부분들의 상태를 통해 action space를 정의하게 되면 그 복잡도가 상당히 높아진다. 이러한 복잡도

를 낮추기 위한 방법으로 고 수준에서 action space를 정의하는 방법이 있는데, 핸들의 각도, 가속 페달과 브레이크 페달의 상태 등을 단순히 속도와 가속도로 통합하여 표현하기도 한다^[10]. 복잡도를 낮추기 위한 또 다른 방법은 속도나 가속도를 연속된 상태로 표현하는 대신 제한된 이산 신호로 표현하는 것이다. 예를 들면, 한 단위시간에 변할 수 있는 가속도를 특정 값으로 고정한다든가, 전진과 후진만 있는 차량을 가정한다든가 하는 방법들이다. 몇 가지 가정이 필요하지만, 이러한 방법은 데이터양, 학습시간 등을 유의미하게 절감할 수 있기에 자주 사용된다^[11]. 어떤 저자들은 속도나 가속도 등을 통해서 action space를 정의하는 것 자체를 비판하기도 하였다. 속도나 가속도는 굉장히 빠른 속도로 갱신되어야 하는데, 이를 기반으로 정책 결정을 수행하게 되면 노이즈에 너무 민감해지고 이로 인해 학습 결과가 수렴하기 힘들어진다는 것이다. 그러므로 action 자체를 더 추상화하여 [옆 차선으로 옮기기, 오른쪽 차선으로 옮기기, 현재 차선 유지하기] 등으로 정의하거나 [왼쪽으로 회전하기, 오른쪽으로 회전하기] 와 같은 추상화된 action을 사용하여 학습을 진행하는 방법들도 활발하게 연구되었다^[12, 13].

2. 주행 경로 및 계획 최적화

자율주행 차량이 목적지까지 도착하기 위한 계획을 세우고, 이를 기반으로 실제 움직임 궤적 (trajectory)을 만들기 위해서는 자율주행 차량 주변 환경에 대한 인식과 분석이 필수적이다. 자율주행 차량은 주변 환경에 어떤 장애물이 있는지, 목적지까지 생긴 길은 어떤지, 지켜야 하는 교통 법규는 어떤지 등을 종합적으로 고려하여 주행 경로 및 계획 최적화를 수행하게 된다. 가장 간단한 형태의 주행 경로 수립 중 하나는 차선을 따라 차량을 달리게 하는 것이다. Sallab과 그의 연구진은^[14] Deep Q-Network (DQN)과 Deep Deterministic Actor Critic (DDAC) 알고리즘을 사용하여 가상의 레이싱 도로를 잘 달리는 가상의 자율주행 차량을 학습시켰고, 이들이 회전이 많은 도로환경에서도 차선을 따라서 올바르게 주행하는 것을 확인하였다. Kendall과 그의 연구진은^[15] 시뮬레이션 환경에서 full-sized 자율주행 차

량에 대해 actor-critic 기반의 강화학습을 수행, 현실에서 250m 에 해당하는 도로를 차선을 따라 운행하는 것에 성공하였다.

하지만 단순히 차선을 따라 달리는 것은 실제 세계에서의 차량 운행과는 다소 거리가 있기에, 차선 변경을 함께 학습하는 연구가 진행되었다. Wang과 그의 연구진은^[16] deep Q-learning 알고리즘을 이용, 예상치 못한 환경에서도 차선 변경을 성공적으로 수행하는 자율주행 차량을 만드는 데에 성공하였다. Naveed와 그의 연구진은 Hierarchical Double Deep Q-learning 알고리즘을 이용하여 무작위 환경에서도 차선 유지 및 변경을 올바르게 수행할 수 있는 자율주행 인공지능을 제시하였다^[17].

실제 주행 환경에서는 차량 간의 추월도 빈번하기에 이 역시도 주행 경로 수립에서 고려되어야 한다. N gai와 그의 연구진은^[18] 자율주행 차량의 속도, 머리 위치, 목적지와 머리 사이의 각도, 주변 차량과의 거리 등을 이용하여 state를 정의하고 이를 기반으로 추월 가능한 상황을 탐지하고 안전한 방법으로 추월을 수행하는 자율주행 차량을 Q-learning을 이용하여 제작하였다.

일반적인 직선 도로가 아닌, 교차로와 같이 복잡한 판단이 필요한 도로에서의 자율주행도 연구되었다^[19]. Isele와 그의 연구진은 신호가 없는 교차로에서 다른 차들에 의해 가려져 있는 차들까지 고려하여 안전하게 주행할 수 있는 자율주행 인공지능을 제시하였다^[20]. Kamran과 그의 연구진은 risk-aware deep Q network를 이용하여 신호가 없는 교차로에서 많은 차량들이 있더라도 안전하게 운행할 수 있는 자율주행 인공지능을 제시하였다^[21].

앞서 말한 주제들 외에도 A*알고리즘과 강화학습을 이용하여 차량의 현재 위치로부터 목적지까지의 가장 적합한 경로를 찾아내는 인공지능^[22], 사회적 행동 양식과 주행 스타일을 고려한 주행 정책 결정^[23] 등 광범위한 주제로 관련 연구들이 수행되고 있다.

3. 주행 스타일 최적화

단순히 차량을 안전하게 움직여서 목적지까지 도달하는 것을 넘어서서 주행 스타일에 대해서 주목한 연구들

이 있었다. 여러 가지 방법을 통해 학습된 자율주행 인공지능은 주로 지정된 목적지까지 도달하기, 주변 차량과의 충돌 회피하기 등 특정 목적들을 올바르게 달성하는 것을 목표로 한다. 이처럼 특정 목적에 집중하게 되면 차량의 움직임이 실제 운전자가 운전하는 차량과 그 움직임과 많이 다르게 나타나게 되는데, 이로 인해 자율주행 차량 주변의 차량이나 보행자들에게 예측과는 다른 움직임을 보여줌으로써 불안감을 줄 수 있고, 탑승자에게는 편안하지 않은 승차감을 제공하게 된다. 물론 파라미터를 직접 튜닝하여 위의 문제를 해결할 수도 있지만, 이러한 파라미터 튜닝은 많은 시간을 필요로 할 뿐만 아니라 무작위 환경에의 적용이 어렵다는 단점이 있다. 이러한 한계를 해결하기 위한 대표적인 방법으로 전문가에 의한 시연을 학습에 이용 (learning from demonstration)하는 것이 있다. 단순히 목적지까지의 도착이나 주변 물체와의 충돌 회피를 달성하는 데에 그치지 않고, 운전 전문가의 행동을 모방하면서 목적을 달성하도록 강제함으로써 사실적인 주행 스타일을 학습시키는 것이다. 예를 들어, 학습에 사용하는 데이터로 실제 운전자가 운전하는 이미지를 사용한다면, 차량을 운전하는 운전자의 주행 스타일을 모방할 수 있으므로, 자연스럽게 전문가의 주행 스타일을 학습시킬 수 있게 된다. Pomerleau는 차량의 전면부에 설치된 카메라를 통해 얻은 주행 이미지를 학습데이터로 사용함으로써 자율주행차량에게 전문가의 주행 스타일을 학습시켰다^[24]. Kuderer와 그의 연구진은 inverse reinforcement learning 방법을 제시, 사용자의 주행 데이터로부터 특징들을 뽑아 학습시키는 방법을 이용하여 전문가의 주행 스타일을 학습시켰다^[25]. Zhu와 그의 연구진은 4개의 카메라를 통해 얻은 실제 운전자의 주행 데이터를 deep deterministic policy gradient 알고리즘을 이용하여 학습, 실제 사람의 주행 스타일을 모방하는 자율주행 차량을 제시하였다^[26].

4. 시뮬레이션 학습 환경과 현실 환경 사이의 차이 최소화

대부분의 강화학습은 시뮬레이션 환경에서 이루어진다. 만약 실제 환경에서 학습을 진행한다면, 수십만 번



이상의 반복을 통해 학습하는 과정에서 전문학적인 자금과 시간이 소요되기 때문이다. 하지만 실제 환경과 너무 다른 시뮬레이션 환경에서 학습이 이루어진다면, 실제 환경에 이를 적용했을 때 올바르게 작동하지 않고, 사고가 일어날 확률이 높아질 것이다. 때문에 몇몇 연구자들은 시뮬레이션 환경과 현실 사이의 차이를 최소화할 수 있는 방안들에 대해서 고민해왔다. Bewley와 그의 연구진은 시뮬레이션 환경 데이터와 실제 주행 데이터를 함께 고려하여 학습하는 방법을 통해 학습된 인공지능이 실제 환경에서도 잘 동작하는 방법을 제시하였다^[27]. Zhang과 그의 연구진은 시뮬레이션을 더 현실처럼 만드는 방법 대신, 현실의 데이터를 가상 시뮬레이션 공간에서 해석 가능한 형태로 맞춰 학습함으로써 현실과 가상 공간의 차이로 인해 생기는 인공지능의 한계를 돌파하고자 하였다^[28].

V. 결론

현재 강화학습은 자율주행 인공지능을 학습시키는 방법으로 굉장히 주목받고 있는 기술이며, 지금 이 순간에도 수많은 연구자들이 새로운 문제를 해결하기 위해 다양한 시도를 진행하고 있는 분야이다. 비록 연구가 시작된 역사가 짧고 차량 주행이라는 데이터를 얻기 힘들고 실패 리스크가 큰 분야이기에 강화학습으로 학습된 완전한 자율주행 인공지능이 제품화까지 성공한 사례는 거의 없다. 하지만 인공지능을 개선하기 위한 시도가 범세계적인 추세인 데다가, 그 발전 속도가 굉장히 빨라 멀지않은 시일 내에 진정한 의미의 자율주행 인공지능이 등장하여 우리의 일상에 제품으로 등장할 것으로 전망된다.

참고 문헌

- [1] Barabas, I., Todoruț, A., Cordoș, N., & Molea, A. (2017, October). Current challenges in autonomous driving. In IOP conference series: materials science and engineering (Vol. 252, No. 1, p. 012096). IOP Publishing.
- [2] Kiran, B. R., Sobh, I., Talpaert, V., Mannion, P., Al Sallab, A. A., Yogamani, S., & Pérez, P. (2021). Deep reinforcement learning

for autonomous driving: A survey. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 23(6), 4909–4926.

- [3] Siam, M., Elkerdawy, S., Jagersand, M., & Yogamani, S. (2017, October). Deep semantic segmentation for automated driving: Taxonomy, roadmap and challenges. In 2017 IEEE 20th international conference on intelligent transportation systems (ITSC) (pp. 1–8). IEEE.
- [4] Wu, B., Landola, F., Jin, P. H., & Keutzer, K. (2017). Squeezedet: Unified, small, low power fully convolutional neural networks for real-time object detection for autonomous driving. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops (pp. 129–137).
- [5] Poibrenski, A., Klusch, M., Vozniak, I., & Müller, C. (2021). Multimodal multi-pedestrian path prediction for autonomous cars. ACM SIGAPP Applied Computing Review, 20(4), 5–17.
- [6] Petrovskaya, A., & Thrun, S. (2009). Model based vehicle detection and tracking for autonomous urban driving. Autonomous Robots, 26(2–3), 123–139.
- [7] Kumar, V. R., Milz, S., Witt, C., Simon, M., Amende, K., Petzold, J., ... & Pech, T. (2018, November). Monocular fisheye camera depth estimation using sparse lidar supervision. In 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) (pp. 2853–2858). IEEE.
- [8] Leurent, E. (2018). A survey of state-action representations for autonomous driving.
- [9] Sadigh, D., Sastry, S., Seshia, S. A., & Dragan, A. D. (2016, June). Planning for autonomous cars that leverage effects on human actions. In Robotics: Science and systems (Vol. 2, pp. 1–9).
- [10] Chen, Y. F., Everett, M., Liu, M., & How, J. P. (2017, September). Socially aware motion planning with deep reinforcement learning. In 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (pp. 1343–1350). IEEE.
- [11] Song, W., Xiong, G., & Chen, H. (2016). Intention-aware autonomous driving decision-making in an uncontrolled intersection. Mathematical Problems in Engineering.

- [12] Mukadam, M., Cosgun, A., Nakhaei, A., & Fujimura, K. (2017). Tactical decision making for lane changing with deep reinforcement learning.
- [13] Galceran, E., Cunningham, A. G., Eustice, R. M., & Olson, E. (2015, July). Multipolicy Decision-Making for Autonomous Driving via Changepoint-based Behavior Prediction. In *Robotics: Science and Systems* (Vol. 1, No. 2, p. 6).
- [14] Sallab, A. E., Abdou, M., Perot, E., & Yogamani, S. (2016). End-to-end deep reinforcement learning for lane keeping assist. *arXiv preprint arXiv:1612.04340*.
- [15] Kendall, A., Hawke, J., Janz, D., Mazur, P., Reda, D., Allen, J. M., ... & Shah, A. (2019, May). Learning to drive in a day. In *2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 8248–8254). IEEE.
- [16] Wang, P., Chan, C. Y., & de La Fortelle, A. (2018, June). A reinforcement learning based approach for automated lane change maneuvers. In *2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 1379–1384). IEEE.
- [17] Naveed, K. B., Qiao, Z., & Dolan, J. M. (2021, September). Trajectory planning for autonomous vehicles using hierarchical reinforcement learning. In *2021 IEEE International Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)* (pp. 601–606). IEEE.
- [18] Ngai, D. C. K., & Yung, N. H. C. (2011). A multiple-goal reinforcement learning method for complex vehicle overtaking maneuvers. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 12(2), 509–522.
- [19] Li, S., Shu, K., Chen, C., & Cao, D. (2021). Planning and decision-making for connected autonomous vehicles at road intersections: A review. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 34(1), 1–18.
- [20] Isele, D., Rahimi, R., Cosgun, A., Subramanian, K., & Fujimura, K. (2018, May). Navigating occluded intersections with autonomous vehicles using deep reinforcement learning. In *2018 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA)* (pp. 2034–2039). IEEE.
- [21] Kamran, D., Lopez, C. F., Lauer, M., & Stiller, C. (2020, October). Risk-aware high-level decisions for automated driving at occluded intersections with reinforcement learning. In *2020 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 1205–1212). IEEE.
- [22] Keselman, A., Ten, S., Ghazali, A., & Jubeih, M. (2018). Reinforcement learning with a* and a deep heuristic. *arXiv preprint arXiv:1811.07745*
- [23] Hang, P., Lv, C., Huang, C., Cai, J., Hu, Z., & Xing, Y. (2020). An integrated framework of decision making and motion planning for autonomous vehicles considering social behaviors. *IEEE transactions on vehicular technology*, 69(12), 14458–14469.
- [24] Pomerleau, D. A. (1988). *Alvinn: An autonomous land vehicle in a neural network*. *Advances in neural information processing systems*, 1.
- [25] Kuderer, M., Gulati, S., & Burgard, W. (2015, May). Learning driving styles for autonomous vehicles from demonstration. In *2015 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA)* (pp. 2641–2646). IEEE.
- [26] Zhu, M., Wang, X., & Wang, Y. (2018). Human-like autonomous car-following model with deep reinforcement learning. *Transportation research part C: emerging technologies*, 97, 348–368.
- [27] Bewley, A., Rigley, J., Liu, Y., Hawke, J., Shen, R., Lam, V. D., & Kendall, A. (2019, May). Learning to drive from simulation without real world labels. In *2019 International conference on robotics and automation (ICRA)* (pp. 4818–4824). IEEE.
- [28] Zhang, J., Tai, L., Yun, P., Xiong, Y., Liu, M., Boedecker, J., & Burgard, W. (2019). Vr-goggles for robots: Real-to-sim domain adaptation for visual control. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 4(2), 1148–1155.



강형연

- 2018년 9월 ~ 2019년 8월 차세대 게임 연구 센터
연구교수
- 2019년 9월 ~ 2020년 2월 강원대학교 소프트웨어,
미디어, 산업공학과 조교수
- 2020년 2월 ~ 현재 경희대학교 소프트웨어융합학과
조교수
- 2021년 2월 ~ 현재 경희대학교 소프트웨어융합학과
대학원 학과장

〈관심 분야〉

Computer Graphics, Reinforcement Learning, Digital
Human, Holography, Human-computer Interaction,
Extended Reality

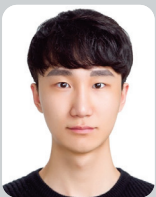
자율주행 인식 알고리즘 학습을 위한 데이터셋 동향

I. 서론

인공지능 연구에서 사용되는 방법 중 하나인 지도 학습은 새로운 데이터에 대한 예측을 위해 정답 레이블이 제공되는 데이터셋을 사용하여 알고리즘을 학습하는 방법이다. 자율주행 분야에서 스스로 안전하게 주행하기 위해 도로의 상황을 인지하고 상황에 따라 적절한 판단을 위한 알고리즘 개발을 위해, 실제 상황을 다양한 측면에서 반영하고 정확한 라벨을 가진 대규모의 학습 데이터셋이 필수적이다.

데이터셋 품질을 고려할 때 몇 가지 중요한 점이 있다. 첫 번째는, 실제 환경을 그대로 반영하는 정확성 이다. 두 번째는, 다양한 상황을 제공하는 가변성이며, 마지막으로, 충분한 데이터의 개수를 고려해야 한다. 데이터셋에 부정확한 정보는 데이터셋을 기반으로 구축된 인공지능 알고리즘의 성능 저하를 유발한다.. 또한 다양한 날씨와 지역을 정확하게 시뮬레이션할 수 있도록 데이터 내에 충분한 가변성이 있어야 하며 이러한 특성은 자율주행 운행 중에 발생하는 악천후와 같은 특정 상황에서 알고리즘이 적절하게 대응할 수 있도록 한다. 마지막으로, 많은 개수의 데이터를 사용하면 더 포괄적인 학습 시나리오를 사용할 수 있고, 이는 알고리즘의 일반화 성능의 향상에 기여한다.

고품질 데이터셋을 만드는 장치 수집 차량 및 센서의 구비, 데이터 획득 시간 소요, 획득 데이터의 라벨링 등의 많은 비용을 초래하여 제작의 장벽이 높다. 따라서 직접 데이터셋을 작성하는 방법 보다 KITTI Vision Benchmark Suite^[1], nuScenes^[2] 및 Waymo open^[3] 데이터셋과 같은 오픈 소스 데이터베이스를 사용하면 실제 주행 차량에서 수집된 고해상도 센서 데이터와 차량, 보행자 및 표지판과 같은 객체에 정확한 정답 레이블과 위치 정보와 같은 기타 메타 데이터를 얻을 수 있다. 이를 통해 직접 수집한 데이터셋에 대한 정답 레이블 작업 비용



황병훈
경희대학교



황효석
경희대학교



〈표 1〉 자율주행 핵심 센서 비교

	카메라	라이다	레이더
비용	Low	High	Medium
크기	Medium	Medium-Large	Small-medium
감지 속도	Low	Medium	High
날씨 영향	Low	Medium	High
밤, 낮 영향	Low	High	High
해상도	High	High	Medium
범위	Medium-long	Long	short, med, long

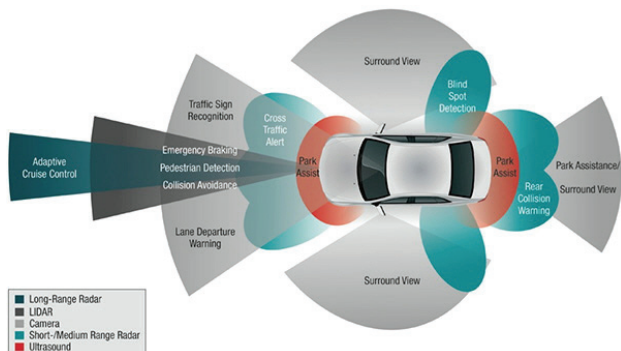
과 시간을 줄일 수 있으며, 복잡한 상황을 학습하므로써 신뢰할 수 있는 인공지능 알고리즘을 만들 수 있다.

II. 데이터셋 획득 방법

1. 다양한 센서를 이용한 데이터셋 수집

자율주행 데이터셋은 인공지능 알고리즘 훈련을 목적으로 실제 주행 조건을 정확하게 나타내고 다양한 환경에서 수집한다. 이러한 데이터셋을 얻기 위해서 카메라, 라이다, 레이더 등 많은 센서가 사용된다.

이 중 가장 일반적이고 중요한 센서는 카메라이다. 카메라는 빛을 포착한 후 전기신호로 변환하여 이미지를 생성한다. 보행자 및 표지판과 같은 물체를 포함한 환경에 대한 시각적 정보를 수집하는 데 유용하다. 두 대 이상의 카메라가 있는 경우 피사체와의 거리를 판단해 자동차 주변의 상황을 3D로 인식할 수 있다. 이 외에도 빛으로 인해 영상의 밝고 어두운 부분의 조도 차이가 심한 상황에서, 자율주행 차량에 사용되는 카메라는 광역보정 기능



〈그림 1〉 자율 주행 센서 종류 [4]

(WDR) [5]을 통해 너무 어두운 곳은 밝게, 너무 밝은 곳은 적당히 어둡게 영상을 보정해 고른 이미지를 생성한다. 하지만 카메라는 주변 표면의 빛 반사로 이미지가 생성되기 때문에 광원이 없는 밤에는 상대적으로 물체를 감지하는 것이 어렵다. 또한 물체의 특징이 부족한 경우 3D 정보를 얻기 어렵다.

라이다는 가시광선 대신에 레이저를 사용하기 때문에 빛에 대한 영향을 받지 않는다. 라이다 센서는 Time-of-flight(TOF) 방식과 Phase-shift 방식으로 구분할 수 있다. TOF 방식은 방출된 레이저가 물체 표면에서 튕긴 후 돌아오는 데 걸리는 시간을 측정함으로써 거리를 측정하는 것이다. Phase-shift 방식은 연속적으로 레이저 빔을 방출하고 빔이 물체에서 반사된 후 빔의 위상 변이를 측정하는 방식으로 작동한다. 두 가지의 방법의 라이다 센서를 통해 차량 주변 환경에 대한 3D 포인트 클라우드 맵을 획득할 수 있다. 하지만 라이다는 부피가 작은 물체 식별이 어려우며, 카메라 센서에 비해 상대적으로 가격이 높다. [6]

레이더는 전파를 이용해 거리를 측정한다. 레이더 센서는 라이다 센서 대비 가격이 저렴하고 안개, 비, 눈과 같은 악천후 조건에서도 작동이 가능하다. 하지만 정확도 측면에서는 라이다보다 다소 떨어진다. [7]

이 외에도 관성 측정 장치(IMU), GPS 등의 센서를 통해서 자세와 위치 정보 데이터를 수집한다. 관성 측정 장치는 가속도계와 자이로스코프의 조합으로 차량의 속도, 가속 및 방향 데이터를 제공한다. IMU는 GPS의 오류를 보완할 수 있으며, 차량의 위치, 차량의 주행 방향, 경사와 같은 주변 환경을 모니터링하고 진단한다. [8] GPS 센서를 통해서 날씨 조건과 관계없이 차량의 위치 정보를 추정할 수 있다. 〈표 1〉에서 확인할 수 있듯이 각 센서를 모두 사용하여 서로의 장단점을 보완하며 효과적으로 결합할 때 정확한 자동차 주위 정보를 수집할 수 있다. (〈그림 1〉 참조)

2. 데이터셋 구성 시 고려할 점

자율주행을 위한 데이터셋을 구성할 때 염두에 두어야 할 몇 가지 주요 고려 사항이 존재한다.

〈표 2〉 KITTI, Nuscenes, Waymo open 데이터셋 스펙 비교

		카메라 개수	카메라 해상도	라이다 개수	All 360°	주석처리 된 프레임 개수	데이터셋 전체 시간 (hours)
KITTI		✓ (4개) Stereo & Fisheye	1408 × 376	✓ (1개)	✓	15K	6.4
Nuscene		✓ (6개) Stereo	1600 × 900	✓ (1개)	✓	40K	1.5
Waymo		✓ (5개) Stereo	1920 × 1280	✓ (5개)		230K	5.5

센서: 데이터를 수집하는 데 사용되는 센서에 따라 수집할 수 있는 데이터의 종류가 달라진다. 예를 들어 카메라는 교통 신호 및 도로 표지판 및 질감과 같은 정보를 얻는 데 사용되며, 라이다는 날씨의 영향을 많이 받지 않고 장거리에 있는 물체와의 거리를 측정하고 감지하는 데 유용하다. 따라서, 센서를 선택하기 위해서는 데이터 수집 목표, 주행 환경, 사용할 수 있는 센서의 장단점 등을 신중하게 고려해야 한다.

데이터 저장 형식: 데이터가 저장되는 형식도 중요하다. 인공지능 모델을 구축하고 학습하는데 사용되는 TensorFlow 및 PyTorch와 같은 오픈 소스 라이브러리에서 쉽게 읽고 처리할 수 있는 형식이어야 한다.

정답 레이블 품질: 데이터셋의 정답 레이블 품질은 알고리즘 성능에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 검증된 소프트웨어를 사용하거나, 훈련된 연구자에 의해서 이루어져야 한다.

데이터 보안 및 개인 정보 보호: 데이터셋에는 실제 운전자, 승객 및 기타 보행자에 대한 민감한 정보가 포함되는 경우가 많다. 해당 정보는 개인을 식별하고 이동을 추적하거나 다른 방식으로 개인 정보를 손상하는데 사용될 수 있다. 따라서 자동차 번호판, 얼굴과 같은 개인 데이터는 데이터셋에서 익명화하거나 제거해야 한다.

이러한 요소를 고려하여 제작한 데이터셋은 자율주행 알고리즘을 훈련하고 평가하는 데 최적화된 방식으로 구성될 수 있으며 알고리즘의 성능과 견고성을 향상할 수 있다.

III. 공개 데이터셋 소개

자율주행 시스템을 훈련하고 평가하는 데 사용되는 대표적인 오픈소스 데이터셋은 KITTI, nuScenes, Waymo Open 데이터셋이 있다. 〈표 2〉에서는 각 데이터셋에 대한 스펙을 비교하였으며, 〈표 3〉에서는 각 데이터셋의 샘플 데이터를 확인 할 수 있다.

KITTI 데이터셋은 카를스루에 공과대학교가 자율주행 연구를 위해 개발한 데이터셋이다. 데이터셋은 벨로다인 HDL-64E 라이다 1개, 스테레오 카메라 2개, 어안렌즈 카메라 2개, GPS/IMU 센서가 장착된 자동차를 사용하여 수집되었다. 해당 센서들을 통해 포인트 클라우드, 스테레오 이미지, 고해상도 컬러 이미지 등 다양한 센서 데이터와 각 센서 데이터에 대한 15,000개의 정답 레이블 처리된 정보를 제공한다. 또한 2개의 어안렌즈를 통해 자동차 주위 360°를 모두 확인할 수 있다. 데이터셋 수집을 위해 도시 주변 주택 환경의 데이터를 포함하며 교차로 및 고속도로 주행을 포함한 광범위한 시나리오에서 총 6.4시간의 데이터셋을 수집했다.

nuTonomy가 개발한 nuScenes 데이터셋은 정면, 측면, 후면에 총 6개의 스테레오 카메라를 배치하여 차량 주변을 360° 확인할 수 있도록 하였으며, 벨로다인 HDL-32E 라이다 1개와 GPS/IMU 센서를 사용하여 차량을 구성하였다. 포인트 클라우드, 스테레오 이미지, 고해상도 컬러 이미지와 GPS 및 IMU 데이터와 같은 센서 데이터와 40,000개의 정답 레이블 처리된 데이터를 제공

한다. 또한 보스턴과 싱가포르에서 수집되어 다양한 범위의 환경에서 수집한 총 1.5시간의 데이터셋을 제공한다.

Waymo는 2016년 구글에서 분사한 자율주행 기술 개발 기업으로 Waymo open 데이터셋을 공개하였다. 전면과 측면에 5개의 카메라와 중거리 라이다(Mid-range) 1개, 단거리 라이다(Short-range) 4개를 사용하여 차량을 구성하였다. 주간 및 야간 데이터와 다양한 날씨에서 수집한 데이터를 포함한다. 자율주행을 위한 인공지능 알고리즘을 훈련하는 데 사용할 수 있는 물체 감지, 추적 및 동작 예측에 대한 정보도 제공한다. 이러한 데이터셋을 이용하여 2018년 애리조나 피닉스에서 Waymo one으로 불리는 상업적인 자율주행 서비스를 시작했다.

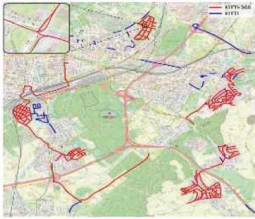
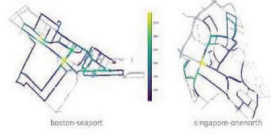
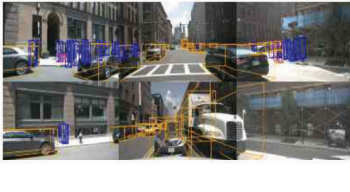
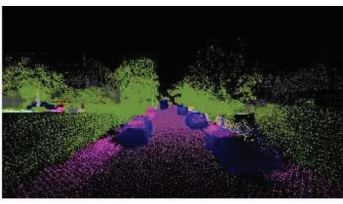
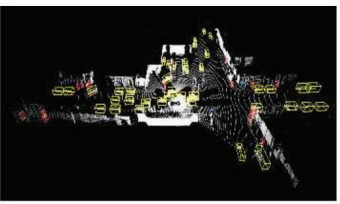
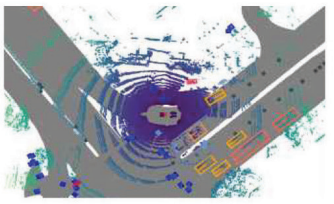
이 외에도 독일, 네덜란드, 프랑스 전역의 50개의 도시 거리 장면을 촬영한 Cityscape^[9] 데이터셋과 라이다 센서만 사용하여 대규모 3D 다중 객체 감지 및 추적 데이터셋을 제공하는 H3D^[10] 데이터셋도 존재한다.

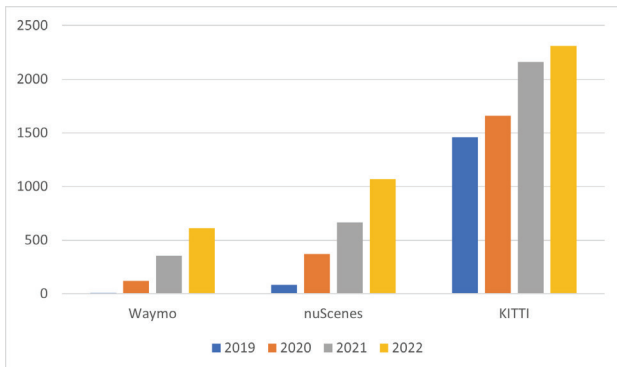
IV. 데이터셋을 활용한 논문

최근 몇 년 동안, 자율주행 기술의 다양한 측면을 탐구하기 위해 앞서 소개한 데이터셋을 사용하여 2D 및 3D 물체 감지, 물체 분할, 물체 추적과 같은 다양한 분야의 논문이 발표되었다. <그림 2>에서 확인할 수 있듯이 해마다 데이터셋의 인용 횟수가 증가하고 있으며, 자율주행 기술 발전에 지속해서 중요한 역할을 하고 있다는 것을 시사한다.

앞서 소개한 데이터셋이 가장 많이 사용되는 분야는 물체 감지 분야이다. 감지는 차량이 주변 환경을 인식하고 다른 차량, 보행자와 같은 물체를 식별하고 그에 따라 결정을 내릴 수 있도록 한다. 따라서 감지 정확도 향상, 감지 알고리즘의 실시간 성능 향상에 초점을 맞춘 다양한 연구 논문이 발표되었다. 이러한 알고리즘을 개발하기 위해 실제 장면을 저장하고, 물체에 대한 정답 레이블을 제공하는 데이터셋을 사용한다.

<표 3> KITTI, Nuscenes, Waymo open 데이터셋 시각화

	KITTI	Nuscenes	Waymo open
지역	– Germany (Karlsruhe) 	– Boston-seaport, Singapore-onenorth 	– San Francisco, Mountain View, Phoenix 
카메라			
라이다			



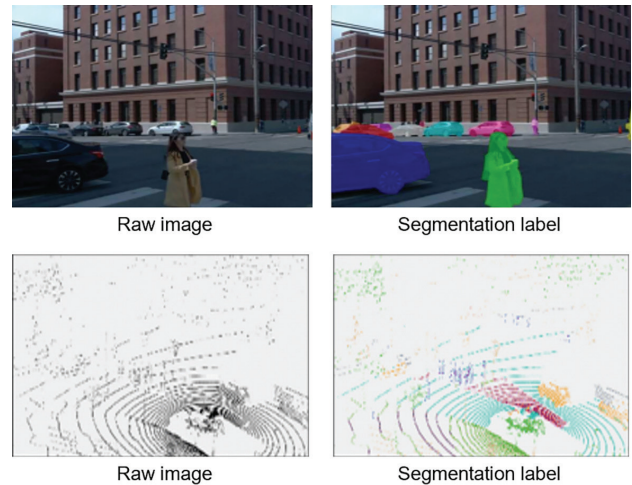
〈그림 2〉 연도별 데이터셋 인용 건 수

Yueming Zhang^[11] 등은 Waymo open 데이터셋에서 제공하는 이미지만 사용하여 실시간 2D 물체 감지 알고리즘을 제안했다. 특히 작은 물체에 대한 높은 정확도를 달성할 수 있도록 알고리즘을 설계했다.

Shaoshuai Shi^[12] 등은 KITTI와 Waymo open 데이터셋에서 제공하는 많은 개수의 포인트 클라우드 데이터를 이용하여 3D 물체 감지를 위한 PointVoxel-RCNN (PV-RCNN) 알고리즘을 제안했다.

Yukang Chen^[13] 등은 3D 물체 감지를 위한 focal sparse convolution을 제안한다. KITTI, nuScenes 및 Waymo open 데이터셋을 사용하여 광범위한 실험을 진행한다. 이러한 광범위한 실험을 통해 제안한 방법이 기존 Sparse convolution을 대체하여, 정확한 3D 물체 감지 성능을 보여준다.

물체 분할은 물체 감지와 더불어 많은 연구가 이루어지고 있는 분야 중 하나이다. 물체 분할은 차량이 사물의 크기, 모양, 위치 등의 주변 환경을 정확하게 인식하고 이해할 수 있게 해준다. 이러한 정보들은 차량이 결정을 내리고 장애물 회피, 차선 추적 및 경로 탐색과 같은 작업을



〈그림 3〉 Waymo open 데이터셋의 원본 이미지 및 포인트 클라우드의 객체 분할 정답 레이블 예시

수행하는 데 매우 중요한 역할을 한다.

자율주행의 물체 분할은 일반적으로 이미지 기반, 포인트 클라우드 기반 또는 조감도(Bird's-eye view, BEW) 기반으로 이루어진다. 따라서 데이터셋은 이미지와 포인트 클라우드 및 조감도에 대한 데이터뿐만 아니라 〈그림 3〉과 같은 각각의 물체에 대한 정답 레이블 데이터도 함께 제공되어야 한다.

Jiayun Xu^[14] 등은 KITTI, Nuscenes 데이터셋에서 제공하는 포인트 클라우드를 입력으로 사용해 물체 분할을 목적으로 RPVNet을 제안하였다. Jiachen Wang^[15] 등은 Waymo open 데이터셋을 이용하여 조감도 기반의 포인트 클라우드 물체 분할과 감지를 동시에 수행하는 방법을 제안하였다. 이외에도 〈표 4〉를 통해 자율주행 데이터셋을 사용한 보행자의 궤적 예측 및 물체 추적과 관련된 연구 논문을 확인할 수 있다. 이와 같이 데이터셋의 인

〈표 4〉 데이터셋을 활용한 자율주행 연구 분야별 대표 논문

	감지	분할	예측	추적
KITTI	Shaoshuai Shi [12] Xinxin Du [28]	Andres Milioto [29] EE Aksoy [30]	Xinzhu Bei [31] Pengxiang Wu [32]	Hai Wu [33] P Voigtlaender [34]
Nuscenes	Yukang Chen [13] Xuran Pan [22]	Jiayun Xu [14] Xinge Zhu [23]	Anthony Hu [24] T Phan-Minh [25]	Aleksandr Kim [26] Xiaomeng Cao [27]
Waymo open	Yueming Zhang [11] Tianwei Yin [16]	Jiachen Wang [15] Yang Zhang [17]	Harshayu Girase [18] Yunpeng Zhang [19]	P Dendorfer [20] Jiménez-Bravo [21]

용 수가 계속 증가함에 따라 자율주행 데이터셋이 자율주행 기술 발전에 계속해서 중요한 역할을 하고 있음을 확인할 수 있다.

V. 맺는말

본 고에서는 자율주행 기술 개발에 중요한 역할을 하는 데이터셋에 대한 동향을 설명하였다. 자율주행에 대한 수요가 계속 증가함에 따라 다양한 현실 시나리오를 포괄적으로 제공하는 데이터셋의 중요성이 점점 더 분명해지고 있다. 또한 인공지능 알고리즘 학습을 위한 고품질 데이터를 제공함으로써 데이터셋은 자율주행 산업의 성장과 발전에 상당한 영향을 미칠 수 있는 잠재력을 가진다.

참 고 문 헌

- [1] Andreas Geiger, et al. "Are we ready for autonomous driving? The KITTI vision benchmark suite", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2012
- [2] Holger Caesar, et al. "nuScenes: A Multimodal Dataset for Autonomous Driving", Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI) 2020
- [3] Pei Sun, et al. "Scalability in Perception for Autonomous Driving: Waymo Open Dataset", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2020
- [4] Benchmarking Sensors for Vehicle Computer Vision Systems, Michigan Tech Research Institute 2017, <https://mtri.org/automotivebenchmark.html>
- [5] Z Nikolić, "Embedded Vision in Advanced Driver Assistance Systems", Advances in embedded computer vision 2014
- [6] J Hecht, "Lidar for self-driving cars", Optics and Photonics News 2018
- [7] J Dickmann, et al. "Automotive radar the key technology for autonomous driving: From detection and ranging to environmental understanding", National Conference on Radar 2016
- [8] Kwon, Soonhong, et al. "자율 주행 자동차 보안 위협 및 기술 동향", Korea Institute of Information Security and Cryptology(KIISC) 2020
- [9] Cordts, Marius, et al. "The cityscapes dataset for semantic urban scene understanding.", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2016
- [10] Patil, Abhishek, et al. "The h3d dataset for full-surround 3d multi-object detection and tracking in crowded urban scenes.", International Conference on Robotics and Automation (ICRA) 2019
- [11] Yueming Zhang, et al. "2nd Place Solution for Waymo Open Dataset Challenge — Real-time 2D Object Detection", arXiv 2021
- [12] Shaoshuai Shi, et al. "PV-RCNN: Point-Voxel Feature Set Abstraction for 3D Object Detection", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2020
- [13] Yukang Chen, et al. "Focal Sparse Convolutional Networks for 3D Object Detection.", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2022
- [14] Jianyun Xu, et al. "RPVNet: A Deep and Efficient Range-Point-Voxel Fusion Network for LiDAR Point Cloud Segmentation", International Conference on Computer Vision (ICCV) 2021
- [15] Jiachen Wang, et al. "Lidar Point Cloud Object Detection and Semantic Segmentation Fusion Based on Bird's-Eye-View", Computer Vision and Computational Intelligence (CVCI) 2022
- [16] Tianwei Yin, et al. "Center-Based 3D Object Detection and Tracking", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2021
- [17] Yang Zhang, et al. "PolarNet: An Improved Grid Representation for Online LiDAR Point Clouds Semantic Segmentation", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2020
- [18] Harshayu Girase, et al. "LOKI: Long Term and Key Intentions for Trajectory Prediction", International Conference on Computer Vision (ICCV) 2021
- [19] Yunpeng Zhang, et al. "BEVerse: Unified Perception and Prediction in Birds-Eye-View for Vision-Centric Autonomous Driving", arXiv 2022

- [20] Patrick Dendorfer, et al. "MOTChallenge: A Benchmark for Single-Camera Multiple Target Tracking", International Journal of Computer Vision 2021
- [21] Jiménez-Bravo, Diego M, et al. "Multi-object tracking in traffic environments: A systematic literature review.", Neurocomputing 2022
- [22] Xuran Pan, et al. "3D Object Detection With Pointformer", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2021
- [23] Xinge Zhu, et al. "Cylindrical and Asymmetrical 3D Convolution Networks for LiDAR Segmentation", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2021
- [24] Anthony Hu, et al. "FIERY: Future Instance Prediction in Bird's-Eye View From Surround Monocular Cameras", International Conference on Computer Vision (ICCV) 2021
- [25] Tung Phan-Minh, et al. "CoverNet: Multimodal Behavior Prediction Using Trajectory Sets", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2020
- [26] Aleksandr Kim, et al. "EagerMOT: 3D Multi-Object Tracking via Sensor Fusion", International Conference on Robotics and Automation (ICRA) 2021
- [27] Xiaomeng Cao, et al. "Automotive Radar-Based Vehicle Tracking Using Data-Region Association", Transactions on Intelligent Transportation Systems 2021
- [28] Xinxin Du et al. "A General Pipeline for 3D Detection of Vehicles", International Conference on Robotics and Automation (ICRA) 2018
- [29] Andres Milioto, et al. "LiDAR Panoptic Segmentation for Autonomous Driving", International Workshop on Intelligent Robots and Systems (IROS) 2020
- [30] Eren Erdal Aksoy, et al. "SalsaNet: Fast Road and Vehicle Segmentation in LiDAR Point Clouds for Autonomous Driving", Symposium on Intelligent Vehicle 2020
- [31] Xinzhu Bei, et al. "Learning Semantic-Aware Dynamics for Video Prediction", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2021
- [32] Pengxiang Wu, et al. "MotionNet: Joint Perception and Motion Prediction for Autonomous Driving Based on Bird's Eye View

Maps", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2020

- [33] Hai Wu, et al. "3D Multi-Object Tracking in Point Clouds Based on Prediction Confidence-Guided Data Association", Transactions on Intelligent Transportation Systems 2021

- [34] Paul Voigtlaender, et al. "MOTS: Multi-Object Tracking and Segmentation", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2019



황병훈

- 2016년 3월 가천대학교 소프트웨어학 학사
- 2021년 3월 경희대학교 소프트웨어융합학 석사

〈관심 분야〉

Computer Vision, Deep Learning



황효석

- 2004년 2월 연세대학교 기계공학과 학사
- 2009년 2월 KAIST 로봇공학전공 석사
- 2017년 2월 KAIST 전기및전자공학과 박사
- 2009년 2월 ~ 2018년 2월 삼성중합기술원 전문연구원
- 2018년 3월 ~ 2021년 2월 가천대학교 소프트웨어학과 조교수
- 2021년 3월 ~ 현재 경희대학교 소프트웨어융합학과 조교수

〈관심 분야〉

Computer Vision, Machine Learning, Robotics

자율주행을 위한 고해상도 지도 제작 기술 동향

I. 서론

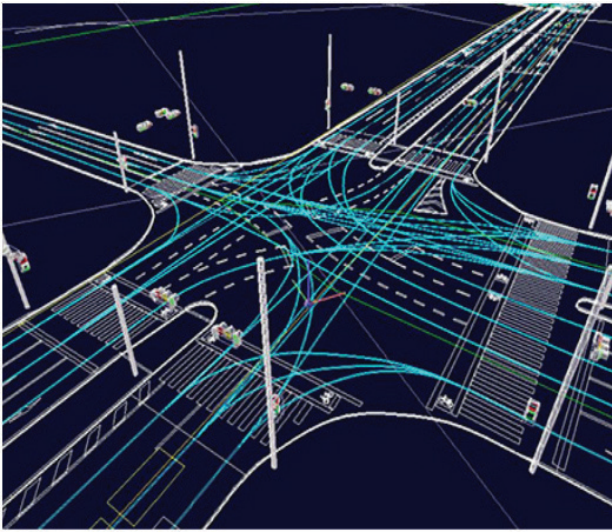
전 세계적으로 많은 자동차 제조사와 기술 기업들이 자율주행 기술 개발에 매진하고 있지만, 아직은 상용화가 제한적인 상황이다. 자율주행 자동차의 상용화 정도는 국가 및 지역에 따라 상이하다. 미국을 예로 들면, 테슬라를 비롯한 몇몇 자동차 제조사들은 자율주행 기능이 일부 포함된 차량을 출시하고 있지만, 완전한 자율주행 차량의 상용화는 아직 이루어지지 않았다고 볼 수 있다. 미국 외에 유럽, 일본 등에서도 일부 제조사들이 자율주행 자동차를 출시하고 있지만, 상용화 정도는 제한적이다. 자율주행 자동차의 상용화는 기술적인 한계뿐 아니라, 관련 법, 인프라 등 여러 가지 풀어나가거나 합의해야 할 이슈들이 얹혀있다.

한편, 자율주행 자동차의 상용화를 위하여 기술 개발의 측면에서 제시되는 방안은 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 기존의 자동차에 여러 종류의 센서를 장착하여 자동차가 주변 상황을 빠르고 정확하게 인식하고 판단하여 안전하게 주행할 수 있도록 인지 관련 기술을 개발하는 것이다. 이를 위해서는 자율주행 자동차에 다양한 고성능 센서가 장착되어야 하고, 이중 센서 데이터의 효과적인 결합과 빠른 처리를 위한 처리 장치 또한 갖추어져야 한다. 많은 완성차 업계에서 관련 기술을 탑재한 제품을 출시하고 있지만 고성능 센서의 높은 가격 등으로 인하여 가격과 수행력을 적절한 선에서 타협해야 하는 실정이다. 이로 인하여 실제 업계가 확보한 자율주행 기술의 완성도가 상당히 높음에도 불구하고, 완전 자율주행 차량을 상용 제품으로 출시한 회사는 비교적 많지 않다.

이를 보완할 수 있는 두 번째 기술적 방안은 자율주행 자동차가 센서를 통해 인식해야 할 주변 상황 중 일부분을 미리 지도로 만들어 두는



정 지 영
서울시립대학교



〈그림 1〉 자율주행을 위한 정밀도로지도

것이다. 지도가 정밀할수록 자율주행 자동차는 지도의 정보와 현재 센서로 입력되는 정보를 비교하며 손쉽게 주변 상황을 파악할 수 있다. 기존의 사람 운전자의 안내 용도로 제작된 지도는 차도 단위의 2차원 수치지도이며 수 미

터 정도의 오차 범위를 가진다. 반면에, 자율주행을 위한 고해상도 지도는 수 센티미터 수준의 오차 범위를 가지는 3차원 차선 단위 정보를 제공하여 현재 자동차의 위치가 총 몇 차로 도로 중 몇 번째 차선인지, 다음 교차로에서 좌회전을 하기 위해서는 몇 번의 차선 변경을 몇 분 안에 수행해야 하는지 등을 판단할 수 있어야 한다.

이러한 3차원 고해상도 지도를 만드는 것은 많은 비용과 인력을 필요로 하고, 시간도 오래 걸린다. 전통적인 방법은 고성능 GPS/INS 센서, 3차원 LiDAR 센서와 카메라 등을 장착한 고비용의 지도 제작 차량을 이용하여 지도 구축 영역의 데이터를 촘촘히 수집한 뒤, 센서의 오차 및 통합된 이중데이터 간의 이격 등을 수작업으로 해결하는 경우가 많다. 이러한 지도 제작 방식은 상당한 시간과 인력, 비용이 필요하여 도로 정비 및 공사 등으로 인한 도로의 변화를 신속하게 갱신하기 어렵다.

자율주행 상용화를 위한 세 번째 기술적 방안은 이러한 문제를 해결하기 위해 통신망을 활용하여 수 많은 자동차



〈그림 2〉 고해상도 지도 제작 과정

들이 수집하는 도로 영상 데이터를 지도 갱신에 이용하는 것이다. 최근 출시되는 자동차는 대부분 내장형 블랙박스가 설치되어 있으며 이를 통해 주행 중 전면 영상데이터를 GPS정보와 함께 고화질로 저장한다. 자동 펌웨어 업데이트나 무선으로 저장된 영상을 확인하는 편의를 위해 간단한 통신 기능을 갖춘 경우도 많다. Intel, 네이버 등의 자율주행 관련 IT회사에서는 한정적인 수량의 고비용 지도 제작 차량의 사용을 최소화하고, 도로 상에 운행 중인 수많은 차량이 수집하는 영상데이터를 효과적으로 활용하는 방안에 큰 관심을 기울이고 있다.

II. 고해상도 지도 제작 기술

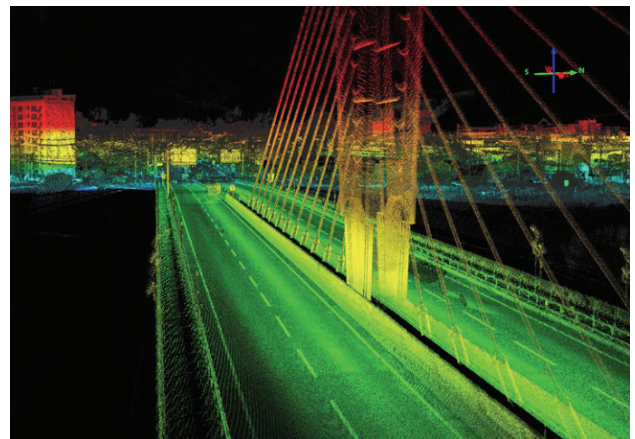
국토교통부에서는 자율주행 자동차 상용화를 지원하기 위해 전국 주요 도로를 대상으로 고해상도 지도를 구축하였다. 2019년까지 고속국도에 국한되었던 고해상도 지도(정밀도로지도) 구축 사업은 2020년부터 전국 일반국도로 확대되어 2021년 기준 2만653km의 고해상도 지도를 만들었고 누구나 활용할 수 있도록 온라인으로 공개하였다^[1].

이러한 고해상도 지도 제작은 많은 전문 인력과 시간이 소요되는 작업이다. 우선, 지도를 제작할 장소를 정하여 지도 제작 차량 및 장비(MMS, Mobile Mapping System)를 점검하고 미리 현장에 가서 세부 노선과 측량 일정을 수립한다. 그 다음, 지도 제작 차량을 운행하여 지도 제작을 위해 필요한 데이터를 수집한다. 이 과정에서는 지형, 건물, 도로 등의 정보를 수집하며, GPS 정보와 함께 카메라를 이용하여 영상데이터를, 그리고 LiDAR를 이용하여 3차원 점군데이터를 얻게 된다. 이렇게 얻은 방대한 양의 데이터는 지도 제작에 필요한 형식으로 정제되어야 하고, 서로 다른 형태의 데이터를 통합하는 과정을 거쳐야 한다. 또한, 고해상도 지도의 정확도를 높이기 위하여 별도의 현지 측량을 통해 추후 통합 데이터를 보정하는 과정을 거친다. 이렇게 만들어진 지도는 색깔과 위치 정보를 함께 갖춘 거대한 3차원 점군 덩어리여서 이를 지도로 활용하기 위해서는 도화의 과정이 필요하다.

도화는 지도 추상화(map abstraction)라고도 하며, 지



〈그림 3〉 지도 제작 차량에 탑재되는 장비(MMS)



〈그림 4〉 통합된 3차원 점군 데이터

리적 데이터를 단순화하고 일반화하여 지리적 영역을 더 작고 관리하기 쉬운 표현으로 만드는 과정이다. 3차원 고해상도 지도를 제작하는데 있어서, 지도 추상화는 통합된 3차원 점군 데이터로부터 도로, 차선, 횡단보도, 신호등 등 지도에 필요한 요소들을 추출하여 복잡성을 줄이고 가장 간단한 형태로 객체화하는 작업을 뜻한다. 도화를 통하여 지리 데이터의 저장과 처리를 더 효율적으로 할 수 있으며, 복잡한 지리적 특징을 단순화하고 직관적인 방식으로 구성하여 쉽게 읽고 해석할 수 있는 지도를 만들 수 있다. 도화의 과정을 거치고 위치 정확성에 대한 품질 평가를 마치면 비로소 자율주행에 활용 가능한 벡터데이터 형태의 3차원 고해상도 지도가 완성된다.

언뜻 바라보면, 지도 제작 과정 중 데이터 수집 단계에서 가장 많은 비용이 들 것 같아 보이기 쉽다. 각종 고정밀 센서를 탑재한 지도 제작 차량 및 장비를 한 세트 갖

추는데 수 억원이 드는데다 이렇게 얻은 데이터를 저장하고, 정제하고, 통합하는데 사용하는 컴퓨터는 상당히 높은 계산량과 저장용량을 감당해야 하기 때문이다. 보다 넓은 지역의 데이터 수집을 동시 다발적으로 진행하기 위해서는 여러 대의 지도 제작 차량을 운용해야 하고, 서로 다른 팀에서 수집된 데이터를 하나로 통합해야 하는 경우가 생기기도 한다. 하지만 고해상도 지도를 만드는데 가장 많은 인력과 시간이 소요되는 부분은 바로 도화 과정이다. 통합된 3차원 점군 데이터의 크기는 매우 방대한데, 이로부터 도로, 차선 등을 추출하여 간단한 벡터데이터 형태의 직선과 곡선으로 표현하는 작업을 대부분 사람의 손으로 작업하기 때문이다. 높은 정확도를 요구하는 작업이기 때문에 일정기간 훈련을 받아 숙달된 인력만 작업할 수 있다. 자율주행용 고해상도 지도를 만드는 회사인 HERE나 TomTom의 경우 인도와 중국을 비롯한 전 세계에 도화와 데이터 처리 인력을 위한 지도 개발 센터를 다수 보유하고 있다.

III. 차세대 지도 생성 및 갱신 기술

한국은 국토 면적이 비교적 작은 나라이기 때문에 국토가 넓은 나라에 비하여 고해상도 지도 제작에 있어서 시간과 비용이 적게 드는 유리한 면이 있다. 하지만 지도는 도시 개발, 자연 재해, 교통 인프라 구축 등과 같은 여러 요인으로 인해 지속적으로 변화하기 때문에 정확하고 최신 정보를 포함하는 지도를 유지하고 갱신하는 것이 매우 중요하다. 지도 갱신 기술은 변화한 지역의 데이터를 수집하여 신속하게 처리하고 지도 정보의 오류를 수정하여 효율적이고 안전한 자율주행을 보장해 주는 역할을 한다.

국토교통부는 기 제작한 정밀도로지도의 변경 사항이 발생할 경우 도로관리청에서 변경된 정보를 국토부와 공유하는 ‘자율주행자동차법’을 통해 최신 정밀도로지도를 제공하도록 추진해왔다. 그러나 정밀도로지도 구축 물량이 많아지면서 변화정보를 신속하게 파악하기 어렵고, 갱신 비용도 급격하게 증가하는 문제에 직면했다^[1]. 최초의 지도 제작과 동일한 방식으로 매번 지도를 갱신한다면 너무 많은 시간과 비용이 소요되기 때문에 지도를 신속하게

빠른 주기로 갱신하기 어렵다. 따라서 지도 갱신은 최초 지도 제작과는 조금 다른 접근법이 필요하다.

여기서 소개하고자 하는 차세대 고해상도 지도 제작 전략은 크게 두 가지이다. 첫째는 최초의 고해상도 지도를 만드는 단계를 최대한 자동화하여 인력과 시간을 줄여 보고자 하는 면이다. 고해상도 지도 제작 단계에서 자동화 할 수 있는 부분은 데이터 통합 단계와 세부 도화 단계가 있다. 데이터 통합 단계는 이미 어느 정도 자동화가 되어있지만, 아직 활발히 연구되고 있는 분야이다. 관련 기술로는 서로 다른 위치나 센서를 통해 얻은 두 세트 이상의 3차원 점군을 정렬시키는 3차원 점군 등록 (3D point registration) 기술이 있다. 세부 도화 단계의 자동화를 위해서는 색상, 강도, 기하학적 구조와 같은 점군의 특성을 기반으로 3차원 점군을 의미있는 덩어리로 분할하는 3차원 점군 분할 (3D point segmentation) 기술을 활용할 수 있다.

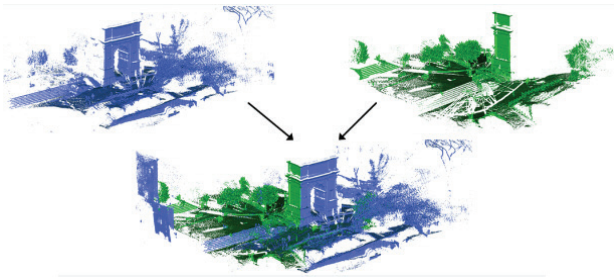
두 번째 고해상도 지도 제작 전략은 이미 만들어져 있는 지도를 보다 효율적인 방법으로 갱신하여 최신성을 유지하는 것이다. 이를 위해 대규모 사용자들의 데이터를 분석하여 기 제작된 지도 중에서 수정이 필요한 부분만 추출 및 업데이트 하는 클라우드소싱 기반의 지도 갱신 기술을 생각해 볼 수 있다.

1. 3차원 점군 등록 기술

3차원 점군 등록 (3D point registration) 기술은 서로 다른 시점에서 촬영된 또는 서로 다른 센서에 의해 캡처된 동일한 장면의 두 개 이상의 점군을 정렬하는 기술이다. 정렬의 목표는 3차원 점군의 병진, 회전, 크기 조정과 같은 상대적인 변환을 추정하여 점군을 공통 좌표계로 등록하는 것이다^[2].

최근 들어 3차원 점군 등록 기술은 최적화 기반 및 딥러닝 기반 방법의 발전으로 인해 정합의 성능이 더욱 향상되었다. 최적화 기반 방법은 점군에서 대응하는 점의 차이를 최소화하기 위해 수학적 최적화 기술을 사용하며, 딥러닝 기반 방법은 점군의 특징을 학습하고 변환 매개변수를 추정하기 위하여 신경망을 사용한다.

최적화 기반 등록 방법론^[3,4,5,6]은 최적화 전략을 사용하



〈그림 5〉 3차원 점군 등록 기술

여 변환 행렬을 추정한다. 대부분의 최적화 기반 등록 방법은 대응점 검색 및 변환 추정의 두 단계로 이루어진다. 대응점 검색은 다른 점군의 모든 점에 대한 대응점을 찾는 것이고, 변환 추정은 대응점을 사용하여 변환 행렬을 추정하는 것이다. 이 두 단계는 최적 변환을 찾기 위해 반복적으로 수행된다. 반복 과정에서 대응점은 처음에는 정확하지 않을 수 있지만, 반복 과정이 계속됨에 따라 점점 더 정확해진다. 이러한 최적화 기반 등록은 목적 함수를 잘 설계한다면 이론적으로 수렴을 보장할 수 있고, 훈련 데이터가 필요하지 않기 때문에 잘 알려지지 않은 새로운 장면에 대해서도 일반화가 잘 되는 장점이 있다. 하지만 노이즈, 이상치, 밀도 변화 및 부분 중첩 등의 문제를 극복하기 위해 많은 정교한 전략이 필요하며, 이는 계산 비용을 증가시킨다.

한편, 딥러닝 기반 방법들^[7,8,9,10]은 신경망을 활용하여 점군 등록 문제를 해결하는데, 이 때 신경망의 입력은 두 개의 점군이며 출력은 두 점군을 정렬하는 변환 행렬이다. End-to-end 학습 방법의 기본 아이디어는 등록 문제를 회귀 문제로 변환하는 것이다. 예를 들어, ^[7]은 정렬된 점군에서 특징을 학습하고, 이 특징에서 변환 매개변수를 회귀한다. ^[8]은 두 점군 간의 상관관계를 정의하고 이를 사용하여 변환을 예측하는 등록 네트워크를 제안한다. 딥러닝 기반 방법은 점군 등록 작업을 위하여 신경망을 특별히 설계하고 최적화하므로 전통적인 수학적론과 딥러닝의 장점이 모두 나타나는 이점이 있지만, 회귀 방법은 변환 매개변수 추정이 일종의 블랙박스로 간주되고 거리 측정이 유클리드 공간에서 측정되기 때문에 노이즈와 밀도 차이에 민감한 경향을 보인다.

2. 3차원 점군 분할 기술

3차원 점군 분할은 색상, 강도 또는 기하학적 특성과 같은 점군의 특성을 기반으로 3차원 점군을 의미 있는 영역으로 나누는 과정이다. 점군에서 분할된 덩어리들은 각각 특정 물체나 큰 물체의 일부를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 주행 환경을 나타내는 거대한 3차원 점군에 분할 기술을 적용하여 도로, 차선, 차량, 보행자, 신호등, 장애물 등을 나누어 식별할 수 있다. 이 기술은 고해상도 지도에 나타내고자 하는 요소들을 구별하여 간략화하는 세부도화 과정을 자동화 할 때 필요하다.

3차원 점군 분할에는 여러 가지 주요 접근 방식이 있다^[11]. 우선, 전통적으로 오래 연구된 방식은 엣지 또는 영역 성장식 방식이다. 이들은 2차원 영상 분할을 위하여 사용되는 접근법을 그대로 3차원 데이터에 적용한 방식이다. 엣지 기반의 방식^[12,13]은 점의 강도(반사도, intensity)가 급격히 변하는 부분을 따라 물체의 외곽선을 찾고 분할하는 방식이다. 엣지 기반의 분할 기술은 빠르지만 노이즈가 적고 점의 밀도가 균일한 이상적인 점군데이터에서만 제한적으로 잘 동작한다. 영역 성장식(region growing) 분할 기술^[14,15]은 주변 점의 특징을 분석하여 비슷하다고 생각되는 점들을 같은 영역으로 묶어 나가는 방식이다. 주로 도로나 건물 벽과 같은 평면 구조를 분할해 낼 때 잘 동작한다.

기하학 기반 혹은 모델 피팅 기반의 방식은 점군이 몇 가지의 단순한 기하학적 형태로 분류 가능하다고 가정하여 평면, 구, 원기둥, 원뿔과 같은 매개변수로 나타낼 수 있는 모델을 피팅하여 분할하는 방식이다. 널리 알려진 Hough transform^[16] 기반의 방법들^[17,18]과 RANSAC(Random sample consensus)^[19] 기반의 방법들^[20,21]이 이 범주에 속한다. 특별한 형태의 모델을 지정하지 않고 비지도 학습 형태로 점군을 분할해 나가는 clustering 기반의 접근법들도 있다. 이들은 영역 성장식 분할 기술이나 모델 피팅 기반의 분할 기술과는 달리, 점군의 패턴을 미리 지정하지 않기 때문에 나무나 덩굴과 같은 불규칙한 형태의 개체를 분할하는데 유용하다. K-means^[22], fuzzy clustering^[23], mean-shift^[24] 기반의 알고리즘들이 이 범주에 속하며 추후 그래프를 활용하

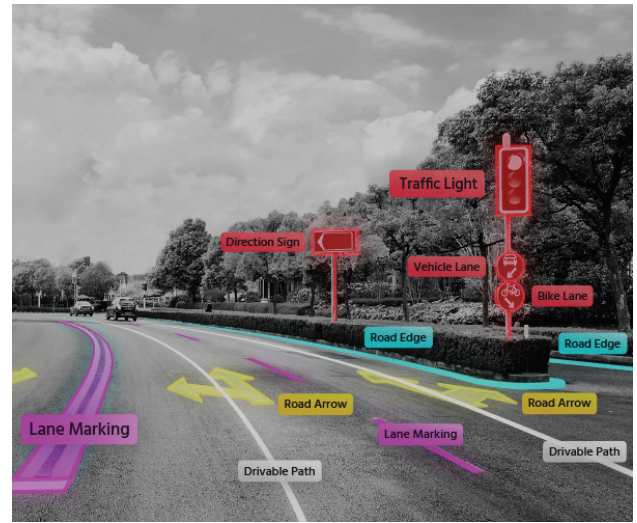
여 clustering 하는 형태^[25]로도 발전하였다.

마지막으로 딥러닝 기반 방법들은 깊은 신경망을 사용하여 점군의 특징을 학습하고 분할한다. 최근 발표된 PointNet^[26], PointNet++^[27], DGCNN^[28] 과 같은 3차원 데이터를 처리하는 아키텍처를 활용하는 딥러닝 기반의 방법들은 점군을 개체단위로 단순히 분할만 하는 것이 아니라 주로 분할된 점군 덩어리가 어떤 개체인지 식별까지 해낸다. 이는 3차원 점군의 의미론적 분할(semantic segmentation) 기술에 해당하여 앞서 설명한 점군 분할 기술에 의미적 식별까지 더해졌으므로 약간 범주가 다르다고 볼 수 있지만 점점 많은 연구자들이 분할과 식별을 한꺼번에 하는 의미론적 분할 기술로 집중하고 있다. 딥러닝 기반의 3차원 점군의 의미론적 분할 기술은 기존의 점군 분할 방법들보다 높은 정확도를 보이며 다양한 기하학적 모양과 외관을 가진 여러 객체나 표면을 분할하는데 유연하게 쓸 수 있어 활용도가 높다. 특별한 전처리 없이 end-to-end 학습이 가능한 부분도 장점이다. 하지만 다른 딥러닝 기반의 방법들과 마찬가지로 학습을 위해 대량의 레이블이 달린 학습데이터가 필요한데 특히 점군 데이터는 이를 얻기가 힘들다. 또한, 점군 데이터는 이미지의 픽셀들보다 불규칙하게 배열된 데이터이기 때문에 계산량이 많아서 학습 및 추론에 많은 리소스가 필요한 단점이 있다.

3. 클라우드소싱 기반의 지도 갱신 기술

클라우드소싱 기반의 지도 갱신 기술은 본래 지도를 만들거나 개선하기 위하여 일반 대중이 정보를 기여하는 전략으로, Google Maps, OpenStreet Map, Mapillary와 같은 디지털 지도를 서비스하는 업체에서 활용했던 전략이다. 하지만 사용자로부터 웹을 통해 특별한 입력을 받아야 하는 기존 방법과는 달리, 도로 지도의 갱신은 특정 지역을 운행하는 차량의 전면 블랙박스 카메라로부터 GPS정보가 포함된 영상데이터를 수집하고, 이를 활용해 교통 흐름, 도로 폐쇄, 사고, 공사 및 고해상도 지도의 정확도에 영향을 미칠 수 있는 기타 업데이트 정보를 추출할 수 있다.

Intel의 자회사인 Mobileye에서 개발한 REM(Road



〈그림 6〉 Mobileye의 REM 서비스

Experience Management)은 자율주행차와 고급 운전자 지원 시스템(ADAS)을 위한 고해상도 지도 생성 및 갱신 기술이다. REM은 Mobileye의 ADAS 시스템이 장착된 차량의 카메라에서 데이터를 지속적으로 수집하고, 도로 및 인프라 상황의 변화를 식별하기 위해 해당 데이터를 분석한다. 개별 차량에서 서버에 보내는 데이터량을 최소화하기 위하여 ADAS 시스템에서 이미지 처리 및 지도의 변화 감지를 일부 마치고 지도 갱신에 필요한 최소한의 데이터를 서버로 보낸다. 서버에서는 Mobileye의 ADAS 시스템을 장착한 수많은 차량으로부터 모아진 데이터를 분석하여 실시간으로 지도를 업데이트하고, 다시 Mobileye의 ADAS 시스템이 장착된 차량들에게 갱신된 지도 정보를 공유한다.

이러한 클라우드소싱 기반의 지도 갱신 기술은 보다 정확하고 상세한 지도를 실시간으로 생성할 수 있어 자율주행차가 도로를 안전하고 효율적으로 운행할 수 있도록 도울 수 있다. 예를 들어, 도로 표시의 변화, 공사 구역, 도로 위의 위험 등을 감지하여 지도를 실시간으로 갱신함으로써, 자율주행차에게 적정 속도나 경로를 조정하도록 알릴 수 있다.

IV. 고해상도 지도의 활용

차선 레벨의 3차원 고해상도 지도는 자율주행 차량에



게 도로, 차선, 장애물 등 주행 환경에 대한 자세한 정보를 제공하여 더욱 안전하고 효율적인 주행을 가능하게 하기 때문에 현재 자율주행의 상용화에 열쇠를 쥐고 있는 중요한 인프라이다. 고해상도 지도는 자율주행 외에도 앞으로의 사회에서 여러 다른 분야에서도 활용될 수 있다. 특히, 복잡한 도시의 교통 체계와 도시 계획을 도울 수 있다는 면에서 스마트 도시와도 긴밀하게 연결된다.

스마트 도시란, 기술과 디지털 인프라를 활용하여 시민들의 삶의 질을 향상시키고 자원을 더욱 효과적으로 관리하는 도시를 말한다. 스마트 도시에서 고해상도 지도는 교통 시스템을 관리하고 이동성을 최적화 하는데 유용한 도구로 쓰일 수 있다. 스마트 도시는 스마트센서, 데이터 분석, 사물인터넷(IoT) 등 폭넓은 기술을 활용하여 도시와 시민에 대한 데이터를 수집하고 분석하여 시민들에게 서비스와 정보를 제공한다. 고해상도 지도는 교통 패턴, 도로 조건 및 교통에 영향을 미치는 기타 요소에 대한 자세한 이해를 제공할 수 있어 교통 흐름을 최적화하고 혼잡을 줄이며 안전을 향상시키는데 활용할 수 있다.

더 나아가, 고해상도 지도는 차량의 정확한 위치와 차선 수준의 정보를 제공함으로써 자율주행 뿐 아니라 일반 차량의 고급 운전자 지원 시스템(ADAS)을 지원하는 데 사용될 수 있으며, 이는 전반적인 도로 안전성을 향상하고 교통 혼잡을 줄일 수 있다. 도로 조건과 교통 패턴에 대한 자세한 정보를 제공하여 공유 차량 서비스 및 배송 서비스와 같은 이동성 서비스를 지원할 수 있으며, 이들의 경로를 최적화하고 효율성을 향상하는데 도움이 될 수 있다.

V. 전망과 결론

고해상도 지도 기술은 자율 주행, 교통, 물류, 도시 계획 및 비상 대응과 같은 다양한 산업에 적용되며 발전을 거듭할 것으로 전망된다. LiDAR 및 카메라와 같은 센서 기술의 발전을 통하여 차선 표시, 교통 신호, 보도와 건물 등 도로망 및 주변 인프라를 보다 정확하고 상세하게 제공하도록 지도의 역할이 커질 것이다. 자율주행 차량은 안전하고 효율적으로 이동하기 위해 고해상도 지도가 필

요하다. 이러한 지도는 환경의 정확하고 상세한 시야를 제공하여 차량이 장애물을 인식하고 다른 차량의 위치를 결정하며 실시간으로 결정을 내릴 수 있도록 지원한다.

자율주행의 상용화와 더불어 다양한 분야에서 그 수요가 분명함에도 불구하고, 아직까지 고해상도 지도의 제작과 실시간성을 보장한 지도 갱신은 시간과 비용이 많이 필요하여 기술적인 측면에서 발전할 여지가 많다. 최근 3차원 점군 데이터에 적용하는 딥러닝 기반 방법론들의 다양화로 인하여 3차원 점군 등록 및 분할 기술의 성능이 향상되었다. 또한, 고비용의 지도 제작 차량이 아닌 일반 차량에 장착된 ADAS 시스템을 활용한 클라우드소싱 기반의 지도 갱신 기술과 함께 앞으로의 3차원 고해상도 지도는 저비용으로 더욱 빠르게 업데이트 되어 실시간으로 정확한 지도 정보를 제공하는 방향으로 발전을 거듭할 것으로 예상된다.

5G 및 기타 통신 기술을 발전으로 인해 실시간 지도 업데이트 및 센서 데이터 통합이 가능해져 고해상도 지도 기술의 적용은 앞으로 계속 증가할 것으로 예상된다. 3차원 고해상도 지도는 스마트 시티 및 자율주행의 발전에서 중요한 역할을 계속 수행할 것이다.

참고 문헌

- [1] 김민정, “정부·기업 협동해 ‘정밀도로지도’ 구축...국토부, 자율주행차 상용화에 속도”, 조선일보, Sep 2022, https://biz.chosun.com/policy/policy_sub/2022/09/20/FS5JGTSPJBBOTAE7MSTT TOMTQU/
- [2] Xiaoshui Huang, et al, “A comprehensive survey on point cloud registration”, arXiv:2103.02690 [cs], Mar 2021.
- [3] Heng Yang and Luca Carlone, “A polynomial-time solution for robust registration with extreme outlier rates”, arXiv:1903.08588, 2019.
- [4] Huu M Le, et al, “Sdrsac: Semidefinite-based randomized approach for robust point cloud registration without correspondences”, In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pages 124–133, 2019.
- [5] François Pomerleau, et al, “A review of point cloud

- registration algorithms for mobile robotics", *Foundations and Trends® in Robotics*, 4(1):1 – 104, 2015.
- [6] Liang Cheng, et al. "Registration of laser scanning point clouds: A review", *Sensors*, 18(5):1641, 2018.
- [7] Zhenpei Yang, et al. "Extreme relative pose estimation for rgb-d scans via scene completion", In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, June 2019.
- [8] Lingjing Wang, et al. "Non-rigid point set registration networks", *arXiv:1904.01428*, 2019.
- [9] Haowen Deng, et al. "3d local features for direct pairwise registration", In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 3244 – 3253, 2019.
- [10] G Dias Pais, et al. "3dregnet: A deep neural network for 3d point registration", In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 7193 – 7203, 2020.
- [11] Yuxing Xie, et al. "Linking Points With Labels in 3D: A Review of Point Cloud Semantic Segmentation", *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, Mar 2020.
- [12] A. Nguyen and B. Le, "3d point cloud segmentation: A survey," in *2013 6th IEEE conference on robotics, automation and mechatronics(RAM)*, pp. 225 – 230, 2013.
- [13] T. Rabbani, et al. "Segmentation of point clouds using smoothness constraint", in *International archives of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, vol. 36, pp. 248 – 253, 2006.
- [14] P. J. Besl and R. C. Jain, "Segmentation through variable-order surface fitting", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 10, no. 2, pp. 167 – 192, 1988.
- [15] Z. Dong, et al. "An efficient global energy optimization approach for robust 3d plane segmentation of point clouds", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 137, pp. 112 – 133, 2018.
- [16] L. Xu, et al. "A new curve detection method: randomized hough transform (RHT)," *Pattern recognition letters*, vol. 11, no. 5, pp. 331 – 338, 1990.
- [17] F. A. Limberger and M. M. Oliveira, "Real-time detection of planar regions in unorganized point clouds," *Pattern Recognition*, vol. 48, no. 6, pp. 2043 – 2053, 2015.
- [18] M. Camurri, et al. "3d hough transform for sphere recognition on point clouds," *Machine vision and applications*, vol. 25, no. 7, pp. 1877 – 1891, 2014.
- [19] M. A. Fischler and R. C. Bolles, "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography," *Communications of the ACM*, vol. 24, no. 6, pp. 381 – 395, 1981.
- [20] S. Choi, T. Kim, and W. Yu, "Performance evaluation of ransac family," in *Proceedings of the British Machine Vision Conference*, 2009.
- [21] R. Raguram, O. Chum, M. Pollefeys, J. Matas, and J.-M. Frahm, "Usac: a universal framework for random sample consensus," *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 35, no. 8, pp. 2022 – 2038, 2013.
- [22] F. Morsdorf, E. Meier, B. Klotz, K. I. Itten, M. Dobbertin, and B. Allgöwer, "Lidar-based geometric reconstruction of boreal type forest stands at single tree level for forest and wildland fire management," *Remote Sensing of Environment*, vol. 92, no. 3, pp. 353 – 362, 2004.
- [23] J. M. Biosca and J. L. Lerma, "Unsupervised robust planar segmentation of terrestrial laser scanner point clouds based on fuzzy clustering methods," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 63, no. 1, pp. 84 – 98, 2008.
- [24] M. Shahzad and X. X. Zhu, "Robust reconstruction of building facades for large areas using spaceborne tomosar point clouds," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 53, no. 2, pp. 752 – 769, 2015.
- [25] S. Ural and J. Shan, "Min-cut based segmentation of airborne lidar point clouds," in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, pp. 167 – 172, 2012.
- [26] C. R. Qi, H. Su, K. Mo, and L. J. Guibas, "Pointnet: Deep



learning on point sets for 3d classification and segmentation,”
in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision
and Pattern Recognition, pp. 652–660, 2017.

[27] C. R. Qi, L. Yi, H. Su, and L. J. Guibas, “Pointnet++: Deep
hierarchical feature learning on point sets in a metric space,”
in Advances in Neural Information Processing Systems, pp.
5099–5108, 2017.

[28] Y. Wang, Y. Sun, Z. Liu, S. E. Sarma, M. M. Bronstein, and
J. M. Solomon, “Dynamic graph cnn for learning on point
clouds,” arXiv:1801.07829, 2018.



정지영

- 2008년 8월 KAIST 전기 및 전자공학과 학사
- 2010년 8월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사
- 2016년 2월 KAIST 전기 및 전자공학부 박사
- 2016년 3월 ~ 2017년 2월 Naver Labs 연구원
- 2017년 3월 ~ 2021년 8월 경희대학교
소프트웨어융합학과 조교수
- 2021년 9월 ~ 현재 서울시립대학교 인공지능학과 조교수

〈관심 분야〉

Computer Vision, Understanding 3D Environment,
Color and Depth Sensor System, and Causal Inference
for Explainable AI

차량용 AR Head-up Display를 위한 무안경 3D 기술 동향

I. 서론

Head-up Display (HUD)는 사용자의 시야를 가리지 않고 투과시키면서도 동시에 시각 정보를 표시하는 투명디스플레이 장치이다. HUD는 전투기에서 조종사의 시야에 주요 비행데이터를 표시하기 위한 장치로써 국방 항공기 분야에서 최초로 개발되었으며, 조종사가 계기판을 보기 위해 시선을 이동할 필요없이 비행에만 집중이 가능하도록 하여 조종사의 주의분산을 최소화시키는 역할을 한다. 이러한 HUD는 최근 자동차의 주요 시스템으로 채택되고 있다. 차량용 HUD는 주로 내비게이션과 연동하여 사용되며, ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) 정보 등 차량 주행과 관련 정보도 표시가 가능하다. 자율주행 기술의 발전과 함께 다양한 센서 및 통신 서비스를 통해 운전자에게 제공 가능한 유용한 정보들은 크게 증가하고 있다. 증강현실 (Augmented Reality) 기반의 AR HUD는 이러한 차량 주행 정보를 실제 환경과 통합하여 표시함으로써 운전자의 주의 분산을 최소화하고, 직관적이고 빠르게 정보를 전달함으로써 운전자의 주변환경 인식을 용이하게 하여 운전경험을 향상시킬 수 있다. 현대, MercedesBenz, Audi 등 주요 자동차 회사 및 Panasonic, LG 등 관련 업체들은 AR HUD 적용 확대를 위해 노력하고 있다 (<그림1> 참조). HUD에 증강현실을 적용하기 위해서는 가상 물체 정보를 실제 3차원 공간상에서 정합하여 표시해야 하는데, 이를 위해서는 영상에 깊이감을 제공하는 3D 디스플레이 기술이 필요하다.

본 고에서는 최근 각광받고 있는 차량용 AR HUD 기술에 대해 소개하고, 그 중에서도 영상의 입체감 표시를 위한 무안경 3D 디스플레이 기술의 최근 동향에 대해 소개한다. II장에서는 기존 HUD와 대비되는 AR HUD 기술의 장점 및 차별화 포인트에 대해 논의하고, III장에서는



이 석
한국기술교육대학교

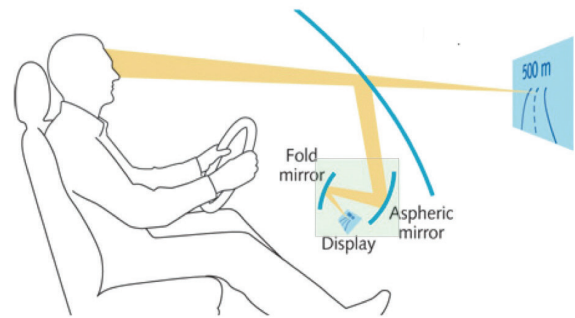


〈그림 1〉 AR HUD 적용 화면 (상: Audi, 하: Panasonic)

AR HUD에 적용가능한 무안경 3D 디스플레이의 핵심 기술에 대해 설명한다. 마지막으로 IV장에서 기술전망 및 결론을 제시한다.

II. AR HUD

〈그림 2〉는 비구면 반사 거울을 이용하는 전통적인 HUD의 광학계를 나타낸다^[1]. HUD 내부의 소형 디스플레이를 통해 생성된 영상은 비구면 반사 거울을 통해 반사되고, 이후 차량 전면 유리(Windshield)에 반사되어 운전자의 눈으로 보여지게 된다. 운전자는 차량 앞쪽에 위치한 가상 디스플레이 화면을 인식하게 되고, 눈에 보여지는 실상과 HUD 화면을 동시에 시청하게 된다. 운전자의 눈으로부터 가상화면까지의 거리는 VID (Virtual Image Distance)라고 불리며, 일반적인 2D HUD의 경우 차량 앞 후드 끝쪽에 위치하여 운전자로부터 2~3m 정도 거리가 된다. 운전자는 HUD 화면이 VID에 위치하는 것으로 인지하기에 만약 속도, 거리와 같은 정보를 화



〈그림 2〉 2D HUD 시스템 광학계 구조

면상에 표시하게 되면, 해당 거리에 텍스트와 같은 2D 정보가 표시되게 된다.

하지만 AR HUD는 3차원 그래픽 콘텐츠를 운전자의 시야내에서 주변 공간의 실제 물체에 실시간으로 오버레이시켜서 표현한다. 예를 들어 전방 우회전에 대한 내비게이션 정보를 기존 HUD에서 표시할 경우 교차로까지의 남은 거리 등을 간단한 지도 및 텍스트 정보를 통해 표시하게 되는데, AR HUD를 사용하게 되면 차량이 달리고 있는 차선위 전방 실제 교차로 위치에 화살표를 직접 그려서 표시할 수 있다. 이 경우 운전자는 정보를 머릿속으로 해석하여 경로를 찾아가는 대신, 눈으로 보이는 차선 위 화살표를 따라가는 것만으로 쉽고 직관적으로 내비게이션 소프트웨어를 이용할 수 있다. 또한 2D HUD의 경우 화면이 가깝기 때문에 운전 중 HUD를 볼 때마다 VID 거리로 눈의 초점을 이동하였다가 다시 차량 전방 기준으로 돌아가는 과정이 필요한데, AR HUD의 경우는 HUD 그래픽 콘텐츠 표시거리가 전방시야와 일치하므로 초점을 유지한채로 운전이 가능하다.

이러한 AR HUD를 구현하기 위해서는 HUD 화면이 VID위치에 2D로 표현되는 것이 아니라, 운전자 전방 임의의 거리상에 표시될 수 있어야 하고, 또한 AR 콘텐츠가 실제 물체와 정합되어 운전자에게 인식되도록 하기 위해, 주변환경을 실시간으로 인식하고, 운전자의 눈위치에 따른 운동시차를 반영하여 그래픽 콘텐츠를 생성하여야 한다. 이를 위해 차량의 정밀한 현재 위치 및 주변 환경 인식 기술, 운전자 눈위치 추적 기술, 3D 디스플레이 기술이 필요하며, 본 고에서는 이 중에서도 무안경 3D 디스플레이 기술에 대해 자세히 다루고자 한다.

III. 무안경 3D 디스플레이 기술

무안경 3D 디스플레이는 특수한 안경을 쓰지 않고도 좌안과 우안에 시차가 있는 영상을 볼 수 있도록 해준다. 그 중에서도 다시점 3D 디스플레이는 렌티큘러 렌즈나 Parallax Barrier와 같은 광학 레이어를 통하여 디스플레이 패널에서 발생한 빛이 방향성을 갖도록 해주는 원리를 이용한다. 하지만 다시점 3D 디스플레이는 해상도 저하와 좁은 시정영역에 의한 여러 가지 단점을 가지고 있다. 광원과 시청자 사이에 있는 광학레이어는 패널에 공간적으로 분포한 픽셀들에서 발생한 빛을 Spatio-angular 분포로 변환시키는데, 이때 3D 영상의 해상도는 시점의 수만큼 낮아지게 된다. 또한 해상도의 저하는 물체들의 깊이감을 표현하는 것에도 관련이 있다. 일반적으로 다시점 3D 디스플레이는 물체들의 거리차이가 상대적으로 가까운, 즉 피사계 심도가 얇은 경우만 표현이 가능하고 깊이감이 커질수록 물체가 흐릿하게 표현된다. 물체를 선명하게 표현하기 위해서는 보다 많은 시점이 필요하나 이 경우 해상도 저하 문제와 연관되어 한계가 있다. 다시점 디스플레이의 시정영역은 설계된 최적 시청거리(OVD, Optimal Viewing Distance)에서의 Sweet Spot이라 불리는 위치로 제한되며, Sweet Spot 사이는 Dead Zone이라 불리는 영역이 존재하며, 이 위치에서는 스테레오 영상의 시차가 역전되는 Pseudoscopic 영상이 발생한다. 다시점 3D 디스플레이의 한계는 픽셀수에서 기인하고, 이를 해결하기 위해 고속회전 거울이나, DLP 등 프로젝터를 이용한 시스템^[2] 등을 이용하여 시점수를 늘릴 수 있다. 라이트 필드 3D 디스플레이는 시정영역 내에서 고밀도 라이트 필드 정보를 생성하여, 임의의 시점영상을 표현할 수 있다^{[3], [4], [5]}. 하지만 커다란 폼팩터와, 높은 영상 렌더링 복잡도는 여전히 해결해야 할 과제이다.

시점추적 기반 3D 디스플레이는 기존 무안경 3D 디스플레이에 대한 좋은 대안이 될 수 있다. 평판 디스플레이의 폼팩터를 유지하면서도 제한된 픽셀 자원을 시청자의 특정 위치에 집중할 수 있기에, 안경을 쓰지 않고도 더 낮은 크로스토크와 고해상도의 3D 영상을 넓은 시정영역에서 표현할 수 있다. 또한 충분한 깊이 범위에서 연속적

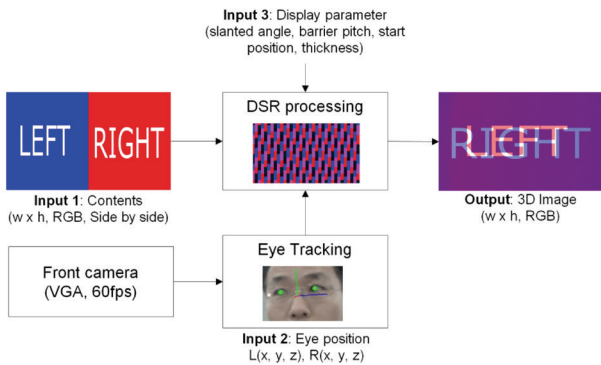
인 운동시차와 함께 3D 콘텐츠를 볼 수 있게 해준다. 이를 위해 시청자의 눈의 위치를 추적하고, 해당 위치 정보를 픽셀자원을 최적화하는데 사용한다. 하지만 이런 종류의 디스플레이는 한사람의 시청자만 정상적인 3D 영상을 볼 수 있다는 문제가 있지만, 개인용 모니터, 태블릿, 스마트폰, 디지털 사이니지 등에서 충분히 활용 가능하다. 특히 차량용 HUD의 경우 상대적으로 시정영역이 좁고 운전자만이 사용하기에 적용이 유리하다. 닌텐도 3DS와 같은 대부분의 상용 3D 디스플레이 제품에는 LC 배리어를 사용한 방법이 적용되었다^{[6], [7]}. 이 방법에서는 시청자의 위치에 따라 LC 패널내 특정 위치를 열고 닫아 빛을 차폐함으로써 이동형 배리어 슬릿을 형성한다. LC 배리어는 모든 개구를 열어 간단히 2D 디스플레이 모드로 변경할 수 있는 장점이 있으나 최적시청거리로 시정영역이 제한된다. 시청구획(Viewing zone)에 기반한 방법^{[8]~[10]}은 LC 배리어에 비하여 넓은 시정영역을 제공한다. 해당 방법에서는 전체 시청가능 영역을 시청구획으로 나누고, 눈추적기를 통해서 시청자의 눈이 어떤 시청구획내에 있는지를 계산한다. 이후 시청구획 활성화 정보를 이용하여 콘텐츠를 서브픽셀 레벨에서 조정한다. 이러한 방법은 많은 수의 시청구획에 대한 정보가 사전에 정밀하게 정의되어 있어야 하나, 디스플레이 생산 공정 혹은 광굴절 과정에서 발생하는 오차에 취약하다. 시분할 방식 방법^{[11], [12]}은 렌티큘러 렌즈나 패럴랙스 배리어를 사용할 때 발생하는 해상도 저하를 막기 위해, 패널에서 출력되는 영상을 시점별로 분할하여 표현한다. 이 경우 좌/우 시점 뿐만 아니라 시청자 별 영상도 시분할로 표현함으로써 복수 시청자가 동시에 3D 영상을 시청할 수 있게 해준다. 하지만 시분할 방식은 매우 고속의 디스플레이를 필요로 하는 단점이 있다. 기존 대비 최소 2배 이상의 고속 디스플레이가 필요하다. 최근 시분할 방법 연구들은 빛의 방향을 조절하는 광학계 연구에 집중되고 있다.

광경로 추적방식 3D 디스플레이 연구^{[13], [14]}에서는 모든 서브픽셀에 대해 발생한 빛이 광학 레이어를 통과하는 각각의 경로를 계산하여 시청자 위치에 최적 영상을 서브픽셀 단위에서 실시간으로 생성하는 알고리즘을 제시함으로써 상대적으로 넓은 시정범위에서 고화질 3D 영상을 구현하였다.

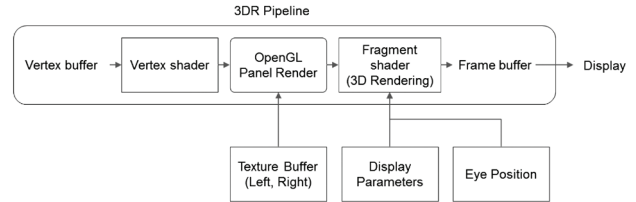
1. 3D 영상렌더링

2D 영상을 3D 디스플레이의 출력 패턴으로 변환하는 3D영상 렌더링 과정은 다음과 같다^[13]. <그림 3>은 3D 영상렌더링의 전체적인 과정을 나타낸다.

입력데이터는 스테레오 이미지와 디스플레이 파라미터, 그리고 3차원 눈의 좌표이다. 3차원 눈좌표의 경우 카메라 좌표계를 기준으로 획득된 좌표를 디스플레이 좌표계로 변환하여 사용한다. 광선은 각각의 배리어 슬릿의 개구에서 생성되어 각각의 서브픽셀을 통과하여 진행한다고 가정하고, 디스플레이 파라미터를 이용하여 광선경



<그림 3> 3D 영상렌더링 과정

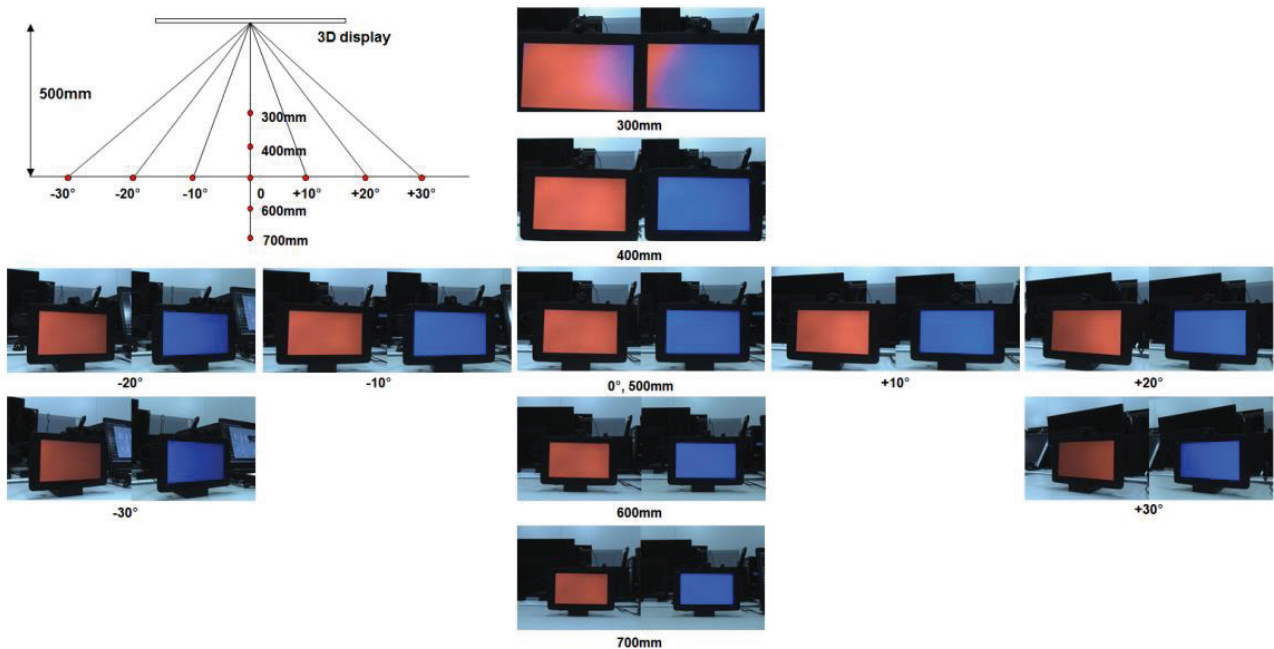


<그림 4> GPU 구현을 위한 3D 영상렌더링 파이프라인

로를 계산함으로써, 해당 광선의 방향이 좌안 혹은 우안 중에 어느쪽에 가까운지에 따라 픽셀값을 결정한다. 이를 통해 모든 서브픽셀 값은 좌우안 중 광선이 가깝게 통과하는 눈에서 보여질 영상의 픽셀값으로 할당된다. 광선경로 계산시에는 공기와 유리의 굴절율 차이에 의해 발생하는 유리 표면에서의 3차원 빛굴절을 고려해야 한다.

각 서브픽셀에서의 영상렌더링 과정은 계산량이 높지 않고 서로 독립적이며, 또한 서브픽셀 별로 상대적 위치를 제외한 나머지 파라미터가 동일하기에 쉽게 병렬화할 수 있다. 따라서 GPU 혹은 FPGA등을 활용하여 실시간으로 처리가 가능하다. <그림 4>는 GPU로 구현한 3D 렌더링 파이프라인을 나타낸다.

이러한 3D 렌더링 과정을 거치면 시청자의 좌우안 위



<그림 5> 시청위치에 따른 좌(청색), 우(적색) 영상 분리 결과

치에서 각각의 눈에 해당하는 좌우 영상을 분리하여 볼 수 있다. <그림 5>는 디스플레이 전방에서 적색(우)/청색(좌)으로 구성된 스테레오 영상을 표시하였을 때 해당 눈 위치에서 카메라를 통해 촬영한 결과 영상의 좌우안 분리 정도를 나타낸다.

2. 3D 크로스톡

3D 디스플레이의 화질을 결정하는 주요 지표는 3D 크로스톡이다. 이는 좌 영상과 우 영상이 시청자의 양안에 각각 분리되지 않고 이중상으로 섞여 들어가는 정도를 나타내며, 다음과 같이 정의된다^[15].

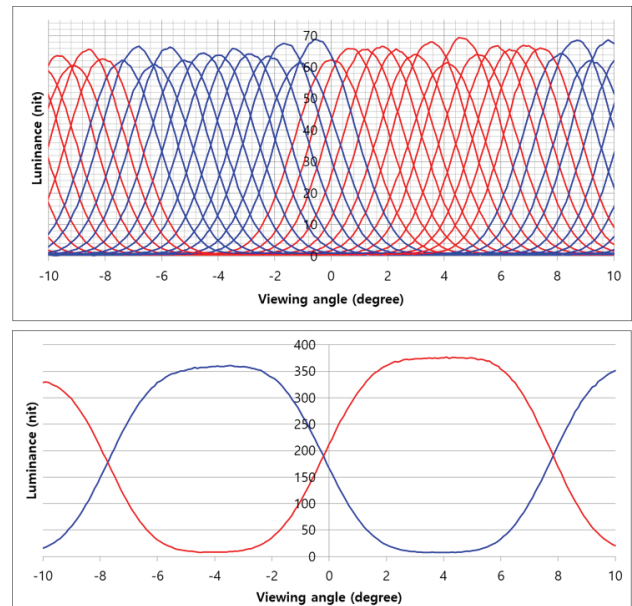
3D 크로스톡은 디스플레이의 광학 레이어들을 통과하면서 발생하는 빛의 굴절 및 산란으로 인해 나타나거나, 렌티큘러 렌즈의 경사각 등 광학 설계상 혹은 패널과의 불균일한 갭 등 공정오차로 인해 시청위치에 따라 변화하며 발생한다. 시점추적 3D 디스플레이의 경우 패널의 서브픽셀에서 발생한 각각의 광선이 눈추적기로 추적된 양안 위치에서 통합되어 좌우 영상으로 보여지기에 <그림 6>과 같이 시점별 휘도 프로파일이 병합된 결과에 대해 크로스톡이 계산된다.

$$\text{Crosstalk}(\%) = \frac{\text{leakage} - \text{black level}}{\text{signal} - \text{black level}} \times 100$$

3D 크로스톡을 저감하여 디스플레이 화질을 향상시키기 위해 크로스톡의 발생원인에 따라 다른 방법을 적용한다. 시청자의 위치와 관계없이 시청영역에서 균일하게 관찰되는 Offset 크로스톡의 경우, 그 사전에 그 크기를 측정하고, 해당 신호만큼의 크로스톡 성분을 입력영상에서 사전에 차분하여 입력하게 되면, 결과적으로 시청자의 눈에 크로스톡 신호의 Offset 만큼 제거가 가능하다.

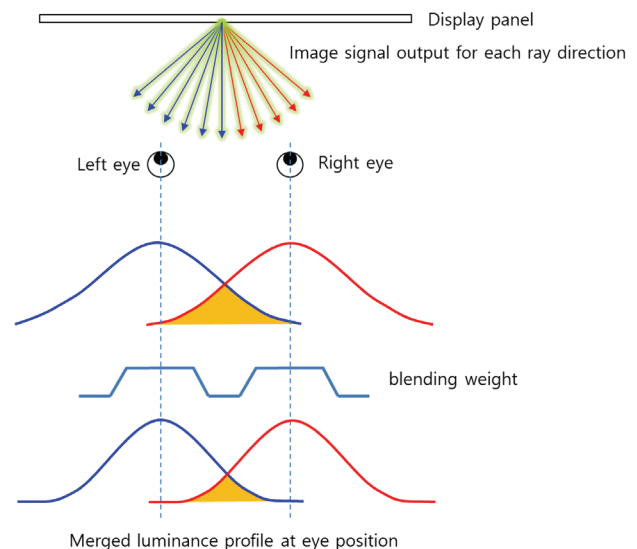
패널에서 생성된 광 프로파일의 합성결과로 시청자의 위치에 따라 다르게 나타나는 3D 픽셀 크로스톡의 경우에는 영상 렌더링 과정이나 광학계 설계 및 오차로 인해 발생하게 되는데, 3D 영상렌더링 알고리즘 개선을 통해 저감이 가능하다.

참고문헌 [16]에서는 시점추적기반 3D 디스플레이에서 3D 렌더링 결과 영상의 픽셀값에 가중치를 곱하여 크로스톡 성분을 저감하는 기술이 제시되었다. 픽셀값의 가중



<그림 6> 시점추적 3D 디스플레이의 병합된 휘도 프로파일

치는 빛이 발생하는 개별 서브픽셀에서 추적된 시청자의 눈에 대한 방향과 계산된 서브픽셀의 광경로를 분석하여 계산된다. 해당 픽셀에서 발생한 빛이 시청자의 양안 중 한쪽에 명확하게 가깝지 않고, 양안 모두에게 비슷한 크기로 방향이 가까운 경우 해당 픽셀은 3D 시청시 크로스톡으로 나타날 확률이 높기에, 양안 방향과 광경로의 차이를 비교하여 그 차이가 비슷한 경우 해당 픽셀의 밝기에 대한 가중치를 낮추어 크로스톡을 저감하게 된다(<그



<그림 7> 3D 픽셀 크로스톡 저감을 위한 가중치 적용방법

림 7) 참조). 이 경우 시뮬레이션상 크로스토크가 10.1인치 테블릿의 경우 2.26%에서 1.93%로 감소하였고, 31.5인치 모니터의 경우 5.34%에서 4.23%로 감소하였다.

3. 시스템 레이턴시에 의한 화질열화문제

시점추적 기반 3D 디스플레이의 경우 픽셀 자원을 시청자 양안에 최적화 하기 위해 실시간으로 동작하는 눈추적기를 사용한다. 이 경우 카메라의 영상 촬영부터 디스플레이 영상출력까지의 과정에서 소요되는 지연시간에 의해 출력된 3D 영상이 가정했던 눈위치와 해당 시점에서의 실제 눈위치간에 차이가 발생하게 된다. 만약 시청자가 해당 시간동안 정지하고 있다면 차이가 발생하지 않지만, 일반적으로 고정된 위치에서 화면을 시청하는 경우가 거의 없고 미세하게나마 움직임이 발생하기에, 이러한 위치 오차는 결국 광경로 계산에 의한 3D 렌더링 과정의 오류로 반영되어 시청자는 크로스토크에 의한 이중상을 보게 된다. 이러한 크로스토크는 시스템의 레이턴시와 함께 시청자의 움직임 크기에 비례하여 증가한다. 특히 차량용 HUD의 경우 차량의 진동 등에 의해 HUD에 대한 운전자의 상대 위치는 계속 바뀌게 된다.

3D 디스플레이 마진은 시청자가 3D 디스플레이를 볼 때, 크로스토크 수준이 비교적 안정적으로 유지되는 구간을 말한다. 이 값은 디스플레이의 광학계 설계 파라미터로 사용이 되는데, 이 값을 크게 하기 위해서는 필연적으로 영상의 해상도가 낮아지게 된다. 즉 3D 디스플레이 마진을 작게 설계하면, 3D 영상의 해상도 손실을 낮출 수 있지만, 대신 시청자의 작은 움직임에 대해서도 3D 화질이

크게 낮아지는 결과를 초래하게 된다.

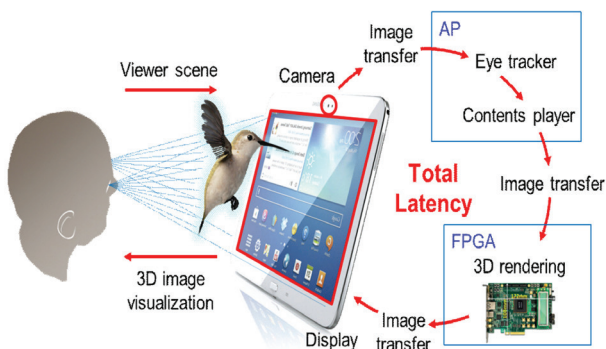
시스템 레이턴시의 원인은 카메라 영상 촬영 시간, 영상 전송 및 버퍼링, 그리고 눈위치 및 3D 렌더링 계산 시간, 그리고 각 요소들의 동기화에 필요한 시간 등 여러 가지가 있다(〈그림 8〉 참조). 이 중 카메라 및 디스플레이 자체 레이턴시는 하드웨어 스펙에 의해 결정되므로, 그 크기를 어느 수준 이상 최소화 하기가 매우 어렵다. 하드웨어의 성능향상과 더불어, 눈추적기, 3D 렌더링 등 영상처리 알고리즘을 효율화하고, 전체 프로세스의 최적화가 필요하다.

V. 전망과 결론

차량내 기계식 클러스터가 디지털 디스플레이로 대체되고, 기존 기계식 버튼 조작부가 CID (Center Information Display)로 대체되면서 전면유리를 활용한 HUD 등 차량용 디스플레이의 영역 및 활용도가 크게 증가하고 있다. 특히 AR HUD는 차량 운행정보를 직관적으로 제공하여 운전자의 편의성을 크게 개선하고, 차량운행 안전성을 높이는 기술로써 발전하고 있다. 하지만 AR HUD가 영화속 장면과 같이 전면유리 전체를 전방시아와 완벽하게 일치시켜 운전자에게 필요한 정보를 홀로그램과 같이 현실감있게 보여 줄 수 있기까지는 아직 해결해야 할 문제가 많이 있다. 특히 본 고에서 살펴본 무안경 3D 디스플레이라는 관점에서 보면, 다음 문제들이 우선적으로 해결되어야 한다.

첫째로 무안경 3D 시청시 나타나는 시청피로 문제이다. 안경식 3D 디스플레이에서 관찰되었던 수렴 초점 불일치 문제는 운전자에게 멀미 및 시각피로를 야기하여, 운전시 집중력을 떨어트리는 등 문제를 야기할 수 있다. 물론 홀로그램, 라이트필드 디스플레이 등 인간 시각과 유사한 수준의 3D 디스플레이를 만드는 연구는 계속되고 있지만, 현재 수준에서 AR HUD를 상용화 하기 위해서는 차량 운전 조건과 콘텐츠 활용범위에서 운전자에게 미치는 영향을 철저히 연구하여 안전에 문제가 되지 않는 기술로 개발할 필요가 있다.

또 한가지는 시스템 레이턴시에 의한 화질 저하 문제의



〈그림 8〉 카메라 입력부터 디스플레이 출력까지의 처리단계

해결이다. 3D 디스플레이 측면에서 레이턴시는 눈위치 오차에 따른 3D 크로스토크 증가와 직접적으로 연관되어 있으며, 이는 결국 AR HUD 시스템 최적화 및 소프트웨어 기술 개발 뿐만 아니라 고성능 프로세서, 고성능 디스플레이 패널 등 하드웨어의 발전이 수반되어야 하며, 이에 대한 연구 개발은 어느 정도 시간이 필요하다.

하지만 이러한 문제들에도 불구하고 AR HUD가 제공할 수 있는 차별화된 운전자 경험, 그리고 자율주행차와 함께 급성장하는 차량용 디스플레이 시장의 확대에 의해 AR HUD 기술의 발전은 지금보다 더욱 더 빨라질 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] Mike Firth, "Introduction to Automotive Augmented Reality Headup Displays using TI DLP Technology", Texas Instruments White Paper, 2019.
- [2] Y. Takaki and S. Uchida, "Table screen 360degree three-dimensional display using a small array of highspped projectors", Opt. Express 20(8), 8848,8861, 2012
- [3] A. Jones, I. McDowall, H. Yamada, M. Bolas, and P. Debevec, "Rendering for an interactive 360 light field display", ACM Trans. Graph. 26(3), 40, 2007
- [4] S. Yoshida, "fVisiOn: 360degree viewable glassesfree tabletop 3D display composed of conical screen and modular projector arrays", Opt. Express 24(12), 13194,13203, 2016
- [5] N. Y. Jo, D. Nam, S. Lee, J. Park, and J. H. Park, "Dual-layer threedimensional display with enhanced resolution", SID Symposium Digest of Technical Papers 45, 513,516, 2014
- [6] D. Suzuki, S. Hayashi, Y. Hyodo, S. Oka, T. Koito, and H. Sugiyama, "A wide view autostereoscopic 3D display with an eyetracking system for enhanced horizontal viewing position and viewing distance", SID Symposium Digest of Technical Papers 24, 657.668, 2016
- [7] T. Koito, A. Higashi, T. Kasai, D. Suzuki, Y. Yang, and K. Takizawa, "High resolution glassless 3D with headtracking system", SID Symposium Digest of Technical Papers 45, 580,583, 2014
- [8] N. A. Dodgson, "On the number of viewing zones required for headtracked autostereoscopic display", Proc.SPIE 6055, 60550Q, 2006
- [9] K. H. Yoon, M. K. Kang, H. Lee, and S. K. Kim, "Autostereoscopic 3D display system with dynamic fusion of the viewing zone under eye tracking: principles, setup, and evaluation", Appl. Opt. 57(1), A101,A117, 2018
- [10] J. Liu, T. Malzbender, S. Qin, B. Zhang, C. Wu, and J. Davis, "Dynamic Mapping for Multiview Autostereoscopic Displays", Proc. SPIE 9391, 93911I, 2015
- [11] Y. S. Hwang, F. K. Bruder, T. Facke, S. C. Kim, G. Walze, R. Hagen, and E. S. Kim, "Timesequential autostereoscopic 3D display with a novel directional backlight system based on volumeholographic optical elements", Opt. Express 22(8), 98209838, 2014
- [12] Z. Zhuang, L. Zhang, P. Surman, S. Guo, B. Cao, Y. Zheng, and X. W. Sun, "Directional view method for a timesequential autostereoscopic display with full resolution", Appl. Opt. 55(28), 7847,7854, 2016
- [13] S. Lee, J. Park, J. Heo, B. Kang, D. Kang, H. Hwang, J. H. Lee, Y. Choi, K. Choi, and D. Nam, "Autostereoscopic 3D display using directional subpixel rendering", Opt. Express 26, 20233 20247, 2018
- [14] S. Lee, "1Way Directional Subpixel Rendering Method for Glassesfree 3D Display", Journal of Imaging Science and Technology, 66(1): 0105071, 0105077, 2022
- [15] A. J.Woods, "Crosstalk in stereoscopic displays: a review", J. Electron. Imaging 21, 4, 2012
- [16] S. Lee, "Crosstalk Minimization Method for Eyetracking based 3D Display", Journal of Imaging Science and Technology, 64(6): 0604071, 0604077, 2020



이 석

- 2000년 2월 서울대학교 기계항공공학부 학사
- 2002년 2월 서울대학교 기계항공공학부 석사
- 2007년 2월 서울대학교 기계항공공학부 박사
- 2007년 2월 ~ 2020년 7월 삼성종합기술원 전문연구원
- 2020년 8월 ~ 2022년 2월 대통령경호처 경호사무관
- 2022년 3월 ~ 현재 한국기술교육대학교
메카트로닉스공학부 조교수

〈관심 분야〉

3D Display, Image Processing, Computer Vision

논문지 논문목차

전자공학회 논문지 제 60권 3호 발행

통신 분야

[통신]

- UAV 지원 Cellular-connected 시스템에서 Position Fingerprint Database를 이용한 협력적 빔 선택 알고리즘
심윤아, 신승석, 조지훈, 문상미, 황인태

반도체 분야

[SoC 설계]

- PVT 영향이 작고 디지털적으로 주파수 보정이 가능한 CMOS RC 발진기의 설계
차형우

컴퓨터 분야

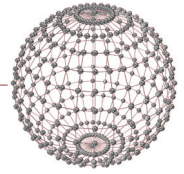
[인공지능 및 보안]

- IQR알고리즘의 사분범위 조정을 활용한 당뇨 예측 방법
홍경찬, 장명수, 김창민, 이우범, 홍유식, 한영환

인공지능 신호처리 분야

[영상 신호처리]

- 객체탐지 모델 경량화를 위한 고유차원 기반 계층별 채널 가지치기 방법
이연주, 서재규, 정호기
- 열화상 영상을 활용한 CNN-Transformer 네트워크의 공장 설비 이상 진단 방법
김동현, 황호성, 김호철



[음향 및 신호처리]

- 단시간 수중음향 신호를 활용한 합성곱 신경망 기반의 선박 소음 탐지
김범규, 장원두, 김한수, 김선효, 강돈혁, 김미라, 강동현, 조성호
- 음성 기반 감정인식을 위한 음성 특징의 다중 해상도 조합 비교
서지영, 윤수연, 김태용, 이보원

[영상 이해]

- 환경 적응형 비디오 감시 시스템 연구
김태완
- Depth Camera와 GPS를 활용한 실시간 객체 좌표 생성 알고리즘 개발
이재욱, 김태현, 류재규, 문희창

시스템 및 제어 분야

[자동차전자]

- CAN 보안을 위한 MAC 기반 압축 효율 향상 기법
박종관, 서동현, 김세일, 박근혜, 정진균
- AI-Hub 국내 신호등 데이터셋의 표본추출 기반 주석 오류 분석
김순재, 손우혁, 이지혜, 응웬 호아 흥, 정한유

산업전자 분야

[컴퓨터 응용]

- 빅데이터 분석기법을 이용한 중소기업 성장 예측 모델 연구
모혜란, 김현경, 김현

주성환
JOO, SUNGHWAN
삼성전자

학위논문 제목	국문 : 실시간 4K UHD 60fps를 위한 하드웨어 친화적인 컨볼루션 뉴런 네트워크 기반의 네트워크를 사용한 초해상도 하드웨어
	영문 : Super-Resolution Hardware using Novel Hardware Friendly CNN-based Network for Real-Time 4K UHD at 60 fps
학위취득	연세대학교
취득년월	2022년 2월
지도교수	정성욱
KEY WORD	CNN, curvature correction, deep learning, filed-programmable gate array (FPGA), full-digital sensor, HW implementation, integrated system, real-time, super-resolution, temperature sensor, time domain sensor, 4K UHD, 60 fps.

〈논문 요약〉

CNN-based super-resolution (SR) has shown excellent performance in various computer vision applications. However, because CNN-based SR requires considerable amount of computation and memory access over a short time, substantial area and power are taken to implement CNN-based SR using hardware (HW). Hence, it is difficult to implement SR using general-purpose CNN accelerators; thus, HW optimized for SR is required. In this study, to implement HW optimized for SR, we propose a novel HW-friendly SR network and efficient implementation methods. In addition, a digital temperature sensor for solving low power and heat issues is built into the SR HW, and an integrated system is implemented to manage power through it. The novel SR network achieved high performance in terms of PSNR with few parameters. In addition, a pre-padding method is proposed that can reduce memory capacity and controller complexity. We also propose efficient methods to implement HW-friendly SR network using only the minimum process element (PE) and memory capacity. By optimizing the operation method through a partial convolution, the number of PEs is reduced, and the pipeline operation is balanced well. Moreover, the memory capacity required is minimized utilizing dual-port random-access memory and optimizing address scheduling. The embedded temperature sensor is a highly accurate, fully digital temperature sensor with a curvature correction scheme. A proposed highly accurate curvature correction method is that can be used even in the latest technology nodes. The measurement results indicate that the resolution is 0.09 °C /bit in the temperature range from 0 °C to 100 °C. In addition, the temperature error after curvature correction ranges from -0.6 °C to +0.8 °C. The proposed HW-friendly SR network uses an extremely small number of parameters with 1.85K, but achieves a PSNR of 36.52 dB for the Set-5 dataset. The proposed HW implementation on FPGA generated 4K ultra-high definition (UHD) images in real time at 60 fps. The proposed SR HW achieved the least resource and power consumption among several CNN-based SR HW implementations. In addition, it achieved a higher GOPS/W than existing CNN-based SR HW and conventional CNN accelerators. Moreover, compared with previous digital temperature sensors, the embedded temperature sensor achieves the smallest temperature error and uses the smallest number of hardware resources.

국 내 외 학 술 행 사 안 내

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

>>2023년 4월

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

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
04.18 - 04.20	2023 Integrated Communication, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)	Herndon, Virginia, USA	https://i-cns.org/
04.19 - 04.21	2023 Wireless Telecommunications Symposium (WTS)	Boston, Massachusetts, USA	https://www.cpp.edu/~wts/
04.19 - 04.21	2023 International Symposium on Medical Robotics (ISMR)	Atlanta, Georgia, USA	https://ismr.gatech.edu/
04.19 - 04.21	2023 IEEE Symposium in Low-Power and High-Speed Chips (COOL CHIPS)	Tokyo, Japan	https://www.coolchips.org/2023/
04.19 - 04.20	2023 33rd International Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA)	Pardubice, Czech Republic	https://www.marew.cz/
04.19 - 04.21	2023 International Conference on Power, Instrumentation, Control and Computing (PICC)	Thrissur, India	http://icettest.gectcr.ac.in/picc-2023/
04.19 - 04.22	2023 IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech)	Portland, Oregon, USA	https://ieee-sustech.org/
04.20 - 04.22	2023 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS)	Kaunas, Lithuania	https://etems.digital/2023/
04.21 - 04.23	2023 IEEE Region 5 Annual Meeting (R5)	Denver, Colorado, USA	https://r5conferences.org/
04.21 - 04.22	2023 International Conference on Artificial Intelligence and Applications (ICAIA) Alliance Technology Conference (ATCON-1)	Bangalore, India	https://www.alliance.edu.in/icaia-2023/
04.21 - 04.23	2023 8th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS)	Guangzhou, China	http://www.icccs.org/
04.21 - 04.25	2023 9th International Conference on Applied System Innovation (ICASI)	Chiba, Japan	https://2023.icasi-conf.net/
04.21 - 04.23	2023 11th International Conference on Bioinformatics and Computational Biology (ICBCB)	Hangzhou, China	http://www.icbc.org/index.html
04.21 - 04.22	2023 IEEE International Conference on Contemporary Computing and Communications (InC4)	Bangalore, India	https://ic4.co.in/
04.22	2023 International Conference on Code Quality (ICCCQ)	St. Petersburg, Russia	https://www.iccq.ru/2023.html
04.23 - 04.28	2023 IEEE Information Theory Workshop (ITW)	Saint-Malo, France	https://itw2023.org/
04.23 - 04.27	2023 IEEE-IAS/PCA Cement Industry Conference (IAS/PCA)	Dallas, Texas, USA	https://www.cementconference.org/event/9c9cbcec-fc6a-4fa8-a1ef-b224d1bc6743/summary
04.23 - 04.25	2023 IEEE International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software (ISPASS)	Raleigh, North Carolina, USA	https://ispass.org/ispass2023/
04.23 - 04.26	2023 IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC)	San Antonio, Texas, USA	https://www.ieee-cicc.org/
04.24 - 04.27	2023 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS)	Monterey, California, USA	https://www.ion.org/plans/index.cfm
04.24 - 04.26	2023 IEEE International Workshop of Electronics, Control, Measurement, Signals and their application to Mechatronics (ECMSM)	Donosti/San Sebastian, Spain	https://www.ecmsm.eu/
04.25 - 04.28	2023 24th International Vacuum Electronics Conference (IVEC)	Chengdu, China	https://ivec2023.org/
04.25 - 04.27	2023 International Conference on Data Science, E-learning and Information Systems (Data)	Dubai, United Arab Emirates	https://iares.net/Conference/DATA2022
04.26 - 04.28	2023 8th International Conference on Cloud Computing and Big Data Analytics (ICCCBDA)	Chengdu, China	http://www.icccbda.com/
04.27 - 04.29	2023 1st International Conference on Cognitive Computing and Engineering Education (ICCCCE)	Pune, India	https://www.mitadtsoece-iccmr.org/

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

>>2023년 5월

05.01 - 05.04	2023 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)	Dubai, United Arab Emirates	https://icbc2023.ieee-icbc.org/
05.01 - 05.05	2023 IEEE Radar Conference (RadarConf23)	San Antonio, Texas, USA	https://radar2023.ieee-radarconf.org/
05.01 - 05.03	2023 International Conference on Recent Advances in Electrical, Electronics & Digital Healthcare Technologies (REEDCON)	New Delhi, India	https://reedconjmi.com/
05.01 - 05.04	2023 34th Annual SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASMC)	Saratoga Springs, New York, USA	https://semi.org/en/connect/events/advanced-semiconductor-manufacturing-conference-asmc
05.01 - 05.04	2023 IEEE 7th International Conference on Fog and Edge Computing (ICFEC)	Bangalore, India	http://icfec2023.ontariotechu.ca/
05.01 - 05.04	2023 IEEE/ACM 23rd International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing (CCGrid)	Bangalore, India	https://ccgrid2023.iisc.ac.in/
05.01 - 05.04	2023 IEEE Radio and Antenna Days of the Indian Ocean (RADIO)	Balaclava, Mauritius	http://www.radiosociety.org/radio2023/
05.01 - 05.04	2023 IEEE International Symposium on Hardware Oriented Security and Trust (HOST)	San Jose, California, USA	http://www.hostsymposium.org/
05.03 - 05.05	2023 International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPhDW)	Wismar, Germany	https://www.hs-wismar.de/iiphdw-2023
05.03 - 05.04	2023 9th International Conference on Web Research (ICWR)	Tehran, Iran	https://iranwebconf.ir/
05.03 - 05.05	2023 26th International Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems (DDECS)	Tallinn, Estonia	https://ddecs2023.taltech.ee/
05.04 - 05.06	2023 2nd International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing (ICAIC)	Salem, India	http://icaic.com/2023/
05.04 - 05.06	2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)	Astana, Kazakhstan	https://sist.astanait.edu.kz/
05.05	2023 IEEE Vision, Innovation, and Challenges Summit and Honors Ceremony (VIC Summit)	Atlanta, Georgia, USA	https://corporate-awards.ieee.org/event/2023-vic-summit-honors-ceremony-gala/
05.05 - 05.06	2023 International Conference on Advancement in Computation & Computer Technologies (InCACCT)	Gharuan, India	https://icacct-cu.com/
05.05 - 05.06	2023 32nd Wireless and Optical Communications Conference (WOCC)	Newark, New Jersey, USA	http://www.wocc.org/
05.05	2023 IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT)	Old Westbury, New York, USA	https://www.ieee.li/lisat/
05.05 - 05.06	2023 2nd International Conference on Vision Towards Emerging Trends in Communication and Networking Technologies (VITECoN)	Vellore, India	https://vit.ac.in/VITECoN2023/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.06	2023 IEEE Workshop on Industry and Innovations enabled by Industry 4.0 Technologies (USEI40)	San Jose, California, USA	http://usei40.org/
05.06 - 05.08	2023 1st International Conference on Renewable Solutions for Ecosystems: Towards a Sustainable Energy Transition (ICRSEtoSET)	Djelfa, Algeria	http://www.univ-djelfa.dz/icrsetoset/
05.06 - 05.08	2023 IEEE 9th Intl Conference on Big Data Security on Cloud (BigDataSecurity), IEEE Intl Conference on High Performance and Smart Computing, (HPSC) and IEEE Intl Conference on Intelligent Data and Security (IDS)	New York, New York, USA	http://www.cloud-conf.net/dataset/2023/index.html
05.07 - 05.10	2023 IEEE 27th Workshop on Signal and Power Integrity (SPI)	Aveiro, Portugal	https://spi2023.av.it.pt/
05.07 - 05.10	2023 IEEE 31st Annual International Symposium on Field-Programmable Custom Computing Machines (FCCM)	Los Angeles, California, USA	https://www.fccm.org/
05.07 - 05.10	2023 IEEE 4th International Conference on Electrical Materials and Power Equipment (ICEMPE)	Shanghai, China	http://www.icempe.org/
05.07 - 05.12	2023 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)	San Jose, California, USA	https://www.cleoconference.org/home/
05.08 - 05.12	NOMS 2023-2023 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium	Miami, Florida, USA	https://noms2023.ieee-noms.org/
05.08 - 05.11	2023 International Conference on Optical Network Design and Modeling (ONDM)	Coimbra, Portugal	https://ondm2023.inescc.pt/
05.08 - 05.10	2023 IEEE 32nd Microelectronics Design & Test Symposium (MDTS)	Albany, New York, USA	https://mdts.ieee.org/
05.08 - 05.09	2023 8th International Engineering Conference on Renewable Energy & Sustainability (ieCRES)	Gaza, Palestine	http://engconf.iugaza.edu.ps/
05.09 - 05.12	2023 IEEE 29th Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS)	San Antonio, Texas, USA	http://2023.rtas.org/
05.09 - 05.11	2023 4th International Conference on Artificial Intelligence, Robotics and Control (AIRC)	Cairo, Egypt	http://www.airc.org/
05.09 - 05.12	2023 20th International Conference on Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)	Nakhon Phanom, Thailand	https://ecticon2023.ecticon.org/
05.09 - 05.12	2023 IEEE/ACM Eighth International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)	San Antonio, Texas, USA	https://conferences.computer.org/iotDI/2023/
05.09	2023 11th Workshop on Modeling and Simulation of Cyber-Physical Energy Systems (MSCPES)	San Antonio, Texas, USA	https://palensky.org/mscpes/2023/
05.10 - 05.12	2023 International Conference on Control, Automation and Diagnosis (ICCAD)	Rome, Italy	https://www.iccad-conf.com/
05.10 - 05.14	2023 46th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE)	Timisoara, Romania	https://isse-conf.eu/
05.10 - 05.11	2023 3rd International Conference on Computing and Information Technology (ICCIT)	Tabuk, Saudi Arabia	https://ut-iccit.org/ICCIT/
05.10 - 05.12	2023 IEEE International 3D Systems Integration Conference (3DIC)	Cork, Ireland	https://3dic-conf.org/
05.12 - 05.13	2023 3rd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)	Greater Noida, India	http://icacite.com/index.php
05.12 - 05.14	2023 9th International Conference on Virtual Reality (ICVR)	Xianyang, China	http://www.icvr.org/
05.12 - 05.14	2023 IEEE 6th International Electrical and Energy Conference (CIEEC)	Hefei, China	https://www.cieec.com.cn/
05.12 - 05.14	2023 IEEE 12th Data Driven Control and Learning Systems Conference (DDCLS)	Xiangtan, China	https://ddcls23.hnust.edu.cn/index.html

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.12 - 05.13	2023 Intermountain Engineering, Technology and Computing (ETC)	Provo, Utah, USA	https://www.uvu.edu/cet/i-etc/
05.14 - 05.20	2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering (ICSE)	Melbourne, Australia	http://www.icse-conferences.org/
05.14 - 05.17	2023 IEEE 18th International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (NEMS)	Jeju Island, Korea (South)	https://ieee-nems2023.org/
05.14 - 05.20	2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET)	Melbourne, Australia	https://conf.researchr.org/track/icse-2023/icse-2023-SEET
05.14 - 05.20	2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Society (ICSE-SEIS)	Melbourne, Australia	https://conf.researchr.org/track/icse-2023/icse-2023-SEIS
05.14 - 05.20	2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings (ICSE-Companion)	Melbourne, Australia	https://conf.researchr.org/track/icse-2023/icse-2023-technical-track
05.14 - 05.20	2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice (ICSE-SEIP)	Melbourne, Australia	https://conf.researchr.org/track/icse-2023/icse-2023-SEIP
05.14 - 05.20	2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results (ICSE-NIER)	Melbourne, Australia	https://conf.researchr.org/track/icse-2023/icse-2023-NIER
05.15 - 05.18	2023 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC)	San Francisco, California, USA	https://www.iemdc.org/
05.15 - 05.19	2023 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)	Sochi, Russia	http://icieam.su-ieee.ru/
05.15 - 05.19	2023 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS)	St. Petersburg, Florida, USA	http://www.ipdps.org/
05.15 - 05.17	2023 International Workshop on Antenna Technology (IWAT)	Aalborg, Denmark	http://iwat2023.org/
05.15 - 05.17	2023 IEEE Ural-Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT)	Yekaterinburg, Russia	http://usbreit.ieeesiberia.org/
05.16 - 05.19	2023 IEEE MTT-S International Wireless Symposium (IWS)	Qingdao, China	http://www.em-conf.com/iws2023/
05.17 - 05.19	2023 7th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)	Madurai, India	http://iciccs.com/2023/
05.17 - 05.20	IEEE INFOCOM 2023 - IEEE Conference on Computer Communications	New York City, New York, USA	https://infocom2023.ieee-infocom.org/
05.17 - 05.19	2023 4th Information Communication Technologies Conference (ICTC)	Nanjing, China	http://www.ictc.net/index.html
05.17 - 05.19	2023 IEEE International Conference on Mobility, Operations, Services and Technologies (MOST)	Detroit, Michigan, USA	http://ieemobility.org/
05.17 - 05.18	2023 International Conference on Communication, Computing and Digital Systems (C-CODE)	Islamabad, Pakistan	https://ccode.bahria.edu.pk/
05.17 - 05.19	2023 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE)	Heraklion, Greece	http://jurse2023.org/
05.17 - 05.19	2023 IEEE Renewable Energy and Sustainable E-Mobility Conference (RESEM)	Bhopal, India	https://conf.manit.ac.in/resem2023/Important_dates.php
05.18 - 05.19	2023 3rd International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET)	Mohammedia, Morocco	http://iraset.org/2023/
05.18 - 05.20	2023 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT)	Romeoville, Illinois, USA	http://www.eit-conference.org/eit2023/
05.18 - 05.20	2023 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication, Embedded and Secure Systems (ACCESS)	Event Format: Virtual	https://sites.google.com/adishankara.ac.in/access-23?pli=1
05.18 - 05.19	2023 8th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR)	Bangkok, Thailand	https://icbir.tni.ac.th/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.19 - 05.21	2023 IEEE IAS Global Conference on Emerging Technologies (GlobConET)	Warsaw, Poland	https://www.globconet.org/
05.19 - 05.21	2023 International Conference on Control, Communication and Computing (ICCC)	Thiruvananthapuram, India	http://iccc2023.cet.ac.in/
05.19 - 05.21	2023 5th International Conference on Intelligent Control, Measurement and Signal Processing (ICMSP)	Chengdu, China	http://www.icmsp.net/
05.20	IEEE INFOCOM 2023 - IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)	Hoboken, New Jersey, USA	https://infocom2023.ieee-infocom.org/
05.20 - 05.22	2023 35th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)	Yichang, China	http://www.ccdc.neu.edu.cn/
05.21 - 05.24	2023 IEEE International Memory Workshop (IMW)	Monterey, California, USA	https://www.ewh.ieee.org/soc/eds/imw/
05.21 - 05.23	2023 IEEE 3rd International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (MI-STA)	Benghazi, Libya	https://mista-con.org/
05.21 - 05.25	2023 IEEE/IAS 59th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS)	Las Vegas, Nevada, USA	https://site.ieee.org/ias-icps/2023-conference/
05.21 - 05.25	2023 IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS)	Santa Fe, New Mexico, USA	http://ece-events.unm.edu/icops2023/index.html
05.21 - 05.25	2023 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)	San Francisco, California, USA	https://www.ieee-security.org/TC/SP2023/
05.21 - 05.25	2023 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)	Monterey, California, USA	https://iscas2023.org/
05.22 - 05.25	2023 IEEE PES GTD International Conference and Exposition (GTD)	Istanbul, Turkey	https://ieee-gtd.org/
05.22 - 05.26	2023 24th International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (COMPUMAG)	Kyoto, Japan	https://www.compumag2023.com/content/
05.22 - 05.26	2023 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO)	Opatija, Croatia	http://www.mipro.hr/
05.22 - 05.26	2023 URSI International Symposium on Electromagnetic Theory (EMTS)	Vancouver, British Columbia, Canada	https://www.emts2023.org/
05.22 - 05.25	2023 11th International Conference on Power Electronics and ECCE Asia (ICPE 2023 - ECCE Asia)	Jeju Island, Korea (South)	https://www.icpe-conf.org/
05.22 - 05.25	2023 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://i2mtc2023.ieee-ims.org/
05.22 - 05.24	2023 IEEE 53rd International Symposium on Multiple-Valued Logic (ISMVL)	Matsue, Japan	https://mvl.jp.org/ISMVL2023/
05.22 - 05.25	2023 IEEE International Interconnect Technology Conference (IITC) and IEEE Materials for Advanced Metallization Conference (MAM)(IITC/MAM)	Dresden, Germany	https://iitc-conference.org/
05.22 - 05.26	2023 IEEE European Test Symposium (ETS)	Venezia, Italy	https://cas.polito.it/ETS23/
05.23 - 05.26	2023 IEEE 17th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI)	Timisoara, Romania	http://conf.uni-obuda.hu/saci2023/
05.23 - 05.25	2023 XIX International Scientific Technical Conference Alternating Current Electric Drives (ACED)	Event Format: Virtual	https://aced2023.ru/
05.24 - 05.26	2023 26th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)	Rio de Janeiro, Brazil	http://2023.cscwd.org/
05.24 - 05.26	2023 24th International Radar Symposium (IRS)	Berlin, Germany	https://www.dgon-irs.org/home/
05.24 - 05.26	2023 23rd International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE)	Brno, Czech Republic	http://www.epe-conference.eu/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.24 - 05.26	2023 XXVI International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM)	Saint Petersburg, Russia	https://etu.ru/en/university/conferences/scm2023
05.25 - 05.26	2023 Smart City Symposium Prague (SCSP)	Prague, Czech Republic	https://akoe.fd.cvut.cz/en/scsp2023
05.26 - 05.29	2023 6th International Conference on Artificial Intelligence and Big Data (ICAIBD)	Chengdu, China	http://www.icaibd.org/
05.26 - 05.28	2023 2nd International Conference on Innovations and Development of Information Technologies and Robotics (IDITR)	Chengdu, China	https://iditr.org/
05.26 - 05.28	2023 IEEE 3rd International Conference on Electronic Technology, Communication and Information (ICETCI)	Changchun, China	http://www.icetci.org/
05.26 - 05.28	2023 IEEE 3rd International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA)	Chongqing, China	http://www.iciba.org/
05.26 - 05.28	2023 International Conference on Microwave, Optical, and Communication Engineering (ICMOCE)	Bhubaneswar, India	https://www.iitbbs.ac.in/conference/icmoce-2023/
05.26 - 05.28	2023 4th International Conference for Emerging Technology (INCET)	Belgaum, India	http://www.incet.org/
05.26 - 05.27	2023 17th International Conference on Engineering of Modern Electric Systems (EMES)	Oradea, Romania	http://www.icemes.uoradea.ro/icemes2023/
05.26 - 05.28	2023 Third International Conference on Secure Cyber Computing and Communication (ICSCCC)	Jalandhar, India	https://www.nitj.ac.in/icsc2023/
05.28 - 06.01	2023 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)	Rome, Italy	https://icc2023.ieee-icc.org/authors/call-workshop-papers
05.28 - 06.01	ICC 2023 - IEEE International Conference on Communications	Rome, Italy	https://icc2023.ieee-icc.org/
05.29 - 05.31	2023 IEEE International Workshop on Metrology for Living Environment (MetroLivEnv)	Milano, Italy	https://www.metrolivenv.org/
05.29 - 06.02	2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)	London, United Kingdom	https://www.icra2023.org/
05.29 - 06.02	2023 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF)	St. Petersburg, Russia	http://media-publisher.ru/en/about-weconf-2023/
05.29 - 05.31	2023 IEEE/ACIS 21st International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (SERA)	Orlando, Florida, USA	https://acisinternational.org/conferences/sera-2023/
05.29 - 06.03	2023 IEEE 73rd Electronic Components and Technology Conference (ECTC)	Orlando, Florida, USA	https://www.ectc.net/
05.29 - 05.31	2023 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)	Novi Sad, Serbia	https://www.gozinc.org/
05.30 - 06.02	2023 22nd IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITherm)	Orlando, Florida, USA	http://www.ieee-itherm.net/
05.31 - 06.02	2023 American Control Conference (ACC)	San Diego, California, USA	https://acc2023.a2c2.org/
05.31 - 06.01	2023 International Conference on Engineering, Science and Advanced Technology (ICESAT)	Mosul, Iraq	https://icesat.org/
05.31 - 06.02	2023 Prognostics and Health Management Conference (PHM)	Paris, France	http://www.phmice.org/

>>2023년 6월

06.01. - 06.03.	2023 8th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICES)	Coimbatore, India	http://icoecs.org/2023/
06.01. - 06.04.	2023 IEEE International Conference on Predictive Control of Electrical Drives and Power Electronics (PRECEDE)	Wuhan, China	http://www.precede2023.com/
06.01. - 06.04.	2023 9th International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST)	Vientiane, Laos	https://iceast.kmitl.ac.th/2023/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06.02. - 06.04.	2023 IEEE 5th Eurasia Conference on Biomedical Engineering, Healthcare and Sustainability (ECBIOS)	Tainan, Taiwan	https://www.ecbios.asia/
06.04. - 06.08.	2023 IEEE Wireless Power Technology Conference and Expo (WPTCE)	San Diego, California, USA	https://ieee-wptce.org/
06.04. - 06.05.	2023 6th International Conference on Engineering Technology and its Applications (IICETA)	Al-Najaf, Iraq	https://iceta.com/
06.04. - 06.09.	2023 IEEE Magnetic Society Summer School (MSSS)	Bari, Italy	https://ieemagnetics.org/
06.04. - 06.07.	2023 11th International Conference on Smart Grid (icSmartGrid)	Paris, France	http://www.icsmartgrid.com/index.php?id=main
06.04. - 06.07.	2023 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)	Anchorage, Alaska, USA	https://2023.ieee-iv.org/
06.04. - 06.10.	ICASSP 2023 - 2023 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)	Rhodes Island, Greece	https://2023.ieeeicassp.org/
06.05. - 06.08.	OCEANS 2023 - Limerick	Limerick, Ireland	https://limerick23.oceansconference.org/
06.05. - 06.07.	2023 IEEE 24th International Conference on High Performance Switching and Routing (HPSR)	Albuquerque, New Mexico, USA	https://hpsr2023.ieee-hpsr.org/
06.05. - 06.07.	2023 33rd ACM Great Lakes Symposium on VLSI (GLSVLSI)	Knoxville, Tennessee, USA	http://www.glsvlsi.org/
06.05. - 06.09.	2023 Days on Diffraction (DD)	Event Format: Virtual	http://www.pdmi.ras.ru/~dd/
06.05. - 06.07.	2023 IEEE International Conference on Advanced Robotics and Its Social Impacts (ARSO)	Berlin, Germany	https://ieee-arso.org/
06.05. - 06.06.	2023 IEEE Conference on Artificial Intelligence (CAI)	Santa Clara, California, USA	https://cai.ieee.org/2023/
06.05. - 06.07.	2023 IEEE International Conference on Prognostics and Health Management (ICPHM)	Montreal, Quebec, Canada	https://phmconf.org/
06.06. - 06.08.	2023 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4.0&IoT)	Brescia, Italy	https://www.metroind40iot.org/
06.06. - 06.09.	2023 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2023 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)	Madrid, Spain	https://www.eeeic.net/
06.06. - 06.09.	2023 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)	Warsaw, Poland	http://www.uasconferences.com/2023_icuas/
06.06. - 06.09.	2023 Joint European Conference on Networks and Communications & 6G Summit (EuCNC/6G Summit)	Gothenburg, Sweden	https://www.eucnc.eu/
06.06. - 06.09.	2023 24th International Conference on Process Control (PC)	Strbske Pleso, Slovakia	https://www.process-control.sk/
06.06. - 06.10.	2023 12th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)	Budva, Montenegro	https://mecoconference.me/meco2023/
06.06. - 06.08.	2023 International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS)	Castellón, Spain	https://events.tuni.fi/icl-gnss2023/
06.07. - 06.09.	2023 10th International Conference on Recent Advances in Air and Space Technologies (RAST)	Istanbul, Turkey	https://www.rast.org.tr/
06.07. - 06.10.	2023 IEEE World AI IoT Congress (AllIoT)	Event Format: Virtual	https://worldaiotcongress.org/
06.08. - 06.10.	2023 11th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development (TE-RE-RD)	Bucharest, Romania	https://www.tererd.upb.ro/
06.08. - 06.10.	2023 IEEE Sustainable Smart Lighting World Conference & Expo (LS18)	Mumbai, India	https://ieeesmartlightingworld.org/
06.08. - 06.10.	2023 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)	Istanbul, Turkey	http://www.horacongress.com/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06.08. - 06.09.	2023 9th International Workshop on Advances in Sensors and Interfaces (IWASI)	Monopoli (Bari), Italy	https://mclabservices.di.uniroma1.it/iwasi/2023/aimsandscope.php
06.09. - 06.12.	2023 IEEE 14th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG)	Shanghai, China	http://www.ieee-pedg2023.org/index.html
06.09. - 06.10.	2023 International Conference on Advanced & Global Engineering Challenges (AGEC)	Surampalem, Kakinada, India	http://aec.edu.in/agec/
06.09. - 06.10.	2023 17th International Conference on Engineering of Modern Electric Systems (EMES)	Oradea, Romania	http://www.icemes.uoradea.ro/icemes2023/
06.10. - 06.11.	2023 9th International Symposium on System Security, Safety, and Reliability (ISSSR)	Hangzhou, China	https://issr23.techconf.org/
06.11. - 06.13.	2023 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium (RFIC)	San Diego, California, USA	https://rfic-ieee.org/
06.11. - 06.15.	2023 IEEE IAS Pulp and Paper Industry Conference (PPIC)	Spokane, Washington, USA	https://www.pulppaper.org/about/ppic-info/
06.11. - 06.14.	2023 XXIX International Conference on Information, Communication and Automation Technologies (ICAT)	Sarajevo, Bosnia and Herzegovina	https://icat.ef.unsa.ba/
06.11. - 06.16.	2023 IEEE Symposium on VLSI Technology and Circuits (VLSI Technology and Circuits)	Kyoto, Japan	https://www.vlssymposium.org/
06.11. - 06.13.	2023 IEEE 5th International Conference on Artificial Intelligence Circuits and Systems (AICAS)	Hangzhou, China	http://www.aicas2023.org/
06.11. - 06.16.	2023 IEEE/MTT-S International Microwave Symposium - IMS 2023	San Diego, California, USA	https://ims-ieee.org/
06.12. - 06.16.	2023 International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications (ANIMMA)	Viareggio/Pisa, Italy	https://animma.com/
06.12. - 06.14.	2023 24th International Carpathian Control Conference (ICCC)	Miskolc-Szilvásvárad, Hungary	http://mzsola.iit.uni-miskolc.hu/iccc2023/
06.12. - 06.15.	2023 12th Asia-Pacific International Conference on Lightning (APL)	Langkawi, Malaysia	https://attend.ieee.org/apl-2023/
06.12. - 06.14.	2023 International Conference on Future Energy Solutions (FES)	Vaasa, Finland	https://sites.uwasa.fi/fes2023/
06.12. - 06.14.	2023 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA)	Gammarth, Tunisia	https://civemsa2023.ieee-ims.org/
06.12. - 06.15.	2023 IEEE 24th International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)	Boston, Massachusetts, USA	https://coe.northeastern.edu/Groups/wowmom2023/
06.12. - 06.15.	2023 Photonics North (PN)	Montreal, Quebec, Canada	https://www.photonicsnorth.com/en
06.13. - 06.14.	2023 Multimedia Innovation and Digital Humanities International Conference (MIDHIC)	Event Format: Virtual	http://smtc.uum.edu.my/MIDHIC2022
06.13. - 06.16.	2023 European Control Conference (ECC)	Bucharest, Romania	https://ecc23.euca-ecc.org/
06.13. - 06.15.	2023 IEEE International Conference on RFID (RFID)	Seattle, Washington, USA	https://2023.ieee-rfid.org/
06.14. - 06.16.	2023 32nd Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEIE)	Eindhoven, Netherlands	https://fontys.nl/EAEIE-2023.htm
06.14. - 06.16.	2023 8th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)	Nice, France	https://mt-its2023.eurecom.fr/
06.14. - 06.16.	2023 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)	Jeju, Korea (South)	https://memea2023.ieee-ims.org/
06.14. - 06.16.	2023 International Conference on Sustainable Computing and Smart Systems (ICSCSS)	Event Format: Virtual	http://icscss.com/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06.14. - 06.16.	2023 IEEE 17th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG)	Tallinn, Estonia	https://taltech.ee/en/cpe-powereng2023
06.14. - 06.16.	2023 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)	Beijing, China	https://www.bmsb2023.com/index.html
06.14. - 06.16.	2023 AIAA/IEEE Electric Aircraft Technologies Symposium (EATS)	San Diego, California, USA	https://www.aiaa.org/aviation/presentations-papers
06.15. - 06.16.	2023 IEEE Women in Engineering International Leadership Conference (WIE ILC)	San Diego, California, USA	https://ieee-wie-ilc.org/
06.15. - 06.17.	2023 5th International Conference on Energy, Power and Environment: Towards Flexible Green Energy Technologies (ICEPE)	Shillong, India	http://nitm.ac.in/icepe2023/
06.16. - 06.23.	2023 IEEE/ACM 31st International Symposium on Quality of Service (IWQoS)	Orlando, Florida, USA	https://iwqos2023.ieee-iwqos.org/
06.16. - 06.18.	2023 11th International Conference on Intelligent Computing and Wireless Optical Communications (ICWOC)	Chongqing, China	http://www.icwoc.org/
06.16. - 06.19.	2023 International Conference Automatics, Robotics and Artificial Intelligence (ICARAI)	Sozopol, Bulgaria	http://e-university.tu-sofia.bg/e-conf/?konf=198
06.16	2023 101st ARFTG Microwave Measurement Conference (ARFTG)	San Diego, California, USA	https://www.arftg.org/
06.16	2023 IV International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies (NeuroNT)	Saint Petersburg, Russia	https://etu.ru/en/university/conferences/neuront2023
06.16. - 06.17.	2023 International Conference on Applied Intelligence and Sustainable Computing (ICAISC)	Dharwad, India	https://icaisc.in/
06.17. - 06.24.	2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)	Vancouver, British Columbia, Canada	https://cvpr.thecvf.com/
06.17	2023 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)	Shah Alam, Malaysia	https://sites.google.com/view/i2cacis/home?pli=1
06.17. - 06.21.	2023 ACM/IEEE 50th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA)	Orlando, Florida, USA	https://iscaconf.org/isca2023/
06.18. - 06.21.	2023 IEEE 97th Vehicular Technology Conference (VTC2023-Spring)	Florence, Italy	https://events.vtsociety.org/vtc2023-spring/
06.18. - 06.19.	2023 International Conference on Sustaining Heritage: Innovative and Digital Approaches (ICSH)	Event Format: Virtual	https://heritage.uob.edu.bh/
06.19. - 06.22.	2023 IEEE 10th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace)	Milan, Italy	https://www.metroaerospace.org/
06.19. - 06.23.	2023 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC)	Marrakesh, Morocco	https://iwcmc.org/2023/
06.19. - 06.22.	2023 ARC Workshop on Electrochemical Energy Conversion and Power Electronics (WEEPE)	Narvik, Norway	https://uit.no/tavla/artikkel/793268/2023_ieee_arc_workshop_on_electrochemical_energy
06.19. - 06.21.	2023 27th International Conference Electronics	Palanga, Lithuania	http://electronicsconf.ktu.edu/index.php/elc
06.19. - 06.23.	2023 IEEE 9th International Conference on Network Softwarization (NetSoft)	Madrid, Spain	https://netsoft2023.ieee-netsoft.org/
06.20. - 06.23.	2023 8th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)	Split/Bol, Croatia	https://2023.splitech.org/home
06.20. - 06.23.	2023 18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)	Aveiro, Portugal	http://cisti.eu/index.php/en/
06.20. - 06.22.	2023 IEEE Conference on Innovation Management (INNOCONF)	Los Angeles, California, USA	https://2023.innoconf.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06.20. - 06.22.	2023 15th International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)	Ghent, Belgium	https://sites.google.com/view/qomex2023
06.21. - 06.23.	2023 IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC)	Detroit, Michigan, USA	https://itec-conf.com/
06.21. - 06.22.	2023 IEEE Cognitive Communications for Aerospace Applications Workshop (CCAAW)	Cleveland, Ohio, USA	https://ieee-ccaa.com/
06.21. - 06.23.	2023 19th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)	Montreal, Quebec, Canada	http://www.wimob.org/wimob2023/
06.21. - 06.23.	2023 IEEE 25th Conference on Business Informatics (CBI)	Prague, Czech Republic	https://cbi2023.org/index.php
06.22. - 06.24.	2023 IEEE 36th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)	L'Aquila, Italy	https://2023.cbms-conference.org/
06.22. - 06.23.	2023 IEEE 7th Portuguese Meeting on Bioengineering (ENBENG)	Porto, Portugal	http://embs.ieee-pt.org/7th-enbeng-2023/
06.23. - 06.25.	2023 IEEE/ACIS 23rd International Conference on Computer and Information Science (ICIS)	Wuxi, China	https://acisinternational.org/conferences/icis-2023/
06.24. - 06.29.	2023 38th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science (LICS)	Boston, Massachusetts, USA	https://lics.siglog.org/lics23/
06.25. - 06.30.	2023 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)	Taipei, Taiwan	https://isit2023.org/
06.25. - 06.30.	2023 30th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum (ISDEIV)	Okinawa, Japan	http://isdeiv2023.w3.kanazawa-u.ac.jp/
06.25. - 06.29.	2023 IEEE Belgrade PowerTech	Belgrade, Serbia	https://powertech2023.com/
06.25. - 06.29.	2023 IEEE Pulsed Power Conference (PPC)	San Antonio, Texas, USA	http://www.ppc2023.org/
06.25. - 06.28.	2023 20th International Conference on Ubiquitous Robots (UR)	Honolulu, Hawaii, USA	https://2023.ubiquitousrobots.org/
06.25. - 06.30.	2023 International Forum on MPSoC for Software-Defined Hardware (MPSoC)	Helena, Montana, USA	http://mpsoc-forum.org/
06.25. - 06.28.	2023 Device Research Conference (DRC)	Santa Barbara, California, USA	https://www.mrs.org/drc-2023
06.25. - 06.29.	2023 22nd International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers)	Kyoto, Japan	https://www.transducers2023.org/
06.25. - 06.28.	2023 IEEE 24th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL)	Ann Arbor, Michigan, USA	https://ieee-compel.org/
06.26. - 06.30.	2023 IEEE 47th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)	Torino, Italy	https://ieeecompsac.computer.org/2023/
06.26. - 06.28.	2023 IEEE International Conference on Metaverse Computing, Networking and Applications (MetaCom)	Kyoto, Japan	https://www.ieee-metacom.org/2023/
06.26. - 06.28.	2023 21st IEEE Interregional NEWCAS Conference (NEWCAS)	Edinburgh, United Kingdom	https://2023.ieee-newcas.org/
06.26. - 06.30.	2023 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe & European Quantum Electronics Conference (CLEO/Europe-EQEC)	Munich, Germany	https://www.cleoeurope.org/
06.26. - 06.30.	2023 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)	Nashville, Tennessee, USA	https://smartcomp.isis.vanderbilt.edu/
06.26. - 06.30.	2023 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW)	Divnomorskoe, Russia	http://rsemw.sfedu.ru/
06.26. - 06.27.	2023 China Semiconductor Technology International Conference (CSTIC)	Shanghai, China	https://www.semiconchina.org/en/5
06.26. - 06.29.	2023 IEEE 11th International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)	Houston, Texas, USA	https://ieeeichi.github.io/ICHI2023/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06.26. - 06.30.	2023 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL)	Santa Fe, New Mexico, USA	https://2023.jcdl.org/
06.27. - 06.30.	2023 53rd Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN)	Porto, Portugal	https://dsn2023.dei.uc.pt/
06.27. - 06.29.	2023 30th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)	Ohrid, Macedonia	http://iwSSIP.feit.ukim.edu.mk/
06.27. - 06.30.	2023 26th International Conference on Information Fusion (FUSION)	Charleston, South Carolina, USA	https://www.fusion2022.se/
06.28. - 06.30.	2023 IEEE MTT-S International Conference on Numerical Electromagnetic and Multiphysics Modeling and Optimization (NEMO)	Winnipeg, Manitoba, Canada	https://nemo-ieee.org/
06.28. - 06.30.	2023 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)	Seattle, Washington, USA	http://aim2023.org/
06.28. - 07.01.	2023 IEEE International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE)	Paris, France	http://www.olab-dynamics.net/wetice2023/index.html
06.28. - 06.30.	2023 IEEE International Workshop on Metrology for Automotive (MetroAutomotive)	Modena, Italy	https://www.metroautomotive.org/
06.28. - 06.30.	2023 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)	Pskov, Russia	http://media-publisher.ru/en/about-synchroinfo-2023/
06.28. - 06.30.	2023 12th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCAST)	Athens, Greece	http://mocaust.physics.auth.gr/
06.28. - 06.30.	2023 Power Quality and Electromagnetic Compatibility at Low Frequency (PQEMC-LF)	Craiova, Romania	http://pqemc-lf.ucv.ro/
06.29. - 06.30.	2023 19th International Conference on Intelligent Environments (IE)	Uniciti, Mauritius	https://ie2023.mdxmru.com/
06.29. - 06.30.	2023 15th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)	Bucharest, Romania	https://ecai.ro/
06.29. - 07.03.	2023 IEEE 24th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM)	Novosibirsk, Russia	https://edm.ieeesiberia.org/
06.29. - 07.01.	2023 18th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA)	Varna, Bulgaria	https://elma.tu-varna.bg/
06.29. - 07.01.	2023 58th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST)	Nis, Serbia	https://icestconf.org/
06.30. - 07.03.	2023 Sixth International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C)	Taichung, Taiwan	http://is3c2023.ncuteecs.org/

>>2023년 7월

07.01. - 07.08.	2023 IEEE World Congress on Services (SERVICES)	Chicago, Illinois, USA	https://conferences.computer.org/services/2023/
07.01. - 07.03.	2023 IEEE 10th International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud)/2023 IEEE 9th International Conference on Edge Computing and Scalable Cloud (EdgeCom)	Xiangtan, Hunan, China	http://www.cloud-conf.org/csccloud/2023/
07.02. - 07.06.	2023 Opto-Electronics and Communications Conference (OECC)	Shanghai, China	http://oecc2023.com/
07.02. - 07.05.	2023 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)	Chicago, Illinois, USA	https://2023.ieee-cec.org/
07.02. - 07.05.	2023 IEEE Statistical Signal Processing Workshop (SSP)	Hanoi, Vietnam	https://www.ssp2023.org/about_SSP2023.html
07.02. - 07.05.	2023 IEEE 23rd International Conference on Nanotechnology (NANO)	Jeju City, Korea (South)	https://2023.ieeenano.org/
07.03. - 07.05.	2023 IEEE Petroleum and Chemical Industry Conference Brasil (PCIC Brasil)	Rio de Janeiro, Brazil	https://www.ieee.org.br/pcicbr/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.03. - 07.07.	2023 IEEE 8th European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P)	Delft, Netherlands	https://www.ieee-security.org/
07.03. - 07.05.	2023 Sixth International Workshop on Mobile Terahertz Systems (IWMTS)	Bonn, Germany	http://www.iwmts.org/
07.03. - 07.06.	2023 24th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM)	Singapore, Singapore	https://mdmconferences.org/mdm2023/
07.03. - 07.06.	2023 9th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)	Rome, Italy	http://codit2023.com/
07.03. - 07.05.	2023 IEEE Latin American Electron Devices Conference (LAEDC)	Puebla, Mexico	https://attend.ieee.org/laedc-2023/
07.03. - 07.06.	2023 Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS)	Prague, Czech Republic	https://prague2023.piers.org/
07.04. - 07.07.	2023 IEEE 13th International Conference on Pattern Recognition Systems (ICPRS)	Guayaquil, Ecuador	http://www.icprs.org/
07.04. - 07.07.	2023 30th International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD)	Kyoto, Japan	http://www.amfpd.jp/
07.04. - 07.07.	2023 Fourteenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)	Paris, France	https://icufn.org/
07.05. - 07.07.	2023 Fifth International Conference on Advances in Computational Tools for Engineering Applications (ACTEA)	Zouk Mosbeh, Lebanon	https://www.ndu.edu.lb/actea/home
07.05. - 07.07.	2023 14th Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems (DoCEIS)	Caparica (Lisbon), Portugal	https://doceis.dee.fct.unl.pt/
07.05. - 07.07.	2023 6th International Conference on Renewable Energy for Developing Countries (REDEC)	Zouk Mosbeh, Lebanon	http://www.redeconf.org/
07.05. - 07.07.	2023 12th International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar (IWAGPR)	Lisbon, Portugal	http://iwagpr2023.lnec.pt/index.html
07.06. - 07.08.	IEEE EUROCON 2023 - 20th International Conference on Smart Technologies	Torino, Italy	https://2023.ieee-eurocon.org/
07.06. - 07.08.	2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)	Delhi, India	http://14iccnt.com/
07.06. - 07.08.	2023 4th International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)	Event Format: Virtual	http://icesc.co.in/2023/
07.06. - 07.07.	2023 IEEE Cloud Summit	Baltimore, Maryland, USA	https://www.ieeecloudsummit.org/
07.07. - 07.08.	2023 International Conference on Smart Systems for applications in Electrical Sciences (ICSSSES)	Tumakuru, India	http://icssses.sit.ac.in/home
07.07.	2023 7th International Young Engineers Forum (YEF-ECE)	Caparica / Lisbon, Portugal	https://yef-ece.deec.fct.unl.pt/
07.07. - 07.09.	2023 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR)	Adelaide, Australia	https://www.icmlc.com/
07.08. - 07.09.	2023 IEEE World Conference on Applied Intelligence and Computing (AIC)	Sonbhadra, India	https://aic2023.scrs.in/
07.08. - 07.10.	2023 8th International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP)	Wuxi, China	http://www.icsip.org/
07.08. - 07.10.	2023 International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM)	Sanya, China	http://www.ieee-arm.org/
07.09. - 07.13.	2023 60th ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC)	San Francisco, California, USA	https://www.dac.com/
07.09. - 07.12.	2023 IEEE International Conference on Flexible and Printable Sensors and Systems (FLEPS)	Boston, Massachusetts, USA	https://2023.ieee-fleps.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.09. - 07.11.	2023 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC)	Adelaide, Australia	https://www.icmlc.com/
07.09. - 07.12.	2023 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)	Gammarth, Tunisia	https://2023.ieee-iscc.org/
07.10. - 07.14.	2023 IEEE World Haptics Conference (WHC)	Delft, Netherlands	https://2023.worldhaptics.org/
07.10. - 07.14.	2023 IEEE 36th Computer Security Foundations Symposium (CSF)	Dubrovnik, Croatia	https://www.ieee-security.org/TC/CSF2023/index.html
07.10. - 07.13.	2023 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)	Orem, Utah, USA	https://tc.computer.org/tclt/icalt-2023/
07.10. - 07.12.	2023 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS)	Genoa, Italy	http://atc.udg.edu/CITS2023/
07.10. - 07.14.	2023 IEEE 36th International Vacuum Nanoelectronics Conference (IVNC)	Cambridge, Massachusetts, USA	http://www.vacuumnanoelectronics.org/
07.10. - 07.14.	2023 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)	Brisbane, Australia	https://www.2023.ieeeicme.org/
07.11. - 07.13.	2023 17th International Conference on Telecommunications (ConTEL)	Graz, Austria	http://www.contel.hr/2023/
07.13. - 07.14.	2023 International Conference on Innovations in Engineering and Technology (ICIET)	Muvattupuzha, India	http://ieee.icet.ac.in/
07.13. - 07.14.	2023 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS)	Iasi, Romania	http://scs.etti.tuiasi.ro:81/isscs2023/
07.14. - 07.16.	2023 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT)	Bangalore, India	http://ieee-conecct.org/
07.14. - 07.16.	2023 IEEE 13th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication (ICEIEC)	Event Format: Virtual	http://www.iceiec.org/
07.14. - 07.16.	2023 International Conference on Digital Applications, Transformation & Economy (ICDATE)	Miri, Sarawak, Malaysia	https://dateconference.org/
07.14. - 07.16.	2023 IEEE/IAS Industrial and Commercial Power System Asia (I&CPS Asia)	Chongqing, China	http://ieee-icps.com/2023/index.html
07.14. - 07.16.	2023 IEEE 5th International Conference on Power, Intelligent Computing and Systems (ICPICS)	Shenyang, China	http://www.icpics.org/
07.14. - 07.16.	2023 World Conference on Communication & Computing (WCONF)	RAIPUR, India	https://wconf.in/
07.14. - 07.22.	IGARSS 2023 - 2023 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium	Pasadena, California, USA	https://2023.ieeeigarss.org/index.php
07.15. - 07.16.	2023 IEEE Symposium on Industrial Electronics & Applications (ISIEA)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://www.isiea.asia/home
07.15. - 07.16.	2023 Intelligent Methods, Systems, and Applications (IMSA)	Giza, Egypt	http://imsa.msa.edu.eg/
07.15. - 07.18.	2023 IEEE International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition (IWEM)	Harbin, China	http://www.iwem2023.org/IWEM2023/
07.16. - 07.20.	2023 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM)	Orlando, Florida, USA	https://pes-gm.org/
07.16. - 07.19.	2023 28th IEEE International Symposium on Asynchronous Circuits and Systems (ASYNC)	Beijing, China	https://asynsymposium.org/
07.17. - 07.20.	2023 IEEE International Professional Communication Conference (ProComm)	Ithaca, New York, USA	https://procomm.ieee.org/conference/
07.17. - 07.19.	2023 IEEE Photonics Society Summer Topicals Meeting Series (SUM)	Sicily, Italy	https://www.ieee-sum.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.17. - 07.20.	2023 IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPS)	Athens, Greece	https://ieeedapps.com/
07.17. - 07.20.	2023 11th IEEE International Conference on Mobile Cloud Computing, Services, and Engineering (MobileCloud)	Athens, Greece	https://ieeemobilecloud.com/
07.17. - 07.19.	2023 International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-Taiwan)	PingTung, Taiwan	http://www.icce-tw.org/
07.18. - 07.27.	2023 IEEE 9th International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology (SMC-IT)	Pasadena, California, USA	https://spacecomputing.ecs.baylor.edu/Home.php
07.18. - 07.21.	2023 IEEE Space Computing Conference (SCC)	Pasadena, California, USA	https://smcit-scc.space/
07.18. - 07.21.	2023 IEEE 43rd International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)	Hong Kong, Hong Kong	https://icdcs2023.icdcs.org/
07.18. - 07.20.	2023 IEEE BTS Pulse - 3rd Quarter (BTS PULSE - 3rd Quarter)	Event Format: Virtual	https://bts.ieee.org/pulse.html
07.18. - 07.20.	2023 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)	Ottawa, Ontario, Canada	https://2023.sensorapps.org/
07.18. - 07.20.	2023 International Telecommunications Conference (ITC-Egypt)	Alexandria, Egypt	https://www.itc-egypt-adc.org/
07.19. - 07.21.	2023 IEEE 34th International Conference on Application-specific Systems, Architectures and Processors (ASAP)	Porto, Portugal	https://www.asap2023.org/
07.19. - 07.21.	2023 2nd International Conference on Edge Computing and Applications (ICECAA)	Event Format: Virtual	http://icecc.co.in/2023/
07.20. - 07.28.	2023 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting (USNC-URSI)	Portland, Oregon, USA	https://2023.apsursi.org/
07.20. - 07.23.	2023 IEEE 6th International Conference on Electronic Information and Communication Technology (ICEICT)	Qingdao, China	http://www.iceict.org/ICEICT2023/
07.21. - 07.23.	2023 IEEE 6th International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII)	Sapporo, Japan	https://www.ickii.org/
07.21. - 07.23.	2023 6th Asia Conference on Energy and Electrical Engineering (ACEEE)	Chengdu, China	http://www.aceee.net/index.html
07.22. - 07.27.	2023 IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics (ISAF)	Cleveland, Ohio, USA	https://2023.ieee-isaf.org/
07.23. - 07.26.	2023 IEEE International Symposium on the Physical and Failure Analysis of Integrated Circuits (IPFA)	Pulau Pinang, Malaysia	https://www.ipfa-ieee.org/2023/
07.23. - 07.25.	2023 IEEE International Conference on Omni-layer Intelligent Systems (COINS)	Berlin, Germany	https://coinsconf.com/
07.23. - 07.25.	2023 IEEE International Test Conference India (ITC India)	Bangalore, India	https://itctestweekindia.org/
07.24. - 07.28.	2023 IEEE Nuclear and Space Radiation Effects Conference (NSREC)	Kansas City, Missouri, USA	https://www.nsrec.com/
07.24. - 07.27.	2023 32nd International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN)	Honolulu, Hawaii, USA	http://www.iccn.org/iccn23/
07.25. - 07.27.	2023 International Conference on Smart Applications, Communications and Networking (SmartNets)	Istanbul, Turkey	https://smartnets.ieee.tn/
07.26. - 07.28.	2023 IEEE 3rd International Conference on Industrial Electronics for Sustainable Energy Systems (IESES)	Shanghai, China	http://www.ieee-ieses.org/
07.27. - 07.29.	2023 8th International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)	Dalian, China	http://www.icivc.org/
07.27. - 07.28.	2023 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)	Ho Chi Minh, Vietnam	https://icsse2023.hcmute.edu.vn/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.28. - 07.29.	2023 International Conference on Data Science and Network Security (ICDSNS)	Tiptur, India	https://icdsns.co.in/index.php
07.29. - 08.04.	2023 IEEE Symposium on Electromagnetic Compatibility & Signal/Power Integrity (EMC+SIPI)	Grand Rapids, Michigan, USA	https://emc2023.org/
07.30. - 08.01.	2023 IEEE BioSensors Conference (BioSensors)	London, United Kingdom	https://2023.ieee-biosensors.org/
07.30. - 08.03.	2023 IEEE 18th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)	Ningbo, China	http://www.ieeeiciea.org/2023/
07.31. - 08.02.	2023 IEEE International Conference on Cyber Security and Resilience (CSR)	Venice, Italy	https://www.ieee-csr.org/
07.31. - 08.03.	2023 International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics (OMN) and SBFoton International Optics and Photonics Conference (SBFoton IOPC)	Campinas, Brazil	https://www.sbfoton.org.br/

The Magazine of the IEIE

특별회원사 명단

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

회원사	대표자	주 소	전 화	홈페이지
(주)넥스틴	박태훈	경기도 화성시 동탄면 동탄산단9길 23-12	031-629-2300	http://www.nextinsol.com
(주)더스텍	김태진	경기도 안양시 동안구 학의로 292 금강펜테리움IT타워 A동 1061호	031-450-6300	http://www.doestek.co.kr
(주)만도	정동원, 조성현, 김광현	경기도 평택시 포승읍 하만호길 32	02-6244-2997	www.mando.com
(주)빅텍	임만규	경기도 이천시 마장면 덕이로 180-31	031-631-7301	http://www.vitek.co.kr
(주)스프링클라우드	송영기	경기도 성남시 창업로 42	031-778-8328	www.aspringcloud.com
(주)시스메이트	이상만	대전시 유성구 유성대로 1184길 41	042-486-6135	http://www.sysmate.com
주식회사 뷰웍스	김후식	경기도 안양시 동안구 부림로 170번길 41-3	070-7011-6161	https://www.vieworks.com
(주)실리콘마이터스	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)싸인텔레콤	박영기	서울시 영등포구 경인로 775, 문래동 3가 에이스하이테크시티 1동 119호	02-3439-0033	http://www.signtelecom.com
(주)솔리드	정준, 이승희	경기도 성남시 분당구 판교역로 220 솔리드스페이스	031-627-6000	http://www.st.co.kr
(주)유니트론텍	남궁 선	서울시 강남구 영동대로 638(삼도빌딩) 9층	02-573-6800	http://unitrontech.com
(주)코클리어닷에이아이	한윤창	서울시 강남구 봉은사로 51길 26		www.cochl.ai
(주)크레셈	오상민	대전시 유성구 대덕대로 582, 4층 402호(도룡동, 옥토빌딩)	031-427-3445	http://www.cressem.com
(주)텔레칩스	이장규	서울시 송파구 올림픽로 35다길 42(신천동 한국루터회관)19~23층	02-3443-6792	www.telechips.com
(주)티에이치엔	이광연, 채승훈	대구시 달서구 갈산동 973-3	053-583-3001	http://www.th-net.co.kr
(주)티엘아이	김달수	경기도 성남시 중원구 양현로 405번길 12 티엘아이 빌딩	031-784-6800	http://www.tli.co.kr
(주)해치텍	최성민	충북 청주시 청원구 오창읍 연구단지로 40, 스타기업관 207호	043-715-9034	http://www.haechitech.com
중소벤처기업진흥공단	김학도	경상남도 진주시 동진로 430	055-751-9380	www.kosmes.or.kr
케이케이테크(주)	김경하	경기도 안성시 대덕면 무능로132	031-678-1586	http://www.k-ktch.co.kr
코어인사이트(주)	유용훈	경기도 성남시 중원구 갈매치로 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)	정익선, 장재훈, 이동석	경기도 화성시 장덕동 772-1	02-3464-1114	http://www.hyundai-motor.com
호리바에스텍코리아(주)	김성환 외 1명	경기도 용인시 수지구 디지털벨리로 98 호리바빌딩	031-6520-6500	http://www.horiba.com
히로세코리아(주)	이상엽	경기도 시흥시 정왕동 희망공원로 250	031-496-7000	http://www.hirose.co.kr
히타치하이테크코리아(주)	MIYOSHI KEITA	경기도 성남시 분당구 정자일로 155, 엔16층(정자동, 분당두산타워)	031-725-4201	https://www.hitachi-hightech.com

박사학위 논문초록 게재 안내

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

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

국문 초록(요약) : 1000자 이내

보내실 곳 _ 06130

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

사무국 회지담당자앞

E-mail : biz@theieie.org

TEL : (02)553-0255(내선 5)

FAX : (02)552-6093



대한전자공학회

The Institute of Electronics and Information Engineers

전자공학회지 <월간>

제50권 제3호(통권 제466호)

The Magazine of the IEIE

2023년 3월 20일 인쇄

2023년 3월 25일 발행

발행및

(사) 대한전자공학회

회장 이 혁 재

편집인

인쇄인

한림원(주)

대표 김 흥 중

발행인

사 단 법 인 대 한 전 자 공 학 회

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

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

E-mail : ieie@theieie.org

Homepage : http://www.theieie.org

씨티은행 102-53125-258



2023년도 회비납부 안내

1. 회비의 납부 및 유효기간

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

◆ 2023년도 회원 연회비는 다음과 같습니다.

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

2. 논문지(eBook) 제공

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

3. 회비의 납부방법

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

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

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

◎ 가입 대상 및 할인 혜택

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

5. 문의처

◆ 대한전자공학회 사무국 변은정 부장(회원담당)

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

첨단기술로 더 나은 환경을 만듭니다

더 나은 미래를 열어가는 기술
환경문제를 해결하는 기술
반도체의 미래를 준비하는 일
지금, SK하이닉스가 하고 있습니다
We Do **Green** Technology

