

ISSN1016-9288

제50권 9호

2023년 9월호

전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.50. no.9

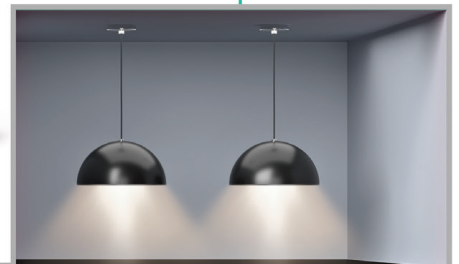
인공지능 기반 미디어 처리 기술

- Transformer 기반 영상 객체 검출 기술 동향
- NeRF(Neural Radiance Fields)개요와 기술 동향
- VR 영상 제작을 위한 딥러닝 기반의 Camera Pose 추정 알고리즘
- 시각장애인을 위한 인공지능 기술 연구 동향
- 차세대 비동기식 이벤트 카메라 및 인공지능 기반 컴퓨터 비전 응용
- 딥러닝 기반 미디어 포렌식과 딥페이크





[멀티 Vi]



24.7% 줄어드는 소비 전력!
날씨, 공간, 상황을 정확히 분석해서 최적의 에너지 효율을 찾아내는

국내 최초 AI엔진

LG WHISEN 시스템에어컨
MULTI V™ i



• 시스템에어컨 구입/제품문의: 1544-8777 • 서비스 문의: 1544-7777 • www.lge.co.kr/kr/business

• 국내 시스템에어컨 최초 AI+(에이아이플러스) 인증 획득, KSA 한국표준협회, 인증번호 AIM-0013, 유효기간 2021-03-17~2023-03-16 • AI+ 인증은 국내 유일의 인공지능 품질인증으로, 소프트웨어 품질 국제표준(ISO/IEC 25023 및 25051)과 품질경영시스템 국제표준(ISO 9001)을 기반으로 인공지능 기술이 적용된 제품과 서비스의 신뢰성, 안전성 등 품질을 증명 • NET(New Excellent Technology) 신기술 인증 획득, 한국산업기술진흥협회, 인증번호 제1345호, 유효기간 2021-09-29~2024-09-28 • NET 인증은 한국산업기술진흥협회가 우수한 신기술에 부여하는 인증으로, 현장학습 엔진을 장착한 AI기반 시스템에어컨 제어 기술 인증 • 쾌적공간 도달속도 시험 결과, 일반 운전 대비 스마트케어 운전 시 쾌적공간에 평균 28.5%(10.9~55.6%) 빠르게 도달 • 사용되는 소비전력 시험 결과, 일반 운전 대비 스마트케어 운전에 의한 소비전력 평균 24.7%(9~38.2%, 3시간 누적) 절감 • 시험장소: LG전자 창원 스마트 파크2 주택환경 챔버 실험실(38평(125㎡), 13.3m X 9.4m(중고 2.7m)), 와이즈 스톤(WISESTONE) 시험 진행 • 시험조건: KS B 15042, 냉방 표준(35℃/40%), 난방표준(7℃/87%) 및 냉방 장마철(27℃/78%) 조건을 추가하여 3가지 조건에서 진행 • 시험일시: 21.02.15~21.03.17 • 대상모델: MULTI V 57kw AI 엔진 장착 모델

ICCE-Asia 2023

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

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

Paradise Hotel Busan, South Korea

Presentation Guidelines

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

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

TOPICS OF IEEE/IEIE ICCE-ASIA 2023

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

SPECIAL SESSIONS

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

BEST PAPER AWARDS

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

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

PAPER SUBMISSION

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

Accepted papers will be submitted for inclusion into IEEE Xplore subject to meeting IEEE Xplore's scope and quality requirements.

AUTHOR'S SCHEDULE

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

CONTACT POINT

- Secretariat : inter@theieie.org



ICEIC 2024

International Conference on Electronics,
Information, and Communication 2024

JAN. 28^(SUN) - 31^(WED) 2024 | TAIPEI, TAIWAN

CALL FOR PAPERS

The 23rd International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC 2024) is a forum open to all the participants who are willing to broaden professional contacts and to discuss the state-of-the-art technical topics.

Regular sessions of ICEIC 2024 will include more than 300 oral and poster presentations. In addition, the conference will offer special sessions, invited talks, keynote speeches, and tutorials to cover a broad spectrum of topics on electronics, information, and communication technologies.

IMPORTANT DATES

- Submission of Paper : September 10, 2023
- Notification of Acceptance : October 13, 2023
- Submission of Camera-Ready Paper : November 12, 2023

Organized by The Institute of Electronics and Information Engineers (IEIE)



2023 추계 학술대회



2023. 11. 24(금)~25(토)
서울대학교 시흥캠퍼스(경기도 시흥시)

논문모집 최우수/ 일반 논문 ① 논문제출 : 2023년 10월 13일(금)
② 심사통보 : 2023년 10월 31일(화)
③ 사전등록 : 2023년 11월 10일(금)

발표분야 (학회 6개 소사이어티)

홈페이지주소 : <http://conf.theieie.org/2023f/>

소사이어티	연구회
통신(Communication)	통신, 지능형네트워크, 마이크로파 및 전파전파, ITS, 군사전자, 방송·통신융합기술, 무선PAN/BAN, 미래네트워크
반도체(Semiconductor)	반도체소자 및 재료, SoC 설계, 광파 및 양자전자공학, PCB & Package, RF 집적회로, 정보보안시스템, 내방사선 반도체 설계 및 소자, ESD/EOS & Latchup, 인 메모리 컴퓨팅
컴퓨터(Computer)	융합컴퓨팅, 멀티미디어, 인공지능 신경망 및 퍼지시스템, M2M/IoT, 휴먼CT, 인공지능 및 보안, 증강휴먼, 시응용
인공지능 신호처리(AI Signal Processing)	영상신호처리, 음향 및 신호처리, 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, 스마트미터링
산업전자(Industry Electronics)	산업전자제어, 임베디드시스템, 유비쿼터스 센서네트워크, 디지털통신시스템
New Emerging Area	의료, 에너지, Software, 기타

정기총회 2023. 11. 24.(금) 서울대학교 시흥캠퍼스

행사문의 본 학회 사무국 전 화 02)553-0255(내선 2번) FAX 02)552-6093

홈페이지 <http://conf.theieie.org/2023f/> e-mail conf@theieie.org

IEEE DiscoveryPoint Communications(IDPC)



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



IEEE Full-text를
포함한 다양한 양질의
자료 제공



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



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



설계 문제에 대한
솔루션 제공하여
실무 엔지니어에게
최적화

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



IEEE

**Authorized
Dealer**

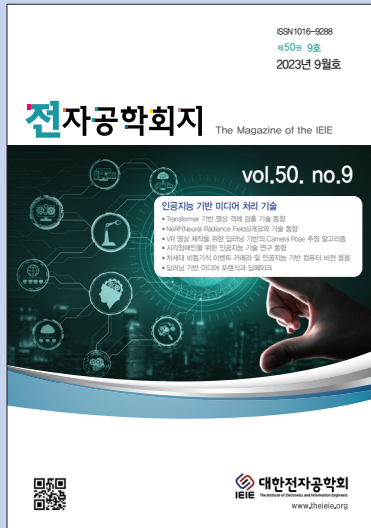


키티스 産學研情報(株)
KITIS Info. & Co., Ltd.

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

CONTENTS

제50권 9호 (2023년 9월)



※ 학회지 9월호 표지 (vol 50, No 9)

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 : 인공지능 기반 미디어 처리 기술

- 16 특집편집기 / 오병태
- 17 Transformer 기반 영상 객체 검출 기술 동향 / 전민우, 황효석
- 24 NeRF(Neural Radiance Fields)개요와 기술 동향 / 양윤모, 손예슬, 최광순
- 33 VR 영상 제작을 위한 딥러닝 기반의 Camera Pose 추정 알고리즘 / 김성민, 한종기
- 45 시각장애인을 위한 인공지능 기술 연구 동향 / 이장원
- 53 차세대 비동기식 이벤트 카메라 및 인공지능 기반 컴퓨터 비전 응용 / 강대현, 강동우
- 62 딥러닝 기반 미디어 포렌식과 딥페이크 / 채희곤, 오병태

회원광장

71 논문지 논문목차

정보교차로

- 73 국내외 학술행사 안내 / 편집부
- 94 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 (상균관대학교 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) 고문)	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 현 (고려대학교 교수) - 사업	변 대 석 (삼성전자(주) 마스터) - 교육 총괄
	김 지 훈 (이화여자대학교 교수) - 기획	손 교 민 (삼성전자(주) 마스터) - 산학연
	김 현 (서울과학기술대학교 교수) - 총무	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 (서울대학교 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 (주웨이브피아 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 (고려대학교 교수)	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
 이왕성 (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 (이주대학교 교수) - AI

지부장 명단

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

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

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

최수일 (전남대학교 교수)
 김철영 (충남대학교 교수)
 이주연 (전주비전대학교 교수)
 조문규 (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)
	김성대 (한국과학기술원 명예교수)
	김재희 (연세대학교 명예교수)
	박규태 (연세대학교 명예교수)
	백준기 (중앙대학교 교수)
	성광모 (서울대학교 명예교수)
	이상설 (한양대학교 명예교수)
	이충웅 (서울대학교 명예교수)
	임혜숙 (이화여자대학교 교수)
	정정화 (한양대학교 명예교수)

공준진 (삼성전자공과대학교 주임교수)	구용서 (단국대학교 교수)
김수중 (경북대학교 명예교수)	김영권 (건국대학교 명예교수)
나정웅 (한국과학기술원 명예교수)	문영식 (한양대학교 교수)
박성한 (한양대학교 명예교수)	박진옥 (육군사관학교 명예교수)
서승우 (서울대학교 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)
	전동석 (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)
위원	권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)
	박관서 (연세대학교 교수)
	오윤호 (고려대학교 교수)
	하태준 (광운대학교 교수)

한재호 (고려대학교 교수)	김진영 (광운대학교 교수)
김승환 (한국전자통신연구원 책임연구원)	송철 (DGIST 교수)
배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원)	윤상민 (국민대학교 교수)
원용욱 (명지대학교 교수)	

논문편집위원회

위원장	정진곤 (중앙대학교 교수)
부위원장	정해준 (경희대학교 교수)
위원	강성복 (한국생산기술연구원 수석연구원)
	권구덕 (강원대학교 교수)
	김명선 (한성대학교 교수)
	김영로 (명지전문대학교 교수)
	김학구 (중앙대학교 교수)
	임민중 (동국대학교 교수)
	조성인 (동국대학교 교수)

강제원 (이화여자대학교 교수)	공규열 (한성대학교 교수)
권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)	김기연 (한국산업기술시험원 박사)
김상범 (한국폴리텍대학교 교수)	김선웅 (건국대학교 교수)
김영선 (대림대학교 교수)	김태환 (한국항공대학교 교수)
심규성 (한경대학교 교수)	유재준 (UNIST 교수)
임승찬 (한경국립대학교 교수)	정민채 (세종대학교 교수)
추민성 (한양대학교 교수)	

국제협력위원회

위원장	김용신 (고려대학교 교수)
부위원장	권영수 (한국전자통신연구원 책임연구원)
위원	김정석 (가천대학교 교수)
	최웅 (숙명여대 교수)

김종욱 (고려대학교 교수)	채관엽 (삼성전자(주) 마스터)
권혁인 (중앙대학교 교수)	
박성정 (건국대학교 교수)	
한진호 (한국전자통신연구원 책임연구원)	

대외협력위원회

위원장	김훈 (인천대학교 교수)
부위원장	김성우 (서울대학교 교수)
위원	김동순 (세종대학교 교수)

연규봉 (한국자동차연구원 책임연구원)	김원중 (한국전자통신연구원 실장)
김사혁 (KISDI 책임연구원)	

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 종 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 (서울대학교 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)	조 문 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(주) 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(주) 대표이사)	
	정 현 규 (한국전자통신연구원 부장)		
이 사	김 광 순 (연세대학교 교수)	김 성 훈 (한국전자통신연구원 박사)	김 정 호 (이화여자대학교 교수)
	노 윤 섭 (한국전자통신연구원 박사)	방 성 일 (단국대학교 교수)	서 철 현 (숭실대학교 교수)
	상 원 진 (서강대학교 교수)	신 오 순 (숭실대학교 교수)	신 오 안 (숭실대학교 교수)
	윤 종 호 (한국항공대학교 교수)	윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수)	이 재 훈 (동국대학교 교수)
	이 중 호 (숭실대학교 교수)	이 호 경 (홍익대학교 교수)	임 종 태 (홍익대학교 교수)
	장 병 수 (이노벨루네트웍스 부사장)	조 성 현 (한양대학교 교수)	조 인 호 (에이스테크놀로지 박사)
	최 진 식 (한양대학교 교수)	허 서 원 (홍익대학교 교수)	
연구회위원장	최 지 웅 (DGIST 교수) - 통신	윤 상 민 (국민대학교 교수) - 지능형네트워크	
	조 춘 식 (한국항공대학교 교수) - 마이크로 및 전파전자	이 철 기 (아주대학교 교수) - ITS	
	김 강 욱 (경북대학교 교수) - 군사전자	허 재 두 (한국전자통신연구원 본부장) - 무선 PAN/BAN	
간 사	김 중 현 (고려대학교 교수)		

반도체소사이터티

회 장	김 진 상 (경희대학교 교수)	권 오 경 (한양대학교 석좌교수)	김 영 환 (포항공과대학교 교수)
자 문 위 원	공 준 진 (삼성전자공과대학교 주임교수)	김 희 석 (청주대학교 교수)	박 홍 준 (포항공과대학교 교수)
	김 재 석 (연세대학교 교수)	손 보 익 (㈜LX세미콘 대표이사)	신 윤 승 (반소 전임회장)
	신우영훈 (아주대학교 교수)	우 남 성 (반소 전임회장)	이 승 훈 (서강대학교 교수)
	신 현 철 (한양대학교 교수)	임 형 규 (반소 전임회장)	장 성 진 (삼성전자(주) 부사장)
	임 신 일 (서경대학교 교수)	정 연 모 (경희대학교 교수)	정 항 근 (전북대학교 교수)
	전 영 현 (삼성SDI(주) 부회장)	조 경 순 (한국외국어대학교 교수)	조 상 복 (울산대학교 교수)
	정 해 수 (Synopsis 사장)	최 기 영 (서울대학교 교수)	최 승 중 (LG전자(주) 부사장)
	조 중 회 (인천대학교 교수)		
	허 영 (실리콘마이티스 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(주) 부사장)	류 현 석 (서울대학교 교수)
총 무 이 사	고 형 호 (충남대학교 교수)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	황 상 준 (삼성전자(주) 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)	
학 술 이 사	한 태 희 (성균관대학교 교수)		
	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)
사 업 이 사	최 우 영 (연세대학교 교수)	최 창 환 (한양대학교 교수)	
	강 운 병 (삼성전자(주) 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(주) 마스터)	손 교 민 (삼성전자(주) 마스터)
	송 용 호 (삼성전자(주) 부사장)	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 연구위원)	오 정 우 (연세대학교 교수)
	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	조 태 제 (삼성전자(주) 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 (㈜LX세미콘 전무)	손 재 철 (어보브반도체 부사장)
	송 태 훈 (휴인스 사장)	신 용 석 (케이던스코리아 사장)	이 도 영 (옵토레인 사장)
	이 윤 중 (동부하이텍 부사장)	이 장 규 (텔레칩스 대표이사)	
회 원 이 사	노 원 우 (연세대학교 교수)	문 용 (숭실대학교 교수)	
연구회위원장	최 우 영 (서울대학교 교수) - 반도체소자및재료	김 상 인 (아주대학교 교수) - 광파밍및자전자공학	
	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(주) 상무)	정 무 경 (㈜사피온코리아 CTO)
	장 윤 호 (한국항공대학교 교수)	제 민 규 (한국과학기술원 교수)	채 형 일 (건국대학교 교수)
	최 재 혁 (서울대학교 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)

컴퓨터소사이어티

회 명 예 회 장

최용수 (신한대학교 교수)
강문식 (강릉원주대학교 교수)
박인성 (단국대학교 명예교수)
정영규 (홍익대학교 교수)
정영규 (홍익대학교 교수)
정영규 (가천대학교 교수)
정영규 (강원대학교 교수)
변영재 (UNIST 교수)
김도현 (제주대학교 교수)
조민호 (고려대학교 교수)
김상욱 (상명대학교 교수)
박성욱 (강릉원주대학교 교수)
이영 (인천대학교 교수)
정인정 (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)
노영 (월송출판 대표이사)
이문구 (김포대학교 교수)
이주형 (가천대학교 교수)
한규필 (금오공과대학교 교수)
고한영 (고려대학교 교수)
김종원 (경동대학교 교수)
서민석 (고려대학교 교수)
이종규 (조선대학교 교수)
한상민 (순천향대학교 교수)
황석중 (SK Telecom 박사)

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)
노영 (월송출판 대표이사)
이문구 (김포대학교 교수)
이주형 (가천대학교 교수)
한규필 (금오공과대학교 교수)
고한영 (고려대학교 교수)
김종원 (경동대학교 교수)
서민석 (고려대학교 교수)
이종규 (조선대학교 교수)
한상민 (순천향대학교 교수)
황석중 (SK Telecom 박사)

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

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

총무이사
재무이사
홍보이사
편집이사

김진홍 (배재대학교 교수)
박영훈 (숙명여자대학교 교수)
이덕기 (연암공과대학교 교수)
강경권 (순천향대학교 교수)
김정욱 (경희대학교 교수)
노영 (월송출판 대표이사)
이문구 (김포대학교 교수)
이주형 (가천대학교 교수)
한규필 (금오공과대학교 교수)
고한영 (고려대학교 교수)
김종원 (경동대학교 교수)
서민석 (고려대학교 교수)
이종규 (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)

학술이사

김진홍 (배재대학교 교수)
박영훈 (숙명여자대학교 교수)
이덕기 (연암공과대학교 교수)
강경권 (순천향대학교 교수)
김정욱 (경희대학교 교수)
노영 (월송출판 대표이사)
이문구 (김포대학교 교수)
이주형 (가천대학교 교수)
한규필 (금오공과대학교 교수)
고한영 (고려대학교 교수)
김종원 (경동대학교 교수)
서민석 (고려대학교 교수)
이종규 (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)

사업이사
산학이사

박승창 (㈜우오씨 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)

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
정영규 (가천대학교 교수) - 인공지능 및 보안
정근성 (홍익대학교 교수) - 블록체인

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

인공지능 신초처리소사이어티

회 명 예 회 장

송병철 (인하대학교 교수)
김정태 (이화여자대학교 교수)
김홍국 (광주과학기술원 교수)
이영열 (세종대학교 교수)
홍민철 (송실대학교 교수)
고병철 (계명대학교 교수)
김경진 (LG전자 연구원)
김진웅 (한국전자통신연구원 그룹장)

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

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

부회회장
협동부회장

이종철 (충청대학교 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)

전세영 (서울대학교 교수)
권기훈 (부경대학교 교수)
김창수 (고려대학교 교수)
윤재웅 (LG전자 연구원)
지인호 (홍익대학교 교수)
하정호 (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)

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)
구본학 (LG전자 연구원)
김진규 (고려대학교 교수)
김한울 (서울과학기술대학교 교수)
박영경 (이화여자대학교 교수)
백종덕 (연세대학교 교수)
심현정 (연세대학교 교수)
유우택 (한국과학기술원 교수)
유종빈 (아주대학교 교수)

이 사

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)
최동길 (한밭대학교 교수)
최종원 (중앙대학교 교수)
한보영 (서울대학교 교수)
홍성은 (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)

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)

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)

협동이사

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)
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)

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)
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)

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)
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)
오태현 (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)	정현호 (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)	황도식 (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	조구남 (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)	Gemma김 (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)
	신우현 (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	동성수 (용인예술과학대학교 교수)	이태동 (국제대학교 교수)	

제24대 평의원 명단

강명곤 (한국교통대학교 교수)
 강석주 (서강대학교 교수)
 강성원 (한국전자통신연구원 소장)
 고병철 (계명대학교 교수)
 고정환 (인하공업전문대학 교수)
 공배선 (성균관대학교 교수)
 공준진 (삼성전자공과대학교 주임교수)
 구용서 (단국대학교 교수)
 권영수 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 권종기 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
 권혁인 (중앙대학교 교수)
 김광순 (연세대학교 교수)
 김도현 (국민대학교 명예교수)
 김동순 (세종대학교 교수)
 김명선 (한성대학교 교수)
 김병서 (홍익대학교 교수)
 김상태 (한국산업기술평가기관 연구위원)
 김성태 (한국과학기술원 명예교수)
 김소영 (성균관대학교 교수)
 김수찬 (한경대학교 교수)
 김승환 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 김영로 (명지전문대학 교수)
 김영재 (해동과학문화재단 이사장)
 김영철 (군산대학교 교수)
 김용신 (고려대학교 교수)
 김유철 (LG AI연구원 부부장)
 김익균 (한국전자통신연구원 본부장)
 김재희 (연세대학교 명예교수)
 김정호 (이화여자대학교 교수)
 김주성 (한밭대학교 교수)
 김지훈 (이화여자대학교 교수)
 김진태 (건국대학교 교수)
 김철영 (충남대학교 교수)
 김태진 (덕택 대표이사)
 김현 (부천대학교 교수)
 김형진 (인하대학교 교수)
 김훈 (인천대학교 교수)
 남기창 (동국대학교 교수)
 노원우 (연세대학교 교수)
 동철수 (용인예술과학대학교 교수)
 문영식 (한양대학교 교수)
 민동보 (이화여자대학교 교수)
 박부견 (포항공과대학교 교수)
 박성정 (건국대학교 교수)
 박영기 (싸인텔레콤 대표이사)
 박종선 (고려대학교 교수)
 박항구 (소암시스템 회장)
 배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 백종덕 (연세대학교 교수)
 변대석 (삼성전자 마스터)
 서승우 (서울대학교 교수)
 선우경 (서울대학교 교수)
 성원진 (서강대학교 교수)
 송문섭 (심텍 회장)
 송상현 (중앙대학교 교수)
 송철 (DGIST 교수)
 신요안 (숭실대학교 교수)
 심용 (중앙대학교 교수)
 안승권 (연암공과대학교 총장)
 양준성 (연세대학교 교수)
 연규봉 (한국자동차연구원 팀장/수석연구원)
 오윤호 (고려대학교 교수)
 우성민 (한국기술교육대학교 교수)
 원제형 (도쿄일렉트론코리아 대표이사)
 유정봉 (공주대학교 교수)

강문식 (강릉원주대학교 교수)
 강석판 (LG전자 상무)
 강윤희 (백석대학교 교수)
 고석준 (제주대학교 교수)
 고진환 (경상대학교 교수)
 공성호 (경북대학교 교수)
 구민석 (인천대학교 교수)
 권구덕 (강원대학교 교수)
 권오경 (한양대학교 석좌교수)
 권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)
 권호열 (정보통신정책연구원 원장)
 김규식 (서울시립대학교 교수)
 김도현 (제주대학교 교수)
 김동식 (인하공업전문대학 교수)
 김명준 (한국전자통신연구원 전. 원장)
 김봉태 (한국전자통신연구원 소장)
 김선용 (건국대학교 교수)
 김성우 (서울대학교 교수)
 김수연 (동국대학교 교수)
 김수환 (서울대학교 교수)
 김시호 (연세대학교 교수)
 김영민 (홍익대학교 교수)
 김영진 (한국항공대학교 교수)
 김영한 (UC San Diego/가우스랩스 교수/대표이사)
 김원준 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 김윤 (서울시립대학교 교수)
 김재준 (서울대학교 교수)
 김정범 (강원대학교 교수)
 김종선 (홍익대학교 교수)
 김준모 (한국과학기술원 교수)
 김진상 (경희대학교 교수)
 김창수 (고려대학교 교수)
 김철우 (고려대학교 교수)
 김한구 (삼성전자공과대학교 교수)
 김현수 (삼성전자 상무)
 김형탁 (홍익대학교 교수)
 나정웅 (한국과학기술원 명예교수)
 남상욱 (서울대학교 교수)
 노정진 (한양대학교 교수)
 류수정 (사피온코리아 대표이사)
 문용 (숭실대학교 교수)
 박관서 (연세대학교 교수)
 박성욱 (SK하이닉스 부회장)
 박성한 (한양대학교 명예교수)
 박영훈 (숙명여자대학교 교수)
 박종일 (한양대학교 교수)
 배준성 (강원대학교 교수)
 백광현 (중앙대학교 교수)
 백준기 (중앙대학교 교수)
 변영재 (울산과학기술원 교수)
 서정욱 (전. 과학기술부 장관)
 선우명 (아주대학교 교수)
 손교민 (삼성전자 마스터)
 송민규 (동국대학교 교수)
 송익현 (한양대학교 교수)
 신세운 (UNIST 교수)
 신현철 (명운대학교 교수)
 심정연 (강남대학교 교수)
 안현식 (동명대학교 교수)
 엄낙웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 예종철 (한국과학기술원 교수)
 오의열 (LG디스플레이 연구위원)
 우운택 (한국과학기술원 교수)
 유동훈 (C사일로 연구소장)
 유찬세 (한국전자기술연구원 센터장)

강민석 (LGO노텍 부사장(CTO))
 강석형 (포항공과대학교 교수)
 강진구 (인하대학교 교수)
 고성제 (고려대학교 교수)
 고형호 (충남대학교 교수)
 공정택 (성균관대학교 교수)
 구본태 (한국전자통신연구원 본부장)
 권기룡 (부경대학교 교수)
 권오규 (인하대학교 교수)
 권태수 (서울과학기술대학교 교수)
 김경기 (대구대학교 교수)
 김달수 (티엘아이 대표이사)
 김동규 (한양대학교 교수)
 김동현 (CTK 대표이사)
 김민휘 (중앙대학교 교수)
 김부균 (숭실대학교 교수)
 김선욱 (고려대학교 교수)
 김성철 (서울대학교 교수)
 김수중 (경북대학교 명예교수)
 김승천 (한성대학교 교수)
 김영권 (후례대학교 명예총장)
 김영선 (대림대학교 교수)
 김영진 (한국생산기술연구원 수석연구원)
 김용석 (성균관대학교 교수)
 김원준 (건국대학교 교수)
 김은원 (대림대학교 교수)
 김재현 (아주대학교 교수)
 김정석 (가천대학교 교수)
 김종욱 (고려대학교 교수)
 김중현 (고려대학교 교수)
 김진영 (명운대학교 교수)
 김창익 (한국과학기술원 교수)
 김태욱 (연세대학교 교수)
 김현 (서울과학기술대학교 교수)
 김형준 (한국과학기술연구원 소장)
 김호식 (SK하이닉스 담당)
 남궁선 (유니트론텍 부회장)
 남일구 (부산대학교 교수)
 노태문 (한국전자통신연구원 센터장)
 류현석 (서울대학교 교수)
 민경식 (국민대학교 교수)
 박규태 (연세대학교 명예교수)
 박성욱 (강릉원주대학교 교수)
 박수현 (국민대학교 교수)
 박인규 (인하대학교 교수)
 박진욱 (육군사관학교 명예교수)
 배준호 (가천대학교 교수)
 백상현 (고려대학교 교수)
 범진욱 (서강대학교 교수)
 서민재 (가천대학교 교수)
 서창호 (한국과학기술원 교수)
 성광모 (서울대학교 명예교수)
 손보익 (LX세미콘 대표이사)
 송병철 (인하대학교 교수)
 송준영 (인천대학교 교수)
 신오순 (숭실대학교 교수)
 심동규 (명운대학교 교수)
 안상철 (한국과학기술연구원 책임연구원)
 안호균 (한국전자통신연구원 실장)
 여희주 (대전대학교 교수)
 오상록 (한국과학기술연구원 PM)
 오정훈 (삼성전자 마스터)
 우정호 (비전엑스트 대표이사)
 유명식 (숭실대학교 교수)
 유창동 (한국과학기술원 교수)

유창식 (삼성전자 부사장)
 윤상훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
 윤성로 (서울대학교 교수)
 윤종윤 (파두 사장)
 이광엽 (서경대학교 교수)
 이남윤 (고려대학교 교수)
 이도규 (카카오모빌리티 부사장)
 이상만 (고려대학교 교수)
 이석희 (솔리다임 의장)
 이승아 (연세대학교 교수)
 이영렬 (세종대학교 교수)
 이용욱 (한화시스템 부사장)
 이재관 (한국자동차연구원 소장)
 이재홍 (서울대학교 명예교수)
 이정원 (서울대학교 교수)
 이주연 (전주비전대학교 교수)
 이재은 (인하대학교 교수)
 이충용 (연세대학교 교수)
 이태원 (고려대학교 명예교수)
 이형민 (고려대학교 교수)
 인치호 (세명대학교 교수)
 임제탁 (한양대학교 명예교수)
 장석호 (건국대학교 교수)
 장익준 (경희대학교 교수)
 전병우 (성균관대학교 교수)
 전영현 (삼성SDI 부회장)
 정교일 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
 정민채 (세종대학교 교수)
 정성엽 (차세대융합기술연구원 선임연구원)
 정완영 (한국과학기술원 교수)
 정윤호 (한국항공대학교 교수)
 정인권 (한국전자통신연구원 본부장)
 정진곤 (중앙대학교 교수)
 조남익 (서울대학교 교수)
 조성래 (중앙대학교 교수)
 조영민 (SkyMirr CEO)
 차혁규 (서울과학기술대학교 교수)
 채주형 (광운대학교 교수)
 최강선 (한국기술교육대학교 교수)
 최기창 (서울대학교 교수)
 최성민 (해치텍 대표이사)
 최승종 (LG전자 부사장)
 최우영 (서울대학교 교수)
 최재혁 (서울대학교 교수)
 최진성 (도이치텔레콤 부사장)
 최현택 (한국해양과학기술원 책임연구원)
 하태준 (광운대학교 교수)
 한영선 (부경대학교 교수)
 한정환 (충남대학교 교수)
 함범섭 (연세대학교 교수)
 허준 (고려대학교 교수)
 홍민철 (숭실대학교 교수)
 홍인기 (경희대학교 교수)
 황승훈 (동국대학교 교수)
 황인철 (강원대학교 교수)

유호영 (충남대학교 교수)
 윤석진 (한국과학기술연구원 원장)
 윤영권 (삼성전자 마스터)
 이강윤 (성균관대학교 교수)
 이규대 (공주대학교 교수)
 이덕기 (연암공과대학교 교수)
 이문기 (연세대학교 명예교수)
 이상설 (한양대학교 명예교수)
 이성준 (한양대학교 교수)
 이승은 (서울과학기술대학교 교수)
 이영택 (ASML 전무)
 이윤식 (UNIST 교수)
 이재성 (고려대학교 교수)
 이재훈 (유정시스템 대표이사)
 이종호 (서울대학교 교수)
 이진구 (동국대학교 석좌교수)
 이천희 (전) 청주대학교 교수)
 이충웅 (서울대학교 명예교수)
 이한림 (중앙대학교 교수)
 이흥노 (광주과학기술원 교수)
 임매순 (한국과학기술연구원 책임연구원)
 임혜숙 (이화여자대학교 교수)
 장성준 (한국전자기술연구원 팀장)
 전국진 (서울대학교 명예교수)
 전선익 (파이낸셜뉴스 사장)
 전정훈 (성균관대학교 교수)
 정길도 (전북대학교 교수)
 정방철 (충남대학교 교수)
 정승원 (고려대학교 교수)
 정용규 (울지대학교 교수)
 정은성 (홍익대학교 교수)
 정정화 (한양대학교 석좌교수)
 정해준 (경희대학교 교수)
 조도현 (인하공업전문대학 교수)
 조성재 (이화여자대학교 교수)
 조해정 (삼성물산 그룹장)
 채관업 (삼성전자 수석연구원)
 채찬병 (연세대학교 교수)
 최광성 (한국전자통신연구원 실장)
 최병수 (부경대학교 교수)
 최수일 (전남대학교 교수)
 최영규 (인하대학교 교수)
 최웅 (숙명여자대학교 교수)
 최중호 (서울시립대학교 교수)
 최창식 (DB이텍 부회장)
 주민성 (한양대학교 교수)
 한동국 (국민대학교 교수)
 한은혜 (에스에스앤씨 대표이사)
 한진호 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 함철희 (삼성전자 마스터)
 홍국태 (엘엑스세미콘 연구위원)
 홍승홍 (인하대학교 명예교수)
 홍철호 (중앙대학교 교수)
 황원준 (아주대학교 교수)
 황인태 (전남대학교 교수)

윤명국 (이화여자대학교 교수)
 윤석현 (단국대학교 교수)
 윤종용 (한국공학대학교육인증 이사장)
 이경중 (연세대학교 교수)
 이규복 (한국전자기술연구원 부원장)
 이덕진 (전북대학교 교수)
 이병선 (김포대학교 교수)
 이상훈 (웨이브피아 대표이사)
 이수민 (한국센서연구소 대표이사)
 이승호 (한밭대학교 교수)
 이왕상 (경상국립대학교 교수)
 이인규 (고려대학교 교수)
 이재진 (숭실대학교 교수)
 이정우 (중앙대학교 교수)
 이종호 (서울대학교 교수)
 이창한 (한국반도체산업협회 상근부회장)
 이철 (동국대학교 교수)
 이태동 (국제대학교 교수)
 이혁재 (서울대학교 교수)
 이희덕 (충남대학교 교수)
 임승찬 (한경국립대학교 교수)
 장길진 (경북대학교 교수)
 장성진 (삼성전자 부사장)
 전동석 (서울대학교 교수)
 전세영 (서울대학교 교수)
 전홍태 (중앙대학교 명예교수)
 정민수 (라운텍 부사장)
 정범진 (서울과학기술대학교 교수)
 정영모 (한성대학교 교수)
 정원영 (강원공업 본부장)
 정은승 (삼성전자주) 고문)
 정준 (솔리드 대표이사)
 제민규 (한국과학기술원 교수)
 조문규 (한국교통대학교 교수)
 조성현 (한양대학교 교수)
 진훈 (경기대학교 교수)
 채영철 (연세대학교 교수)
 천경준 (씨젠 회장)
 최광표 (삼성전자 마스터)
 최병호 (한국전자기술연구원 본부장)
 최승범 (삼성전자 부사장)
 최용수 (신한대학교 교수)
 최인수 (삼성전자 상무)
 최지웅 (DGST 교수)
 최천원 (단국대학교 교수)
 하정우 (네이버 사연구소장)
 한동석 (경북대학교 교수)
 한재호 (고려대학교 교수)
 한태희 (성균관대학교 교수)
 허재두 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 홍대식 (연세대학교 교수)
 홍유식 (상지대학교 교수)
 황성운 (가천대학교 교수)
 황인정 (명지병원 수석연구원)
 황진영 (한국항공대학교 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), 산업전자소사이터티
 배지영 부장 - 국제학술대회 총괄(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 사업(기술워크샵 등), 추계학술대회, 컴퓨터소사이터티, 시스템 및 제어소사이터티
 배기동 부장 - AI 관련, 국문지, 학회지, 표준화, 운영, 기타 지원업무, 인공지능 신초처리소사이터티
 변은정 부장 - 본회/소사이터티/연구회 재무, 회원관리(개인회원 및 특별회원), 홍보, 통신소사이터티
 김천일 부장 - 정보화 관련(웹사이트 관리 및 온라인/디지털 업무지원 등), 교육, 전산장비 관리, 반도체소사이터티
 이소진 서기 - 국제학술대회 담당(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 외국 기관과 국제협력(Joint Award 등), JSTS 및 SPC 발간

학회소식

차세대 반도체 분야 선도 기업들과의 만남

학회 사업위원회(운영위원장 : 김경기 교수, 선우경 교수)에서 “차세대 반도체 분야 선도 기업들과의 만남”을 8월 17일 서울대 문화관(73동), 중강당에서 하이브리드 형태(온라인 동시개최)로 개최 진행되었다.

본 행사에서는 차세대 반도체 분야의 선도 기업(참여기업 27개사)의 반도체설계 전문기업이 참여하여, 미래 설계 기술의 현주소와 반도체산업 트렌드 소개 등이 진행되었으며, 참여업체의 현장 채용 부스 운영이 진행되었다. 약 200여명의 참여가 있었다.



이혁재 학회장 축사



채용부스 운영 현장



차세대 반도체 분야 선도 기업들과의 만남 (기념촬영)

AI 메디칼 워크숍

본 학회 사업위원회(선우명훈 교수, 예종철 교수)에서 개최 진행한 “AI 메디칼 워크숍”을 9월 12일 하이브리드 행사(온.오프형태)를 개최 하였다.

최근 많은 관심을 받고 있는 분야인 최신의 딥러닝과 그래프 머신러닝 기술을 활용하여 의료 분야에서 혁신적인 진단과 분석 기술에 대한 주제로 진행되었다.

향후, 딥러닝 기반의 질병 진단소개, 디지털 치료제, 딥러닝 기반의 MRI 영상 보정 기술 등 AI와 메디칼 융합기술이라는 큰 주제로 진행 되었으며, 해당 주제를 바탕으로 관련 분야에서 활발히 연구하고 있는 최고 전문가들을 모시고 발표가 진행되었다.



AI 메디칼 워크숍 이혁재 학회장 개회사



AI 메디칼 워크숍 (강연모습)

신규회원 가입현황

기간 : 2023년 6월 1일 - 2023년 8월 31일

〈정회원〉

김진평(㈜글로벌브릿지), 안용세(㈜뷰웍스), 김진관(㈜우신기연), 송민영(DGIST), 이동원(LG이노텍), 심규홍(Qualcomm Korea), 이정민(Startup), 김준석(Texas A&M College Station), 권지석, 이오준(가톨릭대학교), 전왕수(경남대학교), 장병철(경북대학교), KARIM ABDUL(고려대학교), 신동화(광운대학교), 김동찬(국민대학교), LIU WEI, 이준석(딥이티), 부지영(로봇앤디자인), 김태경, 정성민(명지전문대학), 노정균(부산대학교), 강민구, 강지훈, 권창화, 김민태, 김선희, 김영우, 김한진, 김형림, 박광수, 박기성, 박현성, 서명원, 손유정, 신재호, 안준민, 윤종림, 이동한, 이민호, 이주연, 장현익, 정동우, 정상교, 정승민, 조준형, 지준한, 표성준, 한정수, 한현규(삼성전자공과대학), 윤희남(상명대학교), 박대웅, 정현민(서울과학기술대학교), 윤노근(성균관대학교), 김동민(순천향대학교), 서종관(아이온커뮤니케이션즈), 구형일(아주대학교), 장현성(연세대학교), 정지석(의료법인명지의료재단), 김 준(인천대학교), 마진아(전남대학교), 전진홍(제이어스주식회사), 황병일(중앙대학교), 김남석(충북대학교), 박성식, 박종길, 김영호, 김용주(한국과학기술연구원), 임재명, 최정욱(한양대학교), 김영광, 주종환, 최영길(현대자동차)

이상 73명

〈평생회원〉

우현균(Logitron X), 오인열(선문대학교), 김기현(전북대학교), 김도훈(한국전자통신연구원)

이상 4명

〈학생회원〉

심지윤(가천대학교), 김경은, 이준형, 이찬규, 정향욱, 차현진, 최은성(강릉원주대학교), 박종훈, 최동인(강원대학교), 김도윤, 김민수, 김민재, 김진수, 문동주, 이석호, 이승렬, 이종규, 이한영, 조승현, 함지성(경기과학기술대학교), 정현빈(경북대학교), Bui Cao Doanh, JIANG KAN, Nguyen Tien Anh, 변근호, 심하민, 정수민(고려대학교), 김다운, 김소정, 정은진(공주대학교), 구범수, 이진원(국민대학교), 태민우(단국대학교), 하진서(대구가톨릭대학교), 이병철, 전수현, 조은휘(대림대학교), 이진모(동서울대학교), 윤정수(동양미래대학교), 김태훈, 정다운(부경대학교), 김한결, 송동수, 임정미(부산대학교), 장동호(부천대학교), 공석현, 반학준, 이길현, 홍태영(서울과학기술대학교), 김도영, 홍록기(서울대학교), 김기원, 김수민, 김필용, 이상현, 장윤호(성균관대학교), 허태극(세명대학교), 김주영(연성대학교), 황수현(연세대학교), Elkhan, HOR SIEKNY, MUHAMMADJON, 김찬우, 박한수, 신정민, 조진훈, 조

호성, 차준욱(울산과학기술원), 노희진, 이지영(이화여자대학교), 김나현(인천대학교), 강현수, 고은빛, 김광원, 김동희, 김명진, 김민규, 김범준, 김영록, 김태수, 양성은, 이병훈, 이호빈, 임승현, 임인우, 장현서, 황태호(인하공업전문대학), 김희제, 손수호, 정유진, 허우식, 박현재(인하대학교), 남은서, 설유진, 허 찬(전북대학교), 신용호, 강성준, 김민성, 김보민, 방민우, 이정민, 장형욱(조선이공대학), 김민철, 김영규, 김태현, 김현주, 변성준, 이정훈, 허경찬(중앙대학교), 강혜린(창원대학교), 권나영, 임지웅(포항공과대학교), 김남훈, 김형진, 박건우(한국과학기술원), 김도형, 서희주(한국교통대학교), 노종환, 이문수, 조예지(한국폴리텍대학), 신인영, 오준혁, 이재윤, 한세영(한밭대학교), 김예은, 김준형, 김지우, 윤은석, 황영하(한양대학교)

이상 129명

학회일지

www.theieie.org

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND INFORMATION
ENGINEERS

(2023년 8월 16일 ~ 9월 15일)

1. 행사 개최

구분	행사명	기간	장소
사업위원회	차세대 반도체 분야 선도 기업들과의 만남	8.17	서울대학교 문화관 (73동), 중강당
사업위원회	AI 메디칼 워크숍	9.12	과학기술회관 중회의실 2

인공지능 기반 미디어 처리 기술



오 병 태 편집위원
(한국항공대학교)

이세돌 9단과 바둑 인공지능 프로그램 알파고와의 대국이 있었던 2016년 이후, 해마다 인공지능 기술은 크게 발전하고 있으며, 대중들은 여러 분야에서 인공지능 기술의 발전을 실감하고 있습니다. 현재, 거의 모든 분야에서 인공지능 기술이 활발히 연구되고 활용되고 있지만,

영상 등의 미디어 분야는 그 어떤 분야보다 인공지능 기술의 활용이 높은 분야라고 할 수 있습니다. 본 특집호에서는 인공지능 기반의 미디어 처리 기술이 현재 어느정도 와 있으며, 향후 어떤 방향으로 어디까지 활용될 예정인지 다양한 분야에서 활발히 연구하고 계신 학계 및 연구소 전문가들의 6편의 기고를 통해 알아보고자 합니다.

첫째, “Transformer 기반 영상 객체 검출 기술 동향”에서는 인공지능 분야에서 전통적으로 연구해 왔던 비전 기술로서의 객체 검출 분야를 소개하고 있습니다. 이러한 기술 흐름은 인공지능 비전기술의 현재와 미래를 살펴보기에 좋은 가이드가 될 것입니다. 둘째, “NeRF(Neural Radiance Fields)개요와 기술 동향”은 최근 학계와 산업계의 뜨거운 관심을 받고 있는 인공지능 기반의 3차원 영상 합성 기술인 NeRF를 소개하고, 현재 다양한 방향으로 진행되고 있는 후속연구들을 소개하고 있습니다. 셋째, “VR 영상 제작을 위한 딥러닝 기반의 Camera Pose 추정 알고리즘”에서는 향후

메타버스 기술의 주축기술인 가상현실(VR) 기술에서 딥러닝 기술이 어떻게 활용되는지 소개하고 있습니다. 넷째, “시각장애인을 위한 인공지능 기술 연구 동향”에서는 보다 현실적인 응용 분야로서 인공지능 비전기술이 실제 우리 생활에 긍정적으로 활용되는 좋은 예시를 보여주고 있습니다. 다섯째, “차세대 비동기식 이벤트 카메라 및 인공지능 기반 컴퓨터 비전 응용”에서는 기존 RGB 기반의 카메라와는 다른 방식으로 설계된 인공지능 기술을 모방한 생체모방형 뉴로모픽 카메라에 대하여 소개하고 있습니다. 끝으로, “딥러닝 기반 미디어 포렌식과 딥페이크”에서는 미디어 포렌식 분야에서 인공지능 기술이 어떻게 활용되는지, 그리고 딥페이크와 같은 가짜 영상의 검출을 위해 어떤 노력이 진행되는지 소개하고 있습니다.

이번 특집호에 투고된 논문을 통해서 딥러닝 인공지능 기술 미디어 분야에 다양한 방식으로 활발하게 연구되고 있음을 확인하고, 해당분야에 보다 많은 관심과 후속연구가 이루어질 수 있기를 바랍니다. 마지막으로, 6편의 우수한 기고문을 준비해 주신 집필진 분들께 감사의 인사를 드립니다.

Transformer 기반 영상 객체 검출 기술 동향

I. 서론

미디어 처리 기술은 디지털 시대의 핵심 구성 요소로 자리매김하고 있으며, 그중에서도 이미지와 비디오 내 객체를 자동으로 식별하고 추적하는 객체 검출은 많은 응용 분야에서 중요한 연구 주제가 되고 있다. 보안, 의료 진단, 자율 주행 차량, 소셜 미디어 분석 등 다양한 분야에서 객체 검출 기술의 영향은 계속 확장되고 있다.

객체 검출의 중요성은 그 적용 범위와 다양한 산업 분야에서의 필수성에서 비롯된다. 기술의 정확도와 효율성은 의료 오진을 줄이고, 교통 사고를 예방하며, 보안을 강화하는 데 결정적인 역할을 할 수 있다. 또한, 물류와 소매, 광고 등 다양한 상업적 분야에서도 효과적인 자원 배치와 고객 경험 향상을 가능하게 한다. <그림 1>의 그래프에 따르면, 최근에 접어들수록 객체 검출 논문의 발행 수가 지속해서 증가하고 있는데, 이는 객체 검출 분야의 중요성을 더욱 강조하고 있다.

<그림 2>에서 볼 수 있듯이, 초기 객체 검출 연구는 전통적인 이미지 처리 기법에 의존하던 것이 딥러닝의 부상과 함께 CNN(Convolutional



전 민 우

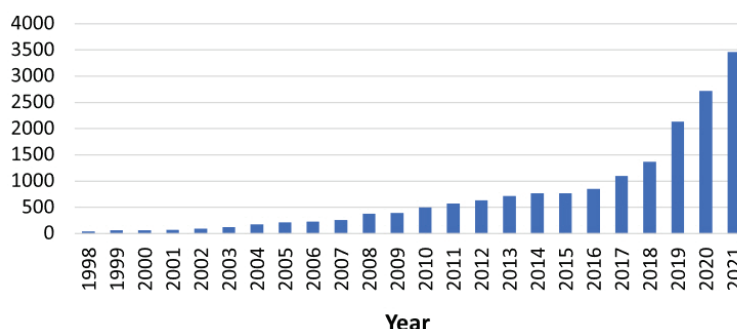
경희대학교 소프트웨어융합대학



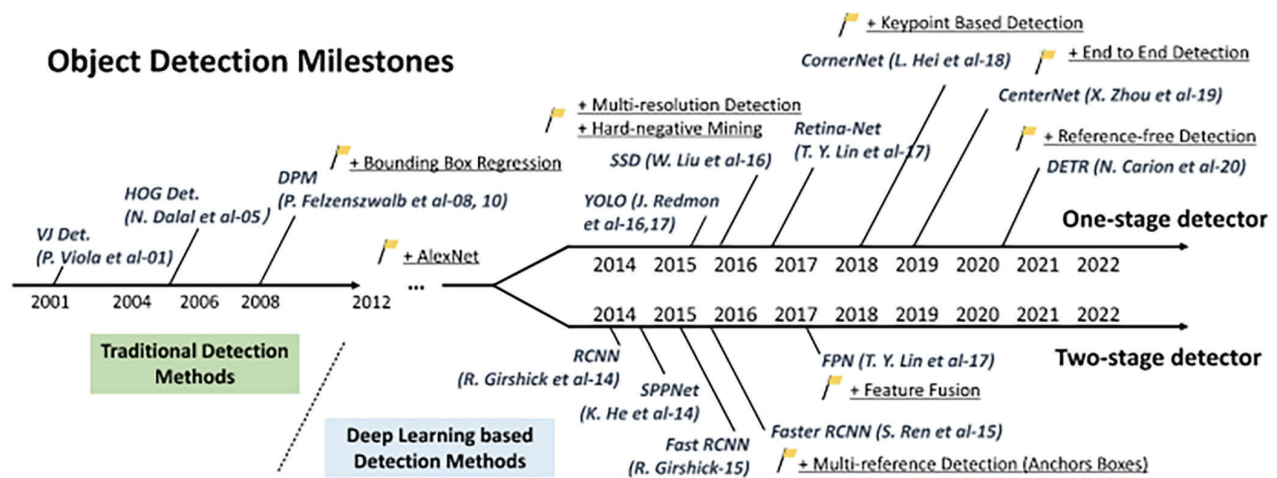
황 효 석

경희대학교 소프트웨어융합대학

Number of Publications in Object Detection



<그림 1> 연도별 객체 탐지 연구 발행 수 ^[5]



〈그림 2〉 객체 탐지 발전 동향^[5]

Neural Network) 및 Transformer 기반의 접근 방식으로 주류를 이루게 되었다. 이미지에서 딥러닝 기반 객체 검출 기법은 크게 Faster R-CNN^[1]과 같은 two-stage detector와 YOLO(You Only Look Once)^[2], SSD(Single Shot Multibox Detector)^[3]와 같은 one-stage detector로 구분될 수 있다. Transformer 기반의 객체 검출 모델인 DETR(Detection Transformer)^[4] 역시 one-stage detector에 속한다. Two-stage detector는 위치 파악 및 객체 인식 정확도가 높지만, one-stage detector는 추론 속도가 빠르다. Two-stage detector에서 첫 번째 단계는 영역 제안(Region Proposal)의 역할을 한다. 이는 일반적으로 일련의 후보 객체 경계 상자들(bounding boxes)을 제안하는 알고리즘인 RPN(Region Proposal Networks)와 같은 알고리즘을 사용하여 수행된다. 두 번째 단계는 분류(classification) 및 세분화(refinement) 역할을 한다. 제안된 영역을 심층 신경망에 입력하여 객체 범주(categories)로 분류하고, 경계 상자 좌표를 세분화한다. 사전 훈련된 CNN의 feature를 사용하여 객체를 정확하게 분류하고 찾을 수 있는 별도의 네트워크가 사용된다. One-stage detector는 two-stage detector와는 다르게, 한 번의 순방향 패스 과정에서 입력 이미지 내의 객체 클래스와 경계 상자 좌표를 동시에 직접 예측한다. 이러한 one-stage detector에서는 중복 검출을 제거하고 각 객체에 대한 가장 정확한 예측만을

남기기 위해 NMS(Non-Maximum Suppression)와 같은 후처리 과정이 일반적으로 적용된다.

CNN은 이미지의 공간적 구조를 유지하면서 복잡한 패턴을 학습할 수 있는 능력으로 뛰어난 성능을 보였다. 그러나 CNN은 주로 국소적인 패턴에 집중하는 경향이 있어, 이미지의 전반적인 컨텍스트 정보를 완전히 활용하지 못하는 한계를 가지고 있었다. 이러한 상황에서 최근 몇 년 동안 Transformer 기법이 객체 검출 분야에서 급속히 주목을 받기 시작했다. 처음에는 자연어 처리 분야에서 도입된 Transformer는 self-attention 메커니즘을 통해 데이터 간의 장거리 의존성을 효과적으로 포착할 수 있었다. 이 특성 덕분에 객체 검출에서는 이미지의 전역적인 컨텍스트를 더욱 정확히 이해하고, 복잡한 상호 작용과 관계를 잡아낼 수 있게 되었다. 결과적으로, 최근에는 Transformer 기반 one-stage detector에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 이러한 모델들은 높은 성능을 발휘하면서도 실제 상황에 효과적으로 적용될 수 있는 수준을 보인다.

본 고에서는 Transformer 기법을 중심으로 객체 검출 기법을 소개하고자 한다. II장에서는 Transformer 기법 동향을, III장에서는 Transformer 기반 객체 검출 기법 동향을, IV장에서는 객체 검출 기법 최신 동향을 소개하고, V장에서 결론을 맺는다.

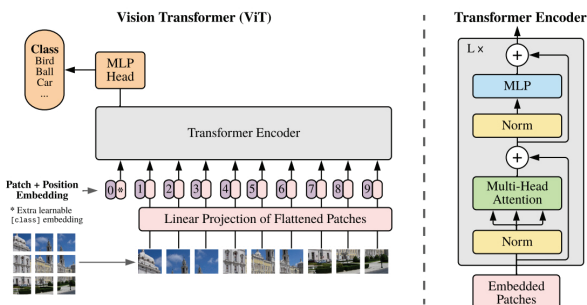
II. Transformer 기법 동향

2017년에 "Attention is All You Need"^[6] 논문에서 처음 소개된 Transformer는 자연어 처리를 시작으로 컴퓨터 비전 및 음성 처리와 같은 다양한 분야에서 활발히 활용되고 있는 딥러닝 모델이다. 이전에는 자연어 처리 모델에서 RNN(Recurrent Neural Network)이나 LSTM(Long Short-Term Memory)^[7]과 같은 순차적인 구조가 주로 사용되었다. 이런 모델들은 문장의 단어를 순차적으로 처리해야 했기 때문에, 문장이 길어질수록 학습과 추론 과정이 상당히 느려질 수 있었다. 반면, Transformer는 병렬화된 self-attention 메커니즘을 도입함으로써 RNN과 LSTM에서의 반복 레이어의 필요성을 제거하였다. 이에 따라 계산과 메모리 사용에서 더 효율적인 처리가 가능해졌다.

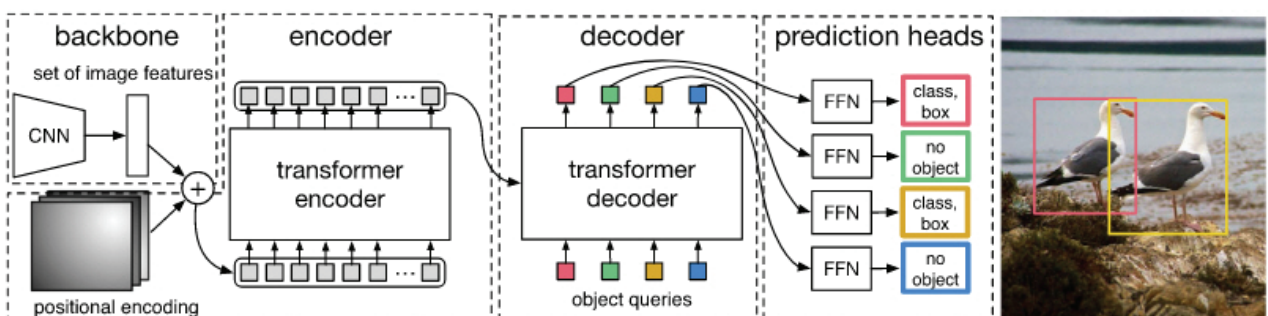
자연어 처리 분야에서의 Transformer 아키텍처의 주요 성공을 바탕으로, 이미지에 대해서도 Transformer가 유용한 표현을 학습할 수 있는지에 대한 연구가 시작되었다. 이미지는 텍스트와 비교하여 더 많은 차원, 잡음, 그

리고 복잡한 공간 종속성을 가지고 있어서, 주어진 분포와 일치하는 새로운 데이터 샘플을 생성하는 생성 모델링(generative modeling)이 상대적으로 어려운 작업으로 여겨진다.

이러한 도전을 극복하기 위해 Dosovitskiy 등이 제안한 ViT(Vision Transformer)^[8]는 이미지에 Transformer를 적용한 혁신적인 접근법이다. 그 모델의 구조는 <그림 3>에서 볼 수 있으며, 이미지 패치 임베딩, 위치 임베딩, Transformer 인코더의 3가지 주요 구성 요소로 이루어져 있다. ViT는 전통적인 방식과는 달리 입력 이미지를 개별 픽셀로 처리하는 대신 고정 크기의 패치로 나눈다. 이 패치들은 평면화되어 학습 가능한 임베딩 매트릭스를 통해 고차원 공간에 선형으로 투영된다. 이 과정을 통해 각 패치가 텍스트의 단어처럼 토큰으로 처리되며, 차원을 크게 줄이고 Transformer가 이미지를 더 효과적으로 처리할 수 있게 된다. Transformer는 본래 공간 관계를 파악하지 못하는 구조이기 때문에, 패치의 공간 위치 정보를 전달하기 위해 위치 임베딩이 패치 임베딩에 추가된다. ViT는 Transformer의 인코더 구조를 그대로 사용하며, 투영된 패치들은 여러 레이어로 이루어진 Transformer 인코더에 입력된다. 각 층은 Multi head self-attention 메커니즘과 순방향 신경망을 포함하고 있어, 이미지의 상호 작용과 관계를 효과적으로 모델링할 수 있다. ViT의 주요 장점은 패치들 간의 원래 이미지에서의 거리에 관계없이 학습이 가능하다는 점이다. 그러나 이러한 구조는 CNN과 달리 translation equivariance의 특성을 갖지 않으며, 이미지의 국소적인 특성을 고려하지 않는다. 이로 인해 귀납 바이어스(inductive bias)가 없



<그림 3> Vision Transformer 구조^[8]



<그림 4> Detection Transformer 구조^[4]

어 데이터가 부족한 상황에서 일반화하기 어려운 단점이 있다. 그럼에도 불구하고, 대규모 데이터셋에서의 훈련은 이러한 귀납적 바이어스를 극복하고 뛰어난 성능을 보여준다. 예를 들어, JFT-300M 데이터셋에서 사전 훈련된 ViT는 ImageNet-21k에서 88.55%의 정확도, VTAB suite에서 77.63%의 정확도를 달성했다. 이러한 성과는 ViT가 이미지 처리 분야에서의 새로운 패러다임을 제시하고 있음을 보여준다.

ViT의 이러한 패러다임에 따라, 다양한 변형 버전이 제안되고 있으며, 이들은 visual 태스크에서의 성능 향상을 목표로 하고 있다. 이러한 변형은 국소적 특성의 향상, self-attention의 개선, 그리고 아키텍처 디자인의 최적화 등 다양한 방식으로 접근하고 있다. 예를 들어, Swin Transformers^[9]는 attention이 계산되는 지역 창(local windows)을 사용하여 인접한 창 사이의 정보 흐름을 보장하며, 창은 후속 레이어로 이동된다. 이 메커니즘을 통해 모델은 지역적 패턴과 이미지의 넓은 관계를 모두 포착할 수 있다. RegionViT^[10]는 이미지로부터 지역 토큰과 로컬 토큰을 생성하며, 로컬 토큰은 지역 토큰과의 attention 연산을 통해 전역 정보를 수용한다. DeepViT^[11]는 다양성을 높이고 self-attention 층의 계산을 개선하기 위해 cross-head communication을 도입하여 attention 맵을 재생성한다. KVT^[12]는 상위 k개의 유사 토큰만을 이용해 어텐션을 계산하는 k-NN 어텐션을 도입하여 국소성을 더 잘 활용하고 잡음이 있는 토큰을 무시한다. XCiT^[13]는 토큰 대신 특징 채널 간

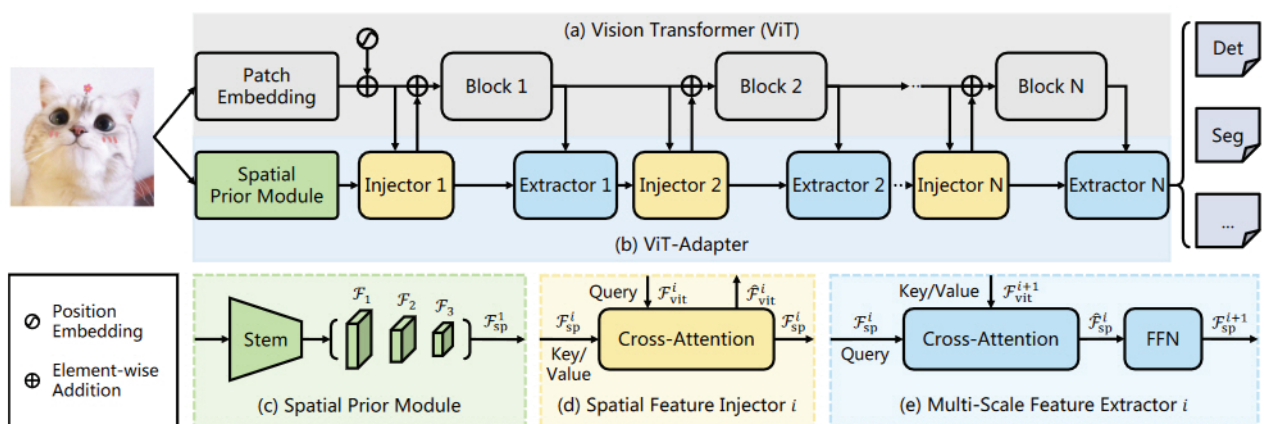
self-attention을 수행하여 고해상도 이미지를 효율적으로 처리한다.

또한, 신경 아키텍처 탐색(Neural Architecture Search, NAS)을 ViT에 접목하는 연구도 진행되고 있으며, 대표적인 예로 Scaling ViT^[14]가 있다. Scaling ViT는 ViT의 구조와 관련된 하이퍼파라미터의 범위를 정의하고, NAS를 사용하여 해당 범위에서 최적의 ViT 구조를 찾는다. 이 과정을 통해 최적의 Transformer 구조를 발견하고 최적화할 수 있으며, 이는 ViT의 활용 범위를 더욱 확장하고 성능을 향상하는 데 기여하고 있다.

III. Transformer 기반 객체 검출 기법

전통적인 객체 검출기가 주로 CNN 기반으로 구성되었던 것과 대조적으로, 최근에는 Transformer 기반 객체 검출 기법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. Transformer 기반 객체 검출 방법은 크게 Transformer 기반 세트 예측 방법과 Transformer 기반 백본 방법으로 분류될 수 있다.

DETR^[4]는 대표적인 Transformer 기반 세트 예측 방법의 하나로, <그림 4>에서 그 모델 구조를 확인할 수 있다. DETR은 end-to-end 객체 검출기로, 직관적인 집합 예측 문제로 객체 검출을 수행하며, 전통적인 후처리 과정을 제거하여 수작업 구성 요소를 최소화한다. DETR은 CNN 백본을 통해 입력 이미지의 특징을 추출하고, 위치 정보를 보충하기 위해 위치 인코딩을 특징에 추가



〈그림 5〉 Vision Transformer Adapter 구조^[21]

한 후 인코더-디코더 구조의 Transformer로 전달한다. 디코더는 N개의 출력 임베딩을 생성하며, 최종 예측은 경계 상자 좌표와 특정 객체의 클래스 레이블을 나타낸다. DETR은 이분 매칭 알고리즘을 사용하며, 헝가리 손실 함수를 통해 모든 매치된 쌍의 손실 함수를 계산한다. DETR은 완전한 end-to-end 검출기로 혁신적이지만, 학습 시간이 길고 작은 객체에 대한 성능이 떨어지는 문제가 있다.

이 문제를 해결하기 위해 Zhu 등은 Deformable DETR[15]을 제안했다. 이 모델은 기존 Multi head self-attention 메커니즘 대신 핵심 위치만을 고려하는 Deformable attention 모듈을 사용하여 계산 복잡도를 줄이고 수렴 속도를 높였다. 결과적으로 Deformable DETR은 기존 DETR보다 10배 적은 학습 비용과 1.6배 빠른 추론 속도로 더 좋은 성능을 달성했다.

Transformer 기반 백본 방법은 Faster R-CNN, Mask R-CNN[16], RetinaNet[17]과 같은 기존 객체 검출 프레임워크에서 CNN 대신 Transformer를 백본으로 활용하는 방식이다. 입력 이미지를 패치로 분할하여 ViT 또는 Swin Transformer 등의 백본에 전달하고, 출력 임베딩의 특징은 공간 정보에 따라 재조정되어 검출 헤드로 전달되어 최종 검출 작업이 수행된다. 대규모 이미지 데이터셋에서 사전 훈련된 Transformer 백본을 통한 성능 향상은 기존 CNN 백본보다 크게 이루어졌으며, 이는 Transformer 기반 객체 검출 기법의 효과성을 입증하고 있다.

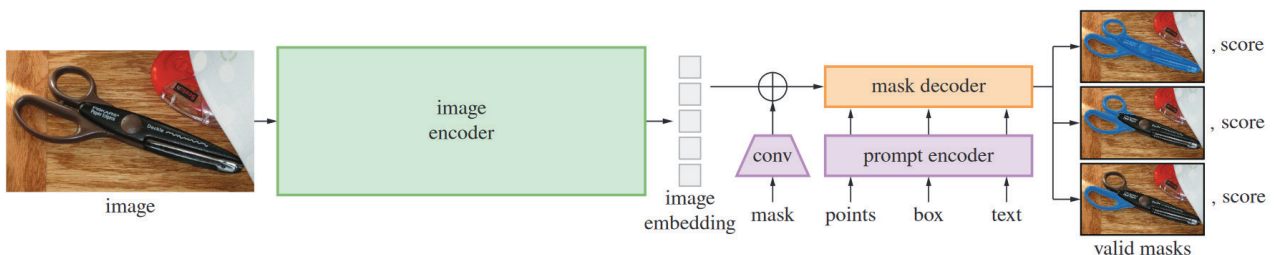
IV. 객체 검출 기법 최신 동향

자연어 처리 분야에서 큰 주목을 받고 있는 prompt tuning[18]과 adapter[19] 기술은 새로운 접근 방식을 제시하고 있다. 이러한 기술은 Transformer 객체 탐지 분야에도 영감을 주어 적용되고 있으며, 모델의 입력에 특정 접두사(prefix)를 추가하거나 일부 레이어나 파라미터를 교체하거나 추가함으로써 특정 태스크에 대한 성능을 향상하는 방법을 제공한다.

앞 절에서 언급한 바와 같이, ViT는 귀납 바이어스의 부재로 인해 조밀 예측(dense prediction)에서 성능이 떨어지며, 특히 작은 물체에 대한 성능이 낮다. 이러한 문제를 극복하기 위해, ViT를 기반으로 지역적 공간 연산(local spatial operations)을 적용한 Swin Transformer, PVT(Pyramid Vision Transformer)[20] 등의 다양한 연구가 진행되었다.

Vision Transformer Adapter[21]는 이러한 도전 과제를 극복하기 위해 자연어 처리 분야의 adapter 기술을 ViT에 도입한 것이다. ViT의 구조를 변경하지 않고도 이미지 사전지식(prior)을 적용하기 위해, spatial prior 모듈과 두 가지 feature interaction operation을 설계했다. 이 모듈들은 누락된 지역 정보를 보충하고 조밀 예측 태스크를 위해 fine-grained 다중 스케일 특징을 재조직한다. ViT의 구조를 수정하지 않기 때문에 ViT의 사전 학습된 가중치를 사용할 수 있게 되며, 이로 인해 유연성을 높이면서도 고급 멀티 모달 사전 학습을 유지할 수 있게 된다.

2023년 5월, Meta AI는 foundation model과 prompt 엔지니어링을 융합한 새로운 모델인 SAM (Segment



〈그림 6〉 Segment Anything 구조 [22]

Anything Model) [22]을 선보였다. SAM은 이미지 인코더와 prompt-guided mask 디코더의 복합 구조로 구성되어 있으며, 이는 이미지 분할 작업을 혁신적으로 처리한다. 인코더는 MAE(Masked Auto Encoder)로 사전 훈련된 ViT 모델을 사용하여 고해상도 이미지를 효과적으로 처리한다. 디코더는 트랜스포머 디코더를 개선하여 사용하며, MLP(Multi Layer Perceptron)로 이루어진 동적 마스크 예측 헤드를 추가로 도입했다. prompt는 전경 및 배경 포인트 집합, 대략적인 상자와 마스크, 자유 형식 텍스트, 그리고 이미지에서 분할할 대상을 나타내는 모든 정보로 구성된다. 이러한 다양한 prompt의 조합은 SAM이 zero-shot 전이 학습을 가능하게 하며, 다양한 비전 분야에서의 적용을 더욱 간편하고 유연하게 만들었다.

V. 결론

본 고에서는 인공지능 미디어 처리 기술의 발전에 따라 빠르게 발전하는 Transformer 및 객체 검출 알고리즘의 동향을 설명하였다. 객체 검출이 다양한 산업 분야에서 가지는 중요성을 고려하면, 해당 분야의 연구는 계속해서 활발해질 것으로 예상된다.

Transformer의 도입은 자연어 처리 분야 뿐만 아니라 이미지 처리와 객체 검출 분야로 확장되고 있는 과정을 설명하였다. 특히 Transformer 기법의 self-attention 메커니즘이 이미지 내의 전역적인 컨텍스트와 복잡한 상호 작용을 효과적으로 포착함으로써, 기존 CNN 기반 접근 방식의 한계를 극복했다. Transformer의 잠재력은 아직 완전히 탐구되지 않았으며, 아직 개선의 여지가 많이 남아있다. 앞으로의 연구를 통해 Transformer 기반 객체 검출 기술의 성능 향상, 효율성 증대, 새로운 응용 분야 탐구 등 다양한 방향으로 개선이 진행될 것이며, 이러한 기술의 지속적인 발전은 우리 사회의 많은 부분에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] Girshick, Ross. "Fast r-cnn." ICCV, 2015.
- [2] Jiang, Peiyuan, et al. "A Review of Yolo algorithm

- developments." Procedia Computer Science 199, 2022.
- [3] Liu, Wei, et al. "Ssd: Single shot multibox detector." ECCV, 2016.
- [4] Carion, Nicolas, et al. "End-to-end object detection with transformers." ECCV, 2020.
- [5] Zou, Zhengxia, et al. "Object detection in 20 years: A survey." Proceedings of the IEEE, 2023.
- [6] Vaswani, Ashish, et al. "Attention is all you need." NIPS, 2017.
- [7] Sherstinsky, Alex. "Fundamentals of recurrent neural network (RNN) and long short-term memory (LSTM) network." Physica D: Nonlinear Phenomena 404, 2020
- [8] Dosovitskiy, Alexey, et al. "An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale." ICLR, 2020.
- [9] Liu, Ze, et al. "Swin transformer: Hierarchical vision transformer using shifted windows." ICCV, 2021.
- [10] Chen, Richard, Rameswar Panda, and Quanfu Fan. "RegionViT: Regional-to-Local Attention for Vision Transformers." ICLR, 2022.
- [11] Zhou, Daquan, et al. "Deepvit: Towards deeper vision transformer." arXiv preprint arXiv:2103.11886, 2021.
- [12] Wang, Pichao, et al. "Kvt: k-nn attention for boosting vision transformers." ECCV, 2022.
- [13] Ali, Alaaeldin, et al. "Xcit: Cross-covariance image transformers." NIPS, 2021.
- [14] Zhai, Xiaohua, et al. "Scaling vision transformers." CVPR, 2022.
- [15] Zhu, Xizhou, et al. "Deformable DETR: Deformable Transformers for End-to-End Object Detection." ICLR, 2020.
- [16] He, Kaiming, et al. "Mask r-cnn." ICCV, 2017.
- [17] Lin, Tsung-Yi, et al. "Focal loss for dense object detection." ICCV, 2017.
- [18] Li, Xiang Lisa, and Percy Liang. "Prefix-tuning: Optimizing continuous prompts for generation." ACL, 2021.
- [19] Houshy, Neil, et al. "Parameter-efficient transfer learning for NLP." ICML, 2019.
- [20] Wang, Wenhui, et al. "Pyramid vision transformer: A versatile backbone for dense prediction without convolutions." ICCV,

2021.

[21] Chen, Zhe, et al. "Vision Transformer Adapter for Dense Predictions." ICLR, 2022.

[22] Kirillov, Alexander, et al. "Segment anything." arXiv preprint arXiv:2304.02643, 2023.



전민우

- 2017년 3월 경희대학교 소프트웨어융합학 학사
- 2023년 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 삼성종합기술원 전문연구원
- 2018년 3월 ~ 2021년 2월 가천대학교 소프트웨어학과 조교수
- 2021년 3월 ~ 현재 경희대학교 소프트웨어융합학과 조교수

〈관심 분야〉

Computer Vision, Machine Learning, Robotics

NeRF(Neural Radiance Fields)개요와 기술 동향

I. 서론

멀티미디어 기술에 발전함에 따라 미디어 콘텐츠에 대한 소비자에 대한 기대치가 높아지고 있다. 특히 기술 발전에 따라 기존에 2D 미디어에서 3D 미디어에 대한 수요가 점차 더 증가하고 있다. 최근 메타버스(Metaverse)에 대한 관심이 빠르게 증가하면서 현실과 가상 현실을 융합하는 기술에 관한 수요가 더 많아지고 있다. 이러한 흐름에 따라 국제적 기업들이 앞다투어 독자적인 메타버스를 구축하는 데 필요한 eXtended Reality(XR) 플랫폼과 기술들을 앞 다투어 발표하고 있다. 최근 Apple 사에서 공개한 Apple Vision Pro가 그 대표적인 예라고 할 수 있다. 본 특집호에서는 최근 많은 이목을 끌고 메타버스 관련 기술 중 하나인 NeRF(Neural Radiance Fields)에 대해서 소개하려고 한다. 먼저 NeRF 기술을 이해하는데 필요한 기본적인 개념을 소개하고, NeRF 기술의 기본 원리와 현재까지의 NeRF 기술의 경향을 알아보고 한다.

NeRF는 시점 합성(View Synthesis) 기술의 한 종류이다. 시점 합성 기술은 한 장 혹은 여러 장의 영상으로부터 새로운 시점의 영상을



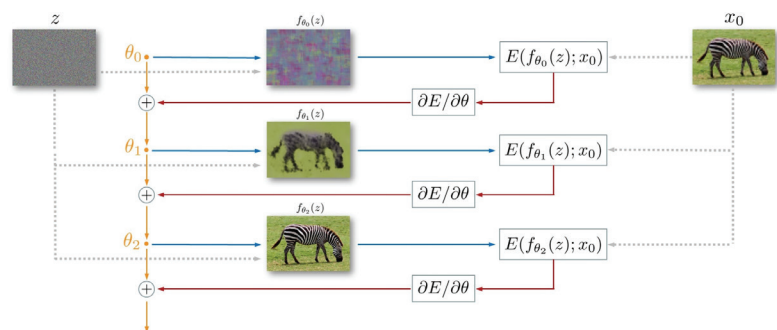
양윤모
한국전자기술연구원



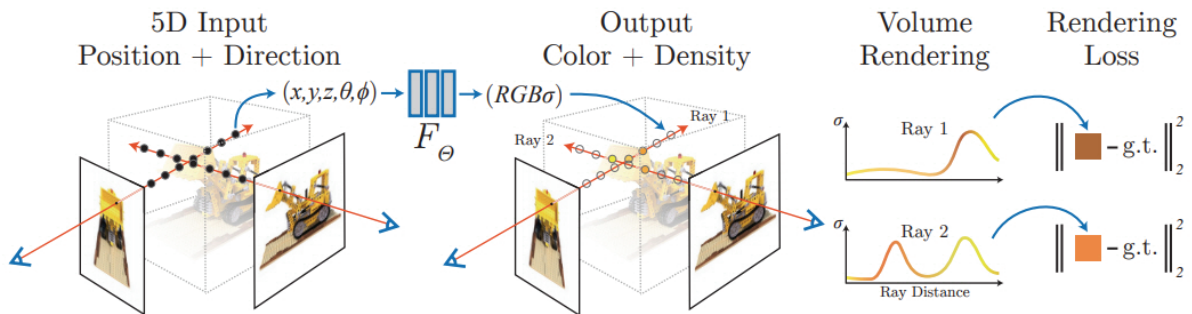
손예슬
한국전자기술연구원



최광순
한국전자기술연구원



〈그림 1〉 Deep Image Prior 학습 구조



〈그림 2〉 NeRF의 전체 시스템 구조

합성하는 기술이다^[1]. 시점 합성을 수행하는 방식은 여러 가지가 있지만 일반적으로 잘 알려진 방식은 2차원 이미지와 거리 정보를 담고 있는 Depth Map을 이용하여 새로운 시점을 합성하는 DIBR(Depth Image Based Rendering)이다^[2]. DIBR을 수행하기 위해서는 Depth Map이 필요하므로 Depth Map 예측하는 과정이 선행되어야 한다. 예측된 Depth Map과 Camera Intrinsic Parameter, Camera Extrinsic Parameter를 이용하여 2차원 영상을 3차원 점으로 변환 및 이동시키고, 3차원 점을 다시 2차원 영상으로 사영(Projection)하여 새로운 시점의 영상을 렌더링한다.

최근 딥러닝 기술이 주목받으면서 기존 물체 인식, 물체 검출, 영역 분할 등과 같은 컴퓨터 비전 분야뿐 아니라 렌더링 분야에도 딥러닝 기술이 적용되고 있다. 딥러닝 기반의 렌더링 기술을 Neural Rendering이라고 부르는데 기존에는 컴퓨터 그래픽스에서 Shader 통해 구현되었던 기술들을 딥러닝 기술을 통해 대체하는 방식이다^[3]. 이러한 Neural Rendering 방식을 이용한 기술이 NeRF이다.

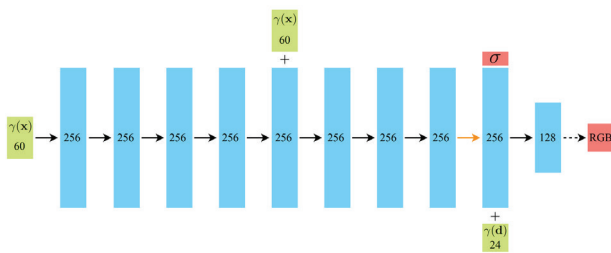
NeRF 기술은 2020년 European Conference on Computer Vision(ECCV)에서 먼저 제안되었다^[4]. 3차원 비전 또는 컴퓨터 그래픽스 분야에서 3차원 공간을 기록하는 Volume Rendering 방식을 이용하여 3차원 정보를 기록하고, 저장된 3차원 정보를 이용하여 새로운 시점으로 만드는 방식이다^[5].

Machine Learning 모델을 2가지 분류로 나눌 수 있는데 하나는 Discriminative Model이고 다른 하나는 Generative Model이다. Discriminative Model의 대표

적인 예로는 이미지 Image Classification이 있다^[6]. 이미지와 이미지에 해당되는 정답이 레이블(Label)을 주면 입력 이미지로부터 정답을 예측하는 문제이다. Generative Model은 이와 반대로 다차원 벡터로 이루어진 입력으로부터 우리가 원하는 다차원 형태의 음성, 영상 등을 생성하는 문제이다. 생성 모델을 2차원 이미지 생성 문제에 적용한 예로는 Deep Image Prior(DIP)가 있다^[7]. DIP는 Image Denoising, Image Inpainting 등과 같이 Image Restoration을 수행하기 위해 제안된 Generative Model의 한 종류이다. 〈그림 1〉에서 보는 것과 같이 DIP의 구조를 살펴보면 랜덤한 벡터를 Neural Networks의 입력으로 대입하여 잡음이 포함된 영상을 예측하면 이미지의 원래 신호를 먼저 학습하고 학습이 진행될수록 잡음까지 재생하도록 모델을 학습하게 되는 시스템이다. DIP가 2차원 영상에 대한 생성 모델이라고 하면 본 논문에서 다루려고 하는 NeRF는 3차원 데이터에 대한 생성 모델로 분류할 수 있다.

II. NeRF의 개요

앞서 언급한 것과 같이 NeRF는 기존의 Volume Rendering을 Neural Networks 이용하여 대체한 기술이다. Volume Rendering 방식에 대하여 좀 더 자세하게 얘기해보면, Volume Rendering 방식은 크게 2가지로 분류되는데 슬라이싱(slicing) 된 2차원 이미지를 연속으로 보여주는 Texture Slicing 방식과 3차원 Sampling 된 데이터를 2차원 이미지로 사영하여 보여주는 Ray Casting 방식으로 나누어지는데 NeRF는 이 중에서 Ray



〈그림 3〉 NeRF에서 제안한 MLP 구조

Casting 방식에 해당한다.

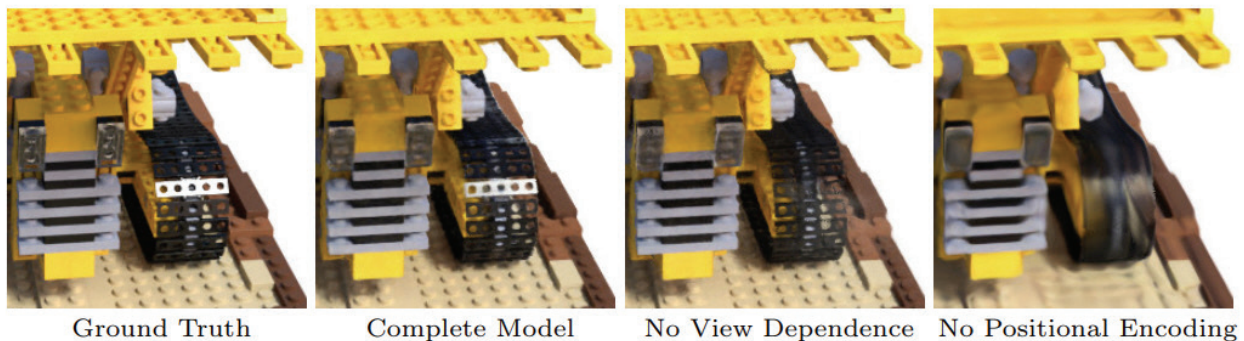
Ray Casting은 방식은 일반적으로 크게 4가지 단계로 진행된다. Ray를 발사하는 Ray Casting 단계, 방사 Ray가 볼륨을 관통하면서 만들어지는 선을 특정한 간격으로 Sampling 하는 단계, 광원 등의 요소를 고려하여 Sampling 데이터의 색상을 결정하는 Shading 단계, Ray 위의 색이 결정된 샘플링 데이터에 색상을 합하여 최종 픽셀값을 결정하는 Composition 단계로 구성된다. NeRF 또한 앞서 언급한 4가지 단계를 유사하게 따른다.

NeRF의 기본 구조는 앞서 설명한 Ray Casting 방식의 Volume Rendering를 따른다. 〈그림 2〉는 NeRF 모델의 전체적인 시스템 구조를 보여준다. NeRF의 입력은 5차원 벡터로 구성되어 있는데, 3차원상의 좌표와 이때 3차원상의 좌표에서 Ray를 발사하는 방향 또는 바라보는 방향을 결정하는 2차원 방향 벡터로 구성되어 있다. 5차원 벡터가 Neural Networks에 입력되면 출력으로 4차원 벡터가 출력된다. 이때 4차원 벡터는 RGB 값과 Density 함수가 출력된다. Density 함수는 Ray의 방향에 따라 일정한 간격으로 Sampling 된 Density에 해당한다.

NeRF에서 사용되는 Neural Networks 모델은 2개 Multilayer Perceptrons(MLP) 구조로 구성되어 있다. 〈그림 3〉은 MLP의 구조를 간략하게 보여준다. 각각의 MLP는 〈그림 3〉과 같이 구성되어 있다. 각 층은 256채널과 Rectified Linear Unit(ReLU) 활성화 함수로 이루어져 있다. MLP의 마지막 층에서는 그림과 같이 256채널을 같은 특징 벡터가 128채널로 줄어들고 ReLU 활성화 함수가 아닌 Sigmoid 활성화 함수를 사용하는 구조이다.

NeRF에서 5차원 벡터가 Neural Networks 모델로 입력되면, 입력 벡터를 Position Encoding 기법을 이용하여 고차원 벡터로 변환한 후 입력으로 사용된다. 사용된다. 앞선 연구^[8]에서 언급된것 처럼 Neural Networks 모델들은 일반적으로 High Frequency 신호보다 Low Frequency 신호를 더 잘 학습하도록 편향되어 있다. 따라서 논문에서 언급된 것처럼 단순히 5차원 벡터를 입력으로 사용했을 시 NeRF가 생성하는 영상이 선명하지 않게 Rendering 되는 것을 〈그림 4〉를 통해 확인할 수 있다. 이러한 제약을 극복하고자 5차원 입력을 High Frequency 신호의 특징을 갖는 고차원의 벡터로 변환해 주기 위해 Position Encoding을 적용하였다. Position Encoding은 일반적으로 sin 함수와 cos함수를 이용하여 생성한다. 〈그림 4〉에서 보이는 것과 같이 Position Encoding을 적용했을 때가 적용하지 않았을 때보다 High Frequency 신호를 더 잘 학습하여 고품질의 영상을 Rendering 할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

Volume Rendering 단계에서 Ray가 Volume을 관통하면서 만들어지는 선을 특정한 간격으로 Sampling을



〈그림 4〉 NeRF Position Encoding을 적용했을 때와 적용하지 않았을 때의 Rendering 된 영상의 화질 비교

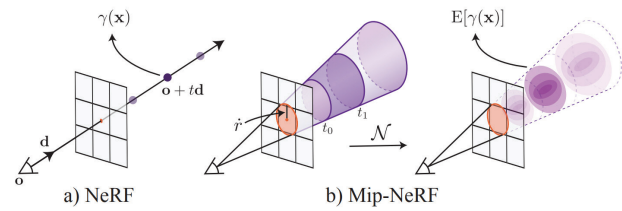
수행한다. 이때 해당 대부분의 Volume을 같은 간격으로 Sampling 하게 되면 밀도가 존재하지 않은 공간이 많이 Sampling 되기 때문에 효율적으로 공간을 Sampling 하기 어렵다. 이러한 문제점을 극복하고자 NeRF에서는 두 개의 MLP 구조를 통해 Sampling의 효율을 높이는 방법을 제시하였다. 2개의 MLP 모델은 각각 Coarse Networks와 Fine Networks로 지칭되는데 Coarse Networks에서 Volume 공간상에서 밀집한(Dense) 영역의 위치를 찾고 Fine Networks에서는 Coarse network에서 찾은 공간상의 위치정보를 기반으로 더욱 세밀하게 Sampling을 진행하여 더 효율적인 Sampling 방식을 채택하여 렌더링 영상의 품질을 향상시켰다.

NeRF 모델을 학습하기 위해서는 2차원 이미지와 이에 해당되는 6-DoF(Degree of Freedom) Camera Pose가 필요하다. 원논문에서는 Camera Pose를 얻기 위해 COLMAP^[9]을 이용하였다. COLMAP은 Structure-From-Motion(SFM) 기술로 여러 장의 사진으로부터 사진과 사진 사이의 기하학적 관계를 추정하고 이를 기반으로 3차원 정보를 복원하는 기술이다. 원논문에서는 COLMAP을 이용하여 Camera Pose를 예측하여 데이터셋을 구성하고 이를 이용하여 모델을 학습시킨다. 학습시 Ray를 방사하여 획득된 최종 Rendering 된 영상과 촬영을 통해 획득된 이미지 사이에 MSE(Mean Square Error)를 측정하여 모델을 최적화시킨다.

III. NeRF 기술 동향

1. NeRF의 Aliasing 문제에 따른 연구 동향

NeRF에서 주로 사용되는 데이터셋의 특징을 살펴보면 물체를 기준으로 일정한 거리에서 촬영된 장면들로 구성이 되어 있다. 이를 논문에서는 Forward Facing 데이터셋이라고 표현한다. 하지만 실제 카메라를 이용하여 물체 또는 공간을 촬영하고 NeRF 모델을 학습하려고 하면 대상 물체로부터 거리가 불규칙하게 변하는 경우가 일반적이다. 이때 대상 물체로부터 가까워지거나 멀어지면 해당 영상은 확대 혹은 축소되면서 Aliasing 문제가 발생하여 Rendering된 영상의 화질을 감소시키는 문제

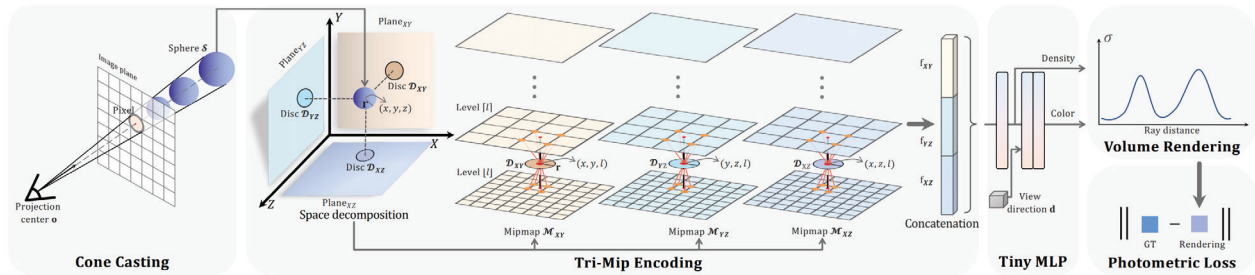


〈그림 5〉 Mip-NeRF의 Ray Casting 방식

가 발생한다. 이러한 이유로 고정된 카메라 움직임이 아닌 자유로운 카메라의 움직임을 갖는 상태에서도 고화질의 영상을 렌더링할 수 있는 NeRF 모델에 관한 연구들이 제안되었다.

Mip-NeRF는 NeRF의 저자가 제안한 후속 논문이다^[10]. Mip-NeRF는 앞서 언급한 문제를 해결하기 위해 제안된 방식이다. 해당 논문에서는 컴퓨터 그래픽스 분야에서 많이 사용되는 Mipmap 방식을 이용하여 이러한 문제를 해결하려고 했다^[11]. 해당 방식은 3차원 그래픽의 Texture Mapping 시 여러 해상도로 미리 Sampling 한 후 Camera Pose에 따라 다른 미리 Sampling 된 다른 해상도의 Texture Map을 이용하는 방식이다. 〈그림 6〉은 Mip-NeRF가 Ray Casting 하는 방식을 보여준다. 그림에서 보는 것과 같이 기존 NeRF는 한점으로 Ray를 방사한다면 Mip-NeRF는 점이 아닌 원뿔 형태의 영역으로 Ray를 방사하기 때문에 기존 영상처리 또는 컴퓨터 그래픽스 분야에서 Aliasing을 방지하기 위해 Spatial Filtering을 수행하는 것과 유사한 효과를 만들어낼 수 있다.

Tri-MipRF에서는 Mip-NeRF의 원뿔 형태의 Ray를 Casting 하는 방법을 발전시켜 구(Sphere) 형태로 방사하는 방법을 제안하였다^[12]. 〈그림 7〉은 제안하는 방법의 구조를 보여준다. 이때 기존의 Ray의 값이 2차원 영역에 의해 결정되는 데 반해 구 형태를 이용하면 3차원 영역에 의해 결정되기 때문에 더 많은 연산량을 요구하기 때문에 시스템이 복잡해지는 문제가 발생한다. 해당 논문에서는 이를 해결하기 위해 3차원 구 형태를 xy평면, yz평면, zy평면으로 사영시켜 구 형태의 방사를 3개의 디스크(Disc) 형태로 변환하는 방법을 제시하여 연산량을 효과적으로 줄이면서 Aliasing 문제를 해결하는 기술을 제안하였다.



〈그림 6〉 Tri-MipRF의 전체 시스템 구조

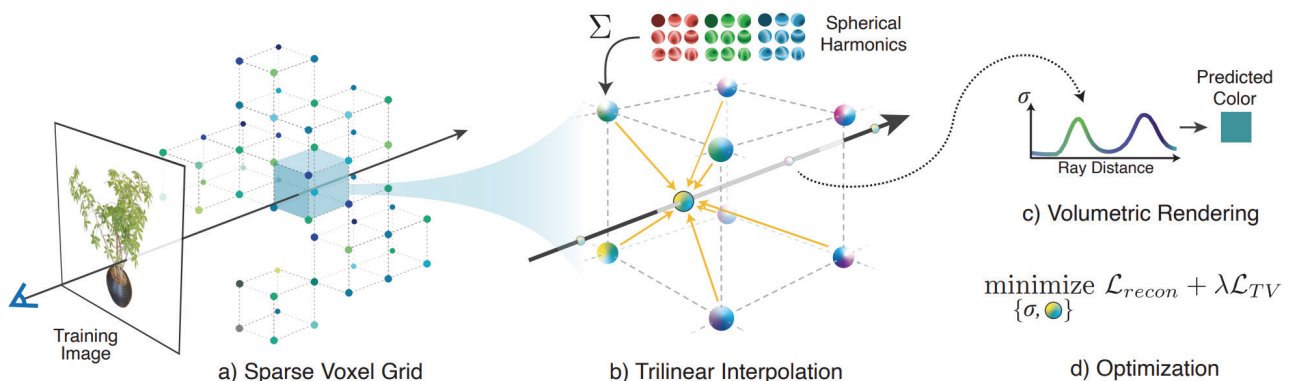
2. NeRF 학습 속도 개선 연구 동향

NeRF가 제안된 이래로 후속 연구들이 많이 제안됐다. 그중 많이 연구되고 있는 분야가 학습 속도를 높이는 방법에 관한 연구이다. NeRF는 좋은 성능을 보여주긴 하지만 학습 시간이 오래 걸린다는 단점이 존재한다. 3차원 공간상의 위치와 이때 바라보는 방향에 따라서 모든 경우에 대해서 학습해야 하므로 입력 공간(Input Space)이 크기 때문에 이러한 한계점을 가진다. 따라서 이러한 단점을 극복하기 위해서 학습 효율을 높이기 위해 Spherical Harmonics(SH), Parametric Encoding 등과 같이 입력 공간을 효과적으로 줄이는 방법들이 연구되고 있다.

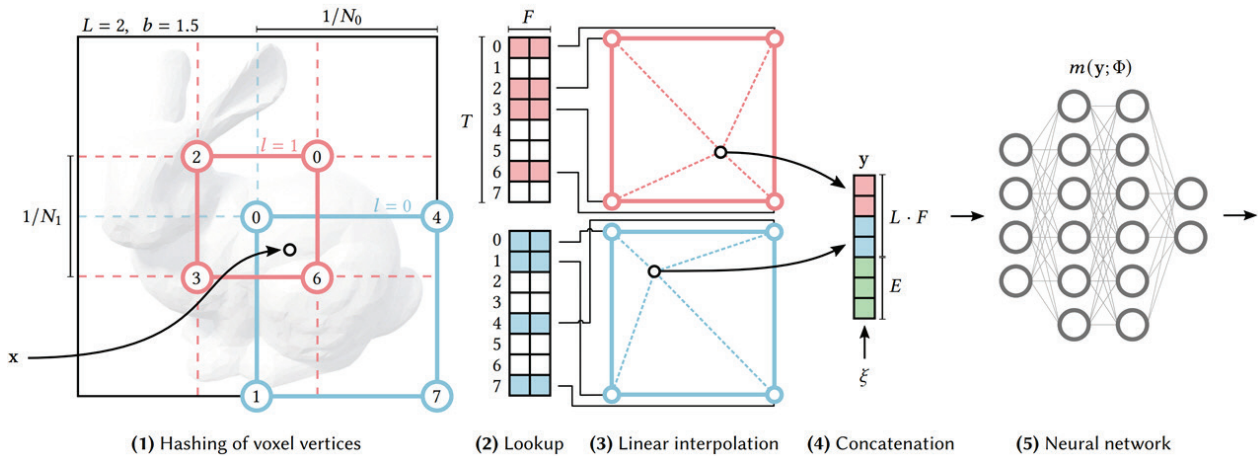
Plenoxels 에서는 NeRF의 5차원 입력에 대한 입력 공간을 줄이기 위해 〈그림 7〉과 같은 시스템 제안하였다.^[13] 해당 논문에서는 2가지 방법을 이용하여 학습 효율을 효과적으로 개선하였다. 첫 번째로는 SH 기법을 이용하여 바라보는 시점에 해당하는 입력 공간을 줄인 것이다. SH는 기존에 컴퓨터 그래픽스 분야에서 Rendering 시 간접광을 효과적으로 계산하기 위해 제안된 기법이다. SH는 구면 좌표계에서 라플라시안 방정식의 해의 정규

직교 기저(Basis)이다. 이 기저를 이용하여 바라보는 방향에 따라 결정되는 RGB 값 대신 기저의 계수값을 예측하도록 하는 방식이다. 이런 방식은 바라보는 방향에 따라 변화하는 모든 RGB값을 효과적으로 근사하여 나타낼 수 있다. 또 다른 기법으로는 Octree 구조를 이용하여 희소한(Sparse) Voxel Grid의 데이터를 효율적으로 나타내는 방식이다. Octree는 8개의 Node를 갖는 트리 형태의 구조로 삼차원 공간을 재귀적으로 분할하여 저장할 때 희소한 영역은 자식 Node가 더 이상 증가하지 않기 때문에 3차원 공간을 효과적으로 나타낼 수 있다. 이러한 방법을 이용하여 의미 있는 데이터가 있는 Node 들에 해당되는 Voxel의 Feature Vector에 대해서만 학습을 진행하기 때문에 기존의 모든 입력 공간에 대해서 학습해야 하는 NeRF에 비해 학습 속도를 효과적으로 개선할 수 있다.

앞선 소개한 Plenoxels 에서는 Octree라는 특별한 자료구조를 이용하여 입력 공간을 줄였다면 Instant NGP 에서는 Multiresolution Hash Encoding 이라는 방식을 이용하여 입력 공간을 줄여 학습 속도를 개선하는 방법들을 제안하였다^[14]. 〈그림 8〉은 Instant NGP의 전



〈그림 7〉 Plenoxels의 전체 시스템 구조



〈그림 8〉 Instant NGP의 전체 시스템 구조

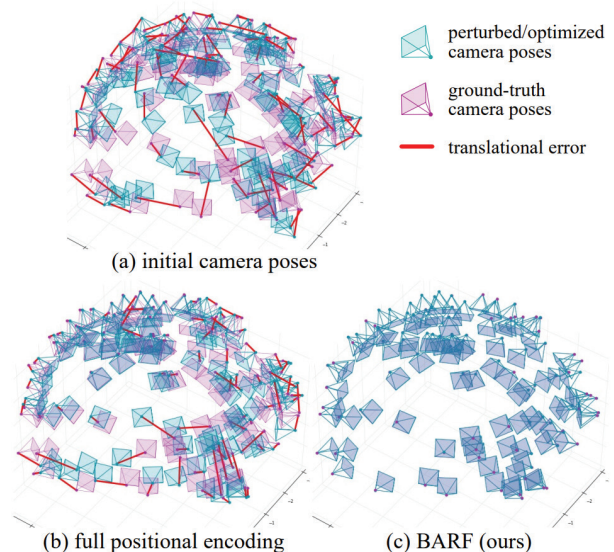
체 시스템 구조를 보여준다. 제안하는 Multiresolution Hash Encoding은 여러 해상도의 Hash Map을 이용하여 Volume을 근사하여 표현한다. 공간을 여러 해상도의 Voxel로 나누고, Voxel과 Voxel에 해당되는 Feature Vector를 각 해상도 Hash Map의 Key와 Value로 저장한다. 이렇게 저장된 각각의 Hash Map을 이용하여 vertices를 표현할 때 Hash Map에 저장된 Voxel에 해당되는 Feature Vector를 보간하여 나타낸다. 따라서 Instant NGP는 학습 과정에서 Hash Map에 저장된 Voxel에 해당되는 Feature Vector에 대해서만 학습을 진행하면 된다. 이는 기존의 NeRF에 비해 작은 입력 공간을 가지기 때문에 빠른 학습이 가능하다.

3. NeRF와 Camera Pose에 대한 연구 동향

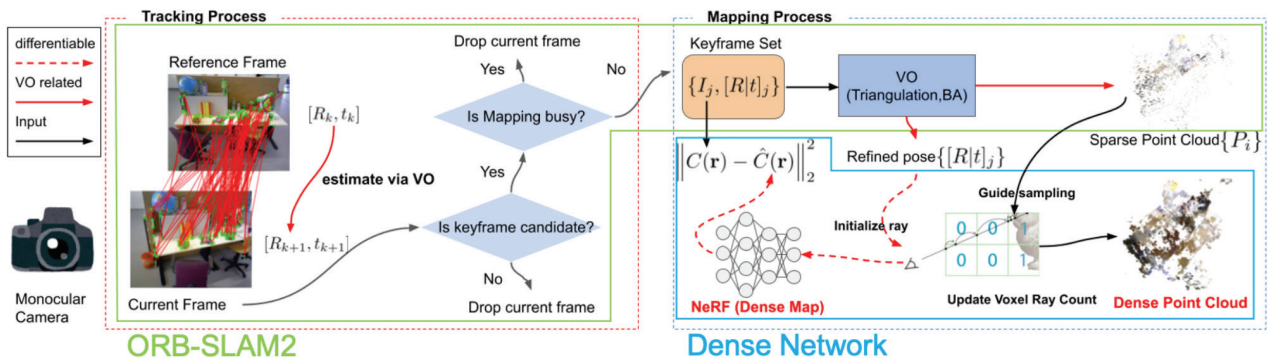
NeRF 모델을 학습하기 위해서는 2D 이미지와 2D 이미지에 해당되는 6-DOF Camera Pose가 필요하여 COLMAP을 이용하여 이를 추정하는 방법이 일반적이다. COLMAP은 여러 장의 사진으로부터 특징점을 검출하고 각 사진에서 검출된 특징점을 매칭하여 이미지와 이미지 사이의 관계를 나타내는 Extrinsic Parameter를 예측한다. 이렇게 얻어진 Extrinsic Parameter로부터 특징점의 3차원 좌표를 예측하는데 이를 Triangulation이라고 한다^[15]. 예측된 Extrinsic Parameter들과 특징점의 3차원 좌표 간의 관계를 보정하기 위해 Bundle Adjustment를 수행하여 최종적으로 Camera Pose를 예측한다. 하지만

이렇게 예측된 Camera Pose는 Lens Distortion 등과 같은 여러 가지 요인으로 인해 오차가 포함되어 있다. 따라서 예측된 Camera Pose가 부정확한 경우 NeRF를 최종 렌더링 품질에 악영향을 미치는 한계점이 존재한다. 최근 이러한 문제를 해결하기 위해 기존의 Volume 공간을 학습하면서 부정확한 Camera Pose를 동시에 최적화하는 NeRF 모델 기법들이 제안되고 있다.

BARF는 앞선 부정확한 Camera Pose로 인해 Rendering 품질을 저하하는 문제를 해결하기 위해 제안된 모델 중 하나이다^[16]. 제안 논문에서는 Bundle Adjustment와 유사하게, Camera Pose를 최적화 하기



〈그림 9〉 BARF를 이용해 보정된 Camera Pose 예시



〈그림 10〉 Orbee-SLAM의 전체 시스템 구조

위해서 Camera Pose에 대한 Jacobian을 유도하고 유도된 Jacobian을 이용하여 Camera Pose를 업데이트하는 방식을 제안하였다. 〈그림 9〉에서 보이는 것과 Camera Pose 인위적인 Noise를 추가하여 학습을 진행한 결과 제안하는 방법에서는 Camera Pose를 정답에 가깝게 보정하는 것을 확인할 수 있다.

GARF는 BARF와 시스템 구조와 유사하게 Volume 공간을 학습하면서 Camera Pose를 예측하는 방법을 제시하였다^[17]. 하지만 BARF와 다르게 Gaussian 함수를 Activation 활성 함수로 사용하여 기존 NeRF에서 일반적으로 사용되는 Position Encoding 기법을 사용하지 않고도 고품질의 NeRF 모델을 학습하는 방법을 제안하였다.

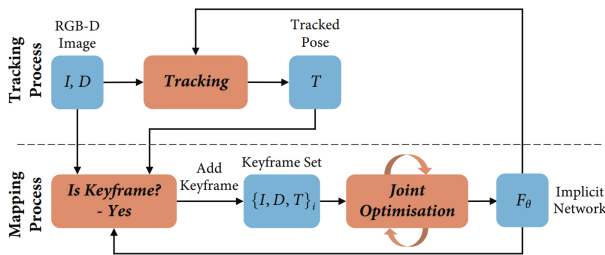
앞서 소개한 논문들 BARF와 GARF에서는 COLMAP과 같이 이미지와 이에 해당되는 초기 Camera Pose를 예측하고 예측된 초기 Camera Pose로부터 학습 과정에서 Camera Pose를 보정하는 방법들을 제시하였다면 NoPe-NeRF에서는 Camera Pose가 주어지지 않은 영상을 이용하여 NeRF를 수행하는 방법을 제안하였다. 기존 NeRF에서는 이미지와 이에 해당되는 Camera Pose를 예측할 때 월드 좌표계를 기준으로 Camera Pose를 예측하여 사용하지만 NePe-NeRF에서는 상대적인 Camera Pose를 사용한다. 상대적인 Camera Pose를 이용함으로 Camera Pose에 대한 제약조건을 Loss 함수에 추가하여 Volume Rendering과 Camera Pose를 동시에 최적화하는 시스템을 구성하였다.

4. NeRF를 이용한 SLAM 기술 동향

NeRF를 기존의 여러 분야의 기술에 접목하는 연구가 활발히 진행되고 있는데, 그중 한 분야가 Simultaneous Localization and Mapping(SLAM) 분야이다. SLAM의 목적은 자신의 위치를 추정하는 Localization과 주변 환경을 스캔하여 지도를 그리는 Mapping을 동시에 수행하는 기술이다. 기존의 로봇틱스 및 3차원 컴퓨터 비전 분야에서 많이 연구되는 기술이다.

Orbee-SLAM는 기존의 SLAM 기술과 NeRF를 접목한 SLAM 기술을 제안하였다. 제안된 논문에서는 기존에 SLAM 분야에서 유명한 ORB-SLAM을 기반으로 NeRF를 접목했다^[18, 19, 20]. ORB-SLAM은 Oriented FAST and Rotated BRIEF(ORB) 특징점을 추출하고 이를 매칭시켜 Camera Pose를 예측한 후 Local Bundle Adjustment와 Global Bundle Adjustment를 이용해서 특징점 매칭을 통해 예측된 부정확한 Camera Pose를 보정하는 SLAM 방식이다. 제안된 논문에서는 Tracking 과정에서는 기존 ORB-SLAM의 방식을 그대로 차용하였다. Tracking 과정에서 추출된 KeyFrame 들을 이용하여 Mapping 과정에서 NeRF를 실시간으로 학습하는 시스템을 설계하였다. 기존 ORB-SLAM에서는 희소한 Point Cloud를 이용하여 Map을 구상하였다면 제안하는 방법에서는 NeRF의 Volume Rendering 방식을 이용하여 밀집한 Mapping을 수행하는 방법을 제안하였다.

Orbee-SLAM에서 NeRF를 이용해 Mapping 하는 과정을 개선하였다면 IMAP-NeRF에서는 NeRF를 이용해 Tracking과 Mapping 과정을 모두 수행하는 시스템



〈그림 11〉 IMAP-NeRF의 전체 시스템 구조

을 제안하였다^[21]. 〈그림 11〉은 IMAP-NeRF 방식의 시스템 구조를 보여준다. 제안하는 방법에서는 KeyFrame에서 Ray를 Sampling하고 Sampling된 Ray를 방사하여 실시간으로 NeRF 모델을 학습한다. BARF와 유사하게 Volume Rendering의 Loss 통해 Camera Pose에 업데이트하고 이를 이용하여 Tracking을 수행한 후 다시 NeRF 모델을 학습하여 3차원 공간을 학습한다.

IV. 전망과 결론

멀티미디어 기술은 과거에도 그래왔고 지금도 빠르게 진화하고 있다. 과거 멀티미디어 기술이 미디어의 효율적인 녹화, 전송, 화질 개선 등과 같은 미디어에 기본적인 기능을 개선하기 위해 여러 가지 알고리즘 및 기술들이 제안되었다면 SW/HW 기술의 발전에 따라 영상에서 사람을 인식하여 의미 있는 정보를 알려주거나, 음성을 인식하여 자막을 생성, 동영상에서 의미 있는 장면을 뽑아서 주요 장면을 뽑아주는 등 고수준의 응용 기술들이 제안되고 있다.

이에 반해 3차원 영상에 대해서는 과거 2차원 멀티미디어가 그랬듯이 고품질의 영상을 획득하고 화질을 개선하는 기본적인 단계에 머물러 있었다. 특히 ToF(Time-of-Flight) 센서, Stereo Camera, Lidar 등 특수한 장비를 이용하지 않으면 3차원 정보의 획득이 어려웠지만 최근 NeRF와 같은 딥러닝 기술들이 제안되면서 3차원 공간 정보를 획득 기술이 큰 전환점을 맞이하였다. 앞서 언급한 특수한 장비를 갖추지 않고도 실생활에서 쉽게 사용할 수 있는 카메라 또는 스마트폰을 이용하여 3차원 영상을 쉽게 획득할 수 있게 되었다. 이는 NeRF가 발명된 지

불과 3년밖에 안 되는 짧은 시간에 이뤄낸 큰 성과이다. 하지만 아직 기술의 성장 단계에 비유하면 아직 초기 성장 단계라고 볼 수 있다. NeRF가 성숙 단계에 안착할 수 있도록 앞으로도 많은 관심과 지속적인 연구가 필요할 것으로 예상된다.

Acknowledgement

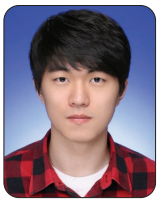
본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2023년도 문화기술 연구개발 사업으로 수행되었음 (과제명: 실가상 연계 디지털 개방형 수장고 및 소장작품 보존 통합 관리 시스템 개발, No. RS-2023 -00225305, 기여율 100%)

참고 문헌

- [1] T. Zhou, et al. "View synthesis by appearance flow", ECCV 2016
- [2] S. Li, et al. "Hole filling with multiple reference views in DIBR view synthesis", IEEE Trans. on Multimedia 2018
- [3] A. Tewari, et al. "Advances in neural rendering", Computer Graphics Forum 2022
- [4] B. Mildenhall, et al. "Representing scenes as neural radiance fields for view synthesis", ECCV 2022
- [5] M. Levoy, "Display of surfaces from volume data", IEEE Computer Graphics and Application 1988
- [6] A. Krizhevsky, et al. "Imagenet classification with deep convolutional neural networks", NIPS 2012
- [7] D. Ulyanov, et al. "Deep image prior", CVPR 2018
- [8] N. Rahaman, et al. "On the spectral bias of neural networks", ICML 2019
- [9] L. Johannes, et al. "Structure from motion revisited", CVPR 2016
- [10] J. Barron, et al. "Mip-nerf: A multiscale representation for anti-aliasing neural radiance fields", CVPR 2021
- [11] L. Williams, "Pyramidal parametrics", 10th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques 1983
- [12] W. Hu, et al. "Tri-MipRF: Tri-Mip representation for efficient anti-aliasing neural radiance Fields", ArXiv 2023



- [13] Y. Alex, et al. "PlenOctrees for Real-time Rendering of Neural Radiance Fields", ICCV 2021
- [14] T. Muller, et al. "Instant neural graphics primitives with a multiresolution hash encoding", ACM Trans. on Graphics 2022
- [15] H. Sebastien, et al. "Absolute Triangulation Algorithms for Space Exploration", Journal of Guidance, Control, and Dynamics 2023
- [16] C. Lin, et al. "Barf: Bundle-adjusting neural radiance fields", CVPR 2021
- [17] S. Chng, et al. "Gaussian activated neural radiance fields for high fidelity reconstruction and pose estimation", ECCV 2022
- [18] R. Mur Artal, et al. "Orb-slam2: An open-source slam system for monocular, stereo, and rgb-d cameras", IEEE Trans. on Robotics 2017
- [19] C. Chung, et al. "OrbeeZ-slam: A real-time monocular visual slam with orb features and nerf-realized mapping", ICRA 2023
- [20] E. Rublee, et al. "ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF", ICCV 2011
- [21] E. Sucar, et al. "iMAP: Implicit mapping and positioning in real-time", ICCV 2021



양 윤 모

- 2015년 2월 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신 공학 학사
- 2017년 2월 한국항공대학교 항공전자정보공학과 석사
- 2021년 2월 한국항공대학교 항공전자정보공학과 박사
- 2021년 4월 ~ 2022년 8월 SK Broadband Manager
- 2022년 9월 ~ 현재 KETI 선임연구원

〈관심 분야〉

Image Processing, Computer Vision, Deep Learning, Video Forensic, Video Codec, XR(VR/AR/MR)



손 예 슬

- 2015년 8월 건국대학교 항공우주정보시스템공학과 학사
- 2017년 8월 건국대학교 항공우주정보시스템공학과 석사
- 2018년 7월 ~ 현재 KETI 선임연구원
- 2022년 7월 ~ 현재 IEC TC 100 전문가

〈관심 분야〉

XR(VR/AR/MR) HW and SW, Metaverse, Spatial Computing, International Standardization



최 광 순

- 1996년 2월 홍익대학교 전자공학과 학사
- 1998년 2월 홍익대학교 전자공학과 석사
- 2016년 2월 홍익대학교 전자정보통신공학과 박사
- 2000년 2월 ~ 2001년 8월 (주)케이디씨정보통신 연구원
- 2001년 9월 ~ 현재 KETI 수석연구원
- 2009년 1월 ~ 현재 IEC TC 100/TA 4 국제간사
- 2019년 1월 ~ 현재 IEC TC 100/TA 1 국제간사
- 2023년 1월 ~ 현재 IEC TC 100/TA 1/WG 1 컨비너

〈관심 분야〉

XR(VR/AR/MR) HW and SW, Metaverse, Spatial Computing, International Standardization

VR 영상 제작을 위한 딥러닝 기반의 Camera Pose 추정 알고리즘

I. 서론

Camera Pose 추정이란 <그림 1>과 같이 하나의 장소를 촬영한 여러 이미지가 입력으로 들어왔을 때, 각 이미지를 촬영한 카메라의 위치와 카메라가 바라보는 방향을 월드 좌표계 기준으로 구하는 문제이다. 이 때, 촬영된 실제 세계의 사물들은 월드 좌표계에서 밀도가 낮은 3D Point로 나타나는데, 이를 Sparse Point Cloud라고 한다. Camera Pose 추정 알고리즘을 활용하면 실세계의 장소를 디지털 공간에서 재현할 수 있으며, 이를 지도처럼 사용할 수 있다. 이 과정에서 Camera Pose를 정확하게 구하는 것은 VR/AR에서 수준 높은 사용자 경험을 위해 필수적이며, 로봇틱스나 자율 주행에서도 실내에 존재하는 로봇이나 터널 안의 자동차의 위치 등을 정확하게 알 수 있게 해준다. Camera Pose는 Structure from Motion (SfM)^[1]이나 Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)^[2, 3] 등을 사용하여 구할 수 있다.

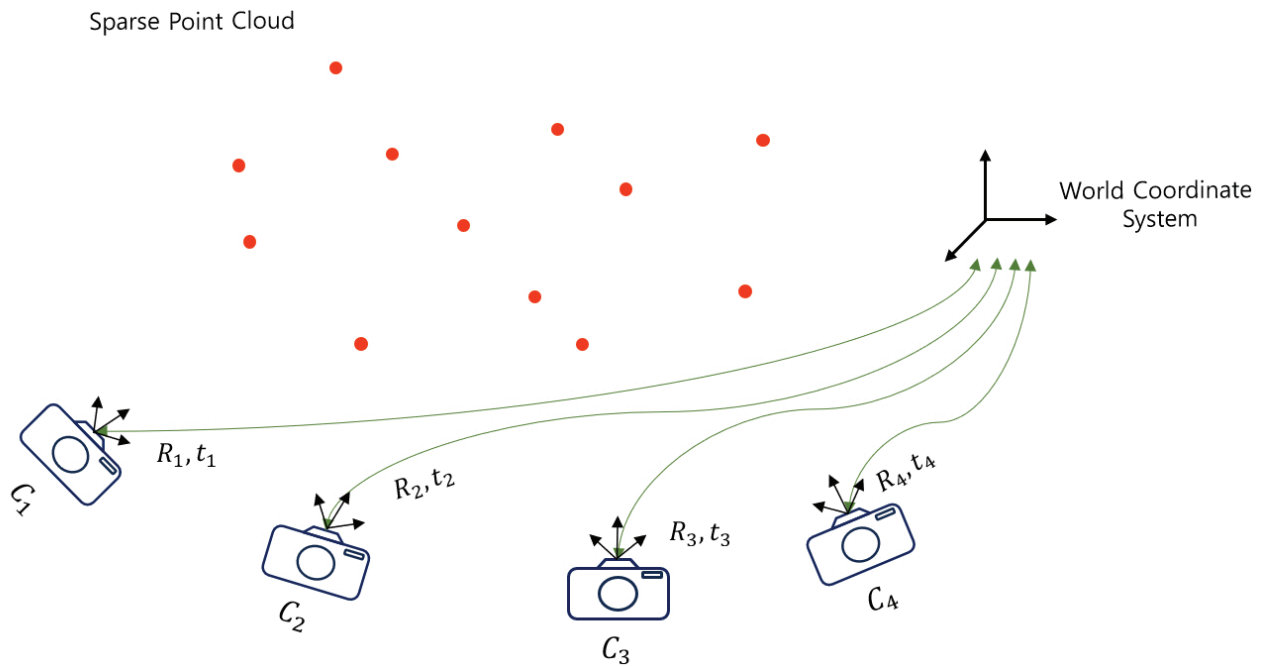
전통적인 SfM은 먼저, 모든 이미지에 대해 SIFT^[4]나 ORB^[5] 등을 활용하여 특징점을 추출하고, 각 특징점에 대한 descriptor를 얻고, descriptor를 활용해 특징점 매칭을 수행하여 각 이미지 별 매칭 관계를 얻는다. 두 번째로, 매칭 관계를 활용하여 여러 입력 이미지 중 Camera Pose를 먼저 구할 두 이미지를 초기 Pair로 선정한다. 세 번째로, Fundamental 행렬 혹은 Essential 행렬을 활용하여 초기 Pair의 Camera Pose를 구한다. 초기 Pair의 Camera Pose를 구하면, 초기 Pair에 존재하는 특징점 매칭쌍을 월드 좌표계의 3D Point로 표현할 수 있다. 네 번째로, 남은 이미지들을 한 장씩 추가해가며 Camera Pose를 구하기 위해서 추가할 이미지의 순서를 정한다. 마지막으로, 이미지들을 한 장씩 추가하며 미리 구한 3D Point와 추가한 이미지의 2D 특징점의 매칭을 통해 추가한 이미지의 Camera Pose를 구한다. 또한,



김 성 민
세종대학교



한 종 기
세종대학교

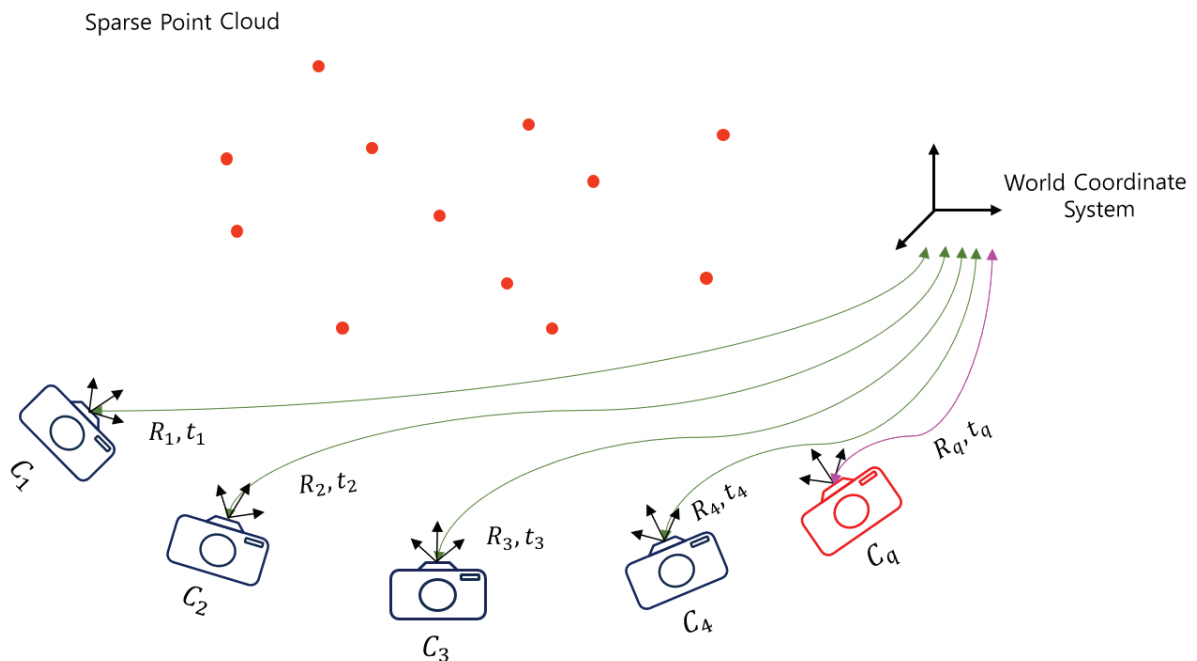


〈그림 1〉 Camera Pose와 Sparse Point Cloud

추가적으로 3D Point 표현이 가능한 특징점을 월드 좌표계의 3D Point로 표현한다. 이렇게 얻은 3D Point들의 집합을 Sparse Point Cloud라고 부른다. COLMAP^[1]이나 OpenMVG^[6]는 위의 과정을 수행하는 대표적인 오픈소스이며, 많은 사람들이 Camera Pose 추정을 수행하기

위해 사용한다.

Camera Pose를 추정하는 또 다른 문제는 〈그림 2〉와 같이, 이미 여러 장의 이미지에 대해 SfM 등의 알고리즘을 활용하여 Camera Pose 추정이 완료되고, Sparse Point Cloud를 얻은 상황에서 추가 입력 이미지가 들어



〈그림 2〉 추가 입력 이미지에 대한 Camera Pose 추정

왔을 때, 이에 대한 Camera Pose를 구하는 것이다. 이는 자율주행이나 로봇틱스 등에서 자동차나 로봇의 정확한 위치를 찾는 데 도움이 되며, GPS가 작동하지 않는 환경에서 유용하게 활용할 수 있다.

추가 입력 이미지의 Camera Pose를 추정하는 전통적인 알고리즘은 추가로 입력된 이미지에 대해서 SIFT나 ORB 등으로 특징점을 추출하고, Sparse Point Cloud의 3D Point와 2D-3D 매칭쌍을 찾아 RANSAC^[7]을 활용하여 Camera Pose를 구한다. 이를 Structure-based 방법이라고도 한다.

하지만, 전통적인 Camera Pose 추정은 촬영한 사진에 자동차나 보행자와 같이 움직이는 객체가 존재하거나, 조명 변화, 야외 이미지의 경우 시간/계절 변화가 존재하는 경우 정확도가 떨어진다. 이는 SIFT나 ORB와 같은 전통적인 특징점 추출 알고리즘이 위 조건에서 취약한 모습을 보이기 때문이다. Camera Pose 추정의 가장 첫 단계인 특징점 추출과 매칭이 잘 되지 않으니, 뒷 단계에서도 정확한 Camera Pose를 얻지 못하는 것이다. 위의 문제점을 해결하기 위해 딥러닝을 활용하는 방법들이 연구되고 있다. 그 중에서도 특히, 이미 여러 장의 이미지에 대해 Camera Pose를 구하고, Sparse Point Cloud를 얻은 상태에서 추가 입력 이미지에 대한 Camera Pose를 구하는 딥러닝 모델들이 많이 연구되었다. 2장에서는 Camera Pose를 추정하는 딥러닝 모델에 대해 설명하고, 3장에서는 딥러닝 모델들의 성능을 비교한다.

II. 딥러닝을 활용한 Camera Pose 추정

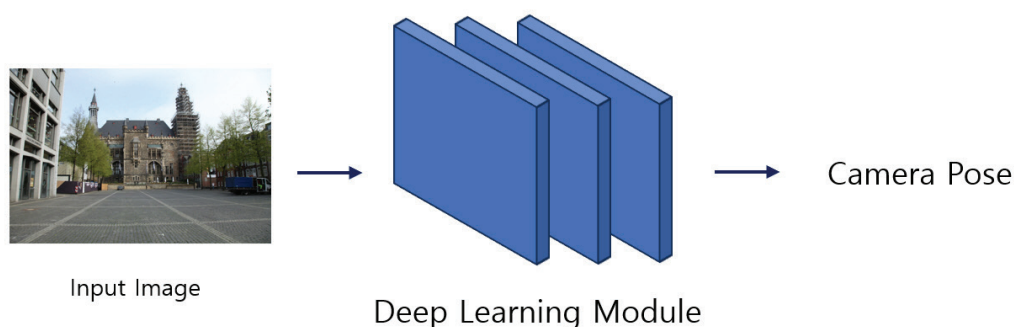
이번 장에서는 추가 입력 이미지에 대한 Camera Pose를 추정하는 딥러닝 모델에 대해 소개하고자 한다. 1절에서는 딥러닝을 활용하여 Camera Pose를 추정하는 방법들에 대해 이야기하고, 2절에서는 End-to-End 방법, 3절에서는 Hierarchical 방법에 대해서 설명한다.

1. 추가 입력 이미지의 Camera Pose를 추정하는 여러 방법

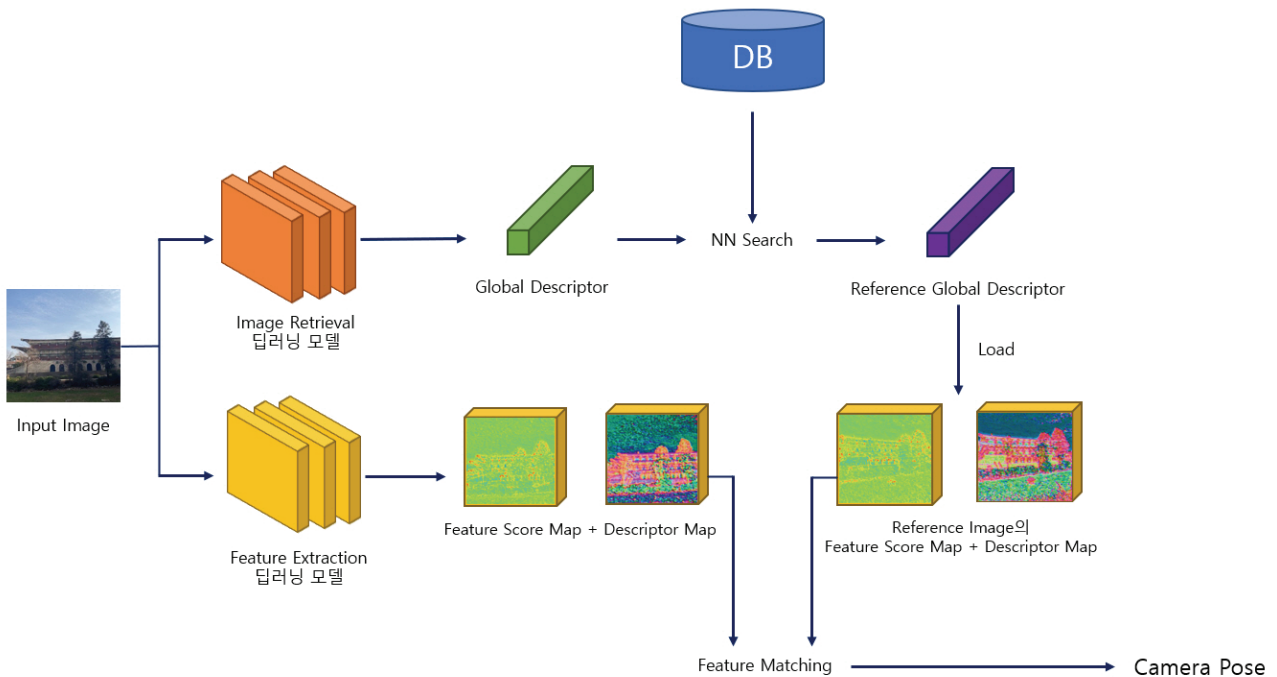
추가 입력 이미지의 Camera Pose를 구하는 방법은 전통적인 Structure-based 방법 뿐만 아니라, End-to-End 방법과 Image Retrieval 알고리즘을 활용한 Hierarchical 방법, Scene Point Regression 방식 등이 있다. 이 중 Scene Point Regression 방식은 야외와 같이 크기가 큰 장소에서는 사용이 매우 제한적이므로, 본 고에서는 다루지 않는다.

End-to-End 방법은 Camera Pose 추정을 수행하는 딥러닝 모델이 이미지를 입력으로 받아 직접적으로 Camera Pose를 추정해 출력한다. 이 방식은 연산 시간이 매우 짧아 실시간에 가깝게 사용할 수 있으며, Camera Pose 추정을 위해 딥러닝 모델만 저장하면 되므로, 저장 공간이 많이 필요하지 않다는 장점이 있다. 하지만, 비교적 Camera Pose의 정확도가 떨어진다는 단점이 있다.

Hierarchical 방법은 Image Retrieval 알고리즘을 통해, 입력 이미지와 가장 비슷한 장소를 촬영한 이웃 이미지를 N 장 찾는다. 그 후, 입력 이미지와 이웃 이미지 사



〈그림 3〉 End-to-End 방법을 활용한 Camera Pose 추정 알고리즘



〈그림 4〉 Hierarchical 방법을 활용한 Camera Pose 추정 알고리즘

이에서 특징점 매칭을 수행한다. 마지막으로, 특징점 매칭 관계를 활용하여 RANSAC을 통해 Camera Pose를 얻는다. 즉, 이 방법은 Image Retrieval 알고리즘을 통해 전통적인 Structure-based 방법의 단점을 극복했으며, Image Retrieval이나 특징점 추출 등 딥러닝이 잘 수행하는 부분은 딥러닝을 활용하고, 3차원 정보를 활용하여 Camera Pose를 얻는 것은 전통적인 방법이 더 뛰어나므로 전통적인 방법을 활용한다는 특징이 있다. 따라서, 정확도가 비교적 뛰어나다는 장점을 가지지만, 수행 속도가 느리고, Camera Pose 추정을 위해 Sparse Point Cloud와 미리 구해 놓은 여러 이미지와 각 이미지의 Camera Pose를 저장해 두어야 하므로 많은 저장 공간이 필요하다는 단점이 있다.

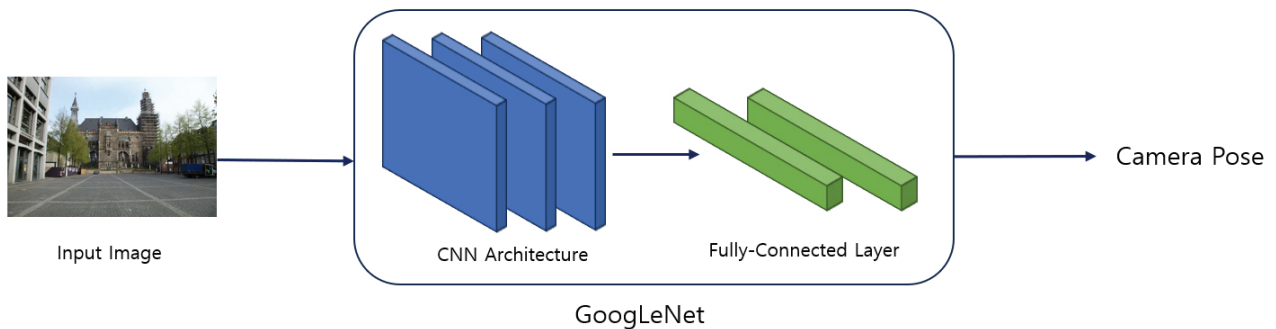
2. End-to-End 방법을 활용한 Camera Pose 추정 모델

End-to-End 방식의 딥러닝 모델을 활용하여 Camera Pose를 추정하고자 하는 연구는 2015년 PoseNet^[8]를 통해 처음 시도되었다. PoseNet은 입력으로 단일 이미지 영상을 받아서 Camera Pose를 직

접 회귀하는 딥러닝 모델로, CNN 구조로 이루어진다. PoseNet을 통해 단순한 CNN 구조의 딥러닝 모델이 3차원 정보인 Camera Pose를 추정하는 능력 역시 갖추었다는 사실이 알려졌다.

딥러닝이 좋은 성능을 내기 위해서는 수 십 만장 이상의 이미지를 가지는 상당히 큰 데이터 셋을 필요로 하지만, Camera Pose 회귀를 위한 데이터 셋은 주로 수 천 개에서 수 만장 정도의 작은 데이터 셋이 주를 이루기 때문에, Camera Pose 회귀를 수행하는 딥러닝 모델을 학습시키기 위해서는 데이터 부족 문제를 해결해야 했다. PoseNet에서는 기존의 이미지 분류를 위해 사전 학습된 딥러닝 모델을 사용함으로써 이 문제를 해결했다.

Camera Pose를 회귀하는 딥러닝 모델을 위해 해결해야 하는 또 다른 문제는 카메라의 방향을 나타내는 표현으로 어떤 것을 선택해야 하느냐에 대한 것이다. 방향을 표현하는 방법으로는 오일러 각 표현과 axis-angle 표현, 3차원 회전 행렬 표현 그리고 쿼터니언 표현이 있다. 오일러 각은 세 개의 라디안을 통해 표현되는데 라디안 표현은 같은 각도를 표현하는 값이 상당히 많다. 따라서, 딥러닝 모델이 회귀하기에 적합하지 않다. 또한 짐벌락



〈그림 5〉 PoseNet의 구조

문제로 인해 회전 표현에 제약이 가지기도 한다. axis-angle 표현 역시 라디안 각도를 사용하기에 딥러닝 학습에 적합한 회전 표현이 아니다. 회전 행렬의 경우는 파라미터가 너무 많으며, 회전 행렬의 많은 속성들을 역전파를 통해 학습시키기 어렵다는 단점이 있다. 따라서, 4차원 벡터로 회전을 표현하는 쿼터니언이 딥러닝 학습을 위해 선택되었다.

한 편, 카메라의 위치와 방향을 따로 구하는 딥러닝 모델에 대한 실험도 이루어졌지만, 카메라의 위치와 방향을 한 번에 구하는 것이 월등히 더 좋은 성능을 보였다. 이는 딥러닝 모델이 카메라의 위치와 방향을 한 번에 학습하는 과정에서 카메라의 위치 정보와 방향 정보가 서로의 학습에 도움을 주기 때문이다. 따라서, 손실함수를 설계할 때, 카메라의 위치 정보와 방향 정보가 균형을 이루어 학습할 수 있게 해주어야 한다. 이에 따라서 PoseNet의 손실함수는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$L = \|\hat{x} - x\|_2 + \beta \left\| \hat{q} - \frac{q}{\|q\|} \right\|_2 \quad (1)$$

x 와 q 는 카메라의 예측 위치 벡터와 예측 방향 벡터를 나타내고, $\hat{x}$ 와 $\hat{q}$ 는 정답 위치 벡터와 정답 방향 벡터를 나타낸다. β 는 카메라의 위치와 방향 사이의 스케일을 조정하는 스칼라 값이다. 카메라의 위치 정보와 방향 정보가 균형을 이루어야 하므로 β 의 선정이 중요한데, PoseNet 연구진들은 실내 데이터 셋의 경우 120에서 750 사이의 값을, 야외 데이터 셋에서는 250에서 2000 정도의 값이 적당하다는 결론을 내렸다. 만약, β 값이 너무 작거나 너무 크면 성능이 크게 하락한다.

PoseNet 연구자들은 CNN 구조로 GoogLeNet^[9]을

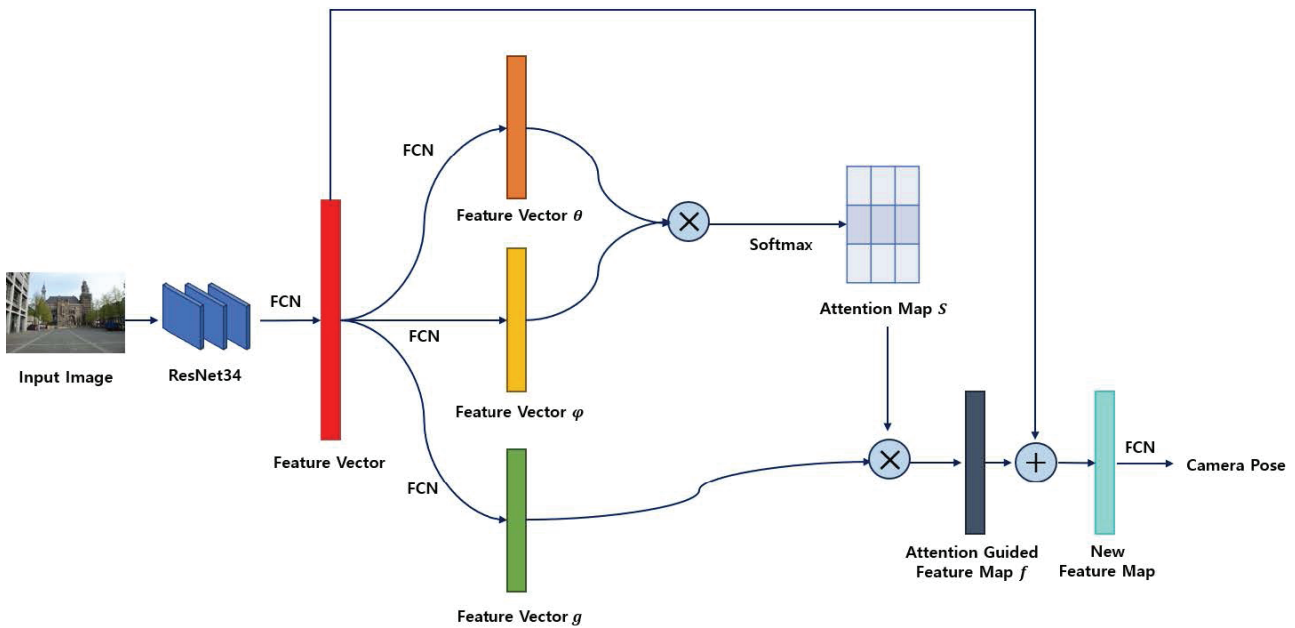
적용하였는데, 기존의 GoogLeNet은 이미지 분류를 위한 모델이므로 이를 Camera Pose 회귀에 맞게 softmax 분류기를 회귀를 위해 7차원 벡터를 출력하는 Fully Connected Layer로 변형시킨다. 7차원 출력 벡터 중 3개의 원소는 카메라의 위치를 나타내는 위치 벡터이고, 4개의 원소는 카메라의 방향을 나타내는 쿼터니언으로 표현된 방향 벡터이다.

PoseNet 발표 이후 PoseNet의 손실함수에 존재하는 하이퍼 파라미터 β 값을 정하는 데에 많은 어려움이 따르자 2017년에 이를 해결하기 위해^[10]에서 재투영 오차를 활용하여 새로운 손실 함수 식(2)을 제안하였다.

$$L = \frac{1}{|P|} \sum_{p \in P} \|\pi(x, q, p) - \pi(\hat{x}, \hat{q}, p)\|_\gamma \quad (2)$$

x 와 q 는 카메라의 예측 위치 벡터와 예측 방향 벡터를 나타내고, $\hat{x}$ 와 $\hat{q}$ 는 정답 위치 벡터와 정답 방향 벡터를 나타내며 P 는 입력 이미지에서 관측 가능한 3D Point의 집합이고 p 는 P 의 원소, γ 는 norm의 차수이다. 재투영 오차를 Camera Pose 회귀의 손실함수로 활용함으로써 하이퍼 파라미터 값 조정에 대한 어려움을 피할 수 있었으며, 기존의 PoseNet 구조는 그대로 활용하고 손실함수만 바꾸었음에도 더 정확한 Camera Pose를 추정할 수 있게 되었다. 이에 대한 성능 비교는 3장에서 다룬다.

2020년에 제안된 AtLoc^[11]는 딥러닝 모델에 Self-Attention을 도입하여 Camera Pose 추정의 정확도를 향상시켰다. AtLoc는 단일 이미지를 입력으로 받으며, 입력 이미지를 ResNet34^[12] 구조의 CNN Network와 Fully Connected Layer 1계층을 통과시켜 특징 벡



<그림 6> AtLoc의 구조

터를 얻는다. 이 특징 벡터는 Self-Attention의 입력이 되는데, Self-Attention은 정확한 Camera Pose 추정에 도움을 주는 특징에 더 가중치를 부여하고, 도움이 별로 안되거나 오히려 방해가 되는 특징에는 가중치를 줄이는 역할을 한다. Self-Attention으로부터 출력을 얻어 Fully Connected Layer를 한 번 더 통과시켜 최종적으로 Camera Pose를 얻는다.

Self-Attention은 입력으로 들어온 특징 벡터를 서로 다른 3개의 Fully Connected Layer를 통과시켜 특징 벡터 θ, φ, g 를 얻는다. 이 중, 특징 벡터 θ, φ 를 활용하여 $\theta\varphi^T$ 를 계산하여 특징 벡터의 원소의 중요도를 나타내는 Attention Map S 을 얻는다. 이후, S 와 g 를 곱하여 Attention 기반의 특징 벡터 f 를 계산하고, 마지막으로 기울기 소실 문제를 방지하기 위해 Self-Attention의 입력 벡터와 f 를 더하여 최종 Self-Attention 출력 특징 벡터를 얻게 된다.

2022년에는 Novel View Synthesis (NVS)를 활용한 Camera Pose 추정 모델 DFNet^[13]이 제안되었다. DFNet은 NVS를 통해 합성 이미지를 얻어서 이를 모델 학습 과정에 활용한다. NVS 알고리즘으로^[13]에서 제안한 histogram-assisted NeRF를 사용한다. histogram-

assisted NeRF는 NeRF^[14]에 불확실성 정보를 추가적으로 활용하여 야외 환경에서 더 잘 작동하도록 한 NeRF-W^[15]를 개선시킨 것으로, 밝기 정보를 추가적으로 NeRF에 주어 밝기 보상이 기존 방법보다 더 잘 수행된다.

DFNet을 학습하기 위해서 입력 이미지 I 와 정답 Camera Pose P 가 주어졌을 때, 합성 이미지 $\hat{I}$ 를 P 를 이용해 얻는다. 그 다음, 입력 이미지 I 와 합성 이미지 $\hat{I}$ 를 Camera Pose를 추정하는 딥러닝 모델에 넣어 예측 Camera Pose $\hat{P}_{real}, \hat{P}_{syn}$ 를 얻는다. Camera Pose를 추정하는 딥러닝 모델은 PoseNet과 유사한 구조이다. 다만, 기존 PoseNet은 CNN 네트워크로 GoogLeNet을 사용했다면, DFNet에서는 VGG-16^[16]을 사용하였다. 예측 Camera Pose를 정답 Camera Pose P 와 비교하여 다음과 같이 손실을 계산한다.

$$L_{pose} = \frac{1}{2} (\|P - \hat{P}_{real}\|_2 + \|P - \hat{P}_{syn}\|_2) \quad (3)$$

DFNet은 학습 과정에서 Random View Synthesis (RVS) 기법도 활용하는데, 다음과 같은 과정을 따른다. 먼저, 입력 이미지 I 의 정답 Camera Pose P 주변에서 랜

범으로 φ 미터 이내, 각도 θ 이내에서 Camera Pose P' 를 선택한다. 그 후 NVS 알고리즘을 통해 합성 이미지 I' 를 얻고, 이를 Camera Pose를 추정하는 딥러닝 모델에 통과시켜 예측 Camera Pose $\hat{P}'$ 을 얻는다. 그 후, P' 와 $\hat{P}'$ 사이의 오차를 계산한다. 이 과정은 딥러닝 모델이 학습 데이터에 없던 이미지에 대해서도 정확한 Camera Pose를 추정할 수 있도록 도와준다.

$$L_{RVS} = \|P' - \hat{P}'\|_2 \quad (4)$$

한 편, 입력 이미지 I 와 합성 이미지 $\hat{I}$ 는 같은 Camera Pose를 가지지만, 약간 다르게 표현된다. 예를 들어, 입력 이미지 I 에는 보행자가 존재했지만, 합성 이미지 $\hat{I}$ 에는 보행자가 없는 등 두 이미지에 차이가 날 수 있다. 하지만, 두 이미지는 같은 Camera Pose를 가지므로 Camera Pose를 추정하는 딥러닝 모델에 두 이미지를 통과시키고 얻은 두 특징 맵은 차이가 거의 없어야 한다. 이를 위해 실제 이미지와 합성 이미지의 도메인 차이에 강한 특징 맵을 얻는 것은 필수적이다.

Camera Pose를 추정하는 딥러닝 모델에 다양한 CNN 레이어로부터 추출된 특징 맵 M 을 얻을 수 있다. 만약,

같은 Camera Pose를 가지는 두 이미지에 대해 특징 맵을 각각 얻는다면, 이 두 특징 맵은 최대한 비슷하게 표현되어야 한다. 하지만, 서로 다른 Camera Pose를 가지는 두 이미지에 대해 특징 맵을 각각 얻는다면, 이 두 특징 맵은 최대한 다르게 표현되어야 한다. 이를 반영한 손실 함수가 식 (5)에 나타난다.

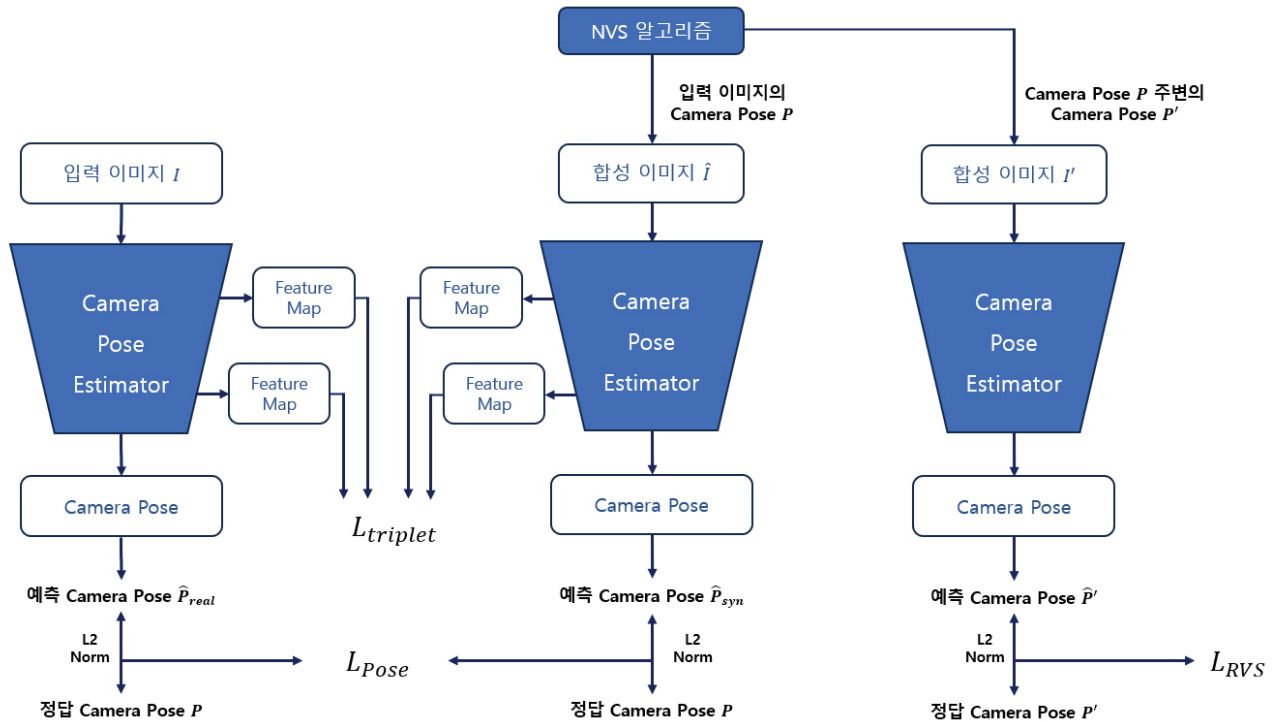
$$L_{triplet} = \max\{d(M_{real}^P, M_{syn}^P) - q_\Theta + m, 0\} \quad (5)$$

$$q_\Theta = \min(d(M_{real}^P, M_{real}^{\bar{P}}), d(M_{real}^P, M_{syn}^{\bar{P}}), d(M_{syn}^P, M_{real}^{\bar{P}}), d(M_{syn}^P, M_{syn}^{\bar{P}})) \quad (6)$$

M_{real}^P 는 Camera Pose P 를 가지는 입력 이미지 I 의 특징 맵이며, M_{syn}^P 는 Camera Pose P 를 가지는 합성 이미지 $\hat{I}$ 의 특징 맵이다. M 은 마진으로, 기본 값은 1.0이다. Camera Pose $\bar{P}$ 는 임의의 Camera Pose이다.

$$L_{DFNet} = L_{triplet} + L_{RVS} + L_{pose} \quad (7)$$

앞에서 살펴본 점들을 고려할 때, DFNet의 손실 함수는 식 (7)과 같이 구성된다. 즉, DFNet은 NVS 알고리즘을 사용해 같은 Camera Pose를 공유하는 새로운 합성 이미지를 생성하여 이를 활용하여 딥러닝 모델이 더 정확



〈그림 7〉 DFNet의 구조

한 Camera Pose를 학습할 수 있도록 도우며, 이 때 발생할 수 있는 실제 이미지와 합성 이미지 사이의 도메인 차이를 $L_{triplet}$ 를 통해 해소한다.

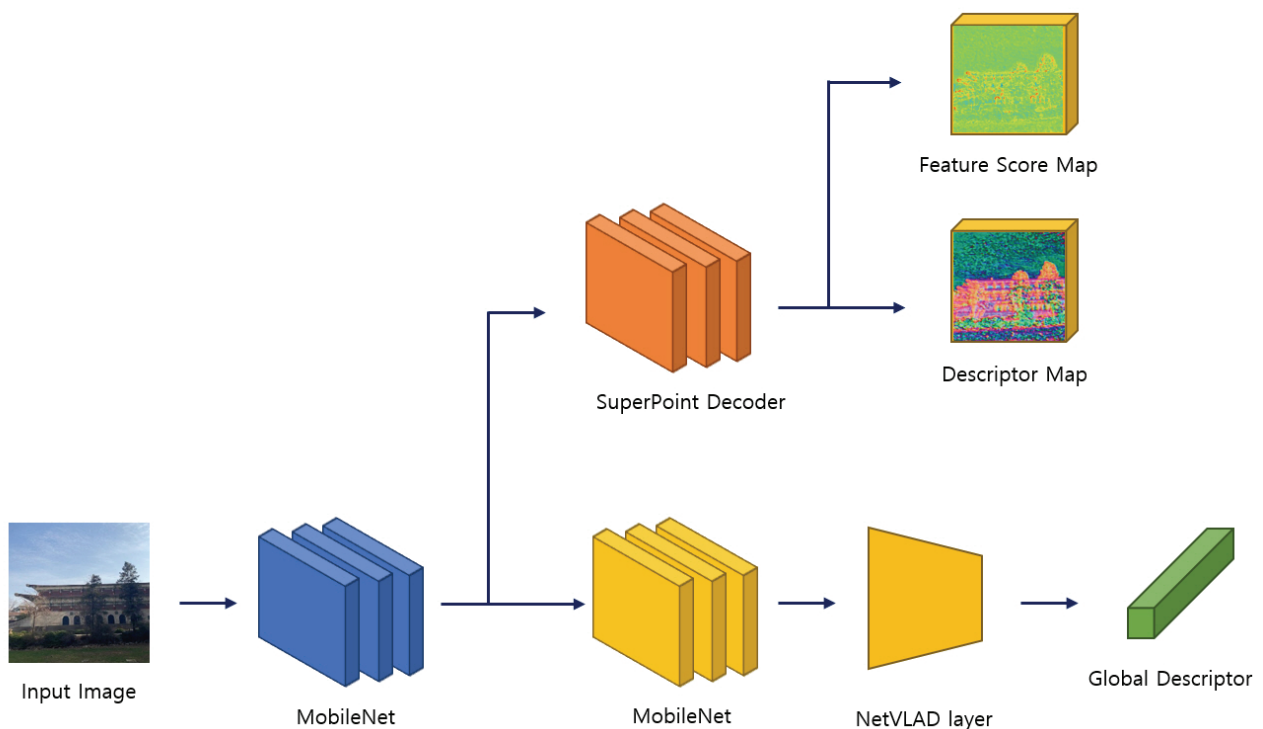
3. Hierarchical 방법을 활용한 Camera Pose 추정 모델

Image Retrieval를 활용한 Hierarchical 방식의 Camera Pose 추정은 ^[17]에서 처음 제안되었다. 전통적인 방식의 추가 입력 이미지에 대한 Camera Pose 추정은 Point Cloud의 모든 3D Point와 입력 이미지의 2D 특징점의 매칭 관계를 고려해야 해서 많은 시간이 소모되었다. Hierarchical 방법에서는 Point Cloud의 모든 3D Point를 고려하지 않고, Image Retrieval 알고리즘을 활용하여 참조 이미지 중에서 입력 이미지와 비슷한 N장의 이웃 이미지를 찾는다. 그리고, 이웃 이미지에서 관측할 수 있는 3D Point만 입력 이미지의 2D 특징점과의 매칭 관계를 계산한다. 이 과정에서 계산 효율이 증가하고, 잘못된 2D-3D 특징점 매칭 관계를 제거할 수 있다.

Hierarchical 방법의 Camera Pose 추정은 Image

Retrieval 알고리즘으로 어떤 것을 사용할 지, 특징점 추출 알고리즘으로 어떤 것을 사용할 지에 따라 정확도가 다르게 나타난다. 추가 입력 이미지와 참조 이미지들 사이의 도메인이 다른 경우, 예를 들면, 조명이나 계절의 변화가 존재하는 경우에는 특징점 추출 알고리즘으로 SIFT보다 딥러닝 기반의 SuperPoint ^[18]가 더 정확한 Camera Pose를 추정하는데 도움이 된다. 이는 전통적인 특징점 추출 알고리즘보다 딥러닝 기반의 특징점 추출 알고리즘이 도메인에 더 강인하기 때문이다. 또, 전통적인 특징점 매칭 방법보다 딥러닝 기반의 SuperGlue ^[19]를 활용하는 것이 더 정확한 Camera Pose 추정에 도움을 준다. 이렇듯, Hierarchical 방법은 Camera Pose를 추정하기 위해 End-to-End 방법처럼 하나의 딥러닝 모델을 활용하는 것이 아니라 단계별로 다른 알고리즘을 조합하여 사용한다.

Hierarchical 방법은 전통적인 방법의 장점과 딥러닝의 장점을 모두 활용하여 정확한 Camera Pose 추정 성능을 보여주지만, End-to-End 방법에 비해 속도가 너무 느리다는 단점이 있다. PoseNet의 경우, 1장의 이미



〈그림 8〉 HF-Net의 구조

지에 대해 Camera Pose를 추정하는 데 5ms 정도가 소요되어 거의 실시간으로 사용 가능하지만, Hierarchical 방법은 수 백 ms가 소요되어 실시간으로 사용하기에는 힘들다.

이를 개선하기 위해 HF-Net^[20]이 제안되었다. HF-Net은 Image Retrieval과 특징점 추출의 역할을 모두 수행한다. 즉, Global Descriptor와 이미지 내 특징점에 대한 정보를 모두 출력하고, 이를 활용하여 Camera Pose를 추정할 수 있다. HF-Net은 인코더와 SuperPoint 디코더 그리고 Global Descriptor를 출력하는 디코더로 이루어져 있다.

먼저, HF-Net의 인코더는 MobileNet^[21] 구조로 되어있다. MobileNet은 일반적인 CNN 네트워크 구조보다 더 빠른 연산을 하므로 속도 향상에 도움을 준다. SuperPoint 디코더는 기존의 SuperPoint 모델 중 Decoder 부분을 그대로 구현한 것이다. Global Descriptor를 출력하는 디코더의 경우, MoblieNet과 NetVLAD^[22]에서 제안한 NetVLAD layer로 이루어져 있다.

HF-Net은 지도학습 방식으로 학습되기에 정답 라벨이 필요하다. HF-Net의 정답 라벨은 기존의 Image Retrieval 딥러닝 모델인 NetVLAD와 기존의 특징점 추출 딥러닝 모델인 SuperPoint의 출력 값을 그대로 사용한다. 따라서, 손실 함수는 식 (8)과 같이 정의된다.

$$L_{HF} = e^{-w_1} \|d_p^g - d_{gt}^g\|_2^2 + e^{-w_2} \|d_p^l - d_{gt}^l\|_2^2 + e^{-w_3} \text{crossEntropy}(s_p - s_{gt}) + \sum_i w_i \quad (8)$$

d_p^g, d_{gt}^g 는 Global Descriptor의 예측 값과 정답 값,

d_p^l, d_{gt}^l 는 Local Descriptor의 예측 값과 정답 값, s_p, s_{gt} 는 각 픽셀마다 특징점이 될 확률을 나타내는 Keypoint Score의 예측 값과 정답 값이며 w_i 는 각 항에 대한 가중치 값으로, 학습 중에 최적화되는 파라미터이다.

III. 성능 비교

1. Hierarchical 방법의 Camera Pose 추정 속도 비교

〈표 1〉은 Hierarchical 방법을 사용한 알고리즘들의 실행 속도 비교이다. NV는 NetVLAD 모델을 의미한다. Features 열은 Global Descriptor와 특징점 추출에 소요되는 시간, Global 열은 입력 이미지의 이웃 이미지를 찾는 시간, Covis 열은 입력 이미지와 이웃 이미지가 공동으로 공유하는 시야 내의 3D Point를 찾는 시간, Local은 2D-3D 특징점 매칭에 소요되는 시간, PnP는 2D-3D 매칭쌍을 이용해 Camera Pose를 계산하는 시간이다.

HF-Net은 기존의 Hierarchical 방법보다 더 빠르게 Camera Pose를 추정하기 위해 Global Descriptor와 특징점 추출을 동시에 수행하는 단일 네트워크이다. HF-Net의 목적인 속도 측면에서 HF-Net은 Global Descriptor와 특징점 추출을 따로 수행하는 Hierarchical 방법보다 많게는 10배, 적게는 2.4배 이상 빠르다. 하지만, End-to-End 기법의 PoseNet이 단일 이미지의 Camera Pose를 수행하는 데 5ms가 소요된다고 알려진 것과 비교하면, 아직까지 Hierarchical 방법은 End-to-End 방법에 비해 상당히 느리다.

〈표 1〉은^[20]에서 나타난 실험 결과를 참고하였다.

〈표 1〉 Hierarchical 방법의 Camera Pose 추정 소요 시간 (ms)

Datasets		Methods	Features	Global	Covis	Local	PnP	Total
RobotCar	Dusk	NV+SIFT	92+189	13	3	264	14	575
		NV+SuperPoint	92+26	13	1	3	4	139
		HF-Net	15	13	1	3	4	36
	Night	NV+SIFT	92+189	13	3	389	149	835
		NV+SuperPoint	92+26	13	1	6	38	176
		HF-Net	15	13	1	6	38	73

2. 딥러닝을 활용한 Camera Pose 추정 모델의 정확도 비교

〈표 2〉와 〈표 3〉은 2장에서 설명한 여러 Camera Pose 추정 알고리즘의 정확도를 비교한 것으로, 〈표 2〉는 야외 데이터셋인 Cambridge Dataset^[8]에서의 정확도이고, 〈표 3〉은 실내 데이터셋인 7 Scenes Dataset^[23]에서의 정확도이다. PoseNet+는 기존의 PoseNet 구조에 재투영 오차를 활용한 End-to-End 딥러닝 모델을, NV+SP+SG는 NetVLAD, SuperPoint, SuperGlue를 활용하여 hierarchical 방법으로 Camera Pose를 추정하는 알고리즘을 뜻한다.

전반적으로 야외 데이터셋보다는 실내 데이터셋에서 더 정확한 경향을 보이며, Hierarchical 방법이 End-to-End 방법보다 더 정확한 성능을 보였다. End-to-End 방법의 경우, 처음 제안된 단순 CNN 구조인 PoseNet에서 손실 함수의 변화나 Self-Attention 혹은 NeRF를 사용하면서 더 정확한 Camera Pose 추정이

가능해졌다. Hierarchical 방법의 경우, HF-Net을 사용한 경우가 〈표 1〉에서 언급된 바와 같이 속도는 더 빠르지만, Image Retrieval, 특징점 추출, 특징점 매칭을 각각 NetVLAD, SuperPoint, SuperGlue를 사용하여 Camera Pose 추정을 수행한 경우가 더 정확하였다.

〈표 2〉와 〈표 3〉은 [11, 13, 24, 25]에서 나타난 실험 결과를 참고하여 종합하였다.

참 고 문 헌

- [1] J. L. Schönberger and J. -M. Frahm, "Structure-from-Motion Revisited," 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 2016, pp. 4104–4113, doi: 10.1109/CVPR.2016.445. Available: <https://github.com/colmap/colmap>
- [2] R. Mur-Artal, J. M. M. Montiel and J. D. Tardós, "ORB-SLAM: A Versatile and Accurate Monocular SLAM System," in IEEE Transactions on Robotics, vol. 31, no. 5, pp. 1147–1163, Oct.

〈표 2〉 딥러닝을 활용한 Camera Pose 추정 모델의 Cambridge Dataset (야외 데이터셋)에서의 정확도 (m / °)

	End-to-End			Hierarchical	
	PoseNet	PoseNet+	DFNet	HF-Net	NV+SP+SG
Kings	1.66/4.86	0.88/1.04	0.43/0.87	0.34/0.4	0.12/0.20
Hospital	2.62/4.90	3.20/3.29	0.46/0.87	0.43/0.6	0.15/0.30
Shop	1.41/7.18	0.88/3.78	0.16/0.59	0.09/0.4	0.04/0.20
Church	2.45/7.96	1.57/3.32	0.50/1.49	0.16/0.5	0.07/0.21

〈표 3〉 딥러닝을 활용한 Camera Pose 추정 모델의 7 Scenes Dataset (실내 데이터셋)에서의 정확도 (m / °)

	End-to-End				Hierarchical	
	PoseNet	PoseNet+	AtLoc	DFNet	HF-Net	NV+SP+SG
Chess	0.32/6.60	0.13/4.48	0.10/4.07	0.04/1.48	0.03/2.9	0.02/0.85
Fire	0.47/14.00	0.27/11.30	0.25/11.40	0.04/2.16	0.03/1.0	0.02/0.94
Heads	0.30/12.20	0.17/13.00	0.16/11.80	0.03/1.82	0.01/0.9	0.01/0.75
Office	0.48/7.24	0.19/5.55	0.17/5.34	0.07/2.01	0.04/1.2	0.03/0.92
Pumpkin	0.49/8.12	0.26/4.75	0.21/4.37	0.09/2.26	0.06/1.6	0.05/1.30
Kitchen	0.58/8.34	0.23/5.35	0.23/5.42	0.09/2.42	0.05/1.6	0.04/1.40
Stairs	0.48/13.1	0.35/12.4	0.26/10.5	0.14/3.31	0.07/1.9	0.05/1.47

- 2015, doi: 10.1109/TRO.2015.2463671.
- [3] C. Campos, R. Elvira, J. J. G. Rodríguez, J. M. M. Montiel and J. D. Tardós, "ORB-SLAM3: An Accurate Open-Source Library for Visual, Visual-Inertial, and Multimap SLAM," in *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 37, no. 6, pp. 1874–1890, Dec. 2021, doi: 10.1109/TRO.2021.3075644.
- [4] Lowe, D.G. "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints." *International Journal of Computer Vision* 60, 91–110 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94>
- [5] E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige, and G. Bradski, "ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF," in *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vision, Barcelona, Spain, Nov. 2011*, pp. 2564–2571.
- [6] P. Moulon, P. Monasse, and R. Marlet, "Adaptive structure from motion with a contrario model estimation," in *Asian Conf. Comput. Vision* pp. 257–270, Springer, 2013. Available: <https://github.com/openMVG/openMVG/>
- [7] 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, pp. 381–395, 1981.
- [8] A. Kendall, M. Grimes and R. Cipolla, "PoseNet: A Convolutional Network for Real-Time 6-DOF Camera Relocalization," 2015 *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, Santiago, Chile, 2015, pp. 2938–2946, doi: 10.1109/ICCV.2015.336.
- [9] C. Szegedy et al., "Going deeper with convolutions," 2015 *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Boston, MA, USA, 2015, pp. 1–9, doi: 10.1109/CVPR.2015.7298594.
- [10] A. Kendall and R. Cipolla, "Geometric Loss Functions for Camera Pose Regression with Deep Learning," 2017 *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Honolulu, HI, USA, 2017, pp. 6555–6564, doi: 10.1109/CVPR.2017.694.
- [11] Wang, Bing, Changhao Chen, Chris Xiaoxuan Lu, Peijun Zhao, Niki Trigoni, and Andrew Markham, "Atloc: Attention guided camera localization," In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, vol. 34, no. 06, pp. 10393–10401, 2020.
- [12] He, Kaiming, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, and Jian Sun, "Deep residual learning for image recognition," In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 770–778, 2016.
- [13] Chen, Shuai, Xinghui Li, Zirui Wang, and Victor A. Prisacariu, "Dfnet: Enhance absolute pose regression with direct feature matching," In *European Conference on Computer Vision*, pp. 1–17, Cham: Springer Nature Switzerland, 2022.
- [14] Mildenhall, Ben, Pratul P. Srinivasan, Matthew Tancik, Jonathan T. Barron, Ravi Ramamoorthi, and Ren Ng, "Nerf: Representing scenes as neural radiance fields for view synthesis," *Communications of the ACM* 65, no. 1 (2021): 99–106.
- [15] R. Martin-Brualla, N. Radwan, M. S. M. Sajjadi, J. T. Barron, A. Dosovitskiy and D. Duckworth, "NeRF in the Wild: Neural Radiance Fields for Unconstrained Photo Collections," 2021 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Nashville, TN, USA, 2021, pp. 7206–7215, doi: 10.1109/CVPR46437.2021.00713.
- [16] Simonyan, Karen, and Andrew Zisserman, "Very deep convolutional networks for large-scale image recognition," *arXiv preprint arXiv:1409.1556* (2014).
- [17] Sarlin, Paul-Edouard, Frédéric Debraine, Marcin Dymczyk, Roland Siegwart, and Cesar Cadena, "Leveraging deep visual descriptors for hierarchical efficient localization," In *Conference on Robot Learning*, pp. 456–465, PMLR, 2018.
- [18] D. DeTone, T. Malisiewicz and A. Rabinovich, "SuperPoint: Self-Supervised Interest Point Detection and Description," 2018 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, Salt Lake City, UT, USA, 2018, pp. 337–33712, doi: 10.1109/CVPRW.2018.00060.
- [19] P. -E. Sarlin, D. DeTone, T. Malisiewicz and A. Rabinovich, "SuperGlue: Learning Feature Matching With Graph Neural



Networks," 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Seattle, WA, USA, 2020, pp. 4937–4946, doi: 10.1109/CVPR42600.2020.00499.

- [20] P. -E. Sarlin, C. Cadena, R. Siegwart and M. Dymczyk, "From Coarse to Fine: Robust Hierarchical Localization at Large Scale," 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Long Beach, CA, USA, 2019, pp. 12708–12717, doi: 10.1109/CVPR.2019.01300.

- [21] Howard, Andrew G., Menglong Zhu, Bo Chen, Dmitry Kalenichenko, Weijun Wang, Tobias Weyand, Marco Andreetto, and Hartwig Adam. "Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications." arXiv preprint arXiv:1704.04861 (2017).

- [22] R. Arandjelovic, P. Gronat, A. Torii, T. Pajdla and J. Sivic, "NetVLAD: CNN Architecture for Weakly Supervised Place Recognition," 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 2016, pp. 5297–5307, doi: 10.1109/CVPR.2016.572.

- [23] J. Shotton, B. Glocker, C. Zach, S. Izadi, A. Criminisi and A. Fitzgibbon, "Scene Coordinate Regression Forests for Camera Relocalization in RGB-D Images," 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Portland, OR, USA, 2013, pp. 2930–2937, doi: 10.1109/CVPR.2013.377.

- [24] Huang, Zhaoyang, Han Zhou, Yijin Li, Bangbang Yang, Yan Xu, Xiaowei Zhou, Hujun Bao, Guofeng Zhang, and Hongsheng Li. "Vs-net: Voting with segmentation for visual localization." In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 6101–6111. 2021.

- [25] P. -E. Sarlin et al., "Back to the Feature: Learning Robust Camera Localization from Pixels to Pose," 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Nashville, TN, USA, 2021, pp. 3246–3256, doi: 10.1109/CVPR46437.2021.00326.



김 성 민

- 2017년 3월 ~ 현재 세종대학교 전자정보통신공학과 학부 재학

〈관심 분야〉

Deep Learning, VR 영상 합성, Point Cloud 기반 영상 처리, Computer Vision



한 종 기

- 1992년 2월 KAIST 전기및전자공학과 공학사
- 1994년 2월 KAIST 전기및전자공학과 공학 석사
- 1999년 2월 KAIST 전기및전자공학과 공학 박사
- 1999년 3월 ~ 2001년 8월 삼성전자, DM 연구소, 책임연구원
- 2001년 9월 ~ 현재 세종대학교, 전자정보통신공학과, 교수
- 2008년 9월 ~ 2009년 8월 UC San Diego, Electrical Computer Science, Visiting Scholar

〈관심 분야〉

VR 영상 제작, Point Cloud 영상 제작, Video Codec

시각장애인을 위한 인공지능 기술 연구 동향

I. 서론

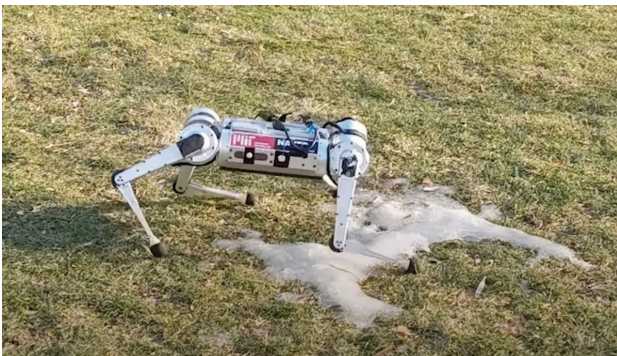
세계 보건 기구 (WHO) 및 국내 보건복지부의 보고에 따르면, 전 세계적으로 약 2억 8,500만 명의 사람들이 시각장애를 겪고 있으며, 국내에서는 2022년 현재 대략 25만명의 시각장애인이 있는 것으로 확인되고 있다. ^{[1][2]} 이들 시각장애인은 일상생활에서 다양한 활동, 예를 들면 단순히 도로 위를 걷는 것부터 은행 현금자동입출금기(ATM)에서 금융 서비스를 이용하는 것까지, 비장애인들이 당연하게 즐기는 여러 활동에 어려움을 겪는다. 특히 이들은 시각적 제약으로 인해, 일상생활 중 발생할 수 있는 안전과 보안과 관련된 다양한 위험요소들을 비장애인들과 같이 신속하게 인식하고 대응하기 어려워 일상생활에서 때때로 불안함을 경험하기도 한다 ^[3]. 따라서, 시각장애인들이 사회적으로 안전하게 활동할 수 있도록 이들의 불안감을 해소하고, 사회 및 문화 활동에 대한 접근성을 향상시켜 이들이 일상생활을 자유롭게 영위할 수 있도록 지원하는 것은 우리 사회의 중요한 사회적 과제 중 하나이다.

지금까지 시각장애인들은 주변 환경을 탐색하고 이해하기 위한 주요한 보조 수단으로 전통적으로 흰 지팡이와 안내견을 주로 사용해왔다. 그러나 이러한 전통적인 시각 보조 도구들에는 몇 가지 제한 사항이 존재한다. 예를 들어, 흰 지팡이는 주변 환경에 대한 제한된 정보만을 제공하는 한계점이 있다 ^[4]. 또한, 시각장애인을 위한 안내견의 경우 안내견을 양성하기 위한 훈련에 많은 시간과 비용이 소요되는 문제점이 있다 ^[5]. 이런 기존 방법들의 한계로 인해, 최근에는 인공지능 (AI) 및 로보틱스기술을 활용하여 시각장애인들에게 믿을 만한 인공지능 기반의 새로운 안내자를 소개하고 그들의 새로운 "눈"을 만들어주기 위한 시각 보조 시스템 연구가 더욱 확대되고 있다 ^{[6][7]}.

이와 같은 연구의 하나로, 구글(Google)은 2019년에 컴퓨터 비전 기



이 장 원
성균관대학교



〈그림 1〉 시각장애인을 위한 로봇 안내견 ^{[7][8]}.

술을 활용하여 시각장애인이 스마트폰 카메라로 촬영한 영상을 인식하고 음성으로 정보를 전달하는 모바일 앱 'Lookout'을 발표하였다^[9]. 그뿐만 아니라, 세계 최고 권위의 컴퓨터 비전 학회인 CVPR (IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition)과 ECCV (European Conference on Computer Vision)에서는 시각장애인을 위한 컴퓨터 비전 알고리즘 연구와 개발을 촉진하기 위한 VizWiz 워크숍이 개최되기도 하였다^[10].

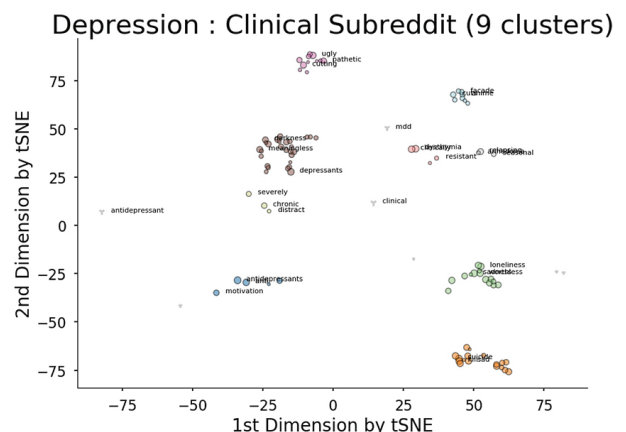
이러한 연구들은 최근 빠르게 발전하는 인공지능 기술이 사회적으로 취약한 시각장애인들을 지원하는 데 효과적으로 활용될 수 있음을 보여주고 있다. 이는 인공지능이 사회 문제 해결에 긍정적으로 기여할 수 있는 좋은 사례들로, 이와 같은 인공지능의 사회적 활용 연구가 확대되면 다양한 사회적 문제를 해결하는 데 새로운 기회를 제공할 것으로 기대된다. 이에 따라 본 논문에서는 인공지능 기술의 사회적 활용에 관한 최근 연구 동향을 간략히 살펴보고, 컴퓨터 비전을 중심으로 시각장애인 지원을 위해 개발된 최신 연구들을 조사하여 이러한 기술의 현재 및 한계 그리고 앞으로의 가능성을 논의하고자 한다.

II. 인공지능의 사회적 활용

지금까지 많은 기술의 진보와 마찬가지로, 인공지능 기술의 발전 역시 인류와 사회에 미치는 영향을 생각해 보면 긍정적인 효과와 부정적인 효과가 함께 나타나는 양면성이 있는 것으로 보인다.^[11] 기술의 밝은 면을 우선 살펴

보면, 인공지능 기술은 인류의 생산성 향상을 돕고 자율주행 및 스마트 홈과 같은 혁신적인 기술을 통해 인류의 삶을 더 편리하게 만들어줄 수 있다. 그러나 반대로, 인공지능 기술은 전쟁 및 테러와 같은 부정적인 목적으로도 악용될 수 있으며, 개인정보 유출과 보안 문제, 그리고 인공지능 기술의 도입으로 심화되고 있는 소득 불평등 문제와 같은 사회 현상들은 인공지능 기술 발전의 우려 대상이 되고 있다. 이러한 관점에서 최근 테슬라(Tesla)의 최고경영자(CEO)인 일론 머스크(Elon Musk)를 비롯한 일부 인공지능 연구자들은 인공지능 기술이 사회에 초래할 위험성을 지적하며 인공지능 기술의 개발을 한시적으로 중단하는 것을 산학계에 제안하기도 했다^[12].

한편, 또 다른 움직임으로 인공지능 기술의 발전 방향을 인간을 “대체”하는 것이 아닌 인간을 돕는 기술로 발전시키는 것을 목표로 설정하고, 다양한 전공과 분야의 전문가들이 협력하여 인공지능 기술의 긍정적인 사회적 영향력을 극대화하기 위한 연구들 또한 활발히 진행되고 있다^{[13][14]}. 이러한 연구의 일환으로, 미국 예모리 대학교에서는 2019년 사용자들이 Social Media에 게시하는 정보를 분석하여, ADHD, 조울증, 우울증과 같은 정신 질환을 구분할 수 있고 또 사용되는 단어를 이용하여 이를 어느 정도 예측할 수 있다는 것을 보여주었으며^[15], 의료 분야에서는 인공지능 기술을 적극적으로 활용하여 알츠하이머와 같은 불치병 문제를 극복하고 희귀질환의 치료법을 개발하는 데 노력하고 있다^[16].



〈그림 2〉 우울증에 대한 가장 예측력이 높은 100개의 단어^[15]

또한, 최근 인공지능 기술은 아프리카의 밀렵꾼들을 감시하고 위험에 처한 야생동물들을 보호하려는 방안으로도 사용되고 있으며^[17], 기후변화로 점점 더 예측하기 힘든 가뭄이나 홍수와 같은 기후재난을 예측하는 데도 도입되어 활발히 사용되고 있다^[18]. 이어지는 장에서는 이러한 인공지능 기술을 활용하여 사회적 문제를 해결하는 방안 중, 시각장애인을 지원하기 위해 개발된 최근 인공지능 연구기술들을 컴퓨터 비전 기술을 중심으로 자세히 살펴해보도록 한다.

III. 시각장애인을 위한 인공지능 기술

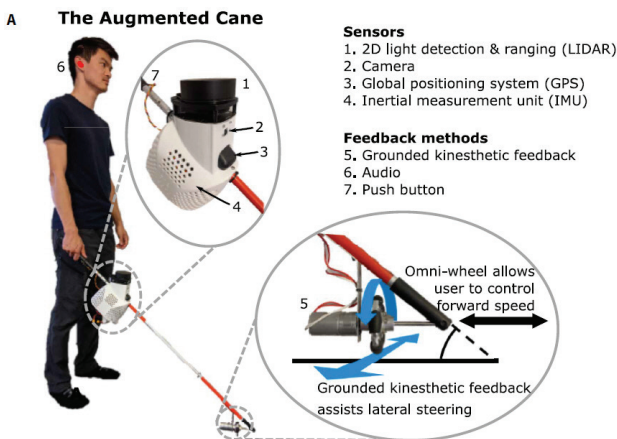
현재, 인공지능 기술의 빠른 발전과 함께 시각장애인을 지원하기 위한 다양한 형태의 인공지능 기술이 활발히 연구되고 있다^{[6][7][19]}. MIT 김상배 교수팀이 개발한 미니 치타 (Mini Cheeta) 로봇의 경우 시각장애인을 위한 안내견으로 개발되었으며 레이저 스캐너와 depth 카메라 정보를 이용하여 시각장애인의 길 안내를 지원한다^{[7][8]}. 또한, 미국 스탠포드 대학의 연구팀은 2021년, 시각장애인들을 위해 인공지능 기술을 활용한 스마트 지팡이 (Augmented cane)를 개발했다^[20].

이 스마트 지팡이는 초음파 센서, 카메라, 그리고 다른 센서들을 활용하여 주변 환경을 실시간으로 감지하고 인공지능 기술을 기반으로 사용자에게 안전한 이동 경로를 안내하여 시각적 제약이 있는 사용자도 장애물과의 충돌

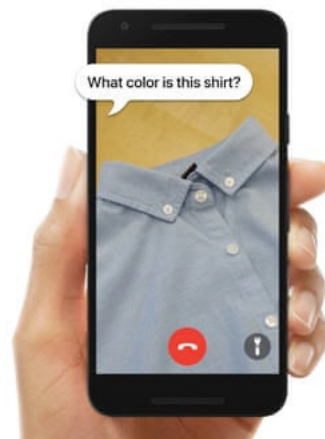
없이 안전하게 이동할 수 있도록 지원한다.

또한, 최근의 GPT-4 (Generative Pre-trained Transformer)와 같은 대규모 언어 모델 (LLM, Large Language Model)을 기반으로 한 인공지능 기술의 발전은 시각장애인을 위한 인공지능 어플리케이션 개발에 새로운 가능성을 제시하고, 시각장애인들이 손쉽게 사용할 수 있는 스마트폰 기반의 서비스도 다수 개발되었다^{[21][22]}. 이런 어플리케이션 중 하나가 그림 4에서 Be My Eyes라는 어플리케이션이다. Be My Eyes의 경우 시각장애인을 위한 가상의 자원봉사자 역할을 수행하는 것을 목적으로 개발된 어플리케이션으로, GPT-4 모델을 기반으로 하여 개발되었기 때문에 텍스트를 음성으로 변환하는 수준이 매우 뛰어나다. 따라서, 이 어플리케이션을 통해 시각장애인들은 웹 페이지, 책, 뉴스 기사와 같은 텍스트 콘텐츠를 음성으로 청취할 수 있다. 또한, 이 어플리케이션은 시각장애인들이 도시의 거리, 건물, 식당 메뉴와 같은 정보를 음성으로 얻을 수 있도록 하여, 그들의 더욱 안전한 이동을 지원하도록 설계되었다. 또한, Raspberry Pi와 같은 소형 하드웨어 장치를 기반으로 한 휴대용 웨어러블 기기를 개발하여, 시각장애인들에게 필요한 주변 정보를 실시간으로 제공하여 일상생활을 더 편리하게 지원하기 위한 연구도 진행되고 있다^[23].

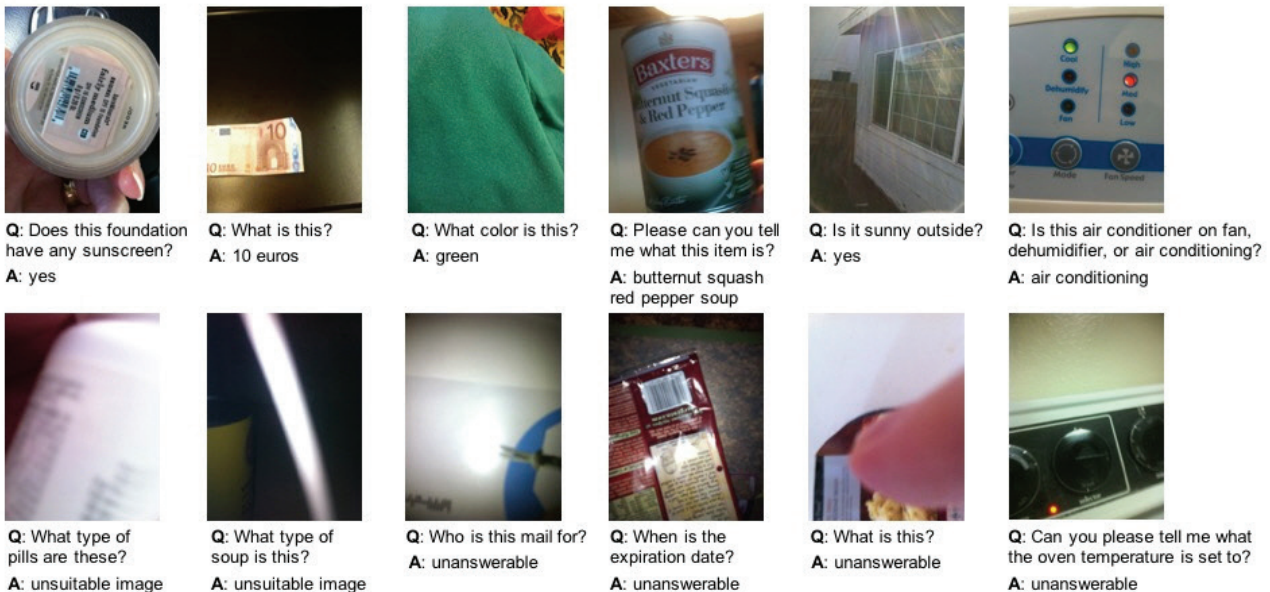
그런데, 지금까지 소개한 시각장애인을 위한 인공지능 기술 개발 사례들을 자세히 살펴보면, 결국 컴퓨터 비전 기술이 다양한 형태의 인공지능 기반 시스템을 구현하는



〈그림 3〉 스마트 지팡이 (Augmented Cane)^[20]



〈그림 4〉 시각장애인을 위한 스마트폰 어플리케이션: Be My Eyes^[22]



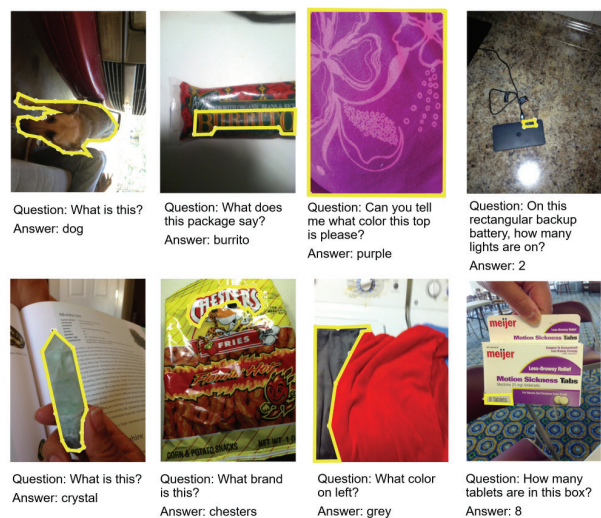
〈그림 5〉 Answer Visual Questions from People Who Are Blind ^[24]

데 필수적인 역할을 한다는 사실을 확인할 수 있다. 이는 컴퓨터 비전 기술이 컴퓨터가 카메라를 통해 세상을 관찰하고 해석하는 데 중점을 두는 학문이기 때문에 자연스러운 결과라고 할 수 있다. 따라서, 다음 장에서는 시각장애인을 위한 최근 컴퓨터 비전 분야에서의 연구개발 동향에 대해 자세히 살펴보도록 한다.

IV. 시각장애인을 위한 컴퓨터 비전

지난 10년 동안 컴퓨터 비전 기반 기술을 이용하여 시각장애인을 위한 새로운 "눈"을 만들기 위한 연구들이 활발하게 이루어져 왔다. 현재, 이분야에서 활발한 연구를 수행하는 그룹 중 하나는 미국 콜로라도 대학교이며, 이 대학의 Danna Gurari 교수와 그의 연구 그룹은 세계적으로 권위 있는 학회인 CVPR, ICCV, ECCV에서 연이어 VizWiz Challenge와 Workshop을 주관하며 시각장애인 관련 연구를 적극적으로 개진하고 있다 ^[24].

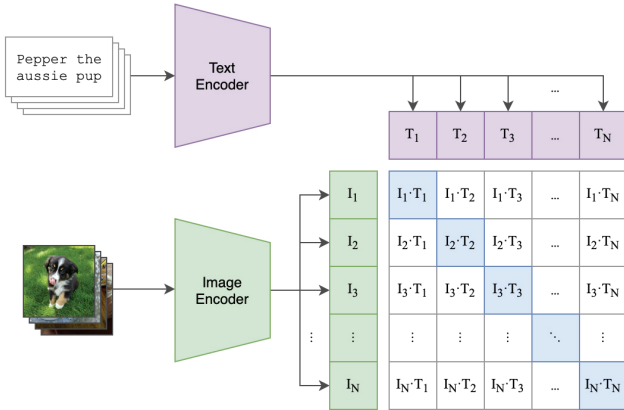
VizWiz Workshop은 매년 다양한 Challenge를 진행하고 있는데, 그 중에서도 가장 대표적인 대회(VizWiz-VQA)는 시각장애인이 직접 촬영한 이미지에 대한 질문에 정확하게 답하는 인공지능 알고리즘을 개발하는 것을 목표로 한다. 이 대회는 사실 컴퓨터 비전 분야에서 흔히



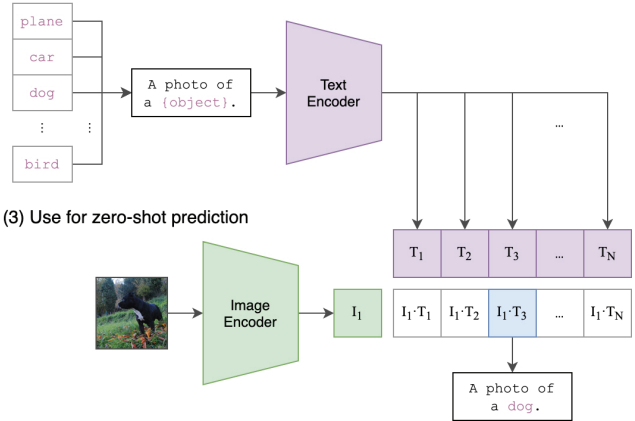
〈그림 6〉 Answer Grounding for VQA ^[27]

하는 visual question and answering(VQA) task의 일종으로 볼 수 있으나, 이 대회의 독특한 점은 이 대회에서는 시각장애인들이 직접 촬영한 이미지를 다룬다는 것이다. 이로 인해 이미지 품질이 일반적인 데이터보다 좋지 않고, 흔들림, 가려짐 등과 같은 문제가 흔하게 발생하는 어려움이 있다. 따라서, 이 대회는 시각장애인들이 실생활에서 촬영한 저품질 이미지에서도 올바르게 동작하는 컴퓨터 비전 알고리즘을 개발하는 데 중점을 두고 있다고 볼 수 있으며, 이와 같은 환경에서 동작하는 알고리즘을

(1) Contrastive pre-training



(2) Create dataset classifier from label text



(3) Use for zero-shot prediction

〈그림 7〉 CLIP: Connecting text and images [28]

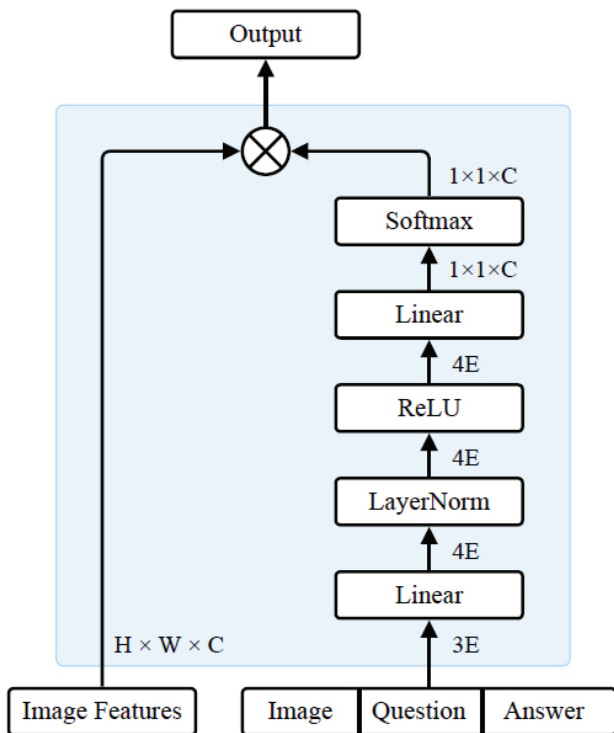
개발한다면 시각장애인을 위한 현실적이고 실용적인 인공지능 기반 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

이 워크샵에서는 또한 VQA를 통해 개인정보의 무단 유출을 식별하는 것을 목적으로 VizWiz-Priv 이라는 이름의 데이터셋이 공개되었다 [25]. 이와 유사하게, 이 워크샵에서는 최근 몇 년 동안 시각장애인을 위한 인공지능

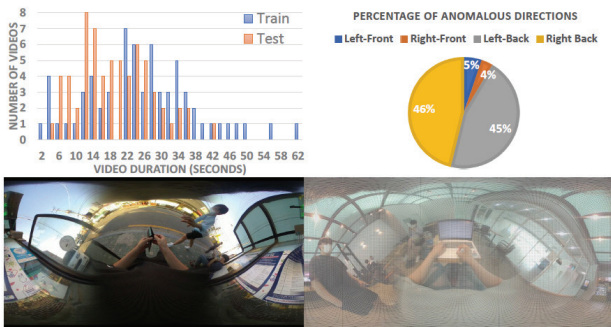
컴퓨터 비전 기술 개발을 목표로 시각장애인들의 다양한 요구사항을 고려한 새로운 VQA task들이 설계되었고 이를 위한 데이터셋들이 함께 공개되었다. 이때 소개된 데이터셋들은 다양한 연구 목적을 위해 활용되고 있다. 예를 들어, 이 중에는 동일한 시각적 질문에 대한 대답이 응답자별로 다르게 나타날 수 있다는 점에 주목하여 응답자 간의 차이가 발생하는 원인을 조사하기 위한 연구가 있다 [26]. 또한, 그림 6과 같이 기존의 VQA와는 다르게 시각적 질문에 대한 답변을 자연어로 제공하는 대신 시각적으로 근거를 제시함으로써 실제로 답변을 추론하는 데 사용된 이미지의 영역을 조사하기 위한 연구도 있다 [27].

기술적으로는 기본적으로 VQA Task의 하나이기 때문에, 그림 7과 같은 OpenAI에서 개발한 CLIP을 기본 백본 네트워크로 사용하여 자연어 지도 학습을 통해 시각적 개념을 배우고, 이를 통해 시각적 정보와 언어 이해 능력을 효과적으로 결합하고자 하는 모델들이 많이 사용되고 있다 [27]. 2023년 CVPR 워크샵 VizWiz Answer Grounding Challenge에서 1위를 차지한 모델을 구체적인 예로 살펴보면, 앞선 연구들과 유사하게 CLIP을 백본으로 활용하였으며, 그림 8과 같이 attention 기반의 세 부분 block을 백본 네트워크에 추가하여 image features와 image-question-answering embedding feature 사이의 관계성을 효과적으로 학습하도록 설계함으로써 모델의 정확도를 높였다 [28].

이렇게 시각장애인을 위한 컴퓨터 비전 연구를 살펴보



〈그림 8〉 Embedding Attention Blocks for the VizWiz Answer Grounding Challenge [28].



〈그림 9〉 Anomaly Detection for Visually Impaired People Using A 360 Degree Wearable Camera ^[30].

면, VQA와 같은 시각적 질문-답변에 중점을 둔 다양한 데이터셋이 공개되어 이미지 인식 및 이미지 캡션 생성과 같은 연구가 활발하게 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 현재까지 공개된 데이터셋과 task들을 살펴보면, 연구는 주로 이미지 기반 기술에 중점을 두고 있으며, 비디오 기반 연구에 대한 관심은 아직 상대적으로 부족한 것으로 보인다. 더불어, 시각장애인의 보안 및 물리적 위험 상황 대응에 관한 연구는 아직 충분히 이루어지지 않은 것으로 판단된다.

이에 따라, 본 논문의 저자는 2022년 CVPR Vizwiz 워크샵에서 360카메라 기반의 이상 탐지 데이터셋을 생성하고 해당 워크샵에 참여하여 이 연구의 방향 및 가능성에 대해 참석자들과 이야기를 나누어 보았다 ^[30]. 이 연구는 아직 아이디어 발전 단계에 있으나, 향후 연구가 진행되어 새로운 360 카메라 기반의 공개 데이터셋이 생성되고, 이를 활용하여 시각장애인들에게 발생할 수 있는 신체적 위험과 같은 다양한 위험을 탐지할 수 있다면 시각장애인을 위한 컴퓨터 비전 기술의 발전에 기여할 것으로 기대된다.

V. 전망과 결론

현재, 시각장애인을 지원하기 위한 인공지능 기술은 빠르게 발전하고 있고, 이러한 기술은 머지않은 미래에 시각장애인들에게 더 나은 삶을 제공하는 데 분명 도움이 될 수 있다고 생각한다. 그러나 이 분야가 더 발전하기 위해서는 아래와 같은 방향으로 기술 개발이 더 이루어져야

할 것으로 생각한다.

우선, 다양한 환경에서 촬영된 저품질 이미지에 대응하는 인공지능 알고리즘의 개발이 필요하다. 시각장애인들은 일상생활에서 다양한 상황을 경험하며, 이러한 상황에 대응할 수 있는 안정적이고 효과적인 인공지능 기술이 필요하다. 뿐만 아니라, 비디오 기반의 연구와 시각장애인의 보안 및 물리적 위험 상황 대응에 관한 연구에 더 많은 관심과 자원이 필요하다. 비디오 데이터를 활용한 연구는 시각 정보를 풍부하게 전달할 수 있을 뿐만 아니라, 보안 및 위험 상황 대응에도 도움이 될 수 있을 것으로 생각한다.

마지막으로, 이 분야의 발전을 위해서는 서로 다른 분야의 전문가들끼리 서로 협력하는 점이 가장 중요하다고 생각한다. 정부, 학계, 산업체를 가리지 않고 서로 다른 분야의 전문가들이 시각장애인의 의견과 요구를 함께 듣고 이를 바탕으로 시각장애인을 위한 인공지능 기술을 개발할 수 있다면, 인공지능 기술을 기반으로 시각장애인들이 더욱 안전하고 독립적으로 삶을 즐길 수 있는 미래를 만들어낼 수 있을 것으로 생각한다.

참고 문헌

- [1] Resnikoff, Serge, et al. "Global data on visual impairment in the year 2002." *Bulletin of the world health organization* 82.11 (2004): 844–851.
- [2] 보건복지부. "장애인 등록 현황 (2022년)." 대한민국 전자정보 누리집.
- [3] Ahmed, Tousif, et al. "Addressing physical safety, security, and privacy for people with visual impairments." In *Symposium on Usable Privacy and Security (SOUPS)*, 2016.
- [4] dos Santos, Aline Darc Piculo, et al. "Are electronic white canes better than traditional canes? A comparative study with blind and blindfolded participants." *Universal Access in the Information Society* 20.1 (2021): 93–103.
- [5] Pfaffenberger, Clarence J., et al. *Guide dogs for the blind: their selection, development, and training*. Elsevier Scientific Publishing Company., 1976.
- [6] Sivan, Shankar, and Gopu Darsan. "Computer vision based assistive technology for blind and visually impaired people."

- Proceedings of the 7th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies, 2016.
- [7] Xiao, Anxing, et al. "Robotic guide dog: Leading a human with leash-guided hybrid physical interaction." 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, 2021.
- [8] Koetsier, John. "How MIT Helped a Blind Robot Teach Itself to Walk in 3 Hours." *Forbes*, July 21, 2022, [URL: <https://www.forbes.com/sites/johnkoetsier/2022/07/21/how-mit-helped-a-blind-robot-teach-itself-to-walk-in-3-hours/?sh=6ad76c8739b4>].
- [9] "Lookout: Discover Your Surroundings with the Help of AI." Google Blog, Google, 30 May 2019, [URL: <https://blog.google/outreach-initiatives/accessibility/lookout-discover-your-surroundings-help-ai/>].
- [10] "2018/2020 VizWiz Grand Challenge Workshop." VizWiz, [URL: <https://vizwiz.org/>].
- [11] Nigam, Rohit. "The Bright Side and Dark Side of AI." Medium, 14 July 2021, [URL: <https://medium.com/@nigamr24/the-bright-side-and-dark-side-of-ai-5bd02248d564>].
- [12] Elon Musk, et al. 'Musk, Experts Urge Pause on Training AI Systems That Can Outperform GPT-4.' Reuters, 29 Mar. 2023, [URL: <https://www.reuters.com/technology/musk-experts-urge-pause-training-ai-systems-that-can-outperform-gpt-4-2023-03-29/>].
- [13] Google AI, "Google AI and Social Good." [URL: <https://ai.google/responsibility/social-good/>].
- [14] Li, Fei-Fei. "AI Should Care More About Humans." *Wired*, 7 Dec. 2018, [URL: <https://www.wired.com/story/fei-fei-li-ai-care-more-about-humans/>].
- [15] Thorstad, Robert, and Phillip Wolff. "Predicting future mental illness from social media: A big-data approach." *Behavior research methods* 51 (2019): 1586–1600.
- [16] "Accelerate the Search for Alzheimer's Cure: Scientists Use Artificial Intelligence to Identify Likely Drug Candidates." University of Arizona College of Medicine – Phoenix, 5 Jan. 2023, [URL: <https://medicine.arizona.edu/news/2023/accelerate-search-alzheimers-cure-scientists-use-artificial-intelligence-identify-likely>].
- [17] Fang, Fei, et al. "Deploying paws: Field optimization of the protection assistant for wildlife security." *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. Vol. 30, No. 2, 2016.
- [18] Nearing, Grey, et al. "AI Increases Global Access to Reliable Flood Forecasts." *arXiv preprint arXiv:2307.16104* (2023).
- [19] Al-Muqbal, Fatma, et al. "Smart Technologies for Visually Impaired: Assisting and conquering infirmity of blind people using AI Technologies." 2020 12th Annual Undergraduate Research Conference on Applied Computing (URC). IEEE, 2020.
- [20] Slade, Patrick, Arjun Tambe, and Mykel J. Kochenderfer. "Multimodal sensing and intuitive steering assistance improve navigation and mobility for people with impaired vision." *Science robotics* 6,59 (2021): eabg6594.
- [21] TechCrunch, "GPT-4's First App Is a Virtual Volunteer for the Visually Impaired." 14 March 2023.
- [22] The Guardian. "Be My Eyes App: 'It's like I have a friend on the other side of the world'." 12 July 2019.
- [23] Khan, Muiz Ahmed, et al. "An AI-based visual aid with integrated reading assistant for the completely blind." *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* 50,6 (2020): 507–517.
- [24] "VizWiz: Visual Question Answering for the Blind." <https://vizwiz.org/>
- [25] Gurari, Danna, et al. "Vizwiz-priv: A dataset for recognizing the presence and purpose of private visual information in images taken by blind people." *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2019.
- [26] Bhattacharya, Nilavra, Qing Li, and Danna Gurari. "Why does a visual question have different answers?." *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*. 2019.
- [27] Chen, Chongyan, Samreen Anjum, and Danna Gurari.



"Grounding answers for visual questions asked by visually impaired people." Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2022.

[28] Radford, Alec, et al. "Learning transferable visual models from natural language supervision." International conference on machine learning. PMLR, 2021.

[29] Seyedalireza Khoshsirat, Chandra Kambhampettu, "Embedding Attention Blocks for the VizWiz Answer Grounding Challenge." IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2023.

[30] Kim, Dong-in, and Jangwon Lee. "Anomaly Detection for Visually Impaired People Using A 360 Degree Wearable Camera." IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2022.



이 장 원

- 2006년 2월 성균관대학교 전자전기공학과 학사
- 2008년 2월 성균관대학교 전기컴퓨터공학과 석사
- 2018년 7월 인디애나대학교 Informatics 박사
- 2008년 2월 ~ 2013년 7월 삼성테크윈 및 삼성전자 선임연구원
- 2016년 6월 ~ 2016년 8월 NASA JPL, Research Intern
- 2018년 9월 ~ 2020년 2월 ObjectVideo Labs at Alarm.com, Research Scientist
- 2020년 3월 ~ 2023년 2월 한국항공대학교 항공전자전보공학부 조교수
- 2023년 3월 ~ 현재 성균관대학교 실감미디어공학과 및 컴퓨터교육과 조교수

〈관심 분야〉

Intelligent and Interactive Systems, Computer Vision, Human-Robot-Interaction (HRI), Computer Vision for Robotics

차세대 비동기식 이벤트 카메라 및 인공지능 기반 컴퓨터 비전 응용

I. 서론

최근 이벤트 카메라는 컴퓨터 비전 분야에서 그 활용 가능성을 빠르게 입증하고 있다. 이벤트 카메라는 생물학적으로 영감을 받은 차세대 뉴로모픽 (neuromorphic) 센서로서 다양한 공학 분야에서 큰 주목을 받고 있다^[1]. 이는 인간의 뇌를 모방한 회로를 개발하는 기술이다. 뉴로모픽 공학은 다양한 분야에서 혁신적인 변화를 가져오고 있으며, 특히, 다양한 조도 환경에선 안정적이며 빠르게 동작해야 하는 컴퓨터 비전 분야에서도 중요한 역할을 하고 있다.

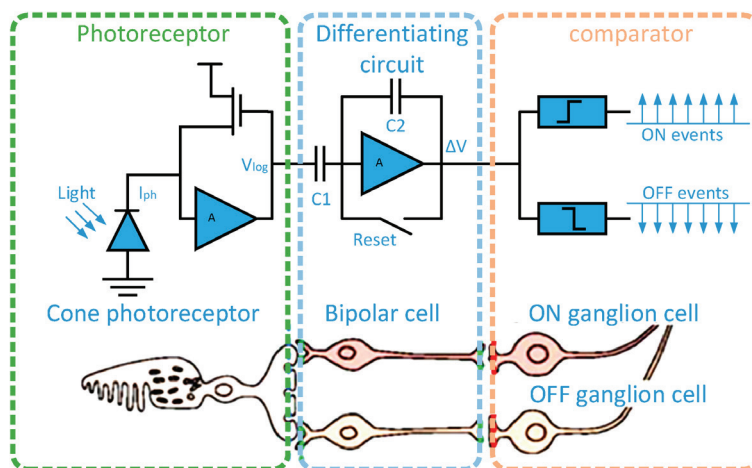
컴퓨터 비전 분야는 인공지능 기술의 발전과 함께 급속하게 성장해왔다. 수많은 이미지 센서로부터 생성되는 방대한 양의 시각 정보를 효과적으로 처리하는 것은 매우 중요한 과제였다. 이에 따라 인공지능 기술의 발전으로 시각 정보 처리 알고리즘 또한 진보하면서 컴퓨터 비전 분야는 큰 발전을 이루었다.



강 대 현
홍익대학교

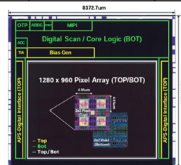


강 동 우
홍익대학교



〈그림 1〉 사람의 망막 구조를 모방한 이벤트 카메라^[1]

<표 1> 제조사별 이벤트 카메라 스펙 비교 ^[2]

Supplier	Inivation			Prophesee			Samsung		
Model	DVS128	DAVIS240	DAVIS346	ATIS	Gen3 CD	Gen4 CD	Gen2	Gen3	Gen4
Year	2008	2014	2017	2011	2017	2020	2017	2017	2020
Resolution	128 * 128	240 * 180	346 * 260	304 * 240	640 * 480	1280 * 720	640 * 480	640 * 480	1280 * 960
Latency(μ s)	12	12	20	3	40 – 200	20 – 150	65 – 410	50	150
Dynamic Range (dB)	120	120	120	143	> 120	> 124	90	90	100
Power Usage (mW)	23	5 – 14	10 – 170	50 – 175	36 – 95	32 – 84	27 – 50	40	130
									
	DAVIS346			Gen3.1 - VGA			DVS Gen4 Sensor		

이러한 발전 과정에서 기존의 RGB 프레임 기반 동기식 카메라는 여러 가지 제약 사항을 가지고 있다. 프레임 당 촬영 속도의 한계로 인해 (30~60 fps) 빠르게 움직이는 물체의 경우 Motion blur가 발생하는 등 정확한 영상을 획득의 어려움을 겪고 있다. 또한 이미지 센서의 dynamic range가 제한되어 다양한 조도 환경에서의 안정적으로 이미지 데이터 수집하는 것에 어려움을 겪고 있다. 또한 모바일 기기 또는 Augmented Reality (AR) 및 Virtual Reality (VR) wearable device에서 큰 전력 소모로 인한 장시간 사용에 어려움을 겪고 있다.

비동기식으로 동작하는 이벤트 카메라는 이러한 한계를 극복하도록 설계된 차세대 뉴로모픽 카메라이다. <그림 1>과 같이 생체모방적인 설계를 통해 이벤트 카메라는 프레임 기반 카메라와 달리 픽셀 단위로 신호를 처리하며, 물체의 움직임을 높은 시간 해상도로 정확하게 감지할 수 있다 ^[1]. 또한 이벤트 카메라는 각각의 픽셀이 변화를 감지할 때마다 신호를 생성하므로 프레임이 아닌 이벤트 단위로 데이터를 수집한다. 이러한 설계 특성으로 인해, 높은 dynamic range와 낮은 latency를 가지며, 빠르고 복잡한 움직임을 정확하게 잡아낼 수 있는 장점을 가지고 있다 ^[2].

이러한 장점으로 인하여, 비동기식 이벤트 카메라는 기존 컴퓨터 비전 분야의 핵심적인 응용 분야인, 자율주행

자동차, 보안 시스템, 로봇, AR/VR 디바이스 및 각종 모바일 컴퓨터 비전 어플리케이션 등 다양한 분야에서 활발한 응용 가능성을 제시하고 있다. 자율주행 자동차에서는 다양한 조도 환경에서 고속 주행 중 빠르게 움직이는 물체를 정확하게 감지하여 사고 예방에 기여할 수 있고 ^[3], 보안 시스템에서는 미세한 움직임도 놓치지 않고 감지하여 ^[4], 보다 정교한 모니터링이 가능하다. 의료 분야에서도 이벤트 카메라의 높은 시간 해상도와 정확한 움직임 감지 능력을 활용하여 수술 중 미세한 동작을 추적하거나 의료 영상을 더욱 선명하게 획득하는 데 활용될 수 있다 ^[5]. 또한 저전력으로 빠르게 동작하는 이벤트 카메라에서는, 전력 사용량 매우 중요한 모바일 기기, AR/VR 안경에서의 그 중요성이 높아지고 있다 ^[6].

본 원고에서는 이벤트 카메라의 소개와 그것이 가져올 컴퓨터 비전 응용 기술 동향을 살펴보고자 한다. II 장에서는 이벤트 카메라의 기본 동작 원리 및 장점을, III 장에서는 이벤트 카메라의 다양한 인공지능 기반 컴퓨터 비전 응용 동향을 소개한다.

II. 차세대 비동기식 이벤트 카메라

1. 비동기식 이벤트 카메라의 동작 원리

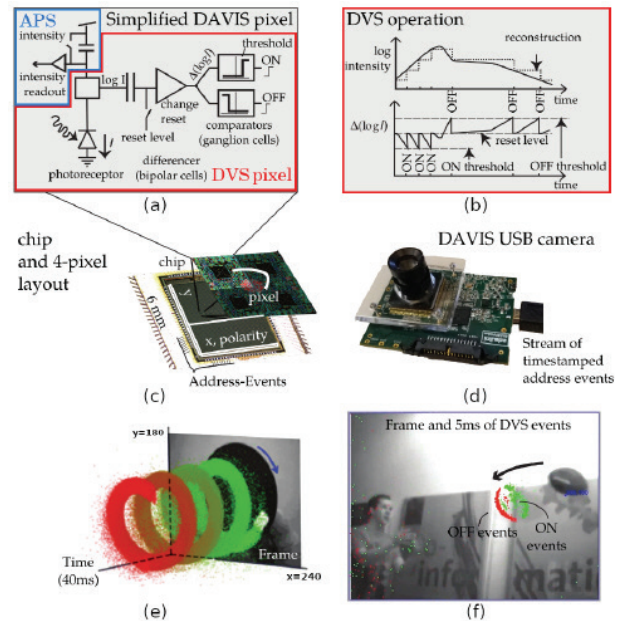
기존의 RGB 프레임 기반 카메라와는 대조적으로, 이벤

트 카메라는 정해진 시간 간격에 구애받지 않고, 피사체의 픽셀별 밝기 변화를 독립적으로, 그리고 비동기식으로 포착한다. 그 결과로 나타나는 출력값은 연속적인 이벤트 데이터로, 이는 시간에 따른 픽셀의 밝기 변화를 로그 형태로 반영한다. 이러한 이미지 캡처 방식은 생물학적 시각 시스템에서 착안한 뉴로모픽 기술의 특징이다. 현재 세계 각지의 기업들이 이벤트 카메라의 연구와 개발에 주력하고 있으며, 주요 회사와 그들의 제품 모델 및 스펙은 <표 2>에서 자세히 확인할 수 있다.

이벤트 카메라의 픽셀은 이벤트를 전송할 때마다 로그 강도를 저장하고, 이 강도에서의 밝기 변화를 지속적으로 모니터링한다. 변화가 설정된 임계값을 초과하면, 카메라는 해당 이벤트를 전송한다. 이 정보는 위치(x, y), 시간(t), 밝기 변화(p)의 형태로, 즉 $\langle x, y, t, p \rangle$ 로 저장된다. Inivation사의 대표적인 이벤트 카메라인 DAVIS는 액티브 픽셀 센서(APS)와 동적 비전 센서(DVS)를 결합하여 설계되었다. DVS는 픽셀의 밝기 변화를 감지하여 이벤트를 생성한다. 2017년 버전인 DAVIS346은 ^[7] 346x260의 해상도를 가지고 있으며, 초당 최대 50,000개의 이벤트를 생성할 수 있다. 자세한 사양은 <표1>에서 확인할 수 있다.

이벤트 카메라의 출력은 픽셀 배열을 통해 전송되며, address-event representation (AER)라는 공유 디지털 출력 버스를 통해 외부로 전달된다. 이미지 판독 속도는 2MHz에서 1200MHz 사이로, 칩과 하드웨어 인터페이스의 종류에 따라 다르다. 출력의 빈도는 장면의 움직임과 밝기 변화에 따라 결정되며, 빠른 움직임에는 초당 더 많은 이벤트 생성이 이루어진다. 이는 픽셀이 로그 강도 변화 속도에 따라 샘플링 속도를 조절하기 때문이다. 이벤트는 마이크로초 단위의 타임스탬프와 함께, 밀리초 미만의 지연으로 전송되며, 이는 빠른 시각 변화에 신속하게 반응하는 능력을 갖추었음을 의미한다 ^[2].

픽셀이 감지하는 입사광은 촬영된 장면의 조도와 반사된 빛을 포함한다. 일정한 조도에서 로그 강도의 변화는 물체의 움직임에 의한 반사율 변화를 나타낸다. 따라서, 움직임이 없으면 이벤트는 발생하지 않는다. 이벤트 카메라는 높은 프레임 촬영 능력을 가지지만, 밝기 변화의 대



<그림 2> 이벤트 카메라 DAVIS 모델 개요 ^[2].
동적 비전 센서(DVS)와 액티브 픽셀 센서(APS)가 통합된 픽셀 어레이.
(a) DAVIS 픽셀 회로 도면, (b) DVS 동작 원리,
(c)-(d) DAVIS 칩 및 USB 카메라, (e)-(f) 프레임 이미지와 이벤트 픽셀 변화.

역폭은 제한적이다. 급격한 밝기 변화는 광수용체 회로에서 필터링되어 제외된다. 그 결과, 밝기의 상승 및 하강 시간은 전통적인 이미지 센서의 노출 시간과 유사하게 작동한다. 일정 주파수 이상에서는 광수용체에 의해 밝기 변화가 필터링되어, 이벤트 수가 감소한다. 이 필터링되는 주파수는 빛의 강도와 관련되어 있으며, 높은 조도에서 픽셀의 대역폭은 약 3kHz, 즉 약 300 μ s의 노출시간에 해당한다. 밝기가 1/1000배 감소하면, 대역폭은 300kHz로 줄어든다. 이 사실은 LED의 밝기가 1/1000배 감소하더라도, 이벤트 카메라 픽셀의 주파수 응답이 60fps 프레임 기반 카메라의 나이퀴스트 주파수의 10배 이상 높다는 것을 시사한다. 프레임 기반 카메라가 나이퀴스트 주파수 이상의 주파수를 기본 대역으로 반환하는 반면, 이벤트 카메라는 연속적인 시간 응답을 제공한다 ^[8].

2. 이벤트 카메라의 장점

이벤트 카메라는 기존의 RGB 프레임 기반 카메라와 다르게 동작하며, 여러 가지 독특한 장점을 갖고 있다. 다음은 이벤트 카메라의 주요 장점들이다.

1) 높은 시간 해상도

이벤트 카메라는 픽셀 변화를 감지하면 즉시 이벤트를 생성하기 때문에, 마이크로초 단위의 고해상도 타임스탬프를 제공한다. 이로 인해 빠른 움직임을 감지하는데 유리하며, 모션 블러 없이 고속 움직임을 캡처할 수 있다^[9].

2) 지연시간의 최소화

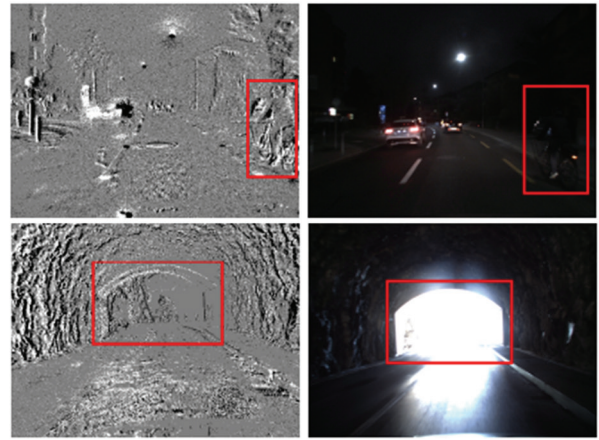
이벤트 카메라의 특징은 각 픽셀이 독립적으로 실시간으로 작동한다는 것이다. 이러한 구조로 인해 변화가 감지되면 즉시 이벤트를 전송하며, 지연 시간을 최소화한다. 실험적 환경에서의 지연 시간은 약 10 μ s로, 실세계에서도 밀리초 미만이다. 이 빠른 반응성은 고속 움직임 및 빠른 반응을 요구하는 분야에서 큰 이점을 제공한다. 반응이 요구되는 다양한 분야에서 큰 장점으로 작용한다^[10].

3) 낮은 전력 소모

이벤트 카메라는 전통적인 카메라와 달리 밝기의 변화에만 반응하여 데이터를 전송한다. 이로 인해 필요 이상의 데이터 처리나 중복 데이터의 전송이 크게 줄어들며, 이에 따라 전력 소모가 효율적으로 이루어진다. 대다수의 이벤트 카메라는 평균적으로 약 10mW의 전력만을 사용하며, 최신의 프로토타입 중 일부는 불과 10 μ W 미만의 전력으로 운영된다. 특히 임베디드 환경에서 이러한 카메라는 센서와 프로세서 간의 직접적인 인터페이스로 전력 소모를 최소화하며, 전체 시스템의 전력 소비는 100mW 이하로 매우 낮다. 이런 특성은 지속적인 모니터링이 필요한 응용 분야나 배터리 구동 장치에 큰 이점을 제공한다^[11].

4) Dynamic range

이벤트 카메라는 120dB 이상의 뛰어난 Dynamic range를 자랑한다. 이는 고품질의 프레임 기반 카메라의 60dB를 크게 초월하는 값이다. 이러한 높은 다이내믹 레인지로 인해 이벤트 카메라는 밤의 어두운 조도에서부터 맑은 낮의 밝은 조도까지도 정보를 효과적으로 수집할 수 있다. 이런 성능의 핵심은 카메라의 픽셀 광수용체가 로그 스케일로 동작하며, 각 픽셀이 독립적으로 작동하기



〈그림 3〉 이벤트 카메라의 high dynamic range 특성 예시^[12]: 이벤트 카메라 (좌) 및 frame 카메라 (우).

때문이다. 〈그림 3〉에서 높은 Dynamic range를 확인할 수 있다^[12].

5) 데이터 효율성

이벤트 카메라는 장면에서 변화가 감지되지 않는 한 데이터를 전송하지 않는다. 이로 인해 중요한 정보만을 선택적으로 전송하게 되어 데이터의 효율성이 극대화된다. 이런 특성은 불필요한 데이터의 오버헤드를 줄이고, 저장 공간 및 처리 리소스를 크게 절약하게 해준다^[13].

6) 내구성

이벤트 카메라는 구조가 상대적으로 단순하기 때문에, 다양하고 복잡한 조명 조건이나 환경 하에서도 안정적인 성능을 보여준다. 이와 같은 내구성은 어려운 환경에서의 실시간 모니터링 및 측정 작업에 있어 큰 장점으로 작용한다^[7].

III. 이벤트 카메라 기반 컴퓨터 비전 응용

1. 이벤트 카메라 데이터의 처리 및 분석 방법

이벤트 카메라는 전통적인 프레임 기반의 RGB 카메라와 다르게 동작하므로, 그 데이터 처리와 분석 방법 역시 특별한 접근이 필요하다. 이벤트 카메라의 데이터 처리 및 분석 방법은 다음과 같은 순서로 진행될 수 있다:

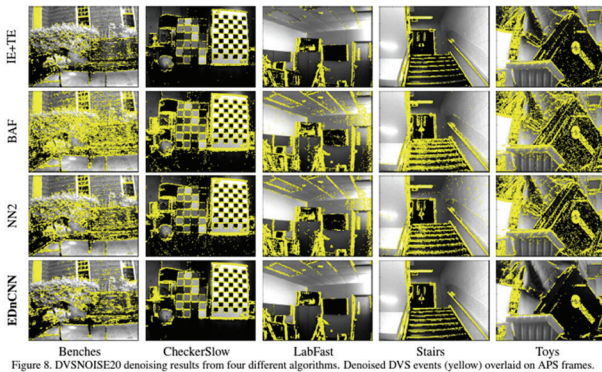


Figure 8. DVSNOISE20 denoising results from four different algorithms. Denoised DVS events (yellow) overlaid on APS frames.

〈그림 4〉 이벤트 카메라 노이즈 제거 알고리즘 예시 : 이벤트 정보가 (노란색) 프레임 이미지 위에 오버레이되어 표시됨. [15]

1) 데이터 수집

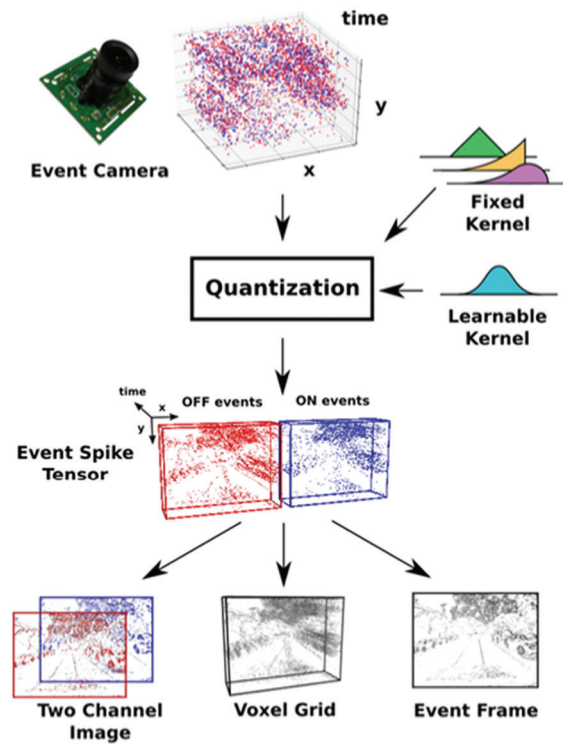
이벤트 카메라는 감지된 변화에 대한 이벤트만을 출력한다. 이 데이터는 $\langle x, y, t, p \rangle$ 형태로, 즉 위치 (x, y) , 시간 (t) , 및 광도 변화의 극성 (p) 로 저장된다 [14].

2) 데이터 전처리

모든 센서와 마찬가지로 이벤트 카메라 데이터도 노이즈를 포함할 수 있다. 각종 필터링 기법을 사용하여 노이즈를 최소화한다. 〈그림 4〉는 이벤트 카메라에서의 노이즈 제거 알고리즘의 예를 보여준다 [15]. 한 이벤트들은 연속적인 시간대에 따라 그룹화될 수 있다. 특정 시간 윈도우 내의 이벤트를 고려하여 데이터의 처리량을 관리한다 [16].

3) 이벤트 표현

이벤트 처리 시스템은 이벤트 데이터를 의미 있게 해석하기 위한 다양한 표현 방식을 사용한다. 이러한 표현들은 데이터 처리 과정의 여러 단계에서 적용되며, 개별 이벤트들은 유의미한 "특징"을 도출하기 위한 대체 형식으로 변환된다. 해당 변환 과정은 추가적인 정보의 필요성, 연산 복잡도, 그리고 요구되는 처리 속도 등의 요소에 따라 다르게 진행될 수 있다. 〈그림 5〉는 이벤트의 표현을 설명하기 위한 몇 가지 대표적인 방식을 보여주며, 그 중에는 이벤트 극성 분리된 2차원 이벤트, 3차원 복셀 그리드, 그리고 2차원 이벤트 프레임 이미지가 포함되어 있다 [17]. 3차원 복셀 그리드는 공간-시간 히스토그램으로,



〈그림 5〉 Raw 이벤트 데이터의 event frame (image) 변환 예시 [17]

이벤트의 시간 정보를 더 잘 보존하며, 2차원 이벤트 프레임 이미지는 이미지 평면 상의 변화하는 2D 점 집합으로 표현된다. 이러한 다양한 표현 방법 중 어떤 것을 선택할지는 작업의 성능에 큰 영향을 미치며, 효율적인 표현을 자동으로 학습하는 인공 신경망(ANN)에 전달할 표현의 선택에 관한 연구도 진행되고 있다 [18].

4) 분석 및 알고리즘 적용 및 후처리

이벤트 처리 방식은 선택된 표현 형태와 하드웨어 플랫폼에 따라 달라진다. 주로 결정론적 필터, 확률적 필터, 인공신경망 (ANN), 스파이크 신경망(SNNs) 등의 방법이 도입된다. 결정론적 및 확률적 필터는 상태 업데이트를 통해 이벤트 정보를 취합하며, ANN은 기존 RGB 카메라와 유사한 딥러닝 알고리즘을 적용하여 2차원 이벤트 프레임에서 특징을 추출한다. 합성곱 신경망 (CNN) 기반으로 비지도 및 지도 학습을 통한 훈련이 이루어진다. 이벤트 그룹화는 복수의 이벤트를 동시에 처리하며, 일부 표현들은 이벤트 정보의 집계가 중요하다 [19]. 이러한 정보는 Spike 신경망 같은 특화된 처리 방식에 사용되

기도 한다. 이벤트 패킷은 시간적 및 공간적 연결성을 가진 이벤트 그룹으로 처리되며, 이벤트의 정밀한 타임스탬프와 극성을 유지한다. 마지막 단계로 결과 데이터는 후처리 과정을 거쳐 최적화될 수 있다. 예를 들어, 객체 추적의 정확도를 높이기 위한 모션 보상 등의 보정 작업 등이 있다^[20]. 종합적으로, 적절한 이벤트 처리 전략은 입력 데이터와 문제의 복잡성에 따라 선택되며, 다양한 방법들의 조합으로 최상의 성능을 달성하려는 연구가 진행되고 있다.

2. 이벤트 카메라 인공지능 기반 컴퓨터 비전 응용

이벤트 카메라는 최근 기술 발전에 힘입어 전통적인 프레임 기반 카메라의 한계를 극복하며 다양한 분야에서 주목받고 있다. 인공지능 기반 컴퓨터 비전 분야에서는 이벤트 카메라의 높은 반응 속도, 효율적인 전력 소모 및 독특한 동적 범위를 활용, 더욱 뛰어난 성능을 구현하고 있다.

전통적으로 프레임 기반 컴퓨터 비전은 주로 수작업으로 설계된 rule-based 방식에 의존했다. 그러나, 최근에는 대규모 훈련 데이터셋^[21, 22], 발전된 학습 알고리즘^[23, 24], 그리고 GPU와 같은 고성능 하드웨어의 보급 덕분에^[25] 데이터 중심의 기계 학습 모델 연구가 활발히 진행되고 있다. 이벤트 기반 비전 역시 이러한 패러다임 전환의 파도에 편승하여 여러 분야에서의 응용을 위한 연구를 시작했다. 초기 프레임 기반 컴퓨터 비전 접근법과 유사한 마음가짐으로, 이벤트 스트림의 시공간 특성을 활용한 다양한 컴퓨터 비전 알고리즘 연구가 강화되고 있다. 이런 연구의 선도적인 결과로, 제스처 / 물체 인식^[26, 27], 얼굴 감지^[28, 29]와 같은 고수준 응용 사례들이 주목받고 있다. 저수준의 응용에서는 optical flow estimation^[30, 31] 또

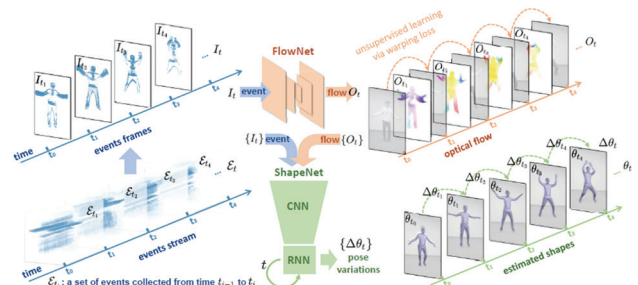


〈그림 6〉 CNN 알고리즘 기반 이벤트 카메라 내 object recognition 예시^[34].

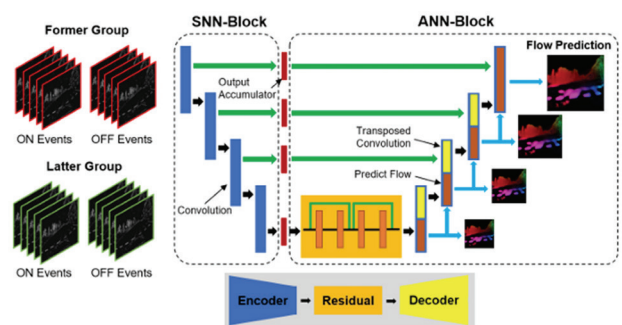
는 이미지 재구성^[32, 33] 등이 주요 연구 주제로 떠오르고 있다.

〈그림 6〉에서는 CNN 알고리즘을 활용한 이벤트 카메라의 물체 인식 기술을 시각적으로 보여준다^[34]. 이 연구들은 전통적인 프레임 기반 카메라의 이미지처럼 2차원 이벤트 이미지를 사용하며, 대량의 이벤트 이미지를 학습하여 최신 CNN 알고리즘을 통해 모델을 개발하는 것을 목표로 삼고 있다. 또한, 이벤트 스트림과 전통적인 프레임 기반 이미지를 결합하여 모션 캡처, 깊이 추정 및 포즈 예측과 같은 고난이도의 컴퓨터 비전 알고리즘 연구도 활발히 진행되고 있다. 특히, 〈그림 7〉은 이벤트 카메라의 이벤트 스트림과 그레이스케일 이미지를 활용한 3D Human Pose Estimation 기술을 선보이고 있다^[35].

이벤트 카메라는 시간에 따른 비동기 및 이산 출력을 특징으로 한다. 이러한 동적성을 효과적으로 포착하기 위한 컴퓨터 비전 기법 중 하나로 Spiking Neural Networks (SNNs)가 주목받고 있다. SNNs는 이벤트의



〈그림 7〉 이벤트 카메라 기반 human pose estimation 예시^[35]. 이벤트 카메라의 이벤트 스트림과 그레이스케일 이미지의 첫 번째 프레임을 입력으로 시간별 3D Human Pose Estimation.

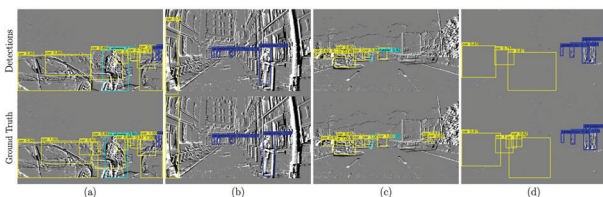


〈그림 8〉 SNN 기반 optical flow estimation 예시^[37]. On/off 극성 이벤트로 구성된 입력으로부터, SNN 인코더 및 ANN 디코더를 통과하여 optical flow 예측.

spatio-temporal 특성을 비동기 연산으로 활용할 수 있어 IBM의 TrueNorth와 Intel의 Loihi와 같은 특수한 뉴로모픽 하드웨어에서 에너지 효율적인 처리가 가능하다^[36]. 그러나 깊은 SNN 구조는 성능 저하의 문제를 가지므로, 초기 계층에는 이벤트 카메라와 호환되는 SNNs를, 깊은 계층에서는 성능을 유지하는 ANNs를 사용하는 하이브리드 구조의 필요성이 대두되고 있다.

〈그림 8〉은 SNN을 활용하여 optical flow를 예측하는 모습을 보여준다^[37]. 이때 on/off 극성 이벤트를 입력으로 받아 SNN 인코더와 ANN 디코더를 통해 결과를 도출한다. 몇몇 최근 연구에서는 이벤트 기반 optical flow 추정에 SNN을 적용하는 방법을 탐구하였으나, 깊은 SNNs의 성능 제한 때문에 복잡한 실제 데이터에는 적합하지 않다는 한계가 지적되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 SNNs와 ANNs의 장점을 결합한 하이브리드 접근 방식의 중요성이 강조되고 있다.

NLP 분야에서 크게 주목받는 attention-based 모델의 성과가 컴퓨터 비전에서 transformer 기반 아키텍처 탐색의 물결을 일으켰다^[38]. 이러한 attention-based 방식은 프레임을 직접 처리하는 비디오 분류에서도 활발히 연구되고 있다. 이벤트 기반 비전에서 attention 메커니즘이 분류, 이미지 재구성, 그리고 단안 깊이 추정과 같은 다양한 응용에서 활용되었다^[39]. 최근에는 이벤트 카메라를 활용한 객체 검출 연구도 진행 중이며, 초기 단계이긴 하지만 희망찬 전망을 제시하고 있다. 〈그림 9〉는 이벤트 카메라와 recurrent vision transformer를 조합한 객체 검출 예시를 보여주며, 이 기술의 향후 잠재력을 강조한다^[40].



〈그림 9〉 이벤트 카메라를 사용한 Recurrent Vision Transformer 알고리즘 기반 object detection 예시^[40]

V. 전망과 결론

본 고에서는 차세대 이미지 센싱 기술로 주목받는 이벤트 카메라의 기본 원리와 주요 장점을 깊이 있게 탐구하였으며, 이를 기반으로 한 인공지능 컴퓨터 비전 응용의 최신 동향을 살펴보았다. 독특한 비동기식 동작 메커니즘을 가진 이벤트 카메라는 그 수요가 지속적으로 증가하는 가운데, 이와 연계된 인공지능 기반의 컴퓨터 비전 연구가 각광받고 있다. 차량부터 모바일 기기, AR/VR 안경, 그리고 로봇에 이르기까지 다양한 분야에서의 적용 가능성을 지닌 이벤트 카메라는 앞으로 해당 산업 분야의 혁신과 발전에 크게 기여할 것으로 전망된다.

참고 문헌

- [1] Zhang, Yisa, et al. "Adaptive Slicing Method of the Spatiotemporal Event Stream Obtained from a Dynamic Vision Sensor", *Sensors* 2022
- [2] Gallego, Guillermo, et al. "Event-based vision: A survey", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI)* 2020
- [3] Mitrokhin, Anton, et al. "Event-based moving object detection and tracking" *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* 2018
- [4] Chen, Guang, et al. "Neuroaed: Towards efficient abnormal event detection in visual surveillance with neuromorphic vision sensor" *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 2020
- [5] Haessig, Germain, et al. "PDAVIS: Bio-inspired Polarization Event Camera", *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* 2023
- [6] Galluppi, Francesco, et al. "Event-based neural computing on an autonomous mobile platform," *2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* 2014
- [7] Taverni, Gemma, et al. "Front and back illuminated dynamic and active pixel vision sensors comparison", *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs* 65(5), 677–681
- [8] Lichtsteiner, Patrick, Christoph Posch, and Tobi Delbruck. "A

- 128\$Wtimes \$128 120 dB 15\$Wmu \$ s latency asynchronous temporal contrast vision sensor." IEEE journal of solid-state circuits 43.2 (2008) 566–576.
- [9] Stoffregen, Timo, et al. "Reducing the sim-to-real gap for event cameras", European Conference on Computer Vision (ECCV) 2020
- [10] Guo, Shasha, and Tobi Delbruck. "Low cost and latency event camera background activity denoising", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI) 2022
- [11] Amir, Arnon, et al. "A low power, fully event-based gesture recognition system", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2017
- [12] Li, You, Julien Moreau, and Javier Ibanez-Guzman. "Emergent Visual Sensors for Autonomous Vehicles." IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 24(5), 4716–4737.
- [13] Mueller, Erich, Andrea Censi, and Emilio Frazzoli. "Efficient high speed signal estimation with neuromorphic vision sensors", 2015 International Conference on Event-Based Control, Communication, and Signal Processing (EBCCSP) 2015
- [14] Gava, Luna, et al. "Puck: Parallel surface and convolution-kernel tracking for event-based cameras", arXiv preprint arXiv:2205.07657 2022
- [15] Baldwin, R., et al. "Event probability mask (epm) and event denoising convolutional neural network (edncnn) for neuromorphic cameras", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2020
- [16] Gallego, Guillermo, Henri Rebecq, and Davide Scaramuzza. "A unifying contrast maximization framework for event cameras, with applications to motion, depth, and optical flow estimation", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2018
- [17] Gehrig, Daniel, et al. "End-to-end learning of representations for asynchronous event-based data", International Conference on Computer Vision (ICCV) 2019
- [18] Zhu, Alex Zihao, et al. "EV-FlowNet: Self-supervised optical flow estimation for event-based cameras", arXiv preprint arXiv:1802.06898 2018
- [19] Xiao, Zeyu, et al. "EVA $\mathbb{R}^2$ $\mathbb{R}$: Event-Assisted Video Frame Interpolation via Cross-Modal Alignment and Aggregation", IEEE Transactions on Computational Imaging 8 (2022): 1145–1158
- [20] Gallego, Guillermo, and Davide Scaramuzza. "Accurate angular velocity estimation with an event camera", IEEE Robotics and Automation Letters 2.2 (2017): 632–639
- [21] Calabrese, Enrico, et al. "Dhp19: Dynamic vision sensor 3d human pose dataset", Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW) 2019
- [22] Orchard, Garrick, et al. "Converting static image datasets to spiking neuromorphic datasets using saccades", Frontiers in neuroscience 9 (2015): 437
- [23] Rebecq, Henri, Daniel Gehrig, and Davide Scaramuzza. "ESIM: an open event camera simulator", Conference on robot learning. (PMLR) 2018.
- [24] Hu, Yuhuang, Shih-Chii Liu, and Tobi Delbruck. "v2e: From video frames to realistic DVS events", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2021
- [25] Steinkraus, Dave, Ian Buck, and Patrice Y. Simard. "Using GPUs for machine learning algorithms", Eighth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR'05) 2005
- [26] Orchard, Garrick, et al. "HFirst: A temporal approach to object recognition", IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence 37(10) 2028–2040
- [27] Lee, Jun Haeng, et al. "Real-time gesture interface based on event-driven processing from stereo silicon retinas", IEEE transactions on neural networks and learning systems 25(12) 2250–2263
- [28] Barua, Souptik, Yoshitaka Miyatani, and Ashok Veeraraghavan. "Direct face detection and video reconstruction from event cameras", Winter conference on Applications of Computer Vision (WACV) 2016

- [29] Lenz, Gregor, Sjo-Hoi Ieng, and Ryad Benosman. "Event-based face detection and tracking using the dynamics of eye blinks", *Frontiers in Neuroscience* 14 2020 587
- [30] Benosman, Ryad, et al. "Event-based visual flow", *IEEE transactions on neural networks and learning systems* 25(2) 407-417
- [31] Rebecq, Henri, et al. "High speed and high dynamic range video with an event camera", *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 43(6) 1964-1980
- [32] Rebecq, Henri, et al. "High speed and high dynamic range video with an event camera", *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 43(6) 1964-1980
- [33] Cook, Matthew, et al. "Interacting maps for fast visual interpretation", *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)* 2011
- [34] Ghosh, Rohan, et al. "Real-time object recognition and orientation estimation using an event-based camera and CNN", *IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS)* 2014
- [35] Zou, Shihao, et al. "Eventhpe: Event-based 3d human pose and shape estimation", *International Conference on Computer Vision (ICCV)* 2021
- [36] Shrestha, Sumit B., and Garrick Orchard. "Slayer: Spike layer error reassignment in time", *Advances in neural information processing systems* 31 2018
- [37] Lee, Chankyu, et al. "Spike-flownet: event-based optical flow estimation with energy-efficient hybrid neural networks", *European Conference on Computer Vision (ECCV)* 2020
- [38] Dosovitskiy, Alexey, et al. "An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale", *arXiv preprint arXiv:2010.11929* 2020
- [39] Zhu, Zhiyu, Junhui Hou, and Dapeng Oliver Wu. "Cross-modal Orthogonal High-rank Augmentation for RGB-Event Transformer-trackers", *arXiv preprint arXiv:2307.04129* 2023
- [40] Gehrig, Mathias, and Davide Scaramuzza. "Recurrent vision transformers for object detection with event cameras", *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* 2023



강대현

- 2023년 2월 홍익대학교 전자전기공학부 학사
- 2023년 ~ 현재 홍익대학교 전자전기공학과 석사

〈관심 분야〉

신호 및 영상처리, 컴퓨터 비전, 머신러닝, Event Camera, Image-to-Image Translation, Transfer Learning, Spike Neural Net, Eye-gaze Tracking



강동우

- 2007년 8월 서울대학교 전기공학부 학사
- 2009년 5월 University of Southern California 전기공학부 석사
- 2013년 8월 University of Southern California 전기공학부 박사
- 2013년 7월 ~ 2021년 2월 삼성전자 종합기술원 전문연구원
- 2021년 3월 ~ 현재 홍익대학교 전자전기공학부 조교수

〈관심 분야〉

신호 및 영상처리, 컴퓨터 비전, 머신러닝, Eye tracking, Face/Object detection and tracking, Image segmentation, Image enhancement, Image denoising, Augmented reality, autostereoscopic 3D display, Medical image analysis, computer-aided diagnosis, Event Camera, Spike Neural Net

딥러닝 기반 미디어 포렌식과 딥페이크

I. 서론

디지털 기술의 눈부신 발전으로 우리의 삶은 다양한 분야에서 편리함을 누리고 살고 있다. 특히, 디지털 미디어 분야에서 미디어 획득 및 처리, 전송 및 저장 등의 기술발전으로 인하여 현대인들은 과거에는 상상하기 힘들었던 새로운 경험을 하고 있다. 매일의 일상을 카메라로 기록하고, 기록된 영상을 소셜 네트워크 혹은 공유 플랫폼 등의 서비스를 통하여 주변과 공유하거나 대중에게 알리는 등의 다양한 활동을 하고 있으며, 이러한 미디어 서비스의 영역은 점차 확대되고 있다.

하지만, 이러한 디지털 미디어의 홍수 속에서 디지털 미디어의 진위성 여부에 대한 논란이 점차 확대되고 있다. 예를 들면 누군가가 인터넷에 공유되어 있는 사진을 악의적인 목적으로 조작하여 퍼트리거나, 혹은 가짜뉴스의 생성 및 확산을 위해 원 영상의 사진이나 동영상 등의 미디어 자료를 가짜뉴스에 맞게 생성, 조작하는 사례 등이 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 문제는 작게는 해당 미디어에 등장하는 사람들에 대한 명예훼손 문제를 발생시킬 뿐 아니라, 크게는 가짜뉴스를 통한 사실 왜곡을 통해 기업이나 국가 단위의 손해, 혹은 정치적, 경제적 측면에서 심각한 악영향을 끼치기도 한다. 특히, PhotoShop, Premiere Pro 등의 상용 프로그램은 물론, 오픈 소스 기반의 GIMP 등의 미디어 편집 프로그램 기술의 보급으로 조작된 영상 및 동영상을 생성하기에 더욱 용이해 졌으며, 최근 인공지능 기술을 이용한 딥페이크(DeepFake) 기술 등의 생성형 모델을 통해 <그림 1>과 같이 전문가조차도 구별하기 힘들 정도의 정교한 영상 조작 및 생성 기술이 가능하게 되어, 거짓된 영상에 대한 여러 문제가 점차 커지고 있다.

이러한 가짜 미디어에 대한 여러 문제를 최소화 하기 위하여, 영상의 진위 여부를 높은 정확도로 판별할 수 있는 기술에 대한 수요가 점차



채 희 곤
한국항공대학교



오 병 태
한국항공대학교



〈그림 1〉 원본 영상 (위)와 딥페이크를 적용한 가짜 영상 (아래) [5]

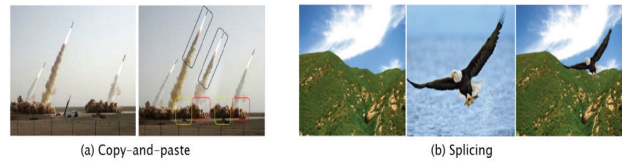
커지고 있다. 사실, 디지털 미디어에 대한 진위 여부를 판별하는 기술은 미디어 포렌식 (Media forensic) 이란 이름으로 지난 2000년 이전부터 활발하게 연구되어 왔으며 [1-2], 최근 딥러닝 기술의 폭발적인 성능향상에 발맞추어 미디어 포렌식 분야에서도 딥러닝 기술을 활용한 검출 기술이 활발하게 연구되고 있다 [3-5]. 하지만, 포렌식 분야의 특성상 딥러닝 등의 기술발전으로 인하여 역설적으로 딥페이크 기술과 같이 가짜 영상의 정밀도 또한 동시에 매우 높아지게 되었고, 조작 검출에 대한 회피를 목적으로 개발되는 안티포렌식 (Antiforensic) 기술의 발전도 동시에 이루어지고 있어, 가짜 영상을 만드는 부류와 이를 검출하려는 부류 간의 기술적 경쟁이 계속해서 진행되고 있다.

본 고에서는 영상의 진위 여부를 검출하는 포렌식 기술에 대한 소개와 발전 방향, 그리고 최근 큰 이슈가 되고 있는 딥페이크 기술 등의 인공지능 기반 가짜 영상에 생성 기술에 대한 동향을 각각 상세히 살펴보고, 향후 미디어 포렌식 분야가 나아가야 할 방향에 대해서 논의해 보고자 한다.

II. 영상 조작 기술과 검출 기술의 발전

1. 전통적인 영상 조작 기술

영상을 조작하는 방식은 그 목적과 방법에 따라 다양하게 분류할 수 있다. 기본적으로 간단한 영상 편집 소프트웨어를 바탕으로 손쉽게 적용할 수 있는 방식이 먼저 사용되었는데, 여러 장의 사진을 바탕으로 상호 영상 내 물체를 복사해서 원하는 부분에 붙여넣기 하는 복사-붙여넣기 (copy-and-paste) 방법이 그 대표적인 예이다. 이와 유사하게, 특정 물체를 다른 배경에 삽입하는



(a) Copy-and-paste



(b) Splicing



(c) Retouching



(d) Morphing

〈그림 2〉 전통적인 영상 조작의 예.

splicing 방식도 많이 사용하던 방식이며, 동영상의 경우에는 일부 프레임을 삭제하거나 순서를 바꾸는 방식으로 원 콘텐츠를 조작할 수 있다. 〈그림 2〉에서는 이와 같이 전통적으로 많이 사용되는 영상 조작의 방법들을 보여주고 있다 [1-2].

2. 전통적인 영상 조작 검출 기술

다양한 방식으로 조작된 영상을 검출하기 위해서는 원본 영상에 대해 조작을 적용하는 과정에서 남겨진 흔적이거나 단서를 탐지하는 방식을 주로 이용한다. 이러한 단서들은 진짜 이미지와 다르게 인공적이고, 인위적이라고 느껴지는 결함 (artifacts)이라고 생각할 수 있으며, 크게 보아 시각적 결함과 비 시각적 결함으로 분류할 수 있다. 예를 들어, 〈그림 3〉에서는 합성된 이미지의 시각적 결함들을 보여주고 있는데, 상단의 합성된 얼굴 이미지의 좌우 눈동자 색상이 일치하지 않거나, 하단의 합성된 얼굴의 치아가 부자연스럽게 드러나는 등의 시각적 결함을 보여주고 있다.

영상 조작시 발생하는 기하학적인 불일치나 광원, 그림자의 불일치 등의 물리적인 현상을 분석하여 영상 내의 불일치를 찾는 방식도 시각적 결함을 검출하는 방식으로 생각할 수 있다. 대표적인 영상 조작 방식 중 하나인 복사-붙여넣기 방식 등을 이용하는 경우 이러한 기하학적 불일치 등이 빈번하게 일어나게 된다. 특히 3차원 영상의 2차원 사영 과정에서 생기는 고유의 형태 변화에 대하여, 영상내 정보를 그대로 이용하는 복사-붙여넣기 조작 등은 이를 완전히 고려하기 어렵기 때문에 조작 흔적을 남기게 된다. 하지만, 이러한 영상 내 불일치를 찾는 과정이

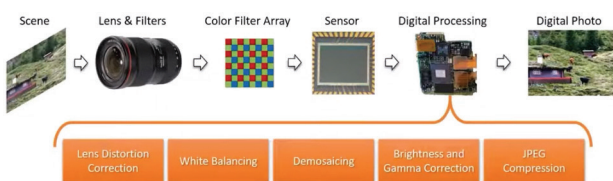


〈그림 3〉 인공지능을 활용한 가짜 영상 내 시각적 결함들의 예 : 상단 영상의 눈동자의 색깔, 하단 영상의 치아 배열^[5]

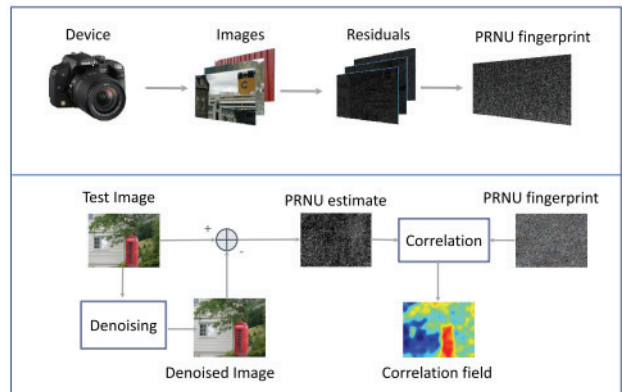
매우 복잡하고 부정확하여 일반적인 경우 높은 검출 정확도를 기대하기는 어렵다.

이와 다르게 비시각적 결함은 특정 카메라의 특성, 조작 방법 혹은 조작 및 생성 모델의 구조 등에 따라 발생한다. 이러한 비시각적 결함 중 가장 대표적인 결함으로서 카메라 내부 처리 방법에 의해 발생하는 카메라 고유 잡음 및 패턴에 의한 결함이 있으며, 이는 카메라 모델마다 고유한 처리 방식에 따라 각각 다르게 발생한다. 카메라 내 다양한 처리 방법들에 대한 파이프라인은 일반적으로 〈그림 4〉와 같다. 이 경우 규격화된 파이프라인 내 각각 시스템의 특성에 따라 눈에 보이지 않는 일정한 패턴이 발생하게 되며, 영상의 조작 혹은 생성시 이러한 패턴의 불일치를 결함으로 판단하는 기술이다. 이와같이 임의의 조작 과정에서 생기는 특이한 패턴이나 새롭게 발생하는 규칙의 불규칙화, 혹은 불규칙의 규칙화를 검출하기 위한 다양한 모델들이 오랫동안 연구되어 왔으며, 최근에는 기계학습 등의 방법론을 활용한 학습 기반의 방식을 이용하여 이러한 패턴을 학습을 이용하여 검출하는 방식이 활발하게 연구되고 있다^[6-9].

예를 들면, 디지털 카메라의 경우 수많은 포토다이오드를 이용하여 빛의 정보를 센싱하게 되는데, 하드웨어 제조과정에서의 특징 및 한계에 의하여 모든 센서가 동일한



〈그림 4〉 카메라 내 영상 획득 파이프라인

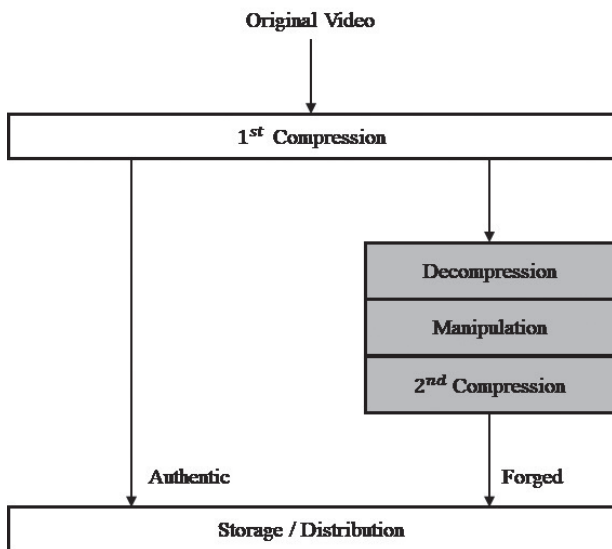


〈그림 5〉 임의의 카메라로 획득한 영상의 PRNU 예측 과정 (위), PRNU 추정 모델과 PRNU 간의 상관관계를 활용한 조작 영상 검출 과정 (아래)^[6]

도록 만드는 것은 불가능하다. 이와 같은 과정에서 발생하는 카메라 잡음을 photo response non-uniformity (PRNU)라고 하는데, 〈그림 5〉는 PRNU를 활용한 영상 조작 검출 방식의 사례를 보여준다^[6]. 해당 방식에서는 테스트 이미지와 학습 이미지에서 각각 예측한 PRNU들을 활용해 상관관계를 추정하고, 상관관계를 분석하여 영상의 조작 여부를 판별한다. PRNU 잡음 이외의 각종 카메라 잡음을 활용하여 조작 여부를 검출하는 기술도 꾸준히 연구되었다^[7-8].

PRNU 잡음 이외에 카메라에서 컬러 영상을 센싱하기 위해 사용하는 color filter array (CFA) 패턴을 활용하여 영상의 조작 여부를 검출하기도 한다^[9]. 예를 들면 다수의 카메라가 컬러영상 센싱시 보편적으로 사용하는 Bayer 패턴을 동일하게 적용했더라도, 디모자이킹(demosaicing) 방식을 적용하는 과정에서 각 카메라 제조사만의 기술이 적용되게 되는데, 여기서 발생하는 미세한 차이를 바탕으로 분류하는 방식이 주로 사용되고 있다. 이외에도 영상 특유의 렌즈 왜곡 (Lens distortion)을 활용하는 방법도 활발하게 논의되기도 하였다^[10].

마지막으로, 전통적인 영상 포맷 방식으로 크게 각 광받는 방식이 이중 압축 혹은 다중 압축 여부를 판별하는 방식이다^[11-16]. 일반적으로 카메라로 영상을 취득하는 경우 이를 원 데이터 그대로 사용하는 경우는 극히 드물고, 대부분의 영상획득 장치에서는 영상 획득과 동시에 바로 압축을 진행하게 된다. 따라서, 일반적으로 유튜브



〈그림 6〉 영상 조작시 발생하는 이중 압축 과정^[14]

되는 대부분의 영상은 압축된 영상이라고 생각할 수 있다. 하지만, 특정한 압축 기술로 압축되어 있는 영상을 조작하기 위해서는 아래 〈그림 6〉과 같이 압축이 된 영상을 압축 해제하고, 원하는 조작을 진행한 후, 다시 재압축하는 이중 압축 과정을 반드시 거쳐야만 한다. 따라서, 이중 압축 여부를 판단하는 방식이 영상의 진위여부를 판단하는 하나의 가장 중요한 기술 분야가 되었다.

JPEG 등의 영상 압축의 경우, 압축과정에서 발생하는 라운딩 에러 혹은 절단 (truncation) 에러를 살펴보기도 하고, 이중 압축시 적용하는 양자화 계수의 불일치에 따른 히스토그램 변화 등을 이용하는 방식도 제안되었다^[11-12]. 동영상의 경우에는 여러 조작에 의하여 Group of Picture (GOP)의 특성이 바뀌는 것을 파악하는 방식^[14], 각종 압축 선택스의 변화를 측정하는 방식^[15-16] 등 다양한 방식이 소개되었다.

3. 안티포렌식 기술

미디어 포렌식 기술에 대한 연구를 진행할 때는 다른 보안 기술을 다룰 때와 마찬가지로 항상 반대편에서 포렌식 기술을 방해하거나 회피하는 노력이 진행되고 있다는 점을 간과해서는 안된다. 즉, 포렌식 기술이 영상 조작을 정확하게 검출하는 노력을 하는 만큼, 영상 조작을 진행하는 편에서는 조작된 영상이 최대한 포렌식 기술에 검출

되지 않으려는 안티포렌식 기술이 지속적으로 개발되고 있다는 점을 반드시 고려해야 한다. 일반적으로 포렌식 기술에서는 영상 조작시 발생하는 새로운 패턴 혹은 패턴의 변화를 감지하여 검출하는 것이 일반적이다. 따라서 안티포렌식 기술에서는 이러한 패턴 변화를 숨기거나 보정하는 방식으로 연구가 진행되어 왔다^[17-21].

가장 단순하면서도 효과적인 안티포렌식 기술은 일반적으로 영상처리 등에 사용되는 필터링 기법을 이용하는 방식이다. 그 중 중앙값 필터 (Median filter)는 간단한 알고리즘의 동작방식에 비하여 패턴을 감추는데 매우 우수한 성능을 가지기 때문에 많이 사용되어온 기술이다. 특히, 중앙값 필터는 이중압축 여부를 숨기기 위하여 압축과정에서 생기는 블록 잡음 등을 없애는데 효과적이었다^[20]. 하지만, 단순히 필터를 적용하면 특유의 streaking 잡음 등이 생겨날 수 있기 때문에, 이를 보정할 수 있는 여러 필터들이 지속적으로 소개되었다.

이 밖에도 영상 내 대비 (contrast)를 조정하는 방식, 디더링 (dithering) 등을 이용하여 영상 내 복사-붙여넣기 하는 부분을 매끄럽게 하는 방식, 히스토그램 리매핑 (remapping), 영상 크로핑 (cropping) 및 리샘플링 (resampling) 등 기존 영상처리 기반의 여러 방식들이 다양하게 소개되고 연구되었다^[17-18].

III. 딥러닝 기반 기술과 딥페이크

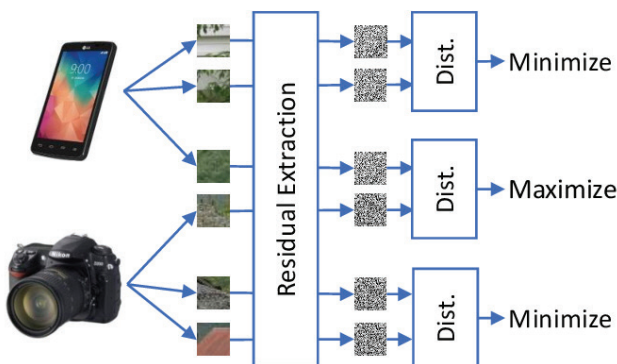
최근 딥러닝 기반 기술은 영상처리 및 비전 분야를 포함한 다양한 분야에서 폭발적인 관심을 받고 있고, 그 성과를 인정받고 있다. 이러한 기술적 변화에 발맞추어 영상 포렌식 분야에서도 딥러닝 기술 기반의 검출 기술이 활발하게 연구되고 있다. 한편, 다른 분야와는 다르게 포렌식 분야에서는 딥러닝 기술의 발전으로 인하여 영상을 조작하거나 가짜 영상을 생성하는 기술이 동시에 활발하게 발전해 왔는데, 특히 일반적으로 딥페이크로 불리는 가짜 영상 생성기술이 갈수록 정교해짐에 따라 영상을 조작하는 편에서나 검출하는 편 모두에게 폭발적인 관심을 받고 있다. 본 장에서는 딥러닝 기반 기술이 영상 포렌식 분야에서 어떻게 발전되어 왔는지 조작 검출 기술과 안티

포렌식 기술 입장에서 각각 설명한다.

1. 딥러닝 기반의 영상 조작 검출

딥러닝 기술의 발전으로 영상 포렌식 분야에서도 딥러닝 기술을 활용하는 다양한 기술들이 소개되어 왔다. 가장 기본적으로 앞에서 소개한 전통적인 포렌식 기술의 일부 혹은 전체 시스템을 딥러닝 기반 기술로 적용하는 사례를 생각해 볼 수 있다. 예를 들면, 영상의 이중 압축 여부를 판단하는 방법을 딥러닝 네트워크를 활용하는 방법으로서, 압축시 생성되는 여러 라운딩 및 절단 에러의 특성, 혹은 다양한 양자화 파라미터를 적용시 발생하는 통계적인 특징을 딥러닝을 활용하여 추출하는 방식 등이 소개되었다^[22-23]. 특히 이중압축 여부에 대한 판단 과정에서 첫번째 압축과 동일한 환경 및 파라미터를 가지고 두번째 압축을 진행하는 경우 딥러닝 이전의 전통적인 방법으로는 이를 판단하는 것이 큰 어려움이 있었다. 하지만 기계학습 및 딥러닝 기술을 바탕으로 이를 보다 효율적으로 판단하는 기술이 가능하게 되었다. 이와 유사하게, 앞서 소개한 다양한 카메라 잡음 등의 이상 패턴을 딥러닝 기반 기술을 활용하여 검출하는 접근방식도 활용되었다^[24-27]. 특히, 딥러닝 기술을 적용하는 경우는 앞서 전통적인 영상 조작 검출 기술과는 다르게 카메라 장치에 대한 사전 정보 없이 다양한 카메라 모델들로부터 발생 가능한 결함들에 주목할 수 있고 더 강력한 조작 검출이 가능하다.

이러한 전통적인 영상 조작 검출 기술을 직접적으로 활



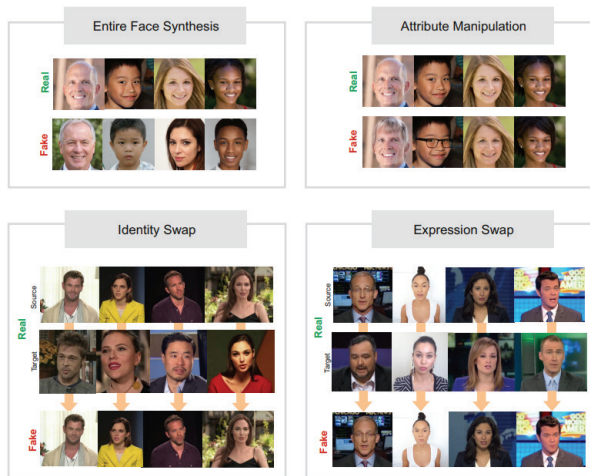
〈그림 7〉 삼 네트워크 모델을 활용한 잔차 패치 추출 및 유사도 측정을 통한 학습 방법^[26]

용하는 방식이 아닌, 딥러닝 기술을 end-to-end 방식으로 활용하는 방식도 고려해 볼 수 있다. 이러한 방식들은 사전에 정해진 특정한 결함을 검출하기 보다는 지도 학습 등으로 학습된 딥러닝 네트워크가 스스로 조작 영상의 이상 패턴을 찾아낼 수 있도록 학습하는 방식을 사용한다. 예를 들면, 정교하게 설계된 네트워크 구조를 통하여 주어진 입력 영상으로부터 특정 패턴 정보를 추출하는 네트워크 구조가 제안되었다^[26-28]. 두 개의 영상 흐름 네트워크를 활용하여 영상 조작의 흔적을 찾아내는 구조로서, CNN 기반의 삼 네트워크 (siamese network) 구조도 활용되기도 하였다^[29]. 삼 네트워크는 〈그림 7〉과 같이 두 장의 영상을 입력으로 받아서 그 입력 영상들의 영역간 차이를 추출하거나 유사도 거리를 계산한다. 이때 학습과정에서는 같은 카메라 장치 혹은 위치를 통해 얻은 유사도 거리는 최소화하는 동시에, 다른 카메라 장치들로부터 얻은 유사도 거리는 최대화 하도록 학습을 진행한다.

2. 안티포렌식 기술

딥러닝 기반의 기술을 활용하게 되면, 기존 전통적인 방식에서 사용하던 간단한 필터 방식으로 안티포렌식을 진행했던 것과 는 달리 훨씬 더 정교한 조작이 가능하게 되었다. 특히 적대적 생성 신경망 (Generative adversarial network, GAN)을 이용하여 생성 모델을 안티포렌식 기술로 사용하는 방식이 널리 사용되고 있다.

예를 들면 앞서 언급한 중앙값 필터의 경우, 정교하게 설계된 검출기에 의해 중앙값 필터 적용 유무가 검출될 수 있다. 따라서, 중앙값 필터를 적용했다는 사실을 감추기 위해 GAN을 활용하여 이러한 흔적을 감추는 기법이 소개되기도 하였다^[20]. 이중 압축 기반의 포렌식 방식에 대응하기 위하여 압축의 흔적을 제거하는 기법도 널리 사용되는 방식이다. 즉, 한번 압축된 영상에 대하여 조작을 진행한 후, GAN을 이용하여 영상내 내포되어 있는 압축 흔적을 지움으로서, 이후 두 번째 압축을 적용했을 때, 이 영상이 한 번 압축된 영상과 큰 차이가 없도록 보이게 만드는 방식도 소개되었다^[30]. 최근에는 다양한 종류의 딥러닝 기반 포렌식 검출기에 대응하기 위해, 이러한 검출기들을 동시에 분석하여 GAN을 이용하여 이들



〈그림 8〉 다양한 방식으로 만들어진 가짜 영상의 예 [32]

을 모두 회피할 수 있는 학습 시스템을 구축한 연구도 소개되었다 [31].

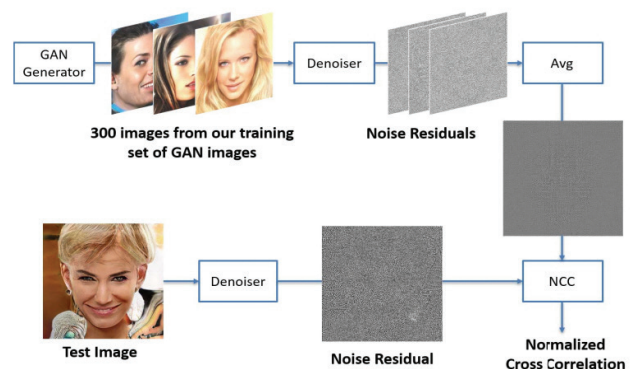
3. 딥러닝 기반 영상 생성기술과 딥페이크

이와같이 영상내 조작의 흔적을 지우는 목적으로 생성 모델을 활용하는 것에서 한발 더 나아가서, 영상을 원하는 목적에 맞게 완전히 생성하여 조작하는 방식이 최근 크게 주목받고 있다 [32].

이러한 생성 모델을 바탕으로 가짜 영상을 만드는 경우 영상 전체를 모두 생성하는 경우도 있지만, 일반적으로 주로 사용하고 있는 방식은 원하는 타겟 영상을 다른 영상에 붙이는 식으로 많이 이용된다. 2022년 러시아-우크라이나 전쟁 당시, 우크라이나 대통령의 얼굴을 다른 영상에 합성하여 잘못된 담화문을 발표하는 거짓 영상을 만든 것이 대표적인 예이다 [33]. 이러한 기술은 사실 복사-붙여넣기의 한 종류라고 생각할 수 있지만, 붙여넣는 과정에서의 기술이 매우 정교하여 보통 사람의 눈으로 판별하기 어려울 뿐 아니라, 기존 전통적인 포렌식 기술로는 검출하기 매우 어렵다. 이러한 딥페이크 방식은 매우 다양하여 〈그림 8〉과 같이 여러 방식으로 가짜 영상을 만들어 낼 수 있다.

4. 딥페이크 영상 검출 기술

딥페이크의 사회적인 문제 등을 고려하여 이를 검출하려는 포렌식 기술은 그 어느때보다도 활발하게 연구중에



〈그림 9〉 PRNU 패턴을 활용한 가짜 영상 검출 기술 [38]

있다. 이를 위하여 기존 전통적인 방법 혹은 딥러닝 기반 방법을 이용하여 딥페이크 영상을 검출하는 방식, 그리고 이를 다양한 방식으로 혼합하는 방식 등이 활발하게 연구 중에 있다. 또한, 학습 기반의 접근방식을 위하여 다양한 기술을 바탕으로 생성된 가짜 영상 데이터셋을 만들려는 노력이 이어졌고, 여러 종류의 가짜 영상 데이터셋이 공개되어 왔다 [32, 34].

이러한 학습 DB를 바탕으로 여러 종류의 검출 기술이 소개되어 왔다. 딥페이크 영상에 대한 일반적인 방법론은 기존 전통적인 영상 조작 검출 기술과 크게 다르지 않다. 기초적인 모델로서 CNN 등의 딥러닝 기술을 이용하여 생성 영상과 실제 영상을 구분하는 네트워크가 제안되었으며 [35], 기존 방식과 유사하게 명시적으로 GAN 등의 생성모델이 가짜 영상을 생성할 때 생기는 이상 패턴을 이용하여 가짜 영상을 검출하는 여러 기술들이 제안되었다. 예를 들어, GAN 구조가 발생시키는 영상 내 컬러 패턴을 인식하는 방법이 제시되기도 하였고 [36-37], 〈그림 9〉와 같이 PRNU 패턴을 바탕으로 생성 GAN 모델이 가지고 있는 특이한 구조를 활용하여 검출하는 기술도 제안되었다 [38-39]. 유사한 방식으로 GAN에서 특이한 주파수 패턴이 있음을 확인하고 이를 활용하는 방법을 제안하기도 하였다 [40]. 현재 사용되는 대부분의 GAN 방식이 유사한 특성을 가지고 있음을 이용하여, 사전처리 및 사후처리 과정을 통하여 보다 손쉽게 가짜 영상을 찾는 방식도 제안되었다 [41].

이러한 다양한 노력에도 불구하고, 여전히 딥페이크를 이용하여 만들어진 영상을 검출하는 것은 도전적이다. 특

히, 딥페이크와 같이 딥러닝 기반 기술로 생성된 영상의 경우 뒤이은 딥러닝 기반 검출기 적용을 미리 예상하고 이를 회피하는 방식으로 학습을 진행하는 안티포렌식 기술을 쉽게 적용할 수 있기 때문에, 이러한 경우까지 적용하기 위한 기술적 난이도가 매우 높다. 이러한 딥러닝 검출기에 대응하는 다양한 종류의 안티포렌식 기술, 그리고 이에 대한 화이트박스 및 블랙박스 공격이 계속해서 진화하고 있으며, 기존 가짜 영상을 만드는 생성 모델 딥러닝 네트워크의 간단한 업데이트를 통해 기존 대부분의 포렌식 검출기가 손쉽게 무력화 될 수 있음이 실험적으로 확인되었다^[31]

또한, 기존 가짜 영상을 만드는 생성 모델 딥러닝 네트워크를 살짝만 업데이트 하면 기존 대부분의 포렌식 검출기를 무력화 할 수 있음을 실험적으로 보여주고 있다. 따라서, 이러한 강력한 안티포렌식 공격에 대비할 수 있는 보다 강력한 기술이 필요하다. 한가지 예로서, 이중 압축 검출 기술에 대하여 다양한 생성 모델 기반 안티포렌식 공격에 강인한 카운터-안티포렌식 기술에 대한 새로운 기술이 제안되었다^[42]

IV. 결 론

지금까지 미디어 포렌식 기술의 역할과 중요성, 그리고 딥페이크 등의 정교한 기술 등이 등장함에 따라 미디어 포렌식 기술이 당면한 현재의 과제 및 도전성에 대하여 간략하게 살펴보았다. 최근 관심받고 있는 인공지능 기술은 가까운 미래에 어느정도까지 발전해 갈 수 있을지 가늠하기 어려운 현 시점에서, 이러한 강력한 인공지능 기술의 발전으로 인하여 미디어 포렌식 분야가 해야 할 역할이 점차 커질 것으로 예상된다. 미디어에 대한 인공지능의 발전 만큼이나 미디어 포렌식 분야의 적극적인 관심과 연구개발을 통해, 미디어 관련 분야의 건전한 성장을 기대한다.

참 고 문 헌

[1] Piva, Alessandro. "An overview on image forensics." International Scholarly Research Notices (2013).

[2] Milani, Simone, et al. "An overview on video forensics." APSIPA Transactions on Signal and Information Processing (2012).

[3] Yang, Pengpeng, et al. "A survey of deep learning-based source image forensics." Journal of Imaging 6.3 (2020): 9.

[4] Castillo Camacho, Ivan, and Kai Wang. "A Comprehensive review of deep-Learning-based methods for image forensics." Journal of Imaging 7.4 (2021): 69.

[5] Verdoliva, Luisa. "Media forensics and deepfakes: an overview." IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing 14.5 (2020): 910-932.

[6] Lukáš, Jan, Jessica Fridrich, and Miroslav Goljan. "Detecting digital image forgeries using sensor pattern noise." Security, steganography, and watermarking of multimedia contents VIII. Vol. 6072. SPIE, 2006.

[7] Filler, Tomás, Jessica Fridrich, and Miroslav Goljan. "Using sensor pattern noise for camera model identification." 2008 15th IEEE International Conference on Image Processing. IEEE, 2008.

[8] Korus, Paweł, and Jiwu Huang. "Multi-scale analysis strategies in PRNU-based tampering localization." IEEE Transactions on Information Forensics and Security 12.4 (2016): 809-824.

[9] Ferrara, Pasquale, et al. "Image forgery localization via fine-grained analysis of CFA artifacts." IEEE Transactions on Information Forensics and Security 7.5 (2012): 1566-1577.

[10] I. Yerushalmy and H. Hel-Or, "Digital image forgery detection based on lens and sensor aberration," Int. J. Comput. Vision, vol. 92, no. 1, pp. 71-91, 2011

[11] Li, Jixian, et al. "Double JPEG compression detection based on block statistics." Multimedia Tools and Applications 77.24 (2018): 31895-31910.

[12] Jiang, Xinghao, et al. "Detection of double compression in MPEG-4 videos based on Markov statistics." IEEE Signal processing letters 20.5 (2013): 447-450.

[13] Huang, Fangjun, Jiwu Huang, and Yun Qing Shi. "Detecting double JPEG compression with the same quantization matrix." IEEE Transactions on Information Forensics and Security 5.4

- (2010): 848–856.
- [14] Jin Hyung Hong, Yoonmo Yang, and Byung Tae Oh. "Detection of frame deletion in HEVC-Coded video in the compressed domain." *Digital Investigation* 30 (2019): 23–31.
- [15] Jiang, Xinghao, et al. "Detection of HEVC double compression with the same coding parameters based on analysis of intra coding quality degradation process." *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 15 (2019): 250–263.
- [16] K. Uddin, Y. Yang, B. T. Oh. "Double compression detection in HEVC-coded video with the same coding parameters using picture partitioning information." *Signal Processing: Image Communication* (2022): 116638.
- [17] Kirchner, Matthias, and Rainer Bohme. "Hiding traces of resampling in digital images." *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 3.4 (2008): 582–592.
- [18] Kang, Xiangui, et al. "Robust median filtering forensics using an autoregressive model." *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 8.9 (2013): 1456–1468.
- [19] Qureshi, Muhammad Ali, and El-Sayed M. El-Alfy. "Bibliography of digital image anti-forensics and anti-anti-forensics techniques." *IET Image Processing* 13.11 (2019): 1811–1823.
- [20] Kim, Dongkyu, et al. "Median filtered image restoration and anti-forensics using adversarial networks." *IEEE Signal Processing Letters* 25.2 (2017): 278–282.
- [21] Luo, Yingmin, et al. "Anti-forensics of JPEG compression using generative adversarial networks." 2018 26th European Signal Processing Conference (EUSIPCO). IEEE, 2018.
- [22] Huang, Xiaosa, Shilin Wang, and Gongshen Liu. "Detecting double JPEG compression with same quantization matrix based on dense CNN feature." 2018 25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). IEEE, 2018.
- [23] Bakas, Jamimamul, Anil Kumar Bashaboina, and Ruchira Naskar. "MPEG double compression based intra-frame video forgery detection using CNN." 2018 International Conference on Information Technology (ICIT). IEEE, 2018.
- [24] Zhang, Xu, Svebor Karaman, and Shih-Fu Chang. "Detecting and simulating artifacts in GAN fake images." 2019 IEEE International Workshop on Information Forensics and Security (WIFS). IEEE, 2019.
- [25] Qian, Yuyang, et al. "Thinking in frequency: Face forgery detection by mining frequency-aware clues." *European Conference on Computer Vision*. Springer, Cham, 2020.
- [26] Y. Rao and J. Ni, "A deep learning approach to detection of splicing and copy-move forgeries in images," in *Proc. IEEE Int. Workshop Inf. Forensics Secur.*, 2016, pp. 1–6.
- [27] B. Bayar and M. Stamm, "A deep learning approach to universal image manipulation detection using a new convolutional layer," in *Proc. ACM Workshop Inf. Hiding Multimedia Secur.*, 2016, pp. 5–10.
- [28] H. Li and J. Huang, "Localization of deep inpainting using high-pass fully convolutional network," in *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vision*, 2019, pp. 8301–8310.
- [29] Verdoliva, Davide Cozzolino Giovanni Poggi Luisa. "Extracting camera-based fingerprints for video forensics." *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops*. 2019.
- [30] Luo, Yingmin, et al. "Anti-forensics of JPEG compression using generative adversarial networks." 2018 26th European Signal Processing Conference (EUSIPCO). IEEE, 2018.
- [31] Zhao, Xinwei, Chen Chen, and Matthew C. Stamm. "A Transferable anti-forensic attack on forensic CNNs using a generative adversarial network." *arXiv preprint arXiv:2101.09568* (2021).
- [32] Tolosana, Ruben, et al. "Deepfakes and beyond: A survey of face manipulation and fake detection." *Information Fusion* 64 (2020): 131–148.
- [33] <https://www.bbc.com/news/technology-60780142>
- [34] Rossler, Andreas, et al. "Faceforensics++: Learning to detect manipulated facial images." *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, 2019.
- [35] Marra, Francesco, et al. "Detection of gan-generated fake images over social networks." 2018 IEEE conference on multimedia information processing and retrieval (MIPR). IEEE,



2018.

- [36] S. McCloskey and M. Albright, "Detecting GAN-generated imagery using saturation cues," in Proc. IEEE Int. Conf. Image Process., 2019, pp. 4584–4588.
- [37] H. Li, B. Li, S. Tan, and J. Huang, "Detection of deep network generated images using disparities in color components," Sig. Process., vol. 174, pp. 1–12, Sep. 2020.
- [38] F. Marra, D. Gragnaniello, L. Verdoliva, and G. Poggi, "Do GANs leave artificial fingerprints?" in Proc. 2nd IEEE Int. Workshop Fake MultiMedia, Mar. 2019, pp. 506–511.
- [39] N. Yu, L. Davis, and M. Fritz, "Attributing fake images to GANs: learning and analyzing GAN fingerprints," in Proc. Int. Conf. Comput. Vision, 2019, pp. 7556–7566.
- [40] Frank, Joel, et al. "Leveraging frequency analysis for deep fake image recognition," International Conference on Machine Learning. PMLR, 2020.
- [41] Wang, Sheng-Yu, et al. "CNN-generated images are surprisingly easy to spot... for now," Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition, 2020.
- [42] K. Uddin, Y. Yang, B. T. Oh, "Deep learning-based counter anti-forensic of GAN-based attack in HEVC compressed domain using coding pattern analysis," Expert Systems with



3 (2023): 120912.

채 희 곤

- 2023년 8월 한국항공대학교 항공전자정보공학 학사
- 2023년 9월 ~ 현재 한국항공대학교 항공전자정보공학 석사과정

〈관심 분야〉

Image/video forensic, Computer vision



오 병 태

- 2003년 8월 연세대학교 전기전자공학 학사
- 2009년 8월 University of Southern California 전기전자공학 박사
- 2009년 11월 ~ 2013년 2월 삼성종합기술원 연구원
- 2013년 3월 ~ 현재 한국항공대학교 교수

〈관심 분야〉

Image/video forensic, Image Processing, Video compression, Point cloud processing

통신 분야

[통신]

- 외부 도청자에 대한 에너지 효율적 시간 전환 보안 릴레이
신경섭

[스위칭 및 라우팅]

- 에너지 효율적 전력 분할 보안 중계기
신경섭

반도체 분야

[PCB & Packaging]

- 다중 신호 분기를 갖는 프로브 카드의 신호 왜곡을 최소화하기 위한 설계 기술 연구
강성준, 나완수

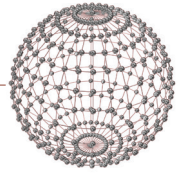
컴퓨터 분야

[융합컴퓨팅]

- GPUDirect Storage 성능 분석 및 DSGDS 구현
김정명, 박정민, 박문우, 노재춘, 박성순

[인공지능, 신경망 및 퍼지시스템]

- 색인어 자동 추출을 이용한 코로나19 감염자 증가 검출
정현빈, 장길진



인공지능 신호처리 분야

[음향 및 신호처리]

- MAML 기반 차량/화물 운송 매칭 알고리즘 성능 분석
김지현, 신다민, 이수은, 김형남

시스템 및 제어 분야

[국방정보 및 제어]

- 다중 수신 빔 처리를 위한 레이더 신호처리 SW 설계
남승홍, 이택진, 정대호, 김윤지, 김종만

산업전자 분야

[컴퓨터 응용]

- 계시별요금제 적용 전력구매자와 분산발전원 전력판매자간의 전력거래 운영 기법
박용국, 이민구, 이태훈
- 염색설비 전체 가동시간 최소화 기반의 에너지 절감형 생산 스케줄러 설계 및 구현
박용국, 이민구, 이태훈, 김태원
- BERT 기반 금융 텍스트셋 구현을 위한 전이 학습 연구
김학진

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 10월

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.01. - 10.05.	2023 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)	Detroit, Michigan, USA	https://ieee-iros.org/
10.01. - 10.05.	2023 European Conference on Optical Communications (ECOC)	Glasgow, United Kingdom	https://ecoc2023.theiet.org/?utm_source=cross_promo&utm_medium=web&utm_campaign=ecoc&utm_content=ieee
10.01. - 10.06.	2023 45th Annual EOS/ESD Symposium (EOS/ESD)	Riverside, California, USA	https://www.esda.org/events/45th-annual-eosesd-symposium-and-exhibits
10.01. - 10.06.	2023 ACM/IEEE 26th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS)	Västerås, Sweden	https://conf.researchr.org/home/models-2023/
10.01. - 10.05.	2023 IEEE/AIAA 42nd Digital Avionics Systems Conference (DASC)	Barcelona, Spain	https://2023.dasconline.org/
10.01. - 10.06.	2023 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)	Paris, France	https://iccv2023.thecvf.com/
10.01. - 10.03.	2023 ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems Companion (MODELS-C)	Västerås, Sweden	https://conf.researchr.org/home/models-2023
10.01. - 10.05.	2023 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)	Maui, Hawaii, USA	https://ieeesmc2023.org/
10.01. - 10.03.	2023 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT)	Anchorage, Alaska, USA	https://www.isspit.org/
10.01. - 10.06.	2023 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME)	Bogotá, Colombia	https://conf.researchr.org/home/icsme-2023
10.01. - 10.03.	2023 IEEE International Symposium on Workload Characterization (IISWC)	Ghent, Belgium	http://iiswc.org/iiswc2023/
10.02. - 10.06.	2023 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)	Washington, District of Columbia, USA	https://conf.researchr.org/home/vlhcc-2022
10.02. - 10.05.	2023 IEEE 48th Conference on Local Computer Networks (LCN)	Daytona Beach, Florida, USA	https://www.ieeelcn.org/
10.02. - 10.03.	2023 IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI)	Charlotte, North Carolina, USA	https://ieee-isi.org/2023/
10.02. - 10.06.	2023 13th European Space Power Conference (ESPC)	Elche, Spain	https://atpi.eventsair.com/esp2023/
10.02. - 10.06.	2023 European Data Handling & Data Processing Conference (EDHPC)	Juan Les Pins, France	https://atpi.eventsair.com/edhpc-conference/
10.02. - 10.04.	2023 IEEE International Symposium on Defect and Fault Tolerance in VLSI and Nanotechnology Systems (DFT)	Juan-Les-Pins, France	http://www.dfts.org/
10.02. - 10.05.	2023 IEEE International Conference and Expo on Real Time Communications at IIT (RTC)	Chicago, Illinois, USA	https://www.rtc-conference.com/2023/
10.02. - 10.05.	2023 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS)	Orlando, Florida, USA	https://cns2023.ieee-cns.org/
10.02. - 10.06.	2023 7th International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT)	Astrakhan, Russia	https://icct2023astrakhan.com/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.02.	2023 IEEE 13th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)	Shah Alam, Malaysia	https://sites.google.com/view/icset-malaysia/home
10.02. - 10.03.	2023 IEEE 23rd International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation (SCAM)	Bogotá, Colombia	http://www.ieee-scam.org/2023/
10.02. - 10.03.	2023 4th International Scientific Conference of Al-Ayen University: Intelligent Systems and Applications (ISCUA:ISA)	Thi-Qar, Iraq	http://conf4.alayen.edu.iq/
10.03. - 10.05.	2023 International Conference on Cyberworlds (CW)	Sousse, Tunisia	https://cw2023.ieee.tn/
10.04. - 10.06.	2023 14th International Conference on Network of the Future (NoF)	Izmir, Turkey	https://nof.dnac.org/
10.04. - 10.05.	2023 14th International Conference on Information & Communication Technology and System (ICTS)	Surabaya, Indonesia	https://elib.its.ac.id/conf/icts/public/
10.04. - 10.06.	2023 IEEE/ACM 27th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT)	Singapore, Singapore	http://ds-rt.com/2023/
10.04. - 10.06.	2023 Workshop on Microwave Theory and Technology in Wireless Communications (MTTW)	Riga, Latvia	http://mttw.rtu.lv/
10.04. - 10.06.	2023 IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea)	La Valletta, Malta	https://www.metrosea.org/
10.04. - 10.06.	2023 Systems and Technologies of the Digital HealthCare (STDH)	Tashkent, Uzbekistan	http://stdh-2023.uz/
10.04. - 10.11.	2023 IEEE 68th Holm Conference on Electrical Contacts (HOLM)	Seattle, Washington, USA	https://ieee-holm.org/
10.05. - 10.06.	2023 9th International Conference on Optimization and Applications (ICOA)	AbuDhabi, United Arab Emirates	https://lct.ac.ae/en/icoa/
10.05. - 10.07.	2023 International Conference Automatics and Informatics (ICAI)	Varna, Bulgaria	http://www.ica-conf.org/
10.05. - 10.06.	2023 IEEE 64th International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS)	Riga, Latvia	http://itms.rtu.lv/
10.05. - 10.06.	2023 IEEE Electronic Design Process Symposium (EDPS)	Sunnyvale, California, USA	https://www.ieee-edps.com/
10.05. - 10.06.	2023 International Conference on Multimedia Analysis and Pattern Recognition (MAPR)	Quy Nhon, Vietnam	https://mapr.uit.edu.vn/
10.05. - 10.06.	2023 IEEE Workshop on Power Electronics and Power Quality Applications (PEPQA)	Cali, Colombia	http://pepqa.co/
10.06. - 10.08.	2023 IEEE International Conference on Blockchain and Distributed Systems Security (ICBDS)	New Raipur, India	https://www.icbds.in/
10.06. - 10.07.	2023 International Conference on Advanced Computing Technologies and Applications (ICACTA)	Mumbai, India	https://www.djicacta.in/
10.06. - 10.08.	2023 4th IEEE Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)	Bangalore, India	http://globeconf.org/
10.07. - 10.15.	2023 IEEE International Test Conference (ITC)	Anaheim, California, USA	http://www.itctestweek.org/
10.07. - 10.08.	2023 IEEE 5th International Conference on Cybernetics, Cognition and Machine Learning Applications (ICCCMLA)	Event Format: Virtual	https://www.intdatacon.com/
10.08. - 10.11.	2023 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://2023.ieeeicip.org/
10.08. - 10.13.	2023 Antenna Measurement Techniques Association Symposium (AMTA)	Renton, Washington, USA	https://2023.amta.org/
10.08. - 10.12.	2023 IEEE International Integrated Reliability Workshop (IIRW)	South Lake Tahoe, California, USA	https://www.iirw.org/
10.08. - 10.11.	2023 IEEE International Conference on Image Processing Challenges (ICIPC)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://2023.ieeeicip.org/
10.09. - 10.13.	2023 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)	Venice, Italy	https://www.iceaa.net/j3/

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

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.12. - 10.13.	2023 Seventh International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME)	Beirut, Lebanon	http://ieee.org/icabme23/
10.12. - 10.27.	2023 IEEE 9th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)	Aveiro, Portugal	https://wfiot2023.iot.ieee.org/
10.12. - 10.14.	2023 IEEE 14th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)	New York, New York, USA	https://ieee-uemcon.org/
10.13. - 10.16.	2023 IEEE 15th International Conference on Advanced Infocomm Technology (ICAIT)	Hefei, China	http://www.icaait.org/
10.13. - 10.14.	2023 IEEE International Conference on Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics (DISCOVER)	Mangalore, India	http://www.ieee-discover.org/
10.13. - 10.15.	2023 11th International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (ICSGCE)	Kuala Lumpur, Malaysia	http://www.icsgce.org/
10.13. - 10.15.	2023 IEEE International Conference on Unmanned Systems (ICUS)	Hefei, China	http://icus.c2.org.cn/
10.13. - 10.14.	2023 1st International Conference on Advanced Engineering and Technologies (ICONNIC)	Kediri, Indonesia	https://iconnic.unpkediri.ac.id/
10.14. - 10.18.	2023 IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS)	Monterey, California, USA	https://bcicts.org/
10.14. - 10.15.	2023 IEEE Symposium on Computers & Informatics (ISCI)	Shah Alam, Malaysia	https://www.isci.asia/
10.14. - 10.17.	2023 IEEE 32nd Asian Test Symposium (ATS)	Beijing, China	https://ats2023.casconf.cn/
10.14. - 10.15.	2023 Sixth International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)	Surabaya, Indonesia	http://icvee.conference.unesa.ac.id/
10.15. - 10.18.	2023 IEEE 32nd Conference on Electrical Performance on Electronic Packaging and Systems (EPEPS)	Milpitas, California, USA	http://www.epeps.org/
10.15. - 10.19.	2023 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP)	East Rutherford, New Jersey, USA	https://ceidp.org/
10.15. - 10.18.	2023 IEEE EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)	Pittsburgh, Pennsylvania, USA	https://embs.org/2023/
10.15. - 10.17.	2023 North American Power Symposium (NAPS)	Asheville, North Carolina, USA	https://www.wcu.edu/engage/professional-enrichment/conferences-and-community-classes/naps-2023/index.aspx
10.15. - 10.18.	2023 International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP)	Nanjing, China	http://mwp2023.org/
10.15. - 10.16.	2023 IEEE Visualization in Data Science (VDS)	Melbourne, Australia	https://www.visualdatascience.org/2023/index.html
10.16. - 10.20.	IECON 2023- 49th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society	Singapore, Singapore	https://www.iecon2023.org/
10.16. - 10.18.	2023 22nd International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT)	Sydney, Australia	https://iscit2023.org/
10.16. - 10.18.	2023 IEEE 33rd International Conference on Microelectronics (MIEL)	Nis, Serbia	https://miel.elfak.ni.ac.rs/
10.16. - 10.18.	2023 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH)	Vienna, Austria	http://media-publisher.eu/conference-emctech/call-for-papers/
10.16. - 10.18.	2023 International Conference on Data Security and Privacy Protection (DSPP)	Xi'an, China	https://dspp2023.xidian.edu.cn/
10.16. - 10.19.	2023 Twelfth International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA)	Paris, France	https://www.ipta-conference.com/ipta23/
10.16. - 10.18.	2023 IEEE 11th Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)	Rajkot, India	https://r10htc2023.org/
10.16. - 10.21.	2023 Antennas Design and Measurement International Conference (ADMInC)	Saint Petersburg, Russia	https://etu.ru/en/university/conferences/antennas-design-and-measurement-international-conference-2023-admnc2023
10.16. - 10.18.	2023 IFIP/IEEE 31st International Conference on Very Large Scale Integration (VLSI-SoC)	Dubai, United Arab Emirates	https://sites.google.com/view/vlsi-soc2023/home?pli=1

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.16. - 10.18.	2023 8th IEEE Workshop on the Electronic Grid (eGRID)	Karlsruhe, Germany	https://www.egrid2023.com/index.php
10.16. - 10.18.	2023 IEEE International Automated Vehicle Validation Conference (IAVVC)	Austin, Texas, USA	https://iccve2022.org/
10.16. - 10.20.	2023 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)	Sydney, Australia	https://ismar23.org/
10.16. - 10.20.	2023 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)	Sydney, Australia	https://ismar23.org/
10.16. - 10.18.	2023 7th Cyber Security in Networking Conference (CSNet)	Montreal, Quebec, Canada	https://csnet-conference.org/2023/
10.17. - 10.21.	2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)	College Station, Texas, USA	https://fie-conference.org/
10.17. - 10.18.	2023 IEEE 14th International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)	Event Format: Virtual	http://www.icsess.org/
10.17. - 10.20.	2023 IEEE 6th Colombian Conference on Automatic Control (CCAC)	Popayan, Colombia	https://www.ieeeccac2023.org/
10.17. - 10.20.	2023 IEEE 35th International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing (SBAC-PAD)	Porto Alegre, Brazil	https://www.inf.pucrs.br/sbacpad2023/
10.17. - 10.18.	2023 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST)	Copenhagen, Denmark	https://ist2023.ieee-ims.org/
10.17. - 10.20.	2023 23rd International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)	Yeosu, Korea (South)	https://2023.iccas.org/
10.18. - 10.20.	2023 International Conference on Self Sustainable Artificial Intelligence Systems (ICSSAS)	Event Format: Virtual	https://icssat.com/
10.18. - 10.20.	2023 International Conference on Communications, Computing, Cybersecurity, and Informatics (CCCI)	Chongqing, China	http://atc.udg.edu/CCCI2023/
10.18. - 10.20.	2023 IEEE Secure Development Conference (SecDev)	Atlanta, Georgia, USA	https://secdev.ieee.org/2023/home
10.18. - 10.20.	2023 IEEE 17th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)	Baku, Azerbaijan	https://www.aict.info/?csc=2023
10.18. - 10.20.	2023 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)	Ixtapa, Mexico	https://ropec.org/
10.18. - 10.19.	2023 International Conference on University Teaching and Learning (InCULT)	Shah Alam, Malaysia	https://incult.uitm.edu.my/
10.18. - 10.20.	2023 15th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE)	Hanoi, Vietnam	http://kse2023.actvn.edu.vn/
10.18. - 10.20.	2023 IEEE 9th Information Technology International Seminar (ITIS)	Batu Malang, Indonesia	http://2023.itisconf.org/
10.19. - 10.21.	2023 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS)	Toronto, Ontario, Canada	https://2023.ieee-biocas.org/
10.19. - 10.20.	2023 International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EExPolytech)	ST PETERSBURG, Russia	https://eexpolytech.spbstu.ru/
10.19. - 10.21.	2023 International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC)	Da Nang, Vietnam	https://atc-conf.org/
10.19. - 10.20.	2023 IEEE 2nd International Conference on Cognitive Mobility (CogMob)	Budapest, Hungary	https://cogmob.hu/
10.19. - 10.20.	2023 International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEE)	Ho Chi Minh, Vietnam	https://feee-conf.com/isee2023/
10.19. - 10.20.	2023 First International Conference on Advances in Electrical, Electronics and Computational Intelligence (ICAEECI)	Tiruchengode, India	http://icaeci.com/
10.19. - 10.21.	2023 Eighth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)	Manado, Indonesia	https://icic-apikom.org/2023/
10.20. - 10.23.	2023 International Conference on Cyber-Physical Social Intelligence (CCSI)	Xi'an, China	http://agist.org/ccsi2023/
10.20. - 10.21.	2023 International Conference on Evolutionary Algorithms and Soft Computing Techniques (EASCT)	Bengaluru, India	https://easct.in/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.20. - 10.22.	2023 IEEE 23rd International Conference on Communication Technology (ICCT)	Wuxi, China	https://www.ieee-icct-wuxi.com/
10.20. - 10.22.	2023 2nd Asian Conference on Frontiers of Power and Energy (ACFPE)	Chengdu, China	https://acfpe.org/index.html
10.20. - 10.23.	2023 5th International Conference on System Reliability and Safety Engineering (SRSE)	Beijing, China	http://www.srse.org/
10.20. - 10.22.	2023 4th International Conference on Intelligent Design (ICID)	Xi'an, China	http://www.ic-id.org/
10.20. - 10.22.	2023 6th International Conference on Software Engineering and Computer Science (CSECS)	Chengdu, China	http://www.csse2023.net/
10.20. - 10.22.	2023 International Conference on Power and Renewable Energy Engineering (PREE)	Tokyo, Japan	http://www.pree.net/index.html
10.21. - 10.22.	2023 IEEE 11th International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT)	Dalian, China	http://www.iccsnt.org/ICCSNT2023/
10.21. - 10.27.	2023 IEEE Visualization and Visual Analytics (VIS)	Melbourne, Australia	https://ieevis.org/year/2023/welcome
10.21. - 10.23.	2023 5th Novel Intelligent and Leading Emerging Sciences Conference (NILES)	Giza, Egypt	https://www.nilesconf.org/
10.21. - 10.22.	2023 International Conference on the Cognitive Computing and Complex Data (ICCD)	Huaian, China	http://www.icc-cs.cn/
10.21. - 10.25.	2023 32nd International Conference on Parallel Architectures and Compilation Techniques (PACT)	Vienna, Austria	https://pact2023.github.io/
10.22. - 10.25.	2023 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA)	New Paltz, New York, USA	https://waspaa.com/
10.22. - 10.25.	2023 15th Seminar on Power Electronics and Control (SEPOC)	Santa Maria, Brazil	https://sepoc.com.br/
10.22. - 10.23.	2023 IEEE Workshop on Visualization for Social Good (VIS4Good)	Melbourne, Australia	https://vis4good.github.io/
10.22. - 10.23.	2023 Topological Data Analysis and Visualization (TopoInVis)	Melbourne, Australia	https://topoinvis-workshop.github.io/2023/index.html
10.22. - 10.23.	2023 IEEE VIS Workshop on Visualization for Pandemic and Emergency Responses (Vis4PandEmRes)	Melbourne, Australia	https://vis4pandemres.github.io/
10.22. - 10.27.	2023 IEEE VIS Arts Program (VISAP)	Melbourne, Australia	https://visap.net/2023/
10.23. - 10.26.	2023 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)	Doha, Qatar	https://www.isncc-conf.org/
10.23. - 10.26.	2023 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV)	Boca del Rio, Veracruz, Mexico	https://www.ieeeicev.org/
10.23. - 10.26.	2023 42nd IEEE International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)	Concepcion, Chile	http://jcc2023.cl/
10.23. - 10.27.	2023 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)	New Orleans, Louisiana, USA	https://conf.researchr.org/home/esem-2023
10.23. - 10.25.	2023 IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference (NMDC)	Paestum, Italy	https://ieeenmdc.org/nmdc-2023/
10.23. - 10.27.	2023 IEEE International Workshop Technical Committee on Communications Quality and Reliability (CQR)	Washington, District of Columbia, USA	https://cqr2023.ieee-cqr.org/
10.23. - 10.25.	2023 10th International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS)	San Antonio, Texas, USA	https://emergingtechnet.org/IOTSMS2023/index.php
10.23. - 10.24.	2023 IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON)	Kuching, Malaysia	https://site.ieee.org/malaysia-pels/
10.23.	2023 IEEE 13th Symposium on Large Data Analysis and Visualization (LDAV)	Melbourne, Australia	https://ldav.org/2023/
10.23. - 10.25.	2023 6th International Conference on Applied Computational Intelligence in Information Systems (ACIIS)	Bandar Seri Begawan, Brunei Darussalam	http://conference.utb.edu.bn/aciis2023/

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

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.27. - 10.29.	2023 IEEE 5th Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE)	Yunlin, Taiwan	https://www.ecice.asia/
10.27. - 10.29.	2023 7th International Conference on Computer Applications in Electrical Engineering-Recent Advances (CERA)	Roorkee, India	http://cera23.iitr.ac.in/
10.27. - 10.29.	2023 6th International Conference on Robotics, Control and Automation Engineering (RCAE)	Suzhou, China	http://www.rcae.net/
10.27. - 10.29.	2023 IEEE 3rd International Conference on Data Science and Computer Application (ICDSCA)	Dalian, China	http://www.icdscs.net/
10.27. - 10.29.	2023 4th International Conference on Advanced Electrical and Energy Systems (AEES)	Shanghai, China	http://www.aees.org/
10.27. - 10.29.	2023 6th International Conference on Computing and Big Data (ICCBD)	Shanghai, China	http://www.iccbd.org/index.html
10.27. - 10.28.	2023 International Conference on New Frontiers in Communication, Automation, Management and Security (ICCAMS)	Bangalore, India	https://iccams-presidencyuniversity.netlify.app/
10.27. - 10.28.	2023 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET)	Istanbul, Turkey	https://iceet.net/
10.28. - 10.30.	2023 IEEE 8th International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE)	Beijing, China	http://www.icite.org/
10.28. - 10.02.	2023 IEEE/ACM International Conference on Computer Aided Design (ICCAD)	San Francisco, California, USA	https://iccad.com/
10.28. - 11.01.	2023 56th IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO)	Toronto, Ontario, Canada	https://microarch.org/
10.29. - 11.02.	2023 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS)	Nashville, Tennessee, USA	https://ias.ieee.org/2023annualmeeting
10.29. - 11.01.	2023 57th Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers	Pacific Grove, California, USA	https://www.asilomarsscconf.org/
10.29. - 11.01.	2023 IEEE SENSORS	Vienna, Austria	https://2023.ieee-sensorsconference.org/
10.29. - 10.30.	2023 Computer Applications & Technological Solutions (CATS)	Mubarak Al-Abdullah, Kuwait	https://cats23.gust.edu.kw/
10.29. - 11.01.	2023 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)	Ipojuca (Porto de Galinhas), Brazil	https://netuh.github.io/la-cci-home/
10.29. - 11.02.	2023 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)	Nashville, Tennessee, USA	https://www.ieee-ecce.org/2023/
10.30. - 11.03.	MILCOM 2023 - 2023 IEEE Military Communications Conference (MILCOM)	Boston, Massachusetts, USA	https://milcom2023.milcom.org/
10.30. - 11.03.	2023 Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM)	Dallas, Texas, USA	https://2023.magnetism.org/
10.30. - 11.03.	2023 IEEE International Symposium On Antennas And Propagation (ISAP)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://isap2023.apmttemc.org/
10.30. - 11.01.	2023 IEEE 41st International Conference on Computer Design (ICCD)	Washington, District of Columbia, USA	https://www.iccd-conf.com/Home.html
10.31. - 11.03.	2023 IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER)	Santa Fe, New Mexico, USA	https://clustercomp.org/committee/
10.31. - 11.03.	2023 IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm)	Glasgow, United Kingdom	https://sgc2023.ieee-smartgridcomm.org/
10.31. - 11.04.	TENCON 2023 - 2023 IEEE Region 10 Conference (TENCON)	Chiang Mai, Thailand	https://www.tencon2023.org/
10.31. - 11.01.	2023 IEEE Nordic Circuits and Systems Conference (NorCAS)	Aalborg, Denmark	https://events.tuni.fi/norcass2023/
10.31. - 11.03.	2023 Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)	Taipei, Taiwan	https://www.apsipa2023.org/
>>2023년 11월			
11.01. - 11.04.	2023 5th IEEE International Conference on Trust, Privacy and Security in Intelligent Systems and Applications (TPS-ISA)	Atlanta, Georgia, USA	http://www.sis.pitt.edu/lersais/conference/tps/2023/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.01. - 11.04.	2023 IEEE 5th International Conference on Cognitive Machine Intelligence (CogMI)	Atlanta, Georgia, USA	http://www.sis.pitt.edu/lersais/conference/cogmi/2023/
11.01. - 11.04.	2023 IEEE 9th International Conference on Collaboration and Internet Computing (CIC)	Atlanta, Georgia, USA	http://www.sis.pitt.edu/lersais/conference/cic/2023/
11.01. - 11.03.	2023 IEEE 12th International Conference on Cloud Networking (CloudNet)	Hoboken, New Jersey, USA	https://cloudnet2023.ieee-cloudnet.org/
11.01. - 11.03.	2023 IEEE International Humanitarian Technology Conference (IHTC)	Santa Marta, Colombia	https://2023.ieee-ihct.org/
11.01. - 11.03.	2023 11th International Conference on Control, Mechatronics and Automation (ICCMA)	Grimstad, Norway	http://www.icma.org/
11.01. - 11.03.	2023 IEEE 22nd International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom)	Exeter, United Kingdom	https://hpcn.exeter.ac.uk/trustcom2023/
11.01. - 11.03.	2023 IEEE Tenth International Conference on Communications and Networking (ComNet)	Hammamet, Tunisia	https://comnet.ieee.tn/
11.01. - 11.03.	2023 3rd International Conference on Technological Advancements in Computational Sciences (ICTACS)	Tashkent, Uzbekistan	https://amity.edu/ictacs2023/
11.01. - 11.04.	2023 International Conference on Integration of Computational Intelligent System (ICICIS)	Pune, India	https://ieee-icicis.in/
11.01. - 11.04.	2023 IEEE International Conference on Design, Test and Technology of Integrated Systems (DTTIS)	Gammarth, Tunisia	http://www.dttis.org/
11.01. - 11.02.	2023 International Conference on Research Methodologies in Knowledge Management, Artificial Intelligence and Telecommunication Engineering (RMKMATE)	Chennai, India	http://rmkec.ac.in/rmkmate2023/
11.01. - 11.03.	2023 XX Workshop on Information Processing and Control (RPIC)	Oberá, Argentina	https://www.rpic.com.ar/
11.02. - 11.04.	2023 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC)	Suzhou, China	https://cyberc.org/
11.02. - 11.04.	2023 IEEE XXX International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)	Lima, Peru	https://intercon.ieee.org.pe/
11.02. - 11.04.	2023 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP)	Hangzhou, China	http://www.ic-wcsp.org/2023/
11.02. - 11.04.	2023 7th International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS)	Bangalore, India	https://csitss.ieee-rvce.org/
11.02. - 11.05.	2023 IEEE International Workshop on Mechatronic Systems Supervision (IW_MSS)	Hammamet, Tunisia	https://wmss2023.sciencesconf.org/
11.02. - 11.03.	2023 International Conference on Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering (BdKCSE)	Sofia, Bulgaria	https://conference.ott-ict.bas.bg/
11.02. - 11.03.	2023 International Conference on Ambient Intelligence, Knowledge Informatics and Industrial Electronics (AIKIE)	Ballari, India	https://aikie.in/index.php
11.02	2023 IEEE MetroCon	Hurst, Texas, USA	https://www.metrocon.org/2023/
11.02. - 11.04.	2023 International Conference on Sensing, Measurement & Data Analytics in the era of Artificial Intelligence (ICSMD)	Xi'an, China	http://icsmd2023.aconf.org/
11.02. - 11.03.	2023 IEEE International Conference on Paradigm Shift in Information Technologies with Innovative Applications in Global Scenario (ICPSITIAGS)	Indore, India	https://sageuniversity.in/ICPS-ITI-AGS-2023/
11.03. - 11.05.	2023 IEEE International Conference on Automation in Manufacturing, Transportation and Logistics (ICaMaL)	Wuhan, China	http://www.iemwave.cn/isemc2023/
11.03. - 11.06.	2023 IEEE 7th International Symposium on Electromagnetic Compatibility (ISEMC)	Hangzhou, China	http://www.iemwave.cn/isemc2023/#/Home
11.03. - 11.05.	2023 IEEE Silchar Subsection Conference (SILCON)	Silchar, India	http://www.ieeesilcon.org.in/
11.03. - 11.05.	2023 Pacific Neighborhood Consortium Annual Conference and Joint Meetings (PNC)	Okinawa, Japan	https://sites.google.com/view/pnc2023
11.03. - 11.05.	2023 17th International Conference on Complex Medical Engineering (CME)	Suzhou, China	http://www.ic-cme.com/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.03. - 11.04.	2023 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS)	Greater Noida, India	http://www.icccis.in/
11.03. - 11.05.	2023 IEEE International Conference on Memristive Computing and Applications (ICMCA)	Jinan, China	https://www.qlit.edu.cn/hyzx/
11.03. - 11.05.	2023 8th IEEE International Conference on Network Intelligence and Digital Content (IC-NIDC)	Beijing, China	https://nidc2023.bupt.edu.cn/
11.04. - 11.06.	2023 IEEE International Conference on e-Business Engineering (ICEBE)	Sydney, Australia	https://conferences.computer.org/icebe/2023/index.htm
11.04. - 11.11.	2023 IEEE Nuclear Science Symposium, Medical Imaging Conference and International Symposium on Room-Temperature Semiconductor Detectors (NSS MIC RTSD)	Vancouver, British Columbia, Canada	https://nssmic.ieee.org/2023/
11.04. - 11.07.	2023 Asia Communications and Photonics Conference/2023 International Photonics and Optoelectronics Meetings (ACP/POEM)	Wuhan, China	http://www.acpconf.com/
11.04. - 11.05.	2023 Eighth International Conference On Mobile And Secure Services (MobiSecServ)	Miami Beach, Florida, USA	http://mobisecserv.org/
11.05. - 11.09.	2023 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC)	Castelldefels, Spain	https://www.events.sbmo.org.br/imoc2023
11.05. - 11.07.	2023 International Conference on Intelligent Education and Intelligent Research (IEIR)	Wuhan, China	http://ieir2023.org/
11.05. - 11.08.	2023 26th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)	Zhuhai, China	https://www.icems2023.com/
11.06. - 11.10.	2023 IEEE International Radar Conference (RADAR)	Sydney, Australia	https://www.radar2023.org/
11.06. - 11.09.	2023 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Latin America (ISGT-LA)	San Juan, Puerto Rico, USA	https://ieee-isgt-latam.org/
11.06. - 11.08.	2023 IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas, Biomedical Engineering and Electronic Systems (COMCAS)	Tel Aviv, Israel	https://www.comcas.org/
11.06. - 11.08.	2023 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)	Pisa, Italy	https://www.metroagrifor.org/
11.06. - 11.09.	2023 36th SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAPI)	Rio Grande, Brazil	https://itecfurgcomunicaca.wixsite.com/sibgrapi-2023
11.06. - 11.08.	2023 IEEE 28th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)	Edinburgh, United Kingdom	https://camad2023.ieee-camad.org/
11.06. - 11.09.	2023 19th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)	Daegu, Korea (South)	https://www.avss2023.org/
11.06. - 11.09.	2023 IEEE 64th Annual Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS)	Santa Cruz, California, USA	https://focs.computer.org/2023/
11.06. - 11.09.	2023 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM)	Marrakesh, Morocco	https://asonam.cpsc.ucalgary.ca/2023/
11.06. - 11.07.	2023 18th International Conference on Emerging Technologies (ICET)	Peshawar, Pakistan	http://www.icet.org.pk/2023/
11.06. - 11.10.	2023 11th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT)	León, Guanajuato, Mexico	https://conisoft.org/2023/
11.06. - 11.07.	2023 International Conference on Recent Advances in Information Technology for Sustainable Development (ICRAIS)	Manipal, India	https://conference.manipal.edu/ICRAIS2023/
11.06. - 11.10.	2023 IEEE PES/IAS PowerAfrica	Marrakech, Morocco	https://ieee-powerafrica.org/
11.06. - 11.08.	2023 IEEE 35th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI)	Atlanta, Georgia, USA	https://ictai.computer.org/2023/
11.07. - 11.09.	2023 IEEE 3rd International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence (DTPI)	Orlando, Florida, USA	http://2023.ieee-dtpi.org/
11.07. - 11.09.	2023 IEEE Conference on Network Function Virtualization and Software Defined Networks (NFV-SDN)	Dresden, Germany	https://nfvsdn2023.ieee-nfvsdn.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.07. - 11.08.	2023 International Conference Informatics, Multimedia, Cyber, and Informations System (ICIMCIS)	Jakarta Selatan, Indonesia	https://2023.icimcis.org/
11.08. - 11.10.	2023 South American Conference On Visible Light Communications (SACVLC)	Santiago, Chile	https://www.sacvlc.cl/
11.08. - 11.11.	2023 IEEE International Conference on Recent Advances in Systems Science and Engineering (RASSE)	Kerala, India	https://2023.ieeerasse.org/
11.08. - 11.11.	2023 International Workshop on Integrated Nonlinear Microwave and Millimetre-Wave Circuits (INMMIC)	Aveiro, Portugal	https://www.inmmic.org/
11.08. - 11.09.	2023 International Conference on Open Innovation and Digital Transformation (OIDT)	Manama, Bahrain	https://oidt2023.agu.edu.bh/
11.08. - 11.09.	2023 6th International Conference on Signal Processing and Information Security (ICSPIS)	Dubai, United Arab Emirates	https://icspis.com/
11.09. - 11.10.	2023 IEEE International Biomedical Instrumentation and Technology Conference (IBITeC)	Yogyakarta, Indonesia	https://ibitec.uui.ac.id/
11.09. - 11.11.	2023 12th International Conference on Awareness Science and Technology (ICAST)	Taichung, Taiwan	https://icast-2023.github.io/
11.09. - 11.11.	2023 IEEE International Conference on Development and Learning (ICDL)	Macau, China	https://www.icdl-2023.org/
11.09. - 11.10.	2023 E-Health and Bioengineering Conference (EHB)	Bucharest, Romania	http://www.ehbconference.ro/Home.aspx
11.10. - 11.13.	2023 IEEE 2nd International Power Electronics and Application Symposium (PEAS)	Guangzhou, China	http://peas.cpss.org.cn/
11.10. - 11.11.	2023 6th International Conference on Information and Communications Technology (ICOIAC)	Event Format: Virtual	https://icoiact.org/
11.10. - 11.12.	2023 IEEE XVI International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE)	Novosibirsk, Russia	https://apeie.ieeesiberia.org/
11.10. - 11.12.	2023 Medical Technologies Congress (TIPTKNO)	Famagusta, Cyprus	https://tiptekno.net/2023/
11.11. - 11.17.	SC23: International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis	Denver, Colorado, USA	https://sc23.supercomputing.org/
11.11. - 11.12.	2023 IEEE 13th International Workshop on Computational Intelligence and Applications (IWCIA)	Hiroshima, Japan	http://www.ieee-jp.org/section/hiroshima/chapter/SMC-28/iwcia2023/
11.12. - 11.16.	2023 IEEE Photonics Conference (IPC)	Orlando, Florida, USA	https://ieee-ipc.org/
11.13. - 11.14.	2023 IEEE Green Energy and Smart Systems Conference (IGESSC)	Long Beach, California, USA	https://site.ieee.org/clas-sysc/call-for-papers/
11.13. - 11.15.	2023 IEEE Future Networks World Forum (FNWF)	Baltimore, Maryland, USA	https://fnwf2023.ieee.org/
11.13. - 11.17.	2023 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PICom/CBDCCom/CyberSciTech)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	https://icnetlab.org/cyber-science2023/index.html
11.14. - 11.17.	2023 IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC)	ZHENGZHOU, China	http://www.icspcc.org/
11.14. - 11.15.	2023 IEEE Broadcast Symposium (BTS)	Washington, District of Columbia, USA	https://bts.ieee.org/broadcastsymposium.html
11.15. - 11.17.	2023 IEEE Conference on Antenna Measurements and Applications (CAMA)	Genoa, Italy	https://2023ieeecama.org/
11.15. - 11.18.	2023 Middle East and North Africa Solar Conference (MENA-SC)	Dubai, United Arab Emirates	https://mbrsic.ae/en/mena-sc/about-mena-solar-conference/
11.15. - 11.17.	2023 19th International Symposium on Medical Information Processing and Analysis (SIPAIM)	Mexico City, Mexico	http://www.sipaim.org/
11.15. - 11.17.	2023 International Conference on Sustainable Communication Networks and Application (ICSCNA)	Event Format: Virtual	https://icoscn.com/2023/
11.15. - 11.17.	2023 38th Conference on Design of Circuits and Integrated Systems (DCIS)	Málaga, Spain	https://dcis2023.uma.es/index.html

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.15. - 11.17.	2023 29th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP)	Queenstown, New Zealand	https://www.m2vip.org/
11.15. - 11.17.	2023 IEEE CPMT Symposium Japan (ICSJ)	Kyoto, Japan	http://www.ieee-csj.org/
11.15. - 11.16.	2023 IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security (HST)	Event Format: Virtual	https://ieee-hst.org/
11.15. - 11.17.	2023 XXV Robotics Mexican Congress (COMRob)	Xalapa/Veracruz, Mexico	https://www.uv.mx/comrob/cfp/
11.15. - 11.17.	2023 IEEE Fifth International Conference on DC Microgrids (ICDCM)	Auckland, New Zealand	https://www.ieee-icdcm.org/
11.15. - 11.17.	2023 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED)	Moscow, Russia	http://media-publisher.ru/en/about-tirved-2023/
11.16. - 11.18.	2023 Annual International Conference on Emerging Research Areas: International Conference on Intelligent Systems (AICERA/ICIS)	Kanjirapally, India	https://aicera.in/2023/
11.16. - 11.17.	2023 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)	Cape Town, South Africa	http://www.icecet.com/
11.16. - 11.17.	2023 IEEE Symposium on Reliability for Electronics and Photonics Packaging (REPP)	Milpitas, California, USA	https://attend.ieee.org/repp/
11.16. - 11.17.	2023 31st National Conference with International Participation (TELECOM)	Sofia, Bulgaria	http://e-university.tu-sofia.bg/e-conf/?konf=177
11.16. - 11.18.	2023 International Symposium on Computers in Education (SIIE)	Setúbal, Portugal	https://eventos.esi.ips.pt/siie2023/
11.17. - 11.19.	2023 IEEE International Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC)	Anaheim, California, USA	https://www.ipccc.org/
11.17. - 11.19.	2023 China Automation Congress (CAC)	Chongqing, China	http://www.cac2023.org.cn/
11.17. - 11.19.	2023 8th International Conference on Robotics and Automation Engineering (ICRAE)	Singapore, Singapore	http://www.cac2023.org.cn/
11.17. - 11.19.	2023 8th International Conference on Communication, Image and Signal Processing (CCISP)	Chengdu, China	https://www.ccisp.org/
11.17. - 11.19.	2023 9th International Conference on Mechanical and Electronics Engineering (ICMEE)	Xi'an, China	http://www.icmee.org/
11.17. - 11.18.	2023 IEEE 5th PhD Colloquium on Emerging Domain Innovation and Technology for Society (PhD EDITS)	Bangalore, India	https://www.phdedits.in/
11.17. - 11.18.	2023 International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN)	PUDUCHERRY, India	http://www.icscan.in/
11.17. - 11.18.	2023 25th International Multitopic Conference (INMIC)	Lahore, Pakistan	http://inmic.org.pk/2023/
11.17. - 11.18.	2023 International Conference on Intelligent Computing and Next Generation Networks (ICNGN)	Hangzhou, China	https://www.icngn.org/
11.17. - 11.19.	2023 6th International Conference on Mechatronics, Robotics and Automation (ICMRA)	Xiamen, China	http://www.icmra.org/
11.18. - 11.19.	2023 IEEE North Karnataka Subsection Flagship International Conference (NKCon)	Belagavi, India	https://ieeenkcon2023.org/
11.18	2023 9th International HCI and UX Conference in Indonesia (CHIUXID)	Bali, Indonesia	https://chiuxid.org/
11.19. - 11.22.	2023 IEEE 11th Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation (APCAP)	Guangzhou, China	http://www.em-conf.com/apcap2023/
11.19. - 11.22.	2023 IEEE Gaming, Entertainment, and Media Conference (GEM)	Bridgetown, Barbados	https://ieeegem.org/
11.20. - 11.23.	2023 IEEE International Future Energy Electronics Conference (IFEEC)	Sydney, Australia	https://ifeec2023.org/
11.20. - 11.22.	2023 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS)	Nagoya, Japan	http://www.mein.nagoya-u.ac.jp/mhs/mhs2023-Top.html

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.20. - 11.21.	2023 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies (3ICT)	Event Format: Virtual	http://iiict.uob.edu.bh/3ict23/
11.20. - 11.22.	2023 IEEE 23rd International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI)	Budapest, Hungary	http://conf.uni-obuda.hu/cinti2023/
11.20. - 11.21.	2023 16th International Conference on Security of Information and Networks (SIN)	Jaipur, India	https://sinconf.org/sin2023/
11.21. - 11.23.	2023 Eleventh International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS)	Cairo, Egypt	https://icicis.cis.asu.edu.eg/
11.21. - 11.23.	2023 IEEE 6th International Conference on Cloud Computing and Artificial Intelligence: Technologies and Applications (CloudTech)	Marrakech, Morocco	http://www.macc.ma/cloudtech23/
11.21. - 11.24.	2023 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)	Auckland, New Zealand	https://ieee-isgt-asia.org/
11.21. - 11.22.	2023 31st Telecommunications Forum (TELFOR)	Belgrade, Serbia	https://www.telfor.rs/
11.21. - 11.23.	2023 14th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)	Irbid, Jordan	https://www.just.edu.jo/icics/
11.22. - 11.24.	2023 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD)	Rabat, Morocco	http://ictmod-conference.com/
11.22. - 11.24.	2023 15th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)	São Bernardo do Campo, Brazil	https://induscon.org/
11.22. - 11.24.	2023 7th International Conference on System Reliability and Safety (ICSRS)	Bologna, Italy	http://www.icsrs.org/
11.22. - 11.24.	2023 7th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)	Event Format: Virtual	http://icoeca.org/2023/
11.22. - 11.23.	2023 3rd International Conference on Petroleum Technology & Petrochemicals (ICPTP)	Baghdad, Iraq	https://icptp.uotechnology.edu.iq/index.html
11.22. - 11.25.	2023 IEEE Colombian Caribbean Conference (C3)	Barranquilla, Colombia	https://attend.ieee.org/c3/
11.23. - 11.24.	2023 International Conference on Advances in Computation, Communication and Information Technology (ICAICCIT)	Faridabad, India	https://aiccit2023.vercel.app/
11.23. - 11.25.	2023 4th International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES)	Plovdiv, Bulgaria	http://ciees.eu/
11.23. - 11.24.	2023 International Conference on Recent Advances in Science and Engineering Technology (ICRASET)	B G NAGARA, India	https://bgsiticraset23.com/
11.23. - 11.25.	2023 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT)	Malang, Indonesia	http://comnetsat.org/
11.23. - 11.25.	2023 5th International Conference on Control and Robotics (ICCR)	Tokyo, Japan	http://www.iccr.net/
11.24. - 11.26.	2023 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (I-PACT)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://vit.ac.in/ipact/
11.24. - 11.25.	2023 IEEE 3rd Applied Signal Processing Conference (ASPCON)	India	http://ieeespskolkata.org/conferences.html
11.24. - 11.26.	2023 Eleventh International Conference on Technology for Education (T4E)	Mumbai, India	https://etsociety.org/t4e2023/
11.24. - 11.26.	2023 Power Electronics and Power System Conference (PEPSC)	Hangzhou, China	https://pepsc.org/
11.24. - 11.25.	2023 International Conference on Integrated Intelligence and Communication Systems (ICIICS)	Kalaburagi, India	https://iciics.in/
11.25. - 11.26.	2023 IEEE 9th International Women in Engineering (WIE) Conference on Electrical and Computer Engineering (WIECON-ECE)	Thiruvananthapuram, India	http://wiecon-ece.org/
11.25. - 11.26.	2023 IEEE International Conference on Intelligent Systems, Smart and Green Technologies (ICISSGT)	Vssakhapatnam, India	https://r10.ieee.org/vizagbay/icissgt-2023/
11.26. - 11.29.	2023 IEEE 8th Southern Power Electronics Conference (SPEC)	Florianopolis, Brazil	https://spec-ieee.org/spec2023/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.27. - 11.30.	2023 Resilience Week (RWS)	National Harbor, Maryland, USA	https://events.techconnect.org/DTCFall/Resilience-Week/
11.27	2023 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)	Auckland, New Zealand	https://tale2023.org/
11.27. - 11.29.	2023 2nd International Conference on Emerging Trends in Electrical, Control, and Telecommunication Engineering (EECTE)	Lahore, Pakistan	https://etecte.uol.edu.pk/
11.27. - 11.28.	2023 1st DMIHER International Conference on Artificial Intelligence in Education and Industry 4.0 (IDICAIEI)	Wardha, India	http://www.dmimsu.edu.in/IICAIEI/index.php
11.27. - 11.29.	2023 12th International Conference on Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS)	Hanoi, Vietnam	https://www.iccais2023.org/
11.28. - 11.30.	2023 5th International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications (ICAICA)	Dalian, China	http://www.icaica.org/
11.28. - 11.30.	2023 International Conference on Computer and Applications (ICCA)	Cairo, Egypt	https://icca-conf.info/
11.28. - 11.30.	2023 2nd International Conference on Electronics, Energy and Measurement (IC2EM)	Medea, Algeria	http://www.univ-medea.dz/ic2em2023/
11.28. - 11.0.	2023 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific)	Chiang Mai, Thailand	https://itec-ap2023.com/
11.28. - 11.30.	2023 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence Systems (IoTIS)	Bali, Indonesia	http://iotais.org/
11.28. - 11.30.	2023 9th IEEE India International Conference on Power Electronics (IICPE)	SONIPAT, India	https://www.iicpe2023.in/
11.28. - 11.29.	2023 International Conference on the Confluence of Advancements in Robotics, Vision and Interdisciplinary Technology Management (IC-RVITM)	Bangalore, India	http://ic-rvitm.rvitm.edu.in/
11.29	2023 33rd International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC)	Melbourne, Australia	https://itnac.org.au/
11.30	2023 Workshop on Communication Networks and Power Systems (WCNPS)	Event Format: Virtual	https://ieee-wcnps.org/

>>2023년 12월

12.01. - 12.02.	2023 IEEE 2nd International Conference on Data, Decision and Systems (ICDDS)	Mangaluru, India	https://icdds.org/
12.01. - 12.02.	2023 IEEE International Conference on Knowledge Graph (ICKG)	Event Format: Virtual	https://ickg2023.zhonghuapu.com/en/
12.01. - 12.03.	2023 IEEE 5th International Conference on Architecture, Construction, Environment and Hydraulics (ICACEH)	Taichung, Taiwan	http://www.icaceh.asia/
12.01. - 12.03.	2023 IEEE Third International Conference on Signal, Control and Communication (SCC)	Hammamet, Tunisia	https://scc.ieee.tn/
12.01. - 12.04.	2023 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)	Shanghai, China	https://www.cloud-conf.net/icdm2023/index.html
12.01. - 12.03.	2023 Global Conference on Information Technologies and Communications (GCITC)	Bangalore, India	https://gccit.in/index.php
12.01. - 12.03.	2023 IEEE 17th International Conference on Anti-counterfeiting, Security, and Identification (ASID)	Xiamen, China	https://asid.xmu.edu.cn/main.htm
12.02.	2023 IEEE Signal Processing in Medicine and Biology Symposium (SPMB)	Event Format: Virtual	https://www.ieeespmb.org/2023/
12.02. - 12.03.	2023 IEEE 8th International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://icraie2023.com/
12.03. - 12.06.	2023 IEEE International Conference on Energy Technologies for Future Grids (ETFG)	Wollongong, Australia	https://attend.ieee.org/etfg-2023/
12.04. - 12.07.	2023 IEEE International Workshop on Information Forensics and Security (WIFS)	Nürnberg, Germany	https://wifs2023.fau.de/
12.04. - 12.07.	2023 30th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS)	Istanbul, Turkey	http://icecs2023.isikun.edu.tr/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
12.04. - 12.06.	2023 IEEE 10th Workshop on Wide Bandgap Power Devices & Applications (WIPDA)	Charlotte, North Carolina, USA	https://wipda.org/
12.04. - 12.08.	GLOBECOM 2023 - 2023 IEEE Global Communications Conference	Kuala Lumpur, Malaysia	https://globecom2023.ieee-globecom.org/
12.04. - 12.08.	2023 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://globecom2023.ieee-globecom.org/
12.04. - 12.05.	2023 International Symposium on Multi-Robot and Multi-Agent Systems (MRS)	Boston, Massachusetts, USA	https://sites.bu.edu/mrs2023/
12.04.	2023 Connecting the Unconnected Summit (CTUS)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://ctu.ieee.org/summit/2023-ctu-summit/
12.04. - 12.07.	2023 IEEE/ACM 16th International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC)	Taormina, Italy	https://ucc-conference.org/
12.04. - 12.06.	2023 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)	Naples, Italy	https://parsec2.unicampania.it/cloudcom2023/
12.04. - 12.06.	2023 IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (CSDE)	Nadi, Fiji	https://ieee-csde.org/csde2023/
12.04. - 12.06.	2023 International Conference on Sustainable Technology and Engineering (I-COSTE)	Nadi, Fiji	https://i-coste.org/i-coste2023/
12.04. - 12.06.	2023 IEEE International Conference on Agents (ICA)	Kyoto, Japan	https://confaid.com/ieee-ica2023/
12.04. - 12.09.	2023 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)	Koh Samui, Thailand	http://robio2023.org/
12.04. - 12.06.	2023 4th China International SAR Symposium (CISS)	Shanghai, China	http://ciss2023.cn/
12.04. - 12.06.	2023 26th Conference of the Oriental COCOSDA International Committee for the Co-ordination and Standardisation of Speech Databases and Assessment Techniques (O-COCOSDA)	Delhi, India	https://www.ococosda2023.com/
12.04. - 12.06.	2023 IEEE 23rd International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE)	Event Format: Virtual	https://bibe.conferences.computer.org/2023/
12.04. - 12.07.	2023 20th ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA)	Giza, Egypt	https://aiccsa.net/AICCSA2023/
12.05. - 12.08.	2023 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)	Istanbul, Turkey	https://bidma.cpsc.ucalgary.ca/IEEE-BIBM-2023/
12.05. - 12.08.	2023 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)	Taipei, Taiwan	http://www.apmc2023.org/
12.05. - 12.08.	2023 21st International Conference on Advanced Robotics (ICAR)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	https://sites.google.com/view/2023icar
12.05. - 12.08.	2023 IEEE 16th International Conference on Nano/Molecular Medicine & Engineering (NANOMED)	Okinawa, Japan	http://ieee-nanomed.org/2023/
12.05. - 12.08.	2023 IEEE 25th Electronics Packaging Technology Conference (EPTC)	Singapore	https://www.eptc-ieee.net/
12.05. - 12.08.	2023 IEEE Real-Time Systems Symposium (RTSS)	Taipei, Taiwan	http://2023.rtss.org/
12.05. - 12.07.	2023 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)	Valdivia, Chile	https://site.ieee.org/chilesur/ieee-chilecon-2023/
12.06. - 12.08.	2023 IEEE MTT-S Latin American Microwave Conference (LAMC)	San José, Costa Rica	https://lamc-ieee.org/
12.06. - 12.08.	2023 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)	Mexico City, Mexico	https://attend.ieee.org/ssci-2023/
12.06. - 12.08.	2023 24th International Arab Conference on Information Technology (ACIT)	Ajman, United Arab Emirates	https://acit2k.org/ACIT/
12.06. - 12.09.	2023 IEEE EMBS Special Topic Conference on Data Science and Engineering in Healthcare, Medicine and Biology	Malta	https://datascience.embs.org/2023/welcome/
12.06. - 12.09.	2023 IEEE PES 15th Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)	Chiang Mai, Thailand	https://ieee-appeec.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
12.06. - 12.08.	2023 7th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA)	Bali, Indonesia	https://conmedia.umn.ac.id/
12.06. - 12.09.	2023 IEEE/ACM Symposium on Edge Computing (SEC)	Wilmington, Delaware, USA	http://acm-ieee-sec.org/2023/index.php
12.06. - 12.08.	2023 3rd International Conference on Smart Cities, Automation & Intelligent Computing Systems (ICON-SONICS)	Bali, Indonesia	https://iconsonics.umn.ac.id/
12.06. - 12.08.	2023 TRON Symposium (TRONSHOW)	Tokyo, Japan	https://tronshow.org/index-e.html
12.07. - 12.09.	2023 International Conference on Modeling, Simulation & Intelligent Computing (MoSiCom)	Dubai, United Arab Emirates	https://www.mosicom2023.com/
12.07. - 12.08.	2023 1st International Conference on Optimization Techniques for Learning (ICOTL)	Bengaluru, India	https://mits-icotl23.netlify.app/
12.07. - 12.09.	2023 IEEE Workshop on Recent Advances in Photonics (WRAP)	Prayagraj, India	https://wrap2023.iita.ac.in/
12.07. - 12.09.	2023 IEEE 6th Student Conference on Electric Machines and Systems (SCEMS)	HuZhou, China	https://scems2023.com/
12.08. - 12.14.	2023 13th International Conference on Information Science and Technology (ICIST)	Cairo, Egypt	https://conference.cs.cityu.edu.hk/icist/
12.08. - 12.10.	2023 IEEE 4th China International Youth Conference On Electrical Engineering (CIYCEE)	Chengdu, China	http://ciycee2023.aconf.cn/index.html
12.08. - 12.10.	2023 IEEE 2nd Industrial Electronics Society Annual On-Line Conference (ONCON)	Event Format: Virtual	https://iesoncon2023.com/
12.08. - 12.09.	2023 Fourth International Conference on Smart Technologies in Computing, Electrical and Electronics (ICSTCEE)	Bengaluru, India	https://icstcee.in/
12.08. - 12.11.	2023 9th International Conference on Computer and Communications (ICCC)	Chengdu, China	http://www.iccc.org/
12.08. - 12.10.	2023 IEEE 11th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC)	Chongqing, China	http://www.itaic.org/
12.08. - 12.09.	2023 IEEE International Conference on ICT in Business Industry & Government (ICTBIG)	Indore, India	https://indore.hosting.acm.org/ictbig2023/index.htm
12.08. - 12.10.	2023 15th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications (SKIMA)	Kuala Lumpur, Malaysia	http://skimanetwork.org/
12.08. - 12.09.	2023 3rd International Conference on Mobile Networks and Wireless Communications (ICMNWC)	Tumkur, India	https://www.icmnwc.com/
12.08. - 12.10.	2023 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (I-PACT)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://vit.ac.in/ipact/
12.08. - 12.10.	2023 8th International Conference on Mechanical Engineering and Robotics Research (ICMERR)	Krakow, Poland	http://www.icmerr.com/
12.08. - 12.10.	2023 8th International Conference on Control, Robotics and Cybernetics (CRC)	Changsha, China	http://www.icrc.org/index.html
12.08. - 12.10.	2023 13th International Conference on Power and Energy Systems (ICPES)	Chengdu, China	http://www.icpes.org/
12.09. - 12.13.	2023 International Electron Devices Meeting (IEDM)	San Francisco, California, USA	https://www.ieee-iedm.org/
12.10. - 12.11.	2023 IEEE International Conference on Computer Vision and Machine Intelligence (CVMI)	Gwalior, India	https://cvmi2023.iitn.ac.in/
12.10. - 12.12.	2023 IEEE 16th Malaysia International Conference on Communication (MICC)	Kuala Lumpur, Malaysia	http://micc2023.mycomvt.info/
12.10. - 12.13.	2023 IEEE India Geoscience and Remote Sensing Symposium (InGARSS)	Bangalore, India	https://ingarss.org/
12.10. - 12.13.	2023 IEEE 3rd International Conference on Smart Technologies for Power, Energy and Control (STPEC)	Bhubaneswar, India	https://event.kit.ac.in/STPEC2023/
12.10. - 12.13.	2023 IEEE 9th International Workshop on Computational Advances in Multi-Sensor Adaptive Processing (CAMSAP)	Herradura, Costa Rica	https://ig.umons.ac.be/index.php
12.11. - 12.13.	2023 IEEE Ninth Multimedia Big Data (BigMM)	Laguna Hills, California, USA	https://www.bigmm.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
12.11. - 12.13.	2023 4th International Conference on Power Engineering (ICPE)	Macau, Macao	http://www.icpe.net/
12.11. - 12.13.	2023 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM)	Laguna Hills, California, USA	https://www.ieee-ism.org/
12.11. - 12.14.	2023 IEEE Microwaves, Antennas, and Propagation Conference (MAPCON)	Ahmedabad, India	https://www.ieeemapcon.org/
12.11. - 12.13.	2023 2nd International Conference on Automation, Computing and Renewable Systems (ICACRS)	Event Format: Virtual	http://icacrs.com/2023/
12.11. - 12.13.	2023 6th International Conference on Advanced Communication Technologies and Networking (CommNet)	Rabat, Morocco	http://www.commnet-conf.org/
12.11. - 12.13.	2023 Seventh IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC)	Laguna Hills, California, USA	https://www.ieee-irc.org/
12.11. - 12.14.	2023 IEEE 22nd International Conference on Micro and Nanotechnology for Power Generation and Energy Conversion Applications (PowerMEMS)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	https://www.powermems.org/
12.11. - 12.12.	2023 International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT)	Lahore, Pakistan	https://fit.edu.pk/
12.11. - 12.13.	2023 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI)	Singapore, Singapore	https://2023.ieee-soli.org/
12.12. - 12.14.	2023 IEEE Electrical Design of Advanced Packaging and Systems (EDAPS)	Rose-Hill, Mauritius	http://edaps.org/
12.12. - 12.15.	2023 IEEE International Transportation Electrification Conference (ITEC-India)	Chennai, India	https://saeindia.org/events/itecindia-2023/
12.12. - 12.14.	2023 IEEE-RAS 22nd International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)	Austin, Texas, USA	https://2023.ieee-humanoids.org/
12.12. - 12.14.	2023 IEEE 4th International Multidisciplinary Conference on Engineering Technology (IMCET)	Beirut, Lebanon	http://ireee.org/imcet23/
12.12. - 12.15.	2023 62nd IEEE Conference on Decision and Control (CDC)	Singapore, Singapore	https://cdc2023.ieeecss.org/
12.13. - 12.15.	2023 International Symposium on Ocean Technology (SYMPOL)	Kochi, India	http://sympol.cusat.ac.in/
12.13. - 12.15.	2023 4th International Conference on Computers and Artificial Intelligence Technology (CAIT)	Macau, Macao	http://www.cait.net/
12.13. - 12.15.	2023 Asian Hardware Oriented Security and Trust Symposium (AsianHOST)	Tianjin, China	https://www.asianhost.org/2023/
12.13. - 12.15.	2023 IEEE Afro-Mediterranean Conference on Artificial Intelligence (AMCAI)	Hammamet, Tunisia	https://easychair.org/cfp/AMCAI-2023
12.13. - 12.15.	2023 26th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)	Cox's Bazar, Bangladesh	https://iccit.org.bd/2023/
12.13. - 12.15.	2023 OITS International Conference on Information Technology (OCIT)	Raipur, India	https://www.oits-icit.org/
12.13. - 12.16.	2023 IEEE 54th Semiconductor Interface Specialists Conference (SISC)	San Diego, California, USA	https://www.ieeesisc.org/
12.13. - 12.15.	2023 10th IEEE International Conference on Power Systems (ICPS)	Cox's Bazar, Bangladesh	http://www.icps23.com/
12.13. - 12.14.	2023 IEEE 21st Student Conference on Research and Development (SCoReD)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://ieeemy.org/scored/
12.14. - 12.16.	2023 IEEE/ACIS 8th International Conference on Big Data, Cloud Computing, and Data Science (BCD)	Hochiminh City, Vietnam	https://acisinternational.org/conferences/bcd-2023/
12.14. - 12.16.	2023 IEEE International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE)	Paris, France	https://www.olab-dynamics.net/wetice2023/index.html
12.14. - 12.16.	2023 IEEE Technology & Engineering Management Conference - Asia Pacific (TEMSCON-ASPAC)	Bengaluru, India	https://aspac-temscon.com/
12.14. - 12.16.	2023 11th National Power Electronics Conference (NPEC)	Guwahati, India	https://www.npec2023.com/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
12.14. - 12.15.	2023 IEEE International Conference on Machine Learning and Applied Network Technologies (ICMLANT)	Event Format: Virtual	https://icmlant.com/
12.14. - 12.16.	2023 8th International Conference on Computers and Devices for Communication (CODEC)	Kolkata, India	https://www.codec-rpe.org/
12.14. - 12.15.	2023 International Conference on Energy, Materials and Communication Engineering (ICEMCE)	Madurai, India	https://icemce2023.github.io/icemce/
12.14. - 12.15.	2023 9th International Conference on Signal Processing and Intelligent Systems (ICSPIS)	Bali, Indonesia	https://icspis.ir/
12.14. - 12.16.	2023 3rd International Conference on Robotics, Automation and Artificial Intelligence (RAAI)	Singapore, Singapore	http://www.raai.net/
12.14. - 12.16.	2023 2nd International Conference on Automation, Robotics and Computer Engineering (ICARCE)	Wuhan, China	https://www.icarce.com/
12.14. - 12.17.	2023 IEEE 20th India Council International Conference (INDICON)	Warangal, India	https://cms.nitw.ac.in/conference/indicon2023/
12.14. - 12.16.	2023 International Conference on Next Generation Electronics (NEleX)	Vellore, India	https://vit.ac.in/NEleX/
12.14. - 12.15.	2023 International Conference on Innovative Computing, Intelligent Communication and Smart Electrical Systems (ICES)	Chennai, India	https://icses2023.stjosephstechnology.ac.in/
12.15. - 12.17.	2023 IEEE 7th Conference on Information and Communication Technology (CICT)	Jabalpur, India	https://cict2023.com/
12.15. - 12.17.	2023 5th International Conference on Electrical Engineering and Control Technologies (CEECT)	Chengdu, China	https://ceect.org/
12.15. - 12.17.	2023 IEEE 6th International Conference on Automation, Electronics and Electrical Engineering (AUTEEE)	Shenyang, China	http://www.auteee.org/
12.15. - 12.17.	2023 IEEE 6th International Conference on Electronics and Communication Engineering (ICECE)	Xi'an, China	http://www.icece.net/
12.15. - 12.17.	2023 International Conference on Neuromorphic Computing (ICNC)	Wuhan, China	http://icnc2023.org/
12.15. - 12.16.	2023 4th International Conference on Communication, Computing and Industry 6.0 (C2I6)	Bangalore, India	https://sites.google.com/view/c2i6-2023/home
12.15. - 12.17.	2023 IEEE International Conference on E-health Networking, Application & Services (Healthcom)	Chongqing, China	https://healthcom2023.ieee-healthcom.org/
12.15. - 12.17.	2023 IEEE 3rd International Conference on Social Sciences and Intelligence Management (SSIM)	Taichung, Taiwan	http://www.ssim.asia/
12.15. - 12.17.	2023 9th International Conference on Big Data and Information Analytics (BigDIA)	Haikou, China	https://2023.bigdia.org/
12.15. - 12.17.	2023 11th International Conference on Intelligent Systems and Embedded Design (ISED)	Dehradun, India	https://isedconf.org/
12.15. - 12.18.	2023 IEEE International Conference on Big Data (BigData)	Sorrento, Italy	http://bigdataieee.org/BigData2023/index.html
12.15. - 12.18.	2023 IEEE 7th Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2)	Hangzhou, China	https://attend.ieee.org/ei2-2022/
12.15. - 12.17.	2023 International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)	Jacksonville, Florida, USA	https://icmla-conference.org/icmla23/
12.15. - 12.16.	2023 5th International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N)	Greater Noida, India	https://icac3n.in/
12.15. - 12.17.	2023 20th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP)	Chengdu, China	https://waveletlab.cn/
12.16. - 12.22.	2023 7th IEEE Congress on Information Science and Technology (CIST)	Agadir - Essaouira, Morocco	http://www.ieee.ma/cist23/
12.16. - 12.2023 .	2023 IEEE 11th Conference on Systems, Process & Control (ICSPC)	Malacca, Malaysia	https://sites.google.com/view/icspc/home
12.16. - 12.20.	2023 IEEE Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop (ASRU)	Taipei, Taiwan	http://www.asru2023.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
12.16. - 12.18.	2023 14th International Renewable Energy Congress (IREC)	Sousse, Tunisia	https://irec-conference.com/
12.16. - 12.17.	2023 16th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)	Hangzhou, China	http://iukm.zju.edu.cn/iscid/index.html
12.17. - 12.20.	2023 IEEE International Conference on Power Electronics, Smart Grid, and Renewable Energy (PESGRE)	Trivandrum, India	https://pesgre2023.org/
12.17. - 12.20.	2023 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS)	Jaipur, India	https://ants2023.ieee-ants.org/
12.17. - 12.21.	2023 IEEE International Conference on High Performance Computing & Communications, Data Science & Systems, Smart City & Dependability in Sensor, Cloud & Big Data Systems & Application (HPCC/DSS/SmartCity/DependSys)	Melbourne, Australia	http://www.swinflow.org/confs/2023/hpcc/
12.17. - 12.21.	2023 IEEE 29th International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS)	Ocean Flower Island, China	https://ieee-cybermatics.org/2023/icpads/
12.17. - 12.21.	2023 IEEE International Conferences on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing & Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical & Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) and IEEE Congress on Cybermatics (Cybermatics)	Danzhou, China	https://ieee-cybermatics.org/2023/
12.17. - 12.21.	2023 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain)	Danzhou, China	https://ieee-cybermatics.org/2023/blockchain/
12.18. - 12.21.	2023 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)	Singapore, Singapore	https://www.ieem.org/public.asp?page=index.asp
12.18. - 12.20.	2023 IEEE International Symposium on Smart Electronic Systems (ISES)	Ahmedabad, India	https://ieee-ises.org/2023/
12.18. - 12.20.	2023 7th International Conference on Electronics, Materials Engineering & Nano-Technology (IEMENTech)	Kolkata, India	https://iementech.iem.edu.in/
12.18. - 12.21.	2023 IEEE 30th International Conference on High Performance Computing, Data, and Analytics (HiPC)	Goa, India	https://hipc.org/
12.18. - 12.20.	2023 IEEE 11th International Conference on Systems and Control (ICSC)	Sousse, Tunisia	https://icsc.conference.univ-poitiers.fr/
12.18. - 12.20.	2023 Saudi Arabia Smart Grid (SASG)	Riyadh, Saudi Arabia	https://saudi-sg.com/
12.19. - 12.21.	2023 11th RSI International Conference on Robotics and Mechatronics (ICRoM)	Tehran, Iran	https://icrom.ir/
12.20. - 12.21.	2023 Fifth Scientific Conference for Electrical Engineering Techniques Research (EETR)	Baghdad, Iraq	http://eetr2023.eetc.mtu.edu.iq/
12.20. - 12.21.	2023 17th International Conference on Open Source Systems and Technologies (ICOSST)	Lahore, Pakistan	https://icosst.kics.edu.pk/2023/
12.21. - 12.23.	2023 3rd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA)	Event Format: Virtual	http://icimia.in/#about
12.21. - 12.22.	2023 4th International Informatics and Software Engineering Conference (IISEC)	Ankara, Turkey	https://iisec.tbakademi.org.tr/2023/
12.21. - 12.24.	2023 IEEE Intl Conf on Parallel & Distributed Processing with Applications, Big Data & Cloud Computing, Sustainable Computing & Communications, Social Computing & Networking (ISPA/BDCloud/SocialCom/SustainCom)	Wuhan, China	http://www.ieee-hust-ncc.org/2023/ISPA/index.html
12.21. - 12.24.	2023 IEEE International Conference on Security, Privacy, Anonymity in Computation and Communication and Storage (SpaCCS)	Wuhan, China	http://www.ieee-hust-ncc.org/2023/SpaCCS/index.html
12.21. - 12.22.	2023 3rd International Conference on Emerging Frontiers in Electrical and Electronic Technologies (ICEFEET)	Patna, India	https://sites.google.com/nitp.ac.in/icefeet-2023/home
12.22. - 12.23.	2023 IEEE 15th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)	Bangkok, Thailand	http://cicn.in/
12.22. - 12.23.	2023 International Conference on Computational Intelligence, Networks and Security (ICCINS)	Mylavaram, India	https://www.iccins.in/
12.22. - 12.24.	2023 5th International Conference on Electrical, Control and Instrumentation Engineering (ICECIE)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://2023.icecie.com/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
12.23. - 12.25.	2023 RIVF International Conference on Computing and Communication Technologies (RIVF)	Hanoi, Vietnam	https://rivf2023.org/
12.27. - 12.28.	2023 5th Sustainability and Resilience Conference: Energy And Industry 4.0 – Technologies And Applications (SRC)	Event Format: Virtual	https://srcdi.uob.edu.bh/
12.29. - 12.31.	2023 3rd International Conference on Smart Generation Computing, Communication and Networking (SMART GENCON)	Bangalore, India	https://smartgencon.org/
12.29. - 12.30.	2023 International Conference on Artificial Intelligence for Innovations in Healthcare Industries (ICAIIHI)	Raipur, India	https://www.icaiihi.com/

>>2024년 1월

01.01. - 01.06.	2024 IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision Workshops (WACVW)	Waikoloa, Hawaii, USA	https://wacv2024.thecvf.com/
01.03. - 01.05.	2024 18th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM)	Kuala Lumpur, Malaysia	http://imcom.org/
01.04. - 01.06.	2024 International Conference on Social and Sustainable Innovations in Technology and Engineering (SASI-ITE)	Tadepalligudem, India	http://ite.sasi.ac.in/
01.04. - 01.06.	2024 2nd International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT)	Event Format: Virtual	http://icoici.org/2024/
01.06. - 01.08.	2024 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)	Las Vegas, Nevada, USA	https://icce.org/2024/call-for-papers-2/
01.06. - 01.09.	2024 IEEE 21st Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)	Las Vegas, Nevada, USA	https://ccnc2024.ieee-ccnc.org/
01.06. - 01.10.	2024 37th International Conference on VLSI Design and 2024 23rd International Conference on Embedded Systems (VLSID)	Kolkata, India	https://vlsid.org/
01.08. - 01.11.	2024 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)	Ha Long, Vietnam	https://sice-si.org/SII2024/
01.08. - 01.10.	2024 4th International Conference on Smart Grid and Renewable Energy (SGRE)	Doha, Qatar	http://www.sgre-qa.org/
01.10. - 01.12.	2024 2nd International Conference on Big Data and Privacy Computing (BDPC)	Macau, China	http://www.icbd.org/
01.11. - 01.12.	2024 Fourth International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies (ICAECT)	Bhilai, India	http://icaect.com/
01.12. - 01.14.	2024 8th International Conference on Robotics, Control and Automation (ICRCA)	Shanghai, China	http://www.icrca.org/
01.17. - 01.19.	2024 IEEE International Conference on Artificial Intelligence eXtended and Virtual Reality (AIXVR)	Los Angeles, California, USA	https://aivr.science.uu.nl/
01.17. - 01.19.	2024 International Conference on Information Networking (ICOIN)	Ho Chi Minh City, Vietnam	https://www.icoin.org/
01.17. - 01.19.	2024 International Conference on Green Energy, Computing and Sustainable Technology (GECOST)	Event Format: Virtual	https://gecost.curtin.edu.my/
01.18. - 01.28.	2024 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)	Albuquerque, New Mexico, USA	https://rams.org/
01.18. - 01.19.	2024 14th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)	Noida, India	https://www.amity.edu/aset/confluence2024/
01.18. - 01.20.	2024 Third International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T)	Raipur, India	http://icpc2t.nitr.ac.in/
01.21. - 01.24.	2024 102nd ARFTG Microwave Measurement Conference (ARFTG)	San Antonio, Texas, USA	https://www.arftg.org/
01.21. - 01.24.	2024 IEEE Topical Conference on RF/Microwave Power Amplifiers for Radio and Wireless Applications (PAWR)	San Antonio, Texas, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.21. - 01.24.	2024 IEEE 24th Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SIRF)	San Antonio, Texas, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.21. - 01.24.	2024 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS)	San Antonio, Texas, USA	https://www.radiowirelessweek.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
01.21. - 01.24.	2024 IEEE Space Hardware Radio Conference (SHaRC)	San Antonio, Texas, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.21. - 01.24.	2024 IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks (WiSNeT)	San Antonio, Texas, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.21. - 01.25.	2024 IEEE 37th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)	Austin, Texas, USA	https://www.mems24.org/
01.22. - 01.24.	2024 IEEE Applied Sensing Conference (APSCON)	Goa, India	https://2024.ieee-apscon.org/
01.22. - 01.25.	2024 29th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC)	Incheon, Korea (South)	https://aspdac.gabia.io/
01.24. - 01.25.	2024 International Conference on Intelligent and Innovative Technologies in Computing, Electrical and Electronics (IITCEE)	Bangalore, India	https://iciitcee.in/
01.25. - 01.27.	2024 IEEE 3rd International Conference on Control, Instrumentation, Energy & Communication (CIEC)	Kolkata, India	https://www.ciec24.co.in/
01.25. - 01.27.	2024 IEEE 22nd World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI)	Stará Lesná, Slovakia	http://conf.uni-obuda.hu/sami2024/
01.29. - 02.01.	2024 Pan Pacific Strategic Electronics Symposium (Pan Pacific)	Kona, Big Island, Hawaii, USA	https://smta.org/mpage/panpac
01.29. - 01.30.	2024 IEEE Electrical Energy Storage Application and Technologies Conference (EESAT)	San Diego, California, USA	https://cmte.ieee.org/pes-eesat/
01.31. - 02.03.	2024 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON)	Chiang-mai, Thailand	http://www.icdamt.org/2024/

The Magazine of the IEIE

특별회원사 명단

회원사	대표자	주 소	전 화	홈페이지
(주)디비하이텍	최창식	경기도 부천시 수도로 90(도당동)	032-680-4700	www.dbhitek.com
(주)레티널	김재혁	경기도 안양시 동안구 부림로170번지 41-10, 4층	02-6959-7007	https://letinar.com
(주)마르시스	박용규	서울시 강남구 언주로 85길 7	02-3445-3999	http://www.marusys.com
(주)세미파이브	조명현	경기도 성남시 분당구 양현로 322, 코리아디자인센터 2층		http://www.semifive.com
(주)센서위드유	이윤식	울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 501-4호	052-912-4282	http://www.sensorwyou.com
(주)에스비솔루션	변영재	울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 401-3호	052-217-7343	http://www.sb-solutions.co.kr
(주)에어포인트	백승준	대전광역시 유성구 테크노2로 187, 204호(용산동, 미건테크노월드 2차)	042-484-5460	http://www.airpoint.co.kr
(주)와이솔	김지호	경기도 오산시 가창로 531-7	070-7837-2730	http://www.wisol.co.kr
(주)웨이브피아	이상훈	경기도 화성시 동탄기흥로 557 금강펜테리움IT타워 1301호	031-8058-3384	http://www.wavepia.com
KT	구현모	경기도 성남시 분당구 정자동 206	031-727-0114	http://www.kt.com
LG이노텍(주)	정철동	서울시 강서구 마곡중앙10로 30	02-3777-1114	www.lginnotek.com
LG전자(주)	조주완, 배두용	서울시 영등포구 여의도동 30	02-3777-1114	http://www.lge.co.kr
LIG넥스원	김지찬	서울시 서초구 강남대로 369(서초동, 나라빌딩)	02-1644-2005	http://www.lignex1.com
LPKF Laser&Electronics	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.siliconitus.com
(주)싸이몬	정창호	경기도 성남시 분당구 별말로48(구 야탑동 272-1 케이디티빌딩)	02-480-8580	http://www.cimon.com
(주)싸인텔레콤	박영기	서울시 영등포구 경인로 775, 문래동 3가 에이스하이테크시티 1동 119호	02-3439-0033	http://www.signtelecom.com
(주)솔리드	정준, 이승희	경기도 성남시 분당구 판교역로 220 솔리드스페이스	031-627-6000	http://www.st.co.kr
(주)유니트론텍	남궁 선	서울시 강남구 영동대로 638(삼도빌딩) 9층	02-573-6800	http://unitrontech.com
(주)코클리어닷에이아이	한윤창	서울시 강남구 봉은사로 51길 26		www.cochl.ai
(주)크레셈	오상민	대전시 유성구 대덕대로 582, 4층 402호(도룡동, 옥토빌딩)	031-427-3445	http://www.cressem.com
(주)텔레칩스	이장규	서울시 송파구 올림픽로 35다길 42(신천동 한국루터회관)19~23층	02-3443-6792	www.telechips.com
(주)티에이치엔	이광연, 채승훈	대구시 달서구 갈산동 973-3	053-583-3001	http://www.th-net.co.kr
(주)티엘아이	김달수	경기도 성남시 중원구 양현로 405번길 12 티엘아이 빌딩	031-784-6800	http://www.tli.co.kr
(주)해치텍	최성민	충북 청주시 청원구 오창읍 연구단지 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 제9호(통권 제472호)

The Magazine of the IEIE

2023년 9월 20일 인쇄

2023년 9월 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

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

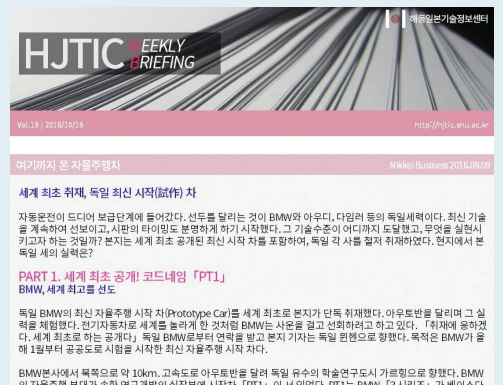
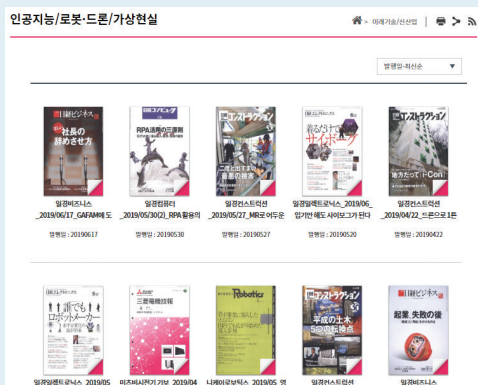


서울대학교 공과대학 해동일본기술정보센터는 대덕전자(故)김정식 회장의 열정과 지원에 의해 최신 일본 기술정보를 산업계와 학계에 널리 알리고자 2010년 3월에 설립하여 현재까지 운영해 오고 있습니다.

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

상세한 사항은 로그인 없이 모든 정보와 이용이 가능한 홈페이지를 참조바랍니다.



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

