

ISSN1016-9288

제51권 2호

2024년 2월호

전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.51. no.2

초실감 메타버스 구현을 위한 SW/HW 기술

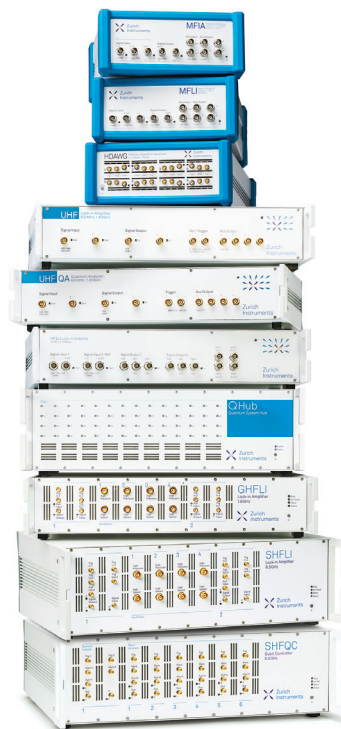
- 실내 환경의 구조적인 특성을 이용한 3차원 복원 연구 동향
- Implicit Function 기반 옷을 입은 인간 3차원 복원 동향
- 몰입도 높은 메타버스 공간 구현을 위한 보행 패턴 연구
- Text-to-4D Avatar 생성의 발전과 그 응용
- AI기반 홀로그래픽 디스플레이 기술의 최근 예시



Boost Your Lab's Performance in Quantum, Photonics, Materials



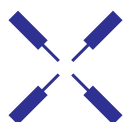
Software to fast-track
your research goals



Hardware for
highest fidelity



Support by our
application experts



**Zurich
Instruments**

한국담당자 ilnam.yeom@zhinst.com
82-10-6456-3463



2024 하계종합 학술대회

6. 26(수)~28(금)
롯데호텔 제주(중문)

논문모집

홈페이지 <http://conf.theieie.org>

- ◆ **최우수/일반 논문** 논문제출 : 2024년 5월 10일(금)
심사통보 : 2024년 5월 24일(금)
사전등록 : 2024년 6월 7일(금)

- ◆ **발표분야** (학회 6개 소사이어티)

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

- ◆ **행사문의** 학회 사무국 전화 02)553-0255(내선 2번) FAX 02)552-6093

홈페이지 <http://conf.theieie.org>

e-mail conf@theieie.org



ICCE-Asia

2024

The 9th International
Conference on Consumer
Electronics (ICCE) Asia

11.3^(Sun) - 11.6^(Wed), 2024 / Da Nang, Vietnam

Presentation Guidelines

The conference will be held with face-to-face presentations of papers at the conference site at Da Nang, Vietnam.

Organized by the IEEE Consumer Technology Society and the Institute of Electronics and Information Engineers, ICCE-Asia 2024 which will be held in the Da Nang, Vietnam 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 2024

- 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 2024, 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-asia2024.org>).

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

AUTHOR'S SCHEDULE

- Submission of Paper : August 16th, 2024
- Notification of Acceptance : September 5th, 2024
- Submission of Final Paper : September 13th, 2024

CONTACT POINT

- Secretariat : inter@theieie.org



ICS 2024 정보 및 제어 심포지엄

2024 Information and
Control Symposium

2024년 4월 22일(월) ~ 23일(화)
롯데리조트 부여(충남)

대한전자공학회와 대한전기학회가 공동으로 주관하는 2024년도 정보 및 제어 심포지엄 (ICS 2024)이 2024년 4월 22일(월) ~ 23일(화)에 개최됩니다. 정보 및 제어 분야의 최신 연구 결과가 발표되는 본 학술회의는 정보 제어분야의 특별강연과 초청논문을 포함한 논문발표 등 다양한 학술행사로 구성되며, 학계 및 산업계의 전문가들의 교류의 장이 될 것입니다. 정보 및 제어 분야의 현재를 진단하고 미래를 전망할 수 있는 ICS 2024에 여러분을 초대합니다.

대한전자공학회 시스템 및 제어 소사이어티 회장 주 영 복
대한전기학회 정보 및 제어 부문회 회장 김 경 호

논문발표분야

- Aerospace Control & Application
- Artificial Intelligence
- Audio, Image, Video Signal Processing
- Automotive Electronics
- Biomedical Systems
- Communication and Signal Processing
- Control Systems
- Embedded System
- Human-Computer Interaction
- Intelligent Control
- Mechatronics
- Mobile Systems
- Navigation
- Pattern Recognition
- Power Electronics
- Robotics
- Security & Content Protection
- Smart Mobility
- Sensor and Measurement
- Ship Information Technology
- Smart Factory
- Telematics
- Ubiquitous Network
- Bio Infomax

주요일정

- 논문제출마감 : 2024. 3. 22(금)
- 논문심사결과통보 : 2024. 3. 29(금)
- 사전등록마감 : 2024. 4. 12(금)
- 제출처 : <http://ics.theieie.org>

문의처

대한전자공학회 사무국 배지영 부장
전화 : 02-553-0255(내선 2번)
이메일 : conf@theieie.or.kr

전자공학회논문지

단편논문 신설 안내

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

논문투고시스템 투고구분 선택

☞ 정규논문(기존) : 긴급 / 일반 중 택일

▶ 단편논문(신설) : 특급

단편논문 양식

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

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

* 심사본 : 3쪽 이내, 최종본 : 4쪽 이내

단편논문 심사비 : 10만원/편당

단편논문 게재료 : 게재논문 면당 5만원, 최대 4쪽 이내

☞ 지원 문구 추가 시 10만원 추가

☞ 교신저자가 비회원인 경우 산정된 게재료의 150% 부과

단편논문 심사 기간 : 2주 이내 1차 심사를 원칙으로 함

시 행 : 2022년 10월 이후

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

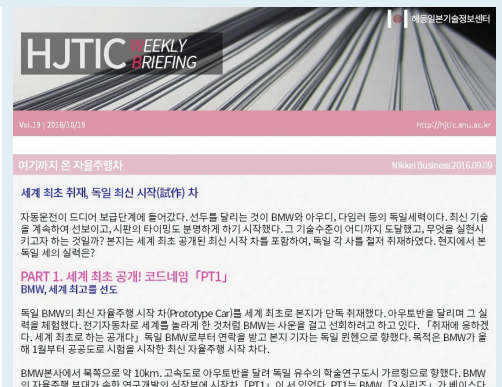


서울대학교 공과대학 해동일본기술정보센터는 대덕전자(故)김정식 회장의 열정과 지원에 의해 최신 일본 기술정보를 산업계와 학계에 널리 알리고자 2010년 3월에 설립하여 현재까지 운영해 오고 있습니다.

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.



해동일본기술정보센터
HAEDONG JAPAN TECHNOLOGY INFORMATION CENTER
HJTIC <http://hjt看.snu.ac.kr>
08826 서울특별시 관악구 관악로 1,
서울대학교 공과대학 35동
전화 : 02-880-8279

<https://www.facebook.com/snuhjt看>
<http://blog.naver.com/hjt看2010>
카카오톡 오픈채팅@HJTIC 브리핑룸

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

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

제51권 2호 (2024년 2월)



※ 학회지 2월호 표지 (vol 51, No 2)

회지편집위원회

- 위 원 장 황 원 준 (아주대학교 교수)
- 부위원장 김 영 로 (명지전문대학 교수)
- 위 원 김 상 범 (한국폴리텍대학 교수)
박 승 창 (주유오씨 대표)
박 진 선 (부산대학교 교수)
심 규 성 (한경국립대학교 교수)
안 성 수 (명지전문대학 교수)
윤 중 현 (조선이공대학교 교수)
이 정 석 (인하공업전문대학 교수)
이 철 (동국대학교 교수)
정 승 원 (고려대학교 교수)
최 욱 (인천대학교 교수)
- 사무국 편집담당
이 안 순 부장
TEL : (02)553-0255(내선 6)
FAX : (02)562-4753
- 학회 홈페이지
<http://www.theieie.org>

학회소식

12 학회소식 / 편집부

특집 : 초실감 메타버스 구현을 위한 SW/HW 기술

- 19 특집편집기 / 임성훈
- 20 실내 환경의 구조적인 특성을 이용한 3차원 복원 연구 동향 / 주경돈
- 29 Implicit Function 기반 옷을 입은 인간 3차원 복원 동향 / 조동현
- 38 몰입도 높은 메타버스 공간 구현을 위한 보행 패턴 연구 / 전해곤
- 45 Text-to-4D Avatar 생성의 발전과 그 응용 / 김유왕, 오태현
- 54 AI기반 홀로그래픽 디스플레이 기술의 최근 예시 / 백승환

회원광장

61 논문지 논문목차

정보교차로

- 63 국내외 학술행사 안내 / 편집부
- 84 특별회원사 및 후원사 명단

2024년도 임원 및 각 위원회 위원

회 수 석 부 회 장 고 문	이 충 용 (연세대학교 교수)	김 기 남 (삼성전자 고문)
	백 광 현 (중앙대학교 교수)	박 성 옥 (차세대지능형반도체사업단 이사장)
	권 오 경 (한양대학교 석좌교수)	신 희 동 (한국전자기술연구원 원장)
	김 영 재 (해동과학문화재단 이사장)	전 영 현 (삼성전자 부회장)
	방 승 찬 (한국전자통신연구원 원장)	최 창 식 (DB하이텍 부회장)
감 사 부 회 장	안 승 권 (연암공과대학교 총장)	전 병 우 (성균관대학교 교수) - 감사
	천 경 준 (씨젠 회장)	구 본 태 (한국전자통신연구원 본부장) - 산학연
	이 재 훈 (유정시스템 대표이사) - 감사	김 종 옥 (고려대학교 교수) - 사업총괄/대외협력
	강 문 식 (강릉원주대학교 교수) - 교육/표준화	노 원 우 (연세대학교 교수) - 국제총괄/ICCE Asia/영문논문/신기술
	권 호 열 (강원대학교 교수) - 대외협력/정책자문	류 수 정 (사피온코리아 대표이사) - 회원 및 여성
소 사 이 머 티 회 장	김 진 상 (경희대학교 교수) - 운영자문/대외협력	이 승 호 (한밭대학교 교수) - 대외협력/지부
	노 태 문 (한국전자통신연구원 센터장) - 산학연	고 정 환 (인하공업전문대학 교수) - 산업전자
	송 병 철 (인하대학교 교수) - 학술총괄/SPC/하계/추계/논문편집	장 성 진 (삼성전자 상근고문) - 반도체
	정 영 모 (한성대학교 교수) - 홍보 및 정보화 총괄/회지편집	최 용 수 (신한대학교 교수) - 컴퓨터
	고 병 철 (계명대학교 교수) - 인공지능신호처리	김 강 태 (삼성전자 부사장)
협 동 부 회 장	신 오 순 (송실대학교 교수) - 통신	김 영 한 (UC San Diego / 가우스랩스 대표이사)
	주 영 복 (한국기술교육대학교 교수) - 시스템 및 제어	김 형 준 (한국과학기술연구원 소장)
	강 성 원 (한국전자통신연구원 부원장)	송 문 섭 (삼텍 회장)
	김 상 태 (전남테크노파크 본부장)	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	김 은 원 (대림대학교 교수)	원 제 형 (도쿄일렉트론코리아 대표이사)
상 임 이 사	노 승 원 (LGI노텍 CTO)	이 광 영 (서경대학교 교수)
	심 동 규 (광운대학교 교수)	이 병 선 (김포대학교 교수)
	오 윤 제 (정보통신기획평가원 PM)	이 서 규 (한국팹리스산업협회 회장)
	유 창 동 (KAIST 교수)	이 재 관 (한국자동차연구원 소장)
	이 동 규 (카카오모빌리티 부사장)	전 선 익 (파이낸셜뉴스 부회장)
산 업 체 이 사	이 상 훈 (웨이브피아 대표이사)	정 준 (솔리드 대표이사)
	이 장 규 (텔레칩스 대표이사)	강 석 주 (서강대학교 교수) - 총무
	인 치 호 (세명대학교 교수)	권 혁 인 (중앙대학교 교수) - 사업 총괄2
	정 은 승 (삼성전자 고문)	김 영 민 (서울대학교 교수) - 하계
	강 명 곤 (한국교통대학교 교수) - 기획/신기술	김 원 중 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 표준화
이 사	고 형 호 (충남대학교 교수) - 추계	김 익 균 (한국전자통신연구원 본부장) - 하계
	김 영 로 (명지전문대학 교수) - 회지편집	김 태 옥 (연세대학교 교수) - ICCE Asia 총괄/국제협력
	김 용 신 (고려대학교 교수) - 대외협력/산학연	김 훈 (인천대학교 교수) - 하계 총괄
	김 윤 (서울시립대학교 교수) - 사업	박 철 수 (광운대학교 교수) - SPC
	김 재 준 (서울대학교 교수) - JSTS	서 병 석 (상지대학교 교수) - 홍보 및 정보화
이 사	김 현 (서울과학기술대학교 교수) - ICCEC/기획	손 교 민 (삼성전자 마스터) - 사업
	동 성 수 (웅인예술과학대학교 교수) - 교육	연 규 봉 (한국자동차연구원 팀장) - 사업
	변 대 석 (삼성전자 마스터) - 교육	이 강 윤 (성균관대학교 교수) - 추계 총괄
	선 우 경 (서울대학교 교수) - 회원 및 여성	이 형 민 (고려대학교 교수) - ICCE Asia
	송 진 호 (연세대학교 교수) - ICCE Asia	정 승 원 (고려대학교 교수) - 하계
이 사	유 찬 세 (한국전자기술연구원 수석연구원) - 사업 총괄1	조 성 재 (이화여자대학교 교수) - ICCEC/재무
	이 덕 우 (계명대학교 교수) - 논문 편집	한 재 호 (고려대학교 교수) - 신기술
	이 후 진 (한성대학교 교수) - ICCE Asia	고 용 남 (하나마이크론 전무)
	정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장) - 사업	김 현 수 (삼성전자 상무)
	조 성 현 (한양대학교 교수) - 논문편집 총괄	서 경 열 (뷰웍스 부사장)
이 사	황 원 준 (아주대학교 교수) - 회지편집	우 정 호 (비전텍스트 대표이사)
	강 석 판 (LG전자 상무)	이 도 훈 (국가보안기술연구소 수석연구원)
	김 동 현 (ICTK 대표이사)	이 수 인 (텔레칩스 상무)
	배 순 민 (케이티 Lab장)	천 이 우 (넥스트칩 연구소장)
	오 의 열 (LG디스플레이 연구위원)	한 은 혜 (에스에스앤씨 대표이사)
이 사	윤 영 권 (삼성전자 마스터)	홍 국 태 (LX세미콘 연구위원)
	이 수 민 (한국센서연구소 대표이사)	궁 재 하 (고려대학교 교수) - 대외협력
	조 영 민 (SkyMirr CEO)	
	최 성 민 (해치텍 대표이사)	
	함 철 희 (삼성전자 마스터)	
이 사	공 규 영 (한성대학교 교수) - 홍보/정보화	

협 동 이 사

권 구 덕 (강원대학교 교수) - 기획
 권 태 수 (서울과학기술대학교 교수) - 정보화
 김 선 옥 (고려대학교 교수) - 교육
 김 소 영 (성균관대학교 교수) - JSTS
 김 재 욱 (한국과학기술연구원 선임연구원) - 학술(하계)
 김 혁 (서울시립대학교 교수) - 교육
 문 상 미 (나사렛대학교 교수) - 여성/회원
 배 현 철 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 학술(추계)
 변 영 재 (UNIST 교수) - ICCE Asia
 안 상 철 (한국과학기술연구원 책임연구원) - 신기술
 안 호 균 (한국전자통신연구원 실장) - 사업
 윤 상 민 (국민대학교 교수) - 신기술
 이 구 순 (파이낸셜뉴스 이사) - 홍보
 이 영 택 (ASML 전문) - 교육
 이 철 (동국대학교 교수) - 학회지
 임 동 구 (전북대학교 교수) - 정보화
 장 지 원 (연세대학교 교수) - 학회지
 정 해 준 (경희대학교 교수) - 국문논문
 진 성 훈 (인천대학교 교수) - 학술(하계)
 최 광 성 (한국전자통신연구원 실장) - 대외협력
 최 영 규 (인하대학교 교수) - 학술(하계)
 최 재 혁 (서울대학교 교수) - ICCE Asia
 하 정 우 (네이버 AI연구소장) - 신기술
 한 동 국 (국민대학교 교수) - 사업
 한 태 희 (성균관대학교 교수) - 국문논문
 허 재 두 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 사업
 황 태 호 (한국전자기술연구원 본부장) - 학술(하계)
 구 민 석 (인천대학교 교수) - 기획
 권 경 하 (KAIST 교수) - 사업
 김 건 우 (목포대학교 교수) - 회원
 김 기 현 (전북대학교 교수) - 회원
 김 대 영 (순천향대학교 교수) - 회원
 김 사 혁 (KISDI 책임연구원) - 대외협력
 김 정 석 (가천대학교/셀리코 교수/대표이사) - 대외협력
 김 형 진 (인하대학교 교수) - 회원/여성
 민 경 식 (국민대학교 교수) - JSTS
 배 준 성 (강원대학교 교수) - 정보화
 서 민 재 (가천대학교 교수) - 홍보/정보화
 서 중 열 (LG전자 그룹장) - 산학연
 송 준 영 (인천대학교 교수) - 홍보
 신 세 운 (POSTECH 교수) - 사업
 오 윤 호 (고려대학교 교수) - 학술(추계)
 유 동 훈 (디사이로 연구소장) - 산학연
 윤 명 국 (이화여자대학교 교수) - 신기술
 윤 희 인 (UNIST 교수) - 홍보
 이 재 규 (삼성전자 마스터) - 산학연
 이 정 원 (서울대학교 교수) - 회원/여성
 장 지 수 (삼성전자 PE) - 사업
 정 방 철 (충남대학교 교수) - 정보화
 정 완 영 (KAIST 교수) - 홍보
 차 철 웅 (한국전자기술연구원 센터장) - 표준화
 최 강 선 (한국기술교육대학교 교수) - SPC
 추 민 성 (한양대학교 교수) - 기획
 홍 성 완 (서강대학교 교수) - 대외협력

권 기 룡 (부경대학교 교수) - 학술(하계)
 김 민 규 (LG이노텍 상무) - 산학연
 김 성 우 (서울대학교 교수) - 대외협력
 김 유 철 (LG AI연구원 부문장) - 신기술
 김 중 현 (고려대학교 교수) - 사업
 류 은 석 (성균관대학교 교수) - 사업
 박 성 정 (건국대학교 교수) - 국제협력
 백 종 덕 (연세대학교 교수) - 신기술
 안 광 호 (한국전자기술연구원 본부장) - 대외협력
 안 상 수 (명지전문대학 교수) - 학회지
 원 용 욱 (명지대학교 교수) - 신기술
 윤 종 윤 (파두 사장) - 교육
 이 상 만 (고려대학교 교수) - 산학연
 이 창 우 (가톨릭대학교 교수) - 국제협력
 이 태 동 (국제대학교 교수) - 홍보/정보화
 장 성 욱 (카카오모빌리티 부사장) - 신기술
 전 동 석 (서울대학교 교수) - 학술(하계)
 제 민 규 (KAIST 교수) - ICCE Asia
 채 관 엽 (삼성전자 마스터) - 대외협력
 최 병 호 (한국전자기술연구원 연구소장) - 산학연
 최 재 욱 (가천대학교 교수) - 국문논문
 최 정 욱 (한양대학교 교수) - 학회지
 하 태 준 (광운대학교 교수) - 학술(추계)
 한 진 호 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 국제협력
 함 범 섭 (연세대학교 교수) - 학술(하계)
 황 진 영 (한국항공대학교 교수) - 홍보

권 건 우 (홍익대학교 교수) - 학술(하계)
 권 중 원 (한국산업기술시험원 책임연구원) - 학술(추계)
 김 근 영 (한국전자통신연구원 연구원) - 학술(하계)
 김 도 훈 (한국전자통신연구원 박사) - 표준화
 김 범 현 (한양대학교 교수) - 정보화
 김 승 환 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 학술(추계)
 김 현 우 (고려대학교 교수) - 신기술
 류 성 주 (서강대학교 교수) - 학술(하계)
 박 관 서 (연세대학교 교수) - 학술(추계)
 배 준 호 (가천대학교 교수) - 표준화
 서 봉 상 (올포랜드 상무) - 홍보/정보화
 송 익 현 (한양대학교 교수) - 회원
 송 철 (DGIST 교수) - 신기술
 심 민 섭 (경상국립대학교 교수) - 회원
 유 경 창 (삼성전자 수석연구원) - 회원
 유 성 철 (쌍용정보통신 상무) - 홍보/정보화
 윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원) - 사업
 이 권 형 (LG전자 팀장) - 학술(하계)
 이 정 석 (인하공업전문대학 교수) - 학회지
 임 매 순 (한국과학기술연구원 책임연구원) - 사업
 정 민 채 (세종대학교 교수) - 국문논문
 정 성 엽 (차세대융합기술연구원 실장) - 학술(하계)
 정 재 욱 (인천대학교 교수) - 학회지
 채 주 형 (광운대학교 교수) - 총무
 최 욱 (인천대학교 교수) - 학회지
 한 상 욱 (삼성전자 연구원) - 학술(하계)

지부장 명단

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

강 문 식 (강릉원주대학교 교수)
 이 찬 수 (영남대학교 교수)
 고 진 환 (경상국립대학교 교수)
 고 석 준 (제주대학교 교수)
 강 윤 희 (백석대학교 교수)
 최 명 준 (텔레디인 박사)

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

최 수 일 (전남대학교 교수)
 김 철 영 (충남대학교 교수)
 이 주 연 (전주비전대학교 교수)
 조 문 규 (한국교통대학교 교수)
 백 인 천 (AIZU대학교 교수)
 Prof. Edis B. TEN (National University of Science and Technology)

위원회 명단

자문위원회

위원장	박 항 구 (소암시스템 회장)
부위원장	박 성 한 (한양대학교 명예교수)
위원	고 성 제 (고려대학교 명예교수)
	김 성 대 (KAIST 명예교수)
	김 재 희 (연세대학교 명예교수)
	박 규 태 (연세대학교 명예교수)
	서 승 우 (서울대학교 교수)
	이 문 기 (연세대학교 명예교수)
	이 진 구 (동국대학교 명예교수)
	임 혜 숙 (이화여자대학교 교수)
	정 정 화 (한양대학교 명예교수)
	홍 승 홍 (인하대학교 명예교수)

공 준 진 (삼성전자공과대학교 주임교수)	구 용 서 (단국대학교 석좌교수)
김 수 중 (경북대학교 명예교수)	김 영 권 (건국대학교 명예교수)
나 정 응 (KAIST 명예교수)	문 영 식 (한양대학교 명예교수)
박 진 옥 (육군사관학교 명예교수)	백 준 기 (중앙대학교 교수)
성 광 모 (서울대학교 명예교수)	윤 종 용 (한국공학교육인증원 이사장)
이 상 설 (한양대학교 명예교수)	이 재 홍 (서울대학교 명예교수)
이 태 원 (고려대학교 명예교수)	임 제 탁 (한양대학교 명예교수)
전 국 진 (서울대학교 명예교수)	전 홍 태 (중앙대학교 명예교수)
천 경 준 (씨젠 회장)	홍 대 식 (연세대학교 교수)

기획위원회

위원장	강 명 곤 (한국교통대학교 교수)
부위원장	김 현 (서울과학기술대학교 교수)
위원	구 민 석 (인천대학교 교수)
	배 종 호 (국민대학교 교수)
	조 문 규 (한국교통대학교 교수)

권 구 덕 (강원대학교 교수)	권 민 우 (강릉원주대학교 교수)
송 익 현 (한양대학교 교수)	심 원 보 (서울과학기술대학교 교수)
채 주 형 (광운대학교 교수)	추 민 성 (한양대학교 교수)

학술연구위원회 - 하계

위원장	김 훈 (인천대학교 교수)
위원	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)
	김 영 민 (서울대학교 교수)
	이 권 형 (LG전자 팀장)
	정 승 원 (고려대학교 교수)
	한 상 옥 (삼성전자 연구원)

김 근 영 (한국전자통신연구원 연구원)	김 도 현 (제주대학교 교수)
김 익 군 (한국전자통신연구원 본부장)	김 혁 (서울시립대학교 교수)
인 치 호 (세명대학교 교수)	정 성 엽 (차세대융합기술연구원 실장)
조 성 현 (한양대학교 교수)	진 성 훈 (인천대학교 교수)
한 재 호 (고려대학교 교수)	

학술연구위원회 - 추계

위원장	이 강 윤 (성균관대학교 교수)
위원	고 형 호 (충남대학교 교수)
	박 관 서 (연세대학교 교수)
	하 태 준 (광운대학교 교수)

권 종 원 (한국산업기술시험원 책임연구원)	김 승 환 (한국전자통신연구원 책임)
배 현 철 (한국전자통신연구원 책임연구원)	오 윤 호 (고려대학교 교수)

논문편집위원회

위원장	조 성 현 (한양대학교 교수)
위원	강 성 복 (한국생산기술연구원 수석연구원)
	권 종 원 (한국산업기술시험원 책임연구원)
	김 상 범 (한국폴리텍대학 교수)
	김 영 선 (대림대학교 교수)
	여 영 정 (연세대학교 교수)
	이 덕 우 (계명대학교 교수)
	조 성 인 (동국대학교 교수)

강 제 원 (이화여자대학교 교수)	권 구 덕 (강원대학교 교수)
김 기 연 (한국산업기술시험원 선임연구원)	김 명 선 (한성대학교 교수)
김 선 용 (건국대학교 교수)	김 영 로 (명진전문대학 교수)
김 학 구 (중앙대학교 교수)	심 규 성 (한경국립대학교 교수)
유 재 준 (UNIST 교수)	윤 중 현 (조선이공대학교 교수)
이 중 호 (숭실대학교 교수)	임 민 중 (동국대학교 교수)
최 재 용 (가천대학교 교수)	추 민 성 (한밭대학교 교수)

국제협력위원회

위원장	노 원 우 (연세대학교 교수)
위원	김 태 옥 (연세대학교 교수)
	한 진 호 (한국전자통신연구원 책임연구원)

박 성 정 (건국대학교 교수)	이 창 우 (가톨릭대학교 교수)
------------------	-------------------

대외협력위원회

위원장	김 용 신 (고려대학교 교수)
위원	궁 재 하 (고려대학교 교수)
	김 정 석 (가천대학교/셀리코 교수/대표이사)
	최 광 성 (한국전자통신연구원 실장)

김 사 혁 (KISDI 책임연구원)	김 성 우 (서울대학교 교수)
안 광 호 (한국전자기술연구원 본부장)	채 관 엽 (삼성전자 마스터)
홍 성 완 (서강대학교 교수)	

회원관리위원회

위 원 장	선 우 경 (서울대학교 교수)		
위 원	김 건 우 (목포대학교 교수)	김 기 현 (전북대학교 교수)	김 대 영 (순천향대학교 교수)
	김 민 주 (단국대학교 교수)	김 민 휘 (중앙대학교 교수)	김 형 진 (인하대학교 교수)
	문 상 미 (나사렛대학교 교수)	송 익 현 (한양대학교 교수)	심 민 섭 (경상국립대학교 교수)
	유 경 창 (삼성전자 수석연구원)	이 정 원 (서울대학교 교수)	

회지편집위원회

위 원 장	황 원 준 (아주대학교 교수)		
부 위 원 장	김 영 로 (명지전문대학 교수)		
위 원	김 상 범 (한국폴리텍대학 교수)	박 승 창 (유오씨 대표)	박 진 선 (부산대학교 교수)
	심 규 성 (한경국립대학교 교수)	안 성 수 (명지전문대학 교수)	윤 중 현 (조선이공대학교 교수)
	이 정 석 (인하공업전문대학 교수)	이 철 (동국대학교 교수)	정 승 원 (고려대학교 교수)
	최 욱 (인천대학교 교수)		

사업위원회

위 원 장	유 찬 세 (한국전자기술연구원 수석연구원)		
부 위 원 장	권 혁 인 (중앙대학교 교수)		
위 원	김 윤 (서울시립대학교 교수)	김 중 현 (고려대학교 교수)	류 은 석 (성균관대학교 교수)
	선우명훈 (아주대학교 교수)	손 교 민 (삼성전자 마스터)	연 규 봉 (한국자동차연구원 팀장)
	정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장)		

교육연구위원회

위 원 장	변 대 석 (삼성전자 마스터)	동 성 수 (용인예술과학대학교 교수)	
위 원	김 선 욱 (고려대학교 교수)	김 혁 (서울시립대학교 교수)	류 현 석 (서울대학교 교수)
	박 영 우 (TEL 부사장)	변 영 재 (UNIST 교수)	윤 종 윤 (파두 대표이사)
	이 영 택 (ASML 전무)	이 후 진 (한성대학교 교수)	정 성 업 (차세대융합기술연구원 실장)
	최 병 수 (한국전자통신연구원 박사)		

홍보/정보화위원회

위 원 장	서 병 석 (상지대학교 교수)		
위 원	공 규 열 (한성대학교 교수)	권 태 수 (서울과학기술대학교 교수)	김 범 현 (한양대학교 교수)
	배 준 성 (강원대학교 교수)	서 민 재 (가천대학교 교수)	서 봉 상 (올포랜드 상무)
	송 준 영 (인천대학교 교수)	유 성 철 (쌍용정보통신 상무)	윤 희 인 (UNIST 교수)
	이 구 순 (파이낸셜뉴스 이사)	이 태 동 (국제대학교 교수)	임 동 구 (전북대학교 교수)
	정 방 철 (충남대학교 교수)	정 완 영 (KAIST 교수)	황 진 영 (한국항공대학교 교수)

표준화위원회

위 원 장	김 원 종 (한국전자통신연구원 책임연구원)		
부 위 원 장	연 규 봉 (한국자동차연구원 팀장)		
위 원 (간 사)	김 도 훈 (한국전자통신연구원 박사)		
위 원	권 기 원 (성균관대학교 교수)	김 성 동 (서울과학기술대학교 교수)	박 재 영 (광운대학교 교수)
	배 준 호 (가천대학교 교수)	이 상 근 (성균관대학교 교수)	좌 성 훈 (서울과학기술대학교 교수)
	차 철 웅 (한국전자기술연구원 센터장)		

신기술위원회

위 원 장	한 재 호 (고려대학교 교수)		
위 원	고 정 길 (연세대학교 교수)	김 혁 (서울시립대학교 교수)	김 현 우 (고려대학교 교수)
	송 철 (DGIST 교수)	원 용 욱 (명지대학교 교수)	윤 상 민 (국민대학교 교수)
	장 현 재 (KIST 선임연구원)		

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 (경상국립대학교 교수)	김 철 영 (충남대학교 교수)	이 주 연 (전주비전대학교 교수)
	이 찬 수 (영남대학교 교수)	최 수 일 (전남대학교 교수)	조 문 규 (한국교통대학교 교수)

선거관리위원회

위원장	전 홍 태 (중앙대학교 교수)		
위원	강 명 곤 (한국교통대학교 교수)	강 석 주 (서강대학교 교수)	조 성 재 (이화여자대학교 교수)
	조 성 현 (한양대학교 교수)	한 재 호 (고려대학교 교수)	

포상위원회

위원장	임 해 숙 (이화여자대학교 교수)		
위원	강 명 곤 (한국교통대학교 교수)	김 훈 (인천대학교 교수)	백 광 현 (중앙대학교 교수)
	조 성 재 (이화여자대학교 교수)	조 성 현 (한양대학교 교수)	
위원 및 간사겸임	강 석 주 (서강대학교 교수)		

인사위원회

위원장	이 총 용 (연세대학교 교수)		
위원	강 석 주 (서강대학교 교수)	김 현 (서울과학기술대학교 교수)	백 광 현 (중앙대학교 교수)
	조 성 재 (이화여자대학교 교수)		

JSTS 편집위원회

위원장	김 재 준 (서울대학교 교수)		
위원	강 명 곤 (한국교통대학교 교수)	강 인 만 (경북대학교 교수)	권 혁 인 (중앙대학교 교수)
	김 상 범 (서울대학교 교수)	김 상 완 (서강대학교 교수)	김 소 영 (성균관대학교 교수)
	김 윤 (서울시립대학교 교수)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	남 일 구 (부산대학교 교수)
	민 경 식 (국민대학교 교수)	서 문 교 (성균관대학교 교수)	신 민 철 (KAIST 교수)
	이 가 원 (충남대학교 교수)	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	전 동 석 (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

위원장	박 철 수 (광운대학교 교수)	송 병 철 (인하대학교 교수)	
자문위원	김 선 욱 (고려대학교 교수)	김 창 수 (고려대학교 교수)	백 준 기 (중앙대학교 교수)
	심 동 규 (광운대학교 교수)	임 해 숙 (이화여자대학교 교수)	전 병 우 (성균관대학교 교수)
	조 남 익 (서울대학교 교수)	조 민 호 (고려대학교 교수)	
운영위원 (간사)	공 경 보 (부산대학교 교수)	조 성 인 (동국대학교 교수)	홍 승 혁 (수원대학교 교수)
운영위원	김 종 욱 (고려대학교 교수)	유 양 모 (서강대학교 교수)	최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)
운영위원 겸 편집위원	강 석 주 (서강대학교 교수)	김 영 민 (홍익대학교 교수)	김 원 준 (건국대학교 교수)
	김 재 곤 (한국항공대학교 교수)	서 영 호 (광운대학교 교수)	이 채 은 (인하대학교 교수)
	정 승 원 (고려대학교 교수)	황 원 준 (아주대학교 교수)	황 인 철 (강원대학교 교수)
편집위원	권 건 우 (홍익대학교 교수)	권 준 석 (중앙대학교 교수)	김 병 서 (홍익대학교 교수)
	김 영 빈 (중앙대학교 교수)	김 용 태 (경북대학교 교수)	김 원 중 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	김 진 술 (전남대학교 교수)	김 태 석 (광운대학교 교수)	김 태 환 (한국항공대학교 교수)
	김 현 (서울과학기술대학교 교수)	남 일 구 (부산대학교 교수)	민 경 식 (국민대학교 교수)
	박 승 창 (유오씨 대표이사)	신 영 주 (고려대학교 교수)	신 오 순 (송실대학교 교수)
	엄 찬 호 (중앙대학교 교수)	오 지 형 (중앙대학교 교수)	오 태 현 (POSTECH 교수)
	오 현 우 (쓰리웨이스소프트 기업 연구소장)	우 성 민 (한국기술교육대학교 교수)	유 지 현 (광운대학교 교수)
	윤 은 준 (경일대학교 교수)	이 재 훈 (고려대학교 교수)	이 철 (동국대학교 교수)
	이 후 진 (한성대학교 교수)	이 훈 (부경대학교 교수)	임 성 훈 (DGIST 교수)
	장 승 진 (한밭대학교 교수)	장 주 욱 (광운대학교 교수)	장 훈 석 (한국전자기술연구원 선임연구원)
	장 희 선 (평택대학교 교수)	정 성 윤 (영남대학교 교수)	조 성 현 (한양대학교 교수)
	진 훈 (경기대학교 교수)	최 상 호 (광운대학교 교수)	황 성 윤 (가천대학교 교수)

Society 명단

통신소사이터티

회 장	신 오 순 (숭실대학교 교수)	김 재 현 (아주대학교 교수)	김 진 영 (광운대학교 교수)
부 회 장	김 선 웅 (건국대학교 교수)	오 정 근 (ATNS 대표이사)	윤 석 현 (단국대학교 교수)
	김 훈 (인천대학교 교수)	이 재 진 (숭실대학교 교수)	이 정 우 (중앙대학교 교수)
	이 인 규 (고려대학교 교수)	허 준 (고려대학교 교수)	
감 사	최 천 원 (단국대학교 교수)	이 흥 노 (광주과학기술원 교수)	
협 동 부 회 장	유 명 식 (숭실대학교 교수)	김 연 은 (브로던 대표이사)	김 영 한 (숭실대학교 교수)
	김 병 남 (에이스테크놀로지 연구소장)	방 승 찬 (한국전자통신연구원 원장)	연 철 홀 (LGT 상무)
	김 웅 석 (답스 대표이사)	장 병 수 (이노벨류네트웍스 부사장)	정 현 규 (한국전자통신연구원 부장)
	이 재 훈 (유정시스템 대표이사)		
	조 인 호 (에이스테크놀로지 박사)	김 성 훈 (한국전자통신연구원 박사)	김 정 호 (이화여자대학교 교수)
이 사	김 광 순 (연세대학교 교수)	김 중 현 (고려대학교 교수)	서 철 현 (숭실대학교 교수)
	김 준 수 (한국공학대학교 교수)	손 인 수 (동국대학교 교수)	신 수 웅 (금오공과대학교 교수)
	성 원 진 (서강대학교 교수)	윤 중 호 (한국항공대학교 교수)	윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수)
	신 오 안 (숭실대학교 교수)	이 재 훈 (동국대학교 교수)	이 중 호 (숭실대학교 교수)
	이 예 훈 (서울과학기술대학교 교수)	임 중 태 (홍익대학교 교수)	장 석 호 (건국대학교 교수)
	이 호 경 (홍익대학교 교수)	조 성 래 (중앙대학교 교수)	조 성 현 (한양대학교 교수)
	정 소 이 (아주대학교 교수)	최 진 식 (한양대학교 교수)	허 서 원 (홍익대학교 교수)
	최 지 웅 (대구경북과학기술원 교수)	황 승 훈 (동국대학교 교수)	황 인 태 (전남대학교 교수)
간 사	홍 인 기 (경희대학교 교수)	정 소 이 (아주대학교 교수)	
연구회위원장	김 중 현 (고려대학교 교수)	윤 상 민 (국민대학교 교수) - 지능형네트워크	
	김 영 준 (아주대학교 교수) - 통신	이 철 기 (아주대학교 교수) - ITS	
	조 춘 식 (한국항공대학교 교수) - 마이크로파 및 전파전파	허 재 두 (한국전자통신연구원 본부장) - 무선 PAN/BAN	
	김 강 욱 (경북대학교 교수) - 군사전자		

반도체소사이터티

회 장	장 성 진 (삼성전자 상근교문)	권 오 경 (한양대학교 교수, 반소전임회장)	김 영 환 (POSTECH 교수)
자 문 위 원	공 준 진 (삼성전자 마스터/ 주임교수)	김 진 상 (경희대학교 총장, 반소전임회장)	김 희 석 (청주대학교 교수)
	김 재 석 (연세대학교 교수)	선우명훈 (아주대학교 교수, 반소전임회장)	손 보 익
	박 홍 준 (POSTECH 교수)	신 현 철 (한양대학교 교수, 반소전임회장)	우 남 성 (반소전임회장)
	신 윤 승 (반소전임회장)	임 신 일 (서경대학교 교수)	임 형 규 (반소전임회장)
	이 승 훈 (서강대학교 교수)	정 연 모 (경희대학교 교수)	정 향 근 (전북대학교 교수)
	전 영 현 (삼성전자 부회장, 반소전임회장)	조 경 순 (한국외국어대학교 교수)	조 상 복 (울산대학교 교수)
	소 경 신 (시놀시스 사장)	최 기 영 (서울대학교 교수)	최 승 중 (웰랑 대표이사)
	조 중 회 (인천대학교 교수, 반소전임회장)	허 여 (실리콘마이터스 회장)	
감 사	이 윤 중 (KAIST 교수)	이 광 영 (서경대학교 교수)	
부 회 장	이 강 웅 (성균관대학교 교수)	고 대 협 (LX세미콘 연구소장)	이 한 호 (인하대학교 교수)
	박 영 우 (EXICON 사장)	최 중 호 (서울시립대학교 교수)	김 동 규 (한양대학교 교수)
	이 희 덕 (충남대학교 교수)		
총 무 이 사	안 기 현 (한국반도체산업협회 전무)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	김 현 (서울과학기술대학교 교수)
	고 형 호 (충남대학교 교수)	박 종 선 (고려대학교 교수)	윤 찬 호 (삼성전자 마스터)
	류 현 석 (서울대학교 교수)		
편 집 이 사	황 상 준 (삼성전자 부사장)	유 창 식 (삼성전자 부사장)	조 성 재 (이화여자대학교 교수)
	노 정 진 (한양대학교 교수)		
학 술 이 사	한 태 희 (성균관대학교 교수)	김 철 우 (고려대학교 교수)	범 진 욱 (서강대학교 교수)
	강 진 구 (인하대학교 교수)	송 민 규 (동국대학교 교수)	이 병 훈 (POSTECH 교수)
	변 영 재 (UNIST 교수)	이 혁 재 (서울대학교 교수)	이 희 덕 (충남대학교 교수)
	이 승 호 (한밭대학교 교수)	정 진 군 (전북대학교 교수)	차 호 영 (홍익대학교 교수)
	인 치 호 (세명대학교 교수)	최 정 환 (한양대학교 교수)	
사 업 이 사	최 우 영 (연세대학교 교수)	공 배 선 (성균관대학교 교수)	공 정택 (성균관대학교 교수)
	강 운 병 (삼성전자 마스터)	김 소 영 (성균관대학교 교수)	김 시 호 (연세대학교 교수)
	김 동 순 (세종대학교 교수)	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)	김 종 선 (홍익대학교 교수)
	김 웅 석 (성균관대학교 교수)	백 광 현 (중앙대학교 교수)	변 대 석 (삼성전자 마스터)
	니 영 선 (LX세미콘 상무)	송 용 호 (삼성전자 부사장)	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	손 오 민 (삼성전자 마스터)	이 상 훈 (웨이브피아 대표)	조 태 제 (DGIST 교수)
	오 정 우 (연세대학교 교수)	최 병 호 (한국전자기술연구원 연구소장)	최 윤 경 (고려대학교 교수)
	최 규 명 (서울대학교 교수)		
	최 준 립 (경북대학교 교수)	이 성 수 (숭실대학교 교수)	
재 무 이 사	권 기 원 (성균관대학교 교수)	김 동 현 (ICTK 사장)	김 보 은 (라운텍 사장)
산 학 이 사	김 경 수 (넥스트칩 대표이사)	나 준 호 (실리콘웍스 전무)	손 재 철
	김 준 석 (ADT 사장)	신 용 석 (케이던스코리아 사장)	오 문 욱 (삼성전자 부사장)
	송 태 훈 (휴인스 사장)	이 장 규 (텔레칩스 대표이사)	
	이 도 영 (옵토레인 사장)	문 웅 (숭실대학교 교수)	
회 원 이 사	노 율 우 (연세대학교 교수)	김 상 인 (아주대학교 교수) - 광파워전자공학	
연구회위원장	최 우 영 (서울대학교 교수) - 반도체소재및재료	황 인 철 (강원대학교 교수) - RF집적회로	
	이 강 윤 (성균관대학교 교수) - SoC설계	김 익 군 (한국전자통신연구원 본부장) - 정보보안시스템	
	정 원 영 (강원공업 본부장) - PCB&Package	김 한 구 (삼성전자공과대학교 교수) - ESD/EOS & Latchup	
	장 익 준 (경희대학교 교수) - 내방사선 반도체 설계 및 소자		
	노 율 우 (연세대학교 교수) - 인 메모리 컴퓨팅		
협 동 위 원	강 명 곤 (한국교통대학교 교수)	강 석 형 (POSTECH 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 태 환 (한국항공대학교 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 (POSTECH 교수)
	이 우 주 (중앙대학교 교수)	이 윤 명 (성균관대학교 교수)	이 형 민 (고려대학교 교수)
	전 동 석 (서울대학교 교수)	전 성 훈 (삼성전자 상무)	정 무 경 (SK사피온 CTO)
	정 윤 호 (항공대학교 교수)	제 민 규 (KAIST 교수)	채 형 일 (건국대학교 교수)

최 재 혁 (서울대학교 교수)
한 정 환 (충남대학교 교수)

최 재 혁 (성균관대학교 교수)
황 태 호 (한국전자기술연구원 박사)

추 민 성 (한양대학교 교수)

컴퓨터소사이터티

회 의 장
명 예 회 장

최 오 수 (신한대학교 교수)
김 박 인 (강릉원주대학교 교수)
김 박 인 (단국대학교 명예교수)
김 박 인 (충인대학교 교수)
김 박 인 (울지대학교 교수)
김 박 인 (가천대학교 교수)
김 박 인 (강원대학교 교수)
김 박 인 (국민대학교 교수)
김 박 인 (제주대학교 교수)
김 박 인 (고려대학교 교수)
김 박 인 (상명대학교 교수)
김 박 인 (강릉원주대학교 교수)
김 박 인 (인천대학교 교수)
김 박 인 (명지병원 책임연구원)
김 박 인 (울지대학교 교수)
김 박 인 (수원여자대학교 교수)
김 박 인 (한성대학교 교수)
김 박 인 (순천대학교 교수)
김 박 인 (경희대학교 교수)
김 박 인 (서울과학기술대학교 교수)
김 박 인 (한국전자기술연구원 책임연구원)
김 박 인 (전북대학교 교수)
김 박 인 (김포대학교 교수)
김 박 인 (고려대학교 교수)
김 박 인 (전북대학교 교수)
김 박 인 (고려대학교 교수)
김 박 인 (조선대학교 교수)
김 박 인 (경기대학교 겸임교수)
김 박 인 (부경대학교 교수)
김 박 인 (군산대학교 교수)
김 박 인 (유오씨 대표이사)
김 박 인 (네이버시스템즈 대표이사)
김 박 인 (비온시스템즈 대표이사)
김 박 인 (연세세브란스병원 연구원)
김 박 인 (대보정보통신 부장)
김 박 인 (유니벨록스모바일 대표이사)
김 박 인 (세림TSG 전무)

김 승 천 (한성대학교 교수)
김 박 인 (한국교통대학교 교수)
김 박 인 (동명대학교 교수)
김 박 인 (스마트의료기기산업진흥재단 부이사장)
남 상 엽 (국제대학교 교수)
김 박 인 (UNIST 교수)
김 박 인 (강남대학교 교수)
김 박 인 (홍익대학교 교수)
김 박 인 (KAIST 교수)
김 박 인 (한성대학교 교수)

김 형 중 (고려대학교 교수)
신 인 철 (단국대학교 명예교수)
이 규 대 (공주대학교 교수)
홍 유 식 (상지대학교 교수)

자 문 위 원
부 회 장

정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원)
윤 은 준 (경일대학교 교수)

김 박 인 (홍익대학교 교수)
김 박 인 (KAIST 교수)
김 박 인 (한성대학교 교수)

김 박 인 (한양대학교 교수)

협 동 부 회 장

김 박 인 (한양대학교 교수)

김 박 인 (한성대학교 교수)

김 박 인 (한양대학교 교수)

총 무 이 사
재 무 이 사
보 고 이 사

김 박 인 (한양대학교 교수)

김 박 인 (한성대학교 교수)

김 박 인 (한양대학교 교수)

학 술 이 사

김 박 인 (한양대학교 교수)

김 박 인 (한성대학교 교수)

김 박 인 (한양대학교 교수)

사 업 이 사
산 학 이 사

김 박 인 (한양대학교 교수)

김 박 인 (한성대학교 교수)

김 박 인 (한양대학교 교수)

연구회위원장

김 박 인 (한양대학교 교수)

김 박 인 (한성대학교 교수)

김 박 인 (한양대학교 교수)

인공지능 신호처리소사이터티

회 의 장
자 문 위 원

김 박 인 (한양대학교 교수)

김 박 인 (한성대학교 교수)

김 박 인 (한양대학교 교수)

부 회 장
동 이 사

김 박 인 (한양대학교 교수)

김 박 인 (한성대학교 교수)

김 박 인 (한양대학교 교수)

연구회위원장

김 박 인 (한양대학교 교수)

김 박 인 (한성대학교 교수)

김 박 인 (한양대학교 교수)

이 사

연구회위원장

회 명 예 회 장

부 회 장

총무이사 (겸)
편집/학술이사
홍보이사
산학연이사

회 원 이 사

연구회위원장

산업전자소사이터

회 명 예 회 장

수 석 부 회 장
상 임 이 사

협동상임이사

이 사

협 동 이 사

감 사

이병욱 (이화여자대학교 교수)
최강석 (한국기술교육대학교 교수)
한재민 (삼성전자 마스터)
박상현 (이화여자대학교 교수)
김민준 (DGIIST 교수)
최지현 (한화디펜스 연구원)
김민준 (고려대학교 교수)
김민준 (충남대학교 교수)
김민준 (서울대학교 교수)
김민준 (KAIST 교수)
김민준 (중앙대학교 교수)
김민준 (경북대학교 교수)
김민준 (경운대학교 교수)
김민준 (UNIST 교수)
김민준 (한국기술교육대학교 교수)
김민준 (아주대학교 교수)
김민준 (인하대학교 교수)
김민준 (동국대학교 교수)
김민준 (숙명여자대학교 교수)
김민준 (POSTECH 교수)
김민준 (중앙대학교 교수)
김민준 (서울대학교 교수)
김민준 (인하대학교 교수)
김민준 (광주과학기술원 교수)
김민준 (서강대학교 교수) - 영상처리
김민준 (서울대학교 교수) - 바이오영상신호처리
김민준 (아주대학교 교수) - 딥러닝

이찬수 (영남대학교 교수)
최병호 (한국전자기술연구원 연구소장)
구본학 (LG전자 연구원)
이민하 (두산인프라코어 연구원)
최성준 (KT 연구원)
고종환 (고려대학교 교수)
김민준 (성균관대학교 교수)
김민준 (한밭대학교 교수)
김민준 (고려대학교 교수)
김민준 (서울과학기술대학교 교수)
김민준 (이화여자대학교 교수)
김민준 (연세대학교 교수)
김민준 (KAIST 교수)
김민준 (KAIST 교수)
김민준 (계명대학교 교수)
김민준 (광운대학교 교수)
김민준 (한양대학교 교수)
김민준 (경북대학교 교수)
김민준 (한밭대학교 교수)
김민준 (연세대학교 교수)
김민준 (고려대학교 교수)
김민준 (경희대학교 교수)
김민준 (부산대학교 교수)
김민준 (건국대학교 교수)
김민준 (경북대학교 교수)
김민준 (서울대학교 교수) - 로봇지능

지인호 (홍익대학교 교수)
하정우 (네이버 AI연구소장)
김종국 (전남대학교 교수)
김종우 (UNIST 교수)
김종우 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
김종우 (이화여자대학교 교수)
김종우 (한양대학교 교수)
김종우 (POSTECH 교수)
김종우 (한양대학교 교수)
김종우 (경희대학교 교수)
김종우 (인하대학교 교수)
김종우 (광주과학기술원 교수)
김종우 (한국항공대학교 교수)
김종우 (UNIST 교수)
김종우 (조선대학교 교수)
김종우 (인하대학교 교수)
김종우 (서울대학교 교수)
김종우 (충남대학교 교수)
김종우 (인하대학교 교수)
김종우 (한밭대학교 교수)
김종우 (연세대학교 교수)
김종우 (계명대학교 박사)
김종우 (고려대학교 교수)
김종우 (영남대학교 교수)
김종우 (음향 및 음성신호처리)
김종우 (서울대학교 교수) - 로봇지능

주목 (한국기술교육대학교 교수)
김민준 (연세대학교 교수)
김민준 (한양대학교 교수)
김민준 (고려대학교 교수)
김민준 (단국대학교 교수)
김민준 (한국산업기술시험원 책임연구원)
김민준 (군산대학교 교수)
김민준 (전북대학교 교수)
김민준 (한국생산기술연구원 수석연구원)
김민준 (한국해양과학기술원 책임연구원)
김민준 (소셜이티 전문)
김민준 (현대전기 대표이사)
김민준 (충북대학교 교수)
김민준 (전주비전대학교 교수)
김민준 (한국전자통신연구원 박사)
김민준 (전북대학교 교수)
김민준 (전북대학교 교수)
김민준 (문대대학교 교수)
김민준 (전북대학교 교수)
김민준 (KISTI 연구원)
김민준 (서울시립대학교 교수) - 전력전자
김민준 (동국대학교 교수) - 의용전자 및 생체공학
김민준 (한양대학교 교수) - 회로 및 시스템
김민준 (한국지동차연구원 센터장) - 지동차전자
김민준 (한국산업기술시험원 책임연구원) - 스마트팩토리

김희식 (서울시립대학교 교수)
오상록 (KIST 분원장)
류정봉 (공주대학교 교수)
이덕진 (전북대학교 교수)
김영진 (한국생산기술연구원 수석연구원)
김기연 (한국산업기술시험원 선임연구원)
문태주 (부일하우징 대표)
김수찬 (한경국립대학교 교수)
김민준 (음지대학교 교수)
문정호 (강릉원주대학교 교수)
변영재 (UNIST 교수)
여희주 (대전대학교 교수)
이수열 (경희대학교 교수)
이학성 (세종대학교 교수)
최우영 (전북대학교 교수)
한수희 (POSTECH 교수) - 제어계측
정재훈 (동국대학교 교수) - 지능로봇
이석재 (대구보건대학교 교수) - 국방정보및제어
오창현 (고려대학교 교수) - 의료영상시스템
정범진 (서울과학기술대학교 교수) - 스마트미터링

박종국 (경희대학교 교수)
오승록 (단국대학교 교수)
정길도 (전북대학교 교수)
신대현 (대연씨앤아이 대표이사)
김종만 (전남도립대학교 교수)
남기창 (동국대학교 교수)
박명진 (경희대학교 교수)
서영석 (영남대학교 교수)
유재현 (한경국립대학교 교수)
이영귀 (한국전자통신연구원 선임연구원)
정재훈 (동국대학교 교수)
한아 (한국산업기술시험원 선임연구원)
김종만 (명지전문대학 교수)
서영석 (상지대학교 교수)
엄우영 (인하공업전문대학 교수)
이시현 (동서울대학교 교수)
조도현 (인하공업전문대학 교수)
김세종 (SJ정보통신 이사)
김재민 (엔티데이터 상무이사)
서문상 (울프앤드 이사)
송관식 (아이씨티웨이 상무이사)
유정철 (쌍용정보통신 상무이사)
전한수 (세림TSG 전문이사)
최석우 (대우정보통신 상무이사)
권오상 (경기과학기술대학교 교수)
김백기 (강릉원주대학교 교수)
성훈석 (부천대학교 교수)
이태민 (김포대학교 교수)
이영구 (한림성신대학교 교수)
김영연 (인터그래프 대표이사)
신희희 (대우정보통신 부장)
이경원 (동해종합기술공사 상무이사)
이승태 (하나시스템 이사)
임재민 (대진정보통신 차장)
정민우 (대우정보통신 상무이사)

고정환 (인하공업전문대학 교수)
김민준 (대림대학교 교수)
김민준 (한국정보기술 대표이사)
김민준 (인천대학교 명예교수)
김민준 (로봇신문사 대표이사)
김민준 (용인예술과학대학교 교수)
김민준 (서일대학교 교수)
김민준 (부천대학교 교수)
김민준 (K-MV지능정보기술 대표이사)
김민준 (한국폴리텍대학 교수)
김민준 (인하공업전문대학 교수)
김민준 (한국폴리텍대학 교수)
김민준 (로보벨코리아 대표이사)
김민준 (트라콤 상무이사)
김민준 (청파이엔티 대표이사)
김민준 (글로벌텔레콤 대표이사)
김민준 (복두출판사 대표이사)
김민준 (투비콤 대표이사)
김민준 (태지트엔에스 대표이사)
김민준 (아주대학교 교수)
김민준 (서명대학교 교수)
김민준 (상지대학교 교수)
김민준 (동양미래대학교 교수)
김민준 (인천재능대학교 교수)
김민준 (전주비전대학교 교수)
김민준 (이지테크 대표이사)
김민준 (쌍용정보통신 책임연구원)
김민준 (시터랩스 이사)
김민준 (엔클라우드 상무이사)
김민준 (쌍용정보통신 상무이사)
김민준 (나날에스엔아이 부장)
김민준 (롯데정보통신 선임)
김민준 (인하공업전문대학 교수)

김민준 (충청대학교 교수)
이상희 (동서울대학교 교수)
한성준 (대우정보 고문)
김상범 (한국폴리텍대학 교수)
박병선 (인하공업전문대학 교수)
안성수 (명지전문대학 교수)
윤종현 (조선이공대학교 교수)
이태동 (국제대학교 교수)
권오병 (진인프라 전문이사)
김정영 (오디에이테크놀로지 대표이사)
박현영 (진우에이티에스 전문이사)
성재영 (오픈링크시스템 대표이사)
송치웅 (웨이버스 대표이사)
장대현 (LG U+ 상무이사)
조한일 (하이제이컨설팅 대표이사)
구자일 (인하공업전문대학 교수)
김대순 (전주비전대학교 교수)
김필중 (조선이공대학교 교수)
우찬일 (서일대학교 교수)
이성재 (대림대학교 교수)
장기동 (동양미래대학교 교수)
박정희 (한국정보기술 이사)
변종필 (진인프라 전문이사)
오재민 (한국정보기술 상무이사)
이승민 (투시스템 대표이사)
이지철 (쌍용정보통신 대표이사)
한찬석 (우송정보기술 대표이사)
김영선 (동해종합기술공사 부사장)
김영선 (대림대학교 교수)

원영진 (부천대학교 교수)
이원석 (동양미래대학교 명예교수)
김영로 (명지전문대학 교수)
서영석 (상지대학교 교수)
엄우영 (인하공업전문대학 교수)
이시현 (동서울대학교 교수)
조도현 (인하공업전문대학 교수)
김세종 (SJ정보통신 이사)
김재민 (엔티데이터 상무이사)
서문상 (울프앤드 이사)
송관식 (아이씨티웨이 상무이사)
유정철 (쌍용정보통신 상무이사)
전한수 (세림TSG 전문이사)
최석우 (대우정보통신 상무이사)
권오상 (경기과학기술대학교 교수)
김백기 (강릉원주대학교 교수)
성훈석 (부천대학교 교수)
이태민 (김포대학교 교수)
이영구 (한림성신대학교 교수)
김영연 (인터그래프 대표이사)
신희희 (대우정보통신 부장)
이경원 (동해종합기술공사 상무이사)
이승태 (하나시스템 이사)
임재민 (대진정보통신 차장)
정민우 (대우정보통신 상무이사)

제24대 평의원 명단

강명곤 (한국교통대학교 교수)
 강석주 (서강대학교 교수)
 강성원 (한국전자통신연구원 소장)
 고병철 (계명대학교 교수)
 고정환 (인하공업전문대학 교수)
 공배선 (성균관대학교 교수)
 구민석 (인천대학교 교수)
 권구덕 (강원대학교 교수)
 권오경 (한양대학교 석좌교수)
 권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)
 권호열 (강원대학교 교수)
 김규식 (서울시립대학교 교수)
 김도현 (제주대학교 교수)
 김동식 (인하공업전문대학 교수)
 김명준 (한국전자통신연구원 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)
 김영현 (UC San Diego)가우스랩스 교수/대표이사)
 김원중 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 김윤 (서울시립대학교 교수)
 김재준 (서울대학교 교수)
 김정범 (강원대학교 교수)
 김종선 (홍익대학교 교수)
 김준모 (KAIST 교수)
 김진상 (경희대학교 교수)
 김창수 (고려대학교 교수)
 김철우 (고려대학교 교수)
 김한구 (삼성전자공과대학교 교수)
 김현수 (삼성전자 상무)
 김형탁 (홍익대학교 교수)
 나정웅 (KAIST 명예교수)
 남상욱 (서울대학교 교수)
 노정진 (한양대학교 교수)
 류수정 (사피온코리아 대표이사)
 문용 (숭실대학교 교수)
 박관서 (연세대학교 교수)
 박성욱 (차세대지능정보체계사업단 이사장)
 박성현 (한양대학교 명예교수)
 박영훈 (숙명여자대학교 교수)
 박종일 (한양대학교 교수)
 배준성 (강원대학교 교수)
 백광현 (중앙대학교 교수)
 백준기 (중앙대학교 교수)
 변영재 (울산과학기술원 교수)
 서창호 (KAIST 교수)
 성광모 (서울대학교 명예교수)
 손보익
 송병철 (인하대학교 교수)
 송준영 (인천대학교 교수)
 신오순 (숭실대학교 교수)
 심동규 (광운대학교 교수)
 안상철 (한국과학기술연구원 책임연구원)
 안호균 (한국전자통신연구원 실장)
 여희주 (대전대학교 교수)
 오상록 (한국과학기술연구원 PM)
 오정훈 (삼성전자 마스터)
 우정호 (비전엑스 대표이사)
 유명식 (숭실대학교 교수)
 유창동 (KAIST 교수)

강문식 (강릉원주대학교 교수)
 강석판 (LG전자 상무)
 강윤희 (백석대학교 교수)
 고석준 (제주대학교 교수)
 고진환 (경상국립대학교 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 (ICTK 대표이사)
 김민휘 (중앙대학교 교수)
 김부균 (숭실대학교 교수)
 김선욱 (고려대학교 교수)
 김성철 (서울대학교 교수)
 김수중 (경북대학교 명예교수)
 김승천 (한성대학교 교수)
 김영권 (후레대학교 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 (KAIST 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)
 선우경 (서울대학교 교수)
 성원진 (서강대학교 교수)
 송문섭 (삼텍 회장)
 송상현 (중앙대학교 교수)
 송철 (DGIST 교수)
 신요안 (숭실대학교 교수)
 심용 (중앙대학교 교수)
 안승권 (연암공과대학교 총장)
 양준성 (연세대학교 교수)
 양규봉 (한국자동차연구원 팀장/수석연구원)
 오윤호 (고려대학교 교수)
 우성민 (한국기술교육대학교 교수)
 원제형 (도쿄일렉트론코리아 대표이사)
 유정봉 (공주대학교 교수)
 유창식 (삼성전자 부사장)

강민석 (LG0노텍 부사장(CTO))
 강석형 (POSTECH 교수)
 강진구 (인하대학교 교수)
 고성제 (고려대학교 명예교수)
 고희호 (충남대학교 교수)
 공준진 (삼성전자공과대학교 주임교수)
 구용서 (단국대학교 석좌교수)
 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 (전남테크노파크 본부장)
 김성대 (KAIST 명예교수)
 김소영 (성균관대학교 교수)
 김수찬 (한국과학기술대학교 교수)
 김승환 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 김영로 (명지전문대학 교수)
 김영재 (해동과학문화재단 이사장)
 김영철 (군산대학교 교수)
 김용신 (고려대학교 교수)
 김유철 (LG AI연구원 부문장)
 김익균 (한국전자통신연구원 본부장)
 김재희 (연세대학교 명예교수)
 김정호 (이화여자대학교 교수)
 김주성 (한밭대학교 교수)
 김지훈 (이화여자대학교 교수)
 김진태 (건국대학교 교수)
 김철영 (충남대학교 교수)
 김태진 (더텍 대표이사)
 김현 (부천대학교 교수)
 김형진 (인하대학교 교수)
 김훈 (인천대학교 교수)
 남기창 (동국대학교 교수)
 노원우 (연세대학교 교수)
 동성수 (용인예술과학대학교 교수)
 문영식 (한양대학교 명예교수)
 민동보 (이화여자대학교 교수)
 박부건 (POSTECH 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)
 선우영호 (아주대학교 교수)
 손교민 (삼성전자 마스터)
 송민규 (동국대학교 교수)
 송익현 (한양대학교 교수)
 신세운 (UNIST 교수)
 신현철 (광운대학교 교수)
 심정영 (강남대학교 교수)
 안현식 (동명대학교 교수)
 엄낙웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 예종철 (KAIST 교수)
 오의열 (LG디스플레이 연구위원)
 우운택 (KAIST 교수)
 유동훈 (디시일로 연구소장)
 유찬세 (한국과학기술연구원 수석연구원)
 유호영 (충남대학교 교수)

윤 명 국 (이화여자대학교 교수)
 윤 석 현 (단국대학교 교수)
 윤 중 용 (한국공학대학교인증원 이사장)
 이 경 중 (연세대학교 교수)
 이 규 복 (한국전자기술연구원 부원장)
 이 덕 진 (전북대학교 교수)
 이 병 선 (김포대학교 교수)
 이 상 훈 (웨이브피아 대표이사)
 이 수 민 (한국센서연구소 대표이사)
 이 승 호 (한밭대학교 교수)
 이 왕 상 (경상국립대학교 교수)
 이 인 규 (고려대학교 교수)
 이 재 진 (숭실대학교 교수)
 이 정 우 (중앙대학교 교수)
 이 중 호 (서울대학교 교수)
 이 찬 수 (영남대학교 교수)
 이 천 희 (전) 청주대학교 교수)
 이 태 동 (국제대학교 교수)
 이 혁 재 (서울대학교 교수)
 이 희 덕 (충남대학교 교수)
 임 승 찬 (한경국립대학교 교수)
 장 길 진 (경북대학교 교수)
 장 성 진 (삼성전자 상근고문)
 전 동 석 (서울대학교 교수)
 전 세 영 (서울대학교 교수)
 전 홍 태 (중앙대학교 명예교수)
 정 민 수 (라온텍 부사장)
 정 범 진 (서울과학기술대학교 교수)
 정 영 모 (한성대학교 교수)
 정 원 영 (강원공업 본부장)
 정 은 승 (삼성전자 고문)
 정 준 (솔리드 대표이사)
 제 민 규 (KAIST 교수)
 조 문 규 (한국교통대학교 교수)
 조 성 현 (한양대학교 교수)
 진 훈 (경기대학교 교수)
 채 영 철 (연세대학교 교수)
 천 경 준 (씨젠 회장)
 최 광 표 (삼성전자 마스터)
 최 병 호 (한국전자기술연구원 연구소장)
 최 승 범 (삼성전자 부사장)
 최 용 수 (신한대학교 교수)
 최 인 수 (삼성전자 상무)
 최 지 용 (DGIST 교수)
 최 천 원 (단국대학교 교수)
 하 정 우 (네이버 AI연구소장)
 한 등 석 (경북대학교 교수)
 한 재 호 (고려대학교 교수)
 한 태 희 (성균관대학교 교수)
 허 재 두 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 홍 대 식 (연세대학교 교수)
 홍 유 식 (상지대학교 교수)
 황 성 운 (가천대학교 교수)
 황 인 정 (명지병원 수석연구원)
 황 진 영 (한국항공대학교 교수)

윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
 윤 성 로 (서울대학교 교수)
 윤 중 용 (따두 사장)
 이 광 영 (서경대학교 교수)
 이 남 윤 (고려대학교 교수)
 이 동 규 (카카오모빌리티 부사장)
 이 상 만 (고려대학교 교수)
 이 석 희 (솔리다임 의장)
 이 승 아 (연세대학교 교수)
 이 영 철 (세종대학교 교수)
 이 용 옥 (한화시스템 부사장)
 이재 관 (한국자동차연구원 소장)
 이재 홍 (서울대학교 명예교수)
 이정 원 (서울대학교 교수)
 이 주 연 (전주비전대학교 교수)
 이 창 한 (한국반도체산업협회 상근부회장)
 이 철 (동국대학교 교수)
 이 태 원 (고려대학교 명예교수)
 이 형 민 (고려대학교 교수)
 인 치 호 (세명대학교 교수)
 임 제 탁 (한양대학교 명예교수)
 장 석 호 (건국대학교 교수)
 장 익 중 (경희대학교 교수)
 전 병 우 (성균관대학교 교수)
 전 영 현 (삼성전자 부회장)
 정 교 일 (조선대학교 교수)
 정 민 채 (세종대학교 교수)
 정 성 업 (차세대융합기술연구원 실장)
 정 원 영 (KAIST 교수)
 정 윤 호 (한국항공대학교 교수)
 정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장)
 정 진 군 (중앙대학교 교수)
 조 남 익 (서울대학교 교수)
 조 성 래 (중앙대학교 교수)
 조 영 민 (SkyMir CEO)
 차 혁 규 (서울과학기술대학교 교수)
 채 주 형 (광운대학교 교수)
 최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)
 최 기 창 (서울대학교 교수)
 최 성 민 (해치텍 대표이사)
 최 승 중 (웰랑 대표이사)
 최 우 영 (서울대학교 교수)
 최 재 혁 (서울대학교 교수)
 최 진 성 (도이치텔레콤 부사장)
 최 현 택 (한국해양과학기술원 책임연구원)
 하 태 준 (명운대학교 교수)
 한 영 선 (부경대학교 교수)
 한 정 환 (충남대학교 교수)
 함 범 섭 (연세대학교 교수)
 허 준 (고려대학교 교수)
 홍 민 철 (숭실대학교 교수)
 홍 인 기 (경희대학교 교수)
 황 승 훈 (동국대학교 교수)
 황 인 철 (강원대학교 교수)

윤 석 진 (한국과학기술연구원 원장)
 윤 영 권 (삼성전자 마스터)
 이 강 윤 (성균관대학교 교수)
 이 규 대 (공주대학교 교수)
 이 덕 기 (연암공과대학교 교수)
 이 문 기 (연세대학교 명예교수)
 이상 설 (한양대학교 명예교수)
 이성 준 (한양대학교 교수)
 이승 은 (서울과학기술대학교 교수)
 이영택 (ASML 전무)
 이윤 식 (UNIST 교수)
 이재 성 (고려대학교 교수)
 이재 훈 (유정시스템 대표이사)
 이 중 호 (서울대학교 교수)
 이 진 구 (동국대학교 석좌교수)
 이재 은 (인하대학교 교수)
 이충용 (연세대학교 교수)
 이 한 림 (중앙대학교 교수)
 이흥노 (광주과학기술원 교수)
 임 매 순 (한국과학기술연구원 책임연구원)
 임 혜 숙 (이화여자대학교 교수)
 장 성 준 (한국전자기술연구원 팀장)
 전 국 진 (서울대학교 명예교수)
 전 선 익 (파이낸셜뉴스 사장)
 전 정 훈 (성균관대학교 교수)
 정 길 도 (전북대학교 교수)
 정 방 철 (충남대학교 교수)
 정 승 원 (고려대학교 교수)
 정 용 규 (울지대학교 교수)
 정 은 성 (홍익대학교 교수)
 정 정 화 (한양대학교 석좌교수)
 정 해 준 (경희대학교 교수)
 조 도 현 (인하공업전문대학 교수)
 조 성 재 (이화여자대학교 교수)
 조 해 정 (삼성물산 그룹장)
 채 관 업 (삼성전자 마스터)
 채 찬 병 (연세대학교 교수)
 최 광 성 (한국전자통신연구원 실장)
 최 병 수 (부경대학교 교수)
 최 수 일 (전남대학교 교수)
 최 영 규 (인하대학교 교수)
 최 웅 (숙명여자대학교 교수)
 최 중 호 (서울시립대학교 교수)
 최 창 식 (DB하이텍 부회장)
 추 민 성 (한양대학교 교수)
 한 동 국 (국민대학교 교수)
 한 은 헤 (에스에스앤씨 대표이사)
 한 진 호 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 함 철 희 (삼성전자 마스터)
 홍 국 대 (엘엑스세미콘 연구위원)
 홍 승 훈 (인하대학교 명예교수)
 홍 철 호 (중앙대학교 교수)
 황 원 준 (아주대학교 교수)
 황 인 태 (전남대학교 교수)

사무국 직원 명단

송기원 국장 - 산학연관 협력, 신규 사업, 자문/서울IT포럼, 지부, 인사, 규정, 회장단 관련, 총회 등 사무국 총괄
 이안소 부장 - 학회지, 추계학술대회, 이사회/평의원회, 총무업무(선거, 공문, 임원관련, 송년회, 포상 및 Wiset 등), 산업전자소사이터티
 배지영 부장 - 국제학술대회 총괄(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 하계종합학술대회, 신기술(총괄), 시스템 및 제어소사이터티
 배기동 부장 - 사업행사(기술워크숍 등), 국문논문, 표준화, 용역업무, 인공지능신호처리소사이터티
 변은정 부장 - 본회/소사이터티/연구회 재무, 회원관리(개인회원 및 특별회원), 기획, 통신소사이터티
 이소진 서기 - 국제학술대회 담당(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 외국 기관과 국제협력(Joint Award 등), JSTS 및 SPC 발간, 컴퓨터소사이터티
 조유정 서기 - 정보화(홈페이지 관리 및 디지털 업무지원, 장비관리), 교육, 홍보, 신기술(담당), 기타 지원업무, 반도체소사이터티

학회소식

제1차 상임이사회 회의록

제 1차 상임이사회가 1월 5일(금) 오후 5시 SC컨벤션센터 아나이스 홀(한국과학기술관 1관 12층)에서 개최되었다. 이번 회의 결과는 다음과 같다.

- 다 음 -

1. 성원 보고

- 41명의 상임이사 중 31명이 참석하여 성원되었음.

2. 위원회 보고

- 각 위원회 별로 위원장들이 서면 및 발표보고사항을 진행하고 위원회별 주요사항을 논의함.

3. 심의사항

- 신규 개인회원 가입을 승인함.
- ISAP 2024 후원에 관한 사항은 “전자공학회 후원기관 명의 사용 승인, 홈페이지 게시 및 홍보 이메일 발송(1회)”로 승인함.
- 주요 승인위원회 (재정위원회 / 선거관리위원회) 위원 선정에 대해 원안대로 승인함.

4. 기타

특별회원 및 유관기관 방문

학회 회장단은 1월과 2월 특별회원과 유관기관 방문과 간담회 개최를 통해 양 기관의 주요 현안을 논의하고 협력방안을 모색하였다.



삼성전자 방문 (전경훈 사장, 김강태 부사장)



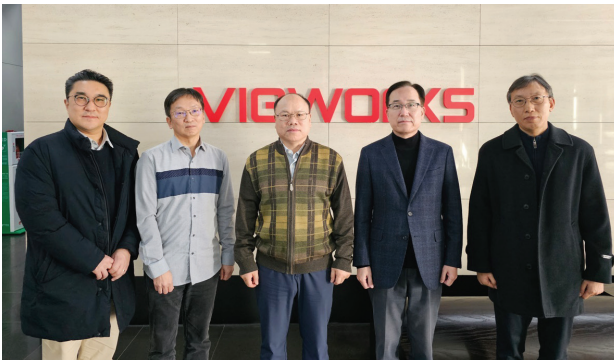
한국전자통신연구원 방문 (방승찬 원장)



한국전자기술연구원 방문 (신희동 원장)



정보통신산업진흥원 간담회 (허성욱 원장)



뷰웍스 방문 (서경열 부사장)



한국전자통신연구원 소속 학회 임원 간담회



도쿄일렉트론코리아 방문 (원제형 대표이사)



DB하이텍 방문 (최창식 부회장)



SK텔레콤 방문 (양승현 CTO)



히타치하이테크코리아 방문 (이용식 사장)



해치텍 방문 (최성민 대표이사)



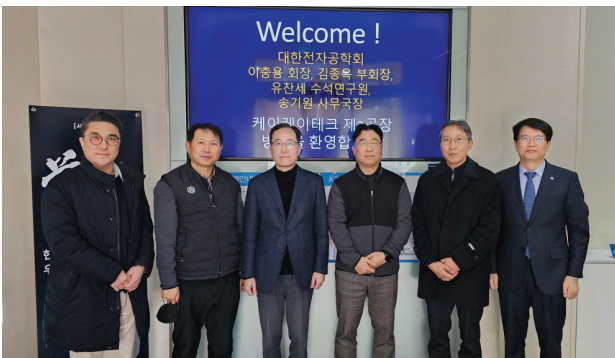
해동과학문화재단 방문(김영재 이사장)



이노와이어리스 방문(곽영수 대표이사)



아메스산업 방문 (이태현 대표이사)



케이케이테크 방문 (김경하 대표이사)

ICEIC 2024

ICEIC는 우리나라 정보통신기술 학문과 산업을 아시아 및 유라시아 지역에 전파하는 목적으로 대한전자공학회에서 주관하는 국제 학술 행사다. 2012년 이전까지 2년에 한 번씩 개최되던 ICEIC는 2012년부터 IEEE CT Society의 Co-sponsorship을 받아 매년 개최되며 국제 학술대회로서 자리매김 하고 있다.

금년에는 1월 28일(일)부터 31일(수)까지 대만 타이베이 메리어트 호텔에서 성황리에 개최되었으며 전 세계 15개국에서 약 401편의 논문이 발표되었다. 이번 행사는 이충용 학회장(연세대학교)이 General Chair, 노원우 교수(연세대학교)가 Organizing Committee Chair, 김현 교수(서울과학기술대학교)가 Technical Program Chair로 학술대회를 이끌었고, 더불어 많은 학계의 교수들이 조직위원회를 구성하여 학술대회 준비에 만전을 기하였다.

첫째 날 1월 28일(일)에는 Welcome Reception이 이충용 학회장의 환영 인사와 함께 진행되었고, 여러 국가로부터 온 약 80여명의 참가자들이 모여 반가운 인사를 나누었다.

둘째 날 1월 29일(월)에는 이충용 학회장의 개회사를 통해 국제학술대회의 공식적인 시작을 알렸다. 특히나 이번 ICEIC 2024 개최식에는 임혜숙 대한전자공학회 명예회장 (이화여자대학교 교수)과 IEEE CT Society 회장 Wen-Chung Kao 교수가 직접 학술대회에 참석하여 환영사를 진행함으로써 더욱 큰 의미를 더했다. 이어 ICEIC 2024의 TPC를 맡은 김현 교수의 TPC Report 발표가 있었다. 개회식 후에는 대만 Ching-Ting Lee 교수(National Cheng Kung University/Yuan Ze University), 그리고 Michael Shebanow 박사(CTO of SAPEON Inc.)의 Plenary Talk 특별 강연이 진행되어 많은 참가자들에게 깊은 인상을 남겼다. 또한, 이 날은 일본 Itaru Kitahara 교수(University of Tsukuba)와 김한성 교수(University of Southampton)의 Tutorial 강연과 함께 9개의 특별 세션, 9개의 구두 발표 세션, 4개의 포스터 발표 세션이 이루어지며 학술대회 둘째 날을 마무리했다.

셋째 날 1월 30일(화)에는 벨기에 Nilesch Madhu 교수(Ghent

University)의 Invited Talk 특별 강연이 진행되었으며, 서성호 박사 (German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI))와 이채운 박사(SAPEON Korea Inc.)의 Tutorial 강연이 진행되었다. 이와 함께 8 개의 특별 세션, 10개의 구두 발표 세션, 4개의 포스터 발표 세션이 진행되며 셋째 날 일정을 풍성하게 채웠다. 이 날 저녁에는 약 300 명의 참가자가 만찬장에 참석한 가운데 ICEIC 2024의 Best Paper 시상식이 진행되었다. 이후 이충용 학회장과 Invited Talk 강연을 맡은 Nileshe Madhu 교수가 대표로 건배사를 하며 본격적인 만찬이 시작되었다.

마지막 날 1월 31일(수) 폐회식을 끝으로 모든 학술대회 일정이 마무리되었다.

이번 ICEIC 2024는 세계적인 연구자들이 서로의 연구 성과를 공유할 수 있는 학술교류의 장이 되었을 뿐만 아니라, 향후 정보통신기술 분야의 연구와 새로운 기술 발전을 도모 할 수 있는 큰 기회를 제공하는 역할을 하였다.



Welcome Reception



Opening Ceremony - 이충용 회장 환영사



Opening Ceremony - 임혜숙 명예회장 환영사



Opening Ceremony - IEEE CT Society 회장 환영사



Plenary Talk - Ching-Ting Lee 교수
(National Cheng Kung University / Yuan Ze University)



Plenary Talk - Michael Shebanow 박사 (SAPEON Inc.)



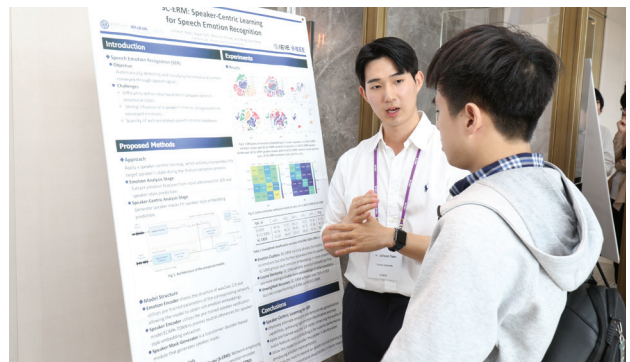
Invited Talk - Nilesch Madhu 교수 (Ghent University)



구두 발표 세션



Tutorial - 김한성 교수 (University of Southampton)



포스터 발표 세션



Tutorial - 서성호 박사
(German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI))



Best Paper Awards 시상식



주요참가자 기념촬영 - 초청연사, 조직위원 및 명예회장



Conference Banquet

2024년 바이오영상신호처리연구회 겨울학교

인공지능신호처리소사이어티 바이오영상신호처리연구회(위원장 : 이종호 교수(서울대)) 개최로 “ 2024년 바이오영상신호처리 겨울학교” 는 2월 5일(월) ~ 6일(화)까지 과학기술회관 대회의실2에서 개최되었다.

이번 바이오영상신호처리 겨울학교에서는 의료영상 분야에서의 최신 연구 결과를 공유하고 함께 성장하기 위하여 국내외에서 주목받고 있는 다양한 분야의 전문가들이 참여하여 의료영상 기술과 응용 분야 등 새로운 기술과 연구 동향에 대한 흥미로운 강연과 논의의 장이 되었다. 참석은 약 150여명 이었다.



2024년 바이오영상신호처리 겨울학교 강연모습



학회일지

www.theieie.org

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND INFORMATION
ENGINEERS

(2024년 1월 18일 ~ 2월 16일)

1. 회의 개최

회의 명칭	일시	장소	주요 안건
제1차 하계 조직위원회 회의	2.5 (17:00)	학회 회의실	- 학술대회 운영 및 프로그램 구성 등
ICCE-Asia 2024 2차 조직위원 회의	2.6 (14:00)	온라인	- 학술대회 프로그램 구성 등

2. 행사 개최

구분	행사명	기간	장소
컴퓨터소사이어티	ICGHIT 2024	1.23 - 25	베트남 하노이
본회	ICEIC 2024	1.28 - 31	대만 타이페이
바이오영상 신호처리연구회	2024년 바이오영상신호처리 겨울학교	2.5 - 6	한국과학기술회관

초실감 메타버스 구현을 위한 SW/HW 기술



임 성 훈 편집위원
(대구경북과학기술원)

전 세계적인 팬데믹 상황이 오프라인 상호작용을 제한함에 따라, 현실감 넘치는 디지털 경험을 제공하는 온라인 서비스에 대한 수요가 급증하고 있다. 이러한 배경 속에서, 산업계, 학계 및 정부 기관들은 현실을 넘어서는 가상의 세계, 즉 메타버스에 더욱 관심을 기울이고 있다.

그러나 초실감 메타버스 세계의 구현을 어렵게 하는 기술적 한계가 이러한 관심의 성장을 저해하고 있다. 본 특집호는 메타버스의 몰입도를 방해하는 주요 요소들을 분석하고, 이를 극복할 수 있는 최신 기술 동향과 미래 핵심 기술들을 다룬 5편의 학술 기고문으로 구성되었다.

첫째, “실내 환경의 구조적인 특성을 이용한 3차원 복원 연구 동향(주경돈)”에서는 실내 환경의 구조적인 특성을 기반으로 정의되는 구조 가정과 그 표현법 및 추정 방법에 대한 최신 기술을 소개하였다. 둘째, “Implicit Function 기반 옷을 입은 인간 3차원 복원 동향(조동현)”은 PIFu 등 Implicit function 기반으로 단일 영상기반 옷을 입고 있는 인간의 3차원 모델을 복원하는 최신 기술 동향을 소개하였다. 셋째, “몰입도 높은 메타버스 공간 구현을 위한 보행 패턴 연구(전해곤)”에서는 보행자의 자연스러운 보행 패턴 연

구를 위해 보행자 간의 사회적 관계 파악 및 보행자, 환경 간의 특징을 파악하는 최신 연구 동향에 대해 소개하였다. 넷째, “Text-to-4D Avatar 생성의 발전과 그 응용(김유왕,오태현)”에서는 3D/4D Avatar에 대한 기본 배경을 소개하고, 텍스트 입력기반의 4D Avatar 생성 연구 동향에 대해 소개하였다. 끝으로, “AI기반 홀로그래픽 디스플레이 기술의 최근 예시(백승환)”에서는 메타버스 내에서 새로운 형태의 상호 작용을 가능하게 하는 홀로그래픽 디스플레이 기술의 발전에 대해 소개하였다.

연말연시의 바쁜 일정 중에 본 특집호를 위하여 옥고를 보내주신 집필진 여러분께 감사드리며, 본 특집호가 몰입도 높은 메타버스 공간을 구현하고, 시각적 경험을 제공할 수 있는 기술에 대한 교류와 협력의 새로운 전기가 되어, 대한민국 IT융합산업의 발전과 경쟁력 강화에 이바지하기를 기원한다.

실내 환경의 구조적인 특성을 이용한 3차원 복원 연구 동향

I. 서론

단일/다중 영상으로부터 객체나 공간의 정보를 복원하는 3차원 복원은 컴퓨터 비전 분야의 전통적인 연구 분야 중 하나로, 최근에는 실내 환경에 대한 3차원 복원이 연구적/산업적으로 큰 관심을 받고 있다. 특히, 집, 사무실 등과 같은 실내 환경은 우리가 시간 대부분을 소비하는 공간으로, 해당 공간에 대한 3차원 복원은 메타버스(Metaverse), 가상 현실(Virtual Reality, VR) 및 증강 현실(Augmented Reality, AR)과 같이 주변 공간 인지가 필수적인 다양한 응용에서 요구되는 핵심기술 중 하나이다. 일례로, 오늘의집¹⁾은 3차원 공간에 대해 사용자가 구매를 희망하는 가구나 물건 등을 배치해 볼 수 있는 3D인테리어 서비스를 제공하고 있으며, 최근에 Apple ARKit에 기반한 RoomPlan²⁾은 카메라와 라이다(LiDAR) 스캐너로 방의 크기 및 가구 유형과 같은 실내 공간의 특성을 포함한 3차원 평면도 생성 서비스를 선보였다(그림 1).

〈그림 1〉에서 보시다시피, 실내 환경은 인간이 만든 환경으로 복잡해 보일 수 있지만, 건물의 구조부터 방의 배열(Layout)까지 근본적으로 구조적인 형태를 띠고 있다. 이러한 특성을 기반으로 방과 같은 실내 공간을 하나의 큰 직육면체로, 그 공간 내의 다양한 객체는 작은 직육면체로 근사 표현(Approximation)이 가능하다. 좀 더 구체적으로, 서로 평행하거나 직교하는 평면들로 표현할 수 있으며, 이러한 평면들이 가질 수 있는 법선 벡터는 몇 개의 주요한 방향 벡터로 군집화(Clustering)할 수 있는 특징을 가지고 있다. 컴퓨터 비전 분야에서는 이러한 구조적인 특성을 정규화하여, 주요한 법선 벡터들이 가질 수



주정돈
UNIST

1) 오늘의집 3D인테리어: <https://ohou.se/interior3ds>

2) Apple ARKit의 RoomPlan: <https://developer.apple.com/kr/augmented-reality/roomplan/>



〈그림 1〉 실내 환경의 3차원 복원을 통한 응용
예시: (상단) 오늘의집 3D인테리어 서비스와
(하단) Apple ARKit의 RoomPlan

있는 특성에 따라 맨해튼 월드 가정(Manhattan World Assumption)^[1], 애틀랜타 월드 가정(Atlanta World Assumption)^[2]과 같은 다양한 구조 가정(Structural Assumption)이 제안되었다. 실내 환경에서 정의 가능한 이러한 구조 가정은 컴퓨터 비전 및 로봇틱스 분야에서 다양한 문제를 해결하기 위한 사전 정보로 활용되고 있다.

본 기고에서는 실내 환경의 구조적인 특성을 기반으로 정의되는 구조 가정과 그 표현법 및 추정 방법을 간략히 소개하고, 이를 이용한 기존 연구 동향과 인공지능과 융

합한 최신 기술 동향을 살펴보고자 한다. II 장에서는 실내 환경의 구조적인 특성을 표현하는 구조 가정과 전통적인 구조 가정 추정 방법에 대해 간략히 살펴본 후, 구조 가정을 활용한 기존 연구 동향을 소개한다. III 장에서는 딥러닝 기법과 구조 가정을 융합한 실내 환경의 3차원 복원 기법의 최신 연구 동향에 대해 살펴보고, 마지막으로 IV 장에서는 결론을 맺는다.

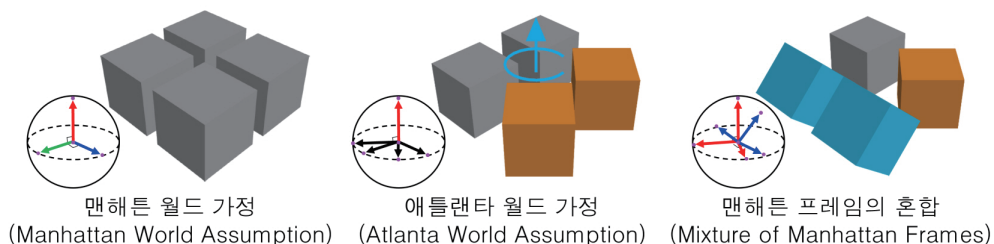
II. 구조 가정과 기존 연구 동향

구조 가정(Structural Assumption)은 인간이 만든 구조적인 환경, 특히 실내 환경을 몇 개의 주요 방향 벡터로 근사 표현하는 가정을 의미한다. 본 장에서는 대표적인 구조 가정에 대한 소개와 더불어, 그 표현법과 추정 방식을 간단히 소개한다. 더 나아가 구조 가정을 이용한 기존 연구 방향에 대해 살펴본다.

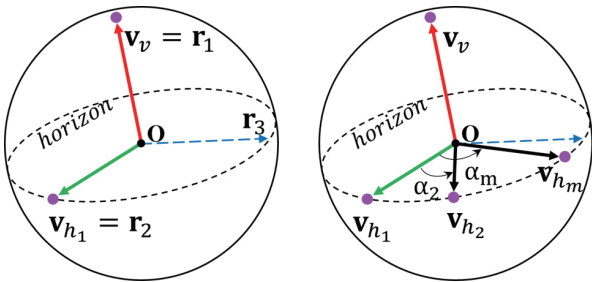
1. 대표적인 구조 가정의 정의

대표적인 구조 가정으로는 표현력에 따라 맨해튼 월드 가정(Manhattan World Assumption)^[1], 애틀랜타 월드 가정(Atlanta World Assumption)^[2], 맨해튼 프레임의 혼합 가정(Mixture of Manhattan Frames)^[3]이 존재한다(그림 2).

가장 간단하면서 강력한 구조 가정인 맨해튼 월드 가정은 직육면체 형태의 구조물을 표현할 수 있으며, 직육면체 형태의 건물이 격자구조로 사용된 뉴욕의 맨해튼 지역의 이름에서 유래되었다^[1]. 맨해튼 가정은 서로 직교하는 세 개의 법선 벡터로 표현할 수 있으며, 해당 조건을 맨해튼 제약 조건(Manhattan Constraint), 이 세 법



〈그림 2〉 대표적인 구조 가정에 대한 도식화: 좌측부터 맨해튼 월드, 애틀랜타 월드, 맨해튼 프레임의 혼합 가정을 도식화
(우측으로 갈수록 구조 가정의 표현력이 증대)



〈그림 3〉 애틀랜타 프레임 표현법^[4]:

(좌측) 회전 행렬을 이용으로 수직 방향 벡터와 첫 번째 수평 방향 벡터 정의, (우측) 수직 방향 벡터를 기준으로 첫 번째 수평 방향 벡터를 회전시켜 추가적인 수평 방향 벡터 정의

선 벡터 집합을 맨해튼 프레임(Manhattan Frame)이라고 칭한다. 일반적으로 맨해튼 프레임은 서로 직교하는 세 개의 벡터로 구성된 회전 행렬(Rotation Matrix) $R \in SO(3)$ 로 표현된다.

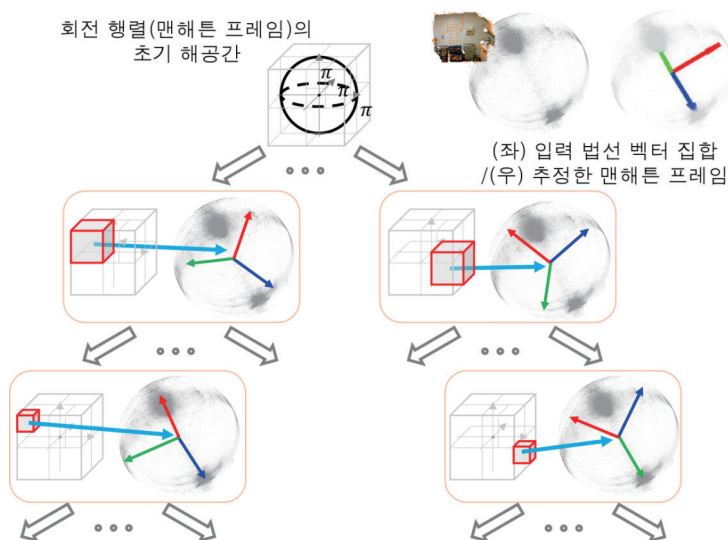
좀 더 일반적인 가정인 애틀랜타 월드 가정^[2]은 중력 방향과 일치하는 하나의 수직 방향 벡터 v_v 와 여러 수평 방향 벡터의 집합 $\{v_{h_i}\}$ 으로 표현되며, 이를 애틀랜타 프레임(Atlanta Frame)이라고 칭한다. 애틀랜타 프레임은 방향 벡터가 세 개로 제한되며 서로 직교해야 하는 맨해튼 프레임과 달리, 수직 방향 벡터와 수평 방향 벡터들은 서로 직교하지만, 수평 방향 벡터 사이에는 제약 조건이 없다. 해당 제약 조건을 애틀랜타 제약 조건(Atlanta

Constraint)이라고 하며, 이를 만족하는 애틀랜타 프레임 표현은 다양하게 가능하다. 대표적인 표현 방법으로는 회전 행렬을 이용한 방식으로, 〈그림 3〉과 같이, 회전 행렬의 첫 번째 열(column)을 수직 방향 벡터, 두 번째 열을 첫 번째 수평 방향 벡터로 정의하고, 추가적인 수평 방향 벡터는 수직 방향 벡터를 기준으로 첫 번째 수평 방향 벡터를 회전하는 형태가 있다^[4].

맨해튼 프레임의 혼합 가정^[3]은 말 그대로 여러 맨해튼 프레임을 활용한 구조 가정이다. 보편적으로 앞서 설명한 두 구조 가정인 맨해튼과 애틀랜타 가정이 컴퓨터 비전, 로보틱스 분야에서 주로 활용된다. 최근에는 애틀랜타 가정을 더 일반화하여 표현한 홍콩 월드 가정((Hong Kong World Assumption)^[5]이 새롭게 제안되었으며, 자세한 내용은 해당 논문을 참고하기를 바란다.

2. 구조 가정 추정 기법

구조 가정은 3차원 도메인에서는 주요한(Dominant) 법선 벡터 형태로 표현되며, 영상 도메인에서는 소실점(Vanishing Point, VP)으로 표현된다. 이를 추정하기 위한 입력으로는 3차원 도메인에서는 깊이 정보(Depth)에서 추출한 각 3차원 점의 법선 벡터가 사용되며, 이미지 도메인에서는 이미지에서 추출한 직선이 일반적으로 사



참고 영상 맨해튼 프레임 애틀랜타 프레임

〈그림 4〉 분기한정법을 이용한 맨해튼 프레임 추정 기법: (좌측) 맨해튼 프레임 추정을 위한 분기한정법 도식화, (우측) 분기한정법을 통해 추정한 맨해튼 프레임과 애틀랜타 프레임 결과^[4](결과의 각 색은 구조 가정의 각 주요한 방향 벡터를 지지하는 영역을 표현)

용된다. 해당 기고에서는 3차원 도메인, 즉, 법선 벡터 집합을 입력으로 한 구조 가정 추정 기법을 간단히 소개하고자 한다.

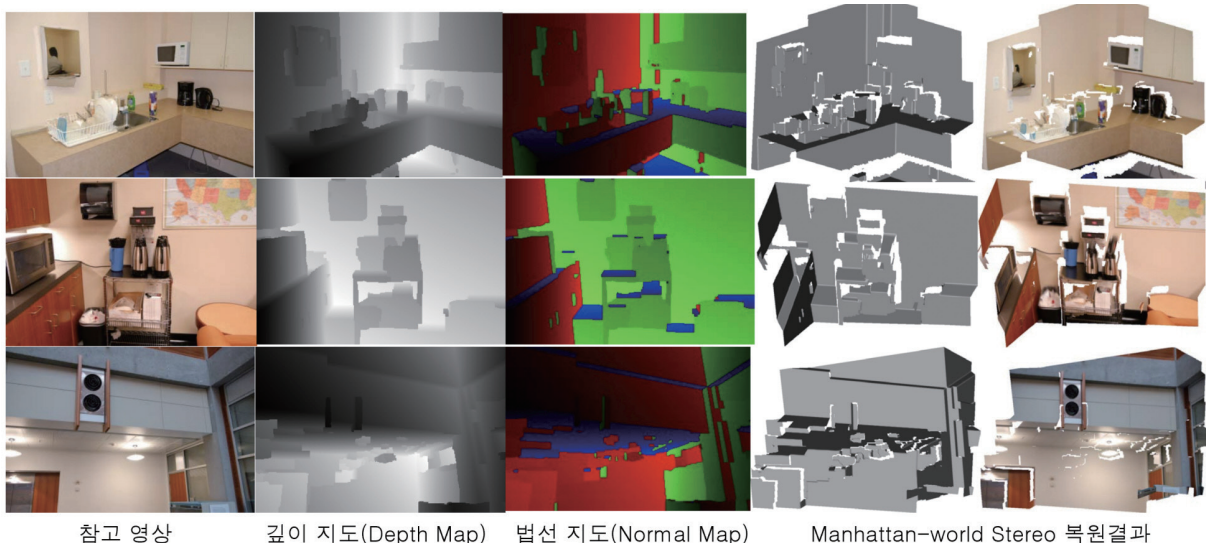
일반적으로 구조 가정 추정 문제는 입력으로 주어진 법선 벡터 집합에 대해 인라이어(Inlier)의 개수를 최대화하는 구조 가정을 추정하는 문제(Inlier Set Maximization)로 표현된다^[4,6]. 전통적인 방식으로는 분기한정법(Branch and Bound)을 통해 전역해를 만족하는 구조 가정을 추정하는 방식이 주로 활용된다^[4,6]. 분기한정법은 가능한 해 공간(Solution Space)을 효과적으로 탐색하면서 최적해를 찾는 데 중점을 둔 최적화 기법이다. <그림 4>의 좌측은 맨해튼 프레임을 분기한정법으로 추정하는 예시로, 주어진 법선 벡터 집합에 대해 회전 행렬이 가질 수 있는 해 공간을 분할(Branch)하고, 각 해 공간이 가질 수 있는 경계값(Bound), 즉, 해 공간 내의 회전 행렬이 가질 수 있는 최소/최대 인라이어값을 기반으로 최적해를 찾아나간다.

<그림 4>의 우측은 분기한정법을 통해 추정한 구조 가정의 예시이다. 맨해튼 프레임을 서로 직교하는 법선 벡터만 표현 하기 때문에, 실내 공간의 형태에 따라 표현력의 한계가 존재한다. 반면에, 좀 더 일반적인 환경을 표현할 수 있는 애틀랜타 프레임은 대부분의 실내 환경을 표현할 수 있다.

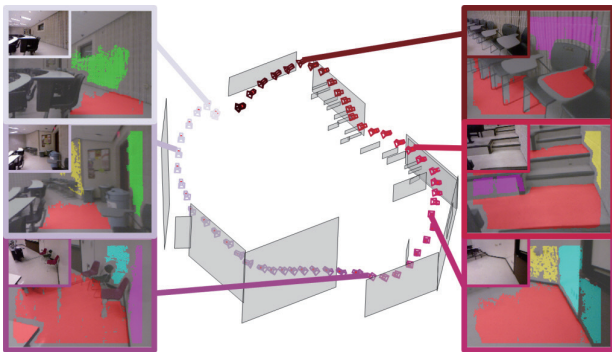
3. 구조 가정을 이용한 연구 동향

구조 가정은 주어진 입력(장면)으로부터 구조 가정 자체를 추정하는 연구뿐만 아니라, 추정한 구조 가정을 사전 정보로 한 다양한 응용 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 텍스처가 부재한(Textureless and Homogeneous) 실내 환경의 특성은 영상 기반의 다양한 응용 연구의 걸림돌로 작용한다. 예를 들어, 실내 환경 3차원 복원에서 부정확한 대응점으로 인해 복원의 성능 저하를 초래하며, 영상 기반의 로봇 자세(Pose) 추정에서는 표류(Drift)를 일으킨다.

컴퓨터 비전 분야에서는 구조 가정을 통해 실내 환경의 3차원 복원 성능을 개선하려는 시도들이 있었다. Yasutaka Furukawa는 구조 가정을 활용한 첫 시도로 인간이 만든 구조적인 환경에서의 맨해튼 가정을 따르는 평면으로 표현된 3차원 복원 기법인 Manhattan-world Stereo를 제안하였다^[7]. 해당 연구에서는 전통적인 다중시점 매칭(Multi-view Stereo) 방법으로 추정한 3차원 점(Point) 복원을 초깃값으로 하여, 영상에서 추출된 직선으로부터 맨해튼 프레임을 추정한다. 그다음 3차원 점 복원과 맨해튼 프레임을 결합하여, 이를 지지하는 평면 후보군들을 추정하고, 최적화 기법을 통해 최종적으로 평면으로 표현된 3차원 복원을 도출한다. <그림 5>에서 보시다시피, Manhattan-world Stereo는 실내 환경에 특



<그림 5> Manhattan-world Stereo 결과^[7]



〈그림 6〉 실시간으로 애틀랜타 프레임과 자세 추정을 진행하면서, 이를 지지하는 평면으로 구성된 지도를 추출하는 L-SLAM 결과^[8]

화된 복원 결과를 보여주며, 이를 기점으로 구조 가정을 활용하여 실내 환경을 평면 형태로 표현하는 3차원 복원 연구가 다양하게 진행되고 있다^[8,9,10].

로봇 비전 분야에서는 실내 환경에서 추정된 구조 가정을 통해 자세 추정 및 보완이 가능하다. 구체적으로, 실내 환경에서 영상 프레임마다 구조 가정을 탐지(Detection)하고 추적(Tracking)하면 회전 움직임(Rotational Motion)을 독립적으로 추정할 수 있다. 이런 특성을 기반으로, LPVO^[11]에서는 영상에서 추정된 회전 움직임과 구조 가정을 통해 추정된 회전 움직임을 통합하여 표류를 개선하였다.

본인이 참여한 L-SLAM^[8]에서는 실시간으로 추정되는 구조 가정을 통해 추정된 회전 움직임과 이동 움직임(Translational Motion)을 분리하여 선형화된 동시적 위치추정 및 지도 생성 (Simultaneous Localization and Mapping, SLAM) 기법을 새롭게 제안하였다. 특히, 추정된 구조 가정을 지지하는 평면으로 구성된 평면 지도를 추출하여, 증강 현실과 같은 후속 응용 기술에 필요한 공간 정보를 명시적으로 추정한다. 〈그림 6〉은 L-SLAM의 결과로, 애틀랜타 가정을 만족하는 계단형 강의실에 대해 벽 구조 뿐만 아니라, 계단의 형태까지 평면으로 복원된 것을 확인 할 수 있다.

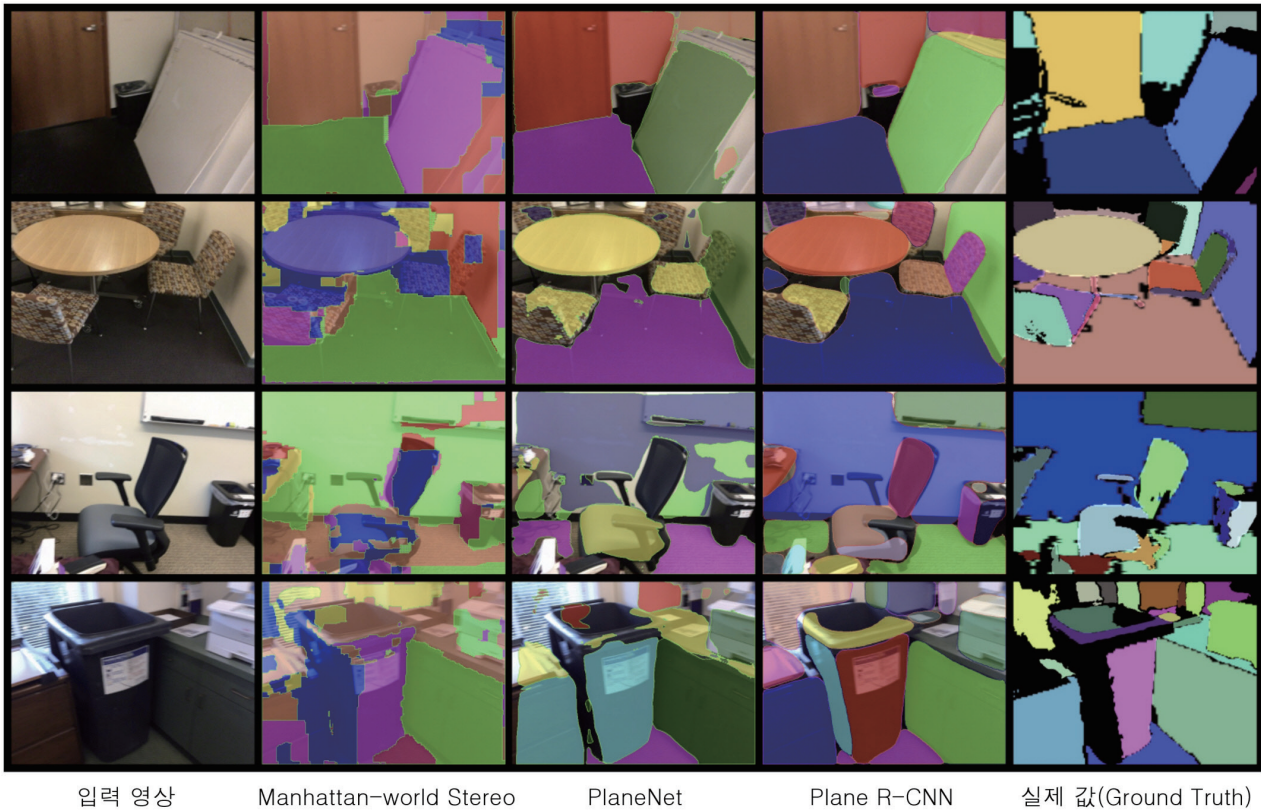
이처럼 구조 가정은 컴퓨터 비전 및 로봇 비전 분야에 사전 정보로 활용되어, 실내 환경이 내재적으로 가지고 있는 문제에 대한 해결책으로 활용됐다.

III. 구조 가정을 이용한 최신 연구 동향

최근에는 구조 가정을 기존의 컴퓨터 비전 응용에 활용 뿐만 아니라, 딥러닝 기법과 융합을 통해 시너지를 극대화하는 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 장에서는 딥러닝 기법과 구조 가정을 융합한 실내 환경의 3차원 복원 기법의 최신 연구 동향에 좀 더 초점을 맞추고자 한다. 구체적으로 단일 영상에서 구조 가정과 딥러닝 기법 융합하여 주로 평면 형태로 3차원 복원을 수행하는 연구 방향과 다중 영상으로부터 암시적 표현 방식을 기반으로 한 3차원 복원 방법에 대해 살펴보고자 한다.

1. 단일 영상에서 구조 가정을 활용한 평면 형태의 3차원 복원 연구 동향

Chen Liu는 최초로 단일 영상에서 딥러닝 기법을 이용하여 평면 표현 기반의 3차원 복원 기법(Piece-wise Planar Reconstruction)인 PlaneNet을 제안하였다^[12]. PlaneNet은 입력 영상에서 주요한 평면 파라미터 집합을 추정하고, 각 평면 파라미터에 해당하는 영역의 분할(Segment)하는 방식을 통해 평면 기반의 3차원 복원을 선보였다. 후속 연구인 Plane R-CNN^[13]에서는 객체 인식 기법인 Mask R-CNN^[14]과의 융합을 통해, 평면 파라미터와 해당 분할 영역을 추정하고, 인접한 영상과의 일관성(Consistency)을 손실함수로 이용하여 성능을 개선하는 방법을 제안하였다. 특히, Plane R-CNN에서는 실내 공간에서 평면이 가질 수 있는 주요한 법선 벡터들을 미리 추정하고, 평면 파라미터를 추정할 때, 분류 기법을 통해 근사한(Approximated) 평면의 법선 벡터를 먼저 추정한다. 그 다음 분류값과 실제값의 차이값(Residual)을 회귀(Regress)하는 방식을 제안하여, 구조 가정을 내재적으로 이용하여 딥러닝 학습을 용이하게 하였다. 〈그림 7〉은 기존 전통적인 방식이 Manhattan-world Stereo와 PlaneNet, Plane R-CNN의 비교 결과를 보여준다. 기존 방식과 달리, 딥러닝 기법들이 대체로 우수한 성능을 보이며 특히, Plane R-CNN이 단일 영상에서 존재하는 대부분의 평면 영역을 잘 추정하는 것을 확인할 수 있다.



〈그림 7〉 단일 영상에서 구조 가정을 활용한 평면 형태의 3차원 복원 연구 방법 결과 비교^[13]

더 나아가, 구조 가정은 단일 영상, 특히 단일 파노라마 영상으로부터 실내 환경의 레이아웃(Layout)을 추정하는 딥러닝 기법과 큰 시너지를 보였다. 특히, 레이아웃 추정은 실내 공간의 구조적인 형태 추정을 목표로 하므로, 구조 가정이 더 효과적으로 적용될 수 있는 분야이다. LayoutNet^[15]에서는 영상에서 맨해튼 가정을 만족하는 직선 정보와 입력 영상을 기반으로 실내공간의 레이아웃이 가질 수 있는 경계 영역(Boundary)과 코너를 추정하는 기법을 통해 레이아웃 추정 방식을 제안하였다. 특히, 딥러닝으로 추정한 경계와 코너를 기반으로 최적화를 통해 맨해튼 가정을 만족하는 레이아웃을 추정하는 방식을 처음으로 시도한 연구이다.

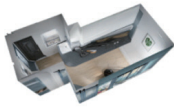
HorizonNet^[16]에서는 파노라마 영상에 특화된 1차원 레이아웃 표현 기법을 새롭게 제안하고, 이를 기반으로 3차원 맨해튼 레이아웃 추정 방법을 제안하였다. 영상 전체에 대한 정보를 추정하는 기존 방식과 다르게, HorizonNet은 영상의 열(Column)별로 천장-벽,

바닥-벽에 대한 경계 위치에 대한 1차원 표현, 그리고 벽-벽 경계(즉, 코너)에 해당하는 1차원 표현을 사용하여 효율적으로 레이아웃을 표현하고, 이를 기반으로 맨해튼 레이아웃을 추정하는 방법을 제안하였다. 이를 통해, 기존 연구인 LayoutNet의 성능을 큰 폭으로 앞섰다. AtlantaNet^[17]에서는 맨해튼 가정으로 제약된 기존 방식을 애틀랜타 가정으로 확장한 레이아웃 추정 방식을 새롭게 제안하였다. 구체적으로, AtlantaNet에서는 입력 파노라마 영상에 대해 애틀랜타 구조를 추출하기 쉬운 관점(Viewpoint)인 바닥 관점과 천장 관점으로 변환(Warping)하는 새로운 방식을 제안한 게 큰 특징으로 볼 수 있다.

〈그림 8〉은 파노라마 영상에서 레이아웃을 추정하는 대표적인 방법인 HorizonNet과 AtlantaNet의 추정 결과를 보여준다. 맨해튼 가정을 전제하는 HorizonNet은 직육면체 형태로 레이아웃을 추상화시키지만, AtlantaNet은 애틀랜타 가정을 전제하기 때문에, 좀 더 복잡한 레이



입력 파노라마 영상



HorizonNet



AtlantaNet


<그림 8> 파노라마 영상으로부터 실내 환경의 레이아웃 추정 연구 방법의 결과 비교^[17]

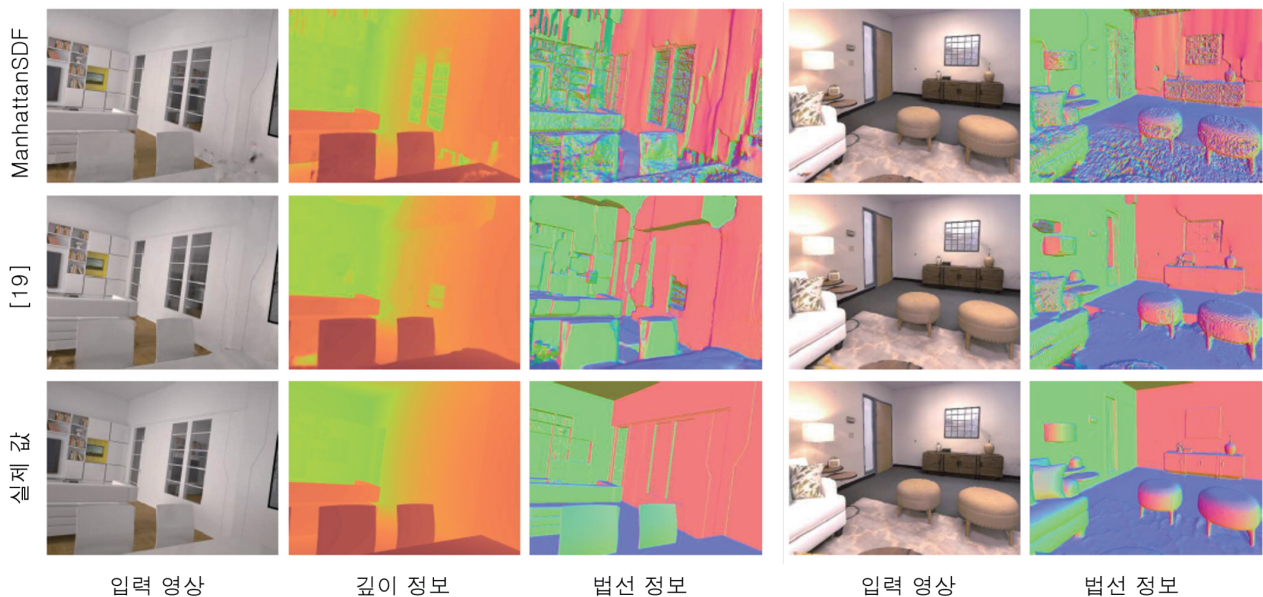
아웃을 가진 실내공간도 효과적으로 추정할 수 있다. 이처럼 구조 가정은 실내 공간에 대한 레이아웃을 추정하는데 있어, 중요한 사전 정보로 활용되고 있다.

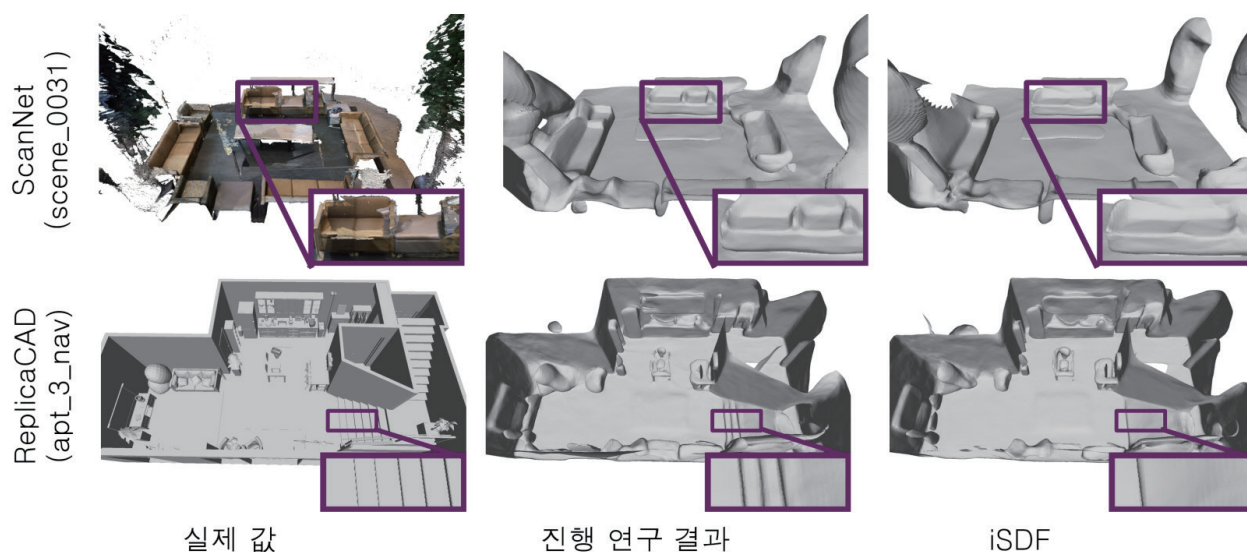
2. 다중 영상에서 구조 가정을 활용한 암시적 3차원 복원 연구 동향

최근 3차원 복원은 암시적 신경 표현(Implicit Neural

Representation)을 활용하여, 3차원 장면을 하나의 딥러닝 네트워크로 나타내는 암시적 3차원 복원(Implicit 3D Reconstruction) 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히, 3차원 좌표와 가장 가까운 표면 사이의 거리인 거리 부호 함수(Signed Distance Function, SDF)를 기반으로 3차원 장면을 딥러닝 네트워크에 인코딩하는 방식이 주로 활용되고 있다. 이는 명시적(Explicit)으로 3차원을 복원 및 표현하는 방식과 다르게, 데이터 효율성, 연속적인 표현 기법 등에서 큰 이점이 있어 주목받고 있다.

그러나, 암시적 3차원 복원 기법 역시, 평면 등을 이용한 기존의 명시적 3차원 복원 방법과 마찬가지로 실내 환경이 가지고 있는 텍스처의 부재라는 내재적인 문제에 민감하다. 이를 해결하기 위해, ManhattanSDF^[18]에서는 암시적 3차원 복원 방법과 맨해튼 가정을 융합하여, 실내 환경 복원에서 취약한 영역에서 성능을 개선하는 방법을 제안하였다. 구체적으로, ManhattanSDF는 간단한 분할 네트워크를 활용하여 입력 영상에서 벽, 바닥이나 천장과 같은 맨해튼 가정을 지지할 만한 영역을 추출한다. 그다음, 해당 영역의 법선 벡터로부터 맨해튼 프레임을 추정하면서, 동시에 해당 영역의 법선 벡터가 맨해튼 가정을 만족하도록 하는 맨해튼 제약 조건을 사용하여 향상된 3차원 복원 결과를 보여준다.


<그림 9> 다중 영상에서 구조 가정을 활용한 암시적 3차원 복원 연구 방법 결과 비교^[19]



〈그림 10〉 온라인 암시적 3차원 복원 연구 방법 결과 비교

최근에는 ManhattanSDF를 기반으로 법선 벡터 도메인에서 맨해튼 가정을 더 효과적으로 활용한 새로운 연구가 제시되었다^[19]. 해당 연구에서는 암시적 신경 표현으로 초기 복원된 장면으로부터 법선 벡터를 추정하고, 법선 벡터 집합이 표현하는 주요한 맨해튼 프레임을 군집화한다. 이로써, 영상에서 맨해튼 가정을 만족하는 영역을 미리 알아야 했던 ManhattanSDF와 달리, 단일 모델에서 맨해튼 프레임을 추정하고, 이에 대한 제약 조건을 활용하는 식으로 3차원 복원의 성능을 크게 향상하게 시켰다〈그림 9〉.

본 저자는 최근 실내 공간의 맨해튼 가정과 거리 부호 함수(SDF) 기반의 온라인 3차원 복원을 융합한 연구를 진행하고 있다. 근간(Baseline)이 되는 iSDF^[20]는 순차적으로 주어지는 깊이 영상 중 키프레임(Keyframe)을 선정하고, 이에 대한 샘플링을 통해 암시적 복원을 온라인으로 진행한다. iSDF는 최초로 3차원 복원에 대한 거리 부호 함수를 실시간으로 학습하는 프레임워크로써 큰 의미를 지니고 있다. 하지만, 암시적 표현이기 때문에 시각화를 위해서 메쉬(Mesh) 형태로 추가적인 변환이 필요하며, 실내 환경의 고질적인 문제인 텍스처가 부재한 영역에 취약하다. 이러한 제약을 극복하고자, 진행하고 있는 연구에서는 L-SLAM^[8]에서 구조 가정을 인식하고 추적하는 모듈을 활용하여, 깊이 키프레임에 대해서 맨해튼

가정을 따르는 평면 영역(Surfel)을 추출한다. 추출된 맨해튼 평면 영역을 이용하여, 영역에 따른 손실함수를 제안하여 거리 부호 함수가 실제 공간과 구조적인 측면에서 좀 더 유사한 3차원 공간을 복원하도록 유도한다. 이처럼 실내 공간의 구조적 이해를 온라인 학습 프레임워크에 매끄럽게 통합시킴으로써 실내 공간의 평면 영역과 다양한 객체에 대하여 우수한 3차원 복원 품질을 달성하였다〈그림 10〉. 또한, 추출된 3차원 평면들의 집합으로 암시적 신경 표현보다 더욱 낮은 용량의 명시적인 평면 지도를 제공할 수 있다.

IV. 결론

본 기고에서는 실내 환경의 구조적인 특성을 기반으로 정의되는 구조 가정을 소개하였고, 실내 환경의 3차원 복원 관점에서 구조 가정을 이용한 기존 연구 동향과 인공지능과 융합한 최신 기술 동향을 살펴보았다. 실내 환경은 우리가 시간 대부분을 소비하는 공간으로, 해당 공간에 대한 3차원 복원은 연구뿐만 아니라 산업적으로도 큰 관심을 받고 있다. 전통적으로 컴퓨터 비전 및 로봇틱스 분야에서 구조 가정은 실내 환경의 고질적인 문제점을 개선하기 위한 사전 정보로 활용되어왔으며, 딥러닝 기법과 융합되어 더욱 더 큰 시너지를 내고 있다. 본 저



자는 구조 가정이 실내 환경의 3차원 복원 기법을 여러 응용 기술의 상용화에 크게 이바지할 수 있는 중요한 사전 정보라고 생각한다. 본 기고의 독자가 실내 환경의 구조 가정을 이해하고, 새로운 방향의 연구 수행에 도움이 되길 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] Coughlan, James M and Yuille, Alan L. "Manhattan World: Compass Direction from a Single Image by Bayesian Inference", ICCV 1999
- [2] Grant Schindler and Frank Dellaert "Atlanta world: An Expectation Maximization Framework for Simultaneous Low-level Edge Grouping and Camera Calibration in Complex Man-made Environments", CVPR 2004
- [3] Julian Straub, et al. "A Mixture of Manhattan Frames: Beyond the Manhattan World", CVPR 2014.
- [4] Kyungdon Joo, et al. "Globally Optimal Inlier Set Maximization for Atlanta World Understanding", IEEE TPAMI 2020
- [5] Haoang Li, et al. "Hong Kong World: Leveraging Structural Regularity for Line-based SLAM", IEEE TPAMI 2023
- [6] Kyungdon Joo, et al. "Robust and Globally Optimal Manhattan Frame Estimation in Near Real Time", IEEE TPAMI 2019
- [7] Yasutaka Furukawa, et al. "Manhattan-world Stereo", CVPR 2009
- [8] Kyungdon Joo, et al. "Linear RGB-D SLAM for structured environments", IEEE TPAMI 2022
- [9] Yasutaka Furukawa, et al. "Reconstructing Building Interiors from Images", ICCV 2009
- [10] Jianxiong Xiao and Yasutaka Furukawa "Reconstructing the World's Museums", Springer IJCV 2014
- [11] Pyojin Kim, et al. "Low-drift Visual Odometry in Structured Environments by Decoupling Rotational and Translational Motion", ICRA 2018
- [12] Chen Liu, et al. "PlaneNet: Piece-wise Planar Reconstruction from a Single RGB Image", CVPR 2018
- [13] Chen Liu, et al. "PlaneRCNN: 3D Plane Detection and Reconstruction from a Single Image", CVPR 2019
- [14] Kaiming He, et al. "Mask R-CNN", ICCV 2017
- [15] Chuhan Zou, et al. "LayoutNet: Reconstructing the 3D Room Layout from a Single RGB Image", CVPR 2018.
- [16] Cheng Sun, et al. "HorizonNet: Learning Room Layout with 1D Representation and Pano Stretch Data Augmentation", CVPR 2019
- [17] Giovanni Pintore, et al. "AtlantaNet: Inferring the 3D Indoor Layout from a Single 360 ° Image Beyond the Manhattan World Assumption", ECCV 2020
- [18] Guo, Haoyu, et al. "Neural 3D Scene Reconstruction with the Manhattan-world Assumption", CVPR 2022
- [19] Nikola Popovic, et al. "Surface Normal Clustering for Implicit Representation of Manhattan Scenes", ICCV 2023
- [20] Ortiz, Joseph, et al. "SDF: Real-time Neural Signed Distance Fields for Robot Perception", RSS 2022



주 경 돈

- 2012년 2월 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 학사
- 2014년 2월 KAIST 로봇공학 학제전공 석사
- 2019년 2월 KAIST 전기 및 전자공학부 박사
- 2017년 6월 ~ 2017년 12월 Oculus Research(현 Meta), USA, 연구인턴
- 2019년 9월 - 2020년 8월 Carnegie Mellon University, USA, 박사후연구원
- 2020년 11월 ~ 현재 UNIST 인공지능대학원 조교수

<관심 분야>

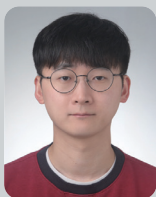
Computer Vision (3D Reconstruction and Generation),
Robot Vision (SLAM, 3D Perception, Sensor Fusion)

Implicit Function 기반 옷을 입은 인간 3차원 복원 동향

I. 서론

컴퓨터 비전 및 인공지능 기술이 발전함에 따라 다양한 분야에서 그 수요가 증가하고 있다. 자율주행, 디스플레이, 의료, 항공우주 산업뿐만 아니라 시각 및 센싱 데이터를 기반으로 하는 응용에 무궁무진하게 적용되어 오고 있다. 또한, 메타버스, VR/AR과 같은 차세대 엔터테인먼트 분야에서도 폭넓게 활용될 수 있으며, 특히, 인간을 중심으로 컴퓨터/기계와 상호작용하고 통신하는 기술에 관한 관심이 커지고 있다. 가상공간을 좀 더 실감 나게 즐기기 위해서는 자기 자신에 대한 아바타를 3차원으로 구성할 필요가 있으며, 이는 전통적으로 컴퓨터 비전 및 그래픽스 분야에서 활발하게 진행되어 오던 연구 분야이다.

초기 인간에 관한 재구성 연구^[1]는 이미지를 입력으로 받아서 스켈레톤 타입으로 자세를 추정하는 데 집중하였다. <그림 1>(위)에서 볼 수 있듯이, 인간에 대한 칼라 이미지를 분석하여 머리, 관절과 같은 키포인트들을 추출하고, 키포인트들 사이의 상관관계를 분석하여 최종 자세를 추정한다. 추정된 스켈레톤 자세를 기반으로 새로운 아바타를 합성하거나 인간의 행동 양식을 분석하는 등 다양한 응용에 활용할 수 있는 원천 기술 분야 중 하나이다. 다만, 인간에 대한 대략적인 자세 정보만 제공할 뿐, 모양이나 3차원 적인 복합 정보를 추정하지는 못하기 때문에, 실감 나는 콘텐츠 생성에는 다소 한계가 있다. 이를 극복하기 위해 인간의 자세뿐만 아니라 모양까지 같이 추정하는 연구들^[2,3]이 최근까지도 활발하게 수행되어 오고 있다. <그림 1>(아래)처럼 인간의 모양에 대한 것도 파라메트릭하게 표현함으로써 다양한 형태의 인간의 3차원 정보를 효과적으로 복원할 수 있다. SMPL (Skinned Multi-Person Linear model)은 구현이 간단하고, 비교적 모델의 연산량이 많이 요구되지 않아 실용적으로 활용될 수 있다. 또한, 다양한 인간에 관



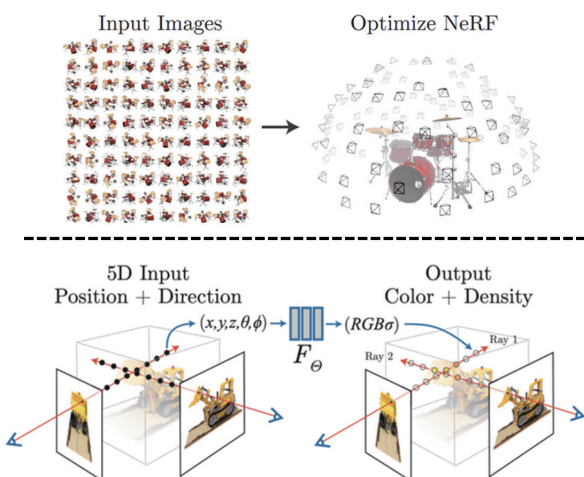
조 동 현
충남대학교



〈그림 1〉 (위) 스켈레톤 기반의 인간 자세 추정(그림 출처:[1]).
(아래) 자세와 모양을 동시에 추정하는 SMPL (Skinned Multi-Person Linear model)(그림 출처:[2]).

한 3차원 정보에 의존하는 응용에 적극적으로 활용되어 오고 있다. 하지만, SMPL 기반의 방법들은 인간의 모양, 체형, 자세에 대한 정보를 제공할 뿐, 머리카락이나 옷과 같이 세세한 부분을 제공하지는 못한다. 즉, 〈그림 1〉(아래)처럼 대략적인 형태만 제공하며, 이는 인간을 수십 개의 파라미터로 표현하기 때문에 발생하는 한계점으로 볼 수 있다.

따라서, 인간의 세세한 부분까지도 3차원으로 복원하



〈그림 2〉 (위) 사전에 카메라 캘리브레이션을 수행하고 나서 얻은 다중 이미지를 활용하여 장면의 3차원 정보를 추론하고 새로운 시점을 생성하는 NeRF^[4]. (아래) NeRF는 위치 및 방향 정보를 입력으로 받아 칼라와 밀도를 추론하는 MLP를 학습한다. (그림 출처:[5])

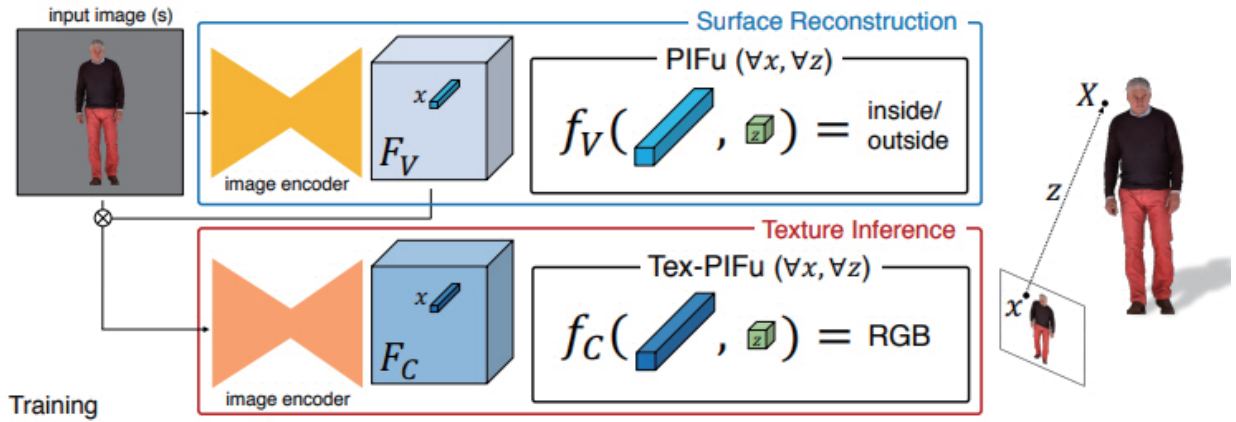
기 위한 연구들이 많이 수행되어 오고 있다. 특히 최근에, 〈그림 2〉(위)에서 볼 수 있듯이 카메라 캘리브레이션이 수행된 다중 이미지들을 활용하여 장면의 3차원 정보를 추론하는 NeRF (Neural Radiance Field)^[4]가 큰 관심을 받고 있다. NeRF는 〈그림 2〉(아래)에서 보듯이, MLP (Multi-Layer Perceptron)으로 구성되어 있으며, 각 ray의 공간 위치 및 방향을 입력으로 받아 3차원 공간에서의 칼라 값과 밀도 값을 추론한다. NeRF의 MLP는 ray를 랜덤하게 샘플링하여 학습되며, 추정된 칼라와 밀도를 이용하여 volumetric rendering을 적용하여 픽셀값을 계산한다. 이 계산된 값을 학습 이미지에 있는 픽셀값과 비교함으로써 NeRF가 학습된다. 이렇게 학습된 NeRF 모델은 장면에 대한 3차원 정보를 이해하게 되며, 새로운 시점에 대한 정보를 주면, 학습할 때 보지 못했던 시야각의 이미지를 새롭게 생성할 수 있다.

NeRF 모델은 새로운 시점을 생성하고, 템플을 추론하는 응용에 적극적으로 활용될 수 있으며, 최근에는 인간에 관한 3차원 복원을 하는 데에도 활용되고 있다^[5]. NeRF는 인간의 형체와 자세를 파라메트릭하게 추정하는 것이 아닌 implicit 하게 추론하기 때문에 인간의 머리카락과 옷과 같은 부분도 복원할 수 있다는 장점이 있다. 하지만, NeRF는 일반적으로 한 장면을 학습하기 위해 많은 수의 학습 이미지가 요구되며, 또한 장면별로 MLP 모델을 각각 학습시켜야 한다는 단점이 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 최근에는 implicit function 기반의 옷을 입은 인간 3차원 복원에 관한 연구들이 소개되었다.

II. 단일 이미지를 이용한 Implicit Function 기반의 3차원 인간 복원

Implicit function:	$f(F(x), z(X)) = s : s \in \mathbb{R}$
2D projected of 3D point X :	$x = \pi(X)$
Depth	$z(X)$
Image feature:	$F(x) = g(I(x))$

〈그림 3〉 Implicit function으로 표현한 3차원 복원 문제.



〈그림 4〉 Implicit function으로 표현한 3차원 복원 문제. (그림 출처: [6])

최근, 단일 이미지만을 이용하여 머리카락 및 옷과 같이 세세한 부분을 포함한 인간에 관한 3차원 복원하는 기술^[6]이 소개되었다. 단일 이미지로만 복원해야 해서 NeRF 실험 환경보다 난이도가 있으므로, 메쉬 혹은 포인트 클라우드와 같은 3D 레이블을 사용한다. 또한, [6]에서는 픽셀별로 feature를 추출하여 implicit function에 적용하는 PIFu (pixel-aligned implicit function) 기반의 모델을 설계하였다. 우선, implicit function은 종속 변수와 독립변수들이 분리된 explicit function과는 다르게, 다음과 같이, 종속 변수가 독립변수와 분리되지 않은 하나의 관계식으로 표현된다.

$$P(x, y) = 0$$

즉, 입력 x 와 출력 y 가 모델로 들어가서 특정 조건이 만족하면 1 아니면 0을 생성한다. 단일 이미지를 이용한 3차원 복원 문제를 implicit function을 이용해서 수식을 새우면 〈그림 3〉과 같다.

Implicit function $f(\cdot)$ 은 각 픽셀 위치에 대한 시각 feature $F(x)$ 와 해당 픽셀의 3차원 위치 X 의 거리인 $z(X)$ 를 전달받아, 특정 s 값을 추정한다. $F(x)$ 가 입력, $z(X)$ 가 구하고자 하는 출력으로 볼 수 있으며, s 는 일반적으로 0 아니면 1이다. 즉, PIFu는 각 픽셀이 3차원 공간에서 어떤 거리에 존재하는지(어떤 거리의 공간을 차지하고 있는지를) 판단하는 모델로 볼 수 있다. 결과적으로 3차원 공간에서 객체(인간)이 차지하는 영역이 어딘지를 추론하게 되며, 이를 occupancy라고 부른다. Occupancy는 포인트 클라우드와 유사한 형태로 볼

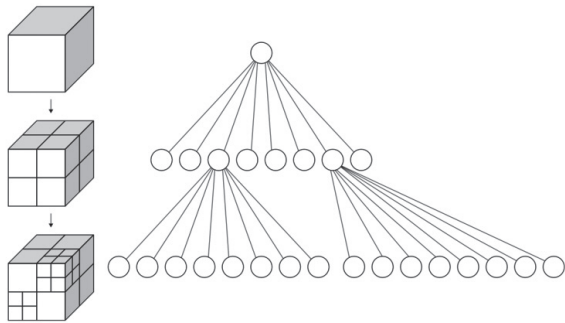
수 있다. 그리고, 2차원 위치와 3차원 위치는 $\pi(\cdot)$ 에 의해 관계지어지며, $F(x)$ 는 이미지 $I(x)$ 로부터 feature extractor를 이용하여 추출한다. Feature extractor로서는 VGG^[7], ResNet^[8] 혹은 자체 Encoder 등을 활용할 수 있다.

전체적인 PIFu의 과정은 〈그림 4〉에 나타내어 있다. 입력 이미지로부터 image encoder가 시각 feature를 추출하고, 각 픽셀에 대한 pixel-aligned feature를 3차원 공간상의 텍스처와 함께 PIFu 모델에 넣는다. 만약 해당 픽셀이 해당 텍스처에 존재하면 inside(1), 아니면 outside(0)으로 추정하게 된다. Occupancy뿐만 아니라 색상 및 텍스처 정보도 같이 추론하기 위해, 추가적인 Tex-PIFu branch도 있으며, occupancy 대신 RGB 칼라 값을 추정하게 된다. Tex-PIFu branch는 occupancy branch에서 추출된 feature를 같이 활용하여 인간의 3차원 정보를 전달받아 활용한다. PIFu와 Tex-PIFu는 아래와 같은 loss function에 의해 학습된다.

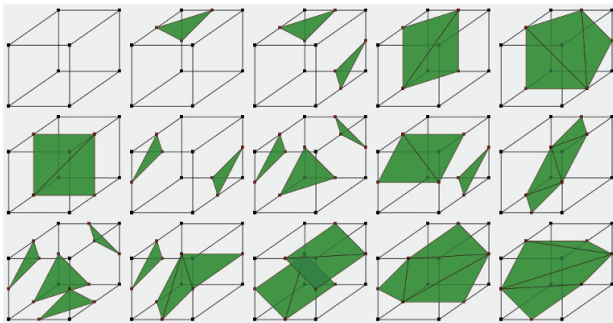
$$L_V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f_V(F_V(x_i), z(X_i)) - f_V^*(X_i)|^2$$

$$L_C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f_C(F_V(x_i), z(X_i)) - f_C^*(X_i)|^2$$

L_V 는 PIFu 모델 f_V 을 위한 loss이며, L_C 는 Tex-PIFu 모델 f_C 을 위한 loss이다. $F_V(x_i)$ 와 $F_C(x_i)$ 는 각각 PIFu와 Tex-PIFu 모델의 pixel-aligned feature이다. 또한, $f_V^*(X_i)$ 는 X_i 가 메쉬 표면에 있는지 아닌지를 의미하는 정답 레이블이며, $C(X_i)$ 는 X_i 의 정답 칼라값이다.



〈그림 5〉 Octree search를 이용한 cube 나누기. (그림 출처:^[9])



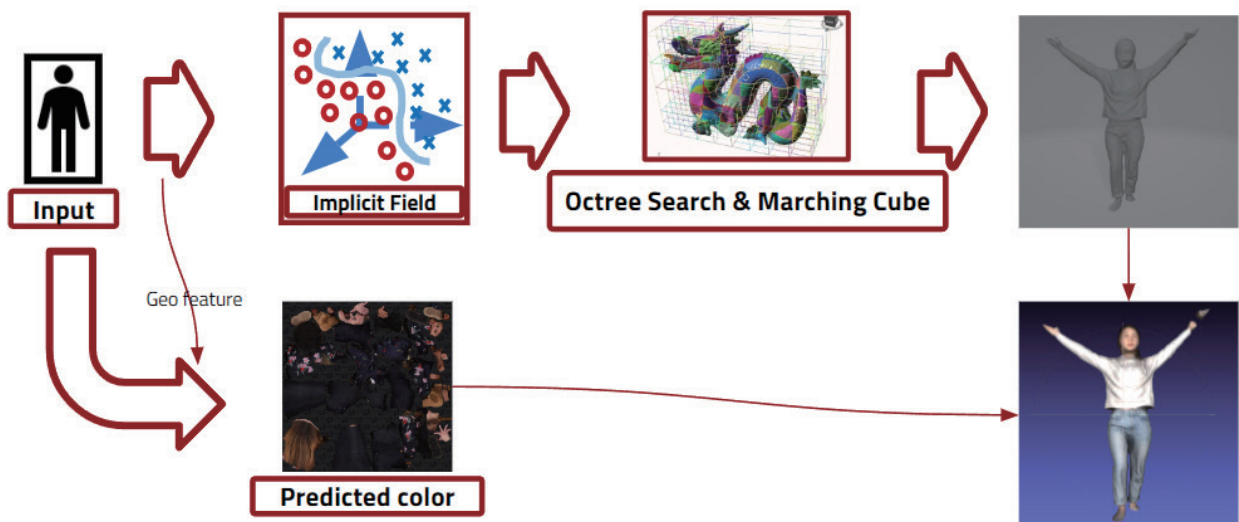
〈그림 6〉 Marching cube 알고리즘을 통한 표면 구하기. (그림 출처:^[10])

PIFu 모델의 출력은 cube 형태의 3차원 공간상에 존재하는 occupancy field이다. 이를 최종 3차원 메시로 변환하기 위해서는 두 가지 후처리 과정이 요구된다. 먼저, 3차원 cube를 추정된 occupancy의 밀도를 기반으로 계층적인 cube로 나누는 octree search 과정이 수행된다.

〈그림 5〉에서 확인할 수 있듯이, 하나의 큰 cube는 8개의 cube로 나뉘질 수 있으며, 한번 나뉘진 cube도 계속해서 나뉘질 수 있다. 큰 cube를 작은 cube들로 나눌지 말지는 occupancy의 밀도에 의해 결정되며, 밀도가 높은 영역은 세세하게 보기 위해 계속해서 나뉘고, 밀도가 낮은 영역은 큰 cube에서 더는 나뉘지 않는다. Octree search를 수행하고 나면, 계층적인 여러 cube가 구해지며, 각 cube의 절단면을 구함으로써 최종 3차원 공간의 메시가 계산된다. 〈그림 6〉에서 보듯이, 각 cube는 다양한 형태의 절단면을 가질 수 있으며, 각 cube의 절단면들을 연결하여 하나의 최종 메시를 구할 수 있다. Occupancy만 가지고 메시지를 구하면 기하학적 3차원 정보만을 복원한 것이며, Tex-PIFu branch에서 구한 칼라 값이 대응되는 occupancy들에 매핑을 시키면, 칼라/텍스처를 입힌 인간에 관한 3차원 복원이 완료된다. PIFu와 Tex-PIFu 모델의 전체적인 인퍼런스 과정은 〈그림 7〉에 나와 있다. 이는^[6]에서 소개된 초기 PIFu모델의 흐름이며, 이후 다양한 후속 연구들의 토대가 된다.

III. PIFu 학습을 위한 데이터

단일 이미지 기반의 PIFu 모델을 학습시키기 위해서는, 입력 이미지에 대응되는 3차원 공간에서의 occupancy



〈그림 7〉 PIFu는 단일 이미지를 입력으로 받아 implicit field를 추정하고, octree search 및 marching cube를 통해 최종 메시가 복원된다. 또한 PIFu의 기하학적 feature는 Tex-PIFu에도 활용되어, 칼라값을 추정하며 최종적으로 칼라와 텍스처를 포함한 3차원 복원이 완료된다.

fields와 UV 공간에서의 칼라 정보가 요구된다. 일반적으로 인간의 3차원 형체 및 자세에 대한 메시 데이터를, 카메라 파라미터들을 이용하여 프로젝션시켜서 이미지를 생성하여 데이터를 구축한다. 즉, 내부, 외부 카메라 파라미터를 지정하면 그 방향 및 조건에 맞는 2차원 이미지를 생성한다. 2차원 이미지 중 한 장을 입력으로 사용하고, 원래 메시지를 정답 레이블로 활용할 수 있다. 다만, PIFu 모델은 occupancy fields가 필요하므로, 이를 메시로부터 샘플링하여 얻는다. 또한, 칼라값 추정을 위한 Tex-PIFu를 학습시키기 위해서는 UV 공간의 칼라 정보를 활용한다. UV 공간의 칼라값은 메시의 포인트들과 연결이 되어 있어야 한다. 이러한 구성을 만드는 데 사용할 수 있는 데이터들이 있으며 아래와 같이 소개한다.

1. THuman

인간에 대한 3차원 정보를 포함하는 데이터는 유료



〈그림 8〉 THuman2.0 데이터 샘플 예.

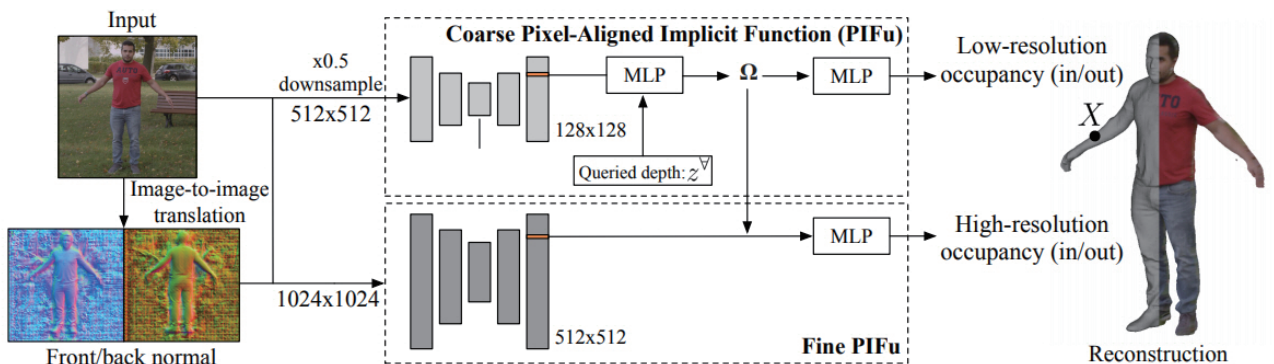
인 경우가 많다. 다행히, 연구용으로 공개된 무료 데이터들도 있으며, 대표적인 데이터가 THuman^[11] 데이터이다. THuman은 여러 버전의 데이터가 존재하며, THuman2.0 데이터를 활용하면 PIFu 모델을 학습할 수 있다. THuman 데이터는 각 인간 샘플 별로 .obj 포맷의 3D scan, .jpeg 포맷의 UV color map 그리고 .mtl 포맷의 material 파일로 구성되어 있다. 총 인간 샘플의 수는 526개이다. THuman2.0 데이터 샘플 예들을 〈그림 8〉에 보였다.

2. RenderPeople

THuman 이외에도 인간에 관한 3차원 정보를 포함하는 데이터들이 더 있으며, 대표적인 데이터 중 하나는 RenderPeople^[12]이다. RenderPeople 데이터 샘플들은 3D scan, UV color map으로 구성되며, 유료 데이터이다. 단일 인간 데이터뿐만 아니라 다중 인간 및 다양한 자세의 인간 3차원 데이터들을 포함하고 있다.

3. 그외

이외에도 더 많은 데이터가 존재하지만, 대부분 인간 3차원 데이터는 획득하기 어렵고 개인정보 이슈가 있어서 유료인 경우가 많다. A-XYZ^[13], Twindom^[14] 그리고 Agora^[15] 등이 있으며 세세한 데이터 구성은 다소 차이가 있으나, 인간에 관한 3차원 데이터를 포함한다는 공통점을 가진다.



〈그림 9〉 PIFuHD에 관한 흐름도. 단일 이미지를 입력으로 받아, 앞/뒷면 surface normal map을 구하고 두 개의 branch가 occupancy fields를 추정한다. (그림 출처: ^[16])

IV. PIFu 기반의 후속 연구들

단일 이미지로부터 인간의 3차원 형태를 복원하는 PIFu 모델이 소개된 이후로, 꾸준히 후속 연구들^[16-22]이 개발되고 있으며, 이번 장에서는 대표적인 논문들을 주요 특징에 초점을 두고 설명한다.

1. PIFuHD

PIFu가 입력으로 받는 이미지의 크기는 일반적으로 256x256이어서, 최종 구성된 3D 메시의 품질도 낮다. 또한, 단일 이미지만 사용하기 때문에, 보이지 않는 뒷면에 대한 3차원 복원은 잘 안 된다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 PIFuHD^[16]가 소개되었다. PIFuHD는 <그림 9>에서 보듯이, 두 개의 branch로 구성되어 있으며, 1024x1024 크기의 이미지를 입력으로 받는다. 입력 이미지로부터 image-to-image translation을 수행하여, 앞/뒷면에 대한 surface normal을 추정하고, 입력 이미지와 함께 coarse PIFu와 fine PIFu branch로 들어간다. Coarse PIFu에서는 입력을 0.5배 줄여서 받아, 거칠지만 전역적이면서도 빠르게 저해상도의 occupancy fields를 구하고, fine PIFu에서는 coarse PIFu에서 구한 feature를 활용하되, 해상도가 높은 입력을 활용하여 고해상도의 occupancy fields를 생성한다. 인퍼런스 단계에서는 추정된 고해상도의 occupancy fields에 octree search와 marching cube 알고리즘을 동일하게 적용한다. 결과적으로 PIFuHD는 PIFu 대비 보이지 않는 영역에 대한 복원을 더 잘할 수 있을 뿐만 아니라, 고해상도의 3차원 정보를 추정할 수 있다.

2. Geo-PIFu

PIFuHD가 뒷면에 대한 정보를 더 잘 추론할 수 있는 장점이 있지만, 3차원적인 feature를 활용하지는 않는다. 즉, 기하학적 특성들을 이용하는 데 한계가 있어, occlusion과 같은 부분을 잘 처리하지 못한다. 3차원 feature를 이용하여 기하학적으로 품질이 우수한 결과를 생성하기 위해 Geo-PIFu^[17]이 소개되었다. Geo-PIFu는 PIFu를 기반으로 하며, 추가적인 3D convolutional

layer들로 구성된 3D U-Net과 3D decoder를 포함한다. 3D U-net은 입력 이미지로부터 3D voxel feature를 추출하며, 3D decoder는 coarse 한 occupancy volume을 추정한다. 이 3D branch들은 인간의 전체적인 3차원 모양을 잡기 위함이며, 인퍼런스 때 사용되지 않고 학습에만 사용된다. 3D branch를 제외하면 2D branch가 있으며, 이는 PIFu와 유사한 모델로 보면 된다. 2D branch는 3D U-Net의 feature와 2D feature를 합하여 최종 occupancy fields를 추정한다. 결과적으로 3D branch가 기하학적 정보를 바탕으로 2D branch가 occlusion 영역을 잘 처리하도록 돕는다.

3. PaMIR

Geo-PIFu의 경우 3차원 feature를 추출할 수 있으나, 근본적으로 2차원 이미지로부터 추론한 정보이다. 따라서 2차원 이미지에서 얻기 힘든 데이터에는 여전히 한계가 있다. 이를 극복하기 위해, 초기 3차원 정보로서 대략적인 인간의 자세와 모양에 관한 정보를 제공하는 PaMIR^[18]이 소개되었다. Geo-PIFu와 유사하게 2D branch 그리고 3D branch로 구성되지만, 3D branch의 입력이 SMPL voxel이다. 물론 SMPL 정보는 2D 이미지로부터 추정되며, SMPL 학습용 데이터를 활용하여 SMPL 추정 모델을 사전에 학습시켜야 한다. 어느 SMPL 추정 모델을 사용해도 되지만, PaMIR에서는 GCMR^[19]이라는 모델을 활용하였다. PaMIR는 추가로 정답 SMPL을 이용한 depth ambiguity-aware reconstruction loss 및 인퍼런스 단계에서 활용되는 body reference optimization을 제시하였다.

4. ICON

PaMIR는 SMPL 정보를 추가로 활용하여 기존 방법들 대비 우수한 성능을 달성하였다. 다만, 인간 3차원 복원과 관련된 학습용 데이터가 많지 않아서 오버피팅이 자주 발생하여 학습 때 보지 못한 자세를 하는 인간 데이터나 잘린 이미지가 입력으로 들어오면 성능이 크게 저하된다. 이를 극복하기 위해 locality 정보를 활용하는 기법인 ICON^[20]이 소개되었다. ICON은 2차원 이미지로부터

터 우선 SMLP를 추정하며, SMPL을 프로젝션시켜 앞/뒷면의 surface normal을 생성한다. 즉, skinned surface normal을 구하며, 이는 다시 추가적인 모델에 의해 미세한 정보도 가지고 있는 clothed surface normal로 정제된다. Surface normals과 SMPL 등의 local 정보를 이용하여 최종 occupancy field를 추정한다. Locality를 활용하기 때문에 비교적 적은 학습데이터로도 학습이 잘되며, 인터넷에서 받은 입력 이미지에서도 안정적으로 동작한다.

5. PHORHUM

PHORHUM^[21]은 간단한 구조로 좋은 품질의 인간 3차원 복원을 수행하는 모델로, shading과 albedo까지 같이 추론하는 모델이다. 2차원 입력 이미지로부터, signed distance와 albedo color 및 lighting에 대한 정보를 추정하며, 이를 통해 surface normal을 구한다. 그런 다음, lighting과 surface normal을 이용하여 shading 정보까지 추론한다. 복합적인 attributes들을 추론하고 학습 loss에 포함함으로써, 우수한 성능을 달성한다. PHORHUM을 학습 시키기 위해, 기존 데이터뿐만 아니라 가상공간에서 합성한 이미지들도 활용한다.

6. JIFF

인간 3차원 복원에 관한 대부분의 연구들은 인간의 전체적인 체형 복원에 집중한다. 따라서 아주 세세한 부분을 많이 포함하는 얼굴이나 손과 같은 영역을 복원하는 것에는 한계가 있다. 최근에는 얼굴에 관한 세세한 부분까지도 3차원으로 복원하는 JIFF^[22]이 소개되었다. JIFF도 다른 PIFu 기반의 모델과 전체적인 구조는 비슷하나, 얼굴에 관한 3차원 정보를 세세하게 복원하는 branch를 포함하고 있다. 얼굴 부분 복원을 위해 입력 이미지에서 얼굴 영역만 잘라내어 3DMM^[23] 기반의 pre-trained network에 넣어 얼굴에 대한 파라미터들을 추정한다. 이후 3D U-Net을 통해 최종 얼굴에 관한 occupancy fields를 구하며, 전체 몸에 대한 occupancy fields와 융합한다. 결과적으로 JIFF 모델을 활용하면 눈, 코, 입을 포함한 얼굴의 미세한 부분까지도 3차원 메시로 복원할 수 있다.

7. DoubleField

PIFu 기반의 모델들은 단일 이미지를 활용하여 실용적이라는 장점을 지나지만, 입력 이미지에 담기지 못하는 뒷면의 부재를 포함하여 주어진 정보 자체가 부족하므로 품질에는 근본적인 한계가 존재한다. 따라서 복원 품질을 최대한 끌어올리기 위해 다중 이미지를 활용하는 DoubleField^[24] 기법이 소개되었다. DoubleField는 PIFu와 NeRF를 융합한 모델로서, feature 융합을 위해 transformer를 활용한다. NeRF처럼 다중 이미지를 요구하지만 다른 단일 이미지 기반 PIFu 모델들보다는 훨씬 우수한 성능을 보여준다. PIFu 모델에서 추론하는 occupancy fields와 NeRF에서 추론하는 밀도와 칼라를 모두 추론하며, 이를 모두 활용하여 최종 3D 메시를 복원한다.

V. 결론

지금까지, 최근 소개된 PIFu 기반의 인간 3차원 복원 관련 연구들을 소개하였다. PIFu는 implicit function을 이용하여 옷을 입은 인간의 3차원 복원을 최초의 기법이며, 이를 기반으로 다양한 후속 연구들이 지속해서 개발되어오고 있다. PIFuHD는 앞/뒷면의 surface normal을 구하고, 두 branch를 이용하여 고 해상도의 메시를 복원하였다. Geo-PIFu와 PaMIR는 3D feature를 활용하여, 메시를 추론하는데 기하학적 정보를 제공한다. Geo-PIFu는 coarse 정답 volume 데이터로 3D feature를 추출하는 branch를 학습하며, PaMIR는 사전 학습된 GCMR을 이용하여 SMPL을 생성하여 이를 3D feature를 얻는다. ICON은 surface normal 기반의 local feature를 이용하여 학습용 데이터가 적은 상황에서도 안정적으로 학습하는 모델이다. PHORHUM은 shading도 같이 추론하는 모델이고, JIFF는 인간의 얼굴을 세세하게 복원하는 모델이다. 마지막으로, DoubleField는 PIFu와 NeRF의 장점을 융합하여 고품질의 3D 메시를 복원하는 방법이다.

DoubleField를 제외하고 대부분의 단일 이미지 기반 모델들의 경우 여전히 품질에는 한계가 있다. 그리고, 모



델 학습을 위해서 3D 메시와, UV 도메인에서의 칼라 이미지가 요구됨으로 학습용 데이터 구축에 비용이 많이 든다. 연구용으로 공개된 데이터도 있으나, 무료보다는 유료 데이터가 많다. 또한 학습 및 인퍼런스 단계에 많은 전/후 처리가 요구된다. 학습을 위해서는 정답 메시를 샘플링하여 정답 occupancy field를 생성해야 하며, PaMIR와 같이 SMPL을 이용하는 모델은 SMPL 데이터도 확보해야 한다. 비슷하게, ICON과 같이 surface normal을 이용하는 모델은 정답 surface normal도 요구된다. 심지어, end-to-end 모델도 아니어서, 추정된 occupancy field를 그대로 사용할 수 없고, octree search와 marching cube 알고리즘이 후처리로 적용되어야 한다. 연구적으로도 지금까지 소개된 논문들의 실험 세팅들이 일관적이지 않아서, 이에 대한 정리도 선행되어야 한다.

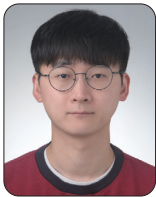
다만, 이제 막 초기 연구 결과가 나오는 미래가 유망한 분야라고 생각되며, 가려진 영역 처리, 다중 인간 고려, 의미론적 3D 메시 추론 등 무궁무진한 후속 연구 주제가 있다.

참 고 문 헌

- [1] Zhe Cao, et al. "OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields", IEEE TPAMI 2019
- [2] Hongsuk Choi, et al. "Beyond Static Features for Temporally Consistent 3D Human Pose and Shape from a Video", CVPR 2021
- [3] Yu Sun, et al. "Monocular, One-stage, Regression of Multiple 3D People", ICCV 2021
- [4] Ben Mildenhall, et al. "NeRF: Neural Radiance Fields", ECCV 2020
- [5] Sida Peng, et al. "Neural Body: Implicit Neural Representations with Structured Latent Codes for Novel View Synthesis of Dynamic Humans", CVPR 2021
- [6] Shunsuke Saito, et al. "PIFu: Pixel-Aligned Implicit Function for High-Resolution Clothed Human Digitization", ICCV 2019
- [7] Karen Simonyan and Andrew Zisserman. "Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition", ICLR 2015
- [8] Kaiming He et al. "Deep Residual Learning for Image Recognition", CVPR 2015
- [9] Lupeng Liu, et al. "Major Orientation Estimation-Based Rock Surface Extraction for 3D Rock-Mass Point Clouds", Remote Sensing 2019
- [10] Shamshad Alam. "Marching Cube Algorithm For Implicit Surface Plotting", <https://shamshad-npti.github.io/implicit/curve/2016/01/10/Marching-Cube/>, Accessed at 2023.12.31
- [11] Tao Yu, et al. "Function4D: Real-time Human Volumetric Capture from Very Sparse Consumer RGBD Sensors", CVPR 2021
- [12] "<https://renderpeople.com/>", Accessed at 2023.12.31
- [13] "<https://secure.axyz-design.com/>", Accessed at 2023.12.31
- [14] "<https://web.twindom.com/>", Accessed at 2023.12.31
- [15] Priyanka Patel, et al. "AGORA: Avatars in Geography Optimized for Regression Analysis", CVPR 2021
- [16] Shunsuke Saito, et al. "PIFuHD: Multi-Level Pixel-Aligned Implicit Function for High-Resolution 3D Human Digitization", CVPR 2020
- [17] Tong He et al. "Geo-PIFu: Geometry and Pixel Aligned Implicit Functions for Single-view Human Reconstruction", NeurIPS 2020
- [18] Zerong Zheng, et al. "PaMIR: Parametric Model-Conditioned Implicit Representation for Image-based Human Reconstruction", TPAMI 2021
- [19] Nikos Kolotouros, et al. "Convolutional Mesh Regression for Single-Image Human Shape Reconstruction", CVPR 2019
- [20] Yuliang Xiu, et al. "ICON: Implicit Clothed humans Obtained from Normals", CVPR 2022
- [21] Thiemo Alldieck, et al. "Photorealistic Monocular 3D Reconstruction of Humans Wearing Clothing", CVPR 2022
- [22] Yukang Cao, et al. "JIFF: Jointly-aligned Implicit Face Function for High Quality Single View Clothed Human Reconstruction", CVPR 2022
- [23] Volker Blanz and Thomas Vetter "A Morphable Model For

The Synthesis Of 3D Faces", SIGGRAPH 1999

[24] Ruizhi Shao, et al, "DoubleField: Bridging the Neural Surface and Radiance Fields for High-fidelity Human Reconstruction and Rendering", CVPR 2022



조동현

- 2012년 2월 인하대학교 공과대학 정보통신공학과 학사
- 2014년 2월 KAIST 전산학부 석사
- 2019년 8월 KAIST 전기 및 전자공학부 박사
- 2019년 9월 ~ 현재 충남대학교 부교수
- 2019년 4월 ~ 2019년 8월 SK Telecom, Manager
- 2014년 9월 ~ 2015년 2월 Microsoft Research Asia, Intern

〈관심 분야〉
Computer Vision, Artificial Intelligence, 3D Reconstruction

몰입도 높은 메타버스 공간 구현을 위한 보행 패턴 연구

I. 서론

어린 시절 게임을 할 때마다 NPC(non-player character)의 비현실적인 행동은 몰입을 해쳤다. 어릴 때는 몰랐지만, 연구자가 되어서 그 이유를 알았다. 다름아닌 비용 문제였다. NPC 하나하나 우리 실생활에 존재하는 이웃처럼 행동하게 만들기 위해선 상황과 공간 그리고 시간에 따른 다양한 행동 양식을 반영해줘야한다. 보통 이런 것은 작업자의 막대한 노동력을 요구한다. 어떻게 보면, 그냥 지나칠 수 있는 NPC 하나 하나에 수작업이나 다름없는 노동력을 투입하기보단, 플레이어의 몰입감을 조금 방해하더라도 게임 제작 비용을 아끼는 것이 더 현명한 선택일 것이다. 게임은 그렇다치고, 곧 다가올 메타버스 환경에서도 이러한 문제를 안고 갈 것인가? 메타버스 환경은 그 무엇보다 사용자의 몰입감이 중요하지 않나.

사람의 행동양식은 주로 시간-장소-상황에 의해 결정된다 <그림 1>. 강남역 일대를 생각해보자. 아침의 강남역은 출근하는 사람과 학원에 아침 강의를 듣기 위해 이동하는 사람들로 활기를 띤다. 이들 중 대부분은 혼자 보행할 것이며, 보행속도 역시 평소보다 빠를 것이다. 그리고 몇몇 상점을 제외한 대부분의 상점이 문을 열지 않아, 보행자들이 학원/패스트푸드/회사 건물에 들어가는 행동 패턴을 보일 것이다. 정오의 강남역은 어떠할까? 아무래도 점심식사를 하러 나온 직장인들이 다양한 식당 건물에 출입할 것이다. 이들은 삼삼오오 모여 식사를 할 것이고, 식사 후 함께 커피를 즐기며 천천히 회사로 복귀할 것이다. 저녁 시간대에는 퇴근시간의 직장인들과 약속으로 인해 사람들이 버스정류장 혹은 특정장소에 서서 버스나 다른 누군가를 기다리는 패턴을 보일 것이다. 이 외에도 날씨, 평일/휴일 여부, 단발성 이벤트 등에 따라 보행자의 행동 패턴은 완전히 바뀔 수 있다.



전 해곤
GIST



낮 시간/화창한 날씨 밤 시간/비 오는 날씨
〈그림1〉 같은 장소임에도 시간과 날씨에 따라 보행자의 행동 패턴이 다름을 보여주는 예시

그럼 이렇게 복잡하고 다양한 행동 양식들을 어떻게 모델링할 수 있을까? 이는 연구자마다 다양한 접근법을 제시할 수 있겠지만, 필자는 (1) 보행자 간의 사회적 관계 파악, (2) 보행자-환경 특징 파악으로 나눠 문제를 풀어야 한다고 생각한다. 우선 보행자들 간의 사회적 행동 패턴을 거시적으로 설명하기 위해 보행자들의 소속과 이동 경로 등을 먼저 파악해야 한다. 그 다음 개별 보행자들의 나이/신체/보폭 등의 미시적 정보를 파악하는 접근을 수행해야 한다. 마지막으로 보행자들이 걷고 있는 도로와 공간 정보를 모델링하고, 앞서 파악한 보행자의 거시적/미시적 정보를 융합하는 접근이 필요하다. 사실, 위에 정의한 문제를 한 번에 풀 수 있는 하나의 통합된 알고리즘을 연구하는 것이 가장 좋겠지만, 현재 기술 수준과 인프라는 그것을 하기에 턱없이 부족하다. 이 글을 서술해가면서 하나씩 언급하도록 하겠다.

문제의 해법을 제안하기 앞서 가정이 필요하다. 우선 카메라는 한 대만 사용하고, 카메라의 위치는 미리 알고 있으며, CCTV와 비슷한 시점을 가지고 있다. 바꿔 말하자면, 본 연구의 시작점은 기존 사회적 인프라를 최대한 활용한다는 것이다. 그럼 몰입도 높은 메타버스 공간 구현을 위한 보행 패턴 연구를 현재의 기술 수준과 한계점을 주제별로 하나씩 풀어나가 보자.

II. 보행자 간의 사회적 관계 파악

1. 문제정의

보행자 간의 사회적 관계를 파악하는 가장 대표적인 연구 분야는 보행자 이동 경로 추적^[1]이다. 보행자 이동 경로 추적은 8프레임의 보행자의 이동 경로를 입력으로,



〈그림2〉 보행자 이동 경로 추정 알고리즘 결과 예시

12 프레임의 해당 보행자의 영상 내 이동 경로와 도착지를 예측하는 분야이다. 영상 내에 존재하는 모든 사람의 이동경로와 도착지를 맞춰야 하는 연구 분야로, 대표적으로 사용하는 데이터셋은 캠퍼스 환경에서 촬영된 ETH/UCY^[2,3], Stanford drone^[4] 데이터셋과 최대 300명 넘는 인원이 영상 내에 존재하는 Grand Station^[5] 데이터셋이 있다.

흥미로운 점은 영상 내 존재하는 보행자의 이동경로는 입력 경로 하나에 하나의 예측 경로를 산출하는 것이 아니다. 하나의 입력 경로를 바탕으로 보행자가 이동할 만한 영역을 확률 지도로 추론하는 특징이다. 이렇게 얻어진 확률 지도에서 20개의 보행자의 최종 목적지를 임의로 샘플링하고, Ground-truth와 제일 가까운 샘플과의 평균 이동 거리 오차와 최종 목적지 오차로 알고리즘의 성능을 측정한다〈그림 2〉. 물론 하나의 이동경로를 산출하는 연구^[2,6]들도 있지만, 학계의 주류라고 보긴 어렵다. 그 이유는 연구의 응용분야 때문이다.

보행자 이동 경로 추정은 로봇 주행을 위해 고안된 분야이다. 로봇 시점에서 보행자가 이동할 수 있는 경로들을 가능한 넓게 잡고, 이를 피해 정지/회피하기 위해 필요한 알고리즘이다. 로봇틱스 분야에선 이를 사회적 네비게이션(social navigation)^[7]이라고 부르는데, 일말의 보행 가능 경로라도 확률 지도로 표현해야 로봇 주행의 안전성이 보장된다. 그렇다고 너무 넓은 확률 분포를 산출



〈그림3〉 보행자 이동 경로 추정 분야의 연구 연대기

하면 로봇이 아예 기동할 수 없으니, 적절한 범위의 이동 경로 예측이 중요할 것이다.

2. 연구동향

90년대부터 시작된 보행자 이동 경로 추정 연구의 핵심은 보행자 간의 사회적 관계를 파악하는 것이 중점^[8]을 두고 있다. 보행자의 이동 속도와 같은 물리적 정보와 보행자 간의 이동 경로를 역학(Dynamics)적으로 분석하는 연구들이 그 출발이었다. 그 후 딥러닝 기술이 본격적으로 도입된 2015년 이후로는 최신 학습 기법들이 보행자 이동 경로 추정을 위해 사용/변형되고 있다 〈그림 3〉.

그 시발점이 되는 연구는 2016년 스탠포드 대학교에서 제안한 Social-LSTM 연구^[11]이다. 제목에서 알 수 있듯이 LSTM(Long short-term memory)^[9]을 보행자 이동 경로 추정에 적용한 것이다. 그럼 해당 논문에서 말한 Social은 무엇인가? 그 답은 의외로 간단하다. 보행자 기준 영상 내 일정 영역 내의 존재하는 보행자 정보를 LSTM에 같이 넣는 것이다. 상당히 직관적인 딥러닝 알고리즘만으로도 기존 hand-craft 특징점 기반의 알고리즘 대비 훨씬 좋은 성능을 이룬 연구였다. 2017년에는 명실상부한 GAN(generative adversarial network)^[10]의 시대였다. 보행자 이동 경로 추정에서도 GAN을 통해 보행자의 이동 경로를 실제와 같이 생성하는 기법이 도입^[11]되었다. 그 이후 GNN(Graph neural network)^[12]이 해당 분야에 도입이 되었는데, 이는 상당히 효율적인 네트워크 구조였다. 영상 내의 보행자들을 그래프 상의 각 노드로 규정하고, 보행자들의 일한 관계를 엣지로 표현한다. 여기서 보행자들의 관계는 보행자들의 위치와 시간에 따라 변화하는 상대적 거리/가속도 등이 되겠다^[13]. 특히, GNN은 보행자 이동 경로 추정에 필요한 학습 파라미터를 혁신적으로 줄일 수 있는 장점이 있는 반면에, 영상에 갑자기 나타난 보행자는 대응할 수 없다는 단점이 있었다. 그리고 Vision Transformer(ViT)^[14]의 특유의 영상



보행자 그룹화 연구 결과

Trace and Pace 연구 결과

〈그림4〉 최근 진보한 보행자 이동경로 추정 및 생성 연구 결과

내의 지역적 특징과 광역적 특징을 효율적으로 모델링할 수 있는 장점을 이용해 보행자들의 사회적 관계를 폭넓게 학습하는 알고리즘이 최근에 가장 좋은 성능^[15]을 보이고 있다.

하지만, 지난해부터 단순히 알고리즘의 성능을 네트워크 구조에 의존하여 향상시키는 방식을 탈피하는 연구들이 제안되고 있다〈그림 4〉. 가장 대표적으로, 보행자들의 최대 70%까지 본인이 속한 그룹의 보행경로를 따라 움직인다는 사회과학 논문에서 영감을 얻은 Group-Graph 논문^[16]을 소개하고 싶다. 이름에서 알 수 있듯이, 보행자들의 이동 경로와 물리적 거리를 기반으로 보행자 그룹을 파악하고, 이를 그래프 형태로 정의해 그들의 이동 경로와 최종 종착지 예측성능을 현저하게 개선하였다. 그리고 NVIDIA에서 올해 CVPR에 Trace and Pace라는 연구^[17]를 발표했다. 가상의 3차원 공간상에서 보행자들이 어떻게 이동할지를 생성해내는 연구를 발표했다. 강화학습을 통해 보행자의 행동 양식을 가상공간에서 모사한 것이 특징이다. 어쩌면 필자가 구상하는 메타버스 공간상에 자연스러운 행동 패턴을 모사하기 위한 연구의 시초가 될 만한 연구라고 볼 수 있겠다.

3. 풀어야할 과제

NVIDIA의 Trace and Pace연구를 보면, 필자는 메타버스 공간 상의 보행자의 행동양식을 괜히 큰 스케일로 접근했다고 생각할 수도 있다. 하지만, Trace and Pace

연구 결과를 자세히 보면 그렇게 말하기 어려울 것이다. 위의 그림에서 볼 수 있듯이, 해당 연구는 보행자들 간의 사회적 행동이 전혀 없다. 동료와 대화 하지도 않고, 마주오는 사람을 피해주지도 않으며, 심지어 넘어진 사람을 밟고 가는 행태까지 보인다. 게다가 가상의 3차원 공간상의 보행자들은 입/출입구 정도만을 이용할 뿐이지 그 외의 공간과의 상호작용을 하지 않는다.

필자가 생각하는 선결 과제는 데이터셋부터 새로 구축해야 한다는 것이다. 현재 보행자 이동 경로 추정에 사용되고 있는 데이터셋들은 지나치게 보행자 관점에서 촬영되어 있다. 그러다 보니 알고리즘을 설계할 때, 우리는 제한적인 정보만을 학습할 수밖에 없다. 위에 언급했듯이 공개 데이터셋들은 그 특유의 공간적 특징을 지니고 있지만, 영상내에서 그것을 파악하여 학습하는 것은 거의 불가능하다. 일례로, UCY데이터셋 내의 ZARA1/ZARA2라는 영상이 있다. 여기서 말하는 ZARA는 옷 브랜드 ZARA가 맞다. 데이터셋을 살펴보면, 보행자들이 일정 위치에서 멈추는 것을 볼 수 있는데, 이는 ZARA 매장에 전시된 옷을 보기 위한 사람들이다. 하지만, 현재 데이터셋에선 이것을 파악할 수 없다. 뿐만 아니라, 해당 데이터셋들은 모두 2차원 좌표 공간에서 이동 경로를 추정한다. 그렇기 때문에, 보행자가 갈 수 있는 영역과 그렇지 못한 영역을 규정하는데 한계가 있다. 최소한의 Geo-tagged 정보를 이용할 수 있다면, 더 고차원적인 알고리즘을 만들어 낼 수 있을 것이다.

1. 문제정의

사람들은 누구나 보행자는 연령-동행자-시간대 등 그들과 주변 특징에 맞는 행동 패턴을 갖는다. 노인은 청년들에 비해 보행속도가 느릴 것이고, 어린이를 동반한 가족의 보폭은 개인의 보폭보다 클 수 있다. 또한, 연령대에 따라 입장하는 상점이 다르다는 건 우리 누구나 알 수 있다. 그럼 여기에 더해 문제를 좀 더 일반화해보자.

여성/노인/어린이와 같이 안전에 취약한 계층은 주변 공간에 따라 보행 패턴이 바뀔 수 있다. 예를 들어, 사람이 위협을 느낄 만한 장소는 되도록 피하거나 빠르게 지나가는 경향을 볼 수 있다. 또한, 낙상 사고가 일어날 만한 곳은 천천히 보행하는 것이 일반적이다. 그렇다면, 위협을 느끼는 원인은 무엇인가? 필자는 이 원인을 사회적 원인과 시각적 원인으로 분석하고 싶다. 사회적 위험은 인근 범죄 소식 등이 들려올 때 느낄 수 있다. 범죄 사건이 발생한 장소라면, 누구나 해당 장소를 피하고 싶을 것이다. 이것은 인근 112 신고 데이터와 같이 객관적 자료를 공간에 tag시키면 알고리즘 설계 단계에서 사전 지식으로 활용할 수 있다^[18]. 하지만, 시각적 요인은 사람들에게는 당연히 위협을 느끼게 하는 요소들이지만, 명확히 정의하는 것은 쉽지 않다. 험한 감성 충만한 거리와 동네 불량배들이 있을 만한 거리는 무슨 차이로 구분할 수 있는가? 다시 말해, 보행자 개개인의 특성과 공간에 대한 충분한 설명이 선행되어야만, 우리는 실감나는 메타버스 환경을 구축할 수 있는 것이다.

III. 보행자-환경 특징 파악

2. 연구동향



〈그림5〉 사람 신체 3차원 복원 연구를 위해 사용하는 SMPL모델과 관련 분야 최신 연구 결과

관련 연구동향을 보행자 인식 및 복원, 환경 설정 그리고 보행자-환경 상호작용을 주제로 나눠 설명할 수 있다.

보행자 인식 및 복원: 보행자를 인식하는 데 있어 단순히 영상 기반의 인지/분할(segmentation) 등의 과업을 넘어 보행자의 정확한 3차원 신체 및 움직임 복원이 필요하다. 영상 기반의 인지를 통해 보행자의 특징(연령대, 성별 등)을 1차적으로 확인할 수 있다. 이런 과업은 학습기반 인지/분류 알고리즘의 비약적인 발전으로 충분한 정확도를 성취할 수 있다. 그리고 이들의 관절 구조 정보를 이용해 보행자를 3차원 복원하면 3차원 공간 상에 행동하는 아바타의 환경에 따른 보행 패턴을 모델링 할 수 있다(그림 5). 현재 사람 신체에 대한 대략적인 템플릿은 SMPL 모델(Skinned Multi-Person Linear model)^[19]을 통해 얻을 수 있다. 그리고 이를 정제하여 그들의 움직임을 생성^[20]할 수 있고, 더 나아가 복원의 정확도를 높일 수 있다. SMPL모델을 뼈대로 사용하고 생성형 모델로 그 디테일을 만들어 내는 방식^[21]이 요즘 주류를 이루고 있다. 아니면, 사람의 영상으로부터 바로 3차원 정보를 복원^[22]할 수도 있는데, 이는 후술할 문제점들이 있다.

보행자-환경 상호작용: 보행자가 환경과 상호작용하는 연구는 생각보다 그렇게 많지 않다. 물론 실내 공간을 가정하고, 가구나 전자기기에 따라 복원된 3차원 모델이 어떻게 행동하는지는 잘 포착할 수 있다. 하지만, 실내와 실외는 사람이 느끼는 그것과 실제 컴퓨터비전 알고리즘에서 작동하는 것은 천지차이다. 실내 환경에서는 특정할 수 있는 물체의 종류와 위치/배치 등이 실외 환경에선 특정할 수 없는 경우들이 많다. 예를 들어, 실내 환경에서 의자는 항상 테이블 근처에 반듯하게 놓여져 있지만, 고물상 같은 곳의 의자는 특정할 수 없는 물체들과 함께 뒤

집어져 있을 수도 있다. 현재 기술 수준으로는 실외 환경을 특정하고, 보행자가 환경에 따라 어떻게 상호작용하는지를 추정^[23,24]하는 정도이다(그림 6). 주차장에 차량 한 대가 있고 캐리어 가방을 끌고 오는 보행자가 있으면, 알고리즘은 자동차 앞에 사람이 멈출 것이라고 예측을 한다. 후술하겠지만, 이 연구 결과는 필자가 주장하는 연구 수준에 도달하기에는 시간이 더 필요해 보인다.

3. 풀어야할 문제

사람의 신체를 3차원으로 복원하는 연구의 기본 가정은 영상 내의 신체 정보가 충분히 표현이 되어야 한다는 것이다. 즉, 관련 분야 연구는 충분한 픽셀로 사람을 표현한 영상에서 그 성능을 발휘할 수 있다. 하지만, 우리가 보행자를 인식할 때 사용하는 CCTV는 여러 사람을 한 영상으로 표현하기 때문에 신체 골격, 자세 등을 제대로 파악하기 어렵다. 기본 골격이나 구조를 파악하지 못하니 생성 모델 적용은 애초에 시도조차 할 수 없는 상황이다. 또한, 보행자가 환경에 따른 행동 패턴을 분석하는 것 역시 쉬운 문제가 아니다. 위에 언급한대로 최신 연구조차 한적한 주차장 공간에 자동차 한 대와 두 어명의 사람을 가정하고 문제를 풀고 있다. 과연 이 방법론이 강남역에서 캐리어 가방을 끌고 있는 사람의 행동을 제대로 모사할 수 있을까?

즉, 우리가 가지고 있는 상황을 그대로 환경 셋업을 이용해 보행자를 복원하고 그들의 사회적 행동을 모사하기엔 무리가 있다. Gait 측정과 같이 옛날에 활발히 연구된 결과를 주요 정보로 사용하여 사람 신체를 대략적으로 복원을 하고, 사회적 관계를 어느정도 모델링 할 수 있는 이론을 사회과학 분야로부터 발굴을 하는 것이 가장 직관적인 접근이 될 것으로 생각된다.

IV. 결론

필자는 컴퓨터비전의 핵심 가치 중 하나는 실세계의 것을 영상 기반 데이터로 복원하는데 있다고 생각한다. 본 기고문에서는 집단의 보행 양식을 복원하고, 이를 메타버스 공간상에 재표현하기 위한 연구 아이디어에 대해 서술



〈그림6〉 보행자-환경 상호 작용 연구 결과

하였다. 보행자 간의 사회적 관계 파악하여 보행패턴을 모델링하고, 그들의 행동 패턴이 환경에 따라 바뀌는 것을 포착할 수 있는 연구 기법에 대해 소개하였다. 각 기술들은 이미 주요 컴퓨터비전 학회에 나온 결과물들만 봐도 구현이 가능해 보인다. 그렇다면, 필자의 아이디어는 기존 기술들을 단순히 집적하는 수준에서 완성될 연구의 수준인 것인가? 당연히 아니다.

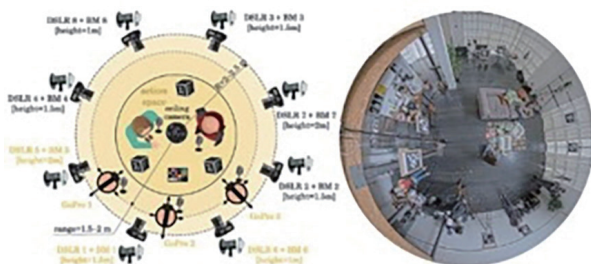
우선 우리는 영상 정보를 획득하는 환경의 가혹함을 너무 간과하고 있다. 대다수의 컴퓨터비전 연구자들은 잘 가공된 데이터셋을 이용하여 알고리즘을 만드는 데 집중하고 있다. 필자의 경험에 비추어도 공용 데이터셋을 이용하는 편이 논문 한 편 만들어 내는데 훨씬 편리하다. 하지만, 실제 센서를 설치하고, 캘리브레이션하고, 데이터를 획득해 직접 가공해보았다면, 필자가 제안한 연구가 그리 녹녹치 않을 것이라는 걸 단번에 알 수 있을 것이다. 논문에서는 하위구문(sub-chapter) 정도의 분량의 센서 융합과 캘리브레이션이 실제 알고리즘을 만드는 데 큰 영향을 미친다. 보행자 간의 사회성을 설명할 수 있는 데이터셋, 사람과-공간 간의 관계 그리고 시간-장소-상황에 따른 상호작용 등을 설명할 수 있는 데이터셋을 새로 구축해야 한다. 여기에 더해, 초저해상도 영상 기반의 사람 골격 및 3차원 복원 알고리즘이 필요하다. 또한, 영상 내 주변 환경/객체 역시 적은 픽셀 수로 표현될 것이 분명하기에 이에 대한 대비도 필요하다. 마지막으로, 사람을 촬영하고 복원해야 하는 연구이기에 개인정보 보호에 대한 고려 역시 중요할 것이다.

요즘 컴퓨터비전은 분야는 내일을 예측할 수 없을 정

도로 발전이 빠르다. 이 변화의 흐름속에서 메타버스라는 연구 키워드 역시 관심이 줄어드는 것이 사실이다. 하지만, 필자는 메타버스 연구가 단순히 가상 환경에서 3차원 객체를 띄워 놓는 것을 넘어 사회적 상호작용을 구현할 수 있다면 새로운 가치를 창출해낼 것이라 믿는다. 실제로 이미 세계 유수의 연구그룹에서는 사람들 간의 상호작용을 모델링하기 위해 다양한 데이터셋을 취득하고 있다. 전문 배우들을 섭외하여 여러 대의 카메라가 설치된 실내 공간에서 상호작용을 촬영한 데이터셋^[25]이 그 대표적인 예가 되겠다(그림 7). 수년전부터 우리는 컴퓨터비전 분야 전세계 3위라고 자축하고 있지만 단순 논문 수가 아닌 선도 연구의 수는 과연 몇 개가 될지 의문이다. 이 점에서 필자 역시 반성을 하며, 앞으로 메타버스 분야의 시급성이 될 수 있는 연구를 하겠다는 각오를 다지며 본 글을 마무리한다.

참고 문헌

- [1] Alahi et al., Social LSTM: Human Trajectory Prediction in Crowded Spaces, CVPR 2016
- [2] Pellegrini et al., You'll never walk alone: Modeling social behavior for multi-target tracking, ICCV 2009
- [3] Lerner et al., Crowds by example, CGF 2007
- [4] Robicquet et al., Learning social etiquette: Human trajectory understanding in crowded scenes, ECCV 2016
- [5] Yi et al., Understanding pedestrian behaviors from stationary crowd groups, CVPR 2015
- [6] Yamaguchi et al., Who are you with and where are you going?, CVPR 2011
- [7] Mavrogiannis et al., Core Challenges of Social Robot Navigation: A Survey, ACM THRI 2023
- [8] Helbing and Molnar, Social force model for pedestrian dynamics, Physical review 1995
- [9] Graves and Jaitly, Towards end-to-end speech recognition with recurrent neural networks, ICML 2014
- [10] Goodfellow et al., Generative Adversarial Nets, NeurIPS 2014
- [11] Gupta et al., Social gan: Socially acceptable trajectories with generative adversarial networks, CVPR 2018



Reply 연구 개요

〈그림7〉 전문 연기자를 섭외하여 실내 공간에서 이루어지는 사회적 상호작용을 촬영한 데이터셋



- [12] Scarselli and Gori, The graph neural network model, IEEE TNN, 2009
- [13] Bae and Jeon, Disentangled Multi-Relational Graph Convolutional Network for Pedestrian Trajectory Prediction, AAAI 2021
- [14] Dosovitskiy et al., Transformers for Image Recognition at Scale, ICLR 2021
- [15] Yuan et al., Agentformer: Agent-aware transformers for socio-temporal multi-agent forecasting, ICCV 2021
- [16] Bae et al., Learning Pedestrian Group Representations for Multi-modal Trajectory Prediction, ECCV 2022
- [17] Rempe et al., Trace and Pace: Controllable Pedestrian Animation via Guided Trajectory Diffusion, CVPR 2023
- [18] Park et al., DevianceNet: Learning to Predict Deviance from A Large-scale Geo-tagged Dataset, AAAI 2022
- [19] Loper et al., SMPL: A Skinned Multi-Person Linear Model, SIGGRAPH Asia 2015
- [20] Wang et al., MetaAvatar: Learning Animatable Clothed Human Models from Few Depth Images, NeurIPS 2021
- [21] Kim et al., Chupa: Carving 3D Clothed Humans from Skinned Shape Priors using 2D Diffusion Probabilistic Models, ICCV 2023
- [22] Han et al., High-fidelity 3D Human Digitization from Single 2K Resolution Images, CVPR 2023
- [23] Liang et al., Peeking into the Future: Predicting Future Person Activities and Locations in Videos, CVPR 2019
- [24] Liang et al., SimAug: Learning Robust Representations from Simulation for Trajectory Prediction, ECCV 2020
- [25] Shapovalov et al., Replay: Multi-modal Multi-view Acted Videos for Casual Holography, ICCV 2023



전해곤

- 2011년 8월 연세대학교 전기전자공학부 학사
- 2013년 8월 KAIST 전기 및 전자공학부 석사
- 2018년 2월 KAIST 전기 및 전자공학부 박사
- 2018년 9월 ~ 2019년 7월 미국 Carnegie Mellon University 박사후 연구원
- 2019년 8월 ~ 2022년 8월 GIST 조교수
- 2022년 9월 ~ GIST AI대학원 부교수

〈관심 분야〉

Computer Vision, Computational Photography, 3D reconstruction, AI for Social Good

Text-to-4D Avatar 생성의 발전과 그 응용

I. 서론

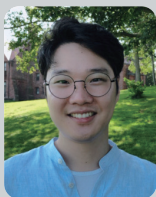
최근 멀티미디어 산업, 특히 애니메이션, 영화, 게임, 그리고 AR/VR 분야에서 가상 인간 아바타는 중요한 역할을 하고 있다. 과거에는 개성적인 가상 인간 캐릭터를 만들기 위해 고도로 트레이닝된 숙련된 전문 그래픽 디자이너들이 수작업으로 현실적이거나 창의적인 가상 인간 캐릭터를 만들어 왔고, 이러한 작업의 기술적 수준 및 보조도구들의 발전이 현재의 멀티미디어 산업을 발전을 이끌어 왔다. 그러나 현실감 있는 4D 인간 아바타를 수작업으로 만드는 것은 많은 시간과 노력이 소요되는 매우 번거로운 과정으로, 종종 아티스트들은 창작의 고통이란 용어로 그 어려움과 복잡성이 표현되었다.

고도로 다층적이며 유연한 인간 몸체의 형태를 만들기 위해서, 복잡한 기하학과 물리적인 이질감 없이 일관되고 자연스러우면서 독창적인 아바타를 대량 생산하는 것은 그 자체로 매우 어렵고 높은 비용이 드는 작업이며, 수작업으로는 그 난이도가 더욱 올라간다. 이러한 어려움을 극복하고 생산성을 높이기 위해, 가상 아바타 생성의 초기 과정을 최근 발전한 생성AI를 통해 자동화하려는 다양한 시도가 시작되고 있다. 대부분의 방법들은 일반적으로 정교한 3D 또는 4D 인간을 생성하기 위해 정밀한 다중 시야 이미지나 비디오를 필요로 하거나, 생성된 3D 모델을 애니메이션화하기 위한 추가 작업이 필요로 하는 등, 여전히 전체 아바타 생성 파이프라인은 생산성 한계를 지니고 있었다.

이러한 문제를 해결하고, 전문 디자이너가 아닌 일반 사용자 수준으로도 고품질의 4D 인간 아바타를 쉽게 생성하기 위해, 텍스트 묘사를 입력으로 3D 및 외형 텍스트처 뿐 아니라 애니메이션까지 포함한 4D 인간 아바타 생성 방법들이 2022년부터 제안되기 시작하였다. 이러한 텍스트 기반 4D 아바타 생성 (Text-to-4D Avatar) 연구는 텍스트를 통



김 유 왕
POSTECH



오 태 현
POSTECH

한 시각적 상상력을 AI를 통해 아바타로 구현하는 것을 목표로 한다. 이는 배우가 연극 대본을 읽을 때, 그 배우와 코디는 대본에 나와 있는 상황에 따라 몸의 동작과 의상을 상상하는 것처럼, 사람이 텍스트를 통해 시각적 정보를 이해하고 상상할 수 있는 능력에 근거하여, 인간과 유사한 창의적 작업 능력을 AI로 구현하는 것이다. Text-to-4D Avatar 생성 모델들은 텍스트 프롬프트를 이해하고 해당 텍스트 프롬프트에 맞는 3D 인간 아바타를 생성하기 위한 생성 모델 또는 최적화 모델을 만드는 것을 목표로 한다.

Text-to-4D Avatar 가 다른 아바타 생성 프레임워크보다도 각광 받는 이유는 텍스트 묘사를 입력으로 한다는데 있다. 텍스트는 이미지나 비디오와 같은 시각적 정보보다 일반 사용자도 쉽게 입력 할 수 있으며 상대적으로 매우 저렴하고 편리한 입력 인터페이스를 제공한다. 또한 텍스트 프롬프트는 묘사를 통해 사용자가 원하는 정밀한 동작 및 질감 세부 정보를 포함할 수 있다. 이러한 텍스트 기반 4D 아바타 생성 기술은 가상 인간 애니메이션, 게임의 비플레이어 캐릭터 생성, AI 지원 그래픽 도구, 언어 기반 로봇 작업 계획 및 영화 대본 시각화와 같은 다양한 분야에서 활용될 수 있어, 매우 실용적인 가능성을 제시하고 있다.

그러나 Text-to-4D Avatar 모델의 개발과 연구에 있어 가장 큰 도전은 대용량 3D 데이터의 부족이다. 인공지능에서 흔히 사용되는 대규모 이미지 데이터셋과 비교하여, 대용량 3D 데이터는 매우 희소하다. 그 자체로 취득을 하기 위한 측정 장비 구축을 위한 비용과 사양 등의 제약으로 인해, 취득이 어렵고, 더욱이 자연스럽고 다양한 일상 동작을 모두 포괄하는 자세의 애니메이션 데이터는 데이터 기획 단계도 어렵기 때문에 매우 비싸다. 당연하게도 개성적인 텍스처와 3D형상, 그리고 애니메이션 동작을 모두 포함한 4D 아바타 데이터는 더욱이 존재하지 않는다. 이로 인해, 기존 지도학습 방법을 기반으로 하여 Text-to-4D Avatar 모델을 학습하기 위한 {텍스트 설명, 4D 아바타 모델}의 거대 데이터쌍은 존재하지 않는다. 이러한 병목으로 인하여, Text-to-4D Avatar 연구는 매우 큰 도전성을 갖는다.

본 논문에서는 3D/4D Avatar에 대한 기본 배경을 소개하고, 최근 Text-to-4D Avatar 연구들을 소개한다. 또한, 위에서 언급한 데이터 측면에서의 도전성을 혁신적으로 우회하는 방법들을 소개하며, 다음 발전 방향을 논한다.

II. 배경

Text-to-4D Avatar 기술은 3차원 및 4차원의 아바타 표현 방법에 밀접한 관련이 있다. 기존에 영상의 시각적 정보를 기반으로 3D 및 4D 휴먼 아바타를 복원해왔다면, Text-to-4D Avatar 기술은 비시각적 신호인 텍스트를 기반으로 휴먼 아바타를 생성한다. 이 장에서는 3D 및 4D 휴먼 아바타의 표현 방법 대한 관련 선행 연구들을 소개한다.

1. 메쉬 기반 아바타 표현

3차원, 4차원 객체를 표현함에 있어 가장 흔히 사용되는 표현은 3차원 메쉬이다. 3차원 메쉬란, 3차원 공간 상에서의 객체의 표면 구조를 3차원 점(vertex) 및 이들의 연결 관계를 일컫는 면(face)로 나타낸 자료의 형태를 말한다. 같은 3차원 객체를 표현하더라도 vertex와 face를 어떻게 디자인하는지에 따라 3차원 객체를 다양한 방법으로 표현할 수 있는데, 인간의 신체와 같이 분포를 가지는 3차원 객체를 매개변수화된(Parameterized) 메쉬 모델로 나타낼 수 있다.

SMPL^[1]은 가장 대표적인 인간 신체에 대한 parameterized 메쉬 모델로, 신체의 자세, 그리고 외형을 나타내는 저차원의 파라미터들만 가지고도 약 7천 개에 달하는 3차원 휴먼 신체의 vertex 좌표를 표현할 수 있다. 기 정의된 신체의 관절들 사이의 상대적인 3차원 회전 행렬을 표현하는 pose 파라미터, 기장, 팔 길이, 허리 둘레 등 신체의 외형을 인코딩하는 shape 파라미터로 3차원 휴먼을 표현할 수 있다. 4차원 휴먼 객체를 표현할 때는, pose 파라미터를 매 프레임마다 변화시키며 팔다리의 움직임을 표현하며, 또한 신체 중심부의 translation 벡터를 통해 신체의 전반적인 운동 상태를

표현 가능하다.

SMPL과 같은 파라메트릭 휴먼 메쉬 모델을 이용해 다양한 사람의 아바타를 생성하기 위해, 영상 속 사람의 특징을 분석해 SMPL 파라미터를 예측하는 영상 기반 방법들이 발전해왔다^[2,3,4,5,6]. 이 방법들은 영상에서 추정 가능한 2차원 관절 좌표값(2D joint)을 이용해 SMPL 파라미터를 최적화 하거나^[2], 대규모 데이터셋을 활용한 딥러닝 기반의 SMPL 파라미터 예측 모델을 학습한다^[3,4,5,6]. 하지만 이 방법들은 3차원 휴먼의 대략적인 형체 복원에 초점을 맞추고 있고, 영상에 존재하는 사람의 착의(clothing)나 머리카락 등의 자세한 형체는 복원하지 못한다는 한계가 존재한다. 또한 실감나는 3차원 휴먼 아바타를 위해 필수적인 텍스처 정보는 다루고 있지 않다.

본 논문에서는 기존의 영상 기반 휴먼 아바타 형체 복원에서 더 나아가, 비시각적 신호인 텍스트를 입력으로 하여 휴먼 아바타의 자세, 외형을 생성하고, 추가적으로 3차원 텍스처까지 생성하는 text-to-human avatar 연구들을 소개하고자 한다.

2. 볼륨 기반 아바타 표현

3차원, 4차원 객체를 표현할 때, 가장 대중적인 이산 메쉬 표현 방법 외에 다양한 방법으로 아바타를 표현하기 위한 방법들이 시도되고 있다. 그 다음 흔히 사용되는 방법은 연속적인 3차원 볼륨 기반 표현 방법이다. 3차원 볼륨 기반 표현은 객체 표면으로 부터의 거리를 나타내는 Signed Distance Field (SDF), 볼륨 렌더링 방정식을 통해서 최적화되는 Neural Radiance Field (NeRF)^[7] 등이 주로 사용된다. 특히 NeRF는 raycasting 알고리즘에 기반해, 3차원 좌표와 ray의 방향벡터를 입력으로 하여 3차원 공간의 ray 위에 있는 점들의 밀도(volume density)와 색을 출력하는 Multi-Layer Perceptron (MLP)를 이용한 최적화로 3차원 객체를 모델링 한다. 비슷한 방식으로 3차원 공간의 점의 SDF와 색을 출력하는 MLP를 최적화하여 3차원 객체를 모델링하는 NeuS^[8] 역시 자주 사용된다.

3차원 볼륨 기반으로 휴먼 아바타를 표현할 때, 정확하게 calibration 되고 동기화된 다중 시점 카메라를 사용

해 사람을 촬영한 영상을 이용해 NeRF나 NeuS 등의 표현을 최적화한다. 사람의 경우 신체가 가지는 다양한 자세의 영향으로 3차원 볼륨 최적화에 어려움이 있을 수 있다. 이를 해결하기 위해 HumanNeRF^[9], NeuMan^[10] 등의 연구에서는 SMPL 메쉬의 Linear Blend Skinning (LBS) 을 이용해 표준 자세로 정렬된 휴먼 아바타에 대해 3차원 볼륨을 최적화를 진행했다.

볼륨 기반 아바타 표현은 SMPL과 같은 파라메트릭 휴먼 메쉬 모델보다 사람의 착의나 머리카락 등 자세한 형체 복원에 이점이 존재하지만, raycasting과 볼륨 렌더링을 이용한 최적화에 많은 시간이 소요되고, 상용 그래픽스 툴에서 사용하기 위해서는 다시 메쉬로 변환하는 후처리가 필요하다는 한계점이 있다. 또한 최적화된 3차원 휴먼 아바타를 애니메이션 하기 위해서는 볼륨 기반 표현을 다시 파라메트릭 메쉬와 유사하게 rigging을 거쳐야한다는 한계점 역시 존재한다.

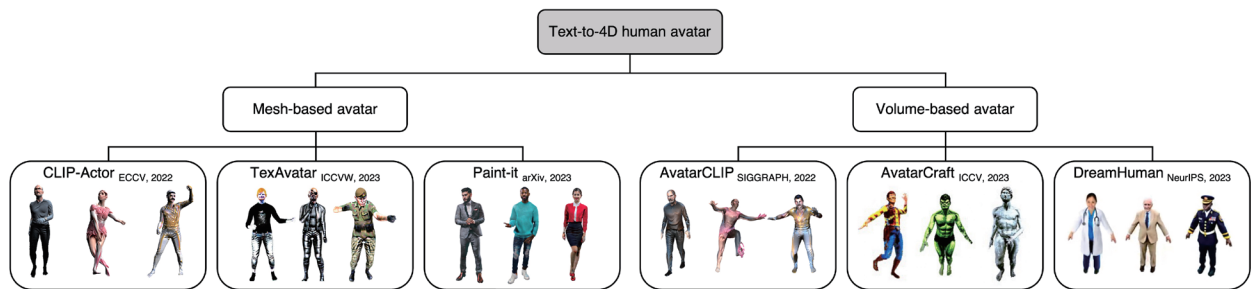
본 논문에서는 시각적 신호가 아닌, 텍스트 입력에 대해 NeRF나 NeuS 같은 볼륨 기반 표현을 통해 4차원 휴먼 아바타를 생성하는 연구들을 소개한다.

III. Text-to-4D Avatar

이 장에서는 텍스트로 묘사된 휴먼 아바타의 외형, 동작 등을 이용해 4차원 휴먼 아바타를 생성하는 연구들을 소개하고 각 방법의 특징과 분류를 기술한다. 먼저, 텍스트 입력으로부터 원하는 휴먼 아바타를 합성하기 위한 학습 방법에 대해 3.1장에서 소개한다. 3.2장에서는 3차원 메쉬 기반의 Text-to-4D Avatar 생성 연구들을 소개하며, 3.3장에서는 3차원 볼륨 기반 표현을 사용하는 연구들을 소개한다.

1. 텍스트 기반 3차원 객체 학습법

비시각적 신호인 텍스트를 입력으로 원하는 3차원 객체를 생성하는 연구는, 딥러닝 성공의 기반이었던 지도학습 방식을 적용하기 어렵다. {텍스트 설명, 3차원 객체}의 거대 데이터셋은 존재하지 않을 뿐더러, 3차원 객체의 표현 방식이나 topology가 객체마다 다르다면 하나의 통합



<그림 1> Text-to-4D human avatar 생성 연구의 구분

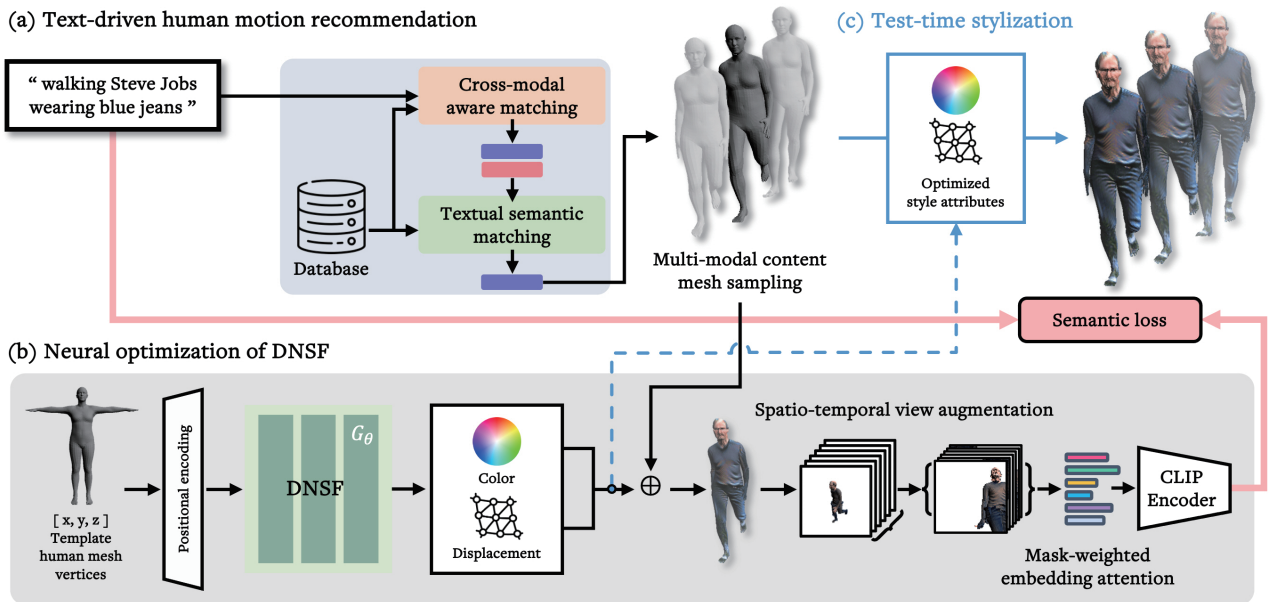
된 뉴럴 네트워크로 모든 3차원 객체의 분포를 모델링하기 어렵기 때문이다. 따라서 텍스트 기반 3차원 객체 생성 연구는 최근 제안된 CLIP^[11]과 같은 다중 모달 임베딩 공간이나 Stable-Diffusion과 같은 Text-to-image Diffusion 모델^[12]의 표현력을 활용한 최적화 문제로 우회 발전해왔다.

CLIP 기반 3차원 객체 생성. CLIP은 텍스트와 이미지 사이의 공통된 임베딩 공간을 학습한 연구이다. 인터넷에 존재하는 대규모의 {텍스트 설명, 이미지} 데이터쌍을 확보한 뒤, 대조 학습을 통해 텍스트 임베딩과 이미지 임베딩을 구할 수 있는 CLIP text 인코더, CLIP image 인코더를 학습하였다.

초기의 텍스트 기반 3차원 객체 생성 연구인 Text2Mesh^[13]에서는, 텍스트 정보는 없고 geometry만 있는 3차원 메쉬와 사용자의 텍스트 입력이 주어졌을 때, 기학습된 CLIP의 임베딩 공간을 이용해 메쉬의 텍스트를 최적화 기반으로 생성하는 기술을 처음으로 제안했다. Text2Mesh는 메쉬의 텍스트를 생성하기 위해, vertex 별 색과 변위 벡터를 최적화한다. 최적화의 매 단계마다 vertex별 색과 변위 벡터가 적용된 메쉬를 미분가능하게 이미지로 렌더링(differentiable rendering) 하고, 렌더링된 이미지와 사용자의 입력 텍스트 간의 CLIP 임베딩 공간에서의 cosine 유사도를 이용해 업데이트를 진행한다. 초기 연구로써 정적인 표준 자세에 대해서만 생성할 수 있으며 동적으로 애니메이션이 가능하지 않고 매우 낮은 해상도와 충실도의 한계를 가지고 있으나, 직접적인 지도학습 데이터쌍 없이 아바타 생성이 가능할 수 있다는 잠재성을 보여준 연구이다.

Text-to-image diffusion 모델 기반 3차원 객체 생성.

대규모 {텍스트 설명, 3차원 객체} 데이터쌍의 부재를 해결하기 위해, 텍스트에서 이미지를 생성하도록 학습된 Text-to-image diffusion 모델의 표현력을 빌려 최적화를 하는 기법이 최근 각광받고 있다. DreamFusion^[14]에서는 Score-Distillation Sampling (SDS) 라는 기법을 소개한다. SDS는 NeRF 등의 3차원 객체를 렌더링했을 때 텍스트 입력과 유사한 이미지를 가질 수 있도록 text-to-image diffusion 모델을 사용해 3차원 객체를 업데이트한다. 자세하게는, 3차원 객체를 렌더링한 이미지에, 랜덤 샘플링한 노이즈를 더해주고, Stable-Diffusion과 같은 기학습된 text-to-image diffusion 모델에 입력해 준다. 이때, 사용자의 텍스트 프롬프트가 컨디션으로 함께 들어가게 되고, Diffusion 모델은 텍스트에 묘사된 객체 이미지를 만들기 위해서는 입력된 노이즈한 이미지에서 어느 정도의 노이즈를 제거해야하는지 예측할 것이다. SDS는 실제 이미지에 더해주었던 노이즈와, diffusion 모델의 예측 노이즈 사이의 오차를 이용해 3차원 객체를 업데이트 하게 된다. 만약, 임의의 초기 상태를 가지는 NeRF와 같은 3차원 객체를 렌더링 하면, 사용자가 원하는 텍스트와 전혀 유사성이 없는 이미지가 나타날 것이다. 따라서 이 이미지에 노이즈를 더하고 diffusion 모델에 입력시키면, 실제 더해준 노이즈와 크게 다른 값을 예측할 것이고, 노이즈 간 오차가 크게 나타날 것이다. 만약 3차원 객체가 텍스트를 잘 나타낸다면, 동일한 과정을 반복했을 때 노이즈 간 오차가 작게 나타날 것이다. DreamFusion^[14]에서는 이러한 과정을 반복적인 최적화 문제로 정리했고, 최근 발전한 text-to-3D 객체 생성 방법들은^[16,17,19,20] 주로 SDS를 사용하여 개발되었다.



〈그림 2〉 초기 Mesh 기반 Text-to-4D human avatar 생성 연구, CLIP-ACTOR (POSTECH)

2. Text-to-4D avatar 모델

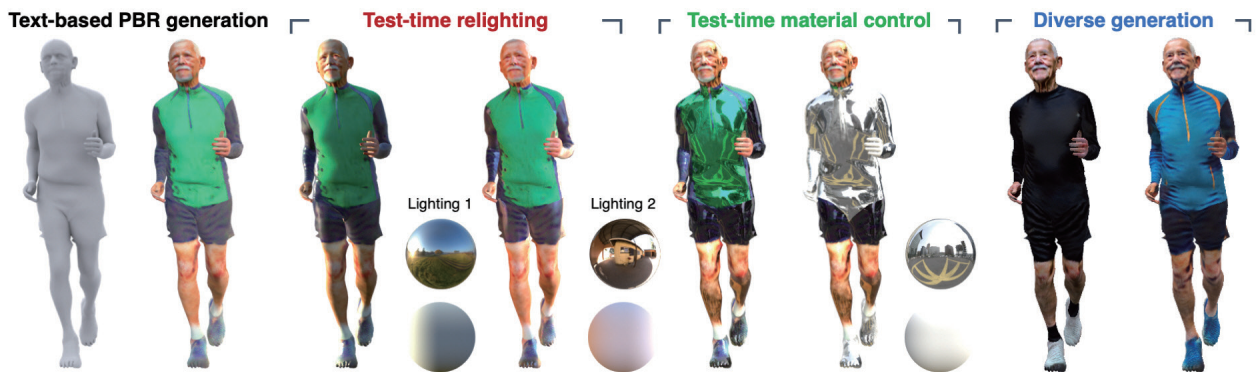
Text-to-4D avatar 방법들의 학습법은 위에서 상술한 CLIP 또는 SDS 기반 학습법을 사용하여 최적화 하는 방식으로 아바타를 생성한다. 이는 기존 딥러닝의 Feed-forward 방식과 달리, 직접적인 학습데이터 없이 매 입력마다 결과물을 최적화 하는 방식을 취한다. 따라서, 최근 모든 연구들은 zero-shot learning 또는 test-time optimization의 분류에 속한다고 볼 수 있다. 이러한 학습법을 통해, 생성하려는 avatar 최적화 하기 위한 매개변수를 정의해야하는데, 이때, avatar를 표현하는 표현법과 매개변수 방법에 따라 〈그림 1〉과 같이 연구들이 분류된다.

Mesh 기반 avatar 표현. Mesh 기반 text-to-4D avatar 연구는 SMPL과 같은 파라메트릭 휴먼 메쉬 모델 위에, 메쉬의 vertex 별 텍스처나 uv 텍스처 맵 등을 생성하여 아바타를 표현한다. 이 방법은 속도가 느린 볼륨 렌더링 대신 빠른 속도의 렌더링 기법인 Rasterization을 사용해 메쉬를 이미지 도메인으로 변환하고, 따라서 최적화를 통한 아바타 생성 속도가 빠르다. 또한 파라메트릭 휴먼 메쉬 모델이 이미 rigging 되어있어 애니메이션이 용이하고, Blender와 같은 상용 그래픽스에서 사용

하기 위해 추가적인 후처리 과정이 필요하지 않아 사용자 친화적이라는 장점을 가지고 있다.

Mesh 기반 text-to-4D avatar 생성 연구는 POSTECH이 2022년 10월 ECCV에서 발표한 CLIP-ACTOR^[15]에서 먼저 제시되었다. CLIP-ACTOR는 사용자가 원하는 아바타의 외형과 동작을 묘사한 텍스트 입력이 주어졌을 때, 텍스트에 맞는 메쉬의 텍스처를 가지면서 동작하는 4D 휴먼 아바타를 생성한다. CLIP-ACTOR에서는 두 가지 모듈을 제안했다. 〈그림 2〉는 제안된 CLIP-ACTOR 시스템을 보여준다. 시스템은 두 가지 모듈로 구성되어 있다. Motion recommendation 모듈은 {텍스트 설명, SMPL 모션 파라미터} 데이터쌍이 있는 모션 데이터베이스로부터 사용자의 텍스트에 묘사된 아바타의 모션과 가장 유사한 모션을 검색하여 추천한다. 또, Mesh stylization 모듈은 텍스트 입력과 휴먼 아바타 메쉬를 렌더링한 이미지의 다중 시점, 다중 시간 이미지들을 이용해 CLIP 기반 최적화를 진행한다. 제안된 CLIP-ACTOR 시스템은 종전에 제안된 text-to-3D 객체 생성 연구들에 비해 휴먼 아바타의 외형과 모션을 고해상도와 높은 충실도로 생성하여 주목받았다.

CLIP-ACTOR 이후 제안된 mesh 기반 text-to-avatar 연구는 각각 2023년 10월, 12월에 발표된 TexAvatar



〈그림 3〉 Physically-based rendering에 기반한 Text-to-4D human avatar 생성 연구, Paint-it (POSTECH)

[16] 와 Paint-it [17] 이 있다. CLIP-Actor의 메쉬 vertex 별 텍스처 생성이 가지는 blurry한 텍스처의 한계를 극복하고자 두 연구는 mesh의 텍스처 매핑과 SDS 기반 최적화를 통해, 고해상도의 uv 텍스처 맵을 생성하는 방식으로 CLIP-Actor의 결과를 월등히 개선하였다. 특히 Paint-it의 경우, 보다 현실적이면서, 물리 기반 Bidirectional reflectance distribution function (BRDF)를 모델링 하여 주변 lighting 환경의 영향을 반영할 수 있는 고해상도의 Physically-based rendering (PBR) 텍스처 맵을 생성하는 기법을 제안하였다. 〈그림 3〉은 Paint-it에서 제안된 PBR 텍스처 맵 생성 기법으로 만들어진 text-to-4D 휴먼 아바타가 다양한 lighting 환경에서 re-lighting 되거나, 텍스처의 질감을 자유롭게 조정하고, 동일한 mesh에 대해 다양한 텍스처를 생성하는 예시를 보여준다.

Volume 기반 avatar 표현. Volume 기반 avatar 표현은 NeRF, NeuS 등의 연속적인 3차원 공간에서 휴먼 아바타의 3차원 구조와 텍스처를 생성한다. 이 방법은 주로 raycasting을 이용한 볼륨 렌더링을 기반으로 하여 생성 속도가 느린 대신, 아바타의 착의 등 자세한 형체 생성이 가능하다. 난양공과대학교(NTU)에서 2022년 8월 SIGGRAPH에서 AvatarCLIP [18] 을 먼저 제안하였다. 연구진은 CLIP 기반 최적화와 기학습된 휴먼 모션 Variational Autoencoder (VAE), 그리고 SDF 기반 휴먼 아바타 표현을 사용하여 text-to-4D 휴먼 아바타를 생성하는 시스템을 제안했다.



〈그림 4〉 도시를 3차원 복원하고 스타일 이미지를 통해 사실적, 초현실적 가상공간을 취득하는 연구, FPRF (POSTECH)

이후 2023년 넷플릭스, 구글 등에서 제안된 AvatarCraft [19], DreamHuman [20] 은 AvatarCLIP과 유사하게 NeuS나 NeRF를 사용하여 휴먼 아바타를 표현하였고, SDS 기반 최적화를 통해 휴먼 아바타를 생성한다. 특히, DreamHuman은 imGHUM이라는 애니메이팅이 가능한 볼륨 기반 휴먼 모델을 사용하여 다른 Volume 기반 avatar 생성 연구들보다 실용성 측면에서 주목받았다.

IV. 응용 및 활용 가능성과 전망

동작을 컨트롤 할 수 있는 Avatar는 게임, 영화/애니메이션 산업 등 미디어 크리에이션 분야부터 메타버스까지 다양한 분야에 걸쳐 다양한 응용분야에 활용될 수 있다.

먼저, 메타버스 또는 텔레프레즌스(Telepresence) 등에 본인의 모습 대신 존재할 수 있는 아바타로 활용이 가능하다. 위의 방법론들로 만든 동적 Avatar를 버추얼 공간에 올려, 살아 움직이는 느낌을 재현하는 것으로 메타버스 관련 응용에 활용 가능하다. Codec Avatar와 같이

사람의 모습을 가상 공간에 투영할 수도 있지만, 어떤 사용자에게는 익명성이나 프라이버시가 보호되는 형태의 자기 표현이 필요할 수 있다. 이때, 사용자의 입력에 따라 무한한 다양성을 가지고 생성된 Avatar를 활용하는 것은 개성을 표현할 수 있을 뿐만 아니라 텔레프레즌스에 익명성이나 프라이버시 기능을 증강해준다.

그러나 현재 기술로 메타버스 또는 텔레프레즌스에 바로 도입되었을 때, 활용성은 아직 높지 않다. 첫번째 병목은 커뮤니케이션 능력 부족이다. 텔레프레즌스의 목적은 커뮤니케이션이기 때문에 대화에 활용될 수 있는 Avatar가 필요하다. 현재 기술들이 사용하는 Avatar 표현은 얼굴의 표정을 표현적으로 풍부하게 하면서 안면을 대화에 맞게 운용할 수 있는 기능이 결여되어 있다. 따라서 입모양과 감정 등의 풍부한 표정을 표현할 수 있는 기능이 통합되어야 한다. 두번째 병목은, Avatar를 배치할 버추얼 공간과의 유기적 호환성의 부재이다. 이를 구현하기 위해서는 버추얼 공간을 효율적 효과적으로 생성하는 방법이 필요하며, Avatar의 동작이 버추얼 공간과 물리적으로 인터랙션 하는 느낌을 구현할 수 있는 고속 시뮬레이션 모듈이 필요하다. <그림 4>와 같이 사실적 또는 초현실적인 가상공간을 효과적으로 취득하는 방법론도 최근에 많이 발전하고 있다^[21].

공간과 Avatar의 결합은 또 다른 가능성을 열 수 있다. Embodied AI 개발을 위한 시뮬레이터는 한정된 아바타 사용으로 인해, 현실과 시뮬레이션 상의 도메인 갭 문제를 내제하고 있다. 다양한 아바타와 버추얼 공간 생성 기술은 이러한 도메인 갭을 효과적으로 줄이는 초석 기술이 될 수 있을 것으로 전망한다.

게임 및 미디어 산업에서는 생성된 Avatar를 상용 그래픽스 툴에 로드할 수만 있다면, 바로 활용될 수 있을 것으로 전망한다. 물론 이를 위해서는 더 높은 품질을 달성해야 한다. 현재의 품질 한계를 개선하기 위한 방향은 뒤쪽에서 더 논하도록 한다. 특히, 미디어 산업 등에서는 동적 Avatar는 매력적이지만, 추가적으로 시나리오 텍스트를 이해하고 이를 위한 장면과 Avatar를 자동으로 배치하고 운용하는 AI 감독과 결합이 되면 새로운 미디어 시장이 개척될 것으로 전망된다. 특히, 유아, 아동용 교육

매체의 다양성이 현저히 증가할 것으로 예측된다. 이를 위해서는 Long-story composition을 위한 스토리 이해 및 배치를 이해할 수 있는 Multi-modal Language 모델을 발전시킨 AI 감독을 개발하는 것이 현 시점에서 현실적인 발전 방향으로 예상된다.

현재까지 제안된 아바타 생성 연구들은 속도, 퀄리티, 확장성 측면에서 개선 가능할 것으로 전망된다. 먼저, 기존 연구들은 딥러닝의 Feed-forward 방식이 아닌 아바타 별 zero-shot 최적화 방식을 적용하다보니 생성 속도 측면에서 짧게는 15분, 길게는 2시간 가까운 긴 시간이 소요된다. 특히 SDS 기반 최적화에서 병목 현상이 발생하는데, 최근 Diffusion 모델을 대체하기 위한 Consistency 모델^[22]을 이용한 SDS 알고리즘의 개선 등이 효과적일 것으로 예상된다. 한편, 생성된 휴먼 아바타의 시각적 퀄리티를 개선하기 위한 노력도 필요하다. POSTECH 연구진은 최근 발표한 연구^[17]에서, Diffusion 모델을 기반으로 한 SDS가 현실적이고 충실도 높은 3D 객체 생성을 방해하는 noisy한 신호를 포함하고 있고, 생성 과정에서 3D 객체의 적절한 geometric 혹은 texture 표현을 찾아주면 시각적 퀄리티를 월등히 개선할 수 있음을 밝혔다. 또한 각자의 장단점을 가지는 Mesh 기반 표현과 Volume 기반 표현을 접목한 하이브리드 표현 기법을 사용한다면 시각적 퀄리티를 상당 부분 개선할 수 있을 것으로 전망된다. 생성되는 휴먼 아바타의 모션 퀄리티 역시 개선 가능하다. 기존 연구들에서 모션은 검색 시스템이나, 생성 시스템을 이용하여 아바타에 적용되어왔다. 하지만 검색을 위한 데이터베이스나, 생성 시스템 학습을 위한 데이터셋은 실내에서 모션 캡처 시스템을 이용해 구성된 데이터로, 실제 자연스러운 사람의 동작을 묘사하기에는 다양성이 부족하다는 한계가 있다. 유튜브와 같은 대규모 인터넷 영상들로부터 자연스러운 사람의 모션을 취득하여 pseudo ground-truth 데이터셋을 생성하는 방법들도 필요할 것으로 전망된다^[5,23,24]. 마지막으로 text-to-4D 휴먼 아바타 생성에서 더 나아가 텍스트 입력으로부터 동물과 같은 4족 보행 아바타를 생성하는 분야 또한 유망하다. 4족 보행 동물의 모션은 사람과는 유사하면서도 큰 차이가 존재하며, 대규모 인터



넷 영상에서 동물의 외형과 모션을 추정하여 데이터베이스를 구성하는 연구 분야의 발전도 필요할 것이다^[4]. 사용자의 텍스트를 입력으로 받아 가상의 휴먼 아바타를 생성하는 연구에서 더 나아가, 사용자가 자신이 원하는 인물의 사진을 이용해 아바타를 만들고, 텍스트로 구체적인 패션 스타일이나 원하는 모션을 입력하여 에디팅하는 등의 실용적인 연구에 대한 요구도 크다. Apple, Meta 등의 기업에서 XR 장치들과 이를 위한 콘텐츠 개발에 집중하는 현재 시점에서 본인의 사진을 이용한 아바타 합성과, 텍스트를 이용한 에디팅은 메타버스 콘텐츠 사업에 핵심적인 기술이 될 것으로 판단된다.

V. 결 론

Text-to-4D 휴먼 아바타 생성 연구는 양질의 콘텐츠를 창작하는 전문 디자이너들로 하여금 창작의 고통이나 반복적인 수작업을 감소시키고, 자신의 상상력을 빠르게 프로토타이핑해 생산성을 높이게 하는 툴로써 발전하고 있다. 당분간 이러한 생성형 인공지능 기술이 전문 디자이너들과 같은 사람을 대체하기보다는 전문 인력의 생산성과 전문성을 더욱 향상 시키는 기술로 발전할 것으로 기대된다. Text-to-4D 휴먼 아바타 생성 연구의 상용화를 위해서는 실제 산업에서 이를 사용할 사용자의 편의성과 아바타에 대한 controllability를 개선하는 방향 역시 중요하다. 휴먼 아바타의 품질과 성능 향상에 집중함과 동시에 생성된 휴먼 아바타를 전문 디자이너들이 에디팅하고, 상용 그래픽스 툴에 쉽게 로드하고 asset화 하는 UX 기술에 대한 투자 및 개발 역시 중요한 시점이라고 판단된다. 하지만 이러한 생성 도구의 발전은 누구나 쉽게 사용 가능한 자동화된 콘텐츠 생산 기술의 개발은 콘텐츠의 가치 하락으로 이어질 수 있어, 멀티미디어 시장의 콘텐츠의 소비 구조와 비즈니스 모델의 변화를 유의하여 섬세한 추적 모니터링이 요구된다.

Acknowledgment

이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원 의 지원을 받아 수행된 연구임

(No.RS-2023-00225630, 문장으로부터의 3차원 동영상 자동 생성 기술).

참 고 문 헌

- [1] Loper et al., "SMPL: A Skinned Multi-Person Linear Model," in ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH Asia), 2015.
- [2] Bogo et al., "Keep it SMPL: Automatic Estimation of 3D Human Pose and Shape from a Single Image," in European conference on computer vision (ECCV), 2016.
- [3] Kanazawa et al., "End-to-end Recovery of Human Shape and Pose," in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2018.
- [4] Youwang et al., "Unified 3D Mesh Recovery of Humans and Animals by Learning Animal Exercise," in British Machine Vision Conference (BMVC), 2021.
- [5] Cho et al., "Cross-Attention of Disentangled Modalities for 3D Human Mesh Recovery with Transformers," in European conference on computer vision (ECCV), 2022.
- [6] Ryou et al., "Multi-stage adaptive rank statistic pruning for lightweight human 3D mesh recovery model," in The Visual Computer (TVCJ), 2023.
- [7] Mildenhall et al., "NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis," in European conference on computer vision (ECCV), 2020.
- [8] Wang et al., "NeuS: Learning Neural Implicit Surfaces by Volume Rendering for Multi-view Reconstruction," in Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 2021.
- [9] Weng et al., "HumanNeRF: Free-viewpoint Rendering of Moving People from Monocular Video," in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2022.
- [10] Jiang et al., "NeuMan: Neural Human Radiance Field from a Single Video," in European conference on computer vision (ECCV), 2022.
- [11] Radford et al., "Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision," in International Conference on Machine Learning (ICML), 2021.

- [12] Rombach et al., "High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models," in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2022.
- [13] Michel et al., "Text2Mesh: Text-Driven Neural Stylization for Meshes," in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2022.
- [14] Poole et al., "DreamFusion: Text-to-3D using 2D Diffusion," in International Conference on Learning Representations (ICLR), 2022.
- [15] Youwang et al., "CLIP-Actor: Text-Driven Recommendation and Stylization for Animating Human Meshes," in European conference on computer vision (ECCV), 2022.
- [16] Youwang et al., "Text-driven Human Avatar Generation by Neural Re-parameterized Texture Optimization," in IEEE International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW), 2023.
- [17] Youwang et al., "Paint-it: Text-to-Texture Synthesis via Deep Convolutional Texture Map Optimization and Physically-Based Rendering," arXiv preprint arXiv:2312.11360, 2023.
- [18] Hong et al., "AvatarCLIP: Zero-Shot Text-Driven Generation and Animation of 3D Avatars," in ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH), 2022.
- [19] Jiang et al., "AvatarCraft: Transforming Text into Neural Human Avatars with Parameterized Shape and Pose Control," in IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2023.
- [20] Kolotouros et al., "DreamHuman: Animatable 3D Avatars from Text," in Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 2023.
- [21] Kim et al., "FPRF: Feed-Forward Photorealistic Style Transfer of Large-Scale 3D Neural Radiance Fields," in AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI), 2024.
- [22] Song et al., "Consistency Models," in International Conference on Machine Learning (ICML), 2023.
- [23] Youwang et al., "A Large-Scale 3D Face Mesh Video Dataset via Neural Re-parameterized Optimization," in arXiv

preprint arXiv:2310.03205, 2023.

- [24] Sung-Bin et al., "LaughTalk: Expressive 3D Talking Head Generation with Laughter," in IEEE Winter Conf. on Applications of Computer Vision (WACV), 2024.

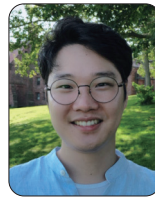


김유왕

- 2020년 8월 POSTECH 전자전기공학과 학사
- 2020년 9월 ~ 현재 POSTECH 전자전기공학과 석박사통합과정 재학 중
- 2023년 10월 ~ 현재 독일 튀빙겐 대학교 방문 연구원

〈관심 분야〉

Machine Learning, Computer Vision, Computer Graphics, Multi-modal Learning, Generative Modeling



오태현

- 2010년 8월 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2012년 8월 KAIST 전기 및 전자공학부 석사
- 2017년 8월 KAIST 전기 및 전자공학부 박사
- 2017년 8월 ~ 2019년 3월 미국 MIT CSAIL 포닥연구원
- 2019년 3월 ~ 2020년 2월 페이스북 AI 연구소 연구원
- 2020년 2월 ~ 2023년 9월 POSTECH 전자과 조교수
- 2023년 9월 ~ 현재 POSTECH 전자과 부교수

〈관심 분야〉

Machine Learning, Computer Vision, Multi-modal Learning, Data Efficient Learning, Generative Modeling, Sensor Fusion

AI기반 홀로그래픽 디스플레이 기술의 최근 예시

I. 서론

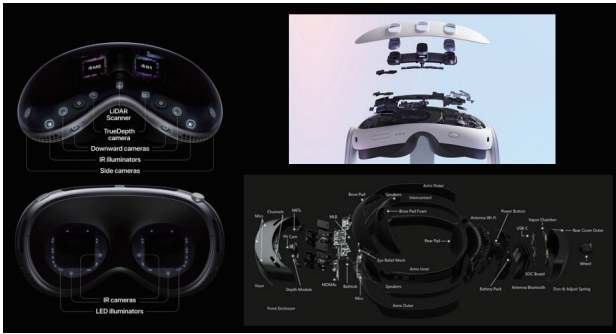
메타버스의 성공을 위해서는 가상 세계를 구축하고 사용자에게 사실적인 시각적 경험을 제공하는 것이 필수적이다. 다양한 디스플레이들이 시장에 보급되면서 시각적 경험을 제공하는 VR/AR기기에 대한 접근성도 점차 늘어나고 있다 <그림 1> [5]. 홀로그래픽 디스플레이는 궁극적 시각 경험을 제공할 수 있는 가능성을 가지고 있으며 특히 인간-컴퓨터 상호작용(HCI) 분야에서의 텔레프레전스, 원격 수술, 로봇 조종, 자동 디스플레이 등에서 홀로그래픽 디스플레이의 중요성은 더욱 부각될 수 있다. 홀로그래픽 디스플레이 기술은 다른 디스플레이 기술과는 다르게 높은 에너지 효율성을 가지며 깊이에 대한 자연스러운 인지 가능성을 제공하고 높은 이미지 품질을 가진다.

홀로그래픽 디스플레이의 핵심은 빛의 간섭과 회절을 이용한 3D 이미지 생성이다. 레이저 광원을 사용하여 빛의 간섭 패턴을 기록 또는 모사하고, 이를 통해 3차원 이미지를 재현하는 홀로그램은, 컴퓨터 생성 홀로그래피에 이르러서는 홀로그램을 생성하기 위하여 컴퓨터를 이용한 계산을 사용하게 되었다. 최근에는 인공지능을 이용하여 컴퓨터 생성 홀로그래피를 가속화하고, 실시간으로 홀로그램을 생성할 수 있는 연구가 진행되고 있기도 하다.

이러한 발전으로 근시일 내에 다양한 응용 분야에 혁신을 가져올 수 있다는 기대감이 증가하고 있는 상황이다. 특히, 메타버스와 결합되어 의료 분야에서는 정밀한 3D 인체 이미지를 생성하여 진단 및 치료 계획을 개선하는 데 사용될 수 있을 것이라 예상된다. 또한, 교육 분야에서는 상호 작용이 가능한 3차원 이미지를 통해 학습 경험을 풍부하게 하고 엔터테인먼트 분야에서는 사실적인 특수 효과와 공연을 통해 새로운 경험을 제공할 수 있다.



백승환
POSTECH



〈그림 1〉 최근 Apple, Meta의 VR/AR 디스플레이 시스템

이러한 홀로그래픽 디스플레이 기술의 발전은 메타버스 내에서 새로운 형태의 상호 작용을 가능하게 할 것이다. 또한, 최근 발전하고 있는 가상 현실, 3D 프린팅, 마이크로스코피, 데이터 시각화, 독특한 광학적 특성을 가진 표면의 디자인 등과 결합되어 더욱 분야적 발전을 이룰 것이라 예측된다. 본 글에서는 저자의 관련연구에 기반하여 최근 홀로그래픽 디스플레이 기술의 발전에 대해 소개하고 토론해보려 한다.

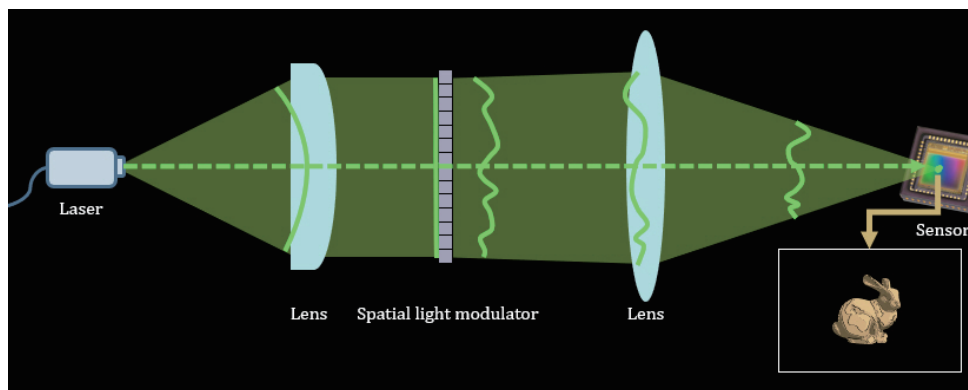
II. 컴퓨터 홀로그래픽 디스플레이의 소개

먼저, 컴퓨터 홀로그래피는 광학 분야에서 오랜 기간 연구되어온 분야로, 특히 공간 광 변조기(Spatial Light Modulator, SLM)는 이 분야를 가능하게 하는 핵심적인 기기 중 하나이다. SLM은 빛의 위상을 조절할 수 있는 픽셀을 갖춘 장치로, 주로 리퀴드 크리스탈을 사용하여 제작된다. 이 픽셀들은 개별적으로 조절됨으로써 상호작용하는 빛의 위상을 조절할 수 있는 능력을 가지고 있

며, 이러한 특성은 홀로그래피에서 이미지를 만들어내기 위해 활용될 수 있다.

일반적으로 SLM은 레이저에서 나온 평면 위상의 빛을 공간적으로 다양한 위상을 가지게 바꾸는 역할을 한다. 〈그림 2〉 즉, SLM이 존재하는 면에서 임의의 2차원 빛의 위상 변화를 만들어 낼 수 있고, 이를 통해 빛이 전파된 후 원하는 복잡한 빛의 파동, 즉 웨이브프론트(wavefront)를 생성하는 데 사용된다. 즉, 사용자가 SLM에서 변화된 빛이 특정 거리만큼 전파된 후 원하는 빛의 세기를 가진 이미지를 생성하게 만들 수가 있다. 이때 SLM의 공간적 위상 변화정도를 계산하는 것이 컴퓨터 홀로그래픽 디스플레이의 핵심 문제이다^[3].

구체적으로, SLM으로부터 목표 평면까지의 광학적 전파를 함수 f 로 표현할 수 있다. f 는 보통 Fourier Optics를 기반으로 간략화하여 모델링 하거나 파동광학, 더 나아가 전자기파적 원리를 사용하여 공식적으로 얻을 수 있다. 이러한 접근 방법은 이상적인 상황에서 빛의 전파에 대한 모델링에 기반한다. 이상적인 상황이라 함은, SLM의 동작에 오류가 없고 빛이 진행하면서 만나는 광학 요소 (렌즈, 핀홀 등) 또한 이상적으로 동작함을 의미한다. SLM에 의한 빛의 위상 변화정도를 x 라 할 때, 위상이 변화된 빛이 전파 함수 f 를 통하여 특정 거리만큼 이동한 후의 빛을 $f(x)$ 라 할 수 있다. 이때 x 를 2차원 SLM 픽셀의 위상 변화값을 모아둔 2차원 배열이라 하면, $f(x)$ 또한 빛의 전파후 2차원 웨이브프론트라고 할 수 있다. 전파 후 빛의 진폭 즉, $|f(x)|$ 가 원하는 목표 진폭인 이미지 y 와 같게 하는 최적화 문제를 푸는 것이 컴퓨터 홀



〈그림 2〉 홀로그래픽 디스플레이의 기본 원리

로그래픽 디스플레이문제이며 이는 종종 위상 추출 문제라고도 불린다. SLM이 빛의 진폭 변화를 만들어 내지 못하고 위상의 변화만을 구현할 수 있다는 점은 이 문제를 풀기 어렵게 만들었고, 이러한 문제를 극복하기 위해 Gerchberg-Saxton algorithm, double-phase encoding, stochastic gradient descent 등 많은 방법들이 전통적으로 사용되고 있다.

III. 시각 인지를 고려한 홀로그래픽 디스플레이

1. 동공에 따른 기존 컴퓨터 홀로그래픽 디스플레이의 성능 변화

앞에서 설명한 것처럼 홀로그래픽 디스플레이에서는 SLM에 의해 위상이 변화된 빛은 특정 거리만큼 전파된 후 생성되는 간섭 패턴으로 원하는 이미지를 생성한다. 이때 렌즈와 같은 다양한 광학 요소들이 생성해내는 빛의 웨이브프론트를 SLM을 통하여 통합적으로 구현함으로써 필요한 광학 요소들을 크게 줄일 수 있다는 가능성을 보여준다. 특히 이는 메타버스의 근접 눈 디스플레이 시스템에 반드시 필요한 컴팩트한 형태의 시스템 구성과 다중 초점 기능을 가능하다는 점에서 홀로그래픽 디스플레이의 장점이 될 수 있다.

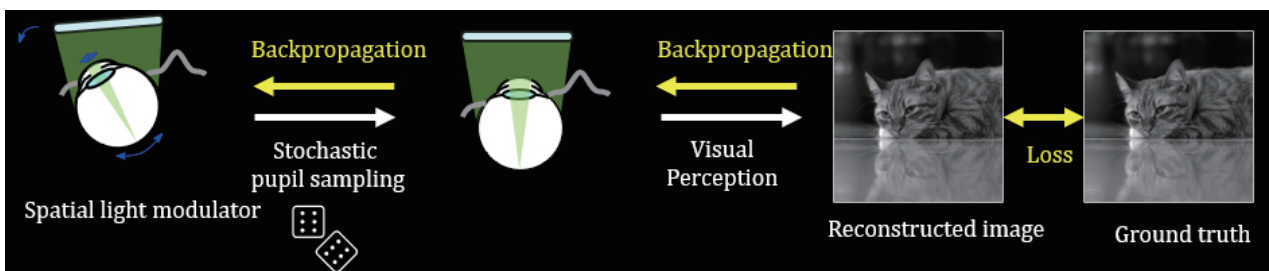
하지만, 근접 눈 디스플레이에 홀로그래픽을 응용하기 위해서는 추가적인 시각 인지적 고려가 필요하다. 인간의 눈동자는 무의식적인 빠른 눈 움직임부터 의식적인 시선 변화에 이르기까지 다양한 요인에 의해 넓은 영역을 움직인다. 이를 고려하여 홀로그래픽 디스플레이는 넓은 아이박스(홀로그래픽 디스플레이 콘텐츠를 볼 수 있는 영역)

를 지원하는 것이 반드시 필요하다. 하지만, 기존 홀로그래픽 디스플레이 기술은 이미지 품질이 아이박스 전체에 걸쳐 일정하지 않다. 또한, 눈동자로 들어오는 부분적인 웨이브프론트는 홀로그래픽 디스플레이의 영상 복원도를 크게 저하시킬 수 있다. 즉, 이러한 문제는 눈동자의 크기와 방향, 위치에 따라 인지되는 홀로그래픽 영상의 클리터가 다를 수 있음을 의미한다. <그림 4>

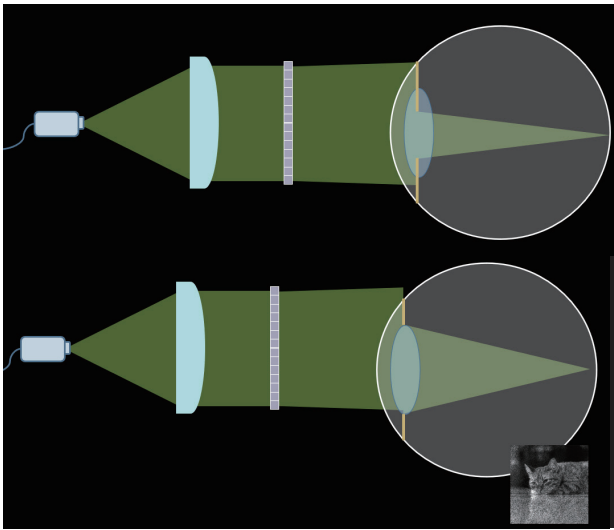
구체적으로 홀로그래픽 디스플레이의 2가지 구현법에 대해서 눈동자가 어떠한 문제를 야기하는지 살펴보겠다: (1) SLM이 직접 눈의 동공에 중계되는 경우(중계 기반 디스플레이)와 (2) SLM이 눈에서 멀리 떨어져 있는 경우(비중계 기반 디스플레이). 중계 기반 디스플레이에서는 SLM에서 눈의 동공 평면으로 중계되고 망막에 초점을 맞춘 웨이브프론트가 생성된다. 이때 동공의 위치와 크기에 따라서, 전체 SLM에 의해서 변화된 웨이브프론트의 일부만이 눈의 렌즈에 의하여 망막에 상이 맺히게 된다. 이 때문에 동공 크기에 따라 이미지에서는 영상의 화질이 크게 저하가 생길 수 있다.

비중계 기반 디스플레이에서는 추가 광학을 사용하여 SLM으로 변조한 빛을 동공으로 모은다. 이 구성의 문제로는 동공의 위치에 따라 이미지가 사라질 수 있다는 것이다. 즉, 아이박스가 광학의 초점 지점 주변의 작은 관측 가능한 영역으로 축소되어 사용자가 동공을 조금만 이동하면 이미지를 전혀 볼 수 없게 된다.

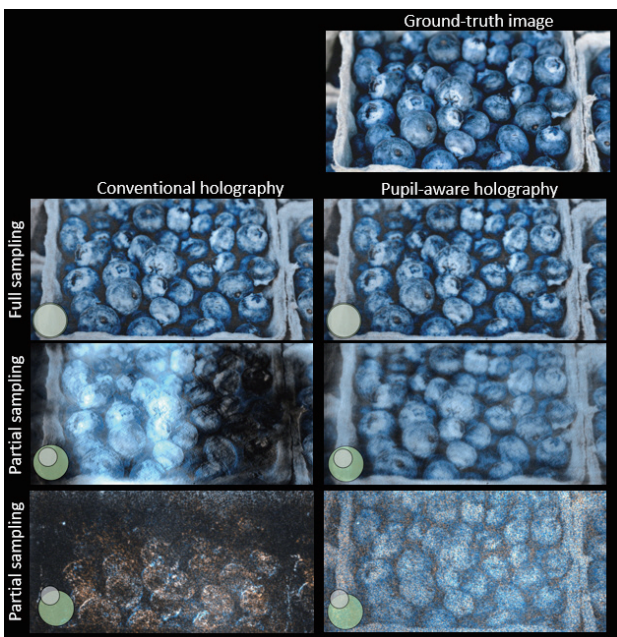
요약하자면, 현재의 홀로그래픽 디스플레이 기술들은 눈의 동공 움직임과 변화하는 동공 크기를 충분히 고려하지 않고 있다. 이를 극복하여 인간 시각인지의 다양한 요소를 같이 고려하였을 때 홀로그래픽 디스플레이를 메타버스를 위한 근접 눈 디스플레이에 효과적으로 적용할 수



<그림 3> 동공을 고려한 컴퓨터 홀로그래피 알고리즘



〈그림 4〉 동공에 크기와 위치와 따른 웨이브프론트의 부분적 획득과 그에 따른 영상 화질 저하



〈그림 5〉 동공 고려 컴퓨터 홀로그래픽 알고리즘의 성능

있으리라 예측된다.

2. 동공을 고려한 컴퓨터 홀로그래픽 디스플레이 알고리즘

임의의 눈동자 위치와 크기에 대해서도 높은 성능을 낼 수 있는 홀로그래픽 디스플레이를 위해서 동공의 확률적 샘플링을 사용하는 알고리즘이 제안되었다^[1]. 해당 방법

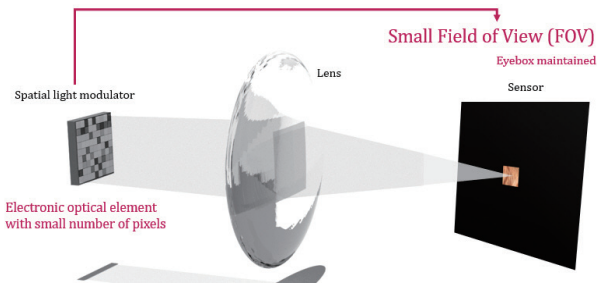
에서는 최적화 과정 매 단계마다 동공의 위치와 크기를 임의로 조정한다. 임의의 크기, 위치의 동공에 대하여 최적의 SLM의 위상 변화정도를 찾아내는데, 이때 평균적으로 높은 이미지 복원 정도를 달성하는 것을 최적화 함수의 비교 요소로 삼는다. 또한, 이 비교 요소를 계산할 때 시각 인지를 고려하여 특정 주파수 이하까지의 영상만 고려하여 목표 이미지와 비교한다. 이를 통하여 생성되는 이미지의 노이즈를 시각 인지 밖으로 밀어냄으로써 다양한 동공 위치, 크기에 대한 높은 홀로그래픽 영상 복원도를 획득한다. 〈그림 3〉

눈동자의 다양한 위치에 대해서 최적화의 효과를 기존의 방법과 비교하여 분석해 보았을 때, 이미지 평면에서 물체 위상을 무작위 혹은 균일하게 선택하는 기존 방법과는 달리, 제안된 방법은 홀로그래픽 투영의 재구성 품질과 아이박스 내 에너지 분포에 모두 영향을 준다. 그림 5에서 보이는 실험결과에 따르면, 균일한 위상을 사용하여 계산된 홀로그램은 에너지가 중심에 집중되어, 동공이 중심을 샘플링할 때만 이미지가 보인다. 따라서, 중심에서 벗어날 경우 이미지가 손실되는 문제가 발생한다. 동공 인지 최적화를 수행하게 되면, 아이박스 내 에너지가 중심에서는 균일한 위상처럼 분포하고 가장자리로 갈수록 무작위 위상에 가까워지도록 분포함으로써, 두 극단 사이의 균형을 찾아냈다. 따라서 이러한 에너지 분포는 다양한 동공 상태에 걸쳐 높은 충실도의 홀로그램 재구성을 가능하게 한다.

IV. 높은 에탄두를 고려한 홀로그래픽 디스플레이

1. 홀로그래픽 디스플레이의 에탄두 제약

LCoS 기술로 구현되고 있는 SLM은 회절 각도가 작아 이상적인 홀로그래픽 이미지 생성에 본질적인 제약으로 작동하고 있다. 〈그림 6〉 이는 가상 및 증강 현실 장치에 요구되는 넓은 시야각 (FOV)과 큰 아이박스 (영상을 볼 수 있는 영역의 크기)를 달성하는 데 문제가 된다. 이를 극복하기 위해 연구자들은 여러 가지 방법을 모색해 왔다.



〈그림 6〉 홀로그래픽 디스플레이의 낮은 에탄두 문제

예를 들어, 동적 피드백 메커니즘을 도입하거나, 여러 SLM을 공간적으로 통합하거나, 레이저 어레이와 같은 빠르게 전환되는 광원을 사용하는 시간적 통합 방법 등이 제안되었다. 하지만 이러한 기술들은 다양한 추가적 기술적 문제를 야기하게 된다. 즉, 본질적으로 넓은 시야각, 큰 아이박스 크기를 달성하는 것은 아직 풀리지 않은 홀로그래픽 디스플레이의 문제 중 하나이다.

성공적인 메타버스를 구현하기 위해 근접 눈 디스플레이는 높은 에탄두를 달성해야 한다. 에탄두는 디스플레이의 크기와 시야각을 곱한 값이다. 높은 에탄두를 달성하기 위해서는 현재의 LCoS 기술로는 이룰 수 없는 수십억 개의 SLM 픽셀 제조가 필요하다. 즉, 새로운 광학적인 접근이 필요하다고 볼 수 있다. 연구자들은 최근 SLM의 회절 각도를 확대할 수 있는 새로운 광학 요소의 사용을 탐구하고 있다^[6]. 무작위 산란 특성을 가진 광학 디퓨저가 하나의 후보이며, 이를 통하여 에탄두를 확장할 수 있지만, 무작위 산란의 특성상 홀로그램의 재구성 정확도가 극히 낮아지게 된다는 단점이 있다^[7].

2. 홀로그래픽 디스플레이 에탄두 확장 기술

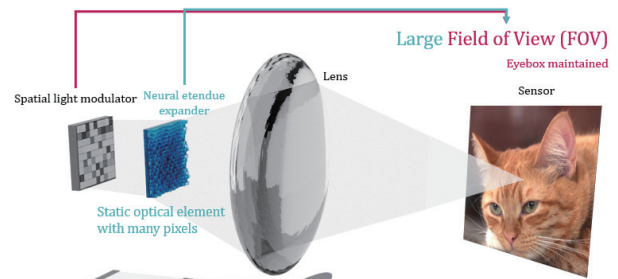
최근 저자의 연구^[2]에서는 뉴럴 에탄두 확장기(neural

etendue expanders)라는 새로운 정적 광학 요소를 통해 기존의 한계를 극복하려 했었다. 이 광학 요소는 홀로그래픽 디스플레이의 에탄두 확장을 할 수 있도록 SLM의 픽셀보다 작은 구조적 크기를 지니며 SLM과 결합했을 때 자연스러운 이미지의 정확한 재현을 할 수 있도록 최적화되었다. 〈그림 7〉

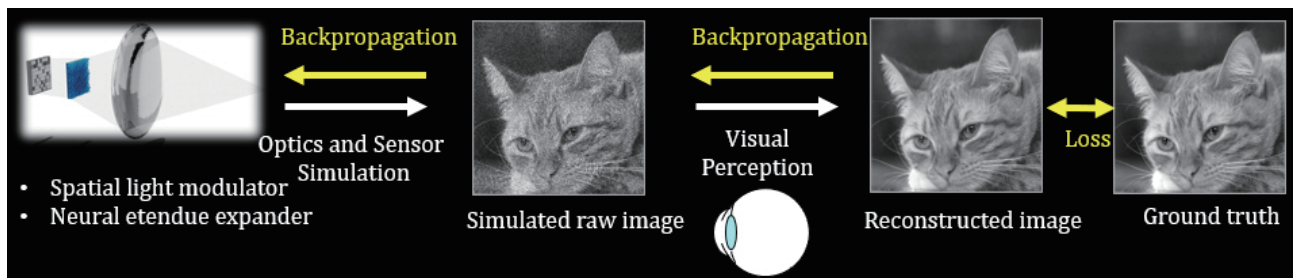
즉, 기존의 무작위 산란 마스크와 달리, 뉴럴 에탄두 확장기는 일반적인 이미지 데이터셋을 통해 SLM 패턴과 함께 학습함으로써 무작위적 산란이 아닌 의도된 산란패턴을 보여준다. 이를 학습하기 위해서 그림 8에서 나온 것과 같은 미분 가능한 홀로그래픽 이미지 형성 모델을 이용하였고 뉴럴 에탄두 확장기와 SLM을 동시에 학습하는 방법론을 이용하였다.

학습된 뉴럴 에탄두 확장기의 웨이브프론트 변조 특성을 분석해 보았을 때, 인간의 시각 시스템이 인지할 수 있는 주파수 대역 밖으로 재구성 노이즈를 밀어내면서, 일반적인 이미지의 중요한 주파수 대역을 유지할 수 있다는 것을 발견하였다.

뉴럴 에탄두 확장기의 성능을 확인해 보았을 때, 그림 9에서처럼 시뮬레이션에서 64배 에탄두 확장이 가능함을 보였고 이때 29 dB PSNR 이상의 인지 디스플레이



〈그림 7〉 학습된 광학 요소를 통한 에탄두 확장



〈그림 8〉 뉴럴 에탄두 확장기 학습법



〈그림 9〉 뉴럴 에탄두 확장기의 기존 방법들과의 성능 비교

품질을 가진 홀로그램을 구축할 수 있었다. 이를 실증하는 실험 또한 성공적으로 64배 에탄두 확장이 가능함을 보였다.

해당 연구에서 보여준 기술을 8K 픽셀 SLM에 사용하게 된다면, 이론적으로 인간의 스테레오 FOV의 85%를 감당할 수 있고 18.5mm 아이박스 크기를 제공할 수 있다. 즉, 이는 에탄두 관점에서 고 충실도 몰입감 있는 VR/AR 경험을 제공할 수 있음을 의미한다.

하지만, 아직 형성된 이미지에 남아있는 여러 가지 불완전한 결함들과 해당 뉴럴 에탄두 확장기와 SLM의 정합 문제 등, 다양한 문제 역시 남아있는 상황이다.

V. 결론

메타버스를 성공적으로 구현하기 위해 필수적인 충실한 시각적 경험 제공을 위해서 다양한 디스플레이 기술들이 개발되어 오고 있다. 그 중에서 오랜 기간 연구된 홀로그래픽 디스플레이 기술이 최근 AI, 비주얼 컴퓨팅, 광학 소자등의 다양한 기술적 발전에 힘입어 상업적 가능성을 마침내 보여주고 있다. 본 글에서는 최근 홀로그래픽 디스플레이 기술의 발전 중 시각인지와 에탄두 문제에 관련된 저자의 관련 연구를 소개하였다.

대략적인 내용을 전달하는 데에 목적을 두는 짧은 글이었지만 해당 연구 이외에 세계적으로 최근 많은 연구자들이 홀로그래픽 디스플레이의 성능을 높이기 위하여 연구를 진행 중이다. 최근의 발전 속도를 미루어보았을 때 본

저자는 향후 10년내로 홀로그래픽 기술이 메타버스에 사용될 수 있는 가능성이 높다고 생각한다.

이를 위하여 남아있는 여러 가지 문제점이 많다. 대표적으로 시스템의 가격 단가를 낮추는 것과 디스플레이 환경에 영향을 많이 받지 않을 수 있는 고르고 높은 영상 퀄리티 확보가 필요할 것이라 예측된다. 또한, 본질적인 높은 에탄두, 시각 인지에 대한 고려도 더욱 깊이 있게 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Chakravarthula et al. "Pupil-aware holography." ACM Transactions on Graphics (2022).
- [2] Tseng et al. "Neural Etendue Expander for Ultra-Wide-Angle High-Fidelity Holographic Display." arxiv (2023)
- [3] Choi et al. "Neural 3D holography: learning accurate wave propagation models for 3D holographic virtual and augmented reality displays." ACM Transactions on Graphics (2021).
- [4] Shi et al. "Towards real-time photorealistic 3D holography with deep neural networks." Nature (2021)
- [5] Itoh et al. "Towards indistinguishable augmented reality: A survey on optical see-through head-mounted displays." ACM Computing Surveys (2021)
- [6] Choi et al. "Holographic near-eye display with continuously expanded eyepiece using two-dimensional replication and angular spectrum wrapping." Optics Express (2020)
- [7] Yu et al. "Ultrahigh-definition dynamic 3D holographic display



by active control of volume speckle fields." Nature Photonics
(2017)



백승환

- 2013년 2월 서강대학교 컴퓨터공학 학사
- 2015년 2월 KAIST 전산학부 석사
- 2019년 2월 KAIST 전산학부 박사
- 2019년 2월 ~ 2020년 1월 KAIST 박사후 연구원
- 2020년 2월 ~ 2021년 12월 Princeton University
박사후 연구원
- 2021년 12월 ~ 현재 POSTECH 조교수

〈관심 분야〉

Computational imaging, computational display,
graphics, vision, optics

통신 분야

[통신]

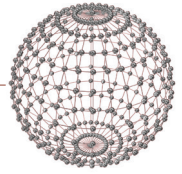
- 두 개의 확산 인자를 사용하는 수정된 LoRa 방식
주정석
- 전기차 이용자를 위한 클라우드 기반 충전소 검색 시스템 구현
서종관, 백상용, 유명식
- 대규모 다중 입력 다중 출력 시스템의 훈련 오버헤드 감소를 위한 중계 기술
임승찬, 정진곤
- 시변 채널을 위한 DNN 기반 채널 추정 방법
이상근, 심동규

[마이크로파 및 전파전파]

- 5G 응용을 위한 안정적인 각도 응답을 갖는 Ka-대역 단층 주파수 선택 표면
응웬띠엔닷, 신지훈, 정창원

[미래네트워크]

- RIS를 활용한 SLAM에서 밀리미터파 검출확률
김효원, 창동진



반도체 분야

[정보보안시스템]

- 신경망을 이용한 반도체 테스트 핀 불량 검출
김영주, 진천덕

[SoC 설계]

- 그래프 뉴럴 네트워크를 활용한 디지털 로직회로 타이밍 최적화 연구
김준, 정재용
- NTV 영역에서 안정적으로 동작 가능한 저전력 16-트랜지스터 단상 클럭 Flip-Flop
석준하, 김혜선, 김소영
- IoT Application을 위한 비교기-RC를 이용한 저전력 LDO Regulator 설계
김세은, 손상희, 박지만

컴퓨터 분야

[멀티미디어]

- 의사 참조 이미지를 활용한 무참조 이미지 화질 평가
용윤정, 오희석

[인공지능 및 보안]

- 오토인코더와 다중 레이블 분류기의 사전학습을 통한 GAN 학습 안정성 향상 및 생성 영상 제어
김지수, 지준, 오희석

시스템 및 제어 분야

[제어계측]

- 부정합 시스템 행렬 불확실성을 갖는 시스템을 위한 슬라이딩 면 부분 변환 정적 출력 궤환 적분 가변 구조 제어기
최명수, 이정훈

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: ieie@theieie.org

>>2024년 3월

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03.01. - 03.02.	2024 1st International Conference on Cognitive, Green and Ubiquitous Computing (IC-CGU)	Bhubaneswar, India	http://www.ic-cgu.co.in/
03.01. - 03.03.	2024 3rd International Conference for Innovation in Technology (INOCON)	Bangalore, India	http://inoconf.org/
03.01. - 03.02.	2024 20th IEEE International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)	Langkawi, Malaysia	https://sites.google.com/view/asprg-cspa/home
03.01. - 03.02.	2024 International Conference on Social and Sustainable Innovations in Technology and Engineering (SASI-ITE)	Tadepalligudem, India	http://ite.sasi.ac.in/
03.02. - 03.09.	2024 IEEE Aerospace Conference	Big Sky, Montana, USA	https://www.aeroconf.org/
03.02. - 03.06.	2024 IEEE International Symposium on High-Performance Computer Architecture (HPCA)	Edinburgh, United Kingdom	https://hpc-conf.org/
03.02. - 03.06.	2024 IEEE/ACM International Symposium on Code Generation and Optimization (CGO)	Edinburgh, United Kingdom	https://conf.researchr.org/home/cgo-2024
03.04. - 03.07.	2024 IEEE 8th Energy Conference (ENERGYCON)	Doha, Qatar	https://ieee-energycon2024.com/
03.04. - 03.05.	2024 IEEE 4th International Conference in Power Engineering Applications (ICPEA)	Pulau Pinang, Malaysia	https://icpea2024.uitm.edu.my/home%20
03.05. - 03.07.	2024 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)	Pune, India	https://escioit.org/
03.06. - 03.08.	2024 12th International Electrical Engineering Congress (IEECON)	Pattaya, Thailand	http://www.ieecon.org/ieecon2024/
03.07. - 03.08.	2024 Argentine Conference on Electronics (CAE)	Bahía Blanca, Argentina	http://eamta.ar/
03.07. - 03.08.	2024 Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)	Durban, South Africa	http://www.ictas.org/
03.08. - 03.10.	2024 12th International Conference on Intelligent Control and Information Processing (ICICIP)	Nanjing, China	https://conference.cs.cityu.edu.hk/icicip/
03.10. - 03.13.	2024 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)	Guatemala City, Guatemala	https://edunine.eu/edunine2024/
03.11. - 03.15.	2024 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)	Biarritz, France	https://www.percom.org/
03.11. - 03.15.	2024 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and other Affiliated Events (PerCom Workshops)	Biarritz, France	https://www.percom.org/
03.11. - 03.13.	2024 15th German Microwave Conference (GeMiC)	Duisburg, Germany	https://gemic2024.org/
03.11. - 03.14.	2024 27th Conference on Innovation in Clouds, Internet and Networks (ICIN)	Paris, France	https://www.icin-conference.org/
03.12. - 03.15.	2024 IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER)	Rovaniemi, Finland	https://conf.researchr.org/home/saner-2024

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03.12. - 03.14.	2024 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications	Moscow, Russia	http://media-publisher.ru/en/2024-on-board/
03.12. - 03.13.	2024 Seventh International Women in Data Science Conference at Prince Sultan University (WiDS PSU)	Riyadh, Saudi Arabia	https://info.psu.edu.sa/wids/
03.13. - 03.15.	2024 58th Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS)	Princeton, New Jersey, USA	https://ee-ciiss.princeton.edu/
03.14. - 03.16.	2024 16th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE)	Melbourne, Australia	http://www.iccae.org/
03.14. - 03.16.	2024 International Conference on Automation and Computation (AUTOCOM)	Dehradun, India	https://autocom.org.in/
03.14. - 03.16.	2024 IEEE International Conference on Interdisciplinary Approaches in Technology and Management for Social Innovation (IATMSI)	Gwalior, India	https://iatmsi.iitm.ac.in/
03.14. - 03.16.	2024 Third International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS)	Krishnankoil, Virudhunagar district, Tamil Nadu, India	https://edu.ieee.org/in-kare/about/
03.14. - 03.15.	2024 2nd International Conference on Networking, Embedded and Wireless Systems (ICNEWS)	Bangalore, India	http://icnews2024.com/
03.15. - 03.24.	SoutheastCon 2024	Atlanta, Georgia, USA	https://ieeesoutheastcon.org/
03.15. - 03.17.	2024 IEEE 7th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)	Chongqing, China	http://www.iaeac.org/
03.15. - 03.16.	2024 International Conference on Distributed Computing and Optimization Techniques (ICDCOT)	Bengaluru, India	http://icrtsem.sjbit.edu.in/ICDCOT/ICDCOT-index.html#home
03.15. - 03.16.	2024 International Conference on Recent Innovation in Smart and Sustainable Technology (ICRISST)	Bengaluru, India	https://www.icrisst2023.in/
03.15. - 03.16.	2024 2nd International Conference on Device Intelligence, Computing and Communication Technologies (DICCT)	Dehradun, India	https://dicct.geu.ac.in/
03.15. - 03.16.	2024 2nd International Conference on Disruptive Technologies (ICDT)	Greater Noida, India	https://www.glbitm.org/icdt-2024/
03.15. - 03.16.	2024 IEEE International Conference on Contemporary Computing and Communications (InC4)	Bangalore, India	https://ic4.co.in/
03.16. - 03.17.	2024 International Conference on Electronics, Information and Industrial Engineering (EIIE)	Kristiansand, Norway	http://www.eiieconf.com/
03.16. - 03.17.	2024 IEEE 3rd International Conference on Computing and Machine Intelligence (ICMI)	Mt Pleasant, Michigan, USA	https://www.icmiconf.com/
03.17. - 03.22.	2024 18th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)	Glasgow, United Kingdom	https://www.eucap2024.org/
03.17. - 03.19.	2024 IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation (SSIAI)	Santa Fe, New Mexico, USA	http://ivpcl.unm.edu/SSIAI2024/index.html
03.18. - 03.20.	2024 SICE International Symposium on Control Systems (SICE ISCS)	Higashi-Hiroshima, Japan	https://iscs2024.sice-ctrl.jp/
03.18. - 03.22.	2024 IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)	Orlando, Florida, USA	http://ieevr.org/
03.18. - 03.20.	2024 IEEE/OES Thirteenth Current, Waves and Turbulence Measurement (CWTM)	Wanchese, North Carolina, USA	https://cwtm2024.org/
03.18. - 03.20.	2024 12th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)	Yamaguchi, Japan	http://www.iciet.org/
03.19. - 03.22.	2024 Data Compression Conference (DCC)	Snowbird, Utah, USA	https://www.cs.brandeis.edu/~dcc/Call.html
03.19. - 03.21.	2024 IEEE 4th International Symposium on Joint Communications & Sensing (JC&S)	Leuven, Belgium	https://jcs-symposium.org/
03.20. - 03.22.	2024 23rd International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)	East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina	https://infoteh.etf.ues.rs.ba/indexe.php

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03.21. - 03.22.	2024 11th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)	Noida, India	http://amity.edu/spin2024/
03.22. - 03.23.	2024 IEEE Bangalore Humanitarian Technology Conference (B-HTC)	Karkala, India	https://bhct-2024.ieeebangalore.org/
03.22. - 03.23.	2024 4th International Conference on Data Engineering and Communication Systems (ICDECS)	Bangalore, India	https://www.icdecs2023.com/
03.24. - 03.28.	2024 Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC)	San Diego, California, USA	https://www.ofcconference.org/en-us/home/
03.25. - 03.27.	2024 IEEE Electrical Safety, Technical, Maintenance and Projects Workshop (ESTMP)	Calgary, Alberta, Canada	https://cmte.ieee.org/estmp/
03.25. - 03.29.	2024 40th Semiconductor Thermal Measurement, Modeling & Management Symposium (SEMI-THERM)	San Jose, California, USA	https://semi-therm.org/
03.25. - 03.28.	2024 IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems (INERTIAL)	Hiroshima, Japan	https://2024.ieee-inertial.org/
03.25. - 03.29.	2024 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon)	Sochi, Russia	http://smartindustrycon.ru/index-eng.html
03.25. - 03.28.	2024 77th Annual Conference for Protective Relay Engineers (CFPR)	College Station, Texas, USA	https://prorelay.tamu.edu/
03.25. - 03.27.	2024 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)	Bristol, United Kingdom	https://icit2024.ieee-ies.org/
03.27. - 03.29.	2024 IEEE South Asian Ultrasonics Symposium (SAUS)	Gujarat, India	https://2024.ieee-saus.org/
03.28. - 03.29.	2024 Panhellenic Conference on Electronics & Telecommunications (PACET)	Thessaloniki, Greece	https://pacet2024.web.auth.gr/
03.29. - 03.31.	2024 IEEE International Conference on Cybernetics and Innovations (ICCI)	Chonburi, Thailand	https://icci2024.smc-thailand.org/
03.29. - 03.31.	2024 10th International Conference on Electrical Engineering, Control and Robotics (EECR)	Guangzhou, China	http://www.eecr.org/
03.29. - 03.29.	2024 IEEE Workshop on Microelectronics and Electron Devices (WMED)	Boise, Idaho, USA	https://ieeeboisewmed.org/

>>2024년 4월

04.02. - 04.04.	2024 Second International Conference on Smart Technologies for Power and Renewable Energy (SPECon)	Ernakulam, India	http://eee.fisat.ac.in/specon24/
04.03. - 04.05.	2024 25th International Symposium on Quality Electronic Design (ISQED)	San Francisco, California, USA	https://www.isqed.org/
04.03. - 04.05.	2024 27th International Symposium on Design & Diagnostics of Electronic Circuits & Systems (DDECS)	Kielce, Poland	https://ddecs2024.tu.kielce.pl/
04.03. - 04.05.	2024 IEEE Green Technologies Conference (GreenTech)	Springdale, Arkansas, USA	https://ieeegreentech.org/
04.05. - 04.07.	2024 IEEE 9th International Conference for Convergence in Technology (I2CT)	Pune, India	https://ieeepune.i2ct.in/
04.06. - 04.07.	2024 IEEE 13th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)	Jabalpur, India	http://csnt.in/
04.07. - 04.10.	2024 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)	Long Beach, California, USA	https://2024.hapticsymposium.org/
04.08. - 04.11.	2024 17th Specialist Meeting on Microwave Radiometry and Remote Sensing for the Environment (MicroRad)	Alexandria, Virginia, USA	https://2024.microrad.org/
04.08. - 04.10.	2024 52nd Annual Ultrasonic Industry Association Symposium (UIA)	Dublin, Ireland	http://www.ultrasonics.org/aws/UIA/pt/sp/symposium
04.10. - 04.12.	2024 Wireless Telecommunications Symposium (WTS)	Oakland, California, USA	http://www.wtsconference.org/
04.10. - 04.12.	2024 Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Spring Session (AMCSM)	Voronezh, Russia	http://www.amm.vsu.ru/conf/en/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
04.11. - 04.13.	2024 1st International Conference on Trends in Engineering Systems and Technologies (ICTEST)	Kochi, India	https://ictest.mec.ac.in/
04.11. - 04.13.	2024 9th Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE)	Shanghai, China	https://acpee.net/
04.12. - 04.14.	2024 International Conference on Intelligent Computing and Robotics (ICICR)	Dalian, China	http://www.icrconf.com/
04.14. - 04.19.	ICASSP 2024 - 2024 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)	Seoul, Korea (South)	https://2024.ieeeicassp.org/
04.14. - 04.17.	2024 IEEE 7th International Conference on Soft Robotics (RoboSoft)	San Diego, California, USA	https://softroboticsconference.org/
04.14. - 04.17.	2024 IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech)	Portland, Oregon, USA	https://ieee-sustech.org/
04.14. - 04.18.	2024 IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS)	Grapevine, Texas, USA	https://www.irps.org/
04.14. - 04.20.	2024 IEEE/ACM 46th International Conference on Software Engineering (ICSE)	Lisbon, Portugal	https://conf.researchr.org/home/icse-2024
04.14. - 04.16.	2024 IEEE Life Member Conference	Austin, Texas, USA	https://life.ieee.org/news-events/ieee-life-members-conference/
04.15. - 04.18.	2024 IEEE 36th International Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS)	Edinburgh, United Kingdom	https://icmts.net/
04.15. - 04.16.	2024 IEEE Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON)	Clearwater, Florida, USA	https://www.ieeewamicon.org/
04.15. - 04.18.	2024 IEEE International Workshop on Antenna Technology (IWat)	Sendai, Japan	https://attend.ieee.org/iwat-2024/
04.15. - 04.18.	OCEANS 2024 - SINGAPORE	Singapore, Singapore	https://singapore24.oceansconference.org/
04.15. - 04.18.	2024 IEEE Silicon Photonics Conference (SiPhotonics)	Tokyo Bay, Japan	https://www.ieee-siphotonics.org/
04.16. - 04.18.	2024 IEEE Petroleum and Chemical Industry Conference Brasil (PCIC Brasil)	Rio de Janeiro, Brazil	https://ieee.org.br/pcicbr/
04.16. - 04.19.	2024 7th International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)	Moscow, Russia	https://inforino.mpei.ru/Pages/default.aspx
04.16. - 04.17.	2024 IEEE International Conference on Microwaves for Intelligent Mobility (ICMIM)	Boppard, Germany	https://www.icmim2024.com/en
04.17. - 04.19.	2024 IEEE 20th International Conference on Factory Communication Systems (WFCS)	Toulouse, France	https://wfcs24.inviteo.fr/
04.17. - 04.19.	2024 IEEE Symposium in Low-Power and High-Speed Chips (COOL CHIPS)	Tokyo, Japan	https://www.coolchips.org/2024/
04.17. - 04.19.	2024 International Conference on Cognitive Robotics and Intelligent Systems (ICC - ROBINS)	Coimbatore, India	https://kpriet.ac.in/conference/icc-robins
04.18. - 04.22.	2024 10th International Conference on Applied System Innovation (ICASI)	Kyoto, Japan	https://2024.icasi-conf.net/
04.18. - 04.19.	2024 International Conference on Knowledge Engineering and Communication Systems (ICKECS)	Chikkaballapur, India	https://ickecs.sjcit.ac.in/
04.18. - 04.20.	2024 International Conference on E-mobility, Power Control and Smart Systems (ICEMPS)	Thiruvananthapuram, India	https://www.icemps2024.com/
04.18. - 04.19.	2024 4th International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)	Greater Noida, India	http://icacite.com/
04.19. - 04.21.	2024 IEEE 4th International Conference on Electronic Communications, Internet of Things and Big Data (ICEIB)	Taipei, Taiwan	https://www.iceib.asia/
04.19.	2024 IEEE Power and Energy Conference at Illinois (PECI)	Urbana, Illinois, USA	http://peci.ece.illinois.edu/
04.21. - 04.22.	2024 8th International Conference on Image and Signal Processing and their Applications (ISPA)	Biskra, Algeria	http://www.univ-biskra.dz/ispaconf/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
04.21. - 04.24.	2024 IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC)	Denver, Colorado, USA	https://www.ieee-cicc.org/
04.21. - 04.24.	2024 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)	Dubai, United Arab Emirates	https://wcnc2024.ieee-wcnc.org/
04.22. - 04.24.	2024 IEEE 42nd VLSI Test Symposium (VTS)	Tempe, Arizona, USA	https://tttc-vts.org/public_html/new/2024/
04.22. - 04.24.	2024 IEEE International Conference on Computational Electromagnetics (ICCEM)	Nanjing, China	http://www.em-conf.com/iccem2024/
04.22. - 04.25.	2024 IEEE 6th International Conference on AI Circuits and Systems (AICAS)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	http://www.aicas2024.org/
04.22. - 04.25.	2024 International VLSI Symposium on Technology, Systems and Applications (VLSI TSA)	HsinChu, Taiwan	https://expo.itri.org.tw/2024VLSITSA/
04.22. - 04.26.	2024 IEEE-NPSS Real Time Conference (RT)	Quy Nhon, Vietnam	https://indico.cern.ch/event/940112/
04.23. - 04.26.	2024 European Conference on Synthetic Aperture Radar (EUSAR)	Munich, Germany	https://www.eusar.de/en
04.23. - 04.26.	2024 IEEE 17th Pacific Visualization Symposium (PacificVis)	Tokyo, Japan	https://pacificvis.github.io/pvis2024/
04.23. - 04.25.	2024 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)	Herndon, Virginia, USA	https://i-cns.org/
04.23. - 04.25.	2024 Joint International Vacuum Electronics Conference and International Vacuum Electron Sources Conference (IVEC + IVESC)	Monterey, California, USA	http://www.ieeeivec.org/
04.23. - 04.24.	2024 International Conference on Military Communication and Information Systems (ICMCIS)	Koblenz, Germany	https://www.icmcis.eu/
04.24. - 04.25.	2024 10th International Conference on Web Research (ICWR)	Tehran, Iran	https://iranwebconf.ir/
04.24. - 04.26.	2024 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)	Event Format: Virtual	http://iciicts.com/2024/
04.24. - 04.26.	2024 International Conference on Global Aeronautical Engineering and Satellite Technology (GAST)	Marrakesh, Morocco	https://gast24.sciencesconf.org/
04.25. - 04.26.	2024 International Conference on Nanoelectronics, Nanophotonics, Nanomaterials, Nanobioscience & Nanotechnology (5NANO)	Ernakulam, India	https://www.5nano2024.com/
04.25. - 04.26.	2024 New Trends in Civil Aviation (NTCA)	Prague, Czech Republic	https://ntca.fd.cvut.cz/
04.25.	2024 IEEE Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream)	Vilnius, Lithuania	https://vilniustech.lt/international-conference-e-stream/about-conference/335036
04.25. - 04.26.	2024 IEEE Kansas Power and Energy Conference (KPEC)	Manhattan, Kansas, USA	https://www.kpec-ksu.org/
04.25. - 04.26.	2024 International Conference on Emerging Technologies in Computer Science for Interdisciplinary Applications (ICETCS)	Bengaluru, India	https://icetcs.bmsce.in/
04.25. - 04.27.	2024 MIT Art, Design and Technology School of Computing International Conference (MITADTSociCon)	Pune, India	https://mitadtsocicon.in/
04.26. - 04.27.	2024 Third International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE)	Ballari, India	https://icdcece.in/
04.26. - 04.28.	2024 IEEE 2nd International Conference on Control, Electronics and Computer Technology (ICCECT)	Jilin, China	http://www.iccect.com/
04.26. - 04.27.	2024 1st International Conference on Innovative Sustainable Technologies for Energy, Mechatronics, and Smart Systems (ISTEMS)	Dehradun, India	https://istems2024.geu.ac.in/
04.27. - 04.29.	2024 IEEE International Conference on Advanced Systems and Emergent Technologies (IC_ASET)	Hammamet, Tunisia	https://attend.ieee.org/aset/
04.28. - 04.30.	2024 26th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS)	Angers, France	https://iceis.scitevents.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
04.28. - 04.29.	2024 19th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering (ENASE)	Angers, France	https://enase.scitevents.org/
04.28. - 04.29.	2024 6th International Conference on Finance, Economics, Management and IT Business (FEMIB)	Angers, France	https://femib.scitevents.org/
04.28.	2024 IEEE-IAS/PCA Cement Industry Conference (IAS/PCA)	Aurora, Colorado, USA	https://web.cvent.com/event/9c9cbcec-fc6a-4fa8-a1ef-b224d1bc6743/summary
04.29. - 04.30.	2024 12th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS)	San Antonio, Texas, USA	https://isdfs.org/
04.29. - 05.01.	2024 20th International Conference on Distributed Computing in Smart Systems and the Internet of Things (DCOSS-IoT)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	https://dcoss.org/
04.30. - 05.02.	2024 IEEE International Symposium on Product Compliance Engineering (ISPC)	Chicago, Illinois, USA	https://2024.psessymposium.org/

>>2024년 5월

05.01. - 05.03.	2024 IEEE International Conference on Mobility, Operations, Services and Technologies (MOST)	Dallas, Texas, USA	http://ieeemobility.org/MOST2024/
05.01. - 05.04.	2024 10th International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST)	Luang Prabang, Laos	https://iceast.kmitl.ac.th/2024/
05.02. - 05.03.	2024 IEEE Vision, Innovation, and Challenges Summit and Honors Ceremony (VIC Summit)	Boston, Massachusetts, USA	https://corporate-awards.ieee.org/event/vic-summit-honors-ceremony-gala/
05.02. - 05.03.	2024 2nd International Conference on Advancement in Computation & Computer Technologies (InCACCT)	Gharuan, India	https://icacct-cu.com/
05.02. - 05.03.	2024 International Conference on Electronics, Computing, Communication and Control Technology (ICECCC)	Bengaluru, India	https://sites.google.com/view/iceccc-2024/
05.02. - 05.04.	2024 IEEE Latin American Electron Devices Conference (LAEDC)	Guatemala City, Guatemala	https://attend.ieee.org/laedc-2024/
05.02. - 05.03.	2024 International Conference on Smart Devices (ICSDD)	Dehradun, India	http://icsd2023.uudoon.in/
05.03. - 05.04.	2024 Parul International Conference on Engineering and Technology (PICET)	Vadodara, India	https://www.puconferences.com/
05.03. - 05.05.	2024 IEEE 15th International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA)	Sousse, Tunisia	http://www.logistiqua.com/
05.03. - 05.05.	2024 Second IEEE International Conference on Measurement, Instrumentation, Control and Automation (ICMICA)	Kurukshetra, India	https://www.icmica2023.com/
05.03.	2024 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS)	Charlottesville, Virginia, USA	https://engineering.virginia.edu/departments/systems-and-information-engineering/academics/undergraduate/ieee-sieds
05.03. - 05.04.	2024 3rd International Conference on Artificial Intelligence For Internet of Things (AIoT)	Vellore, India	https://vit.ac.in/AIoT2024/
05.04. - 05.05.	2024 Intelligent Systems and Machine Learning Conference (ISML)	Hyderabad, India	https://sites.google.com/view/ismlcon/
05.04. - 05.07.	2024 World Microwave Congress (WMC)	Event Format: Virtual	https://wmc-ieee.org/
05.05. - 05.08.	2024 IEEE International Conference on Machine Learning for Communication and Networking (ICMLCN)	Stockholm, Sweden	https://icmlcn2024.ieee-icmlcn.org/
05.05. - 05.10.	2024 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)	Charlotte, North Carolina, USA	https://www.cleoconference.org/home/
05.05. - 05.07.	2024 IEEE International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software (ISPASS)	Indianapolis, Indiana, USA	http://ispass.org/ispass2024/
05.05. - 05.10.	2024 IEEE International Magnetic Conference - Short Papers (INTERMAG Short Papers)	Rio de Janeiro, Brazil	https://intermag2024.org/
05.06. - 05.09.	2024 IEEE International Symposium on Hardware Oriented Security and Trust (HOST)	Tysons Corner, Virginia, USA	http://www.hostsymposium.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.06. - 05.10.	2024 IEEE Radar Conference (RadarConf24)	Denver, Colorado, USA	https://conference-radar.org/
05.06. - 05.10.	NOMS 2024-2024 IEEE Network Operations and Management Symposium	Seoul, Korea (South)	https://noms2024.ieee-noms.org/about
05.06. - 05.09.	2024 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)	Anaheim, California, USA	https://ieeet-d.org/
05.06. - 05.09.	2024 20th International Conference on the Design of Reliable Communication Networks (DRCN)	Montreal, Quebec, Canada	https://drcn2024.encs.concordia.ca/
05.06. - 05.09.	2024 IEEE 8th International Conference on Fog and Edge Computing (ICFEC)	Philadelphia, Pennsylvania, USA	https://icfec2024.ontariotechu.ca/
05.06. - 05.09.	2024 IEEE 32nd Annual International Symposium on Field-Programmable Custom Computing Machines (FCCM)	Orlando, Florida, USA	https://www.fccm.org/
05.07. - 05.10.	2024 IEEE Conference on Cognitive and Computational Aspects of Situation Management (CogSIMA)	Montreal, Quebec, Canada	https://2024.cogsima.org/
05.07. - 05.09.	2024 7th International Symposium on Autonomous Systems (ISAS)	Chongqing, China	http://www.isas.cqu.edu.cn/index.htm
05.08. - 05.10.	2024 27th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)	Tianjin, China	http://2024.cscwd.org/
05.08. - 05.09.	2024 International Conference on Current Trends in Advanced Computing (ICCTAC)	Bengaluru, India	https://kristujayanti.edu.in/ICCTAC/
05.08. - 05.10.	2024 IEEE UFFC Latin America Ultrasonics Symposium (LAUS)	Montevideo, Uruguay	https://2024.ieee-laus.org/
05.08. - 05.11.	2024 IEEE Wireless Power Technology Conference and Expo (WPTCE)	Kyoto, Japan	https://ieee-wptce2024.org/
05.08. - 05.10.	2024 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV)	Fez, Morocco	https://www.iscvconf.com/2024/
05.09. - 05.11.	2024 IEEE 2nd International Conference on Power Science and Technology (ICPST)	Dali, China	https://www.icpst.org/
05.09. - 05.10.	2024 International Conference on Advances in Modern Age Technologies for Health and Engineering Science (AMATHE)	Shivamogga, India	http://amathe.in/
05.10. - 05.11.	2024 IEEE International Conference on Intelligent Systems, Smart and Green Technologies (ICISSGT)	Vssakhapatnam, India	https://r10.ieee.org/vizagbay/icissgt-2023/
05.10. - 05.12.	2024 IEEE 7th International Electrical and Energy Conference (CIEEC)	Harbin, China	https://www.cieec.com.cn/
05.10. - 05.12.	2024 9th International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCRE)	Osaka, Japan	http://www.iccre.org/
05.10. - 05.12.	2024 5th Information Communication Technologies Conference (ICTC)	Nanjing, China	http://www.ictc.net/
05.12. - 05.15.	2024 IEEE International Memory Workshop (IMW)	Seoul, Korea (South)	https://www.ewh.ieee.org/soc/eds/imw/
05.12. - 05.15.	2024 IEEE 7th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS)	St. Louis, Missouri, USA	https://icps2024.ieee-ies.org/
05.12. - 05.15.	2024 IEEE 28th Workshop on Signal and Power Integrity (SPI)	Lisbon, Portugal	https://spi2024.av.it.pt/
05.12. - 05.15.	2024 IEEE International Symposium on Olfaction and Electronic Nose (ISOEN)	Grapevine, Texas, USA	https://www.iso2024.org/
05.12. - 05.14.	2024 2nd International Conference on Electrical Engineering and Automatic Control (ICEEAC)	Setif, Algeria	https://iceeac23.univ-setif.dz/
05.13. - 05.14.	2024 IEEE 24th International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing (CCGrid)	Philadelphia, Pennsylvania, USA	https://cis.temple.edu/ccgrid2024/
05.13. - 05.16.	2024 IEEE 40th International Conference on Data Engineering (ICDE)	Utrecht, Netherlands	https://icde2024.github.io/
05.13. - 05.15.	2024 IEEE MTT-S International Conference on Microwave Acoustics & Mechanics (IC-MAM)	Chengdu, China	http://icmam-ieee.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.13. - 05.16.	2024 IEEE 30th Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS)	Hong Kong, Hong Kong	https://2024.rtas.org/
05.13. - 05.16.	2024 ACM/IEEE 15th International Conference on Cyber-Physical Systems (ICCPs)	Hong Kong, Hong Kong	http://iccps.acm.org/2024/
05.13. - 05.16.	2024 IEEE/ACM Ninth International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDL)	Hong Kong, Hong Kong	https://conferences.computer.org/iotDL/2024/
05.13. - 05.16.	2024 35th Annual SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASMC)	Albany, New York, USA	https://www.semi.org/en/connect/events/advanced-semiconductor-manufacturing-conference-asmc
05.13. - 05.15.	2024 IEEE 33rd Microelectronics Design & Test Symposium (MDTS)	Albany, New York, USA	https://mdts.ieee.org/
05.13. - 05.15.	2024 Joint Rail Conference (JRC)	Columbia, South Carolina, USA	https://event.asme.org/Joint-Rail-Conference
05.13. - 05.16.	2024 IEEE 40th International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW)	Utrecht, Netherlands	https://icde2024.github.io/
05.13. - 05.16.	2024 IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN)	Washington, District of Columbia, USA	https://dyspan2024.ieee-dyspan.org/
05.13. - 05.15.	2024 IEEE Ural-Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT)	Yekaterinburg, Russia	https://usbereit.ieeesiberia.org/
05.13. - 05.14.	2024 Intermountain Engineering, Technology and Computing (IETC)	Logan, Utah, USA	https://www.uvu.edu/cet/i-etc/
05.13. - 05.16.	2024 23rd ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN)	Hong Kong	http://ipsn.acm.org/2024/
05.14. - 05.15.	2024 Third International Conference on Distributed Computing and High Performance Computing (DCHPC)	Tehran, Iran	http://iahpc.ir/
05.14. - 05.15.	2024 1st International Conference on Innovative Engineering Sciences and Technological Research (ICIESTR)	Muscat, Oman	https://iciestr.com/
05.14. - 05.15.	2024 IEEE 6G Summit Dresden	Dresden, Germany	http://www.5gsummit.org/dresden/
05.14. - 05.15.	2024 4th International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)	Greater Noida, India	http://icacite.com/
05.15. - 05.17.	2024 IEEE 4th International Conference on Human-Machine Systems (ICHMS)	Toronto, Ontario, Canada	https://ichms.blog.torontomu.ca/
05.15. - 05.17.	2024 International Conference on Control, Automation and Diagnosis (ICCAD)	Paris, France	https://www.iccad-conf.com/
05.15. - 05.17.	2024 24th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE)	Kouty nad Desnou, Czech Republic	http://www.epe-conference.eu/
05.15. - 05.19.	2024 47th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE)	Prague, Czech Republic	https://isse-conf.eu/
05.15. - 05.17.	2024 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC)	Kobe, Japan	https://ieee-vnc.org/
05.15. - 05.18.	2024 32nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)	Mersin, Turkiye	https://siu2024.tarsus.edu.tr/
05.16. - 05.17.	2024 4th International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET)	FEZ, Morocco	http://www.iraset.org/2024/
05.16. - 05.19.	2024 16th International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI)	Zhangjiajie, China	https://conference.cs.cityu.edu.hk/icaci/
05.16. - 05.18.	2024 IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS)	Kothamangalam, Kerala, India	http://raics.ieeemace.org/
05.16. - 05.18.	2024 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR)	Cluj-Napoca, Romania	https://www.aqtr.ro/
05.17. - 05.22.	2024 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)	Singapore, Singapore	https://2024.ieee-iscas.org/
05.17. - 05.20.	2024 IEEE 10th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC2024-ECCE Asia)	Chengdu, China	https://www.ipemc-conf.com/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.17. - 05.18.	2024 Second International Conference on Data Science and Information System (ICDSIS)	Hassan, India	https://icdsis.in/
05.17. - 05.19.	2024 Second International Conference on Cyber-Energy Systems and Intelligent Energy (ICCSIE)	Shenyang, China	http://iccsie2022.neu.edu.cn/
05.17. - 05.19.	2024 IEEE 13th Data Driven Control and Learning Systems Conference (DDCLS)	Kaifeng, China	http://ddcls24.henu.edu.cn/index.html
05.17. - 05.18.	2024 IEEE 4th International Conference on VLSI Systems, Architecture, Technology and Applications (VLSI SATA)	Bangalore, India	https://vlsisata.in/
05.18. - 05.19.	2024 IEEE International Conference on Advanced Information, Mechanical Engineering, Robotics and Automation (AIMERA)	Wulumuqi, China	http://icaibera.net/
05.18. - 05.24.	2024 IEEE International Particle Accelerator Conference (IPAC)	Nashville, Tennessee, USA	https://ipac24.org/
05.19. - 05.23.	2024 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)	San Francisco, California, USA	https://www.ieee-security.org/TC/SP2024/
05.19. - 05.23.	2024 IEEE/IAS 60th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS)	Las Vegas, Nevada, USA	https://site.ieee.org/ias-icps/2024-conference/
05.19. - 05.24.	2024 4th URSI Atlantic Radio Science Meeting (AT-RASC)	Meloneras, Spain	https://www.atrasc.com/home.php
05.19. - 05.21.	2024 IEEE 4th International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (MI-STA)	Tripoli, Libya	https://mista-con.org/
05.19. - 05.22.	2024 IEEE Communication Theory Workshop (CTW)	Banff, Alberta, Canada	https://ctw2024.ieee-ctw.org/
05.20. - 05.24.	2024 IEEE Joint International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Signal & Power Integrity: EMC Japan / Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Japan/APEMC Okinawa)	Ginowan, Okinawa, Japan	https://www.ieice.org/cs/emc/2024/
05.20. - 05.23.	2024 IEEE Conference on Computational Imaging Using Synthetic Apertures (CISA)	Boulder, Colorado, USA	https://sagroups.ieee.org/sps-sasc/2024-ieee-conference-on-synthetic-apertures/
05.20. - 05.24.	2024 X International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT)	Samara, Russia	http://itnt-conf.org/
05.20. - 05.24.	2024 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)	Sochi, Russia	https://icieam.su-ieee.ru/
05.20. - 05.23.	2024 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)	Glasgow, United Kingdom	https://i2mtc2024.ieee-ims.org/
05.20. - 05.24.	2024 47th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO)	Opatija, Croatia	http://www.mipro.hr/
05.20. - 05.24.	2024 IEEE European Test Symposium (ETS)	The Hague, Netherlands	https://ets24.ewi.tudelft.nl/
05.20. - 05.23.	2024 IEEE International Conference on Development and Learning (ICDL)	Austin, Texas, USA	http://la.utexas.edu/users/dil/ICDL_Austin_2024/
05.20. - 05.22.	2024 15th Global Symposium on Millimeter-Waves & Terahertz (GSMM)	Hong Kong	https://www.gsmm2024.org/
05.20. - 05.22.	2024 IEEE Emerging Technology Reliability Roundtable (ETR-RT)	Lisbon, Portugal	https://cqr.committees.comsoc.org/etr-rt-2024/
05.20.	IEEE INFOCOM 2024 - IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)	Vancouver, British Columbia, Canada	https://infocom2024.ieee-infocom.org/
05.20. - 05.22.	2024 IEEE International Conference on Advanced Robotics and Its Social Impacts (ARSO)	Hong Kong	https://ieee-arso.org/
05.20. - 05.22.	2024 ELEKTRO (ELEKTRO)	Zakopane, Poland	https://elektro.uniza.sk/home.php?id_conference=10
05.20. - 05.23.	IEEE INFOCOM 2024 - IEEE Conference on Computer Communications	Vancouver, British Columbia, Canada	https://infocom2024.ieee-infocom.org/
05.20. - 05.23.	2024 Annual Modeling and Simulation Conference (ANNSIM)	Washington, D.C., District of Columbia, USA	https://scs.org/annsim/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.21. - 05.25.	2024 IEEE 18th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI)	Timisoara, Romania	http://conf.uni-obuda.hu/saci2024/
05.21. - 05.24.	2024 IEEE 27th International Symposium on Real-Time Distributed Computing (ISORC)	Tunis, Tunisia	https://isorc.github.io/2024/
05.21. - 05.23.	2024 IEEE 12th International Symposium on Signal, Image, Video and Communications (ISIVC)	Marrakech, Morocco	http://www.isivc.org/isivc2024/
05.21. - 05.23.	2024 International Conference on Smart Grid Synchronized Measurements and Analytics (SGSMA)	Washington, District of Columbia, USA	https://blogs.gwu.edu/seas-sgsma2024/
05.22. - 05.24.	2024 1st International Conference on Communications and Computer Science (InCCCS)	Bangalore, India	https://incccs.bmsce.in/
05.22. - 05.23.	2024 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)	Novi Sad, Serbia	https://www.gozinc.org/
05.22. - 05.24.	2024 25th International Carpathian Control Conference (ICCC)	Krynica Zdrój, Poland	https://iccc.agh.edu.pl/
05.23. - 05.24.	2024 International Conference on Computational Intelligence and Computing Applications (ICCICA)	Samalkha, India	https://www.piet.co.in/ICCICA24/
05.23. - 05.24.	2024 Smart City Symposium Prague (SCSP)	Prague, Czech Republic	https://akce.fd.cvut.cz/en/scsp2024
05.23.	2024 International Conference on Engineering & Computing Technologies (ICECT)	Islamabad, Pakistan	https://numl.edu.pk/icect/
05.23. - 05.25.	2024 International Conference on Development and Application Systems (DAS)	Suceava, Romania	https://dasconference.ro/
05.23. - 05.24.	2024 IEEE International Conference on Evolving and Adaptive Intelligent Systems (EAIS)	Madrid, Spain	https://eventos.uc3m.es/97610/detail/ieee-international-conference-on-evolving-and-adaptive-intelligent-systems-2024-ieee-eais-2024.html
05.23. - 05.25.	2024 3rd International Conference on Innovations and Development of Information Technologies and Robotics (IDITR)	Hungghom, Hong Kong	https://iditr.org/
05.23. - 05.25.	2024 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)	Istanbul, Türkiye	http://www.ichoracongress.com/
05.24. - 05.26.	2024 IEEE 6th Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)	Chongqing, China	http://www.imcec.org/
05.24. - 05.25.	2024 IEEE 14th Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)	Penang, Malaysia	https://www.iscaie.org/home
05.24. - 05.26.	2024 5th International Conference for Emerging Technology (INCET)	Belgaum, India	http://www.incet.org/
05.24. - 05.25.	2024 IEEE 14th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication (ICEIEC)	Beijing, China	http://www.iceiec.org/
05.24. - 05.27.	2024 7th International Conference on Artificial Intelligence and Big Data (ICAIBD)	Chengdu, China	http://www.icaibd.org/
05.24. - 05.26.	2024 IEEE 4th International Conference on Electronic Technology, Communication and Information (ICETCI)	Changchun, China	http://www.icetci.org/
05.27. - 05.30.	2024 IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)	Athens, Greece	https://biomedicalimaging.org/2024/
05.27. - 05.31.	2024 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS)	San Francisco, California, USA	http://www.ipdps.org/
05.27. - 05.31.	2024 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)	Dublin, Ireland	https://icbc2024.ieee-icbc.org/
05.27. - 05.28.	2024 Security for Space Systems (3S)	Noordwijk, Netherlands	https://atpi.eventsair.com/24a06---3s2024/#:~:text=Security%20for%20Space%20Systems%20(3S)%202024%20is%20the%201st%20edition,but%20not%20limited%20to)%3A
05.27. - 05.31.	2024 IEEE Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST)	Toronto, Ontario, Canada	https://conf.researchr.org/home/icst-2024

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05.27. - 05.31.	2024 IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW)	Toronto, Ontario, Canada	https://conf.researchr.org/home/icst-2024
05.27. - 05.31.	2024 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC)	Ayia Napa, Cyprus	https://iwcmc.net/2024/index.php
05.27. - 05.30.	2024 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom)	Tbilisi, Georgia	https://blackseacom2024.ieee-blackseacom.org/
05.27. - 05.31.	2024 IEEE 18th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG)	Istanbul, Türkiye	https://fg2024.ieee-biometrics.org/
05.27. - 05.29.	2024 12th International Conference on Smart Grid (icSmartGrid)	Setubal, Portugal	http://icsmartgrid.org/
05.28.	2024 IEEE International Power Modulator and High Voltage Conference (IPMHVC)	Indianapolis, Indiana, USA	http://www.ipmhvc.com/2024-home/
05.28. - 05.31.	2024 IEEE 74th Electronic Components and Technology Conference (ECTC)	Denver, Colorado, USA	https://www.ectc.net/
05.28. - 05.30.	2024 International Conference on Smart Applications, Communications and Networking (SmartNets)	Harrisonburg, Virginia, USA	https://smarnets.ieee.tn/
05.28. - 05.31.	2024 Prognostics and Health Management Conference (PHM)	Stockholm, Sweden	http://www.phmice.org/
05.28. - 05.31.	2024 23rd IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITherm)	Aurora, Colorado, USA	https://www.ieee-itherm.net/
05.28. - 05.30.	2024 IEEE 54th International Symposium on Multiple-Valued Logic (ISMVL)	Brno, Czech Republic	https://mvl.jpnl.org/ISMVL2024/
05.29. - 05.31.	2024 5th International Conference in Electronic Engineering, Information Technology & Education (EEITE)	Chania, Greece	https://eeite2024.hmu.gr/
05.29. - 05.31.	2024 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4.0 & IoT)	Firenze, Italy	https://www.metroind40iot.org/
05.29. - 05.31.	2024 OES China Ocean Acoustics (COA)	Harbin, China	http://www.iccsnt.org/COA2024/Index.asp
05.30. - 06.01.	2024 IEEE International Conference on Electro Information Technology (eIT)	Eau Claire, Wisconsin, USA	http://www.eit-conference.org/eit2024/
05.30. - 05.31.	2024 11th IEEE Swiss Conference on Data Science (SDS)	Zurich, Switzerland	https://sds2024.ch/
05.31. - 06.02.	2024 IEEE 6th Eurasia Conference on Biomedical Engineering, Healthcare and Sustainability (ECBIOS)	Tainan, Taiwan	https://www.ecbios.asia/
05.31. - 06.03.	2024 IEEE International Workshop on Radio Frequency and Antenna Technologies (IWRFA&T)	Shenzhen, China	https://rfat.szu.edu.cn/

>>2024년 6월

06.02. - 06.05.	2024 IEEE Intelligent Vehicle Symposium (IV)	Jeju Island, Korea (South)	https://ieee-iv.org/
06.02. - 06.05.	2024 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC)	Minneapolis, Minnesota, USA	https://ieee-eic.org/
06.02. - 06.05.	2024 IEEE 21st Biennial Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC)	Jeju, Korea (South)	http://cefc2024.com/index
06.02. - 06.06.	2024 36th International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICs (ISPSD)	Bremen, Germany	https://www.ispsd2024.com/
06.03. - 06.05.	2024 11th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace)	Lublin, Poland	https://www.metroaerospace.org/
06.03. - 06.05.	2024 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	ASET 2024 - Higher Colleges of Technology (hct.ac.ae)
06.03. - 06.06.	2024 Joint European Conference on Networks and Communications & 6G Summit (EuCNC/6G Summit)	Antwerp, Belgium	https://www.eucnc.eu/
06.03. - 06.06.	2024 1st International Conference on Smart Energy Systems and Artificial Intelligence (SESAI)	Mauritius	https://www.sesai2024.com/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06.03. - 06.06.	2024 IEEE 12th International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)	Orlando, Florida, USA	https://ieeichi2024.github.io/
06.03. - 06.06.	2024 IEEE International Interconnect Technology Conference (IITC)	San Jose, California, USA	https://iitc-conference.org/
06.03. - 06.06.	2024 IEEE 16th Workshop on Low Temperature Electronics (WOLTE)	Sardinia, Italy	https://wolte16.org/
06.03. - 06.06.	2024 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF)	St. Petersburg, Russia	http://media-publisher.ru/en/about-weconf-2024/
06.03. - 06.06.	2024 11th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN)	Nis, Serbia	https://www.etrn.rs/2024/en/home-english/
06.04. - 06.06.	2024 IEEE International Conference on RFID (RFID)	Cambridge, Massachusetts, USA	https://2024.ieee-rfid.org/
06.04. - 06.07.	2024 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)	Chania - Crete, Greece	https://uasconferences.com/2024_icuas/
06.04. - 06.07.	2024 IEEE 25th International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)	Perth, Australia	https://www.cse.unsw.edu.au/~wowmom/2024/
06.04. - 06.07.	2024 6th Global Power, Energy and Communication Conference (GPECOM)	Budapest, Hungary	https://gpecom.org/2024/
06.04. - 06.08.	2024 IEEE 21st International Conference on Software Architecture (ICSA)	Hyderabad, India	https://icsa-conferences.org/series/
06.05. - 06.06.	2024 1st International Conference on Production Technologies and Systems for E-Mobility (EPTS)	Bamberg, Germany	https://www.faps.fau.de/e_pts/
06.05. - 06.07.	2024 OPJU International Technology Conference (OTCON) on Smart Computing for Innovation and Advancement in Industry 4.0	Raigarh, India	https://opjuieeeotc.in/
06.05. - 06.07.	2024 3rd International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing (ICAAIC)	Event Format: Virtual	https://icaaic.com/
06.05. - 06.07.	2024 IEEE Gaming, Entertainment, and Media Conference (GEM)	Turin, Italy	https://www.ieee-gem2024.org/
06.06. - 06.07.	2024 9th International Conference on Integrated Circuits, Design, and Verification (ICDV)	Hanoi, Vietnam	https://icdv-conf.org/
06.06. - 06.07.	2024 International Conference on Smart Computing, IoT and Machine Learning (SIML)	Surakarta, Indonesia	https://siml.ums.ac.id/2024/
06.07. - 06.08.	2024 International Conference on Innovations and Challenges in Emerging Technologies (ICICET)	Nagpur, India	https://ghrce.raisoni.net/icicet-24/
06.07. - 06.09.	2024 6th World Symposium on Artificial Intelligence (WSAI)	Guangzhou, China	https://www.wsai.org/
06.09. - 06.12.	2024 19th Conference on PhD Research in Microelectronics and Electronics (PRIME)	Larnaca, Cyprus	https://cyprusconferences.org/prime2024/
06.09. - 06.13.	2024 IEEE IAS Pulp and Paper Industry Conference (PPIC)	Charleston, West Virginia, USA	https://www.pulppaper.org/
06.09. - 06.13.	2024 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)	Denver, Colorado, USA	https://icc2024.ieee-icc.org/
06.09. - 06.13.	ICC 2024 - IEEE International Conference on Communications	Denver, Colorado, USA	https://icc2024.ieee-icc.org/
06.09. - 06.14.	2024 IEEE Magnetics Society Summer School (MSSS)	Taipei, Taiwan	https://sites.google.com/view/ieee-magsoc-summer-school-2024/
06.09. - 06.14.	2024 IEEE 52nd Photovoltaic Specialist Conference (PVSC)	Seattle, Washington, USA	https://ieee-pvsc.org/PVSC52/
06.10. - 06.12.	2024 IEEE 31st Symposium on Computer Arithmetic (ARITH)	Malaga, Spain	https://www.ac.uma.es/arith2024/index.html
06.10. - 06.12.	2024 20th International Conference on the European Energy Market (EEM)	Istanbul, Turkiye	https://eem24.khas.edu.tr/
06.10. - 06.13.	2024 IET 13th International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD)	Nottingham, United Kingdom	https://pemd.theiet.org/?utm_source=ieee&utm_medium=referral&utm_campaign=pemd

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06.11. - 06.13.	2024 IMAPS Nordic Conference on Microelectronics Packaging (NordPac)	Tampere, Finland	https://nordic.imapseurope.org/nordpac/
06.11. - 06.13.	2024 4th Interdisciplinary Conference on Electrics and Computer (INTCEC)	Chicago, Illinois, USA	https://www.intcec.org/
06.11. - 06.13.	2024 IEEE MTT-S International Microwave Biomedical Conference (IMBiOC)	Montreal, Quebec, Canada	https://imbic-ieee.ece.mcgill.ca/
06.11. - 06.14.	2024 32nd Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)	Chania - Crete, Greece	https://www.med-control.org/med2024/
06.11. - 06.14.	2024 13th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)	Budva, Montenegro	https://mecoconference.me/meco2024/
06.12. - 06.14.	2024 Picture Coding Symposium (PCS)	Taichung, Taiwan	https://2024.picturecodingsymposium.org/
06.12. - 06.14.	2024 IEEE International Workshop on Metrology for Living Environment (MetroLivEnv)	Chania, Greece	https://www.metrolivenv.org/
06.12. - 06.14.	2024 XVIII National Meeting on Optics and the IX Andean and Caribbean Conference on Optics and its Applications (ENO-CANCOA)	Cartagena, Colombia	https://www.utb.edu.co/eno-cancoa-2024/
06.12. - 06.15.	2024 23rd International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA)	Bourgas, Bulgaria	https://siela.tu-sofia.bg/
06.14. - 06.15.	2024 International Conference on Energy and Electrical Engineering (EEE)	Nanchang, China	https://www.iceeeconf.com/
06.14. - 06.16.	2024 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA)	Xi'an, China	https://civemsa2024.ieee-ims.org/
06.14. - 06.16.	2024 6th International Conference on Computer Communication and the Internet (ICCCI)	Tokyo, Japan	https://www.iccci.org/
06.16. - 06.18.	2024 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium (RFIC)	Washington, District of Columbia, USA	https://rfic-ieee.org/
06.16. - 06.19.	2024 22nd IEEE Interregional NEWCAS Conference (NEWCAS)	Sherbrooke, Quebec, Canada	https://newcas.org/
06.16. - 06.20.	2024 IEEE Symposium on VLSI Technology and Circuits (VLSI Technology and Circuits)	Honolulu, Hawaii, USA	https://www.vlssymposium.org/
06.16. - 06.20.	2024 IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS)	Beijing, China	https://www.icops2024.com/
06.16. - 06.21.	2024 IEEE/MTT-S International Microwave Symposium - IMS 2024	Washington, District of Columbia, USA	https://ims-ieee.org/
06.16. - 06.22.	2024 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)	Seattle, Washington, USA	https://cvpr.thecvf.com/
06.17. - 06.19.	2024 Silicon Valley Cybersecurity Conference (SVCC)	Seoul, Korea (South)	https://www.svcc-svcsi.org/
06.17. - 06.19.	2024 European Conference on Integrated Optics (ECIO)	Aachen, Germany	https://www.ecio-conference.org/
06.17. - 06.19.	2024 Italian Conference on Optics and Photonics (ICOP)	Firenze, Italy	https://www.icop2024.it/
06.17. - 06.19.	2024 IEEE International Conference on Prognostics and Health Management (ICPHM)	Spokane, Washington, USA	https://phmconf.org/
06.17. - 06.20.	2024 International Conference on Intelligent Environments (IE)	Ljubljana, Slovenia	https://ie2024.ijs.si/
06.18. - 06.20.	2024 16th International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)	Karlshamn, Sweden	https://qomex2024.itec.aau.at/
06.18. - 06.21.	2024 IEEE 33rd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)	Ulsan, Korea (South)	https://www.ieee-ies.org/conferences
06.18. - 06.22.	2024 15th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)	Kamand, India	https://15icccnt.com/
06.19. - 06.21.	2024 IEEE/ACM Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies (CHASE)	Wilmington, Delaware, USA	https://conferences.computer.org/chase2024/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06.19. - 06.21.	2024 IEEE/ACM 32nd International Symposium on Quality of Service (IWQoS)	Guangzhou, China	https://iwqos2024.ieee-iwqos.org/
06.19. - 06.21.	2024 5th Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference (TIMES-ICON)	Bangkok, Thailand	https://timesicon2024.atdi.or.th/web/
06.19. - 06.21.	2024 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC)	Chicago, Illinois, USA	https://itec-conf.com/
06.19. - 06.21.	2024 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)	Napoli, Italy	https://www.speedam.org/
06.19. - 06.21.	2024 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)	Toronto, Ontario, Canada	https://bmsb2024.com/
06.19. - 06.22.	2024 21st International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)	Phuket, Thailand	https://jcsse2024.computing.psu.ac.th/
06.20.	2024 V International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies (NeuroNT)	Saint Petersburg, Russia	https://ieee.spb.etu.ru/en/home/konferencii/2024/v-international-conference-on-neural-networks-and-neurotechnologies-neuront
06.20. - 06.21.	2024 IEEE International Symposium on Robotic and Sensors Environments (ROSE)	Chemnitz, Germany	https://rose2024.ieee-ims.org/
06.20. - 06.23.	2024 International Conference on Meta Computing (ICMC)	Qingdao, China	http://meta-computing.info/index.html
06.21	2024 103rd ARFTG Microwave Measurement Conference (ARFTG)	Washington, District of Columbia, USA	https://arftg.org/
06.21. - 06.22.	2024 IEEE 3rd International Conference on Electrical Power and Energy Systems (ICEPES)	Bhopal, India	https://www.icepes2024-manit.in/
06.21. - 06.22.	2024 International Conference on Advancements in Power, Communication and Intelligent Systems (APCI)	KANNUR, India	https://gcek.ac.in/APCI2024/
06.21. - 06.23.	2024 4th International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)	Bangalore, India	http://inconf.in/
06.21. - 06.23.	2024 12th International Conference on Intelligent Computing and Wireless Optical Communications (ICWOC)	Chongqing, China	https://www.icwoc.org/
06.21. - 06.23.	2024 IEEE 4th International Conference on Software Engineering and Artificial Intelligence (SEAI)	Xiamen, China	https://www.seai.org/
06.21. - 06.23.	2024 IEEE Students Conference on Engineering and Systems (SCES)	Prayagraj, India	http://www.mnnit.ac.in/sces2024/
06.22	2024 4th International Conference on Code Quality (ICCCQ)	Innopolis, Russia	https://www.iccq.ru/2024.html
06.23. - 06.26.	2024 IEEE 15th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG)	Luxembourg, Luxembourg	https://www.pedg2024.lu/
06.23. - 06.27.	2024 54th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN)	Brisbane, Australia	https://dsn2024uq.github.io/
06.23. - 06.27.	2024 54th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks Workshops (DSN-W)	Brisbane, Australia	https://dsn2024uq.github.io/
06.23. - 06.27.	2024 54th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks - Supplemental Volume (DSN-S)	Brisbane, Australia	https://dsn2024uq.github.io/
06.23. - 06.27.	2024 61st ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC)	San Francisco, California, USA	https://www.dac.com/
06.24. - 06.25.	2024 IEEE 32nd International Requirements Engineering Conference Workshops (REW)	Reykjavik, Iceland	https://conf.researchr.org/home/RE-2024
06.24. - 06.26.	2024 IEEE 18th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG)	Gdynia, Poland	https://cpe-powereng2024.umg.edu.pl/
06.24. - 06.26.	2024 6th International Conference on Reconfigurable Mechanisms and Robots (ReMAR)	Chicago, Indiana, USA	https://web.cvent.com/event/bd1bd184-001d-4395-b097-51389324c186/summary
06.24. - 06.26.	2024 Device Research Conference (DRC)	College Park, Maryland, USA	https://2024.deviceresearchconference.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06.24. - 06.27.	2024 International Conference on Space Robotics (iSpaRo)	Luxembourg, Luxembourg	https://www.spacer.lu/ispara_24
06.24. - 06.27.	2024 21st International Conference on Ubiquitous Robots (UR)	New York, New York, USA	https://2024.ubiquitousrobots.org/
06.24. - 06.27.	2024 18th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS)	Auckland, New Zealand	https://www.pmaps2024.com/
06.24. - 06.27.	2024 25th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM)	Brussels, Belgium	https://mdm2024.github.io/
06.24. - 06.27.	2024 14th European Conference on Magnetic Sensors and Actuators (EMSA)	Kosice, Slovakia	https://indico.science.upjs.sk/event/198/
06.24. - 06.27.	2024 IEEE Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL)	Lahore, Pakistan	https://ieee-compel.org/index.php
06.24. - 06.27.	2024 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom)	Tbilisi, Georgia	https://blackseacom2024.ieee-blackseacom.org/
06.24. - 06.27.	2024 IEEE 99th Vehicular Technology Conference (VTC2024-Spring)	Singapore, Singapore	https://events.vtsociety.org/vtc2024-spring/
06.24. - 06.28.	2024 IEEE 32nd International Requirements Engineering Conference (RE)	Reykjavik, Iceland	https://conf.researchr.org/home/RE-2024
06.24. - 06.28.	2024 IEEE 10th International Conference on Network Softwarization (NetSoft)	Saint Louis, Missouri, USA	https://netsoft2024.ieee-netsoft.org/
06.24. - 06.28.	2024 IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics (RCAR)	Alesund, Norway	http://www.ieee-rcar.org/
06.24. - 06.28.	2024 Joint Telematics Group/IEEE Information Theory Society Summer School in Information Theory, Signal Processing, Telecommunication, and Networking (JTG/ITSoc Summer School)	Hyderabad, India	https://ee.iith.ac.in/JTG2024/
06.24. - 06.28.	2024 IEEE International Conference on Engineering, Technology, and Innovation (ICE/ITMC)	Funchal, Portugal	https://mdtweek.digit-madeira.pt/ice/
06.25. - 06.26.	2024 International e-Engineering Education Services Conference (e-Engineering)	Mostaganem, Algeria	https://e-engineering.org/
06.25. - 06.27.	2024 IEEE Conference on Artificial Intelligence (CAI)	Singapore, Singapore	https://ieeecaai.org/2024/
06.25. - 06.27.	2024 International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS)	Antwerp, Belgium	https://events.tuni.fi/icl-gnss2024/
06.25. - 06.27.	2024 IEEE 22nd Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON)	Porto, Portugal	https://2024.ieee-melecon.org/
06.25. - 06.28.	2024 9th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SplTech)	Bol and Split, Croatia	https://2024.splitech.org/Home
06.26. - 06.28.	2024 XVI Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (XVI Technologies Applied to Electronics Teaching Conference) (TAAE)	Malaga, Spain	https://congresotae.es/en/en-home/
06.26. - 06.28.	2024 IEEE International Workshop on Metrology for Automotive (MetroAutomotive)	Bologna, Italy	https://www.metroautomotive.org/
06.26. - 06.28.	2024 IEEE Sixth International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)	Durg, India	https://icecct.com/
06.26. - 06.28.	2024 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)	Hsinchu, Taiwan	https://icsse2024.web.nycu.edu.tw/
06.26. - 06.28.	2024 13th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST)	Sofia, Bulgaria	http://mocasst.eu/
06.26. - 06.28.	2024 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)	Eindhoven, Netherlands	https://memea2024.ieee-ims.org/
06.26. - 06.28.	2024 IEEE 37th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)	Guadalajara, Mexico	https://2024.cbms-conference.org/
06.26. - 06.29.	2024 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)	Paris, France	https://2023.ieee-iscc.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
06.27. - 06.28.	2024 International Conference on Renewable Energies and Smart Technologies (REST)	Prishtina, Kosovo (UNMIK)	https://ic-rest.com/
06.27. - 06.28.	2024 IEEE Cloud Summit	Washington, District of Columbia, USA	https://www.ieeecloudsummit.org/
06.27. - 06.28.	2024 16th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)	Iasi, Romania	https://ecai.ro/
06.27. - 06.29.	2024 9th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE)	Ruse, Bulgaria	https://eeae-conf.uni-ruse.bg/
06.28. - 06.29.	2024 IEEE International Conference on Information Technology, Electronics and Intelligent Communication Systems (ICITEICS)	Bangalore, India	https://iteics.in/index.php
06.28. - 06.29.	2024 IEEE LLM Aided Design Workshop (LAD)	San Jose, California, USA	https://www.islad.org/
06.28. - 06.30.	2024 IEEE 2nd International Conference on Image Processing and Computer Applications (ICIPCA)	Shenyang, China	http://www.icipca.org/
06.28. - 06.30.	2024 4th International Conference on Machine Learning and Intelligent Systems Engineering (MLISE)	Zhuhai, China	http://mlise.org/
06.28. - 06.30.	2024 9th International Conference on Information Science, Computer Technology and Transportation (ISCTT)	Mianyang, China	http://www.isctt.net/
06.28. - 07.01.	2024 7th International Conference on Electrical Engineering and Green Energy (CEEGE)	Los Angeles, California, USA	https://www.ceege.org/index.html
06.29.	2024 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)	Shah Alam, Malaysia	https://sites.google.com/view/i2cacis/home
06.29. - 07.02	2024 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)	Osaka, Japan	https://smartcomp.w.waseda.jp/
06.29. - 07.03.	2024 ACM/IEEE 51st Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA)	Buenos Aires, Argentina	https://iscaconf.org/isca2024/
06.30. - 07.03	2024 IEEE International Conference on Flexible and Printable Sensors and Systems (FLEPS)	Tampere, Finland	https://2024.ieee-fleps.org/
06.30. - 07.04	2024 IEEE Opto-Electronics and Communications Conference (OECC)	Melbourne, Australia	https://oecc2024.com/
06.30. - 07.04.	2024 IEEE 5th International Conference on Dielectrics (ICD)	Toulouse, France	https://ieee-icd.org/
06.30. - 07.05	2024 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)	Yokohama, Japan	https://2024.ieeeewcci.org/
06.30. - 07.05	2024 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)	Yokohama, Japan	https://2024.ieeeewcci.org/
06.30. - 07.05	2024 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)	Yokohama, Japan	https://2024.ieeeewcci.org/
06.30. - 07.05.	2024 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI)	Yokohama, Japan	https://2024.ieeeewcci.org/

>>2024년 7월

07.01. - 07.04.	2024 IEEE 48th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)	Osaka, Japan	https://ieeecompsac.computer.org/2024/
07.01. - 07.03.	2024 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)	Vyborg, Russia	http://media-publisher.ru/en/about-synchroinfo-2024/
07.01. - 07.05.	2024 IEEE European School of Information Theory (ESIT)	Eindhoven, Netherlands	https://www.sps.tue.nl/ictlab/esit2024/
07.01. - 07.04.	2024 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)	Nicosia, North Cyprus, Cyprus	https://tc.computer.org/tclt/icalt-2024/
07.01. - 07.04.	2024 International Conference on Signal Processing and Communications (SPCOM)	Bangalore, India	https://ece.iisc.ac.in/~spcom/2024/
07.01. - 07.04.	2024 25th International Microwave and Radar Conference (MIKON)	Wroclaw, Poland	https://mrw2024.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.01. - 07.03.	2024 59th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST)	Sozopol, Bulgaria	https://icestconf.org/
07.01. - 07.03.	2024 IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI (ISVLSI)	Knoxville, Tennessee, USA	https://www.ieee-isvlsi.org/ISVLSI_2024_Website/index.html
07.02 - 07.04.	2024 13th International Workshop on Robot Motion and Control (RoMoCo)	Poznań, Poland	https://romoco.put.poznan.pl/
07.02 - 07.05.	2024 Fifteenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)	Budapest, Hungary	https://icufn.org/
07.02 - 07.04.	2024 International Radar Symposium (IRS)	Wroclaw, Poland	https://mrw2024.org/irs-2024-2/
07.02 - 07.05.	2024 31st International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD)	Kyoto, Japan	http://www.amfpd.jp/
07.02 - 07.06.	2024 9th International Youth Conference on Energy (IYCE)	Colmar, France	https://www.iyce-conf.org/
07.02 - 07.05.	2024 IEEE International Symposium on Measurements & Networking (M&N)	Rome, Italy	https://www.ing.uniroma1.it/en
07.02 - 07.03.	2024 2nd International Conference on Fundamental, Applied Sciences and Technology (ICoFAST)	Mukalla, Yemen	https://hu.edu.ye/icofast/
07.03. - 07.05.	2024 IEEE 30th International Symposium on On-Line Testing and Robust System Design (IOLTS)	Rennes, France	https://orion.polito.it/iolts/
07.04. - 07.06.	2024 IEEE International Conference on Industry 4.0, Artificial Intelligence, and Communications Technology (IAICT)	BALI, Indonesia	https://iaict.org/
07.05. - 07.07.	2024 International Conference on Ubiquitous Communication (Ucom)	Xi'an, China	https://www.ucom.org.cn/index.html
07.05.	2024 8th International Young Engineers Forum on Electrical and Computer Engineering (YEF-ECE)	Caparica / Lisbon, Portugal	https://yef-ece.deec.fct.unl.pt/
07.06. - 07.08.	2024 International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM)	Tokyo, Japan	http://www.ieee-arm.org/
07.06. - 07.07.	2024 IEEE Symposium on Industrial Electronics & Applications (ISIEA)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://www.isiea.asia/
07.07 - 07.12.	IGARSS 2024 - 2024 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium	Athens, Greece	https://www.2024.ieeeigarss.org/
07.07 - 07.13.	2024 IEEE World Congress on Services (SERVICES)	Shenzhen, China	https://conferences.computer.org/services/2024/
07.07.	2024 IEEE International Symposium on Information Theory Workshops (ISIT-W)	Athens, Greece	https://2024.ieee-isit.org/home
07.07 - 07.13.	2024 IEEE 17th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)	Shenzhen, China	https://cloud.conferences.computer.org/2024/
07.07 - 07.13.	2024 IEEE International Conference on Edge Computing and Communications (EDGE)	Shenzhen, China	https://edge.conferences.computer.org/2024/
07.07 - 07.13.	2024 IEEE International Conference on Digital Health (ICDH)	Shenzhen, China	https://icdh.conferences.computer.org/2024/
07.07 - 07.13.	2024 IEEE International Conference on Web Services (ICWS)	Shenzhen, China	https://icws.conferences.computer.org/2024/
07.07 - 07.13.	2024 IEEE International Conference on Quantum Software (QSW)	Shenzhen, China	https://qsw.conferences.computer.org/2024/
07.07 - 07.13.	2024 IEEE International Conference on Software Services Engineering (SSE)	Shenzhen, China	https://sse.conferences.computer.org/2024/
07.08. - 07.12.	2024 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)	Athens, Greece	https://2024.ieee-isit.org/home
07.08. - 07.11.	2024 27th International Conference on Information Fusion (FUSION)	Venice, Italy	https://fusion2024.org/
07.08. - 07.12.	2024 IEEE 9th European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P)	Vienna, Austria	https://eurosp2024.ieee-security.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.08. - 07.11.	2024 IEEE International Mediterranean Conference on Communications and Networking (MeditCom)	Madrid, Spain	https://meditcom2024.ieee-meditcom.org/
07.08. - 07.12.	2024 IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops (EuroS&PW)	Vienna, Austria	https://eurosp2024.ieee-security.org/workshops.html
07.08. - 07.12.	2024 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM)	Denver, Colorado, USA	https://ncsli.org/?
07.08. - 07.11.	2024 IEEE 13th Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (SAM)	Corvallis, Oregon, USA	https://2024.ieeesam.org/
07.08. - 07.12.	2024 IEEE 37th Computer Security Foundations Symposium (CSF)	Enschede, Netherlands	https://csf2024.ieee-security.org/
07.08. - 07.11.	2024 16th International Conference on Human System Interaction (HSI)	Paris, France	https://hsi2024.welcometohsi.org/
07.08. - 07.11.	2024 IEEE 24th International Conference on Nanotechnology (NANO)	Gijon, Spain	https://2024.ieeenano.org/
07.08. - 07.12.	2024 17th International Conference on Scintillating Materials and their Applications (SCINT)	Milan, Italy	https://www.scint2024.com/
07.09. - 07.11.	2024 IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas, Biomedical Engineering and Electronic Systems (COMCAS)	Tel Aviv, Israel	https://www.comcas.org/
07.09. - 07.13	2024 United States National Committee of URSI National Radio Science Meeting (USNC-URSI NRSM)	Boulder, Colorado, USA	https://www.nrsmboulder.org/
07.09. - 07.11.	2024 International Conference on Broadband Communications for Next Generation Networks and Multimedia Applications (CoBCom)	Graz, Austria	https://www.cobcom.tugraz.at/wordpress/
07.09. - 07.12	2024 IEEE/IAS Industrial and Commercial Power System Asia (I&CPS Asia)	Pattaya, Thailand	https://iee-icps.com/2024/index.html
07.09. - 07.11.	2024 International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-Taiwan)	Taichung, Taiwan	https://www.icce-tw.org/
07.09. - 07.12	2024 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)	Boston, Massachusetts, USA	https://www.aim2024.org/
07.10. - 07.11.	2024 IEEE 30th International Symposium on Local and Metropolitan Area Networks (LANMAN)	Boston, Massachusetts, USA	https://lanman2024.ieee-lanman.org/
07.10. - 07.12.	2024 American Control Conference (ACC)	Toronto, Ontario, Canada	https://acc2024.a2c2.org/
07.11. - 07.13.	2024 IEEE 7th International Conference on Advanced Technologies, Signal and Image Processing (ATSIP)	Sousse, Tunisia	http://www.lab-atms.com/atsip_2024.php
07.12. - 07.14.	2024 2nd World Conference on Communication & Computing (WCONF)	RAIPUR, India	https://wconf.in/
07.12. - 07.14.	2024 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT)	Bangalore, India	https://iee-conecct.org/
07.12. - 07.14.	2024 9th International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP)	Nanjing, China	https://www.icsip.org/
07.12. - 07.14.	2024 7th International Conference on Computer Information Science and Application Technology (CISAT)	Hangzhou, China	http://www.cisat.org/
07.12. - 07.13.	2024 4th International Conference of Science and Information Technology in Smart Administration (ICSINTESA)	Balikpapan, Indonesia	https://icsintesa.universitasmulia.ac.id/
07.13. - 07.20.	2024 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and INC/USNC-URSI Radio Science Meeting (AP-S/INC-USNC-URSI)	Firenze, Italy	https://2024.apsursi.org/
07.13. - 07.14.	2024 Intelligent Methods, Systems, and Applications (IMSA)	Giza, Egypt	http://imsa.msa.edu.eg/
07.14. - 07.19.	2024 IEEE INC-USNC-URSI Radio Science Meeting (Joint with AP-S Symposium)	Florence, Italy	https://2024.apsursi.org/
07.14. - 07.17.	2024 IEEE International Professional Communication Conference (ProComm)	Pittsburgh, Pennsylvania, USA	https://procomm.ieee.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.14. - 07.17.	2024 19th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS)	Rio de Janeiro, Brazil	http://iswcs2024.usuarios.rdc.puc-rio.br/
07.14. - 07.23	2024 11th International Conference on Machine Intelligence Theory and Applications (MITA)	Melbourne, Australia	https://mita2024.com/
07.14. - 07.16	2024 3rd International Conference on Energy and Electrical Power Systems (ICEEPS)	Guangzhou, China	http://www.iceeps.net/
07.15. - 07.19.	2024 46th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)	Orlando, Florida, USA	https://embc.embs.org/2024/
07.15. - 07.18.	2024 IEEE International Symposium on the Physical and Failure Analysis of Integrated Circuits (IPFA)	Singapore, Singapore	https://ipfa-ieee.org/2024/
07.15. - 07.17.	2024 IEEE Photonics Society Summer Topicals Meeting Series (SUM)	Bridgetown, Barbados	https://www.ieee-sum.org/
07.15. - 07.19.	2024 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)	Niagara Falls, Ontario, Canada	https://2024.ieeeicme.org/
07.15. - 07.18.	NAECON 2024 - IEEE National Aerospace and Electronics Conference	Dayton, Ohio, USA	http://www.naecon.org/
07.15. - 07.18.	2024 IEEE International Congress On Intelligent and Service-Oriented Systems Engineering (CISOSE)	Shanghai, China	https://ieee-cisose-congress.org/
07.15. - 07.17.	2024 9th International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)	Suzhou, China	https://www.icivc.org/
07.15. - 07.18.	2024 IEEE Intelligent Mobile Computing	Shanghai, China	https://ieee-cisose-congress.org/
07.15. - 07.18.	2024 IEEE International Conference on Service-Oriented System Engineering (SOSE)	Shanghai, China	https://ieeesose.com/
07.15. - 07.18.	2024 IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPS)	Shanghai, China	https://ieeedapps.com/
07.15. - 07.19.	2024 IEEE Space Computing Conference (SCC)	Mountain View, California, USA	https://smcit-scc.space/
07.15. - 07.19.	2024 IEEE 10th International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology (SMC-IT)	Mountain View, California, USA	https://smcit-scc.space/
07.15. - 07.16.	2024 IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)	Niagara Falls, Ontario, Canada	https://zinc.cse.buffalo.edu/ubmdfl/AVSS2024/index.php
07.15. - 07.18.	2024 IEEE International Conference on Joint Cloud Computing (JCC)	Shanghai, China	http://www.ieeejcc.org/
07.15. - 07.18.	2024 IEEE International Conference on Artificial Intelligence Testing (AITest)	Shanghai, China	https://ieeaitest.com/
07.16. - 07.18.	2024 IEEE/ACIS 9th International Conference on Big Data, Cloud Computing, and Data Science (BCD)	Kitakyushu, Japan	https://acisinternational.org/conferences/bcd-2024/
07.17. - 07.19.	2024 14th International Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP)	Rome, Italy	https://comlab.uniroma3.it/CSNDSP2024.php
07.17. - 07.19.	2024 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS)	Girona, Spain	https://cits.udg.edu/
07.17. - 07.19.	2024 International Symposium on Computer Science and Educational Technology (ISCSET)	Lauta/Laubusch, Germany	https://www.iscset-conf.org/
07.18. - 07.19.	2024 International Conference on Computational Intelligence for Green and Sustainable Technologies (ICIGST)	Vijayawada, India	https://www.icigst.com/
07.18. - 07.20.	2024 9th International Conference on Automation, Control and Robotics Engineering (CACRE)	Jeju Island, Korea (South)	https://cacre.org/
07.18. - 07.19.	2024 IEEE Technology and Engineering Management Society (TEMSCON LATAM)	Panama, Panama	https://attend.ieee.org/temscon-2024/
07.18. - 07.19.	2024 IEEE International Future Energy Challenge (IFEC)	Austin, Texas, USA	http://energychallenge.weebly.com/
07.20. - 07.22.	2024 7th Asia Conference on Energy and Electrical Engineering (ACEEE)	Chengdu, China	https://www.aceee.net/index.html

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.20. - 07.21.	2024 IEEE Symposium on Wireless Technology & Applications (ISWTA)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://www.ieee-iswta.org/
07.21. - 07.25.	2024 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM)	Seattle, Washington, USA	https://pes-gm.org/
07.22. - 07.26.	2024 IEEE Nuclear and Space Radiation Effects Conference (NSREC)	Ottawa, Ontario, Canada	https://www.nsrec.com/
07.22. - 07.27.	2024 IEEE Radiation Effects Data Workshop (REDW) (in conjunction with 2024 NSREC)	Ottawa, Ontario, Canada	https://www.nsrec.com/
07.22 - 07.24.	2024 IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP)	Lausanne, Switzerland	http://iccp2024.iccp-conference.org/
07.22. - 07.25.	2024 International Telecommunications Conference (ITC-Egypt)	Cairo, Egypt	https://itc-egypt-adc.org/
07.22. - 07.24.	2024 IEEE Workshop on Complexity in Engineering (COMPENG)	Florence, Italy	https://compeng2024.ino.cnr.it
07.22. - 07.24.	2024 IEEE 25th International Conference on High Performance Switching and Routing (HPSR)	Pisa, Italy	https://hpsr2024.ieee-hpsr.org/
07.23. - 07.25.	2024 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)	Caserta, Italy	https://2024.sensorapps.org/
07.23. - 07.26.	2024 IEEE 44th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)	Jersey City, New Jersey, USA	https://icdcs2024.icdcs.org/
07.24. - 07.26.	2024 IEEE 35th International Conference on Application-specific Systems, Architectures and Processors (ASAP)	Hong Kong, Hong Kong	https://www.asap2024.org/
07.24. - 07.27.	2024 Second International Conference on Advances in Information Technology (ICAIT)	Chikkamagaluru, Karnataka, India	https://icaity.in/
07.25. - 07.27.	2024 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)	Sydney, Australia	https://www.icecet.com/2024
07.25. - 07.26.	2024 7th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD)	Ho Chi Minh City, Vietnam	https://gtstd2024.hcmute.edu.vn/
07.25. - 07.27.	2024 10th International Conference on Smart Computing and Communication (ICSCC)	Bali, Indonesia	https://icccc.undiknas.ac.id/
07.26. - 07.27.	2024 Asia Pacific Conference on Innovation in Technology (APCIT)	MYSORE, India	https://apcit.in/
07.26. - 07.27.	2024 International Conference on Data Science and Network Security (ICDSNS)	Tiptur, India	https://icdsns.co.in/
07.26. - 07.28.	2024 IEEE 6th International Conference on Power, Intelligent Computing and Systems (ICPICS)	Shenyang, China	http://www.icpics.org/
07.27. - 07.28.	2024 IEEE 3rd World Conference on Applied Intelligence and Computing (AIC)	Gwalior, India	https://scrs.in/conference/aic2024
07.28. - 08.01.	2024 International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics (OMN)	San Sebastian, Spain	https://www.nanogune.eu/en/nanogune/newsroom/events/international-conference-optical-mems-nanophotonics-omn-2024
07.28. - 07.30.	2024 IEEE BioSensors Conference (BioSensors)	Cambridge, United Kingdom	https://2024.ieee-biosensors.org/
07.28. - 07.31.	2024 Academic Conference of China Instrument and Control Society (ACCIS)	Chengdu, China	http://meeting.cis.org.cn/EN/
07.29. - 07.31.	2024 33rd International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN)	Kailua-Kona, Hawaii, USA	http://www.icccn.org/icccn24/
07.29. - 07.31.	2024 IEEE International Conference on Omni-layer Intelligent Systems (COINS)	London, United Kingdom	https://coinsconf.com/
07.29. - 08.02.	2024 IEEE International Conference on Manipulation, Manufacturing and Measurement on the Nanoscale (3M-NANO)	Zhongshan, China	http://www.3m-nano.org/2024/main/index.asp
07.29. - 08.01.	2024 International Symposium on Educational Technology (ISET)	Macau, Macao	https://hksmic.org.hk/iset/2024/
07.29. - 07.31.	2024 International Conference on Computing, Internet of Things and Microwave Systems (ICCIMS)	Gatineau, Quebec, Canada	https://www.iccims.net/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.30. - 08.02.	2024 IEEE East Asian School of Information Theory (EASIT)	Kanagawa, Japan	https://easit2024.github.io/
07.31. - 08.03.	2024 IEEE 4th International Conference on Sustainable Energy and Future Electric Transportation (SEFET)	Hyderabad, India	https://sefet.in/
07.31. - 08.02.	2024 IEEE 7th International Conference on Electronic Information and Communication Technology (ICEICT)	Xi'an, China	http://www.iceict.org/ICEICT2024/

The Magazine of the IEIE

특별회원사 명단

회원사	대표자	주 소	전 화	홈페이지
(주)디비하이텍	조기석	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)와이솔	김지호	경기도 오산시 가장로 531-7	070-7837-2730	http://www.wisol.co.kr
(주)웨이브피아	이상훈	경기도 화성시 동탄기흥로 557 금강펜테리움IT타워 1301호	031-8058-3384	http://www.wavepia.com
KT	김영섭	경기도 성남시 분당구 정자동 206	031-727-0114	http://www.kt.com
LG이노텍(주)	문혁수	서울시 강서구 마곡중앙10로 30	02-3777-1114	www.lginnotek.com
LG전자(주)	조주완	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, 벤델레고츠마티아스	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)	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	김우연	대전시 유성구 테크로9로	042-930-4300	www.djtp.or.kr
도쿄อิเล็ก트론코리아(주)	원제형	경기도 화성시 장안면 장안공단 6길 51	031-260-5000	https://www.tel.com
(주)동인시스템	곽동달	부산광역시 해운대구 센텀북대로 60,	051-787-7288	http://www.donginsm.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)	최기환	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	배경율	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)더텍	김태진	경기도 안양시 동안구 학의로 292 금강펜테리움IT타워 A동 1061호	031-450-6300	http://www.doestek.co.kr
HL만도	조성현	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)인텔레콤	박영기	서울시 영등포구 경인로 775, 문래동 3가 에이스하이테크시티 1동 119호	02-3439-0033	http://www.signtelecom.com
(주)솔리드	정준, 이승희	경기도 성남시 분당구 판교역로 220 솔리드스페이스	031-627-6000	http://www.st.co.kr
(주)유니트론텍	남궁 선	서울시 강남구 영동대로 638(삼도빌딩) 9층	02-573-6800	http://unitrontech.com
(주)코클리어닷에이아이	한윤창	서울시 강남구 봉은사로 51길 26		www.cochl.ai
(주)크레셈	오상민	대전시 유성구 대덕대로 582, 4층 402호(도룡동, 옥토빌딩)	031-427-3445	http://www.cressem.com
(주)텔레칩스	이장규	서울시 송파구 올림픽로 35다길 42(신천동 한국루터회관)19~23층	02-3443-6792	www.telechips.com
(주)티에이치엔	이광연, 채승훈	대구시 달서구 갈산동 973-3	053-583-3001	http://www.th-net.co.kr
(주)티엘아이	김달수	경기도 성남시 중원구 양현로 405번길 12 티엘아이 빌딩	031-784-6800	http://www.tli.co.kr
(주)해치텍	최성민	충북 청주시 청원구 오창읍 연구단지로 40, 스타기업관 207호	043-715-9034	http://www.haechitech.com
중소벤처기업진흥공단	강석진	경상남도 진주시 동진로 430	055-751-9380	www.kosmes.or.kr
케이케이테크(주)	김경하	경기도 안성시 대덕면 무능로132	031-678-1586	http://www.k-ktch.co.kr
코어인사이트(주)	유용훈	경기도 성남시 중원구 갈마치로 186 반포테크노피아 5층	031-750-9200	http://www.coreinsight.co.kr
한국알박(주)	김선길	경기도 평택시 청북읍 한산길5	031-683-2922	http://www.ulvackora.co.kr
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)	정의선, 이규석	서울시 강남구 테헤란로 203	02-2018-5114	http://www.mobis.co.kr
현대자동차(주)	정의선, 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 : ieie@theieie.org

TEL : (02)553-0255(내선 6번) FAX : (02)562-4753



대한전자공학회

The Institute of Electronics and Information Engineers

전자공학회지 <월간>

제51권 제2호(통권 제477호)

The Magazine of the IEIE

2024년 2월 20일 인쇄

2024년 2월 25일 발행

발행및

편집인

인쇄인

발행인

(사) 대한전자공학회

한림원(주)

사 단 법 인 대 한 전 자 공 학 회

회장 이 총 용

대표 김 흥 중

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

TEL.(02)553-0255~7 FAX.(02)562-4753

E-mail : ieie@theieie.org

Homepage : http://www.theieie.org



2024년도 회비납부 안내

1. 회비의 납부 및 유효기간

2024년도 회원 연회비는 2023년과 동일함을 알려드리며, 아직 2024년도 회비를 납부하지 않으신 회원님께서서는 납부하여 주시기 바라며, 연회비의 유효기간은 회비를 납부한 당해연도에 한합니다.

◆ 2024년도 회원 연회비는 다음과 같습니다.

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

2. 논문지(eBook) 제공

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

3. 회비의 납부방법

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

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

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

◎ 가입 대상 및 할인 혜택

- 가입 대상 : 2024년 석·박사 신입생 및 재학생
- 할인 내용 : 2년 60,000원(1년당 30,000원) → 2년 50,000원(16.7% 할인)
3년 90,000원(1년당 30,000원) → 3년 70,000원(22.2% 할인)
4년 120,000원(1년당 30,000원) → 4년 90,000원(25% 할인)
5년 150,000원(1년당 30,000원) → 5년 110,000원(26.7% 할인)

5. 문의처

◆ 대한전자공학회 사무국 변은정 부장(회원담당)

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

첨단기술로 더 나은 환경을 만듭니다

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

