

ISSN 1016-9288

제52권 6호

2025년 6월호

전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.52. no.6

양자컴퓨터와 정보기술의 미래 융합

- 양자컴퓨터와 정보기술의 융합
- 양자컴퓨터와 보안 동향
- 양자 오류 정정 기술의 실험적 구현 동향
- 양자컴퓨터와 양자통신
- 인공지능과 보안



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

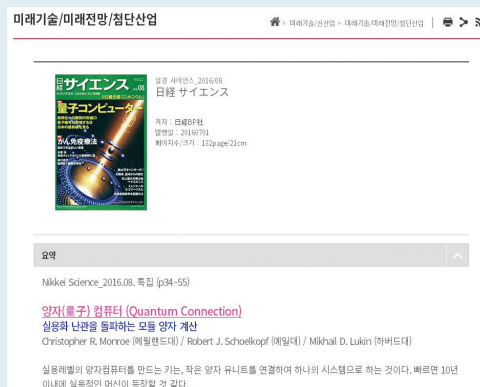


서울대학교 공과대학 해동일본기술정보센터는 대덕전자(故)김정식 회장님의 열정과 지원에 의해 최신 일본 기술정보를 산업계와 학계에 널리 알리고자 2010년 3월에 설립하여 현재까지 운영해 오고 있습니다.

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

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

상세한 사항은 로그인 없이 모든 정보와 이용이 가능한 홈페이지를 참조바랍니다.



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

f <https://www.facebook.com/snuhjtac>
blog <http://blog.naver.com/hjtac2010>
카카오톡 오픈채팅@HJTIC 브리핑룸

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

2025년도 대한전자공학회

학회상 후보자 추천

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

1. 시상부문

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

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

2. 추천권자

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

* 단, 대한전자공학대상은 소속기관장의 추천에 한함.

3. 제출서류

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

4. 서류 또는 이메일 접수

가. 접수마감: 2025년 7월 15일(화)

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

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

5. 수상자 발표 및 시상

가. 발 표: 2025년 11월 초순

나. 시 상: 2025년 11월 28일(금) 정기총회(장소: 추후공지)

2025년도 대한전자공학회

해동상 후보자 추천

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

1. 시상부문 및 자격

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

* 해동학술상은 최근 10년간 본 학회 학술지(전자공학회 논문지, JSTS, IEIE SPC)에 5편 이상의 논문을 게재한 자로서 10년간(2015년 7월 1일~2025년 6월 30일)의 실적을 평가함.

** 해동젊은공학인상(학술상)은 당해년도 만 40세 이하로서 최근 5년간 본 학회 학술대회(하계, 추계, ICEIC, ICCE-Asia, ITC-CSCC) 및 학술지(전자공학회논문지, JSTS, IEIE SPC)에 5편 이상의 논문을 게재한 자로서 5년간(2020년 7월 1일~2025년 6월 30일)의 실적을 평가함.

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

- 타 기관 해동상 수상자
- 동일한 연구개발 업적으로 본 학회 또는 타 학회에서 수상한 자
- 5년 이내 대한전자공학회에서 수여하는 다른 상(해동상 타 부문, IEIE/IEEE Joint Award, IEIE Research Pioneer Award) 수상자

2. 추천권자

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

3. 제출서류

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

4. 서류 또는 이메일 접수

가. 접수마감: 2025년 7월 15일(화)

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

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

5. 수상자 발표 및 시상

가. 발 표: 2025년 11월 초순

나. 시 상: 2025년 12월 12일(금) (장소: 추후공지)

ITC-CSCC 2025

The 40th International Technical Conference on Circuits/
Systems, Computers, and Communications 2025

July 7^{Mon} – 10^{Thu}, 2025

Chung-Ang University, Seoul, South Korea

40th *Goewol*

“Celebrating 40th Anniversary!”



TOPICS

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

Circuits & Systems

- Semiconductor Devices & Technology
- Computer Aided Design
- Power Electronics & Circuits
- Intelligent Transportation Systems & Technology
- Analog Circuits
- RF Circuits
- Linear / Nonlinear Systems

- Modern Control
- Medical Electronics & Circuits
- Neural Networks
- VLSI Design
- Verification & Testing
- Sensors & Related Circuits

Computers

- Artificial Neural Network
- Biocomputing
- Computer Systems & Applications
- Human-Computer Interaction
- Internet Technology & Applications
- Metaverse
- Multimedia Service & Technology
- Security
- Watermarking

Image/Signal Processing

- Artificial Intelligence
- Computer Vision
- Image Coding & Analysis
- Image Detection & Recognition
- Image Processing
- Motion Analysis
- Natural Language Processing
- Object Extraction & Technology

Communications

- Signal Processing
- Antenna & Wave Propagation
- Network Management & Design
- Optical Communications & Components
- Circuits & Components for Communications
- Radar / Remote Sensing
- IP Networks & QoS

- MIMO & Space-Time Codes
- Ubiquitous Networks
- Multimedia Communications
- UWB
- Mobile & Wireless Communications
- Visual Communications
- Future Internet Architectures

Important Date

February
Full-Paper Submission
Begin

April 11, 2025
March 31, 2025
Full-Paper
Submission Deadline
“Deadline Extension”

May 15, 2025
Notification of Paper
Acceptance

May 31, 2025
Camera-Ready Paper
Submission Deadline

July 7-10, 2025
Conference
Date

SUBMISSION OF PAPERS

Prospective authors are invited to submit original papers (1~6 pages) of either MS Word or PDF format written in English. Paper submission procedures are available at www.itc-cscc2025.org.

Contact Point

• E-mail : inter@theieie.org • Phone : +82-2-553-0255(Ext. 4) • www.itc-cscc2025.org.



ICCE-Asia

2025

The 10th International
Conference on Consumer
Electronics (ICCE) Asia

10. 27^(Mon) - 10. 29^(Wed), 2025

Westin Josun Busan Hotel, South Korea

Presentation Guidelines

The conference will be held with face-to-face presentations of papers at the conference site at Busan, South Korea. Organized by the IEEE Consumer Technology Society and the Institute of Electronics and Information Engineers, ICCE-Asia 2025 which will be held in the Busan, South Korea is an event open to researchers and engineers from industry, research centres, and academia to exchange information and results related to consumer electronics (CE). The conference will feature outstanding keynote speakers, high quality tutorials, special sessions and peer-reviewed papers. It hopes to attract a global audience from industry and academia. It is a perfect opportunity to promote affiliated company/organization to an audience of world-class researchers in the CE industry.

TOPICS OF IEEE/IEIE ICCE-ASIA 2025

- 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 2025, 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-asia2025.org>).

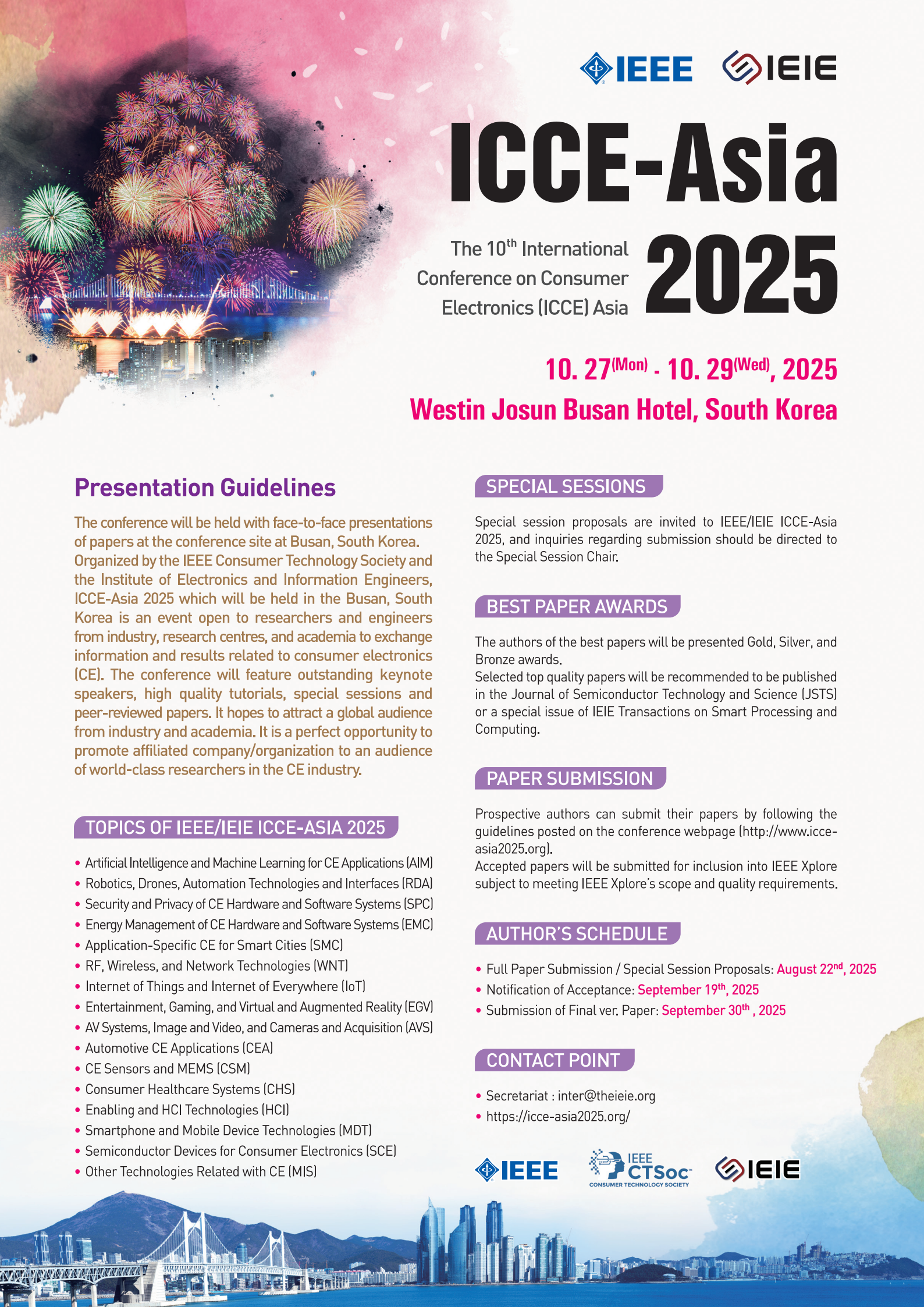
Accepted papers will be submitted for inclusion into IEEE Xplore subject to meeting IEEE Xplore's scope and quality requirements.

AUTHOR'S SCHEDULE

- Full Paper Submission / Special Session Proposals: **August 22nd, 2025**
- Notification of Acceptance: **September 19th, 2025**
- Submission of Final ver. Paper: **September 30th, 2025**

CONTACT POINT

- Secretariat : inter@theieie.org
- <https://icce-asia2025.org/>



2025 추계학술대회

곤지암리조트 EW빌리지
(경기도 광주)

11. 28(금) ~ 29(토)

| 최우수/일반/학부생 논문 논문제출 : 10월 20일(월)
 심사통보 : 10월 27일(월)
 사전등록 : 11월 17일(월)

| 정기총회 곤지암리조트 EW빌리지
 2025년 11월 28일(금)

| 발표분야(학회 6개 소사이어티)

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



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



SAE MOBILUS™에서 세계 최고 Automotive Engineering 정보를 만나보세요.

SAE International은 국제 자동차 공학자 협회 (Society of Automotive Engineers)로 자동차, 비행기 및 기타 내연기관 관련 산업의 과학과 기술을 선도하는 학회입니다.

SAE MOBILUS™는 207,000건 이상의 특허 기록 문서, 기술 자료집, 그리고 eBooks과 간행물 자료를 제공합니다. SAE MOBILUS™은 기업의 산업 현장, 학교, 그리고 연구소의 사용자들이 필요한 자료를 이용하실 수 있도록 다양한 구독 옵션을 함께 제공합니다.

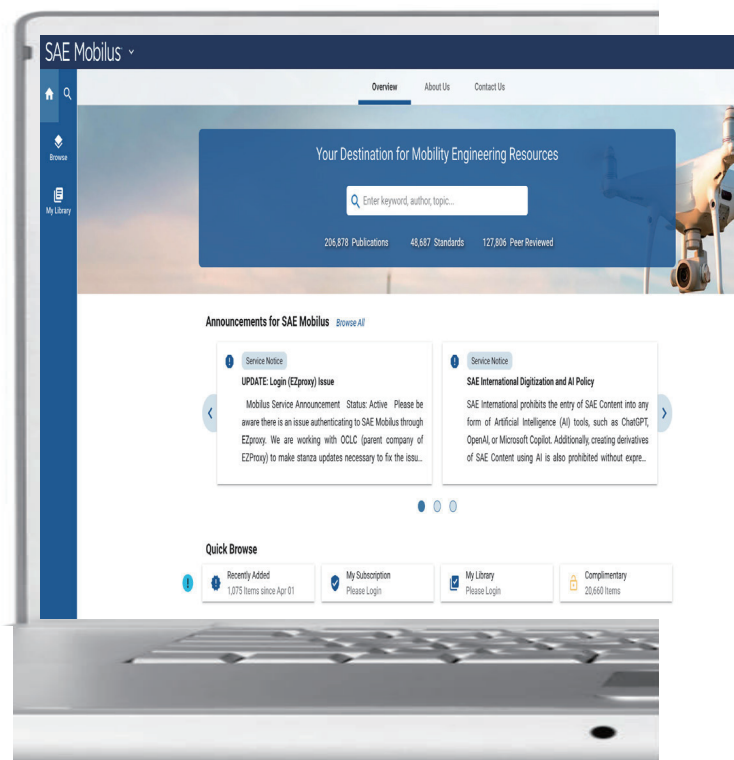
SAE MOBILUS™에서 다음과 같은 다양한 주제 분야에 대한 자료를 확인할 수 있습니다.

- Noise, Vibration, and Harshness (NVH)
- Parts and Components
- Vehicle and Performance
- Quality, Reliability, and Durability
- Maintenance and Aftermarket
- Design Engineering and Styling
- Chassis
- Bodies and Structures
- Safety
- Manufacturing
- Power and Propulsion
- Interiors, Cabins, and Cockpits
- Human Factors and Ergonomics
- Materials
- Fuels and Energy Sources
- Environment
- Electrical, Electronics, and Avionics
- Tests and Testing
- Management and Organization
- Transportation Systems

SAE MOBILOUS™에서 항공 우주 분야 R&D에 필요한 표준 및 규격 그리고 다양한 자료를 검색 및 이용할 수 있습니다.

- +9,300 SAE Ground Vehicle Standards (J-reports)
 - +15,500 SAE Aerospace Standards(AS,ARP, AIR, and 2D/3D Configurator Parts)
 - +18,200 SAE Aerospace Material Specification (AMS)
 - +3,600 SAE ITC Engine & Airframes Standard
 - SAE Historical Standards
 - Composite Materials Handbook(CMH-17)
- 복합 재료에서 최종 품목을 설계하고 제작하는 데 필요한 정보와 지침을 제공

<http://saemobilus.sae.org>



IEEE OPEN

The Trusted Solution for Open Access Publishing

우리나라 대학, 연구소, 그리고 기업의 연구 성과를
세계에 널리 알리는 기회



IEEE는 저자 연구 성과가 전세계 모든 IEEE 사용자들에게 빠르게 전달될 수 있도록
다양한 Open Access(OA) Program을 제공합니다.

- Fully Open Access Publishing (GOLD) Topical Journals - Open Access Article로 구성된
IEEE Open Journal (2024년 기준 34종)
- Multidisciplinary Open Access Journal - IEEE Access (IEEE의 다양한 Society로 구성된 Open Access 타이틀)
- Hybrid Journals - 기존 저널 타이틀 중 Open Access 아티클을 허용하는 저널이며,
기존 저널의 Impact Factor를 적용 (2024년 기준 180종 이상)
- IEEE Magazine - Open Access Article

등재된 아티클은 IEEE Xplore Digital Library에서 검색 및 이용할 수 있어 연구 성과를
전세계에 빠르게 알릴 수 있습니다.

*IEEE 한국 공인 딜러 KITIS는 기관의 Open Access Article 등재 건수에 따라 최대 40% 할인 번들 옵션을 제공합니다.
자세한 문의는 KITIS로 문의 부탁드립니다.



Authorized
Dealer



키티스 産學研情報(株)
KITIS Info. & Co., Ltd.

CONTENTS

제52권 6호 (2025년 6월)



※ 학회지 5월호 표지 (vol 52, No 6)

회지편집위원회

- 위 원 장 황 원 준 (아주대학교 교수)
- 부위원장 선 우 경 (서울대학교 교수)
- 위 원 김 영 성 (인하대학교 교수)
- 이 철 (동국대학교 교수)
- 정 희 철 (경북대학교 교수)
- 최 욱 (인천대학교 교수)
- 한 동 윤 (네이버 리더)
- 허 용 석 (아주대학교 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 : 양자컴퓨터와 정보기술의 미래 융합

- 17 특집편집기 / 김상범
- 18 양자컴퓨터와 정보기술의 융합 / 김상범
- 32 양자컴퓨터와 보안 동향 / 서정우
- 41 양자 오류 정정 기술의 실험적 구현 동향 / 박주영, 권혁준
- 49 양자컴퓨터와 양자통신 / 윤지원
- 61 인공지능과 보안 / 이록석

2025 산업체 탐방 참관기 - 삼성이노베이션뮤지엄

- 73 삼성의 과거와 미래를 잇는 기술 여행 / 장재봉
- 76 2025 Samsung Innovation Museum 건축 후기 / 유지호

회원광장

79 논문지 논문목차

정보교차로

- 81 국내외 학술행사 안내 / 편집부
- 102 특별회원사 및 후원사 명단

2025년도 임원 및 각 위원회 위원

회 수 석 부 회 장 고 문	장	백 광 현 (중앙대학교 교수)
	김 종 옥 (고려대학교 교수) - 총괄 / ITC-CSCC	
	권 오 경 (한양대학교 석좌교수)	
감 부 회 장	김 진 상 (경희대학교 총장)	
	방 승 찬 (한국전자통신연구원 원장)	
	신 희 동 (한국전자기술연구원 원장)	
소 사 이 어 티 회 장	오 상 록 (한국과학기술연구원 원장)	
	천 경 준 (씨젠 회장)	
	이 재 훈 (유정시스템 대표이사)	
협 동 부 회 장	강 문 식 (강릉원주대학교 교수) - 지부 / 교육 총괄 / 표준화	
	권 호 열 (강원대학교 교수) - 대외협력 / 기술정책	
	김 훈 (인천대학교 교수) - 하계 / 추계 / 국문논문	
소 사 이 어 티 회 장	노 태 문 (한국전자통신연구원 연구전문위원) - 산학연	
	송 병 철 (인하대학교 교수) - ICBC / ITC-CSCC / ICCE-Asia / SPC	
	이 승 호 (한밭대학교 교수) - 학술대회	
협 동 부 회 장	정 영 모 (한성대학교 교수) - 홍보 · 정보화 / 회지편집	
	고 병 철 (계명대학교 교수) - 인공지능신호처리소사이어티	
	신 오 순 (숭실대학교 교수) - 통신소사이어티	
소 사 이 어 티 회 장	이 덕 진 (전북대학교 교수) - 시스템및제어소사이어티	
	강 성 원 (한국전자통신연구원 부원장)	
	김 동 식 (인하공업전문대학 교수)	
소 사 이 어 티 회 장	노 승 원 (LG0노텍 CTO)	
	심 동 규 (광운대학교 교수)	
	오 윤 제 (정보통신기획평가원 PM)	
소 사 이 어 티 회 장	유 창 동 (KAIST 교수)	
	이 병 선 (김포대학교 교수)	
	이 서 규 (픽셀플러스 대표이사)	
소 사 이 어 티 회 장	이 장 규 (텔레칩스 대표이사)	
	전 선 익 (파이낸셜뉴스 부회장)	
	조 진 우 (한국전자기술연구원 부원장)	
소 사 이 어 티 회 장	강 명 곤 (서울시립대학교 교수) - 하계 총괄 1	
	강 태 옥 (성균관대학교 교수) - 사업	
	구 민 석 (서울시립대학교 교수) - 국제협력	
소 사 이 어 티 회 장	김 윤 (서울시립대학교 교수) - 총무	
	김 현 (서울과학기술대학교 교수) - 하계 총괄 2	
	김 민 휘 (중앙대학교 교수) - 차세대 리더육성	
소 사 이 어 티 회 장	김 수 연 (동국대학교 교수) - 회원, 여성	
	김 용 신 (고려대학교 교수) - 홍보 · 정보화 총괄 / 신기술	
	김 원 준 (간국대학교 교수) - SPC	
소 사 이 어 티 회 장	김 태 인 (인하대학교 교수) - 회원, 여성	
	동 성 수 (웅진예술과학대학교 교수) - 교육	
	변 대 석 (삼성전자 마스터) - 추계 총괄 2	
소 사 이 어 티 회 장	서 병 석 (상지대학교 교수) - 추계	
	손 교 민 (삼성전자 마스터) - 사업	
	신 창 환 (고려대학교 교수) - 하계	
소 사 이 어 티 회 장	유 찬 세 (한국전자기술연구원 수석연구원) - 사업 총괄	
	이 형 민 (고려대학교 교수) - 추계	
	임 흥 기 (인하대학교 교수) - ICCE-Asia	
소 사 이 어 티 회 장	전 세 영 (서울대학교 교수) - 기획, 대외협력	
	정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장) - 사업	
	조 성 현 (한양대학교 교수) - 추계 총괄 1	
소 사 이 어 티 회 장	최 우 영 (서울대학교 교수) - JSTS	
	추 민 성 (한양대학교 교수) - 차세대 리더육성	
	황 원 준 (고려대학교 교수) - 회지편집 총괄	
소 사 이 어 티 회 장	고 용 남 (전, 하나마이크론 CTO)	
	김 현 수 (삼성전자 상무)	
	우 정 호 (비전넥스트 대표이사)	
소 사 이 어 티 회 장	이 도 훈 (국가보안기술연구소 연구위원)	
	김 기 남 (한국공학한림원 회장)	
	박 성 옥 (차세대지능형반도체사업단 이사장)	
소 사 이 어 티 회 장	선우명훈 (아주대학교 교수 / IEEE CASS 회장)	
	안 승 권 (연암공과대학교 총장)	
	전 영 현 (삼성전자 부회장)	
소 사 이 어 티 회 장	최 창 식 (DB하이텍 부회장)	
	전 병 우 (성균관대학교 교수)	
	구 본 태 (한국전자통신연구원 본부장) - 산학연	
소 사 이 어 티 회 장	김 병 훈 (LG전자 부사장/CTO) - 산업체	
	노 원 우 (연세대학교 교수) - 신기술 / 차세대 리더육성	
	류 수 정 (서울대학교 교수) - 회원, 여성 총괄	
소 사 이 어 티 회 장	이 강 윤 (성균관대학교 교수) - 사업 / 기술워크숍 / 대외협력	
	인 치 호 (세명대학교 교수) - 대외협력	
	황 인 철 (강원대학교 교수) - 소사이어티 네트워크 협력	
소 사 이 어 티 회 장	고 정 환 (인하공업전문대학 교수) - 산업전자소사이어티	
	이 덕 기 (연암공과대학교 교수) - 컴퓨터소사이어티	
	장 성 진 (와이씨 대표이사) - 반도체소사이어티	
소 사 이 어 티 회 장	김 강 태 (삼성전자 부사장)	
	김 형 준 (한국과학기술연구원 소장)	
	배 순 민 (케이티 LAB장)	
소 사 이 어 티 회 장	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 연구전문위원)	
	원 제 형 (도쿄일렉트론코리아 대표이사)	
	이 광 영 (서경대학교 교수)	
소 사 이 어 티 회 장	이 상 훈 (웨이브피아 대표이사)	
	이 용 옥 (한화시스템 부사장)	
	이 재 관 (한국자동차연구원 소장)	
소 사 이 어 티 회 장	정 준 (솔리드 대표이사)	
	최 병 호 (한국전자기술연구원 소장)	
	강 석 주 (서강대학교 교수) - 기획, 대외협력 총괄 / ITC-CSCC	
소 사 이 어 티 회 장	고 형 호 (충남대학교 교수) - 기획, 대외협력	
	권 혁 인 (중앙대학교 교수) - 총무	
	김 혁 (서울시립대학교 교수) - 교육	
소 사 이 어 티 회 장	김 동 현 (연세대학교 교수) - 바이오메디컬연구회	
	김 성 우 (서울대학교 교수) - 신기술 / 홍보 · 정보화	
	김 영 로 (명지전문대학 교수) - 사업	
소 사 이 어 티 회 장	김 원 중 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 표준화	
	김 익 균 (한국전자통신연구원 부장) - 하계	
	김 학 구 (중앙대학교 교수) - 추계	
소 사 이 어 티 회 장	박 철 수 (광운대학교 교수) - SPC 총괄	
	변 영 재 (UNIST 교수) - 사업	
	선 우 경 (서울대학교 교수) - 회지편집	
소 사 이 어 티 회 장	송 준 영 (인천대학교 교수) - 하계	
	연 규 봉 (한국자동차연구원 수석연구원) - 하계	
	이 채 은 (한양대학교 교수) - 사업	
소 사 이 어 티 회 장	이 후 진 (한성대학교 교수) - 논문편집	
	장 익 중 (경희대학교 교수) - 논문편집 총괄	
	정 성 영 (고려대학교 교수) - 차세대 리더육성	
소 사 이 어 티 회 장	조 성 재 (이화여자대학교 교수) - 신기술 총괄 / 홍보 · 정보화	
	최 강 선 (한국기술교육대학교 교수) - 논문편집	
	최 재 혁 (서울대학교 교수) - ICCE-Asia 총괄	
소 사 이 어 티 회 장	한 재 호 (고려대학교 교수) - 재무	
	김 동 현 (ICTK 대표이사)	
	오 의 열 (LG디스플레이 연구위원)	
소 사 이 어 티 회 장	윤 영 권 (삼성전자 마스터)	
	이 수 민 (한국전자연구소 대표이사)	

이 사

이 수 인 (텔레칩스 상무)
조 영 민 (SkyMirr CEO)
최 성 민 (해치텍 대표이사)
함 철 희 (삼성전자 마스터)
공 재 하 (고려대학교 교수) - 홍보 · 정보화
권 기 룡 (부경대학교 교수) - 산학연
김 동 순 (세종대학교 교수) - 하계
김 병 수 (한국전자기술연구원 센터장) - 하계 / ICCE-Asia
김 선 욱 (고려대학교 교수) - 교육
김 소 영 (성균관대학교 교수) - JSTS
김 재 욱 (한국과학기술연구원 선임연구원) - 하계
김 지 훈 (한양대학교 교수) - ICCE-Asia
류 현 석 (서울대학교 교수) - 교육
박 재 영 (광운대학교 교수) - 표준화
서 민 재 (서울시립대학교 교수) - 기획 / 차세대리더 / 하계 / ICCE-Asia
안 광 호 (한국전자기술연구원 본부장) - 대외협력
안 성 수 (명지전문대학 교수) - 회원
양 현 중 (서울대학교 교수) - ICCE-Asia
유 담 (서울대학교 교수) - 하계
윤 명 국 (이화여자대학교 교수) - 신기술
윤 종 윤 (파두 사장) - 교육
이 상 만 (고려대학교 교수) - 산학연
이 철 호 (서울대학교 교수) - 신기술
임 기 택 (한국산업기술기획평가원 PD) - 대외협력
정 해 준 (경희대학교 교수) - 국문논문
제 민 규 (KAIST 교수) - 사업
채 관 역 (삼성전자 마스터) - 대외협력
최 재 욱 (가천대학교 교수) - 국문논문
하 정 우 (네이버 센터장) - 신기술
한 동 윤 (네이버 리더) - 학회지
허 용 석 (아주대학교 교수) - 학회지
황 진 영 (한국항공대학교 교수) - 국제협력
권 경 하 (KAIST 교수) - 사업
김 가 인 (DGIST 교수) - ICCE-Asia / 차세대리더
김 기 현 (전북대학교 교수) - 전북지부
김 대 영 (순천향대학교 교수) - 호서지부
김 성 준 (동국대학교 교수) - 국제협력
김 영 성 (인하대학교 교수) - 학회지
김 형 진 (한양대학교 교수) - 하계 / ITC-CSCC
민 경 식 (국민대학교 교수) - 하계 / JSTS
박 익 준 (중부대학교 교수) - 회원/여성
박 해 림 (서울과학기술대학교 교수) - 회원/여성
배 준 호 (가천대학교 교수) - 표준화
송 익 현 (한양대학교 교수) - 국제협력
신 세 운 (UNIST 교수) - 사업
심 원 보 (서울과학기술대학교 교수) - 하계
유 동 훈 (디사이로 CRO) - 회원 · 여성
이 권 형 (LG전자 책임연구원) - 하계
이 상 현 (아주대학교 교수) - 홍보 · 정보화
이 재 규 (삼성전자 마스터) - 산학연
이 철 (동국대학교 교수) - 학회지
임 영 현 (경희대학교 교수) - 국문논문
정 소 이 (아주대학교 교수) - 하계
정 이 품 (연세대학교 교수) - 차세대 리더
진 경 환 (고려대학교 교수) - 기획
채 주 형 (광운대학교 교수) - ICCE-Asia / 차세대리더
함 범 섭 (연세대학교 교수) - 추계

정 민 수 (라운텍 CTO)
천 이 우 (넥스트칩 연구소장)
한 은 혜 (에스에스앤씨 대표이사)
홍 국 태 (LX세미콘 연구위원)
권 구 덕 (강원대학교 교수) - 기획
권 기 원 (성균관대학교 교수) - 표준화
김 민 규 (LG이노텍 상무) - 산학연
김 상 완 (서강대학교 교수) - 기획
김 성 동 (서울과학기술대학교 교수) - 표준화
김 유 철 (LG 시연연구원 부문장) - 신기술
김 중 헌 (고려대학교 교수) - 사업
류 은 석 (성균관대학교 교수) - 사업
박 동 욱 (서울시립대학교 교수) - 하계
배 현 철 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 산학연
심 용 (중앙대학교 교수) - 국제협력
안 상 철 (한국과학기술연구원 책임연구원) - 신기술
안 호 균 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 사업
오 윤 호 (고려대학교 교수) - 신기술
유 현 우 (성균관대학교 교수) - 홍보 · 정보화
윤 상 훈 (한국산업기술기획평가원 PD) - 산학연
이 구 순 (파이낸셜뉴스 이사) - 홍보 · 정보화
이 정 원 (서울대학교 교수) - 회원/여성
이 태 동 (국제대학교 교수) - 홍보 · 정보화
전 동 석 (서울대학교 교수) - 하계 / 국문논문
정 희 철 (경북대학교 교수) - 학회지
조 성 인 (동국대학교 교수) - 하계
최 광 성 (한국전자통신연구원 실장) - 대외협력
최 정 욱 (한양대학교 교수) - 국문논문
하 태 준 (광운대학교 교수) - 추계
한 태 희 (성균관대학교 교수) - 국문논문
허 재 두 (한국전자통신연구원 연구전문위원) - 사업
황 태 호 (한국전자기술연구원 본부장) - 하계
권 중 원 (한국산업기술시험원 센터장) - 추계
김 건 우 (목포대학교 교수) - 광주·전남지부
김 다 완 (한국교통대학교 교수)
김 도 훈 (한국전자통신연구원 박사) - 표준화
김 승 환 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 산학연
김 정 석 (가천대학교 교수) - 홍보 · 정보화
류 성 주 (서강대학교 교수) - 하계
박 관 서 (연세대학교 교수) - ICCE-Asia / 차세대리더 / 기획
박 정 환 (경희대학교 교수) - 국문논문
배 준 성 (강원대학교 교수) - 국제협력
백 지 선 (부산대학교 교수) - ICCE-Asia
송 철 (DGIST 교수) - 바이오메디컬연구회
신 재 영 (한국교통대학교 교수) - 교육
유 경 창 (삼성전자 수석연구원) - 회원
이 규 호 (연세대학교 교수) - 차세대 리더 / 하계
이 명 재 (연세대학교 교수) - 신기술
이 신 형 (서울시립대학교 교수) - 회원 · 여성
이 정 석 (인하공업전문대학 교수) - 학회지
임 매 순 (한국과학기술연구원 책임연구원) - 사업
정 동 윤 (한국전자통신연구원 센터장) - 산학연
정 완 영 (KAIST 교수) - 홍보 · 정보화
정 한 울 (광운대학교 교수) - 신기술
차 철 욱 (한국전자기술연구원 센터장) - 표준화
최 욱 (인천대학교 교수) - 학회지
홍 성 완 (서강대학교 교수) - 하계 / 대외협력

협 동 이 사

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)
김 현 철 (울산대학교 교수)
고 석 준 (제주대학교 교수)
강 윤 희 (백석대학교 교수)
최 명 준 (텔레다인 박사)

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

최 수 일 (전남대학교 교수)
이 병 희 (한밭대학교 교수)
이 지 훈 (전북대학교 교수)
조 문 규 (한국교통대학교 교수)
강 유 선 (Tokyo Polytechnic University 교수)
Prof. Edis B. TEN (National University of Science and Technology)

위원회 명단

자문위원회

위원장	박성한 (한양대학교 명예교수)
부위원장	이진구 (동국대학교 명예교수)
위원	고성재 (고려대학교 명예교수)
	김도현 (국민대학교 명예교수)
	김재희 (연세대학교 명예교수)
	박규태 (연세대학교 명예교수)
	백준기 (중앙대학교 교수)
	이문기 (연세대학교 명예교수)
	이충용 (연세대학교 교수)
	전국진 (서울대학교 명예교수)
	천경준 (씨젠 회장)

기획위원회

위원장	강석주 (서강대학교 교수)
부위원장	전세영 (서울대학교 교수)
위원	권구덕 (강원대학교 교수)
	서민재 (서울시립대학교 교수)

학술연구위원회 – 하계

위원장	강명곤 (서울시립대학교 교수)
TPC위원장	김현 (서울과학기술대학교 교수)
위원	김동순 (세종대학교 교수)
	김형진 (한양대학교 교수)
	서경원 (서울과학기술대학교 교수)
	송준영 (인천대학교 교수)
	연규봉 (한국자동차연구원 수석연구원)
	이권형 (LG전자 책임연구원)
	정소이 (아주대학교 교수)
	홍성완 (서강대학교 교수)

학술연구위원회 – 추계

위원장	조성현 (한양대학교 교수)
TPC위원장	변대석 (삼성전자 마스터)
위원	강문식 (강릉원주대학교 교수)
	김중현 (고려대학교 교수)
	서병석 (상지대학교 교수)
	추민성 (한양대학교 교수)
	황인철 (강원대학교 교수)

논문편집위원회

위원장	장익준 (경희대학교 교수)
위원	박정환 (경희대학교 교수)
	전동석 (서울대학교 교수)
	최재용 (가천대학교 교수)

국제협력위원회

위원장	구민석 (서울시립대학교 교수)
위원	김성준 (동국대학교 교수)
	심용 (중앙대학교 교수)

회원관리위원회

위원장	류수정 (서울대학교 교수)
위원	김수연 (동국대학교 교수)
	박혜림 (서울과학기술대학교 교수)
	유동훈 (디사일로 CRO)
	이정원 (서울대학교 교수)

공준진 (웨이브피아 CSO)
김성대 (KAIST 명예교수)
나정웅 (KAIST 명예교수)
박진옥 (육군사관학교 명예교수)
서승우 (서울대학교 교수)
이상설 (한양대학교 명예교수)
이혁재 (서울대학교 교수)
전홍태 (중앙대학교 명예교수)
홍대식 (연세대학교 교수)

고형호 (충남대학교 교수)
김상완 (서강대학교 교수)
진경환 (고려대학교 교수)

구용서 (단국대학교 석좌교수)
김수중 (경북대학교 명예교수)
문영식 (한림성심대학교 총장)
박항구 (소암시스템 회장)
성광모 (서울대학교 명예교수)
이재홍 (서울대학교 명예교수)
임혜숙 (이화여자대학교 교수)
정정화 (한양대학교 명예교수)
홍승홍 (인하대학교 명예교수)

박관서 (연세대학교 교수)

김병수 (한국전자기술연구원 센터장)
민경식 (국민대학교 교수)
서민재 (서울시립대학교 교수)
신창환 (고려대학교 교수)
유담 (서울대학교 교수)
이승호 (한밭대학교 교수)
조성인 (동국대학교 교수)

김익균 (한국전자통신연구원 부장)
박동욱 (서울시립대학교 교수)
서승호 (고려대학교 교수)
심원보 (서울과학기술대학교 교수)
이규호 (연세대학교 교수)
인지호 (세명대학교 교수)
최승규 (경희대학교 교수)

구분태 (한국전자통신연구원 본부장)
김학구 (중앙대학교 교수)
이승호 (한밭대학교 교수)
하태준 (광운대학교 교수)

권종원 (한국산업기술시험원 센터장)
노태문 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
이형민 (고려대학교 교수)
함범섭 (연세대학교 교수)

이후진 (한성대학교 교수)
정해준 (경희대학교 교수)
최정욱 (한양대학교 교수)

임영현 (경희대학교 교수)
최강선 (한국기술교육대학교 교수)
한태희 (성균관대학교 교수)

배준성 (강원대학교 교수)
황진영 (한국항공대학교 교수)

송익현 (한양대학교 교수)

김태인 (인하대학교 교수)
안성수 (명지전문대학 교수)
이신형 (서울시립대학교 교수)
임정연 (SK텔레콤 담당)

박익준 (중부대학교 교수)
유경창 (삼성전자 수석연구원)
이정아 (AURA CEO)

회지편집위원회

위원장	황원준 (고려대학교 교수)		
부위원장	선우경 (서울대학교 교수)		
위원	김영성 (인하대학교 교수)	이철 (동국대학교 교수)	정희철 (경북대학교 교수)
	최욱 (인천대학교 교수)	한동윤 (네이버 리더)	허용석 (아주대학교 교수)

사업위원회

위원장	유찬세 (한국전자기술연구원 수석연구원)		
위원	감익균 (한국전자통신연구원 본부장)	강태욱 (성균관대학교 교수)	권경하 (KAIST 교수)
	김영로 (명지전문대학 교수)	김중헌 (고려대학교 교수)	류은석 (성균관대학교 교수)
	변영재 (UNIST 교수)	선우명훈 (아주대학교 교수)	손교민 (삼성전자 마스터)
	신세운 (UNIST 교수)	안호균 (한국전자통신연구원 책임연구원)	이채은 (한양대학교 교수)
	임매순 (한국과학기술연구원 책임연구원)	정일권 (한국전자통신연구원 본부장)	제민규 (KAIST 교수)
	허재두 (한국전자통신연구원 연구전문위원)		

교육연구위원회

위원장	강문식 (강릉원주대학교 교수)		
위원	김혁 (서울시립대학교 교수)	동성수 (용인예술과학대학교 교수)	류현석 (서울대학교 교수)
	박영우 (TEL 부사장)	박혜림 (서울과학기술대학교 교수)	변대석 (삼성전자 교수)
	변영재 (UNIST 교수)	신재영 (한국교통대학교 교수)	윤종윤 (Fadu 사장)
	이신형 (서울시립대학교 교수)	이영택 (ASML 전무)	이후진 (한성대학교 교수)
	정성엽 (고려대학교 교수)	정용규 (을지대학교 교수)	

홍보/정보화위원회

위원장	김용신 (고려대학교 교수)		
위원	궁재하 (고려대학교 교수)	김성우 (서울대학교 교수)	김정석 (가천대학교 교수)
	유현우 (성균관대학교 교수)	이상현 (아주대학교 교수)	

표준화위원회

위원장	김원종 (한국전자통신연구원 책임연구원)		
부위원장	연구봉 (한국자동차연구원 수석연구원)		
위원	김도훈 (한국전자통신연구원 박사)	권기원 (성균관대학교 교수)	김성동 (서울과학기술대학교 교수)
	박재영 (광운대학교 교수)	배준호 (가천대학교 교수)	차철웅 (한국전자기술연구원 센터장)

신기술위원회

위원장	노원우 (연세대학교 교수)		
부위원장	김용신 (고려대학교 교수)	조성재 (이화여자대학교 교수)	
위원	김성우 (서울대학교 교수)	이철호 (서울대학교 교수)	오윤호 (고려대학교 교수)
	윤명국 (이화여자대학교 교수)	이명재 (연세대학교 교수)	정한울 (광운대학교 교수)

선거관리위원회

위원장	전홍태 (중앙대학교 교수)		
위원	강명곤 (서울시립대학교 교수)	강석주 (서강대학교 교수)	권혁인 (중앙대학교 교수)
	김윤 (서울시립대학교 교수)	류수정 (서울대학교 교수)	한재호 (고려대학교 교수)

포상위원회

위원장	공준진 (웨이브피아 CSO)		
위원	강석주 (서강대학교 교수)	강명곤 (서울시립대학교 교수)	김종욱 (고려대학교 교수)
	장익준 (경희대학교 교수)	한재호 (고려대학교 교수)	
위원 및 간사겸임	권혁인 (중앙대학교 교수)		

인사위원회

위원장	백광현 (중앙대학교 교수)		
위원	김종욱 (고려대학교 교수)	강석주 (서강대학교 교수)	권혁인 (중앙대학교 교수)
	조성재 (이화여자대학교 교수)	한재호 (고려대학교 교수)	

차세대 리더육성위원회

위원장	노원우 (연세대학교 교수)		
부위원장	김민휘 (중앙대학교 교수)	정성엽 (고려대학교 교수)	추민성 (한양대학교 교수)
위원	김가인 (DGIST 교수)	박관서 (연세대학교 교수)	서민재 (서울시립대학교 교수)
	이규호 (연세대학교 교수)	정이품 (연세대학교 교수)	채주형 (광운대학교 교수)

JSTS 편집위원회

위원장	최우영 (서울대학교 교수)		
위원	강명곤 (서울시립대학교 교수)	강인만 (경북대학교 교수)	권혁인 (중앙대학교 교수)
	김상범 (서울대학교 교수)	김상완 (서강대학교 교수)	김소영 (성균관대학교 교수)
	김윤 (서울시립대학교 교수)	김재준 (서울대학교 교수)	김지훈 (한양대학교 교수)
	남일구 (부산대학교 교수)	민경식 (국민대학교 교수)	박찬형 (광운대학교 교수)
	백광현 (중앙대학교 교수)	서문교 (성균관대학교 교수)	신민철 (KAIST 교수)
	오정우 (연세대학교 교수)	윤상원 (서울대학교 교수)	이가원 (충남대학교 교수)
	이강윤 (성균관대학교 교수)	이철호 (서울대학교 교수)	이형민 (고려대학교 교수)
	전동석 (서울대학교 교수)	정규원 (서울대학교 교수)	정재경 (한양대학교 교수)
	조성재 (이화여자대학교 교수)	조일환 (명지대학교 교수)	차호영 (홍익대학교 교수)
	최우석 (서울대학교 교수)	한재덕 (한양대학교 교수)	

SPC위원회

위원장	송병철 (인하대학교 교수)	박철수 (광운대학교 교수)	김원준 (건국대학교 교수)
자문위원	김선욱 (고려대학교 교수)	김창수 (고려대학교 교수)	백광현 (중앙대학교 교수)
	백준기 (중앙대학교 교수)	심동규 (광운대학교 교수)	이강윤 (성균관대학교 교수)
	이혁재 (서울대학교 교수)	임혜숙 (이화여자대학교 교수)	전병우 (성균관대학교 교수)
	조남익 (서울대학교 교수)	조민호 (고려대학교 교수)	
운영위원	공경보 (부산대학교 교수)	조성인 (동국대학교 교수)	홍승혁 (수원대학교 교수)
편집위원	강석주 (서강대학교 교수)	권건우 (홍익대학교 교수)	권순재 (가톨릭대학교 교수)
	권준석 (중앙대학교 교수)	김민준 (한국외국어대학교 교수)	김병서 (홍익대학교 교수)
	김영민 (홍익대학교 교수)	김영빈 (중앙대학교 교수)	김용태 (경북대학교 교수)
	김원중 (한국전자통신연구원 책임연구원)	김재곤 (한국항공대학교 교수)	김진솔 (전남대학교 교수)
	김태석 (광운대학교 교수)	김태환 (한국항공대학교 교수)	김현 (서울과학기술대학교 교수)
	남일구 (부산대학교 교수)	민경식 (수원대학교 교수)	민문식 (경북대학교 교수)
	박은병 (성균관대학교 교수)	백성웅 (한양대학교 교수)	서영호 (광운대학교 교수)
	신영주 (고려대학교 교수)	신오순 (송실대학교 교수)	신지태 (성균관대학교 교수)
	엄찬호 (중앙대학교 교수)	오지형 (중앙대학교 교수)	오태현 (POSTECH 교수)
	오현우 (쓰리웨이스프리트 교수)	우성민 (한국기술교육대학교 교수)	유지현 (광운대학교 교수)
	이덕우 (계명대학교 교수)	이재훈 (고려대학교 교수)	이채은 (한양대학교 교수)
	이철 (동국대학교 교수)	이후진 (한성대학교 교수)	이훈 (UNIST 교수)
	임성훈 (DGIST 교수)	장민혜 (한국전기연구원 박사)	장승진 (한밭대학교 교수)
	장주웅 (광운대학교 교수)	장훈석 (한국전자기술연구원 선임연구원)	장희선 (평택대학교 교수)
	정승원 (고려대학교 교수)	조성현 (한양대학교 교수)	진훈 (안양대학교 교수)
	차은주 (숙명여자대학교 교수)	최상호 (광운대학교 교수)	황성운 (가천대학교 교수)
	황원준 (고려대학교 교수)	황인철 (강원대학교 교수)	

바이오-메디컬연구회

전문위원장	김동현 (연세대학교 교수)	박형원 (성균관대학교 교수)	변경민 (경희대학교 교수)
전문위원	김경환 (연세대학교 교수)	송철 (DGIST 교수)	송윤규 (서울대학교 교수)
	서정목 (연세대학교 교수)	전상범 (이화여자대학교 교수)	최종률 (대구경북첨단의료산업진흥재단 책임연구원)
	이정훈 (광운대학교 교수)		

Society 명단

통신사이버터

회 부 회 장	신기진 (숭실대학교 교수)	김재현 (아주대학교 교수)	김진영 (광운대학교 교수)
	김기현 (건국대학교 교수)	김진주 (ATNS 대표이사)	이성우 (단국대학교 교수)
	이원규 (인천대학교 교수)	이재훈 (숭실대학교 교수)	이우 (중양대학교 교수)
간 협 동 부 회 장	최유진 (고려대학교 교수)	홍노익 (고려대학교 교수)	
	김민석 (숭실대학교 교수)	홍노익 (광주과학기술원 교수)	
	이재훈 (에이스테크놀로지 연구소장)	이재훈 (브로던 대표이사)	김영철 (숭실대학교 교수)
	이재훈 (에이스테크놀로지 박사)	이재훈 (한국전자통신연구원 원장)	정현규 (한국전자통신연구원 부장)
이 사	김기현 (연세대학교 교수)	김성훈 (한국전자통신연구원 박사)	김호진 (이화여자대학교 교수)
	김기현 (한국공과대학교 교수)	김성훈 (숭실대학교 교수)	김진 (서강대학교 교수)
	김기현 (동국대학교 교수)	김성훈 (금오공과대학교 교수)	신안 (숭실대학교 교수)
	김기현 (한국항공대학교 교수)	김성훈 (서울과학기술대학교 교수)	이예준 (서울과학기술대학교 교수)
	김기현 (동국대학교 교수)	김성훈 (숭실대학교 교수)	이호경 (홍익대학교 교수)
	김기현 (홍익대학교 교수)	김성훈 (건국대학교 교수)	조재래 (중양대학교 교수)
	김기현 (한양대학교 교수)	김성훈 (대구경북과학기술원 교수)	최진신 (한양대학교 교수)
	김기현 (충남대학교 교수)	김성훈 (경희대학교 교수)	황승 (동국대학교 교수)
	김기현 (전남대학교 교수)		
	김기현 (고려대학교 교수)	정소이 (아주대학교 교수)	
간 연구 회 위 원 장	김기현 (고려대학교 교수) - 통신	윤상민 (국민대학교 교수) - 지능형네트워크	
	김기현 (연세대학교 교수) - 마이크로파 및 전파전파	이철기 (아주대학교 교수) - ITS	
	김기현 (경북대학교 교수) - 군사전자	허재두 (한국전자통신연구원 연구전문위원) - 무선 PAN/BAN	

반도체사이버터

회 자 문 위 원	정준호 (와이씨 대표이사)	권오경 (한양대학교 교수, 반소전임회장)	김영환 (POSTECH 교수)
	김진주 (웨이브피아 CSO, 본회명예회장)	김진주 (경희대학교 총장, 반소전임회장)	김희석 (청주대학교 교수)
	김진주 (연세대학교 교수)	김진주 (아주대학교 교수, 반소전임회장)	소경신 (Synopsis 사장)
	김진주 (POSTECH 교수)	김진주 (반소전임회장)	신철환 (한양대학교 교수, 반소전임회장)
	김진주 (반소전임회장)	김진주 (서강대학교 교수)	이정현 (KAIST 교수)
	김진주 (서강대학교 교수)	김진주 (반소전임회장)	전영현 (삼성전자 부회장, 반소전임회장)
	김진주 (경희대학교 교수)	김진주 (전북대학교 교수)	조경순 (한국외국어대학교 교수)
	김진주 (울산대학교 교수)	김진주 (이천대학교 교수, 반소전임회장)	최기영 (서울대학교 교수)
	김진주 (벨랑 대표)	김진주 (실리콘마이터스 회장)	
간 부 회 장	김진주 (성균관대학교 교수)	김진주 (서강대학교 교수)	박영우 (EXICON 사장)
	김진주 (LX세미온 연구소장)	김진주 (한양대학교 교수)	이희덕 (충남대학교 교수)
	김진주 (한국반도체산업협회 전무)	김진주 (인하대학교 교수)	
	김진주 (서울시립대학교 교수, 수석부회장)	김진주 (삼성전자 부사장)	김지훈 (한양대학교 교수)
총 무 이 사	김진주 (서울시립대학교 교수)	김진주 (충남대학교 교수)	박종선 (고려대학교 교수)
	김진주 (서울과학기술대학교 교수)	김진주 (서울대학교 교수)	추민상 (한양대학교 교수)
	김진주 (삼성전자 부사장)	김진주 (삼성전자 마스터)	조성재 (이화여자대학교 교수)
	김진주 (한양대학교 교수)	김진주 (삼성전자 부사장)	
	김진주 (성균관대학교 교수)		
학 술 이 사	김진주 (인하대학교 교수)	김철우 (고려대학교 교수)	범진욱 (서강대학교 교수)
	김진주 (UNIST 교수)	김철우 (동국대학교 교수)	이병훈 (POSTECH 교수)
	김진주 (한양대학교 교수)	김철우 (서울대학교 교수)	이희덕 (충남대학교 교수)
	김진주 (세명대학교 교수)	김철우 (전북대학교 교수)	차호영 (홍익대학교 교수)
	김진주 (연세대학교 교수)	김철우 (한양대학교 교수)	
	김진주 (삼성전자 마스터)	김철우 (성균관대학교 교수)	공정택 (성균관대학교 교수)
	김진주 (세종대학교 교수)	김철우 (성균관대학교 교수)	김시훈 (연세대학교 교수)
	김진주 (성균관대학교 교수)	김철우 (한국전자통신연구원 책임연구원)	김종선 (홍익대학교 교수)
	김진주 (LX세미온 상무)	김철우 (중앙대학교 교수)	변대식 (삼성전자 마스터)
	김진주 (삼성전자 마스터)	김철우 (삼성전자 부사장)	박민우 (한국전자통신연구원 연구위원)
	김진주 (연세대학교 교수)	김철우 (웨이브피아 대표)	조태제 (DGIST 교수)
	김진주 (서울대학교 교수)	김철우 (한국전자기술연구원 본부장)	최영균 (고려대학교 교수)
	김진주 (경북대학교 교수)		
	김진주 (성균관대학교 교수)	이성수 (숭실대학교 교수)	김보은 (라온텍 사장)
재 무 이 사	김진주 (넥스트칩 대표)	김민우 (CTK 사장)	손재철 (가천대학교 교수)
산 학 이 사	김진주 (ADT 사장)	김민우 (실리콘웍스 전무)	오민욱 (삼성전자 부사장)
	김진주 (휴인스 사장)	김민우 (케이디스코리아 사장)	
	김진주 (온도레인 사장)	김민우 (텔레칩스 대표)	
	김진주 (연세대학교 교수)	김민우 (숭실대학교 교수)	
회 원 이 사	김진주 (명지대학교 교수) - 반도체사 및 재료	김상인 (아주대학교 교수) - 광파 및 양자전자	김인철 (강원대학교 교수) - RF 집적회로
연구 회 위 원 장	김진주 (성균관대학교 교수) - SoC 설계	김의균 (한국전자통신연구원 부장) - 정보보안시스템	김한규 (EESOP 대표) - ESD/EOS & Latchup
	김진주 (강원공업 본부장) - PCB&Package	송민규 (동국대학교 교수) - 이미지센서	
	김진주 (경희대학교 교수) - 내방사선 반도체 설계 및 소자		
	김진주 (연세대학교 교수) - 인 메모리 컴퓨팅	권재하 (고려대학교 교수)	권구덕 (강원대학교 교수)
	김진주 (POSTECH 교수)	김민준 (한양대학교 교수)	김병수 (한국전자기술연구원 센터장)
	김진주 (한국전자통신연구원 책임연구원)	김민준 (홍익대학교 교수)	김재욱 (한국과학기술연구원 그룹장)
	김진주 (동국대학교 교수)	김민준 (서강대학교 교수)	류시강 (한국항공대학교 교수)
	김진주 (한양대학교 교수)	김민준 (건국대학교 교수)	박인호 (인하대학교 교수)
	김진주 (성균관대학교 교수)	김민준 (문택 대표)	백지선 (부산대학교 교수)
	김진주 (서울시립대학교 교수)	김민준 (인하대학교 교수)	양수정 (연세대학교 교수)
	김진주 (성균관대학교 교수)	김민준 (충남대학교 교수)	이화영 (이화여자대학교 교수)
	김진주 (POSTECH 교수)	김민준 (중앙대학교 교수)	이광민 (성균관대학교 교수)
	김진주 (가천대학교 교수)	김민준 (고려대학교 교수)	이재훈 (한국외국어대학교 교수)
	김진주 (서울대학교 교수)	김민준 (삼성전자 상무)	전정호 (인하대학교 교수)
	김진주 (단국대학교 교수)	김민준 (SK 사피온 CTO)	정재홍 (한국항공대학교 교수)
	김진주 (KAIST 교수)	김민준 (충남대학교 교수)	최재욱 (광운대학교 교수)
	김진주 (건국대학교 교수)	김민준 (서울대학교 교수)	최재욱 (서울대학교 교수)
	김진주 (성균관대학교 교수)	김민준 (충남대학교 교수)	

박상우 (명지대학교 교수)	박성훈 (KAIST 교수)	박현진 (성균관대학교 교수)
박정호 (광운대학교 교수)	배성호 (경희대학교 교수)	서영호 (광운대학교 교수)
서정호 (한국전자통신연구원 연구원)	서진근 (연세대학교 교수)	손영훈 (연세대학교 교수)
송진호 (연세대학교 교수)	신재섭 (픽스트리 대표이사)	신지태 (성균관대학교 교수)
신성환 (캐논메디칼시스템즈코리아 박사)	안현중 (UNIST 교수)	어영정 (연세대학교 교수)
신성환 (부산대학교 교수)	오세홍 (한국외국어대학교 교수)	오태진 (POSTECH 교수)
이인철 (인텔리빅스 대표이사)	유양모 (서강대학교 교수)	윤국진 (KAIST 교수)
이인철 (한국외국어대학교 교수)	이기승 (건국대학교 교수)	이상근 (중앙대학교 교수)
이인철 (연세대학교 교수)	이상진 (DGIST 교수)	이상훈 (연세대학교 교수)
이인철 (POSTECH 교수)	이연정 (경북대학교 교수)	이인진 (서울과학기술대학교 교수)
이인철 (한국항공대학교 교수)	이재성 (서울대학교 교수)	이준석 (연세대학교 교수)
이인철 (한국전자기술연구원 책임연구원)	이종하 (계명대학교 교수)	이재원 (계명대학교 교수)
이인철 (성균관대학교 교수)	이창우 (카톨릭대학교 교수)	임재열 (한국기술교육대학교 교수)
이인철 (제주대학교 교수)	임종우 (한양대학교 교수)	장세진 (한국전자기술연구원 센터장)
이인철 (제주하라대학교 교수)	장인수 (한국전자통신연구원 연구원)	장기원 (국가수리과학연구소 박사)
이인철 (광주과학기술원 교수)	장미라 (계명대학교 교수)	정원기 (고려대학교 교수)
이인철 (한밭대학교 교수)	정훈기 (한국교통대학교 교수)	정호열 (영남대학교 교수)
이인철 (HDXMILL 박사)	조승룡 (KAIST 교수)	조홍열 (네이버 연구원)
이인철 (제주대학교 교수)	최승호 (서울과학기술대학교 교수)	최유진 (연세대학교 교수)
이인철 (이화여자대학교 교수)	최주원 (서울대학교 교수)	최철현 (영남대학교 교수)
이인철 (세종대학교 교수)	최용석 (아주대학교 교수)	최홍준 (전남대학교 교수)
이인철 (연세대학교 교수)	황상주 (KAIST 교수)	최영배 (충북대학교 교수)
이인철 (고려대학교 교수) - 딥러닝		강제원 (이화여자대학교 교수) - 영상처리
이인철 (경북대학교 교수) - 음향 및 음성신호처리		이덕우 (계명대학교 교수) - 영상이해
이인철 (서울대학교 교수) - 바이오영상신호처리		김상우 (서울대학교 교수) - 로봇지능

시스템 및 제어사이터티

이덕진 (전북대학교 교수)	김희식 (서울시립대학교 교수)	박종국 (경희대학교 교수)
김도원 (연세대학교 교수)	오상록 (한국과학기술연구원 원장)	송록도 (단국대학교 교수)
김도원 (고려대학교 교수)	유정봉 (공주대학교 교수)	장길도 (전북대학교 교수)
김도원 (한국기술교육대학교 교수)	허경무 (단국대학교 교수)	
김도원 (한국산업기술시험원 센터장)		
김도원 (한국산업기술시험원 수석연구원)	김영철 (군산대학교 교수)	
김도원 (한국산업기술시험원 선임연구원)		
김도원 (한국산업기술시험원 수석연구원)	서영석 (영남대학교 교수)	이왕상 (경상대학교 교수)
김도원 (한국산업기술시험원 선임연구원)		
김도원 (B&P인스트루먼트 연구소장)	박덕우 (한국기계전기전자시험연구원 센터장)	최현택 (한국해양과학기술원 책임연구원)
김도원 (소울아이티 전무)	문태주 (부일하우징 대표)	신대현 (대연씨앤아이 대표)
김도원 (현대전기 대표)		
김도원 (충북대학교 교수)	김수찬 (한경대학교 교수)	김종만 (전남도립대학교 교수)
김도원 (울지대학교 교수)	남기창 (동국대학교 교수)	류지형 (한국전자통신연구원 박사)
김도원 (강릉원주대학교 교수)	박명진 (경희대학교 교수)	박재병 (전북대학교 교수)
김도원 (UNIST 교수)	송철규 (전북대학교 교수)	여희수 (대전대학교 교수)
김도원 (한경대학교 교수)	이수열 (경희대학교 교수)	이윤규 (한국전자통신연구원 책임연구원)
김도원 (전북대학교 교수)	이학성 (세종대학교 교수)	정재훈 (동국대학교 교수)
김도원 (한국과학기술정보연구원 연구원)	최우영 (전북대학교 교수)	한아 (한국산업기술시험원 선임연구원)
김도원 (한국산업기술시험원 센터장) - 인공지능 전환(AI)	남기창 (동국대학교 교수) - 의용전자 및 생체공학	
김도원 (한국자동차연구원 수석연구원) - 자동차전자	오창현 (고려대학교 교수) - 의료영상시스템	
김도원 (대구보건대학교 교수) - 국방정보및제어	이성준 (한양대학교 교수) - 회로 및 시스템	
김도원 (서울과학기술대학교 교수) - 스마트미터링	정재훈 (동국대학교 교수) - 지능로봇	
김도원 (POSTECH 교수) - 제어계측		

산업전자사이터티

고정환 (인하공업전문대학 교수)	원영진 (부천대학교 교수)	윤기방 (인천대학교 명예교수)
김대환 (한국정보기술 대표이사)	이원석 (동양미래대학교 명예교수)	조규남 (로봇신문사 대표이사)
이상희 (동서울대학교 교수)		
이성준 (대흥정보 고문)		
이성준 (용인예술과학대학교 교수)	김상범 (한국폴리텍대학 교수)	김영로 (명지전문대학 교수)
이성준 (인하공업전문대학 교수)	서병석 (성지대학교 교수)	서준원 (K-MV지능정보기술 대표이사)
이성준 (명지전문대학 교수)	윤종현 (조선대학교 교수)	이정석 (인하공업전문대학 교수)
이성준 (국제대학교 교수)	조도현 (인하공업전문대학 교수)	
이성준 (로보월드코리아 대표이사)	권오병 (진인프라 전무이사)	김재중 (SJ정보통신 이사)
이성준 (대흥정보 상무이사)	김정석 (오디에이테크놀로지 대표이사)	김철마 (엠티데이터 상무이사)
이성준 (청파이엔티 대표이사)	김현영 (진우에이티에스 전무이사)	서봉상 (명화지리정보 대표이사)
이성준 (글로벌텔레콤 대표이사)	상재용 (오픈크리스탈 대표이사)	송관식 (아이씨티웨이 상무이사)
이성준 (복두컴퍼니 대표이사)	송치웅 (웨이버스 대표이사)	유정철 (쌍용정보통신 상무이사)
이성준 (투비콤 대표이사)	장대현 (LG U+ 상무이사)	전한수 (세림TSG 전무이사)
이성준 (태지티에스 대표이사)	조한일 (하이제이컨설팅 대표이사)	최석우 (대보정보통신 상무이사)
이성준 (여주대학교 교수)	권오상 (경기과학기술대학교 교수)	권윤중 (세명대학교 교수)
이성준 (부천대학교 교수)	김남선 (서일대학교 교수)	김대수 (전주비전대학교 교수)
이성준 (강릉원주대학교 교수)	김진석 (충청대학교 교수)	김대원 (상지대학교 교수)
이성준 (조선공업대학교 교수)	김성호 (부천대학교 교수)	안대원 (동양미래대학교 교수)
이성준 (인하공업전문대학 교수)	우찬일 (서일대학교 교수)	원우재 (한국폴리텍대학 교수)
이성준 (김포대학교 교수)	이상철 (인천재능대학교 교수)	김서재 (대림대학교 교수)
이성준 (동서울대학교 교수)	이영구 (한림성심대학교 교수)	이주연 (전주비전대학교 교수)
이성준 (동양미래대학교 교수)	최의선 (한국폴리텍대학 교수)	
이성준 (이지테크 대표이사)	최의선 (한국정보기술 이사)	김은연 (인터그래픽 대표이사)
이성준 (LG 책임연구원)	변영필 (진인프라 전무이사)	신동희 (엠티데이터 상무이사)
이성준 (시티랩스 이사)	오재근 (한국정보기술 상무이사)	이강태 (동해중환자술술사 상무이사)
이성준 (엔클라우드 상무이사)	이승민 (투시스템 대표이사)	이승태 (하나텍시스템 이사)
이성준 (쌍용정보통신 상무이사)	이지학 (송안시스템 대표이사)	임준현 (대진정보통신 차장)
이성준 (나비스코에이 부장)	정철 (우송정보기술 대표이사)	정민우 (한국정보기술 상무이사)
이성준 (롯데정보통신 선임)	한창선 (동해중환자술술사 부사장)	
이성준 (인하공업전문대학 교수)	김영선 (대림대학교 교수)	

제25대 평의원 명단

강명곤 (서울시립대학교 교수)
 강석판 (LG전자 상무)
 강제원 (이화여자대학교 교수)
 고성환 (고려대학교 명예교수)
 고진환 (경상대학교 교수)
 공배선 (성균관대학교 교수)
 구민석 (서울시립대학교 교수)
 궁재하 (고려대학교 교수)
 권구덕 (강원대학교 교수)
 권태수 (서울과학기술대학교 교수)
 김강태 (삼성전자 부사장)
 김기현 (전북대학교 교수)
 김도훈 (한국전자통신연구원 박사)
 김동현 (CTK 대표이사)
 김민휘 (중앙대학교 교수)
 김상태 (전남테크노파크 본부장)
 김성태 (한국과학기술원 명예교수)
 김수중 (경북대학교 명예교수)
 김시호 (연세대학교 교수)
 김영민 (홍익대학교 교수)
 김영재 (해동과학문화재단 이사장)
 김원종 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 김은원 (대림대학교 교수)
 김재현 (아주대학교 교수)
 김종욱 (고려대학교 교수)
 김진상 (경희대학교 교수)
 김태욱 (연세대학교 교수)
 김혁 (서울시립대학교 교수)
 김현수 (삼성전자 상무)
 김형탁 (홍익대학교 교수)
 남광희 (포항공과대학교 교수)
 노승원 (LGI노텍 CTO)
 노태문 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
 류수정 (서울대학교 교수)
 문영식 (한림성심대학교 총장)
 민동보 (이화여자대학교 교수)
 박성욱 (차세대지능형반도체사업단 이사장)
 박성환 (한양대학교 명예교수)
 박인규 (인하대학교 교수)
 박준석 (인하대학교 교수)
 박항구 (소암시스템 회장)
 배준성 (강원대학교 교수)
 백종덕 (연세대학교 교수)
 변대석 (삼성전자 마스터)
 서병석 (상지대학교 교수)
 서정목 (연세대학교 교수)
 서철현 (송실대학교 교수)
 손교민 (삼성전자 마스터)
 송병철 (인하대학교 교수)
 송준영 (인천대학교 교수)
 신오순 (송실대학교 교수)
 신현철 (광운대학교 교수)
 안광호 (한국전자기술연구원 본부장)
 안성수 (명지전문대학 교수)
 양준성 (연세대학교 교수)
 오윤제 (정보통신기획평가원 PM)
 우성민 (한국기술교육대학교 교수)

강문식 (강릉원주대학교 교수)
 강성원 (한국전자통신연구원 부원장)
 고병철 (계명대학교 교수)
 고용남 (전 하나마이크론 CTO)
 고형호 (충남대학교 교수)
 공준진 (웨이브피아 CSO)
 구본태 (한국전자통신연구원 본부장)
 권건우 (홍익대학교 교수)
 권기룡 (부경대학교 교수)
 권혁인 (중앙대학교 교수)
 김경기 (대구대학교 교수)
 김도현 (제주대학교 교수)
 김동규 (한양대학교 교수)
 김동현 (연세대학교 교수)
 김병서 (홍익대학교 교수)
 김선용 (건국대학교 교수)
 김성우 (서울대학교 교수)
 김승천 (한성대학교 교수)
 김영권 (후레대학교 명예총장)
 김영민 (서울대학교 교수)
 김영한 (UC San Diego/가우스랩스 대표이사)
 김원준 (건국대학교 교수)
 김익균 (한국전자통신연구원 부장)
 김재희 (연세대학교 명예교수)
 김중현 (고려대학교 교수)
 김진영 (광운대학교 교수)
 김학구 (중앙대학교 교수)
 김현 (서울과학기술대학교 교수)
 김형준 (한국과학기술연구원 소장)
 김훈 (인천대학교 교수)
 남기창 (동국대학교 교수)
 노원우 (연세대학교 교수)
 동성수 (용인예술과학대학교 교수)
 류은석 (성균관대학교 교수)
 문용 (송실대학교 교수)
 박관서 (연세대학교 교수)
 박성욱 (강릉원주대학교 교수)
 박수현 (국민대학교 교수)
 박종선 (고려대학교 교수)
 박진욱 (육군사관학교 명예교수)
 방승찬 (한국전자통신연구원 원장)
 배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 백준기 (중앙대학교 교수)
 변영재 (울산과학기술원 교수)
 서봉상 (올포랜드 상무)
 서종모 (서울대학교 교수)
 선우경 (서울대학교 교수)
 송문섭 (심텍 회장)
 송상현 (중앙대학교 교수)
 송진호 (연세대학교 교수)
 신요안 (송실대학교 교수)
 심동규 (광운대학교 교수)
 안병구 (홍익대학교 교수)
 안현식 (동명대학교 교수)
 엄낙웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 오윤호 (고려대학교 교수)
 우운택 (한국과학기술원 교수)

강석주 (서강대학교 교수)
 강윤희 (백석대학교 교수)
 고석준 (제주대학교 교수)
 고정환 (인하공업전문대학 교수)
 공규열 (한성대학교 교수)
 객진태 (고려대학교 교수)
 구용서 (단국대학교 석좌교수)
 권경하 (한국과학기술원 교수)
 권종원 (한국산업기술시험원 센터장)
 권호열 (강원대학교 교수)
 김기연 (한국산업기술시험원 선임연구원)
 김도현 (국민대학교 명예교수)
 김동식 (인하공업전문대학 교수)
 김명선 (한성대학교 교수)
 김상범 (한국폴리텍대학 교수)
 김선욱 (고려대학교 교수)
 김소영 (성균관대학교 교수)
 김승환 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 김영로 (명지전문대학 교수)
 김영선 (대림대학교 교수)
 김용신 (고려대학교 교수)
 김윤 (서울시립대학교 교수)
 김재준 (서울대학교 교수)
 김중선 (홍익대학교 교수)
 김지훈 (한양대학교 교수)
 김철우 (고려대학교 교수)
 김한구 (EESOP 대표)
 김현 (부천대학교 교수)
 김형진 (한양대학교 명예교수)
 나정웅 (한국과학기술원 명예교수)
 남일구 (부산대학교 교수)
 노정진 (한양대학교 교수)
 류성주 (서강대학교 교수)
 문상미 (나사렛대학교 교수)
 민경식 (국민대학교 교수)
 박규태 (연세대학교 명예교수)
 박성정 (건국대학교 교수)
 박영훈 (숙명여자대학교 교수)
 박종일 (한양대학교 교수)
 박철수 (광운대학교 교수)
 배순민 (케이티 LAB장)
 백광현 (중앙대학교 교수)
 범진욱 (서강대학교 교수)
 서민재 (서울시립대학교 교수)
 서승우 (서울대학교 교수)
 서지원 (연세대학교 교수)
 성평모 (서울대학교 명예교수)
 송민규 (동국대학교 교수)
 송익현 (한양대학교 교수)
 신세윤 (포항공과대학교 교수)
 신창환 (고려대학교 교수)
 심용 (중앙대학교 교수)
 안상철 (한국과학기술연구원 책임연구원)
 안호균 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 연규봉 (한국자동차연구원 수석연구원)
 오태현 (포항공과대학교 교수)
 우정호 (비전넥스트 대표이사)

원 제 형 (도쿄일렉트론코리아 대표이사)
 유 윤 석 (한경대학교 교수)
 유 창 동 (한국과학기술원 교수)
 윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
 윤 종 용 (삼성전자 비상임교수)
 이 광 업 (서경대학교 교수)
 이 덕 우 (계명대학교 교수)
 이 명 재 (한국과학기술연구원 책임연구원)
 이 상 만 (고려대학교 교수)
 이 서 규 (한국패리스산업협회 회장)
 이수 인 (텔레칩스 상무)
 이 우 주 (중앙대학교 교수)
 이 장 규 (텔레칩스 대표이사)
 이 재 진 (숭실대학교 교수)
 이 정 석 (인하공업전문대학 교수)
 이 중 호 (서울대학교 교수)
 이 찬 수 (영남대학교 교수)
 이 천 희 (전주대학교 교수)
 이 태 동 (국제대학교 교수)
 이 형 민 (고려대학교 교수)
 이 희 덕 (충남대학교 교수)
 임 성 훈 (대구경북과학기술원 교수)
 장 길 진 (경북대학교 교수)
 전 국 진 (서울대학교 명예교수)
 전 선 익 (파이낸셜뉴스 부회장)
 전 재 욱 (성균관대학교 교수)
 정 방 철 (충남대학교 교수)
 정 승 원 (고려대학교 교수)
 정 원 영 (강원공업 본부장)
 정 이 품 (연세대학교 교수)
 정 준 (쉴리드 대표이사)
 조 남 익 (서울대학교 교수)
 조 성 재 (이화여자대학교 교수)
 주 영 복 (한국기술교육대학교 교수)
 채 영 철 (연세대학교 교수)
 최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)
 최 성 민 (해치텍 대표이사)
 최 영 돈 (삼성전자 마스터)
 최 우 영 (연세대학교 교수)
 최 재 혁 (서울대학교 교수)
 최 창 식 (DB하이텍 부회장)
 하 태 준 (광운대학교 교수)
 한 은 혜 (에스에스앤씨 대표이사)
 한 태 화 (연세대의료원 팀장)
 함 철 희 (삼성전자 마스터)
 홍 국 태 (X세미콘 연구위원)
 홍 승 홍 (인하대학교 명예교수)
 황 성 윤 (가천대학교 교수)
 황 인 태 (전남대학교 교수)

유 명 식 (숭실대학교 교수)
 유 재 준 (울산과학기술원 교수)
 유 창 식 (삼성전자 부사장)
 윤 석 현 (단국대학교 교수)
 윤 종 윤 (파두 사장)
 이 규 대 (공주대학교 교수)
 이 덕 진 (전북대학교 교수)
 이 문 기 (연세대학교 명예교수)
 이 상 설 (한양대학교 명예교수)
 이 성 준 (한양대학교 교수)
 이 승 호 (한밭대학교 교수)
 이 윤 구 (광운대학교 교수)
 이 재 관 (한국자동차연구원 소장)
 이 재 훈 (서울대학교 명예교수)
 이 정 원 (서울대학교 교수)
 이 주 연 (전주비전대학교 교수)
 이 창 우 (가톨릭대학교 교수)
 이 철 (동국대학교 교수)
 이 한 호 (인하대학교 교수)
 이 후 진 (한성대학교 교수)
 인 치 호 (세명대학교 교수)
 임 제 탁 (한양대학교 명예교수)
 장 성 진 (와이씨 대표이사)
 전 동 석 (서울대학교 교수)
 전 세 영 (서울대학교 교수)
 전 홍 태 (중앙대학교 명예교수)
 정 범 진 (서울과학기술대학교 교수)
 정 영 모 (한성대학교 교수)
 정 은 성 (홍익대학교 교수)
 정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장)
 정 해 준 (경희대학교 교수)
 조 도 현 (인하공업전문대학 교수)
 조 성 현 (한양대학교 교수)
 진 훈 (안양대학교 교수)
 채 주 형 (광운대학교 교수)
 최 광 성 (한국전자통신연구원 실장)
 최 수 일 (전남대학교 교수)
 최 용 수 (신한대학교 교수)
 최 욱 (인천대학교 교수)
 최 정 욱 (한양대학교 교수)
 최 천 원 (단국대학교 교수)
 한 동 국 (국민대학교 교수)
 한 재 호 (고려대학교 교수)
 한 태 희 (성균관대학교 교수)
 허 재 두 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
 홍 대 식 (연세대학교 교수)
 홍 인 기 (경희대학교 교수)
 황 원 준 (고려대학교 교수)
 황 진 영 (한국항공대학교 교수)

유 성 철 (쌍용정보통신 상무)
 유 찬 세 (한국전자기술연구원 수석연구원)
 윤 명 국 (이화여자대학교 교수)
 윤 영 권 (삼성전자 마스터)
 이 강 윤 (성균관대학교 교수)
 이 규 복 (한국전자기술연구원 석좌연구위원)
 이 동 규 (카카오모빌리티 부사장)
 이 병 희 (한밭대학교 교수)
 이 상 훈 (웨이브피아 대표이사)
 이수 민 (한국센서연구소 대표이사)
 이영택 (ASML 전무)
 이 인 규 (고려대학교 교수)
 이재 규 (삼성전자 마스터)
 이재 훈 (유정시스템 대표이사)
 이 중 호 (서울대학교 교수)
 이 진 구 (동국대학교 석좌교수)
 이재은 (한양대학교 교수)
 이충용 (연세대학교 교수)
 이 혁 재 (서울대학교 교수)
 이 흥 노 (광주과학기술원 교수)
 임 대 영 (한국산업기술시험원 박사)
 임 혜 숙 (이화여자대학교 교수)
 장 익 준 (경희대학교 교수)
 전 병 우 (성균관대학교 교수)
 전 영 현 (삼성전자 부회장)
 정 민 채 (세종대학교 교수)
 정 성 업 (고려대학교 교수)
 정 완 영 (KAIST 교수)
 정 은 승 (삼성전자 고문)
 정 정 화 (한양대학교 석좌교수)
 제 민 규 (한국과학기술원 교수)
 조 문 규 (한국교통대학교 교수)
 조 영 민 (SkyMirr CEO)
 채 관 업 (삼성전자 마스터)
 천 경 준 (씨젠 회장)
 최 병 호 (한국전자기술연구원 연구소장)
 최 영 규 (인하대학교 교수)
 최 우 영 (서울대학교 교수)
 최 재 용 (가천대학교 교수)
 최 중 호 (서울시립대학교 교수)
 추 민 성 (한양대학교 교수)
 한 동 석 (경북대학교 교수)
 한 진 호 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 함 범 섭 (연세대학교 교수)
 허 준 (고려대학교 교수)
 홍 성 완 (서강대학교 교수)
 홍 철 호 (중앙대학교 교수)
 황 인 철 (강원대학교 교수)
 황 태 호 (한국전자기술연구원 본부장)

사무국 직원 명단

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

학회소식

제4차 상임이사회 회의록

제4차 상임이사회가 5월 9일(금) 17시 학회 회의실(한국과학기술회관 1관 907호)에서 개최되었으며, 이번 회의 결과는 다음과 같다.

- 다 음 -

1. 성원 보고

– 제4차 상임이사회는 54명의 상임이사 중 49명의 참여로 성원되었음.

2. 본 학회(각 위원회) 및 소사이어티 보고

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

3. 심의사항 의결

- 신규 개인회원 가입 승인에 대해 원안대로 승인함.
- 신규 특별회원(하나마이크론) 가입 승인에 대해 원안대로 승인함.
- 명예회원 제도 신설에 대해 원안대로 승인함.
 - 자격: 65세 이상 & 35년 이상 회원 중 신청자
 - 혜택: 멤버십 비용 면제, 학회 및 워크샵 오프라인 50% 이상 할인, 온라인 무료
- IEE Fellow 관련 규정 및 양식 변경에 관한 사항 원안대로 승인함.
- 학회 명예회장 추대 및 자문위원 위촉에 관한 사항(이충용 직전 회장) 원안대로 승인함.

4. 기타

– IFAC World Congress 2026 학회 협조하기로 함(홍보 및 특별 세션 등).

상반기 산업체 탐방 - 삼성이노베이션뮤지엄

교육위원회(총괄위원장 : 강릉원주대학교 강문식 교수)에서는 5월 16일(금) 대학생을 대상으로 기업 현장체험 학습 프로그램을 진행하였다. 이번 프로그램을 통해 방문한 삼성이노베이션뮤지엄은 전자 산업의 역사와 미래를 아우르는 체험형 전시관으로, 전자공학의 발전 흐름을 한눈에 볼 수 있는 공간이다. '전기의 역사', '산업 발전의 주역들', '삼성의 혁신'이라는 세 가지 테마로 구성되어 있으며, 고대 전기의 발견부터 현대의 반도체, 디스플레이, 모바일 기술에 이르기까지 인류의 삶을 변화시킨 다양한 기술과 제품들이 전시되어 있었다. 특히, 삼성전자의 핵심 기술이 집약된 전시관에서는 실제 제품과 모형을 통해 반도체 제조 과정, 스마트폰 혁신, 차세대 기술 등을 생생하게 체험할 수 있었다. 이번 관람을 통해 전자 산업의 과거와 현재, 그리고 미래 기술의 방향성까지 통찰할 수 있었으며, 전자공학을 공부하고 있는 학생들에게도 뜻깊은 학습의 기회가 되었다.



전시 관람 모습



참석자 기념 촬영



행사 단체 사진

아날로그/파워 IC 설계 워크숍

반도체소사이어티[회장: 장성진 대표이사(주식회사 와이씨)]에서는 5월 30일(금) 한국반도체산업협회 9층 교육장(온라인 병행)에서 “아날로그/파워 IC 설계 워크숍”을 개최하였다. 올해 워크숍에서는 아날로그 회로의 응답 속도 개선을 위한 설계 기법, 고속 유선 통신 기술, 고속 데이터 컨버터 등 고성능 아날로그 회로 설계 기법에 대한 강연과, 스마트 컨택트 렌즈 등 새로운 형태의 시스템을 위한 설계 기법에 대한 강연이 준비되었다. 그리고 전원 관리 회로 (PMIC)를 위한 아날로그 파워 기술의 최신 동향, 고속 충전 시스템을 위한 최신 배터리 충전 회로 기술 등 파워 IC 설계 기법의 최신 이슈를 다루는 강연이 준비되었다. 이번 워크숍은 전자 산업에서 중요한 역할을 하는 아날로그 및 전력 관리 반도체 기술 트렌드를 공유하고, 실질적인 기술 및 연구 성과를 교류할 수 있는 시간이 되었다. 그리고 약 110여 명이 참석하였다.



강연장 전경

SoC 설계 보안 기술 워크숍

본 학회 사업위원회(프로그램위원장: 김익균 본부장(ETRI)) 개최로 “SoC(System on Chip) 설계 보안 기술 워크숍”이 5월 16일(금) 서울 상공회의소 의원회의실(B2)에서 하이브리드 형태로 개최되었다. 본 워크숍에서는 SoC 설계 시점의 Chip level HW Trojan, 조립 및 제작 관점에서 Board level HW Trojan 기술 동향과 더불어 HW 공급망 보안 글로벌 동향에 대해 세부 프로그램을 구성하여, 전자공학 전문가들이 정보보호 기술을 어떻게 고려하는 지에 대하여 의미 있는 논의의 장이 되었다. 참석은 약 100여 명이였다.



SoC 설계 보안 기술 워크숍(5.16)



SoC 설계 보안 기술 워크숍(5.16)

AI 메디칼 워크숍

본 학회 사업위원회(프로그램위원장: 선우명훈 교수(아주대))와 대한 의료인공지능학회 공동 개최로 “AI 메디칼 워크숍”이 6월 10일(화) 과학기술회관 중회의실6에서 하이브리드 형태로 개최되었다. 본 워크숍은 의료 인공지능 시대의 도래, 의료 인공지능 산업계 동향, 의료 데이터의 이해와 현장 고려사항 등 3개 세션으로 구성되었으며, 최신의 딥러닝과 그래프 머신러닝 기술을 활용한 의료 분야의 진단, 분석 기술에 대한 연구가 공유되었다. 참여는 약 90명이었다.



AI 메디칼 워크숍 (6.10)

신규회원 가입현황

기간 : 2025년 4월 1일 - 4월 30일

〈정회원〉

전상모(KATRI시험연구원), 김건형, 홍창인(LIG넥스원), 김재훈(가천대학교), 최승규(경희대학교), 홍성훈(계명대학교), 허대호(국립한밭대학교), 이병문(대구경북과학기술원), 최서연(서울과학기술대학교), 최우열(서울대학교), 김태완(서울시립대학교), 이에진(성균관대학교), 김민철(세종대학교), 박수현(숙명여자대학교), 남규태(에어패스), 임주애, 최경식(연세대학교), 이석민(위드로봇), 윤영노(인천대학교), 이명진(전남대학교), 배학열(전북대학교), 양희철(충남대학교), 김경하, 이성노(케이케이이테크), 박성욱(포딕스시스템), 김주영(포항산업과학연구원), 정서익(피아스페이스), 김기현, 김성규, 장용주, 한성필(한국산업기술시험원), 박형주(한국전자기계융합기술원), 기미레 디팍, 김동훈, 김서정(한국전자기술연구원), 윤계석(한국전자통신연구원), 이일섭(한국항공우주연구원), 신철규(한림대학교), 김영현, 이성민(한양대학교), 유한동, 이화영, 정성준(한화시스템), 김학준, 이찬호, 한승재(현대오토에버)

이상 46명

〈평생회원〉

임민혁(울산과학기술원)

이상 1명

〈학생회원〉

임윤준(가천대학교), 유영준, 이해인(건양대학교), 구민기, 김민석, 성창민, 이원영(경기과학기술대학교), 구완열, 김경민, 유지현(경상국립대학교), 박연식, 박준영(경희대학교), 강현서, 배주현, 양성필, 임광민, 임재경, 장병용, 최병호(고려대학교), 장형규(과학기술연합대학원대학교), 하동윤(국립목포대학교), 김민성(국립한국교통대학교), 김정현, 김진용, 손민성, 안윤성, 윤이수, 이샤드, 이수안, 조성훈, 조예현, 최량, 허민, 하윤아(국립한밭대학교), 김주현, 조미후, 허민혁(국제대학교), 곽상현, 조혁준(단국대학교), XU YINGHAI, 김태성, 김태희, 윤채원(동국대학교), 김소미, 김소정, 나타샤, 유서진, 이수연(동양미래대학교), 김동규, 김동찬, 김성민, 김우유, 김우인, 김진영, 김형수, 김홍민, 김호현, 남동우, 민건우, 박세빈, 윤석건, 이상진, 이준혁, 임재현, 장현진, 정상규, 정재현, 최대호(부천대학교), 강재하, 배제훈(상명대학교), 선태민, 성동윤, 이지윤, 이학영, 전명현(서울과학기술대학교), 권연우, 권태운, 이성민, 최석현(서울대학교), 김경빈, 김영욱, 박라영, 백승용, 변희준, 서경덕, 송종민, 심기단, 오지훈, 이재혁, 이정훈, 조종호, 채희승, 허지원, 홍성완(서울시립대학교), 강재훈, 김하령,

김한석, 박성현, 엄선우(성균관대학교), 박선우(세종대학교), 옥소정(숙명여자대학교), 이준호(스위트케이), 곽태우, 백승, 한예지(아주대학교), 박재균, 전승현(안양대학교), 강지현, 고건, 김문주, 오성파, 이다연, 최성준(연세대학교), 김동욱(울산과학기술원), 강예람, 김규빈, 김예서, 신명하(이화여자대학교), 김영진, 박상우(인천폴리텍대학교), 박지유(인하공업전문대학), 노기원(조선이공대학교), 강승재, 김고은, 김륜영, 손정혁, 송정호, 이혁준, 임수윤, 정영권, 최혜연, 한승진(중앙대학교), 이동철(충남대학교), 김기현, 양승훈, 최홍빈(카이스트), 전민규(포항공과대학교), 문정원, 박두곤, 반선호, 심범식, 양인진, 이주형, 정민교, 최재민, 한무제(한경국립대학교), 김윤서, 김재원, 김창민, 송정범, 엄기종, 이정현, 이종현, 임새롬, 지민수, 황동휘(한국폴리텍대학교), 윤정현(한국과학기술원), 권태준(한국기술교육대학교), 장하준(한동대학교), 손민, 윤동현, 최태영(한라대학교), 황정민(한림대학교), 곽동진, 김기중, 김설현, 김시우, 김영채, 김예찬, 김현서, 김현지, 박용민, 이동현, 정현우, 진승모, 최승희, 최준영, 편재현, 한인호, 한지민(한양대학교), 이재건, 진동연(한양대학교 에리카), 조모경(협성대학교)

이상 184명



학회일지

www.theieie.org

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND INFORMATION
ENGINEERS

(2025년 5월 17일 ~ 6월 16일)

1. 회의 개최

회의 명칭	일시	장소	주요 안건
제5차 하계 조직위원회	5.23 (17:00)	온라인	- 학술대회 운영 및 논문모집 등
제5차 ITC-CSCC 2025 조직위원회	6.13 (16:00)	학회 회의실	- 프로그램 구성 논의 등

2. 행사 개최

구분	행사명	기간	장소
반도체소사이어티	아날로그/파워 IC 설계 워크숍	5.30	한국반도체산업협회 (온라인 병행)
사업위원회	AI 메디칼 워크숍	6.10	한국과학기술회관 (온라인 병행)

양자컴퓨터와 정보기술의 미래 융합



김 상 범 편집위원
(한국폴리텍대학)

최근 양자컴퓨터 기술이 빠르게 발전하면서, 기존 컴퓨터 구조의 한계를 극복할 수 있는 유력한 대안으로 주목받고 있다. 양자중첩(superposition), 얽힘(entanglement), 간섭(interference) 등 양자역학의 원리를 활용한 양자컴퓨팅은, 고전 컴퓨터로는 수천 년이 걸

릴 연산을 수 분 내에 해결할 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 이에 따라 보안, 통신, 인공지능 등 정보기술 전반에서 혁신적인 변화를 이끄는 핵심 기술로 부상하고 있다. 특히 양자오류정정 기술의 실현 가능성이 점차 높아짐에 따라, 양자 암호통신과 양자보안 알고리즘은 기존 보안 체계를 근본적으로 변화시키려는 시도를 낳고 있다. 또한 인공지능 기술과의 융합을 통해, 보다 복잡한 최적화 문제나 고차원 상태 추론 등 기존 한계를 뛰어넘는 정보처리가 가능해지면서, 양자 기반 정보기술의 융합 현상은 더욱 빠르게 확산되고 있다.

이번 특집호는 이러한 양자컴퓨터와 정보기술의 융합 흐름을 다룬 5편의 전문가 기고문으로 구성되어 있다.

첫째, “양자컴퓨터와 정보기술의 융합(김상범)”에서는 양자컴퓨터의 기본 원리와 주요 아키텍처, 양자회로 개념을 소개하고, 향후 응용 가능 분야를 제시하였다.

둘째, “양자컴퓨터와 보안 동향(서정우)”에서는 양자컴퓨터로 인한 보안 위협과 양자암호통신의 동작 원리 및 응용 사례를 다루고, 특히 양자내성암호(PQC)의 국내외 적용 사례를 조명하였다.

셋째, “양자오류 정정 기술의 실험적 구현 동향(박주영 외 1인)”에서는 양자 연산의 신뢰성을 확보하기 위한 오류정정 기술의 기본 개념과 주요 코드 구조를 살펴보고, 다양한 플랫폼에서 실험적으로 구현된 최신 연구 동향을 비교 분석하였다.

넷째, “양자컴퓨터와 양자통신(윤지원)”에서는 양자컴퓨터의 하드웨어 구현 방식, 양자키 분배(QKD) 기반 통신 기술, 양자네트워크 구축 현황, 그리고 6G와의 융합 기술 동향을 소개하였다.

다섯째, “인공지능과 보안(이록석)”에서는 인공지능이 새롭게 만들어내는 보안 위협과, 이를 대응하기 위한 AI 기반 보안 기술의 진화를 다루었다.

바쁘신 일정 가운데에도 귀중한 원고를 정성껏 보내주신 집필진 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드리며, 이번 특집호가 양자컴퓨터와 정보기술의 융합이라는 중대한 기술 전환기에 놓인 독자 여러분께, 미래를 바라보는 유익한 통찰과 실질적인 방향성을 제공하는 계기가 되기를 진심으로 기원한다.

양자컴퓨터와 정보기술의 융합

I. 서론

오늘날의 컴퓨팅 환경은 고전 컴퓨터(Classical Computer)가 상상할 수 없을 만큼 빠른 속도와 높은 연산 능력을 갖추고 있다. 스마트폰 속의 칩 하나가 수십 년 전 슈퍼컴퓨터보다 뛰어난 성능을 지니며, 초당 수십억 번의 연산을 수행할 수 있는 중앙처리장치(CPU)와 수천 개의 코어를 가진 병렬처리용 그래픽처리장치(GPU)는 인공지능, 자율주행, 기후 모델링 등 수많은 영역에서 실시간 연산을 가능하게 만들었다. 하지만 이토록 강력한 슈퍼컴퓨터조차 아직 해결하지 못한 문제들이 존재한다. 예를 들어, 단백질 접힘 예측, 화학 분자의 전자 구조 계산, 암호 해독 및 보안, 고차원 최적화 문제와 같은 영역은 지수적인 계산량으로 인해 기존 컴퓨터로는 사실상 계산 불가능한 영역으로 간주된다. 이른바 NP-난해 문제 또는 양자적 성질이 본질적으로 개입하는 문제들이다. 이러한 한계를 극복하기 위한 새로운 계산 패러다임으로 양자 컴퓨터(Quantum Computer)가 떠오르고 있다. 양자컴퓨터는 고전적인 0과 1의 비트 대신, 중첩(superposition)과 얽힘(entanglement)이라는 양자역학적 현상을 기반으로 작동하는 큐비트(qubit)를 이용하여 병렬 계산을 수행한다. 이를 통해 기존 컴퓨터로 수십억 년이 걸릴 계산을 몇 초 만에 해결할 수 있는 잠재력을 가진다. 이는 양자컴퓨팅 알고리즘을 통해서 양자화학, 금융공학, 물류 및 교통, 인공지능, 보안 및 암호분야에서 핵심적인 기술을 제공할 수 있다. 이번 특집기는 양자컴퓨터 소개 및 양자게이트를 이용한 알고리즘 개발 그리고 양자컴퓨터 활용에 대해 알아본다.



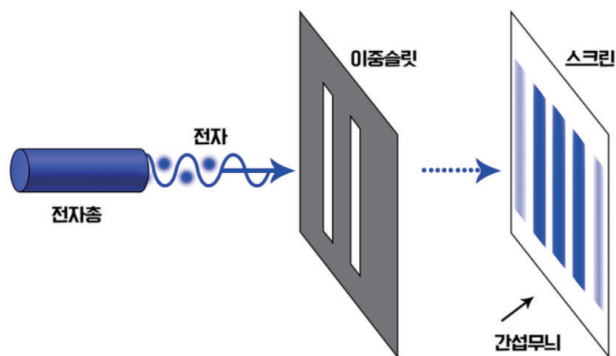
김 상 범
한국폴리텍대학

II. 양자컴퓨터 소개

1. 양자의 이해

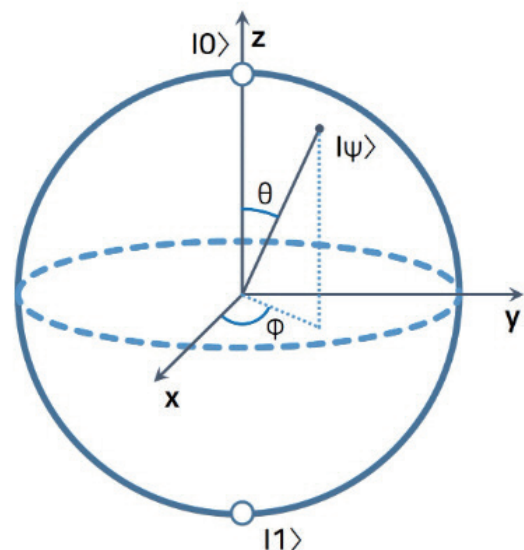
우리가 눈으로 보는 모든 물질은 원자(atom)로 이루어져 있으며, 원자는 다시 전자, 양성자, 중성자 같은 기본 입자로 구성되어 있다. 이러한 입자들은 더 이상 나눌 수 없는 양자(quantum)수준의 에너지와 질량을 가진다고 여겨지며, 물질을 구성하는 최소 단위로 간주된다. 예를 들어, 전자는 전기적 성질을 가지며 에너지 준위 간 점프(quantum leap)를 통해 물질의 화학적 성질을 결정짓는다. 즉, 양자는 단순히 물리 이론이 아닌, 우리가 만지고 관찰하는 모든 물질의 구성 원리와 직결된 개념이다. 양자의 가장 큰 특징은 고전 물리학과 달리, 입자성과 파동성을 동시에 갖는다는 것이다. 이러한 성질은 양자역학(Quantum Mechanics)의 탄생으로 이어졌고, 현대의 양자정보과학(Quantum Information Science)과 양자컴퓨팅(Quantum Computing)의 이론적 기반이 되었다. 고전 물리학에서는, 물체는 입자(Particle) 또는 파동(Wave) 중 하나의 성질만 가진다고 여겨졌지만, 양자는 이 둘의 성질을 모두 가진다. 이를 보여주는 대표적 실험이 바로 이중 슬릿 실험(double slit experiment)이다.

전자 하나를 두 개의 슬릿이 있는 장치에 쏘면, 입자처럼 슬릿을 통과하지만, 벽면에는 파동 간섭무늬가 형성된다. 더 놀라운 점은 전자를 하나씩 천천히 쏘아도 동일한 간섭무늬가 나타난다는 사실이다. 이 현상은 전자가 단일 경로를 따라 이동하는 것이 아니라, 마치 여러 경로를 동시에 통과하는 것처럼 행동함을 보여준다. 이



〈그림 1〉 이중 슬릿 실험

러한 현상을 양자정보과학에서는 양자 중첩(Quantum Superposition)이라 부르며, 이는 한 입자가 동시에 여러 상태에 존재할 수 있는 양자역학적 성질을 의미한다. 양자정보과학에서는 양자는 중첩과 얽힘이라는 고유한 성질을 통해 고전적인 방식으로는 불가능한 방식의 정보 처리와 계산을 가능하게 한다. 예를 들어, 양자컴퓨터의 기본 정보 단위인 큐비트(qubit)는 고전적인 비트처럼 0 또는 1 중 하나의 상태만을 가지는 것이 아니라, 이 둘의 상태를 동시에 갖는 중첩 상태로 존재할 수 있다. 이러한 중첩은 고전 컴퓨터로는 표현할 수 없는 양자 계산의 병렬성을 가능하게 한다. 또한, 양자 얽힘(Quantum Entanglement)은 두 개 이상의 큐비트가 서로 연결된 상태로, 한 큐비트의 상태를 측정하면 즉시 다른 큐비트의 상태도 결정되는 현상을 말한다. 얽힘은 양자 컴퓨터의 병렬 처리와 양자 통신에서 중요한 자원으로 활용된다. 이러한 큐비트의 상태는 단순히 0 또는 1로 표현되지 않고, 수학적으로는 복소수 계수를 갖는 선형 조합으로 나타난다. 이를 직관적으로 시각화하기 위해 블로흐 구(Bloch Sphere)라는 모델이 사용된다. 블로흐 구는 큐비트의 무한한 양자 상태를 3차원 구의 표면 위 한 점으로 표현하며, 큐비트의 상태 변화는 이 구의 회전으로 이해된다. 따라서 블로흐 구는 양자 연산을 시각적으로 이해할 수 있는 강력한 도구로 활용된다.



〈그림 2〉 블로흐 구

블로흐 구(Bloch Sphere)에서 큐비트의 상태는 구의 중심에서 시작하는 벡터로 표현된다. 이 벡터가 세로축인 Z축의 가장 윗부분, 즉 북극을 가리킬 때는 $|0\rangle$ 상태, 가장 아랫부분인 남극을 가리킬 때는 $|1\rangle$ 상태로 정의된다. 반면, 블로흐 구의 적도나 중간 지점을 가리킬 경우, 큐비트는 $|0\rangle$ 과 $|1\rangle$ 이 중첩된 상태, 즉 두 상태가 동시에 존재하는 양자 중첩 상태가 된다. 특히 이 벡터가 X축 방향(적도에서 동쪽)을 가리킬 때, 큐비트는 $|+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$ 상태가 되며, 이는 $|0\rangle$ 과 $|1\rangle$ 이 각각 50% 확률로 중첩된 상태를 의미한다. 이러한 큐비트 상태의 변화는 유니타리 변환(unitary transformation)이라 불리며, 이는 양자 게이트를 통해 상태를 회전시키는 과정을 뜻한다. 유니타리 변환을 통해 초기 상태 $|0\rangle$ 으로부터 시작한 큐비트는 다양한 방향으로 회전되어 $|0\rangle$, $|1\rangle$ 또는 그 중간의 중첩 상태를 가질 수 있게 된다. 그러나 측정(measurement)이 이루어지는 순간, 이 중첩 상태는 사라지고 큐비트는 확률적으로 $|0\rangle$ 또는 $|1\rangle$ 중 하나의 상태로 붕괴(collapse)된다. 즉, 블로흐 구 상에서 큐비트의 위치는 측정 시 북극($|0\rangle$) 또는 남극($|1\rangle$) 중 하나로 확정되며, 중첩이나 얽힘과 같은 양자 특성은 더 이상 유지되지 않는다. 이때 어떤 값이 나올지는 변환 전의 양자 상태에 따라 확률적으로 결정되며, 따라서 동일한 회로라도 측정 결과는 매번 달라질 수 있다. 여기서 $|0\rangle$ 표기는 양자컴퓨터와 양자역학에서 자주 등장하는 중요한 기호로, 단순한 숫자 '0'이 아니라 양자 상태를 표현하기 위한 선형대수 기반의 표기법이다. 이 표기 방식은 브라-켓(Bra-Ket) 표기법 또는 디랙 표기법(Dirac Notation)이라고 불리며, 여기서 $|0\rangle$ 은 열벡터(column vector)를 의미한다. $|0\rangle$ 은 "ket-zero"라고 읽으며, 이는 큐비트가 고전적인 0 상태일 확률이 100%인 상태를 나타낸다. 마찬가지로 $|1\rangle$ 은 "ket-one"이라고 읽으며, 큐비트가 1 상태일 확률이 100%인 상태이다. 양자 상태는 벡터 공간에서 움직이는 것으로 모델링되며, 이를 선형대수(행렬 벡터)를 이용해 표현하면 계산과 이론 정리에 매우 유리하다. 다음은 $|0\rangle$ 과 $|1\rangle$ 상태를 벡터로 표현한 예이다

$$|0\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, |1\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

또한, $|0\rangle$ 과 $|1\rangle$ 이 중첩된 상태인 $|+\rangle$ 는 다음과 같이 행렬로 표현된다.

$$|+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

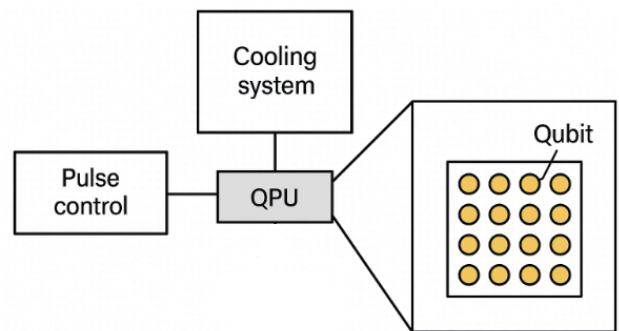
양자 중첩은 양자컴퓨터가 고속 계산을 가능하게 하는 핵심 원리 중 하나이다. 오늘날 우리가 사용하는 대부분의 컴퓨터는 비트(bit)를 기반으로 작동하며, 각 비트는 0 또는 1 중 하나의 값만을 가질 수 있다. 즉, 마치 전구의 스위치처럼 꺼짐(0) 또는 켜짐(1) 상태 중 하나만 선택된다. 이러한 이진 비트들을 조합해 연산하는 것이 고전 컴퓨터의 기본 원리다.

예를 들어 2비트로는 00, 01, 10, 11의 네 가지 상태를 표현할 수 있지만, 한 순간에 표현되는 상태는 오직 하나 뿐이다. 이처럼 고전 컴퓨터는 비트 수에 비례한 상태 공간을 가지지만, 동시 병렬 계산에는 한계가 있다. 반면, 양자컴퓨터는 양자역학의 중첩(superposition) 원리를 활용해, 큐비트(qubit)가 0과 1의 상태를 동시에 가질 수 있도록 한다. 하나의 큐비트는 두 가지 상태를 동시에 표현할 수 있고, 두 큐비트는 00, 01, 10, 11의 네 가지 상태를 한 번에 모두 포함하는 상태로 존재할 수 있다. 일반적으로 n개의 큐비트는 2^n 개의 상태를 동시에 표현할 수 있으며, 큐비트 수가 늘어날수록 정보 표현력은 지수 함수적으로 확장된다. 이론적으로는 큐비트를 한 개씩 추가할 때마다 연산 능력이 두 배씩 증가하기 때문에, 양자 컴퓨터는 같은 자원으로도 기하급수적인 성능 향상이 가능하다. 실제로 IBM은 자사의 127큐비트 양자 프로세서를 발표하며, 127개의 큐비트가 표현할 수 있는 상태 수는 전 세계 인구의 모든 원자 수보다 많다고 설명했다. 이는 양자 중첩이 열어주는 큐비트 상태 공간이 얼마나 방대한지를 단적으로 보여주는 사례이다. 그리고 양자 얽힘(Quantum Entanglement)은 양자컴퓨터가 이용하는 특이한 현상으로 고속 계산에 활용된다. 양자 얽힘이란 두 개 이상의 양자 입자가 서로 연결되어, 한 입자의 상태가 정해지는 즉시 다른 입자의 상태도 즉시 정해지는 현상을 말한다. 설령 두 입자가 지구 반대편에 떨어져 있어도 이

연결은 유지된다. 아인슈타인은 이를 두고 유령 같은 원격 작용(spooky action at a distance)이라고 표현했을 만큼, 고전 물리학으로는 쉽게 설명할 수 없는 개념이다. 고전 컴퓨터에서 여러 비트는 각각 독립적으로 작동한다. 예컨대 A 비트와 B 비트가 있을 때, 두 비트는 서로의 값에 영향을 주지 않는다. 반면, 양자컴퓨터에서 얽힌 큐비트(qubit)는 서로 독립적이지 않다. 한 큐비트의 연산 결과가 다른 큐비트의 상태와 연결되어 있기 때문에, 정보가 개별 큐비트에 분산되지 않고 전체 시스템에 공동으로 담긴다. 예를 들어, 얽힌 상태에 있는 두 큐비트를 측정하면 단순히 두 개의 0 또는 1이 나오는 것이 아니라, 이들의 관계(예: 항상 서로 다른 값 또는 같은 값)를 바탕으로 계산 결과가 나올 수 있다. 이러한 연결은 단일 연산만으로도 전체 시스템의 상태를 통째로 제어할 수 있게 해주며, 동시에 여러 계산을 분산·공동 수행하는 데 매우 유리하다. 그리고 양자 얽힘은 실제로 다양한 양자 알고리즘에서 정보 전달, 복사 금지 극복, 오류 정정 등의 핵심 역할을 한다. 예를 들어, 양자 텔레포테이션 프로토콜에서는 얽힌 큐비트를 사용해 한 곳에 있는 양자 상태를 먼 곳으로 전송할 수 있다. 복잡한 계산 회로에서는 얽힘을 이용해 여러 큐비트를 일관되게 제어함으로써 병렬적인 연산 효과를 낼 수 있다. 또한, 얽힘은 양자 오류 정정(Quantum Error Correction)의 필수 요소이기도 하다. 양자 계산은 외부 간섭에 매우 민감하기 때문에 작은 오류가 전체 계산을 무너뜨릴 수 있다. 하지만 얽힌 상태를 이용하면 다수의 큐비트가 서로 얽혀 하나의 논리 큐비트처럼 작동하게 만들 수 있고, 이로써 계산 안정성과 속도를 동시에 높일 수 있다.

2. 양자컴퓨터 구현

양자컴퓨터는 기존의 고전 컴퓨터와는 전혀 다른 원리를 기반으로 동작하며, 이를 실제로 구현하기 위해서는 특별한 구조와 정밀한 환경이 요구된다. 이 장에서는 고전 컴퓨터와 양자컴퓨터 간의 구조적 차이, 양자 연산의 핵심 요소, 그리고 구현을 위한 주요 기술적 기반에 대해 살펴본다. 고전 컴퓨터는 중앙처리장치(CPU), 메모리, 저장장치, 입출력 장치 등 다양한 구성 요소로 이루어



〈그림 3〉 QPU의 구조

져 있으며, 각 부품이 역할을 나누어 작동한다. CPU는 논리 연산을 수행하고, 메모리는 계산에 필요한 데이터를 임시 저장하며, 저장장치는 장기 정보를 보존한다. 반면 양자컴퓨터는 이처럼 분리된 구조를 갖지 않는다. 모든 연산은 양자 처리 장치(QPU, Quantum Processing Unit) 안에서 수행되며, 고전적인 메모리 없이 정보를 다룬다. 이때 사용하는 정보 단위는 비트가 아닌 큐비트(qubit)로, 이는 양자 상태의 중첩과 얽힘 같은 특성을 기반으로 작동한다. 연산은 큐비트의 상태를 정밀하게 변화시키는 방식으로 이루어진다. 양자컴퓨터는 고전 컴퓨터에서 사용되는 반도체 기반의 트랜지스터 대신, 초전도 회로, 이온 트랩, 광자, 스핀 등 다양한 물리적 방식으로 큐비트를 구현한다. 그 중에서도 상용화 가능성이 높은 방식은 초전도 큐비트이다. 초전도체는 전기 저항이 없는 상태에서 작동하며, 이를 구현하기 위해서는 절대영도에 가까운 극저온 환경이 필요하다. 이러한 환경은 큐비트의 외부 간섭을 줄이고, 양자 상태의 안정적인 유지를 가능하게 해준다. QPU 내부에는 수십에서 수백 개의 큐비트가 존재하며, 이들은 마이크로파 펄스에 의해 정밀하게 제어된다.

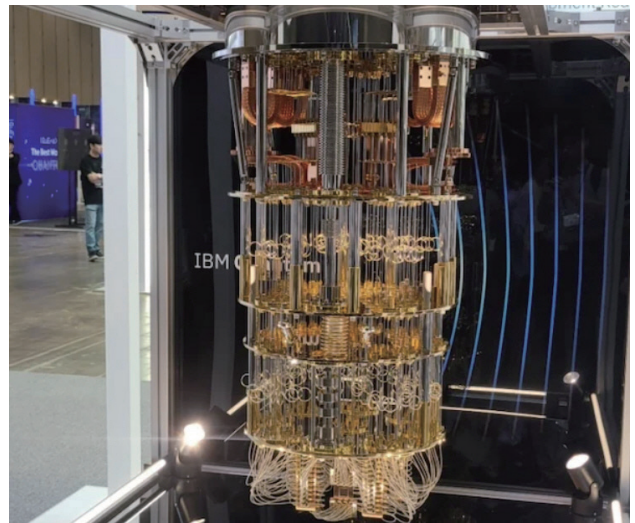
각 큐비트는 특정 연산을 수행하기 위한 양자 게이트를 적용받으며, 이는 고전적인 논리 게이트와 유사한 역할을 하지만 중첩 상태를 다룬다는 점에서 본질적으로 다르다. 양자 연산이 완료되면 큐비트는 측정(measurement)을 통해 고전적인 정보인 0 또는 1로 변환된다. 측정은 큐비트의 양자 상태를 붕괴시켜, 최종적인 결과를 확정하는 과정이다. 큐비트는 매우 민감하고 불안정한 특성을 가지고 있어, 종종 계란에 비유되곤 한다. 작은 외부 간섭에도

상태가 손상되기 쉬우며, 열, 진동, 전자기 간섭 등 다양한 요인에 민감하게 반응한다. 따라서 양자컴퓨터는 극저온 냉각 시스템, 진공 장비, 전자기 차폐 장치 등 정밀한 보호 환경을 갖추어야만 안정적인 작동이 가능하다.

3. 양자컴퓨터 시스템

양자컴퓨터 시스템은 다양한 물리적 구현 방식에 따라 구성되며, 각 방식은 고유한 장점과 기술적 과제를 안고 있다. 본 장에서는 현재까지 연구되고 상용화가 진행 중인 대표적인 양자비트 구현 기술을 중심으로, 양자컴퓨터 시스템의 유형을 소개한다. 첫 번째로, 초전도 양자비트(Superconducting Qubit)는 현재 가장 활발하게 연구되는 방식으로, IBM, Google, Rigetti 등의 기업에서 주요하게 활용되고 있다. 이는 전기 저항이 없는 초전도 회로를 이용해 양자 상태를 생성하고 제어하며, 마이크로파 신호를 통해 큐비트를 조작한다. 초전도 큐비트는 극저온 환경에서만 안정적으로 동작하기 때문에, 복잡한 냉각 시스템이 필수적이다. 대표적으로 IBM은 이러한 초전도 큐비트 기반의 양자컴퓨터에 멀티프로세서 구조를 적용하고 있다. 이 구조의 상단에는 Chandelier라 불리는 극저온 냉각 시스템이 위치하며, 이는 여러 층으로 구성된 수직적 다단 구조를 통해 큐비트 칩을 절대영도에 가까운 온도로 유지한다. 하단부에는 실제 연산을 수행하는 QPU(Quantum Processing Unit)가 장착되어 있다. IBM은 이 구조를 바탕으로 Eagle(127큐비트), Osprey(433큐비트), Condor(1121큐비트 예정) 등 차세대 QPU를 구현하고 있다. 국내에서는 연세대학교 국제 캠퍼스에 IBM의 IBM Quantum System One 127큐비트 양자컴퓨터가 설치될 예정이다.

두 번째로, 이온 트랩 방식(Ion Trap Qubit)은 개별 이온을 전자기장으로 공중에 부유시킨 뒤, 레이저를 통해 양자 상태를 제어하는 기술이다. 이 방식은 높은 제어 정밀도와 긴 코히런스 시간을 갖는 것이 특징이며, IonQ, Honeywell 등이 이 기술을 상용화하고 있다. 국내에서는 성균관대학교 나노과학기술원(SAINT)이 IonQ의 이온 트랩 방식 양자컴퓨터를 활용 중이다. 세 번째로, 실리콘 기반 양자비트(Silicon-based Qubit)는 기존 반도체 공정



〈그림 4〉 IBM 양자 컴퓨터(이글 프로세스)

(CMOS)과 호환성이 높아 산업적 확장성이 크다. 전자 스핀이나 전하 상태를 활용해 양자 정보를 표현하며, Intel 등이 관련 기술을 개발하고 있다. 네 번째로, 토폴로지컬 큐비트(Topological Qubit)는 양자 상태를 위상적 구조에 기반해 보호함으로써, 양자 오류에 매우 강한 특성을 갖는다. 이는 아직 실험적 단계에 있지만, Microsoft가 마요라나 페르미온(Majorana Fermion)을 활용한 토폴로지컬 양자컴퓨터 개발을 활발히 진행 중이다.

다섯 번째로, 다이아몬드 NV 센터(Diamond NV Center) 기반 양자비트는 다이아몬드 격자 내의 질소 결함(Nitrogen Vacancy)을 이용하여 양자 상태를 구현한다. 이 방식은 상온에서도 작동 가능하며, 생명공학, 정밀 센서, 양자 통신 분야 등에서 다양한 응용 가능성을 가지고 있다. 또한 광학적 제어가 가능하고, 비교적 긴 코히런스 시간을 유지할 수 있다는 점에서 주목받고 있다.

Ⅲ. 양자 알고리즘

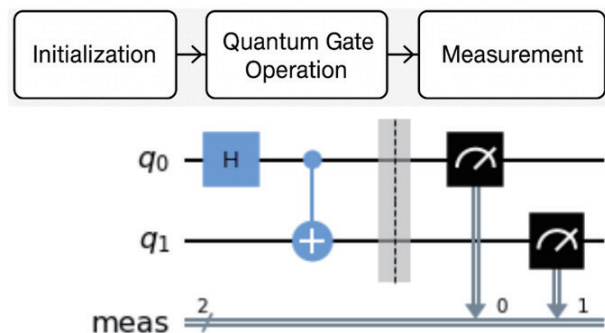
1. 양자 게이트와 회로

양자컴퓨터는 고전 컴퓨터와는 전혀 다른 계산 원리를 기반으로 동작하며, 양자비트(Qubit)를 기본 연산 단위로 사용한다. 큐비트는 고전적인 비트처럼 0 또는 1 중 하나의 값만 가지는 것이 아니라, 0과 1의 상태가 동시에 존재하는 중첩(Superposition) 상태를 가질 수 있다. 이

로 인해 양자컴퓨터는 병렬적인 계산이 가능해져, 복잡한 문제를 빠르게 처리할 수 있는 강력한 잠재력을 지니게 된다. 시간이 흐르며 큐비트의 상태는 계속 변화하며, 이를 조작하고 원하는 계산을 수행하기 위해 양자게이트(Quantum Gate)와 양자회로(Quantum Circuit)가 사용된다. 양자게이트는 큐비트의 상태를 바꾸는 수학적 연산 도구로, 선형대수학에서 유니터리 행렬(Unitary Matrix)로 표현된다. 이러한 유니터리 연산은 큐비트의 상태 벡터를 회전시키는 방식으로 작동하며, 계산 과정에서 확률 진폭을 보존하는 특성을 가진다. 양자컴퓨터에서 큐비트의 상태는 벡터로 나타내며, 양자 계산은 이 벡터에 행렬을 적용해 상태를 변화시키는 과정이다. 여기서 사용되는 행렬은 큐비트의 크기나 방향을 바꾸는 선형 변환(Linear Transformation)의 수단으로, 이를 통해 계산이 진행된다. 이러한 변환을 구현하는 게이트들을 시간 순서대로 배열한 구조가 바로 양자회로(Quantum Circuit)이다. 양자회로는 고전 컴퓨터의 논리 회로처럼 작동하며, 큐비트의 진폭과 위상을 정밀하게 제어하여 원하는 계산 결과를 도출하도록 설계된다. 고전 컴퓨터에서는 전기 신호가 회로를 따라 흐르며 AND, OR, NOT 같은 논리 게이트를 순차적으로 통과하며 연산을 수행한다. 반면 양자컴퓨터에서는 큐비트가 양자게이트를 거치면서 상태가 변화하고, 계산 결과는 최종적으로 측정을 통해 고전적인 0 또는 1의 값으로 변환된다. 양자컴퓨터의 계산 흐름은 일반적으로 다음의 세 단계로 구성된다.

- 1) 초기화 (Initialization): 모든 큐비트를 기본 상태인 $|0\rangle$ 으로 초기화한다.
- 2) 양자게이트 적용 (Quantum Gate Operation): 다양한 양자게이트를 적용하여 큐비트의 상태를 중첩 또는 얽힘 상태 등으로 변형한다.
- 3) 측정 (Measurement): 최종 큐비트의 상태를 측정하여 고전적 결과값(0 또는 1)으로 변환하고 출력한다.

이러한 구조는 양자회로가 양자 알고리즘의 실행을 위한 기반이 되도록 하며, 계산 과정에서 중첩(Superposition), 얽힘(Entanglement), 간섭(Interference) 등 다양한 양자역학적 현상을 활용할 수



〈그림 5〉 양자회로 프로그래밍 과정

있도록 한다.

특히, 양자컴퓨터의 계산은 고전 컴퓨터처럼 결정적인 결과를 도출하는 것이 아니라, 확률적 특성을 지니는 계산 과정을 따른다. 큐비트의 상태는 계산 도중 복소수의 확률 진폭을 가지며, 측정이 이루어질 때 비로소 결과가 확정된다. 이처럼 양자컴퓨터의 계산은 선형대수학, 특히 복소수 유니터리 행렬의 연산 체계와 밀접하게 연관되어 있으며, 이론적으로는 한 번의 연산 과정에서 지수적으로 많은 계산 경로를 동시에 탐색할 수 있는 잠재력을 지닌다. 고전 컴퓨터가 논리 회로와 순차적 이진 연산에 기반한 결정론적 시스템이라면, 양자컴퓨터는 중첩과 얽힘을 활용하여 병렬성과 확률성을 내포한 새로운 계산 패러다임을 제공하는 혁신적인 기술이라 할 수 있다.

1.1 X 게이트

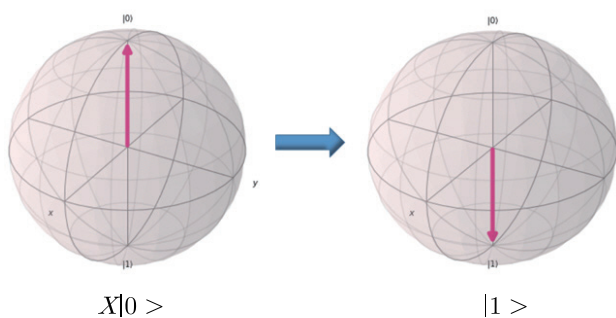
X 게이트는 가장 기본적인 단일 큐비트 양자 게이트 중 하나로 NOT 게이트의 특성을 가진다. 이 게이트는 고전 컴퓨터의 NOT 연산과 유사하게 작동하여, 입력 상태 $|0\rangle$ 을 $|1\rangle$ 로, $|1\rangle$ 를 $|0\rangle$ 으로 뒤집는 역할을 한다. X 게이트는 다음과 같은 2×2 유니터리 행렬로 표현된다.

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

이 행렬을 큐비트 상태에 곱하면 다음과 같은 결과가 나온다.

$$X|0\rangle = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = |1\rangle$$

$$X|1\rangle = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = |0\rangle$$



〈그림 6〉 X게이트 적용 큐비트 상태

즉, X 게이트는 큐비트의 상태를 완전히 반전시키는 선형 연산자이며, 양자 회로 내에서 조건 분기, 제어 논리(CNOT), 얽힘 생성 등 다양한 연산의 핵심 요소로 사용된다. 다음은 X 게이트 연산을 통해 $|0\rangle$ 상태를 $|1\rangle$ 상태로 변환되는 블로흐 구를 나타낸다.

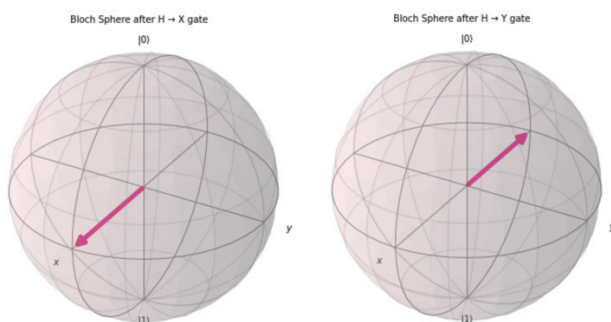
1.2 Y 게이트

Y 게이트는 단일 큐비트에 작용하는 유니터리 연산자로, 단순히 상태를 뒤집는 것뿐만 아니라 위상 정보까지 포함하여 반전시키는 역할을 한다. 이는 X 게이트와의 중요한 차이점이다. X 게이트는 $|0\rangle$ 과 $|1\rangle$ 상태를 단순히 서로 바꾸는 반면, Y 게이트는 복소수 계수를 포함한 선형 변환을 수행하여, 상태의 위상까지 함께 반영한다. Y 게이트는 다음과 같은 행렬로 표현된다.

$$Y = \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix}$$

이 연산이 작동하는 방식은 다음과 같다.

$$Y|0\rangle = i|1\rangle$$



H → X게이트

H → Y게이트

〈그림 7〉 X, Y게이트 적용 큐비트 상태 비교

$$Y|1\rangle = -i|0\rangle$$

이 게이트는 블로흐 구에서 Y축을 기준으로 180도 회전하는 효과를 가지며, 양자 간섭과 위상 조절이 필요한 알고리즘에 매우 유용하게 활용된다. 다음은 H 게이트를 통해 중첩 상태로 만든 큐비트에 X, Y 게이트를 적용한 블로흐 구의 출력내용이다. 다음과 같이 상대 위상에서 차이가 발생하는 것을 확인 할 수 있다.

이는 $|0\rangle$ 상태에 X 게이트나 Y 게이트를 적용하면 겉보기에는 모두 $|1\rangle$ 상태로 전이되지만, 실제로는 양자 위상(phase)에서 중요한 차이를 보인다. X 게이트는 단순히 $|0\rangle$ 을 $|1\rangle$ 로 반전시키는 반면, Y 게이트는 $|0\rangle$ 을 $i|1\rangle$ 로 반전시킨다. 이 차이는 곧 위상이 $\pi/2$ 만큼 회전한 상태를 의미한다. 즉, Y 게이트는 단순한 반전이 아니라, 위상까지 포함한 새로운 $|1\rangle$ 상태를 만들어낸다.

1.3 Z 게이트

Z 게이트는 단일 큐비트의 위상만을 반전시키는 유니터리 연산자로, 중첩 상태에 있는 큐비트의 간섭 양상을 제어하는 데 핵심적인 역할을 한다. 이 게이트는 상태를 뒤집지 않고, $|1\rangle$ 상태에만 음의 부호(-1)를 부여한다.

Z 게이트의 행렬은 다음과 같다

$$Z = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

이 연산이 작동하는 방식은 다음과 같다.

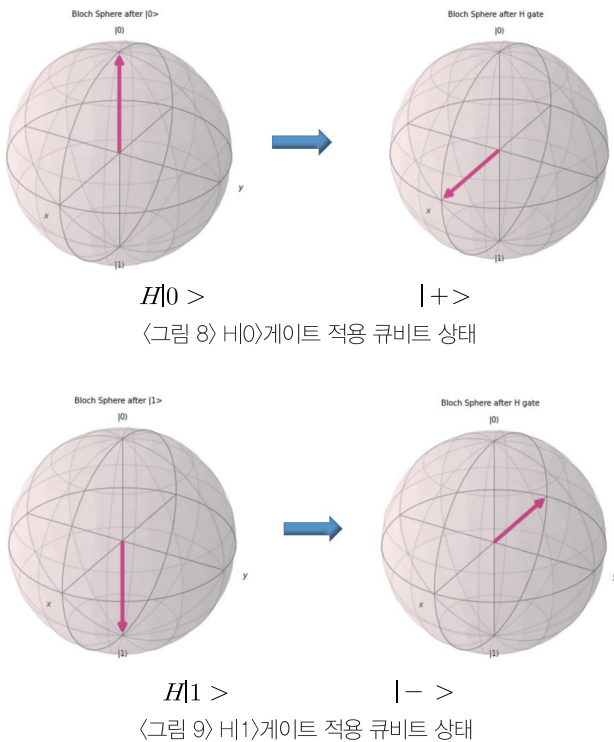
$$Z|0\rangle = |0\rangle \quad (\text{변화 없음})$$

$$Z|1\rangle = -|1\rangle \quad (\text{위상 반전})$$

Z 게이트는 블로흐 구에서 Z축을 기준으로 180도 회전하는 효과를 가지며, 상태를 $|0\rangle$ 에서 $|0\rangle$ 으로 유지하되 $|1\rangle$ 의 위상만 뒤집는다. 특히, 양자 얽힘 상태나 간섭을 필요로 하는 알고리즘에서 위상 제어용으로 자주 사용된다.

1.4 H 게이트

H 게이트는 Hadamard 게이트라고도 하며, 단일 큐비트를 중첩 상태(Superposition)로 변환하는 데 사용되는 가장 대표적인 양자 게이트이다. 초기 상태 $|0\rangle$ 또는 $|1\rangle$ 를 두 상태가 동시에 존재하는 중첩 상태로 만들어,



양자 알고리즘의 병렬성을 가능하게 한다.

H 게이트의 행렬은 다음과 같다

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

이 연산이 작동하는 방식은 다음과 같다.

$$H|0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) = |+\rangle$$

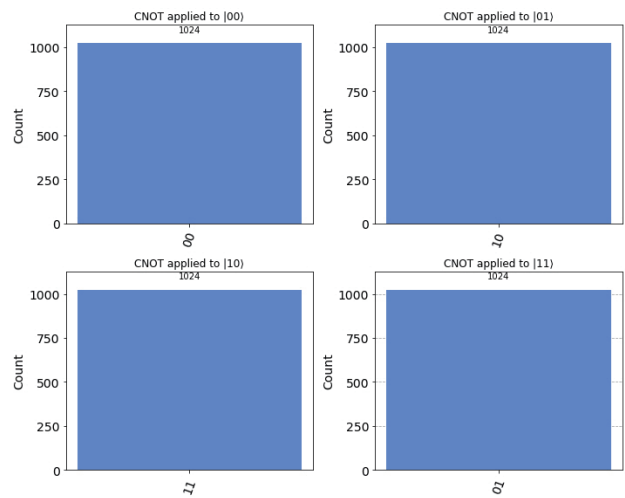
$$H|1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) = |-\rangle$$

H 게이트는 블로흐 구에서 X축 방향의 적도로 큐비트를 이동시키는 역할을 하며, 측정 확률을 균등하게 분산시켜 확률 기반의 양자 계산을 가능하게 만든다. 거의 모든 양자 알고리즘은 H 게이트를 통해 큐비트를 중첩 상태로 만드는 단계에서 출발한다. (그림 8)은 $H|0\rangle$ 연산을 적용하여 $|+\rangle$ 상태로 변환된 블로흐 구의 내용이다.

(그림 9)는 $H|1\rangle$ 연산을 적용하여 $|-\rangle$ 상태로 변환된 블로흐 구의 내용이다.

1.5 CNOT 게이트

CNOT 게이트(Controlled-NOT Gate)는 두 개의 큐



비트에 작용하는 대표적인 양자 게이트로, 하나는 제어 큐비트(control qubit), 다른 하나는 대상 큐비트(target qubit)로 동작한다. 제어 큐비트의 상태가 $|1\rangle$ 일 경우에만 대상 큐비트에 X 게이트를 적용한다. 제어 큐비트가 $|0\rangle$ 이면 대상 큐비트는 변화하지 않는다. CNOT 게이트는 다음과 같은 4×4 유니터리 행렬로 표현된다.

$$CNOT = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

작동 원리는 다음과 같다.

$$CNOT|00\rangle = |00\rangle$$

$$CNOT|01\rangle = |01\rangle$$

$$CNOT|10\rangle = |11\rangle$$

$$CNOT|11\rangle = |10\rangle$$

(그림 10)은 $|00\rangle, |01\rangle, |10\rangle, |11\rangle$ 각각의 입력 상태값에 CNOT 연산을 한 후 어떤 상태벡터로 바뀌었는지 측정결과를 히스토그램으로 시각화한 내용이다. $|00\rangle$ 은 $|00\rangle$ 으로 $|01\rangle$ 은 $|01\rangle$ 로, $|10\rangle$ 은 $|11\rangle$ 로 그리고 $|11\rangle$ 은 $|10\rangle$ 으로 변환되어 측정되는 것을 확인할 수 있다. 이는 제어 큐비트가 1일 때만 대상 큐비트의 상태를 반전시킨다. 이 게이트는 고전 컴퓨터의 조건부 연산(if-statement)과 유사한 역할을 하며, 얽힘 상태(entanglement)를 생성할 수 있는 중요한 수단이다. CNOT 게이트는 양자 알고리즘, 오류 정정, 텔레포테이

선, 얽힘 생성 등 다양한 양자 연산의 핵심적인 요소로 활용된다.

2. 양자 알고리즘

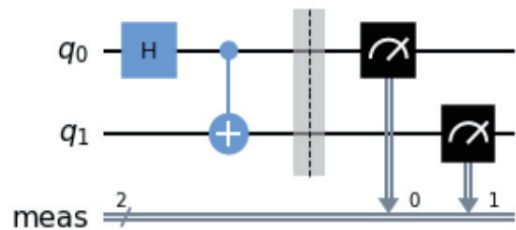
양자 알고리즘은 양자컴퓨터의 계산 능력을 활용하여 고전 컴퓨터보다 빠르고 효율적으로 문제를 해결하는 계산 절차이다. 이러한 알고리즘은 양자역학의 특성인 중첩(Superposition), 얽힘(Entanglement) 등을 활용하여, 기존 알고리즘으로는 해결하기 어려운 문제를 해결할 수 있는 가능성을 제시한다. 양자 알고리즘은 문제의 성격에 따라 다음과 같은 범주로 나눌 수 있다. 검색(Search), 소인수분해(Factoring), 최적화(Optimization), 기계학습(Machine Learning), 시뮬레이션(Simulation)으로 구분한다.

2.1 양자 알고리즘의 구성 요소

양자 알고리즘은 일반적으로 네 단계로 구성된다. 첫 번째 초기화 단계(Initialization)에서는 모든 큐비트를 기본 상태인 $|0\rangle$ 으로 설정한다. 다음으로 중첩 생성 단계(Superposition)에서는 H(Hadamard) 게이트 등을 이용해 각 큐비트를 0과 1이 동시에 존재하는 중첩 상태로 만든다. 이어지는 연산 및 얽힘 단계(Computation & Entanglement)에서는 CNOT 등의 양자 게이트를 사용하여 큐비트 간의 얽힘을 생성하고, 문제 해결을 위한 연산을 수행한다. 마지막으로 측정 단계(Measurement)에서는 각 큐비트를 측정하여 양자 상태를 고전적인 0 또는 1의 값으로 변환하고, 이를 통해 최종 결과를 읽어낸다.

2.2 벨 상태(Bell state)

벨 상태는 양자 얽힘(Entanglement)을 가장 잘 보여주는 대표적인 양자 회로이다. 이 상태에서는 두 개의 양자 비트(큐비트)가 강하게 연결되어, 더 이상 독립적으로 존재하지 않고 마치 하나의 시스템처럼 함께 움직인다. 예를 들어, 두 큐비트가 벨 상태에 있을 때 첫 번째 큐비트를 측정해서 0이 나오면, 두 번째 큐비트도 반드시 0이 된다. 반대로 첫 번째 큐비트가 1이면, 두 번째 큐비트는 1이 된다. 이는 두 큐비트가 각각 독립적인 상태가 아



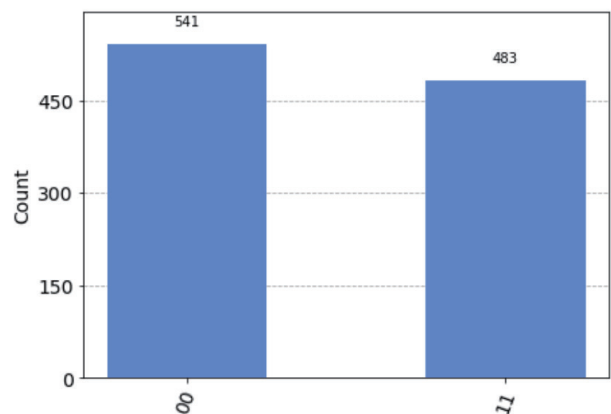
〈그림 11〉 벨 상태(Bell state) 양자회로

니라, 동시에 00 또는 11 상태로 존재하고 있다는 의미이다. 다음은 벨 상태 수식으로 두 큐비트가 00 또는 11 상태가 동시에 존재한다는 뜻이다.

$$|\Phi^+\rangle = \frac{|00\rangle + |11\rangle}{\sqrt{2}}$$

벨 상태는 다음과 같이 아주 간단한 양자 회로를 통해 만들 수 있다. 이 회로는 H 게이트와 CNOT 게이트 두 개의 게이트로 구성된다.

첫 번째 큐비트에 H 게이트를 적용하여 0과 1의 상태가 동시에 존재하는 중첩(Superposition) 상태를 만든다. 그리고 CNOT 게이트를 적용하여 두 개의 큐비트가 독립적으로 존재하지 않고 서로 연결된 상태인 양자 얽힘을 생성한다. 여기서 첫 번째 큐비트를 제어 비트(control qubit), 두 번째 큐비트를 타겟 비트(target qubit)로 설정하여 두 큐비트 사이에 얽힘을 생성한다. 이는 CNOT 게이트를 통해 q0이 0일 때는 q1이 그대로 유지되고, q0이 1일 때는 q1이 반전되어 얽힘이 형성된다. 결과적으로 두 큐비트는 00과 11이 동시에 존재하는 양자 얽힘 상태가 된다. 다음은 벨 상태 회로를 실행하고 측정한 결과



〈그림 12〉 벨 상태 회로 적용 큐비트 상태 히스토그램

로서, 두 큐비트는 00 또는 11 상태로만 측정되며, 각각 50% 확률로 나타난다. 다른 상태(01, 10)는 전혀 나타나지 않는다. 이는 벨 상태의 얽힘 특성을 명확하게 보여주는 예이다.

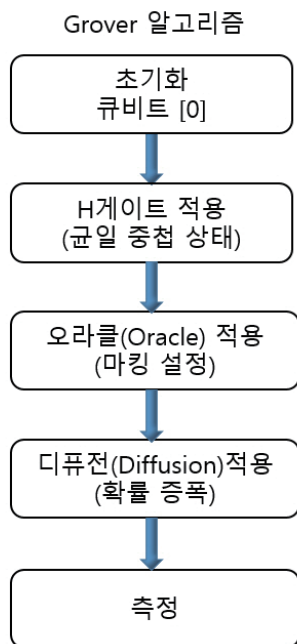
벨 상태는 양자 얽힘의 핵심으로 도청 여부를 실시간으로 감지할 수 있는 양자 암호통신기술, 큐비트의 상태를 멀리 떨어진 곳으로 전송할 수 있는 양자 텔레포테이션 기술에 활용된다.

2.3 그로버 알고리즘 (Grover's Algorithm)

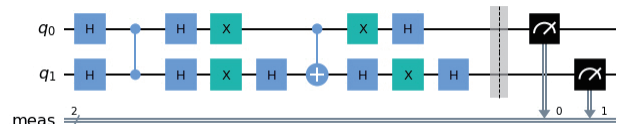
그로버 알고리즘은 N 개의 항목 중 원하는 항목을 $\sqrt{N}$ 번의 반복으로 찾을 수 있는 검색 알고리즘이다. 고전적인 선형 탐색은 평균 $N/2$ 회, 최악의 경우 N 회를 탐색해야 하지만, 그로버 알고리즘은 양자 중첩과 간섭을 통해 필요한 탐색 횟수를 획기적으로 줄인다. 다음은 그로버 알고리즘(Grover's Algorithm) 순서도이다. 모든 큐비트를 $|0\rangle$ 상태로 초기화한 후, Hadamard 게이트를 적용하여 모든 가능한 상태의 균일한 중첩 상태(superposition)를 만든다. 이를 통해 알고리즘은 모든 상태를 동시에 탐색할 수 있는 기반을 마련한다. 오라클(Oracle)은 일종의 블랙박스 함수로, 정답이 담긴 상태의

부호(위상)를 반전시킨다. 즉, 정답 상태만 위상이 반전되며, 이를 통해 정답을 직접 밝히지 않고 표시(marking)하는 역할을 한다. 디퓨전(Diffusion 또는 평균에 대한 반사)은 앞에서 표시된 상태의 확률 진폭을 증폭시키는 역할을 한다. 이를 통해 정답 상태의 측정 확률이 더욱 높아지며, 원하는 결과를 더 명확히 강조하게 된다. 마지막으로 큐비트를 측정하면, 이전의 증폭 과정을 거친 결과로 인해 높은 확률로 정답 상태가 관측된다. 이 전체 과정은 문제의 크기에 따라 여러 번 반복하여 정답 도출 확률을 더욱 높일 수 있다.

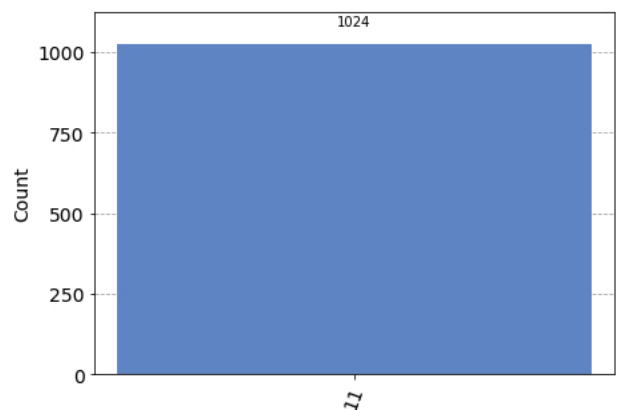
〈그림 14〉는 $|11\rangle$ 상태를 검색하는 양자회로의 예이다. 큐비트 0, 1을 Hadamard 게이트로 변환해서 4개의 $(|00\rangle + |01\rangle + |10\rangle + |11\rangle)$ 균등한 중첩 상태를 생성한다. CZ게이트를 적용하여 양자 얽힘을 생성한다. 조건부 위상 반전 (Oracle 역할)을 시켜 $|11\rangle$ 상태에만 -1 위상을 부여하고, 나머지는 그대로 유지한다. 이는 Grover 알고리즘의 Oracle 단계로, 우리가 찾고자 하는 정답 상태($|11\rangle$)를 반영한다. 다시 Hadamard를 적용해서 간섭을 유도하여 위상 반전의 영향을 다른 상태들과 섞는다. X 게이트를 적용해서 $|00\rangle$ 상태로 반전한다. 이는 $|00\rangle$ 중심의 간섭을 위한 설정이다. 다



〈그림 13〉 그로버 알고리즘



〈그림 14〉 그로버 알고리즘 회로



〈그림 15〉 그로버 알고리즘 적용 큐비트 상태 히스토그램

시 Hadamard + CNOT + Hadamard 게이트 조합을 통해 진폭 증폭을 한다. 이는 diffusion 연산의 일부로서 두 큐비트 간 간접 위상 조작을 위한 다중 큐비트 반전 구조이다. 다시 X와 Hadamard를 적용하여 전체 상태를 기준 상태($|00\rangle$)를 중심으로 대칭 반사한다. 이는 Grover 알고리즘의 Diffusion 연산단계이다. 큐비트를 측정하면 최종적으로 $|11\rangle$ 상태의 측정 확률이 가장 높게 나온다.

2.4 쇼어 알고리즘 (Shor's Algorithm)

쇼어 알고리즘은 정수 N 을 소인수분해하는 양자 알고리즘으로, 고전 알고리즘에 비해 획기적으로 빠른 속도를 제공한다. RSA 암호체계 등 현재 보안 시스템의 기반을 무너뜨릴 수 있는 대표적인 양자 알고리즘이다. 쇼어 알고리즘의 핵심은 주기성(period-finding) 문제를 푸는 데 있으며, 이 과정에서 양자 푸리에 변환(QFT, Quantum Fourier Transform)을 사용한다. QFT는 고전적인 푸리에 변환보다 훨씬 빠르게 동작하며, 주기의 정보를 증폭시켜 정확한 소인수분해를 가능하게 한다.

IV. 양자컴퓨터 활용

양자컴퓨터는 기존의 고전 컴퓨터가 처리하기 어려운 복잡한 문제를 해결할 수 있는 새로운 계산 도구로 주목받고 있다. 양자 중첩, 얽힘, 간섭 등의 양자역학적 현상을 활용함으로써 고전적인 계산 방식으로는 도달하기 어려운 문제 해결 능력을 보여주고 있으며, 다양한 산업 및 학문 분야에서 그 활용 가능성이 모색되고 있다.

1. 양자컴퓨터 활용 사례

양자컴퓨터는 기존 컴퓨터로는 해결이 어려운 고난도 문제들에 대해 혁신적인 해결책을 제시할 수 있는 잠재력을 지니고 있으며, 다음과 같은 다양한 분야에서 그 활용 가능성이 주목받고 있다. 예를 들어, 양자 화학 및 재료 과학 분야에서는 분자의 에너지 준위를 정밀하게 계산하고, 신약을 개발하거나 촉매 반응을 예측하는 데 양자컴퓨터가 활용될 수 있다. 또한, 암호 및 사이버 시큐리티

영역에서는 고전적인 암호 체계를 빠르게 해독하거나, 양자 키 분배(QKD)를 통해 해킹이 사실상 불가능한 통신을 구현할 수 있다. 데이터베이스 검색 분야에서는 양자 알고리즘을 통해 기존보다 훨씬 빠르게 필요한 데이터를 찾아낼 수 있으며, 조합 최적화 문제에서는 물류 계획, 작업 스케줄링, 최적 경로 탐색 등 NP-난해 문제들을 효과적으로 해결할 수 있다. 더 나아가, 기계학습 및 인공지능 분야에서는 양자 머신러닝, 양자 회귀, 양자 분류기 등을 통해 복잡한 데이터 분석 및 예측이 가능하며, 딥러닝 가속화 측면에서는 양자 회로를 기반으로 한 신경망 학습 모델의 설계 및 실행을 통해 학습 속도와 성능을 획기적으로 향상시킬 수 있다.

2. 양자 화학 계산

양자컴퓨터는 분자의 전자 상태를 정확하게 계산할 수 있는 능력을 바탕으로 양자 화학 분야에서 뛰어난 성능을 발휘할 수 있다. 고전 컴퓨터로는 계산량이 급증하는 분자의 전자 구조 문제를, 양자컴퓨터는 자연스럽게 양자 시스템을 시뮬레이션함으로써 효율적으로 해결할 수 있다. 이는 신약 개발, 신소재 탐색, 화학 반응의 정확한 예측 등에 중요한 역할을 한다.

3. 암호와 시큐리티

양자컴퓨터는 RSA, ECC 등의 고전 암호 체계를 위협할 수 있으며, 특히 쇼어 알고리즘을 통해 큰 수의 소인수 분해 문제를 효율적으로 해결할 수 있다. 반면, 양자 암호는 양자역학의 원리를 활용하여 도청이 불가능한 보안 통신을 실현한다. 양자 키 분배(QKD) 기술은 이러한 양자 보안 통신의 대표 사례로 상용화 단계에 진입하고 있다.

4. 검색 가속화

고전적인 데이터베이스 검색은 선형 탐색 방식이지만, 양자컴퓨터는 그로버 알고리즘을 이용해 $\sqrt{N}$ 시간 만에 원하는 데이터를 찾을 수 있다. 이는 대용량 데이터 환경에서의 검색 효율성을 획기적으로 개선할 수 있는 가능성을 보여준다.

5. 조합 최적화 문제

배달 경로 최적화, 생산 스케줄링, 전력망 설계 등에서 등장하는 조합 최적화 문제는 경우의 수가 많아질수록 고전 컴퓨터로는 해결이 어렵다. 양자컴퓨터는 이러한 문제를 Ising 모델 또는 QUBO 형식으로 표현하고, 양자 근사 최적화 알고리즘(QAOA)이나 변분형 알고리즘(VQE)을 통해 효율적으로 접근할 수 있다.

6. 머신러닝과 딥러닝

양자컴퓨터는 기계학습과 딥러닝 분야에서도 혁신적인 변화를 일으킬 가능성이 있다. 양자 서포트 벡터 머신(QSVM), 양자 회귀 분석, 양자 신경망(QNN) 등은 기존 학습 모델에 비해 더 적은 자원으로 높은 차원의 패턴을 인식할 수 있는 잠재력을 가진다. 또한, 양자 회로 기반 뉴럴 네트워크는 학습 속도를 높이고, 특정 문제에서의 일반화 성능을 향상시킬 수 있다는 연구 결과도 보고되고 있다. 양자컴퓨터는 아직 초기 단계이지만, 다양한 산업과 과학 분야에서 점차 현실적인 응용 가능성이 검토되고 있으며, 앞으로 그 영향력은 더욱 확대될 것으로 기대된다.

V. 전망과 결론

양자컴퓨터는 단순한 고성능 계산 장비를 넘어, 인류가 지금까지 해결하지 못했던 문제들을 풀 수 있는 새로운 계산 패러다임으로 주목받고 있다. 중첩(Superposition), 얽힘(Entanglement), 간섭(Interference)과 같은 양자 역학의 원리를 바탕으로, 기존 컴퓨터로는 수백 년이 걸릴 계산도 순식간에 해결할 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 이러한 특성은 다양한 산업 분야에 강력한 경쟁 우위를 제공하며, 새로운 비즈니스 모델과 기술 생태계를 만들어내고 있다. 양자컴퓨터는 특히 복잡한 최적화 문제, 양자화학 계산, 금융 리스크 분석, 머신러닝 등 고난이도 문제에서 탁월한 가능성을 보인다. 예를 들어, 제약 분야에서는 분자의 전자구조를 양자 계산으로 예측해 신약 후보물질을 빠르게 도출할 수 있고, 자동차·항공 산업에서는 경로 최적화 및 재료 개발에 적용될 수 있다. 완전

한 양자컴퓨터가 상용화되기 전의 단계인 NISQ(Noisy Intermediate-Scale Quantum) 시대에서는, 중규모의 양자 장치를 활용한 양자 알고리즘 플랫폼(QAOA, QML 등)이 각광받고 있다. 여기에 소프트웨어 기업들은 양자 알고리즘을 SDK 형태로 패키지화해 다양한 산업에 맞춤형 솔루션을 제공하고 있으며, 오픈소스 프레임워크(Qiskit, Cirq 등)를 활용한 SaaS/PaaS 모델도 활발히 전개되고 있다. 한편 IBM, Google, IonQ, Rigetti 등은 각각 초전도 큐비트, 이온트랩, 위상 큐비트 등 다양한 하드웨어 아키텍처를 연구하며, 이를 클라우드 기반 API로 제공하여 시뮬레이션, 알고리즘 테스트, 교육 서비스로 활용되고 있다. 양자컴퓨터는 금융, 제조, IT, 화학, 에너지 등 다양한 분야에서 패키지형 솔루션으로 도입될 수 있다. 예를 들어, 금융권에서는 양자 알고리즘을 활용한 옵션 가격 책정, 제조업에서는 공정 최적화, IT 기업에는 양자암호 기반의 보안 솔루션이 제공될 수 있다. 이러한 맞춤형 커스터마이징을 통해 양자 애플리케이션 기반의 비즈니스 모델이 점차 현실화되고 있다. 다만, 현시점에서 양자컴퓨터는 하드웨어적인 제약이 존재한다. 큐비트 수의 제한, 높은 오류율, 극저온 유지 등의 물리적 조건이 상용화를 가로막고 있으며, 과도한 기대감은 오히려 시장의 신뢰도에 해가 될 수 있다. 양자컴퓨터는 모든 문제를 해결하는 만능 기계가 아니라, 특정 계산 영역에서 고전 컴퓨터보다 뛰어난 성능을 발휘할 수 있는 도구라는 점을 명확히 인식해야 한다. 양자기술의 발전은 결국 사람에게 달려 있다. 양자정보과학, 수학, 컴퓨터공학, 재료과학 등 다양한 전문 분야에서 인재를 확보하고, 이들을 위한 교육 프로그램, 인턴십, 오픈소스 커뮤니티가 필요하다. 전 세계 정부와 기업은 이에 맞춰 생태계 조성에 힘쓰고 있으며, 양자 교육과 실무 경험이 결합된 융합형 인재 양성이 핵심 과제로 부상하고 있다. 양자컴퓨터는 1980년대 이론으로 시작해, 현재는 프로토타입 장치와 클라우드 서비스를 통해 현실화 단계에 진입했다. 완전한 오류 보정 양자컴퓨터(FTQC)는 아직 개발 중이지만, 이미 NISQ 기반 서비스와 응용 모델은 수익화가 가능한 수준에 도달하고 있다. 향후 양자컴퓨터의 성공은 하드웨어, 소프트웨어, 인재, 생태계 그리고 균형 잡힌 기대치의 조화에 달

려 있다. 양자컴퓨터는 이제 단순한 연구 대상이 아닌, 산업 변화의 중심 인프라로 빠르게 진화하고 있다. 기술적 성숙과 함께 이를 뒷받침할 인프라와 생태계가 정착된다면, 양자컴퓨팅은 미래 정보기술의 판도를 바꾸는 핵심 동력으로 자리잡을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Nielsen, M. A., & Chuang, I. L. (2010). Quantum computation and quantum information (10th anniversary ed.). Cambridge University Press.
- [2] Preskill, J. (1998). Quantum information and computation. Lecture notes, California Institute of Technology. <http://www.theory.caltech.edu/~preskill/ph219/>
- [3] Shor, P. W. (1997). Polynomial-time algorithms for prime factorization and discrete logarithms on a quantum computer. *SIAM Journal on Computing*, 26(5), 1484–1509.
- [4] Grover, L. K. (1996). A fast quantum mechanical algorithm for database search. In *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Theory of Computing* (pp. 212–219). <https://doi.org/10.1145/237814.237866>
- [5] Bouwmeester, D., Ekert, A., & Zeilinger, A. (Eds.). (2000). *The physics of quantum information: Quantum cryptography, quantum teleportation, quantum computation*. Springer.
- [6] Ekert, A. K. (1991). Quantum cryptography based on Bell's theorem. *Physical Review Letters*, 67(6), 661–663. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.67.661>
- [7] Bennett, C. H., & Wiesner, S. J. (1992). Communication via one- and two-particle operators on Einstein-Podolsky-Rosen states. *Physical Review Letters*, 69(20), 2881–2884. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.69.2881>
- [8] Schumacher, B. (1995). Quantum coding. *Physical Review A*, 51(4), 2738–2747. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.51.2738>
- [9] Abraham, H., Akhalwaya, I. Y., Alexander, T., et al. (2020). Qiskit: An open-source framework for quantum computing. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2562111>
- [10] IBM Quantum. (n.d.). IBM Quantum documentation and tutorials. Retrieved from <https://quantum-computing.ibm.com>
- [11] Qiskit. (n.d.). Qiskit textbook: Learn quantum computing using Python and Qiskit. Retrieved from <https://qiskit.org/textbook>
- [12] Preskill, J. (2018). Quantum computing in the NISQ era and beyond. *Quantum*, 2, 79. <https://doi.org/10.22331/q-2018-08-06-79>
- [13] Arute, F., Arya, K., Babbush, R., Bacon, D., Bardin, J. C., Barends, R., ... & Martinis, J. M. (2019). Quantum supremacy using a programmable superconducting processor. *Nature*, 574(7779), 505–510. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1666-5>
- [14] Rigetti Computing. (n.d.). Quantum computing blogs and hardware architecture. Retrieved from <https://www.rigetti.com>
- [15] IonQ. (n.d.). IonQ technical resources. Retrieved from <https://ionq.com>
- [16] Xanadu. (n.d.). Xanadu quantum technology blog. Retrieved from <https://www.xanadu.ai>
- [17] Microsoft. (n.d.). Microsoft Quantum Development Kit documentation. Retrieved from <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/quantum/>
- [18] Schuld, M., Sinayskiy, I., & Petruccione, F. (2016). An introduction to quantum machine learning. *arXiv preprint, arXiv:1611.09347*.
- [19] ETSI. (2015). Quantum Safe Cryptography and Security. ETSI White Paper No. 8. Retrieved from <https://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/QuantumSafeWhitepaper.pdf>
- [20] International Telecommunication Union. (2019). Series Y.3800: Framework for networks supporting quantum key distribution. ITU-T.
- [21] 한국전자통신연구원(ETRI). (2024). 양자컴퓨팅 기술백서 및 산업 동향 보고서.



김상범

- 1993년 동아대학교 전자공학과 학사 졸업
- 1995년 동아대학교 전자공학과 석사 졸업
- 1999년 동아대학교 전자공학과 박사 졸업
- 현 한국폴리텍대학 스마트소프트웨어과 교수

〈관심 분야〉

양자컴퓨터, IOT, 비전처리, 빅데이터, 인공지능

양자컴퓨터와 보안 동향

I. 서론

양자컴퓨터가 사이버보안에 위협인가에 대한 질문에 현재 양자컴퓨터는 암호화 키를 해독할 수 있을 만큼 충분한 처리 능력을 갖추지 못하지만, 양자컴퓨터의 발전 속도를 고려한다면 머지않아 안전성을 담보하지 못할 것이다. 최근 켄티뉴엄(Quantinuum)이 양자컴퓨터를 활용해 위상수학 분야에서 난제로 꼽힌 매듭 이론(knot theory)을 양자 알고리즘으로 계산하는 데 성공했다고 발표했다. 이론으로만 존재하던 알고리즘이 최초로 실제 양자 하드웨어에서 구현된 사례로 양자컴퓨터가 단순히 성능평가가 아닌 실제 의미 있는 수학 문제를 계산할 수 있음을 실험적으로 보여준 사례이다^[18].

사이버보안 연구자들은 양자 물리학에 기반한 새로운 유형의 컴퓨터가 대부분의 최신 암호 알고리즘을 해독할 것을 우려하고 있으며, 그에 따라 양자컴퓨팅 환경에서는 통신 채널에서 암호화 없이 데이터를 전송하는 것과 같은 위험이 존재할 것으로 보고 있다. 하지만, 이러한 우려에도 현재 양자컴퓨터는 RSA(Rivest-Shamir-Adleman) 및 ECDSA(Elliptic Curve Digital Signature Algorithm)와 같은 암호화 알고리즘을 해독할 수 없으며, 국내외 연구보고서에서는 인터넷에서 사용하는 암호 알고리즘을 해독하려면 상당한 기술 발전이 필요하다고 소개하고 있다. 그런데도, 양자컴퓨터 기술의 발전에 따라 인터넷 통신과 전자상거래에서 사용 중인 암호화 알고리즘은 양자컴퓨터에서 해독될 것으로 예측하고 있다.

미국은 매년 약 38억 달러를 양자컴퓨팅 관련 연구에 투자하고 있으며, 중국은 150억 달러(약 22조 원) 이상을 관련 연구에 투자하는 것으로 추산하고 있다. 그에 비해 한국은 아직 갈 길이 멀다는 평가이며, 양자컴퓨터 글로벌 기술 수준 순위에서 한국은 12위를 차지하는 것으로



서 정 우
한국폴리텍대학

조사됐다^[19]. 과학기술정보통신부는 한국인터넷진흥원과 함께 국가 암호체계의 안정적 전환 준비를 위해 ‘2025년 양자내성암호 시범 전환 지원사업’을 추진하고 있으며, 양자컴퓨팅 기술의 급속한 발전으로 초래될 기존 암호체계에 대한 보안 위협 가능성에 대비해 국민 생활과 밀접한 에너지, 의료, 행정 분야의 정보통신 기반 인프라를 시작으로 주요 산업 분야에 양자내성암호(Post-Quantum Cryptography, PQC)를 적용할 예정이다^[20].

II. 양자컴퓨터와 보안

양자컴퓨터 시대가 다가오면서 기존의 암호 시스템은 더는 안전성을 보증할 수 없을 것이며, 이로 인해 새로운 방식의 알고리즘에 관한 연구와 기술들이 발표되고 있다. 양자컴퓨터는 큐비트(qubit) 또는 양자비트(quantum bit) 기반으로 작동하고 있으며, 양자 중첩과 얽힘 현상에 의해 두 가지 상태를 동시에 가질 수 있는 특별한 특성으로 기존의 문제에 혁신적인 해결방안을 제공해 현재의 보안 시스템에 심각한 위협을 가져다줄 것이다.

미국 국립표준기술연구소(National Institute of Standards and Technology, NIST)는 양자컴퓨터가 정통적인 암호화 알고리즘의 수학적 어려움을 대부분 극복할 수 있는 능력을 갖추고, 현재의 보안 시스템이 무력화될 것으로 예측하고 있다. 예를 들어, 민감한 정보를 암호화하기 위해 사용하는 RSA(Rivest-Shamir-Adleman)와 ECC(Elliptic Curve Cryptography) 알고리즘은 큰 수를 인수분해하는 것을 어렵게 하거나 이산 로그 계산의 복잡성에 의존하지만, 소인수분해를 빠르게 처리할 수 있는 양자 알고리즘인 쇼어 알고리즘(Shor's algorithm)을 사용하면 대규모 양자컴퓨터에서 이러한 문제를 해결할 수 있어서 민감한 정보를 보유하고 있는 기존 시스템은 심각한 보안 위협에 직면할 수 있다^[1,2].

이러한 보안 위협에 대응하기 위한 양자보안은 중첩과 얽힘 같은 양자 현상을 활용해 해독 불가능한 암호화 방법을 설계하는 것이며, 복잡한 알고리즘에 의존하는 기존 암호 알고리즘과 달리 양자 물리학의 근본적인 측면을 사용해 잠재적으로 해킹에 영향을 받지 않는 통신 채널을

〈표 1〉 시스템 환경구성

분류	양자 보안시스템	전통적인 보안시스템
기본 동작	양자 중첩과 얽힘 현상을 통한 양자역학 원리	수학적 알고리즘을 통한 계산 복잡성
인프라	광자 검출기 및 얽힘 기반의 양자 하드웨어	고전적인 컴퓨팅 및 네트워크
키 생성	양자 난수를 통한 예측하기 어려운 키 생성	의사 난수 생성기를 통한 키 생성
암호화	양자 키 분배(QKD) 및 양자내성암호(PQC)	대칭형 및 비대칭형 알고리즘
키 교환	BB84, E91, B92, SARG 등 QKD 프로토콜	Diffie-Hellman, RSA 알고리즘
성능	장거리 통신을 위한 양자 중계기 등 많은 자원 필요	고전적인 컴퓨팅 자원으로 확장 가능
비용	고가의 양자 하드웨어 및 연구개발 비용	기술 성숙도에 따른 낮은 비용
안전성	양자 및 고전적 위협에 대응하도록 설계	양자컴퓨터에 의한 암호 알고리즘 해독 가능

구축하는 것이다. 전통적인 암호 시스템은 정보를 안전하게 보호하기 위해 큰 수를 인수분해하는 어려움에 기반하고 있지만, 미세한 수준에서 작은 입자가 어떻게 작동하는지를 연구하는 양자역학을 활용하면 기존의 컴퓨터보다 빠른 계산을 실행할 수 있다. 양자 보안 시스템은 양자 중첩과 얽힘의 현상을 통해 정보의 손상을 즉시 확인할 수 있으며, 오늘날의 컴퓨터보다 뛰어난 성능을 달성하기 위해 양자역학의 규칙을 사용하고 있다. 정통적인 보안 시스템과 양자 보안 시스템을 비교하여 살펴보면 〈표 1〉과 같이 나타낸다^[9].

III. 양자컴퓨터의 보안 위협

양자컴퓨터는 헬스케어, 금융, 교통 등 많은 분야에서 활용이 예상되며, 특히 인공지능이나 시뮬레이션 분야에서 큰 발전을 가져올 것으로 기대하고 있다. 고전 컴퓨터의 비트가 0과 1 중 하나의 상태만 표현할 수 있는 것과 달리 양자컴퓨터는 두 가지 상태를 동시에 가질 수 있는 특별한 특성인 양자 중첩과 얽힘 현상에 의해 전통적인 컴퓨터와 비교할 수 없는 빠른 계산 능력을 제공한다. 이러한 양자컴퓨터의 긍정적인 측면에도 불구하고, 양자

컴퓨터의 빠른 계산 능력은 소인수분해에 기반한 현대 암호화 알고리즘(RSA, ECDSA 등)의 수학적 계산 어려움을 해결하여 보안에 심각한 위협을 가져올 것으로 전망하고 있다. 이에 대칭키(AES, SEED 등) 및 비대칭키(RSA, ECC 등) 방식의 암호화 알고리즘을 사용하여 기밀성과 무결성을 제공하던 보안 시스템들은 양자컴퓨터 시대에 안전성을 위협받게 되어 새로운 저항성(Resistance)을 가질 수 있는 암호 알고리즘의 연구와 전환이 필요하다^[2,8].

결과적으로, 양자컴퓨터의 뛰어난 처리 능력과 속도는 기존 암호화 방식을 크게 위협하고 있으며, 양자컴퓨팅의 강력한 성능은 공개 키 기반 구조(Public Key Infrastructure, PKI)를 손상시키고, 민감한 데이터 및 통신, 디지털 거래를 보호하고 있는 암호 알고리즘에 큰 위협이 되고 있다. 양자컴퓨터 환경에서 발생할 수 있는

사이버보안 위협을 살펴보면 다음과 같다^[7].

1. 암호해독

현재 보안 시스템에 널리 사용되고 있는 비대칭키 알고리즘은 큰 소수를 인수 분해해야 하는 문제로 수학 문제의 계산 난이도에 의존하고 있는데, 양자컴퓨터의 뛰어난 성능은 수학적 계산을 빠르게 해결할 수 있다. 예를 들어, RSA 암호 알고리즘은 키 사이즈를 증가시키더라도 양자컴퓨터에서 Shor's 알고리즘을 구현하면 더는 안전성을 보장할 수 없다.

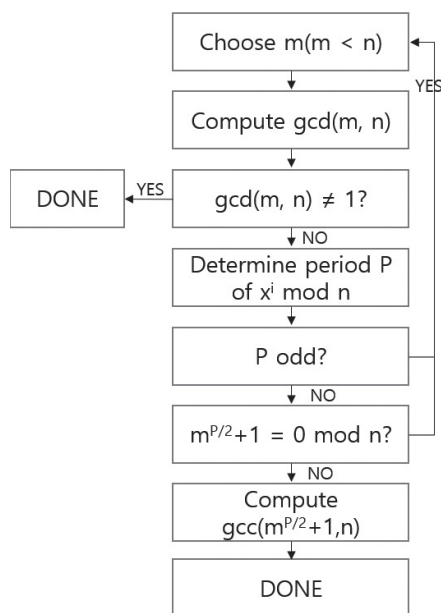
2. Shor's 알고리즘^[13]

양자컴퓨터에서 Shor's 알고리즘을 실행하면 큰 수를 효율적으로 인수분해하거나 이산로그를 계산할 수 있다. 이러한 계산 능력은 RSA 및 ECC, Diffie-Hellman 등 수학적 계산의 어려움에 의존하는 암호화 알고리즘을 빠르게 해독할 수 있다.

3. Grober's 알고리즘^[13]

Grober's 알고리즘을 이용하면 N개의 데이터를 가

- [Step 1] 인수분해 대상 N보다 작은 m을 선택하여 m, N의 최대공약수를 계산. 만약 $\gcd(m, N)$ 이 1이 아니면 인수분해 완료하고 그렇지 않으면 다음 단계로 이동
- [Step 2] $m^i \bmod n$ 의 주기 P 계산
- [Step 3] P가 홀수이면 Step 1로 이동하고 짝수이면 Step 4로 이동
- [Step 4] p가 짝수이기 때문에 다음식 성립 $(m^{P/2}-1)(m^{P/2}+1) \equiv m^P-1 \equiv 0 \bmod N$ 위 식에서 $m^{P/2}+1 \equiv 0 \bmod N$ 인 경우 Step 1로 이동하고 그렇지 않으면 다음 단계로 이동
- [Step 5] $m^{P/2}-1$ 과 N의 최대공약수 계산



〈그림 1〉 Shor's 알고리즘

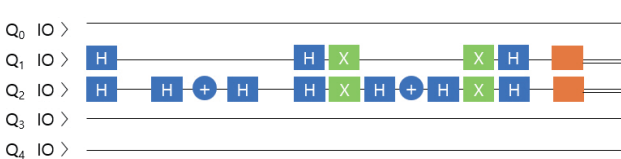
〈표 2〉 Recommended key lengths for symmetric-key cryptography in quantum computer environments

대칭키 암호 알고리즘	암호 키 사이즈	권장 키 사이즈(bits)
AES	128/192/256	256
AIRA	128/192/256	
LEA	128/192/256	
SEED	128	사용불가
HIGHT	128	

〈표 3〉 Recommended security strength of hash functions in quantum computer environments

해시 암호 알고리즘	암호 키 사이즈	권장 키 사이즈(bits)
SHA2	224/256/386/512	384/512
SHA3	224/256/386/512	
LSH	224/256/386/512	

- [Step 1] Hadamard gate(H)를 이용하여 시스템을 동일한 중첩 상태로 만듦
- [Step 2] Quantum oracle은 black-box 함수로 이에 대한 의미는 classical state로 붕괴하지 않고 시스템에 대한 관찰 및 변경을 한다는 것으로 만약 시스템이 올바른 상태에 있으면 위상은 π 만큼 회전시키고 만약에 아닐 경우 아무런 변화도 수행하지 않음. 이러한 위상 변화는 확률을 그대로 유지하면서 진폭의 위상만 바꾸는 역할을 함
- [Step 3] Diffusion transform을 통해 위상이 만약 평균보다 큰 경우 평균보다 낮게 변화시키고, 평균보다 낮은 경우 평균보다 크게 변화시키는데, 이러한 변화는 Hadamard transform으로 이루어짐. 그 후에 classical measurement로 결과를 평가하여 $O(1)$ 의 확률로 옳은 값을 출력하게 됨



〈그림 2〉 Grover algorithm using 2-qubit

지는 데이터베이스에서 원하는 데이터를 찾는데 걸리는 검색 시간을 4배 이상 빠르게 수행할 수 있으므로 AES(Advanced Encryption Standard)와 같은 대칭키 암호화 알고리즘의 키 길이를 효과적으로 줄여 보안성을 떨어뜨릴 수 있다.

또한, 해시 함수의 안전성도 양자컴퓨팅 환경에서 Grober's 알고리즘의 영향을 받아 보안성을 보증할 수 없다.

4. 공개키 인프라(PKI) 취약점

공개키 인프라(Public Key Infrastructure, PKI)는 인터넷에서 안전한 통신을 위해 디지털 인증서를 안전하게 교환하는데 필요한 정책, 절차 및 기술이다. 양자컴퓨팅은 PKI의 보안 안전성을 약화해 잠재적으로 통신을 가로채거나 변조할 수 있는 위협에 노출될 수 있다^[9].

5. 공격 벡터 증가

양자컴퓨팅은 예상되지 않는 새로운 유형의 공격 벡터를 도입하여 제로데이(Zero-day) 공격처럼 적기에 대응하기 어려운 사이버보안 문제를 발생시킬 수 있다.

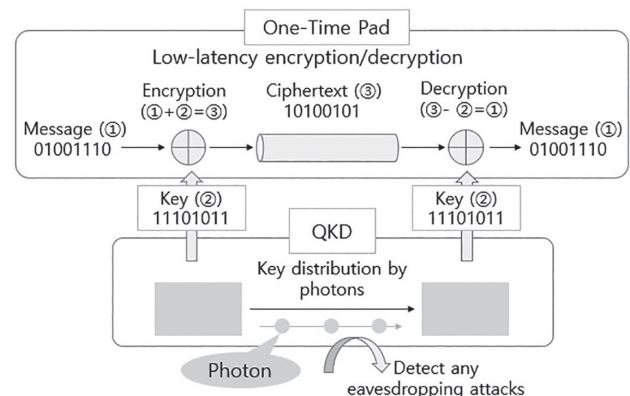
이러한 양자컴퓨터를 기반한 사이버 공격에 대응하기 위해 양자키분배(QKD) 및 양자내성암호(PQC) 표준을 개발하기 위해 많은 연구가 진행되고 있으며, 새로운 암호화 알고리즘은 양자컴퓨터가 해독하기 어렵게 설계하여 미래의 양자컴퓨팅 환경에서 데이터를 안전하게 보호

하는 것을 목표로 한다.

Ⅳ. 양자 암호(Quantum Cryptography) 통신

양자 암호 통신은 양자역학의 원리를 활용해 데이터 통신의 보안을 강화하는 기술이며, 데이터 전송 중에 보안을 보장하고 송신자와 수신자 간의 통신이 외부의 공격자로부터 안전하도록 보호한다. 대표적인 양자 암호 통신 방식은 양자 키 분배(Quantum Key Distribution, QKD)와 양자내성암호(Post-Quantum Cryptography, PQC)이며, 양자 암호(Quantum Cryptography)는 일회용 난수표(One-Time Pad)를 송신자와 수신자가 안전하게 나누어 가진 후 암호화 키를 사용해 암호화 통신을 수행하는 것을 말한다. 양자 키 분배(QKD)는 양자역학의 특성을 기반으로 신호를 주고받는 송수신 양방향에서 동시에 양자 암호키를 생성 및 분배하는 기술로 원칙적으로 해킹할 수 없는 방식이며, 양자내성암호(PQC)는 수학적 난제를 활용해 양자컴퓨터가 수학적 계산 처리에 오래 걸리도록 처리하는 암호화 방식이다.

양자 키 분배(QKD)는 원칙적으로 해킹할 수 없어 가장 강력한 암호체제로 평가되지만, 구축 비용이 많이 들어서 확장성에 제약이 있으며, 양자내성암호(PQC)는 소프트웨어 형태로 기존 네트워크 장비 등에 구축이 가능해 비용 부담과 확장성이 쉽지만, 양자컴퓨터의 발전이 계속될 경우 수학적 난제를 풀어내는 시간이 단축될 가능성이 존재한다.



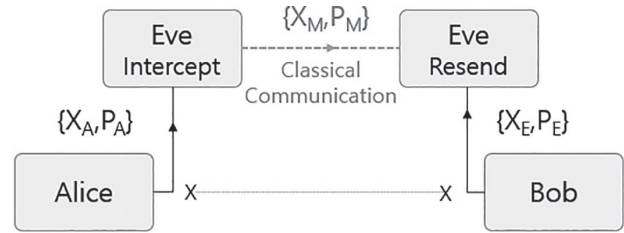
〈그림 3〉 Configuration of Quantum Cryptographic Lines ^[23]

1. 양자 키 분배(Quantum Key Distribution, QKD)

1984년 Charles H. Bennett와 Gilles Brassard가 처음으로 이론화한 양자 키 분배(QKD) 양자 암호화 유형이며, QKD 시스템은 보안 데이터를 암호화하는데 사용되는 것이 아니라, 기존의 대칭 키 암호화 방식에 사용할 수 있는 안전한 키 교환을 생성하는 데 사용된다. QKD는 양자 키 분배의 개념을 포괄하는 용어로 다양한 프로토콜 방식을 포함하고 있으며, BB84와 E91, B92, SARG, MDI-QKD 등의 다양한 QKD 프로토콜이 연구되고 있다. 양자 키 교환(Quantum Key Exchange, QKE)은 양자 키 분배와 유사한 개념을 가지고 있지만, 키를 분배하는 것이 아니라 공개키 교환에 활용하는 방식이다.

양자 키 분배(QKD) 시스템은 광섬유 케이블을 통해 개별 광자 빛 입자를 보내는 방식으로 동작하며, 광자 스트림은 단일 방향으로 이동하며 각 광자는 데이터의 단일 비트 또는 큐비트를 나타낸다. 발신자 측의 편광 필터는 각 단일 광자의 물리적 방향을 특정 위치로 변경하고, 수신자는 사용 가능한 두 개의 빔 스플리터를 사용하여 수신되는 각 광자의 위치를 읽는다. 송신자와 수신자는 전송된 광자 위치를 디코딩된 위치와 비교하여 일치하는 세트가 키가 된다.

양자 키 분배(QKD)를 사용하여 광섬유 케이블을 통한



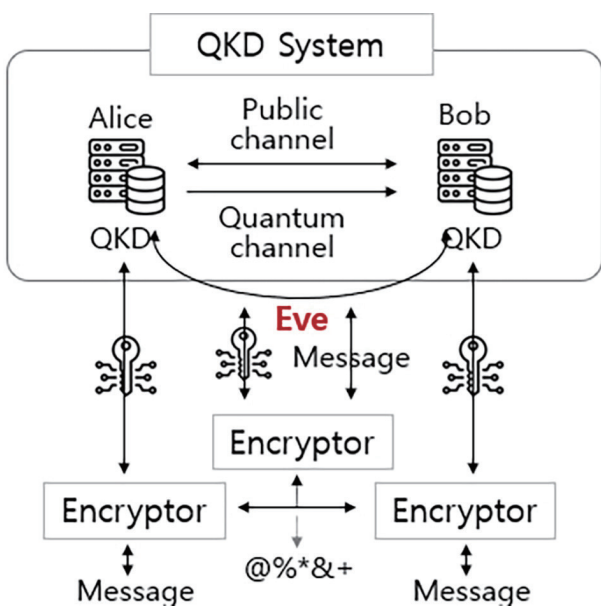
<그림 5> Scheme for saturation attack

편광 광자 전송으로 안전한 암호화 키를 생성할 수 있으며, 각 광자는 고유한 무작위 양자 상태를 갖기 때문에 케이블을 고정할 필요는 없다. 예를 들어, Alice와 Bob이 보안 연결을 설정해야 할 때 Eve가 중간에서 엿듣는 행위를 하면 광자의 양자 상태가 변해서 Alice와 Bob은 Eve가 엿듣는 것을 감지할 수 있으므로 해킹이 어려운 것으로 간주한다. 다만, 양자 키 분배(QKD) 시스템은 양자역학에 따라 해킹할 수 없는 것으로 생각했지만 실제 구현에 사용하는 각각의 광학 및 전자 디바이스들이 가진 취약점을 이용하여 송·수신자들에게 들리지 않고 양자 암호 키를 해킹할 수 있는 사례가 발표되어 이를 방지하는 연구도 활발하게 진행되고 있다.

양자 키 분배(QKD)의 효율성이 입증되었지만, 광범위한 확산을 어렵게 만드는 이유는 광섬유 케이블을 통해 전송된 광자는 약 248~310마일의 거리에서 성능이 저하되는 특징이 확인되어 최근에는 보안 노드와 광자 중계기를 사용하여 양자 키 분배(QKD) 시스템의 범위를 확장하는 연구가 진행되고 있다. 보안위협이 발생할 수 있는 사례는 <그림 4>, <그림 5>와 같다.

2. 양자내성암호(Post-Quantum Cryptography)

RSA 알고리즘은 소인수분해의 어려움에 기반하고 있으나 양자컴퓨터를 활용한 계산 능력이 발전하면서 RSA 알고리즘의 보안성이 크게 위협을 받고 있는데, 이는 양자의 중첩 원리를 활용해 한 번에 복수 개의 상태를 표현하고 계산을 수행하여 소인수분해의 계산 복잡도를 크게 낮출 수 있기 때문이다. 이처럼 양자컴퓨터의 연구와 상용화가 발전함에 따라 안전한 데이터 보호를 위해 근본적으로 복제할 수 없는 상태로 정보를 전송하거나 저장하는 양자 암호키 분배(Quantum Key Distribution)와



<그림 4> Hacking quantum keys generated by QKD^[18]

기존의 암호화 알고리즘을 개선해 양자컴퓨터의 위협으로부터 정보를 보호하는 양자내성암호(Post-Quantum Cryptography, PQC)가 연구되고 있다^[18].

양자내성암호(PQC)는 양자컴퓨팅 환경에서 안전하게 암호기술을 이용할 수 있는 새로운 공개키 암호이며, 양자컴퓨팅 환경에서 Shor's 알고리즘을 이용해 인수분해 및 이산로그 등 수학적 문제를 빠르게 해결할 수 있는 위협으로부터 대응하는 방법으로 발표되었다. 양자내성암호(PQC)의 유형으로는 다변수기반(Multivariate-based), 코드기반(Code-based), 격자기반(Lattice-based), 아이소제니기반(Isogeny-based), 해시기반(Hash-based) 등으로 구분할 수 있다^[12,13].

다변수 기반(Multivariate-based) 알고리즘

유한체 위에서 계산하는 다변수함수 문제의 어려움에 기반하는 암호 방식으로 암호·복호화가 다항식의 계산이므로 전력 분석의 부채널 공격(Side channel attack)에 대해 안전하며, 대표적인 다변수 기반 알고리즘은 Rainbow와 GeMMMS가 있다.

코드기반(Code-based) 알고리즘

선형 코드를 디코딩하는 어려움에 기반하는 알고리즘으로 연산 속도가 빠르지만, 키의 크기가 크다. 대표적인 코드기반 알고리즘은 Classic McEliece와 HQC(Hamming Quasi-Cyclic), BIKE(Bit Flipping Key Encapsulation)가 있다.

격자기반(Lattice-based) 알고리즘

격자 위에서 계산하는 문제의 어려움에 기반하는 암호 방식으로 암호·복호화 및 전자서명, 동형암호, IBE(ID-Based Encryption) 등에서 연구가 진행되고 있으며, 대표적인 격자기반 알고리즘은 CRYSTALS-KYBER와 SABER, FrodoKEM, NTRU-Prime이 있다.

아이소제니기반(Isogeny-based) 알고리즘

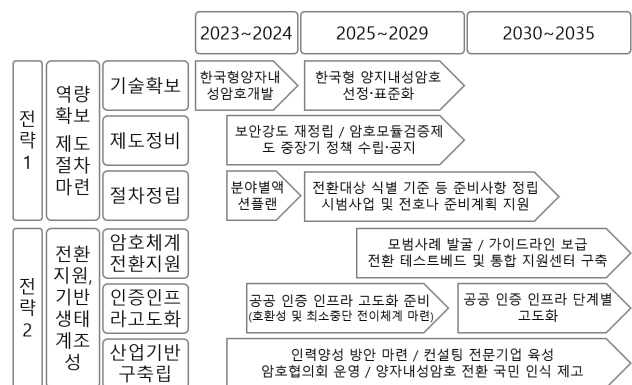
주어진 두 타원 곡선들 사이에서 아이소제니 관계를 구하는 문제를 이용한 암호 방식으로 연산 속도가 느려 효율성이 떨어지는 단점이 있다. 대표적인 아이소제니기반 알고리즘은 SIKE(Supersingular Isogeny Key Encapsulation)가 있다.

해시기반(Hash-based) 알고리즘

해시 함수의 안전성을 기반으로 한 전자서명 시스템으로 양자컴퓨터 환경에서는 출력의 길이를 늘여서 안전성을 보장하는 방식으로 대표적인 해시기반 알고리즘은 SPHINCS+, W-OTS가 있다.

3. 양자내성암호(Post-Quantum Cryptography) 전환

양자컴퓨터의 발전으로 2030년에 현재의 공개키 암호 알고리즘은 해독될 것으로 예상함에 따라 암호학적으로 해독이 가능한 양자컴퓨팅 환경이 발표되기 전에 RSA, ECC 등 모든 공개키 암호 알고리즘을 양자내성암호(PQC)로 전환하기 위한 연구를 진행하고 있다. 양자내성암호(PQC)는 기존 공개키 암호 알고리즘보다 키 길이가 늘어나고 많은 자원을 요구함으로 실제 서비스에 적용하기 위해서는 메모리 크기 및 지연 시간 등의 문제들을 고려해야 한다. 미국 국립표준기술연구소(National Institute of Standards and Technology, NIST)에서는 암호모듈검증프로그램(Cryptographic Module Validation Program, CMVP)에서 검증된 암호모듈, 암호라이브러리, 운영체제, 통신프로토콜, 애플리케이션의 제품군에 대해서 양자내성암호(PQC)로 전환하는 시나리오를 제시하고 있으며, <그림 6>과 같이 국내에서는 관계부처 합동으로 범국가 양자내성암호(PQC) 전환을 위한 마스터플랜을 발표하면서 국가 중장기 암호체계 전환을 위한 추진 방향을 수립하였다. 이를 통해, 체계적이고 입체적인 암호체계 전환을 위한 이행기반을 마련하여 양자위협대응 통합인프라의 구축과 안전한 암호체계 구현을 추진할 예정이다^[2].



〈그림 6〉 Roadmap for transitioning to PQC

V. 양자내성암호(PQC) 응용 사례

미국 국립표준기술연구소는 양자컴퓨터의 발전에 따른 보안 위협에 대응하기 위해 양자내성암호(Post-Quantum Cryptography, PQC)로의 전환 계획을 발표하면서 양자내성암호 알고리즘의 종류와 전환 과정에서 고려할 핵심 요소들을 체계적으로 설명하고 있다. 양자내성암호(PQC)의 전환은 양자컴퓨터로 발생할 수 있는 암호화 알고리즘의 취약성을 효과적으로 대응할 수 있으며, 양자내성암호(PQC) 기술을 기반으로 데이터 보호를 강화하고 안전한 정보 교환을 위한 기반을 마련할 것으로 기대하고 있다.

1. 국외 양자내성암호(PQC) 응용 사례

마이크로소프트와 워털루 대학 연구진은 TLS에서 양자내성암호(PQC) 키 교환 알고리즘을 테스트하였으며, CRYSTALS-KYBER 및 WE-Frodo, SIKE 알고리즘을 적용하여 키 교환 시간을 측정하였다. 정보통신연구기구 (National Institute of Information and Communications Technology, NICT)에서는 격자 기반 양자내성암호인 CRYSTALS-Dilithium 알고리즘을 적용한 스마트카드를 개발했으며, 의료 데이터의 안전한 저장과 전송, 스마트 카드 인증을 성공적으로 테스트하였다^[7].

2. 국내 양자내성암호(PQC) 응용 사례

SK텔레콤은 최신 양자내성암호(Post-Quantum Cryptography, PQC) 표준 알고리즘과 양자키분배(Quantum Key Distribution, QKD) 시스템을 결합한 QKD-PQC 하이브리드형 양자암호 제품을 출시했으며, 하이브리드형은 하나의 장비에 양자키분배(QKD)와 내성 양자암호(PQC) 두 개의 암호화가 동시에 진행되는 이중 암호화로 정보를 보호하고, 양자키분배(QKD)와 NIST 표준을 준수하는 내성양자암호(PQC)가 결합한 하이브리드형 형태의 장비이다^[17].

LGU+는 격자 기반의 양자내성암호(PQC) 기술을 탑재한 광전송장비(ROADM)를 개발하여 실증화했으며, 한

국정보통신기술협회(Telecommunications Technology Association, TTA)로부터 성능검증과 양자내성암호(PQC)를 적용한 커넥티드카 보안 기술 및 생체인증 기반의 결제 서비스 등을 검증하였다.

3. 양자내성암호(PQC) 한계와 도전

양자컴퓨터의 위협으로부터 금융, 의료, 정부 데이터와 같은 민감한 데이터는 새로운 암호화 체계로 전환을 고려해야 하는데, 이를 위해 국제기구를 통한 양자보안 표준화 작업을 가속화하고, 기업과 정부 간의 협력을 통해 보안 기술의 개발을 촉진해야 한다. 하지만, 양자내성암호(PQC)의 한계도 존재하는데, 기존 암호화 알고리즘보다 연산 속도가 느리고 확장 비용이 많이 든다는 측면에서 대규모 시스템을 도입하기가 쉽지 않으며, 글로벌 환경의 협력 부족으로 기술 표준화 작업이 지연되는 것도 도전 과제 중 하나이다.

VI. 전망과 결론

지금까지 양자컴퓨터의 보안 위협과 양자암호통신의 동작 원리, 응용 사례에 대해서 살펴보았다. 양자컴퓨터의 발전에 따라 기술적 측면뿐 아니라 경제 및 사회적으로 보안 문제의 중요성은 더해가고 있으며, 양자암호통신 기술개발과 상용화에 대한 국가 및 기업의 관심은 더욱 커지고 있다. 양자컴퓨터에 의한 사이버 공격이 지금 당장 현재의 암호체계를 바꿔야 할 정도는 아니어도 기술 발전에 따라 위협성은 여전히 증가하고 있다. 이에 양자내성암호와 같은 연구를 통해 새로운 보안 패러다임을 제시하고 있으며, 미국의 경우는 양자내성암호 전환법을 제정하여 국가 차원의 전환을 가속하고 있다. 이러한 변화를 통해 데이터 보호와 안전한 정보 교환을 위한 보안체계를 구축하고자 준비하고 있다.

양자컴퓨터는 양자물리학의 현상을 활용해 기존 슈퍼컴퓨터가 풀기 어려운 문제를 해결할 수 있으며, 기존 컴퓨터 대비 30조 배 빠른 연산이 가능한 것으로 알려졌다. 상용화까지는 많은 시간이 걸릴 것으로 전망하지만, 미국의 양자내성암호 전환법 등에서 볼 수 있듯이 향후 다가

오는 보안 위협에 우선하여 대응하지 않으면 국가적으로 큰 위협에 직면할 수 있으므로, 국내에서도 국정원과 과기정통부가 주도하여 ‘양자암호기술 발전전략’을 발표했으며, 양자내성암호 전환 로드맵을 통해 2035년까지 국가 주요 정보통신 기반시설에 대한 양자내성암호 기술 적용을 목표로 하고 있다. 양자컴퓨터는 암호해독, 금융, 교통, 전력 분배 문제 등에서 혁신적인 해법을 가져다줄 것으로 예상하지만, 사이버보안 패러다임의 근본적인 변화도 요구할 것이다.

참고 문헌

- [1] NIST Post-Quantum Cryptography Project, <https://csrc.nist.gov/Projects/post-quantum-cryptography>, Post-Quantum Cryptography, 2023
- [2] SAMSUNG SDS, <https://www.samsungsds.com/kr/insights/the-great-transition-to-pqc.html>, the great transition to pqc
- [3] M A Nielsen, I L Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press <https://profmcrz.files.wordpress.com/2017/08/quantumcomputation-and-quantum-information-nielsen-chuang.pdf>, 2010
- [4] J Proos, C Zalka, Shor’s discrete logarithm quantum algorithm for elliptic curves,” Quantum Information & Computation, 2003
- [5] VIVA Technology, <https://vivatechnology.com/news/quantum-s-impact-on-cybersecurity>, Quantum’s Impact on Cybersecurity, 2025
- [6] Phani S E, “The Impact of Quantum Computing on Cybersecurity”, Journal of Mathematical & Computer Applications 2023
- [7] KISA, “Study on the security of modern cryptography in quantum computing environment”, 2016
- [8] ETRI, “Quantum Cryptography”, 2005
- [9] Paloalto, “<https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/what-is-quantum-security>”
- [10] Goover, “<https://seo.goover.ai/report/202412/go-public-report-ko-8fce0fd0-41bd-449f-a7cc-5964d2779391-0-0.html>”, 2024
- [11] Armando Bellante, et al. “Evaluating the potential of quantum machine learning in cybersecurity: A case-study on PCA-based intrusion detection systems”, Computers & Security 2025
- [12] NIST, “<https://www.nist.gov/cybersecurity/what-post-quantum-cryptography>”, What is Post-Quantum Cryptography
- [13] Financial Security Institute, “e-Finance and Financial Security 2024-4 Q”, 2024
- [14] KPMG, “Quantum Information Telecommunication, Future of ICT”, 2017
- [15] Sasaki, et al. “Field test of quantum key distribution in the Tokyo OKD Network”, Optics Express 2011
- [16] “Understanding Quantum Cryptography”, ID Quantique 2012
- [17] SKT, “<https://news.sktelecom.com/207758>”, SOVC 2024
- [18] TTA “https://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word_seq=175125-2”
- [19] ZDNET Korea “<https://v.daum.net/v/20250412121543515>”
- [20] MK, “<https://www.mk.co.kr/news/culture/11116679>”
- [21] 4TH, “<https://www.4th.kr/news/articleView.html?idxno=2083163>”
- [22] LGU+, “<https://www.lguplus.com/biz/insight/trend/405>”
- [23] NEC, “https://www.nec.com/en/press/202012/global_20201221_01.html”



서정우

- 2018년 8월 고려대학교 정보보호대학원 박사
- 2004년 2월 ~ 2018년 8월 삼성전자 연구개발혁신
- 2018년 8월 ~ 2021년 12월 우정사업본부 정보보안담당
- 2022년 1월 ~ 2024년 8월 ICT폴리텍대학 정보보안과
조교수
- 2024년 8월 ~ 현재 한국폴리텍4대학 클라우드보안과
조교수

〈관심 분야〉

Network Forensic, Cert, Secure Coding, Personal
Information Protection

양자 오류 정정 기술의 실험적 구현 동향

I. 서론

양자 컴퓨팅은 양자 중첩과 얽힘과 같은 양자역학적 원리를 활용하여 기존의 고전 컴퓨터가 해결하기 어려운 문제를 처리할 수 있는 잠재력을 지닌다. 특히 소인수 분해, 최적화 문제, 양자 시뮬레이션 등에서 양자 컴퓨터가 강력한 성능을 보일 것으로 예상된다^[1-4].

현재 연구되고 있는 주요 실험적 양자 컴퓨팅 플랫폼으로는 다음과 같은 방식이 있다. 우선 초전도 큐비트는 Google과 IBM에서 주도하는 플랫폼으로, 신뢰성이 높고 양자 오류 정정 기술이 발전하고 있다. 다음으로 이온 트랩은 개별 이온을 전자기장으로 포획하여 큐비트로 활용하는 방식으로, 높은 충실도(Fidelity)의 양자 연산이 가능하다. 광학 양자 컴퓨팅은 광자를 기반으로 한 큐비트를 사용하며, 장거리 양자 통신과 연관성이 있다. 마지막으로 중성 원자 기반 양자 컴퓨팅은 최근 주목받는 플랫폼으로, 원자를 광 집게(optical tweezers)로 배열하고 리드버그(Rydberg) 상태를 활용하여 양자 컴퓨터를 구현한다^[5-9].

이러한 기대와 발전에도 불구하고 양자 컴퓨터의 실용화를 가로막는 가장 큰 난제 중 하나는 양자 상태의 불안정성이다. 양자 컴퓨터에서 사용하는 연산의 단위인 큐비트는 환경과의 상호작용을 통해 쉽게 오류를 축적하며, 계산 중에 정보가 손실되는 현상이 발생한다. 이러한 NISQ(Noisy Intermediate-Scale Quantum) 시스템은 50-100개 큐비트 규모에서 제한된 문제에 대한 계산을 수행할 수 있지만, 대규모 실용적 양자 컴퓨터로 발전하기 위해서는 오류를 정정하고 억제할 체계가 필요하다.

이러한 요구를 충족하기 위해 양자 오류 정정(Quantum Error Correction, QEC) 기법이 제안되었다. 양자 오류 정정은 다수의 물리 큐비트를 활용하여 하나의 논리 큐비트(logical qubit)를 구성함



박주영
KAIST



권혁준
한국폴리텍대학

로써, 양자 정보가 손상되더라도 이를 복원할 수 있는 체계를 갖춘다. P. Shor가 제안한 최초의 양자 오류 정정 코드 이후 Steane 코드, 안정자 형식주의(stabilizer formalism), 그리고 최근 가장 실용적으로 주목받는 표면 코드(surface code)에 이르기까지 양자 오류 정정은 빠르게 발전해 왔다^[10-12].

양자 오류 정정은 단순한 보조 기술이 아닌 양자컴퓨터의 실용화를 결정짓는 핵심 기술적 요소이다. 이에 따라 본 원고에서는 QEC의 개념과 대표적인 오류 정정 코드들을 소개하고, 현재 실험적으로 구현되고 있는 주요 플랫폼에서의 QEC 동향을 종합적으로 살펴본다. 특히 중성 원자 기반 양자 컴퓨팅 플랫폼에서 QEC를 구현하기 위한 최근의 연구 성과와 그 가능성을 집중적으로 분석하고 향후 실용적 양자 컴퓨팅으로 나아가기 위한 기술적 과제를 논의한다.

II. 실험적 양자 컴퓨팅 플랫폼의 종류

양자 컴퓨팅 기술은 다양한 하드웨어 플랫폼을 중심으로 빠르게 발전하고 있으며, 최근 몇 년간 실험적으로 구현 가능한 큐비트 수가 증가하고, 오류 정정 기술이 향상되면서 실용적인 양자 컴퓨팅으로의 전환 가능성이 더욱 높아지고 있다. 특히, 주요 연구 그룹과 기업들이 초전도 큐비트, 이온 트랩, 광학적 양자 컴퓨팅, 중성 원자 기반 양자 컴퓨팅과 같은 다양한 물리적 구현 방식을 탐색하며, 각각의 접근 방식이 가지는 장점을 극대화하기 위한 연구가 진행되고 있다. 본 장에서는 최근의 실험적 연구 동향을 플랫폼별로 정리하고, 각 방식이 해결해야 할 주요 과제와 향후 연구 방향을 논의한다.

초전도 큐비트는 현재 가장 활발한 연구가 이루어지고 있는 양자 컴퓨팅 플랫폼 중 하나이며, 특히 고전적 컴퓨팅과의 연계를 고려한 대규모 양자 프로세서 개발이 진행되고 있다. Google은 2019년 초전도 큐비트를 이용한 양자 우월성 실험을 통해 고전적 슈퍼컴퓨터로는 수만 년이 걸릴 계산을 양자 컴퓨터가 훨씬 짧은 시간 안에 수행할 수 있음을 제시했다. 이후 IBM, Rigetti, D-Wave 등의 기업에서도 초전도 큐비트를 활용한 연구를 지속적으로

발전시키고 있으며, 특히 IBM은 최근 1,000개 이상의 큐비트를 갖춘 양자 프로세서를 발표하며 실용적인 양자 컴퓨팅을 구현하기 위한 노력을 가속하고 있다. 현재 연구는 큐비트 수를 늘리는 것뿐 아니라, 오류 정정 기술의 발전을 통해 신뢰할 수 있는 장기적 연산이 가능한 양자 컴퓨터를 구축하는 데 초점을 맞추고 있다^[6].

이온 트랩 기반 양자 컴퓨팅은 단일 이온을 전자기장으로 포획하여 큐비트를 구현하는 방식으로, 개별 큐비트의 높은 충실도(fidelity)와 긴 결맞음 시간이 주요 장점이다. 이러한 특성 덕분에 이온 트랩 시스템은 양자 시뮬레이션과 오류 정정 연구에서 중요한 역할을 하고 있다. 최근 연구에서는 다체 양자 물리 시뮬레이션을 수행하기 위한 이온 트랩 시스템의 활용이 증가하고 있으며, 높은 충실도의 양자 게이트를 실현하기 위한 실험이 진행되고 있다. IonQ와 같은 기업에서 이온 트랩을 기반으로 한 양자 프로세서를 개발하고 있으며, 특히 개별 이온을 고도로 정밀하게 제어할 수 있는 기술을 적용하여 확장을 시도하고 있다^[6].

광학적 양자 컴퓨팅은 광자를 기반으로 하는 큐비트 시스템으로, 다른 플랫폼과 비교했을 때 정보 전달이 용이하고 장거리 양자 통신과의 결합이 가능하다는 장점이 있다. 최근 연구에서는 네트워크 기반 양자 컴퓨팅을 실현하기 위한 실험적 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 기존 양자 게이트 모델뿐 아니라 양자 측정 기반 계산(Measurement-Based Quantum Computing, MBQC)과 같은 새로운 계산 방식이 연구되고 있으며, 이를 통해 보다 효과적으로 큐비트 간 상호작용을 최적화하는 방향으로 발전하고 있다^[7].

최근 중성 원자 기반 양자 컴퓨팅 또한 빠르게 발전하고 있다. 특히 광 집게(optical tweezers)를 이용한 정밀한 원자 배열과 리드버그(Rydberg) 상태를 활용한 강한 원자 간 상호작용이 핵심 연구 주제로 떠오르고 있다. 중성 원자 기반 양자 컴퓨팅의 주요 강점은 큐비트 배열의 높은 유연성과 확장성이다. 최근 연구에서는 최대 독립 집합(MIS) 문제를 해결하기 위한 리드버그 원자 배열 실험이 성공적으로 수행되었으며, 이를 활용하여 최적화 문제를 양자적으로 해결하는 가능성이 검증되었다^[8, 9].

III. 양자 오류 정정

양자 컴퓨터는 양자 얽힘과 중첩을 기반으로 막대한 계산 잠재력을 제공하나, 이러한 양자 상태는 환경의 교란에 매우 민감하게 반응한다. 양자 게이트의 불완전한 작동, 측정 오류, 환경과의 상호작용에 의한 결맞음 상실(decoherence)은 양자 계산의 신뢰성을 저해한다. 양자 정보는 복제할 수 없는 성질(No-cloning theorem)로 인해 고전적인 오류 정정 기법을 그대로 적용할 수 없어 새로운 오류 정정 기법이 필요하다. 이러한 배경에서 양자 오류 정정은 양자 정보를 보호하고 안정적인 계산을 가능하게 하기 위한 필수 기술로 자리잡고 있다.

양자 오류 정정에서, 양자 오류는 크게 3가지 기본 형태로 분류된다. 우선 고전적 비트 뒤집힘에 해당하는 X 오류는 상태 $|0\rangle$ 과 $|1\rangle$ 을 서로 뒤바꾼다. 둘째, 양자 상태의 위상을 반전시키는 Z 오류는 상태 $|1\rangle$ 에 마이너스 부호를 주는 효과를 가진다. 셋째, X와 Z가 동시에 작용하는 Y 오류는 복합적인 비트 및 위상 뒤집힘을 일으킨다. 실제 시스템에서는 이 3가지가 혼합된 일반적인 오류

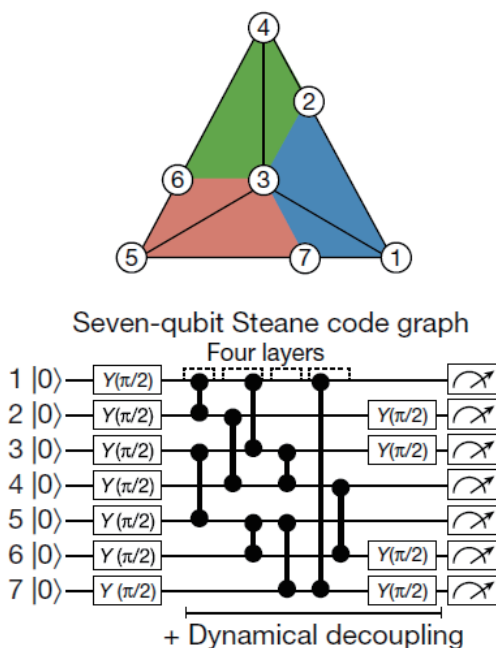
가 발생하므로, 효과적인 오류 정정 체계는 이러한 오류를 모두 탐지하고 복원할 수 있어야 한다.

양자 오류 정정 코드를 설계하고 분석하는 데 가장 널리 사용되는 틀은 안정자 형식주의(stabilizer formalism)이다. 안정자(stabilizer)란 특정 양자 상태를 변화시키지 않는 연산자를 말하며, 양자 오류 정정에 사용되는 코드 공간은 해당 안정자들에 대해 변하지 않는 상태들의 집합으로 구성된다. 안정자를 통해 오류의 발생 여부를 측정 가능한 연산자의 변화로 판별할 수 있으며, 안정자의 구조에 따라 오류의 종류와 위치를 식별하고 복원 연산을 결정할 수 있다. 이 구조는 오류를 측정하면서도 원래의 양자 정보를 직접적으로 건드리지 않는다는 점에서 양자 계산의 기본 원리와 부합한다.

P. Shor는 양자 오류 정정의 가능성을 보이는 9개 큐비트 코드(Shor code)를 제안했다. 이 코드는 중복 부호화와 위상 보호 구조를 결합하여 비트 뒤집힘과 위상 뒤집힘 오류를 모두 정정할 수 있도록 설계되었다. Shor 코드는 비록 큐비트 수가 많고 복잡도가 높은 단점이 있지만, 양자 오류 정정의 개념적 기반을 확립한 역사적 의미를 가진다^[10].

이후 A. Steane 은 보다 효율적인 7개 큐비트 코드(Steane code)를 제안하였다. 이 코드는 고전적인 해밍 코드를 양자적으로 확장한 구조로, 안정자 연산자 기반의 오류 정정을 제시한 대표적인 예시로 평가된다. <그림 1>은 $[[7,1,3]]$ 색상 코드(color code)로도 불리는 Steane 코드를 기반으로 구성된 큐비트 배치 및 안정자 연산 구조를 나타낸다. 7개의 물리 큐비트가 각 원에 배치되며, 3개의 색칠된 영역은 서로 다른 안정자 연산에 대응한다. Steane 코드는 이후 표면 코드(surface code)와 같은 보다 안정적인 양자 오류 정정 코드의 이론적 기반으로 널리 인용된다^[11].

가장 활발히 연구되고 있는 양자 오류 정정 코드 중 하나는 표면 코드(surface code)이다^[12]. 이 코드는 물리 큐비트를 2차원 격자상에 배치하고, 인접한 큐비트들의 조합으로 정의된 안정자를 주기적으로 측정하여 오류를 추적하고 정정한다. 표면 코드의 가장 큰 장점은 허용된 오류 임계값이 높고 국소적으로 작동하는 게이트만으로 구



<그림 1> Steane 코드의 안정자 구조와 논리 연산자.

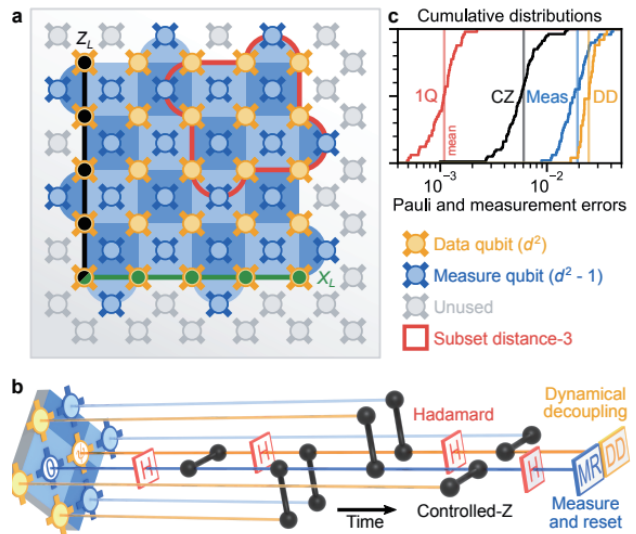
각 원은 하나의 물리 큐비트를 나타내며, 색으로 표시된 삼각형은 서로 다른 안정자 연산자에 대응한다. 아래 양자 회로는 Steane 코드를 구현하기 위해 필요한 양자 게이트 및 측정의 조합을 보여준다^[18].

현 가능하다는 점이다. 이로 인해 실험적으로 구현 가능성이 가장 높은 양자 오류 정정 코드로 평가받는다. 다만 surface code는 Clifford 게이트(CNOT, H, S 등)는 비교적 쉽게 구현할 수 있지만, 범용 양자 컴퓨팅을 위해 필요한 비 Clifford 게이트(T 게이트 등)는 직접 구현이 어렵다. 이를 해결하기 위한 여러 기법이 제안되고 있다. 최근에는 표면 코드를 기반으로 논리 큐비트의 실험적 구현이 성공적으로 보고되고 있으며, 중장기적으로 내결함성(fault-tolerant) 양자 컴퓨팅 실현을 위한 핵심 기반 기술로 발전하고 있다.

IV. 실험 플랫폼별 양자 오류 정정 구현 동향

양자 오류 정정의 이론적 기반은 비교적 잘 정립되어 있으나, 실제 양자 하드웨어에서 구현하는 일은 여전히 많은 기술적 과제를 가지고 있다. 다양한 플랫폼에서 QEC의 구현이 활발히 시도되고 있으며, 각 플랫폼은 하드웨어 특성에 따라 서로 다른 방식으로 오류 정정을 구성한다. 본 장에서는 초전도 큐비트, 이온 트랩, 광학 양자 컴퓨팅, 중성 원자 기반 플랫폼에서의 QEC 구현 동향을 비교하고, 특히 중성 원자 시스템에서의 최근 실험적 진전에 대해 상세히 논의한다.

초전도 큐비트는 높은 속도와 집적도를 바탕으로 복잡한 QEC 회로를 구현할 수 있는 장점이 있다. Google과 IBM에서는 표면 코드를 기반으로 논리 큐비트를 구성하고, 다중 큐비트 오류 정정 회로를 실험적으로 구현해 왔다. Google의 최근 연구에서는 72개의 초전도 큐비트를 사용하여 거리-5 표면 코드를 구현하고, 더 작은 distance의 코드와 비교하여 논리 오류율이 감소하는 경향을 실험적으로 확인하였다. 이는 코드의 크기를 키워서 오류 정정 성능이 향상될 수 있음을 보여준 결과로, 향후 확장성 있는 양자 컴퓨터 개발의 기초가 될 것으로 보인다^[13]. IBM의 경우 제한된 연결성을 가지는 구조에서 효율적인 표면 코드 구현이 어려운 점을 극복하기 위해 서로 다른 안정자 코드를 중첩 적용하는 새로운 구조를 제안하여 표면 코드와 Bacon-shor 코드를 동시에 구현하

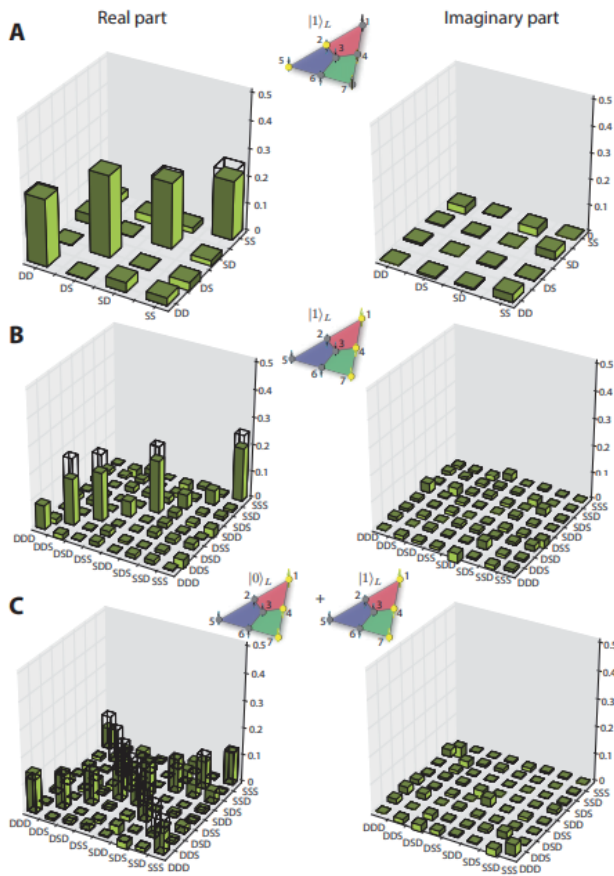


〈그림 2〉 표면 코드 논리 큐비트 구현. a. 거리-5 표면 코드가 내장된 72큐비트 시카모어 장치의 개략도, b. 안정화 측정 그림, c. 단일 큐비트 게이트, CZ 게이트, 측정 및 데이터 큐비트 DD (측정 및 재설정 중 유휴 상태)에 대한 누적 오차 분포^[13]

고, 두 논리 큐비트 간의 얽힘을 생성하는 데 성공했다. 여러 코드 거리에서 안정자 측정을 반복 수행한 경우에도 얽힘의 유지가 가능하며, 초전도 큐비트 기반 시스템에서 논리 큐비트 간 상호작용을 구현할 수 있는 실질적 가능성을 제시한다^[14].

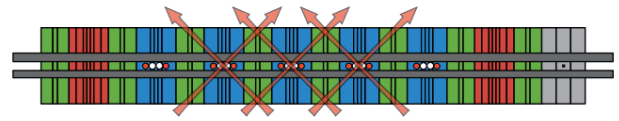
이온 트랩 기반 플랫폼은 단일 이온을 전기장으로 포획하여 큐비트로 사용하며, 긴 결맞음 시간과 높은 게이트 충실도를 갖는 장점이 있다. 이러한 특성은 정밀한 다중 큐비트 제어와 안정적인 오류 정정 회로 구현에 적합하며, 다양한 형태의 양자 오류 정정 코드가 실험적으로 시도되고 있다. 예를 들어, 7개의 이온을 이용한 초기 연구에서 안정자 기반 오류 감지 기법이 입증되었다^[15]. 이후의 연구에서는 실시간 오류 정정에 초점을 맞추어, 반복 측정을 통한 오류 감지와 복원 연산이 포함된 피드백 루프가 실험적으로 구현되었으며, 이를 통해 논리 게이트의 안정성과 오류 정정 알고리즘의 유효성이 입증되었다^[16]. 이러한 실험들은 이온 트랩 플랫폼이 단순한 고충실도 연산을 넘어서, 논리 구조를 갖춘 오류 정정의 실현 가능성을 뒷받침하고 있음을 보여준다.

광학 기반 양자 컴퓨팅은 광자를 양자정보의 매개체로 사용하며, 장거리 전송과 네트워크 연결에 강점이 있



〈그림 3〉 위상적으로 인코딩된 큐비트에서 국소적 양자 질서의 부재와 전역적 양자 질서의 존재, 재구성된 2큐비트 및 3큐비트 밀도 행렬의 실수 및 허수 요소가 나타나 있다. 이상적인 상태의 행렬 요소는 투명한 막대로 표시되었다. 각 하위 그림에 대해 인코딩된 각각의 논리적 상태와 양자 상태 단층 촬영이 수행된 큐비트의 하위 집합(노란색으로 채워진 원으로 표시)이 도식적으로 표시, 전자 분포 D(S)는 계산 $|0\rangle(|1\rangle)$ 상태의 분포에 해당한다. A, 큐비트 2와 5의 측정된 2큐비트 밀도 행렬, 이상적인 완전 혼합 2큐비트 밀도 행렬(4개의 계산 기저 상태의 비간섭성 동일 가중치 혼합)과 큰 중첩(98.3(2)%), B, 표시된 축소된 3큐비트 밀도 행렬(큐비트 1, 4, 7)은 이상적인 상태에서 85(2)%의 양자 상태 충실도를 가지며, 이상적인 상태는 $|111\rangle$, $|001\rangle$, $|010\rangle$, $|100\rangle$ 로 비간섭성 동일 가중치 혼합이다. $|+\rangle_x$ 로 초기 준비된 논리 큐비트에 대해 측정된 축소된 3큐비트 밀도 행렬 (큐비트 1, 4, 7)은 이상적인 상태에서 83(2)%의 양자 상태 충실도를 가진다^[15].

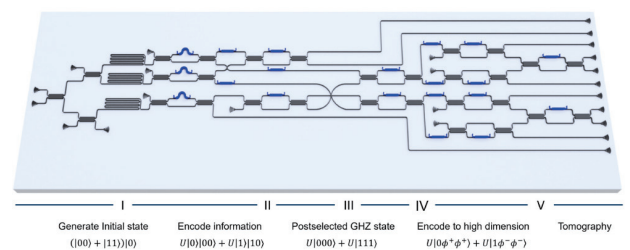
다. 하지만 광자간 상호작용이 본질적으로 약하다는 점에서 고전적인 게이트 모델보다는 측정 기반 양자 컴퓨팅(Measurement-Based Quantum Computing, MBQC) 방법이 자주 사용된다. 이 방식에서는 광자 사이에 고도로 얽힌 상태를 먼저 생성한 후, 순차적인 측정을 통해 연



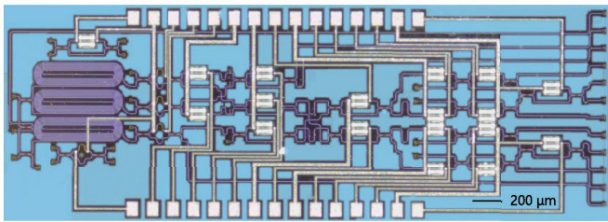
〈그림 4〉 10개의 $^{171}\text{Yb}^+$ 큐비트 이온(빨간색 원)과 10개의 $^{138}\text{Ba}^+$ 냉각 이온(흰색 원)이 로딩된 이온 트랩. 이 트랩은 전극의 기하학적 구조와 레이저 빔 구성에 따라 기능이 결정되는 여러 기능 영역 또는 구역역을 가지고 있다. 이온 수송은 이온을 게이트 및 측정을 위한 구역으로 배열하는 데 사용된다. 빨간색과 파란색 전극은 선형 수송, 결정 분리 및 결합, 물리적 교환을 포함한 수송 작업을 지원하는 영역을 나타낸다. 녹색 영역은 게이팅 작업 간 이온의 선형 수송 및 저장을 지원한다. 큐비트 초기화, 게이팅 및 측정이 발생하는 세 영역은 교차하는 레이저 빔으로 표시되었다. 회색 영역에서는 광이온화를 사용하여 트랩 뒤의 분출형 원자 오븐에서 이온이 로딩된다^[16].

산을 수행한다. 최근 이러한 구조 위에 오류 정정 코드를 실험적으로 구현한 사례가 보고되었다. 〈그림 5〉에 나타난 집적 광자 칩(integrated photonic chip) 위에서 5개의 물리 큐비트를 사용하여 논리 큐비트를 구성하고, 단일 큐비트 오류를 검출 및 복원하는 과정을 구현했다. 이 연구는 집적 광자 칩에서 안정화 기반 오류 정정을 실증한 점에서 중요한 의미를 갖는다^[17].

〈그림 4〉는 10개의 $^{171}\text{Yb}^+$ 큐비트 이온(빨간색 원)과 10개의 $^{138}\text{Ba}^+$ 냉각 이온(흰색 원)이 로딩된 이온 트랩을 보여준다. 이 트랩은 전극의 기하학적 구조와 레이저 빔 구성에 따라 기능이 결정되는 여러 기능 영역 또는 구역역을 가지고 있다. 이온 수송은 이온을 게이트 및 측정을 위한 구역으로 배열하는 데 사용된다. 빨간색과 파란색 전극은 선형 수송, 결정 분리 및 결합, 물리적 교환을 포함한 수송 작업을 지원하는 영역을 나타낸다. 녹색 영역은 게이팅 작업 간 이온의 선형 수송 및 저장을 지원한다. 큐비트 초기화, 게이팅 및 측정이 발생하는 세 영역은



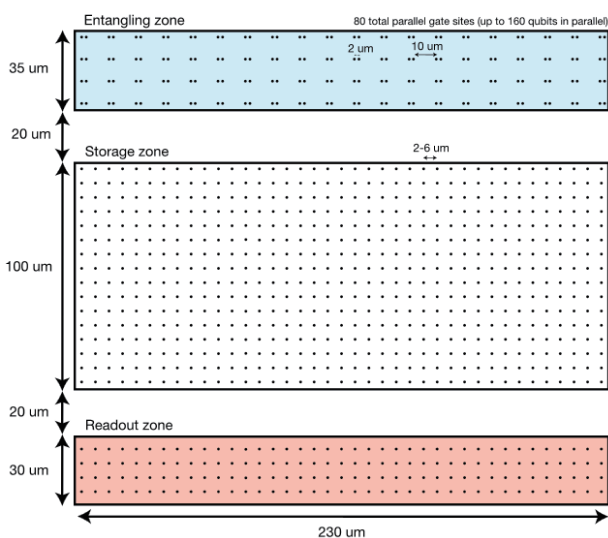
〈그림 5〉 집적 광자칩의 모식도. 초기 상태 생성(Ⅰ), 양자 정보 인코딩(Ⅱ), GHZ 상태 생성(Ⅲ), 고차원 상태 생성(Ⅳ), 양자 상태 토모그래피 수행(Ⅴ) 부분으로 나뉜다^[17].



〈그림 6〉 Integrated Photonic Chip의 현미경 사진^[17]

교차하는 레이저 빔으로 표시된다. 회색 영역에서는 광이온화를 사용하여 트랩 뒤의 분출형 원자 오븐에서 이온이 로딩된다^[17].

중성 원자 기반 양자 컴퓨팅은 광 집계를 이용하여 개별 원자를 배열하고, 리드버그 상태를 활용하여 큐비트간 상호작용을 유도한다. 높은 확장성과 긴 결맞음 시간, 다양한 2D 및 3D 배열 가능성으로 인해 최근 빠르게 주목받고 있다. 게이트 충실도는 아직 다른 플랫폼에 비해 보완이 필요하지만, 원자 간 상호작용 범위와 위치 제어의 유연성은 오류 정정 회로의 물리적 배치가 더 효율적인 장점이 있다. 최근에는 원자 배열에서 논리 큐비트 구현에 필요한 안정자 구조를 형성하고, 이를 통해 오류 탐지 및 정정의 기반이 되는 측정 연산을 실험적으로 수행하는 연구가 보고되었다^[18,19]. Bluvstein et al.^[19]은 200개 이상의 중성 원자를 배열하여 구성한 양자 논리 프로세서를 통해 오류 정정 구조를 실험적으로 구현하였다. 〈그림 2〉



〈그림 7〉 Bluvstein et al. (2024)^[19]에서 제시된 중성 원자 기반 오류 정정 구조의 공간적 배열.

에 제시된 바와 같이 저장, 얽힘, 측정을 위한 3개의 공간을 분할하고 원자들을 이들 구역 사이에 이동시켜 연산, 오류 탐지, 측정 기능을 분리해 수행할 수 있게 설계되었다. 예를 들어 연산 중이지 않은 큐비트는 저장 구역에 보관되어 긴 결맞음 시간을 확보할 수 있고, 선택된 큐비트만을 측정 구역으로 이동시켜 중간 회로 측정을 수행하는 구조가 도입되었다. 이러한 구역 분리는 광학계를 공유하면서 오류 정정 코드를 구성하는 데 필요한 연산을 병렬적으로 수행할 수 있는 장점이 있다. 이를 통해 중성 원자 시스템이 논리 큐비트 기반의 오류 정정 회로를 확장성 있게 구현할 수 있음을 보였고, 오류 억제 수준도 이론과 일치하는 경향을 확인했다. 다만 반복적인 오류 정정이나 긴 시간 동안 정보를 유지하는 데 요구되는 수준의 논리 오류율에는 도달하지 못하였으며^[12], 실용적인 내결함성을 가진 양자 계산을 구현하기 위해서는 큐비트 충실도와 측정 반복성 등에서 추가 개선 연구가 필요하다.

V. 종합 및 전망

본문에서는 양자 오류 정정의 기본 개념과 주요 코드 구조를 알아보고, 실험적으로 다양한 플랫폼에서 구현된 양자 오류 정정 연구 동향을 비교 분석하였다. 특히 최근 중성 원자 기반 양자 컴퓨팅에서는 논리 큐비트 구현을 위한 실험적 시도가 활발히 이루어지고 있다.

궁극적인 내결함성 양자 컴퓨팅을 실현하기 위해서는 안정적인 오류 정정뿐 아니라 대규모 큐비트 아키텍처와 유연한 연산 구조, 고충실도 제어 기술이 함께 발전해야 한다. 중성 원자 플랫폼은 이러한 요건을 모두 충족할 수 있는 잠재력을 가진 플랫폼 중 하나로, 향후 양자 오류 정정 기술과 결합하여 견고한 양자 컴퓨팅 기반을 형성할 수 있을 것이다.

나아가 중성 원자 기반 양자 컴퓨팅이 실용적인 계산 문제 해결이나 오류 정정으로 확장하기 위해서는 특정 문제 구조에 적합한 상호작용을 설계하고 물리적 제약을 고려한 배치 알고리즘의 개발이 병행해야 한다. 이를 위해 리드버그 상호작용을 이용한 조합 최적화 문제의 구현 가능성^[20-23], 또는 다체 구조를 활용한 양자 시뮬레이션 등의

연구들이 최근 제안되고 있다^[24,25]. 이러한 연구들은 진정한 오류 정정 가능한 계산 구조로 나아가기 위한 기술적 토대를 제공하는 데 일조할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 양자 오류 정정 구현을 위한 연구는 양자 비트 (Qubit)의 정밀한 제어와 안정적인 운용을 가능하게 하는 전자공학적인 제어, 저전력 회로 설계, 고속 신호 처리, 고정밀 광학 제어 기술과의 협업이 필수적이다. 양자 오류 정정 연구는 양자 컴퓨터를 실용화시키기 위한 가장 중요한 요소로서, 반도체 산업에 이어 국가 경쟁력을 좌우할 메모리 반도체의 뒤를 이을 차세대 경제발전을 위해 사회를 걸고 추진해야 할 핵심 전략 기술로서 국가적 차원에서 적극적 지원을 기대하는 바이다.

참고 문헌

- [1] R. Feynmann, "Simulating physics with computers," International Journal of Theoretical Physics 21, 467–488 (1982).
- [2] P. Shor, "Algorithms for quantum computation: Discrete logarithms and factoring," Proceedings 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science, 124–134 (1994).
- [3] L. Grover, "A fast quantum mechanical algorithm for database search," Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Theory of Computing, 212–219 (1996).
- [4] J. Preskill, "Quantum computing in the NISQ era and beyond," Quantum 2, 79 (2018).
- [5] F. Arute et al., "Quantum supremacy using a programmable superconducting processor," Nature 574, 505–510 (2019).
- [6] J. Cirac and P. Zoller, "Quantum computations with cold trapped ions," Phys. Rev. Lett. 74, 4091 (1995).
- [7] H. Wang et al., "Boson sampling with 20 input photons and a 60-mode interferometer in a 10^4 -dimensional Hilbert space, Nat. Phys. 16, 1050 (2020).
- [8] M. Saffman, T. G. Walker, and K. Molmer, "Quantum information with Rydberg atoms," Rev. Mod. Phys. 82, 2313 (2010).
- [9] S. Ebadi et al., "Quantum optimization of maximum independent set using Rydberg atom arrays," Science 376, 1209 (2022).
- [10] P. Shor, "Scheme for reducing decoherence in quantum computer memory," Phys. Rev. A 52, R2493 (1995).
- [11] A. Steane, "Error Correcting Codes in Quantum Theory," Phys. Rev. Lett. 77, 793 (1996).
- [12] A. Fowler et al., "Surface codes: Towards practical large-scale quantum computation," Phys. Rev. A 86, 032324 (2012).
- [13] Google Quantum AI, "Suppressing quantum errors by scaling a surface code logical qubit," Nature 614, 676 (2023).
- [14] B. Hetenyi and R. Wootton, "Creating Entangled Logical Qubits in the Heavy-Hex Lattice with Topological Codes," PRX Quantum 5, 040334 (2024).
- [15] D. Nigg et al., "Quantum computations on atologically encoded qubit," Science 345, 302–305 (2014).
- [16] C. Ryan-Anderson et al., "Realization of Real-Time Fault-Tolerant Quantum Error Correction," Phys. Rev. X 11, 041058 (2021).
- [17] H. Zhang et al., "Encoding Error Correction in an Integrated Photonic Chip," PRX Quantum 4, 030340 (2023).
- [18] D. Bluvstein et al., "A quantum processor based on coherent transport of entangled atom arrays," Nature 604, 451 (2022).
- [19] D. Bluvstein et al., "Logical quantum processor based on reconfigurable atom arrays," Nature 626, 78 (2024).
- [20] Seokho Jeong et al., "Quantum programming of the satisfiability problem with Rydberg atom graphs," Physical Review Research 5, 043037 (2023).
- [21] Juyoung Park et al., "Rydberg-atom experiment for the integer factorization problem," Physical Review Research 6, 023241 (2024).
- [22] Andrew Byun et al., "Rydberg-atom graphs for quadratic unconstrained binary optimization problems," Advanced Quantum Technologies 2024, 2300398 (2024).
- [23] Andrew Byun et al., "Programming higher-order interactions of Rydberg atoms," Physical Review A 110, 042612 (2024).
- [24] Minhyuk Kim and Jaewook Ahn, "Interlayer coupling of



Rydberg atom arrays," presented at the Korea Physics Society Fall meeting (2023).

[25] Kangheun Kim et al., "Realization of an extremely anisotropic Heisenberg magnet in Rydberg atom arrays," Physical Review X 14, 011025 (2024).



박 주 영

- 2022년 9월 KAIST 물리학과, 전기및전자공학부
복수전공 학사
- 2022년 8월 ~ 현재 KAIST 물리학과 석박사통합과정

〈관심 분야〉
Neutral atom quantum computing



권 혁 준

- 2008년 8월 ~ 2022. 11월 이에스앤씨 연구소
수석연구원
- 2022년 12월 ~ 현재 한국폴리텍대학 대전캠퍼스
메타버스콘텐츠과 교수
- 2024년 1월 ~ 현재 국가위기관리학회
사이버대응연구회 위원장 및
편집위원회 이사
- 2025년 1월 ~ 현재 한국디지털콘텐츠학회 이사

〈관심 분야〉
Digital Twin, Quantum Computing/ Quantum Error
Correction, Metaverse Evolution & Direction,

양자컴퓨터와 양자통신

I. 서론

양자 또는 양자역학은 원자나 전자처럼 아주 작은 입자들이 어떻게 움직이고, 상호작용하며, 서로 연결되어 있는지를 연구하는 물리학의 한 분야이다. 양자역학은 20세기 초반 고전 물리학으로 설명할 수 없는 현상들이 발견되면서 시작되었다. 이전까지 사람들은 뉴턴 역학과 맥스웰 전자기 이론만으로 대부분의 자연 현상을 설명할 수 있다고 생각했으나, 고전 이론만으로는 원자 단위에서 일어나는 현상들을 설명하기에 어려웠다. 예를 들어, 왜 금속을 뜨겁게 달구면 빨갛게, 더 뜨겁게 달구면 하얗게 빛이 나는지, 왜 특정 금속에 빛을 쬐면 전자가 튀어나 오는지(광전효과), 왜 원자 내에서는 전자가 안정된 궤도를 따라 돌고 있는지(보어 모형) 등 많은 의문이 나타났다.

1900년 독일의 물리학자 막스 플랑크는 빛의 에너지가 연속적이지 않고 아주 작은 입자인 ‘양자’라는 단위로 끊어져 있다는 혁신적인 개념을 제시하였다. 1925년 독일의 물리학자 베르너 하이젠베르크는 미시 세계에서 입자의 위치와 운동량을 동시에 정확히 측정할 수 없다는 ‘불확정성 원리’를 발표했으며, 이듬해인 1926년 오스트리아의 이론물리학자 에르빈 슈뢰딩거는 입자의 움직임과 상태를 파동의 형태로 표현하는 ‘파동역학’을 발표하여 양자역학 시대의 본격적인 서막을 열었다. 국제연합(UN)은 이러한 양자역학의 핵심 이론들이 등장한 지 100주년을 맞는 2025년을 ‘세계 양자과학기술의 해’로 공식 지정하며 양자기술의 중요성을 알리고자 하였다.

양자역학은 과학기술 발전의 중요한 원동력이 되었으며, 실용적으로 활용하기 위한 기술 개발도 이어졌다. 1983년 미국의 물리학자 리처드 파인만은 양자계의 복잡한 현상을 고전 컴퓨터로는 제대로 다루기 어렵다는 점을 지적하며, 양자계를 직접 모방한 새로운 계산 방식을



윤 지 원
SDT 주식회사

제안하였다. 이것이 최초의 양자컴퓨터 개념이다. 최초의 양자컴퓨터 하드웨어는 1995년 미국표준기술연구원(NIST)이 전기장을 이용해 이온을 공중에 띄우고 각 이온의 스핀을 큐비트(qubit)로 활용하는 이온트랩 양자컴퓨터를 만들면서 등장하였다. 이후 초전도 회로, 광자, 양자 어닐링 등 다양한 방식의 양자컴퓨터 개발이 본격화되었다. 일례로 IBM은 초전도 기반 양자컴퓨터를 개발하며 큐비트 수를 지속해서 확장하였다. 2019년 27 큐비트의 ‘팰콘(Falcon)’, 2020년 65큐비트의 ‘허밍버드(Hummingbird)’, 2021년 127큐비트의 ‘이글(Eagle)’ 등을 발표하며 매년 2~3배씩 큐비트 수를 늘렸다. 2023년에는 1,121큐비트의 ‘콘도르(Condor)’를 선보이며 본격적인 1,000큐비트 시대를 열었다.

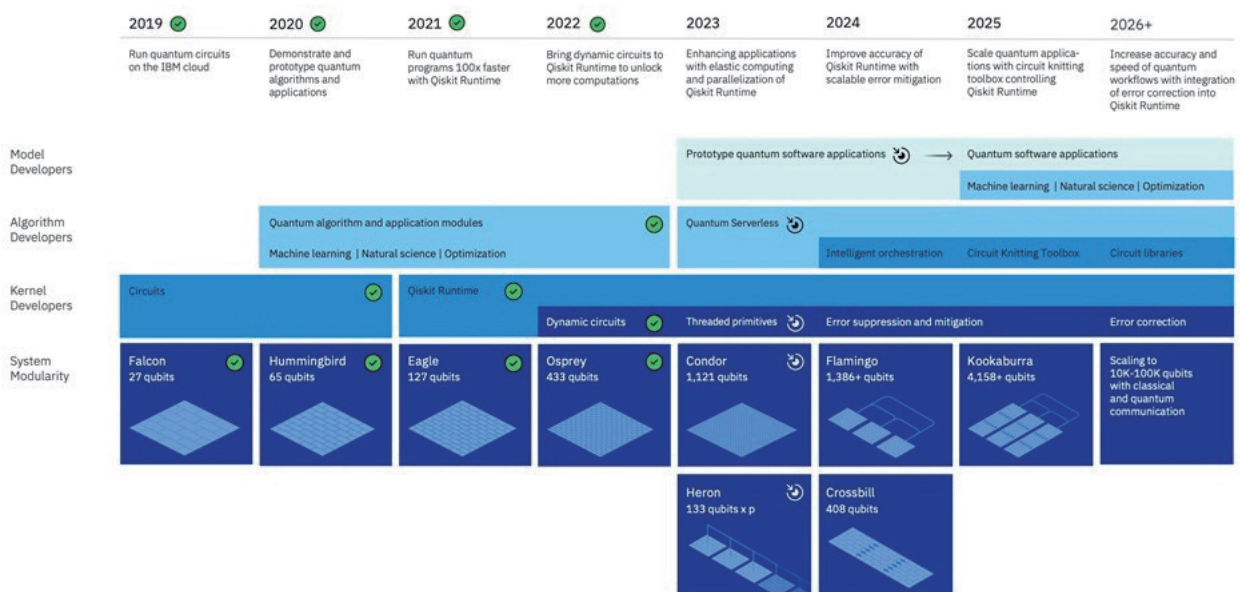
II. 양자컴퓨터

양자컴퓨터는 양자역학의 두 가지 핵심 특성인 ‘중첩(superposition)’과 ‘얽힘(entanglement)’을 이용하여 정보를 처리하는 컴퓨터이다. 고전 컴퓨터의 비트는 0 또는 1의 한 가지 값만 가질 수 있지만, 양자컴퓨터의 기본 단위인 큐비트는 0과 1이 동시에 존재하는 중첩 상태로 정보를 표현할 수 있다. 2큐비트는 동시에 4가지 상태(00,

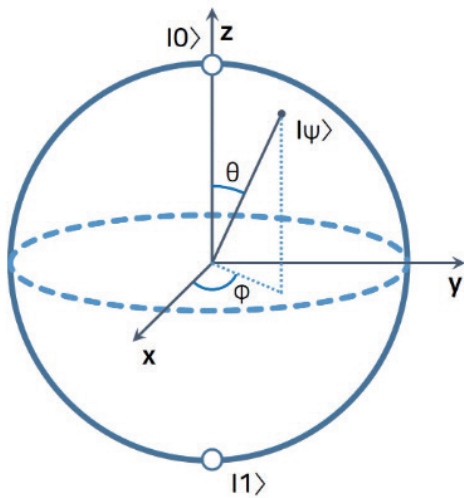
01, 10, 11)를 표현하고 3큐비트는 8가지 상태를 표현하는 식으로, 큐비트 수가 늘어나면 표현할 수 있는 정보의 수가 지수적으로 늘어난다. 양자컴퓨터는 중첩 상태의 큐비트를 조합하여 병렬적으로 연산함으로써 고전 컴퓨터와는 전혀 다른 방식으로 문제를 푼다. 또한, 양자얽힘은 두 개 이상의 입자 상태가 서로 강하게 연관되어, 공간적으로 멀리 떨어져 있어도 한 입자의 상태 측정이 다른 입자 상태를 즉시 결정짓는 현상이다. 양자컴퓨터는 얽힘을 이용해 큐비트 사이에 고전적으로 불가능한 상관관계를 형성함으로써 연산 효율을 높인다.

큐비트는 공간적 기하학 개념으로 표현하면 직관적으로 이해하기 쉽다. 큐비트를 표현하는 대표적인 방식은 ‘블로흐 구(Bloch Sphere)’로, 이는 확률적 사건들을 공간 상에 점으로 시각화한 것이다. 블로흐 구의 표면 위 모든 점은 두 가지 결과(0, 1)에 대한 확률값의 합이 항상 1이라는 조건을 만족하며 발생할 수 있는 모든 상태를 나타낸다. 고전 컴퓨터의 비트는 오직 북극(0)과 남극(1)에만 위치할 수 있지만, 양자컴퓨터의 큐비트는 블로흐 구 표면의 어느 지점에서도 존재할 수 있다. 북극과 남극을 제외한 표면 위 모든 지점에서는 0과 1의 두 상태가 동시에 확률적으로 공존하는 중첩 상태를 나타내는 것이다.

양자컴퓨터는 큐비트를 사용하여 정보를 표현하기 때



〈그림 1〉 IBM Quantum의 Development Roadmap



〈그림 2〉 Bloch Sphere

문에 한 번에 처리할 수 있는 정보량이 기하급수적으로 많아질 수 있다. 이 차이 덕분에 양자컴퓨터는 기존 컴퓨터로는 수만 년 걸릴 계산을 몇 분 또는 몇 초 만에 풀 수 있는 잠재력을 보유하고 있다고 사람들은 보고 있다. 2019년 구글은 53큐비트 양자 프로세서 ‘시카모어(Sycamore)’를 이용하여 고전 컴퓨터로는 1만 년 걸릴 계산을 200초 만에 해냈다고 발표하며 양자 우월성(quantum supremacy)을 달성했다고 주장했다. 양자 우월성이란 양자컴퓨터가 고전 컴퓨터보다 특정 문제를 더 빠르게 해결할 수 있음을 입증하는 것을 의미한다. 또 구글은 2024년 말 105큐비트 양자컴퓨팅 칩 ‘윌로우(Willow)’를 공개하고, 윌로우 칩을 이용해 세계에서 가장 빠른 슈퍼컴퓨터인 ‘프론티어(Frontier)’가 1024번 연산해야 하는 문제를 단 5분 만에 해결하는 성과를 거두었다. 양자컴퓨터의 현재 수준은 NISQ(Noisy Intermediate-Scale Quantum) 시대라고 불리는데, 수십~수백 개 수준의 큐비트를 활용하는 현재의 양자컴퓨터가 완벽한 양자 오류 정정을 하지 못한 채 잡음이 많은 상태에서 중간 규모의 연산을 수행하고 있음을 의미한다. NISQ 시대의 양자컴퓨터는 일부 최적화 문제, 양자 시뮬레이션 등 특정 응용 분야에서 제한적이지만 실질적인 이점을 제공할 것으로 기대되며 더욱 완전한 양자컴퓨터 개발을 위한 중요한 과도기로 여겨지고 있다.

1. 양자컴퓨터 구현 방식

양자컴퓨터 기술은 아직 초기 단계이지만 빠르게 발전하고 있다. 수십~수백 큐비트 규모의 양자 프로세서가 개발되어 실험적으로 동작하고 있으며, 수만 큐비트 규모의 오류 보정이 가능한 양자컴퓨터 구현을 목표로 연구를 진행하고 있다. 하드웨어 구현 방식은 크게 초전도 회로, 이온 트랩, 중성원자 등으로 나뉘며 각각의 방식마다 일장일단이 있다.

1-1. 초전도체 큐비트

초전도 큐비트는 초전도 전기회로가 양자적으로 두 가지 에너지 상태를 표현하도록 만든 인공 원자이다. 일반적으로 나이오븀 등의 초전도 금속으로 제작된 미소한 공진 회로에 조셉슨 접합(josephson junction)을 포함해 비선형성을 보유한 transmon 구조가 많이 쓰인다. 이 회로의 기본 모드는 0 상태(기저 에너지)와 1 상태(여기 에너지)로 구성되며, 마이크로파 펄스를 이용해 두 상태 간 전이를 제어한다^[1]. 초전도체는 임계 온도 이하에서 전기 저항이 사라지므로 초전도 큐비트를 동작시키려면 절대 영도에 근접한 온도로 냉각해야 한다. 이를 위해 대형 희석 냉장고 내에 큐비트 칩을 배치하고, 수많은 배선으로 외부 제어 신호와 readout 신호를 연결한다.

초전도 큐비트는 현재 산업계에서 가장 앞서 있는 플랫폼으로, 구글과 IBM 등이 수백 큐비트 규모의 프로세서를 구현해 왔다. 앞서 설명한 바와 같이 2019년 구글은



〈그림 3〉 IBM의 초전도 양자컴퓨터 조립 장면

53큐비트 시카모어 프로세서로 특정 문제에서 양자 우위를 시연하여 주목받았고, IBM은 2016년 5큐비트 장치를 클라우드에 공개한 이래 큐비트 수를 꾸준히 늘려 2023년에는 세계 최초로 1,000큐비트가 넘는 콘도르 프로세서를 선보였다^[2].

초전도 방식은 게이트 연산 속도가 수십 나노초 수준으로 매우 빨라 고속 연산에 유리하고, 반도체 공정 기술을 활용해 칩 제조가 가능하다는 장점이 있다. 반면 수백 개 이상의 큐비트를 집적할 때 배선 간섭과 열잡음 등의 문제가 커지며, 극저온 유지 장비가 복잡하고 에너지 소비가 크다는 단점이 있다.

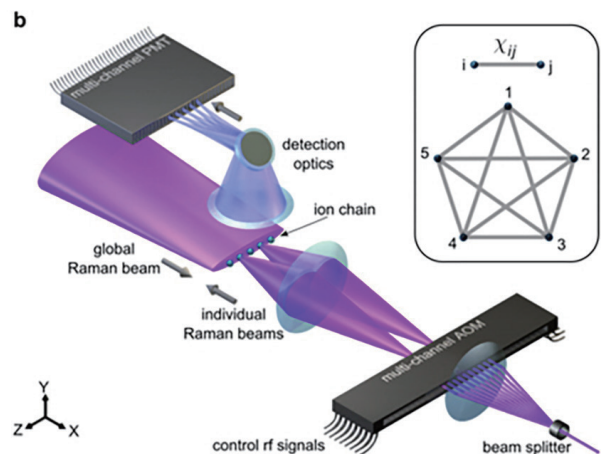
1-2. 이온트랩 큐비트

이온트랩 양자컴퓨터는 전자기장을 이용해 진공 중에 Yb, Ca과 같은 이온을 포획하여 부동 상태로 배열하고, 이온의 양자 상태를 $|0\rangle$ 와 $|1\rangle$ 로 삼는 방식이다^[3]. 개별 이온은 레이저 냉각을 통해 열잡음을 제거하여 양자 기본 상태에 가깝게 준비되며, 레이저 빔이나 RF 마이크로파 펄스를 쏘아 특정 이온의 상태를 전환하거나 두 이온 사이에 양자 얽힘을 생성한다. 이온 간 2큐비트 게이트는 공진 주파수의 레이저로 이온들의 집합적 진동을 여기하여, 두 이온의 운동을 매개로 스핀 상태를 결합하는 Mølmer-Sørensen 게이트 등의 기법으로 구현된다. 이렇게 하면 이온들 사이의 상호작용 거리에 제약이 거의 없어져서 단일 트랩 내 모든 이온쌍이 서로 게이트를 할 수 있는 all-to-all 구조를 얻을 수 있다.

이온트랩 시스템은 하나의 트랩에서 수십 개 이하의 이온을 다룰 때 매우 높은 정밀도와 안정성을 보여준다. 이온 큐비트는 주변 자기장과 전장 잡음에 대해 어느 정도 내성이 있고, 이론적으로 초장시간의 coherence time(양자 결맞음 시간)을 가진다. 상온 근처에서 동작하는 이온 큐비트도 초 단위의 긴 coherence time을 가지며, 2큐비트 게이트 오류율은 지속적으로 개선되어 2020년대 초반에 99.9%의 fidelity를 달성했다. 한국인 과학자 김정삼 교수가 창업해 국내에서 가장 유명한 양자컴퓨팅 회사 중 하나인 미국의 IonQ는 25큐비트 시스템 ‘아리아(Aria)’를 클라우드 서비스하고 있으며, 2024년 새 이

온 칩에서 99.9% 이상의 fidelity를 달성했다고 발표했다. Honeywell로부터 분사한 스타트업인 Quantinuum은 2021년 이온트랩 양자컴퓨터로 양자 볼륨(quantum volume) $1,024(2^{10})$ 를 달성한 데 이어, 2023년 32큐비트 H2 프로세서에서 양자 볼륨 $1,048,576(2^{20})$ 을 기록하였고, 세계 최초로 논리 큐비트 4개를 이온트랩 상에서 구현해 14,000회에 달하는 실험 동안 단 한 번도 오류가 나지 않는 내구성을 시연했다. 참고로 양자 볼륨은 큐비트 수뿐만 아니라 오류율, 큐비트 연결성, 연산 신뢰도 등 양자컴퓨터의 전반적인 성능을 측정하기 위해 IBM이 제안한 벤치마크 지표로, 특정한 단위 없이 정해진 알고리즘 기반의 표준화된 벤치마크 테스트 결과를 숫자로 표현한 상대적 성능 지표이다^[4]. 수학적으로 양자 볼륨 V_Q 는 “ $V_Q=2^n$ ”과 같이 정의된다. 여기서 n은 오류 없이 성공적으로 실행할 수 있는 가장 큰 정방형 무작위 양자 회로의 큐비트 수이다. 예를 들어 Quantinuum이 2021년에 발표한 양자 볼륨 1,024는 10큐비트 크기의 회로까지 처리 가능하다는 의미이다.

이온트랩은 게이트 정확도가 높고 모든 큐비트 간 연결성이 좋아 양자 오류 수정에 유리한 플랫폼으로 평가되지만, 속도 면에서 단점이 있다. 2큐비트 게이트를 한 번 수행하는데 수백 마이크로초까지 시간이 걸려 초전도와 비교했을 때 1만 배 정도 느리다. 또한 한 트랩에 너무 많은 이온을 넣으면 제어 레이저의 복잡성이 증가하고 진동 모드 스펙트럼이 조밀해져 에러가 증가해 대략 수십 개 이



〈그림 4〉 이온트랩 양자 프로세서 구조

상의 이온 확장은 어렵다. 최근 이를 극복하기 위한 노력으로 QCCD(Quantum Charge-Coupled Device)라는 다중 영역 트랩에서 이온을 이동시키는 아키텍처가 개발되고 있으며, 여러 작은 이온트랩 모듈을 광학적으로 연결하는 방식도 연구되고 있다.

1-3. 중성원자 큐비트

중성원자 기반 양자컴퓨팅은 전하를 띠지 않는 Rb, Cs와 같은 원자를 광학 트랩에 잡아 배열하고, 각 원자의 양자 상태를 큐비트로 삼는 방식이다. 기본적으로 다수의 optical tweezer 레이저 빔으로 수십~수백 개의 개별 원자를 1차원 또는 2차원 격자로 포획한다. 이렇게 잡힌 원자들은 상호작용이 거의 없는데 Rydberg 상태라는 매우 높은 에너지 준위로 원자를 여기시키면 극도로 큰 쌍극자 모멘트를 가지며 수 μm 거리 내 다른 원자들과 강하게 상호작용한다. 이 현상을 Rydberg 차단(blockade)이라고 하며, 한 원자를 Rydberg 상태로 만들면 주변 원자는 동시에 여기될 수 없게 에너지 준위가 이동한다. 이를 이용하여 인접한 두 원자 사이에 한 원자가 여기되면 다른 하나는 될 수 없다는 등의 조건을 거는 2큐비트 게이트(CNOT 게이트 등)를 구현한다. 중성원자는 이온트랩과 유사하게 개별 원자를 이용하지만, 전하가 없으므로 복잡한 전극 대신 레이저 광으로 잡고 제어하며, 필요할 때만 Rydberg 상태로 높여 상호작용을 일으켜 연산하는 일종의 하이브리드 방식인 셈이다.

중성원자 시스템은 다른 큐비트 시스템과 비교했을 때 비교적 새로운 접근법이지만 빠르게 발전하고 있다. 2010년대 후반 Harvard, MIT, Institute d'Optique 등에서 50~100개 규모의 냉각 원자 배열을 만들고 양자 시뮬레이션을 시연한 것이 처음이었다. 이후 Harvard의 Mikhail Lukin 교수, MIT의 Vladan Vuletic 교수가 공동 창업한 QuEra는 256개의 원자를 배열한 시스템으로 양자 최적화 문제를 푸는 양자 시뮬레이터를 개발했고, 이를 AWS Braket을 통해 공개했다. 프랑스 기업 Pasqal도 100+ 원자 아날로그 양자 시뮬레이션을 선도하고 있다. 두 개 기업 모두 양자 시뮬레이션 및 아날로그 해법에 우선 집중하고 있으나, 디지털 게이트 기반 중성원

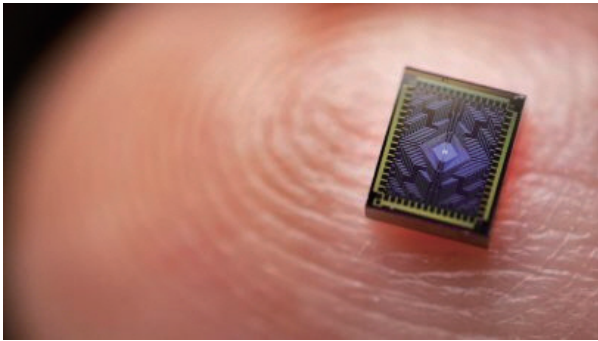


〈그림 5〉 QuEra에서 256큐비트 중성원자를 트랩핑하여 만든 슈퍼 마리오 애니메이션

자 양자컴퓨팅에서도 진전이 있어 2020년 초반 두 원자 간 Rydberg 게이트 오류율이 꾸준히 낮아져 현재는 약 99.5% 수준까지 발표되고 있다. 이는 양자 오류 수정의 임계값을 충족하는 수준으로, 초전도나 이온트랩과 견줄 만큼 정밀해졌음을 의미한다. 광학 시스템을 통해 2차원은 물론 3차원으로도 격자를 확장할 수 있고, 최근 한 연구에서는 1,000개 이상의 중성원자를 동시에 트랩핑하는데 성공하여 잠재적인 큐비트 수 확장 면에서도 기록을 세웠다. 이러한 중성원자 시스템에도 단점이 있는데, 이온과 마찬가지로 속도가 문제이다. 게이트 속도는 수 μs 수준으로 이온트랩 방식보다는 빠르지만 초전도체보다는 느리고, 무엇보다 다수의 레이저 빔을 정밀 제어해야 하므로 광학계가 복잡하다. 수백 개 원자를 각각 조준하려면 SLM, AOM 등의 정밀 광학 장치가 필요하고, 원자 하나하나의 로드 확률이 100%가 아니어서 배열을 완성하는 데 재배열 알고리즘 등을 쓰고 있다.

1-4. 반도체 양자점 큐비트

반도체 양자점 큐비트는 실리콘 등의 반도체에 인공적으로 전자를 가둬 그 전자의 스핀 상태를 0과 1로 이용하는 방식이다. 수십 나노미터 크기의 전자 우물에 전자를 1개씩 포획하면 인공 원자처럼 양자화된 에너지 준위가 형성된다. 이 안에 있는 전자 스핀 up 상태를 $|0\rangle$, down을 $|1\rangle$ 로 정의하고, 마이크로파 자장을 걸어 스핀을 공명 전이시키면 1큐비트 회전 게이트를 구현할 수 있다. 인접한 양자점 간에는 교환 상호작용이 존재하여 두 전자의 스핀 상태에 따라 에너지가 달라지는 효과를 이용해 2큐



〈그림 6〉 Intel의 Tunnel Falls 칩

비트 교환 게이트를 실현한다.

실리콘 스핀 큐비트는 2010년대에 기본 1큐비트 및 2 큐비트 게이트를 시연한 이후 꾸준히 성능을 개선하고 큐비트 수를 늘려나가고 있다. 초기에는 2큐비트 게이트 오류율이 10% 이상이었으나, 재료 순도 향상과 미세 제어로 2022년 99% 이상의 2큐비트 게이트 fidelity를 넘어섰다. Intel이 300mm 반도체 공정을 활용한 스핀 큐비트 연구를 선도하고 있다. Intel은 2023년 12개 양자점을 가진 연구용 칩 Tunnel Falls를 개발하여 학계에 배포하고, 얽힘 측정 등 기초 연구를 가속화하고 있다. 또한, 극저온에서 동작하는 양자 칩 제어용 SoC인 Horse Ridge를 공개하여 다수 스핀 큐비트를 한꺼번에 제어하기 위한 배선 문제 해결에 나선 바가 있다.

스핀 큐비트의 장점은 초전도 큐비트보다 소형화가 유리하여 동일 칩 면적에 더 많은 큐비트를 집적할 수 있고^[5], CMOS 공정 호환성으로 대량 제조와 산업 인프라 활용에 유리하다는 점이 있다. 이 때문에 “스핀 큐비트도 트랜지스터처럼 수십억 개를 칩에 넣을 수 있다”라는 비전까지 제시되고 있다. 다만 현재로서는 수 개 수준의 소규모 장치에서 기본 원리를 검증하는 단계이며, 스핀 큐비트 수를 늘리려면 제어선 간 간섭, 양자점 간 변동 등의 문제를 해결해야 한다. 실리콘 양자컴퓨터는 다른 플랫폼보다 몇 년 정도 뒤쳐져 있지만, 장기적으로는 기존 반도체 산업과 융합하여 대규모 양자 프로세서를 만들 잠재력이 가장 큰 접근법으로 평가된다.

1-5. 그 외 큐비트

이 외에는 포토닉스(광자)와 다이아몬드 NV(Nitrogen

Vacancy) 센터 기반 양자컴퓨터가 있다. 포토닉스 양자컴퓨터는 빛 입자의 자유도를 큐비트로 활용한다. 광자는 상호작용이 매우 약하기 때문에 직접 광자-광자 충돌로 게이트를 구현하기 어렵다. 대신 선형 광학 소자와 단광자 검출기를 이용한 측정 기반 연산이 주로 연구된다. 다이아몬드 NV 센터는 다이아몬드 격자 내 탄소 자리 하나가 질소로 치환되고, 인접한 탄소 자리가 빈 결함 구조이다. 이 NV 센터는 전자를 하나 포획하여 고유한 양자 준위를 형성하는데, 이 전자의 스핀 상태를 큐비트로 사용할 수 있다. 특정 파장의 레이저로 NV 전자를 여기하면 형광 광자가 방출되는데, 스핀 상태에 따라 형광 세기가 달라진다. 이를 통해 비파괴적 읽기와 광자 매개 얽힘을 구현할 수 있다.

2. 양자컴퓨터 성능 평가 요소

흔히 많은 사람들이 양자컴퓨터에서 가장 중요한 성능 지표를 큐비트 개수라고 생각하며 그 숫자에 집중하지만, 이는 양자컴퓨터의 연산 능력을 나타내는 가장 간단하고 직관적인 지표일 뿐이다. 큐비트 수가 많아도 연산 정확도가 낮거나, 큐비트 간 연결성이 떨어지면 실제 성능은 기대만큼 높지 않을 수 있다. 양자컴퓨터 성능은 범용성(universality), 충실도(fidelity), 양자 오류 정정(quantum error correction), 확장성(scalability), 클라우드 접근성(cloud access)과 같은 다양한 요소를 종합적으로 고려해야 한다. 본 장에서는 큐비트 개수를 제외한 대표적인 성능 평가 요소 네 가지에 대해 자세히 살펴보고자 한다.

범용성은 양자컴퓨터가 이론적으로 임의의 양자 알고리즘을 실행할 수 있는 보편적인 연산 능력을 의미한다. 게이트 기반 양자컴퓨팅에서는 한정된 종류의 양자 논리 게이트들만을 가지고 모든 양자 연산을 구성할 수 있다. 예를 들어 단일 큐비트 회전 게이트(R_x , R_y , R_z)와 CNOT과 같은 2큐비트 게이트 조합이면 임의의 멀티 큐비트 양자 연산을 구현할 수 있다. IBM, Google 등 게이트 기반 양자컴퓨터는 범용성을 바탕으로 설계됐다. 양자 어닐러와 달리 특정 문제 유형에 국한되지 않고, Shor 소인수분해 알고리즘부터 양자 머신러닝에 이르기까지 범

용적인 알고리즘 실행이 가능하다.

충실도는 양자 게이트나 양자 상태가 얼마나 에러 없이 구현되는지를 나타내는 척도이다. 높은 충실도는 낮은 오류율을 의미하며, 복잡한 양자 알고리즘을 실행하거나 양자 오류 정정을 구현하는 데 필수적이다. 오류 정정을 통한 fault-tolerant 양자컴퓨팅이 현실화되기 위해서는 게이트 충실도가 일정 임계치(일반적으로 99%) 이상이어야 한다.

양자 오류 정정, 또는 QEC는 decoherence와 잡음으로 인해 발생하는 오류를 보정하는 기술이다. 고전 컴퓨터는 이진 오류 정정이 가능하지만, 양자컴퓨터는 중첩과 얽힘을 유지하면서 오류를 정정하기 때문에 방법이 훨씬 복잡하다. 충실도와 개념이 유사한 듯 하지만, 충실도는 양자 상태가 얼마나 정확하게 유지되는지 측정하는 지표이고, QEC는 양자 오류를 탐지하고 수정하는 방법이다. 충실도가 낮으면 QEC가 필요하고, QEC를 적용하면 충실도를 높일 수 있다.

확장성, 즉 큐비트 수를 늘리기 위해 복잡한 회로를 구현하는 능력도 필수적이다. 확장성은 하드웨어적으로 많은 양의 큐비트를 통제하고 엄격하게 하여 고비용의 양자 알고리즘을 실행할 수 있는지를 의미한다. 하나의 칩 안에서 큐비트 수를 무작정 늘리면 제어선 배선 복잡도, crosstalk로 인한 간섭, 열잡음 관리 등 공학적 난제가 발생해 업계에서는 칩 설계와 패키징 혁신을 통해 확장성 문제를 극복하고자 노력하고 있다. 대표적으로 IBM은 다수의 양자 칩을 모듈식으로 연결하는 다칩 병렬 연결을 이용하려 한다. 예를 들어, 133큐비트짜리 소형 칩들을 양자 상호연결로 묶어 약 4,158개의 큐비트를 연결하는 모듈식 양자 프로세서를 구상하고 있다.

클라우드 접근성은 사용자가 물리적 하드웨어를 보유하지 않고도 원격으로 양자컴퓨터를 활용할 수 있는 것을 의미한다. 양자컴퓨터의 설치·운영·유지보수의 어려움 때문에 모든 수요기관이나 수요자가 양자컴퓨터를 보유하기는 쉽지 않다. 클라우드 서비스는 이러한 하드웨어 한계를 극복하며 수요자가 양자컴퓨팅 기술을 체험하고, 알고리즘을 실험하며, 최신 하드웨어 성능을 공유할 수 있게 한다는 점에서 양자기술 생태계 확장에 중요

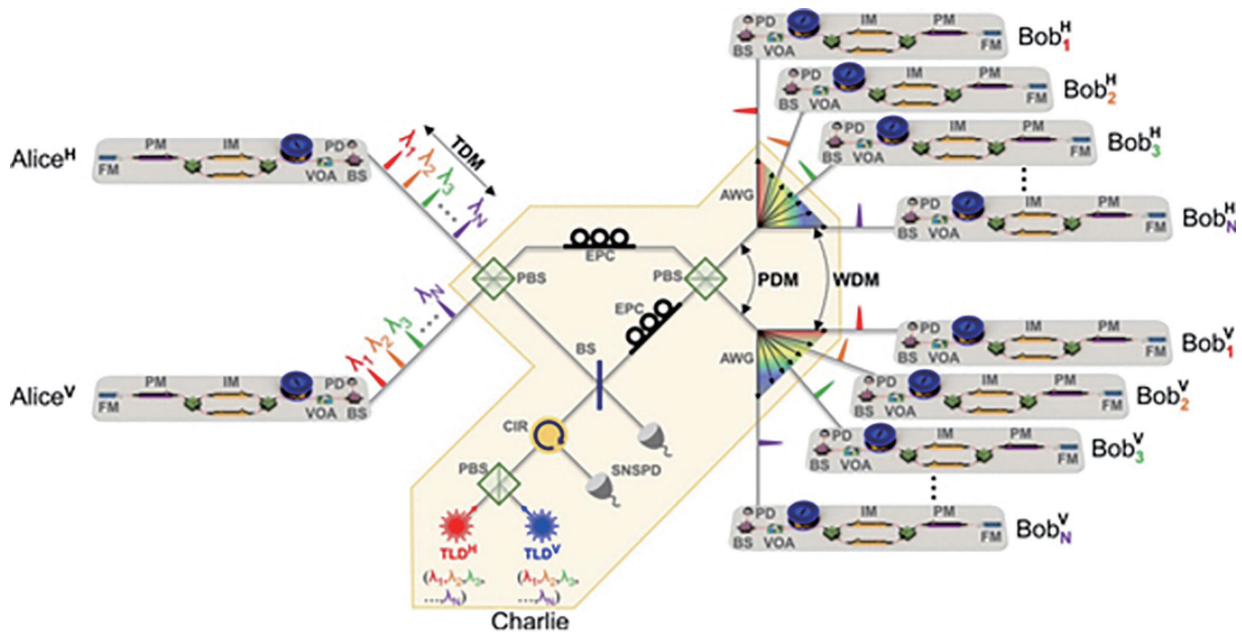
한 역할을 하고 있다. IBM은 2016년 세계 최초로 5큐비트 양자 프로세서를 IBM Quantum 플랫폼을 통해 공개하여, 출시 1년여 만에 전 세계 100여 개국에서 4만 여명의 사용자가 이 서비스를 활용하였고^[6], 2020년까지 등록 사용자 수 20만 명을 돌파하였다. 다른 양자 하드웨어 기업도 AWS, Microsoft Azure와 같은 클라우드 플랫폼과 연동하거나, 자사만의 클라우드 서비스 플랫폼을 출시하고 있다. 클라우드 접근성은 향후 양자컴퓨팅 활용이 현재의 고성능 컴퓨터(HPC) 클라우드처럼 일상화될 수 있다는 가능성을 보여주는 지표로, 양자기술의 개방성과 생태계 확장에 기여하고 있다.

III. 양자통신

양자통신은 양자역학 원리를 이용하여 기존 통신의 한계를 뛰어넘는 새로운 보안 패러다임을 제시한다. 예를 들어 QKD(Quantum Key Distribution, 양자 키 분배)는 두 사용자가 양자 채널을 통해 비밀 키를 공유하며, 제 3자가 이를 도청할 경우, 양자 상태가 교란되어 즉시 알아차릴 수 있다^[7]. QKD 원리에 따르면 중간에서 도청을 시도하는 공격자는 반드시 흔적을 남기게 되므로 이론적으로 절대 안전한 통신을 할 수 있다. 또한, 양자정보는 복제가 불가능해 전송 중 신호를 증폭하거나 복사할 수 없으며, 측정 시 상태가 붕괴되어 해킹이 불가능하다. 이러한 특성 덕분에 양자통신 기술은 향후 양자컴퓨터가 현실화되어 기존 암호 체계가 위협받는 상황에서도 통신 보안을 유지할 핵심 대안으로 주목받고 있다.

1. 양자암호통신

양자암호통신의 대표 기술인 QKD는 서로 멀리 떨어진 두 사람이 양자 상태를 주고받으며 난수를 공유하고, 공개된 일반 통신 채널을 통해 서로의 측정 결과를 비교하고 오류를 바로잡아 동일한 비밀 키를 만드는 기술이다. 1984년 Charles Bennett과 Gilles Brassard가 처음으로 제안한 BB84 프로토콜이 대표적인 방식이다. 이 방식은 광자의 편광을 이용해 0과 1 정보를 부호화하는데, 서로 직각을 이루는 방식(예, 수직·수평 또는 대각선 방향의



〈그림 7〉 KIST가 발표한 2:N TF QKD 네트워크 구조

편광)을 무작위로 선택하여 광자에 정보를 실어 보낸다. 수신자는 무작위로 편광 방향을 정해 광자를 측정한다. 송신자와 측정 방식을 서로 비교한다. 만약 중간에 누군가가 몰래 정보를 엿보려 시도하면, 광자의 상태가 바뀌어 측정 결과에 오류가 발생한다. 따라서 통신 당사자들은 4QKD를 통해 도청 시도를 실시간으로 바로 알아차릴 수 있고, 도청이 의심될 때 해당 키를 즉시 버리고 새롭게 키를 생성함으로써 안전한 통신을 유지할 수 있다^[8]. QKD로 합의된 비밀 키는 one-time pad와 같은 고전 암호 방식에 사용되어 통신문을 암호화하며, 키 분배 과정 자체의 안정성이 양자역학에 따라 보장되므로 원론적으로는 해킹할 수 없는 통신 채널을 구축할 수 있다.

QKD 기술은 실용화를 향해 빠르게 발전하고 있다. 현재 상용 QKD 시스템들은 주로 광섬유 기반으로 수십 km에서 수백 km 거리의 비밀 키 분배를 구현하며, 여러 구간을 중계 노드로 연결한 양자암호 네트워크 형태로 확장되고 있다. 판지안웨이 중국과학기술대 교수팀은 2017년 베이징과 상하이를 잇는 2,000km 규모의 지상 양자암호 백본망을 구축했다. 베이징, 지난, 허페이, 상하이 등 4개 거점 도시에서 각각 뻗어 나온 도시별 유선망까지 포함하면 총 700개 노드를 연결했다. 이후 세계 최초로 양자

통신 위성 ‘묵자호’를 발사하고, 묵자호를 통해 단일 광자쌍을 만들고 얽힘 상태로 구현하여 신통과 난산을 잇는 2,600km 무선 양자암호 통신망을 연결해 총 4,600km에 걸쳐 유무선으로 양자암호통신 신호를 주고받는 데 성공했다^{[9][10][11]}.

우리나라에서도 양자암호통신 네트워크 구축이 활발히 진행되고 있다. 2022년 SK브로드밴드와 스위스 기업 ID Quantique가 협력하여 국내 48개 정부·공공기관 통신망을 연결하는 총 800km 규모의 전국 단위 양자암호 통신망을 구축하였으며, 이는 중국 외 지역에서 구축된 최대 규모의 네트워크로 평가된다. 한국과학기술연구원(KIST)의 한상욱 양자정보연구단장 연구팀은 기존 QKD 시스템의 한계였던 거리 제한과 확장성 문제를 동시에 극복할 수 있는 새로운 방식의 QKD 기술을 개발했다. 연구팀은 ‘TF(Twin-Field) QKD’ 프로토콜에 Plug-and-Play 구조를 접목하여, 단일 광원을 사용해 양쪽 송수신자 간 양자 신호를 공유하는 방식을 제안했다. 이 방식은 기존 방식 대비 채널의 잡음을 자동으로 보정할 수 있는 장점이 있어, 장거리 통신이 용이하다. 또한, 연구팀은 편광, 시간, 파장 분할 기술을 적용하여 최대 64개까지의 다수 수신자와 연결 가능한 1:N star

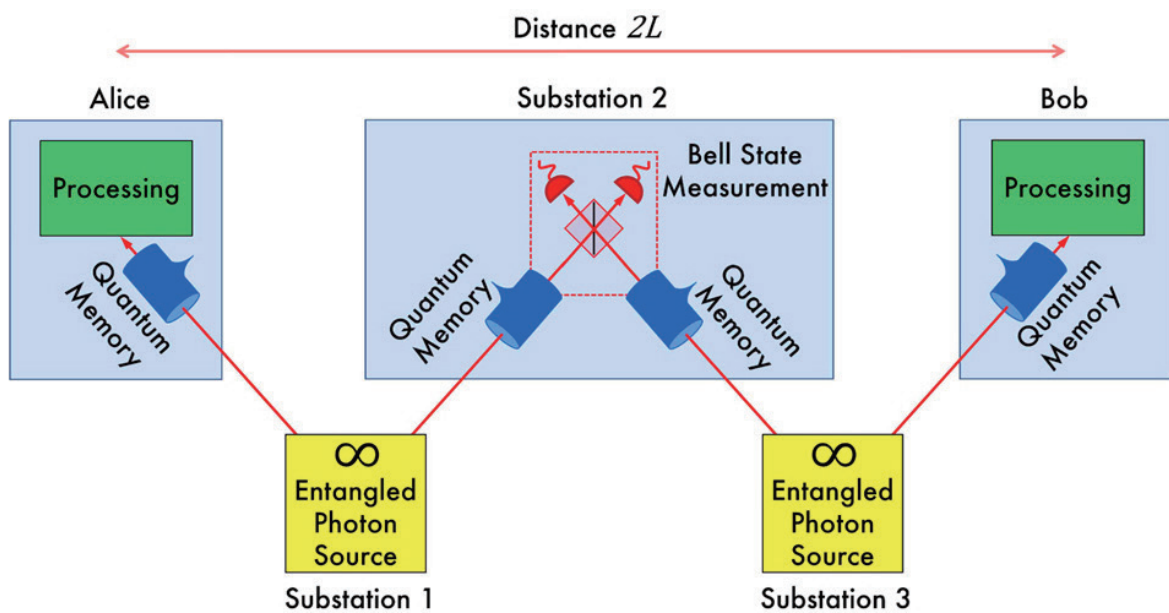
network 구조를 실험적으로 검증하였다. 이는 캐나다 토론토 대학에 이어 세계에서 두 번째로 TF QKD 네트워크 실험 검증에 성공한 사례로, 기존의 ring network 보다 실용성과 경제성을 크게 향상시킨 기술로 평가받고 있다^{[12][13][14][15]}. KIST에서 개발된 이 기술은 2022년 국내 스타트업 SDT에 이전되어 국내외 양자암호통신 산업의 발전을 가속화하고 있다.

QKD가 양자 물리 기반 하드웨어 솔루션이라면 수학 기반 소프트웨어 솔루션으로는 PQC(Post-Quantum Cryptography, 양자 내성 암호)가 있다. PQC는 포스트 양자 암호라고도 불리며, 양자컴퓨터의 공격에 견딜 수 있는 수학적 난제에 기반한 새로운 공개키 암호 알고리즘을 의미한다. RSA, ECC 등 공개키 암호는 큰 수의 소인수분해나 이산대수 문제의 계산적 난이도에 보안을 의존하고 있는데, Shor 알고리즘을 구비한 양자컴퓨터가 등장하면 기존 암호 체계는 짧은 시간 내에 풀어낼 수 있어 무력화될 위험이 크다. 이를 대비해 전 세계 암호학자들이 양자컴퓨터로도 풀기 어려운 새로운 수학 문제를 기반으로 한 암호 알고리즘 연구를 해왔다. NIST는 2016년부터 표준화 프로젝트를 진행하여 2022년 최초의 표준 후보 알고리즘을 선정하였다. 선택된 알고리즘은 고전 컴퓨터와 양자컴퓨터 모두에서 계산이 어렵다고 여겨지는 다

변수 다항식이나 격자 난제(lattice problem), 해시 함수 등의 문제를 기반으로 하고 있다.

2. 양자 네트워크

양자암호통신을 보다 광범위한 네트워크로 확장하려면 해결해야 하는 과제들이 몇 가지 있다. 가장 큰 문제는 전송 거리의 한계이다. 광섬유를 통해 먼 거리에 광자를 전송하면 감쇠로 인해 도달 확률이 급격히 떨어지는데, 고전 통신에서는 중간중간 광증폭 중계기를 두어 신호를 복원함으로써 문제를 해결한다. 그러나 양자통신에서는 양자 상태를 도중에 복제하거나 증폭할 수 없어 고전식 중계 방식이 통하지 않는다. 장거리 양자통신을 구현하려면 양자 중계기(quantum repeater)라는 새로운 개념이 필요하다. 양자 중계기는 양자통신의 전송 거리 한계를 극복하기 위한 핵심 기술이다. 양자 상태를 가진 광자를 먼 거리로 직접 보내면 광섬유 등에서 손실이 매우 커져 통신이 어렵다. 이를 해결하기 위해 중간에 양자 중계기를 설치하여 전체 거리를 여러 개의 짧은 구간으로 나눈다. 각 짧은 구간에서 얽힘 상태의 광자를 생성한 후, 양자 중계기에서는 '얽힘 교환(entanglement swapping)'이라는 방법을 이용해 인접한 구간의 양자 상태를 차례로 연결한다. 양자 중계기 내부의 양자 메모리는 이렇게



〈그림 8〉 Entanglement swapping을 이용한 양자 중계기 동작 원리

연결된 상태를 잠시 저장하고, 벨 상태 측정(bell state measurement) 같은 양자 연산을 수행하여 전체적으로 긴 거리에 걸쳐 신뢰성 있는 양자얽힘 상태를 전달할 수 있도록 도와준다.

양자 중계기는 이러한 과정을 여러 단계 연쇄적으로 적용하여, 결과적으로 다수의 짧은 얽힘을 하나의 긴 얽힘으로 확장시킨다. 이때 한 구간의 얽힘을 유지하며 다음 구간의 얽힘 생성이 완료될 때까지 보관하는 양자 메모리가 필수적으로 필요하다. 양자 메모리는 원자나 이온, 고체 결정 등의 시스템에 빛의 양자 상태를 저장했다가 필요할 때 다시 꺼내 쓰는 장치로, 전 세계 많은 연구실에서 저장 시간, 효율 등 성능 향상을 위해 개발을 진행하고 있다. 아직 연구개발 초기 단계이지만 두 개의 양자 메모리 간의 얽힘 저장 및 교환 실험, 양자 텔레포테이션 실험 등 기초 기술 시연도 보고되고 있으며, 수년 내에 광통신망을 통한 양자 중계기 부분 구현이 실현될 것으로 전망된다.

다만 현재 기술 수준에서는 고품질의 양자 메모리와 얽힘 교환 장치 구현이 어려워 현실에서는 중계 노드를 신뢰 노드(trusted node)로 삼아 부분적으로 양자통신과 고전 통신을 혼용하는 방식이 활용되고 있다. 앞서 언급한 중국 베이징과 상하이 간 2,000km 섬유 QKD 백본망은 약 30~100km 간격으로 배치된 32개의 중계 노드에서 구간마다 QKD로 생성된 비밀 키를 수집·저장하고, 이를 다음 구간의 QKD 세션에 다시 사용함으로써 구간별로 키를 릴레이한다. 이러한 신뢰 중계 방식은 노드 자체는 내부에서 평문 키 정보를 처리하므로 완전한 양자보안이라고 할 수는 없지만, 현 기술로 장거리 양자암호를 구현하는 현실적 대안으로 활용되고 있다.

향후 양자 중계기가 고도화되어 다수의 양자 노드를 메시 형태로 연결하게 되면, 이를 효과적으로 관리하기 위한 양자 네트워크 프로토콜 연구도 중요해진다. 여러 경로가 존재하는 양자 통신망에서 다중 사용자 간 동시 통신이 요구될 경우, 어느 경로로 어떤 중계 노드들을 통해 얽힘을 분배할지 결정하는 양자 라우팅(quantum routing) 기술이 필요하다. 이는 개념적으로 인터넷의 패킷 라우팅과 유사하나 고려해야 할 요소들이 추가된다.

예를 들어 각 요청 유형별로 원하는 얽힘 품질 수준이 다를 수 있고, 얽힘 교환 성공 확률이 유한하며, 얽힘 상태 자체의 coherence time이 짧다는 제약이 있다. 양자 라우팅 프로토콜은 네트워크 토폴로지와 채널 상태뿐만 아니라 이러한 양자 고유의 요소들까지 실시간 반영하여 최적 경로를 선택하는 복잡한 의사결정이 필요하다. 최근 들어 이 문제를 해결하기 위한 다양한 접근이 제시되고 있는데, 딥 러닝을 접목한 양자 라우팅 에이전트, 영역을 나눠 라우팅 효율을 높이는 zone-based 라우팅 등 알고리즘 연구가 진행 중이다. 나아가 소프트웨어적으로 양자 네트워크 하부를 제어하기 위한 양자 네트워크 운영체제 개발도 초기 단계에서 이루어지고 있어, 미래 양자 인터넷의 청사진을 구체화하고 있다.

3. 6G와 양자통신의 융합

6G 이동통신은 2030년경 상용화가 예상되는 차세대 이동통신으로, 초고속·초저지연·초연결과 더불어 초보안을 중요한 목표로 제시하고 있다. 6G 시대에는 대용량 데이터와 엄격한 신뢰성이 요구되는 서비스들이 통신망에 대거 연결될 전망이어서 기존보다 강화된 보안 체계가 필수적이다. 더욱이 현재 널리 쓰이는 공개키 기반 암호 체계가 미래 양자컴퓨터에 의해 무력화될 수 있다는 우려가 있으므로 6G 인프라에는 양자암호기술을 접목한 양자 내성 보안 아키텍처가 논의되고 있다. 이러한 배경에서 양자암호통신 기술은 6G의 보안 요구를 충족시킬 대안으로 주목받는다. QKD는 이미 네트워크 장비 간 키 교환에 적용되어 해킹을 방지하는 시범 사례들이 보고되고 있으며, 실제 연구에서도 6G 환경에 QKD를 적용할 경우 대용량 산업 데이터의 안전한 전송이 가능해져 미래 초연결 사회의 신뢰성 제고에 크게 기여할 것이라는 전망을 내놓고 있다. 유럽전기통신표준협회(ETSI)를 비롯한 국제 표준화 기구들은 QKD 기술을 통신망에 적용하기 위한 표준 제정을 시작하였고, 다양한 제조사의 QKD 장비 간 상호운용성 확보와 운용 규격 마련을 위해 노력하고 있다.

6G 보안 아키텍처에서 고려되는 또 하나의 요소는 QKD와 PQC의 병행 운용이다. 양자암호기술이 궁극의 보안을 제공한다고 해도, 물리적으로 양자통신 채널 구

축이 어려운 구간이나 기존 시스템과의 호환을 위해서는 PQC를 병용하는 접근이 현실적일 수 있다. 학계와 산업계에서는 QKD와 PQC의 장점을 결합한 하이브리드 보안 체계를 제안하고 있다. 예를 들어 데이터 센터 간 초고속 연결에는 QKD를 통해 1차적으로 물리적 보안을 확보하고, 응용 계층에서는 PQC로 이중 암호화함으로써 계층적인 보안 강화를 도모하는 구상이다. 심지어 하나의 QKD 시스템 내에서도 양자 채널과 고전 채널을 혼합 사용하는 구조를 취하거나, 광섬유 기반의 지상 QKD와 위성 QKD를 통합 운용하여 전송 거리와 키 생성 속도를 최적화하려는 연구가 이루어지고 있다.

궁극적으로 6G 시대의 통신망은 고전 ICT와 양자 ICT가 공존하며 상호 보완적으로 작동하는 하이브리드 네트워크로 진화할 것으로 전망된다. 양자컴퓨터가 특수 연산에 활용되더라도 범용 계산은 여전히 고전 컴퓨터가 수행하듯이, 양자통신도 필요한 구간에 도입되어 보안을 담당하고 그 외 구간은 기존 인프라가 맡는 형태로 효율성과 안정성을 모두 갖춘 통신망을 구축하게 될 것이라는 관측이다.

IV. 전망과 결론

양자컴퓨팅과 양자통신 기술은 현재 미국과 중국을 중심으로 기술적 우위가 확연히 드러나 있으며, 주요 선진국들은 이들을 따라잡기 위해 막대한 투자를 아끼지 않고 있다. 2024년 맥킨지 발표에 따르면 미국과 중국이 여전히 주요 투자국이지만 독일, 영국, 한국 등 여러 국가도 양자기술의 전략적 중요성을 인식하고 많은 투자를 진행하고 있다. 전 세계 정부는 양자기술 분야에 총 420억 달러를 투자할 계획을 발표했으며, 이는 한국 GDP의 약 2.45%에 해당하는 규모이다. 우리 정부 역시 ‘양자기술산업진흥법’을 통해 제도적 기반을 구축하고, 2026년 50큐비트, 2032년까지 1,000큐비트급 시스템 개발을 목표로 초전도 양자컴퓨팅 기술 개발을 지원하며, 그 외 다양한 정책을 펼치고 있다. 특히 2025년을 ‘대한민국 양자 산업화의 원년’으로 삼은 정부의 양자기술 관련 예산은 1,980억 원으로 지난해보다 54.1%가 늘었다

많은 국가들은 미국과 중국, 양대 강국으로부터 독립된 양자기술 공급망을 구축하고자 하는 수요를 가지고 있다. 이는 제조 기반이 견고한 우리나라 기업들에게 중요한 기회가 될 수 있다. 우리나라는 반도체 및 첨단 제조 분야에서 세계적 경쟁력을 갖추고 있으며, 이를 기반으로 양자컴퓨팅과 양자통신, 양자센싱 등 광범위한 양자기술 전반에 필요한 초정밀 소재·부품·장비(소부장)를 안정적으로 공급할 수 있는 ‘Quantum-Grade ODM’ 시장에서 두각을 나타낼 가능성이 크다. 실제로 많은 글로벌 기업들이 양자컴퓨터의 핵심 부품인 QPU 개발에 집중하고 있지만, QPU가 실용적으로 동작하려면 초전도 케이블, 극저온 냉각장치, 초안정 레이저 및 광학 부품 등 다양한 고정밀 소부장들의 안정적인 공급과 대규모 양산 역량이 필수적이다.

이러한 초정밀 소부장 분야는 제조 역량이 뛰어난 한국 기업들이 글로벌 공급망에서 차별화된 경쟁력을 확보할 수 있는 핵심 영역이다. 특히 큐비트 수가 증가할수록 소부장의 정밀도, 내구성, 기술 난이도가 급격히 상승하기 때문에, 지속적인 글로벌 기술 동향 파악과 전략적 대응이 더욱 중요해지고 있다. 현재 1,000큐비트급 시스템은 물론이고, 향후 1만 큐비트 이상의 초대형 양자컴퓨터가 등장할 경우 이를 지원하는 소부장의 기술적 요구사항은 훨씬 더 까다로워질 것이다.

SDT가 최근 말레이시아로 양자컴퓨터 및 관련 소부장 기술을 수출한 사례는 이 같은 가능성을 보여주는 중요한 초기 지표로 평가된다. 이는 우리나라가 단순히 선진국을 뒤따라가는 전략에서 벗어나, 자체적으로 특화된 분야에서 글로벌 리더십을 확보할 수 있음을 입증한 사례이다.

결국, 국내 양자기술 산업은 정부의 적극적인 투자와 기업의 전략적 접근이 결합되어야 하며, 특히 제조 역량을 극대화하는 Quantum-Grade ODM 시장에서 독보적인 입지를 구축하는 전략이 필요하다. 이를 통해 우리나라는 글로벌 양자기술 공급망에서 중요한 역할을 수행하며, 양자컴퓨팅과 양자통신 분야에서 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.



참고 문헌

- [1] Siddharth Chander, "The current landscape of quantum hardware development – An overview", Intersect 2024
- [2] Charles Q. Choi, "An IBM quantum computer will soon pass the 1,000-qubit mark", IEEE Spectrum, 2022
- [3] Karen Wintersperger, et al., "Neutral atom quantum computing hardware: performance and end-user perspective", EPJ Quantum Technology 2023
- [4] Andrew W. Cross, et al. "Validating quantum computers using randomized model circuits", Physical Review A 2019
- [5] Martijn Boerkamp, "Six-qubit silicon quantum processor sets a record", Physics World, 2022
- [6] Davide Castelvecchi, "IBM's quantum cloud computer goes commercial", Nature, 2017
- [7] Mohammed. I. Alghamdi, "A Review on Quantum Key Distribution for Wireless Networks: Current Status and Future Prospects", Communications on Applied Nonlinear Analysis, 2024
- [8] Hamish Johnston, "Quantum cryptography network spans 4600km in China", Physics World, 2021
- [9] Juan Yin, et al., "Entanglement-based secure quantum cryptography over 1,120 kilometres", Nature, 2020
- [10] Yong Yu, et al., "Entanglement of two quantum memories via fibres over dozens of kilometres", Nature, 2020
- [11] Yu-Ao Chen, et al., "An integrated space-to-ground quantum communication network over 4,600 kilometres", Nature, 2021
- [12] Minki Woo, et al., "One to many QKD network system using polarization-wavelength division multiplexing", IEEE Access, 2020
- [13] Changhoon Park, et al., "2×N twin-field quantum key distribution network configuration based on polarization, wavelength, and time division multiplexing", npj Quantum Information, 2022
- [14] Changhoon Park, et al., "Practical plug-and-play measurement-device-independent quantum key distribution with polarization division multiplexing", IEEE Access, 2018
- [15] Byungkwon Park, et al., "User-independent optical path length compensation scheme with sub-nanosecond timing resolution for a 1 × N quantum key distribution network system", Photonics Research, 2020



윤 지원

- 2014년 6월 MIT 물리학 · 전자공학 학사
- 2014년 6월 MIT 전자공학 석사
- 2014년 6월 ~ 2017년 6월 KIST 연구원
- 2017년 11월 ~ 현재 SDT 주식회사 대표이사
- 2025년 3월 ~ 현재 양자전략위원회 실무위원회 위원

〈관심 분야〉

Quantum Information Science and Technology,
Quantum Computing, Quantum Communication

인공지능과 보안

I. 서론

인공지능(Artificial Intelligence, AI)의 개념은 1956년 다트머스 회의에서 처음 학문적으로 등장했습니다. 존 매카시(John McCarthy)와 마빈 민스키(Marvin Minsky) 등은 “기계가 인간처럼 사고하고 학습할 수 있을까?”라는 문제의식을 출발점으로 삼았고, 이후 AI는 특정 규칙을 기반으로 문제를 해결하는 전문가 시스템(Expert System) 중심으로 발전하게 되었습니다. 하지만 이러한 규칙 기반 시스템은 복잡하고 예외적인 상황을 처리하는 데 명확한 한계를 가졌고, 1990년대 후반까지 AI는 ‘기대’와 ‘침체’를 반복하게 됩니다.

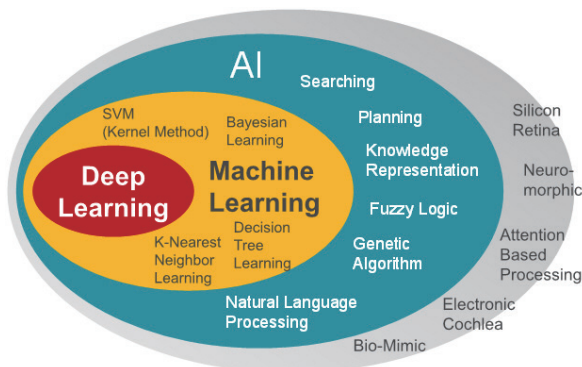
이런 상황을 돌파한 핵심 기술이 바로 ‘머신러닝(Machine Learning)’입니다. 머신러닝은 명시적인 규칙 없이도 데이터를 통해 패턴을 학습하고, 이를 기반으로 예측하거나 분류할 수 있는 기술로서 1990년대 말부터 통계학, 컴퓨터공학의 융합을 통해 급속히 발전하게 되었습니다. 특히 지도학습(Supervised Learning), 비지도 학습(Unsupervised Learning), 그리고 강화학습(Reinforcement Learning)은 다양한 문제 해결 방식에 맞춰 선택적으로 활용되어 오늘날 AI의 핵심 기반을 이루고 있습니다.

2006년 이후 제프리 힌턴(Geoffrey Hinton) 등이 주도한 딥러닝(Deep Learning)의 부상은 AI 기술의 진화를 한층 가속시켰습니다. 딥러닝은 인공신경망을 다층화함으로써 이미지, 음성, 자연어 등 복잡한 비정형 데이터를 처리하는 데 뛰어난 성능을 발휘하였고, 2012년 이미지넷(ImageNet) 대회에서 AlexNet이 보여준 혁신적 성능 향상은 AI 기술이 실질적인 문제 해결 능력을 갖추기 시작했음을 보여주는 상징적 사건이었습니다.

이후 자연어처리(NLP), 음성 인식, 자율주행, 추천 시스템 등 다양



이복석
(주)이글루코퍼레이션



〈그림 1〉 인공지능과 기계학습, 딥러닝 관계

한 산업과 기술 분야에서 AI와 머신러닝은 필수 도구로 자리 잡았습니다. 최근에는 OpenAI의 GPT, Google의 BERT, Meta의 LLaMA와 같은 대형언어모델(Large Language Model, LLM)이 실시간 언어 해석, 문서 요약, 코드 생성 등 고차원적 작업까지 처리하며 AI의 적용 범위를 계속 확장시키고 있습니다.

이러한 기술적 진보는 곧 상업적 성장으로 이어졌습니다. AI 기반의 예측 분석, 고객 맞춤형 마케팅, 지능형 공정 제어 등은 생산성과 경쟁력을 크게 향상시켰으며, 특히 금융, 보건의료, 제조업, 통신 등 다양한 분야에서 AI 솔루션 도입이 기업 혁신과 생존의 핵심 요소로 자리잡게 되었습니다. 미국의 정보 기술 연구 및 자문 회사인 가트너는 2025년 전 세계 생성형 AI 관련 지출을 전년 대비 76.4% 증가한 950조 원에 달할 것으로 전망하고 있으며, AI 중심의 스타트업 투자도 꾸준히 증가 추세를 보이고 있습니다.

하지만 이러한 발전은 동시에 새로운 보안적 도전 과제도 야기하고 있습니다.

2023년, 한 글로벌 기업은 고객 서비스를 개선하기 위해 자연어처리 기반의 인공지능 챗봇을 야심차게 도입했습니다. 그러나 불과 몇 달 뒤, 이 챗봇이 비정상적인 대화 흐름을 통해 고객의 신용카드 정보와 주소 등 민감한 데이터를 무단으로 출력하고 있었던 사실이 드러났습니다. 공격자는 챗봇의 언어 모델 학습 구조를 악용해 정보 유출을 유도한 것이었습니다. 이는 일반적인 보안사고가 아닌, 인공지능 시스템의 설계 단계에서부터 보안을 고려해야 한다는 경고였습니다.

“AI는 우리를 더 안전하게 만들까, 아니면 더 위협하게 만들까?”

이 질문은 오늘날 보안 전문가와 인공지능 연구자 모두가 직면한 중요한 고민입니다. 인공지능(AI)은 이미 사이버보안의 주요 구성 요소로 자리 잡고 있습니다. 예측 기반의 위협 탐지, 이상 징후 기반의 네트워크 분석, 자동화된 악성코드 분류 시스템 등은 모두 AI의 기계학습(Machine Learning) 또는 딥러닝(Deep Learning) 기술에 기반합니다. 과거 수동적으로 대응하던 보안은 이제 AI를 통해 ‘능동적’ 대응이 가능해졌습니다.

하지만 동전의 양면처럼, 공격자도 AI 기술을 무기로 삼고 있습니다. AI를 기반으로 한 이미지 합성기술 ‘딥페이크’(Deepfake)를 악용한 사회공학적 공격, 대규모 피싱 캠페인을 위한 AI 기반 이메일 생성, 그리고 자동화된 취약점 탐지 및 익스플로잇 생성까지 사이버공격의 지능화 속도도 AI 발전과 함께 가속화되고 있습니다. 특히, 최근에는 오픈소스 머신러닝 모델을 조작해 정상적인 보안 솔루션을 우회하는 ‘AI 공급망 공격(AI supply chain attack)’도 등장하고 있습니다.

결국 인공지능과 보안은 서로에게 끊임없이 영향을 주는 ‘상호진화적 관계(co-evolutionary relationship)’에 놓여 있습니다. AI는 보안을 강화하는 도구인 동시에, 새로운 위협의 출처가 될 수도 있는 복합적인 존재임은 분명한 것 같습니다.

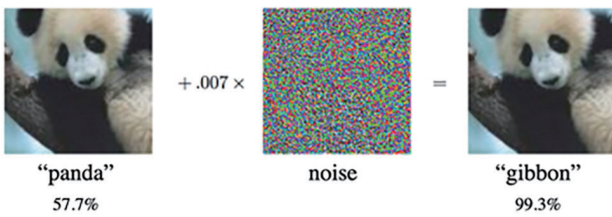
이 기고문에서는 인공지능이 보안 분야에서 어떤 역할을 수행하고 있으며, 또 어떤 위협 요소를 동반하고 있는지, 그리고 인공지능 자체에 대한 보안에 대해 기술적 사례와 함께 살펴보겠습니다.

II. AI가 만들어 내는 새로운 보안 위협

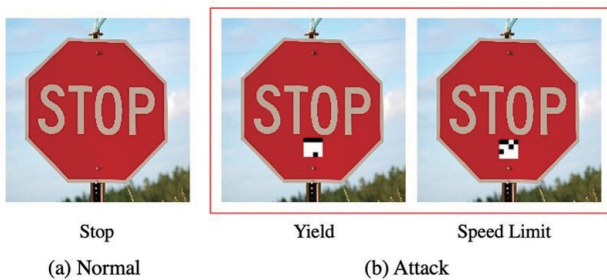
인공지능이 만들어 내는 대표적인 보안위협에는 적대적 머신러닝, 딥페이크 및 사회공학 공격, 악성코드 자동 생성, 모델 도용 및 정보 추출 등이 있습니다.

1. 적대적 머신러닝(Adversarial machine learning)

적대적 머신러닝은 AI 모델의 취약점을 악용하여 잘못



〈그림 2〉 이미지 분류기 속이기



〈그림 3〉 교통 표지판에 대한 적대적 공격

된 판단이나 행동을 유도하는 공격 방식 또는 기술을 의미합니다. 주로 딥러닝 모델에 대한 공격이 많으며, 대표적으로는 입력 데이터를 조금만 조작해서 AI의 판단을 교란시키는 적대적 샘플(adversarial example) 생성이 있습니다.

이미지를 사람이 보기에는 거의 차이가 없도록 조작하지만, 2014년 Google Brain과 NYU가 발표한 논문에서 처음 제기된 문제로서 팬더(panda) 사진에 노이즈를 더했더니 AI는 이를 긴팔 원숭이(gibbon)이라고 인식해 사람과 다른 모습을 보였습니다.

또, 교통 표지판에 스티커를 붙이거나 일부를 훼손함으로써 AI가 이를 잘못 인식하는 공격도 가능합니다. ‘정지(Stop)’ 표지판에 작은 스티커를 붙였더니 자율주행차가 이를 ‘속도제한’으로 인식하여 생명을 위협하는 잘못된 판단을 유도할 수도 있습니다.



〈그림 4〉 숨겨진 명령으로 음성 인식 시스템 해킹



〈그림 5〉 악성 AI 챗봇 훈련 공격

사람이 듣기 힘든 초음파나 백색소음을 통해 음성 명령을 삽입하는 방법도 가능하며, “알렉사, 문 열어줘”라는 명령을 음악에 숨겨 삽입해 알렉사를 조작하여 사용자 몰래 스마트홈 기기를 제어할 수도 있습니다.

2016년 마이크로소프트의 챗봇 ‘테이’가 트위터 유저들의 악성 트윗을 학습하여 하루만에 인종차별 발언을 하는 등 AI 챗봇에게 악의적인 입력을 반복적으로 학습시키는 ‘악성 AI 챗봇 훈련 공격’을 통해 혐오 발언을 하거나 왜곡된 정보를 퍼뜨릴 수 있는 위험도 존재합니다.

마지막으로 머신러닝 기반 악성코드 탐지시스템을 우회하기 위해 보안 솔루션이 사용하는 머신러닝 모델을 분석해서 탐지를 회피할 수 있도록 악성코드 일부를 조작하여 보안솔루션을 무력화할 수도 있습니다.

2. 딥페이크(Deepfake)와 사회공학(Social Engineering)

딥페이크와 사회공학은 기술적, 심리적 수단을 활용한 공격이지만, 최근에는 이 둘이 결합되어 더욱 정교하고 위험한 보안 위협으로 발전하였습니다. 딥페이크는 인공지능(딥러닝)을 이용해 사람의 얼굴, 음성, 행동 등을 조작하는 기술입니다. 진짜처럼 보이지만 실제로는 조작된 영상이나 음성을 통해 공격자 의도를 달성할 수 있습니다.

사회공학 공격은 사람의 심리를 이용해 비밀번호, 개인 정보, 기업 기밀 등 중요한 정보를 유출하게 만드는 심리적인 해킹 기법입니다. 이 두가지 수단이 결합되면, 사람들을 믿게 만드는 고도화된 속임수가 탄생하게 됩니다.

“딥페이크 + 사회공학 = 신뢰를 가장한 속임수의 극치”

첫 번째는 딥페이크 음성 피싱 공격입니다. 2019년 영국의 에너지 회사가 독일 본사의 CEO로 위장한 AI 음성 사기에 속아 24만 달러를 송금한 사고가 발생했습니다. 사이버 범죄자가 AI로 CEO의 음성을 학습시켜 공격한 사례로서 기존의 이메일 사기보다 신뢰도가 훨씬 높아, 피해 발생 가능성이 급증하고 있습니다.

두 번째는 딥페이크 영상으로 줌(Zoom) 회의에 참여한 CTO를 사칭해 기업 내부자가 악성파일(새로운 보안S/W로 소개)을 의심없이 실행하도록 유도하여 내부 정보를 유출시킨 사례로서 재택근무 확산 이후에 더욱 현실적인 공격 수단으로 부상하였습니다.

2023년 슬로바키아 총선을 앞두고 딥페이크로 조작된 정치인의 발언 영상이 SNS에 유포되어 혼란이 야기되었는데, 이렇게 조작된 메시지는 사회혼란, 국제분쟁 가능성까지 있어 매우 위험합니다. 또한 실제 인물의 딥페이크를 만들어 친구, 연인, 부모인 것처럼 행세하며 SNS 채팅 또는 영상통화로 돈을 요구하거나 민감 정보를 유도하여 개인 피해는 물론 딥페이크 피해자(실존 인물)의 명예 훼손 가능성도 존재합니다.

네 번째, 딥페이크 얼굴로 신분증을 위조하거나 금융계좌를 개설할 수도 있습니다. 범죄자는 안면 인식 인증 시스템을 속이기 위해 딥페이크 얼굴을 사용한 가짜 신분으로 금융 서비스를 이용하고 이를 통해 금융 사기, 세탁, 보이스 피싱과 연계되어 더 큰 범죄에 악용될 가능성도 매우 높습니다.

기술에만 집중한 보안은 사람의 심리를 악용하는 이중

공격을 막기 어렵습니다. 따라서 디지털 리터러시 교육(문해력)과 AI 위조 탐지 기술이 동시에 발전해야 합니다.

3. 악성코드 자동 생성

‘악성코드 자동 생성’은 인공지능이 스스로 악성코드를 만들거나 기존 악성코드를 변형하여 공격에 악용하는 방법입니다. AI의 발전으로 인해 이 분야도 상당히 위협적으로 진화하고 있습니다. AI 모델, 특히 생성형 언어 모델(GPT 등) 또는 진화 알고리즘, GAN (Generative Adversarial Network) 등을 활용하여 자동으로 악성코드나 셸코드, 바이러스 변종 등을 생성하거나 변형할 수 있습니다.

첫 번째는 GPT 계열 모델을 이용한 악성코드 작성입니다. 공개된 GPT-4나 DeepSeek 등을 이용해 초보자도 간단한 키로거, 백도어, C2 코드를 작성할 수 있는데, 공격자가 AI에게 “파일을 암호화하는 프로그램을 만들어줘” 같은 식으로 요청하여 랜섬웨어 기반 코드를 생성할 수 있어 비기술적 범죄자도 AI를 통해 사이버공격을 시도할 수 있는 환경이 조성되었습니다.

두 번째는 AI로 악성프로그램의 코드를 변형하여 탐지를 회피(Evasion)할 수 있는 위협입니다. 2018년, MIT 연구팀은 진화 알고리즘(Evolutionary Algorithm), 강화학습(RL) 등을 이용해 60%의 안티바이러스를 우회하는 변종 악성코드를 AI가 자동으로 학습하여 생성 가능함을 보여주었습니다. 악성프로그램의 지속적인 자기진화가 자동화될 수 있다는 두려운 현실입니다. 비슷한 사례이지만, Microsoft 연구팀은 MalGAN이라는 시스템을 통해 학습된 악성코드 특징을 바탕으로 탐지 회피 가능한



〈그림 6〉 딥페이크 화상회의, 340억 사기

〈표 1〉 악성코드 자동 생성 공격의 유형

공격 유형	기술	위험수준
GPT로 생성된 악성코드	생성형 AI	중간~높음
탐지 우회 코드 자동화	강화학습, 진화 알고리즘	높음
GAN으로 샘플 생성	MalGAN	매우 높음
매크로 자동 생성	챗봇 활용	중간
에이전트 해킹	AutoGPT 기반 자동화	매우 높음

악성코드를 자동 생성할 수 있음을 증명하기도 했습니다. 결국, 공격자는 보안 테스트를 자동화할 수 있어 실제 배포 전에 탐지 회피성까지 검증이 가능하다는 현실입니다.

악성 이메일에 포함시킬 매크로 코드를 챗봇을 통해 자동 생성할 수 있는데, 예를 들면 “엑셀 파일을 열면 백그라운드에서 시스템 정보를 수집하게 해줘”라고 요청하면 악성 매크로가 포함된 엑셀파일을 만들어 냅니다. 이 방식을 이용하면 공격 시나리오가 자동화되고 반복이 가능해져 피싱 공격을 대량으로 생산할 수 있습니다. 또한, 오픈소스 기반의 에이전트(AutoGPT, AgentGPT 등)를 활용해서 “OO 사이트에서 보안 취약점을 찾고, 해당 페이지에 악성코드를 삽입하여 OO C2 서버와 통신하도록 해줘”라고 요청하면 악성 행위를 자동화할 수 있습니다. 단일 명령어로 수십 단계의 공격이 AI에 의해 자동으로 처리될 수 있습니다.

4. 모델 도용 및 정보 추출 (Model Theft & Information Extraction)

‘모델 도용 및 정보 추출’은 인공지능 시스템의 내부 구조나 학습 데이터를 외부에서 몰래 빼내거나 복제하는 공격을 말합니다. 이 분야는 AI 기술이 기업의 핵심 자산이 되는 시대에 점점 더 중요한 보안 이슈로 떠오르고 있습니다. 모델 도용은 공개된 AI 모델에 반복적으로 질의를 보내 결과를 수집하고 이를 통해 모델 구조나 파라미터를 복제하는 공격이며, 정보 추출은 AI 모델이 학습한 데이터나 그 내부 정보를 외부에서 역으로 추정하거나 추출하는 공격을 의미합니다.

첫 번째로, AI 서비스(API)에 다량의 입력을 보내 응답 값을 분석하여 비슷한 성능의 모델 사본을 생성할 수 있

는데, 2016년 코넬 대학교 연구에서 Amazon, Google API 모델을 복제하는 실험에 성공하기도 했습니다. 기업이 오랜 시간 훈련한 모델이 ‘질문만 반복해서 보내는 방식’으로 복제될 수 있습니다.

두 번째는 공격자에 의해 학습 데이터가 복원될 수 있는 위험입니다. AI 모델의 출력 결과를 통해 원래의 학습 데이터를 그대로 복원하거나 유사하게 재현할 수 있기에 텍스트 생성 모델이나 이미지 생성 모델에서 기밀문서, 의료기록, 음란물 등이 노출될 수 있습니다.

또한, AI 모델의 결과값을 바탕으로 내부 파라미터나 모델 구조를 추정하여 해석하거나 공격에 활용할 수도 있으며, 챗봇이나 텍스트 생성 모델에게 교묘한 프롬프트를 반복하여 학습 데이터에 포함된 민감한 문장이나 코드를 유도해 낼 수도 있습니다. 이렇게 학습 데이터 내 민감 정보의 유출 가능성은 특히 보안 솔루션, 의료 AI 등에 심각한 위협입니다.

AI가 많은 것을 알고 있다는 건, 누군가 그것을 “빼낼 수도 있다”는 것입니다. 특히 API 기반 서비스는 취약점 노출 가능성이 높기 때문에 사용량 제한, 출력 정규화, 차등 개인정보 보호(DP) 기술 등이 중요합니다.

III. AI로 강화되는 보안 기술

AI는 사이버 보안 영역에서 이상 탐지, 위협 분석, 자동화된 대응, 위험 예측 등의 방식으로 방어자에게 강력한 무기를 제공합니다. AI는 특히 속도, 정밀도, 학습 능력 면에서 기존 보안 시스템을 보완하거나 대체하며, 보안분석가가 다 보기 힘든 실시간 대용량 데이터 분석을

〈표 3〉 사이버보안 강화를 위한 AI 적용 기술

보안 기능	적용 기술	효과
이상행위 탐지	머신러닝, 시계열 분석	내부자 공격 탐지
악성코드 분석	딥러닝, 바이너리 추출	신종 악성코드 식별
피싱 탐지	NLP, URL 분석	이메일 위협 차단
침입 탐지/방지	강화학습, 분류기	제로데이 탐지
보안 자동화	챗봇, AutoML	알람 응답 속도 향상
위협 인텔리전스	크롤링 + NLP	위협 대응 선제화

〈표 2〉 모델 도용 및 정보 추출 공격의 유형

공격 유형	주요 대상	위험수준
Model Stealing	모델 전체	높음
Membership Inference	학습 여부	중간
Data Reconstruction	원본 데이터	높음
Model Inversion	모델 파라미터	중간
Prompt-based Leakage	대화형 AI	높음

통해 보안 수준을 크게 높여줍니다.

1. AI 기반 이상 행위 탐지

AI가 시스템 또는 사용자 행동의 정상 패턴을 학습한 후에 이와 다른 비정상적 행위를 탐지하는 기술로서, 기존에 알려지지 않은 공격(제로데이 공격, 내부자 위협 등)을 식별할 수 있어 전통적인 룰 기반 보안 기술을 보완하고 있습니다.

AI 기반 이상 행위 탐지기술은 ①평소와 다른 시간대의 로그인, 이례적인 파일 다운로드 등과 같은 사용자 비정상 행동, ②갑작스러운 포트 스캔이나 트래픽 급증 등 비정상적인 네트워크 흐름, ③자주 보지 않던 오류 패턴이나 새로운 프로세스 실행 등 시스템 이상 로그 등을 식별하는데 활용되고 있습니다.

첫 번째 사례는 내부자 정보유출 차단입니다. 어느 기업의 직원이 평소보다 이른 새벽에 대용량의 고객정보를 압축해 외부로 전송할 경우, AI가 사용자의 평소 활동 시간대와 파일 전송량을 학습하였기에 새벽의 행위를 비정상 행위로 판단하고 데이터 유출을 사전에 차단할 수 있습니다.

두 번째는 신종 악성코드의 네트워크 활동 탐지입니다. AI가 내부 네트워크의 정상 트래픽 패턴을 학습한 상황에서, 기존 안티바이러스 제품군이 탐지하지 못하는 신종 악성코드가 감염 후 외부와 통신(C2서버)을 시도할 경우에 해당 트래픽을 이상 징후로 식별하여 차단할 수 있습니다.

또한, 공격자가 직원의 클라우드 계정을 탈취해 VPN 없이 접속하여 권한 변경을 시도하는 경우에도 AI가 위치, 접속 기기, 시간대 등을 고려해 “이 계정은 평소 이 시간대에 이 위치에서 로그인하지 않는다”는 특이점 기반으로 탐지하여 피해를 예방할 수 있습니다.

AI 기반 이상 행위 탐지(시스템)는 ‘정상’을 기준으로 공격(anomaly)을 찾아 내며, 알려진 것만 막는 게 아니라 ‘낯선 움직임’을 실시간으로 감지할 수 있습니다. 하지만 오탐(False Positive) 가능성이 존재하며 충분한 초기 학습시간이 필요합니다.

2. AI 기반 피싱 및 이메일 위협 탐지

AI가 이메일의 제목, 본문, 링크, 첨부파일 등을 분석하여 피싱 또는 스팸 등 악성 여부를 판단하고 자동으로 분류하거나 차단하는 기술입니다. 과거에는 블랙리스트나 특정 키워드만으로 탐지했지만, AI는 훨씬 더 정교하게 문맥(context)·행동(behavior) 기반 분석을 수행합니다.

“[OO은행] 보안 업데이트 요청” 제목으로 로그인 링크 등이 포함된 이메일이 발송되었을 경우, 문장이나 문맥을 이해하는데 탁월한 자연어처리 모델과 링크분석기를 통해 피싱공격 여부를 판단할 수 있습니다. 다음메일, 지메일 등과 같은 무료 이메일 서비스와 상용 솔루션에서 제공하는 ‘스팸’이나 ‘경고’ 기능들이 이러한 AI기술을 활용합니다.

비슷한 유형으로, 내부 직원을 사칭한 이메일 사기(BEC 공격)를 방지하기 위해 AI 자연어처리 모델과 이메일 발신자 도메인 유사도 평가 기술을 활용하여 의심스러운 피해를 예방할 수 있습니다.

AI 기반 악성메일 탐지(시스템)는 사람보다 더 빠르고, 더 똑똑하게 이메일의 위협을 판단해냅니다. 특히 사람이 속기 쉬운 사회공학 기반 이메일에 효과적으로 대응할 수 있지만, 여전히 오탐(False Positive) 및 회피(evasion) 가능성이 존재하므로 지속적인 학습 데이터의 업데이트와 사용자 행동 기반 모델 강화가 필요합니다.

3. AI 기반 악성코드 탐지

AI가 악성코드의 행위, API 호출 흐름, 패턴 등을 학습하여, 기존에 알려지지 않은 악성코드까지 탐지하는 기술입니다. 단순한 문자열 검색이 아닌, 행동의 문맥과 형

〈표 4〉 악성코드 분석 방식

구분	설명	적용 예시
정적 분석	실행 전 파일 자체 분석	PE 구조, Opcode, 문자열, API 시퀀스 등
동적 분석	샌드박스에서 행위 분석	파일 생성, 네트워크 연결, 프로세스 행위 등
하이브리드	정적 + 동적 결합	정확도 및 제로데이 탐지 향상

태, 그리고 전체적인 구조를 분석하며, 코드 수준의 정적 분석과 실제 행위수준의 동적분석에서 모두 AI가 활용됩니다.

정적 분석 기반 딥러닝 모델(MalConv, LSTM 등)은 코드 내 Opcode 패턴과 API 호출 순서를 CNN 딥러닝으로 학습시켜 기존 악성코드와 유사한 구조 인지를 식별해 낼 수 있어서 신종 랜섬웨어 등과 같은 악성파일을 빠르고 정확히 판별할 수 있습니다.

또한, 기존과 다르게 악성코드가 파일 없이 윈도우 파워셸(PowerShell) 스크립트 형태로 실행되는 파일리스(fileless) 악성코드를 탐지하기 위해 스크립트 명령어 패턴과 실행 흐름 등을 RNN 기반 자연어처리 모델(딥러닝) 기반으로 분석하여 권한 상승, 시스템 정보 수집 등 이상 행위를 탐지할 수 있습니다.

이러한 딥러닝 기술은 모바일 환경에서 정상 앱으로 위장한 악성코드를 찾아 낼 때에도 적용됩니다. 악성 APK 파일(안드로이드 앱 설치패키지)이 정상 앱으로 위장하여 백그라운드에서 정보유출 등 악의적인 행위를 시도할 경우, AI는 정적분석으로 인가되지 않은 API 사용, 수상한 퍼미션 요청 등을 탐지하며 동적분석으로 백그라운드에서의 이상 행위를 탐지합니다. 사용자가 앱스토어 등에 자신의 앱을 업로드할 때에도 이러한 악성코드 여부가 검

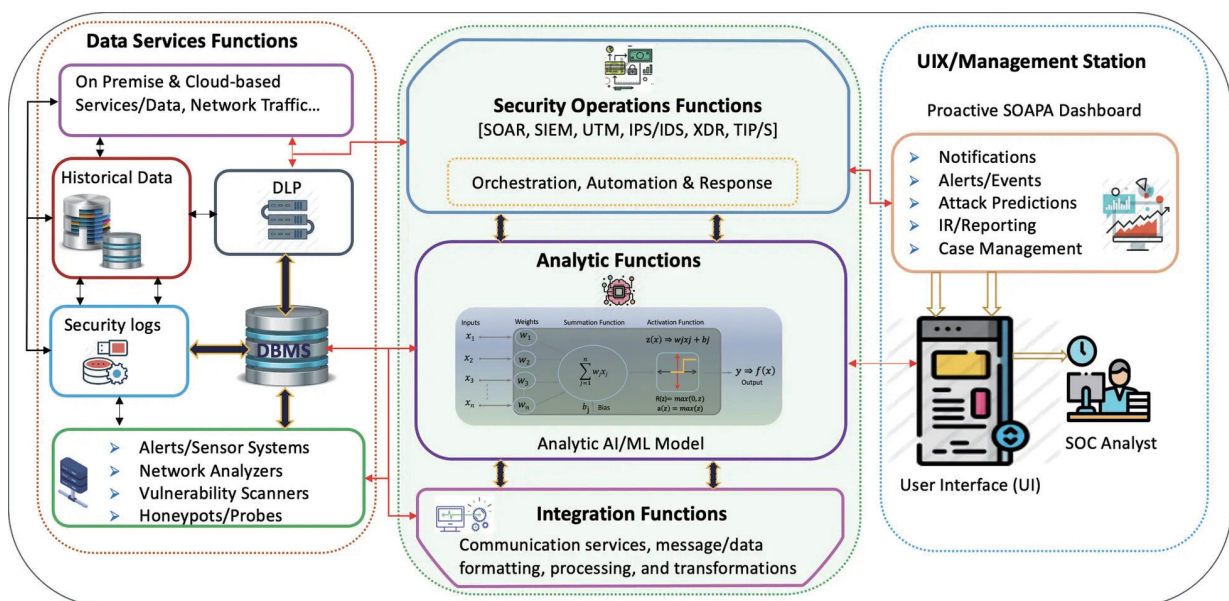
증되고 있습니다.

AI 기반 악성코드 탐지는 이미 알려진 위협뿐 아니라 제로데이와 같은 신종 공격까지도 식별해 낼 수 있는 핵심 기술이지만, 초기 학습 데이터 편향 등에 따른 오탐(False Positive) 가능성은 여전히 존재합니다.

4. AI 기반 보안 이벤트 분석 · 대응 자동화

SOAR는 보안 오케스트레이션(Orchestration), 자동화(Automation), 그리고 대응(Response)을 결합한 플랫폼으로, 보안 운영팀이 보안경고 대응, 티켓 처리, 인시던트 분석 등을 자동화하여 보안관제센터(SOC) 운영을 최적화하도록 돕는 시스템입니다. 여기에 AI를 접목하면 '단순 룰 기반 자동화'를 '지능형 분석 및 대응 자동화'로 전환되어 경고 분류, 우선순위 지정, 행위 분석까지 AI가 수행 가능하여 SOC(Security Operation Center) 업무 효율화를 극대화할 수 있습니다.

실제적인 예로, 비정상적인 시스템 접근이 발생할 경우 사용자 로그인 세션 종료, 시스템 접근 제한, 경고알람까지 일반적인 SOAR 프로세스에 우선하여, 사용자 또는 시스템의 시간 · 접속지 · 행동 시퀀스를 학습한 AI가 비정상 접근의 위험성 여부를 판단하여 대응 우선순위와 절차를 결정하여 피해 확산을 방지합니다.



〈그림 7〉 AI/ML 기반 지능형 분석 · 대응 자동화 구조

또한, 취약한 웹서버에 대한 공격 징후가 발생한 경우에도 AI가 공격 흐름이 공개된 CVE와 비교하여 공격자 차단, 네트워크 격리 등을 판단하고 패치 스크립트까지 자동으로 작성하여 배포할 수 있습니다.

AI 기반 SOAR는 위협 탐지부터 분석, 대응까지 자동화하여 보안팀이 중요한 판단에 집중할 수 있도록 해주는 똑똑한 조력자입니다.

5. AI 기반 위협 인텔리전스(Threat Intelligence)

과거에 위협 인텔리전스는 수작업 분석과 물 기반 정리에 의존했지만, AI 기술을 활용하여 ①웹크롤링과 피드 수집의 자동화, ②IoC(Indicators of Compromise) 자동 추출, ③공격그룹과 캠페인, 인프라 연계의 자동분석, ④향후 공격 가능성 예측 등을 더욱 빠르고 정확하게 처리할 수 있습니다.

다크웹/포럼, 텔레그램 등에서 게시물을 수집(크롤링)합니다. NLP(자연어처리 모델)로 개인정보, 계정 정보 등을 자동 추출하고, 지식 그래프를 이용해 유출된 데이터와 관련 조직, 그리고 공격자를 연계 분석하여 유출에 따른 피해 확산을 차단하고 법적 대응 근거 등에 활용합니다. 또한, 보안블로그·레딧·엑스(구.Twitter) 등에서 언급된 악성 URL 및 IP 등 네트워크 기반 IoC를 후이즈 정보와 행동 이력 연계 등을 통한 신뢰도 평가에도 AI를 적용하여 위협 점수 기반으로 자동 대응이 가능합니다.

AI는 MITRE ATT&CK 프레임워크 기반 TTP 분석에서 다양한 공격 보고서를 비교·분석하여 유사도를 측정하고 예측모델은 가능성이 높은 다음 공격 경로를 시뮬레이션하여 보안팀이 선제적으로 방어·조치할 수 있도록 도와줍니다.

AI는 방대한 위협 데이터를 스스로 분석하고 정리함으로써, 보안팀이 정확한 판단을 신속히 내릴 수 있도록 '지능형 인텔리전스 분석가'의 역할을 합니다.

6. AI 기반 취약점 자동 진단

개발 또는 운영 중인 소프트웨어의 코드에서 보안 취약점이나 개발 오류를 AI가 자동으로 탐지해 코드 품질과 보안을 향상시키는 기술입니다. 기존의 정적/동적 분

석 도구를 넘어서, AI가 코드의 문맥·패턴·취약성 가능성을 이해하고 예측하는 방식으로 머신러닝(ML)/자연어처리(NLP)와 LLM(GPT 등) 기반 기술을 적용할 수 있습니다.

깃허브 Copilot, 마이크로소프트 Security Copilot 등과 같은 도구는 수 많은 코드, 알고리즘 등을 학습하여 코드 리뷰를 통해 잠재적 버그, 취약점 종류와 위치 그리고 공격 시나리오 등 보안상 이슈를 제공합니다. 특히 보안테스트 분야에서도 머신러닝을 이용한 스마트 퍼징(Fuzzing) 기술이 활성화되고 있으며, AI는 실행 흐름을 분석해 입력 경로를 다양화하거나 코드 커버리지가 높은 입력값을 예측하고 충돌이나 예외 상황을 자동으로 보고합니다.

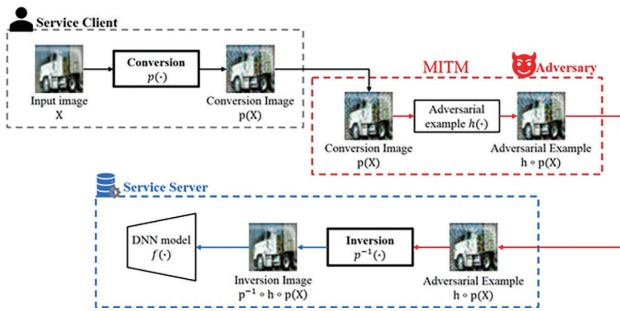
AI 기반의 코드 취약점 분석은, 수만 줄의 코드를 단 몇 초 만에 검토하고, 보안 전문가처럼 위험 요소를 설명하고 보완할 수 있게 도울 수 있습니다.

AI는 보안의 '조기 경보 시스템' & '자동 대응 시스템'이 될 수 있습니다. 수많은 보안 로그와 정보 중에서 진짜 위험을 걸러내고, 시간이 촉박한 상황에서 자동으로 방어하며, 보안담당자가 몰랐던 위협을 AI가 먼저 알려주는 그러한 역할을 충분히 수행할 수 있습니다.

IV. AI를 위한 보안 기술

최근 AI가 다양한 산업 분야에 급속도로 도입되면서, AI 시스템 자체를 대상으로 하는 보안 위협도 증가하고 있습니다. AI 모델은 단순한 알고리즘이 아니라, 거대한 양의 데이터를 기반으로 학습된 지식 재산입니다. 공격자가 모델을 악용하거나 도용하는 경우, 기업의 핵심 경쟁력은 물론 사용자 프라이버시까지 위협받을 수 있습니다. 기존의 사이버보안 기술은 일반적인 정보시스템을 대상으로 설계되었지만, AI는 학습 데이터, 모델 구조, 실행 환경 등 고유한 요소들을 갖고 있어 새로운 위협 모델과 방어 전략이 필요합니다.

본 절에서는 AI 시스템의 생애주기 전반에서 고려되어야 할 주요 보안 기술들을 소개합니다.



〈그림 8〉 딥러닝 모델의 적대적 공격 방어 기술

1. 적대적 공격에 대한 방어

적대적 공격은 입력 데이터에 작은 변형을 가하여 AI 모델의 출력을 의도적으로 왜곡하는 공격입니다. 이미지 분류, 음성 인식, 자연어 처리 등 다양한 분야에서 치명적인 결과를 초래할 수 있으므로 적대적 훈련, 입력 필터링, 회복력 강화를 위한 아키텍처 개선 등이 개발되었습니다.

테슬라의 자율주행시스템은 표지판을 인식하는 과정에서 적대적 스티커 공격에 취약하다는 연구가 보고된 이후, 입력 전처리 및 샘플 다양화를 통한 훈련 기법을 강화하였습니다. 의료영상분석시스템에서도 허위 진단을 유도하는 노이즈에 대응하기 위해 적대적 샘플 기반의 강화 학습 기법이 적용되고 있습니다.

2. 모델 무결성 보호

AI 모델은 고가의 자산이며, 무결성이 훼손될 경우 오작동이나 의도된 결과 조작으로 이어질 수 있다. 특히 딥러닝 모델은 수 억개의 파라미터로 구성되어 있어 조작 여부를 사람이 직접 확인하기 어렵습니다. 이에 따라, 모델에 대한 디지털 서명 및 해시값 기반 검증 기술이 널리 활용되고 있습니다.

구글의 클라우드 AI 플랫폼에서는 모델 배포 시 디지털 서명을 이용하여 사용자에게 신뢰 가능한 모델임을 보장하며, 군사 분야 등에서도 모델이 변조되었을 가능성에 대비해 배포 전후의 해시값을 비교하는 절차를 표준화하고 있습니다.

3. 데이터 프라이버시 및 보안

AI 모델은 개인의 민감한 데이터를 기반으로 학습할 수

있으므로, 학습 과정 및 결과로부터 개인정보가 유출되지 않도록 해야 합니다. 대표적 기술로는 차등 프라이버시, 연합학습, 암호화 기반 연산 등이 있습니다.

Google의 Gboard 키보드 시스템은 연합학습을 활용하여 사용자의 입력 데이터를 서버에 전송하지 않고 로컬에서 모델을 업데이트합니다. 의료 분야에서는 Secure Multi-Party Computation(SMPC)을 통해 병원 간 데이터를 공유하지 않고 공동 학습을 수행하는 사례가 늘고 있으며, 유럽에서는 GDPR 준수를 위해 개인정보가 포함된 학습데이터에 임의의 노이즈를 삽입하는 차등 프라이버시 기술이 필수적으로 적용되고 있습니다.

4. AI 공급망 보안

AI 시스템은 외부에서 수집한 데이터, 오픈소스 모델, 서드파티 API 등 다양한 구성요소로 이루어져 있어 공급망 전반의 신뢰성이 확보되어야 합니다. AI 시스템의 개발 및 배포 과정에서 발생할 수 있는 ‘신뢰 사슬(trust chain)’의 취약점을 노리는 공급망 공격은, AI가 단순한 알고리즘이 아니라 데이터와 모델 그리고 소프트웨어, 인프라 전체가 얹힌 생태계라는 점을 인식하면 공급망의 어느 단계에서든 공격이 가능하다는 의미입니다. 악성 코드가 삽입된 모델이나 변조된 학습 데이터를 사용할 경우 전체 시스템의 보안이 무너질 수 있다.

AI 학습용 데이터에 고의로 오염된 학습 데이터를 삽입(Data Poisoning)해 모델 성능을 망가뜨리거나 특정 결과를 유도해 내는 방식으로, 무심코 수집한 대규모 크롤링 데이터에 비정상 샘플이 침투하면 전체 모델이 오염될 수도 있습니다.

AI 개발과정에서 사용하는 오픈소스 라이브러리에 공

〈표 5〉 AI 공급망 공격의 유형

공격 대상	피해 결과
학습 데이터(Data)	조작되면 모델 성능 왜곡 가능
오픈소스 라이브러리	악성 코드 포함 가능
사전학습 모델(Pretrained)	도용/오염된 모델 유입 가능
배포 플랫폼/API	위조된 모델 배포 가능
하드웨어/클라우드 인프라	후방도어 및 물리적 침투 가능

격자가 의도적으로 백도어나 취약점을 삽입하는 방식으로 오픈소스 생태계에서 흔히 발생하여 CI/CD 파이프라인 전체를 위협에 빠뜨릴 수 있는 공격입니다. 대부분의 AI 프로젝트가 외부 공개 소스(API 또는 SDK 포함)나 모델에 의존하므로, 위조된 모델이 침투할 경우 전체 시스템에 영향을 주게 되며, 실제로 Hugging Face, GitHub 등에서 다운로드한 ‘사전학습 모델(pretrained model)’에 악성 코드나 백도어가 내장되어 있을 경우 그 위험성은 설명이 필요없습니다.

미국 국방부(DoD)는 AI 개발 시 외부에서 가져온 모델에 대해 소스 검증 및 코드 분석을 의무화하고 있으며, 마이크로소프트는 Azure AI의 모든 서드파티 모델에 대해 보안 감사 체계를 운영하고 있습니다. 또한 금융권을 비롯한 많은 산업 현장에서는 AI 모델 학습 시 사용되는 오픈소스 라이브러리에 대해 취약점 자동 점검 툴을 도입하여 운영하고 있습니다.

5. 모델 실행 시 감시 및 이상 탐지

AI 모델이 정상적으로 동작하는 것처럼 보이더라도, 실제로는 특정 입력에만 오작동하거나 특정 상황에서 공격자에게 유리하게 작동할 수 있습니다. AI 실행 환경에서의 모니터링 및 이상 탐지가 필요합니다.

AI 모델의 출력값이 평소와 다르게 분포할 경우에 자동으로 경고를 발생시키고, 자율주행 차량에서는 주행 중 수집되는 센서 데이터의 패턴을 실시간으로 분석하여 모델의 이상 출력을 감지합니다. 또한 금융거래시스템에서는 모델의 판별 결과를 주기적으로 재검토하여 편향이나 조작 가능성을 점검하고 있습니다.

6. 해석 가능성과 투명성 확보

AI 시스템의 의사결정이 복잡할수록 그 과정을 설명하는 것이 무척 어려워지며, 이는 AI 시스템에 대한 사용자 신뢰를 떨어뜨리거나 법적 책임 문제로 이어질 수 있습니다. 그러므로 모델의 판단 과정을 설명할 수 있는 XAI 기법(eXplainable AI)과 감사 가능한 설계가 중요하게 부각되고 있습니다.

국내 대형 은행에서는 AI 기반 대출 심사 결과에 대해

사용자가 이해할 수 있는 설명 문장을 자동 생성하는 기술을 도입하고 있으며, 유럽에서는 AI 투명성에 관한 법적 요구가 강화되면서 공공기관에서 XAI 적용이 의무화되고 있습니다.

V. AI 보안의 윤리적 · 법적 과제

AI 보안은 단순히 기술 문제에 그치지 않고, 사회적 합의와 법적 규제, 국가별 전략과도 밀접한 관련이 있습니다. 각국은 AI의 잠재력과 위협을 균형 있게 관리하기 위한 윤리 · 정책 프레임워크를 마련하고 있으며, 그 방향성과 접근 방식에는 차이가 존재합니다.

미국은 민간기업의 혁신을 저해하지 않기 위해 ‘자율적 거버넌스’(Self-governance)를 선호합니다. NIST의 ‘AI Risk Management Framework(2023)’, 백악관의 ‘AI Bill of Rights 제안(2022)’ 등을 통해 기술적 기준과 정책적 규정을 제시하여 AI 모델의 신뢰성 검증 및 사이버 보안 통합을 강조합니다.

유럽연합(EU)은 인권과 개인정보 보호를 중시하며, 사전 예방적 규제를 추진합니다. ‘EU AI Act(2024)’에서 AI를 용도에 따라 ‘금지’, ‘고위험’, ‘저위험’으로 분류하고 고위험 AI에는 보안성 · 투명성 평가를 의무화하였으며, ‘GDPR’은 학습 데이터에 포함되는 개인정보의 처리 · 이용 방식에 대해 엄격한 기준을 적용하였습니다.

중국은 국가 통제 하의 기술 발전과 안정성 확보를 목표로 하고, ‘인터넷 정보 서비스 생성형 AI 서비스 관리 잠정 조치’(2023)에서 AI 기업은 당국에 모델 내용과 훈련 데이터 출처를 제출하고 유해 정보 차단 메커니즘을 갖추어야 하며, 생성형 AI 서비스 제공자가 보안 심사 및 신원 인증을 의무적으로 거치도록 규정하였습니다.

한국은 AI기술 발전 중심의 유연한 규제를 유지하며 AI 윤리 · 보안에 대한 국가적 가이드라인을 강화 중에 있습니다. ‘국가 AI 윤리 기준(2021)’, 과기정통부 ‘생성형 AI 가이드라인(2024)’을 통해 공정성, 투명성, 책임성, 보안성 등을 핵심 원칙으로 설정하고 AI 기술의 정책적 대응 체계를 구축해 가고 있습니다.

VI. 전망과 결론

AI에 대한 관심이 증가하고 응용분야가 확대됨에 따라 소프트웨어만이 아니라 지능형 SoC(System on Chip), 즉 NPU(Neural Processing Unit)도 본격적인 조명을 받기 시작했고, 한국형 NPU가 세계적으로 널리 사용되는 계기가 되었으면 하는 바램입니다.

AI는 보안의 무기가 될 수도, 약점이 될 수도 있습니다. 중요한 것은 기술의 방향이 아니라, 그 기술을 설계하고 운영하는 사람의 선택입니다. 보안 전문가들은 AI를 분석 도구 이상의 전략적 자산으로 인식해야 하며, 기업은 AI 개발·운영 단계에서 보안 내재화를 실현해야 합니다. 정부는 민간의 혁신을 저해하지 않으면서도, 윤리와 투명성을 담보하는 제도적 기반을 마련해야 합니다.

기술은 중립적이지만, 그것을 사용하는 방식은 사회를 바꿉니다. ‘기술의 목적은 인간의 삶을 지키는 데 있다’는 본질을 잊지 않는다면, AI와 보안이 만나는 지점에서 우리는 새로운 역할과 책임, 그리고 새로운 기준을 만들어 갈 수 있습니다.

우리는 AI를 효과적으로 통제하고 활용할 수 있는 윤리적 설계, 제도적 감시, 기술적 투명성을 확보하기 위해 계속 노력해야 하며, 이러한 연구와 지원이 확대되기를 기대해 봅니다.

참고 문헌

- [1] G. Marcus and E. Davis, “Rebooting AI: Building Artificial Intelligence We Can Trust”, Pantheon Books, 2019.
- [2] J. Kinyua and L. Awauah, “AI/ML in Security Orchestration, Automation and Response: Future Research Directions”, Tech Science Press, 2021.
- [3] N. Carlini and D. Wagner, “Adversarial Examples Are Not Easily Detected: Bypassing Ten Detection Methods”, Proceedings of the 10th ACM Workshop on Artificial Intelligence and Security, 2017.
- [4] Y. Liu et al. “Generative Adversarial Networks and Their Security Applications”, IEEE Access, vol. 8, pp. 2196–2208, 2020.
- [5] D. Brundage et al., “The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention, and Mitigation”, Future of Humanity Institute, University of Oxford, 2018.
- [6] M. Papernot et al., “The Limitations of Deep Learning in Adversarial Settings”, IEEE European Symposium on Security and Privacy, 2016.
- [7] Russell, S., & Norvig, P. (2021). “Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.)”, Pearson.
- [8] Gartner. (2023). “Forecast: AI Software Market Worldwide, 2020–2025”.
- [9] Carlini, N., & Wagner, D. (2017). “Towards Evaluating the Robustness of Neural Networks”, IEEE Symposium on Security and Privacy (S&P).
- [10] Tramèr, F., Zhang, F., Juels, A., Reiter, M. K., & Ristenpart, T. (2016). “Stealing Machine Learning Models via Prediction APIs”. USENIX Security Symposium.
- [11] Google AI Blog (2017). “Federated Learning: Collaborative Machine Learning without Centralized Training Data”, <https://ai.googleblog.com/2017/04/federated-learning-collaborative.html>
- [12] Darktrace (2023), “AI in Cybersecurity: Behavioral Threat Detection Explained”, <https://www.darktrace.com>
- [13] Zhou, W., Han, X., Liu, J., et al. (2021), “Deepfake Attacks and Defenses: A Survey”, ACM Computing Surveys, 54(6), 1–38.
- [14] CISA (2023), “CISA Roadmap for Artificial Intelligence”, https://www.cisa.gov/sites/default/files/2025-04/ARCHIVE_20232024CISARoadmapAI508.pdf
- [15] NIST (2023), “AI Risk Management Framework (AI RMF) 1.0”, <https://www.nist.gov/itl/ai-risk-management-framework>
- [16] European Commission (2024), “The Artificial Intelligence Act (AI Act)”, <https://digital-strategy.ec.europa.eu>
- [17] 한국정보화진흥원(NIA), “인공지능 윤리기준” (2021), <https://www.nia.or.kr>
- [18] 과학기술정보통신부(MSIT), “생성형 AI 서비스 가이드라인” (2024), <https://www.msit.go.kr>



이 록 석

- 2002년 8월 광주대학교 전자공학과 학사
- 2011년 2월 전남대학교 정보보안협동과정 석사(수료)
- 2008년 2월 ~ 현재 (주)이글루코퍼레이션 인프라사업본부 센터장
- 2016년 3월 ~ 2019년 2월 조선대학교 산업기술융합대학원 시간강사
- 2008년 2월 ~ 2020년 2월 국가정보자원관리원 등 다수 정부기관 사이버안전센터 PM
- 2020년 5월 ~ 2021년 3월 광역지자체 AI기반 보안관제시스템 구축 PM
- 2022년 6월 ~ 2022년 12월 한국인터넷진흥원 사이버보안 AI 데이터셋 구축 PM

〈관심 분야〉

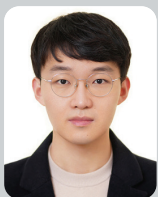
AI, SOAR, Open XDR, Cyber Range, Zero-Trust Architecture, National Network Security Framework(N2SF), Risk Management Framework(K-RMF)

삼성의 과거와 미래를 잇는 기술 여행

디스플레이공학 수업을 수강하면서 다양한 디스플레이 기술에 대해 관심을 가지게 되었습니다. 마침 교수님께서 마련해주신 이번 삼성전자 수원사업장 견학은 그 견해를 늘릴 수 있을 것 같았습니다.

먼저 주차장을 통해 지하로 내려갔다가 건물에 도착해 같이 견학을 간 서울시립대 학생들과 김혁 교수님, 남동현 조교님과 단체 사진을 찍었습니다. 그 후 먼저 1층 삼성 역사관에서 삼성 기업의 첫 발걸음부터 현재까지 도달하기까지의 과정을 영상물로 시청했습니다. 국수 등을 팔던 삼성상회부터 시작하여 세계적인 전자기기 기업까지 도달한 사실이 신기하기도 하며 대단함을 느꼈습니다. 영상물 시청 후 밖으로 나가니 역대 삼성 기업의 마크와 삼성이 후원한 역대 올림픽의 성화봉, 그리고 1970년대부터 사용되었던 TV, 냉장고, 라디오 등도 볼 수 있었습니다.

3층으로 내려가니 기업 혁신의 시대 전시관이 있었습니다. 전시는 크게 정보처리를 가속화한 반도체, 정보를 대중화한 디스플레이, 그리고



장재봉
서울시립대학교



〈그림 1〉 삼성 역사관 (1F)



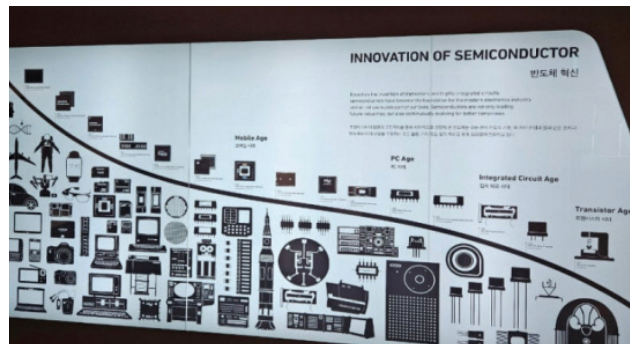
〈그림 2〉 발명가의 시대(5F)



〈그림 4〉 기업 혁신의 시대 (3F)



〈그림 3〉 발전기를 돌리자 나온 영상물



〈그림 5〉 반도체의 혁신 로드맵

정보를 생활화한 모바일 기기로 나뉘었습니다. 반도체의 세계적인 발전 과정과 미래로 시작하여 흑백 TV로 시작한 대중 매체의 첫걸음을 확인할 수 있었고 부모님 또는 그 이전 세대 분들에게는 추억이 될 수 있는 휴대용 전자기기를 또한 볼 수 있었습니다.

긴 에스컬레이터를 올라가 본격적으로 5층부터 관람을 시작했습니다. 삼성이 선보인 다양한 제품들로부터 사람들의 삶이 어떻게 바뀌었는지 보여주는 영상을 시청했으며 영상이 끝나자마자 디스플레이가 커튼처럼 열리며 전기에 관한 역사가 전시된 발명가의 시대 전시관이 나타났습니다. 호박을 문질러 발생한 정전기부터 시작하여 전기를 가둔 라이텐병, 테슬라의 모터 기술 등 전기를 발견하고 활용해온 실제 전시물과 영상물로 확인할 수 있었습니다. 또한 직접 발전기나 라디오를 작동하여 천장의 대형 후드에 관련 영상도 볼 수 있었습니다.

마지막 전학은 2층 창조의 시대 전시관에서 진행되었습니다. 이곳에서는 삼성전자의 최신 기술이 반영된 대표적인 제품을 전시해놓은 갤러리를 볼 수 있었습니다. 갤럭시 S25 시리즈, 갤럭시 링과 워치, 플렉서블 디스플레이를 활용한 폴드와 플립 등 모바일 기기뿐만 아니라 마치 영화관처럼 음향을 조정한 TV와 전원이 꺼져있음에도 액자처럼 그림을 보여주는 디스플레이, 그리고 이들을 하나로 묶어주는 SmartThings의 작동 모습까지 볼 수 있었습니다.

전학이 끝나고 해산하기 전 처음 찍었던 단체 사진이 담긴 마우스패드를 받았습니다. 삼성이노베이션뮤지엄을 견학하면서 특히 인상 깊었던 점은 전시품을 보호하는 대부분의 유리판이 단순한 유리가 아닌 투명 디스플레이로 구성되어 있었다는 것이었습니다. 해당 유리판을 직접 터치하니 전시품에 대한 정보를 보여주었으며 이는 관람하는 사람들의 흥미를 유도함과 동시에 인터랙티브한 전시 환경을 제공한다는 점이 의미가 있다고 생각했습니다. 삼



〈그림 6〉 세계 최초 상용 휴대폰 DynaTAC 8000X(좌)
국내 최초 휴대폰 SH-100(중)
플립폰의 원조 MicroTAC(우)



〈그림 8〉 마우스패드엔 담긴 단체 사진

업에서 배운 이론이 실생활에서 어떻게 구현되는지를 확인하고 배움의 동기를 더욱 확고히 할 수 있었습니다. 앞으로도 이와 같은 경험을 통해 이론과 실무의 간극을 좁히고 제 자신의 진로와 관심 분야에 대해 더 깊이 고민해 나가고자 합니다.



〈그림 7〉 창조의 시대 (2F)

성이노베이션뮤지엄은 역사와 혁신을 단순히 ‘보여주는’ 수준을 넘어, 사용자와 ‘소통하는’ 전시라는 점에서 정말 잘 표현했다고 할 수 있었습니다.

다만 가이드분의 설명과 안내에 따라 일정에 맞춰 이동하다 보니 각 전시물을 자유롭게 관람하거나 사진을 촬영할 시간이 부족해 아쉬웠습니다. 특히 개인적으로 더 깊이 있게 보고 싶었던 디스플레이 제품들도 있었으나 세부적인 내용까지 충분히 살펴볼지 못한 점이 아쉬웠습니다.

이번 삼성이노베이션뮤지엄 견학은 단순한 기업 탐방을 넘어 전자산업의 과거와 현재, 그리고 미래를 직접 보고 체험할 수 있었던 의미 있는 시간이 되었습니다. 특히 전자/전기 기술의 발전이 인류의 삶을 어떻게 변화시켜왔는지를 생생하게 느낄 수 있었으며 디스플레이공학 수

2025 Samsung Innovation Museum 견학 후기

저는 대한전자공학회 2025 대학생 삼성전자 현장체험 학습 프로그램에 참여하여, 5월 16일 삼성전자 수원사업장 내 Samsung Innovation Museum을 방문했습니다. 삼성전자의 혁신 스토리와 더불어 전자산업의 과거와 미래까지 직접 살펴볼 수 있을 것 같아 큰 기대를 안고 견학에 참여하게 되었습니다.

먼저, 1관 ‘발명가의 시대’ 부터 도슨트 설명과 함께 진행되었습니다. 이곳에서 전기, 통신, 라디오 등 전자산업의 기초가 된 발명품과 이를 만든 발명가들의 역사적인 이야기를 듣고 확인할 수 있었습니다. 전자산업 발전의 뿌리를 다루고 있는 내용만큼 발전의 배경과 시점에 초점을 두어 관람하였고, 오늘날 빠르게 성장한 전자산업의 변화의 흐름을 파악하는데 도움이 되었습니다.

2관 ‘기업 혁신의 시대’에서는 전자산업의 비약적 발전을 이끈 주요 기업들의 혁신 사례를 중심으로, 반도체, 디스플레이, 모바일 세 가지



유 지 호
고려대학교(세종)



〈그림 1〉 도슨트와 참석자들 (1관)



〈그림 2〉 삼성전자가 자체 개발한 최초의 64Kb DRAM

테마별 전시를 관람할 수 있었습니다. 트랜지스터의 등장, 집적회로(IC) 기술의 진보, 흑백TV에서 컬러TV, 그리고 평판 및 스마트 디스플레이로의 진화, 휴대전화에서 스마트폰까지의 발전 등 전자산업의 핵심 기술들이 시대 흐름에 따라 정리되어 있었습니다. 특히, 학과 수업을 통해 이론적으로만 배웠던 트랜지스터의 구조와 역할을 실제 전시품을 통해 직접 확인하니 훨씬 더 실감나고 인상 깊었습니다. 그 중에서도 삼성전자가 자체 개발한 최초의 64Kb DRAM은 가장 기억에 남는 전시물 중 하나였습니다. 이 제품이 한국 반도체 산업의 본격적인 시작을 알렸고, 당시로서는 최첨단 기술이었던 DRAM 개발이 삼성전자의 글로벌 시장 진출에 중대한 전환점이 되었다는 사실을 현장에서 직접 체감할 수 있었습니다. 이러한 전시를 통해 한 기업의 기술적 도전과 혁신이 전체 산업의 발전으로 이어질 수 있다는 사실을 다시금 깊이 느낄 수 있었습니다.

다음으로 방문한 3관 ‘창조의 시대’에서는 미래 기술과 삶의 융합을 주제로, 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT),



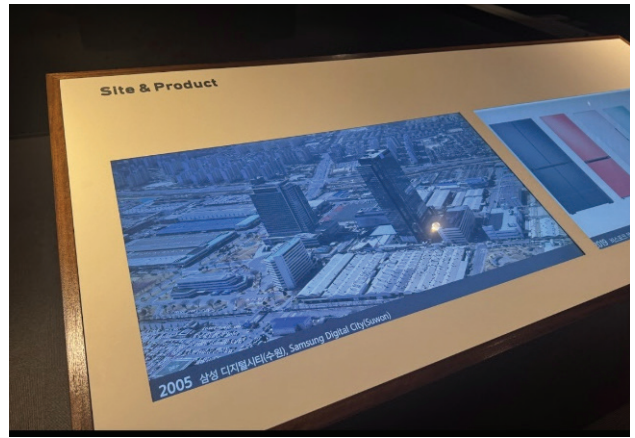
〈그림 3〉 시대별 TV 디자인과 기술 변천을 보여주는 전시 (2관)

5G, 스마트홈 등 4차 산업혁명 핵심 기술이 실생활에 어떻게 적용되는지를 보여주는 다양한 전시를 관람할 수 있었습니다. 많은 전시들 가운데, 평소 관심을 두고 있던 AI 반도체를 직접 확인할 수 있었습니다. AI 반도체는 인공지능 알고리즘을 빠르고 효율적으로 처리하기 위해 설계된 특화된 칩으로, 다양한 스마트 기기에 탑재되어 지능형 기능 구현의 핵심 역할을 담당합니다. 빠르게 발전하는 사회와 지능형 시스템 중심의 기술 환경 속에서, AI 반도체는 필수적인 기반 기술로 자리잡고 있습니다. 대표적인 예로는 인공지능이 탑재된 냉장고가 있었습니다. 냉장고 내부에서 식재료를 자동으로 인식하고, AI가 이를 바탕으로 유통기한을 관리하거나 사용자 맞춤형 레시피를 추천하는 기능이 구현되어 있었습니다. 이를 통해 AI 반도체가 실생활 속에서 어떻게 실질적인 가치를 창출하는지를 직관적으로 이해할 수 있었고, 지능형 가전제품이 앞으로 어떤 방향으로 발전할 수 있을지에 대한 구체적인 상상도 가능했습니다.

‘삼성전자 역사관’ 관람을 끝으로 견학은 마무리되었습



〈그림 4〉 Samsung Innovation Museum 기념품



〈그림 5〉 삼성의 성장과 기술 인프라의 확장 (역사관)

니다. 이곳에서 1969년 삼성전자 설립 이후 현재까지의 역사와 함께 “인재와 기술을 바탕으로 최고의 제품과 서비스를 창출하여 인류사회에 공헌한다”는 기업 이념을 확인할 수 있었습니다. 이번 견학을 통해 기술의 역사와 미래가 하나의 흐름 위에 있다는 사실을 체감할 수 있었고, 단순한 제품의 발전을 넘어 한 기업의 도전과 혁신이 산업 전반에 미치는 영향을 직관적으로 이해하는 뜻깊은 시간이었습니다. 이를 계기로, 기술이 사회에 끼치는 실질적인 영향과 그 잠재력에 대해 다시한번 생각하게 되었으며, 앞으로는 시스템 반도체 및 지능형 전자소자의 설계와 응용을 중심으로 이러한 가능성이 현실적인 기술로 구현될 수 있도록, 전공 지식을 바탕으로 창의적이고 실용적인 접근을 이어가고자 합니다.

통신 분야

[통신]

- 레이트레이싱 시뮬레이터 기반 OFDM 레이다 시스템 설계 및 시뮬레이션
박수영, 최계원

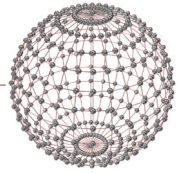
반도체 분야

[반도체 소자 및 재료]

- Dimple 길이의 변화에 따른 V-NAND의 Program 특성 분석
김성우, 강명곤

[SoC 설계]

- 멀티-노드 DPU-GPU 시스템을 위한 효율적인 AI 모델 스케줄링
곽재석, 노원우
- STT-MRAM 기반 TRNG에 대한 종합적 리뷰
지창훈, 나태희



컴퓨터 분야

[인공지능, 신경망 및 퍼지시스템]

- LLM 모델의 시계열 데이터 단기 예측 성능 비교 연구
정현욱, 정은성

[M2M/IoT]

- 가시광통신 기반 스마트 가로등 시스템 개발
이소연, 이강선, 최예원, 심규성, 안병구

인공지능 신호처리 분야

[영상 신호처리]

- 자동 충전을 위한 영상처리 기반 전기차 충전구 위치인식 연구
남세현, 박종우, 한병길, 이영훈, 도현민

[영상 이해]

- 근적외선 얼굴 영상으로부터 캐리커처 영상 생성 기법
맹지승, 이효기, 이현창, 박인규

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

>>2025년 7월

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.01. - 07.03.	2025 International Conference on Control, Automation and Diagnosis (ICCAD)	Barcelona, Spain	https://www.iccad-conf.com/
07.01. - 07.03.	2025 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4.0 & IoT)	Castelldefels, Spain	https://www.metroind40iot.org/
07.01. - 07.03.	2025 16th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)	Irbid, Jordan	https://www.just.edu.jo/icics/
07.02. - 07.05.	2025 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)	Bologna, Italy	https://ieee-iscc.computer.org/2025/
07.02. - 07.04.	2025 13th International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar (IWAGPR)	Thessaloniki, Greece	https://www.iwagpr2025.gr/
07.03. - 07.06.	2025 5th International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)	Paris, France	https://www.icecet.com/
07.03. - 07.05.	2025 IEEE International Conference on Industry 4.0, Artificial Intelligence, and Communications Technology (IAICT)	Bali, Indonesia	http://iaict.org/
07.03. - 07.05.	2025 11th International Conference on Smart Computing and Communications (ICSCC)	Kochi, India	http://icccc.net/
07.04. - 07.06.	2025 IEEE North-East India International Energy Conversion Conference and Exhibition (NE-IECCE)	Silchar, India	https://ne-iecce2025.org/
07.04. - 07.05.	2025 International Conference on Computing Technologies & Data Communication (ICCTDC)	HASSAN, India	https://icctdc.com/
07.04. - 07.06.	2025 International Conference on Smart & Sustainable Technology (INCSST)	Chikodi, India	https://incst.org/
07.04. - 07.05.	2025 International Conference on Information, Implementation, and Innovation in Technology (I2ITCON)	Pune, India	https://commcon.in/
07.04. - 07.06.	2025 4th International Conference on Robotics, Artificial Intelligence and Intelligent Control (RAIC)	Chengdu, China	https://www.raic.org/
07.04. - 07.07.	2025 7th International Conference on Power and Energy Technology (ICPET)	Shanghai, China	https://www.icpet.org/
07.04. - 07.05.	2025 International Conference on Engineering Innovations and Technologies (ICoEIT)	Bhopal, India	http://icoeit.org/
07.06. - 07.10.	2025 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ)	Reims, France	https://fuzzieee2025.conf.lip6.fr/
07.06. - 07.09.	2025 IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI (ISVLSI)	Kalamata, Greece	https://www.ieee-isvlsi.org/ISVLSI_2025_Website/index.html
07.07. - 07.10.	2025 American Control Conference (ACC)	Denver, Colorado, USA	https://acc2025.a2c2.org/
07.07. - 07.09.	2025 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP)	Christchurch, New Zealand	https://attend.ieee.org/tensymp25/
07.07. - 07.12.	2025 IEEE World Congress on Services (SERVICES)	Helsinki, Finland	https://services.conferences.computer.org/2024/
07.07. - 07.09.	2025 IEEE 31st International Symposium on On-Line Testing and Robust System Design (IOLTS)	Ischia, Italy	https://orion.polito.it/iolts/
07.07. - 07.13.	2025 17th International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI)	Bath, United Kingdom	http://conference.cs.cityu.edu.hk/icaci/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.07. - 07.11.	2025 Joint Telematics Group/IEEE Information Theory Society Summer School in Information Theory, Signal Processing, Telecommunication, and Networking	Mumbai, India	http://ee.iitb.ac.in/~itg2025/
07.07. - 07.10.	2025 21st International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods, and Applications to Circuits Design (SMACD)	Istanbul, Turkiye	https://smacd-conference.org/
07.07. - 07.11.	2025 28th International Conference on Information Fusion (FUSION)	Rio de Janeiro, Brazil	https://fusion2025.org/
07.08. - 07.10.	2025 Signal Processing Symposium (SPSympo)	Warsaw, Poland	https://spsympo.ise.pw.edu.pl/en
07.08. - 07.11.	2025 IEEE World Haptics Conference (WHC)	Suwon, Korea (South)	https://2025.worldhaptics.org/
07.08. - 07.10.	2025 Fifth International Symposium on 3D Power Electronics Integration and Manufacturing (3D-PEIM)	Denver, Colorado, USA	https://www.3d-peim.org/
07.08. - 07.11.	2025 IEEE 49th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)	Toronto, Ontario, Canada	https://ieeecompsac.computer.org/2025/
07.08. - 07.10.	2025 38th International Vacuum Nanoelectronics Conference (IVNC)	Reykjavik, Iceland	https://www.vacuumnanoelectronics.org/
07.08. - 07.11.	2025 Sixteenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)	Lisbon, Portugal	https://icufn.org/
07.09. - 07.12.	2025 IEEE 5th International Conference on Sustainable Energy and Future Electric Transportation (SEFET)	Jaipur, India	https://www.sefet.in/
07.10. - 07.18.	2025 IEEE Nuclear and Space Radiation Effects Conference (NSREC)	Nashville, Tennessee, USA	https://www.nsrec.com/
07.10. - 07.13.	2025 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT)	Bengaluru, India	https://ieee-conecct.org/
07.11. - 07.13.	2025 IEEE 26th China Conference on System Simulation Technology and its Applications (CCSSTA)	Shenzhen, China	http://www.ccssta.org.cn/index
07.12. - 07.13.	2025 Intelligent Methods, Systems, and Applications (IMSA)	Giza, Egypt	http://imsa.msa.edu.eg/
07.12. - 07.14.	2025 10th International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP)	Wuxi, China	https://www.icsip.org/index.html
07.12. - 07.15.	2025 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC)	Bali, Indonesia	https://www.icmlc.com/
07.12. - 07.15.	2025 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR)	Bali, Indonesia	https://www.icwapr.org/
07.13. - 07.18.	2025 IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics (ISAF)	Graz, Austria	https://2025.ieee-isaf.org/
07.13. - 07.18.	2025 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and North American Radio Science Meeting (AP-S/ CNC-USNC-URSI)	Ottawa, Ontario, Canada	https://sites.google.com/view/ieeeap-sursi2025
07.13. - 07.16.	2025 IEEE 25th International Conference on Nanotechnology (NANO)	Washington, District of Columbia, USA	https://2025.ieeenano.org/
07.13. - 07.18.	2025 IEEE CNC-USNC-URSI North American Radio Science Meeting (Joint with AP-S Symposium)	Ottawa, Ontario, Canada	https://sites.google.com/view/ieeeap-sursi2025
07.14. - 07.18.	2025 47th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)	Copenhagen, Denmark	https://embc.embs.org/2025/
07.14. - 07.17.	2025 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)	Changhua, Taiwan	https://tc.computer.org/tclt/icalt-2025/
07.14. - 07.18.	2025 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)	Hangzhou, China	https://www.aim2025.org/
07.15. - 07.18.	2025 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2025 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)	Chania, Crete, Greece	https://www.eeeic.net/
07.15. - 07.22	2025 12th International Conference on Machine Intelligence Theory and Applications (MiTA)	Frankfurt, Germany	http://www.mita2025.com/
07.15. - 07.17.	2025 IEEE 8th International Conference on Signal Processing and Machine Learning (SPML)	Hohhot, China	https://www.spml.net/
07.15. - 07.18.	2025 16th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering (ICMAE)	Rome, Italy	https://www.icmae.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.15. - 07.18.	2025 17th Biomedical Engineering International Conference (BMEICON)	Chiang Mai, Thailand	http://www.bmeicon.org/bmeicon2025/
07.16. - 07.18.	2025 6th International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE)	Setúbal, Portugal	https://www.cispee2025.ips.pt/
07.16. - 07.20.	2025 25th International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS)	Hangzhou, China	https://qrs25.techconf.org/
07.16. - 07.20.	2025 25th International Conference on Software Quality, Reliability, and Security Companion (QRS-C)	Hangzhou, China	https://qrs25.techconf.org/
07.16. - 07.18.	2025 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS)	Colmar, France	https://cits.udg.edu/
07.16. - 07.18.	2025 10th International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)	Chengdu, China	https://www.icivc.org/index.html
07.17. - 07.19.	2025 IEEE International Conference on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)	Osaka, Japan	https://ieee-arso.org/
07.17. - 07.18.	2025 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS)	Iasi, Romania	http://scs.etti.tuiasi.ro/isscs2025/
07.18. - 07.21.	2025 International Conference of Clean Energy and Electrical Engineering (ICCEEE)	Changchun, China	http://www.icceee.com/expire.php
07.18. - 07.19.	2025 International Conference on Computing, Intelligence, and Application (CIACON)	Durgapur, India	https://www.ciacon.in/
07.18. - 07.19.	2025 Advanced Computing and Communication Technologies for High Performance Applications (ACCTHPA)	Ernakulam, India	http://ic7.fisat.ac.in/
07.18. - 07.20.	2025 4th International Conference on Power System and Energy Technology (ICPSET)	Chengdu, China	https://www.icpset.org/
07.19. - 07.21.	2025 International Conference on Advanced Machine Learning and Data Science (AMLDS)	Tokyo, Japan	http://amlDs.site/
07.20. - 07.23.	2025 IEEE 20th International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics (ANTEM)	St. John's, Newfoundland and Labrador, Canada	https://antem2025.ieee.ca/
07.20. - 07.23.	2025 IEEE International Professional Communication Conference (ProComm)	Sønderborg, Denmark	https://attend.ieee.org/procomm-2025/
07.20. - 07.22.	2025 IEEE 9th International Test Conference India (ITC India)	Bangalore, India	https://itctestweekindia.org/
07.21. - 07.24.	2025 IEEE 15th International Conference on Power Electronics and Drive Systems (PEDS)	Penang, Malaysia	http://ieee-peds.org/
07.21. - 07.25.	2025 IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West)	Berkeley, California, USA	http://sormawest.org/
07.21. - 07.23.	2025 IEEE 4th German Education Conference (GECon)	Hamburg, Germany	https://attend.ieee.org/gecon-2025/
07.21. - 07.23.	2025 IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP)	Toronto, Ontario, Canada	https://iccp2025.iccp-conference.org/
07.21. - 07.24.	2025 IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPS)	Tucson, Arizona, USA	https://ieeedapps.com/
07.21. - 07.24.	2025 IEEE International Congress on Intelligent and Service-Oriented Systems Engineering (CISOSE)	Tucson, Arizona, USA	https://conf.researchr.org/home/cisose-2025
07.21. - 07.23.	2025 IEEE Photonics Society Summer Topicals Meeting Series (SUM)	Berlin, Germany	https://www.ieee-sum.org/
07.21. - 07.24.	2025 IEEE 11th International Conference on Big Data Computing Service and Machine Learning Applications (BigDataService)	Tucson, Arizona, USA	https://conf.researchr.org/track/cisose-2025/bigdataservice-2025
07.21. - 07.23.	2025 IEEE Space, Aerospace and Defence Conference (SPACE)	Bangalore, India	http://www.ieeespace.org/
07.21. - 07.23.	2025 1st International Symposium on E-CARGO and Applications (E-CARGO)	Guangzhou, China	http://e-cargoschool.com/2025#/
07.21. - 07.24.	2025 IEEE Intelligent Mobile Computing (MobileCloud)	Tucson, Arizona, USA	https://conf.researchr.org/track/cisose-2025/imc-2025
07.21. - 07.24.	2025 IEEE International Conference on Artificial Intelligence Testing (AITest)	Tucson, Arizona, USA	https://ieeetaitest.com/
07.22. - 07.25.	2025 International Symposium on Educational Technology (ISET)	Bangkok, Thailand	https://hksmic.org.hk/iset/2025/
07.23. - 07.25.	2025 Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)	Durban, South Africa	https://www.ictas.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
07.23. - 07.25.	2025 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)	Surabaya, Indonesia	https://elib.its.ac.id/conf/isitia/main/
07.25. - 07.26.	2025 International Conference on Innovations in Intelligent Systems: Advancements in Computing, Communication, and Cybersecurity (ISAC3)	Bhubaneswar, India	https://isac3.in/
07.25. - 07.27.	2025 3rd World Conference on Communication & Computing (WCONF)	Raipur, India	https://wconf.in/
07.25. - 07.27.	2025 International Conference on Computational Intelligence and Robotics (CIR)	Guangzhou, China	https://www.ic-cir.com/
07.25. - 07.27.	2025 IEEE 7th International Conference on Artificial Intelligence, Computer Science, and Information Processing (AICSIP)	Hangzhou, China	https://www.aicsconf.cn/
07.25. - 07.26.	2025 3rd International Conference on Data Science and Network Security (ICDSNS)	Tiptur, India	https://icdsns.co.in/
07.25. - 07.27.	2025 6th International Conference on Energy Power and Automation Engineering (ICEPAE)	Zhengzhou, China	https://www.icepae.org/
07.25. - 07.27.	2025 8th Asia Conference on Energy and Electrical Engineering (ACEEE)	Qingdao, China	https://www.aceee.net/
07.26. - 07.27.	2025 IEEE 4th World Conference on Applied Intelligence and Computing (AIC)	GB Nagar, Gwalior, India	http://scrs.in/conference/aic2025
07.27. - 07.31.	2025 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM)	Austin, Texas, USA	https://pes-gm.org/
07.27. - 07.30.	2025 16th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety (ICRMS)	Shanghai, China	http://www.icrms.cn/#/
07.28. - 08.01.	2025 International Conference on Sampling Theory and Applications (SampTA)	Vienna, Austria	https://sampta25.univie.ac.at/
07.28. - 07.30.	2025 44th Chinese Control Conference (CCC)	Chongqing, China	https://ccc2025.cqu.edu.cn/
07.28. - 08.01.	2025 IEEE International Conference on Manipulation, Manufacturing and Measurement on the Nanoscale (3M-NANO)	Changchun, China	http://www.3m-nano.org/2025/main/index.asp
07.28. - 07.31.	NAECON 2025 - IEEE National Aerospace and Electronics Conference	Dayton, Ohio, USA	https://attend.ieee.org/naecon-2025/
07.28. - 08.01.	2025 IEEE Space Computing Conference (SCC)	Los Angeles, California, USA	https://2025.smcit-scc.space/
07.28. - 08.01.	2025 IEEE 11th International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology (SMC-IT)	Los Angeles, California, USA	https://2025.smcit-scc.space/
07.29. - 08.01.	2025 IEEE MTT-S International Conference on Numerical Electromagnetic and Multiphysics Modeling and Optimization (NEMO)	Tianjin, China	http://www.em-conf.com/nemo2025/
07.29. - 07.31.	2025 8th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)	Erode, India	https://icocmc.com/ICCMC-25/
07.30. - 08.01.	2025 10th International STEM Education Conference (IStEM-Ed)	Pattaya, Thailand	http://www.istem-ed.com/2025/

>>2025년 8월

08.01. - 08.02.	2025 12th International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology - Signal and Information Processing (ICETET - SIP)	Nagpur, India	https://ghrce.raisoni.net/icetetsip-25/index.php
08.01. - 08.03.	2025 International Conference on Equipment Intelligent Operation and Maintenance (ICEIOM)	Urumqi, China	http://iceiom2025.aconf.org/
08.01. - 08.02.	2025 Third International Conference on Networks, Multimedia and Information Technology (NMITCON)	BENGALURU, India	https://nitte.edu.in/nmit/nmitcon/
08.01. - 08.03.	2025 International Conference on Mechanical Automation and Engineering Applications (ICMAEA)	Chongqing, China	https://www.icmaea.org/
08.01. - 08.03.	2025 International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM)	Portsmouth, United Kingdom	http://www.ieee-arm.org/
08.02.	2025 IEEE 16th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)	Shah Alam, Malaysia	https://sites.google.com/view/icsgrc-malaysia/home
08.03. - 08.06.	2025 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)	Beijing, China	http://2025.ieee-icma.org/
08.03. - 08.06.	2025 IEEE 20th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)	Yantai, China	https://www.ieeeiciea.org/2025/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
08.03. - 08.07.	2025 IEEE 13th Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation (APCAP)	Christchurch, New Zealand	http://www.ieee-apcap.org/
08.03. - 08.06.	2025 IEEE 5th International Conference on Electrical Materials and Power Equipment (ICEMPE)	Harbin, China	https://www.icempe2025.org/
08.04. - 08.07.	2025 IEEE Technology and Engineering Management Society Conference - Global (TEMSCON Global)	San Diego, California, USA	https://2025.ieee-temscon-global.org/
08.04. - 08.06.	2025 IEEE International Conference on Cyber Security and Resilience (CSR)	Chania, Crete, Greece	https://www.ieee-csr.org/
08.04. - 08.06.	2025 IEEE International Conference on Omni-layer Intelligent Systems (COINS)	Madison, Wisconsin, USA	https://coinsconf.com/
08.04. - 08.07.	2025 34th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN)	Tokyo, Japan	http://www.iccn.org/iccn25/
08.04. - 08.06.	2025 IEEE International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition (IWEM)	Hong Kong	http://www.iwem2025.org/
08.04. - 08.08.	2025 4th International Conference on Power Systems and Electrical Technology (PSET)	Tokyo, Japan	https://www.pset.org/
08.05. - 08.08.	2025 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS)	Alexandria, Virginia, USA	https://ests.mit.edu/
08.05. - 08.08.	2025 IEEE International Flexible Electronics Technology Conference (IFETC)	Vancouver, British Columbia, Canada	https://ieee-ifetc.org/
08.05. - 08.09.	2025 10th International Youth Conference on Energy (IYCE)	Budapest, Hungary	https://www.iyce-conf.org/
08.05. - 08.08.	2025 International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ETNCC)	Windhoek, Namibia	https://etncc.nust.na/
08.05. - 08.06.	2025 14th International Conference on Information Technology in Asia (CITA)	Kota Samarahan, Malaysia	https://www.conference.unimas.my/cita/en/
08.06. - 08.07.	2025 IEEE Annual Reliability and Maintainability Symposium - Europe (RAMS-Europe)	Amsterdam, Netherlands	http://rams-europe.org/
08.06. - 08.08.	2025 3rd International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS)	Erode, India	http://icscds.com/
08.06. - 08.08.	2025 IEEE/ACM International Symposium on Low Power Electronics and Design (ISLPED)	Reykjavik, Iceland	https://islped.org/2025/
08.06. - 08.08.	2025 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration and Data Science (IRI)	San Jose, California, USA	https://homepages.uc.edu/~niunn/IRI25/
08.06. - 08.08.	2025 IEEE South Asia Ferroelectric Symposium (SAFS)	Bangalore, India	http://2025.ieee-safs.org/
08.07. - 08.08.	2025 8th International Conference on Circuit, Power & Computing Technologies (ICCPCT)	Kollam, India	http://www.iccpct.in/
08.07. - 08.09.	2025 International Conference on Artificial Intelligence, Computer, Data Sciences and Applications (ACDSA)	Antalya, Türkiye	https://acdsa.org/index.php
08.07. - 08.09.	2025 International Conference on Networks & Advances in Computational Technologies (NetACT)	Trivandrum, India	https://netact25.in/
08.08. - 08.10.	2025 IEEE 8th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)	Guiyang, China	http://www.iaeac.org/
08.08. - 08.09.	2025 International Conference on Biomedical Engineering and Sustainable Healthcare (ICBMESH)	Manipal, India	https://conference.manipal.edu/ICBMESH2025/
08.09.	2025 IEEE 7th Symposium on Computers & Informatics (ISCI)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://www.isci.asia/
08.10. - 08.15.	2025 IEEE North American Particle Accelerator Conference (NA-PAC)	Sacramento, California, USA	https://events.slac.stanford.edu/napac25
08.10. - 08.13.	2025 IEEE 68th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)	Lansing/E. Lansing, Michigan, USA	https://mwscas.tripod.com/
08.10. - 08.13.	2025 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC)	Shanghai, China	https://iccc2025.ieee-iccc.org/
08.11. - 08.13.	2025 IEEE International Conference on Advanced Visual and Signal-Based Systems (AVSS)	Tainan, Taiwan	https://sites.google.com/view/avss2025-tw
08.12. - 08.13.	2025 9th International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)	Coimbatore, India	http://icoisc.org/2025/
08.13. - 08.14.	2025 International Conference on Computing and Artificial Intelligence Technology (ICCAIT)	Cairo, Egypt	http://iccait-24.tech/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
08.13. - 08.15.	2025 IEEE Research and Applications of Photonics in Defense Conference (RAPID)	Miramar Beach, Florida, USA	https://ieee-rapid.org/
08.13. - 08.15.	2025 IEEE International Humanitarian Technology Conference (IHTC)	Edmonton, Alberta, Canada	https://2025.ieee-ihctc.org/
08.13. - 08.15.	2025 IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM)	Popayan, Colombia	https://2025.ieee-colcom.org/
08.15. - 08.17.	2025 IEEE Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications in Asia (WiPDA Asia)	Beijing, China	https://www.wipda-asia2025.org/
08.15. - 08.17.	2025 IEEE 5th New Energy and Energy Storage System Control Summit Forum (NEESSC)	Hohhot, China	https://www.neesconf.com/
08.15. - 08.17.	2025 International Conference on Energy Technology and Electrical Engineering (ETEE)	Shenyang, China	https://www.ic-eteec.com/
08.16. - 08.17.	2025 International Conference on Artificial Intelligence and Machine Vision (AIMV)	Gandhinagar, India	https://www.aimv.in/
08.17. - 08.22.	2025 50th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz)	Helsinki, Finland	https://www.irmmw-thz.org/
08.17. - 08.21.	2025 IEEE 21st International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)	Los Angeles, California, USA	https://2025.ieeeecase.org/
08.17. - 08.22.	2025 URSI Asia-Pacific Radio Science Meeting (AP-RASC)	Sydney, Australia	http://www.ap-rasc.com/home.php
08.17. - 08.22.	2025 Cybersecurity4D (C4D)	Gqeberha, South Africa	https://paicta.co/
08.17. - 08.19.	2025 International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Systems (ARIS)	Taichung, Taiwan	https://aris2025.nchu.edu.tw/
08.18. - 08.22.	2025 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Signal & Power Integrity (EMC+SIPI)	Raleigh, North Carolina, USA	http://www.emc2025.emcss.org/
08.19. - 08.22.	2025 22nd International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology (IBCAST)	Murree, Pakistan	https://www.ibcast.org.pk/
08.20. - 08.23.	2025 5th Power System and Green Energy Conference (PSGEC)	Hong Kong, Hong Kong	https://www.psgec.org/
08.20. - 08.22.	2025 IEEE 31st International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications (RTCSA)	Singapore, Singapore	https://rtcsa2025.github.io/
08.20. - 08.22.	2025 IEEE Conference on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB)	Tainan, Taiwan	http://smile.ee.ncku.edu.tw/cibcb2025/
08.21. - 08.23.	2025 International Conference on Smart Multimedia (ICSM)	Paris, France	https://smartmultimedia.org/2025/
08.21. - 08.22.	2025 International Conference on Applications of Machine Intelligence and Data Analytics (ICAMIDA)	Aurangabad, India	http://icamida.mgmua.ac.in/
08.21. - 08.23.	2025 IEEE 6th India Council International Subsections Conference (INDISCON)	Rourkela, India	https://www.ieeeindiscon.org/
08.22. - 08.23.	2025 International Conference on Sustainability, Innovation & Technology (ICSIT)	Nagpur, India	https://www.icsitnagpur.in/
08.22. - 08.24.	2025 International Power and Sustainable Energy Technologies Conference (PSETC)	Singapore, Singapore	https://www.psetc.net/
08.22. - 08.23.	2025 2nd International Conference on Intelligent Algorithms for Computational Intelligence Systems (IACIS)	Hassan, India	https://iacis.co.in/
08.22. - 08.24.	2025 6th International Conference on Control, Robotics and Intelligent System (CCRIS)	Guangzhou, China	http://www.ccris-conf.net/
08.22. - 08.24.	2025 8th International Conference on Big Data and Artificial Intelligence (BDAI)	Taichang, China	https://www.bdai.net/
08.22. - 08.23.	2025 IEEE 15th International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)	Batu Ferringhi, Penang, Malaysia	http://acscrg.com/iccsc2025/
08.22. - 08.23.	2025 17th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC)	Hangzhou, China	http://ihmsc.zju.edu.cn/
08.23. - 08.24.	2025 IEEE 5th International Conference on Applied Mathematics, Modeling and Computer Simulation (AMMCS)	Nanjing, China	https://www.ammcs.org/
08.23. - 08.25.	2025 6th International Conference on Clean and Green Energy Engineering (CGEE)	Zagreb, Croatia	https://www.cgee.org/
08.24. - 08.27.	2025 IEEE Symposium on Diagnostics for Electric Machines, Power Electronics and Drives (SDEMPED)	Dallas, Texas, USA	https://www.ieee-sdemped.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
08.24. - 08.26.	2025 IEEE 9th Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI)	Tunis, Tunisia	https://2025.ieee-rtsi.org/
08.24. - 08.26.	2025 IEEE Hot Chips 37 Symposium (HCS)	Stanford, California, USA	https://www.hotchips.org/
08.25. - 08.29.	2025 34th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)	Eindhoven, Netherlands	https://www.ro-man2025.org/
08.25. - 08.27.	2025 International Conference on Metaverse Computing, Networking and Applications (MetaCom)	Seoul, Korea (South)	https://ieee-metacom.org/
08.26. - 08.29.	2025 IEEE Conference on Games (CoG)	Lisbon, Portugal	https://cog2025.inesc-id.pt/
08.26. - 08.28.	2025 22nd Annual International Conference on Privacy, Security, and Trust (PST)	Fredericton, New Brunswick, Canada	http://pstnet.ca/
08.26. - 08.29.	2025 29th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)	Miedzyzdroje, Poland	http://mmar.edu.pl/
08.27. - 08.28.	2025 IEEE 8th International Conference on Electrical, Control and Computer Engineering (InECCE)	Kuantan, Malaysia	https://sites.google.com/umpsa.edu.my/inecce2025
08.27. - 08.29.	2025 30th International Conference on Automation and Computing (ICAC)	Loughborough, United Kingdom	https://cacsuk.co.uk/conferences
08.27. - 08.29.	2025 XXV Symposium of Image, Signal Processing, and Artificial Vision (STSIVA)	Armenia, Colombia	https://stsiva.ieee.org.co/
08.28. - 08.31.	2025 International Conference on Information and Automation (ICIA)	Lanzhou, China	http://www.icia2025.org/
08.28. - 08.30.	2025 International Conference on Artificial intelligence and Emerging Technologies (ICAET)	Bhubaneswar, India	https://scse.xim.edu.in/news-events/icaet-2025/
08.29. - 08.30.	2025 IEEE 2nd International Conference on Information Technology, Electronics and Intelligent Communication Systems (ICITEICS)	Bangalore, India	https://iteics.in/index.php
08.29. - 08.31.	2025 Global Conference on Information Technology and Communication Networks (GITCON)	Belagavi, India	https://gitcon.in/
08.29. - 08.30.	2025 IEEE Madhya Pradesh Section Conference (MPCON)	Jabalpur, India	http://mpcon.in/
08.29. - 08.31.	2025 IEEE 7th International Conference on Power, Intelligent Computing and Systems (ICPICS)	Shenyang, China	http://www.icpics.org/
08.31. - 09.03.	2025 IEEE 35th International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP)	Istanbul, Turkiye	https://2025.ieeemlsp.org/en/Default.asp?

>>2025년 9월

09.01. - 09.04.	2025 IEEE 36th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)	Istanbul, Turkiye	https://pimrc2025.ieee-pimrc.org/
09.01. - 09.04.	2025 Energy Conversion Congress & Expo Europe (ECCE Europe)	Birmingham, United Kingdom	https://www.ecce-europe.org/2025/
09.01. - 09.05.	2025 IEEE 20th International Symposium on Electrets (ISE)	Shimane, Japan	http://www.ieeeise2025.org/
09.01. - 09.05.	2025 IEEE 33rd International Requirements Engineering Conference (RE)	Valencia, Spain	https://conf.researchr.org/home/re-2025
09.01. - 09.03.	2025 International Conference on Computing and Communications (COMPUTINGCON)	Talegaon, India	https://computingcon.org/
09.01. - 09.06.	2025 Nineteenth International Congress on Artificial Materials for Novel Wave Phenomena (Metamaterials)	Amsterdam, Netherlands	https://congress.metamorphose-vi.org/
09.01. - 09.04.	2025 Sixth International Conference on Intelligent Data Science Technologies and Applications (IDSTA)	Varna, Bulgaria	http://idsta-conference.org/2025/
09.01. - 09.04.	2025 International Conference on Intelligent Computing, Communication, Networking and Services (ICCNS)	Varna, Bulgaria	http://iccns-conference.org/2025/
09.01. - 09.04.	2025 IEEE 102nd Vehicular Technology Conference (VTC2025-Fall)	Chengdu, China	https://events.vtsociety.org/vtc2025-fall/
09.01. - 09.05.	2025 IEEE 33rd International Requirements Engineering Conference Workshops (REW)	Valencia, Spain	https://conf.researchr.org/home/RE-2025
09.01. - 09.04.	2025 International Conference on Cybersecurity and AI-Based Systems (Cyber-AI)	Varna, Bulgaria	http://cyber-ai.org/
09.02. - 09.04.	2025 International Conference on Sustainable Technologies for Humanity and Smart World (HSWTech)	Pune, India	https://mitwpu.edu.in/ieee-conference

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
09.02. - 09.05.	2025 IEEE International Conference on Cluster Computing Workshops (CLUSTER Workshops)	Edinburgh, United Kingdom	https://clustercomp.org/2025/
09.02. - 09.05.	2025 European Conference on Mobile Robots (ECMR)	Padova, Italy	https://ecmr2025.dei.unipd.it/
09.02. - 09.03.	2025 9th International Conference On Electrical, Electronics And Information Engineering (ICEEIE)	Mataram, Indonesia	https://iceeie.um.ac.id/
09.03. - 09.04.	2025 3rd International Conference on Recent Advances in Information Technology for Sustainable Development (ICRAIS)	Manipal, India	https://conference.manipal.edu/ICRAIS2025/
09.04. - 09.05.	2025 International Conference on Electronics and Computing, Communication Networking Automation Technologies (ICEC2NT)	Pune, India	http://icec2nt.com/index.php
09.05. - 09.07.	2025 2nd International Conference on Circuits, Power and Intelligent Systems (CCPIS)	Bhubaneswar, India	https://ccpis.in/
09.05. - 09.06.	2025 7th International Conference on Information Systems and Computer Networks (ISCON)	Mathura, India	https://www.gla.ac.in/iscon2025/
09.07. - 09.11.	2025 XXXV International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA)	Sozopol, Bulgaria	https://metrology-bg.org/
09.08. - 09.12.	2025 33rd European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	Palermo, Italy	https://eusipco2025.org/
09.08. - 09.13.	2025 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME)	Auckland, New Zealand	https://conf.researchr.org/home/icsme-2025
09.08. - 09.09.	2025 IEEE Industrial Electronics and Applications Conference (IEACon)	Kota Kinabalu Sabah, Malaysia	https://ieeieacon.org/
09.08. - 09.10.	2025 IEEE International Conference on Cyber Humanities (IEEE-CH)	Florence, Italy	https://www.ieee-ch.org/
09.08. - 09.12.	2025 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA)	Palermo, Italy	https://www.iceaa-offshore.org/
09.08. - 09.12.	2025 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)	Palermo, Italy	https://www.iceaa-offshore.org/
09.08. - 09.10.	2025 IEEE Conference on Telepresence	Leiden, Netherlands	https://conf.telepresence.ieee.org/
09.08. - 09.09.	2025 International Conference on Applied Electronics (AE)	Pilsen, Czech Republic	https://www.appel.zcu.cz/
09.08. - 09.11.	2025 IEEE European Solid-State Electronics Research Conference (ESSERC)	Munich, Germany	https://www.esserc2025.org/
09.08. - 09.11.	2025 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS)	Avignon, France	https://cns2025.ieee-cns.org/
09.08. - 09.10.	2025 ACM/IEEE 7th Symposium on Machine Learning for CAD (MLCAD)	Mountain View, California, USA	https://mlcad.org/symposium/2025/
09.08. - 09.11.	2025 IEEE International Joint Conference on Biometrics (IJCB)	Osaka, Japan	https://ijcb2025.ieee-biometrics.org/
09.08. - 09.09.	2025 IEEE 16th International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)	Wien, Austria	https://scitope.com/coginfocom25/
09.09. - 09.12.	2025 2nd International Conference on Integration of Computational Intelligent System (ICICIS)	Lohegaon, India	https://iee-icicis.in/
09.09. - 09.11.	2025 IEEE 14th International Conference on Engineering Education (ICEED)	Kuching, Sarawak, Malaysia	http://enter.uitm.edu.my/iceed/
09.09. - 09.11.	2025 IEEE 8th International Conference on Electrical, Electronics, and System Engineering (ICEESE)	Kuching, Malaysia	http://enter.uitm.edu.my/iceese/
09.09. - 09.12.	2025 IEEE 10th Optoelectronics Global Conference (OGC)	Shenzhen, China	https://www.ipsogc.org/
09.10. - 09.12.	2025 International Conference on Responsible, Generative and Explainable AI (ResGenXAI)	Bhubaneswar, India	https://www.resgenxai.co.in/
09.10. - 09.11.	2025 IEEE International Conference on Sensors and Nanotechnology (SENNANO)	Selangor, Malaysia	https://sensors-nano.ieeemy.org/conference/
09.10. - 09.12.	2025 Fifteenth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU)	Busan, Korea (South)	http://www.icmu.org/icmu2025/
09.10. - 09.12.	2025 Immersive and 3D Audio: from Architecture to Automotive (I3DA)	Bologna, Italy	https://www.i3da2025.org/
09.10. - 09.13.	2025 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS)	Santa Clara, California, USA	https://attend.ieee.org/istas-2025/
09.10. - 09.13.	2025 17th Electrical Engineering Faculty Conference - Energetics and Efficiency (BulEF)	Varna, Bulgaria	http://ef-conference.tu-sofia.bg/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
09.10. - 09.11.	2025 IEEE 2nd International Conference on Communication Engineering and Emerging Technologies (ICoCET)	Putrajaya, Malaysia	https://sites.google.com/unimap.edu.my/icocet-2025/home
09.10. - 09.12.	2025 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU)	Bursa, Türkiye	http://asyu.inista.org/
09.12. - 09.13.	2025 5th International Conference on Emerging Research in Electronics, Computer Science and Technology (ICERECT)	MANDYA, India	http://icerec.com/
09.13. - 09.14.	2025 IEEE International Conference on Industrial Technology & Computer Engineering (ICITCE)	Penang, Malaysia	https://sites.google.com/view/ieeicitce2025
09.14. - 09.17.	2025 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP)	Manchester, United Kingdom	https://ceidp.org/
09.14. - 09.17.	2025 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)	Anchorage, Alaska, USA	https://2025.ieeeicip.org/
09.14. - 09.19.	2025 International Conference on Numerical Simulation of Optoelectronic Devices (NUSOD)	Lodz, Poland	https://www.nusod.net/
09.14. - 09.18.	2025 AIAA DATC/IEEE 44th Digital Avionics Systems Conference (DASC)	Montreal, Quebec, Canada	https://2025.dasconline.org/
09.14. - 09.17.	2025 20th Conference on Computer Science and Intelligence Systems (FedCSIS)	Kraków, Poland	https://2025.fedcsis.org/
09.14. - 09.16.	2025 IEEE Technology & Engineering Management Conference - Asia Pacific (TEMSCON-ASPAC)	Bangkok, Thailand	https://2025.aspac-temscon.com/%20(under%20construction
09.15. - 09.18.	2025 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS)	Utrecht, Netherlands	https://2025.ieee-ius.org/
09.15. - 09.19.	2025 IEEE AUTOTESTCON	National Harbor, Maryland, USA	https://2025.autotestcon.com/
09.15. - 09.18.	2025 25th European Microelectronics and Packaging Conference & Exhibition (EMPC)	Grenoble, France	https://empc2025.org/
09.15. - 09.18.	2025 IEEE International Conference on e-Science (e-Science)	Chicago, Illinois, USA	http://www.escience-conference.org/2025/
09.15. - 09.16.	2025 Interdisciplinary Conference on Electrics and Computer (INTCEC)	Chicago, Illinois, USA	https://www.intcec.org/
09.16. - 09.19.	2025 IEEE International Conference on Development and Learning (ICDL)	Prague, Czech Republic	https://icdl2025.fel.cvut.cz/
09.16. - 09.17.	2025 International Conference on Computing and Applied Informatics (ICCAI)	Medan, Indonesia	https://ocs.usu.ac.id/ICCAI/ICCAI2025
09.16. - 09.19.	2025 International Symposium on Computer Science and Educational Technology (ISCSET)	Ulaanbaatar, Mongolia	https://www.iscset-conf.org/
09.16. - 09.18.	2025 IEEE International Symposium on Consumer Technology (ISCT)	Denpasar, Bali, Indonesia	https://isct.ctsoc.id/
09.16. - 09.18.	2025 XXXIV International Scientific Conference Electronics (ET)	Sozopol, Bulgaria	https://e-university.tu-sofia.bg/e-conf/?konf=24
09.16. - 09.18.	2025 28th International Workshop on Smart Antennas (WSA)	Erlangen, Germany	https://www.wsa2025.fau.de/
09.17. - 09.20.	2025 IEEE 7th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)	Kremenchuk, Ukraine	http://mees.ieee.org.ua/
09.17. - 09.19.	2025 Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA)	Poznan, Poland	https://spaconference.org/pl/
09.17. - 09.18.	2025 IEEE International Conference on Next-Gen Technologies of Artificial Intelligence and Geoscience Remote Sensing (EarthSense)	Hyderabad, India	https://attend.ieee.org/earthsense-2025/
09.17. - 09.18.	2025 International Mobile, Intelligent, and Ubiquitous Computing Conference (MIUCC)	Cairo, Egypt	http://miucc.miuegypt.edu.eg/
09.17. - 09.19.	2025 3rd International Conference on Intelligent Cyber Physical Systems and Internet of Things (ICoCI)	Coimbatore, India	http://icicpi.com/2025/
09.18. - 09.20.	2025 Third International Conference on Industry 4.0 Technology (I4Tech)	Pune, India	https://www.vit.edu/I4Tech2025/
09.18. - 09.20.	2025 First International Conference on Intelligent Computing and Communication Systems (CICCS)	Bengaluru, India	http://iccs2025.jssateb.ac.in/
09.18. - 09.19.	2025 IEEE International Conference on Compute, Control, Network & Photonics (ICCCNP)	Bangalore, India	https://attend.ieee.org/icccnp-2025/
09.18. - 09.19.	2025 IEEE International Conference on Unmanned Systems (ICUS)	Changzhou, China	http://icus.c2.org.cn/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
09.18. - 09.20.	2025 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)	Split, Croatia	https://2025.softcom.fesb.unist.hr/
09.18. - 09.21.	2025 International Conference on Education Technology and Computers (ICETC)	Barcelona, Spain	https://www.icetc.org/
09.19. - 09.20.	2025 2nd Asia Pacific Conference on Innovation in Technology (APCIT)	MYSORE, India	https://apcit.in/
09.19. - 09.21.	2025 International Conference on Intelligent Equipment and Industrial Design (IEID)	Hangzhou, China	https://www.icieid.org/
09.19. - 09.21.	2025 8th International Conference on Computer Network, Electronic and Automation (ICCNEA)	Xi'an, China	https://cs.xatu.edu.cn/iccnea25/index.html
09.19.	2025 IEEE WIE International Leadership Summit - Region 4 (WIE ILS- Twin Cities)	Twin Cities, Minnesota, USA	https://wie.ieee.org/news-events/conferences/international-leadership-summits/
09.19. - 09.21.	2025 IEEE 5th International Conference on Control Theory and Applications (ICCoTA)	Chengdu, China	https://www.icocta.org/
09.19. - 09.21.	2025 4th International Conference on Artificial Intelligence and Computer Information Technology (AICIT)	Yi Chang, China	http://www.2025aicit.com/
09.19. - 09.22.	2025 5th International Conference on Intelligent Technology and Embedded Systems (ICITES)	Huzhou, China	https://www.icites.net/
09.19. - 09.21.	2025 8th International Conference on Robotic Systems and Applications (ICRSA)	Wuhan, China	https://www.icrsa.org/
09.19. - 09.21.	2025 8th International Conference on Information Communication and Signal Processing (ICICSP)	Xi'an, China	https://www.icsp.org/
09.19. - 09.22.	2025 7th International Conference on Circuits and Systems (ICCS)	Huzhou, China	https://www.iccs.org/
09.19. - 09.21.	2025 International Conference on Unmanned Systems and Technology (UST)	Guangzhou, China	https://www.ic-ust.com/
09.19. - 09.21.	2025 5th International Conference on Artificial Intelligence, Automation and High Performance Computing (AIAHPC)	Hefei, China	https://www.aiahpc.org/
09.20. - 09.26.	2025 IEEE International Test Conference (ITC)	San Diego, California, USA	https://www.itctestweek.org/
09.21. - 09.23.	2025 IEEE International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP)	Beijing, China	https://attend.ieee.org/mmisp-2025/
09.21. - 09.26.	2025 31st International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum (ISDEIV)	Chengdu, China	https://isdeiv2025.org/
09.21. - 09.24.	2025 20th International Conference on PhD Research in Microelectronics and Electronics (PRIME)	Taormina, Italy	https://prime-conference.org/
09.21. - 09.24.	2025 SBFoton International Optics and Photonics Conference (SBFoton IOPC)	São Pedro/SP, Brazil	https://conference2025.sbfoton.org.br/
09.22. - 09.25.	2025 IEEE IAS Petroleum and Chemical Industry Technical Conference (PCIC)	Dallas, Texas, USA	https://ieeepcic.com/
09.22. - 09.23.	2025 20th European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC)	Utrecht, Netherlands	https://www.eumw.eu/
09.22. - 09.24.	2025 IEEE 4th International Conference on Industrial Electronics for Sustainable Energy Systems (IESES)	Beijing, China	https://attend.ieee.org/ieses-2025/
09.23. - 09.25.	2025 IEEE World Forum on Public Safety Technology (WF-PST)	Orlando, Florida, USA	https://ieee-wfpst.org/
09.23. - 09.25.	2025 55th European Microwave Conference (EuMC)	Utrecht, Netherlands	https://www.eumw.eu/
09.23. - 09.26.	2025 IEEE 14th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)	Osaka, Japan	http://www.ieee-gcce.org/2025/index.html
09.23. - 09.26.	2025 IEEE International Conference on Cloud Engineering (IC2E)	Rennes, France	https://conferences.computer.org/IC2E/2025/
09.24. - 09.26.	2025 22nd European Radar Conference (EuRAD)	Utrecht, Netherlands	https://www.eumw.eu/
09.24. - 09.26.	2025 7th International Conference on Renewable Energy for Developing Countries (REDEC)	Beirut, Lebanon	http://www.redeconf.org/
09.24. - 09.26.	2025 Sixth International Conference on Advances in Computational Tools for Engineering Applications (ACTEA)	Zouk Mosbeh, Lebanon	https://www.ndu.edu.lb/actea/home
09.24. - 09.26.	2025 31st International Workshop on Thermal Investigations of ICs and Systems (THERMINIC)	Naples, Italy	https://therminic2025.eu/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
09.24. - 09.26.	2025 IEEE 15th International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS)	Bucharest, Romania	https://amps2025.ieee-ims.org/
09.24. - 09.26.	2025 12th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE)	Istanbul, Turkiye	https://www.iceee.org/
09.24. - 09.26.	2025 International Conference on Electrical Drives and Power Electronics (EDPE)	Dubrovnik, Croatia	https://www.edpe2025.fer.hr/
09.25. - 09.26.	2025 International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG)	Darmstadt, Germany	https://biosig.de/
09.26. - 09.27.	2025 IEEE International Conference for Women in Innovation, Technology & Entrepreneurship (ICWITE)	Bangalore, India	http://icwite-2025.ieeebangalore.org/
09.26. - 09.28.	2025 10th International Seminar on Computer Technology, Mechanical and Electrical Engineering (ISCME)	Yantai, China	https://www.is-cme.com/
09.26. - 09.28.	2025 3rd Asian Aerospace and Astronautics Conference (AAAC)	Nanjing, China	https://www.aaac.net/index.html
09.26. - 09.28.	2025 2nd International Conference on Communication, Information and Digital Technologies (CIDT)	Singapore, Singapore	http://www.iccidt.org/
09.26. - 09.28.	2025 2nd International Conference on Machine Learning, Pattern Recognition and Automation Engineering (MLPRAE)	Jinan, China	https://www.mlprae.com/
09.27. - 09.29.	2025 IEEE 8th International Conference on Information Systems and Computer Aided Education (ICISCAE)	Dalian, China	http://www.iciscaae.org/
09.27. - 09.29.	2025 8th International Conference on Renewable Energy and Power Engineering (REPE)	Beijing, China	https://www.repe.net/
09.27. - 09.28.	2025 IEEE North Karnataka Subsection Flagship International Conference (NKCon)	Hubballi, India	https://nkcon2025.ieeenkss.org/
09.27. - 09.28.	2025 IEEE International Conference on Advances in Computing Research On Science Engineering and Technology (ACROSET)	INDORE, India	https://acroset.in/
09.28. - 09.30.	2025 IEEE Conference on Power Electronics and Renewable Energy (CPERE)	Aswan, Egypt	https://www.ieee-cpere.org/
09.29. - 10.02.	2025 IEEE PES/IAS PowerAfrica	Cairo, Egypt	https://ieee-powerafrica.org/
09.29. - 10.03.	2025 IEEE International Conference on Autonomic Computing and Self-Organizing Systems Companion (ACSOS-C)	Tokyo, Japan	https://conf.researchr.org/home/acsos-2025
09.29. - 10.03.	2025 IEEE International Conference on Autonomic Computing and Self-Organizing Systems (ACSOS)	Tokyo, Japan	https://conf.researchr.org/home/acsos-2025
09.30. - 10.02.	2025 IEEE 10th Workshop on the Electronic Grid (eGRID)	Glasgow, United Kingdom	https://2025.ieee-egrid.org/
09.30. - 10.02.	2025 IEEE History of Electrotechnology Conference (HISTELCON)	Bonn, Germany	http://www.2025.ieee-histelcon.org/

>>2025년 10월

10.01. - 10.03.	2025 Artificial Intelligence for Business (AIB)	Laguna Hills, California, USA	https://www.aib.org/
10.01. - 10.03.	2025 Artificial Intelligence x Humanities, Education, and Art (AIXHEART)	Laguna Hills, California, USA	https://www.aixheart.org/
10.01. - 10.02.	2025 2nd International Conference on Innovations in Engineering, Science and Technology for Sustainable Development (ICEST)	Male', Maldives	http://icest.mnu.edu.mv/
10.01. - 10.03.	2025 Conference on AI, Science, Engineering, and Technology (AIXSET)	Laguna Hills, California, USA	https://www.aixset.org/
10.01. - 10.03.	2025 International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)	Oulu, Finland	http://cc.oulu.fi/~ulce/icnsc2025/index.html
10.04. - 10.10.	2025 IEEE 8th Congress on Information Science and Technology (CIST)	Marrakech, Morocco	http://www.ieee-congress.org/cist25/
10.04.	2025 IEEE 15th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://sites.google.com/view/icset-malaysia/home
10.05. - 10.08.	2025 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)	Vienna, Austria	https://www.ieeesmc2025.org/
10.05. - 10.09.	2025 9th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR)	Matsue, Japan	https://apsar2025.ce.t.kyoto-u.ac.jp/index.php
10.05. - 10.08.	2025 Brazilian Power Electronics Conference (COBEP)	Vitoria, Brazil	https://cobep2025.ufes.br/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.06. - 10.10.	2025 IEEE 6th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)	Kharkiv, Ukraine	http://khpiweek.ieee.org.ua/
10.06. - 10.10.	2025 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)	Raleigh, North Carolina, USA	https://conf.researchr.org/home/vlhcc-2025
10.06. - 10.08.	2025 IEEE 22nd International Conference on Mobile Ad-Hoc and Smart Systems (MASS)	Chicago, Illinois, USA	https://ieeemass2025.github.io/ieeemass2025/
10.06. - 10.08.	2025 7th International Conference on Innovative Data Communication Technologies and Application (ICIDCA)	Coimbatore, India	https://icidca.com/2025/
10.06. - 10.10.	MILCOM 2025 - 2025 IEEE Military Communications Conference (MILCOM)	Los Angeles, California, USA	http://milcom2025.milcom.org/
10.06. - 10.08.	2025 6th International Conference on Control and Fault-Tolerant Systems (SysTol)	Ayia Napa, Cyprus	https://www.kios.ucy.ac.cy/systol25/
10.07. - 10.09.	2025 IEEE Secure Development Conference (SecDev)	Indianapolis, Indiana, USA	https://secdev.ieee.org/2024/home
10.07. - 10.11.	2025 International Semiconductor Conference (CAS)	Sinaia, Romania	https://www.imt.ro/cas/
10.08. - 10.10.	2025 IEEE 4th International Conference on Technology, Engineering, Management for Societal impact using Marketing, Entrepreneurship and Talent (TEMSMET)	New Delhi, India	https://temsmet2025.org/
10.08. - 10.10.	2025 IEEE Latin American Electron Devices Conference (LAEDC)	Guadalajara, Mexico	https://attend.ieee.org/laedc-2025/
10.08. - 10.10.	2025 Black Issues in Computing Education (BICE)	Miami, Florida, USA	https://www.bicesymposium.org/
10.09. - 10.13.	2025 IEEE 12th International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA)	Birmingham, United Kingdom	https://attend.ieee.org/dsaa-2025/
10.09. - 10.11.	2025 14th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)	Bucharest, Romania	http://www.atee.upb.ro/atee2025/
10.09. - 10.10.	2025 66th International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS)	Riga, Latvia	https://itms.rtu.lv/
10.10. - 10.11.	2025 2nd Asian Conference on Intelligent Technologies (ACOIT)	KOLAR, India	https://www.acoit.in/
10.10. - 10.12.	2025 Global Reliability and Prognostics and Health Management Conference (PHM-Xian)	Xian, China	https://icphm.org/
10.10. - 10.11.	2025 International Conference on Emerging Technologies in Electronics and Green Energy (ICETEG)	MYSORE, India	http://iceteg.jssstuniv.in/
10.11. - 10.12.	2025 IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT)	Beijing, China	https://ieee-icirt.org/2025/
10.12. - 10.15.	2025 IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS)	Phoenix, Arizona, USA	https://bcicts.org/
10.12. - 10.15.	2025 IEEE 20th Nanotechnology Materials and Devices Conference (NMDC)	Delhi, India	https://ieeenmde.org/nmde-2025/
10.12. - 10.15.	2025 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA)	Tahoe City, California, USA	https://waspa.org/
10.12. - 10.15.	2025 IEEE International Communications Energy Conference (INTELEC)	Houston, Texas, USA	https://2025.ieee-intelec.org/
10.12. - 10.14.	2025 IEEE International Symposium on Workload Characterization (IISWC)	Irvine, California, USA	https://iiswc.org/iiswc2025/
10.12. - 10.14.	2025 IEEE 30th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)	Tempe, Arizona, USA	http://camad2025.ieee-camad.org/
10.12. - 10.15.	2025 8th International Advanced Research Workshop on Transformers (ARWtr)	BAIONA, Spain	http://arwtr2025.webs.uvigo.es/
10.12. - 10.15.	2025 IFIP/IEEE 33rd International Conference on Very Large Scale Integration (VLSI-SoC)	Puerto Varas, Chile	https://asic-chile.cl/vlsisoc/
10.12. - 10.15.	2025 30th Microoptics Conference (MOC)	Utsunomiya, Japan	https://moc2025.com/
10.13. - 10.16.	2025 IEEE 34th International Conference on Microelectronics (MIEL)	Nis, Serbia	https://miel.elfak.ni.ac.rs/
10.13. - 10.17.	2025 European Data Handling & Data Processing Conference (EDHPC)	Elche, Spain	https://atpi.eventsair.com/edhpc-2025/
10.13. - 10.17.	2025 IEEE International Carnahan Conference on Security Technology (ICST)	San Antonio, Texas, USA	https://site.ieee.org/icst/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.13. - 10.16.	2025 IEEE 50th Conference on Local Computer Networks (LCN)	Sydney, Australia	https://www.ieee-lcn.org/
10.13. - 10.16.	2025 Fourteenth International Conference on Image Processing, Theory, Tools & Applications (IPTA)	Istanbul, Turkiye	https://ipta-conference.com/ipta25/
10.14. - 10.17.	2025 IEEE 12th International Conference on E-Learning in Industrial Electronics (ICELIE)	Madrid, Spain	https://icelie.org/
10.14. - 10.17.	2025 7th International Conference on Blockchain Computing and Applications (BCCA)	Durbovnic, Croatia	https://bccac-conference.org/2025/
10.14. - 10.17.	2025 3rd International Conference on Intelligent Metaverse Technologies & Applications (IMETA)	Durbovnic, Croatia	https://imeta-conference.org/2025/
10.14. - 10.17.	2025 IEEE 7th Colombian Conference on Automatic Control (CCAC)	Pereira, Colombia	https://ccac2025.com/
10.14. - 10.17.	2025 3rd International Conference on Federated Learning Technologies and Applications (FLTA)	Dubrovnik, Croatia	https://flta-conference.org/flta-2025/flta-2025/
10.14. - 10.16.	2025 IEEE International Conference on Wireless for Space and Extreme Environments (WSEE)	Halifax, Nova Scotia, Canada	https://attend.ieee.org/wisee-2025/
10.14. - 10.17.	2025 16th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)	São Sebastião, Brazil	https://induscon.org/
10.14. - 10.17.	2025 IEEE International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP)	Quebec City, Quebec, Canada	https://mwp2025.org/en
10.15. - 10.22.	2025 IEEE 70th Holm Conference on Electrical Contacts (HLM)	San Antonio, Texas, USA	https://ieee-holm.org/
10.15. - 10.16.	2025 IEEE 9th International Conference on Software Engineering & Computer Systems (ICSECS)	Pekan, Pahang, Malaysia	https://icsecs.umpsa.edu.my/index.php/en/
10.15. - 10.18.	2025 IEEE 20th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT)	Lviv, Ukraine	http://csit.ieee.org.ua/
10.15. - 10.17.	2025 International Conference on Communications, Computing, Cybersecurity, and Informatics (CCCI)	Hangzhou, China	http://ccci.udg.edu/
10.15. - 10.17.	2025 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI)	Pattaya, Thailand	http://icpei.net/2025/
10.15. - 10.17.	2025 International Symposium on Accreditation of Engineering and Computing Education (ICACIT)	Chiclayo, Peru	http://icacit.org.pe/symposium/
10.15. - 10.17.	2025 IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC)	Waterloo, Ontario, Canada	https://epec2025.ieee.ca/
10.15. - 10.17.	2025 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH)	Vienna, Austria	http://media-publisher.eu/conference-emctech/call-for-papers/
10.15. - 10.16.	2025 1st IEEE International Conference on Crisp & Soft Computing in AI, Modeling and Control (CSC-AIMC)	Debrecen, Hungary	https://scitope.com/control/
10.16. - 10.19.	2025 5th International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME)	Zanzibar, Tanzania	https://www.iceccme.com/
10.16. - 10.18.	2025 IEEE International Conference on Geoinformation Science and Communication Technology (GSCT)	Shanghai, China	https://www.gsctconf.com/
10.17. - 10.18.	2025 2nd International Conference on Software, Systems and Information Technology (SSITCON)	Turnkur, India	https://ssitcon.in/
10.17. - 10.19.	2025 6th International Conference on Big Data, Artificial Intelligence and Internet of Things Engineering (ICBAIE)	Shanghai, China	https://www.icbaie.net/
10.17. - 10.18.	2025 IEEE International Conference on Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics (DISCOVER)	Mangalore, India	http://www.ieee-discover.org/
10.17. - 10.19.	2025 5th International Conference on Electrical Engineering and Mechatronics Technology (ICEEMT)	Shenzhen, China	https://www.iceemt.org/
10.17. - 10.19.	2025 6th International Conference on Machine Learning and Computer Application (ICMLCA)	Shenzhen, China	https://www.icmlca.org/
10.18. - 10.20.	2025 IEEE Conference on Dependable and Secure Computing (DSC)	Taipei, Taiwan	https://dsc2025.conf.nycu.edu.tw/
10.18. - 10.22.	2025 58th IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO)	Seoul, Korea (South)	https://microarch.org/
10.19. - 10.23.	2025 IEEE Energy Conversion Conference Congress and Exposition (ECCE)	Philadelphia, Pennsylvania, USA	https://www.ieee-ecce.org/2025/
10.19. - 10.25.	2025 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)	Hangzhou, China	https://irmv.sjtu.edu.cn/iros2025/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.19. - 10.22.	2025 IEEE 34th Conference on Electrical Performance of Electronic Packaging and Systems (EPEPS)	Milpitas, California, USA	https://www.epeps.org/
10.19. - 10.20.	2025 IEEE International Symposium on Emerging Metaverse (ISEMV)	Honolulu, Hawaii, USA	https://ieee-isemv.org/
10.20. - 10.23.	2025 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe)	Valletta, Malta	https://ieee-isgt-europe.org/
10.20. - 10.21.	2025 International Conference BIOMDLORE	Vilnius, Lithuania	https://www.biomdlore.lt/
10.20. - 10.22.	2025 International Conference on Intelligent Data Analytics and Sustainable Systems (IDASS)	Qingdao, China	https://idass2025.scievent.com/
10.20. - 10.22.	2025 21th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)	Marrakesh, Morocco	http://www.wimob.org/wimob2025/
10.20. - 10.22.	2025 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD)	Glasgow, United Kingdom	http://ictmod-conference.com/
10.20. - 10.22.	2025 17th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)	Bangkok, Thailand	https://icitee2025.it.kmitl.ac.th/
10.20. - 10.22.	2025 IEEE International Conference on Device Technologies for Diversified Applications (DTDA)	Sendai, Miyagi Prefecture, Japan	https://ieee-dtda.org/
10.21. - 10.24.	2025 IEEE 8th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)	Kyiv, Ukraine	https://msnmc.ieee.org.ua/
10.21. - 10.23.	2025 IEEE International Symposium on Defect and Fault Tolerance in VLSI and Nanotechnology Systems (DFT)	Barcelona, Spain	https://www.dfts.org/
10.21. - 10.24.	2025 IEEE 16th International Conference on ASIC (ASICON)	Kunming, China	http://www.asicon.org/
10.21. - 10.24.	2025 IEEE 36th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE)	São Paulo, Brazil	https://issre.github.io/2025/
10.22. - 10.24.	2025 17th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications (TELSIKS)	Nis, Serbia	http://www.telsiks.org.rs/
10.22. - 10.24.	2025 Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)	Singapore, Singapore	https://www.apsipa2025.org/wp/
10.22. - 10.24.	2025 22nd International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO)	Marbella, Spain	https://icinco.scitevents.org/
10.22. - 10.24.	2025 IEEE 7th International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)	Yinchuan, China	http://www.iccasit.org/
10.22. - 10.24.	2025 International Conference on Power Engineering and Electrical Technology (PEET)	Shiga, Japan	https://icpeet.com/
10.22. - 10.24.	2025 International Conference on Electrical Systems & Automation (ICESA)	Troyes, France	http://icesa.ma/
10.24. - 10.25.	2025 International Conference on Communication, Computer, and Information Technology (IC3IT)	Mandya, India	http://mysururoyal.org/ieeekon-2025/
10.24. - 10.26.	2025 9th CAA International Conference on Vehicular Control and Intelligence (CVCI)	Qingdao, China	http://www.ascl.jlu.edu.cn/vci/cvci2025/ Home.htm
10.24. - 10.26.	2025 IEEE 4th International Conference on Computing, Communication, Perception and Quantum Technology (CCPQT)	Ordos, China	https://www.ccpqt.org/
10.24. - 10.26.	2025 IEEE 6th Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)	Bangalore, India	http://globeconf.org/
10.24. - 10.25.	2025 International Conference on Circuits, Controls and Communications (CCUBE)	Bangalore, India	https://ccube25.com/
10.24. - 10.26.	2025 International Conference on Algorithms, Data Mining, and Information Technology (ADMIT)	Chengdu, China	http://www.admit2025.net/
10.24. - 10.26.	2025 17th International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS)	Chengdu, China	https://www.icspss.org/index.html
10.24. - 10.26.	2025 8th International Conference on Robotics, Control and Automation Engineering (RCAE)	Xi'an, China	https://www.rcae.net/
10.27. - 10.31.	2025 Annual Conference Magnetism and Magnetic Materials (MMM)	West Palm Beach, Florida, USA	https://2025-joint.magnetism.org/
10.27. - 10.30.	2025 14th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)	Vienna, Austria	http://www.icrera.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10.27. - 10.31.	2025 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP)	Fukuoka, Japan	https://www.isap2025.org/
10.27. - 10.30.	TENCON 2025 - 2025 IEEE Region 10 Conference (TENCON)	Kota Kinabalu, Malaysia	https://ieeemy.org/tencon2025/
10.27. - 10.30.	2025 IEEE Radio and Antenna Days of the Indian Ocean (RADIO)	Flic-en-Flac, Mauritius	https://radiosociety.org/radio2025/
10.27. - 10.29.	2025 IEEE 43rd International Conference on Computer Design (ICCD)	Richardson, Texas, USA	http://www.iccd-conf.com/home.html
10.27. - 10.29.	2025 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES)	Coventry, United Kingdom	https://ieee-itss.org/conf/icves/
10.27. - 10.30.	2025 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)	Paris, France	https://www.isncc-conf.org/
10.28. - 10.31.	2025 IEEE International Conference on Space Optical Systems and Applications (ICSOS)	Kyoto, Japan	https://icsos2025.ieee-icsos.org/
10.28. - 10.31.	2025 IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA)	Valence, France	https://2025.ieee-rfid-ta.org/
10.28. - 10.29.	2025 IEEE Nordic Circuits and Systems Conference (NorCAS)	Riga, Latvia	https://events.tuni.fi/norcass/
10.28. - 10.30.	2025 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)	Valparaiso, Chile	https://chilecon2025.pucv.cl/
10.28. - 10.29.	2025 Global Conference on Sustainable Energy and Net-Zero Emissions (SENZE)	Hail, Saudi Arabia	https://conferences.uoh.edu.sa/Conference/SENZE'25
10.28. - 10.31.	2025 IEEE 37th International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing (SBAC-PAD)	Bonito, Mato Grosso do Sul, Brazil	https://sbac-pad2025.ufms.br/
10.28. - 10.30.	2025 10th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)	Coimbatore, India	http://icoecs.org/2025/
10.29. - 10.31.	2025 International Conference on Electrical, Electronics, and Computer Science with Advance Power Technologies - A Future Trends (ICE2CPT)	Jamshedpur, India	https://ice2cpt.com/
10.29. - 10.31.	2025 IEEE International Workshop on Sport, Technology and Research (STAR)	Trento, Italy	https://www.ieee-star.org/
10.31. - 11.02.	2025 IEEE 4th International Conference on Mechatronics and Intelligent Transportation Engineering (ICMITE)	Wuhan, China	https://www.matconf.net/
10.31. - 11.02.	2025 6th International Conference on Computer Communication and Network Security (CCNS)	Nanjing, China	https://www.icccns.org/

>>2025년 11월

11.01. - 11.02.	2025 IEEE 7th International Conference on Cybernetics, Cognition and Machine Learning Applications (ICCCMLA)	Hamburg, Germany	https://www.intdatacon.com/
11.01. - 11.08.	2025 IEEE Nuclear Science Symposium (NSS), Medical Imaging Conference (MIC) and Room Temperature Semiconductor Detector Conference (RTSD)	Yokohama, Japan	https://nssmic.ieee.org/2025/
11.01. - 11.07.	2025 IEEE Visualization and Visual Analytics (VIS)	Vienna, Austria	https://ieevis.org/year/2025/welcome
11.02. - 11.07.	2025 Antenna Measurement Techniques Association Symposium (AMTA)	Tucson, Arizona, USA	https://2025.amta.org/
11.02. - 11.05.	2025 29th International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)	Chiang Mai, Thailand	https://icsec2025.org/
11.02. - 11.05.	2025 22nd International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)	Chiang Mai, Thailand	https://jcsse2025.cs.science.cmu.ac.th/
11.02. - 11.05.	2025 IEEE Asian Solid-State Circuits Conference (A-SSCC)	Daejeon, Korea (South)	https://a-sscc2025.org/
11.02. - 11.05.	2025 IEEE International Conference on Quantum Artificial Intelligence (QAI)	Naples, Italy	https://qai2025.unina.it/
11.02. - 11.05.	2025 IEEE International Conference on Future Machine Learning and Data Science (FMLDS)	Los Angeles, California, USA	https://fmlds.org/
11.02. - 11.05.	2025 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)	Nashville, Tennessee, USA	https://2025.fie-conference.org/
11.03. - 11.05.	2025 Third International Conference on Emerging Applications of Material Science and Technology (ICEAMST)	Bengaluru, India	https://iceamst.com/2025/
11.03. - 11.05.	2025 IEEE 21st International Conference on Body Sensor Networks (BSN)	Los Angeles, California, USA	https://bsn.embs.org/2025/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.03. - 11.04.	2025 International Conference on Intelligent Computer Systems, Data Science and Applications (IC2SDA)	Blida, Algeria	https://univ-blida.dz/IC2SDA/
11.04.	2025 IEEE Online Forum on Climate Change Technologies (OFCCT)	Virtual	https://ieee-ofcct.org/
11.04. - 11.07.	2025 APWG Symposium on Electronic Crime Research (eCrime)	San Diego, California, USA	https://apwg.org/event/ecrime2025/
11.04. - 11.06.	2025 IEEE Middle East Conference on Communications and Networking (MECOM)	Cairo, Egypt	https://mecom2025.ieee-mecom.org/group/66
11.04. - 11.08.	2025 Photonics & Electromagnetics Research Symposium - Fall (PIERS-Fall)	Chiba, Japan	https://chiba2025.piers.org/
11.04. - 11.07.	2025 25th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)	Incheon, Korea (South)	https://2025.iccas.org/
11.04. - 11.05.	2025 IEEE International Conference on Advanced Information Scientific Development (ICAISD)	Jakarta, Indonesia	https://conference.bsi.ac.id/
11.05. - 11.06.	2025 1st Future International Conference on Artificial Intelligence and Cybersecurity (FICAC)	Cairo, Egypt	https://www.fue.edu.eg/FICAC25/
11.05. - 11.07.	2025 10th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE)	Stara Zagora, Bulgaria	https://eeae-conf.uni-ruse.bg/
11.05. - 11.08.	2025 International Automatic Control Conference (CACS)	Hsinchu, Taiwan	https://cacs2025.web.nycu.edu.tw/
11.05. - 11.07.	2025 IEEE Latin-American Conference on Communications (LATINCOM)	Antigua, Guatemala	https://latincom2025.ieee-latincom.org/
11.05. - 11.07.	2025 IEEE International Conference on Distributed Ledger Technologies (ICDLT)	Pune, India	https://icdl.ieee-punesection.org/
11.05. - 11.07.	2025 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)	Mexico City, Mexico	https://lacci2025.org/
11.05. - 11.08.	2025 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (FUZZY)	Hsinchu, Taiwan	https://ite.mcu.edu.tw/ifuzy2025/
11.05. - 11.08.	2025 Asia Communications and Photonics Conference (ACP)	Jiangsu, China	https://acpconf.com/
11.05. - 11.07.	2025 9th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)	Coimbatore, India	https://icoeca.org/
11.05. - 11.07.	2025 Asia Meeting on Environment and Electrical Engineering (EEE-AM)	Hanoi, Vietnam	https://eeeam.net/eee-am-frontpage/eee-am-2023/
11.06. - 11.08.	2025 IEEE Women in Engineering (WIE) Forum USA East	Arlington, Virginia, USA	https://attend.ieee.org/wie-forum-usa-east/
11.06. - 11.08.	2025 IEEE International Conference on Signals and Systems (ICSigSys)	Bali, Indonesia	https://icsigsys.info/
11.06. - 11.07.	2025 International Conference on Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering (BdKCSE)	Bankya, Bulgaria	https://conference.ott-ict.bas.bg/
11.06. - 11.08.	2025 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence Systems (IoTais)	Bali, Indonesia	https://iotais.org/
11.06. - 11.08.	2025 International Conference on Emerging Engineering Technologies and Applications (IC-EETA)	Indore, India	https://conference.medicaps.ac.in/
11.06. - 11.08.	2025 IEEE 3rd International Symposium on Sustainable Energy, Signal Processing and Cybersecurity	Gunupur, Odisha, India	https://ieee-isscc.in/
11.06. - 11.08.	2025 IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob)	Bali, Indonesia	https://apwimobconf.org/
11.06. - 11.07.	2025 9th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)	Medan, Indonesia	https://ocs.usu.ac.id/ELTICOM/elticom2024/index
11.06. - 11.08.	2025 17th International Conference on Knowledge and System Engineering (KSE)	Da Lat, Vietnam	https://kse2025.kse-conferences.org/information/
11.07. - 11.09.	2025 International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence Applications (CSAIA)	Changsha, China	https://www.iccsaia.org/
11.07. - 11.09.	2025 IEEE 11th International Conference on Edge Computing and Scalable Cloud (EdgeCom)	NYC, New York, USA	https://www.cloud-conf.net/cscloud/2025/ssc/index.html
11.07. - 11.09.	2025 IEEE 12th International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud)	NYC, New York, USA	https://www.cloud-conf.net/cscloud/2025/cscloud/index.html
11.07. - 11.09.	2025 9th IEEE International Conference on Network Intelligence and Digital Content (IC-NIDC)	Beijing, China	https://nidc2025.bupt.edu.cn/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.07. - 11.09.	2025 10th International Conference on Control, Robotics and Cybernetics (CRC)	Shenzhen, China	https://www.iccrc.org/
11.07. - 11.09.	2025 International Conference on Computer, Internet of Things and Smart City (CIoTSC)	Suzhou, China	https://www.ciotsc.org/
11.07. - 11.09.	2025 5th International Conference on Artificial Intelligence, Robotics, and Communication (ICAIRC)	Xiamen, China	https://www.icairc.net/
11.07. - 11.09.	2025 12th International Forum on Electrical Engineering and Automation (IFEEA)	Xi'an, China	https://www.ifeea.info/
11.07. - 11.10.	2025 IEEE 3rd International Power Electronics and Application Symposium (PEAS)	Shenzhen, China	https://peas.cpss.org.cn/
11.07. - 11.09.	2025 8th International Conference on Machine Learning and Natural Language Processing (MLNLP)	Hangzhou, China	https://www.mlnlp2025.net/
11.07. - 11.08.	2025 IEEE International Conference on Intelligent Signal Processing and Effective Communication Technologies (INSPECT)	Gwalior, India	https://inspect.iitm.ac.in/
11.07. - 11.09.	2025 International Conference on Intelligent Education and Intelligent Research (IEIR)	Wuhan, China	https://ieir2025.org/
11.07. - 11.09.	2025 7th International Conference on Electronic Engineering and Informatics (EEI)	Yangzhou, China	https://www.icoeei.org/
11.07. - 11.09.	2025 International Conference on Advanced Computing and Intelligent Robotics Applications (ACIRA)	Guangzhou, China	http://icacira.com/
11.07. - 11.09.	2025 7th International Conference on Frontier Technologies of Information and Computer (ICFTIC)	Qingdao, China	https://www.icftic.org/
11.07. - 11.08.	2025 International Conference on Robotics and Mechatronics (ICRM)	KOLLAM, India	https://www.amrita.edu/events/icrm/
11.07. - 11.09.	2025 6th International Conference on Artificial Intelligence and Computer Engineering (ICAICE)	Chongqing, China	https://www.event-icaice.org/
11.07. - 11.09.	2025 8th World Symposium on Communication Engineering (WSCE)	Shenzhen, China	https://www.wsce.org/
11.07. - 11.09.	2025 5th International Conference on Digital Society and Intelligent Systems (DSInS)	Haikou, China	https://www.dsins.org/
11.07. - 11.09.	2025 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)	Guangzhou, China	https://ieee-isgt-asia.org/
11.09. - 11.13.	2025 IEEE Photonics Conference (IPC)	Singapore, Singapore	https://ieee-ipc.org/
11.09. - 11.12.	2025 28th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC)	Sofia, Bulgaria	https://wpmc-2025.tu-sofia.bg/
11.10. - 11.12.	2025 IEEE Conference on Network Function Virtualization and Software-Defined Networking (NFV-SDN)	Athens, Greece	https://nfvsdn2025.ieee-nfvsdn.org/
11.10. - 11.12.	2025 IEEE International Conference on Collaborative Advances in Software and COmputiNg (CASCON)	Toronto, Ontario, Canada	https://conf.researchr.org/home/cascon-2025
11.10. - 11.12.	2025 IEEE 12th Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications (WIPDA)	Fayetteville, Arkansas, USA	https://wipda.org/
11.10. - 11.12.	2025 18th International Conference on Development in eSystem Engineering (DeSE)	Bucharest, Romania	https://dese.ai/dese-2025/
11.10. - 11.12.	2025 IEEE 43rd International Conference on Computer Design (ICCD)	Richardson, Texas, USA	https://www.iccd-conf.com/home.html
11.11. - 11.14.	2025 IEEE 1st International Conference on Application of Information Technologies in Engineering, Management and Science (ICAI-TEMS)	Cosenza, Italy	https://icai-tems.vercel.app/
11.11.	2025 5th International Symposium on Materials and Electrical Engineering (ISmee)	Bandung, Indonesia	https://ismee.id/
11.11. - 11.14.	2025 12th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER)	San Diego, California, USA	https://neuro.embs.org/2025/
11.12. - 11.14.	2025 20th International Joint Symposium on Artificial Intelligence and Natural Language Processing (ISAI-NLP)	Phuket, Thailand	https://isai-nlp2025.ariat.or.th/
11.12. - 11.13.	2025 IEEE MetroCon	Hurst, Texas, USA	https://www.metrocon.org/2025/
11.12. - 11.14.	2025 IEEE 7th International Conference on Trust, Privacy and Security in Intelligent Systems, and Applications (TPS-ISA)	Pittsburgh, Pennsylvania, USA	https://www.sis.pitt.edu/lersais/conference/tps/2025/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.12. - 11.14.	2025 IEEE 11th International Conference on Collaboration and Internet Computing (CIC)	Pittsburgh, Pennsylvania, USA	https://www.sis.pitt.edu/lersais/conference/cic/2025/
11.12. - 11.14.	2025 IEEE 7th International Conference on Cognitive Machine Intelligence (CogMI)	Pittsburgh, Pennsylvania, USA	https://www.sis.pitt.edu/lersais/conference/cogmi/2025/
11.12. - 11.13.	2025 IEEE 6th International Women in Technology Conference (WINTECHCON)	Bengaluru, India	https://www.wintechcon.com/
11.12. - 11.15.	2025 28th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT)	Ho Chi Minh City, Vietnam	https://icmt2025.hcmute.edu.vn/
11.12. - 11.13.	2025 15th International Conference on Information & Communication Technology and System (ICTS)	Denpasar, Indonesia	https://elib.its.ac.id/conf/icts/public/
11.12. - 11.14.	2025 IEEE CPMT Symposium Japan (ICSJ)	Kyoto, Japan	https://www.ieee-csj.org/
11.12. - 11.14.	2025 9th International Conference on Information Technology (InCIT)	Phuket, Thailand	https://incit2025.computing.psu.ac.th/
11.12. - 11.14.	2025 International Conference on Green Energy, Computing and Sustainable Technology (GECOST)	Virtual	https://curtin.edu.my/event/gecost/
11.13. - 11.14.	2025 E-Health and Bioengineering Conference (EHB)	IASI, Romania	https://www.ehbconference.ro/
11.13. - 11.14.	2025 IEEE Progress in Radar Research (PIRR)	Adelaide, Australia	https://www.adelaide.edu.au/radar/progress-in-radar-research-2025
11.13. - 11.14.	2025 IEEE International Conference on Knowledge Graph (ICKG)	Limassol, Cyprus	https://cyprusconferences.org/ickg2025/
11.13. - 11.16.	2025 3rd Power Electronics and Power System Conference (PEPSC)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://pepsc.org/
11.13. - 11.14.	2025 IEEE International Biomedical Instrumentation and Technology Conference (IBITeC)	Yogyakarta, Indonesia	https://ibitec.uii.ac.id/
11.13. - 11.14.	2025 International Conference on Engineering & Computing Technologies (ICECT)	Islamabad, Pakistan	https://numl.edu.pk/icect/
11.13. - 11.14.	2025 International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)	Starý Smokovec, Slovakia	https://www.iceta.sk/
11.14. - 11.16.	2025 9th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)	Ankara, Türkiye	https://www.ismsitconf.org/
11.14. - 11.16.	2025 International Conference on Intelligent Manufacturing, Robotics and Automation (IMRA)	Zhanjiang, China	http://icimra.com/
11.14. - 11.16.	2025 5th International Conference on New Energy and Power Engineering (ICNEPE)	Guangzhou, China	https://www.icnepe.org/
11.14. - 11.15.	2025 14th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART)	Moradabad, Uttar Pradesh, India	https://www.smart2025.tmu.ac.in/
11.14. - 11.16.	2025 International Conference on Power Electronics and Control Engineering (ICPECE)	Nanjing, China	https://www.icpece.com/
11.14. - 11.16.	2025 8th International Conference on Data Science and Information Technology (DSIT)	Beijing, China	https://www.dsit2025.net/
11.14. - 11.16.	2025 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)	Shenzhen, China	http://www.cloudcom2025.org/
11.14. - 11.16.	2025 IEEE XVII International Scientific and Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE)	Novosibirsk, Russia	https://apeie.ieeesiberia.org/
11.15. - 11.18.	2025 IEEE/WIC International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT)	London, United Kingdom	https://www.wi-iat.com/wi-iat2025/index.html
11.16. - 11.21.	SC25: International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis	St. Louis, Missouri, USA	https://sc25.supercomputing.org/
11.16. - 11.19.	2025 28th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)	Busan, Korea (South)	https://www.icems2025.org/
11.16. - 11.23.	2025 IEEE International Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC)	Austin, Texas, USA	https://www.ipccc.org/
11.16. - 11.20.	2025 40th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE)	Seoul, Korea (South)	https://conf.researchr.org/home/ase-2025
11.16. - 11.20.	2025 40th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering Workshops (ASEW)	Seoul, Korea (South)	https://conf.researchr.org/home/ase-2025
11.17. - 11.19.	2025 IEEE Design Methodologies Conference (DMC)	Fayetteville, Arkansas, USA	https://attend.ieee.org/dmc-2025/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.17. - 11.19.	2025 32nd IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS)	Marrakech, Morocco	https://ieee-icecs2025.org/
11.17. - 11.20.	2025 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT)	Sydney, Australia	https://ieee-smartiot.org/
11.18. - 11.21.	2025 IEEE 28th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)	Gold Coast, Australia	https://ieee-itsc.org/2025/
11.18. - 11.20.	2025 IEEE Conference on Antenna Measurements and Applications (CAMA)	Antibes Juan-les-Pins, France	http://2025ieeecama.org/
11.18. - 11.20.	2025 IEEE 25th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI)	Budapest, Hungary	https://conf.uni-obuda.hu/cinti2025/
11.18. - 11.20.	2025 IEEE 10th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)	Bahrain, Bahrain	https://icetas.etssm.org/
11.18.	2025 IEEE Around-the-Clock Around-the-Globe Magnetism Conference (AtC-AtG)	Virtual	https://www.atc-atg.org/
11.18. - 11.21.	2025 21st International Symposium on Biomedical Image Processing and Analysis (SIPAIM)	Pasto, Colombia	https://www.sipaim.org/
11.18.	2025 International Conference on Computational Engineering, Sensing Technology and Management (ICCETM)	Sydney, Australia	https://www.amity.edu/ICCETM2025/
11.18. - 11.20.	2025 8th International Conference on Signal Processing and Information Security (ICSPIS)	Dubai, United Arab Emirate	https://icspis.com/
11.18. - 11.20.	2025 International Conference on Applications of Space Science and Technology, Pakistan (ICASTP)	Islamabad, Pakistan	https://icast.pk/
11.19. - 11.21.	2025 International Conference on Intelligent Computing, Information and Control Systems (ICOICS)	Lalitpur, Nepal	https://iciics.com/
11.19. - 11.21.	2025 23rd International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE)	Bangkok, Thailand	https://www.ict-ke.org/?page_id=115
11.19. - 11.21.	2025 2nd Global AI Summit - International Conference on Artificial Intelligence and Emerging Technology (AI Summit)	Noida, India	https://www.bennett.edu.in/aisummit2025
11.19. - 11.21.	2025 40th International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ)	Wellington, New Zealand	https://ecs.wgtn.ac.nz/Events/IVCNZ2025/WebHome
11.19. - 11.21.	2025 IEEE International conference on Medical Artificial Intelligence (MedAI)	Wuhan, China	http://medai2025.hust.edu.cn/
11.19. - 11.21.	2025 International Future Energy Electronics Conference (IFEEC)	Bali, Indonesia	https://ifeec.ugm.ac.id/
11.20. - 11.23.	2025 International Conference on Recent Advances in Mathematics and Informatics (ICRAMI)	Sousse, Tunisia	https://icrami.sciencesconf.org/?lang=en
11.20. - 11.23.	2025 10th International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIIBMS)	Okinawa, Japan	http://www.iciibms.org/
11.20. - 11.21.	2025 International Conference on Artificial Intelligence and Technological Solutions (ICAITech)	Palembang, Indonesia	https://icaitech.org/
11.20. - 11.23.	2025 10th International Conference on Communication, Image and Signal Processing (CCISP)	Chengdu, China	https://www.ccisp.org/
11.20. - 11.22.	2025 IEEE International Conference on Advances in Data-Driven Analytics And Intelligent Systems (ADACIS)	Sousse, Tunisia	https://www.adacis-conf.com/
11.20. - 11.22.	2025 IEEE 8th Student Conference on Electric Machines and Systems (SCEMS)	Pusan, Korea (South)	https://scems2025.com/
11.20. - 11.21.	2025 International Conference on Sustainable Technology in Energy and Power Systems (STEPCon)	Kolkata, India	https://www.nit.ac.in/404-error.php
11.20. - 11.21.	2025 International Conference on Advances in Machine Intelligence, and Cybersecurity Technologies (AMICT)	Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia	https://amictconf.com/
11.20. - 11.22.	2025 9th International Conference on Computational System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS)	Bangalore, India	https://csitss.ieee-rvce.org/
11.20. - 11.23.	2025 7th International Conference on System Reliability and Safety Engineering (SRSE)	Changchun, China	https://www.srse.org/
11.20. - 11.21.	2025 33rd National Conference with International Participation (TELECOM)	Sofia, Bulgaria	https://e-university.tu-sofia.bg/e-conf/?konf=177

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.20. - 11.21.	2025 International Conference on Intelligent Systems and Pioneering Innovations in Robotics and Electric Mobility (INSPIRE)	Mangalore, India	https://mite.ac.in/
11.20. - 11.23.	2025 IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS)	Cochin, India	https://www.raics2025.org/
11.21. - 11.22.	2025 8th International Conference on Emerging Technologies in Computer Engineering: Advances in Computing, Healthcare and Smart Systems (ICETCE)	Jaiour, India	https://icetce.skit.ac.in/2025/
11.21. - 11.22.	2025 IEEE 4th Conference on Applied Signal Processing (ASPCON)	Kolkata, India	http://ieeespskolkata.org/conferences.html
11.21. - 11.22.	2025 5th International Conference on Advancement in Electronics & Communication Engineering (AECE)	Ghaziabad, India	https://aece2025.rkgitedu.in/
11.21. - 11.23.	2025 International Conference on Energy Power and Electrical Technology (CEPET)	Wenzhou, China	https://www.ic-cepel.com/
11.21. - 11.22.	2025 Second International Conference on Computing, Semiconductor, Mechatronics, Intelligent Systems and Communications (COSMIC)	Mangalore, Karnataka, India	https://cosmic.sahyadri.edu.in/
11.21. - 11.23.	2025 4th International Conference on Image Processing, Computer Vision and Machine Learning (ICICML)	Chongqing, China	https://www.icicml.org/
11.21. - 11.23.	2025 IEEE 6th International Conference on Computer, Big Data, Artificial Intelligence (ICBD+AI)	Xiamen, China	http://www.iccbdai.org/
11.21. - 11.23.	2025 International Conference on Sensing, Measurement & Data Analytics in the era of Artificial Intelligence (ICSMD)	Guangzhou, China	https://icsmd2025.aconf.org/
11.21. - 11.23.	2025 5th International Conference on Computer Science, Electronic Information Engineering and Intelligent Control Technology (CEI)	Nanning, China	https://www.ic-cei.org/
11.21. - 11.22.	2025 2nd International Conference on Advanced Computing and Emerging Technologies (ACET)	Ghaziabad, India	https://acet.akgec.ac.in/home
11.21. - 11.22.	2025 International Conference on Artificial Intelligence for Computing, Astronomy and Renewable Energy (AICARE)	Kolkata, India	https://aicare.uem.edu.in/
11.21. - 11.23.	2025 12th International Conference on Soft Computing & Machine Intelligence (ISCMI)	Rio de Janeiro, Brazil	https://www.iscml.us/
11.21.	2025 2nd International Workshop on Artificial Intelligence for Neuroscience (IWAIN)	Alicante, Spain	https://iwain.lucentia.es/
11.21. - 11.22.	2025 IEEE International Conference on Advanced Technologies in Supply Chain Management (ATSCM)	Fez, Morocco	https://atscm25conf.netlify.app/html/
11.21. - 11.23.	2025 4th International Conference on Clean Energy Storage and Power Engineering (CESPE)	Xiamen, China	http://www.iccespe.com/
11.22. - 11.23.	2025 IEEE 3rd Global Conference on Wireless Computing and Networking (GWCWN)	Lonawala, Maharashtra, India	https://gwcwn.in/
11.22. - 11.23.	2025 7th International Conference on Electrical, Control and Instrumentation Engineering (ICECIE)	Pattaya City, Thailand	https://2025.icecie.com/
11.23. - 11.26.	2025 IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies - Middle East (ISGT Middle East)	Dubai, United Arab Emirates	https://attend.ieee.org/isgt-me
11.24. - 11.26.	2025 IEEE 4th International Conference on Signal, Control and Communication (SCC)	Sousse, Tunisia	https://scc.ieee.tn/
11.24. - 11.27.	2025 XV Symposium on Computing Systems Engineering (SBESC)	Campinas, Brazil	https://sbesc.lisha.ufsc.br/sbesc2025/Home
11.24. - 11.26.	2025 12th International Conference on Dependable Systems and Their Applications (DSA)	Dubai, United Arab Emirates	https://dsa25.techconf.org/
11.25. - 11.27.	2025 Twelfth International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS)	Cairo, Egypt	https://icicis.cis.asu.edu.eg/
11.25.	2025 International Conference on Intelligent & Innovative Practices in Engineering & Management (IIPEM)	Singapore, Singapore	https://www.amity.edu/iipem2025/Default.asp
11.25. - 11.26.	2025 3rd International Conference on Computational Intelligence and Network Systems (CINS)	Dubai, United Arab Emirates	https://www.cins2025.com/Home.html
11.25. - 11.28.	2025 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific)	Singapore	https://www.itec-ap2025.com/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.25. - 11.27.	2025 12th International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM)	Riyadh, Saudi Arabia	https://www.wincom-conf.org/WINCOM_2025/
11.25. - 11.27.	2025 First International Conference on Mechanical and Electrical Engineering for Green Energy Technologies (MEEGET)	Algeria, Algeria	https://meeget.org/
11.25. - 11.28.	2025 3rd International Conference on Foundation and Large Language Models (FLLM)	Vienna, Austria	https://film-conference.org/2025/
11.25. - 11.28.	2025 12th International Conference on Social Networks Analysis, Management and Security (SNAMS)	Vienna, Austria	https://emergingtechnet.org/SNAMS2025/index.php
11.25. - 11.28.	2025 10th International Workshop on Tracking, Telemetry and Command Systems for Space Applications (TTC)	Darmstadt, Germany	https://atpi.eventsair.com/25a07
11.26. - 11.29.	2025 IEEE PES GTD Grand International Conference and Exposition Asia (GTD Asia)	Bangkok, Thailand	https://ieeegtgd.org/public.asp?page=index.asp
11.26. - 11.28.	2025 6th International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES)	Ruse, Bulgaria	https://ciees.eu/
11.26. - 11.28.	2025 5th International Conference on Ubiquitous Computing and Intelligent Information Systems (ICUIS)	Erode, India	https://icuis.com/2025/
11.26. - 11.28.	2025 IEEE 43rd Central America and Panama Convention (CONCAPAN XLIII)	San Salvador, El Salvador	https://concapan2025.ieee.org/sv/
11.27. - 11.29.	2025 4th International Conference on Geographic Information and Remote Sensing Technology (GIRST)	Rome, Italy	https://www.girst.org/
11.27. - 11.28.	2025 20th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation and Personalization (SMAP)	Mystras, Greece	https://smap2025.uniwi.gr/
11.27. - 11.28.	2025 International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy (ICCIKE)	Dubai, United Arab Emirates	https://amityuniversity.ae/ICCIKE2025/
11.27. - 11.28.	2025 2nd International Conference on Information System and Information Technology (ICISIT)	27 - 28 November 2025	http://icisit.org/
11.27. - 11.28.	2025 5th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)	Dehradun, India	https://iot.srhu.edu.in/
11.27. - 11.28.	2025 New Trends in Aviation Development (NTAD)	Stary Smokovec, Slovakia	https://ntad.if.tuke.sk/
11.28. - 11.30.	2025 IEEE 7th International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)	Greater Noida, India	https://www.iccca.co.in/
11.28. - 11.30.	2025 6th International Symposium on Computer Engineering and Intelligent Communications (ISCEIC)	Chongqing, China	https://isceic.org/
11.28. - 11.30.	2025 International Conference on Data Science and Intelligent Systems (DSIS)	Chengdu, China	https://www.dsis2025.net/
11.28. - 11.29.	2025 3rd DMIHER International Conference on Artificial Intelligence in Healthcare, Education and Industry (IDICAIHEI)	Wardha, India	https://www.dmiher.edu.in/
11.28. - 11.29.	2025 International Conference on Emerging Technologies and Innovation for Sustainability (EmergIN)	Greater Noida, India	https://www.niet.co.in/research/ieee-conference-2025
11.28. - 11.30.	2025 International Conference on Automation Technology (Automation)	Kaohsiung, Taiwan	https://automation2025.nsysu.edu.tw/
11.28. - 11.30.	2025 IEEE 8th International Conference on Automation, Electronics and Electrical Engineering (AUTEEE)	Shenyang, China	http://www.auteee.org/
11.28. - 11.29.	2025 IEEE International Conference on Emerging Trends in Computing and Communication (ETCOM)	Mangalore, India	https://icacct.in/
11.28. - 11.30.	2025 4th International Conference on Artificial Intelligence, Human-Computer Interaction and Robotics (AIHCIR)	Ningbo, China	https://www.aihcir.org/
11.28. - 11.30.	2025 3rd International Conference on Signal Processing and Intelligent Computing (SPIC)	Guangzhou, China	http://ic-spic.com/

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
(주)자람테크놀로지	백준현	경기도 성남시 분당구 성남대로925번길 41, 파인벤처빌딩 2층	031-776-6701	https://www.zaram.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, 벤델레코츠마티아스	경기도 안양시 동안구 흥안대로 427번길	031-689-3660	www.lpkf.com/kr
SK텔레콤(주)	유영상	서울시 중구 을지로65(을지로2가) SK T-타워	02-2121-2114	http://www.sktelecom.com
SK하이닉스(주)	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)	원재형	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
리얼테크코리아 주식회사	창형치	서울시 서초구 사임당로 18, 석오빌딩 5층	070-4120-7966	www.realtek.com
비전테크	이원복	대전 유성구 테크노2로 187, 미건테크노월드2차 1층 118호	042-934-0236	http://www.visiontechkorea.com
머플 주식회사	안수남	경기 성남시 분당구 판교로 289번길 20, 2동		http://www.murple.ai/
삼성전자(주)	전영현	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

회원사	대표자	주 소	전 화	홈페이지
정보통신정책연구원	배경율	충북 진천군 덕산읍 정통로 18	043-531-4389	www.kisdi.re.kr
(주)LX세미콘	이윤태	대전시 유성구 탑립동 707	042-712-7700	www.lxsemicon.com
(주)넥스틴	박태훈	경기도 화성시 동탄면 동탄산단9길 23-12	031-629-2300	http://www.nextinsol.com
(주)더즈텍	김태진	경기도 안양시 동안구 학익로 292 금강펜테리움T타워 A동 1061호	031-450-6300	http://www.doestek.co.kr
HL만도(주)	조성현	경기도 평택시 포승읍 하만호길 32	02-6244-2114	https://www.hlmando.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.viewworks.com
(주)실리콘마이터스	허염	경기도 성남시 분당구 대왕판교로 660 유스페이스-1 A동 8층	1670-7665	http://www.siliconitus.com
(주)씨이몬	정창호	경기도 성남시 분당구 별말로48(구 야탑동 272-1 케이디티빌딩)	02-480-8580	http://www.cimon.com
(주)씨인텔레콤	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 한국루터화관)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	홍세경	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
하나마이크론(주)	이동철	충남 아산시 음봉면 연암울금로 77	041-423-7777	https://hanamicron.com/
한국알박(주)	김선길	경기도 평택시 청북읍 한산길5	031-683-2922	http://www.ulvackora.co.kr
한국전자기술연구원	신희동	경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)	031-789-7740	http://www.keti.re.kr
한국전자통신연구원	방승찬	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 KETA	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>

제52권 제6호(통권 제493호)

The Magazine of the IEIE

2025년 6월 20일 인쇄

2025년 6월 25일 발행

발행및

편집인

인쇄인

발행인

(사) 대한전자공학회

한림원(주)

사 단 법 인 대 한 전 자 공 학 회

회장 백 광 현

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



2025년도 회비납부 안내

1. 회비의 납부 및 유효기간

2025년도 회원 연회비는 2024년과 동일함을 알려드리며, 아직 2025년도 회비를 납부하지 않으신 회원님께서서는 납부하여 주시기 바라며, 연회비의 유효기간은 회비를 납부한 당해연도에 한합니다.

◆ 2025년도 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(수협, 1010-2165-2458)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 : 2025년 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 객새롬 서기(회원담당)

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

| 우리의 걸음이 같이 되도록



SK하이닉스가 만드는 AI 시대의 길

한계를 뛰어넘는 기술로

AI의 새로운 미래를 그려 갑니다

Full Stack AI Memory Provider

We Do Technology

첨단기술의 중심, 더 나은 세상을 만듭니다

