

ISSN1016-9288

제50권 12호

2023년 12월호

전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.50. no.12

산업AI 내재화 기술 동향

- 스마트 제조 AI 활용 동향 : 품질 예측
- 가상센서 기반의 TDLS 이중화 기술 개발
- 스마트 수산 양식 생산 관리를 위한 인공지능 연계 기술 동향
- EU AI 법과 적합성 평가
- ISO/IEC TS 4213 표준기반의 기계학습 분류작업에 대한 평가



Boost your lab's performance

임의파형발생기

- 2.4 GSa/s, 16 bit, 750 MHz
- 4 또는 8 채널 이상
- 50 ns 이하의 트리거 딜레이

어플리케이션

반도체 테스트, 양자 컴퓨터, Phased array 레이더 설계 & 테스트, Lidar, 분광학, NMR

임피던스분석기

- DC ~ 5 MHz까지, 1mΩ ~ 1TΩ까지
- 0.05% 기본 정확도
- 측정 정확도 보상 및 측정 신뢰도 표시 기능

어플리케이션

높은 Q 값의 유전체, 정전용량형 센서, 슈퍼 커패시터, PV 소자, 소자 특성 분석

락인앰플리파이어

- 600 MHz까지 측정 가능
- 스코프, FFT, 주파수 응답 분석기, Sweeper, 이미징 툴
- 옵션: 임의파형발생기, PID, PLL, Boxcar, 주파수 카운터, AM & FM 변조

어플리케이션

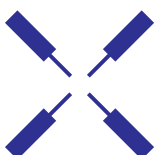
AFM, LVP, CARS, SRS, SNOM, graphene, optical PLL, THz, pump-probe, RFID, MEMS, NEMS, gyros, NDT, MRFM

LabOne® 소프트웨어

취리히인스트루먼트의 모든 장비는 제어소프트웨어인 LabOne®을 사용할 수 있습니다. 다양한 기능, 효율적인 작업, 쉬운 사용자인터페이스를 제공합니다. 웹브라우저에서 장비를 액세스하거나 LabVIEW™, MATLAB®, Python, C 또는 .NET 프로그램들과 통합할 수 있습니다.

한국담당자 010-6456-3463
ilnam.yeom@zhinst.com
www.zhinst.com

응용분야 솔루션에 대하여
기술문의 해주세요



Zurich
Instruments



ICEIC 2024

International Conference on Electronics,
Information, and Communication 2024

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

CALL FOR PAPERS

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

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

IMPORTANT DATES

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

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



대한전자공학회

2023

학회상 수상자

우리 학회는 1968년부터 매년 전자·정보·통신 분야에 탁월한 업적을 이루어 전자공학 학문과 기술의 발전에 공헌한 회원들에게 학회상을 시상하고 있으며, 금년에는 11월 24일(금) 서울대학교 시흥캠퍼스 교육협력동 컨벤션홀에서 시상식이 개최되었다.

[대한전자공학대상]



[기술혁신상]



[2022 IEIE Research Pioneer Award]



[논문상 단체]



[공로상 단체 1]



[공로상 단체 2]





대한전자공학대상



허 염 대표이사 회장 (㈜실리콘마이터스))

| 주요 학력/이력 |

- 1970년~1974년 서울대학교 공과대학 전자공학과 공학사
- 1974년~1976년 KAIST 전기및전자공학과 공학석사
- 1979년~1985년 Stanford University 전기공학과 공학박사
- 1986년~1989년 Stanford 컴퓨터연구소 수석연구원
- 1989년~1994년 삼성전자 컴퓨터사업부 개발이사
- 1994년~1997년 현대전자 미국법인 CTO
- 1998년~2004년 하이닉스 시스템반도체사업본부장/부사장
- 2004년~2006년 매그나칩반도체 창립 대표이사
- 2007년~현재 실리콘마이터스 창업 대표이사 회장

| 주요업적 |

허염 회장은 지난 30년간 시스템반도체 한 분야에서 지속적으로 근무하면서 한국 시스템반도체 분야의 주요 신기술 개발과 함께 산업 발전에 크게 공헌하였다.

2007년 국내 최초로 PMIC(전력관리IC)에 전문화된 팹리스반도체 회사인 실리콘마이터스를 창업하여 국내 최초의 LCD 및 OLED Display PMIC, Smartphone용 Mobile PMIC 등을 연속하여 개발, 양산에 성공하면서 매출 3,000억 규모의 중견기업으로 일구었으며 동시에 파워아나로그 분야의 설계 인력의 양성, 설계 기술의 고도화 및 고품질 양산 체제 구축을 통하여 해외 선도업체와 동등한 기술 기반을 구축하는데 크게 기여했다. 현재 실리콘마이터스는 국내외 대형 시스템회사들을 모두 고객으로 확보하고 있으며 지난 2022년 “3억불 수출의 탑”을 수 상한 바 있 다. 뿐 만아니라, 허 염 회 장은 1 989년부터 삼 성전자 임 원으로 재 직시 국 내 최초로 로직반도체전문공정을 도입하고 32bit RISC CPU개발을 주도했으며, 1998년부터 현대전자/하이닉스의 시스템반도체 사업 본부장으로 우리나라 최초의 CMOS Image Sensor 개발 및 양산공급, 아나로그/Mixed signal 특 화 파운드리 공정 개발 및 사업화, LCD디스플레이 구동칩개발 등, 한국 시스템반도체의 핵심 기술 및 제품 개발과 함께 매출 증대를 이끌면서 우리 산업 경쟁력 확보에 크게 이바지했다. 2005년 은 탐산업훈장, 2017년 금탑산업훈장, 2020년 청암상/기술상을 수상한 바 있다.



기술혁신상



류 수 정 대표이사 (SAPEON Inc. / 사피온코리아)

| 주요 학력/이력 |

- 1990년~1994년 동덕여자대학교 전자계산학과 이학사
- 1994년~1996년 한국과학기술원 (KAIST) 정보및통신공학과 공학석사
- 1997년~2004년 조지아공대 (Georgia Tech) 전기컴퓨터공학과 (ECE) 공학박사
- 2004년~2018년 삼성전자 종합기술원 / S.LSI사업부 전문연구원 / 리서치마스터 / 상무
- 2019년~2021년 서울대학교 전기·정보공학부, 산학 / 객원 교수
- 2021년~2022년 SK텔레콤, AI Accelerator 담당
- 2022년~현재 SAPEON Inc. / 사피온코리아 대표이사

| 주요업적 |

류수정 대표는 프로세서 구조 분야의 전문가로서, 동급 대비 2배 이상의 전력효율을 달성하는 저전력 멀티미디어 처리용 프로세서 개발을 통해 스마트폰 및 카메라, DTV 등에 국내기술을 활용하여 상용화에 크게 공헌하였다. 또한, 저전력 고성능 모바일 그래픽 처리장치 기술 확보 및 전문가 양성을 통해 국내 시스템 반도체 분야의 프로세서 역량 향상에 기여 하였다. 현재는 인공지능 처리를 위한 반도체, 시스템 소프트웨어 등 인공지능 시스템 개발을 통해 국가 중요 산업을 견인하는데 중추적인 역할을 하는 핵심적인 기술개발을 진행 중이다.

IEIE Research Pioneer Award



장 익 준 교수 (경희대학교)

| 주요 학력/이력 |

- 1995년~2002년 서울대학교 전기공학부 공학사
- 2003년~2005년 Purdue 대학교 전기 및 컴퓨터공학과 공학석사
- 2005년~2009년 Purdue 대학교 전기 및 컴퓨터공학과 공학박사
- 2009년~2012년 삼성전자 메모리사업부 책임연구원
- 2012년~현재 경희대학교 조교수, 부교수, 교수

| 주요업적 |

장익준 교수는 Sub/Near-threshold 영역에서 동작하는 회로 설계 관련하여 연구를 수행하였으며, 관련 성과는 ISSCC 및 JSSC 등의 우수 학회 및 학술지에 발표된 바 있다. 관련 대표 업적인 Sub/Near-threshold SRAM은 "A 32 kb 10T subthreshold SRAM array with bit-interleaving and differential read scheme in 90 nm CMOS"라는 제목으로 ISSCC 학회와 JSSC에 발표된 바 있다. 해당 논문은 현재 Google Scholar 기준 인용횟수가 640회를 돌파하는 등 큰 학계에 큰 파급력을 미쳤으며, 또한 관련 연구 성과는 그 동작 안정성 및 우수성을 산업계에서도 인정받고 있다. Sub/Near-threshold 동작 영역에서는 기존과 같은 동기식 시스템 보다는 비동기식 시스템이 공정 및 온도 변이에 내성이 강하며, 동시에 에너지 효율성이 탁월하다는 사실을 증명하였다. 해당 연구 결과는 IEEE JSSC에 게재되었으며, 현재 Google Scholar 기준 인용횟수가 102회에 이를 정도로 학문적 파급력이 큰 논문이다.

장익준 교수는 Approximate Memory라는 개념을 최초로 제안하였다. 이는 예전과 다르게 Memory에서 일부 오류를 허용하여 소모 전력을 개선하는 기술이다. 중요한 Bit는 저전압 동작에서 공정 변이에 강인한 8T SRAM에, 중요하지 않은 Bit는 면적 부담이 적은 기존의 6T SRAM에 저장하는 메모리 구조를 제안하여 이를 Video에 적용하였고, 큰 전력 개선 효과가 있음을 증명하였다. 관련 연구는 IEEE/ACM DAC 및 IEEE TCAS for Video Technology에 발표하여 그 우수성을 인정 받았다. 현재 관련 연구결과는 Google Scholar 기준 인용횟수가 160회를 넘어설 정도로 학문적 파급력이 크다.

Approximate Memory 개념을 Deep Learning System의 DRAM에 적용할 가능성을 탐색하였으며, 관련 연구를 DAC, ICCAD, ISCAS 같은 Top-tier 국제 학회에 발표하였다. 관련 연구는 그 창의성을 인정받아서 삼성 미래 기술 육성센터의 지원을 받아 연구를 수행하였다.



대한전자공학회 논문상

| 통신 분야 |



문 상 미 교수 (나사렛대학교)

| 주요 학력/이력 |

- 2012년 2월 전남대학교 전자컴퓨터공학과 학사
- 2014년 8월 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사
- 2017년 8월 전남대학교 전자컴퓨터공학과 박사
- 2017년 9월~2019년 2월 Oregon State University 방문학자
- 2018년 4월~2021년 2월 전남대학교 Postdoc.
- 2021년 3월~현재 나사렛대학교 IT인공지능학부 조교수

| 주요업적 |

나사렛대학교 문상미 교수는 최근 5년 동안 전자·정보·통신 분야에 10편의 우수한 해외 저명 논문지에 발표하였을 뿐만 아니라 16개의 국내·외 특허를 등록하였다. 또한, AI 기반 이동통신 관련한 17편의 우수한 논문을 대한전자공학회 TC 논문에 게재하여 특히 차세대 이동통신 분야에 탁월한 업적을 이루고 전자공학의 발전에 크게 공헌하였다.

| 반도체 분야 |



김 진 태 교수 (건국대학교)

| 주요 학력/이력 |

- 1993년~1997년 서울대학교 전기전자공학부 공학사
- 2001년~2004년 University of California, Los Angeles, CA, USA, 전기공학과 공학석사
- 2004년~2008년 University of California, Los Angeles, CA, USA, 전기공학과 공학박사
- 2008년~2011년 Keysight Technologies, Santa Clara, CA, USA, Senior IC Designer
- 2011년~2012년 SiTime Corporation, Sunnyvale, CA, USA, Principal Engineer
- 2012년~현재 건국대학교 전기전자공학부 교수

| 주요업적 |

김진태 교수는 고속/고해상도 데이터 변환기 설계에 대한 다양한 새로운 시도를 통해 저전력 고속 A/D 및 D/A 변환기 연구의 나아갈 방향을 제시하였다. 특히 초고속 인터페이스형 GS/s급 고속 시분할 ADC나 센서 인터페이스형 고해상도 ADC 설계에 있어 미세공정에서의 저전력 구현 기법을 제안하고 이를 입증하는 연구를 지속적으로 수행하며 다수의 관련 논문을 국내외에 출판하였다. 김진태교수는 IEEE ASSCC와 CICC와 같은 A급 국제 회로 설계학회의 데이터 변환기 분야의 심사위원으로 10여년간 활동했고, 세미나나 산업체 교육등을 통해 관련분야의 국제적인 연구동향을 국내 산업계에 전달해 주는 등 고속 데이터 변환기 관련 국내 기술 수준을 높이는 데 크게 공헌하였다.



대한전자공학회 논문상

| 컴퓨터 분야 |



심 규 성 교수 (한경국립대학교)

| 주요 학력/이력 |

- 2008년~2012년 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 공학학사
- 2015년~2017년 홍익대학교 스마트도시과학경영대학원 정보시스템 전공 공학석사
- 2017년~2021년 홍익대학교 대학원 전자전산공학과 공학박사
- 2021년~2022년 홍익대학교 BK21 사업단 박사후 연구원
- 2022년~현재 한경국립대학교 컴퓨터응용수학부 조교수

| 주요업적 |

심규성 교수는 미래 모바일 네트워크 중 특히 비동기식 다중접속(Non-orthogonal Multiple Access: NOMA)에서 신호의 물리적 특성을 활용한 물리계층보안(Physical Layer Security) 향상을 위한 시스템과 기회주의적 스케줄링 방법을 제안하여 관련 연구성과를 다수의 국제전문학술지에 게재하였으며 미래 모바일 네트워크에서의 보안성 향상과 구현에 크게 공헌하였다.

| 인공지능 신호처리 분야 |



박 인 규 교수 (인하대학교)

| 주요 학력/이력 |

- 1991년~1995년 서울대학교 제어계측공학과 공학사
- 1995년~1997년 서울대학교 제어계측공학과 공학석사
- 1997년~2001년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 공학박사
- 2001년~2004년 삼성종합기술원 전문연구원
- 2007년~2008년 Mitsubishi Electric Research Laboratories 방문연구원
- 2014년~2015년 MIT Media Lab 방문부교수
- 2004년~현재 인하대학교 정보통신공학과 교수
- 2020년~현재 인하대학교 인공지능융합연구센터/융합혁신대학원 센터장 및 사업단장

| 주요업적 |

박인규 교수는 지난 20년여간 컴퓨터비전 분야에서 영상과 비디오를 통한 3차원 형상 정보 기술을 연구해왔으며, 최근에는 인공지능영상과 생성형 인공지능을 이용한 연구분야 확장을 통해 다양한 응용 분야에서의 2차원 영상 합성과 3차원 형상 정보 취득 관련 연구를 수행하고 있다. 특히 얼굴, 신체, 자세, 피부 등의 요소를 포함하는 3차원 휴먼 생성, 라이트필드 합성 및 깊이정보 취득, 디블러링/초해상화 등의 계산영상학 분야에서 50여편의 논문을 유수한 국내외 학술지, 우수 국제학술대회에 발표하여 국내 컴퓨터비전 연구분야의 발전에 기여하였다.



대한전자공학회 논문상

| 산업전자분야 |



윤 중 현 교수 (조선이공대학교)

| 주요 학력/이력 |

- 1988년~1993년 조선대학교 전자공학과 공학사
- 1993년~1995년 조선대학교 전자공학과 공학석사
- 1995년~1999년 조선대학교 전자공학과 공학박사
- 2003년~2005년 (주)지피텍 기술이사
- 2006년 조선대학교 전자공학과 초빙교수
- 2007년~현재 조선이공대학교 전자과 부교수

| 주요업적 |

윤중현 교수는 에너지 생산량 향상 및 화재 위험제거 기술을 적용한 스마트 태양광 멀티 접속함에 대한 최적화를 위해 방열 장치(발열판)를 최소화 하여 관리 비용 절감한 태양광 접속반 개발, 채널별 이상 회로의 모니터링이 가능한 전류센서회로를 설계 및 제작하였다. 또한, BIPV(건물일체형 태양광발전) 시스템의 지속운전과 안전성 확보를 위한 PV 모듈의 상태진단 및 분석하였으며, 발전량을 예측하기 위한 딥러닝 알고리즘 개발 및 다양한 환경에 적용 가능한 태양광 발전의 예측 오차율 개선에 노력하는 등 태양광발전시스템의 안정성 확보와 발전효율 개선에 노력하였다.

2023년도 학회 공로상 수상자 명단

성명	직위	소속	공적
강성복	수석연구원	한국생산기술연구원	시스템및제어(소) 활성화
김대순	교수	전주비전대학교	전북지부장
김동식	교수	인하공업전문대학	산업전자(소) 활성화
김종선	교수	홍익대학교	반도체(소) 활성화
김한구	교수	삼성전자공과대학교	반도체(소) 활성화
김현철	교수	울산대학교	부산 · 경남 · 울산지부장
민동보	교수	이화여자대학교	제32회 신호처리합동학술대회 학술위원장
박현영	전무이사	진우ATS(주)	산업전자(소) 활성화
백인천	교수	AIZU대학교	일본지부 활성화
서봉상	상무이사	(주)올포랜드	산업전자(소) 활성화
송치봉	대표이사	(주)웨이텍	산업전자(소) 활성화
유찬세	수석연구원	한국전자기술연구원	사업위원회 위원장
이동재	대표이사	(주)키파운드리	반도체(소) 활성화
이문식	본부장	한국전자통신연구원	대전 · 충남지부장
이영준	대표이사	(주)투비콤	산업전자(소) 활성화
이채은	교수	인하대학교	영상처리연구회 위원장
이흥노	교수	광주과학기술원	통신(소) 활성화
이희덕	교수	충남대학교	2022 산학연구료회워크샵 위원장
정은성	교수	홍익대학교	컴퓨터(소) 활성화
최강선	교수	한국기술교육대학교	2022 소사이어티 부회장
최석우	상무이사	대보정보통신(주)	산업전자(소) 활성화
최영규	교수	한국교통대학교	충북지부장
최우영	교수	서울대학교	반도체(소) 활성화

대한전자공학회

2023 해동상

대한전자공학회가 주관하고 해동과학문화재단(김영재 이사장)이 후원하는 제33회 해동학술상 수상자로 변영재 울산과학기술원 교수, 해동기술상 수상자로 박노정 SK하이닉스 대표이사 사장, 그리고 해동젊은공학인상으로 학계에서는 김 현 서울과학기술대학교 교수, 산업계에서는 이종민 현대모비스 책임연구원이 각각 선정되었다.

변영재 교수는 바이오 메디컬 마이크로 시스템, CMOS 기반 아날로그 회로, 무선 전력 전송 시스템, 그리고 전력관리 회로 분야에서의 뛰어난 성과와 혁신적인 연구를 학술지와 국제학회에 발표하였으며, 총 5,497회의 피인용을 기록하는 등 국내외적으로 인정받고 있다. 또한 생체 내 연속 혈당 측정 시스템, 체내 삽입형 의료 장비용 통신 IC 등을 개발하여 의료분야 혁신을 추구하고 있으며, 연구실에서의 원천기술 기반의 창업으로 상용화를 추진하여 관련 학문 및 산업 발전에 크게 기여했다고 평가되었다.

박노정 사장은 SK하이닉스에서 약 30년간 메모리 반도체 공정 연구, 제품 개발, 제조 등 R&D와 생산 현장을 두루 거치며 D램(DRAM), 낸드(NAND) 개발과 생산을 주도했다. 특히 HBM(High Bandwidth Memory), LPDDR5(Low Power Double Data Rate 5), DDR5(Double Data Rate 5) 등 업계 최고 성능의 메모리 제품 개발을 통해 글로벌 기술경쟁력을 공고히 했다. 박 사장은 이전 M16, 청주 M15 등 SK하이닉스의 핵심 반도체 팹(Fab)을 건설한 경험을 바탕으로 용인 반도체 클러스터 조성은 물론, 협력사와 지역 사회와의 상생협력에도 앞장서고 있다. 2022년부터는 한국반도체산업협회 회장을 맡아 업계 교류와 협력을 활성화해왔다. 또 대학에 계약학과를 설치하는 등 반도체 인재양성에도 공을 들여 국내 반도체산업 발전에 크게 기여했다고 평가되었다.

김 현 교수는 인공지능 반도체 설계 분야에서의 혁신적인 연구성과를 국제 저널과 학술대회에 발표하여 상대적으로 피인용이 낮은 반도체 설계 분야에서 총 1,505회의 피인용을 기록하였으며, 이외에도 특허 28건, 수상실적 35건, 그리고 초청강연 31회 등 다양한 업적을 성취하여 우수성을 인정받고 있다. 또한, mobile/edge형 인공지능 반도체 플랫폼 설계 분야에서 다수의 국가/민간 R&D 프로젝트의 책임을 맡아 사회적으로 기여하고

있으며, 학술대회 조직위원과 저널 편집위원을 포함한 국내외 적극적인 학술활동을 통해 반도체 분야의 학문 발전과 국가 위상을 높였다고 평가되었다.

이종민 책임연구원은 약 10년간 현대모비스 기술연구소에 재직하면서 현대기아차 인포테인먼트 제품인 표준형 AVN 5세대를 개발하였으며, 차세대 AVN 플랫폼 선행개발 및 ccNC(connected car Navigation Cockpit) 제품 개발에서 주요한 역할을 수행하였다. 특히 ccNC는 고성능 AP를 적용한 현대기아차 최신 인포테인먼트 제품으로 80개 이상 차종 및 400개 모델에 적용할 수 있는 제품을 설계하여 1,700만대 양산 및 11.5조의 매출을 달성하여 현대모비스의 경쟁력 향상과 국가 자동차 산업 발전에 크게 기여했다고 평가되었다.

해동상은 1965년 대덕전자(주)를 설립하여 50여년간 PCB사업에 전념하여 오신 창업주 (故)김정식 회장님께서 우리나라 전자공학 분야의 학문 및 기술발전을 위하여 크게 업적을 쌓은 분들의 노고를 치하하기 위해 제정한 상이다.

해동상은 1991년 설립된 해동과학문화재단에서 <대한전자공학회 해동상>을 제정한 이래 현재까지 총 33회에 걸쳐 시행하여 왔다.

<대한전자공학회 해동상>은 해동상 설립 초기부터 시상하여 현재 학술상, 기술상, 젊은공학인상(학술상), 젊은공학인상(기술상) 4개 부문으로 구분하여 업적이 탁월한 분들에게 시상하고 있다.

한편, 이번 제33회 해동상 수상자 선정을 위해 각 대학, 연구소, 기업체에 후보자 추천을 의뢰하고 전자신문에 2회에 걸쳐 후보자 공모 광고를 게재하고 전 회원들에게 이메일 발송, 홈페이지 게시 및 각종 행사에서 홍보 등 다방면으로 홍보하여 8월 18일까지 후보자에 대한 추천서를 접수하였다.

해동학술상은 2인, 해동기술상은 3인, 젊은공학인상(학술상)은 2인, 젊은공학인상(기술상)은 1인이 각각 응모하였으며, 포상위원회에서(2023.9.21.)에서는 해동상 평가 세부 지침에 의거하여 심도 있는 평가를 거쳐 최종 수상후보자 각 1인을 선정하였으며, 학회 6차 상임이사회(2023.10.13.) 의결을 거쳐 후보자를 선정하고 해동과학문화재단의 승인 후 확정하였다.

[해동상 수상자]





해동학술상



변영재 교수 (울산과학기술원)

| 주요 양력 및 이력 |

- 1991년~1997년 연세대학교 전자공학과 (공학사)
- 1998년~2000년 미국 Georgia Institute of Technology 전자공학과 (공학석사)
- 2000년~2002년 Agilent Technologies 반도체팀, 통합회로 설계 연구원
- 2003년~2006년 미국 Georgia Institute of Technology 전자공학과 (공학박사)
- 2007년~2009년 Staccato Communications 통합회로 설계 수석 연구원
- 2009년~현재 울산과학기술원 전기전자공학과 조교수, 부교수, 교수
- 2011년~2015년 울산과학기술원 전기전자컴퓨터공학부 학부장
- 2015년~현재 UNIST-삼성 디스플레이 연구센터 센터장
- 2016년~2017년 울산과학기술원 대외협력처장
- 2017년~2022년 IITP지원, 무전원 광역 모바일트래커 시스템 연구센터 센터장
- 2022년~현재 IITP지원, 5T-SPACE 연구센터 센터장

| 주요업적 |

변영재 교수는 최근 10년간 전자공학 분야에서 지속적이고 깊이 있는 연구 활동을 펼쳐왔다. 대한전자공학회의 학회 학술지에 발표한 7편의 우수 논문과 국제 학술대회에서 발표한 70편의 연구 발표는 국제 학계에서 그의 확고한 지위를 입증하고 있다. 그는 뿐만 아니라 SCI급 논문 76편과 국내 특허 76건, 미국/유럽/PCT 특허 33건을 보유하고 있어, 학문적 성과의 다각도에서 우수함을 증명하고 있다.

변영재 교수의 연구 업적은 그가 확보한 논문 인용 지표로도 명백하게 드러나고 있다. 주/교신/공동저자로 참여한 논문은 현재까지 총 5,190회의 인용을 받아 30의 h-index와 56의 i10-index를 보여주고 있다. 이러한 수치는 그의 연구가 국제적으로 얼마나 평가받고 있는지를 명확히 보여주는 강력한 지표이다.

변영재 교수는 뛰어난 연구 능력과 더불어 교내외에서 그의 인정을 받아왔다. UNIST에서는 산학협력부문 우수교원상(2022년), 연구성과우수상(2013년), 최우수강의상(2010년)을 수상하며 교내에서의 우수성을 입증하였다. 더불어 대한전자공학회와 한국전자파학회에서도 우수연구자상(2018년), 최우수 연구자상(2020년)을 수상하여 그의 연구 업적과 리더십을 인정받았다.

변영재 교수는 교육 활동에도 뛰어난 역량을 발휘하고 있다. 현재까지 박사 10명, 석사 18명을 배출하여, 국내외 대학교수 3명과, 국내 우수 기업인 삼성전자, 삼성디스플레이, LG전자, SK하이닉스, 현대모비스, 실리콘마이터스 등에서 역량을 발휘할 수 있도록 그들을 육성해 왔다.

변영재 교수는 바이오 메디컬 마이크로 시스템, CMOS 기반 아날로그 회로, 무선 전력 전송 시스템, 그리고 전력 관리 회로 분야에서의 뛰어난 성과와 혁신적인 연구로 국내외적으로 많은 기대를 받고 있다. 그는 생체 내 연속 혈당 측정 시스템, 체내 삽입형 의료 장비용 통신 IC 등을 개발하여 의료 분야에 혁신을 추구하고 있으며, 연구실에서의 원천기술 기반의 창업으로 상용화를 위한 노력도 병행하고 있다.



해동기술상



곽 노 정 대표이사 사장 (SK하이닉스㈜)

| 주요 양력 및 이력 |

- 1984년~1989년 고려대학교 재료공학 학사
- 1989년~1991년 고려대학교 재료공학 석사
- 1991년~1994년 고려대학교 재료공학 박사
- 1989년~1994년 KIST 광센서연구실 위촉연구원
- 1994년 현대전자(SK하이닉스 전신) 입사
- 2014년~2017년 SK하이닉스 미래기술연구원 (상무)
- 2017년~2019년 SK하이닉스 청주 FAB담당 (전무)
- 2019년~2021년 SK하이닉스 제조/기술 (부사장)
- 2021년~2022년 SK하이닉스 안전개발제조총괄 (사장)
- 2022년~현재 한국 반도체산업협회 13대 회장
- 2023년~현재 한국공학한림원 정회원
- 2022년~현재 SK하이닉스 대표이사

| 주요업적 |

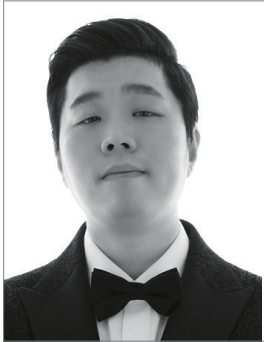
곽노정 SK하이닉스 대표이사는 1994년 SK하이닉스의 전신인 현대전자에 입사해 약 30년간 메모리 반도체 공정 연구와 제품 개발, 제조 등 R&D 및 생산 현장을 두루 거치며 DRAM/NAND의 개발과 생산을 주도해왔다. 특히, 2013년에 20나노급 DRAM과 NAND 핵심기술을 개발한 공로를 인정받아 제6회 반도체의 날 기념행사에서 대통령 표창을 수상했고, 이후 미래기술연구원 상무, 제조/기술 담당, 안전개발제조 총괄 등을 거치며 고성능 DRAM 및 초고층 NAND 제품 개발에 기여하였다. 그 결과 2022년 기술 전 분야를 통합적으로 이끌어 나갈 책임자로 평가받아 SK하이닉스 대표이사로 선임됐고 한국 반도체 산업협회장에도 취임하여 국내 반도체 산업의 글로벌 경쟁력 제고에 앞장서고 있다.

특히 HBM(High Bandwidth Memory), LPDDR5(Low Power Double Data Rate 5), DDR5 등 업계 최고 성능의 제품 개발을 통해 대한민국 반도체 산업의 글로벌 경쟁력을 공고히 하고 있다. HBM은 여러 개의 DRAM을 수직으로 연결해 기존보다 데이터 처리 속도를 혁신적으로 끌어올린 고성능 제품으로 24GB HBM3 제품을 세계 최초로 개발/양산했고, 독자 개발한 Advanced MR-MUF 기술을 통해 고방열 특성을 확보하면서 AI 시장에서 한국 반도체 산업의 기술력을 확실히 보여줬다는 평가를 받고 있다. 또한, 최근 저전력 제품에 대한 요구 증가에 대응해 업계 최초로 HKMG(High-k Metal Gate) 기술을 적용해 8.5Gbps 속도의 초고속 모바일용 DRAM인 LPDDR5X를 선보였으며, 이후 LPDDR5T(9.6Gbps) 제품까지 개발 성공해 모바일용 DRAM 시장도 선도하고 있다.

또한 이천/청주 FAB(M15/M16)을 건설한 경험을 바탕으로 용인 반도체 클러스터 착공을 진두지휘하는 한편, 'K-반도체 벨트'를 완성해 협력사 및 지역 사회와의 상생협력에도 힘쓰고 있다. 이 외에도 한국 반도체 산업협회장으로서 업계 간 교류 확대와 협력을 강조하고, 유수 대학에 계약학과(반도체공학과)를 설치해 반도체 인재 육성에 공을 들이며 국내 반도체 산업 발전에 공헌하였다.



해동젊은공학인상(학술상)



김 현 교수 (서울과학기술대학교)

| 주요 양력 및 이력 |

- 2005년~2009년 서울대학교 공과대학 전기컴퓨터공학부 (공학사)
- 2009년~2011년 서울대학교 공과대학 전기컴퓨터공학부 (공학석사)
- 2011년~2015년 서울대학교 공과대학 전기컴퓨터공학부 (공학박사)
- 2015년~2016년 서울대학교 BK21+ 창의정보기술 인재양성사업단 박사후연구원
- 2016년~2018년 서울대학교 BK21+ 창의정보기술 인재양성사업단 BK조교수
- 2018년~2022년 서울과학기술대학교 전기정보공학과 조교수
- 2022년~현재 서울과학기술대학교 전기정보공학과 부교수
- 2022년~현재 서울과학기술대학교 산학협력단 부단장
- 2022년~현재 서울과학기술대학교 산학연협력 선도대학 육성사업단 부단장
- 2021년~현재 대한전자공학회 상임이사 (재무, 총무)

| 주요업적 |

김현 교수는 인공지능 반도체 디지털 설계라는 큰 연구 주제 아래 인공지능 반도체 관련 아키텍처 레벨, 알고리즘 레벨, 메모리 레벨의 융합/통합 플랫폼 연구를 중점적으로 수행한 인공지능 반도체 전문가로서 특히, mobile/edge형 인공지능 반도체 플랫폼 설계 분야에서 다수의 국가/민간 R&D 프로젝트 책임을 맡아 사회적으로 크게 공헌을 하고 있다. 김현 교수는 해당 분야에서 국제 저널 41편, 국제 학술대회 77편, 국내 학술대회 86편, 특허 27건, 초청 강연 31회의 실적을 성취하여 정량적으로 우수한 연구자로 인정받고 있으며, 상대적으로 피인용이 낮은 반도체 설계 분야에서 총 1441회의 피인용을 기록하고 31건의 수상실적을 성취하여 정성적인 연구 우수성 또한 인정받고 있다.

이러한 독창적이고 창의적인 연구활동이 인정되어 젊은 나이에도 불구하고 현 소속기관에서 산학협력단과 산학연협력 선도대학 육성사업단의 부단장을 맡아 소속 대학의 위상을 드높이고 있으며, 대한전자공학회를 포함한 국내 다양한 학술단체 임원 활동과 학술대회 조직위원을 역임하고 있다. 또한, 반도체 관련 과학기술정보통신부/산업통상자원부의 자문 및 과제 기획/평가위원에 다수 참여하여 사회적으로도 많은 공헌을 하고 있다. 뿐만 아니라 국제적으로도 젊은 나이에 IEEE Senior Member로 선정되어 IEEE Circuits and Systems Society의 중추적인 역할을 담당하고 있으며, 다양한 국제 학술대회 조직위원과 편집 위원도 겸임하고 있다.

이처럼 김현 교수는 국내외의 활발한 연구 및 학술활동을 통해 국내 반도체 분야의 학문 발전과 국가의 위상을 제고하고 전세계 학자 상호간의 이해증진에 기여하고 있으며, 대한민국의 반도체 분야를 이끌어 갈 인재로 주목받고 있다



해동젊은공학인상(기술상)



이 종 민 책임연구원 (현대모비스㈜)

| 주요 양력 및 이력 |

- 2004년~2011년 성균관대학교 전기전자공학 (학사)
- 2011년~2013년 한국과학기술원 전기전자공학 (석사)
- 2013년~현재 현대모비스 기술연구소 책임연구원
- 2013년~2015년 표준형 AVN 5세대 개발 및 양산
- 2016년~2018년 차세대 AVN 플랫폼 선행 개발
- 2019년~2022년 ccNC 개발 및 양산
- 2022년~현재 Vehicle Computer 선행 개발

| 주요업적 |

이종민 책임연구원은 현대모비스 인포테인먼트 플랫폼 개발 조직에서 IVI (In-Vehicle-Infotainment) 제품 개발 업무를 수행하고 있다. 현대기아차 인포테인먼트 제품인 표준형 AVN 5세대를 개발하였으며, 차세대 AVN 플랫폼 선행개발 및 ccNC (connected car Navigation Cockpit) 제품 개발에서 주요한 역할을 수행하였다. 최근에는 인포테인먼트 제품 외에도 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems)와 IVI 기능을 통합한 미래 차량 아키텍처인 Zonal 아키텍처 Vehicle Computer 개발 업무에 매진하고 있다.

ccNC는 고성능 AP를 적용한 현대기아차 최신 인포테인먼트 제품이다. 그는 시스템 및 회로 최적 설계를 통해 글로벌 전 향지 80개 이상 차종 및 400개 모델에 적용할 수 있는 제품을 설계하였다. ccNC는 단일 플랫폼으로 글로벌 전 향지 1700만대 양산 및 11.5조의 매출을 달성하였고, 이는 현대모비스의 경쟁력을 향상시켰을 뿐만 아니라 국가 자동차 산업 발전에 크게 기여하였다.

특히 개발과정에서 제품 종수 축소 및 공용화를 통해 하드웨어 종수를 획기적으로 축소하여 비용 절감 및 인력자원 효율화에 기여하였으며, HW 최적 설계 및 부품 국산화, 공정개선을 통해 수익성을 개선하였다. 또한 제품별 동일한 기능의 상이한 회로부에 대해 표준화를 진행하여 설계 품질을 향상시켰다.

최근에는 Zonal 아키텍처 기반 IVI 제품과 ADAS 제품의 기능을 통합하고 SDV (SW Defined Vehicle) 기능을 수행할 수 있는 고성능 Vehicle Computer 개발 업무를 담당하고 있다. 이를 통해 Zonal 아키텍처를 구현할 것이며, 이는 미래 차량용 슈퍼 컴퓨터 개발에 대한 솔루션 확보 및 대한민국 자동차 산업의 경쟁력을 향상시킬 것으로 기대하고 있다.

IEEE DiscoveryPoint Communications(IDPC)



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



IEEE Full-text를
포함한 다양한 양질의
자료 제공



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



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



설계 문제에 대한
솔루션 제공하여
실무 엔지니어에게
최적화

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



IEEE

**Authorized
Dealer**



키티스 産學研情報(株)
KITIS Info. & Co., Ltd.

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

CONTENTS

제50권 12호 (2023년 12월)



※ 학회지 12월호 표지 (vol 50, No 12)

회지편집위원회

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

학회소식

12 학회소식 / 편집부

특집 : 산업시 내재화 기술 동향

15 특집편집기 / 김기연

16 스마트 제조 AI 활용 동향 : 품질 예측 / 홍민성, 최경미

26 가상센서 기반의 TDLS 이중화 기술 개발 / 김대현, 김택근, 이정한

36 스마트 수산 양식 생산 관리를 위한 인공지능 연계 기술 동향 / 조성윤, 성주형, 권기원

45 EU AI 법과 적합성 평가 / 정호원, 권종원

56 ISO/IEC TS 4213 표준기반의 기계학습 분류작업에 대한 평가 / 김기연, 임대영, 안선호, 권종원

회원광장

66 논문지 논문목차

정보교차로

68 국내외 학술행사 안내 / 편집부

76 특별회원사 및 후원사 명단

2023년도 임원 및 각 위원회 위원

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

이 사

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

협 동 이 사

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

지부장 명단

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

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

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

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

위원회 명단

자문위원회

위원장	김도현 (국민대학교 명예교수)
부위원장	박항구 (소암시스템 회장)
위원	고성제 (고려대학교 교수)
	김성대 (한국과학기술원 명예교수)
	김재희 (연세대학교 명예교수)
	박규태 (연세대학교 명예교수)
	백준기 (중앙대학교 교수)
	성광모 (서울대학교 명예교수)
	이상설 (한양대학교 명예교수)
	이충웅 (서울대학교 명예교수)
	임혜숙 (이화여자대학교 교수)
	정정화 (한양대학교 명예교수)
	홍승홍 (인하대학교 명예교수)

공준진 (삼성전자공과대학교 주임교수)	구용서 (단국대학교 교수)
김수중 (경북대학교 명예교수)	김영권 (건국대학교 명예교수)
나정웅 (한국과학기술원 명예교수)	문영식 (한양대학교 교수)
박성한 (한양대학교 명예교수)	박진옥 (육군사관학교 명예교수)
서승우 (서울대학교 교수)	서정욱 (과학기술부 장관)
윤종웅 (한국공학교육인증원 이사장)	이문기 (연세대학교 명예교수)
이재홍 (서울대학교 명예교수)	이진구 (동국대학교 명예교수)
이태원 (고려대학교 명예교수)	임재택 (한양대학교 명예교수)
전국진 (서울대학교 명예교수)	전홍태 (중앙대학교 명예교수)
천경준 (씨젠 회장)	홍대식 (연세대학교 교수)

기획위원회

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

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

학술연구위원회 - 하계

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

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

학술연구위원회 - 추계

위원장	노원우 (연세대학교 교수)
위원	권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)
	권관서 (연세대학교 교수)
	오원호 (고려대학교 교수)
	하태준 (광운대학교 교수)

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

논문편집위원회

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

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

국제협력위원회

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

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

대외협력위원회

위원장	김훈 (인천대학교 교수)	연규봉 (한국자동차연구원 책임연구원)
부위원장	김성우 (서울대학교 교수)	

위	원	김 동 순 (세종대학교 교수)	김 사 혁 (KISDI 책임연구원)	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)
		김 형 준 (한국전자통신연구원 센터장)	안 광 호 (한국전자기술연구원 센터장)	이 권 형 (LG전자㈜ 책임연구원)
		이 형 민 (고려대학교 교수)	최 광 성 (한국전자통신연구원 실장)	한 상 옥 (삼성전자㈜ 책임연구원)
		황 성 운 (가천대학교 교수)		

산학연협동위원회

위	원	장	연구 봉 (한국자동차연구원 실장)	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)	서 종 열 (LG전자㈜ 그룹장)
위	원		김 민 규 (LGI노텍㈜ 상무)	이 용 옥 (한화시스템 부사장)	이 재 관 (한국자동차연구원 소장)
			손 교 민 (삼성전자㈜ 마스터)	이 재 훈 (유정시스템 대표이사)	정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장)
			이 재 규 (삼성전자㈜ 마스터)	최 병 호 (한국전자기술연구원 본부장)	
			최 기 창 (서울대학교 교수)		

회원관리위원회

위 원 장	선 우 경 (서울대학교 교수)		
부 위 원 장	강 명 곤 (한국교통대학교 교수)		
위 원	김 윤 (서울시립대학교 교수)	김 형 진 (인하대학교 교수)	민 경 식 (국민대학교 교수)
	배 중 호 (국민대학교 교수)	송 익 현 (한양대학교 교수)	유 경 창 (삼성전자㈜ 수석연구원)
	유 동 훈 (디사일로 연구소장)	이 상 훈 (㈜웨이브피아 대표이사)	이 정 원 (서울대학교 교수)
	채 영 철 (연세대학교 교수)	최 웅 (숙명여자대학교 교수)	

회지편집위원회

위	원	장	양 준 성 (연세대학교 교수)	박 승 창 (㈜유오씨 사장)	안 진 호 (호서대학교 교수)
위	원		박 관 서 (연세대학교 교수)	장 지 원 (연세대학교 교수)	정 재 용 (인천대학교 교수)
			윤 석 현 (단국대학교 교수)	한 태 화 (연세대학교 의료원 팀장)	허 준 (고려대학교 교수)
			최 정 옥 (한양대학교 교수)		

사업위원회

위	원	장(총괄)	유 찬 세 (한국전자기술연구원 수석연구원)	김 중 현 (고려대학교 교수)	김 철 우 (고려대학교 교수)
위	원		김 익 균 (한국전자통신연구원 본부장)	이 남 윤 (고려대학교 교수)	제 민 규 (한국과학기술원 교수)
			선 우 경 (서울대학교 교수)	김 시 준 (강원대학교 교수)	송 준 영 (인천대학교 교수)
위	원		권 경 하 (한국과학기술원 교수)	안 호 균 (한국전자통신연구원 실장)	윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
			신 세 운 (UNIST 교수)	임 매 순 (한국과학기술연구원 책임연구원)	장 지 수 (삼성전자㈜ PE)
			이 정 원 (서울대학교 교수)	허 재 두 (한국전자통신연구원 책임연구원)	
			한 동 국 (국민대학교 교수)		

교육연구위원회

위 원 장	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)				
부 위 원 장	변 대 석 (삼성전자㈜ 마스터)				
위 원	김 선 옥 (고려대학교 교수)	동 성 수 (용인예술과학대학교 교수)	류 현 석 (서울대학교 교수)		
	박 영 우 (TEL 부사장)	변 영 재 (UNIST 교수)	윤 중 윤 (㈜파두 사장)		
	이 영 택 (ASML 전무)	이 후 진 (한성대학교 교수)	최 병 수 (한국전자통신연구원 실장)		

홍보위원회

위	원	장	정 영 모 (한성대학교 교수)	최 재 혁 (서울대학교 교수)	심 용 (중앙대학교 교수)
부	위	원	장	송 준 영 (인천대학교 교수)	이 창 우 (가톨릭대학교 교수)
위	원		서 민 재 (가천대학교 교수)	이 구 순 (파이낸셜뉴스 부국장)	황 진 영 (한국항공대학교 교수)
			윤 희 인 (UNIST 교수)	추 민 성 (한양대학교 교수)	
			정 완 영 (한국과학기술원 교수)		

표준화위원회

위	원	장	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)	김 성 동 (서울과학기술대학교 교수)	박 재 영 (광운대학교 교수)
부	위	원	장	이 상 근 (성균관대학교 교수)	이 종 목 (SOL 대표)
위	원		권 기 원 (성균관대학교 교수)	차 철 웅 (한국전자기술연구원 센터장)	한 태 수 (한국전자기술연구원 연구위원)
			배 준 호 (가천대학교 교수)		
			좌 성 훈 (서울과학기술대학교 교수)		

정보화위원회

위	원	장	조 성 현 (한양대학교 교수)	김 범 현 (한양대학교 교수)	김 중 현 (고려대학교 교수)
위	원		권 태 수 (서울과학기술대학교 교수)	임 동 구 (전북대학교 교수)	정 방 철 (충남대학교 교수)
			배 준 성 (강원대학교 교수)	추 상 혁 (현대자동차㈜ 책임매니저)	한 정 환 (충남대학교 교수)
			차 혁 규 (서울과학기술대학교 교수)		

AI위원회

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

지부담당위원회

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

선거관리위원회

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

포상위원회

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

재정위원회

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

인사위원회

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

JSTS 편집위원회

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

SPC위원회

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

Society 명단

통신소사이터티

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

반도체소사이터티

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

컴퓨터소사이터티

회 명 예 회 장

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

자 문 위 원
감 부 회 장

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

협동부회장

박승창 (㈜유오씨 사장)
김대위 (주한국정보통신 대표이사)
서봉상 (주올랜드 이사)
오승훈 (주얼린 대표이사)
조병순 (CNC instrument 사장)
심정현 (강남대학교 교수) - 멀티미디어
윤은준 (경일대학교 교수) - 융합컴퓨팅
김도현 (제주대학교 교수) - M2M/IOT
황성우 (가천대학교 교수) - 인공지능 및 보안
정민상 (홍익대학교 교수) - 블록체인

총 무 이 사
재 보 이 사
판 집 이 사

학 술 이 사

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

사 업 이 사
산 학 이 사

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

연구회위원장

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

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

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

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

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

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

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

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

정교일 (한국전자통신연구원 책임연구원)
윤은준 (경일대학교 교수)

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

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

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

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

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

인공지능 신초처리소사이터티

회 명 예 회 장

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

부 회 장
협동부회장

여종철 (한국과학기술원 교수)
이찬수 (영남대학교 교수)
최병호 (한국전자기술연구원 센터장)
이채은 (인하대학교 교수)
고종환 (성균관대학교 교수)
곽수영 (한밭대학교 교수)
김승룡 (고려대학교 교수)
김태현 (한양대학교 교수)
김휘웅 (경희대학교 교수)
박인규 (인하대학교 교수)

이 사

신종원 (광주과학기술원 교수)
오병태 (한국항공대학교 교수)
유현우 (두산인프라코어 연구원)
이덕우 (계명대학교 교수)
이윤구 (광운대학교 교수)
장준혁 (한양대학교 교수)
정영주 (숙명여자대학교 교수)
조상인 (동국대학교 교수)
최동걸 (한밭대학교 교수)
최종원 (중앙대학교 교수)
한보영 (서울대학교 교수)
홍성민 (인하대학교 교수)
권준석 (중앙대학교 교수)
곽진태 (고려대학교 교수)

협 동 이 사

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

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

전세영 (서울대학교 교수)
권기훈 (부경대학교 교수)
김창수 (고려대학교 교수)
윤재웅 (LG전자 연구위원)
지인호 (홍익대학교 교수)
하정호 (네이버 AI연구소장)

강재원 (이화여자대학교 교수)
고현석 (한양대학교 교수)
곽수하 (포스텍 교수)
김준모 (한국과학기술원 교수)
김학구 (중앙대학교 교수)
박상현 (DGIST 교수)

박철수 (광운대학교 교수)
심재영 (UNIST 교수)
우성민 (한국기술교육대학교 교수)
유재준 (UNIST 교수)
윤정인 (한화디펜스 연구원)

이범식 (조선대학교 교수)
이철 (동국대학교 교수)
전세영 (서울대학교 교수)
정희철 (경북대학교 교수)
조상현 (포스텍 교수)
최성준 (고려대학교 교수)

최종현 (연세대학교 교수)
한재호 (고려대학교 교수)
황효석 (경희대학교 교수)
강현수 (충북대학교 교수)
구형일 (아주대학교 교수)
김기백 (송실대학교 교수)

김선주 (연세대학교 교수)
김재곤 (한국항공대학교 교수)
김종욱 (한국항공우주연구원 연구원)
남승우 (한국전자통신연구원 연구원)
박상운 (명지대학교 교수)
박호중 (광운대학교 교수)
서정일 (한국전자통신연구원 박사)

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

정승원 (고려대학교 교수)
김남수 (서울대학교 교수)
백준기 (중앙대학교 교수)
이병욱 (이화여자대학교 교수)
최강선 (한국기술교육대학교 교수)

한재준 (삼성전자(주) 마스터)
고영준 (충남대학교 교수)
곽노준 (서울대학교 교수)
구문학 (LG전자 연구원)
김진규 (고려대학교 교수)

김한울 (서울과학기술대학교 교수)
박영경 (이화여자대학교 교수)
백종덕 (연세대학교 교수)
심현정 (연세대학교 교수)
유우택 (한국과학기술원 교수)

유종빈 (아주대학교 교수)
이금하 (KT 연구원)
이상철 (인하대학교 교수)
임성훈 (DGIST 교수)
정교일 (한국전자통신연구원 연구전문위원)

조동현 (충남대학교 교수)
차영수 (고려대학교 교수)
최욱 (인천대학교 교수)
최해철 (한밭대학교 교수)
함범섭 (연세대학교 교수)

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

감사
총무
연구회위원장

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

시스템 및 제어소사이터

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

산업전자소사이터

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

제24대 평의원 명단

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

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

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

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

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

윤명국 (이화여자대학교 교수)
 윤석현 (단국대학교 교수)
 윤종용 (한국공학대학교육인증 이사장)
 이경중 (연세대학교 교수)
 이규복 (한국전자기술연구원 부원장)
 이덕진 (전북대학교 교수)
 이병선 (김포대학교 교수)
 이상훈 (웨이브피아 대표이사)
 이수민 (한국센서연구소 대표이사)
 이승호 (한밭대학교 교수)
 이왕상 (경상국립대학교 교수)
 이인규 (고려대학교 교수)
 이재진 (숭실대학교 교수)
 이정우 (중앙대학교 교수)
 이종호 (서울대학교 교수)
 이창한 (한국반도체산업협회 상근부회장)
 이철 (동국대학교 교수)
 이태동 (국제대학교 교수)
 이혁재 (서울대학교 교수)
 이희덕 (충남대학교 교수)
 임승찬 (한경국립대학교 교수)
 장길진 (경북대학교 교수)
 장성진 (삼성전자㈜ 지문위원)
 전동석 (서울대학교 교수)
 전세영 (서울대학교 교수)
 전홍태 (중앙대학교 명예교수)
 정민수 (라온텍 부사장)
 정범진 (서울과학기술대학교 교수)
 정영모 (한성대학교 교수)
 정원영 (강원공업 본부장)
 정은승 (삼성전자㈜ 고문)
 정준 (솔리드 대표이사)
 제민규 (한국과학기술원 교수)
 조문규 (한국교통대학교 교수)
 조성현 (한양대학교 교수)
 진훈 (경기대학교 교수)
 채영철 (연세대학교 교수)
 천경준 (씨젠 회장)
 최광표 (삼성전자 마스터)
 최병호 (한국전자기술연구원 본부장)
 최승범 (삼성전자 부사장)
 최용수 (신한대학교 교수)
 최인수 (삼성전자 상무)
 최지웅 (DGST 교수)
 최천원 (단국대학교 교수)
 하정우 (네이버 사연구소장)
 한동석 (경북대학교 교수)
 한재호 (고려대학교 교수)
 한태희 (성균관대학교 교수)
 허재두 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 홍대식 (연세대학교 교수)
 홍유식 (상지대학교 교수)
 황성운 (가천대학교 교수)
 황인정 (명지병원 수석연구원)
 황진영 (한국항공대학교 교수)

사무국 직원 명단

송기원 국장 - 기획, 산학연, 신규 사업, 자문/서울IT포럼, 지부, 인사, 규정, 회장단 관련, 대외협력 및 업무총괄
 이안소 부장 - 하계학술대회, 주요 운영회의(이사회, 평의원회 및 총회), 총무업무(선거, 공문수발, 임원관련, 송년회, 포상 및 Wiset 등), 산업전자소사이터티
 배지영 부장 - 국제학술대회 총괄(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 사업(기술워크샵 등), 추계학술대회, 컴퓨터소사이터티, 시스템 및 제어소사이터티
 배기동 부장 - AI 관련, 국문지, 학회지, 표준화, 운영, 기타 지원업무, 인공지능 신초처리소사이터티
 변은정 부장 - 본회/소사이터티/연구회 재무, 회원관리(개인회원 및 특별회원), 홍보, 통신소사이터티
 김천일 부장 - 정보화 관련(웹사이트 관리 및 온라인/디지털 업무지원 등), 교육, 전산장비 관리, 반도체소사이터티
 이소진 서기 - 국제학술대회 담당(ITC-CSCC, ICEIC, ICCE-Asia), 외국 기관과 국제협력(Joint Award 등), JSTS 및 SPC 발간

학회소식

2023년 정기총회 및 추계학술대회

11월 24일(금)~25일(토) 6개 소사이어티 주관으로 서울대 시흥캠퍼스(경기도 시흥)에서 학계, 산업계 및 연구계에서 연구한 총 250여편의 학술논문을 발표하고 500명 이상 학술대회 참여하여 추계학술대회가 성황리에 개최되었다.

그리고 한해를 마무리하는 정기총회와 금년도 학회를 위해 수고해 주시고 탁월한 업적을 이룬 회원에게 학회상을 수여하였다. 한편 이번 총회에서는 2023년도 결산, 2024년도 사업계획 및 예산(안)승인, 2024년도 임원선출 보고 등의 안건들이 원안대로 승인되었다.



정기총회 – 이혁재 회장 인사말



추계학술대회 기조강연



임원 단체사진

Mobility 반도체 워크숍

반도체소사이어티(운영위원장 : 이성수 교수(숭실대), 김용신 교수(고려대))에서는 11월 10일(금) 한국과학기술회관 지하 중회의실7에서 “Mobility 반도체 워크숍”을 개최하였다.

이번 워크숍은 최근 급성장하고 있는 차량용 반도체 기술과 시장의 다른 점을 알아보고 차량용 반도체의 개요 및 특징, 발전 트렌드부터 응용 사례까지 소개되었으며 산업계 및 학계 전반에 걸쳐 긍정적이고 다양한 효과를 가져올 수 있도록 구성하였으며, 약 50명이 참석하였다.



환영사 (반도체소사이어티 김진상 회장) / 공동운영위원장 (숭실대학교 이성수 교수/ 고려대학교 김용신 교수)



환영사 (반도체소사이어티 김진상 회장) / 사회 (운영위원장 노원우 교수)

제5회 Memory-Centric 컴퓨팅의 미래와 도전 워크샵

반도체소사이어티(운영위원장 : 노원우 교수(연세대), 장익준 교수(경희대))에서는 11월 20일(월) 판교에 위치한 한국반도체산업협회 9층 교육장에서 “제5회 Memory-Centric 컴퓨팅의 미래와 도전 워크샵”을 개최하였다.

이번 워크샵은 Memory-Centric의 의미를 CXL을 포함한 메모리의 확장성 및 SSD를 활용하여 대규모 데이터를 관리하는 기술까지 그 주제를 넓혔으며 Chat GPU 및 Large Language Model기술 개발로 인해 대용량 데이터 처리 능력에 대한 기대치는 나날이 증가하는 가운데 기존의 프로세서 중심의 컴퓨팅 시스템 개발에서 발전하여 메모리 및 스토리지 내의 연산 능력까지 고려하는 기술 및 향후 활용도에 관한 내용으로 진행하였다.

기조 연설로는 Data Processing Unit을 기반으로 창업을 하신 망고부스트의 김장우 대표를 모셨으며 오전 첫 세션으로 젊은 창업자와 연구자 세션을 새로이 구성하여 정한울 CEO(광운대/아티크론) 및 최근에 부임하신 이영서(송실대), 최원일(한양대) 젊은 교수 두 분의 연구 내용을 들어 보고 오후 첫 세션에서는 “Memory-Centric, CXL 그리고 상용화”란 제목으로 세분의 연사를 모셨으며 CXL디바이스 및 그 활용을 목표로 창업을 하신 정명수 교수(KAIST/파네시아)를 초청하고 SK 하이닉스의 김호식 부사장께서 CXL을 주제로 강연해 주셨다 또한, 연세대학교 박영준 교수는 상용화된 PIM 모델인 UPMEM PIM 메모리를 활용한 연구 사례를 발표하였다.

마지막 세션으로는 이러한 Memory-Centric 컴퓨팅 기술이 대규모 데이터를 활용한 어플리케이션에서 어떻게 도움이 될 수 있는지에 대한 응용 측면의 내용을 성균관대학교의 신동군 교수가 PIM을 활용한 Transformer 구현에 대한 연구를 발표하고 국민대학교 민경식 교수가 Large Language Model의 가속을 위한 다수의 PIM 연결과 그 확장성에 대해 발표하였다. 마지막으로 삼성전자의 오문욱 부사장의 Memory 및 데이터 중심 컴퓨팅에 대한 연구 성과 및 전략에 대한 내용으로 마무리 하였다.

향후 산업계 및 학계 전반에 걸쳐 긍정적이고 다양한 효과를 가져올

수 있도록 알찬 워크샵 구성을 하였으며, 약 100명이 참석하였다.



워크샵 전경



운영위원회 및 강연자 단체사진



학회일지

www.theieie.org

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND INFORMATION
ENGINEERS

(2023년 11월 10일 ~ 12월 12일)

1. 행사 개최

구분	행사명	기간	장소
반도체소사이어티	Mobility 반도체 워크샵	11.10	한국과학기술회관 중회의실7
반도체소사이어티	제5회 Memory-Centric 컴퓨팅의 미래와 도전 워크샵	11.20	한국반도체산업협회 9층
학술위원회	2023년 대한전자공학회 추계학술대회	11.24-25	서울대 시흥캠퍼스

산업AI 내재화 기술 동향



김기연 편집위원
(한국산업기술시험원)

인공지능에 관한 관심과 중요성을 일상생활에서 까지 쉽게 느낄 수 있는 오늘이다. ChatGPT와 같은 생성형 인공지능 뿐 아니라, 자율주행, 의료, 농어업, 기간산업, 스마트공장, 국방 등 사람이 활동하는 모든 분야에서 인공지능이 사용되고 있거나, 앞으로 사용 하려는 움직임이 활발하다. 특히, 산업

분야에서 인공지능 기술 확보와 이를 적극 활용하는 것은 국가차원의 성과를 좌우하는 필수사항인 지금, 본 특집호는 산업AI 내재화의 현재를 돌아볼 수 있는 학계 및 산업계 전문가들의 논문 5편으로 구성되었다.

앞선 3편의 논문은 각 산업 분야의 인공지능의 활용 및 적용 사례 등을 소개하였고, 마지막 2편의 논문은 인공지능에 대한 유럽의 규제와 이에 따른 국제표준기반 평가 방법에 대한 소개로 구성 되었다.

첫째, “스마트 제조 AI 활용 동향: 품질 예측(최경미 외)”에서는 스마트 제조의 다양한 활용 분야에서 품질 예측을 위한 AI 적용 방법론과 사례를 소개한다. 둘째, “가상센서 기반의 TDLS(이정환 외)”은 철강 제조 산업 내에 가열로에서 완전연소 감시를 위해 인공지능 기반 가상센서의 적용과 정합성 검증 사례를 소개한다. 이어서, 첨단 농장 산업에서의 구체적인 인공지능 기반 자동 제어 시스템을 통해 어류 육성 적용 사례를 “스마트 수산 양식 생산 관리를 위한 인공지능 연계 기술 동향(조성운 외)”에서 확인할 수 있다. 한편,

넷째, “EU AI 법과 적합성 평가(정호원 외)”에서는 유럽연합의 인공지능 시스템에 대한 법안(AI Act.)에 대한 소개와 의미를 통해 우리가 지향할 제도 및 평가모델에 관해 설명한다. 마지막으로 “ISO/IEC TS 4213 표준기반의 기계학습 분류작업에 대한평가 소개(김기연 외)”에서는 국제표준 기반의 평가 방법에 대한 설명과 평가 사례를 통해 우리가 정립해야하는 시험평가 및 인증제도의 틀에 대해서 살펴본다.

특집호에 귀중한 시간을 할애하여 뜻 깊은 내용을 채워주신 집필진 모든 분께 진심의 감사 인사를 드리며, 본 특집호가 독자분들의 산업AI의 이해와 미래지향적인 방향을 살피는 데에 작은 기여를할 수 있기를 희망합니다. 더 나아가 우리나라가 인공지능을 바탕으로 새로운 도약의 기회를 맞이하는 진취적 미래를 꿈꿔봅니다.

스마트 제조 AI 활용 동향 : 품질 예측

I. 서론

제조 산업의 미래 성장 동력으로 스마트 제조(smart manufacturing)는 산업계 및 학계에서 다양한 관점으로 주목받고 있다^[1]. 스마트 제조는 지능형 제조(intelligence manufacturing) 또는 스마트 공장(smart factory)으로 응용되면서 “디지털 기술을 활용하여 제조 공정을 통합 관리하고 지능화하여, 생산성을 높이고 시장의 다양한 요구에 적시 대응하기 위한 미래형 제조 방식”이라는 광범위한 의미로 해석되고 있다. 예측 품질 관련하여 스마트 제조를 “제조 절차의 개선과 제품 및 서비스의 혁신을 위한 빠르고 정확한 상품의 품질 예측과 결함 식별 과정”으로도 해석한다^[1, 2].

최근 인공지능(artificial intelligence, AI) 기술의 발달은 산업 도메인의 다양한 분야에서 활발하게 적용되고 있으며, 특정 세부작업에서는 사람보다 우수한 성능을 보이며 혁신을 일으키고 있다^[3]. 이러한 기술 혁신이 제조분야를 포함한 산업 전반에 걸쳐 진행되고 있다^[4]. 특히, 4차 산업혁명 시대에 경쟁력을 갖추기 위해 제조기업들은 품질 확인, 유지보수, 신뢰 설계, 환경 영향 감소, 공정 통합, 후생성 지원 등 다양한 작업에서 디지털 트랜스포메이션(Digital Transformation)으로 전환하고, 기계학습(machine learning)과 딥러닝(deep learning)기술을 빠르게 도입하며, 인공지능을 활용한 스마트 제조 환경을 구축하고 있다^[5]. 제조 산업은 국가의 경제 발전에 큰 영향을 미치는 주요 분야로서, 새로운 기술의 지속적인 도입은 제조 공정 개선과 이를 통한 제품 품질 향상으로 이어진다. 특히, 스마트 제조는 제품의 요구사항을 정확히 예측하고 결함을 신속하게 식별하는 등, 제품과 서비스의 두 가지 측면에서의 혁신을 주도하였다^[5]. AI 기반 품질 예측은 제조과정에서 모아지는 제품 데이터를 기반으로 품질을 추정할 수 있게 해주고, 제조



홍 민 성
엠아이큐브솔루션



최 경 미
엠아이큐브솔루션

매개변수 조정 등으로 품질 향상을 위한 의사 결정에 활용될 수 있다. 예를 들어, 제조설비에서 모아지는 센서 데이터를 기반으로 제조 공정을 통하여 생산되는 제품의 품질을 학습을 통한 자동예측이 가능하도록 다양한 제조 작업군에서 연구 및 적용되고 있다^[6]. 수작업 검사는 상대적으로 많은 시간이 소요될 뿐 아니라 인적 에러로 인하여 부정확하거나 일관성이 상실될 수 있다. 품질 예측을 통하여 사전에 결함이 있는 제품이 출고되는 것을 예방할 수 있어 고객 만족도와 충성도 향상을 함께 도모할 수 있어, 제조 공급망 전체에 걸쳐 품질 예측의 중요성이 크다^[1, 7].

본 연구는 스마트 제조 분야에서의 품질 예측을 위한 AI 기술의 연구 동향을 조사하고, AI 적용 방법론과 사례를 제공하였다. 이어서, 2장에서 제조 산업에서의 품질 예측과 이상 탐지에 대한 AI 활용 동향을 살펴보았으며, 3장에서 산업 현장에서의 품질 예측을 위한 AI 적용 절차를 위한 프레임워크를 제시하였다. 4장에서 제시된 프레임워크에 맞추어 고무 제조 공정에서의 품질 예측을 적용하여보았으며, 이에 대한 결과를 5장에서 요약하였다.

II. AI 기반 품질 예측

품질 예측을 통하여 결함 제품으로 인하여 발생할 수 있는 고객의 신뢰 저하 및 이탈이 예방될 수 있어, 품질 예측은 제조 산업에서 매우 중요하다. 하지만, 품질 검사를 위한 효과적인 방법을 찾는 것은 쉽지 않다. 본 절에서는 스마트 제조에서의 AI 기반 품질 예측과 관련하여 예측 품질과 이상 탐지에 관한 연구 동향을 살펴본다.

1. 예측 품질

제조 분야에서의 예측 품질(predictive quality)은 품질 예측을 위한 데이터 분석 및 인공지능^[8], 또는 예측 모델 기반 품질 검사^[9] 등 광범위한 연구 분야를 포함하는 개념이다. 예측 품질은 제품의 품질과 데이터 기반 예측을 강조하여 “품질 향상을 목표로 공정 및 제품 데이터(제품 특성과 공정 상태, 매개변수, 계획 정보)를 기반으로 품질을 추정하기 위해 기계학습과 딥러닝 방법을 사용하는 것”으

로 정의할 수 있다^[6].

예측 품질은 제품의 생산 단계뿐만 아니라 제품 또는 공정 계획 단계에도 적용되며, 선택된 입력 변수를 기반으로 수치형 또는 범주형 목표 변수를 추정하는 지도학습의 AI 기술이 주로 활용된다. 이러한 AI 기술에는 선형 또는 2차 상관관계를 학습하는 회귀 분석이나 서포트 벡터 머신(support vector machine, SVM), 인공신경망(artificial neural network, ANN), 다층 퍼셉트론(multilayer perceptron, MLP) 등이 있으며, 이를 통합하는 앙상블 방법이 연구되었다. 딥러닝은 신경망을 깊게 쌓아 모델을 구성하며, 컴퓨터 비전^[3]이나 이미지 인식^[10]에서 검증된 합성곱 신경망(convolutional neural network, CNN), 시계열에 특화된 순환 신경망(recurrent neural network, RNN)의 한 종류인 장단기 메모리(long short-term memory, LSTM) 등을 포함한다.

Hofbauer et al.^[11]은 ANN을 활용하여 운동화에 사용되는 고무 제품의 점탄성을 예측하였다. 입력으로써 최대 응력과 응력 감소 속도, 진폭 테스트, 황/가소제 함량 등을 모델 학습에 사용하였다. Pal et al.^[12]는 재활용 고무 제품에서의 압축 강도 및 내부의존성을 예측하기 위해 물/시멘트의 비율, 고무와 섬유 비율 등의 입력 변수를 이용하였다. 그리고 13가지의 다양한 기계학습 모델을 훈련하여 평가하였다. Shanling et al.^[13]은 CNN-LSTM 기반의 고무 품질 예측 모델을 제안하고, 진동 신호와 혼합기 로터 속도 등을 입력하여 카본 블랙 분산액 품질 기준을 예측하였다. Sagong et al.^[14]는 실시간으로 데이터가 생성되는 제조 공정 환경을 고려하여, 하둡 에코 시스템을 기반으로 고무 공정 빅 데이터를 수집 및 분석하였다. 그리고 ANN과 SVM, 로지스틱 회귀(logistic regression, LR), 랜덤 포레스트(random forest, RF) 기계학습과 앙상블 모델 5개를 학습하고, 제조조건에 따른 불량 조건 만족 여부를 판단하여 고무 품질을 예측하였다. 조사된 연구^[11-14]에서는 제조 및 공정 데이터에 대한 상관관계 분석을 통해 모델 학습에 입력될 데이터를 선별하는 작업을 수행하였고, 이에 대한 성능 개선을 보였다. 또한, 모델 학습 이후 입력 변수의 중요도를 분석하여 실

제 공정에서 실무자들이 활용할 정보를 제공한다.

2. 이상 탐지

이상 탐지는 정상적인 행동과 다른 사건인 이상 현상을 탐지하는 기술로써, 초기 알려진 결함이나 품질 저하와 관련이 없으므로 앞서 논의한 “예측 품질”과 개념적으로 분리된다^[6]. 제조업에서 생산 효율 증대는 기업의 수익과 직결되므로, 복잡한 생산공정에서의 결함 감지 자동화 기술이 제조기업의 생산성을 높이는 필수적인 작업이다^[15]. 최근 머신 비전(machine vision)의 기술 발전에 힘입어, 이미지를 자동으로 수집 및 분석하고 제품의 품질을 검사하는 이미지 기반 검사 기술이 제조 산업에 많이 도입되고 있다.

머신 비전은 고해상도 스마트 카메라와 AI, 엣지 컴퓨팅(edge computing)이 통합된 기술이다^[3]. AI 기반 머신 비전 시스템은 더 많은 이미지를 수집하여 결함을 분류하고, 모델 최적화 등의 조치와 함께 점점 우수한 성능을 갖는다. 전형적으로 머신 비전은 이미지를 캡처하기 위한 카메라 및 관련 센서와 수집된 이미지의 흑백화, 표준화 등의 전처리를 위한 이미지 처리기, 이미지를 분석하고 예측 품질을 생산하는 AI 모듈로 구성된다^[1]. AI 모듈로는 다양한 기계학습과 딥러닝 기술이 활용되고 있다.

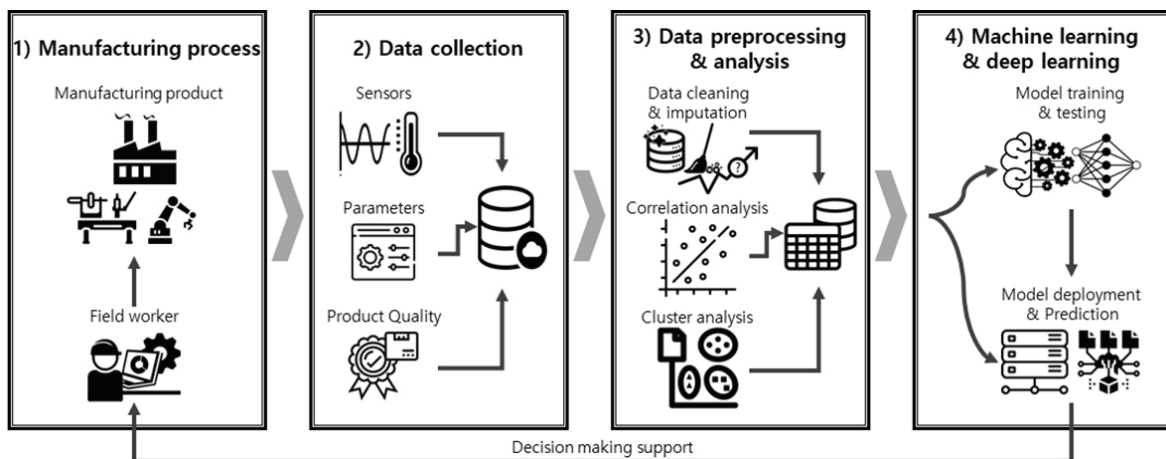
Stavropoulos et al.^[16]은 주성분 분석과 ANN 기반의 분류 모델을 제안하였고, 고무 웨더스트립의 결함 감지를 위해 이미지를 입력하여 가장자리의 치수를 인식하여 이

상을 탐지하였다. Lee et al.^[17]은 고무 오링의 결함 검출을 위해 의사결정트리(decision tree, DT)의 과적합화를 해결한 RF 알고리즘을 활용하여 높은 정확도로 불량을 탐지하였다. 추가로, 다양한 크기의 이미지 데이터가 생성될 수 있는 현실 상황을 고려하여, 이미지의 크기를 세 가지로 구분하여 모델을 추가로 검증하였다. 언급한 연구^[15, 17]은 불량 데이터의 확보가 어려운 제조 산업 현장의 문제점인 데이터 불균형을 해결하고자 생성 모델인 적대적 생성 신경망(generative adversarial networks, GAN) 기반의 데이터 증강(data augmentation)기법을 도입하였다. 상대적으로 데이터가 적은 비정상 이미지를 GAN 모델로 학습하여 불량 이미지 데이터를 생성하여 모델 학습에 사용되는 정상/비정상 데이터 간의 균형을 맞추었다. Lee and Kim^[18]은 오토인코더(autoencoder)나 GAN 방식의 학습이 불안정함을 해결하기 위하여, 우수한 복원력을 보이는 U-net 기반 복원 네트워크와 새로운 손실함수를 활용한 불량 탐지 알고리즘을 제안하여 성능 개선을 보였다.

III. 스마트 제조의 품질 예측 방법론

1. AI 기반 품질 예측 프레임워크

최근 기계학습이나 딥러닝 기반 품질 예측의 현장 적용에 대한 실현 가능성을 증명한 다양한 사례가 연구되고 있다. 드로잉 가공의 부분 균열 예측부터 레이저 절삭의



〈그림 1〉 AI 기반 품질 예측 프레임워크

거칠기 추정, 적층 제조의 다공성 결함 검출까지 매우 다양한 품질 예측 연구들이 수행되고 있지만, 데이터와 적용 기술 측면에서 유사점이 존재한다^[6]. 본 절에서는 AI 기술을 실제 제조 산업 현장에 적용하여 품질 예측을 수행하기 위한 일반적인 프레임워크를 제시한다.

〈그림 1〉은 제안하는 프레임워크 개요를 나타내며 제조 공정과 데이터 수집, 데이터 전처리 및 분석, 인공지능 기술로 구성된다. 먼저 제조 공정에서는 도메인 지식을 조사하여 이해하고, 목표 품질 등의 관련 요구사항을 도출하고 정의한다. 두 번째로 요구 목표 달성을 위해 조사한 도메인 지식을 바탕으로 공정 및 품질 데이터를 선별 및 수집한다. 그리고 수집된 데이터에 포함된 이상치는 탐색 및 제거하고, 누락된 데이터는 적절하게 보강하는 등의 전처리를 수행한다. 또한, 공정 및 품질 데이터 간의 상관관계를 분석하여 모델 학습과 성능 평가를 위한 데이터 세트를 구축한다. 요구 목표가 복잡한 경우, 군집 분석을 통해 목표 모델을 군집별로 분리하거나, 이진 분류에서 다중 클래스 분류로 모델의 학습 및 예측 방향을 정한다. 구축한 데이터를 기반으로 기계학습이나 딥러닝 모델의 훈련 및 검증, 테스트를 수행하여 최적 모델을 선정한다. 마지막으로 학습된 품질 예측 모델을 제조 현장에 적용하여 도메인 전문가의 의사 결정을 지원한다.

2. 제조 공정

품질 예측은 다양한 제조 공정에서 활용되고 있다. Tercan and Meisen^[6]은 AI 기반 품질 예측이 활용된 제조 공정을 1차 성형과 2차 성형, 절단, 접합, 코팅, 적층 제조, 조립 공정으로 구분하였다.

1차 성형은 정의된 제품의 기본 본체를 생성하는 공정으로, MLP를 활용하여 제품의 치수를 예측하는 연구^[19]가 진행되었다. 2차 성형은 재료를 추가하거나 제거하지 않고 원시 부품을 다른 모양으로 변환하는 제조 공정으로서, 회귀모델을 활용하여 튜브 압출 공정에서 물리적 품질지수를 추정하는 연구^[20]가 수행되었다. 절단에는 일반적으로 금속 가공물에서 일부를 분리 및 파괴하는 다양한 제조 공정이 포함되며, 절단 단면의 거칠기를 예측하는 연구^[21, 22]가 대부분을 차지하고 있다. 접합 공정은 두 번

째로 품질 예측 연구가 활발하게 수행 및 적용되고 있는 분야이다. Goldman et al.^[23]은 초음파 용접 배터리의 용접 품질을 예측하기 위해 CNN을 활용하였고, Wagner et al.^[24]는 CNN 기술을 라인 카메라 이미지를 학습하고 가상의 특성을 예측하는 데 이용하였다.

코팅은 제품에 형태가 없는 수지를 도포 하여 표면에 피막을 형성하는 공정이다. Oh et al.^[25]는 SVM을 코팅층의 실시간 품질 검사에 적용했으며, Hsu and Liu^[26]은 전기 웨이퍼 품질의 불량 여부를 판단하는 모델로 CNN을 도입하였다. 3D 프린팅 기술이 제조에 접목된 공정인 적층 제조의 품질 예측 연구는 제품의 고유 변형^[27]이나 기하학적 편차^[28]를 빠르게 예측하기 위해 ANN을 도입하였다. 조립 공정에서는 주로 기계학습 기반의 조립 성공 여부에 대한 이진 분류 연구가 활발하다. Schmitt et al.^[9]는 기계학습과 엣지-클라우드 기술을 활용하여 자동으로 전자기기를 조립하는 표면 실장기술(surface mount technology)의 인쇄회로 기판(printed circuit board)에서의 조립 위치에 따른 불량 여부를 예측하였다.

3. 데이터 수집

데이터는 예측 모델을 학습하는 맥락에서 매우 핵심적인 역할을 한다. 제조 산업에서의 품질 예측 연구에 사용된 데이터는 실제 공정에서 얻어지는 실제 데이터와 모의 실험에서 얻어지는 가상 데이터, 그리고 벤치마크나 경진 대회를 위해 생성된 데이터로 구분 할 수 있다^[6]. 실제 데이터는 예측 대상이 되는 제품이나 기계, 생산망에서 생산된다. 사용 사례와 제조 공정에 따라 실제 데이터를 수집하기 위해 다양한 측정 기술과 센서가 사용된다. 반면, 가상 데이터는 제품이 물리적으로 제조되기 전에 제조 공정의 시뮬레이션을 통해 생성된다. 시뮬레이션 데이터는 AI 기반 품질 예측의 타당성을 입증하거나^[28], 공정 설계에서 비용과 시간을 절약하기 위해 빠른 AI 기술을 주로 사용한다^[29].

제품의 품질은 제조 공정의 설계 및 매개 변수화, 제조 단계의 상호작용 등의 다양한 요인에 따라 달라진다. 품질 예측 모델은 데이터로부터 이러한 입력 요인들과 품질 간의 관계를 학습한다. 제조 산업에서 입력 요소들은

공정 매개변수, 센서 데이터, 물성 측정값으로 구분할 수 있다^[6]. 공정 매개변수는 공정이나 기계의 제어 변수들을 의미하고 이들은 특정 제품 생산을 위해 설정되어 생산 중에 변경되지 않는다. 이러한 입력 변수를 통하여 학습한 AI 모델은 향후 공정의 품질을 예측할 수 있다. 공정 매개변수는 제조 공정에 따라 다르게 선택된다. 예를 들어, 플라스틱 절단^[30]이나 레이저 출력^[28], 회전속도^[31] 등의 매개변수가 각기 다른 공정 내 예측 모델의 학습에 활용되었다. 센서 데이터는 공정이나 기계의 상태 정보를 포함한다. 센서 데이터로 학습된 모델은 실시간으로 생성된 센서 데이터를 기반으로 제조 중인 제품에 대한 품질을 사전에 추정할 수 있다. 공정 매개변수와 마찬가지로, 센서 데이터 또한 특정 제조 공정에 의존한다. 예를 들어, 절단 토크^[22]나 용접 전류^[23] 등의 센서 데이터가 각기 다른 제조 공정에서의 품질 예측에 사용되었다. 마지막으로 물성 데이터는 제품 자체 또는 특정 기준의 검사 결과에서 생성된다. 이런 데이터로 학습된 모델은 제품의 결함을 자동으로 예측하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 적층 제조^[32], 금속 압연^[33], 용접^[34] 공정에서 측정된 특정 물성값이 모델 학습에 활용되었다.

4. 데이터 전처리 및 분석

전처리는 데이터를 분석 및 처리에 적합한 형태로 만드는 과정이다. 앞서 언급한 바와 같이, 제조 산업에서는 다양한 원천으로부터 원시 데이터가 수집되므로 종종 데이터 분석이 어렵거나 불가능하다^[6]. 또한, AI 모델을 제대로 학습하기 위해서는 데이터 형식이 적합해야 한다. 예를 들어, 데이터 세트의 범주형이나 문자열 변수는 인코딩과 임베딩(embedding) 기술을 통해 수치형 벡터로 변환하거나, 데이터를 특정 범위 내로 유지하는 표준화 과정이 필요하다^[12]. 또한, 제조 도메인의 상황과 적합한 AI 기술을 평가할 수 있도록 데이터 세트를 분리 및 통합하는 작업이 요구된다. 특히, 센서 데이터는 종종 누락 및 이상치를 포함하며, 이는 데이터 분석 및 모델 학습을 어렵게 하므로 다른 값으로 대체하는 과정이 요구된다. 이때 효율성 손실 또는 데이터 편향 등을 고려하여 적절한 값으로 누락 및 이상치를 대체한다. 스마트 제조 분야에

서도 데이터 대체에 대한 여러 방법이 연구되었다. Wang et al.^[35]는 폴리머 제조 공정에서의 데이터 불안정성을 해소하기 위해 오토인코더를 학습하고, 결측값을 대체하기 위한 새로운 데이터를 생성하였다. Ma et al.^[36]은 GAN을 활용하여 제조 산업 데이터의 높은 차원성과 비선형성을 학습하고 열간 압연 공정 데이터의 누락 값을 보간하였다.

4차 산업 시대에 스마트 제조는 모든 제조 행위의 디지털화와 밀접한 상관관계를 가지며, 제조 빅 데이터를 생성하고 있다. 데이터 분석은 격동적인 시장에서 필수적인 데이터 중심의 신속한 의사 결정을 지원한다^[37]. 데이터 분석은 제조 산업에 있어서 제품 수명 주기 관리나 공정 재설계, 공급망 관리, 제품 생산 시스템 데이터 분석 등의 다양한 분야에서 널리 활용되고 있다. 제조 빅 데이터는 거대하지만 낮은 밀도를 가지므로 상관성 분석이 어려우나^[38], 입력 변수와 기준 물성 간의 관련성은 제조 산업의 품질 예측에서 매우 중요하므로 많은 연구가 수행되었다. Eger et al.^[39]는 Cramer와 Spearman 상관계수, 캔달 타우(Kendall's tau) 등의 여러 상관 분석 방법을 실제 산업 사례에 도입하고 검증하였다. 마찬가지로, 군집 분석도 이상치나 결함 탐지 등에 광범위하게 사용되고 있다^[38]. 생산망과 장비 간의 잠재적 관계는 수집된 생산 데이터와 공정 매개변수에 대한 군집 분석을 통해 도출될 수 있다. Huang^[40]은 IoT 가공공장의 생산 과정에서의 이상징후 탐지를 위해 퍼지(fuzzy) 기반의 클러스터링 기법을 도입하였다.

5. 기계학습 및 딥러닝 기술

품질 예측에 있어서, AI 모델은 추정할 품질 변수와 데이터 형식(예: 이미지 또는 센서 데이터)과 입/출력 데이터 간의 관계 복잡성(예: 선형/비선형)을 고려하여 결정된다. 다양한 AI 기술이 여러 제조 공정에서의 품질 예측을 위해 광범위하게 연구되고 있다.

MLP는 스마트 제조 AI의 품질 예측에 가장 많이 사용되는 기술로써 분류나 회귀문제 모두에서 활용된다. 특정 결함 유형^[29]이나 여러 품질 등급^[19]을 예측하는 다중 클래스 분류 또는 불량 여부를 예측^[24]하는 이진 분류가 연

구되었다. 이외에도 MLP는 표면 거칠기^[31]나 인장 강도^[41] 같은 수치적 품질 지표를 예측하는 회귀문제에도 자주 사용되었다. 마찬가지로 CNN은 품질 수치 추정^[28]이나 양품/불량품 분류^[23], 불량 정도 분류^[33]에 도입되었다. 특히, 고차원 및 공간 데이터의 패턴 인식에 적합하므로 2D 이미지^[33]나 3D 포인트 클라우드^[42] 데이터 학습에 주로 사용되었다. 반면에 RNN이나 LSTM은 시간에 의존적이거나 순차적인 시계열 데이터의 학습에 적합하므로 전/후 간 관계를 갖는 제조 공정 데이터에 기반을 둔 품질 예측에 주로 적용되었다^[6, 43]. 예를 들어, 이전 입력 데이터에 기반을 둔 제품 결함의 이진 분류^[44]나 장비 속도^[43], 인장 강도^[45] 추정에 활용되었다.

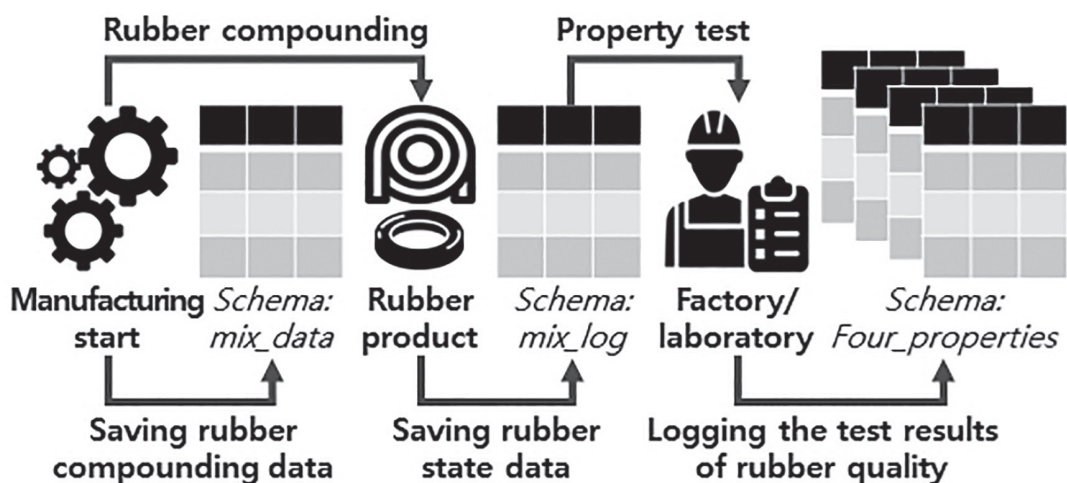
고성능 AI 기술 외에도, 제조 현장에서는 요구되는 컴퓨팅 자원과 학습 데이터가 상대적으로 적은 전통적인 기계학습 모델 또한 다양한 품질 예측에 활용되어 우수한 성능을 보였다. Pal et al.^[12]는 고무의 내구성 검사 데이터를 RF와 SVR, ANN, KNN, 의사결정트리 등의 다양한 기계학습 기법으로 학습하여 내구성을 예측하였고, 학습에 사용되는 입력 변수의 조합이 예측 성능에 큰 영향을 주는 것을 확인하였다. Sagong et al.^[14]는 고무 생산의 불량 예측 모델링을 위해 RF와 ANN, SVM, LR 기술과 이들에 대한 소프트 보팅(soft voting) 방식의 앙상블 모델을 도입하였다. 여러 제품에 대한 앙상블 불량 예측 모델이 가장 우수한 성능을 보였다. 이와 유사한 결과는

금형 제조 분야에서도 보인다. Dib et al.^[29]는 사각 컵 금형 공정에 대한 시뮬레이션 데이터를 활용하여, RF와 SVM, KNN, DT를 학습하여 결함 여부를 예측하였다. 또한, 여러 모델을 결합하는 앙상블 기법을 활용하여 모델의 편향을 완화하고 결합 예측 성능을 높였다.

IV. AI 기반 고무 품질 예측 사례

본 절에서는 앞서 제안한 품질 예측 프레임워크를 바탕으로 고무의 물성을 예측하는 예시를 제공한다. 고무 제조 업체는 제품의 대량 생산을 위해 품질 기준을 충족하는 최적의 배합비가 필요하다. 최적 배합비를 만들기 위해서는 여러 번의 실험이 요구되며, 이는 드는 비용 및 시간을 증가시킬 뿐만 아니라 작업자의 건강에도 악영향을 미친다. 배합비 설계 단계에서 품질을 예측할 수 있다면, 실험 비용은 줄고 작업자의 건강에 미치는 악영향도 크게 줄일 수 있다. 본 사례 연구에서는 고무 제조 공정 및 물성 데이터를 기반으로 다양한 기계학습 모델을 학습하여 고무의 물성을 예측한다.

제안한 프레임워크 절차에 따라서, 고무 품질 예측에 관한 요구사항을 도메인 전문가와 논의하여, 〈그림 2〉와 같이 고무 공정과 물성 데이터 생성 과정, 고무 품질의 판단 기준이 되는 기본 물성값을 확인하였다. 모델 학습 및 평가를 위하여, 고무 제조 배합비와 품질 데이터를



〈그림 2〉 고무 제조 공정 및 물성 데이터 생성 과정 예시

〈표 1〉 모델 학습 및 테스트용 입/출력 변수 예시

구분	분류	데이터
공정 매개변수	배합비	원재료코드
		원재료별 PHR1)
	검사 조건	검사 시간
		검사 온도
	공정조건	온도
		시간
		...
		공정순서
물성 데이터	예측 대상	물성값

1) PHR(per hundred resin) : 고분자 100중량당 첨가되는 첨가제의 중량

수집하였고, 각 입력 변수별로 데이터 분포를 분석하여 0 값 등의 이상치 데이터와 문자열을 제거하였다. 제조 배합 과정의 복잡성으로 인하여 상관성 분석보다는 요구사항 분석으로부터 〈표 1〉과 같이 배합비, 검사 조건, 공정 조건, 공정순서 등의 약 170여 개의 입력 및 예측 변수를 선정하였다. 결과적으로 모델 학습 및 평가를 위한 데이터 세트는 약 18만 개의 데이터 인스턴스를 포함한다.

적합한 예측 모델 선정을 위해 AutoML 기술을 활용하여 다양한 인공지능 모델을 학습하였다. AutoML은 부담스러운 개발 비용을 줄이고 기계학습의 전체 파이프라인을 자동화하는 기법으로 최근 많이 활용되고 있다^[46]. 특히, 기계학습 도입을 위해 사용자에게 필요한 전문 지식의 수준을 낮추어 제조 산업에서 활용하기에 좋다. 본 연구에서는 ANN과 RF, ET(extremely randomized trees), KNN, 부스팅 트리의 일종인 CatBoost(CB)과 LGBM(light gradient-boosting machine) 등의 인공지능 기술과 자동 파라미터 최적화 기능을 제공하는 AutoGluon을 활용하여 다양한 기계학습 기술을 학습하고, 최적의 고무 물성 예측 모델을 선정한다^[47]. 데이터 전처리로서 범주형 데이터(즉, 원재료코드)의 인코딩을 수행하였고, 3분절 교차 분절 검증을 적용하여 모델의 과적합화를 방지하였다. 모델 평가에는 예측 오차를 나타내는 성능지표인 MAPE (mean absolute percentage error)로 모델의 성능을 비교하였다. MAPE는 오차를 백

분을 값으로 나타내므로 직관적이고 모델이 여러 개일 때 모델 간 성능 비교가 수월해진다. MAPE는 실제값과 예측값 사이의 차이를 실제값으로 나뉘므로써 오차가 실제값에서 차지하는 상대적인 비율을 산출하며, i 번째 실제값 r_i 와 예측값 p_i 가 주어지면 다음과 같이 계산된다.

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{r_i - p_i}{r_i} \right| \right) \times 100$$

성능 평가 결과, LGBM이 평균적으로 우수한 성능을 보였다. LGBM은 학습이 빠르고 메모리 사용량이 상대적으로 적으므로, 고무 제조 공정 현장에 적합하다.

V. 결론

철강^[5, 6]이나 적층^[1, 5] 제조 산업 분야와 달리, 고무 제조 분야의 AI 적용 사례의 동향에 대한 전반적인 검토가 부족하다. 본 연구는 스마트 제조, 특히 품질 예측 관련하여 고무 제조 산업 분야의 연구 및 개발자 그리고 현장 작업자에게 유용한 AI 활용 동향을 살펴보고 적용방안을 제시하고, 추가로 고무 품질을 예측하는 사례 연구를 기술하였다. 본 연구에서 제안한 AI 기반 품질 예측 방법론은 고무 제조뿐만 아니라 다양한 제조 산업의 분야에서도 활용될 수 있다.

참고 문헌

- [1] S. Sahoo and C. Y. Lo "Smart manufacturing powered by recent technological advancements: A review", Journal of Manufacturing Systems, Vol. 64, pp. 236–250, Jul. 2022.
- [2] S. H. Oh, et al. "Strategies for Improving STI Policy Towards a Leading Country in the Application of AI Technology", STEPI
- [3] M. Sharp, et al. "A survey of the advancing use and development of machine learning in smart manufacturing", Journal of Manufacturing Systems, Vol. 48, Part C, pp. 170–179, Jul. 2018.
- [4] S. Fahle, et al. "Systematic review on machine learning (ML) methods for manufacturing processes – Identifying artificial intelligence (AI) methods for field application", in Proc. 53rd CIRP conference on Manufacturing Systems, Chicago, USA,

- pp.413–418, Jul. 2020.
- [5] L. Meng, et al. "Machine Learning in Additive Manufacturing: A Review", JOM, vol. 72, pp. 2363–2377, 2020.
- [6] H. Tercan and T. Meisen "Machine learning and deep learning based predictive quality in manufacturing: a systematic review", Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 33, pp. 1879–1905, May 2022.
- [7] A. S. Choudhury, et al. "Implementation of Artificial Intelligence (AI) in Smart Manufacturing: A Status Review", in Proc. ICCISC 2022, CCIS, Vol 1672, pp. 73–85, 2022.
- [8] A. Mayr, et al. "Machine Learning in Production – Potentials, Challenges and Exemplary Applications", Procedia CIRP, vol. 86, pp. 49–54, 2019.
- [9] J. Schmitt, et al. "Predictive model-based quality inspection using machine learning and edge cloud computing", Advanced Engineering Informatics, vol. 45, pp. 101101, Aug. 2020.
- [10] H. Hofbauer, et al. "Low quality and recognition of image content", IEEE Transactions on Multimedia, vol. 24, pp. 3595–3610, Aug. 2021.
- [11] A. J. Román, et al. "Viscoelastic behavior prediction of natural rubber blends via machine learning and its application for reverse engineering materials", in Proc. AIP 2023, vol. 2884, no. 1, pp. 11–15, Fukuoka, Japan, Oct. 2023.
- [12] A. Pal, et al. "Machine learning models for predicting compressive strength of fiber-reinforced concrete containing waste rubber and recycled aggregate", Journal of Cleaner Production, vol. 423, pp. 138673, Sep. 2023.
- [13] H. Shanling, et al. "Real-time rubber quality model based on CNN-LSTM deep learning theory", Materials Today Communications, vol. 35, pp. 106110, Jun. 2023.
- [14] W. Sagong, et al. "Analysis of Data from a Rubber Manufacturing Process Based on Hadoop Ecosystem and Machine Learning for Smart Factor", KIISE Transactions on Computing Practices, vol.26, no. 12, pp.519–527, 2020.
- [15] E. H. Cho, et al. "Augmentation of Defect Image Data using GAN", Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers, vol.59, no.10, Oct. 2022.
- [16] P. Stavropoulos, et al. "A vision-based system for real-time defect detection: a rubber compound part case study", Procedia CIRP, vol. 93, pp. 1230–1235, 2020.
- [17] Y. E. Lee, et al. "A rubber o-ring defect detection system using data augmentation based on the SinGAN and random forest algorithm", Journal of the Korean Society of Visualization, Vol. 19, No. 3 (63~68), 2021.
- [18] C. Y. Lee and M. J. Kim "Anomaly Detection to Distinguish Structural Differences of Manufacturing Images", Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers, vol.58, no.11, Nov. 2021.
- [19] K. C. Ke and M. S. Huang "Quality Prediction for Injection Molding by Using a Multilayer Perceptron Neural Network", Polymers, vol. 12, no. 8, pp.1812, Aug. 2020.
- [20] V. Garcia, et al. "Using regression models for predicting the product quality in a tubing extrusion process", Journal of Intelligent Manufacturing, vol. 30, pp. 2535–2544, 2019.
- [21] L. C. Moreira, et al. "Supervision controller for real-time surface quality assurance in CNC machining using artificial intelligence", Computers & Industrial Engineering, vol. 127, pp. 158–168, 2019.
- [22] C. Du, et al. "Prediction of product roughness, profile, and roundness using machine learning techniques for a hard turning process", Advances in Manufacturing, vol. 9, pp. 206–215, 2020.
- [23] C. V. Goldman, et al. "Explaining Learning Models in Manufacturing Processes", Procedia Computer Science, vol. 180, pp. 259–268, 2021.
- [24] R. Wagner, et al. "Virtual In-line Inspection for Function Verification in Serial Production by means of Artificial Intelligence", Procedia CIRP, vol. 92, pp. 64–68, 2020.
- [25] Y. G. Oh, et al. "Adaptive SVM-based real-time quality assessment for primer-sealer dispensing process of sunroof assembly line", Reliability Engineering & System Safety, vol. 184, pp. 202–212, Apr. 2019.
- [26] C. Y. Hsu and W. C. Liu "Multiple time-series convolutional



- neural network for fault detection and diagnosis and empirical study in semiconductor manufacturing", *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 32, pp. 823–836, 2021.
- [27] L. Li and S. Anand "Hatch pattern based inherent strain prediction using neural networks for powder bed fusion additive manufacturing", *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 56, Part B, pp. 1344–1352, Aug. 2020.
- [28] Z. Zhu, et al. "Convolutional Neural Network for geometric deviation prediction in Additive Manufacturing", *Procedia CIRP*, vol. 91, pp. 534–539, 2020.
- [29] M. A. Dib, et al. "Single and ensemble classifiers for defect prediction in sheet metal forming under variability", *Engineering Applications of Neural Networks*, vol. 32, pp. 12335–12349, 2020.
- [30] A. Jiao, et al. "Prediction of Manufacturing Quality of Holes Based on a BP Neural Network", *Applied Sciences*, vol. 10, no. 6, 2020.
- [31] G. Serin, et al. "Review of tool condition monitoring in machining and opportunities for deep learning", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 109, pp. 953–974, 2020.
- [32] A. Gaikwad, et al. "Heterogeneous sensing and scientific machine learning for quality assurance in laser powder bed fusion – A single-track study", *Additive Manufacturing*, vol. 36, pp. 101659, Dec. 2020.
- [33] Z. Liu, et al. "TruingDet: Towards high-quality visual automatic defect inspection for metal surface", *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 138, pp. 106423, 2021.
- [34] Q. Wang, et al. "A tutorial on deep learning-based data analytics in manufacturing through a welding case study", *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 63, pp. 2–13, 2021.
- [35] Y. Wang, et al. "Missing Data Imputation With OLS-Based Autoencoder for Intelligent Manufacturing", *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 55, no. 6, pp. 7219–7229, Dec. 2019.
- [36] L. Ma, et al. "A missing manufacturing process data imputation framework for nonlinear dynamic soft sensor modeling and its application", *Expert Systems with Applications*, vol. 237, Part A, pp. 121428, Mar. 2024.
- [37] A. Ismail, et al. "Manufacturing process data analysis pipelines: a requirements analysis and survey", *Journal of Big Data*, vol. 6, no. 1, pp. 1–26, 2019.
- [38] S. Ma, et al. "Big data-driven correlation analysis based on clustering for energy-intensive manufacturing industries", *Applied Energy*, vol. 349, pp. 121608, Nov. 2023.
- [39] F. Eger, et al. "Correlation analysis methods in multi-stage production systems for reaching zero-defect manufacturing", *Procedia CIRP*, vol. 72, pp. 635–640, 2018.
- [40] S. Huang "A weighted fuzzy C-means clustering method with density peak for anomaly detection in IoT-enabled manufacturing process", *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 32, pp. 1845–1861, 2021.
- [41] M. Natesh, et al. "Experimental and numerical procedure for studying strength and heat generation responses of ultrasonic welding of polymer blends", *Measurement*, vol. 132, pp. 1–10, Jan. 2019.
- [42] N. Dimitriou, et al. "Fault diagnosis in microelectronics attachment via deep learning analysis of 3-D laser scans", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 67, no. 7, pp. 5748–5757, Jul. 2020.
- [43] A. Essien and C. Giannetti "A deep learning model for smart manufacturing using convolutional LSTM neural network autoencoders", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 16, no. 9, pp. 6069–6078, 2020.
- [44] Z. Liu, et al. "An adversarial bidirectional serial-parallel LSTM-based QTD framework for product quality prediction", *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 31, pp. 1511–1529, 2020.
- [45] J. Zhang, et al. "Deep learning-based tensile strength prediction in fused deposition modeling", *Computers in Industry*, vol. 107, pp. 11–21, May 2019.
- [46] X. He, et al. "AutoML: A survey of the state-of-the-art", *Knowledge-Based Systems*, vol. 212, no. 5, pp. 106622, Jan. 2021.

- [47] N. Erickson, et al. "AutoGluon-Tabular: Robust and Accurate AutoML for Structured Data", arXiv preprint arXiv:2003.06505, 2020.



홍민성

- 2012년 8월 단국대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2014년 8월 단국대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2018년 2월 중앙대학교 응용소프트웨어학과 박사
- 2018년 2월 ~ 2021년 1월 Western Norway Research Institute, Postdoctoral Researcher
- 2021년 3월 ~ 2022년 5월 경희대학교 스마트관광연구소 Academic Research Professor
- 2022년 5월 ~ 2023년 9월 한국전력공사 데이터사이언스연구소 Researcher
- 2023년 9월 ~ 현재 엠아이큐브솔루션 선행기술연구소 Senior Engineer

〈관심 분야〉

Recommender System, Deep Learning, Machine Learning, Data Mining, Smart Factory



최경미

- 1991년 고려대 통계학과 & 산업공학과, 학사 & 석사
- 1996년 미국 Univ. of Wisconsin-Madison 산업공학 석사
- 2001년 미국 University of North Carolina-Chapel Hill 환경과학공학 박사
- 2001년 ~ 2005년 미국 Univ. of Michigan-Ann Arbor, Postdoc Research Fellow
- 2005년 ~ 2012년 미국 Univ. of North Texas-HSC 교수, 미국 USNIH-NIEHS the Study Section Reviewer
- 2013년 ~ 2019년 고려대 경제연구소 & 의료원 연구교수, 질병청(KNIH) 책임연구원
- 2020년 ~ 2021년 에스에프에이(주) 임원
- 2022년 ~ 현재 엠아이큐브솔루션(주) 임원

〈관심 분야〉

AI, Decision Science, Manufacturing, Health System

가상센서 기반의 TDLS 이중화 기술 개발

I. 서론

최근에 높은 관심과 함께 구현 중인 스마트 팩토리는 설계 및 개발, 제조 등의 다양한 분야에서 정보통신기술을 적용하여 생산시스템을 갖춘 지능형 생산 공장을 말한다. 기존의 물리 센서는 케이블 포함 많은 물리적 공간을 필요로 하며 설치하는데 있어서 많은 비용이 필요하다. 또한 제철소와 같은 장소는 고온 다습한 환경과 먼지와 분진이 매우 많고, 다수의 센서가 복합적으로 설치된 운영된다. 철강 제조 산업에서 가열로는 제강 연주 공정에서 생산된 반제품 성격의 슬라브(Slab)를 일정한 두께로 압연하기 위한 압연 공정 사이에서 압연이 원활하게 진행 되도록 1100~1300℃ 로 가열하는 공정이다. 가열로를 통한 슬라브의 온도 제어는 표면 탈탄, 표면 조도와 같은 품질 요소를 반영하고 강종 및 용도에 따른 재질 확보를 위해 예열대-가열대-균열대의 과정을 거치며 이 과정을 지나가는 동안 가열로 내 압력, 공연비 등을 적절하게 관리해야 한다. 이를 위해 가열로 내의 연소 상태와 불완전 연소를 감시하기 위해 O₂, CO 농도를 감시하는 TDLS(Tunable Diode Laser Spectroscopy) 방식의 센서가 다수 설치되어 있다.

TDLS 센서는 기존에 주로 사용되었던 지르코니아 방식의 센서보다 시간 응답성, 정밀도가 높으며, 설비의 구성이 간단하여 설치 및 유지 보수 시 장점이 많다. 그러나 가격이 고가이어서 이중으로 설치하기가 어려운 한계가 있다. 예를 들면 TDLS 센서 주변에 설치되는 고전압 케이블에 의해, 센서에 노이즈가 유입 될 수도 있고, 같은 공간에 설치되는 다른 센서에 의해 발생하는 노이즈에 간섭되어 정상 동작에 문제가 발생하기도 한다. 본 논문에서는 TDLS와 같은 고가의 센서를 이중화하기 위해 가열로 공정을 제어하는 로내의 온도, 압력 등 주요 인자를 기계 학습하여 가상으로 TDLS 센서 데이터와 유사하게 출력하는 가상



김 대 현
현대제철



김 태 군
한국기술교육대학교



이 정 한
현대제철

센서 기반 TDLS 이중화 감시 시스템을 개발하여 적용하는 사례에 대해 서술한다. 그리고 실제 사용 중인 TDLS 센서 데이터와 서로 비교하여 가상센서 데이터의 정확성을 검증하고자 한다.

2장에서는 가상센서에 대한 정의와 유사 연구 사례를 조사하고 3장에서는 기계 학습을 위한 인자와 알고리즘에 관해 설명한다. 4장에서는 기계 학습을 통한 가상센서 데이터와 실제 TDLS 데이터를 비교함으로써 신뢰성 및 정확성을 비교 평가한다. 5장에서는 연구 개발에 관한 결론과 활용 방안에 대해 제시하려 한다.

II. 철강제조 배경 지식 및 가상센서 정의

1. 일관제철소의 이해

일관 제철소는 제선과 제강 그리고 압연의 세 공정이 모두 함께 있는 제철소를 말한다. 여기서 제선이란, 철광석을 녹여 선철을 만드는 과정이다. 용광로에 철광석과 코크스 및 석회석을 넣고 열을 가하여 코크스를 함께 연소시켜서 철광석 속에 포함된 철을 녹이는데 이때 나오는 철을 선철이라 한다. 주로 강을 만드는 재료로 쓰이거나 주물용으로 사용된다. 제강 공정은 용광로에서 만들어진 선철은 탄소량 외에도 규소, 인, 황 등의 불순물들이 많으므로, 이들의 배합을 조정해서 기계적인 강도를 높이기 위해 실행하는 공정을 말한다. 선철에 고철을 함께 넣어서 전로 또는 전기로 등으로 정련한다. 제강 공정을 통해 철 속의 불순물은 산화 제거되고, 생산 용도에 맞는 품질의 쇳물이 된다. 그리고 이 쇳물을 일정한 틀에 부어 슬래브를 만든다.

그리고 압연 공정은 제강 공정을 통해 생산된 슬래브를 상,하 일정한 틈을 두고 회전하는 여러개의 롤 사이로 통과시켜서 생산용도에 맞는 제품으로 소성 가공하는 공정을 말한다. 압연 공정에서는 가열로 또는 균열로를 이용하여 슬래브를 고온으로 상승시켜 압력으로 길거나 넓게 가공한 철강 제품을 생산한다. 오늘날의 철강 산업은 제선, 제강, 압연의 세 부분의 공정을 한 지역에 통합시킨 일관제철소(Integrated Steel Mill)이 주도하고 있다. 철강업에서는 고열작업이 많고 운반비용이 많이 들어 한 지



〈그림 1〉 일관 제철소 외경

역에서 일관 작업을 하면 열효율을 높이고 운반비용을 절감할 수 있을 뿐 아니라, 제조 공정 중 발생하는 부산물을 이용하여 비용을 절감하는 등 경영상 유리한 지점이 있기도 하다. 국내의 경우 포스코(POSCO) 포항제철소나 광양제철소 그리고 현대제철 당진제철소가 일관제철소로 운영되고 있다.^[1]

2. 가열로 및 압연 공정

가열로 공정의 주목적은 연주 또는 조괴 작업에서 생산된 슬래브를 열간 압연에 맞는 온도로 가열하는 것으로서 통상적인 가열 온도는 1,100 ~ 1,300°C 이며, 가열로에 사용되는 연료는 제선과 전로 공장에서 발생되는 부생 가스와 천연 가스 등을 사용한다. 최근에는 연료의 소모량을 감소시키기 위해 가열 공정을 생략하고, 연주가 완료된 직후 바로 압연하는 직송 압연(HRD: Hot Direct Rolling), 고온 상태의 슬래브를 가열로에 장입하는 열간 장입(HCR: Hot Charge Rolling) 작업이 일반화되어 있다.^[1]

압연공정은 회전하는 2개의 원통형의 롤 사이로 금속재를 밀어서 원하는 두께와 강도의 판재, 형재, 봉재로 만드는 소성 가공 공정이다. 압연은 다른 가공법에 비해 비교적 단순한 형상의 제품을 효과적으로 만들 수 있는 매우 좋은 가공 방법에 속한다. 압연공정을 통해서 두꺼운 슬래브가 매우 얇은 열연 강판이 되어 자동차, 건축자재, 강판의 재료로 사용된다.^[2]

3. TDLS 센서의 검출 방법 및 용도

TDLS는 Tunable Diode Laser Spectroscopy의 약자로, 샘플 내의 가스 분자의 농도를 측정하기 위해 레이저를 사용하는 가스 감지 기술의 한 종류이다. TDLS 센서는 레이저 소스, 광 경로 및 검출기로 구성된다.

TDLS에서 레이저 빔은 가스 샘플을 통해 유도되며 레이저의 파장은 사용하는 가스의 특정 흡수선에 맞춰 조정된다. 레이저광은 가스 분자에 의해 흡수되며, 흡수량은 샘플 내 가스 농도에 비례한다. 그러면 흡수량이 검출기에 의해 감지되고, 검출기는 가스 농도를 계산하는데 사용할 수 있는 신호(ex. mA 등)를 생성한다.

TDLS 센서는 산업 환경의 프로세스 제어 및 모니터링, 환경 모니터링 및 의료 진단과 같은 다양한 응용 분야에 사용된다. 미량 가스 및 휘발성 유기 화합물과 같은 다른 감지 기술로는 감지하기 어려운 가스의 농도를 측정하는 데 특히 유용하다. 다른 가스 감지 기술과 비교하여 TDLS 센서는 높은 감도, 선택성 및 정확성뿐만 아니라 가스를 실시간으로 측정하는 기능을 포함한 여러 가지 이점을 제공하기도 한다. 또한 비교적 사용하기 쉽고 최소한의 유지보수가 필요하다.

TDLS 센서는 샘플 가스를 통해 레이저의 빔을 비추고 가스 분자에 의해 흡수되는 빛의 양을 측정하는 레이저 흡수 분광법의 원리를 기반으로 한다. 흡수량은 흡수되는 레이저 빛의 특정 파장뿐만 아니라 샘플 내 가스의 농도에 따라 달라진다. 전반적으로 TDLS 센서는 광범위한 응용 분야에 강력하고 다재다능한 감지 기술을 제공하며, 가스 감지 분야에서 앞으로 계속해서 활발한 연구 개발 분야가 될 전망이다^[3-4].

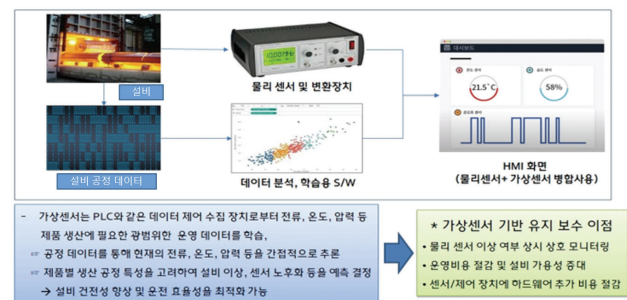
TDLS 센서는 일반적으로 조정 가능한 다이오드 레이저를 사용하며, 이를 통해 레이저의 파장을 모니터링 하고자 하는 가스(ex. O₂)의 흡수 피크와 일치하도록 조정할 수 있다. 이를 통해 복잡한 혼합물에서도 특정 가스를 목표로 레이저를 조정할 수 있으므로 매우 선택적인 측정이 가능하다. TDLS 센서는 선택성 외에도 매우 민감하며 백만 분율(ppm) 범위의 가스 농도를 감지할 수 있다. 또한 측정 시간이 밀리초 단위로 빨라 실시간 모니터링 및 제어에 적합하다^[3].

전반적으로 TDLS 센서는 산업 응용 분야에서 가스 모니터링을 위한 강력한 도구이며, 정확성, 민감성 및 선택성은 많은 프로세스 제어 및 안전 시스템의 중요한 구성 요소이다^{[3][4]}. 다만, 국내에서 생산되는 제품도 일부 있지만, 사용 중인 대부분의 센서가 수입품이다보니 적용하는데 있어 가격이 비싸다는 단점이 있다.

4. 가상센서 개요 및 활용 사례

가상센서란 온도, 유량, 압력과 같은 물리 센서가 측정한 데이터와 공장 운전 데이터를 통합 학습하여 측정하고자 하는 물리 센서 데이터를 예측하는 소프트웨어 센서를 말한다. <그림 2>에서 보면 설비에는 다양한 물리 센서들이 설치되어 있다. 그리고 설비를 제어하기 위해 사용되는 다양한 공정 데이터들이 있다. 가상센서는 이러한 데이터를 머신러닝 등의 인공 지능 기술을 통해 학습하여 실제 센서 데이터와 같거나 유사하게 가상 데이터를 만들어내는 소프트웨어 기반 센서이다.^[5]

고가의 물리적 센서를 대체하거나 이중화하기 위해 공정 데이터 학습을 통해 만들어진 고정밀, 고신뢰성의 가상센서는 고가의 분석기 또는 계측기를 일부 대체할 수 있을 것으로 기대하며 센서 이중화가 필요한 곳에서는 비용 절감 등의 효과를 기대할 수 있다. 이러한 가상센서를 개발 실행하기 위해서는 <그림 3>과 같은 절차를 수행한다.^[6]



〈그림 2〉 가상센서 개념



〈그림 3〉 머신러닝 이중화 수행 절차

1) 데이터 수집

설비를 관리 제어하는 공정 제어 시스템 등으로부터 가상센서 시스템이 요구하는 데이터를 CSV, SQL 형식으로 수집한다. 자료수집 간격은 가상센서의 실행 주기에 따르며, 공정 변화에 민감도와 지연시간에 따라 결정된다.

2) 데이터 전처리

수집된 데이터 중에 결함이 있거나 비정상적인 것을 제거하고, 노이즈를 제거하는 전처리 과정을 수행한다. 노이즈 제거 기술로는 지수 가중이동평균 필터와 대역 밴드 필터 등이 주로 사용된다.

3) 센서 고장 진단

측정 센서가 고장 또는 오류로 인해 일부 실제와 다른 비정상적인 데이터를 출력하게 되면 학습 데이터 기반 가상센서가 실제와 다른 데이터를 출력한다. 이를 최소화하기 위해 측정 센서의 비정상 데이터를 식별하고 근삿값으로 바로잡는 과정이 필요하다.

4) 머신러닝기반 가상센서 모델

제조 공정 데이터에는 노이즈 성분이 포함되어 있어 가상 센싱 데이터의 정확성에 영향을 미친다. 즉 가상센서의 오차는 공정 모델의 비선형성보다 학습한 데이터의 대표성 및 전처리 성능에 기인한다. 그래서 본 논문에서는 노이즈 제거 성능이 우수한 PLS(Partial Least Square)로 선형 모델을 구축하였다.

5) 제어점 도출에 의한 제어 가이드선스

설비 주요 제어 인자를 통해 학습된 가상센서 데이터는 실제 센서와 같은 조건에서 유사한 데이터를 생산한다. 이 두 개의 데이터를 상시 비교 함으로써 물리 센서와 가상센서의 이상 유무를 확인하고 이를 통한 최적 제어 조작 변수를 도출하고 운전자에게 설비의 상태가 최적인지 아닌지 가이드 해주는 기능을 가진다.

6) 결과 출력

가상센서 데이터는 설비 주제어 시스템과 별도로 CSV,

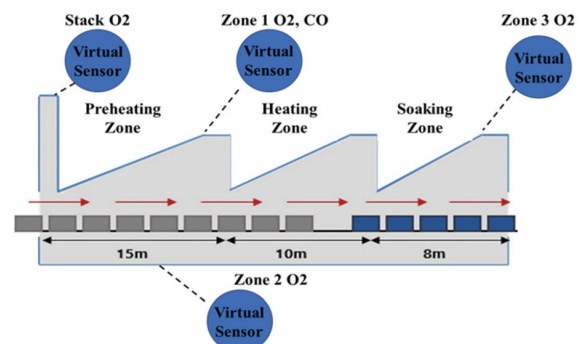
SQL 형태로 저장되며 운전자의 편의성을 향상하게 하기 위해 HMI(Human Machine Interface)에 대쉬보드 형태로 표현한다.

국내 공장 등의 생산시설에서는 지금까지 대부분 물리 센서를 활용하여 측정값을 검출하여 데이터를 사용한다. 이런 물리센서는 많은 공간을 차지하고 있으며 특정한 센서의 경우는 가격이 매우 고가이다. 국내의 경우 자동제어 분야에 사용되는 센서 분야에서는 외국 선진국보다 개발기술이 아직 미숙하고, 생산되는 센서의 종류도 다양하지 못하다. 그리고, 국내 개발 센서를 생산 현장 적용 시 수명이 길지 못하다는 사용자 신뢰성의 문제도 일부 포함하고 있다. 제철소와 같은 대규모 제조 공장에서 사용되는 센서는 온도, 압력, 유량 등의 많은 종류의 센서를 사용하고, 공정이 아주 복잡하게 이루어져 있고, 상당히 많은 양의 센서를 통해 공정 자동화, 최적화를 위한 기반 데이터로 많이 활용되고 있다.^[7]

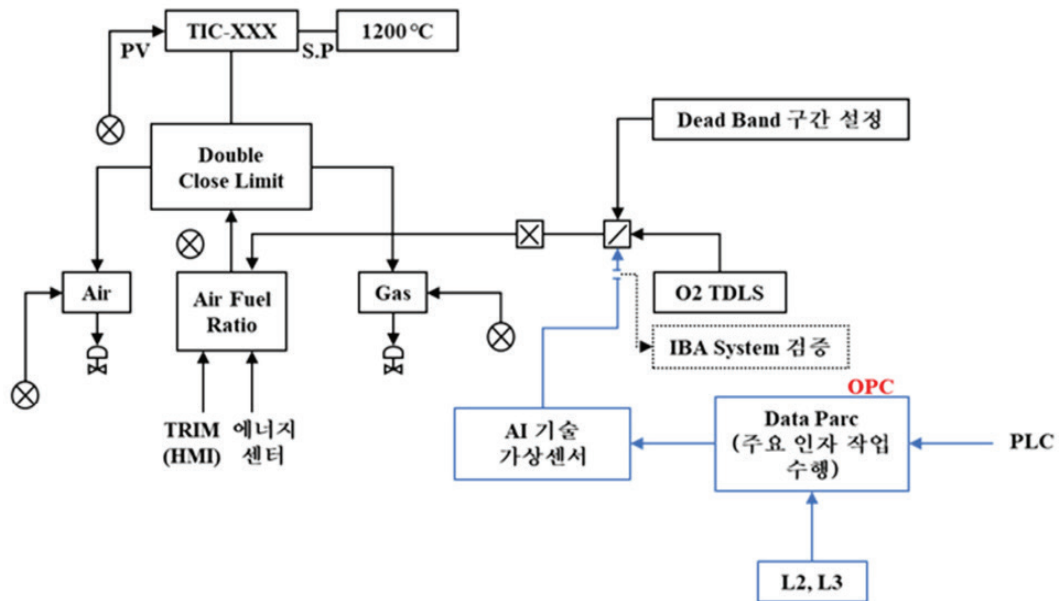
III. 가상센서 모니터링 시스템 구현

1. 개발목적

가열로와 같은 고온의 설비는 에너지원으로 부생가스를 사용한다. 부생가스는 외부 공기와 결합하여 연소하며 가열로는 이 연소과정을 효율적으로 운영하고 모니터링하기 위해 O₂ 및 CO농도를 실시간으로 측정해야 한다. TDLS 센서는 가열로 환경을 모니터링 하기 위한 중요한 센서 중의 하나이다. 그래서 TDLS가 고장이나가나 오류가 있으면 생산성과 품질에 대한 영향이 커서 이중화



〈그림 4〉 연소가스 분석기 및 가상센서 위치도



〈그림 5〉 가상센서기반 이중화 제어 로직

가 매우 필요하다.^{[8][9]} 그러나 고가의 센서를 이중화하는 것은 비용적으로 매우 불합리하다. 그래서 본 논문에서는 가상 센서를 활용하여 앞에서 언급한 문제를 해결해 보려 한다.

2. 적용 시나리오

제철소의 주조 공정에서 생산된 슬래브(slab)는 열연 공정에서 일정한 두께의 롤 형태의 철강 제품으로 가공된다. 열연 공장의 가열로에 공급된 슬라브는 예열대, 가열대, 균열대를 거치면서 일정 온도까지 가열된다. 강판의 재질에 따라 일정 온도로 가열되는데, 연료는 각 대의 상부와 하부의 가스 버너를 통해 연소용 공기와 함께 공급된다. 가열로내의 TDLS 연소가스 분석기는 〈그림 4〉와 같이 O₂와 CO 측정하기 위해 다수 설치되어 있다. 설치 위치를 편의상 Zone 1, Zone 2, Zone 3, Stack으로 부르기로 한다.〈그림 4〉

연소에 필요한 공기는 공기비 제어를 통해 조절된다. 본 연구의 대상 가열로는 예열대 상부 공기비에 대해 TDLS O₂ 분석기 측정값을 기준으로 트림(trim) 제어를 시행한다.

TDLS 분석기에 고장이 발생하면 트림 제어기의 PV(Process Variable)를 가상센서 예측값으로 변경한다.

PLC (Programmable Logic Control) 제어 로직은 〈그림 5〉와 같다.

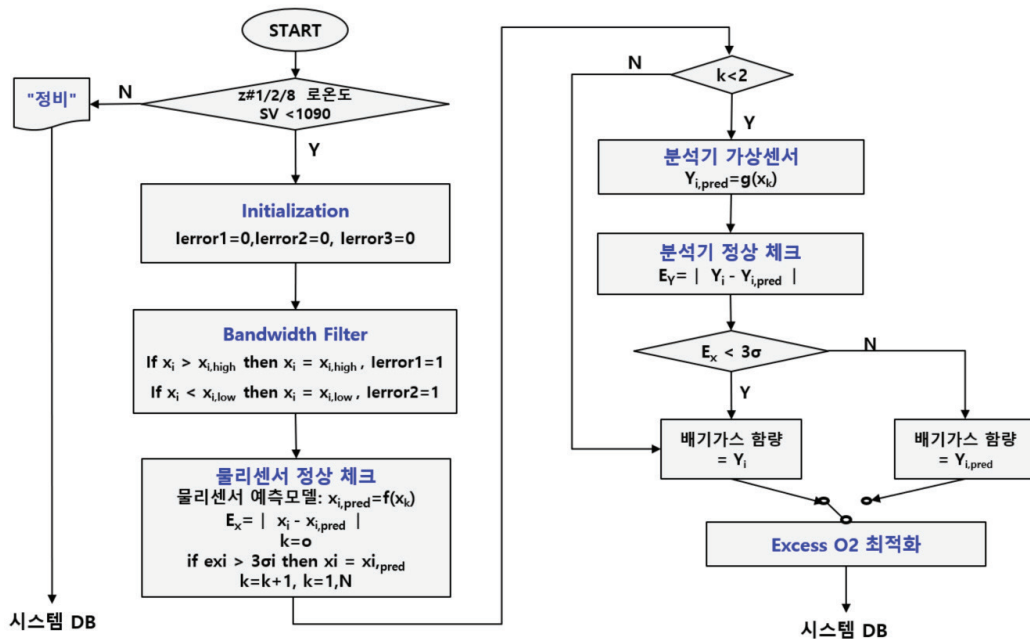
3. 가상센서 학습 인자 및 알고리즘

가상센서는 철강 공정 중 가열로에 O₂ 및 CO를 측정하기 위해 설치된 TDLS 센서를 대상으로 개발하였으며 자가 진단 및 계측 센서와 TDLS 분석기 고장 진단, 연소 효율 최적화 기능을 포함한다.

가상센서 학습을 위한 데이터는 〈표 1〉과 같다.

〈표 1〉 가상센서 학습을 위한 인자

순번	가상센서 학습용 인자 이름
1	Cokes oven Gas(COG) 발열량
2	가열로 Air 온도
3	각 Zone 별 Air 유량
4	각 Zone 별 COG 유량
5	각 Zone 별 공기비
6	각 Zone 별 온도
7	TDLS 데이터 (O ₂ 3개 CO 1개)
8	가열로 Damper 개도
9	가열로내 압력



〈그림 5〉 가상센서 학습 알고리즘

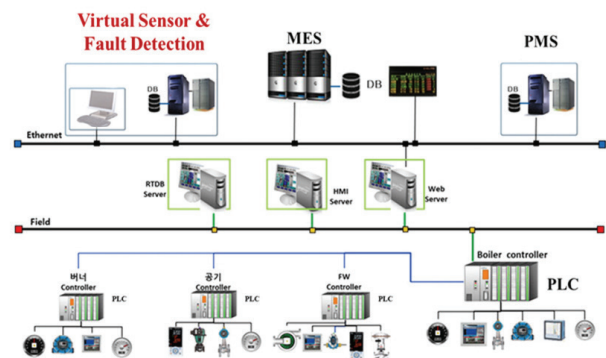
가상센서 학습 및 예측 프로세스는 초기화 및 대역 필터 처리, 물리 센서 정상 체크, TDLS 고장 감지 및 공기비 최적화로 순으로 수행된다. 가상센서 학습 프로그램이 시작되면 가열로의 상태가 정비상태 인지 아닌지를 확인한다. 기준은 가열로의 로내 온도이며 1,090℃ 이내이면 정비 상태로 판단한다.

정비 상태가 아니면 초기화 과정을 수행한다. 그리고 Bandwidth 필터를 통해 수집된 데이터 범위가 사전에 정의된 high, low 범위 이내의 데이터 인지 확인한다. 만약 데이터가 High 한계치를 초과하면 '1'으로 대체하고 에러 체크 플래그를 1씩 증가시키는 전처리 과정을 수행한다. 그리고 물리센서와 예측된 가상센서 및 TDLS 분석기의 데이터 차이가 3σ 이내인지 확인하여 물리센서와 가상센서가 정상 동작을 하는지 확인한다. TDLS의 분석기가 정상으로 확인되면 배기가스 함량을 기준으로 가열로 내 O₂의 데이터를 최적화 시킬 수 있도록 가이드 정보를 생성하고 시스템 DB에 저장한다. 〈그림 5〉

4. 가상센서 이중화시스템 구성

가상센서를 구현하기 위해서는 현장의 각 PLC와 DB Server 등이 Ethernet으로 연결되어 데이터를 주고받게

된다. 현장의 통신 네트워크는 〈그림 6〉과 같다. PLC의 운전 데이터가 OPC(OLE for Process Control)를 통해 가상센서 서버에 수집되면 서버 컴퓨터에서 가상센서 예측값을 생성하고, 이를 다시 OPC를 통해 PLC로 송출한다. 운전자가 보는 PLC 화면은 O₂와 CO를 확인하고, 이와 별도로 정비자는 웹 화면을 확인하도록 하였다. TDLS 분석기 고장이 발생하면 Alarm을 즉시 발생시키고 가상센서 예측값이 즉시 PLC 제어기의 TDLS 분석값을 대체하여 제어한다. 그리고 현재 발생하고 있는 Event들을 HMI 화면을 통해 확인할 수 있다. 〈그림 6〉



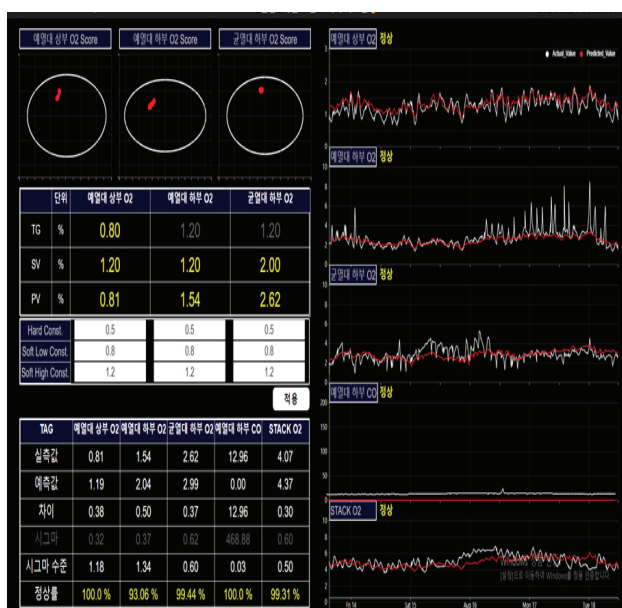
〈그림 6〉 가상센서 적용 시스템 네트워크 구성

IV. 가상센서 시스템 구축 및 평가

HMI 화면은 가열로 TDLs가 정상 상태인지 확인하는 화면과 실제 센서 데이터와 가상센서 예측 데이터를 비교하는 화면, 그리고 각 시간대별로 TDLs와 가상센서 데이터 추이 변화를 보여주는 모니터링 HMI 화면으로 구성하였다. 가상센서 기반의 모니터링 HMI 화면은 <그림 7>과 같다.

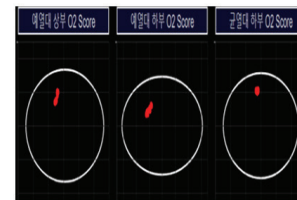
가상센서의 정확성을 판단하기 위해 Score Plot을 통한 자가 진단 기능 화면은 <그림 8>과 같다. Score Plot에는 가열로의 예열 및 균열 구간에 설치된 TDLs의 O₂ 변화 추이를 분석하여 가상센서의 정확성을 판단하기 위함이다. 학습 데이터의 95% 범위를 타원형으로 표시하고 측정값이 타원형 내부에 포함 시 학습 데이터이고 그렇지 않으면 비학습 데이터로 판단한다.

가상센서 모니터링 화면에서는 가상센서와 실제 TDLs의 측정 데이터를 비교하여 실측값 대비 예측값이 얼마나 차이가 있는지 표준 편차를 통해 보여주고 있으며 이를 기반으로 하여 TDLs의 고장 또는 정상 여부를 비율을 통해 센서의 정상 동작 비율을 알려 준다. <그림 9>는 학습을 통해 개발된 가상센서 데이터와 실제 센서 데이터의 시간별 추이 변화를 보여주는 화면이다.

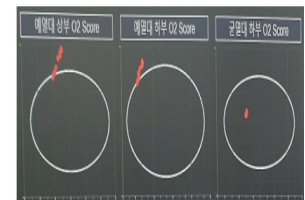


<그림 6> 가상센서 적용 시스템 네트워크 구성

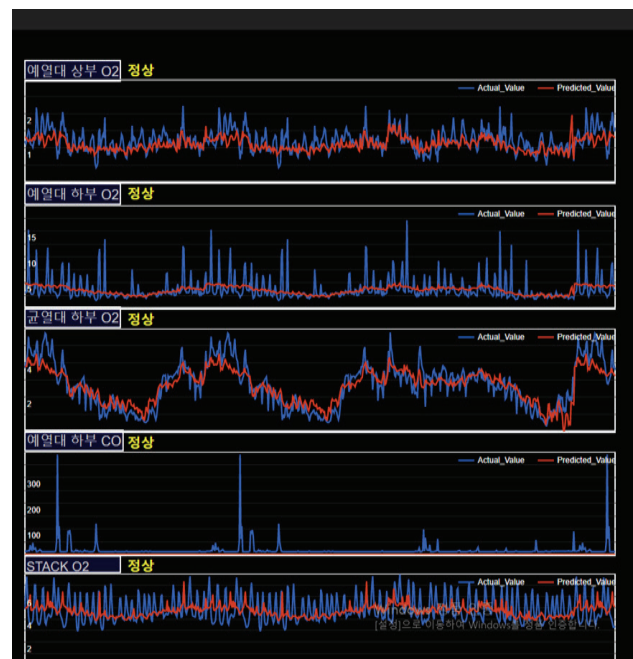
✓ 측정값이 학습 범위 95%에 포함 시



✓ 측정값이 학습 범위 95%에 미 포함 시



<그림 8> 가상센서 데이터 정합성 진단 화면



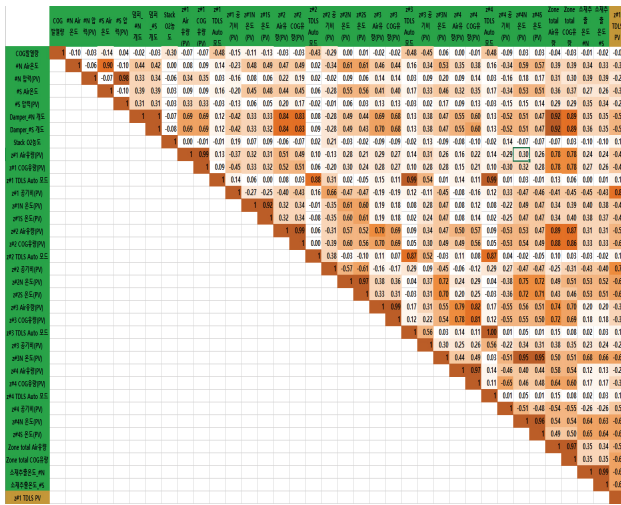
<그림 9> 가상센서와 실제 센서 추이변화

V. 가상센서 모니터링 시스템 구현

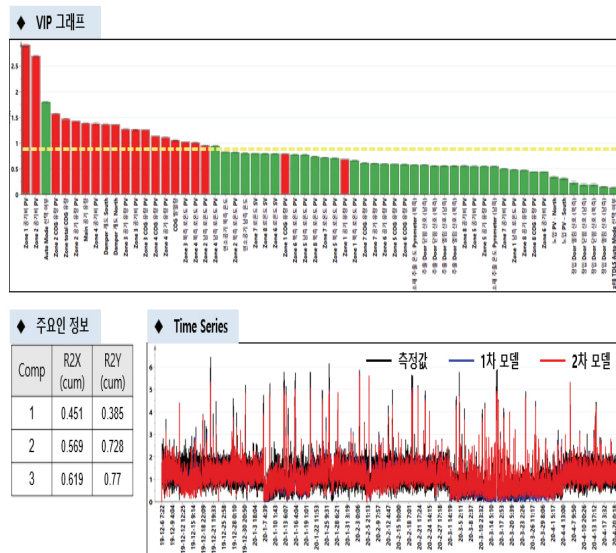
1. 기간별 가상센서 데이터 분석

5개월 기간의 54개 변수 1분 간격 자료를 수집하였다. 각 변수에 대하여 잡자기 튀는 값에 대한 노이즈를 제거하였고 이 이후에 각 인자 간의 상관관계를 분석하였다. <그림 10>에서 예열대에 가장 근접한 TDLs가 가장 큰 상관관계를 보였으며, 그 중 공기비와 가열로내 온도, 소재 추출 온도가 가장 높은 상관관계가 있었다.

또한 가상센서 학습을 위한 공정 제어 인자 중 영향도가 높은 인자를 추출하기 위해 VIP(Variable Importance in the Projection)을 수행하였다. VIP는 다수의 변수 인자 중 타겟 목표 인자와 가장 관련이 있는 인자들을 순차



〈그림 10〉 가상센서 연관 인자들의 상관성 분석



〈그림 11〉 PLS 활용 주요 학습 인자 추출

적으로 나타내는 기법이다. 그리고 PLS(Partial Least Square) 부분 최소 제곱법을 통해 변수 간 관계를 나타낼 줄 X축 독립변수와 Y축 종속 변수 간의 거리를 최소화하도록 변수 축소 작업을 6차례 반복하였다.

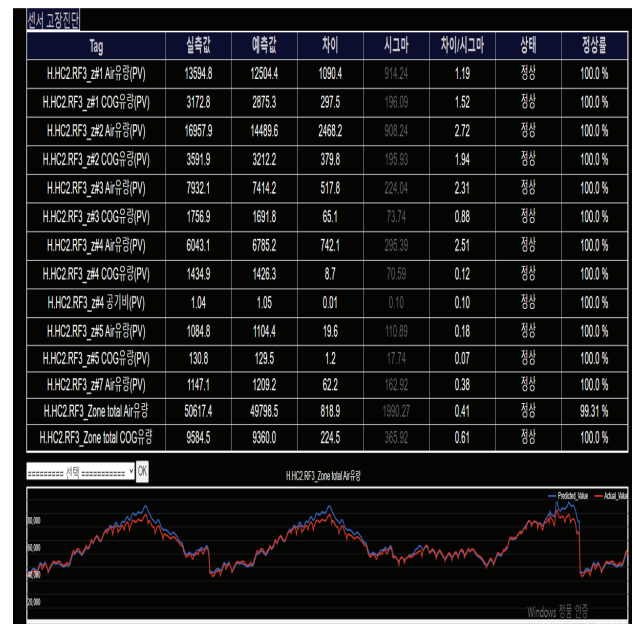
〈그림 11〉은 VIP와 PLS를 통한 주요 학습 데이터 인자 추출 그림이다. 예열대 상하부에 있는 센서의 경우 TDLS 데이터와 가상센서 데이터의 차이가 크지 않았다. 그러나 균열대의 상하부에 설치된 O2 센서 경우에는 학습된 데이터 오류로 인해 학습 모델의 R2Y값이 작다. CO 경우에는 수집된 데이터양이 적어 학습하기에는 부적

합하였으며 Stack에 설치된 O2 센서

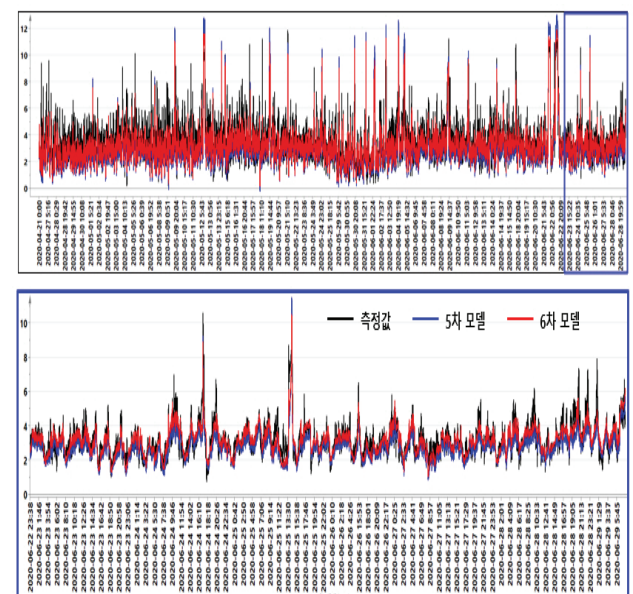
데이터 표준 편차가 작아 비교 검증 자료로써 활용 가치가 있었다.

2. 가상센서 및 실제 TDLS 추이 분석

가상센서 학습 모델에 신규 데이터를 적용해 본 결과, (측정-예측)의 표준편차가 0.860으로 차이가 발생하여,



〈그림 12〉 가상센서 정확성 모니터링 화면



〈그림 13〉 가상센서 학습 모델 갱신에 따른 정확성 변화

동일한 변수 하에 신규 데이터를 추가하여 모델을 연속적으로 업데이트하여 $R^2X=68.5\%$, $R^2Y=73.9\%$, (측정-예측)의 표준 편차= 0.713으로 좀 더 향상시켰다.

〈그림 12〉는 가상센서의 학습 모델의 정확성을 향상하게 시키기 위해 모델 갱신을 통해 실제 TDLS 데이터와 가상센서 데이터를 비교한 그림이다. 그림의 하단을 보면 가열로는 슬라브 장입시 도어를 여닫는다. 도어의 열림과 닫힘 시에는 외부의 공기가 가열로 내로 유입되어 노압이 순간적으로 증가하는 경향이 있다. 그래서 이러한 환경적 요인을 고려하여 전처리 과정에 노압에 대한 처리 과정을 추가하였다.

〈그림 13〉은 가상센서에 대해 정합성이 제일 높은 모델을 기반으로 실제 TDLS 데이터와 비교 추이 변화를 보여주는 그림이다. 앞에서 설명하였듯이 가열로 TDLS 센서에 가장 영향이 있는 추출된 인자들로 학습된 가상센서 데이터가 물리 센서와 상당히 일치함을 보여 가상센서의 정합성이 높은 것으로 판정할 수 있다.

VI. 전망과 결론

1. 요약

철강 제조 공정에서 가열로의 연소 상태를 파악하기 위해 설치된 고가의 TDLS 센서를 이중화하기 위해 개발·적용된 가상센서는 실제 측정된 데이터와 매우 높은 정합성을 보여주었다. 기존 TDLS의 검출값과 높은 상관성을 보였으며 표준 편차도 비교적 낮은 것을 볼 수 있다. 그래서 가열로 설비 운전 데이터를 기반으로 학습된 가상센서는, 같은 공정 상태에서 물리 센서로 이중화 하는 것과 같이 높은 신뢰성을 가진다고 볼 수 있다.

가상센서는 물리센서 고장에 대해 고장이나 측정값이 정상범위를 벗어났을 때 빠른 시간내에 센서 이중화되어 즉시 정상 조업을 할 수 있었다.

2. 연구의 한계

제철소 압연 공장의 가열로에는 LNG, COG, BFG 가스가 주로 열원으로 사용되고 있다. 하지만, 본 연구에서는 COG 가스만을 사용하는 가열로에서 진행하였고

LNG, BFG 가스를 사용하는 가열로에 관해서는 연구가 이루어지지 않았다. LNG 가스를 사용하는 경우 가스 단가가 높고, BFG 가스의 경우에는 가스의 위험성이 높아 사용이 적절치 않은 점이 있어 사용하는 곳이 극히 작아 학습하기에는 무리가 있었다.

3. 향후 연구 계획

제철소의 수처리 공정의 폐수처리에 사용하는 약품 공급 배관에 가상센서를 도입하고자 한다. 수처리 공정이라 함은 제철소내의 밀폐계, 개방계, 폐수처리 공정으로 나눌 수 있다. 생산 기계의 내부 순환 배관을 따라 기계를 냉각하는 밀폐계 냉각수 계통과, 생산 과정에서 제품에 직접 물을 뿌려 이물질을 제거하거나 냉각을 시키는 개방계 공정, 그리고 오염된 폐수를 배출기준에 맞게 처리하여 방류하는 폐수처리 공정이 그것이다. 이런 수처리 공정에는 유량, 압력, 온도, PH 등과 같은 센서를 사용한다. 이런 수처리 공정에는 많은 약품이 투입되는데, 이런 약품 투입 공정과 제철소의 폐수처리 공정의 방류수 수질 검출에 사용되는 PH센서에 가상센서를 도입할 계획이다. 이렇게 기존의 물리센서에 가상센서로 이중화를 하여 가상센서의 효용성을 확대 증명할 계획이다.

참고 문헌

- [1] 한국철강협회편찬위원회, "기초철강지식", 2010
- [2] 조수연, 김종찬, 문희권, 김형길, "최신열간압연공학", 구민사, 2014
- [3] <https://www.yokogawa.com>
- [4] <http://www.ristventure.com/>
- [5] 고흥철,석규한,이정환,박종현, 김선우, "가상센서를 이용한 제철소 가열로의 연소가스 분석기 고장 감시 및 백업 기술개발." 제어·로봇·시스템학회 논문지 28.8 (2022): 708-713.
- [6] 구자범, 윤성민, "건물에너지시스템의 실물센서와 가상센서의 동시적 현장보정 방법." 대한설비공학회 학술발표대회논문집 2022.6 (2022): 606-609.
- [7] 고흥철,석규한,이정환,오창용, 김창원, "제철소 가열로의 배기가스 분석기 이중화를 위한 가상센서 적용 연구." 대한전자공학회 학술대회 2022.6 (2022): 2689-2693.

[8] 안창욱, 이지원, 박찬흠, 유호준, 권예림, 조구영, 유원중, 김진균.

"전동화 모듈 온도 추정을 위한 역 열전달 문제 기반 가상 센서 기술 개발." 한국자동차공학회 부문종합 학술대회 2023.5 (2023): 1282-1282.

[9] 백근태(Keuntae Baek), 김민혁(Minhyeok Kim), 박완기(Wanki

Park), and 소홍윤(Hongyun So). "선택적 환원 촉매 및 장비 고장을 예방하기 위한 NOx 가상센서 개발." 한국통신학회 학술대회논문집 2023.2 (2023): 34-35.



김대현

- 2012년 국가평생교육원 전기공학과 학사
- 2023년 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학과 석사
- 2023년 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학과 박사 재학중
- 2002 ~ 현재 현대제철 용수설비팀 제작
- 2014년 건축전기설비기술사
- 2023년 우속숙련기술자(고용노동부)
- (현) 중소기업기술정보진흥원 R&D 평가위원
- (현) 한국기술교육대학교 이러닝 콘텐츠 자문위원

〈관심 분야〉
가상센서 / 디지털 트윈 / 스마트팩토리 / 스마트 팜



김택근

- 2002년 3월 ~ 2004년 2월 서울대학교 기계항공공학부 석사
- 2004년 3월 ~ 2018년 9월 (주) 한온 시스템
- 2010년 3월 ~ 2016년 2월 서울대학교 기계항공공학부 박사
- 2018년 9월 ~ 현재 한국기술교육대학교 조교수

〈관심 분야〉
열전달 / 가상센서 / 디지털 트윈 / 스마트팩토리 / 스마트 팜



이정환

- 2001년 3월 ~ 2003년 2월 광운대학교 제어계측공학과 석사
- 2003년 3월 ~ 2011년 8월 한양대학교 제어계측공학과 박사
- 2021년 9월 ~ 2023년 8월 아주대학교 경영대학원 석사
- 2011년 8월 ~ 2017년 12월 현대제철 기술연구소 계측기술팀
- 2018년 1월 ~ 현재 현대제철 계측기술팀 책임매니저

〈관심 분야〉
가상센서 / 디지털 트윈 / 스마트팩토리 / 지식자산화

스마트 수산 양식 생산 관리를 위한 인공지능 연계 기술 동향

I. 서론

수산 식품은 지속 가능한 생산성을 통한 안정적인 식량 공급과 풍부한 영양소 및 고품질 단백질을 제공해 주는 미래의 먹거리로서 최근 큰 주목을 받고 있다. 특히, 국내의 경우 하루 동물성 단백질 섭취량의 41.7%를 수산물에 차지할 정도로 식량 산업에서 매우 중요한 역할을 차지하고 있다. 하지만 세계적인 인구 증가 및 남획에 따른 수산 자원 고갈이 심각하게 우려되고 있으며 이에 수산 업계에서는 기존의 ‘잡는 어업’에서 ‘기르는 어업’으로의 전환을 통해 당면한 문제를 적극적으로 해결하고자 하고 있다^[1]. 이러한 추세는 2022년 세계식량농업 기구(FAO)에서 발행한 “세계 수산 및 양식업 동향 보고서(The State of World Fisheries and Aquaculture 2022)”에 조사된 통계치에서도 확인할 수 있다. 보고서에 따르면, 2020년 세계 수산물 생산량은 1억 7,800만 톤으로 집계되었는데, 이중 원양 어업, 내수면 어업 그리고 양식업이 각각 7,880만 톤, 1,150만 톤 및 8,750만 톤을 기록하였다. 이처럼 세계적으로 양식업을 통한 생산량이 지속적으로 확대되고 있는 가운데, 양식업 기반 수산물 생산량 중에 육상 양식업을 통한 생산량이 5,440 만톤을 차지하는 만큼 육상 양식 산업을 통한 어업 생산성 향상에 대한 기대 역시 점차 증가하고 있다. 이는 육상 양식 산업은 해양 양식 환경과 비교하여 자연환경의 변동에 비교적 안정적으로 대응할 수 있고, 어종 별 성장 환경 조절을 통하여 품질 관리 및 효율적인 생산 등이 가능한 것으로 판단 된다. 또한, 사료 및 배설물 등에 의한 오염 요소 관리가 용이한 환경 친화적인 이점을 바탕으로 향후 지속적인 발전 가능성에 대한 관심이 증가하는 것으로 파악된다. 특히, IoT 및 빅데이터 기술 등과 같은 ICT 융합 기술 기반 스마트 양식 기술은 효율적인 양식장 모니터링 및 데이터 관리를 통하여 친환경적 수산물 생산을 위



조 성 운
한국전자기술연구원



성 주 현
한국전자기술연구원



권 기 원
한국전자기술연구원

구분	1단계	2단계	3단계	4단계
개념	원격감시 + 원격제어	복합환경제어 + 자동제어	로봇자동화 + 자율제어	생산 자율관리 + 자율경영
	IoT 기반 양식장 모니터링	데이터 기반 양식장 자동제어 시스템	AI 기반 양식장 자율제어 시스템	디지털트윈 기반 자율경영 시스템
의사결정주체	사람	사람+컴퓨터	컴퓨터	컴퓨터
예시				
	무선 네트워크 기반 양식장 수조 감시 시스템('16.12.)	양식장 환경 자동제어시스템	개체적응형 자동사료공급 (노르웨이 사료공급선)	양식생산 자율관리 및 경영지원시스템 (노르웨이 aM社)

〈그림 1〉 스마트 양식 기술 개발 단계 - 해양수산부

한 최적의 양식 환경을 제공하고 나아가 양식 산업 운영 자동화 및 지능화를 통한 생산성 향상 극대화의 모색할 수 있는 활발한 연구가 진행되고 있다.

최근에는 육상 양식장 모니터링 및 수집된 데이터를 바탕으로 인공지능(AI) 기반 양식장 자율제어 시스템으로의 전환을 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 다만, 현재까지는 〈그림 1〉의 2단계인 수집된 데이터 기반의 자동제어 시스템 단계가 주축을 이루며, 3단계 수준의 생산성 향상 및 효율성 제고를 위한 AI 융합 기술에 대한 활발히 연구 개발이 진행되고 있다. 하지만, 스마트 양식 개발 단계의 최종 단계인 자율 관리 및 경영 지원 시스템으로 발전하기까지는 많은 노력이 필요할 것으로 보인다. 이는 양식장 경영에 있어 효율적 의사 결정 시스템은 생산성 향상을 위한 연구 뿐만 아니라 시장 가격 및 운영비용 등과 같이 대내외적인 환경에 영향을 받는 요소들이 복합적으로 연계되어 있고 이를 반영한 체계화된 구조 체계의 구축이 필요하기 때문이다. 하지만 이는 생산·경제·환경 등의 다양한 분야의 요소들을 반영한 통합 솔루션을 도출해야 한다는 점에서 직관적인 방식으로 접근하기에는 많은 제약이 따른다. 이에 양식장 경영 관점에서 최적의 수익성을 제공해 줄 수 있는 의사 결정 시스템 설계를 위해 양식장 고유 환경 및 전문성을 반영한 AI 기술 융합을 통한 시스템 구조 설계를 시도해 봄으로써 기존의 어

가 중심의 경험 기반 경영 방식에 벗어나 데이터 기반의 정량적 분석에 의한 의사 결정을 통해 미래의 불확실성을 사전에 감소시키고 보다 안정적이고 효율적인 경영 서비스를 제공해 줄 수 있을 것으로 기대한다.

본 고에서는 먼저 양식 생산성 관점에서 다양하게 개발되고 있는 데이터 분석 및 AI 기반 응용 기술을 소개한다. 나아가, 국내 어류양식 생산량이 가장 많은 어종인 넙치류에 대한 양식업을 중심으로 경영 관점에 있어 최적의 수익성 확보를 위한 경영 지원 시스템 구축을 위해 고려해야 할 항목들에 대하여 정의하고 최근 다양한 분야에서 활발히 적용되고 있는 AI 기술의 활용 방안 및 요구 사항에 대하여 제시하고자 한다.

II. 스마트 양식을 위한 AI 활용 기술

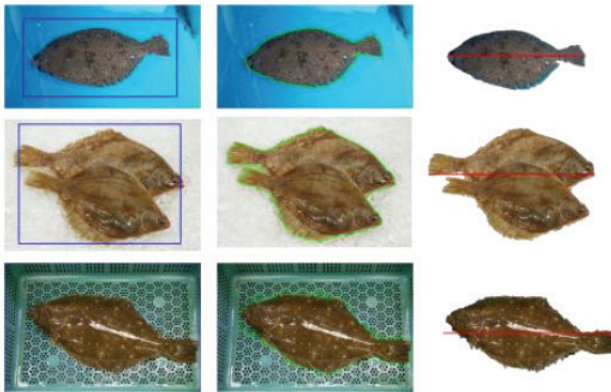
스마트 양식에 있어, 양식장 환경 데이터 분석 및 모니터링 기술 그리고 어류 개체에 대한 성장도 분석 및 예측 기술 등은 양식장 생산 관리 측면에서 매우 유용한 기술 분야이다. 특히, IoT 네트워크 고도화에 따른 양식장 내 다양한 디지털 센서를 기반으로 한 실시간 데이터 수집을 통하여, 기존 대비 신뢰성을 향상시킬 수 있는 다양한 AI 기술이 적용되고 있다.

1. 영상 데이터 기반 AI 응용 기술

스마트 양식 시스템에서 수집되는 데이터는 크게 어류 상태 및 동선을 기록하는 영상 데이터와 수조 내 측정되는 수온, 용존 산소량, 이산화탄소량과 같은 수치 데이터



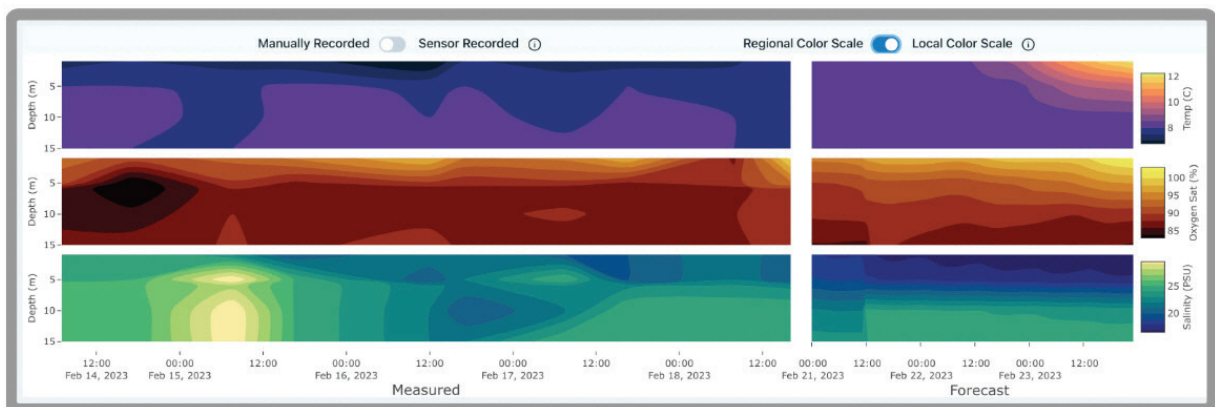
〈그림 2〉 어류 객체 이동 경로 추적 및 이동속도 측정 예시^[7]



〈그림 3〉 YOLO 모델을 활용한 영상 이미지 기반 어류 체장 측정 모델 예시^[9]

로 구분된다. 영상 데이터는 주로 사료 섭취 분석^[2], 물고기 행동 분류^[3], 이상 행동 감지^[4,5] 또는 물고기의 궤적 추적을 통한 건강도 분석에 활용된다^[6,7]. 또한, 어체 이미지 기반의 중량 측정 및 성장 예측 모델에 대한 개발 역시 활발한 연구가 수행되고 있다. 특히, 신뢰성 높은 생체량 모니터링 및 예측 모델은 사료 공급, 생육 환경 제어 그리고 출하 시점 결정과 같은 다양한 양식장 경영을 위한 의사 결정에 활용 가능하다. 기존의 데이터 확보를 위한 어체 중량 측정 방식은 양식되고 있는 어류를 꺼내어 직접 무게를 재는 방식이었으나, 빈번한 어체 중량 측정은 스트레스 가중에 의한 성장 저하 등의 부정적인 요소가 발생할 수 있는 우려가 있다. 반면, 이미지 기반의 성장도 분석 방식은 이러한 부정적인 요소들을 제거함으로써 양식장 운영 관리에 큰 관심을 받고 있다. 예를 들어, 카메라 및 라이다 센서를 등을 활용한 시각적인 정보를 취득하여 CNN 기반의 AI 기술을 활용한 어체의 체고, 체장 측정이 가능하고, 해당 정보를 바탕으로 어체의 무게를 환산할 수 있는 방안들이 제안 되었으며^[8,9], 영상 데이터 기반의 어체 중량 정보들을 바탕으로 시계열 AI 기술 등을 활용한 양식장 환경에 따른 어체 성장도 예측 모델 설계가 가능하다^[10].

양식장 내 질병에 대한 조기 진단 및 예측에도 이미지 기반의 딥러닝 기술이 활발히 적용되고 있다. 질병의 경우, 양식장 특성 상 조기 발견 및 그에 대한 적절한 조치가 이루어지지 않는 경우 질병의 확산으로 인한 집단 폐사로 이어지며 어가에 막대한 손실을 끼치게 된다. 국립수



〈그림 4〉 양식장 환경(수온, 산소, 염도) 모니터링 및 예측 모델의 예 - SeaSat Scoot Science

산과학원 조사에 따르면 국내 양식장 내 넙치 폐사 피해는 생산량과 관계 없이 꾸준히 나타나고 있으며 누적 손실액은 약 1,300억원에 육박할 만큼 양식장 운영에 있어 질병 관리는 매우 중요한 요소이다. 기존의 어류 질병 예측은 이미지 처리 기법이 대부분이었으나 최근에는 딥러닝 기법을 통한 질병 예측방법의 연구가 활발히 진행되고 있다. 예를 들어, [11]에서는 양식장에서 수집된 카메라 영상에 데이터 증강과 전처리 포함하여 질병 인식률의 성능을 높일 수 있는 딥러닝 기반 예측 기술을 제시한 바 있다.

2. 수치 데이터 기반 AI 응용 기술

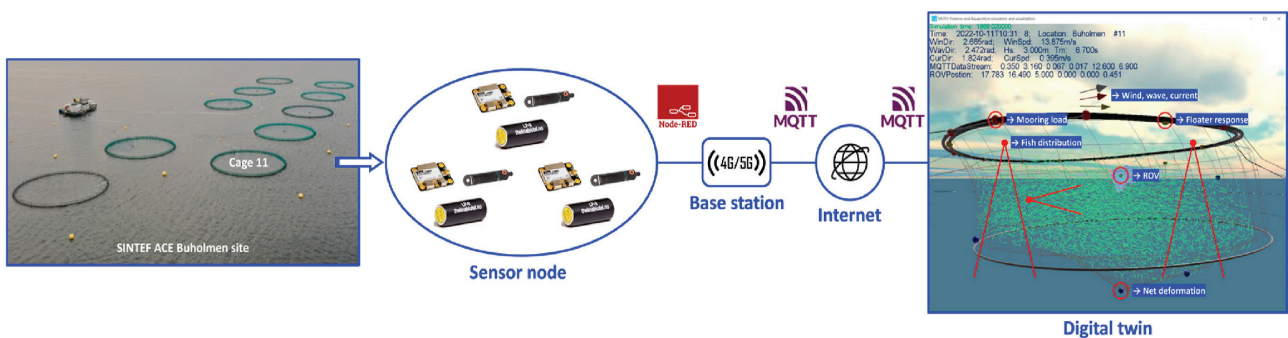
양식장 내 설치된 센서에서 수집되는 수치 데이터를 기반으로 한 환경 모니터링 및 예측에 대한 기술도 활발히 진행되고 있다. 일반적으로, 수조 내 급변하는 수온, 또는 용존 산소량 등의 변화는 집단 폐사 등과 같은 양식장 운영 상 심각한 피해를 끼친다. 따라서, 실시간 환경 데이터 모니터링 및 높은 정확도의 예측이 가능한 경우, 어류의 건강한 성장을 도모할 수 있는 최적의 환경 조성을 위한 어가 별 선제적인 양식장 환경에 대한 운영 관리를 가능하게 한다.

최적의 육상 양식장 환경을 유지하기 위해서는 앞서 기술한 바와 같이 어종의 생존 및 성장에 유리한 해수 환경과 최대한 유사하게 유지할 수 있도록, 다양한 장비를 통한 관리 및 제어가 필수적이다. 예를 들어 수온조절을 위한 히트펌프, 수질환경 개선을 위한 수처리 장치 그리고 유해 물질 유입을 차단할 위한 살균장치의 운용 등에 상당한 에너지가 사용되고 있다. 이에 따라, 양식장 운영비

중 상당 부분을 차지하는 전력비와 관련하여 어가의 소득 증가를 위한 효율적인 에너지의 사용이 필수적이다. 게다가 최근 “탄소 중립”과 같은 친환경적인 이슈가 대두되면서 온실가스 배출 최소화를 통한 환경 부하 저감을 위한 노력이 산업 전 분야에 확산 되고 있는 만큼 양식장 산업에서도 효율적인 에너지 사용을 위한 솔루션 개발이 필수적인 이슈로 대두되고 있다. 이를 위해서는 각 장비에서 소모되고 있는 소비 전력 모니터링을 통한 데이터 수집이 선행되어야 한다. 이러한 데이터를 기반으로 양식장 공정 모듈 단위의 사용 에너지 대비 산출물에 대한 에너지 모델링이 수행되어야 하고 이를 바탕으로 양식장 운영 전략에 따른 에너지 예측 모델을 통하여 에너지 소비에 대한 효율성을 증대시킬 수 있다. 이러한 에너지 모델 역시 데이터 기반의 시계열 딥러닝 기술을 적극적으로 도입함으로써 모델 정확도 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 예상된다[12].

3. 디지털 트윈 응용 기술

최근에는 앞서 언급한 다양한 형태의 양식장 환경 및 성장 모델링을 결합하여, 디지털 트윈을 기반으로 한 양식장 운영 기술 개발에 대한 시도가 진행 중이다[12,13]. 디지털 트윈 기술이란 현실 세계의 환경을 가상의 디지털 공간에서 모델링을 하여 가상-현실 간의 동기화를 통한 가상 공간에서의 시뮬레이션을 기반으로 현실 세계에서의 최적의 의사 결정을 도출 하는 방식이다. 해상 양식장 산업에서도 디지털 트윈 기술 개발이 최근들어 큰 관심을 받고 있다. 노르웨이 SINTEF에서는 해양 가두리 양식에 있어 실시간 환경 데이터 및 어류 행동 패턴 분



〈그림 5〉 실시간 센서 데이터 수집 및 교환을 통한 디지털 트윈 구축 사례 (SINTEF)

석을 통하여 AI 기반 디지털 트윈 모델을 구현하였으며, 이를 바탕으로 해양 환경 변화에 따른 케이지 및 어류 관리 방안을 디지털 환경에서 시뮬레이션을 통한 의사 결정 솔루션을 제공할 수 있는 방식을 개발 하는 동시에 노르웨이 연안 내 테스트베드 검증을 통한 실현 가능성을 제시하였다^[13].

Ⅲ. 스마트 양식 경영 지원을 위한 의사 결정 시스템

앞서 기술한 바와 같이, 스마트 양식 기술은 현장에서 수집된 데이터를 기반으로 한 다양한 AI 기술과의 접목을 바탕으로 생산성 극대화를 추구하기 위한 방향으로 활발한 연구개발이 진행되고 있다. 하지만 실제 양식장 관리 과정에서 발생하는 여러 가지 의사 결정 요소들은 아직까지 어가 내 경영자에 의한 경험적 판단들에 의존하고 있다. 따라서, 데이터 중심의 수익성 분석을 기반으로 한 의사결정 시스템의 필요성은 나날이 증가하고 있으며, 최근 다양한 스마트 양식 관련 업체들 역시 이러한 흐름에 맞추어 자체적으로 개발 중인 양식장 경영 지원 시스템 개발에 대하여 진행 중에 있다.

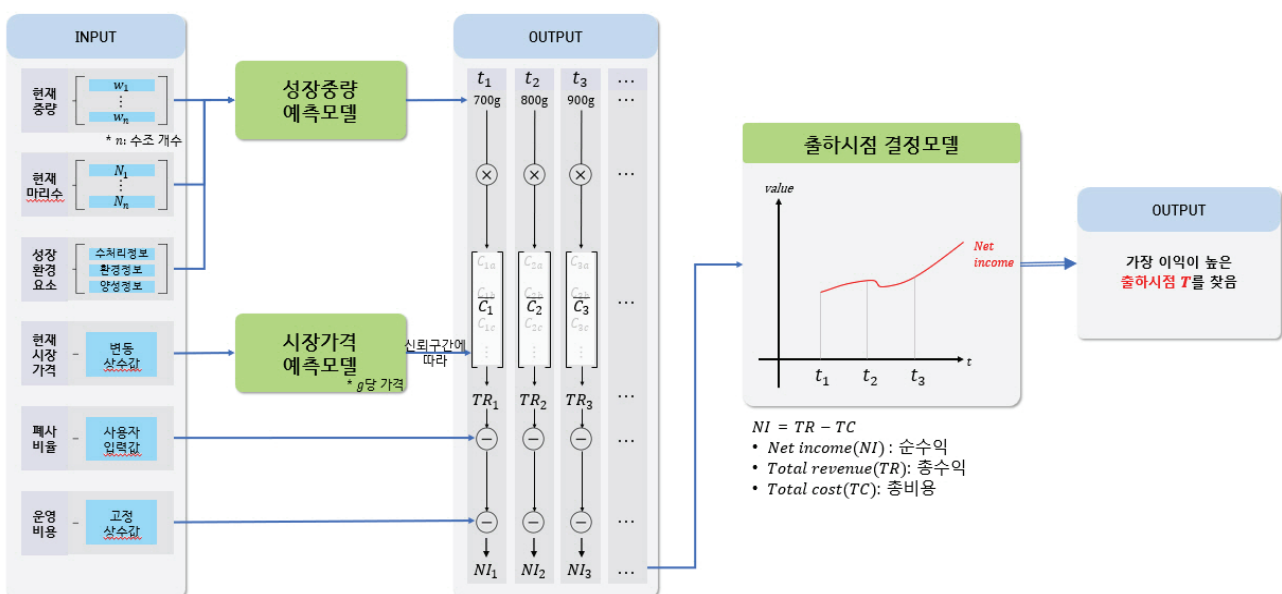
이러한 연구 개발 추세는 2023년 8월 노르웨이 에서

개최된 세계 최대의 스마트 수산 양식 전시회 중에 하나인 아쿠아노르(AquaNor)에서 확인할 수 있다. 특히, 다양한 업체에서 ICT 및 AI 기술을 접목한 스마트 양식 의사 결정 시스템 선보였으며, 이와 관련하여 요약하면 아래와 같다.

● Cflow 社 : C-evolution 프레임워크를 통해 양식장 상태 정보 모니터링 및 현재 의사 결정에 따른 미래 생산량 예측량을 제공한다. 특히, 수온, 용존산소량, 이산화탄소, 사료공급량, 에너지 사용량, CCTV 영상 등 다양한 스케일에서의 모니터링 정보 제공하고 평균 성장률에 따라 기대 성장률, 사료 투입에 따른 기대성장률 변화 등의 정보를 통하여 일간 업무 및 생산 계획안을 제안한다.

● AKAVA 社 : 수조 별 어체 수, 평균 중량 및 총 중량, 폐사율 등의 정보를 제공하는 Akava FishTalk, 양식장 환경 및 상태 정보에 대한 실시간 모니터링을 제공하는 Akava Connect, 그리고 양식장 내 총 생산량을 바탕으로 양식장 생산 계획을 관리하는 서비스를 제공하는 Akava Plan 이라는 세가지의 프레임워크를 제시하며 각 프레임워크는 독립적으로 구성되어 있지만 상호 연계하여 통합 솔루션으로서 구동 가능하도록 설계되었다.

● Schneider 社 : 양식장 전반에 걸쳐 수처리 기반으로 한 장비 별 전력 사용에 대한 모니터링과 원격제어 솔루션



〈그림 6〉 스마트 양식 의사 결정을 위한 모델 및 상호 연계 방안

제공한다. 특히, 최근 화두가 되고 있는 탄소 배출 저감 이슈와 부합하여 양식장 내에서 사용되는 총 전력 사용량 대비 생산량을 분석하여 단위 중량 당 탄소 배출량을 수치적으로 분석하여, 사용자에게 에너지 사용 대비 생산성 운영 관리에 대한 의사결정에 대한 정보를 제공한다.

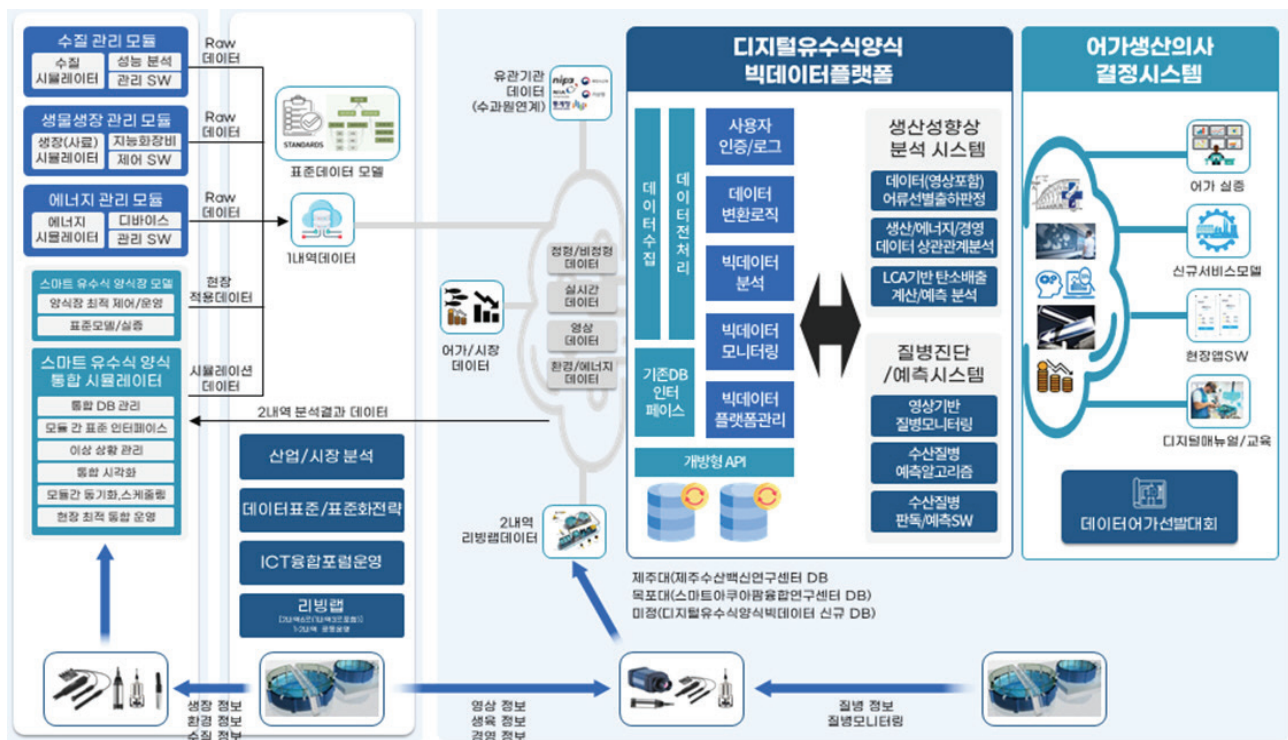
● Scoot Science 社: SeaState 프레임워크는 수온, 기상, DO, 염분 정보에 대한 측정된 결과와 앞으로의 예측치를 제공하는 솔루션으로 양식 환경의 잠재적인 위험을 줄일 수 있는 의사결정을 수행하는데 줄 수 있는 솔루션을 제공하고 있다. 또한, SIWI 프레임워크를 통하여 현재 운영 중인 양식장 내 폐사율, 수온, DO 및 사료공급량 등 양식 환경과 관련된 주요 요소를 점수화 하여 현재 운영 방식의 적합성에 대한 종합 점수를 제공해주며, 과거의 종합점수와 비교하여 현재 상황에서 어떤 요소들의 점수가 낮거나 혹은 높은지를 직관적으로 이해할 수 있는 수치로 제공한다. 이를 통해 어민들의 양식장 운영을 위한 의사 결정을 지원할 수 있도록 한다.

● Bioplan 社 : 생산계획에 따라 어체 종류, 수량 등을 입력 값으로하여 다양한 양식장 운영 관련 모델과 상

호작용 연동 작용을 통한 주요 생산 예측치 (전체 수확량, 폐사량, 물고기의 품질, 성장률) 제공한다. 또한, 이를 달성하기 위한 해당 일자별, 주차별 업무에 대한 생산 관리와 수조별상세현황에 대한 프로그램을 제공 하며 생산계획 대비 실제 운영에 따른 생산량 예측에 대한 정보도 그 래프로 제공하여 향후 출하 시점에 대한 의사결정 지원을 지원한다.

위와 같은 제공 서비스 현황을 고려할 때, 현재까지는 주로 양식장 환경 및 사료 공급에 따른 생산성을 기반으로 한 어가 의사 결정 지원을 위한 솔루션을 위주로 개발되어 왔다. 하지만, 수익성 관점에서는 생산 (예측)량 뿐만 아니라 시장 가격 및 사료 및 전력비와 같은 운영비 항목 등과 같은 대내외적 요소를 복합적으로 고려한 의사 결정의 지원이 이루어져야 한 것으로 판단된다. 특히, 국내 가장 큰 양식장 산업인 넙치 유수식 양식을 고려할 경우, 다음과 같은 항목의 독립적인 의사 결정 용 모델 개발 및 상호 연계를 통한 고도화된 통합 구조안 설계가 요구 될 것으로 보인다.

● 사료 및 어류 증체량 모델링을 통한 생산성 모형



〈그림 7〉 빅데이터 기반 어가생산의사결정 시스템 개념도



- 에너지 사용 및 양식 생산 경제성 모형
- 국내 생산 및 시장 수요를 기반으로 한 시장 가격 예측 모형
- 양식생산 비용 분석 모형
- 시장가격, 생산 비용 및 생산성 모형을 활용한 품종별 적정 출하 시점 결정 모형
- 시장 정보를 포함한 양식 관련 종합 정보를 활용한 생산 의사결정 모형

이처럼 어가 생산 의사결정 시스템 개발을 위해서는 경제성 관점에서의 다양한 모형 개발이 요구되며 이 중 일부는 어가별 특수성을 고려한 수질 관리, 생물 성장 관리 및 에너지 관리와 관련된 데이터 취득이 필수적이며, 국내의 수요 및 시장 가격, 전력 및 사료비용 과 같이 양식장 운영 외적 요소와 관련된 데이터 취득 역시 반드시 필요한 상황이다. 따라서 이러한 데이터를 통합적으로 취득하고 관리하기 위한 데이터 표준화 작업이 우선시되어야 하며 나아가 해당 지역 별로 다양하게 분포되어 있는 양식장 데이터 수집 및 관리 그리고 실시간 양식관리·운영을 위해 활용을 위한 의사결정 시스템에 접근 가능한 스마트 양식장 전용 빅데이터 플랫폼의 구축이 요구된다. 이러한 빅데이터 플랫폼을 기반으로 AI를 활용한 의사결정 시스템 모델을 구축한다면, 향후, 현장에서 발생할 수 있는 정보 부족 및 미래의 불확실성에 의한 양식장 경영 판단 오류를 감소시킬 것으로 예상된다.

빅데이터 플랫폼 구축 관점에서는 무엇보다도 다양한 데이터 특성들을 반영한 데이터 동기화가 필요하다. 즉, 각각의 모형이 결합 되어 최종 의사결정 시스템을 도출하기 위해서는 모형 단위의 결과물 혹은 산출 값이 동일한 주기로 정렬될 수 있어야 한다. 이는 AI 기반의 모형 도출 시 각 모델 들간의 결합이 기계적으로 연속성 있도록 동작할 수 있는데 기여한다. 이를 바탕으로 어가별 수집 데이터는 IoT 기반의 실시간 네트워크를 통한 빅데이터 기반의 정보 수집 가공 공급이 이루어져야 한다. 특히, 최근 5G의 상용화를 통하여 초 저지연성 통신 서비스 제공이 가능하게 됨으로써 이러한 빅데이터 수집 가능성이 보다 현실화 될 수 있게 되었다. 끝으로 이러한 어가, 공공 기관, 혹은 기업 소유의 다양한 형태의 공개 데이터를

수집하여 통합하고 효율적으로 관리 할 수 있는 빅 데이터베이스의 구축이 반드시 선행되어야 할 것으로 보인다.

IV. 결론

최근 스마트 양식 기술은 ICT 및 인공지능 기술과의 융합을 통해 빠른 속도로 발전해 왔다. 하지만 현재까지는 주로 양식장 모니터링 및 자동제어를 중심으로 한 기술이 주를 이루며, 유전체 분석-종자-사료-백신-기자재-운영관리 등 전체 기술이 연결된 일관성 있는 디지털 데이터가 구축되어 있지 않기 때문에 생산성 향상에 영향을 미치는 복합적 원인들에 대한 해결책을 모색하는데 어려움이 있다. 이러한 디지털 정보에 대한 부재한 상황에서 양식 기술 개발은 어가 현장에서의 생산 관리 등의 적용에 있어 다소 어려움이 있을 수 있다. 따라서, 지역 별 어가들의 전문성, 환경 등의 차별화된 특성이 반영된 정보와 양식 전주기 내 일관성 있는 데이터 확보를 위하여 양식 산업의 특화된 데이터 관련 표준화가 선행되고, 이러한 표준화된 데이터 수집을 통한 빅데이터 플랫폼 구축이 필요할 것으로 예상된다. 이러한 데이터를 바탕으로 최근 다양한 분야에서 혁신적인 성과를 나타내는 고도화된 AI 기술과의 결합을 기반으로 효율적인 양식 생산 및 관리 기술 개발을 체계적으로 추진한다면, 현업에서의 어류 생산성 및 재현 가능성에 대한 성능 향상을 바탕으로 한 활발한 기술 보급이 이루어질 것으로 예상된다.

감사의 글

이 논문은 2023년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20220579, 빅데이터 기반 양식 생산성 향상 기술)

참고 문헌

- [1] R. Subasinghe, D. Soto, J. Jia, "Global aquaculture and its role in sustainable development," *Reviews in Aquaculture*, Vol 1, No 1, pp. 2-9, 2009.
- [2] Q. Kong, R. Du, Q. Duan, Y. Zhang, Y. Chen, D. Li, C. Xu, W. Li, and C. Liu, "A recurrent network based on active learning

- for the assessment of fish feeding status,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 198, 2022
- [3] L. Du, Z. Lu, and D. Li, “Broodstock breeding behaviour recognition based on resnet50-lstm with cbam attention mechanism,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 202, 2022.
- [4] J.-C. Jang, Y.-R. Kim, S. Bak, S.-W. Jang, and J.-M. Kim, “Abnormal behaviour in rock bream (*Oplegnathus fasciatus*) detected using deep learning-based image analysis,” *Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 25, pp. 151–157, 2022
- [5] H. Wang, S. Zhang, S. Zhao, Q. Wang, D. Li, and R. Zhao, “Real-time detection and tracking of fish abnormal behavior based on improved yolov5 and siamrpn++,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 192, 2022
- [6] Y. Mei, B. Sun, D. Li, H. Yu, H. Qin, H. Liu, N. Yan, and Y. Chen, “Recent advances of target tracking applications in aquaculture with emphasis on fish,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 201, 2022
- [7] 신영학, 최정현, 최한석, “스마트 양식을 위한 딥러닝 기반 어류 검출 및 이동경로 추적”, 한국콘텐츠학회 논문지, Vol.21, No.1, pp. 552–560, 2021
- [8] 고준혁 · 오동협 · 이지원 · 임태호, “인공지능 기반어류 분류 및 무게 추정 시스템에 관한 연구”, 한국정보통신학회 추계 종합학술대회, 2022
- [9] E. Ryu, J. Sung, B. Song, K. Park, K. Kwon, J. Paik, S. Cho, “Contour Segmentation for Measuring Halibut Length using Image Processing and Deep Learning Techniques”, *ICONI*, 2022
- [10] J. Kim, E. Park, S. Cho, K. Kwon, Y. Ko, “Probabilistic Modeling of Fish Growth in Smart Aquaculture Systems,” *KSI Transactions on Internet and Information Systems* Vol. 17, No. 8, Aug. 2023
- [11] 손현승, 임한규, 최한석, “딥러닝 기술을 이용한 넙치의 질병 예측 연구”, *스마트미디어저널*, Vol. 11, No. 4, pp. 62–68, 2022
- [12] 이상연, 여옥현, 김준규, 조성균, “디지털트윈 기반 아쿠아팜 동향 및 발전 방향”, *ETRI 전자통신동향분석*, vol. 28, no. 3., 2023
- [13] B. Su, F. Bjørnson, A. Tsarau, P. Endresen, S. Ohrem, M. Føre, J. Fagertun, P. Klebert, E. Kelasidi, H. Bjelland, “Towards a holistic digital twin solution for real-time monitoring of aquaculture net cage systems,” *Marine Structures*, Vol. 91, Sept., 2023



조성윤

- 2006년 2월 연세대학교 전기전자공학과 학사
- 2008년 2월 연세대학교 전기전자공학과 석사
- 2013년 2월 연세대학교 전기전자공학과 박사
- 2013년 3월 ~ 2020년 8월 삼성전자 S.LSI 사업부 책임연구원
- 2020년 9월 ~ 현재 한국전자기술연구원 스마트네트워크연구센터 책임연구원
- 2022년 1월 ~ 현재 TTA PG426/WG4261 분과 위원

〈관심 분야〉

5G/6G 이동통신시스템, 적응적 신호처리, 딥러닝, 데이터 분석, 디지털 트윈, ICT 융합 및 AI 응용 기술



성 주 형

- 2015년 2월 고려대학교 컴퓨터통신공학부 학사
- 2019년 9월 한국과학연구원(KAIST) 전기및전자공학과 석사
- 2015년 3월 ~ 2017년 6월 대한민국육군 정보통신장교
- 2019년 8월 ~ 2021년 6월 삼성전자 네트워크사업부 연구원
- 2021년 7월 ~ 현재 한국전자기술연구원 스마트네트워크연구센터 선임연구원

〈관심 분야〉

무선통신, 시스템 최적화, 강화학습



권 기 원

- 1997년 2월 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
- 1999년 2월 광운대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2011년 2월 중앙대학교 전기전자공학부 박사
- 1999년 2월 ~ 현재 한국전자기술연구원 수석연구원
- 2017년 1월 ~ 현재 산업융합네트워크포럼 산업융합분과장
- 2018년 6월 ~ 현재 한국전자기술연구원 해양수산HCT 사업단 단장
- 2018년 7월 ~ 현재 KISTEP 기술 수준 자문단 위원
- 2019년 6월 ~ 2020년 6월 해양수산부 4차산업혁명위원회 자문위원
- 2022년 8월 ~ 현재 한국전자기술연구원 스마트네트워크연구센터 센터장

〈관심 분야〉

디지털트윈, 유무선디지털통신시스템, 해양수산HCT융합

EU AI 법과 적합성 평가

I. 서론

유럽연합(EU)은 인공지능(Artificial Intelligence, AI) 시스템의 사용에 따른 위험 수준을 4가지(수용불가 위험, 고위험, 제한된 위험, 최소 위험)로 분류하고, 이 분류에 따라 규제를 다르게 적용하는 인공지능 법(AI Act, 이하 AIA)의 공포를 준비하고 있다. AIA는 12개 편(TITLE), 85개 조(Article), 9개 부속서(ANNEX)로 구성되며, 법안 이름은 아래와 같다:

A Regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) and amending certain Union legislative acts.

이 법안의 이름에서 규정(regulation)이란 EU 입법 유형 중의 하나로 회원국의 국내 입법 절차 없이 공통으로 적용되는 법률을 의미하고, 조화규칙(harmonised rule)이란 회원국이 준수해야 할 최소한의 요구사항 또는 공통 표준을 만드는 방식으로, 그 구현은 조화표준(harmonised standards)에 근거함을 의미한다. 조화표준이란 유럽표준개발기구가 EU 조화법령에 따라 제정하는 표준으로 AI 조화표준은 JTC 21(Joint Technical Committee 21)에서 개발한 표준이나 ISO에서 개발한 표준을 검토하여 지정한다. AIA 이름에서 법의 구현은 AI 표준에 따른다는 의미를 내포하고 있다.

AIA는 고위험 AI 시스템의 시장 출시나 서비스 개시 이전에 EU 회원국이 지정한 인증기관(notified body)에서 적합성 평가와 인증을 의무화하고 있어 여러 파장을 예고하고 있다. 시장에 주는 직접적인 파장은 AIA 적합성 인증 없이는 EU 회원국에 AI 제품이나 서비스를 수출



정 호 원
고려대학교



권 중 원
한국산업기술시험원

할 수 없다는 것이다. 나아가 EU 규정들이 회원국을 넘어 전 세계에 영향을 미친다는 일명 “브뤼셀 효과”에 따라, AIA 역시 AI 시스템에 대한 적합성 평가와 인증과 관련하여 국제적으로 영향을 미칠 것이라 예견된다. 이와 관련하여 EU와 미국은 2022년 각자의 AI 제도를 존중하며 공동협력을 위한 합의서에 서명하고 AI 국제표준화와 프로세스 도구 개발을 시작으로 3개의 작업반을 구축하였다. 2023년 5월 일본 G7 회의에서 발족한 ‘히로시마 AI 프로세스’는 “안전하고 신뢰할 수 있는 AI를 촉진”을 목표로 지난 10월 말 기반모델과 생성형 AI 시스템의 개발과 사용을 가이드 하기 위한 11개 원칙을 발표하였고, EU는 AIA에서 이를 수용하겠다는 의사를 표명하였다.

글의 순서는 다음과 같다. 제 II장은 AIA 목적과 AI 시스템의 위험 분류를, 제 III장은 AIA 제정의 논리적 근거인 ‘일반원칙’과 AIA의 7개 법 조항(요구사항이라고 부름)을 소개한다. 제 IV장은 AIA 구현을 위한 기반이 되는 AI 표준인 생명주기 모델과 생명주기 프로세스를 설명한다. 제 V장은 AI 시스템 제공자와 적합성 평가원이 업무 현장에서 공통으로 편리하게 사용할 수 있게 개발되는 표준인 평가모델에 관해 설명한다. 제 VI장은 결론이다. 본 내용은 2023년 6월 15일 발표한 AIA 의회(안)을 근거로 작성된 “EU AI 법안 시행에 대비한 표준화 대응 방안 연구”(국가기술표준원, 2023년 10월 발행)을 중심으로 구성하였다. 따라서 참고문헌은 따로 작성하지 않았다.

II. AIA의 목적 및 위험의 분류

1. 용어 정의

AIA에서 사용되는 용어 중에 일반적인 의미와 다르게 사용되는 용어와 AIA에서만 사용되는 용어를 최소화하여 아래와 같이 소개한다 (번호는 의회(안)의 용어 정의 번호):

- (1) AI 시스템이란 다양한 수준의 자율성(autonomy)으로 작동하도록 설계되고 명시적 또는 암묵적 목표에 대해 예측(predictions), 권고(recommendations), 결정(decision)과 같은 출력을 생성할 수 있는 기계 기반 시스템;

(1a) 위험(risk)은 위해(harm)의 발생 가능성(probability of occurrence)과 심각성(severity)의 결합;

(2) 제공자(provider)란 AI 시스템을 개발하는 자연인 또는 법인, 공공기관, 에이전시 또는 그 밖의 기관으로서 AI 시스템을 시장에 내놓거나 자체의 이름 또는 상표로 서비스하기 위하여 개발된 AI 시스템을 보유한 기관;

(4) 사용자(deployer)는 그 권한에 따른 AI 시스템을 사용하는 자연인 또는 법인(legal person), 공공기관(public authority), 에이전시(agency) 또는 기타 단체(other body). 비전문가가 개인적인 활동에서 사용하는 경우는 제외, (AIA 의회(안)에서만 user를 deployer로 변경);

(19) 통보기관(notifying authority)은 적합성 평가기관의 평가, 지정 및 통지, 그리고 평가기관의 모니터링을 위해 필요한 절차를 설정하고 수행하는 국가 기관. 인정기관 기관으로도 번역되기도 함;

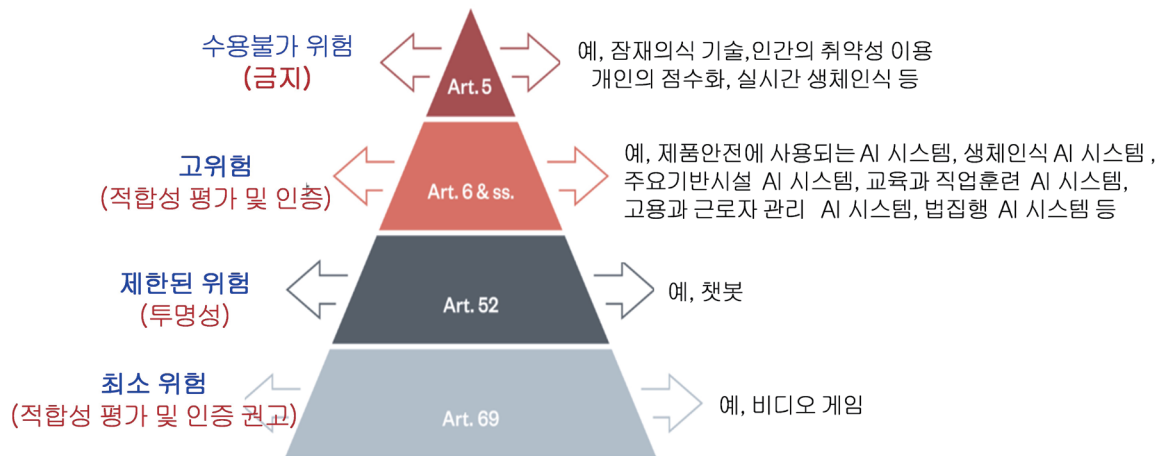
(22) 통보된 기관(notified body)은 AIA 및 기타 관련 EU 조화법에 따라 통보된 적합성 평가기관.

추가: assessment 한글 번역: 산업 분야 따라 “심사”나 “평가”로 번역하고 있으나, 본 기고에서는 “평가”로 번역.

2. 인용 표준 및 자료

본 내용은 국제표준을 사용하여 AIA 구현하는 내용으로 많이 인용되는 표준을 소개한다. 본문에서는 표준 번호를 주로 사용한다:

- ISO/IEC FDIS 5338:2023, AI 시스템 생명주기 프로세스
- ISO/IEC 12207:2017, 소프트웨어 생명주기 프로세스
- ISO/IEC 15288:2023, 시스템 생명주기 프로세스
- ISO/IEC 23053:2022, 기계학습을 사용하는 AI 시스템의 프레임워크
- ISO/IEC 22989:2022, AI 개념 및 용어
- ISO/IEC 33060:2000, 시스템 생명주기 프로세스의 평가모델



〈그림 1〉 AI 시스템의 사용에 따른 위험 분류

- ISO/IEC 33061:2021, 소프트웨어 생명주기 프로세스의 평가모델

3. AIA의 목적

고위험 AI 시스템의 적합성 평가와 인증의 필요성과 관련하여, 이 법이 추구하는 목적을 아래와 같이 설명하고 있다(제1조):

- 1) 인간 중심적이고 ‘신뢰할 수 있는 AI (trustworthy AI)’의 채택을 촉진하고;
- 2) 혁신을 지원하는 동시에 EU에서 AI 시스템의 위해(harm) 영향으로부터 건강, 안전, 기본권, 민주주의와 법치, 환경을 높은 수준으로 보호하고;
- 3) 이를 위해 AI 시스템을 위험에 따라 분류하고, 위험 분류에 대하여 각 규제를 다르게 설정.

4. 위험에 따른 AI 시스템의 분류

AIA에서는 AI 시스템을 〈그림 1〉과 같이 위험에 따라 4개의 범주로 분류하고 있다:

- **수용불가 위험 AI (제5조):** 인간의 취약성을 이용하는 금지된 AI 행위(practices)로 의도적으로 기만적인 기술을 사용하여 사람들의 행동을 왜곡하거나 의사결정 능력을 훼손하는 AI 시스템의 활용 금지한다. 특정 인물이나 그룹의 취약성을 악용하여 행동을 왜곡하거나 피해를 주는 AI 시스템 사용 또한 금지하고 있다. 이 조항은 또한 생체인식 시스템, 사회

적 평가, 얼굴 인식 데이터베이스 생성, 감정 추론, 그리고 공공 공간에서의 실시간 생체인식 시스템 사용 등을 위한 AI 시스템 금하고 있다. 〈표 1〉은 AIA 제5조인 금지된 AI 행위 요약이다.

- **고위험 AI 시스템 (제6조):** 〈표 2〉 상단에서 설명하는 부속서 II(EU 조화법률 목록)에 규정된 제품 안전과 관련된 AI 시스템은 고위험 시스템이다. 또한, 부속서 III(고위험 AI 시스템)에 속하는 〈표 2〉 하단의 기본권 침해 위험이 있는 8개 리스트의 AI 시스템은 고위험으로 분류한다. 부속서 III에 열거된 내용은 기술발전 등의 사유로 필요에 따라 EU 집행위원회가 시행령으로 변경할 수 있다.
- **제한된 위험의 AI 시스템 (제52조):** 투명성이 요구되는(〈그림 1 참조〉) AI 시스템에 대한 분류이다. 예를 들어 챗봇의 경우 인간과 로봇의 질의응답을 처리하는 과정에서 사람이 아닌 시스템과 이야기하고 있다는 것을 알 수 있어야 한다. 또한, 매체에 출연하는 인간 형상의 AI 시스템은 사람이 아니라는 것을 나타내야 한다.
- **최소 위험 AI 시스템 (제69조):** 적합성 평가 및 인증을 강제하고 있지 않지만, 자율적으로 적합성 평가와 인증을 획득하도록 권고하고 있다.

5. AI 시스템의 적합성 평가 및 인증의 종류

고위험 AI 시스템에 대한 적합성 평가의 종류는 〈그림

〈표 1〉 금지된 AI 행위 (제5조 요약)

금지된 AI 행위 제5조 (인간 취약성과 관련된 AI)	1(a)	개인의 의식을 넘어서는 잠재적 기술 또는 의도적으로 조작하거나 기만적인 기술을 사용하는 AI 시스템, 따라서 사람이 원래 의도하지 않은 의사결정을 함;
	1(b)	인간의 특성, 사회 경제적 상황, 나이나 육체적/정신적 취약성을 이용하는 AI;
	1(ba)	민감하거나 보호된 속성 또는 특성에 따라 또는 그러한 속성 또는 특성의 추론에 기초하여 자연인을 분류하는 생체 인식 분류 시스템;
	1(c)	개인의 특성이나 행동을 기반으로 개인을 점수화 하여 집단 전체를 유해하거나 불리하게 또는 부적절하게 대우;
	1(d)	공개적으로 접근할 수 있는 공간에서 '실시간' 원격 생체 인식 시스템의 사용;
	1(da)	자연인의 프로파일링, 인격적 특성, 또는 과거 범죄행위에 기초해 범죄나 재범 발생 또는 재발을 예측;
	1((db))	인터넷 또는 CCTV 영상에서 얼굴 이미지를 비표적 스크래핑하여 얼굴 인식 데이터베이스를 생성하거나 확장하는 행위;
	1(dc)	법 집행, 국경 관리, 직장 및 교육 기관에서 자연인의 감정을 유추하는 행위;
	1(dd)	'포스트' 원격 생체인식 시스템을 통해 공개적으로 접근할 수 있는 공간의 녹화 영상 분석 (사법적인 허가를 받은 법집행 예외).

참고: 제5조의 항의 번호가 (ba)와 같이 영문 2자 이상이면 의회(안)에서 추가된 조항.

2)와 같이 나타낼 수 있다.

- 제6조 제1항(〈표 2〉 상단)에 해당하는 안전 관련 제품에 포함된 AI 시스템은 고위험으로 분류하고 기존 의 안전 법규에 따라 인증을 취득한 기관에서 AIA

적합성 평가를 받을 수 있다. (〈그림 2〉의 맨 왼쪽).

- 제6조 제1a항(〈표 2〉 하단)에 속하는, 즉 부속서 III에 나열된 8개 리스트에 해당하는 고위험 AI 시스템은 개발에서

〈표 2〉 고위험 AI 시스템 (제품 안전과 기본권 침해)

고위험 AI 시스템 제6(1)조 부속서 II (제품 안전)	부속서 II (제품 안전)에 나열된 EU 조화법이 적용되는 (a) 제품에 AI 시스템이 안전 구성 요소이거나 제품 자체인 경우, (b) 건강이나 안전과 관련된 제 3자 적합성 평가가 필요한 AI 시스템을 포함하는 제품.	예: 기계류, 장난감, 승강기, 폭발 가능성이 있는 환경에서 사용하기 위한 장비 및 보호 시스템, 무선 장비, 압력 장비, 레크리에이션용 선박 장비, 케이블웨이 설치, 연소 기기 기체 연료, 의료 기기 및 제외 진단 의료 기기.
고위험 AI 시스템 제6(1a)조 부속서 III (기본권 침해)	1. 생체 인식 및 생체 인식 기반 시스템	(a) 자연인의 생체 인식에 '사용하려는 AI 시스템 (단, 제 5조 내용을 제외); (aa) 감정 인식 시스템을 포함해 생체 인식 또는 생체 인식 기반 데이터를 기반으로 자연인의 개인 특성에 대한 추론을 위해 사용되는 AI 시스템 (단, 제 5조 내용을 제외);
	2. 주요인프라시설의 관리 및 운용	(a) 도로, 철도 및 항공 교통의 관리 및 운용에서 안전 요소로 사용하기 위한 AI 시스템 (단 조화 또는 부문별 법률에서 규제되지 않는 것에 한함); (aa) 수도, 가스, 난방, 전기 및 주요 디지털 인프라의 관리 및 운용에서 안전 요소로 사용하기 위한 AI 시스템.
	3. 교육 및 직업훈련	(a) 입학관련 결정에 접근이나 실질적인 영향력을 결정하거나 교육 및 직업 훈련 기관에 사람을 배정 목적으로 사용하는 AI 시스템; (b) 교육 기관 및 직업훈련기관에서 학생평가 그리고 이러한 기관에 입학을 위한 공통 요구사항인 시험 참가자 평가에 사용하고자 하는 AI 시스템; (ba) 개인에게 적합한 교육 수준을 평가하고 개인이 받을 수 있거나 접근할 수 있는 교육 및 직업 훈련 수준에 실질적으로 영향을 미치는 AI 시스템; (bb) 교육 및 직업 훈련 기관의 맥락/내에서 시험, 중, 학생의 금지 행동을 모니터링하고 탐지하기 위한 AI 시스템.
	4. 고용, 근로자 관리 및 자영업에 대한 접근	(a) 자연인 채용이나 선발, 특히 표적 구인광고 게재, 지원서 선별 또는 필터링, 면접 또는 시험 과정에서 지원자 평가 등에 사용하기 위한 AI 시스템; (b) {(i) 업무 관련 계약 관계의 시작, 추진 및 종료 또는 (ii) 개인의 행동이나 개인적 특성 또는 특성에 따라 직업을 할당에 대한} 결정을 내리거나 실질적인 영향을 미치는 AI 시스템, 또한 그러한 관계에 있는 사람의 성과와 행동을 모니터링하고 평가하는 데 사용되는 AI 시스템.
	5. 필수적인 민간 서비스와 공공 서비스, 혜택의 접근 및 할당	(a) 공공 지원 대상자의 적격성 평가, 지원, 축소, 취소 등을 위해 이용되는 AI 시스템; (b) 신용도 평가나 신용점수를 산정하는데 이용되는 AI 시스템, (금융 사기 탐지 목적으로 사용되는 AI 시스템 제외, 소규모 제공업체가 자체적으로 사용하기 위해 서비스를 제공하는 AI 시스템은 제외); (ba) 건강 및 생명보험 가입 자격에 대한 의사결정에 사용하기 위한 AI 시스템; (c) 소방 및 의료 등 응급서비스의 출동이나 우선순위를 정하는데 사용하는 AI 시스템.
	6. 법 집행	(b) 법 집행 기관, EU 기관, 또는 거짓말탐지기와 그 유사한 도구로 법집행기관을 지원하는 기관이 사용하고자 하는 AI 시스템; 범죄 수사 또는 기소 과정에서 증거의 신뢰성을 평가하기 위해 법 집행 기관이 사용하기 위한 AI 시스템; 자연인의 프로파일링을 기반으로 실제 또는 잠재적 범죄의 발생 또는 재발을 예측하기 위해 법 집행 기관이 사용하기 위한 AI 시스템 또는 자연인 또는 집단의 성격 특성 및 특성 또는 과거 범죄 행위를 평가하기 위한 AI 시스템; 범죄를 탐지, 조사 또는 기소하는 과정에서 자연인을 프로파일링 하기 위해 법 집행 기관이 사용하기 위한 AI 시스템.
	7. 이주, 망명, 국경통제관리	(a) 관할 공공기관이 법에서 허용되는 거짓말탐지기 및 이와 유사한 도구; (b) 회원국 자국에 입국하려고 하거나 입국한 자연인이 제기하는 보안 위험, 불규칙한 이주 위험 또는 건강 위험을 포함하여 위험을 평가하기 위해 권한 있는 공공 기관이 사용하기 위한 AI 시스템; (c) 여행 서류와 그 관련 지원 문서의 진위 확인 및 보안 기능을 확인하여 신뢰할 수 없는 문서 감지; (d) 망명, 비자 및 거주 허가 신청과 관련된 증거의 진실성에 대한 조사 및 평가, 그리고 자위를 신청하는 자연인의 적격성에 관한 불만 제기; (da) 이민, 망명 및 국경 통제 관리에 있는 기관이 자연인을 감시, 인식 또는 식별할 목적으로 국경 관리 활동의 맥락에서 데이터를 모니터링, 감시 또는 처리; (db) 이주 이동 및 국경 통과와 관련된 주체 예측 또는 예측을 위한 이주, 망명 및 국경 관리.
	8. 사법행정 및 민주적 절차	(a) 사법당국이 사실과 관련 법률을 연구·해석하고 구체적인 사실이나 ADDR에 법률을 적용하는 데 도움을 주기 위한 AI 시스템; (aa) 선거 또는 국민투표의 결과 또는 투표를 행사하는 자연인의 투표 행동에 영향을 미치는 행위; (ab) 플랫폼에서 이용 가능한 서비스 사용자 생성 콘텐츠의 수신자에게 추천하기 위한 추천 시스템에서 초대형 온라인 플랫폼으로 지정된 소셜 미디어 플랫폼에서 사용하기 위한 AI 시스템.

- (i) 조화표준을 완전히 준수했으면 내부통제를 근간으로 하는 부속서 VI(내부통제 기반의 적합성 평가절차)에 따른 AI 적합성 평가 (<그림 2>의 중간), 또는
- (ii) 조화표준을 준수하지 못했다면 부속서 VII(품질경영시스템 심사와 기술문서 평가에 기초한 적합성)에 따른 인증기관이 관여된 적합성 평가(<그림 2>의 오른쪽).

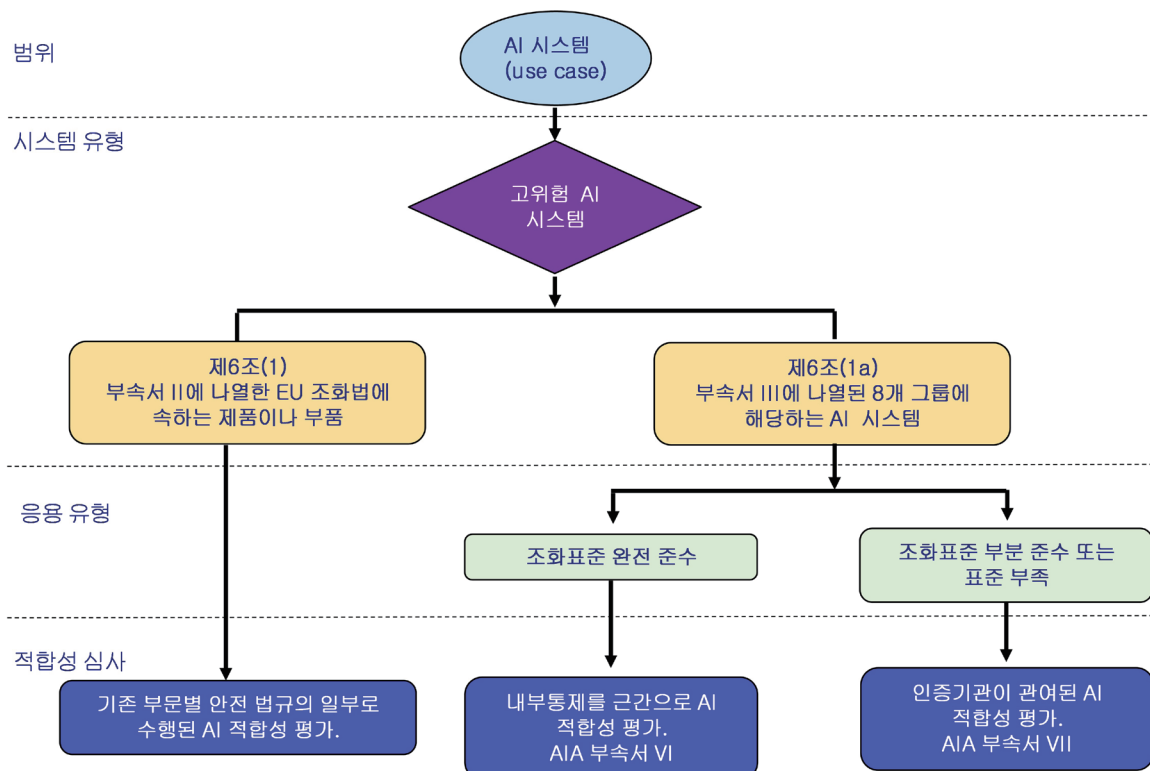
III. AIA 일반원칙 및 요구사항

1. AIA의 일반원칙

AIA의 제1조인 법의 목적에서 ‘신뢰할 수 있는 AI(trustworthy AI)’는 눈에 안 보이는 인간이 만든 개념으로 다음과 같은 3개의 하위 개념을 사용하여 정의하고 있다: (i) 합법적인 (lawful) AI, (ii) 강건한 (robust) AI, (iii) 윤리적인 (ethical) AI. AIA는 이를 실현하기 위하여 “일반원칙”(제4a조)에 따라 AI 시스템과 기반 모델

(foundation model)을 개발하고 사용하기 위해 최선의 노력을 해야 할 것을 규정하고 있다;

- (a) **인간의 주체성 및 감독:** AI 시스템이 인간에게 봉사하고 인간의 존엄성과 개인의 자율성을 존중하며, 인간이 적절하게 통제하고 감독할 수 있는 방식으로 작동하는 도구로 개발되어 사용;
- (b) **기술적 강건성 및 안전성:** 의도나 예기치 않은 피해를 최소화하고, 의도하지 않은 문제가 발생한 때도 강건하며, 제삼자의 악의적이고 불법적인 행동에 탄력적으로 대처할 수 있는 능력;
- (c) **프라이버시 및 데이터 거버넌스:** 기존 프라이버시 및 데이터 보호 규정을 준수하면서 품질 및 무결성 측면에서 높은 기준에 부합하는 데이터 처리;
- (d) **투명성:** 인간이 AI 시스템과 의사소통하거나 상호 작용한다는 것을 인식하게 하고, 또한 사용자에게 AI 시스템의 능력과 한계 및 권리에 대해 알려줌;
- (e) **다양성, 비차별 및 공정성:** EU 또는 국내법에서 금지하는 차별적 영향과 불공정한 편견을 피하며, 다



<그림 2> 고위험 AI 시스템에 대한 적합성 평가 종류

양한 행위자(actor)를 포함하고 동등한 접근, 성 평 등 및 문화적 다양성을 증진;

- (f) **사회적 및 환경적 웰빙**: 지속할 수 있고 환경친화적인 방식으로 모든 인류에게 혜택을 주는 동시에 개인, 사회 및 민주주의에 미치는 장기적인 영향을 감시하고 평가.

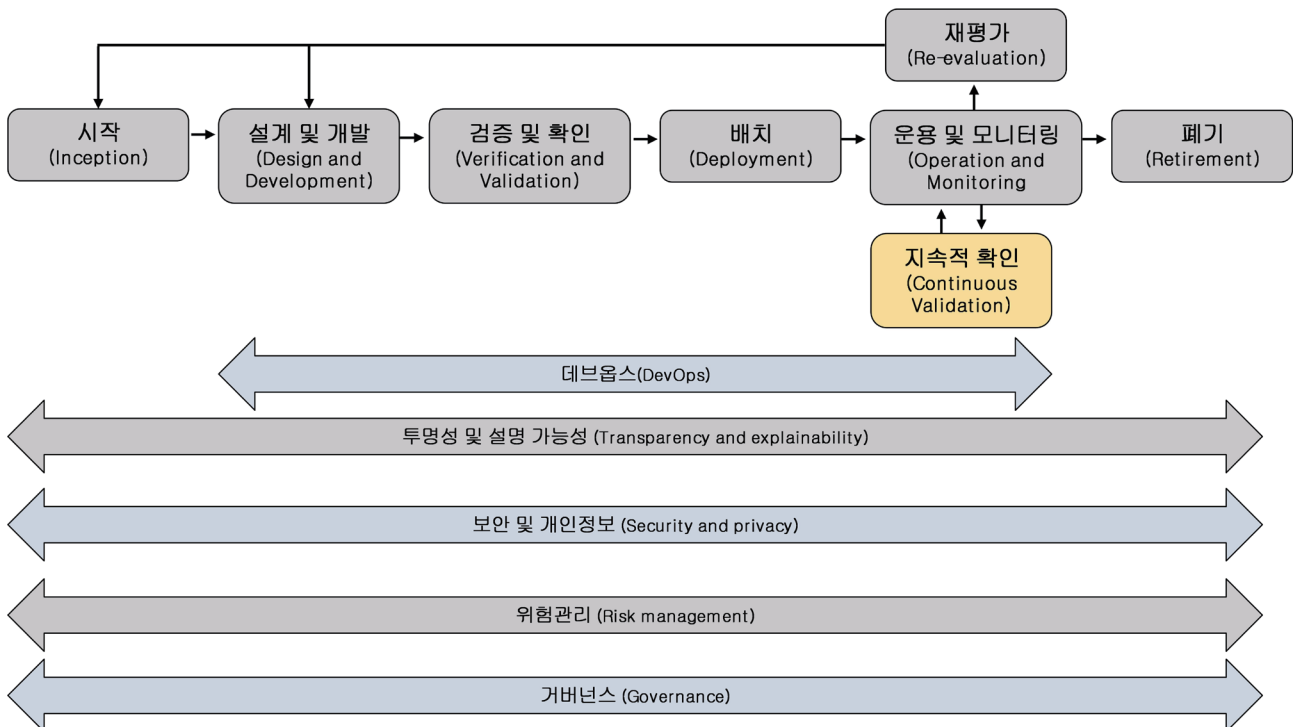
2. AIA 요구사항

신뢰할 수 있는 AI 시스템의 개발과 사용을 위한 이 일반원칙을 법 조항으로 구체화한 것을 AIA 요구사항이라고 할 수 있으며, AIA에서는 제9조부터 제15조까지 해당 내용에 관하여 규정하고 있다. AIA의 적합성 평가 및 인증은 AI 시스템 개발과 사용에서 기본적으로 이 7가지 법 조항의 준수를 의미한다. 이 7개의 법 조항은:

- **위험관리 시스템 (제9조)**: 고위험 AI 시스템의 위험을 줄이기 위해, 제9조 - 제15조의 요구사항을 준수해도 모든 위험을 허용 가능한 수준으로 줄이는데 충분하지 않고 일부 위험은 남아 있을 것으로 가정한다. 제9조의 역할은 제공자가 그러한 위험을 식

별하고 허용 가능한 수준으로 줄이기 위한 추가 조치를 하도록 하는 것이다.

- **데이터 및 데이터 거버넌스 (제10조)**: 고위험 AI 시스템은 품질기준을 충족하는 훈련, 검증 및 시험 데이터 세트를 기반으로 개발되어야 하며, 이 데이터 세트는 사용 맥락에 적합한 데이터 거버넌스의 적용을 받아야 한다. 또한, 고위험 AI 시스템과 관련된 부정적 편향 탐지와 수정하기 위해 개인정보가 필요할 때 예외적으로 처리할 수 있는 관련 법률과 준수요건을 규정하고 있다.
- **기술문서 (제11조)**: 기술문서는 고위험 AI 시스템이 AIA 7개 요구사항을 준수를 평가하는 데 필요한 모든 정보를 포함해야 한다. 부속서 IV 제2항은 개발 프로세스에 대한 설명을 요구하고 있다.
- **기록유지 (제12조)**: 고위험 AI 시스템은 운용에서 이벤트(로그)를 자동 기록을 할 수 있는 기능을 갖도록 설계와 개발을 요구하고 있다. 추적성 보장을 위해 이 기능은 시스템 판매 후에 시장 모니터링을 쉽게 해야 한다.



〈그림 3〉 AI 시스템 생명주기 (ISO/IEC 22989)

- **투명성 및 정보제공 (제13조):** 이해당사자는 AI 시스템에 대한 기능, 목적, 정확성, 안전성 그리고 데이터 사용 방법에 대한 충분한 정보를 받고 또한 사용자는 AI 시스템을 사용하고 있는지를 항상 알 수 있어야 한다. 사용자는 AI의 결정에 관해 설명을 들을 수 있어야 한다.
- **인간의 감독(제14조):** AI 시스템의 안전성을 보장하고, 인간의 책임과 권한을 강조하는 조항으로 고위험 AI 시스템의 인간 감독이 필요하며, 시스템의 결정을 검토하고 재정의할 수 있어야 한다. 인간 감독자는 AI의 작동을 중단하거나 수정할 권한이 있다.
- **정확성, 강건성 및 사이버보안 (제15조):** AI 시스템의 정확성에 문제가 있으면 다른 모든 특성이 의미가 없다. 강건성은 신뢰할 수 있는 AI 시스템을 구성하는 3개의 차원 중에 하나로 시스템이 예기치 못한 입력이나 변경사항에 대해서도 안정적으로 작동하는 능력을 의미한다. 사이버보안은 강건성의 핵심 측면 중 하나로써, 이는 공격으로부터 AI 시스템을 보호하는 것과 그러한 공격으로부터 복구할 수 있는 능력이다.

IV. AI 생명주기 모델 및 프로세스

1. AI 생명주기 모델

AI 생명주기 모델이란 AI 시스템의 개발 단계를, 예를 들면 시작, 설계, 개발, ..., 폐기 등으로 나누어 정의한 것으로 단계의 개수나 개발 방식에 따라 여러 개의 생명주기 모델이 존재할 수 있다. 소프트웨어의 경우에는 폭포수 모델, 애자일 모델, 나선형 모델 등의 생명주기 모델이 있다. ISO/IEC 22989(AI 개념 및 용어)에서는 어떤 프로세스가 어떤 단계에서 수행되어야 하는지에 대한 이해에 도움을 주고, 개발자에게 프로세스 순서와 이해관계자 간의 상호 소통을 원활히 하기 위해 AI 생명주기 모델을 <그림 3>과 같이 예시하고 있다. ISO/IEC JTC 1/SC 42 AI 표준화 위원회에서 개발하는 AI 표준은 필요에 따라 이 생명주기 모델을 공통으로 이용하고 있다. <그림 3>의 아래편의 거버넌스, 위험관리 등의 긴 화살표는 해

당 프로세스가 생명주기 모델의 모든 단계에서 수행된다는 의미를 표현한다.

2. AI 생명주기 프로세스

<그림 3>의 AI 시스템 생명주기 각 단계에서는 기본적으로 필요한 활동이나 업무를 AI 시스템 생명주기 프로세스라고 부르며 ISO/IEC 5338 표준에서 정의하고 있다. ISO 표준개발에는 프로세스가 필요하면 대부분 ISO/IEC 12207(소프트웨어 생명주기 프로세스)과 ISO/IEC 15288 (시스템 생명주기 프로세스) 표준에서 정의한 30개 프로세스 전체나 일부를 인용하여 사용한다. AI 생명주기 프로세스 표준인 ISO/IEC 5338 역시 이 두 표준에서 정의된 30개 프로세스를 기반으로 개발되고 있다: 즉, (i) 7개의 프로세스는 변경 없이 그대로 수용하고, (ii) 23개의 프로세스는 AI 관련 내용을 추가했으며, (iii) AI에만 관련된 3개의 프로세스를 추가로 정의하고 있다.

<그림 4>는 ISO/IEC 5338 표준의 33개 프로세스 중에 본원적(primary) 프로세스 17개와 품질보증 프로세스를 AI 생명주기 모델인 <그림 3>에 매핑 한 것이다. <그림 4>는 AI 개발 프로세스에 대한 분명한 맵을 보여주며, AIA 제11조(개발문서)에서 요구하는 개발 프로세스에 대한 문서화의 대응 자료가 될 수 있다. AI 생명주기 모델이나 생명주기 프로세스는 프로젝트의 특성과 크기 등에 따라 수정 가감하여 사용할 수 있다.

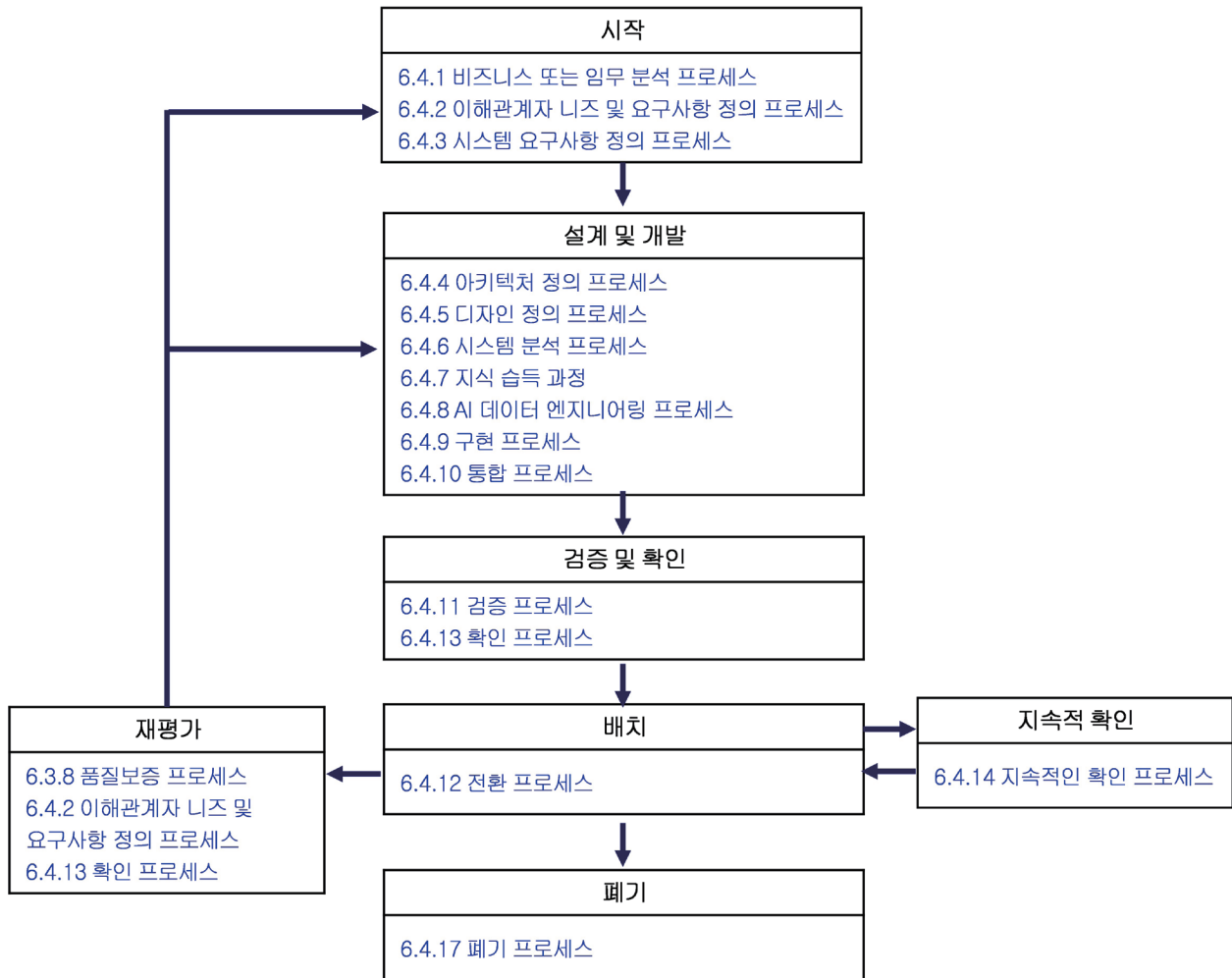
V. AI 생명주기 프로세스에 AIA 적용

1. AI 생명주기 프로세스에 AIA 적용

ISO/IEC 5338에 규정된 AI 관련 사항은 제9조부터 제15조와 관련된 내용이 일부 존재하나, 충분히 규정되어 있지 않다. 따라서, AI 생명주기 프로세스에 AIA를 적용한다는 것은 AIA 요구사항인 제9조부터 제15조까지를 ISO/IEC 5338에서 정의된 프로세스에 추가하는 것이다.

2. AIA를 위한 평가모델의 종류

AIA 요구사항은 조화규칙으로 AI 시스템 개발에서 조화표준을 사용하여 구현하여야 한다. 조화표준이 있다고



〈그림 4〉 ISO/IEC 22989의 AI 시스템 생명주기 모델에서 ISO/IEC 5338 본원적 프로세스

해도, (i) 표준 작성 스타일과 내용의 추상화 수준이 높아 개발자가 여러 종류의 표준을 읽고 이해하여 적용하기 어렵고, (ii) 개발자 간의 이해도 차이가 있어 일관성 있는 AI 시스템 구현이 어렵고, (iii) AIA 적합성 평가에서 개발자와 평가자 간에 표준의 공통 이해를 구하기 쉽지 않다. 이는 중소기업에는 더 어려운 문제이다.

이러한 문제를 완화하고자 개발되는 표준이 프로세스 참조모델(Process Reference Model: PRM) 기반의 프로세스 평가모델(Process Assessment Model: PAM)이다. 참조모델은 프로세스의 목적과 성과 목표만을 정의하며, 평가모델은 참조모델의 성과 목표를 달성하기 위해 따라 하면 성공적이라고 알려진 활동¹⁾과 그 결과로 나오는 산출물을 정의한 “모범답안” 표준이다. 국내외에서 많이 사

용되는 ISO/IEC 33061 평가모델은 ISO/IEC 12207을 기초로 개발되었고, ISO/IEC 33060 평가모델은 ISO/IEC 15288을 기반으로 개발되었다. 참조모델인 ISO/IEC 12207, ISO/IEC 15288, ISO/IEC 5338 표준은 30개의 프로세스가 있으며, 프로세스 이름과 항목번호가 동일하게 표준화되었다(ISO/IEC 5338은 AI 관련 3개 프로세스를 추가).

개발자는 평가모델에 따라 개발하고, 평가원은 같은 평가모델에 따라 적합성 평가를 수행함으로써 이견의 폭을 줄여 적합성 평가의 신뢰성을 향상시키고, 평가에 드는 비

1) 표준에 따라 generic practices, specific practices, best practices, activities라 부름.

용을 줄일 수 있다. AIA를 AI 시스템 개발에 적용하는 데 필요한 평가모델은 3개의 범주로 나눌 수 있다.

가. 범주 1: AI 생명주기 프로세스의 평가모델 개발

AI 시스템 평가와 관련해 사용할 수 있는 AI 생명주기 평가모델은 참조모델이라고 할 수 있는 ISO/IEC 5338을 변환해 개발할 수 있다. ISO/IEC 5338은 제 IV장에서 설명한 대로 PRM인 ISO/IEC 12207과 ISO/IEC 15288 표준에 기초한 참조모델이다. 따라서, AI 생명주기 평가모델 개발은 평가모델인 ISO/IEC 33060과 ISO/IEC 33061 표준에서 많은 부분을 그대로 가져올 수 있을 것이다. ISO/IEC 23053은 기계학습을 위한 모델도 생명주기 프로세스를 개발하여 평가모델로 변환하면 AI 생명주기 프로세스의 평가모델에 추가될 수 있다. AIA 명주기 평가모델은 기반하는 참조모델의 종류에 따라 여러 종류가 존재할 수 있다.

나. 범주 2: AIA 요구사항 평가모델 개발 (10개)

AIA 요구사항은 아래와 같이 각 평가모델로 개발될 수 있다. 특히 제15조의 정확성, 강건성, 사이버보안은 각각의 평가모델로 개발될 수 있다. 따라서 AIA 요구사항 관련된 평가모델은 10개이다.

- 제9조 위험관리 시스템의 평가모델;
- 제10조 데이터 및 데이터 거버넌스 평가모델;
- 제11조 기술문서 평가모델;

- 제12조 기록유지 평가모델;
- 제13조 투명성과 정보제공 평가모델;
- 제14조 인간의 감독 평가모델;
- 제15조 정확성 평가모델;
- 제15조 강건성 및 안전성 평가모델;
- 제15조 사이버보안 평가모델.

다. 범주 3: AI 시스템의 신뢰성 특성 평가모델 (변동)

AI 시스템의 신뢰성 특성(trustworthiness characteristics)의 평가모델은 AIA에 독립된 법 조항은 아니지만, 신뢰할 수 있는 AI 시스템에 필수적인 특성은 평가모델로 개발해야 할 것이다. 개발해야 하는 AI 시스템의 신뢰성 특성은 적용 분야나 규모 등 사용 맥락에 따라 달라질 것이다.

- ‘다양성, 비차별 및 공정성’ 평가모델;
- AI 윤리 평가모델;
- 인간의 주체성과 자율성 평가모델;
- 사회 및 환경 복지 평가모델.

〈표 3〉은 AI 시스템 설계에서 AI 윤리를 다루는 ISO/IEC/IEEE 24748-7000 표준(시스템 설계 시 윤리적 문제를 해결하기 위한 표준 모델 프로세스)에서 윤리 관련 활동이 ISO/IEC 5338의 어떤 프로세스에 포함되어 구현될 수 있는지를 보여주고 있다. 예를 들면 〈표 3〉에서 ‘윤리 요구사항’은 ISO/IEC 5338의 6.4.2와 6.4.3 프로세스를 구현할 때 같이 구현되어야 한다는 것을 쉽게 이

〈표 3〉 ISO/IEC 5338에서 IEEE Std 7000 윤리 베스트 프랙티스 수용

IEEE Std 24748-7000 조항	ISO/IEC 5338 조항 ISO/IEC/IEEE 12207:2017 조항 ISO/IEC/IEEE 15288:2015 조항
7. 운영 개념(ConOps) 및 운용 환경 탐색 프로세스	6.4.1 비즈니스 또는 임무 분석
8. 윤리적 가치 도출 및 우선순위 지정 프로세스	6.4.1 비즈니스 또는 임무 분석 6.4.2 관련자 요구 및 요구사항 정의
9. 윤리 요구사항 정의 프로세스	6.4.2 관련자 요구 및 요구사항 정의 6.4.3 시스템 요구사항 정의
10. 윤리의 위험기반 설계 프로세스	6.4.4 아키텍처 정의 6.4.5 디자인 정의
11. 투명성 경영 프로세스	6.3.6 정보 관리

참고: ISO/IEC 5338, 12207, 15288은 같은 clause 번호 사용



해할 수 있다. ISO/IEC 12791에서 정의된 편향 관련 활동도 ISO/IEC 5338 프로세스와 매핑 테이블을 제공하고 있다.

3. AIA 통합 평가모델

한 조직에서 AIA 적합성 평가를 위한 평가모델은 AI 생명주기 프로세스 평가모델에 AIA를 위한 평가모델을 추가하는 것이다. AI 시스템 평가를 위한 세 범주의 평가모델을 모은 것을 ‘AIA 통합 평가모델’ 하면, 다음과 같이 표현할 수 있다:

AIA 통합 평가모델 =
ISO/IEC 5338 평가모델 +
AIA 요구사항 10개 평가모델 +
신뢰성 특성의 평가모델.

AIA 통합 평가모델을 살펴보면:

- 한 번에 AIA 통합 평가모델을 개발하기 어렵다. AIA 각 요구사항 관련 조화표준의 개발 수준은 매우 다르다. 예를 들면 제15조의 정확성에 관한 표준에 비교하면 제12조인 기록유지 표준은 매우 부족한 실정이다.
- AI 시스템의 프로젝트 특성에 따라 신뢰성 특징이 다르므로 평가모델 개발에 우선순위가 있을 수 있다.
- AIA 적합성 평가를 위한 평가모델의 기준이 되는 ISO/IEC 5338의 평가모델 개발이 우선순위로 추진되어야 할 것이다.
- 중소기업에 위한 비교적 단순화된 그러나 AIA 목적 달성에 충분한 AIA 통합 평가모델 개발이 요구된다.

4. 평가수행 방법의 표준화

EU는 아직 평가자가 AIA 평가를 수행하는 방법에 관한 법이나 표준에 대한 발표가 없고, 또한 ISO에서 AI 표준화를 전담하는 SC 42에서도 평가 수행방법에 대한 표준화 계획을 하고 있지 않다. 당분간은 소프트웨어 프로세스 평가수행 표준인 ISO/IEC 33002(프로세스 평가 수행을 위한 요구사항)를 사용하여 AIA 적합성 평가를 수

행할 수 있을 것이다. 우리나라에서도 “전기전자제품 인공지능(AI) 윤리 가이드라인”에 따른 프로세스 평가 수행 방법은 ISO/IEC 33002를 따를 것이라고 발표하였다.

VI. 결론

EU는 AIA를 2023년 말에 공포할 계획이라고 공식 발표하고 있다 (그러나, 2024년 중반 예상). 이 계획대로면 AIA는 2~3년간의 유예기간을 거쳐 2025년 말이나 2026년 말부터 시행될 것이다(EU 집행위원회와 의회안은 2년의 유예기간, 이사회안은 3년). 이와 관련된 이슈는 유예기간 동안 적합성 평가와 인증을 취득하기에는 시간상으로 매우 급하고 비용이 많이 들어간다는 것이다. EU 회원국들도 AIA 적합성 평가 준비에 필요한 시간과 비용에 대한 압박을 호소하고 있다.

AIA 내용이 비록 불합리하고 불완전한 측면이 있고, EU 시장 보호적인 요인이 있다는 견해도 존재하지만, 현재 우리가 과제는 어떻게 이러한 국제 환경 변화를 극복하느냐 하는 점이다. AI 적합성 평가 및 인증에 대한 제도는 EU가 만들었지만 우리는 유럽을 뛰어넘는 AI 기술과 표준화를 통해 AIA를 우리나라 산업의 경쟁력을 키우고, 자산으로 만들 수 있어야 한다. 우리나라 대기업은 AIA라는 새로운 경쟁 환경에 잘 적응할 것으로 여겨지나, 실제 AI 시스템 개발이나 서비스를 제공하는 기업의 90% 이상이 20명 미만의 소기업들이고, 이러한 소기업들은 자력으로는 AIA에 대응하기 어려운 실정이다. 따라서 이들을 어떻게 지원하느냐가 주요한 과제이며, 그 과제 중의 하나가 단순화된 ‘AIA 통합 평가모델’의 제공이 될 수 있을 것이다.



정호원

- 1979년 2월 고려대학교 산업공학 학사
- 1981년 2월 한국과학기술원(현 KAIST) 산업공학과 석사
- 1990년 8월 University of Arizona 경영대학 MIS 박사
- 1982년 ~ 1985년 한국데이터통신주식회사
- 1991년 ~ 1995년 한국전산원(현 한국지능정보사회진흥원)
- 1995년 ~ 2022년 고려대학교 경영대학 교수
- 2022년 ~ 현재 ㈜더로벨 대표
- 1992년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/SC 7 (소프트웨어 및 시스템 공학 표준화), Korea delegate
- 2020년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/SC 42 (AI 표준화), Korea delegate
- 2005년 ~ 현재 Software Quality Journal, Associate Editor
- 2021년 ~ 현재 산업인공지능 표준화 포럼 운영위원장
- 2023년 ~ 현재 산업인공지능 국제인증 포럼 운영위원장
- 2019년 ~ 현재 SPICE Instructor
- 2001년 ~ 2019년 CMMI Instructor

〈관심 분야〉

EU AI 법, AI process assessment(소프트웨어 시스템 포함), Synthetic data, EU AI 법에 따른 고위험 AI 시스템의 적합성 심사 및 인증



권종원

- 2005년 서울과학기술대학교 전자정보공학과 공학사
- 2008년 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 공학석사
- 2012년 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 공학박사
- 2012년 ~ 현재 한국산업기술시험원
산업지능화기술센터장
- 2013년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/SC 31 기술위원회 위원
- 2013년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/SC 31 국내
전문가위원회 위원
- 2013년 ~ 현재 대한전자공학회 시스템 및 제어
소사이어티 이사, 스마트 팩토리연구회
위원장 겸임

〈관심 분야〉

4차산업혁명, 인공지능, 빅데이터, 플랫폼산업, RFID
국제표준, 스마트공장

ISO/IEC TS 4213

표준기반의 기계학습 분류작업에 대한 평가



김기연
한국산업기술시험원



임대영
한국산업기술시험원



안선호
한국산업기술시험원



권종원
한국산업기술시험원

I. 서론

인공지능 활용으로 인한 긍정적 결과에 대한 기대는 우리가 생활하는 일상적인 분야에서부터 농업, 국방, 교통, 의료 등 산업에서 사용하는 전문적인 분야에 이르기까지 전분야에 걸쳐 있다고 해도 과언이 아닌 시대에 살고 있다.^[1-3] 이런 기대에 따라서 일반 사용자나 관련 산업의 인공지능 시스템 소비자들은 어떤 인공지능 시스템이 우수한 것인지 선별하기가 어려운 것도 사실이다^[4-6].

특히, 산업용 AI는 산업 현장에서 문제라고 여겨졌던, 최적화, 예지보전, 제품품질 검수 자동화 등을 해결 할 수 있는 혁신적인 방법으로 각광 받고 있다^[7, 8]. 그러나 기대와는 다르게 수요기업에서는 어떤 기술이 적합한 기술인지 혹은 믿을 수 있는 기술인지 등 효과적 도입 방법을 찾지 못해 기대가 효과로 이어지지 않고 있다^[8]. 반대로 공급기업 역시도 본인들의 우수한 기술이나 제품을 객관적으로 입증하거나 제품 개발에 최적화를 위한 검증 방법을 찾기 어려워 산업 발전에 걸림돌이 되는 것이 현실이다^[9]. 결국 객관적 산업 AI 성능 평가를 통해 위와 같은 문제를 해결할 수 있기에 이에 대한 연구가 필요한 상황이다.

객관적인 평가를 위해서는 모두가 인정하는 방법을 기반으로 평가를 해야 하고, 이런 방법 중 널리 인정받는 방법이 국제표준 기반 평가이다^[10]. 국제표준 기반 평가를 한다는 것은 연구 성과 및 개발 알고리즘의 객관적인 검증과정이며, 이 결과가 세계적으로 통용 가능하다는 의미를 내포한다.

따라서, 본 논문에서는 ISO/IEC TS 4213(Information technology – Artificial intelligence – Assessment of machine learning classification performance) 표준에 따른 기계학습 분류 성능 평가하는 방법에 대해 소개하고, 적용 사례를 통해 발전방향에 대해 숙고해본다.

2장에서는 표준 중심으로 평가방안을 설명하며, 세부적으로는 기계학습 부류(class)에 따라서 평가 지표, 통계적 분석과 결과 보고 및 통제사항 등에 관하여 기술한다. 그리고 3장에서는 이런 평가방안의 적용 사례를 통해 가능성과 한계에 관하여 이야기한다. 결론에서는 본 연구를 통한 표준기반의 기계학습 분류 성능 평가 가능성과 향후 연구 방향 등을 제시한다.

II. ISO/IEC TS 4213표준기반 평가 방안 소개

1. 평가 절차

ISO/IEC TS 4213 표준에서는 <그림 1>과 같이 기계학습 분류 성능평가를 위해서 수행하는 일반적인 평가 절차를 5단계로 나누고 있다. 이에 따라서 각 단계별로 평가를 위해 수행하여야 하는 내용을 명기하였다.

첫 단계에서는 평가목적과 어떤 종류의 분류를 수행하는 기계학습 모델인지 판단한다. 기계학습 모델 성능 평가 목적을 고려하는 시점을 “설계와 개발 시점”과 “유효성확인(Validation) 및 검증(Verification) 시점”으로 구분하며, 다양한 평가목적 중에서 3가지의 유형을 포함 한다고 제시하고 있다. 첫째 목표 유형은 모델 평가로 얼마나 좋은 모델인지 평가하기 위해서 예측 신뢰 정도나 오류 크기와 빈도 등을 평가하는 것이고, 두 번째 목표유형은 모델 비교로 두 개 이상의 모델을 비교하기 위해서 평가하는 것이다. 셋째 목표유형은 비교를 위한 샘플이나 시간이 부족한 경우에 새로 생성한 데이터

가 성능 저하를 유발 하는지 확인하기 위해서 한다고 기술한다. 위와 같이 평가목적에 결정한 이후에는 기계학습 분류 과업 종류를 확인한다. 기계학습 분류 과업은 이진분류(Binary classification), 다중부류분류 (Multi-class classification), 다중라벨분류 (Multi-label classification) 3종류로 나눈다.

평가 두 번째 단계에서는 분류한 기계의 종류와 평가 목적에 적합한 평가지표를 선택하고 평가를 준비한다. 각각의 기계학습 분류 과업에 따른 평가지표는 다음 장에서 이어서 설명한다. 일반적으로 혼돈행렬(Confusion matrix)이나 F_1 스코어와 같은 지표가 대표적이다.

그리고 다음 단계는 평가 수행 단계로 세부적으로 평가 계획을 수립하고, 평가를 위한 소프트웨어, 하드웨어 환경 구축하고, 평가를 위한 데이터 셋을 준비한다.

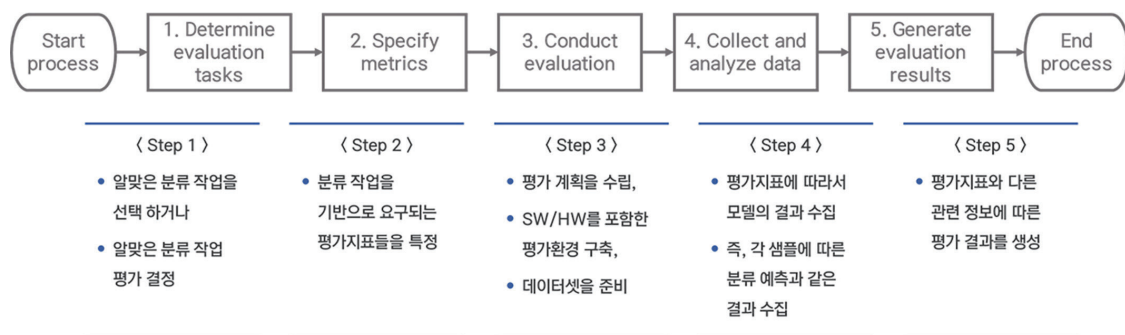
그리고 다음 단계는 평가 지표에 따라서 모델 평가 결과를 수집하고, 분석하는 단계이다.

최종단계에서는 평가지표와 다른 관련 정보에 따른 평가 결과를 생성하고 보고서를 작성하여 평가를 마친다. 이 단계에서 보고서에 포함해야 할 내용에 대해서는 이어지는 장에서 자세하게 설명한다.

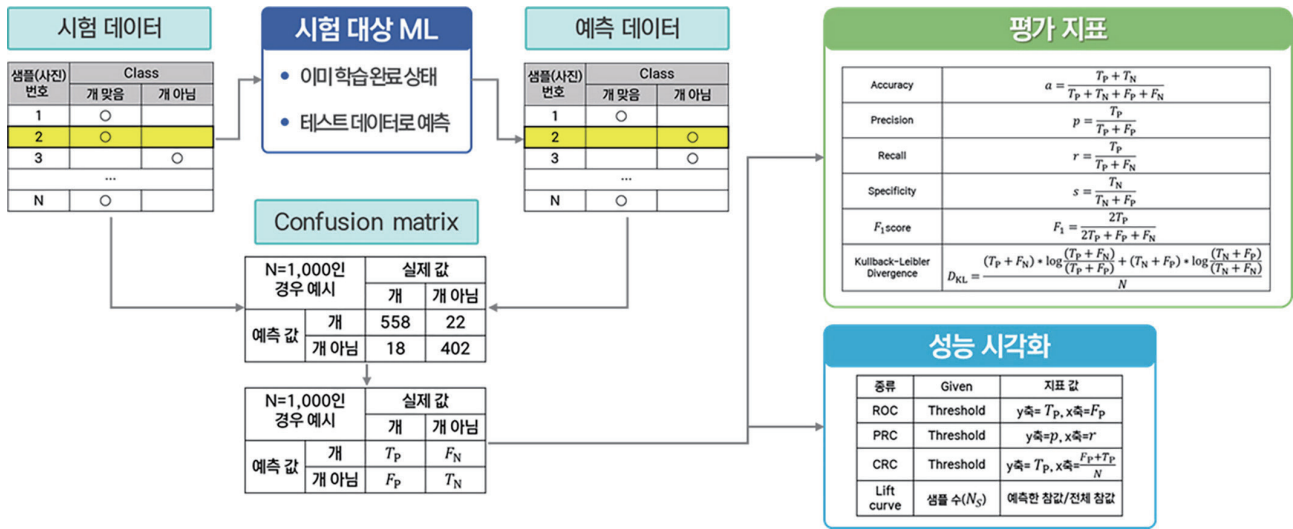
다음 절 부터는 각각 기계의 종류에 따른 평가 지표를 설명하고, 이어서 기계의 종류와 무관한 평가 복잡도 평가 지표를 추가 설명한다.

2. 이진분류 평가방법 적용 개념

이진분류 기계는 각 입력 샘플에 대해서 2개의 부류 중 하나로 분류하는 기계를 의미한다. 예를 들어, 개 혹은 고



<그림 1> 평가 절차 개념도



〈그림 2〉 이진분류 평가 개념도

양이 하나의 동물이 찍혀있는 사진이 입력 샘플이 되고, 개나 고양이 2개의 부류 중 하나로 분류하는 기계학습 모델일 수도 있고, 다양한 동물이 찍힌 사진마다 개 혹은 개가 아닌 부류로 분류하거나 참과 거짓을 택일하는 기계학습 모델일 수도 있다.

이진분류 기계학습 모델평가를 위해서, 시험데이터 입력에 따른 기계학습 모델 출력과 정답 값(label)과 비교를 통해서 혼돈행렬(Confusion matrix)을 계산한다. 혼돈행렬은 분류결과와 정답 값의 정오를 확인하여 T_P 는 정답 값과 분류결과 모두 참인 경우, T_N 는 정답 값과 분류결과 모두 거짓인 경우, F_P 는 정답 값은 참, 분류결과는 거짓인 경우, F_N 은 정답 값은 거짓, 분류결과는 참인 경우이다. 그리고 혼돈행렬을 기반으로 표 1과 같이 각 평가지표 결과를 도출한다. 정확도(Accuracy)는 전체 분류결과가 얼마나 정답 값과 일치하는가, 정밀도(Precision)는 분류결과 참으로 분류한 결과 중에 얼마나 실제 값과 맞는가를 의미한다. 재현율(Recall)은 참인 정답 값 중에서 분류결과가 정답 값과 얼마나 맞는가, 특이도(Specificity)는 거짓 값 중에서 얼마나 정답 값과 일치하는가를 확인하며 이는 예를 들면, 실제 불량 샘플 중 불량을 올바르게 분류한 비율을 나타낸다.

그리고, Kullback-Leibler Divergence는 실제 확률 분포와 예측 확률 분포와의 차이를 측정한 평가지

〈표 1〉 이진분류 기계 평가 지표

평가지표명	평가지표
Accuracy	$\alpha = \frac{T_P + T_N}{T_P + T_N + F_P + F_N}$
Precision	$p = \frac{T_P}{T_P + F_P}$
Recall	$r = \frac{T_P}{T_P + F_N}$
Specificity	$s = \frac{T_N}{T_N + F_P}$
F1 score	$F_1 = \frac{2T_P}{2T_P + F_P + F_N}$
Kullback-Leibler Divergence	
$D_{KL} = \left((T_P + F_N) * \log \frac{(T_P + F_N)}{(T_P + F_P)} + (T_N + F_P) * \log \frac{(T_N + F_P)}{(T_N + F_N)} \right) / N$	

표이다. 여기서 N 은 전체 시험에 사용한 샘플 수이다. 또한, 기존에 검출 성능을 확인하기 위해서 많이 사용하는 ROC(Receiver Operating Characteristic), CRC(Concentration-Response Curves), Lift-curve, PRC(Precision-Recall) 등으로 결과 도식화가 가능하다^[11].

전체적인 이진분류 평가방법을 수행하는 과정을 〈그림 2〉와 같이 요약할 수 있다.

3. 다중부류분류 평가 방법 적용 개념

다중부류분류 기계학습 모델은 각 입력 샘플에 대해서 3개 이상의 부류 중 하나로 분류하는 모델을 의미한다. 예를 들어, 개, 고양이, 코알라의 동물이 찍혀있는 사진이 입력 샘플이 되고, 개, 고양이, 코알라 3개의 부류 중 하나로 분류하는 모델을 생각할 수 있다. 이 경우의 일반화를 통해 부류 수는 3개 이상인 경우도 가능하다.

다중클래스분류 기계학습 모델평가를 위해서는 이진분류모델 평가와 비슷한 순서로 진행할 수 있으나, 평가 지표에서 약간 차이가 있다. 우선, 시험데이터를 통한 모델 출력값과 정답 값과의 비교를 통해서 부류별 혼돈행렬을 구성한다. 그리고 혼돈행렬을 기반으로 각 평가 지표의 결과를 도출한다. 전체적인 평가 절차는 <그림 3>과 같이 적용할 수 있다. 다만 각 평가 지표와 스코어는 부류별로 산출되기 때문에 모델 전반 성능 제시를 위해서는 평균

<표 2> 다중클래스분류 평가지표 평균화 방법

평균화 방법	평균화 산식
Macro-Avg.	$M_{AC,F_1} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \frac{2 * T_{Pi}}{2 * T_{Pi} + F_{Pi} + F_{Ni}}$
Micro-Avg.	$M_{IC,F_1} = \sum_{i=1}^L \frac{T_{Pi} + F_{Ni}}{N} * \frac{2 * T_{Pi}}{2 * T_{Pi} + F_{Pi} + F_{Ni}}$
Weighted-Avg.	$W_{IC,F_1} = \frac{\sum_{i=1}^L 2 * T_{Pi}}{\sum_{i=1}^L 2 * T_{Pi} + F_{Pi} + F_{Ni}}$

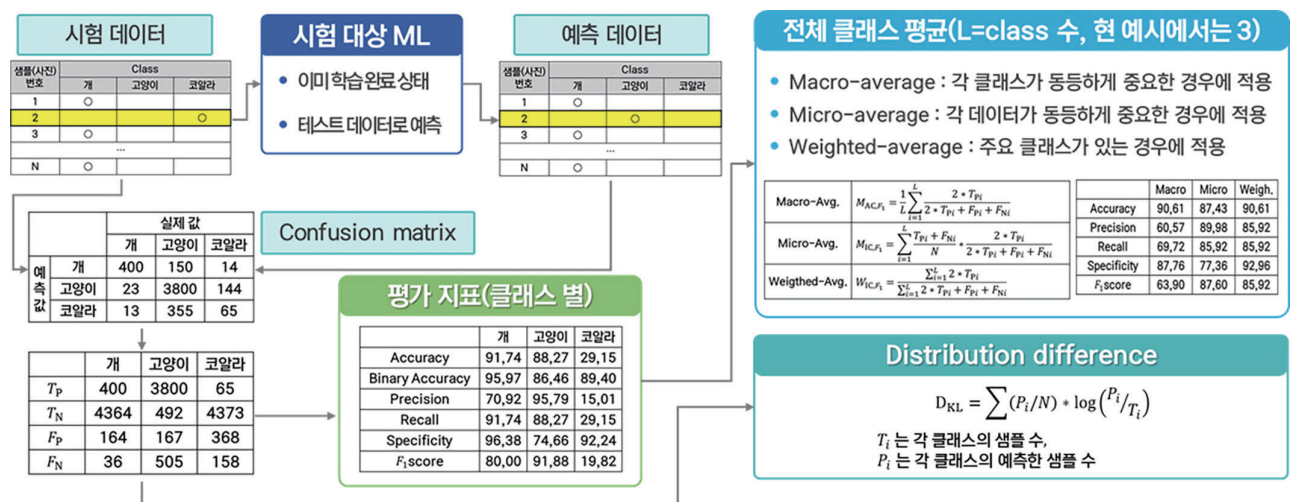
화 과정이 필요하다. 이는 부류 및 데이터 상황에 따라서 <표 2>와 같이 3가지로 구분하여 평균화 과정이 가능하다. Macro-average는 각 부류 중요도가 모두 동등한 경우에 적용하고, Micro-average는 각 데이터가 동등하게 중요한 경우에, Weighted-average는 주요 부류가 있는 경우에 가중치를 적용하여 산출 가능하다. 여기서 L 은 전체 부류 수이며, i 는 i 번째 부류를 의미한다.

또한, 다중부류분류 평가 중에도 정답 값과 모델 결과 값의 확률 분포 차이를 성능 지표로 사용하고, 이를 계산하기 위해서 Distribution difference를 사용한다. 위의 과정을 <그림 3>과 같이 요약할 수 있다.

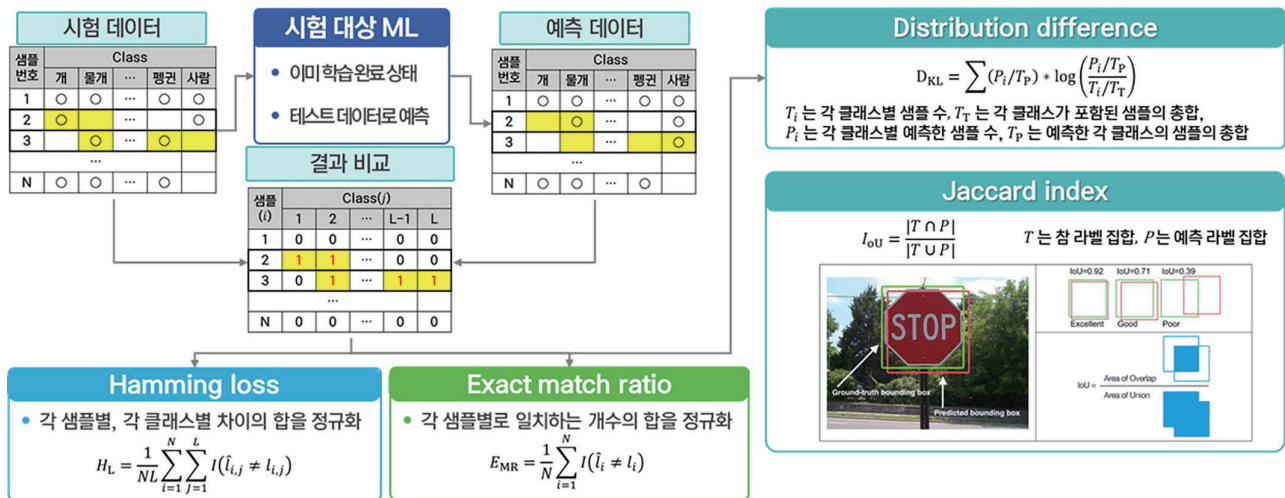
4. 다중라벨분류 평가방법 적용 개념

다중라벨분류 기계학습 모델은 각 입력 샘플에 대해서 3개 이상 부류 중 동시에 여러 개로 분류하는 모델이다. 예를 들어, 개, 고양이, 코알라, 사람, 펭귄 등의 동물이 찍혀있는 사진이 입력 샘플이 되고, 개, 고양이, 코알라, 사람, 펭귄 등의 동물 중 포함되어 있는 모든 부류를 분류하는 모델을 생각할 수 있다. 이 역시도 일반화하여, 한 샘플에 하나 혹은 그 이상의 부류가 동시에 포함되어있는 경우도 다중라벨분류모델에 포함한다.

다중라벨분류 기계학습 모델평가를 위해서는 <그림 4>와 같이 이진분류 및 다중부류분류 기계학습 모델평가와는 약간 다른 순서로 진행할 수 있다. 우선, 시험데이터를



<그림 3> 다중부류분류 평가 개념도



〈그림 4〉 다중라벨분류 평가 개념도

통한 모델 출력과 정답 값과의 비교를 통한 샘플과 부류에 대한 정보를 확인하고, 이를 통해서 크게 4가지 정도의 평가 지표를 활용한다.

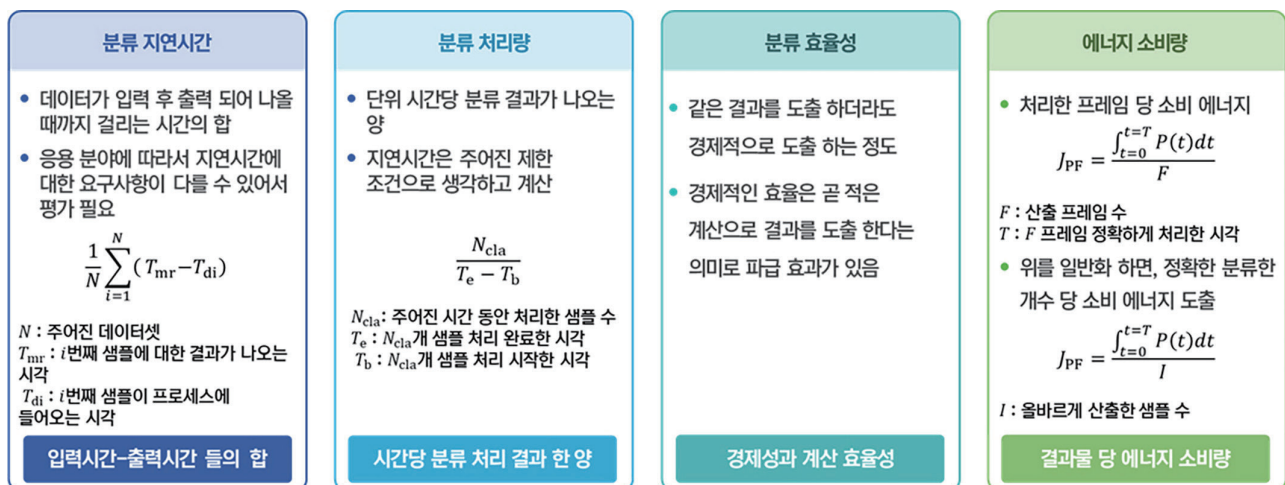
각 샘플별로 각 부류별 차이의 합을 정규화하는 Hamming loss를 활용할 수 있다. 모델 출력과 정답 값의 행렬 원소의 차이를 전체 행렬 원소의 개수로 나누는 것으로 차이를 확인한다. 각 샘플별로 일치하는 부류 개수의 합을 정규화하는 Exact match ratio와 앞선 다중부류분류 평가 지표와 같이 정답 값과 기계학습 결과의 확률 분포 차이를 계산하는 Distribution difference를 산출할 수 있다. 또한, 이미지 샘플의 경우에는 정답 값과

기계학습 결과의 전체영역 대비 공통 영역을 비교하는 Jaccard index를 사용한다.

5. 복잡도 계산 방법 적용 개념

각 기계학습 모델들의 분류 성능 외에도 지연시간, 처리량, 효율성, 에너지 소비량을 측정하여 중장기적 운용 상황을 예측하는 데에 활용할 수 있다. 이런 복잡도 계산의 의미는 분류 성능이 우수하나 결과 도출까지 에너지 소비량이 크고, 시간이 오래 걸린다면 실제 활용 범위에서 제한적일 수 있기에 이를 평가할 필요에 있다.

복잡도 계산 방법 적용에 대한 요약은 〈그림 5〉와 같이



〈그림 5〉 복잡도 계산 개념

정리할 수 있으며, 분류지연시간은 데이터가 입력 후 출력되어 나올 때까지 걸리는 시간의 합, 분류 처리량은 단위 시간당 분류결과가 나오는 양, 분류 효율성은 단위 비용당 처리 결과, 에너지 소비량은 결과물 당 에너지 소비를 도출 한다.

6. 통계적 분석

위와 같은 평가가 이루어진 이후에는 통계적 분석을 이어 수행하여, 평가 결과가 통계적 유의성(significance)을 확인한다. 표준에서는 <표 3>과 같이 주요 통계적 분석 활용법을 나열하고 있으며, 이는 모수 검정과 그에 대응하는 비모수 검정 방법을 대비하여 표준 제안의 활용 방안을 생각해 볼 수 있다. 세부적인 통계적 분석 방법은 알려진 이론을 토대로 적용할 수 있다^[12]. 기계학습 분류 성능평가에서 통계적 유의성 분석의 의미는 성능평가의 결과가 우연한 결과인지 아니면 얼마나 유의한 정도로 판단할 수 있는지를 정량적으로 분석하는 데에 의미가 있다.

그리고, 이런 통계적 분석 단일 방법이 아닌 다수 혹은 다양한 분석 및 적용할 수 있다. 다만, 이 경우에는 결과 도출 및 오류 가능성을 줄이기 위해서 Bonferroni correction, False discovery rate를 분석 방법으로 제안한다. 그리고 이와 같은 통계적 유의성 분석은 분석 수행 여부와 결과를 최종 단계에서 보고서에 기재하도록 명기하고 있다.

7. 보고 및 시험평가 통제 지침

표준 마지막 장에서는 결과 보고에 대해 <표 4>와 같은 내용은 꼭 포함하는 양식으로 보고하도록 한다.

또한, 시험 및 평가의 일관성을 유지하고, 품질을 확보하기 위해서 데이터 대표성 및 편향성, 전처리 수행, 학습 데이터, 테스트 데이터 및 검증 데이터, 교차검증, 정보 유출 제한/채널효과 제한, 참값, 머신러닝 알고리즘, 하이퍼 파라미터 및 파라미터, 시험평가 환경, 가속기, 적절한 베이스라인에 대한 통제 지침을 표준에 맞추어 따른다. 통제 지침은 평가 결과의 객관성 확보에 가장 중요한 요소라고 볼 수도 있는 핵심이다. 이미 앞서 언급 했던, 성능 지표들도 통제에 따르지 않았다면, 출발선 상이 각

<표 4> 결과 보고 시 포함 내용

관련 대상	세부 내용
훈련/평가데이터	원천, 크기, 구성
	편향을 줄이기위한 분석, 대책, 노력들
	참값을 구축한 방법
	참값의 신뢰성과 통계적 유의성을 통한 잠재적 영향성
오류	대표 동작 지점에서 올바르게 잘못 분류된 참 및 거짓 양성 인스턴스 수
평가환경	하드웨어(CPU/GPU 및 다른 프로세싱 구조), 소프트웨어(OS), 구체적인 버전과 세대 등
기타	추론 생성시간 등 다른 복잡도 효율성 측정

기 다른 모듈을 평가하는 것처럼 결과는 신뢰성이 낮다고 할 수 있다. 각각의 통제 지침은 아래와 같다.

- 데이터 대표성 및 편향성 : 기계학습 모델에 사용한 데이터 대표성을 확보하고 모델 편향성을 방지하기 위해 데이터가 부류에 따른 분포가 균일하여야 한다.
- 데이터 전처리 : 데이터 전처리에는 이상값 제거, 불완전한 데이터 처리 및 노이즈 필터링이 있으며, 데이터 전처리 시 모든 데이터에 대해 일관성 있는 데이터 전처리 방법/기준을 적용해야 한다.
- 학습 데이터 : 기계학습 모델 생성에 사용하는 데이터는 데이터 세트를 중복 없이 훈련(Training), 검증(Validation), 시험(Test) 데이터로 나누어 사용해야 하며, 상황에 따라 간단하게 훈련과 시험 데이터로 두 부류로 나누어 사용할 수 있다.
- 교차검증 : 전체 훈련데이터(시험 데이터 제외)를 개로 나누어 K 개를 학습 데이터 세트로, $K-1$ 개를 검증데이터로 사용 한다.
- 정보 유출 제한 : 정보 유출은 기계학습 알고리즘이 훈련데이터에 없는 정보를 사용하여 기계학습 모델을 생성할 때 발생합니다. 예를 들어 화자에 대한 원어인 여부 구분을 위한 모델 학습 시에 사용하지 않았던 모음 발음 데이터(특정인을 구분 할 수 있을 정도로 특성 구분이 된다는 사실 가정)를 가지고 분류 시험데이터로 사용하는 경우이다. 해결책은 훈련 및 테스트 샘플이 다르더라도 훈련 및 테스트 데이터

<표 3> 통계적 분석 활용을 위한 일반 개념

모수 검정	대응 비모수 검정	검정 목적
Two sample(unpaired) t test	Mann-Whitney U test	동일 모집단에서 추출된 두 독립적인 표본간 비교
One sample(paired) t test	Wilcoxon matched paired t test	한 표본을 대상으로 두 번 관찰한 후 차이 비교
One way ANOVA	Kruskal-Wallis analysis of variance by ranks	셋 이상의 표본간 비교
Two way ANOVA	Two way analysis of variance by ranks	두 공변량의 효과와 상호 작용 검정
—	chi-squared test	둘 이상의 독립적인 표본간 이산형 변수의 분율 차이가 존재하는지 비교
McNemar's test	—	짝지은 표본간 이산형 변수의 분율 차이가 존재하는지를 비교

모두 동일 객체를 포함하지 않도록 하는 것이 될 수 있다.

- 채널 효과 제한 : 서로 다른 채널에서 수집된 데이터는 채널 효과로 인해 기계학습 분류 알고리즘이 관련 콘텐츠가 아닌 훈련데이터에서 관련 없는 특성을 학습하게 되므로 데이터 수집 시 채널 효과를 제한하는 방법이 적용되어야 한다.
- 실측자료(Ground truth) : 실측자료는 정답 값이 지정된 입력 데이터의 특정항목에 대한 값으로 정답 값이 정확하게 되어 있는지 확인작업이 데이터 사용 전에 이루어져야 한다.
- 기계학습 알고리즘, 하이퍼 파라미터 및 파라미터 : 기계학습 알고리즘의 하이퍼 파라미터나 파라미터 값이 과적합/편향되지 않게 선택되었는지 확인이 필요하다.
- 평가환경 : 평가가 진행되는 동안 평가환경이 수정되면 안 되고, 평가 중 하드웨어 및 시스템 소프트웨어는 수정되어서는 안 된다. 또한, 평가 중인 기계학습 모델에 대해 동일한 테스트 환경을 고려해야 한다.
- 가속 : 동일한 테스트 환경을 위해 학습/평가에 사용된 가속기 표기하도록 한다(GPU, CPU 등).
- 기계학습 모델 분류 성능 정확 : 기계학습 모델 성능을 평가할 때 모델이 배포될 전체 시스템(구성요소 및 하위 시스템 포함)을 고려해야 한다.

III. 평가 사례 소개

본 장에서는 실제 평가 사례를 ISO/IEC TS 4213 기반 평가방법에 견주어 보겠다. 3 건의 평가 대상인 기계학습 모델에 대해서 다루고, 실제로 이외에 평가에 적용했던 결과에서 확인할 수 있는 중요한 평가 적용 지향점에 관해서 이야기한다. 단, 해당 시험은 통제사항 모두를 통제하지 않고, 미리 학습한 모델에 대해 시험평가만 수행하였다.

1. 다중부류분류 모델 실 적용 사례

첫 번째 실 평가 사례는 이미지 진단 기계학습 모델 평가로, 신체 일부 촬영 이미지를 24개의 부류 중 하나로 분류하는 다중부류분류 모델이다. 이 모델은 지도학습을 하였고, 시험데이터로는 144,343개 샘플을 사용하였다. 평가 지표는 정확도와 Micro-F1 스코어로 수행하였다. 다만, 다른 통제 부분은 확인이 어려운 부분이 있으나, 테스트 데이터의 대표성과 편향성은 확인 가능했다. 각 부

<표 4> 이미지 진단 기계학습 모델 평가 개요

항목	내용
평가 대상	목적 신체 촬영 이미지를 상태 부류에 맞게 분류
	유형 다중부류분류 모델(24개 부류)
평가 지표	정확도, Micro-F1 스코어
평가 수행	시험데이터 144,348 샘플 사용
결과 보고	시험성적서 형태 보고(평가환경, 시험데이터 등)
통제사항	별도의 통제 하지 않음

〈표 5〉 옷차림 특징 추출 기계학습 모델 평가 개요

항목		내용
평가 대상	목적	이미지 특징을 추출해주는 모델
	유형	다중라벨분류 모델(76개 부류)
평가 지표		정확도, Micro-F1 스코어
평가 수행		시험데이터 4,000 샘플 사용
결과 보고		시험성적서 형태 보고(평가환경, 시험데이터 등)
통제사항		별도의 통제 하지 않음

류별 데이터 수가 균등하지 않은 점은 특기할 점이다.

2. 다중라벨분류 모델 실적용 사례

두 번째 실 평가 사례는 이미지 특징 추출 모델 평가로, 사람의 전신사진을 보고 76개 부류에 포함되는 착장 특징(줄무늬, 격자, 스커트 등)을 인지하고 분류하는 다중라벨분류 모델이다. 이 모델도 지도학습을 하였고, 시험데이터로는 4,000개 샘플을 사용하였다. 한 샘플 당 여러 부류가 포함되어 전체 부류 데이터 수는 28,000개이다. 평가 지표는 정확도와 Micro-F1 스코어로 수행하였다. 다만, 시험데이터 중에 빈도수가 0인 부류가 있고, 모든 부류에 대해 균등하지 않은 점 역시 특기 사항이다.

3. 기계학습 모델 소요시간 평가 적용

마지막 실 평가 사례는 스타일 추천 모델 평가로, 남성 또는 여성의 얼굴 사진을 보고 헤어스타일을 추천해주는 다중부류분류 모델에 대한 처리시간 평가이다. 이 모델도 지도학습을 하였고, 분류하는 부류수는 3종이며, 시험데이터로는 176개 샘플을 사용하였다. 평가 지표는 처리시

〈표 6〉 헤어스타일 추천 기계학습 모델 평가 개요

항목		내용
평가 대상	목적	추천할 스타일 부류 분류
	유형	다중부류분류 모델(3개 부류)
평가 지표		정확도, 처리시간
평가 수행		시험데이터 176 샘플 사용
결과 보고		시험성적서 형태 보고(평가환경, 시험데이터 등)
통제사항		별도의 통제 하지 않음

간과 정확도를 수행하였다. 다만, 시험데이터 수가 부류별로 98개, 76개, 2개로 매우 불균등한 부분이 특징이다.

이외에도, Jaccard Index 평가도 적용해 보았으며, 전반적으로 분류성능 평가 표준을 모델에 적용하기에 큰 어려움은 없었고, 성능평가 결과 도출에도 문제는 없었다. 그러나, 통제사항을 미리 통제하기 위해서는 개발 단계 혹은 학습 단계에서부터 평가해야만, 표준에 더 충실한 평가를 수행할 수 있음을 확인할 수 있었다.

IV. 결론

본 고에서는 산업AI 적합성 인증을 위한 국제표준 기반 기계학습 분류 성능평가 방법소개와 이를 적용해보는 개념을 소개하였다. 이는 성능평가의 객관성 확보를 통해 제품의 상용화와 더 나은 연구개발을 위한 방법으로 활용할 수 있다.

특히, 실적용 사례에서 확인할 수 있듯이, 표준에서 언급하고 있는 통제사항에 대한 부분을 평가단계에서 준수하기에는 한계가 존재한다. 따라서, 표준에 충실하고 객관성 확보를 높이기 위해서는 개발 단계에서 평가 대상 제품뿐 아니라 거버넌스 및 데이터 등도 평가 대상으로 포함 시켜야 할 것이다. 앞으로 적합성 평가제도를 정립하고 운영할 때에는 이런 한계점을 보완할 필요가 있다.

반면에, 본 평가의 적용 가능성을 확인함으로 인하여, 기계학습을 포괄하는 인공지능 시스템에 대한 신뢰성과 품질 등의 국제표준기반 평가를 위한 방법 연구 진행이 성능 외적인 지표들에 대한 성공적인 평가 가능성을 보여 주었다.

This work was supported by the Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) grant funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) (No.P0022671, Basis for Implementing Industrial Digital Transformation Conformity Assessment and Testbed Platform)

참 고 문 헌

- [1] Singh Y, Bhatia PK, Sangwan O. A review of studies on machine learning techniques. International Journal of Computer Science and Security. 2007 Jun;1(1):70–84.
- [2] Alzubi J, Nayyar A, Kumar A. Machine learning from theory to algorithms: an overview. InJournal of physics: conference series 2018 Nov (Vol. 1142, p. 012012). IOP Publishing.
- [3] Aliramezani M, Koch CR, Shahbakhti M. Modeling, diagnostics, optimization, and control of internal combustion engines via modern machine learning techniques: A review and future directions. Progress in Energy and Combustion Science. 2022 Jan 1;88:100967.
- [4] Japkowicz N. Why question machine learning evaluation methods. InAAAI workshop on evaluation methods for machine learning 2006 Jul (pp. 6–11). University of Ottawa.
- [5] Flach P. Performance evaluation in machine learning: the good, the bad, the ugly, and the way forward. InProceedings of the AAAI conference on artificial intelligence 2019 Jul 17 (Vol. 33, No. 01, pp. 9808–9814).
- [6] Li Y, Chen Z. Performance evaluation of machine learning methods for breast cancer prediction. Appl Comput Math. 2018 Oct 18;7(4):212–6.
- [7] 이윤정, “인공지능을 활용한 MICE산업의 변화와 트렌드 : 인공지능을 활용한 MICE산업의 변화와 트렌드에 관한 인식 연구”, 석사학위논문, 동신대학교, 2021.
- [8] 이창섭, 이현정, “인공지능 혁신에 대한 기대와 불안 요인 및 영향 연구”, 한국콘텐츠학회논문지, v.19 no.9, pp. 37–46, 2019.
- [9] 김경훈, “주요 산업별 인공지능(AI) 도입 현황 및 시사점”, 정보통신정책연구원 AI Trend watch, 2021–21호, 2021.
- [10] ISO/IEC TS 4213:2022 Information technology — Artificial intelligence — Assessment of machine learning classification performance.
- [11] Macmillan NA, Creelman CD. Detection theory: A user's guide. Psychology press; 2004 Sep 22.
- [12] Schuyler W. Huck, “Reading Statistics and Research”, Allyn & Bacon, 2007.



김 기 연

- 2008년 연세대학교 전기전자공학부 공학사
- 2016년 연세대학교 전기전자공학부 박사
- 2015년 ~ 2017년 대한항공 항공기술연구원
- 2017년 ~ 현재 한국산업기술시험원
- 2017년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/ SC 17 기술위원회 위원
- 2017년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/ SC 17 국내 전문가위원회 위원
- 2022년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/SC 42 기술위원회 위원
- 2018년 ~ 현재 대한전자공학회 시스템 및 제어 소사이어티 편집위원 및 이사

〈관심 분야〉

무선통신이론, 항공우주통신 시스템, Software 평가, 인공지능시스템 평가, 시험평가인증제도



임 대 영

- 2011년 Texas A&M Univ. 방문연구
- 2013년 전북대학교 전자공학 공학석사
- 2018년 전북대학교 전자공학 공학박사
- 2021년 ~ 현재 한국산업기술시험원
- 2022년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/SC 42 기술위원회 위원
- 2022년 ~ 현재 대한전자공학회 시스템 및 제어 소사이어티 이사

〈관심 분야〉

자동제어, 컴퓨터 비전, 인공지능, 시험평가인증



안선호

- 2010년 2월 동국대학교 컴퓨터공학 석사
- 2010년 ~ 현재 한국산업기술시험원
- 2020년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/SC 42 기술위원회 위원
- 2022년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/SC 7 기술위원회 위원
- 2022년 ~ 현재 인공지능표준 기술연구회 위원
- 2022년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/SC 7 국내 전문가위원회 위원
- 2023년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1 SC/42 국내 전문가위원회 위원

〈관심 분야〉

소프트웨어 테스트 및 인증, 인공지능시스템 신뢰성 평가, 시험평가인증체계구축, 사이버시큐리티



권종원

- 2005년 서울과학기술대학교 전자정보공학과 공학사
- 2008년 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 공학석사
- 2012년 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 공학박사
- 2012년 ~ 현재 한국산업기술시험원
산업지능화기술센터장
- 2013년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/SC 31 기술위원회 위원
- 2013년 ~ 현재 ISO/IEC JTC 1/SC 31 국내
전문가위원회 위원
- 2013년 ~ 현재 대한전자공학회 시스템 및 제어
소사이어티 이사, 스마트 팩토리연구회
위원장 겸임

〈관심 분야〉

4차산업혁명, 인공지능, 빅데이터, 플랫폼산업, RFID
국제표준, 스마트공장

반도체 분야

[SoC 설계]

- UHD 이미지를 실시간으로 처리하는 고성능 방사 왜곡 보정 회로 설계
황준상, 조경순

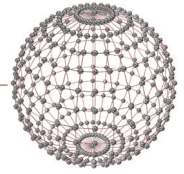
[RF 집적회로기술]

- 공통모드 아티팩트에 내성을 가진 저전력 저잡음 뇌신호 기록 초퍼 증폭기
유효준, 차혁규

컴퓨터 분야

[인공지능 및 보안]

- 트랜스포머 오토인코더와 Diffusion 모델을 사용한 3D CAD 모델 생성 방법
정민섭, 김민성, 김지범



인공지능 신호처리 분야

[영상 신호처리]

- 금속활자본의 글자 획 추출을 위한 영역 분할 네트워크 개선
이우석, 최강선
- 효과적인 초음파 유도 침생검에서의 바늘 검출 및 화질 개선
이상혁, 김성호, 송병철
- 객체 검출 인식을 향상을 위한 다중 객체 추적 기반 강건한 트랙 관리 기법
김민기, 이동석, 최병인

[음향 및 신호처리]

- CNN-LSTM 결합 모델을 통한 압력 센서 기반 숫자 제스처 인식
김서현, 신하림, 한영선, 장원두, 민영재

산업전자 분야

[반도체재료 및 VLSI 설계]

- 고분자의 형광 소광 현상을 이용한 폭발물 탐지 시스템
박동출, 정용재

[신호처리 및 시스템]

- 색 감지를 이용한 비접촉 토양 NPK 측정분석기
권윤중
- 열손실 특성을 갖는 히팅 자켓의 모델 식별과 온도 실험을 통한 검증
남진문

[컴퓨터 응용]

- 인버터블 트랜스포머를 이용한 플로우 기반 생성 모델
권세이, 최계원

국 내 외 학 술 행 사 안 내

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

>>2024년 1월

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

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
01.21. - 01.24.	2024 IEEE 24th Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF)	San Antonio, Texas, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.21. - 01.24.	2024 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS)	San Antonio, Texas, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.21. - 01.24.	2024 IEEE Space Hardware Radio Conference (SHaRC)	San Antonio, Texas, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.21. - 01.24.	2024 IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks (WiSNeT)	San Antonio, Texas, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.21. - 01.25.	2024 IEEE 37th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)	Austin, Texas, USA	https://www.mems24.org/
01.22. - 01.24.	2024 IEEE Applied Sensing Conference (APSCON)	Goa, India	https://2024.ieee-apscon.org/
01.22. - 01.25.	2024 29th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC)	Incheon, Korea (South)	https://aspdac.gabia.io/
01.24. - 01.25.	2024 International Conference on Intelligent and Innovative Technologies in Computing, Electrical and Electronics (IITCEE)	Bangalore, India	https://iciitcee.in/
01.25. - 01.27.	2024 IEEE 3rd International Conference on Control, Instrumentation, Energy & Communication (CIEC)	Kolkata, India	https://www.ciec24.co.in/
01.25. - 01.27.	2024 IEEE 22nd World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI)	Stará Lesná, Slovakia	http://conf.uni-obuda.hu/sami2024/
01.29. - 02.01.	2024 Pan Pacific Strategic Electronics Symposium (Pan Pacific)	Kona, Big Island, Hawaii, USA	https://smta.org/mpage/panpac
01.29. - 01.30.	2024 IEEE Electrical Energy Storage Application and Technologies Conference (EESAT)	San Diego, California, USA	https://cmte.ieee.org/pes-eesat/
01.31. - 02.03.	2024 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON)	Chiang-mai, Thailand	http://www.icdamt.org/2024/

>>2024년 2월

02.01. - 02.02.	2024 Australian & New Zealand Control Conference (ANZCC)	Gold Coast, Australia	https://anzcc.org.au/ANZCC2024/
02.01. - 02.02.	2024 International Conference on Artificial Intelligence, Computer, Data Sciences and Applications (ACDSA)	Victoria, Seychelles	http://www.acdsa.org/
02.01. - 02.03.	2024 Black Issues in Computing Education (BICE)	Santo Domingo, Dominican Republic	https://www.ieeebice.org/
02.05. - 02.07.	2024 IEEE Second International Conference on Conversational Data & Knowledge Engineering (CDKE)	Laguna Hills, California, USA	https://www.cdke.org/
02.05. - 02.07.	2024 IEEE First International Conference on Artificial Intelligence for Medicine, Health and Care (AIMHC)	Laguna Hills, California, USA	https://www.aimhc.org/
02.05. - 02.07.	2024 IEEE 18th International Conference on Semantic Computing (ICSC)	Laguna Hills, California, USA	https://www.ieee-icsc.org/
02.07. - 02.09.	2024 IEEE 3rd International Conference on AI in Cybersecurity (ICAIC)	Houston, Texas, USA	https://icaic.gyancity.com/
02.08. - 02.10.	2024 2nd International Conference on Computer, Communication and Control (IC4)	Indore, India	http://conference.medicaps.ac.in/
02.12. - 02.14.	2024 2nd International Conference on Unmanned Vehicle Systems-Oman (UVS)	Muscat, Oman	https://uvsc.om/
02.12. - 02.13.	2024 IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC)	College Station, Texas, USA	http://tpec.engr.tamu.edu/
02.14. - 02.15.	2024 9th International Conference on Technology and Energy Management (ICTEM)	Iran	https://ictem.ir/2024
02.16. - 02.17.	2024 IEEE International Conference for Women in Innovation, Technology & Entrepreneurship (ICWITE)	Bangalore, India	https://icwite-2024.ieeebangalore.org/
02.18. - 02.22.	2024 IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC)	San Francisco, California, USA	https://www.isscc.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
02.18. - 02.21.	2024 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)	Bangkok, Thailand	https://www.bigcomputing.org/conf2024/
02.19. - 02.22.	2024 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT)	Washington, District of Columbia, USA	https://ieee-isgt.org/
02.19. - 02.22.	2024 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)	Big Island, Hawaii, USA	http://www.conf-icnc.org/2024/
02.19. - 02.22.	2024 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC)	Osaka, Japan	http://icaiiic.org/
02.19. - 02.21.	2024 Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS)	Dubai, United Arab Emirates	https://www.giis2023.org/home
02.19. - 02.20.	2024 5th International Conference on Advancements in Computational Sciences (ICACS)	Lahore, Pakistan	https://sites.uol.edu.pk/icacs24/
02.21. - 02.23.	2024 4th International Conference on Innovative Practices in Technology and Management (ICIPTM)	Noida, India	https://amity.edu/iciptm2024/
02.21. - 02.23.	2024 IEEE International Microwave Filter Workshop (IMFW)	Cocoa Beach, Florida, USA	http://www.imfw-ieee.org/
02.22. - 02.23.	2024 Second International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ICETITE)	Vellore, India	https://icetite.vit.ac.in/
02.22. - 02.24.	2024 10th International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA)	Athens, Greece	http://www.icara.us/index.html
02.23. - 02.24.	2024 International Conference on Integrated Circuits and Communication Systems (ICICACS)	Raichur, India	https://icicacs.in/index.php
02.23. - 02.24.	2024 3rd International conference on Power Electronics and IoT Applications in Renewable Energy and its Control (PARC)	Mathura, India	https://www.gla.ac.in/parc2024/
02.25. - 02.29.	2024 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)	Long Beach, California, USA	https://apec-conf.org/
02.26. - 02.28.	2024 10th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP)	Rome, Italy	https://icissp.scitevents.org/
02.26. - 02.28.	2024 12th International Winter Conference on Brain-Computer Interface (BCI)	Gangwon, Korea (South)	https://brain.korea.ac.kr/bci2024/
02.26. - 02.28.	2024 Forum for Innovative Sustainable Transportation Systems (FISTS)	Riverside, California, USA	https://ieee-fists.org/2024/
02.27. - 02.28.	2024 Arab ICT Conference (AICTC)	Manama, Bahrain	http://www.arabict.info/
02.27. - 02.29.	2024 IEEE 3rd International Conference on Electrical Engineering, Big Data and Algorithms (EEBDA)	Changchun, China	http://www.eebda.org/
02.27. - 03.01.	2024 IEEE 15th Latin America Symposium on Circuits and Systems (LASCAS)	Punta del Este, Uruguay	https://www.ieee-lascas.org/
02.27. - 02.29.	2024 10th International Conference on Mechatronics and Robotics Engineering (ICMRE)	Milan, Italy	http://www.icmre.org/
02.28. - 02.29.	2024 2nd International Conference on Software Engineering and Information Technology (ICoSEIT)	Event Format: Virtual	https://icoseit.com/
02.28. - 03.01.	2024 11th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)	New Delhi, India	http://bvicam.ac.in/indiacom/
02.28. - 03.02.	2024 16th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST)	Krabi, Thailand	http://kst.buu.ac.th/2024/

>>2024년 3월

03.01. - 03.02.	2024 1st International Conference on Cognitive, Green and Ubiquitous Computing (IC-CGU)	Bhubaneswar, India	http://www.ic-cgu.co.in/
03.01. - 03.03.	2024 3rd International Conference for Innovation in Technology (INOCON)	Bangalore, India	http://inoconf.org/
03.01. - 03.02.	2024 20th IEEE International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)	Langkawi, Malaysia	https://sites.google.com/view/asprg-cspa/home

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03.01. - 03.02.	2024 International Conference on Social and Sustainable Innovations in Technology and Engineering (SASI-ITE)	Tadepalligudem, India	http://ite.sasi.ac.in/
03.02. - 03.09.	2024 IEEE Aerospace Conference	Big Sky, Montana, USA	https://www.aeroconf.org/
03.02. - 03.06.	2024 IEEE International Symposium on High-Performance Computer Architecture (HPCA)	Edinburgh, United Kingdom	https://hpca-conf.org/
03.02. - 03.06.	2024 IEEE/ACM International Symposium on Code Generation and Optimization (CGO)	Edinburgh, United Kingdom	https://conf.researchr.org/home/cgo-2024
03.04. - 03.07.	2024 IEEE 8th Energy Conference (ENERGYCON)	Doha, Qatar	https://ieee-energycon2024.com/
03.04. - 03.05.	2024 IEEE 4th International Conference in Power Engineering Applications (ICPEA)	Pulau Pinang, Malaysia	https://icpea2024.uitm.edu.my/home%20
03.05. - 03.07.	2024 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)	Pune, India	https://escioit.org/
03.06. - 03.08.	2024 12th International Electrical Engineering Congress (IEEECON)	Pattaya, Thailand	http://www.ieecon.org/ieecon2024/
03.07. - 03.08.	2024 Argentine Conference on Electronics (CAE)	Bahía Blanca, Argentina	http://eamta.ar/
03.07. - 03.08.	2024 Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)	Durban, South Africa	http://www.ictas.org/
03.08. - 03.10.	2024 12th International Conference on Intelligent Control and Information Processing (ICICIP)	Nanjing, China	https://conference.cs.cityu.edu.hk/icicip/
03.10. - 03.13.	2024 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)	Guatemala City, Guatemala	https://edunine.eu/edunine2024/
03.11. - 03.15.	2024 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)	Biarritz, France	https://www.percom.org/
03.11. - 03.15.	2024 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and other Affiliated Events (PerCom Workshops)	Biarritz, France	https://www.percom.org/
03.11. - 03.13.	2024 15th German Microwave Conference (GeMiC)	Duisburg, Germany	https://gemic2024.org/
03.11. - 03.14.	2024 27th Conference on Innovation in Clouds, Internet and Networks (ICIN)	Paris, France	https://www.icin-conference.org/
03.12. - 03.15.	2024 IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER)	Rovaniemi, Finland	https://conf.researchr.org/home/saner-2024
03.12. - 03.14.	2024 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications	Moscow, Russia	http://media-publisher.ru/en/2024-on-board/
03.12. - 03.13.	2024 Seventh International Women in Data Science Conference at Prince Sultan University (WIDS PSU)	Riyadh, Saudi Arabia	https://info.psu.edu.sa/wids/
03.13. - 03.15.	2024 58th Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS)	Princeton, New Jersey, USA	https://ee-ciss.princeton.edu/
03.14. - 03.16.	2024 16th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE)	Melbourne, Australia	http://www.iccae.org/
03.14. - 03.16.	2024 International Conference on Automation and Computation (AUTOCOM)	Dehradun, India	https://autocom.org.in/
03.14. - 03.16.	2024 IEEE International Conference on Interdisciplinary Approaches in Technology and Management for Social Innovation (IATMSI)	Gwalior, India	https://iatmsi.iitm.ac.in/
03.14. - 03.16.	2024 Third International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS)	Krishnankoil, Virudhunagar district, Tamil Nadu, India	https://edu.ieee.org/in-kare/about/
03.14. - 03.15.	2024 2nd International Conference on Networking, Embedded and Wireless Systems (ICNEWS)	Bangalore, India	http://icnews2024.com/
03.15. - 03.24.	SoutheastCon 2024	Atlanta, Georgia, USA	https://ieeesoutheastcon.org/
03.15. - 03.17.	2024 IEEE 7th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)	Chongqing, China	http://www.iaeac.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03.15. - 03.16.	2024 International Conference on Distributed Computing and Optimization Techniques (ICDCOT)	Bengaluru, India	http://icrtsem.sjbit.edu.in/ICDCOT/ICDCOT-index.html#home
03.15. - 03.16.	2024 International Conference on Recent Innovation in Smart and Sustainable Technology (ICRISST)	Bengaluru, India	https://www.icrist2023.in/
03.15. - 03.16.	2024 2nd International Conference on Device Intelligence, Computing and Communication Technologies (DICCT)	Dehradun, India	https://dicct.geu.ac.in/
03.15. - 03.16.	2024 2nd International Conference on Disruptive Technologies (ICDT)	Greater Noida, India	https://www.glbitm.org/icdt-2024/
03.15. - 03.16.	2024 IEEE International Conference on Contemporary Computing and Communications (InC4)	Bangalore, India	https://ic4.co.in/
03.16. - 03.17.	2024 International Conference on Electronics, Information and Industrial Engineering (EIIE)	Kristiansand, Norway	http://www.eiieconf.com/
03.16. - 03.17.	2024 IEEE 3rd International Conference on Computing and Machine Intelligence (ICMI)	Mt Pleasant, Michigan, USA	https://www.icmicconf.com/
03.17. - 03.22.	2024 18th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)	Glasgow, United Kingdom	https://www.eucap2024.org/
03.17. - 03.19.	2024 IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation (SSIAI)	Santa Fe, New Mexico, USA	http://ivpcl.unm.edu/SSIAI2024/index.html
03.18. - 03.20.	2024 SICE International Symposium on Control Systems (SICE ISCS)	Higashi-Hiroshima, Japan	https://iscs2024.sice-ctrl.jp/
03.18. - 03.22.	2024 IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)	Orlando, Florida, USA	http://ieeervr.org/
03.18. - 03.20.	2024 IEEE/OES Thirteenth Current, Waves and Turbulence Measurement (CWTM)	Wanchese, North Carolina, USA	https://cwtm2024.org/
03.18. - 03.20.	2024 12th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)	Yamaguchi, Japan	http://www.iciet.org/
03.19. - 03.22.	2024 Data Compression Conference (DCC)	Snowbird, Utah, USA	https://www.cs.brandeis.edu/~dcc/Call.html
03.19. - 03.21.	2024 IEEE 4th International Symposium on Joint Communications & Sensing (JC&S)	Leuven, Belgium	https://jcns-symposium.org/
03.20. - 03.22.	2024 23rd International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)	East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina	https://infoteh.etf.ues.rs.ba/indexe.php
03.21. - 03.22.	2024 11th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)	Noida, India	http://amity.edu/spin2024/
03.22. - 03.23.	2024 IEEE Bangalore Humanitarian Technology Conference (B-HTC)	Karkala, India	https://bhtc-2024.ieeebangalore.org/
03.22. - 03.23.	2024 4th International Conference on Data Engineering and Communication Systems (ICDECS)	Bangalore, India	https://www.icdecs2023.com/
03.24. - 03.28.	2024 Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC)	San Diego, California, USA	https://www.ofcconference.org/en-us/home/
03.25. - 03.27.	2024 IEEE Electrical Safety, Technical, Maintenance and Projects Workshop (ESTMP)	Calgary, Alberta, Canada	https://cmte.ieee.org/estmp/
03.25. - 03.29.	2024 40th Semiconductor Thermal Measurement, Modeling & Management Symposium (SEMI-THERM)	San Jose, California, USA	https://semi-therm.org/
03.25. - 03.28.	2024 IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems (INERTIAL)	Hiroshima, Japan	https://2024.ieee-inertial.org/
03.25. - 03.29.	2024 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon)	Sochi, Russia	http://smartindustrycon.ru/index-eng.html
03.25. - 03.28.	2024 77th Annual Conference for Protective Relay Engineers (CPRE)	College Station, Texas, USA	https://prorelay.tamu.edu/
03.25. - 03.27.	2024 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)	Bristol, United Kingdom	https://icit2024.ieee-ies.org/
03.27. - 03.29.	2024 IEEE South Asian Ultrasonics Symposium (SAUS)	Gujarat, India	https://2024.ieee-saus.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03.28. - 03.29.	2024 Panhellenic Conference on Electronics & Telecommunications (PACET)	Thessaloniki, Greece	https://pacet2024.web.auth.gr/
03.29. - 03.31.	2024 IEEE International Conference on Cybernetics and Innovations (ICCI)	Chonburi, Thailand	https://icci2024.smc-thailand.org/
03.29. - 03.31.	2024 10th International Conference on Electrical Engineering, Control and Robotics (EECR)	Guangzhou, China	http://www.eecr.org/
03.29. - 03.29.	2024 IEEE Workshop on Microelectronics and Electron Devices (WMED)	Boise, Idaho, USA	https://ieeeboisewmed.org/

>>2024년 4월

04.02. - 04.04.	2024 Second International Conference on Smart Technologies for Power and Renewable Energy (SPECon)	Ernakulam, India	http://eee.fisat.ac.in/specon24/
04.03. - 04.05.	2024 25th International Symposium on Quality Electronic Design (ISQED)	San Francisco, California, USA	https://www.isqed.org/
04.03. - 04.05.	2024 27th International Symposium on Design & Diagnostics of Electronic Circuits & Systems (DDECS)	Kielce, Poland	https://ddecs2024.tu.kielce.pl/
04.03. - 04.05.	2024 IEEE Green Technologies Conference (GreenTech)	Springdale, Arkansas, USA	https://ieeegreentech.org/
04.05. - 04.07.	2024 IEEE 9th International Conference for Convergence in Technology (I2CT)	Pune, India	https://ieeepune.i2ct.in/
04.06. - 04.07.	2024 IEEE 13th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)	Jabalpur, India	http://csnt.in/
04.07. - 04.10.	2024 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)	Long Beach, California, USA	https://2024.hapticsymposium.org/
04.08. - 04.11.	2024 17th Specialist Meeting on Microwave Radiometry and Remote Sensing for the Environment (MicroRad)	Alexandria, Virginia, USA	https://2024.microrad.org/
04.08. - 04.10.	2024 52nd Annual Ultrasonic Industry Association Symposium (UIA)	Dublin, Ireland	http://www.ultrasonics.org/aws/UIA/pt/sp/symposium
04.10. - 04.12.	2024 Wireless Telecommunications Symposium (WTS)	Oakland, California, USA	http://www.wtsconference.org/
04.10. - 04.12.	2024 Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Spring Session (AMCSM)	Voronezh, Russia	http://www.amm.vsu.ru/conf/en/
04.11. - 04.13.	2024 1st International Conference on Trends in Engineering Systems and Technologies (ICTEST)	Kochi, India	https://ictest.mec.ac.in/
04.11. - 04.13.	2024 9th Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE)	Shanghai, China	https://acpee.net/
04.12. - 04.14.	2024 International Conference on Intelligent Computing and Robotics (ICICR)	Dalian, China	http://www.icrconf.com/
04.14. - 04.19.	ICASSP 2024 - 2024 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)	Seoul, Korea (South)	https://2024.ieeeicassp.org/
04.14. - 04.17.	2024 IEEE 7th International Conference on Soft Robotics (RoboSoft)	San Diego, California, USA	https://softroboticsconference.org/
04.14. - 04.17.	2024 IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech)	Portland, Oregon, USA	https://ieee-sustech.org/
04.14. - 04.18.	2024 IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS)	Grapevine, Texas, USA	https://www.irps.org/
04.14. - 04.20.	2024 IEEE/ACM 46th International Conference on Software Engineering (ICSE)	Lisbon, Portugal	https://conf.researchr.org/home/icse-2024
04.14. - 04.16.	2024 IEEE Life Member Conference	Austin, Texas, USA	https://life.ieee.org/news-events/ieee-life-members-conference/
04.15. - 04.18.	2024 IEEE 36th International Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS)	Edinburgh, United Kingdom	https://icmts.net/
04.15. - 04.16.	2024 IEEE Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON)	Clearwater, Florida, USA	https://www.ieewamicon.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
04.15. - 04.18.	2024 IEEE International Workshop on Antenna Technology (IWAT)	Sendai, Japan	https://attend.ieee.org/iwat-2024/
04.15. - 04.18.	OCEANS 2024 - SINGAPORE	Singapore, Singapore	https://singapore24.oceansconference.org/
04.15. - 04.18.	2024 IEEE Silicon Photonics Conference (SiPhotonics)	Tokyo Bay, Japan	https://www.ieee-siphotonics.org/
04.16. - 04.18.	2024 IEEE Petroleum and Chemical Industry Conference Brasil (PCIC Brasil)	Rio de Janeiro, Brazil	https://ieee.org.br/pcicbr/
04.16. - 04.19.	2024 7th International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)	Moscow, Russia	https://inforino.mpei.ru/Pages/default.aspx
04.16. - 04.17.	2024 IEEE International Conference on Microwaves for Intelligent Mobility (ICMIM)	Boppard, Germany	https://www.icmim2024.com/en
04.17. - 04.19.	2024 IEEE 20th International Conference on Factory Communication Systems (WFCS)	Toulouse, France	https://wfcs24.inviteo.fr/
04.17. - 04.19.	2024 IEEE Symposium in Low-Power and High-Speed Chips (COOL CHIPS)	Tokyo, Japan	https://www.coolchips.org/2024/
04.17. - 04.19.	2024 International Conference on Cognitive Robotics and Intelligent Systems (ICC - ROBINS)	Coimbatore, India	https://kpri.ac.in/conference/icc-robins
04.18. - 04.22.	2024 10th International Conference on Applied System Innovation (ICASI)	Kyoto, Japan	https://2024.icasi-conf.net/
04.18. - 04.19.	2024 International Conference on Knowledge Engineering and Communication Systems (ICKECS)	Chikkaballapur, India	https://ickecs.sjcit.ac.in/
04.18. - 04.20.	2024 International Conference on E-mobility, Power Control and Smart Systems (ICEMPS)	Thiruvananthapuram, India	https://www.icemps2024.com/
04.18. - 04.19.	2024 4th International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)	Greater Noida, India	http://icacite.com/
04.19. - 04.21.	2024 IEEE 4th International Conference on Electronic Communications, Internet of Things and Big Data (ICEIB)	Taipei, Taiwan	https://www.iceib.asia/
04.19.	2024 IEEE Power and Energy Conference at Illinois (PECI)	Urbana, Illinois, USA	http://peci.ece.illinois.edu/
04.21. - 04.22.	2024 8th International Conference on Image and Signal Processing and their Applications (ISPA)	Biskra, Algeria	http://www.univ-biskra.dz/ispaconf/
04.21. - 04.24.	2024 IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC)	Denver, Colorado, USA	https://www.ieee-cicc.org/
04.21. - 04.24.	2024 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)	Dubai, United Arab Emirates	https://wcnc2024.ieee-wcnc.org/
04.22. - 04.24.	2024 IEEE 42nd VLSI Test Symposium (VTS)	Tempe, Arizona, USA	https://tttc-vts.org/public_html/new/2024/
04.22. - 04.24.	2024 IEEE International Conference on Computational Electromagnetics (ICCEM)	Nanjing, China	http://www.em-conf.com/iccem2024/
04.22. - 04.25.	2024 IEEE 6th International Conference on AI Circuits and Systems (AICAS)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	http://www.aicas2024.org/
04.22. - 04.25.	2024 International VLSI Symposium on Technology, Systems and Applications (VLSI TSA)	HsinChu, Taiwan	https://expo.itri.org.tw/2024VLSITSA/
04.22. - 04.26.	2024 IEEE-NPSS Real Time Conference (RT)	Quy Nhon, Vietnam	https://indico.cern.ch/event/940112/
04.23. - 04.26.	2024 European Conference on Synthetic Aperture Radar (EUSAR)	Munich, Germany	https://www.eusar.de/en
04.23. - 04.26.	2024 IEEE 17th Pacific Visualization Symposium (PacificVis)	Tokyo, Japan	https://pacificvis.github.io/pvis2024/
04.23. - 04.25.	2024 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)	Herndon, Virginia, USA	https://i-cns.org/
04.23. - 04.25.	2024 Joint International Vacuum Electronics Conference and International Vacuum Electron Sources Conference (IVEC + IVESC)	Monterey, California, USA	http://www.ieeeivec.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
04.23. - 04.24.	2024 International Conference on Military Communication and Information Systems (ICMCIS)	Koblenz, Germany	https://www.icmcis.eu/
04.24. - 04.25.	2024 10th International Conference on Web Research (ICWR)	Tehran, Iran	https://iranwebconf.ir/
04.24. - 04.26.	2024 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)	Event Format: Virtual	http://icicts.com/2024/
04.24. - 04.26.	2024 International Conference on Global Aeronautical Engineering and Satellite Technology (GAST)	Marrakesh, Morocco	https://gast24.sciencesconf.org/
04.25. - 04.26.	2024 International Conference on Nanoelectronics, Nanophotonics, Nanomaterials, Nanobioscience & Nanotechnology (5NANO)	Ernakulam, India	https://www.5nano2024.com/
04.25. - 04.26.	2024 New Trends in Civil Aviation (NTCA)	Prague, Czech Republic	https://ntca.fd.cvut.cz/
04.25.	2024 IEEE Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream)	Vilnius, Lithuania	https://vilniustech.lt/international-conference-e-stream/about-conference/335036
04.25. - 04.26.	2024 IEEE Kansas Power and Energy Conference (KPEC)	Manhattan, Kansas, USA	https://www.kpec-ksu.org/
04.25. - 04.26.	2024 International Conference on Emerging Technologies in Computer Science for Interdisciplinary Applications (ICETCS)	Bengaluru, India	https://icetcs.bmsce.in/
04.25. - 04.27.	2024 MIT Art, Design and Technology School of Computing International Conference (MITADTSocCon)	Pune, India	https://mitadtsocicon.in/
04.26. - 04.27.	2024 Third International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE)	Ballari, India	https://icdcece.in/
04.26. - 04.28.	2024 IEEE 2nd International Conference on Control, Electronics and Computer Technology (ICCECT)	Jilin, China	http://www.iccect.com/
04.26. - 04.27.	2024 1st International Conference on Innovative Sustainable Technologies for Energy, Mechatronics, and Smart Systems (ISTEMS)	Dehradun, India	https://istems2024.geu.ac.in/
04.27. - 04.29.	2024 IEEE International Conference on Advanced Systems and Emergent Technologies (IC_ASET)	Hammamet, Tunisia	https://attend.ieee.org/aset/
04.28. - 04.30.	2024 26th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS)	Angers, France	https://iceis.scitevents.org/
04.28. - 04.29.	2024 19th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering (ENASE)	Angers, France	https://enase.scitevents.org/
04.28. - 04.29.	2024 6th International Conference on Finance, Economics, Management and IT Business (FEMIB)	Angers, France	https://femib.scitevents.org/
04.28.	2024 IEEE-IAS/PCA Cement Industry Conference (IAS/PCA)	Aurora, Colorado, USA	https://web.cvent.com/event/9c9cbcec-fc6a-4fa8-a1ef-b224d1bc6743/summary
04.29. - 04.30.	2024 12th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS)	San Antonio, Texas, USA	https://isdfs.org/
04.29. - 05.01.	2024 20th International Conference on Distributed Computing in Smart Systems and the Internet of Things (DCOSS-IoT)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	https://dcoss.org/
04.30. - 05.02.	2024 IEEE International Symposium on Product Compliance Engineering (ISPCe)	Chicago, Illinois, USA	https://2024.psessymposium.org/

The Magazine of the IEIE

특별회원사 명단

회원사	대표자	주 소	전 화	홈페이지
(주)디비하이텍	최창식	경기도 부천시 수도로 90(도당동)	032-680-4700	www.dbhitek.com
(주)레티널	김재혁	경기도 안양시 동안구 부림로170번지 41-10, 4층	02-6959-7007	https://letinar.com
(주)마르시스	박용규	서울시 강남구 언주로 85길 7	02-3445-3999	http://www.marusys.com
(주)세미파이브	조명현	경기도 성남시 분당구 양현로 322, 코리아디자인센터 2층		http://www.semifive.com
(주)센서위드유	이윤식	울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 501-4호	052-912-4282	http://www.sensorwyou.com
(주)에스비솔루션	변영재	울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 401-3호	052-217-7343	http://www.sb-solutions.co.kr
(주)에어포인트	백승준	대전광역시 유성구 테크노2로 187, 204호(용산동, 미건테크노월드 2차)	042-484-5460	http://www.airpoint.co.kr
(주)와이솔	김지호	경기도 오산시 가장로 531-7	070-7837-2730	http://www.wisol.co.kr
(주)웨이브피아	이상훈	경기도 화성시 동탄기흥로 557 금강펜테리움IT타워 1301호	031-8058-3384	http://www.wavepia.com
KT	구현모	경기도 성남시 분당구 정자동 206	031-727-0114	http://www.kt.com
LG이노텍(주)	정철동	서울시 강서구 마곡중앙10로 30	02-3777-1114	www.lginnotek.com
LG전자(주)	조주완, 배두용	서울시 영등포구 여의도동 30	02-3777-1114	http://www.lge.co.kr
LIG넥스원	김지찬	서울시 서초구 강남대로 369(서초동, 나라빌딩)	02-1644-2005	http://www.lignex1.com
LPKF Laser&Electronics	이용상, 벤델레코츠마티아스	경기도 안양시 동안구 흥안대로 427번길	031-689-3660	www.lpkf.com/kr
SK텔레콤(주)	유영상	서울시 중구 을지로65(을지로2가) SK T-타워	02-2121-2114	http://www.sktelecom.com
SK하이닉스(주)	박정호, 객노정	경기도 이천시 부발읍 아미리 산 136-1	031-630-4114	http://www.skhynix.com
네이버(주)	최수연	경기도 성남시 분당구 불정로 6 (정자동 그린팩토리)	031-784-2560	https://www.navercorp.com
누리미디어	최순일	서울시 영등포구 선유로 63, 4층(문래동 6가)	02-710-5300	http://www.nurimedia.co.kr
대덕전자(주)	신영환	경기도 안산시 단원구 강촌로230 (목내동 475)	031-8040-8000	http://www.daeduck.com
대전테크노파크	임헌문	대전시 유성구 테크로9로	042-930-4300	www.djtp.or.kr
도요일렉트론코리아(주)	원재형	경기도 화성시 장안면 장안공단 6길 51	031-260-5000	https://www.tel.com
리얼텍코리아 주식회사	팅치창	서울시 서초구 사임당로 18, 석오빌딩 5층	070-4120-7966	www.realtek.cpm/en
비전테크	이원복	대전 유성구 테크노2로 187, 미건테크노월드2차 1층 118호	042-934-0236	http://www.visiontechkorea.com
삼성전자(주)	한종희, 경계현	서울시 서초구 서초2동 1320-10 삼성전자빌딩	02-1588-3366	https://www.samsung.com
스카이칩스	이강윤	수원시 장안구 서부로 2066, 산학협력센터 85511호	031-299-6848	http://www.skaichips.co.kr
스테코(주)	박영우	충청남도 천안시 서북구 3공단1로 20(백석동)	041-629-7480	http://www.steco.co.kr
에스에스앤씨(주)	한은혜	서울시 영등포구 당산로171, 1301	02-6925-2550	http://www.secnc.co.kr
에어스메디컬	이진구	서울시 관악구 남부순환로 1838	070-7777-3186	www.airsmmed.com
오토아이티(주)	정명환	대구시 수성구 알파시티1로 117	053-795-6303	www.auto-it.co.kr
유정시스템(주)	이재훈	서울시 구로구 디지털로26길 110	02-852-8721	www.yjsys.co.kr
정보통신정책연구원	권호열	충북 진천군 덕산읍 정통로 18	043-531-4389	www.kisdi.re.kr
주LX세미콘	손보익	대전시 유성구 탑립동 707	042-712-7700	www.lxsemicon.com

회원사	대표자	주 소	전 화	홈페이지
(주)넥스틴	박태훈	경기도 화성시 동탄면 동탄산단9길 23-12	031-629-2300	http://www.nextinsol.com
(주)더스텍	김태진	경기도 안양시 동안구 학의로 292 금강펜테리움IT타워 A동 1061호	031-450-6300	http://www.doestek.co.kr
(주)만도	정동원, 조성현, 김광현	경기도 평택시 포승읍 하만호길 32	02-6244-2997	www.mando.com
(주)빅텍	임만규	경기도 이천시 마장면 덕이로 180-31	031-631-7301	http://www.vitek.co.kr
(주)스프링클라우드	송영기	경기도 성남시 창업로 42	031-778-8328	www.aspringcloud.com
(주)시스메이트	이상만	대전시 유성구 유성대로 1184길 41	042-486-6135	http://www.sysmate.com
주식회사 뷰웍스	김후식	경기도 안양시 동안구 부림로 170번길 41-3	070-7011-6161	https://www.vieworks.com
(주)실리콘마이터스	허염	경기도 성남시 분당구 대왕판교로 660 유스페이스-1 A동 8층	1670-7665	http://www.siliconitus.com
(주)싸이몬	정창호	경기도 성남시 분당구 별말로48(구 야탑동 272-1 케이디티빌딩)	02-480-8580	http://www.cimon.com
(주)싸인텔레콤	박영기	서울시 영등포구 경인로 775, 문래동 3가 에이스하이테크시티 1동 119호	02-3439-0033	http://www.signtelecom.com
(주)솔리드	정준, 이승희	경기도 성남시 분당구 판교역로 220 솔리드스페이스	031-627-6000	http://www.st.co.kr
(주)유니트론텍	남궁 선	서울시 강남구 영동대로 638(삼도빌딩) 9층	02-573-6800	http://unitrontech.com
(주)코클리어닷에이아이	한윤창	서울시 강남구 봉은사로 51길 26		www.cochl.ai
(주)크레셈	오상민	대전시 유성구 대덕대로 582, 4층 402호(도룡동, 옥토빌딩)	031-427-3445	http://www.cressem.com
(주)텔레칩스	이장규	서울시 송파구 올림픽로 35다길 42(신천동 한국루터회관)19~23층	02-3443-6792	www.telechips.com
(주)티에이치엔	이광연, 채승훈	대구시 달서구 갈산동 973-3	053-583-3001	http://www.th-net.co.kr
(주)티엘아이	김달수	경기도 성남시 중원구 양현로 405번길 12 티엘아이 빌딩	031-784-6800	http://www.tli.co.kr
(주)해치텍	최성민	충북 청주시 청원구 오창읍 연구단지로 40, 스타기업관 207호	043-715-9034	http://www.haechitech.com
중소벤처기업진흥공단	김학도	경상남도 진주시 동진로 430	055-751-9380	www.kosmes.or.kr
케이케이테크(주)	김경하	경기도 안성시 대덕면 무능로132	031-678-1586	http://www.k-ktch.co.kr
코어인사이트(주)	유용훈	경기도 성남시 중원구 갈마치로 186 반포테크노피아 5층	031-750-9200	http://www.coreinsight.co.kr
한국알박(주)	김선길	경기도 평택시 청북읍 한산길5	031-683-2922	http://www.ulvackora.co.kr
한국인터넷진흥원	이원태	서울시 송파구 중대로 135 (가락동) IT벤처타워	02-405-5118	http://www.kisa.or.kr
한국전기연구원	명성호	경남 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)	055-280-1114	http://www.keri.re.kr
한국전자기술연구원	김영삼	경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)	031-789-7000	http://www.keti.re.kr
한국전자통신연구원	김명준	대전시 유성구 가정로 218	042-860-6114	http://www.etri.re.kr
한화시스템(주)	김연철	서울시 중구 청계천로 86 (장교동) 한화비딩 (19,20층)	02-729-3030	http://www.hanwhasystems.com
현대로템(주)	이용배	경기도 의왕시 철도박물관로 37	031-596-9114	http://www.hyundai-rotem.co.kr
현대모비스(주)	조성환	서울시 강남구 테헤란로 203	02-2018-5114	http://www.mobis.co.kr
현대자동차(주)	정익선, 장재훈, 이동석	경기도 화성시 장덕동 772-1	02-3464-1114	http://www.hyundai-motor.com
호리바에스텍코리아(주)	김성환 외 1명	경기도 용인시 수지구 디지털벨리로 98 호리바빌딩	031-6520-6500	http://www.horiba.com
히로세코리아(주)	이상엽	경기도 시흥시 정왕동 희망공원로 250	031-496-7000	http://www.hirose.co.kr
히타치하이테크코리아(주)	MIYOSHI KEITA	경기도 성남시 분당구 정자일로 155, 엔16층(정자동, 분당두산타워)	031-725-4201	https://www.hitachi-hightech.com

박사학위 논문초록 게재 안내

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

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

국문 초록(요약) : 1000자 이내

보내실 곳 _ 06130

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

사무국 회지담당자앞

E-mail : biz@theieie.org

TEL : (02)553-0255(내선 5)

FAX : (02)552-6093



대한전자공학회

The Institute of Electronics and Information Engineers

전자공학회지 <월간>

제50권 제12호(통권 제475호)

The Magazine of the IEIE

2023년 12월 20일 인쇄

2023년 12월 25일 발행

발행및

편집인

인쇄인

발행인

(사) 대한전자공학회

한림원(주)

사 단 법 인 대 한 전 자 공 학 회

회장 이 혁 재

대표 김 흥 중

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

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

E-mail : ieie@theieie.org

Homepage : http://www.theieie.org

씨티은행 102-53125-258



2024년도 회비납부 안내

1. 회비의 납부 및 유효기간

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

◆ 2024년도 회원 연회비는 다음과 같습니다.

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

2. 논문지(eBook) 제공

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

3. 회비의 납부방법

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

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

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

◎ 가입 대상 및 할인 혜택

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

5. 문의처

◆ 대한전자공학회 사무국 변은정 부장(회원담당)

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

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