

한국통신학회지 | 38권 1호. 2021년 1월 | ISSN 1226-4725

INFORMATION AND COMMUNICATIONS MAGAZINE

Vol.38 No.1 | JANUARY 2021

정보와 통신

지능형 로봇

KICS 
한국통신학회

학회지 위원회

위원장(상임이사)	이현우(ETRI) 김대중(한국통신기술협회)
부위원장(집행이사)	이용태(ETRI) 김진술(전남대학교)
부편집장(이사)	오구영(한국정보통신기술협회) 정우석(ETRI) 김유두(한국폴리텍대학) 우훈식(대전대학교) 기주희(IITP)
위원	강승택(인천대학교) 공승현(한국과학기술원) 김기형(아주대학교) 김동성(금오공과대학교) 김상호(성균관대학교) 김석찬(부산대학교) 김선우(한양대학교) 김성륜(연세대학교) 김승환(ETRI) 김영웅(연세대학교) 김용규(한국철도기술연구원) 김종원(광주과학기술원) 김진영(광운대학교) 김형준(ETRI) 문영준(한국교통연구원) 문형돈(IITP) 박광로(ETRI) 박성수(ETRI) 백상헌(고려대학교) 백용순(ETRI) 서호선(퀄리아[Qualia]) 석우진(한국과학기술정보연구원) 송홍엽(연세대학교) 신요안(숭실대학교) 안재영(ETRI) 여 현(순천대학교) 유명식(숭실대학교) 이강윤(성균관대학교) 이소연(ETRI) 이인환(ETRI) 이일우(ETRI) 임용곤(한국해양과학기술원) 임진국(IITP) 임태범(KETI) 장은영(ETRI) 장준혁(한양대학교) 정승(한국과학기술원) 최성곤(충북대학교) 최윤식(연세대학교) 최인욱(김포대학교) 한동석(경북대학교) 허 준(고려대학교) 황정훈(KETI)

한국통신학회지 (비매품)

2020년 12월 30일 인쇄
2020년 12월 31일 발행
등록번호: 라-6287
발행인: 김영한
편집인: 이현우, 김대중
편집장: 이용태, 김진술, 오구영
인쇄인: 박명울
발행처: 사단법인 한국통신학회(<http://www.kics.or.kr>)
(06296) 서울특별시 강남구 논현로38길 32-3(도곡동)
전화: 02)3453-5555 | FAX: 02)539-5588
제작: 금영인쇄-선진출판
전화: 02)2275-8561 | E-mail: sjin82@chol.com

2021년 학술 활동 계획

학술대회/전시회 일정

회장칼럼 : 포스트코로나 시대의 DNA(Data, Network, AI) 기반 디지털 혁신을 선도하는 한국통신학회

..... 김영한(한국통신학회 회장) **_02**

주제명 : 지능형 로봇

..... 편집위원 : 황정훈(KETI)

머리말 황정훈 **_04**

사례로 살펴보는 클라우드 기반 로봇 지능의 발전 단계

..... 김재홍, 장민수 **_05**

5G 통신기반의 첨단제조로봇 기술 동향 미래

..... 이진원, 우종운 **_14**

비대면 시대를 위한 물류로봇 기술 연구 동향

..... 전세웅, 황정훈 **_21**

멀티모달 센서모듈 기반 지능형 로봇을 이용한 실외무인경비 플랫폼 및 시스템에 관한 연구

..... 엄태영, 배기덕, 최영호, 조성훈, 문용선 **_27**

이동-조작 휴먼 케어 로봇의 국제안전표준

..... 유수정, 지상훈 **_34**

2021년도 임원 명단 **_39**

2020 ~ 2021년도 월별주제 **_46**

SAMSUNG

Experience the World of 5G with Samsung Networks

Samsung Networks has fully led the advancement of the telecommunications industry and we are delivering unimaginable speeds and superior connections. Samsung is continuing our commitment to pushing 5G innovations forward. Discover all the different ways Samsung 5G can change how you do just about everything.



2020년도 통신학회 석좌 교수상 수상자



조동호 송실대학교 교수

- 1987년~1998년 경희대학교 전자계산공학과 교수
 - 1998년~현재 KAIST 전기 및 전자공학과 교수
 - 2003년~2006년 정보통신부 IT신성장동력 이동통신 PM
 - 2004년~2006년 과학기술부 차세대 성장동력 차세대 이동통신 사업단 단장
 - 2008년~2013년 KAIST KT석좌교수
 - 2009년~2011년 KAIST 온라인전자자동차사업단 단장
 - 2010년~2015년 KAIST 조천식녹색교통대학원 원장
 - 2011년~2013년 KAIST ICC 부총장
 - 2011년~현재 KAIST 무선전력전송연구센터 센터장
 - 2014년~2014년 한국통신학회(KICS) 회장
 - 2018년~현재 (주) 와이파워원 CTO
- 2006년 국가산업발전기여(정보통신기술향상) 대통령 표창
 - 2010년 온라인전자자동차 : The Times 세계 50대 신기술 선정
 - 2010년/2014년, 동아일보10년 뒤 한국을 빛낼 100인 중 꿈꾸는 개척가 부문 선정
 - 2013년 무선충전전자자동차(OLEV) : 세계경제포럼(WEF) 세계 10대 유망기술 선정
 - 2013년 한국공학한림원 정회원
 - 2016년 정보통신 진흥 부문 홍조 근정훈장 수상
 - 2016년 패턴 편파 빔분할 다중접속 방식의 5G 이동통신기술 : 미래창조과학부 국가연구 개발 우수 성과 100선 선정
 - 2017년 세계최초로 충전 플러그를 꽂지 않아도 안전하고 편리하게 충전할 수 있는 무선충전 전자자동차 상용 기술 : 과학기술정보통신부 국가연구개발 우수성과 100선 선정
 - 2017년 한국통신학회 해동학술대상 수상

2020년도 통신학회 LG학술상 수상자



이재진 송실대학교 교수

- 1979년~1983년 연세대학교 전자공학과 (공학사)
- 1983년~1984년 University of Michigan, Ann Arbor, EECS (공학석사)
- 1993년~1994년 Georgia Institute of Technology, Atlanta, ECE (공학박사)
- 1995년~1995년 Georgia Institute of Technology, PostDoc.
- 1996년~1997년 현대전자(현 SK하이닉스) 정보통신연구소 책임연구원
- 1997년~2005년 동국대학교 전자공학과 교수
- 2005년~현재 송실대학교 전자정보공학부 교수
- 2019년~현재 (사)융합기술학회 회장



2020년도 한국통신학회 정기총회 수상자 명단

시상 구분	구분	성 명	소속 및 직위	비 고
학 회 상	특별공로상	김 은 수	광운대학교 교수	ICT Express 편집장으로 SCIE 등재에 기여
	학술대회 논문상	김 범 식	아주대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		반 종 희	대구대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		하 노 검	부산대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		전 홍 배	연세대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		김 보 민	대구경북과학기술원	하계종합학술대회 우수논문상
		김 남 규	충북대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		권 기 웅	전자부품연구원	하계종합학술대회 우수논문상
		박 정 훈	금오공과대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		손 웅	충남대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		조 현 우	연세대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		박 현 우	한양대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		허 성 실	국민대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		김 미 지	한국산업기술대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		서 재 희	한국항공우주연구원	하계종합학술대회 우수논문상
		조 혜 상	한국과학기술원	하계종합학술대회 우수논문상
		안 희 준	경희대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		남 우 승	울산과학기술원	하계종합학술대회 우수논문상
		유 민 우	경북대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		장 민 희	금오공과대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		Muneeb Ahmad	금오공과대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		Aji Teguh Prihatno	국민대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		Raheel Siddiqui	인하대학교	하계종합학술대회 우수논문상
		Sudhanshu Arya	부경대학교	하계종합학술대회 정보통신기획평가원 원장상
		권 도 일	인하대학교	하계종합학술대회 한국광기술원 원장상
		이 종 현	고려대학교	하계종합학술대회 한국나노기술원 원장상
		박 용 희	충북대학교	하계종합학술대회 전자부품연구원 원장상
		김 범 식	아주대학교	하계종합학술대회 농촌진흥청 원장상
		한 덕 환	포항공과대학교	추계종합학술대회 해동우수논문 우수상
		이 남 윤	포항공과대학교 교수	추계종합학술대회 해동우수논문 우수 논문지도상

시상 구분	구분	성 명	소속 및 직위	비 고
학 회 상	학회 논문지 우수 논문상	정 규 혁	단국대학교 교수	국내논문지위원회추천
		김 영 한	송실대학교 교수	국내논문지위원회추천
		김 형 남	부산대학교 교수	국내논문지위원회추천
		김 기 천	건국대학교 교수	국내논문지위원회추천
		노 병 희	아주대학교 교수	국내논문지위원회추천
	정보와 통신지 우수논문상	고 영 조	한국전자통신연구원	학회지 최우수 논문상
		이 기 용	숙명여자대학교	학회지 우수 논문상
		이 정 준	한국산업기술대학교	학회지 우수 논문상
	학회 공로상	왕 한 호	상명대학교 교수	국내저널편집위원으로 출판에 기여함.
		임 성 목	한국교통대학교 교수	국내저널편집위원으로 출판에 기여함.
		이 인 규	고려대학교	국제저널편집장으로 JCN 출판에 기여함.
		최 완	서울대학교	국제저널위원으로 JCN 출판에 기여함.
		전 상 운	한양대학교	국제저널위원으로 ICT Express 출판에 기여함.
		이 문 식	한국전자통신연구원	ICTC 2020 SPC 위원장으로 프로그램 구성에 기여함
		정 진 곤	중앙대학교	하계 학술발표회 준비와 운영 전반에 걸쳐 기여함.
		김 준 수	한국산업기술대	동계추계 집행이사로서 5G아이디어경진대회 성공적인 개최에 이바지함
		이 윤 재	SKT	산학연 담당 집행이사로서 학회와 산업체간의 협력을 위하여 적극적으로 지원하고, 산학협력 진작에 기여함
		조 원 석	LGU+	학회와 산업체간의 협력을 위하여 적극적으로 지원하고, 산학협력 진작에 기여함
		김 지 훈	KT	학회와 산업체간의 협력을 위하여 적극적으로 지원하고, 산학협력 진작에 기여함
		강 승 우	Huawei	학회와 산업체간의 협력을 위하여 적극적으로 지원하고, 산학협력 진작에 기여함
이 해 영	University of Surrey	여성위원으로 국제 교류 증대에 기여함		
학 회 상	우수 지부 특별상	충북 지부		최우수 지부
		부산울산경남 지부		우수 지부
		전북 지부		우수 지부
	우수 연구회 특별상	민군 ICT 융합 연구회		우수 연구회
		인공지능 소사이어티		진보 연구회
		통신망운용관리 연구회		장려 연구회

2020년도 한국통신학회

제 16회 해동상 시상식 개최



한국통신학회는 2020년 12월 6일 서울팔래스호텔에서
제 16회 해동상 시상식을 개최하였습니다.
해동상 수상을 축하드립니다.

1. 해동상 제정

해동상은 1965년 대덕전자(주)를 설립하여 45년간 PCB 사업에 전념하여 오신 창업주 (故)김정식 회장께서 우리나라 전자공학 분야의 학문 및 기술 발전을 위하여 크게 업적을 쌓은 분들의 노고를 치하하기 위해 제정한 상입니다.

해동상은 1991년 설립된 해동과학문화재단에서 <대한전자공학회 해동상>을 제정한 이래 현재까지 총29회에 걸쳐 시행하여 왔고, 2005년부터는 시상영역을 확대하여 한국통신학회, 한국마이크로전자 및 패키징학회, 한국공학한림원을 포함해 4개 학회를 대상으로 총 225명에게 해동상을 수여해 오고 있습니다.

<한국통신학회 해동상>은 2005년부터 시작하였고, 2011년부터 상의 명칭 변경과 상금 증액을 통하여 해동학술대상, 해동기술대상, 해동신진학술상 등 3개 부문으로 구분하여 정보 및 통신 분야에서의 업적이 탁월한 분들에게 시상하고 있습니다.



(故)김정식 해동과학문화재단 이사장

1948~1956년 서울대학교 공과대학 전자공학과
1965년 대덕전자 설립
1991년 해동과학문화재단 설립
前) 대덕전자(주) 회장
前) 해동과학문화재단 이사장
前) 대덕복지재단 이사장



2. 해동상 수상자

해동학술대상



김 동 성 금오공과대학교 교수

- 1980년~1984년 서울대학교 전자공학과 학사
- 1988년~1994년 한양 대학교 전자공학과 학사/석사
- 1998년~2003년 서울 대학교 전기 및 컴퓨터 공학부 박사
- 2003년~2005년 미국 코넬 대학교 ECE, 박사후 연구원/방문 연구원
- 2004년~현재 금오공과대학교 전자공학부 교수/부교수/조교수
- 2019년~현재 금오공과대학교 산학 협력단 단장
- 2014년~2017년 KIT 융합기술원 원장(연구 및 연구기획 총괄)
- 2014년~현재 ICT융합특성화연구센터 센터장 (민군 ICT 융합 분야) (대학IT연구센터 지원사업(2014-2019), Grand ICT연구센터 지원사업(2020-2028))
- 2019년~현재 한국연구재단 대학중점연구소사업 (9년, 2019-2028) 총괄 책임자
- 2019년~현재 한국통신학회 상임이사(국방분과 및 민군IT융합연구회 총괄)
- 2007년~현재 IEEE 및 ACM Senior Member
- 2016년~현재 해군 함정기술 연구소 및 국방부 CIO 자문 위원
- 2007년~2008년 U.C. Davis 전산학부 객원교수/방문연구원
- 1994년~1998년 서울대학교 제어계측신기술연구센터 책임연구원



〈해동학술대상 김동성 금오공과대학교 교수〉



2. 해동상 수상자

해동기술대상



전 홍 범 KT 부사장

- 1981년~1985년 서울대학교 전기공학 학사
- 1985년~1987년 한국과학기술원 전기/전자공학 석사
- 1987년~1991년 한국과학기술원 전기/전자공학 박사
- 1991년~현재 KT
- 2014년~2018년 KT 인프라연구소장
- 2018년~2020년 KT 융합기술원장(CTO)
- 2020년~현재 KT AI/DX융합사업부부장(CDXO)
- 2016년~2020년 GSMA Technology Group Member
- 2018년~현재 한국통신학회 부회장
- 2019년~2020년 한국정보통신기술협회(TTA) 표준총회 의장
- 2019년~2020년 한국정보통신설비학회 회장
- 2019년~2020년 SDN/NFV 포럼 의장
- 2019년~2020년 World Economic Forum Global Future Councils 위원
- 2019년~현재 한국산업기술진흥협회 정책위원
- 2020년~현재 5G 포럼 의장
- 2020년~현재 한국클라우드산업협회 회장
- 2020년~현재 한국스마트홈산업협회 회장
- 2020년~현재 MEC 포럼 의장



〈해동기술대상 전홍범 KT 부사장〉



2. 해동상 수상자

해동젊은공학인상(학술상)



이 제 민 대구경북과학기술원 교수

2001년~2004년 연세대학교 전기전자공학부 학사

2005년~2007년 연세대학교 전기전자공학부 석사

2007년~2010년 연세대학교 전기전자공학부 박사

2010년~2013년 Massachusetts Institute of Technology 박사 후 연구원

2013년~2016년 Singapore Univ. of Technology and Design 연구원

2016년~2018년 대구경북과학기술원 정보통신융합전공 조교수

2018년~현재 대구경북과학기술원 정보통신융합전공 부교수



〈해동젊은공학인상(학술상) 이제민 대구경북과학기술원 교수〉



2. 해동상 수상자

해동젊은공학인기술포상



윤 주 흥 한국전자기술연구원 선임연구원

2006년~2008년 성균관대학교 전자전기공학부 학사

2008년~2009년 광주과학기술원 기전공학부 석사

2009년~2014년 광주과학기술원 정보통신공학부 박사

2014년~현재 한국전자기술연구원 선임연구원



〈해동젊은공학인기술포상 윤주흥 한국전자기술연구원 선임연구원〉



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

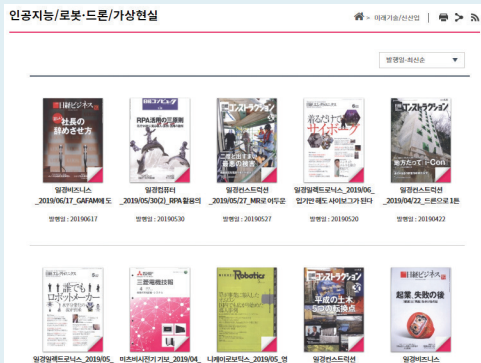


서울대학교 공과대학 해동일본기술정보센터는 대덕전자(故)김정식 회장의 열정과 지원에 의해 최신 일본 기술정보를 산업계와 학계에 널리 알리고자 2010년 3월에 설립하여 현재까지 운영해 오고 있습니다.

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

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

상세한 사항은 로그인 없이 모든 정보와 이용이 가능한 홈페이지를 참조바랍니다.



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

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

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

회비납부 안내

연회비 납부에 대한 안내를 드리오니,
아직 연회비를 납부하지 않으신 회원께서는 납부하여 주시기 바랍니다.

1. 회원혜택

- 학회지 e-Book 무료구독
- online 학회지, 국내논문지, 학술대회 자료 검색 및 자료 다운로드
- 워크숍 등 행사 참여 시 등록비 할인
- 웹진, 뉴스레터 및 행사정보 메일 수신
- 동계/하계/추계학술대회에서 우수논문으로 선정 시, 상장 및 상금 수여
- 총회 참가권 및 발언권 (정회원, 종신회원에 한함)
- 정회원으로 3년 이상 활동 시, 평의원에 피선 자격 (평의원은 임원의 선거권을 가짐)
- IEEE 회비 할인

2. 연회비

- 정 회원: 60,000원 (입회비: 10,000원)
- 학생회원: 30,000원 (입회비: 10,000원)
- 종신회원: 600,000원

3. 회비 납부방법

- 신용카드, 계좌이체(우리은행 1005-600-543958 (사)한국통신학회), 지로(7502116) 등의 방법으로 회비를 납부할 수 있습니다.

회비납부 및 회원정보 관련하여 문의가 계신 회원님께서서는 학회 회원담당자에게 연락주시기 바라며,
회원님의 회원정보(소속, 연락처 등)에 변경사항이 계실 경우 학회 홈페이지에 수정해주시기 바랍니다.
문의처: 회원담당 (TEL: 02-3453-5555 / FAX: 02-539-5588 / Email: information@kics.or.kr)

한국통신학회지 『정보와 통신』 자유 주제 및 담당 편집위원 모집 안내

한국통신학회는 1984년에 학회지 <정보와 통신>을 창간한 이후 매월 IT분야의 최신기술 동향에 대한 특집주제를 마련하여 IT분야의 비전문가도 친숙하게 접할 수 있도록 구성하여 발간하고 있습니다.

한국통신학회에서는 회원 여러분께 다양하고 양질의 콘텐츠를 제공하고자 아래와 같이 학회지 **자유 주제 및 담당 편집위원**을 모집하고 있사오니 아래 일정을 참고하여 회원 여러분의 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

주제를 제안하시고자 하시는 분은 아래 내용을 포함한 제안서를 보내주시면 학회지 운영 위원회의 심사를 거쳐 특집호 주제 선정 여부를 결정하여 안내 드리겠습니다.

※ 편집료 및 원고료 안내

편집료 및 원고료 : 20만원

※ 인센티브제도 도입 : 2주 이내 원고 제출 시 30만원 지급

※ 주제에 따른 저자 선정

- 섭외 원고 편수: **5편 내외**(참고로 편집위원 본인이 작성한 원고를 포함할 수 있습니다.)
- 집필자(안) 포함 내용: 확정된 각 저자의 각 제목, 연락처(소속, 직책, 전화번호, 이메일) 등

제안서

- 주제명 :
- 초청 편집위원 이름, 소속, 직위 :
- 희망 게재 시기(일반적으로 발행월 10일까지 원고가 취합되어야함.)

문의처

한국통신학회 학회지담당
TEL. 02-3453-5555(5) E-mail. kicszine@kics.or.kr



구현, 서베이/튜토리얼, 특집호

한국통신학회 회원 여러분!

안녕하십니까? 한국통신학회 국내논문지 편집위원회입니다.

한국통신학회에서는 논문의 활성화와 회원들에게 실질적으로 도움이 되는 학술 서비스를 위하여 아래의 **구현논문 및 서베이/튜토리얼** 논문을 상시모집중에 있습니다.

아래 논문 외에도 다양한 특별세션 논문도 모집중에 있으니, 회원 여러분의 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

◎ 구현논문

통신 및 융합분야 시스템에 대한 설계 및 구현에 관련된 논문을 모집합니다.

논문의 내용은 시스템의 환경, 하드웨어와 소프트웨어의 구조 및 기능 블록도, 사용자 인터페이스, 시스템의 동작 절차, 테스트 시나리오 등을 포함할 수 있습니다.

논문 구성에 있어서 이론, 증명, 분석이 없어도 무방합니다.

※ 참고사항

- 참고 문헌을 충분한 수로 기재하고, 기재 서식을 준수할 것
- 구현 기술(하드웨어 또는 소프트웨어)에 대한 결과물 사진을 사용할 때,
 - (1) 소프트웨어는 표시하고 있는 정보가 식별 가능한 정도여야 하며
 - (2) 하드웨어의 경우 결과물을 기능 별로 표시하고 설명하는 것이 바람직함

※ 투고방법

- 구분 : 일반, 긴급, 특급, 레터 중 선택
- 분야 : "Part D : System Implementation(구현논문)" 선택
(외에는 기존 논문 투고방법과 동일함.)

◎ 서베이/튜토리얼

물리계층/상위계층/융합/구현(A/B/C/D)분야에서, 연구논문 뿐만 아니라 서베이/튜토리얼 논문도 적극 권장 및 모집합니다.

※ 투고방법

- coverletter란에 '서베이/튜토리얼' 입력
(외에는 기존 논문 투고방법과 동일함.)

◎ 특별세션 논문모집

통신학회 홈페이지(www.kics.or.kr) ⇨ 논문지 ⇨ 특별세션 논문모집

특집 주제 모집 안내

안녕하십니까? 한국통신학회입니다.

저희 학회에서는 논문지의 활성화와 회원들에게 실질적으로 도움이 되는 학술 서비스를 위하여 특집호 주제를 모집하고 있습니다. 특집호의 주제는 통신학회 논문지의 분야와 부합하며 현재 주요한 이슈가 되고 있고 최소 8편이상의 논문이 제출될 수 있는 주제로서, 제안자가 초청 편집장이 되어 해당 특집호의 초청 편집장 및 초청 편집장에 의해 구성된 초청 편집위원회에 의해 제출 논문에 대한 심사 위원 선정 등의 심사 과정이 진행이 됩니다.

특집호 주제를 제안하시고자 하시는 분은 아래 내용을 포함한 특집호 주제 제안서를 보내주시면 통신학회 국내 논문지 편집위원회의 심사를 거쳐 특집호 주제로 선정 여부가 결정이 됩니다.

아래

- 특집호 제목
- 특집호 주제 소개 및 모집 분야
- 초청 편집장 이름, 소속, 직위
- 초청 편집위원 (2-5명) 이름, 소속, 직위
- 희망 게재 시기 (일반적으로 게재월 5개월 전부터 특집호 주제 홍보가 시작되며 3개월 전까지 논문 접수가 마감이 됨.)

문의처 한국통신학회 국내논문 담당자 / 02-3453-5555(5) / journal@kics.or.kr



Special Issue on Mobile and Edge Computing Systems

The ubiquitous deployment of mobile computing platforms and embedded Internet of Things devices have catalyzed the development of various computing services deeply embedded to our everyday lives. Recently with relatively more powerful edge platforms, computationally heavy tasks that could not be previously enabled using resource limited mobile and embedded platforms can be realized to enable a richer set of localized services. The combination of mobile and edge computing systems has enabled the use of tasks such as various deep learning techniques and computationally heavy blockchains to mobile and embedded computing scenarios, but have also introduced new challenges related to utilizing the limited resources, maintaining user privacy and preserving energy efficiency.

The objective of this special issue is to explore recent advances in mobile and edge computing systems to address practical and fundamental challenges. Networking, security, and AI-based schemes to support mobile and edge computing systems as well as application designs are all potential topics that can collectively tackle such challenges. Specifically, potential topics include but are not limited to the following:

- Intelligent deployment of mobile and edge computing systems
- Deep learning technologies for mobile and edge computing
- Novel communication and network paradigms for mobile and edge computing
- Latency and energy-aware computing
- Deep learning model offloading
- Intelligent security and privacy provisioning for mobile and edge computing platforms and systems
- Novel applications and testbeds for mobile and edge computing systems

Interested authors need to submit their papers according to the following schedule:

January 31, 2021: Paper submission deadline (Extended). PDF format with MS word or Latex source to ICT Express website

February 20, 2021: Reviews returned to authors

March 10, 2021: Final revised manuscript due

March 30, 2021: Final Decision Due

June 30, 2021: Publication date

Prof. JeongGil Ko, Yonsei University, Republic of Korea, jeonggil.ko@yonsei.ac.kr

Prof. Sang-Woon Jeon, Hanyang University, Republic of Korea, sangwoonjeon@hanyang.ac.kr

Prof. Joongheon Kim, Korea University, Republic of Korea, joongheon@korea.ac.kr

Prof. Jun Han, National University of Singapore, Singapore, junhan@comp.nus.edu.sg

Submissions should follow the author instruction available at <http://www.journals.elsevier.com/ict-express>. ICT Express is a high-quality quarterly archival journal published by KICS and hosted by Elsevier. ICT Express invites short length (up to 4 pages in double columns) high-quality, original articles. Papers published in the ICT Express are indexed in Directory of Open Access Journals (DOAJ), Science Direct, and SCIE (Science Citation Index Expanded). Learn more about this journal and click here for submission tips. Please, direct inquiries and correspondence regarding intent to submit to the Lead Guest Editor, Prof. JeongGil Ko (jeonggil.ko@yonsei.ac.kr).

Call for Papers

JCN SPECIAL ISSUE ON

Communications and Networking Approaches for Combatting COVID-19

PUBLICATION DATE: October 2021

Communication and Networking researchers have much to offer to help address the on-going COVID-19 pandemic. Wireless networks can be utilized to help facilitate contact tracing and other forms of remote health monitoring. Ideas such as those from coding theory and compressed sensing can be applied to improve group testing algorithms. Epidemic models developed for studying the propagation of information and viruses in communication networks can be adapted to study the propagation of a true epidemic like COVID-19. Techniques such as machine learning can be utilized to make better predictions from limited data. Approaches for privacy and security can be leveraged to protect confidential health information. This special issue seeks original research papers as well as expository and survey papers, addressing such work. Example topics of interest include:

- ✓ Modeling and prediction of epidemics over networks
- ✓ AI/ML applied to epidemic data
- ✓ Approaches for resource constrained testing
- ✓ Adaptive interventions
- ✓ Contact tracing
- ✓ Mobile sensing for health monitoring
- ✓ Privacy in E-health
- ✓ Technologies to mitigate misinformation around epidemics
- ✓ Other communications and networking approaches relevant for combatting COVID-19

Continuing JCN's tradition of fast turnaround together with full peer reviews, a tentative schedule is set as follows:

February 20, 2021	Electronic manuscript (.ps or .pdf) submission to JCN website [An earlier note to editors with intent to submit will be appreciated.]
May 30, 2021	Reviews returned to authors. Papers will be either accepted, rejected, or returned to the authors with requests for changes
August 20, 2021	Final revised manuscript due
October 30, 2021	Special issue published

Prof. Randall Berry, Northwestern University, rberry@northwestern.edu

Prof. Zhu Han, University of Houston, zhan2@uh.edu

Prof. Krishna Narayanan, Texas A&M University, krn@tamu.edu

Prof. H. Vincent Poor, Princeton University, poor@princeton.edu

Dr. Christos Verikoukis, Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya, cveri@cttc.es

Prof. Osman Yağın, Carnegie Mellon University, oyagan@andrew.cmu.edu

Electronic submissions should be made through <http://mc.manuscriptcentral.com:/jcommnet>. Information for authors is available on the JCN web site, <http://www.jcn.or.kr>. The manuscript should be formatted in LaTeX file and uploaded in PDF version. JCN accepts double column FULL papers without page limits that follow the standard of JCN (or similar IEEE) publication format. However, we strongly recommend keeping the page count under 20 pages in double columns for ease of readability. Please direct inquiries and intent to submit notifications to the Lead Guest Editor. JCN is a high-quality bimonthly archival journal, published by the Korean Institute of Communications and Information Sciences with the technical co-sponsorship of the IEEE Communications Society, covering the fields of Communication Theory and Systems, Wireless Communications, and Networks and Services. JCN began publication in March 1999 and is available in IEEE Xplore.

Special Issue on Emerging Blockchain Technologies for Content Protection

Deadline: February 28, 2021

Authors are invited to submit papers for a special section on '*Emerging Blockchain Technologies for Content Protection*' in the **ICT Express** published by the Korean Institute of Communications and Information Sciences (KICS). This special issue aims at providing a comprehensive review on fundamentals as well as the current state-of-the-art on blockchain technologies for digital content protection. Various blockchain based services are becoming and being developed and integrated with our daily lives. This special section seeks recent results for blockchain based content protection. Submissions should review current blockchain technologies for content protection or explore new blockchain applications and usage scenarios for content protection. Technical articles are welcome, but these should be of general interest to an engineering audience.

Topics of interest for this special section include but are not limited to the following:

- New blockchain backbone network and protocol for content protection
- Smart contracts for consumer protection
- Decentralized organizations for consumer protection
- Security and privacy issues on blockchain technologies
- Blockchain applications for consumer protection
- Blockchain usage scenarios for consumer protection
- Blockchain based automations for consumer protection
- Blockchain based payment system for consumer protection
- Real use-cases and business models in consumer protection

Guest Editors:

*Jong-Hyouk Lee, Sejong University, Republic of Korea, [jonghyouk \(at\) sejong.ac.kr](mailto:jonghyouk@sejong.ac.kr)
Kamal Deep Singh, Telecom Saint Etienne, France, [kamal.singh \(at\) univ-st-etienne.fr](mailto:kamal.singh@univ-st-etienne.fr)
Siran Zhang, Carnegie Mellon University, USA, [siranz \(at\) andrew.cmu.edu](mailto:siranz@andrew.cmu.edu)*

Schedule (Tentative):

- *Submission Deadline: February 28, 2021*
- *Author Notification: April 30, 2021*
- *Publication Date: September 30, 2021*

Submission Procedure:

Submissions should follow the author instruction available at <http://www.journals.elsevier.com/ict-express>. ICT Express is a high-quality quarterly archival journal published by KICS and hosted by Elsevier. ICT Express invites short length (up to 4 pages in double columns) high-quality, original articles. Papers published in the ICT Express are indexed in Directory of Open Access Journals (DOAJ), Science Direct, and SCIE (Science Citation Index Expanded). For any questions, please contact the lead guest editor Prof. Jong-Hyouk Lee.

2021년도 한국통신학회 동계종합학술발표회

코로나로 본 행사는 온/오프 하이브리드로 진행할 예정입니다.

온라인중계 ▶ YouTube : 초청강연, IITP특별세션, 튜토리얼 등 주요 강연 온라인중계
온라인발표 : 현장에서 발표 동영상 재생 또는 온라인 프로시딩에서 발표 동영상 시청

일자 2021년 2월 3일(수)~5일(금)

장소 강원도 정선군 하이원리조트

※거리두기 단계에 따라 개최 방식이 변경될수 있습니다.

◎ 조직 위원

· 학술발표회 대회장

김영현(송실대학교 교수)

· 위원장

허 준(고려대학교 교수)

· 위원

고영채(고려대학교 교수)

남해운(한양대학교 교수)

백상현(고려대학교 교수)

최선웅(국민대학교 교수)

주창희(고려대학교 교수)

김상철(국민대학교 교수)

박경준(대구경북과학기술원 교수)

송재승(세종대학교 교수)

최지호(대구경북과학기술원 교수)

김동성(금오공과대학교 교수)

◎ 프로그램 위원

· 위원장

신오순(송실대학교 교수)

채찬병(연세대학교 교수)

김상호(성균관대학교 교수)

· 부위원장

이종호(송실대학교 교수)

손일수(서울과학기술대학교 교수)

정방철(충남대학교 교수)

신원웅(연세대학교 교수)

박은찬(동국대학교 교수)

최계원(성균관대학교 교수)

이성준(한국전자통신연구원 책임연구원)

· 위원

송지호(울산대학교 교수)

조오현(충북대학교 교수)

노 송(인천대학교 교수)

최창식(홍익대학교 교수)

양현중(포항공과대학교 교수)

이제민(대구경북과학기술원 교수)

박정훈(경북대학교 교수)

권태수(서울과학기술대학교 교수)

김정현(순천향대학교 교수)

채승호(한국산업기술대학교 교수)

이병주(금오공과대학교 교수)

· 학부논문

김석찬(부산대학교 교수)

논문모집분야

- 5G 네트워크 및 서비스, 5G/6G 무선통신 및 통신시스템 등
- 인공지능, 빅데이터, IoT 플랫폼, SW, 전파/위성, 블록체인, VR/AR, 지능형반도체, 양자컴퓨팅 등
- ICT융합 기술 : 에너지, 농업, 의료, 국방, 안전/재난, 금융, 교통/자동차/로봇, 항공/드론 등
- 기타 ICT융합 기술 및 정책 분야 등

해동우수논문 모집

- 해동우수논문상 시상
- 우수논문 지도상 시상

일반논문 모집

- Oral 및 Poster 세션 논문
- 우수논문상 및 정부출연연구원 원장상

영어논문 모집

- 외국인 학생을 위한 영어세션
- IET&KICS 영어논문상 시상

특별세션 모집

- 튜토리얼 및 기관/연구소/산업체 세션
- ITRC, 지부, 연구회 등

학부논문 모집

- 졸업프로젝트 성과 발표
- 학부 논문상 시상

Best Paper Awards

해동우수논문상

우수논문지도상

우수논문상

IET&KICS 영어논문상

정부출연연구원 원장상

학부논문상

논문 제출 방법

- 제출방법 : 학술대회 홈페이지(<http://conf.kics.or.kr>)온라인 제출
- 작성방법 : 논문제출 작성요령을 참고하여 A4 1~2페이지 분량(홈페이지 샘플참조)
- 논문결과 공지 : 추후 홈페이지 공지 예정
- 우수논문 응모 : 선정된 우수논문은 2021년도 하계종합학술발표회에서 시상합니다.

동영상 제출 방법

- 제출방법 : 추후 공지
- 동영상 작성 방법 : 발표시간은 5분~10분 정도, 용량은 500MB 이하, 파일은 MP4 파일로 업로드
- 동영상제출 마감일 : 2021년 1월 22일(금)까지

문의처

- 한국통신학회 사무국 학술발표회 담당자
- TEL : (02) 3453-5555 (내선 3번) · FAX : (02) 539-5588 · E-mail : conf2@kics.or.kr
- 홈페이지 : 동계종합학술발표회 홈페이지 <http://conf.kics.or.kr/> 또는 학회 홈페이지 <http://www.kics.or.kr> 동계종합학술발표회 배너 클릭

주요 일정

- 해동우수논문 제출 ~ 1월 15일(금)
- 일반/영어/학부논문 제출 ~ 1월 22일(금)

2021년 학술 활동 계획

연월	주관	구분	행사명	개최일	개최장소	담당 이사 및 담당 위원장	연락처
1월	지능1(7번1)	본회	머신러닝을 위한 수학 기초 강좌	1/20-22	온라인 개최	한국통신학회	최선웅 / 국민대학교
	지능2(7번2)	본회	제2회 강화학습 기초 및 응용 강좌	1/25-27	온라인 개최	한국통신학회	주창희 / 고려대학교
	부호 및 정보이론 연구회	연구회	2021년도 직장인과 대학원생을 위한 오류정정부호 단기강좌	1/25-28	온라인 개최	부호 및 정보이론 연구회 위원장	김상호 / 성균관대학교
2월	한국통신학회	본회	2021년도 한국통신학회 동계종합학술발표회	2/3-5	강원 하이원리조트	한국통신학회	
	에너지 소사이어티	소사이어티	에너지 소사이어티 특별세션 - 2021년도 한국통신학회 동계종합학술발표회	2/3-5	강원 하이원리조트	에너지 소사이어티 회장	이일우 / ETRI
	통신네트워크 소사이어티	소사이어티	통신 및 네트워크 소사이어티 특별세션 - 2021년도 한국통신학회 동계종합학술발표회	2/3-5	강원 하이원리조트	통신네트워크 소사이어티 회장	백상현 / 고려대학교
	이동통신 소사이어티	소사이어티	이동통신 소사이어티 특별세션(2개 세션) - 2021년도 한국통신학회 동계종합학술발표회	2/3-5	강원 하이원리조트	이동통신 소사이어티 회장	김선우 / 한양대학교
	부호 및 정보이론 연구회	연구회	부호 및 정보이론 연구회 특별 세션 - 2021년도 한국통신학회 동계종합학술발표회	2/3-5	강원 하이원리조트	부호 및 정보이론 연구회 위원장	김상호 / 성균관대학교
	민·군 ICT융합 연구회	연구회	민·군 ICT융합 연구회특별세션 - 2021년도 한국통신학회 동계종합학술발표회	2/3-5	강원 하이원리조트	민·군 ICT융합 연구회 위원장	김동성 / 금오공과대학교
	마이크로파 및 전파전자 연구회	연구회	마이크로파 및 전파전자연구회 특별세션 - 2021년도 한국통신학회 동계종합학술발표회	2/3-5	강원 하이원리조트	마이크로파 및 전파전자연구회 위원장	강승택 / 인천대학교
	스마트그리드 연구회	연구회	스마트그리드 연구회 특별세션 - 2021년도 한국통신학회 동계종합학술발표회	2/3-5	강원 하이원리조트	스마트그리드 연구회 위원장	최성곤 / 충북대학교
	검출추정이론 연구회	연구회	검출추정이론 연구회 특별세션 - 2021년도 한국통신학회 동계종합학술발표회	2/3-5	강원 하이원리조트	검출추정이론 연구회 위원장	
	통신네트워크 소사이어티	소사이어티	ns-3를 이용한 네트워크 시뮬레이션 기초 단기 강좌	2/15-16	온라인 개최	통신네트워크 소사이어티 회장	백상현 / 고려대학교
	지능3(SW)	본회	인공지능 기초/응용 SW 프로그래밍 단기강좌	2/17-19	온라인 개최	한국통신학회	김상철 / 국민대학교
	이동통신 소사이어티	소사이어티	제26회 이동통신기술 기술 워크숍	2/22-23	온오프라인개최	이동통신소사이어티 회장 IEEE VTS Seoul Chapter	김선우 / 한양대학교 김재현 / 아주대학교
	지능4(융합)	본회	인공지능 기초 통신/네트워크 단기강좌 1	2/24-26	온라인 개최	한국통신학회	박경준 / DGIST
	3월	한국통신학회	본회	ICT Convergence Korea	3/17-18	양재 The K Hotel	한국통신학회
인공지능 소사이어티		소사이어티	튜토리얼1	3/27	미정	인공지능 소사이어티 회장	한동석 / 경북대학교
4월	인공지능 소사이어티	소사이어티	AI 국제학술대회 ICAIIC 2021	4/13-16	제주 한라대학교	인공지능 소사이어티 회장	한동석 / 경북대학교
	5G/6G 이동통신	본회	5G/6G 핵심기술 워크숍	4/15-16	미정	한국통신학회	고영재 / 고려대학교
	한국통신학회	본회	제66회 정보통신의 날	4/22	(미정) JW메리어트, 양재The K Hotel, L타워	한국통신학회	
	이동통신 소사이어티	소사이어티	JCCI 2021	4/28-30	부산 해운대 파크하얏트호텔	이동통신 소사이어티 회장	김선우 / 한양대학교 김재현 / 아주대학교
	통신네트워크 소사이어티 이동통신 소사이어티	소사이어티	제14회 미래통신기술 워크숍	4월 중	고려대학교	통신네트워크 소사이어티 회장 이동통신 소사이어티 회장	백상현 / 고려대학교 김선우 / 한양대학교
	이동통신표준	본회	누구나 배워서 이해할 수 있는 이동통신표준 기술 단기강좌	4월 중	미정	한국통신학회	남해운 / 한양대학교
	스마트 모빌리티	본회	미래 모빌리티 워크숍	4월 중	미정	한국통신학회	최지웅 / DGIST

2021년 학술 활동 계획

연월	주관	구분	행사명	개최일	개최장소	담당 이사 및 담당 위원장	연락처
5월	한국통신학회	본회	KICS AI Summit	5/20-21	The K Hotel	한국통신학회	
	마이크로파 및 전파전자 연구회	연구회	춘계 마이크로파 및 전파 학술대회	5월 중	(미정)전북대 순천향대학교	마이크로파 및 전파전자연구회 위원장	강승택 / 인천대학교
	5G/6G 네트워크	본회	5G/6G 네트워크 표준 기술 워크샵	5월 중	미정	한국통신학회	백상현 / 고려대학교
	IOT	본회	지능형 사물인터넷 플랫폼 기술 및 표준 세미나	5월 중	미정	한국통신학회	송재승 / 세종대학교
6월	한국통신학회	본회	2021년도 한국통신학회 하계종합학술발표회	6/16-18	제주 라마다프라자 호텔	한국통신학회	
	통신네트워크 소사이어티	소사이어티	ICUFN 2021	6/29-7/2	포르투갈, 폴도	통신네트워크 소사이어티 회장	백상현 / 고려대학교
	부호 및 정보이론 연구회	연구회	2021년 제2회 부호 및 정보이론 워크숍	6월 중	미정	부호 및 정보이론 연구회 위원장	김상호 / 성균관대학교
7월	에너지 소사이어티	소사이어티	디지털/그린뉴딜과 에너지 ICT	7/15	(미정)과학기술회관	에너지 소사이어티 회장	이일우 / ETRI
	통신네트워크 소사이어티	소사이어티	제15회 통신네트워크 기초 및 핵심기술 단기강좌	7월 중	고려대학교	통신네트워크 소사이어티 회장	백상현 / 고려대학교
8월	이동통신 소사이어티	소사이어티	이동 및 무선통신 단기강좌	8월 중	미정	이동통신 소사이어티 회장	김선우 / 한양대학교
	마이크로파 및 전파전자 연구회	연구회	5G/6G 이동통신하드웨어 기술 워크샵	8월 중	RFID/USN 센터	마이크로파 및 전파전자연구회 위원장	강승택 / 인천대학교
	양자통신 연구회	연구회	제6회 양자통신 및 양자컴퓨터 기초 단기강좌	8월 중	(미정)카이스트	양자통신 연구회 위원장	허준 / 고려대학교
	지능1(기반1)	본회	인공지능 개발자들이 꼭 알아야 할 수학 기초 강좌	8월 중	미정	한국통신학회	최선웅 / 국민대학교
	지능2(기반2)	본회	강화학습 단기강좌	8월 중	미정	한국통신학회	주창희 / 고려대학교
	지능3(SW)	본회	머신러닝 기초/응용 SW 프로그래밍 단기강좌	8월 중	미정	한국통신학회	김상철 / 국민대학교
	지능4(융합)	본회	인공지능 기초 통신/네트워크 단기강좌 2	8월 중	미정	한국통신학회	박경준 / DGIST
	5G/6G이동통신	본회	6G 통신 핵심 기술 이해를 위한 통신수학 단기강좌	8/30-9/3	미정	한국통신학회	고영태 / 고려대학교
9월	인공지능 소사이어티	소사이어티	튜토리얼2	9/10	미정	인공지능 소사이어티 회장	한동석 / 경북대학교
	공공안전융합기술 연구회	연구회	2021년 공공안전융합기술 워크샵	9월 중	미정	공공안전융합기술연구회 위원장	신요안 / 송실대학교
	스마트 모빌리티	본회	제2회 미래자동차 기술 공동워크숍	9월-10월 중	미정	한국통신학회	최지웅 / DGIST
10월	한국통신학회	본회	명예회장 간담회	10/6	아세아루안	한국통신학회	
	한국통신학회	본회	ICTC 2021	10/20-22	제주 라마다프라자 호텔	한국통신학회	
	부호 및 정보이론 연구회	연구회	2021년 제3회 부호 및 정보이론 워크숍	10월 중	미정	부호 및 정보이론 연구회 위원장	김상호 / 성균관대학교
	이동통신표준	본회	누구나 배워서 이해할 수 있는 이동 및 무선통신 표준 워크샵	10월 중	미정	한국통신학회	남해운 / 한양대학교
	5G/6G네트워크	본회	5G/6G MEC 기술 워크샵	10월 중	미정	한국통신학회	백상현 / 고려대학교
	IOT	본회	데이터 중심 스마트시티 기술 및 표준 세미나	10월 중	미정	한국통신학회	송재승 / 세종대학교
11월	에너지 소사이어티	소사이어티	에너지 디지털 트윈	11/15	(미정)과학기술회관	에너지 소사이어티 회장	이일우 / ETRI
	한국통신학회	본회	2021년도 한국통신학회 추계종합학술발표회	11/19-20	여수 히든베이호텔	한국통신학회	
	무선측위 및 항법기술 연구회	연구회	6G 무인이동체 융합기술 워크숍	미정	미정	무선측위 및 항법기술 연구회 위원장	공승현 / 카이스트
12월	스마트그리드 연구회	연구회	신재생 에너지를 활용한 자율주행용 데이터 네트워크 AI 엔진/부품 기술개발 워크샵	12/18	충북대학교	스마트그리드 연구회 위원장	최성곤 / 충북대학교

학술대회/전시회 일정

본 학술대회/전시회 일정란은 국내외에서 개최되는 각종 학술대회 및 전시회를 소개하고자 합니다.
본 란에 게재를 희망하시는 분은 간략한 학술대회/전시회 정보를 아래의 연락처로 알려주시면, 학회지원위원회에서 심의하여 다음호에 신도록 하겠습니다.

[연락처]

한국통신학회 사무국 학회지 담당 (E-mail : kicszine@kics.or.kr)

2021년 1월	01-5~01-9	COMSNETS 2021: International Conference on COMMunication Systems & NETworkS 2021	Bengaluru Karnataka India	https://www.comsnets.org/
	01-9~01-12	IEEE CCNC 2021: IEEE Consumer Communications and Networking Conference 2021	Las Vegas, NV United States	https://ccnc2021.ieee-ccnc.org/
	01-13~01-15	IEEE ICCE 2020: IEEE International Conference on Communications and Electronics 2020	Phu Quoc Island Vietnam	https://www.ieee-icce.org/
	01-25~01-29	FRUCT28 2021: Conference of Open Innovations Association (FRUCT) 2021	Moscow Moskovskaya oblast' Russia	https://www.fruct.org/conference28
2021년 2월	02-07~02-10	ICACT 2021: International Conference on Advanced Communication Technology 2021		http://www.ifact.org/
2021년 3월	03-1~ 03-4	ICIN 2021: Conference on Innovation in Clouds, Internet and Networks and Workshops 2021	Paris France	https://www.icin-conference.org/
	03-9~03-11	WONS 2021: Annual Conference on Wireless On-demand Network Systems and Services Conference 2021	Klosters Switzerland	https://wons-conference.org/
	03-29~04-01	IEEE WCNC 2021: IEEE Wireless Communications and Networking Conference 2021	Nanjing Shi Jiangsu Sheng, China	https://wcnc2021.ieee-wcnc.org/
2021년 4월	04-19~04-22	DRCN 2021: International Conference on the Design of Reliable Communication Networks 2021	Milan MI Italy	https://www.drcn2021.polimi.it/
	04-20~04-23	ICAHC 2021: International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication 2021	Jeju-si Jeju-do South Korea	http://icaic.org/
2021년 5월	05-3~05-6	IEEE ICBC 2021: IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency 2021	Virtual	https://icbc2021.ieee-icbc.org/?_ga=2.137687600.1878040577.1610079698-2000991524.1600928169
	05-9~05-14	IEEE CQR 2021: IEEE International Communications Quality and Reliability Workshop 2021	Naples, FL United States	
	05-10~05-13	IEEE INFOCOM 2021: IEEE International Conference on Computer Communications 2021	Virtual	https://infocom2021.ieee-infocom.org/
	05-24~05-28	IEEE BlackSeaCom 2021: IEEE Black Sea Conference on Communications and Networking 2021	Bucharest Romania	
	05-30~06-2	IEEE CTW 2021: IEEE Communications Theory Workshop 2021	Banff AB Canada	

포스트코로나 시대의 DNA(Data, Network, AI) 기반 디지털혁신을 선도하는 한국통신학회



한국통신학회 회장 김영한
숭실대학교 교수

한국통신학회 회원 여러분, 2021년 새해를 맞이하여 회원 여러분의 가정과 직장에 올 한 해 좋은 일들만 가득하기를 기원합니다.

지난해는 갑자기 찾아온 COVID19 바이러스로 우리의 일상생활이 크게 제한되었고 새해가 되었지만 아직도 극복되지 못한 어려움 속 있습니다. 학회도 많은 활동들을 대면과 비대면 형태를 혼합해서 진행해가며 어려운 가운데 안전하게 활동을 지속해왔습니다. 특히 이런 힘든 환경 속에서도 회원님들의 적극적인 온라인 또는 현장 참여로 학회의 활동은 정체되지 않고 계속 발전해 올 수 있었습니다.

한국통신학회의 일원으로서 무한한 자긍심을 느끼면서 다시 한번 회원님 모두에게 깊이 감사드립니다. 새해에는 우리나라가 신속히 COVID19로부터 벗어나고 다시 우리의 소중한 일상이 찾아올 것을 소망하며 확신합니다. 그러면서 올 한해는 코로나 상황과 포스트 코로나시대를 동시에 대비한 학회활동이 준비되어야 할 것으로 생각하면서 다음과 같은 방향으로 회원들과 같이 나아가겠습니다.

1) 미래를 향한 온라인 활동을 체계화 하겠습니다.

학회의 대 회원 서비스를 모바일 중심으로 전환시켜 나아가겠습니다. 모바일에 친화적인 홈페이지, SNS서비스를 시작하겠습니다. 체계적인 온라인 단기강좌, 현장과 온라인이 조화된 워크샵, 학술대회 등 학회의 모든 활동을 온라인과 조화롭게 변화시켜 가겠습니다.

2) AI와 6G 기술을 선도하는 학회가 되도록 하겠습니다.

2020년에 시작된 6G포럼활동을 보다 개방적으로 모든 회원들이 참여하여 함께 토론하고 미래기술의 방향을 모색하는 장으로 발전시키겠습니다. 또한 AI기술에서도 기술공유와 토론의 장을 확대하여 AI기술분야에서도 선도적인 학회로서의 위상을 높이도록 하며 플랫폼 역할을 하겠습니다.

3) 회원들을 위한 서비스를 한 단계 높이겠습니다.

새롭게 마련된 학회회관을 중심으로 회원들에게 유익한 공간으로서 즐거운 교류의 공간이 되도록 하겠습니다. 국내논문지, JCN, 새롭게 SCI급의 저널로 승격된 ICT Express등 학회 논문지를 더욱 발전시키고 학회지와 뉴스레터 등을 모바일에 친화적인 소식매체로 발전시키겠습니다.

4) 학회의 지경을 깊고 넓게 확대해 나가도록 하겠습니다.

일반 사회에서의 한국통신학회의 인지도 제고를 위해 홍보를 체계화하고 정부정책에 대한 학회로서의 활동도 강화하겠습니다. 디지털 뉴딜 사업과 연계된 ICT 융합 워크샵, 지부활동 활성화를 위한 찾아가는 워크샵, 여성회원 확대를 위한 지원과 활동, 신진연구자 모임의 정례화, 국외지부의 개척 등 학회의 지평을 한 차원 넓히도록 하겠습니다.

이 모든 활동들은 회원 모두가 같이 할 때 진정한 의미가 생긴다고 확신합니다. 올 한해 회원님들 모두와 DNA의 엔진을 달고 디지털혁신을 선도하는 한국통신학회로 함께 달려 나아가겠습니다.

약 력

김 영 한 송실대학교 교수

(현) 송실대학교 전자정보공학부 교수

(전) 대학연구센터협의회 회장, IETF 포럼 Korea 의장

(전) 1984/1986/1990 서울대학교 학사, KAIST 석사/박사

로봇 기술은 비대면 서비스를 실현하고 4차 산업혁명 유발 기술로써 유연한 생산·유통 시스템을 구현할 핵심 기술로 빠르게 발전하고 있습니다.



코로나19로 촉발된 전 지구적 위기는 단 1년 만에 우리의 생활을 송두리째 바꿔놓고 있으며 더 나아가 인류 문명의 변곡점이 될 것이라는 예측까지 등장하고 있습니다. 이로 인하여 일상 생활에서는 비대면 서비스에 대한 수요가, 산업 현장에서는 불확실성에 대비하여 복원력을 갖고 유연한 생산·유통 시스템에 대한 요구가 증가하고 있습니다. 이러한 시기에 로봇 기술은 비대면 서비스를 실현하고 4차 산업혁명 유발 기술로써 유연한 생산·유통 시스템을 구현할 핵심 기술의 하나로 큰 관심 받으며 빠르게 발전하고 있습니다.

본 특집호에서는 최근의 인공지능 기술의 등장과 로봇 기반 기술의 발전과 함께 서비스와 제조 분야에서 활발하게 이루어지고 있는 지능형 로봇 연구와 관련된 5편의 원고를 다루고 있습니다. 첫 번째 원고에서는 지능형 로봇에서 가장 중요한 요소인 로봇 지능이 클라우드를 통해 어떻게 발전할 것인지를 사례를 통해 살펴보고 있습니다. 로봇에 요구되는 지능의 수준은 높아지는데 로봇 몸체에서 모든 연산을 수행하는 것이 구현하기 어려울 뿐만 아니라 비경제적이기도 하기 때문에 클라우드를 통한 로봇 지능 증강 기술은 지능형 로봇에서 필수적인 기술로 연구되고 있습니다. 두 번째 원고에서는 유연한 생산 시스템의 핵심요소로써 제조로봇이 5G기술, 빅데이터 등 ICT 기술들과 융합하여 첨단제조로봇으로 변화할 방향에 대해 국내외 기술 개발 및 인프라, 정책 동향 등 다양한 측면에서 살펴보고 있습니다. 세 번째 원고에서는 유연한 유통 시스템 및 비대면 서비스 구현을 위한 혁신 기술로서의 물류 로봇 기술 연구 동향을 살펴보고 있습니다. 유연한 유통 시스템 구현을 위한 피킹로봇 기술부터 진정한 비대면 서비스를 앞당기는 배달로봇까지 최근 활발하게 연구가 진행되는 두 가지 물류 로봇 기술에 대해 국내외 연구·개발 동향을 살펴봅니다. 네 번째 원고에서는 사회적 불안을 감소시키고 위험지역을 무인으로 감시할 수 있는 지능형 로봇 기반의 무인경비 서비스를 살펴봅니다. 실외 환경에서 다수의 고정형 에이전트와 지능형 로봇을 이용한 실외무인경비 시스템을 제안하고 실제 사이트에 적용한 결과를 제시하고 있습니다. 다섯 번째 원고에서는 로봇을 사람과 같은 공간에서 사용하기 위해 필수적으로 확보하여야 할 안전과 관련된 이슈로 이동·조작 로봇과 관련된 표준 현황과 적용 방안을 살펴보고 있습니다. 개발 및 서비스 단계에서 활용될 수 있는 안전 기술이 확보된다면 국내 로봇 제조사들의 경쟁력이 더욱 강화 될 것으로 예상됩니다.

끝으로 바쁘신 가운데에서 논문을 투고해주신 저자 여러분의 노고에 깊이 감사드립니다. 이번 호에 게재된 글을 통하여 지능형 로봇에 대한 이해를 증진하고 로봇 산업 발전에 도움이 되기를 기원합니다.

약 력

황 정 훈 한국전자기술연구원 지능로보틱스연구센터장

학력 : 연세대학교 기계공학과 공학사, 한국과학기술원 기계공학과 공학석사, 한국과학기술원 기계공학과 공학박사

경력 : 한국전자기술연구원 차세대로봇전략기술지원단 선임연구원, 한국전자기술연구원 지능로보틱스연구센터 책임연구원

사례로 살펴보는 클라우드 기반 로봇 지능의 발전 단계

김재홍, 장민수
한국전자통신연구원

요약

많은 사람들이 생각하고 있는 클라우드 로봇의 개념은 클라우드 컴퓨팅과 로봇의 단순한 결합 형태이다. 즉, 클라우드 컴퓨팅을 로봇 분야에 적용하여 복잡한 연산을 클라우드에서 수행한 후 그 결과를 로봇에서 활용하는 구조이다. 하지만, 클라우드 로봇의 개념은 여기에 그치지 않고 로봇 지능 기술이 어떤 형태로 적용되고 발전하는지가 중요한 차이점을 만든다. 본 고에서는 클라우드 기반 로봇 지능의 발전 단계를 4단계로 정의하고 대표적인 사례를 통해 단계별 차이점을 알아보고, 클라우드 기반 로봇 지능 증강 실현을 위해 필요한 기술 동향에 대해 살펴본다.

I. 서론

현재의 클라우드 로봇과 유사한 최초의 개념은 Masayuki Inaba가 1997년 IJCAI에서 발표한 원격 두뇌 로봇(Remote-Brained Robots)[1] 으로 많이 알려져 있으나 실제로는 같은 저자에 의해 이보다 먼저 원격 두뇌 로봇 개념이 소개되어[2][3] 최초로 원격 두뇌 로봇 개념이 소개된 시점은 1993년으로 볼 수 있다.

원격 두뇌 로봇의 기본 아이디어는 로봇 몸체에서 복잡한 계산을 할 수 없으니 실세계에 있는 로봇이 무선 통신을 통해 대용량 컴퓨터에서 동작하는 인공지능 시스템을 활용하자는 것이었다. 즉, 무선 통신 기술을 활용하여 로봇의 두뇌와 몸체를 분리하자는 것이 아이디어의 핵심이었으며 당시로서는 앞으로 무선 통신의 시대가 도래할 것으로 예상하며 제안된 개념이었다.

클라우드 로봇이라는 용어가 처음 사용된 것은 2010년 구글 James Kuffner가 발표한 “Cloud-enabled Robots”논문이다 [4]. 방대한 컴퓨팅 인프라와 데이터를 가진 클라우드 활용을 통해 로봇이 이미지 처리나 음성인식과 같은 많은 계산을 요구하는 작업을 클라우드에서 수행하는 개념을 제시하였으며, 이전에 본적이 없는 컵의 사진을 로봇이 클라우드로 전송하면 그 컵의

이름, 3D 모델, 사용법 등을 클라우드에서 로봇으로 전송해주는 개념 등이 소개되었다.

James Kuffner는 클라우드 로봇 기술을 통해 로봇이 더 소형화되고 가격이 저렴해지며 더 지능적이 될 것이라고 하였으며, 로봇을 위한 앱 스토어의 등장도 예고하였다[5].

최근 클라우드 기반 SW 융합을 통해 지능형 로봇을 포함한 기존 산업의 혁신과 다양한 신서비스 창출이 가속화될 것으로 전망되고 있으며, 클라우드 인프라(IaaS: Infrastructure as a Service, PaaS: Platform as a Service)의 경우 연평균 31% 고 성장이 예상되는 가운데 아마존(AWS), MS(Azure), 구글(Google Cloud) 등에서 제공하는 서비스가 이미 활용되고 있다[6].

2019년 상용화된 5G는 초고속, 실시간으로 대용량 데이터와 로봇 단말을 포함한 모든 장치를 연결시키는 핵심 인프라로서 전후방 산업에 광범위한 파급효과를 유발하며 우리경제의 새로운 도약을 이끌 원동력으로 주목받고 있다. 이에 정부는 <그림 1>에 도식화된 것과 같이 5G+ 전략산업을 선정하고 중점 투자를 통해 5G기반 신산업을 육성한다는 계획을 발표하였으며, 5G+ 10대 핵심산업에 클라우드와 연결된 커넥티드 로봇(Connected Robot, 클라우드 로봇)이 포함되었다[7].

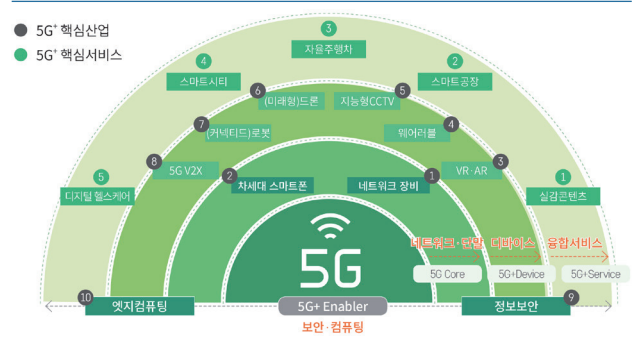


그림 1. 5G+ 전략산업 (그림 출처: [7])

5G+ 전략에서 커넥티드 로봇은 클라우드, 5G, 인공지능 기술의 결합을 통해 다양한 비즈니스와 생활영역에서 지능형 로봇 서비스 분야의 신시장 창출을 목표로 하고 있다. 클라우드와 5G 외에 인공지능 기술 또한 클라우드 로봇을 실현하는데 필수적으

로, 정부에서는 AI시대 미래 비전과 전략을 담은 인공지능 국가 전략을 2019년 발표하였다[8]. 이와 같이 클라우드 로봇 개념을 실현시킬 수 있는 관련 기술, 서비스 및 정부의 정책 환경이 조성되고 있는 중이다.

마지막으로 클라우드 로봇 시장에 대해 살펴보면, 세계 클라우드 로봇 시장은 2017년 21.8억 달러에서 2022년 75.1억 달러로 연평균 28.1% 성장이 전망되고 있다[9]. 로봇 개발 생산성 및 유지 관리 효율성 제고 등에 따라 서비스 로봇을 중심으로 클라우드 로봇 시대가 시작될 것으로 전망하고 있으며 분야별로는 클라우드 로봇 PaaS 및 소비자용 로봇 시장의 빠른 성장을 예상하였다.

세부적으로는 SaaS(Software as a Service), IaaS, PaaS 시장이 2022년에 각각 29.3억불(CAGR 25.3%), 25.8억불(CAGR 28.9%), 20억불(CAGR 31.7%) 규모로 성장할 것으로 전망하였으며, 응용 분야로는 소비자용, 군용, 상업용, 산업용 로봇 순으로 시장 성장이 빠를 것으로 예상하였다[9].

본 고에서는 이와 같이 미래 지능형 로봇이 지향해야 할 방향으로 최근 많은 관심을 받고 있는 클라우드 로봇에 대해 구체적으로 살펴본다.

많은 사람들이 생각하고 있는 클라우드 로봇의 개념은 클라우드 컴퓨팅과 로봇의 단순한 결합 형태라고 볼 수 있다. 즉, 클라우드 컴퓨팅을 로봇 분야에 적용하여 복잡한 연산을 클라우드에서 수행한 후 그 결과를 로봇에서 활용하는 구조로 원격 두뇌 로봇이나 James Kuffner가 제안한 클라우드 로봇 초기 개념과 유사하다.

하지만, 클라우드 로봇 개념은 로봇이 단순히 클라우드 인프라와 무선 통신(5G)을 활용하는 것에 그치지 않고 로봇 지능을 포함한 인공지능 기술이 어떤 형태로 적용되고 발전하는지가 중요한 차이점을 만든다. 본 고의 2장에서 클라우드 기반 로봇 지능의 발전 단계를 4단계로 정의하고, 3~5장에서 대표적인 사례를 통해 단계별 차이점을 알아보고, 클라우드 기반 로봇 지능 증강 실현을 위해 필요한 기술 동향에 대해 살펴본다.

II. 클라우드 기반 로봇 지능의 발전 단계

현재 기술 수준을 쉽게 파악하고 비교하기 위한 좋은 방법은 기술의 발전 단계를 정의하는 것이다. 잘 알려진 예로 미국자동차공학회(SAE)에서 레벨 0(전통적 주행)에서 레벨 5(완전 자율주행)까지 6단계로 정의한 자율주행차 발전 단계[10]가 있으며, 무인화 시스템의 자율성을 레벨 0(원격조정)에서 레벨 10(완전, 지능적 자율)까지 11단계로 정의한 ALFUS(Autonomy Levels

for Unmanned Systems)도 있다[11].

이 외에도 EU에서 로봇 지능의 세부 기술별로 기술 수준을 정의한 바 있으며[12], 한국전자통신연구원에서도 2020년 발간한 “지능정보사회로 가는 길 - 기술발전지도 2035”에서 로봇 소셜 상호작용 지능, 로봇 이동 지능, 인간-로봇 협업작업 지능을 레벨 0에서 레벨 5까지 6단계로 정의한 바 있다[13]. 다만, 자율주행차 발전 단계와 달리 아직까지 로봇 지능의 레벨은 표준화되어 모든 연구자들이 공유하는 단계에 이르지 못하고 있다.

클라우드 기반 로봇 지능의 발전 단계와 관련하여 현재까지 정의된 기술 레벨은 없는 것으로 파악된다. 본 고에서는 현재까지 알려진 클라우드 로봇 기술, 클라우드 기반 로봇 제품 및 서비스 동향 등을 분석하여 클라우드 기반 로봇 지능의 발전 단계를 표 1과 같이 레벨 0(Standalone)에서 레벨 3(완전 자율 지능 증강)까지 4단계로 정의하였다.

다만, 이 발전 단계 정의는 저자의 주관적 관점이며 클라우드를 기반으로 로봇 지능이 어떻게 활용되고 발전되어 가는지에 초점이 맞춰진 것임을 밝힌다. 이 정의는 자율주행[10], 로봇/무인화시스템 자율성[11], 로봇 세부 지능[12][13] 등 지능의 자율성이나 지능의 수준 관점의 정의와는 다르며 한 단계 상위 개념의 메타 지능 관점으로 볼 수 있다.

표 1. 클라우드 기반 로봇 지능 발전 단계

단계	정의 및 핵심 키워드
0	클라우드에 연결되지 않은 로봇(Standalone)
1	로봇이 네트워크를 통해 클라우드의 컴퓨팅 인프라 및 지능 활용(지능 공유)
2	다수 로봇의 경험을 클라우드에서 공유하여 로봇의 지능을 사람의 개입을 통해 증강 (반 자율 지능 증강)
3	다수 로봇의 경험을 클라우드에서 공유하여 로봇의 지능을 사람의 개입없이 증강 (완전 자율 지능 증강)

레벨 0는 클라우드에 연결되지 않은 standalone 형태의 로봇이기 때문에 별도로 설명을 하지 않는다. 레벨 0 단계의 로봇은 초기에 탑재된 지능이 변하지 않거나 필요한 경우에 사용자가 직접 컴퓨터 등을 통해 인터넷에 연결하여 로봇의 지능을 업데이트하는 경우에 해당한다.

레벨 1은 로봇이 네트워크를 통해 클라우드의 컴퓨팅 인프라 및 지능을 활용하는 단계이다. 단순히 서비스 사업자가 제공하는 클라우드의 음성인식, 이미지 인식 등 범용 인공지능 API를 활용하거나, 자체 개발한 자율주행, 물체 조작, 행동인식 등 로봇 특화 지능 알고리즘을 클라우드의 고성능 CPU/GPU 자원 및 스토리지를 활용해 수행하여 다수의 로봇에서 공유하는 형태가 레

벨 1에 해당된다.

레벨 2는 레벨 1처럼 단순히 클라우드를 지능(범용 인공지능, 로봇 특화 지능)의 공유를 위해 활용하는 것에서 벗어나 클라우드에 연결된 로봇이 본 것, 들은 것, 행동한 것, 행동에 대한 사람들의 반응 등 다수 로봇의 상황에 따른 경험을 클라우드에서 공유하여 지능을 증강시키는 단계이다. 다만 사람의 개입없이 완전 자율 지능 증강이 가능하기까지는 아직 많은 시간이 필요하므로 중간 단계로서 2단계를 정의하였다.

레벨 3은 다수 로봇의 상황에 따른 경험을 클라우드에서 공유하여 지능을 사람의 개입없이 자율적으로 증강시키는 단계로, 클라우드 기반 자율성장형 로봇 지능 개념이다.

<그림 2>는 클라우드 서비스 모델을 관리 주체 중심으로 비교한 것으로 뒤의 설명에서 <그림 2>의 모델을 참고할 수 있도록 포함하였다. 본 고에서는 <표 1>의 지능 발전 단계 레벨 0와 <그림 2>의 On Premises 모델을 유사한 개념으로 보지 않는다. <표 1>의 레벨 1 ~ 레벨3에서 언급하는 클라우드는 자체 구축 또는 서비스 사업자 제공 형태와 관계없이 클라우드를 통한 지능의 공유와 증강에 초점이 맞춰진 개념으로 보고 있다.

On Premises (own Server)	IaaS	PaaS	SaaS
Applications	Applications	Applications	Applications
Data	Data	Data	Data
Runtime	Runtime	Runtime	Runtime
Middleware	Middleware	Middleware	Middleware
O/S	O/S	O/S	O/S
Virtualization	Virtualization	Virtualization	Virtualization
Servers	Servers	Servers	Servers
Storage	Storage	Storage	Storage
Networking	Networking	Networking	Networking

You Manage	Service Provider Manages
------------	--------------------------

그림 2. 클라우드 서비스 모델

III. 클라우드 기반 지능 공유

클라우드 로봇이라고 부르는 첫번째 단계는 레벨 1 컴퓨팅 인프라 및 지능 공유형 클라우드 로봇이다. 많은 사람들이 생각하고 있는 클라우드 로봇의 개념으로 클라우드 컴퓨팅과 로봇의 단순한 결합 형태라고 볼 수 있다.

레벨 1 내에서도 IaaS, PaaS, SaaS 3가지로 세분화해서 클

라우드 기반 지능 공유 유형을 나누어 볼 수 있다. 가장 단순한 IaaS 형태의 경우 음성인식, 이미지 인식 등 범용 인공지능 알고리즘이나 자체 개발한 자율주행, 물체 조작, 행동 인식 등 로봇 특화 지능 알고리즘을 클라우드 인프라에서 수행하여 API 형태의 서비스로 제공받는 경우이다.

지능의 공유 관점에서 보면 범용 인공지능 또는 로봇 특화 지능 알고리즘을 클라우드의 고성능 CPU/GPU 자원 및 스토리지를 활용해 수행하여 다수의 로봇에서 활용 가능한 형태로 공유하는 방식이다. 상용로봇의 다수가 이 유형에 해당하므로 이 유형의 사례는 별도로 들지 않는다.

PaaS 형태의 대표적인 사례로는 아마존 AWS RoboMaker[14]가 있다. RoboMaker는 클라우드 환경에서 로보틱스 어플리케이션을 시뮬레이션, 빌드, 배포, 모니터링할 수 있는 상용 통합 개발 환경이다.

<그림 3> 개념도에 간략하게 도시된 바와 같이 개발자가 클라우드 상에서 제공되는 AWS RoboMaker 환경에 로그인하여 로봇 응용을 개발하고 테스트 한 뒤에 로봇 HW에 배포까지 할 수 있다. RoboMaker는 AWS에서 지원하는 분석, 기계학습 및 모니터링 서비스와 사전 통합되어 있어, 비디오 스트리밍, 얼굴 및 사물인식, 음성 인식, 언어처리 등과 같은 기능을 쉽게 연동할 수 있는 특징을 가지고 있다.

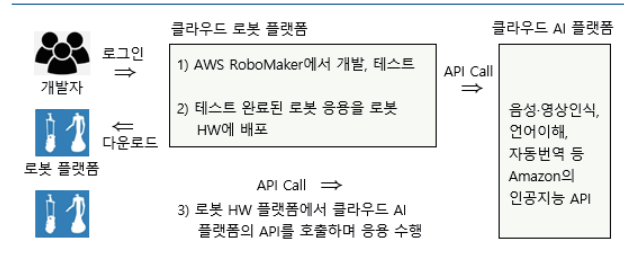


그림 3. 아마존 AWS RoboMaker 활용 개념도

구글에서는 AWS RoboMaker와 유사한 서비스 제공을 목표로 하는 Cloud Robotics Core[15]를 발표하였다. 현재는 로봇 솔루션 구축에 필요한 인프라를 제공하는 일부 플랫폼만 공개하고 있는데, 그 기능은 컨테이너 형태로 구동되는 응용에 대한 패키징, 배포, 로봇과 클라우드 간의 통신 및 구글 클라우드 플랫폼에서 제공하는 서비스에 대한 접근 등을 포함한다[16].

PaaS 형태의 서비스를 로봇 지능의 공유 관점에서 보면 범용 인공지능 또는 로봇 특화 지능 알고리즘이 개발자의 응용 배포를 통해 다수의 로봇에서 활용 가능한 형태로 공유하는 방식이다. 아마존, 구글 외에도 마이크로소프트가 유사한 서비스를 준비하고 있는 것으로 보아 클라우드 기반 로봇 지능 및 응용의 개발, 테스트, 배포 SW 플랫폼(PaaS)이 앞으로 중요한 위치를 차

지할 것으로 예상된다.

SaaS 형태의 비즈니스 모델을 로봇에 적용한 개념을 RaaS(Robot as a Service) 라고 부른다. 간단하게는 클라우드로 관리되는 로봇 임대 서비스 비즈니스 모델이라고 생각할 수 있다. 자동화에 관심을 갖는 기업들의 RaaS 모델 선택이 늘고 있어 앞으로 관련 시장의 성장이 예상된다.

현재까지 RaaS 형태의 서비스가 제공되는 주 분야는 물류, 배송, 청소, 보안 등 특정 기능만 수행하면서 기존 지출 비용이 명확한 분야이다. RaaS 형태의 서비스를 제공하는 주요 기업으로는 6 River, Fetch Robotics, InVia Robotics, Locus Robotics(이상 공장 물류), Aethon, Kiwibot, Savioke, Starship Technologies(배송), Peanut Robotics, Maidbot(청소), Cobalt Robotics, Knightscope, SMP Robotics(보안) 등이 있다[17].

RaaS 형태의 서비스를 로봇 지능 공유 관점에서 보면 RaaS 서비스 제공자에 의해 지능(주로 로봇 자율주행, 이상 상황 검출 등)과 관련된 로봇 서비스 특화 지능이 다수의 로봇에서 활용 가능한 형태로 공유하는 방식이다.

이상에서 최근의 사례를 중심으로 클라우드 기반 지능 공유 형태를 살펴보았다. 위 사례 외에 대표적 사례로 들 수 있는 것이 2004년 정보통신부가 신성장동력인 로봇산업을 육성하기 위해 진행한 ICT 융합 서비스 로봇 사업 URC(Ubiquitous Robotic Companion, 2004~2008)[18] 이다.

이 사업에서는 <그림 4>와 같이 네트워크(현재의 초연결)와 고성능 서버(현재의 초성능, 초지능)를 활용하여 지능 및 서비스를 공유함으로써 로봇 단말의 가격을 낮추면서도 사용자에게 만족스러운 서비스를 제공하겠다는 당시로서는 혁신적인 개념을 도입하였다.

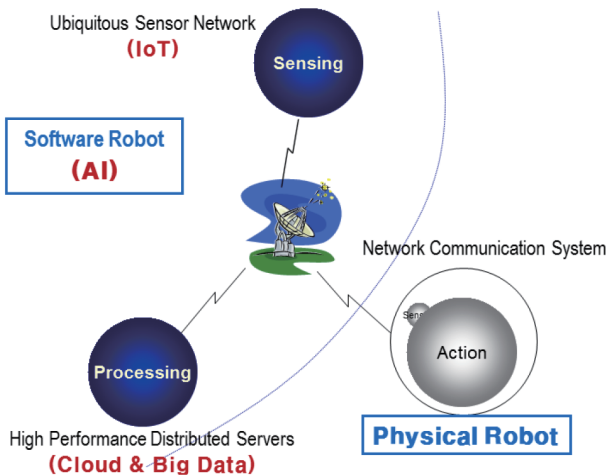


그림 4. URC 개념 (그림 출처: [19])

URC는 구글 James Kuffner가 발표한 클라우드 로봇 개념보다 6년 앞선 2004년부터 연구가 시작되었으며, 이 개념을 기반으로 로봇·ICT 융합기술에 대한 연구개발이 이루어졌고, 실제 가정과 공공장소 대상 시범 서비스를 통해 URC 개념의 유용성과 가능성을 입증한 바 있다.

<그림 5>의 로봇들은 2007년 시범 사업용 공공 서비스 로봇으로 서비스 분야는 왼쪽부터 외식 도우미, 안내/홍보, 행정/교육, (문화재/청소) 보안/경비 분야이다[19].



그림 5. 2007년 URC 시범 사업용 로봇 (그림 출처: [19])

URC 사업을 통해 대규모의 서비스 로봇 시장을 창출하지는 못했으나, 연구개발 결과가 시범사업으로 이어지며 핵심원천기술을 기반으로 한 서비스 로봇의 비즈니스 모델을 제시하였고, 세계 최초로 클라우드 로봇 개념의 대규모 연구개발 및 시범 사업 사례로서 큰 의의가 있었다.

IV. 클라우드 기반 반자율 지능증강

레벨 2는 클라우드에 연결된 로봇이 본 것, 들은 것, 행동한 것, 행동에 대한 사람들의 반응 등 다수 로봇의 상황에 따른 경험을 클라우드에서 공유하여 사람의 개입을 통해 지능을 증강시키는 단계이다. 대표적 사례로 CloudMinds의 HARIX(Human Augmented Robot Intelligence with eXtreme reality) 플랫폼[20]을 들 수 있으며, 이로부터 알 수 있듯이 클라우드에서 지능을 증강한다는 개념을 포함하고 있다.

레벨 1에서도 각 로봇을 운용하면서 별도의 데이터 수집을 통해 로봇의 지능을 증강시키는 것이 가능하지만, 레벨 2를 따르던 이유는 HARIX의 경우 플랫폼 아키텍처에서 이를 명시적으로 선언하고 있기 때문이다. 사람의 개입을 통한 로봇 지능 증강(Human Augmentation)이기는 하지만 플랫폼 아키텍처에서 지능 증강을 명확한 목표로 제시하고 이와 관련된 데이터 처리 모듈(HARI Data, Big Data Platform)을 구조에 포함하고 있다.

<그림 6>은 HARIX의 구조도이다. 이종의 다양한 로봇(SW 로봇, 로봇 HW, 로봇틱 장치)들이 연결될 수 있으며, 이 로봇

들은 HARIX에 내장된 로봇 제어(Robot Control), 영상 처리(Computer Vision), 음성 처리(Smart Voice) 등 다양한 인공지능 알고리즘을 활용할 수 있다.

HARIX에서는 단순히 내장된 인공지능을 활용할 뿐 아니라 HARIX에 연결된 이중 다수의 로봇들로부터 실 운용 환경에서 수집된 데이터들을 활용해서 사람의 관리하에 로봇의 지능을 증강시킨다. 비록 완전자율 지능 증강 개념은 아니지만 현재로서는 실제로 상용 서비스를 통해 운영되고 있는 가장 발전된 형태의 클라우드 로봇이다.

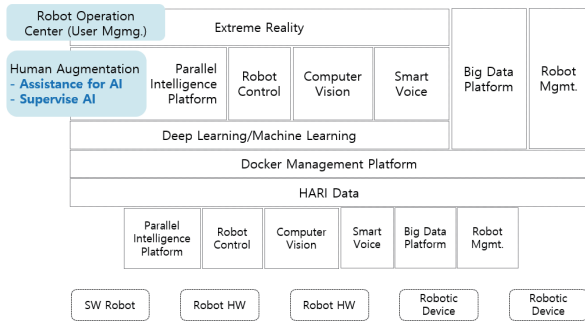


그림 6. CloudMinds HARIX 구조도 (그림 출처: [21])

2015년 설립된 CloudMinds는 소프트뱅크, 팍스콘 등에서 대규모 투자(\$440M, 2019년 상반기 기준)를 받았으며, 소프트뱅크와는 지속적 협력을 통해 클라우드 소셜 로봇 페퍼(Pepper) 및 클라우드 공공 청소로봇 위즈(Whiz)를 상용화하였다.

클라우드 페퍼(Pepper)는 자율주행, 얼굴/객체/감정인식, 언어처리, 대화 등을 클라우드에서 처리하고 있으며, 안내/접객/판매 역할 등을 담당하고 있다. 로봇의 단위 지능 증강 및 다수 로봇으로부터 수집된 고객의 구매 습관 등 관련 데이터 분석을 HARIX 플랫폼에서 수행하고 개인화된 서비스를 제공한다.

클라우드 공공 청소로봇 위즈(Whiz)는 클라우드에 연결된 다수 로봇에서 수집된 데이터로부터 사람 밀집지역, 지저분한 구역 등을 파악하여 이들 지역 중심으로 청소를 수행하도록 지능이 증강되는 개념이 구현되었다.

다른 사례로 “실외 무인 경비 로봇을 위한 멀티모달 지능형 정보 분석 기술 개발” 과제가 있다. 이 과제에서는 <그림 7>과 같은 시스템 구조를 채택하고 있는데 Cloud Server 계층에서 수행되는 “HIL(Human-in-the-Loop) 진화 학습 컴포넌트”에 반자율 지능 증강 개념이 일부 적용되고 있다.

상기 연구에서 관제 시스템에는 각 로봇이 스스로 판단한 이상 상황 감지 결과와 당시의 센서 데이터가 축적된다. 로봇이 스스로 판단한 상황인지 결과의 정확성을 관리자가 점검하여 이를 기반으로 지도 학습을 통해 로봇의 상황 인지 성능이 점차 나아

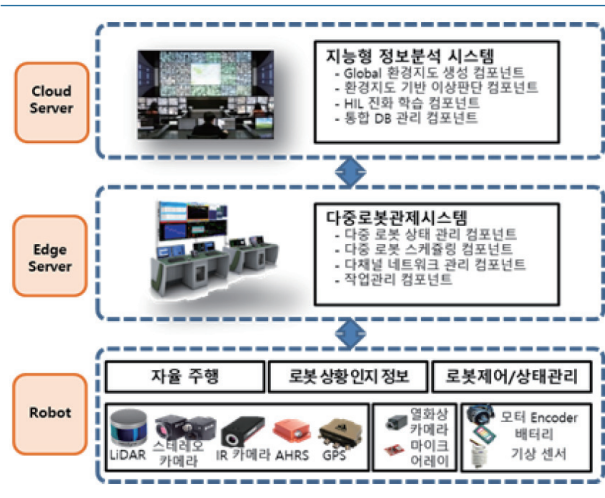


그림 7. 경비로봇을 위한 지능형 정보 분석 시스템의 3 Layer구조 (그림 출처: [16])

지게 할 수 있으며, 학습을 통해 갱신된 지능 모델은 모든 로봇에 공통으로 배포하여 동일하게 적용할 수 있다[16].

V. 클라우드 기반 완전자율 지능증강

4장에서 레벨 2 클라우드 기반 반자율 지능 증강의 개념과 사례에 대해 살펴보았다. 마지막 단계인 레벨 3는 다수 로봇의 상황에 따른 경험을 클라우드에서 공유하여 지능을 사람의 개입 없이 자율적으로 증강시키는 단계로, 클라우드 기반 자율성장형 로봇 지능 개념이다.

마지막 단계를 설명하기 전에 기존 지능형 로봇의 문제점에 대해 사용자와의 상호작용 특성이 중요한 서비스 로봇을 중심으로 살펴본다. 실제로 레벨 3의 지능 증강 단계는 사람과 상호작용하는 서비스 로봇에서 문제 복잡도 및 기술적 난이도가 높다.

소셜로봇 등 서비스 로봇의 상용화가 아직까지 성공적이지 못한 중요한 원인 중 하나는 로봇 지능의 한계로 볼 수 있다. 서비스 로봇이 활약하는 환경 조건과 상대하는 사용자의 특성은 다양할 뿐 아니라 지속적으로 변화하는데 현재 서비스 로봇 지능으로 제공하는 상호작용의 내용과 수준은 변화없이 동일하다.

이처럼 현재 서비스 로봇 지능은 정적(Static), 폐쇄적(Closed-World) 특성을 가진다. 서비스 로봇의 지능을 구현하여 활용하는 절차는 일반적으로 데이터셋 구축, 지능 모델 훈련, 로봇 탑재 활용의 순서를 따른다. 로봇에 탑재한 지능은 일반적으로 변화없이 고정된 상태로 운영되기 때문에 서비스 환경이 변화하면 전반적으로 성능이 떨어진다. 시각 지능의 경우 공간 구조와 조명 상태 차이에 따라 사물 검출과 인식 오류가 커지는 것을 예로

들 수 있다.

더불어 로봇 지능은 외부로부터 새로운 지능을 습득하지 않으므로 지능 모델 훈련에 사용한 데이터에 포함되어 있지 않은 대상과 마주치면 검출이나 인식 자체가 불가능하다. 사용자에게 서비스를 제공하는 지능은 보통 서비스 콘텐츠, 챗봇 스크립트, 규칙 베이스 등으로 구현한 후 로봇에 탑재하여 그대로 활용된다.

로봇이 제공한 서비스에 대해 사용자가 어떤 반응을 보이든지 로봇은 동일한 상황에서 항상 동일한 서비스와 행동을 제공한다. 사용자의 반응에 따라 서비스를 제공하는 정책을 변경하는 지능을 포함하고 있지 않기 때문이다.

서비스 로봇의 상업적 경쟁력을 확보하려면 로봇 운영 환경과 사용자 변화에 지속적으로 적응함으로써 맞춤형 서비스를 제공할 수 있는 로봇 지능이 필요하다[22]. 이러한 로봇 지능은 적응적(Adaptive)이고 개방적(Open-World)이다.

적응적이라는 것은 로봇이 다양한 운영 환경 조건에서 자기 주도적인 학습을 통해 지능의 신뢰도를 유지 개선할 수 있어야 한다는 의미이다. 개방적이라는 것은 사람이 타인에게 배우거나 자료를 참조하여 지식을 확장하듯 외부의 도움을 받아 지능을 증강함으로써 새로운 환경과 사용자에게 대응할 수 있어야 한다는 의미이다.

기존 서비스 로봇의 지능은 정적이고 폐쇄적이기 때문에 변화하는 환경에 효과적으로 적응하지 못하고 새로운 상황에 대응하지 못한다. 이를 극복하기 위해 적응적이고 개방적인 특성을 갖는 로봇 지능이 필요한데, 이를 실현할 수 있는 방안 중 하나가 사람의 개입 없는 클라우드 기반 완전 자율 지능 증강 개념이 될 수 있다.

클라우드 기반 완전 자율 지능 증강 개념을 실현하기 위한 서비스 로봇의 배치, 운영, 훈련을 클라우드 플랫폼과 연동하여 처리하는 개략적인 절차의 예시는 다음과 같다.

(로봇 초기 지능 배포) 로봇을 운영 환경에 설치한 후 초기 지능을 배포 받는다. 초기 지능은 서비스 로봇의 응용 분야, 수행할 태스크, 주요 고객층 등에 관한 정보를 기반으로 클라우드 플랫폼으로부터 내려 받아 설치한다. 초기 지능을 배포 받은 후에는 운영 환경에 특이적인 정보를 습득하는 작업을 수행한다. 주행이 필요하면 공간 지도를 그리거나 클라우드로부터 입수하고, 함께 일할 스태프의 신원과 외형특징을 자동 등록하는 등의 작업이다. 로봇은 초기 지능을 기반으로 음성과 영상 등 멀티모달 데이터를 입력으로 받아 맥락을 이해하고 서비스를 제공한다.

(적응적 지능) 로봇은 운영 중에 초기 지능의 훈련 데이터와 운영 환경 간 도메인 차이로 인한 맥락이해 성능 저하 현상 발생 여부를 감지하고 맥락이해 신뢰도가 현저히 낮은 상황의 데이터를 스스로 선별한 후 도메인 적응 훈련을 실행함으로써 이에 대응한다.

(개방적 지능) 로봇의 초기 지능이 처리하지 못하는 새로운 태스크가 발생한 경우 로봇은 새로운 태스크가 발생한 상황의 데이터를 선별하여 수집한 후 클라우드 플랫폼에 전송한다. 클라우드 플랫폼은 전송된 데이터로 태스크를 처리할 수 있는 지능 모델을 검색하여 로봇에게 전송한다. 로봇은 전송된 지능 모델을 자신의 지능 모델에 결합하여 지능 범위를 확장함으로써 새로운 태스크를 처리한다.

이와 같이 적응적, 개방적 특징을 가지는 로봇 지능의 개념을 <그림 8>과 같이 어느 장소에 설치해도 적응 기간이 지나면 제 몫을 하는 적응형 로봇 지능으로 상징적으로 단일화하여 도식화하였다.



그림 8. 적응형 로봇 지능 개념

마지막으로 클라우드에 연결된 로봇을 위한 적응적/개방적 지능 구현과 관련된 기술 동향에 대해 살펴본다[34].

1. 적응적 지능 구현을 위한 기술 동향

로봇의 운영 환경은 동일한 응용 분야라 하더라도 공간 구조, 사물의 모양새, 사람의 움직임 특성, 소음 수준 등 다양한 요소에 의해 달라진다. 서로 조건이 다른 다양한 운영 환경에서 로봇 지능의 성능을 보장하려면 로봇 지능을 훈련하는데 사용하는 데이터셋에 가능한 모든 환경 조건을 반영하고 지능의 일반화 성능을 극대화해야 한다.

그러나, 로봇이 보유하는 다수의 지능 모델을 이러한 접근 방법으로 만들려면 시간과 비용이 소요되므로 현실적으로 매우 어렵다. 따라서 운영 환경 조건 변화에 효과적이고 효율적으로 대응할 수 있는 지능 기술이 필요하다.

훈련 데이터셋에 포함된 데이터 특징 분포와 실제 운영 환경의 데이터 특징 분포가 달라지는 현상은 도메인 차이(Domain Gap) 또는 도메인 이동(Domain Shift)으로 부르는 문제로 이를 극복하기 위한 다양한 도메인 적응(Domain Adaptation) 기술이 연구되고 있다[23].

훈련 데이터에 가능한 많은 도메인 변화 정보를 주입하는 도

메인 임의생성(Domain Randomization), 서로 다른 도메인에서 태스크 수행 성능을 우수하게 유지하는 도메인 공통 특징 학습(Domain Invariant Feature Learning), 도메인 특화 지능을 담은 메모리를 생성하고 추가해 나가는 메모리 확장(Memory Expansion) 등이 주요한 접근 방법으로 연구되고 있다[24][25].

초기 지능이 탑재된 로봇을 현장에 투입한 뒤 로봇 스스로 도메인 적응에 필요한 데이터를 선별 수집하고 훈련하도록 만들 수 있다. 이를 위해서는 로봇이 운영 환경 내에서 지능 작업을 수행한 뒤 그 신뢰도를 스스로 평가 판단하고 신뢰도가 낮은 경우 검출, 인식, 판단 대상이었던 데이터를 모아서 도메인 적응 학습에 투입할 수 있어야 한다.

인공지능 기술을 실환경에 적용하는 사례가 늘어나면서 검출이나 인식 결과의 신뢰성을 가늠하기 위한 불확실성(Uncertainty) 측정 기법들[26]이 연구되고 있는데 이러한 기술의 활용을 고려해 볼 수 있다.

또 한가지 문제는 로봇이 운영 환경에서 수집한 데이터에는 정답이 존재하지 않는다는 점이다. 정답을 확보하기 위한 방법으로 준지도 학습(Semi-Supervised Learning)이나 약지도 학습(Weakly-Supervised Learning)을 적용하여 점증적으로 정답 범위를 확장해 나갈 수 있다.

약지도 학습을 위해서는 소수의 데이터에 대한 간단한 정답이 필요하다. 정답 확보를 위해 로봇은 능동학습(Active Learning) 전략을 활용할 수 있다. 정답 없는 데이터 중 정답 확보를 통해 정보 엔트로피를 가장 크게 줄일 수 있는 소수의 데이터를 선별한 후 모종의 방법을 통해 정답을 부여하는 것이다[27].

서비스 로봇에 있어 가장 효과적인 정답 부여 방법은 교류를 통해 사용자에게 질문을 던지고 응답을 받아 정답을 확보하는 방법이다. 여기서 응답의 성공률과 신뢰도를 높일 수 있는 인간-로봇 상호작용 전략은 중요한 연구 이슈라고 할 수 있다.

2. 개방적 지능 구현을 위한 기술 동향

로봇을 운영하다 보면 로봇에 탑재된 지능이 실행할 수 없는 태스크가 발생할 수 있다. 한국 음식 100가지를 검출하고 서비스를 제공할 수 있는 로봇 앞에 돈까스가 놓이는 상황 같은 경우이다. 한국인만 상대할 줄 아는 서빙 로봇 앞에 미국인 손님이 등장하는 상황도 상상해 볼 수 있다.

사람이 이러한 상황에 처한다면 인터넷 검색을 통해 음식의 종류와 속성을 이해하여 대응하고, 번역기를 활용하거나 외국인 접객 매뉴얼을 참조해서 대응할 수 있다. 또는 근처의 유경험자에게 도움을 청할 수도 있다. 이러한 과정을 거친 후 사람은 새로운 상황에 대처할 수 있는 지능을 습득하게 된다. 새로운 태스크에 대응할 수 있는 지능을 자동화된 방법으로 로봇에게 제공할

수 있다면 로봇의 지능 확장에 사람의 개입과 부대 비용을 크게 줄일 수 있을 것이다.

로봇 단독으로 새로운 태스크를 차례로 누적하며 학습하려면 연속학습(Continual Learning)이나 평생학습(Lifelong Learning)과 같은 기술이 필요하다. 기존 연구는 대부분 새로운 태스크를 학습하는 과정에서 기존에 학습한 태스크 처리 능력을 잊어버리는 치명적 망각(Catastrophic Forgetting) 문제를 극복하는데 집중하고 있다[28].

로봇 관점에서는 망각 못지않게 중요한 문제가 있다. 첫번째는 서비스 로봇을 장기간 운용하면서 새로운 태스크를 지속 학습하려면 관련 데이터 저장소의 규모가 크게 증가하여 학습 효율이 떨어지는데 이를 어떻게 해결할 것인가 하는 문제이고, 두번째는 태스크 변화를 로봇 스스로 어떻게 감지할 수 있는가 하는 문제이다. 기존 연구에서는 태스크 변화를 사람이 명시적으로 구분하여 알려주는 상황을 가정하고 있는데 이는 서비스 로봇 분야에 적합하지 않다[29].

로봇이 연속학습과 평생학습을 통해 지능을 확장하려면 훈련을 위해 충분한 양의 훈련 데이터를 확보해야 하고 그렇기 때문에 새로운 태스크 처리 지능을 습득하는데 긴 시간이 소요된다. 이러한 문제 해결을 위해 보다 적극적으로 개방성을 추구하는 방식을 고려해볼 수 있다. 앞서 언급한 대로 외부의 지식을 확보함으로써 필요한 지능을 습득하는 방식이다.

2010년대 초중반에 유럽을 중심으로 관련 연구가 활발하게 이루어졌다. 가장 잘 알려진 프로젝트로 RoboEarth를 들 수 있는데, 이 연구에서는 복수의 로봇들이 상호간에 정보를 공유하거나 웹으로부터 지식을 확보하는 방식으로 지능을 확장하는 방법을 연구하였다[30].

RoboEarth에서 다른 지식의 실체는 사물 영상에서 추출한 특징 벡터, 공간 지도, 작업 계획을 기술한 지식베이스 등 명시적인 데이터로서 이를 클라우드 상의 리파지토리에 저장해 놓고 검색한 후 내려받아 활용하는 방법을 제시했다.

최근의 많은 로봇 지능은 딥러닝 모델로 구현되고 있으므로 다른 방식의 지능 확장 기법이 필요하다. 클라우드 플랫폼으로부터 딥러닝 모델을 제공받아 로봇 자신이 보유하고 있는 모델과 결합함으로써 지능을 확장할 수 있어야 한다. 인공지능 분야에서는 지식 증류(Knowledge Distillation)를 포함한 전이학습(Transfer Learning)을 통해 서로 다른 지능 모델 간 지식을 전달하고 결합하는 기법이 연구되고 있다[31][32][33].

클라우드 플랫폼으로부터 받은 지능 모델을 로봇 자신의 모델에 결합하여 지능을 확장하는 과정에서 두 가지 문제가 발생할 수 있다. 로봇 자신의 지능 모델이 보유하고 있던 지능을 잊어 버릴 수 있고, 결합 후 결과 지능 모델의 성능이 결합 전 보다 낮아

질 수도 있다.

이 문제들을 해결해야만 지능 모델 결합을 통해 로봇 지능을 확장하는 방법을 실제 활용할 수 있을 것이다. 지능 모델을 결합하는데 필요한 데이터와 정답의 양을 최소화하거나 불필요하게 만드는 연구도 기술 실용화에 있어 매우 중요한 연구 주제이다.

VI. 결론

본 고에서는 클라우드 기반 로봇지능의 발전 단계를 4단계로 정의하고 대표적인 사례를 통해 단계별 차이점 및 장기적으로 클라우드 기반 완전 자율 지능 증강 실현을 위해 필요한 기술 동향에 대해 살펴보았다.

서비스 로봇이 아직 본격적으로 상업적 성공을 거두지 못한 주요 원인인 정적이고 폐쇄적 지능 문제를 해결하기 위해 클라우드 플랫폼과 연계하여 서비스 로봇 지능의 적응성과 개방성을 확보하는 지능 증강 개념을 소개하였다.

아직은 클라우드 기반 로봇 지능 증강 연구가 시작되는 단계이나 장기적으로 관련 기술 개발이 성공적으로 이루어져 로봇이 다양한 환경 조건에서 대부분의 사용자가 만족할 만한 성능으로 서비스를 제공할 수 있을 뿐 아니라 로봇의 배치, 운영 전반에 걸쳐 비용을 낮출 수 있어 우리 생활 가까이에서 다양한 로봇이 활약하는 날이 올 것으로 기대한다.

Acknowledgement

이 원고는 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임. [No. 2020-0-00842, 실 환경 서비스 상황에서 사용자 반응에 지속적으로 지역(Local) 적응하는 로봇 지능 기술 개발]

참고 문헌

[1] M. Inaba, "Remote-Brained Robots," Proceedings of 15th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-97), pp. 1593-1606, 1997.
 [2] M. Inaba, "Remote-Brained Robotics: Interacting AI with Real World Behaviors," Proceedings of 1993 International Symposium on Robotics Research, 1993.

[3] M. Inaba, et al., "Vision-Based Adaptive and Interactive Behaviors in Mechanical Animals using the Remote-Brained Approach," Robotics and Autonomous Systems, Vol.17, No.1-2, pp.35-52, 1996.
 [4] J. Kuffner, "Cloud-Enabled Robots," IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, 2010.
 [5] E. Guizzo, "Cloud robotics: Connected to the cloud, robots get smarter," IEEE Spectrum Automaton Blog, 2011
 [6] 조성현, 차아람, "인공지능 확산의 핵심 인프라, 클라우드 산업 동향 분석과 시사점," 정보통신산업진흥원(NIPA), 이슈리포트 2019-14호, 2019.
 [7] 과학기술정보통신부, "혁신성장 실현을 위한 5G+ 전략," 2019.
 [8] 관계부처 합동, "인공지능 국가전략," 2019.
 [9] Marketsandmarkets, "Cloud Robotics Market: Global Forecast to 2022," 2018.
 [10] SAE International, "(J3016) Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems," 2014.
 [11] Huang, Hui-Min, and Elena R. Messina, "Autonomy levels for unmanned systems (ALFUS) framework volume II: framework models initial version," No. Special Publication (NIST SP)-1011-II-1.0, 2007.
 [12] SPARC, "Robotics 2020 multi-annual roadmap ICT-2017," 2016.
 [13] 한국전자통신연구원, "지능정보사회로 가는 길 - 기술발전 지도 2035," 2020.
 [14] AWS RoboMaker, aws.amazon.com/ko/robomaker/
 [15] Google Cloud Robotics, <https://github.com/googlecloudrobotics>.
 [16] 백승민, 김영재, 김형록, "클라우드 로봇 지능 플랫폼 기술 동향과 연구 소개," 로봇과 인간, Vol. 17, No. 3, pp.3-10, 2020.
 [17] 이지현, "美 실리콘밸리에서 일고 있는 4차 산업혁명의 물결, ② 클라우드 로봇과 RaaS," KOTRA 해외시장뉴스, 2020.
 [18] Young-Jo Cho, Sang-Rok Oh, "Fusion of IT and RT: URC(Ubiquitous Robotic Companion) Program," Journal of the Robotics Society of Japan, Vol. 25, No. 5, pp.528-531, 2005.
 [19] 조영조, "대한민국 ICT 융합 서비스 로봇의 연구개발 역사 및 시사점," 로봇과 인간, Vol. 16, No. 2, pp7-13, 2019.
 [20] Cloud Brain: HARIX, <https://www.en.cloudminds.com/home-new/mcs-architecture/harix-cloud-brain/>

- [21] Robert Zhang, "Making Robots Smarter by Human Augmented Robotic Intelligence (HARIX)," Industry Forum Keynote speech, ICRA 2019, 2019.
- [22] 과학기술정보통신부, RFP 31번 "지속적 지능 증강·공유를 통해 기존 및 신규 로봇 작업에 대응하여 최적 지능 제공이 가능한 클라우드 로봇 복합인공지능 핵심기술 개발," 과학기술정보통신부 공고 제2019-0654호, 2019.
- [23] Wang, Mei, and Weihong Deng. "Deep visual domain adaptation: A survey." *Neurocomputing* 312, pp.135-153, 2018.
- [24] Tobin, Josh, Rachel Fong, Alex Ray, Jonas Schneider, Wojciech Zaremba, and Pieter Abbeel. "Domain randomization for transferring deep neural networks from simulation to the real world." In *2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp. 23-30. IEEE, 2017.
- [25] Ganin, Yaroslav, Evgeniya Ustinova, Hana Ajakan, Pascal Germain, Hugo Larochelle, François Laviolette, Mario Marchand, and Victor Lempitsky. "Domain-adversarial training of neural networks." *The Journal of Machine Learning Research* 17, no. 1, pp.2096-2030, 2016.
- [26] Malinin, Andrey, and Mark Gales. "Predictive uncertainty estimation via prior networks." In *Advances in Neural Information Processing Systems*, pp. 7047-7058, 2018.
- [27] Settles, Burr. *Active learning literature survey*. University of Wisconsin-Madison Department of Computer Sciences, 2009.
- [28] Parisi, German I., Ronald Kemker, Jose L. Part, Christopher Kanan, and Stefan Wermter. "Continual lifelong learning with neural networks: A review." *Neural Networks* 113, pp. 54-71, 2019.
- [29] Lesort, Timothée, Vincenzo Lomonaco, Andrei Stoian, Davide Maltoni, David Filliat, and Natalia Díaz-Rodríguez. "Continual learning for robotics: Definition, framework, learning strategies, opportunities and challenges." *Information Fusion* 58, pp. 52-68, 2020.
- [30] Waibel, Markus, Michael Beetz, Javier Civera, Raffaello d'Andrea, Jos Elfring, Dorian Galvez-Lopez, Kai Häussermann et al. "Roboearth." *IEEE Robotics & Automation Magazine* 18, no. 2, pp. 69-82, 2011.
- [31] Tan, Chuanqi, Fuchun Sun, Tao Kong, Wenchang Zhang, Chao Yang, and Chunfang Liu. "A survey on deep transfer learning." In *International conference on artificial neural networks*, pp. 270-279. Springer, Cham, 2018.
- [32] Gou, Jianping, Baosheng Yu, Stephen John Maybank, and Dacheng Tao. "Knowledge Distillation: A Survey." *arXiv preprint arXiv:2006.05525*, 2020.
- [33] Javed, Khurram, and Faisal Shafait. "Revisiting distillation and incremental classifier learning." In *Asian Conference on Computer Vision*, pp. 3-17. Springer, Cham, 2018.
- [34] 장민수, 김도형, 김재홍, "서비스 로봇의 실환경 적응을 위한 클라우드 로봇 지능," *로봇과 인간*, Vol. 17, No. 3, pp15-19, 2020.

약 력



김재홍

1994년 경북대학교컴퓨터공학과(공학사)
 1996년 경북대학교컴퓨터공학과(공학석사)
 2006년 경북대학교컴퓨터공학과(공학박사)
 1998년~2001년 (주)필컴기술연구소팀장
 2001년~현재 한국전자통신연구원,
 인간로봇상호작용연구실 실장
 관심분야: 인간로봇상호작용, 소셜로봇, 물류로봇,
 클라우드 로봇



장민수

1992년 서강대학교전산학과(학사)
 1994년 서강대학교전산학과(석사)
 2015년 한국과학기술원전산학과(박사)
 1999년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원
 관심분야: 인간로봇상호작용, 기계학습, 지식표현/추론,
 소셜로봇, 클라우드 로봇

5G 통신기반의 첨단제조로봇 기술 동향 및 미래

이진원, 우종운
한국로봇산업진흥원

요약

지능형 로봇(Intelligent Robot)은 일반적으로 산업용 로봇(Industrial robot)과 서비스 로봇(Service robot)으로 구분할 수 있으며, 제조로봇에서 가장 대표적인 로봇은 산업용 로봇이다. 단순노동을 기피하고 양질의 일자리를 선호하는 사회적 추세, 임금의 상승 및 노동시간의 감소 등에 따른 공장 설비의 자동화 수요 증가에 따라 제조로봇 시장은 계속해서 성장하고 있다. 이에 따라 기존에 단순 반복 작업을 위주로 수행했던 제조로봇이 기술의 발달로 인간과의 협동 작업이 가능해지고, 자율주행 기술, IoT 및 AI 등 차세대 기술과 융합한 형태인 첨단제조로봇이 등장하게 되었다. 이에 따라 본고에서는 4차 산업혁명 시대의 차세대 이동통신 기술로 불리고 있는 5세대 이동통신 기술(5G wireless communication system)을 첨단제조로봇과 접목한 5G기반의 첨단제조로봇의 기술개발, 인프라 및 정책 동향에 대해 살펴본다.

I. 서론

로봇(Robot)이라는 단어는 1921년 체코슬로바키아의 극작가 카렐 차페크(Karel Capek)의 희곡 R.U.R(Rossum Universal Robot)에서 처음 사용했으며, 로봇의 어원은 체코어로 노동을 의미하는 단어 “로보타”(robota)에서 나왔다고 알려져 있다. 이와 같은 단어의 어원을 기반으로 볼 때, 로봇은 인간의 노동을 대신해 주는 대체 수단인 기계로 시작되었다고 볼 수 있다. 하지만 인간이 해야 할 행동이나 작업 등을 자동적으로 할 수 있는 기계장치라는 단어적 의미만으로 로봇을 정의하기에는 그 분야 및 쓰임새가 너무 다양하여, 이른바 지능형 로봇을 정의하게 되었다.

지능형 로봇은 외부환경을 인식(Perception)하고 스스로 판단(Cognition)하여 자율적으로 동작(Mobility & Manipulation)하는 로봇을 의미한다[1]. 지능형 로봇은 스스로 인식, 판단, 동

작할 수 있다는 3개의 키워드를 기반으로 정의하기 때문에 기존의 단순 반복 로봇과 달리 여러 분야에 걸쳐 다양하게 활용되고 있다.

이러한 지능형 로봇은 일반적으로 산업용 로봇과 서비스 로봇으로 구분된다. 기존의 산업용 로봇은 펜스 등 물리적 안전장치를 통해 인간과 작업공간이 분리된 형태로 시스템 구성 및 활용이 되었다. 하지만 자동화 공정의 증가와 작업공간의 효율화 등으로 인간과 로봇의 협동 작업을 필요로 하는 작업 공정이 상당히 많이 발생하였고, 이를 바탕으로 이른바 협동 작업이 필요한 공정 협동 로봇(Cobot)이 등장하게 되었다.

이와 같은 협동로봇의 시장 출시로 인해, 자율주행 기술이 가미된 자율주행 모바일로봇(AMR, Autonomous Mobile Robot), 협동로봇과 물류로봇의 결합 형태인 모바일 매니퓰레이터(Mobile Manipulator)에 이르기까지, 이른바 ‘첨단제조로봇’ 시장이 빠르게 확대되고 있다. 또한 4차 산업혁명이 가속화됨에 따라 차세대 이동통신 기술이라 불리고 있는 5세대 이동통신 기술의 적용으로 수익 창출이 가장 높은 분야로 제조로봇 분야가 선정되었다.

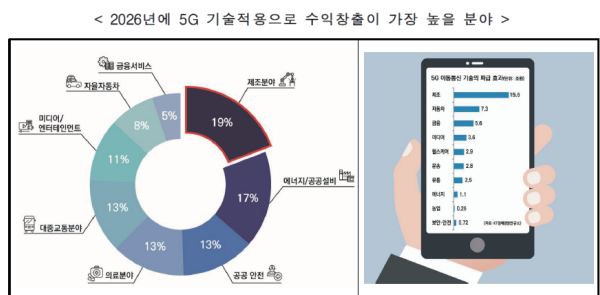


그림 1. 2026년에 5G 기술적용으로 수익창출이 가장 높은 분야

이와 같이 기존 제조 산업현장에서는 고정식 로봇(산업용 로봇)이 주로 활용되면서 PLC(Programmable Logic Controller) 기반의 유선을 주로 사용하여 공장 자동화를 구현했지만, 이동식 로봇 출현과 5G 통신, IoT 등 차세대통신 기술을 적용한 ‘5G 기반 첨단제조로봇’ 분야가 스마트팩토리에 적용되어 신시장으

로 확대되며 빠른 성장이 예상된다.

본고에서는 이와 같은 5G기반 첨단제조로봇을 아래와 같이 정의하고, 해당 분야의 기술개발, 인프라 및 정책동향과 이를 바탕으로 한 첨단제조로봇의 미래전망에 대해 알아보하고자 한다.

〈 5G기반 첨단제조로봇의 정의 〉

▣ 5G 무선통신 기반의 첨단 제조 산업 환경에서 협동로봇 시스템, 자율주행 모바일로봇, 모바일 매니플레이터 시스템이 인간과 로봇이 공존·협력 작업하는 로보틱스 - 5G 기반의 첨단제조로봇이란 5G를 통해 방대한 제어·센서 데이터를 초고속으로 전송하고 초저지연으로 모든 것을 초연결하는 첨단제조로봇



협동로봇 시스템



자율주행 물류로봇



모바일 매니플레이터

그림 2. 5G기반 첨단제조로봇의 예시

II. 첨단제조로봇의 종류 및 개발 동향

본고에서는 5G기반 첨단제조로봇을 구성하는 대표적인 로봇으로 ‘협동로봇 시스템’, ‘자율주행 모바일로봇’ 및 ‘모바일 매니플레이터’ 3종의 로봇을 언급했다. 따라서 5G기술이 적용된 첨단제조로봇 및 스마트 공장을 논하기에 앞서, 첨단제조로봇 3종에 대한 구분 및 동향을 먼저 살펴보하고자 한다.

첨단제조로봇의 첫 번째는 바로 ‘협동로봇 시스템’이다. 2000년 1월 1일 새로운 밀레니엄 시대를 맞아 월스트리트 저널은 우리가 알아야 할 용어 중 하나로, COBOT을 정의했다. 왜냐하면, 현재 산업용 로봇이 사람의 출입이 통제된 공간에서 위험업무를 수행하기 위해 활용되었다면, 미래에는 근로자와 함께 복잡하고 미세한 공정을 수행하는 협동로봇이 개발될 것으로 예측했기 때문이다.

COBOT : A collaborative robot designed to help workers on the job instead of replacing them. For example, in an auto plant, a cobot might help a human being guide a bulky dashboard

COBOT이란 용어는 1996년 노스웨스턴대학의 James E. Colgate와 Michael A. Peshkin가 처음으로 사용했다. 이들은 GM이 구성한 공동 컨소시엄의 연구진으로, 자동차 산업 자동화 공정에서 로봇이나 로봇과 같은 장비를 사람과 함께 안전하게 사용할 수 있는 방법을 연구하며 처음 사용했다. 또한, COBOT의 개념을 사용하여 받은 특허를 살펴보면, COBOT은 크레인 개념과 유사하게 설계되었다[2].

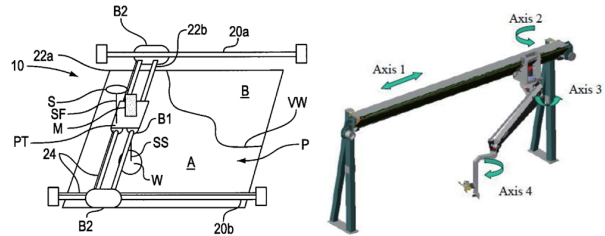


그림 3. COBOT의 용어가 최초로 사용된 미국특허 개념

국내에서 협동로봇의 용어는 2013년부터 협동로봇 시장이 활성화되면서 사용됐다. 당시 관련 업계에서는 협동로봇, 협업로봇, 코봇 등으로 혼용되었다. ISO 8373[3] 로봇 용어 표준을 부합화시킨 표준 KS B ISO 8373에서 ‘Collaborative robot’을 ‘협동로봇’으로 번역했고, 이 내용이 전파된 후 협동로봇이라는 용어를 사용하고 있다.

협동로봇 관련 용어는 국제표준화 기구 ISO TC299(Robotics)에서[4] 협동 운전(collaborative operation)에 대한 정의를 2011년에 개정된 ISO 10218-1[5] 산업용 로봇 안전 요구사항 표준에 포함함으로써 처음 사용되었다. 이후 2012년에 개정된 ISO 8373 로봇 용어 표준에서도 협동 로봇(collaborative robot)을 정의하였으며, 2016년 발간된 ISO TS 15066[6]에서 일부 수정하여 상세히 정의했다.

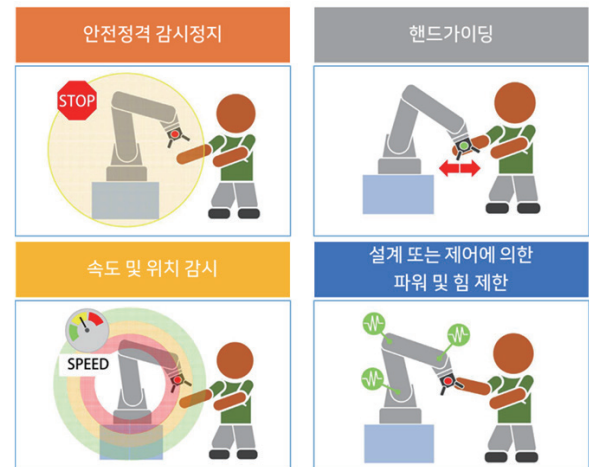


그림 4. ISO 10218-1 협동운전 안전 요구사항 [7]

협동로봇은 설계 또는 제어에 의한 로봇의 힘을 제한해서 통제해야 한다. 사람 옆에서 작동될 때, 사람과 충돌할 가능성을 고려한다. 그래서 협동로봇이 사람과 충돌한다고 할지라도 허용할 수 있는 수준으로 설계 및 제어가 되어있다. 그래서 설계와 제어를 통해서 안전성을 확보하려는 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 또한, 설계 또는 제어에 의한 파워 및 힘 제한이라는 안전 요구사항을 만족하게 하는 기술은 기업마다 다른 방식을 적용하고 있다.

이와 같은 협동로봇을 적용한 이른바 협동 로봇 시스템은 인간 작업자와의 협업과, 공간 활용성 증대를 위해 지속적으로 시장이 확대되고 있으며, 협동로봇시스템은 다양한 센서 등과의 통신 및 시스템 제어를 통해 스마트 공장 환경에서 설치/운영이 가능하도록 IoT(5G) 기능 탑재가 가능한 플랫폼을 제공해야 한다. 또한, 통신모듈 및 제어방식의 변경 등 많은 변화를 해야 하는 기존의 산업용 로봇과 달리, 5G기술 적용이 바로 가능하다는 점에서 차세대 5G 기반의 첨단 제조산업에서 가장 핵심적인 역할을 할 수 있는 로봇으로 꼽히고 있다.

두 번째 첨단제조로봇은 바로 '자율주행 모바일로봇(또는 자율주행 물류로봇)'이다. 물류산업은 노동집약적 산업으로 소비자의 다양한 요구와 상품 주기 단축에 효율적 대응이 기업 경쟁력의 핵심이다.

물류 4.0시대는 제4차 산업혁명으로 물류산업에도 지능형 체계를 도입, 시스템 스스로 물류시스템 정보를 수집 및 분석이 가능해지고, 제품의 보관, 수송, 하역, 포장, 관리 등의 최적화된 방식을 선택하는 최첨단 물류 시스템이다.

이를 바탕으로 물류산업은 사물 인터넷과 빅데이터 등을 이용한 ICT 정보통신 기술과의 융·복합화가 필수적인 항목으로 자리를 잡았다. 이로 인해 물류산업은 자율주행기술, 다중로봇 운영, 창고관리시스템(WMS, Warehouse Management System) 및 운송관리시스템(TMS, Transportation Management System) 연동, 자율주행 플랫폼과 센서를 포함한 H/W, 센싱된 데이터 융합·처리 및 환경 인지, 로봇 제어 등 다양한 고수준의 기술을 요구하기 시작했다.



그림 5. 물류로봇의 유형 및 적용 예시[9]

이와 같은 물류산업에서 정의하는 물류로봇의 범위는 인간을 대신하여 제조공정시스템, 상품물류센터, 고객택배시스템 등 생산 현장 혹은 물류센터에서 상품을 자동으로 관리하는 로봇을 말하며, 본고에서 다루고 있는 5G기반 첨단제조로봇 분야에서는 제조공정 간 물류 이동용 및 제품 재고 관리·이송 등 창고관리용 물류 로봇 전체를 포함한다.

위와 같은 첨단제조로봇 분야에 활용되는 물류로봇은 2000년대 이전까지 바닥에 매설 혹은 부착된 유도선을 이용하여 주행하는 AGV(Autonomous Guided Vehicle) 등 유선유도형에 국한되었으나, 최근 비전 및 위치 추적의 기술의 발달로 인해 자율주행을 하는 AMR은 무선유도형이 주를 이루고 있다. AMR은 기존의 AGV와 같이 선을 따라가는 방식이 아닌 완전 자율주행 방식으로, 센싱 및 로봇 상호 간 위치인식 기술이 매우 중요하다.

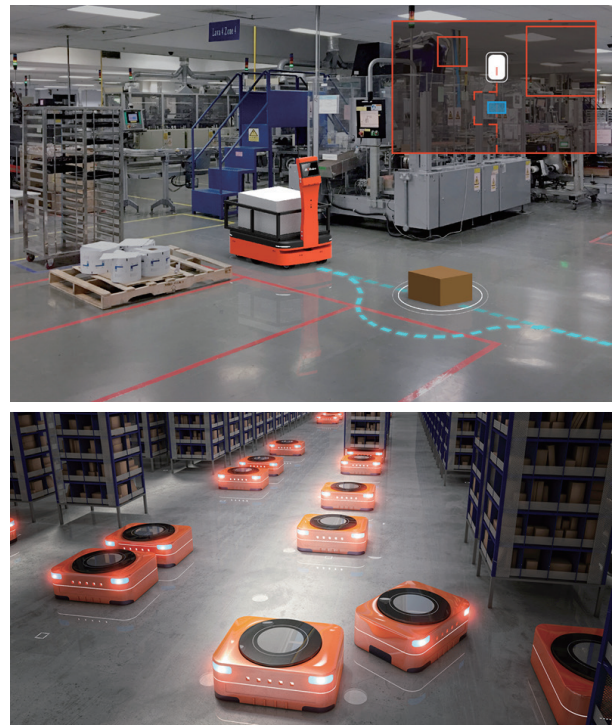


그림 6. 자율주행 물류로봇(AMR) 적용 예시[10]

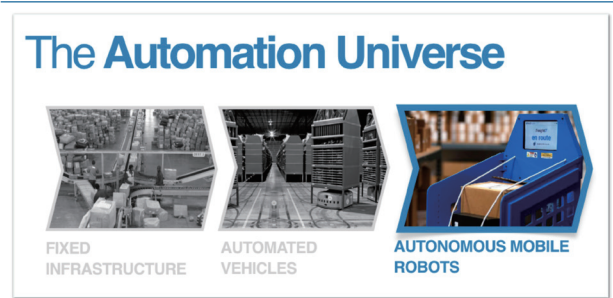


그림 7. 물류로봇의 진화[11]

무인 이송을 위해서는 상품의 정확한 적재 및 위치 인식, 다량의 상품 신속 이동 등이 요구되므로 정교한 센싱 기술, 자율 판단·자동 적재 기술, 자율주행 기술 등이 필요하며, 물류 이송로봇의 자율주행을 위해 실시간으로 자기 위치 파악, 경로의 생성과 추종 기술인 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping) 기술이 핵심이다.

SLAM(Simultaneous Localization And Mapping): 로봇에 부착되어 있는 센서를 통해 자신의 위치를 측정하면서 주변 환경에 대한 지도를 작성하는 기술

효과적인 물류 정보관리를 위해 기존의 물류로봇의 경우 AP통신 등 근거리 무선통신 방식을 주로 적용하였으나, 센서류의 증가와 수집·분석을 요하는 정보의 증가, 완전 자율주행에 따른 로봇 상호간 위치인식 및 경로 분석 등 기존의 통신 방식으로는 정보의 수집 및 처리에 한계가 있어 5G 통신기술의 적용이 가장 시급한 분야로 꼽히고 있다.

세 번째 첨단제조로봇은 바로 ‘모바일 매니플레이터’이다. 모바일 매니플레이터는 협동 로봇과 자율주행 물류로봇을 결합한 형태로, 두 로봇의 핵심 기술이 집약된 첨단제조로봇의 최종 진화형으로 다품종 소량 생산이 가능한 유연한 제조공정에 유리하다.



그림 8. 모바일 매니플레이터의 적용 예시

모바일 매니플레이터는 로봇 선진국들을 중심으로 매우 적극적으로 관련 기술을 개발하고 있지만, 모바일 매니플레이터의 안전성 관련 연구는 국제적으로 초기 단계로, 안전기준 연구 및 표준개발이 매우 시급한 상황이다. 이에 따라 국제표준화기구인 ISO 및 미국 표준화기관(NIST(미국표준기술연구소), RIA(미국로봇협회), ANSI(미국표준협회)) 등에서 모바일 매니플레이터 성능 및 안전성에 관한 표준화 연구를 진행 중이다.

모바일 매니플레이터를 산업현장에서 적용하기 위해서는 해당 로봇을 제작하는 제조사 관점에서 안전설계, 위험성 저감 기술의 개발이 필요하다. 인간과 유사한 작업 능력과 운동 능력을 부여하기 위하여 로봇 스스로 동작을 계획 및 생성하며 제어할 수 있는 기법과 모듈 개발 기술이 필요하며, 복잡한 환경에서 스스로 작업할 수 있도록 하는 기술과 실시간 장애물 회피 기법, 가공 최적화, 상호 위치 및 장애물 위치, 로봇 상호 간의 위치 파악을 통한 최적 경로 생성 등 다양한 정보를 빠르게 받아 분석하고 움직여야 하므로 공정 최적화를 위해 5G 기술 적용이 시급한 상황이다.

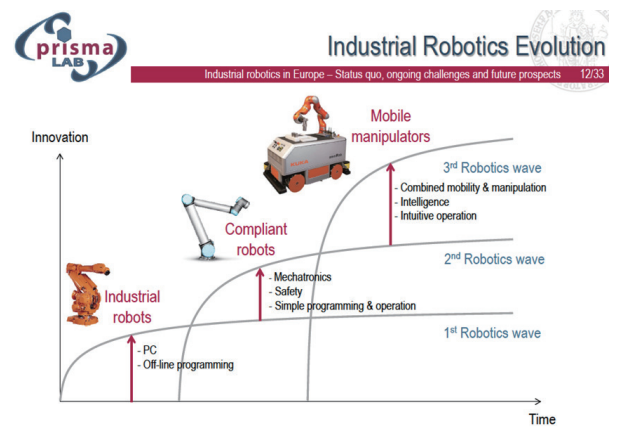


그림 9. 제조업용 로봇의 세대 변화[12]

III. 5G기반 첨단제조로봇

본고에서는 앞에서 언급한 3종의 첨단제조로봇에 5G 무선 통신 기술을 적용한 제조로봇과 ICT 정보통신 기술을 융합한 융복합 신산업 분야인 스마트팩토리 환경에서의 첨단제조로봇에 5G 기술을 왜 적용해야 하는가에 대해 살펴보겠다.

1. 5G 로봇 정부 정책 동향

정부는 세계 최초 5G 상용화(2019.4.3.)에 따른 범부처 민·관 합동 5G 전략위원회를 2019년 12월에 개최하여 15대 전략산업 분야별 추진 목표와 주요 계획을 제시하였다. 스마트 공장 분야에서는 중소기업에 1000개 5G 스마트공장 솔루션을 도입하고, 세부추진과제로는 5G기반 봉제특화로봇 개발을 위한 핵심설비 구축·실증을 추진할 예정이다. 커넥티드 로봇분야에서는 2026년 5G 커넥티드로봇 세계시장 점유율을 25% 목표를 제시하였고, 세부과제로는 2023년까지 5G 통신 환경에서의 첨단제조로봇을 실증 테스트베드는 인프라를 구축하고, 2020년

부터는 클라우드 로봇 융합 인공지능 핵심기술개발과, 5G 기반 로봇의 물류(실외배송), 제조(스마트공장), 공공분야(교육·행정 등) 등 시범서비스를 추진할 계획이다[13].

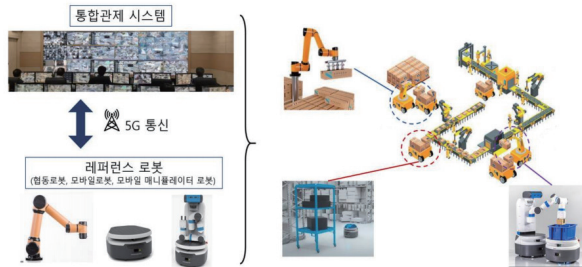


그림 10. 5G 첨단제조로봇 실증 예시

중소벤처기업부에서는 스마트공장 B2B 영역에서 무선통신 수요 증가 및 통신비 사용료 부담으로 인해 통신비 부담 없는 비면허 대역(6GHz) 5G 통신(NR-U, 5G New Radio Unlicensed)과 Wi-Fi 5에 비해 4배 빠른 실효 속도를 가진 차세대 Wi-Fi 6E 기술 활용을 위한 융합서비스 적용 실증을 준비 중에 있다. 6GHz 5G NR-U은 3.5GHz 5G 대비 빠른 속도, 5G저지연·초연결 특징을 그대로 가지며, 비면허 대역 5G 사설망 구축에 적합하며, 1200MHz라는 어마어마한 대역폭을 제공하여 스마트공장 등 실내 정밀 제어, 실내·외 대용량 데이터 필요한 시설에 활용될 예정이다[14].

2. 국내외 5G 로봇 활용 기술동향

해외의 경우, 핀란드의 노키아는 로봇제조기업인 ABB 등과 협력을 통해 28GHz 주파수 대역에서 전송되는 시험용 5G 무선 액세스 네트워크를 활용한 스마트 공장 테스트 베드 구축·운영 중이며, 일본 도이치텔레콤에서는 조명기기 제조업체인 오스람(OSRAM)과 제조 공정에 LTE와 병행할 수 있는 5G기반 자율주행로봇, 이동 작업자용 디바이스, 엣지 컴퓨팅 등에 대한 테스트를 추진중에 있다[15].

국내의 경우, SKT주관으로 인천국제공항에 5G 기반 자율주행로봇, 키오스크 등을 통한 비대면 안전·방역 서비스를 구축, 발열 및 마스크 미착용 감지 등을 하고 있다. KT는 현대로보틱스와 함께 5G 스마트팩토리 산업용 로봇 함께 개발하여 출시하였고, KT의 5G 팩토리 메이커스와 현대로보틱스의 현대로봇관리시스템(HRMS)의 결합으로 스마트팩토리 분야에 다양한 협력을 추진하고 있다. LG유플러스는 5G 통신과 실시간 고정밀 측위(RTK) 기술을 언맨드솔루션의 자율주행로봇에 접목하여 협력하고 있다.

3. 5G 통신기술 로봇 적용

5G 통신기술은 방대한 데이터를 매우 빠르게 전송(초고속)하고, 실시간(초저지연)으로 모든 것을 연결(초연결)하는 것이 가능해진다. 여기서 언급한 초고속, 초저지연, 초연결 3가지 핵심기술에 대해 아래 그림에서 기존 통신방식과 비교를 하였다.

핵심 성능		4G	5G	4G 대비
초고속	최대 전송속도	1 Gbps	20 Gbps	20 배
초저지연	전송지연	10 ms	1 ms	1 / 10
초연결	최대 기기 연결수	십만개 / km ²	백만개 / km ²	10 배

그림 11. 기존 이동통신(4G) 대비 5G 핵심성능 비교

그렇다면 이러한 5G 무선통신 방식의 핵심기술을 첨단제조로봇에 적용하면 어떤 이점이 있는가에 대하여 다뤄보겠다. 첫 번째로, 초고속 기술을 활용하면 기존 통신 방식에서는 할 수 없었던 AR, VR, 머신비전 등 대용량 데이터를 지연 없이 빠른 송수신을 통한 데이터 전송이 가능해져 각종 센서 등의 증가로 인해 방대한 데이터를 빠르게 전송하고 분석해야 하는 첨단제조로봇 분야에서 데이터 손실이나 지연 없이 안정적인 데이터 전송이 가능해진다.

두 번째로, 초저지연 기술을 활용하면 기존 4G에서 발생하는 전송지연 문제점 극복으로 원격제어, 이동형 서비스 등 고신뢰·초정밀 스마트 공장을 구현할 수 있다. 특히, 자율주행 모바일로봇 및 모바일 매니플레이터 등 자율주행 로봇의 경우 로봇 여러 대가 동시에 안정적으로 움직일 수 있도록 끊임없이 제어해야 하고, 상호 위치 파악을 통해 빠른 반응으로 장애물 회피 등을 해야 하므로 이와 같은 초저지연 기술이 가장 핵심적으로 필요한 기술이라 할 수 있다.

세 번째인 초연결 기술은 수많은 센서를 통해 광범위한 공장의 자동화기기, 장비 및 로봇을 동시에 연결하고, 모든 상황을 실시간 모니터링하고 제어할 수 있도록 하는 기술로, 3종의 이기종 첨단제조로봇과 그 외 다른 산업용 로봇 및 각종 센서, 장비들을 초연결하여 제어할 수 있도록 한다.



그림 12. 초연결성 로봇 특징[16]

이와 같이, 5G 핵심 기술을 적용하면, 이기종의 다양한 첨단제조로봇을 초연결 기술을 통해 동시에 제어하고, 초고속 기술을

통해 방대한 데이터를 끊임 없이 빠르게 송수신하며, 초저지연 기술을 통해 로봇의 자세/동작 제어를 실시간으로 제어할 수 있게 됨에 따른 메인 컴퓨터(제어부) 외부화로, 5G로 연결된 MEC 서버나 클라우드가 로봇의 두뇌 역할을 대신할 수 있게 된다. 그렇게 되면 공장 내에 위치한 서버 등 컴퓨팅 자원, 로봇에 있는 자체 제어기 및 로봇 운영 시스템(ROS) 등이 클라우드화가 진행되어 하나의 클라우드에서 통합제어/관리가 가능해진다.

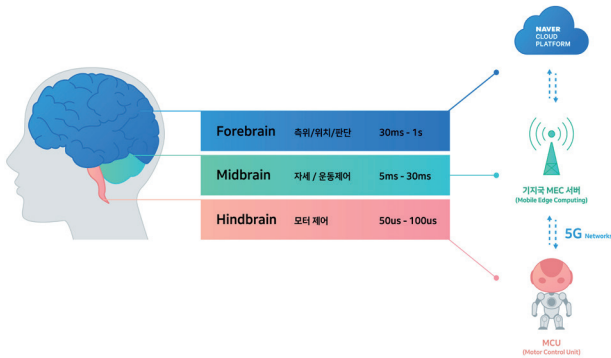


그림 13. 5G기술을 적용한 클라우드 제어 로봇 시스템

단일 로봇 시스템 (1세대)	경험 기반 직접 운영		
		시리얼 통신	
	제어형태	데이터 활용	통신망
	- 로봇 개별 제어 - 사람이 직접 조작	- 데이터 활용 불필요	- 로봇과 리모컨 간 시리얼 통신 등 - 1.1 통신 위주
자동화 로봇 시스템 (2세대)	로직 기반 자동화 운영		
		산업용 통신	
	제어형태	데이터 활용	통신망
	- PLC 등 시퀀스 제어 - 로직 기반 제어	- 운영 데이터 저장 - 일정 기간 후 취합 (일괄 확인 용도)	- 주로 유선 통신 활용 - 산업용 프로토콜 - 무선 통신 등 - Wi-Fi, LTE 등
조연결지능화 로봇 시스템 (3세대)	데이터 기반		
		내부 / 외부	
	제어형태	데이터 활용	통신망
	- 기존 로직 + 경험 - 데이터(학습) 기반 제어 - 다수대용량 제어 등	- 대용량 데이터 누적 - 운영 데이터, 외부 데이터 결합	- 유선 통신 - 5G 통신망 확대(예정)

그림 14. 로봇 기술 진화에 따른 주요 변화[17]

이와 같은 이점을 바탕으로, 첨단제조로봇 분야 해외 선도 국가(독일, 미국, 일본 등)를 중심으로 5G기반 첨단제조로봇 기술 개발을 적극적으로 진행하고 있다. 독일은 '인더스트리 4.0' 전략을 통해 중소기업의 디지털화 전환을 지원하고, 국가주도로 미래 제조업 청사진을 5G 기반 첨단제조로봇 중심의 스마트 팩토리에 투자를 하고 있으며, 미국은 '제조혁신 네트워크(NNMI)'를 구성하여 5G통신과 ICT 바탕의 첨단 제조업을 육성하기 위한 투자를 활발히 진행하고 있다. 이외 해외 대부분의 제조업 분야 선도 국가에서 5G기반 첨단제조로봇 시장에 관심을 보이고 개발하고 있는 상황으로, 국내에서도 해외 선도 국가들에 뒤처지지 않도록 5G 기반 첨단제조로봇 분야에 대한 적극적인 투자와 기반을 구축하는 노력이 필요할 것으로 생각된다.

IV. 결론

본고에서는 기존의 제조로봇에서 나아가 첨단제조 환경에서의 5G, ICT 기술을 융합한 5G 기반 첨단제조로봇 분야의 기술동향, 정부정책방향 및 미래의 전망에 대해 살펴보았다.

첨단제조로봇의 경우 초기시장임에도 불구하고 국내·외 구분 없이 급격히 증가하는 수요에 따라 적극적인 기술개발 및 투자가 진행되고 있다. 하지만 이에 더 나아가 5G 통신기술을 적용하게 되면 기존의 방식에서 벗어나 ICT 기술과 초고속, 초저지연 기술을 통해 수집되는 빅데이터 활용 방안에서도 고민이 필요하다. 종래의 기술변화 속도가 10년 내외의 결렸지만, 이제는 1~2년 내에 빠르게 변화하는 기술 트렌드를 따라잡아 혁신하는 기업만이 살아남는다. 이에 따라 해외 선도 국가들 대비 경쟁력을 확보하기 위해서는 5G 기술을 활용한 기술 경쟁력 기반 확보를 위한 지속적인 노력이 필요하며, 신규 시장 개척과 시장조기 활성화를 위해 기업들이 다양한 분야에 5G 실증을 할 수 있는 국가 기반의 인프라 투자가 필요하며 민간부문에서도 5G 네트워크 투자 촉진도 활발하게 이루어져야 할 것으로 생각한다.

참고 문헌

- [1] 지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법, 제2조(정의).
- [2] KIRIA ISSUE REPORT 18-2호 협동로봇 시장과 규제 동향 분석, 한국로봇산업진흥원(<https://www.kiria.org/portal/reference/>)
- [3] ISO 8373:2012, Robots and robotic devices — Vocabulary, International Standard for Organization(ISO)

- [4] ISO TC299(ROBOTICS) WG3(Industrial robot safety), <https://isotc.iso.org/livelink/>
- [5] ISO 10218-1:2011, Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots, International Standard for Organization(ISO)
- [6] ISO TS 15066:2016, Robots and robotic devices — Collaborative robots, International Standard for Organization(ISO)
- [7] Survey on human-robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications, Valeria Villani, 2018.
- [8] 롤랜드 버거(rolandberger). 'Logistics 4.0 : 물류 비즈니스에 있어서 새로운 이노베이션'
- [9] Robotics in Logistics: A DPDHL perspective on implications and use cases for the logistics industry”, 2016, DHL Trend Research
- [10] AMR replaces AGV as a trend, intelligent logistics equipment essential for manufacturing, <https://www.aicrobo.com/en/gongsi/>
- [11] AMRs vs. AGVs: The Difference Between a Robot and a Guided Vehicle, <https://fetchrobotics.com/fetch-robotics-blog/amrs-vs-agvs-whats-the-difference/>
- [12] “Industrial Robotics in Europe”, REinEu, Bruno Siciliano
- [13] 「5G+ 전략」'20년 추진계획(안), 관계부처 합동(2019.12.5.)
- [14] 5G-Unlicensed shared spectrum(2020.6), <https://www.qualcomm.com/invention/5g/5g-unlicensed-shared-spectrum>
- [15] IITP(2019), 5G시대 스마트 공장 확산을 위한 정책적 제언, ICT SPOT ISSUE
- [16] Naver Labs, <https://www.naverlabs.com/storyList>
- [17] 5G 기반 로봇 활성화 전략, NIA(한국정보화진흥원)

약 력



이진원

2012년 동국대학교 전기공학사
 2011년~2013년 SK E&C 플랜트조달팀 사원
 2014년~2015년 한라비스테온공조 연구소 연구원
 2016년~현재 한국로봇산업진흥원 인증평가사업단
 기반구축팀장
 관심분야: 지능형 로봇, 산업용 로봇, 5G 무선통신,
 스마트 팩토리



우종운

2002년 울산대학교 전기전자 공학사
 2006년 울산대학교 전기전자 공학석사
 2020년 울산대학교 전기전자 공학박사 수료
 2006년~2008년 자동차부품연구원 연구원
 2008년~2015년 지능형자동차부품진흥원 팀장
 2015년~현재 한국로봇산업진흥원 인증평가사업단
 단장(수석연구원)
 관심분야: 지능형로봇, 5G통신, 자율주행

비대면 시대를 위한 물류로봇 기술 연구 동향

전세용, 황정훈
한국전자기술연구원

요약

본고에서는 이커머스의 성장으로 급증하는 물류 수요와 전염병 등으로 인한 비대면 서비스 수요로 인해 로봇을 통한 자동화, 효율화 요구가 높아진 물류 분야에서 최근 활발하게 연구가 진행되고 있는 두 가지 물류 로봇 기술에 대한 연구동향을 살펴본다. 물류창고에서 소비자의 주문에 대응하여 물건을 집어서 박스에 담는 작업을 로봇화하는 피킹로봇과 택배/음식 배달에서 최종 소비자에게 까지 화물을 안전하고 정확하게 배송하기 위한 배달로봇에 관하여 국내외 연구 및 개발 동향을 살펴보고 앞으로 물류센터 및 배송의 무인화, 효율화를 앞당기기 위해 필요한 연구 방향을 알아본다.

I. 서론

지금까지의 물류시스템은 자동화 기술과 IT기술을 활용하면서 지속적인 개선을 통해 자동화와 효율화를 이룩하고 있다. 특히 최근 10여년간 이커머스의 폭발적 성장으로 물류량이 급격히 증가하고 있어 자동화와 효율화는 필수적으로 달성해야 할 목표들이기도 하다. 이 과정에서 컨베이어, 자동포장기, 휠스터, 지게차, 디지털 물류기술, 물류센터관리 소프트웨어 등 다양한 자동화/IT 기술들이 물류센터와 물류터미널 등에 도입되고 있다.

그러나 창고에서 고객이 주문한 상품을 찾고, 집어서 박스에 담아 포장하고, 간선이동차량 또는 최종배송차량에 화물을 싣고 내리며, 배송지까지 이동하여 전달하는 과정에서 아직까지도 많은 부분을 사람의 노동력에 의존하고 있는 것도 사실이다.

본고에서는 이러한 물류환경의 개선을 위해 연구되고 있는 물류로봇 중에서 물류센터에서 주문을 처리하여 선반에서 물건을 집어 박스에 담는 피킹로봇 기술과 택배차량 등을 통해 배송지 인근까지 이동한 화물이 최종배송지까지 전달될 수 있도록 하는 배달로봇 기술 동향을 알아본다.

II. 물류센터의 피킹로봇 기술동향

아마존, 쿠팡 등과 같이 풀필먼트를 수행하는 기업의 허브 물류 센터에서는 개별 상품을 포장하여 준비하는 업무를 수행한다. 이를 오더피킹이라고 하며 현재는 이른바 ‘피커’라는 노동자가 주문에 맞추어 선반에서 물건을 집어 박스에 담고 있고, 이를 빠르게 수행하기 위해 피커를 최대한 활용할 수 있는DPS(Digital Picking System), DAS(Digital Assorting System) 등의 시스템이 운용되고 있다.

그러나 이러한 시스템 역시 사람의 노동력을 바탕으로 하기에 주문이 증가할 때 장시간 노동의 문제점과 휴먼 에러로 인한 불량량을 대응하기 위하여 오더피킹을 수행할 수 있는 피킹로봇의 도입 시도가 이루어 지고 있다.

1. 국외 피킹로봇 개발 동향

2015년부터 시작된 아마존 피킹 챌린지를 통하여 많은 피킹 기술이 제안되어 왔다. 선반에 놓인 복잡하고 다양한 물체를 피킹하는 것은 여전히 어려운 주제였으나 발달한 딥러닝 방식의 인식 기술을 채용한 몇몇 솔루션으로부터 가능성을 볼 수 있었다.

Cornell 대학교에서 Redmon등은 280개의 물체에 대하여 파지점을 포함한 1035개의 이미지가 라벨링 된 DB를 제안하였으며, 이를 CNN을 통하여 학습하고 로봇을 활용하여 물체가 피킹 가능하다는 것을 보여주었으며[1], Delft 공대에서는 Fast R-CNN을 활용하여 박스에 있는 다양한 물체가 혼재 되어있어도 인식할 수 있는 것을 보여 주었다[2].

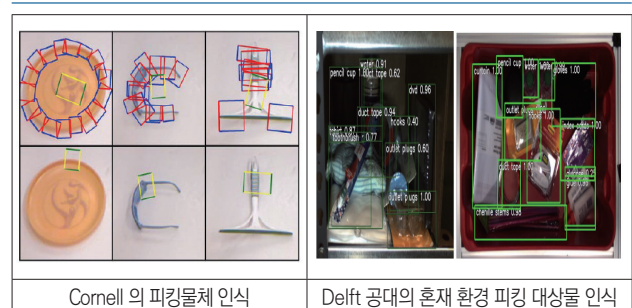


그림 1. 피킹을 위한 물체 인식 기술

Pickit은 위의 기술을 활용하여 주로 빈피킹 과 같은 센서 일체형 단일품목 피킹 솔루션 Pick-it 3D를 시장에 내어 놓았으며 [3], Solomon-3d는 기존 로봇에 직접적용하여 바로 활용할 수 있는 AccuPick 3D솔루션[4]을 출시하였다.

그러나 이러한 방식은 많은 물체를 미리 학습하거나 주어진 물체에 한정하여 피킹이 가능하였고, 특정 물품만 취급하는 공장 출하 물류 공정에서는 가능하나 다중물품을 취급하는 물류 현장에서 활용이 어렵다는 문제점이 있었다.



그림 2. 상용의 피킹용 인식 솔루션

공장에서 충분히 학습된 물체를 정밀 피킹하는 빈피킹(bin-picking)과는 달리 많은 종류의 물체를 다루어야하는 풀필먼트 물류 오더피킹 분야에서는 기존에 학습하지 않은 물체인 처음보는 물체도 피킹 할 수 있는 기술이 필요하고, 이를 위해서 Nobel Object Picking 기술이 등장하게 되었다.

Novel Object Picking의 접근방법은 대규모 DB를 활용하는 것 에서부터 시작되었다. 대규모 DB를 이용하여 많은 종류의 물체를 미리 학습시켜 놓아 범용적인 물체에 대하여 파지점을 인식할수 있는 능력을 갖추는 전략이다. Berkley의 Dexnet은 물품의 CAD도면과 3D모델을 활용하여 수많은 합성데이터를 DB로 만들어 제공하였으며 GQ-CNN[5]을 통하여 물체를 인식하고 파지할 수 있는 방법을 제시하였으며,Michael Danielczuk 등은 32만개의 합성 데이터를 라벨 링해서 구성한 Wisdomsim DB[6]를 통해 일반 Mask-RCNN으로도 Novel Object Picking이 가능한 것을 보여주었다.

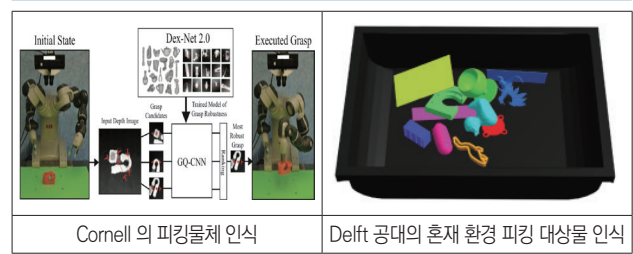


그림 3. 인공지능을 이용한 피킹물체 인식 기술

이러한 방법을 활용하여 로보틱 오더피킹을 수행하는 로봇이 다수 출시되고 있으나 실제 물건을 파지 하는데 있어서 로봇 그리퍼는 좋은 솔루션이 되지 못하고 진공 흡착방식을 활용한 방법이 일반적이다. 특히 진공흡착방식의 이송 안정성을 극복하기 위하여 파지후 유연그리퍼로 고정하는 형태의 Right Hand Robotics 솔루션이 출시된 바 있으며, 진공 흡착 메커니즘의 개선을 통한 Covariant 솔루션, Fizyr 피킹 솔루션이 출시되어 물류 현장에 도입되고 있다.

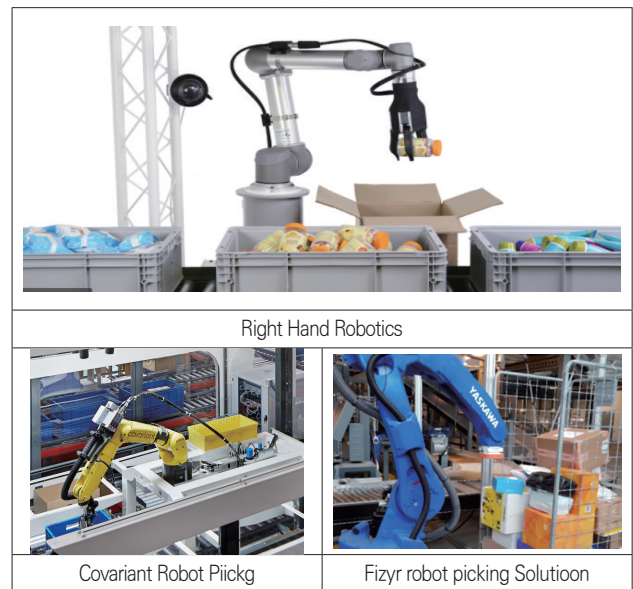


그림 4. 상용화된 오더피킹 로봇들

2. 국내 피킹로봇 개발 동향

국내에서도 물류 오더피킹을 목적으로 로봇 피킹 기술 개발을 수행해 왔다. 2019년 로봇 손 조작 시연회에서 인공지능과 로봇 기술을 융합하여 물체를 조작하는 기술에 대하여 일반 현장 공개 시연회를 개최하였다.

물품상자 담기 및 퍼즐풀기, 물건을 꺼내어 정해진 박스에 다 시넣기 등 다양한 임무를 시연하였다.

UNIST에서는 FCN을 바탕으로 실시간 Robot Grsap 방법에 대한 연구를 수행[7]한 바 있으며 Super Resolution기법을 적용하여 낮은 해상도에서도 비교적 높은 인식률을 보여주었다.

한국전자기술연구원에서는 대규모의 실증데이터 와 시뮬레이션을 통하여 개발한 가상 데이터를 활용하여 처음 보는 물체를 인식할 수 있는 피킹 기술을 개발한 바 있다[8].

파지 대상물의 학습데이터를 파지대상 각도, 파지 위치, 파지 종류 등으로 분류하고, 3D Max MassFX 기능을 통한 렌더링된 가상 증강 학습데이터 까지 포함하여 약 8만여개의 학습데이터를 통해 수십종의 파지 대상물이 불규칙하게 혼재되어 있는 환경에서도 물체를 효과적으로 인식하며, 파지 실패시 다른 파지 전략을 사용하는 방법을 통하여 96.5%의 물체인식 성공률, 최초 파지시 82.6%, 성공, 재파지시 100%의 성공률로 박스 클리어링을 수행할 수 있었다. 현재는 관련기술을 스마트 그리퍼와 같은 부품의 형태로 모듈화하는 연구를 진행하고 있다.

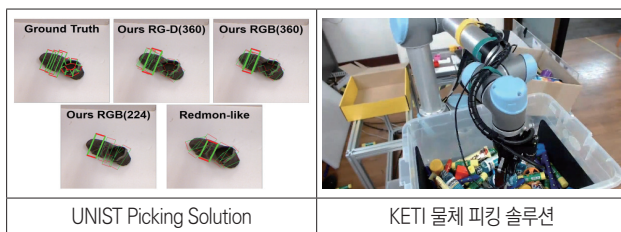


그림 5. 국내의 로봇 피킹 연구동향

III. 실외 배달로봇 동향

물류센터를 벗어난 물류는 차량을 통한 이동과 택배근로자를 통한 마지막 배송이 이루어진다. 근거리 음식배송의 경우도 비슷하다. 최근의 배달플랫폼들까지도 오토바이, 자전거 등을 통해 도로를 이동하고, 건물 주변부터 소비자까지는 도보로 통해 배달이 이루어져 왔다.

그러나 자율주행로봇기술이 발전하면서 라스트일 배송에 로봇을 이용하려는 시도가 이루어지고 있다. 2016년 도미노가 호주 브리즈번에서 세계최초로 자율주행 피자배달 로봇을 선보인 이후 다양한 배달로봇 제품들이 등장하고 있다. 거기에 최근 코로나19의 영향으로 비대면 배송수요가 증가하면서 배달로봇에 대한 관심도 함께 증가하고 있다.

1. 국외 배달로봇 개발 동향

일반적인 실외 환경은 공장이나 창고와 다르게 로봇이 고정식 마커 등을 사용하여 위치인식을 하거나 주변의 사람들이 로봇을

연두에 두고 행동하지 않는다. 그 중에서 가장 어려운 것 중 하나가 다양한 형태의 동적 장애물을 인식하고 안전하게 회피할 수 있는 기술이다.

먼저 장애물을 인식하기 위해서는 장애물을 인식하고 어떤 방향으로 이동하는지 추적하는 기술이 필요하다. 최근에는 딥러닝 기술을 객체의 인식 및 추적에 응용하고 있다. 홍콩대학의 N. Wang 등은 DLT(Deep Learning Tracker)라는 딥러닝 기반 트래커를 제안하였다[9]. 기존의 인식/추적기들 대비 추적성능을 큰 폭으로 상승시킬 수 있었다.

장애물을 인식하고 추적할 수 있다면 이동로봇에 필요한 기능은 주행제어 기술이다. 특히 많은 사람들 속에서 사람들 간의 상호작용에 따른 동선변화, 사람과 로봇 간의 상호작용에 따른 동선변화의 예측을 통해 보다 안전한 주행을 수행하는 기술이 필요하다. 최근에는 이러한 주행제어에도 인공지능 기술이 도입되고 있다. C. Chen 등은 강화학습 기법을 이용하여 사람들, 그리고 사람과 로봇간 상호작용을 예측하는 기법을 연구하였다[10].

실외공간에서 동적 장애물을 빠르게 인식하고 안전하게 회피할 수 있는 기술이 있다면, 실내에서와 마찬가지로 주변 지도를 구축하고 자기위치를 인식하는 기술을 통해 목적지까지 빠르고 정확하게 이동하는 것이 필요하다. 지도를 그리고 자기위치를 인식하는 기술로는 구글의 카트그래퍼[11]나 카메라를 이용하는 ORB-SLAM 기술[12]을 많이 이용한다.

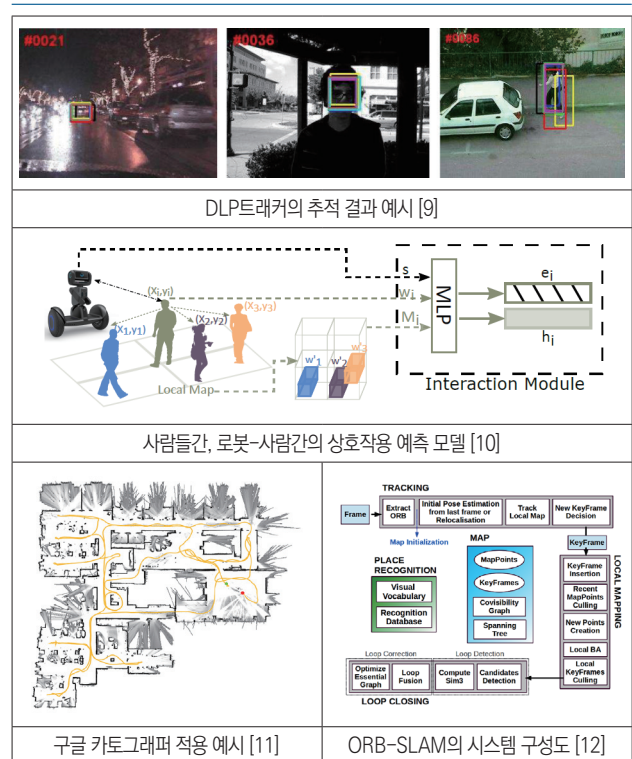


그림 6. 실외 자율주행을 위한 연구 사례

기술적으로 실외에서 이동할 수 있다고 하여도 실제 서비스를 위해서는 다양한 기술들이 필요하게 된다. 배달로봇 중 가장 유명한 스타쉽 테크놀로지스(Starship Technologies)를 보면 실제로 배달에 로봇을 사용하기 위해 필요한 다양한 기술들을 추가로 개발하였다. 배달의 대상인 화물을 안전하게 보호할 필요가 있고, 물품의 추적이 가능해야 하며, 예기치 못한 상황에 대응할 수 있어야 한다. 이를 위하여 스타쉽 테크놀로지스는 잠겨진 화물칸을 수령인만 열 수 있도록 하고, 물품의 위치를 스마트폰 등으로 쉽게 확인할 수 있도록 하였으며, 원격제어 기술을 적용하여 준비되지 않은 상황도 극복할 수 있도록 하였다[13]. 중국의 JD.com은 한발 더 나아가 다수의 화물을 동시에 탑재하고 순차적으로 배송할 수 있는 로봇을 개발하였다. 그리고 비대면 이슈를 해결하기 위하여 수취인의 얼굴을 인식하고 인식결과에 따라 화물칸을 열어주도록 하였다[14].



스타쉽 테크놀로지스사의 배달로봇 [13] JD.com사의 얼굴인식 배달로봇 [14]

그림 7. 국외의 상용화 준비 배달로봇

2. 국내 배달로봇 개발 동향

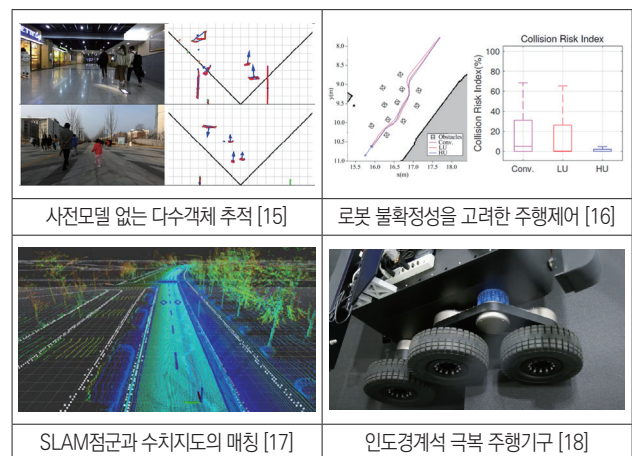
국내에서도 배달로봇과 관련하여 다양한 기술들이 연구되고 있다. 먼저 안전한 주행을 위한 장애물 추적기술로는 이동로봇에서 가장 많이 사용되는 센서 중 하나인 2D 라이다를 이용하여 객체를 추적하는 기술이 있다. 최배훈 등은 장애물들에 대한 사전 모델 없이도 다수의 객체를 동시에 추적할 수 있는 기술에 대한 연구[15]를 수행하여 실시간으로 다수의 동적 정적 장애물을 추적할 수 있는 기술을 개발하였다.

장애물을 잘 추적하는 것과 함께 중요한 것이 장애물을 잘 회피할 수 있도록 주행제어를 하는 것이라 하겠다. 동적으로 움직이는 장애물들의 동선을 정확하게 추정한다 하여도 로봇이 정교하게 제어되지 않는다면, 안전한 주행이 될 수 없을 것이다. 실제 로봇에서 주행안전을 확보하기 위한 연구로 진지용 등은 로봇 모션의 불확정성을 고려한 장애물 회피 알고리즘을 제안하였다[16]. 제안된 방법은 로봇 모션의 불확정성을 반영함으로써 더 높은 수준의 충돌안전성을 확보할 있음을 보이고 있다.

로봇을 실외공간에서 사용하기에는 로봇이 지도를 잘 만드는

것 이상이 필요하다. 로봇이 지도를 만들기 위해서는 사전에 해당공간을 스캔하는 시간이 필요한데 실외에서 서비스를 하려면 처음 가는 지역이 생기기 마련이다. 이러한 상황을 효율적으로 극복하기 위해서는 사전에 만들어진 다른 형태의 지도를 이용하는 것이 필요한데, 김형진 등은 오픈소스로 쉽게 취득가능한 수치지도를 이용하여 로봇 자율주행시 동적으로 위치를 인식할 수 있는 방법을 제안하였다[17]. 연석의 정보를 이용하여 수치지도와 3D 포인트 클라우드를 매칭하는 방법으로 SLAM 결과와 수치 지도를 정합하고 위치를 인식하는 방법이다.

실외 공간은 동적 장애물과 함께 인공장애물들이 곳곳에 위치한다. 소형의 배달로봇이 주행하게 될 것으로 예상되는 인도의 경우 끊임없이 인도경계석 또는 인도경사로를 극복해야 한다. 특히 인도경계석의 경우 최대 25 cm에 이를 수 있고, 건물의 출입구 등에도 크고 작은 턱이 존재하곤 한다. 이를 극복하기 위해서는 단차를 극복하면서도 안전하게 이동할 수 있는 기구가 필요한데, 한국전자기술연구원에서는 인도경계석을 극복할 수 있는 로봇기술을 개발하고 있다[18]. 이러한 기술을 통해 도심환경에서의 다양한 주행장애물 극복에 도움이 될 것으로 기대된다.



사전모델 없는 다수객체 추적 [15]

로봇 불확정성을 고려한 주행제어 [16]

SLAM점군과 수치지도의 매칭 [17]

인도경계석 극복 주행기구 [18]

그림 8. 국내의 실외자율주행 로봇 연구 사례

국내에서도 실환경에서 배달로봇을 통해 서비스하려는 시도가 진행되고 있다. 특히 로봇을 통한 배달은 기존의 배달과 꼭 같을 수는 없기 때문에 이를 위한 시스템을 만들고 시험하는 것은 필수적이라 하겠다. 2019년에 국내에서는 최초로 배달로봇을 실제 서비스에 적용하기 위한 규제샌드박스 심의를 통과하고 식권 앱과 연동한 비대면 음식배달 로봇 서비스를 실험하고 있다[19]. 또한 언맨드솔루션사도 2020년 규제샌드박스 심의를 통과하고 음식이나 택배를 배송하는 자율주행 배달로봇 서비스를 실험하고 있다[20]. 이러한 시도들을 통해 국내에서도 빠르게 로봇을 이용한 배달 서비스가 도입될 것으로 기대한다.



그림 9. 국내의 상용화 준비 배달로봇

IV. 결론

본 논문에서는 자동화가 진행되고 있는 물류환경에서 남아있는 수작업 요소인 물류센터에서의 피킹작업과 라스트마일 배송 작업을 위한 로봇기술 연구 개발 현황을 알아보았다.

아마존 피킹챌린지를 통해 연구가 촉발된 피킹로봇 기술은 국외에서 앞서 연구가 진행되었지만 국내에서도 다양한 연구가 진행되고 있어 실용화를 목전에 두고 있는 것으로 보이며, 비대면 배송서비스를 위해 필수적인 배달로봇 역시 국내에서도 실용 서비스가 가능한 수준의 기술들이 연구되고 있다. 그러나 아직까지는 피킹로봇, 배달로봇 모두 사용자가 만족할 만한 수준에 이르지 못하고 있으며 앞으로도 많은 연구가 필요하다 하겠다.

피킹로봇에 있어서는 사람과 같은 수준으로 처음 본 물체도 쉽게 잡고 심지어 옷과 같이 유연한 물체도 흐트러지지 않게 잡고 포장하는 등의 기술이 개발될 것으로 보인다. 배송로봇의 경우는 클라우드 지능과 연계되어 처음 가보는 곳에서도 어렵지 않게 자기위치를 찾고 목적지까지 이동하며, 원격제어를 통한 사람의 도움없이도 거의 모든 상황을 스스로 해결할 수 있는 완전자율주행 수준의 기술이 개발되어야 하겠다.

Acknowledgement

본 논문은 산업통상자원부 로봇산업핵심기술개발사업 (인공지능융합 로봇시스템 기술)의 지원을 받아 수행된 연구임. (과제번호: 20000512 제조 및 물류공정을 위한 머신러닝 기반 변형가능물체의 작업 계획 파지 및 조작기술 개발, 20005062 밀집군중 사이 민첩기동이 가능한 인공지능 융합 실내외 로봇 자율주행 기술개발).

참고 문헌

- [1] Redmon, Angelova, "Real-Time Grasp Detection Using Convolutional Neural Networks", ICRA2015
- [2] Carlos, et.al, "eam Delft's Robot Winner of the Amazon Picking Challenge 2016", ArXiv:1610.05514v1
- [3] Pick it 홈페이지, (www.pickit3d.com)
- [4] Solomon AccuPick 홈페이지, (<https://www.solomon-3d.com/accupick-3d>)
- [5] Jeffrey Mahler, Jacky Liang et. al, "Deep Learning to Plan Robust Grasps with Synthetic Point Clouds and Analytic Grasp Metrics", RSS2017
- [6] Michael Danielczuk, Matthew Matl, "Segmenting Unknown 3D Objects from Real Depth Images using Mask R-CNN Trained on Synthetic Data", ICRA2019
- [7] Dongwon Park, "Deep Learning approaches for Robotic Grasp Detection and Image Super-Resolution" UNIST 2019
- [8] Youtube "Artificial intelligence robotic Bin-picking using deep learning for Logistics Box clearing job", <https://www.youtube.com/watch?v=uUzMAQeClIE>
- [9] N. Wang and D.-Y. Yeung, "Learning a deep compact image representation for visual tracking," NIPS, pp.809-817, 2013.
- [10] C. Chen, Y. Liu, S. Kreiss, and A. Alahi, "Crowd-robot interaction: crowd-aware robot navigation with attention-based deep reinforcement learning," 2019 International Conference on Robotics and Automation, pp. 6015-6022. 2019.
- [11] W. Hess, D. Kohler, H. Rapp, and D. Andor, "Real-Time Loop Closure in 2D LIDAR SLAM," 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 1271-1278. (<https://opensource.google/projects/cartographer>).
- [12] Raul Mur-Artal, J. M. M. Montiel and Juan D. Tardos, "ORB-SLAM: A Versatile and Accurate Monocular SLAM System," IEEE Transactions on Robotics, vol. 31, no. 5, pp.1147-1163, 2015.
- [13] Blog of Starship Technologies, 2018. (<https://medium.com/starshiptechnologies>).
- [14] Blog of JD.com Corporate, 2020. (<https://jdcorporateblog.com>).

- [15] B. Choi, H. Jo and E. Kim, "Normal Distribution Mixture Matching based Model Free Object Tracking Using 2D LIDAR," 2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 455-461, 2019.
- [16] J. Jin and W. Chung, "Obstacle Avoidance of Two-Wheel Differential Robots Considering the Uncertainty of Robot Motion on the Basis of Encoder Odometry Information," Sensors, vol. 19, no. 2, p. 289, Jan. 2019.
- [17] 김형진, 송원호, 심영보, 명현, "수치지도를 이용한 3D LiDAR 점군 데이터의 동적 매칭에 관한 연구," 한국통신학회 학술대회논문집, pp.258-259, 2019.
- [18] 한국전자기술연구원, 2020. (<https://www.youtube.com/watch?v=7j1mna6jKHU>).
- [19] 로보티즈, 2020. (<https://www.robotis.com>).
- [20] 언맨드솔루션, 2020. (<http://www.unmansol.com>).

약 력



전 세 응

2003년 광운대학교 제어계측공학과 공학사
 2006년 연세대학교 전기전자공학과 공학석사
 2006년~2011년 한국전자기술연구원
 지능로보틱스연구센터 전임연구원
 2011년~2018년 한국전자기술연구원
 지능로보틱스연구센터 선임연구원
 2018년~현재 한국전자기술연구원 지능로보틱스연구센터
 책임연구원
 관심분야: Robot AI, Robot Picking, Robot Vision



황 정 훈

1997년 연세대학교 기계공학과 공학사
 1999년 한국과학기술원 기계공학과 공학석사
 2007년 한국과학기술원 기계공학과 공학박사
 2007년~2007년 한국과학기술원 기계공학과 박사후연구원
 2007년~2009년 한국전자기술연구원
 차세대로봇전략기술지원단 선임연구원
 2007년~2015년 한국전자기술연구원 지능로보틱스연구센터
 선임연구원
 2015년~현재 한국전자기술연구원 지능로보틱스연구센터
 책임연구원
 관심분야: 로봇지능, 인간로봇상호작용, 실외용로봇

멀티모달 센서모듈 기반 지능형 로봇을 이용한 실외무인경비 플랫폼 및 시스템에 관한 연구

엄태영, 배기덕, 최영호, 조성훈*, 문용선**
 한국로봇융합연구원, (주)라스테크*, (주)레드윈테크놀러지**

요약

다양한 실외 환경에서 로봇서비스를 이용한 무인시스템을 구축하고자 하는 연구가 많은 관심을 받고 있다. 특히, 경비서비스를 위해서는 실외 환경을 극복하기 위한 다종의 센서들을 사용하고, 고정형 에이전트 및 이동형 로봇을 이용하여 관제가 가능한 무인 경비 플랫폼에 관한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 이러한 실외무인경비 시스템을 위한 멀티모달센서 모듈 기반 지능형 로봇 서비스를 제안한다. 이 플랫폼은 현재 실제 사이트에 적용되어 실용성을 보인다.

I. 서론

최근 로봇은 공장 자동화 시장에서 가정 및 상업용 서비스로 확대되어 안내, 서빙 등을 포함한 다양한 분야에 적용되고 있다. 이를 위해 지능형 로봇은 제한적 실내에서 벗어나 실외 환경에서 배송, 경비 등의 다양한 서비스가 주목받고 있다[1]. 이들 중에서 지능형 로봇을 이용한 경비 서비스는 사회적 불안을 감소시키고 고위험지역을 무인으로 감시할 수 있는 매우 주요한 로봇 서비스 중 하나이다. 기존의 경비 서비스는 영상만을 이용하는 감시형 서비스[2], 화재 감시용 서비스[3] 등이 주를 이루었으나 4차산업의 발달로 로봇서비스를 이용하여 기존 서비스를 대체하고 있다[4]. 이러한 서비스들은 대부분 실내 환경과 같은 제한적인 공간에 주로 적용되고 있고, 관리자의 확인이 필요한 영상 전송 방식에 의한 수동적인 경비서비스를 하고 있다. 따라서 능동적으로 대응이 가능하기 위해서는 지능형 로봇을 이용한 경비서비스가 필요하다. 한편, 지능형 로봇은 실외 환경에서 자율주행이 요구되지만 대부분 정의된 환경과 좋은 날씨 조건이 주로 적용된다[5]. 이러한 로봇 주행은 실제 사이트에 적용하기 위해서는 정확한 위치인식 기술이 필요하다. 따라서 복잡한 환경에서 자율주행을 위해서 변화하는 환경에 유연하게 대처가 가능한 지도를 다중 센서 정보를 활용하여 시맨틱 정보를 포함하는

형태의 지도 작성이 필요하다.

본 논문에서는 실외 환경에서 다수의 고정형 에이전트와 지능형 로봇을 이용한 실외무인경비 시스템을 제안한다. 이를 위해 실외 자율주행이 가능한 무인경비로봇 플랫폼과 멀티모달 센서 모듈을 활용한 지능형 관제시스템을 소개하고 실제 사이트에 적용하여 경비 서비스를 운용한 결과를 보인다.

II. 본론

1. 멀티모달센서 모듈

멀티모달 센서 모듈은 낮과 밤에 모두 사용할 수 있고 실외 환경에서 사용할 수 있는 다양한 이미지를 출력 할 수 있어야 한다. 따라서 <그림 1>과 같이 4 가지 유형의 카메라 (RGBD, 나이트 비전, 열 및 고속 글로벌 셔터 카메라)와 마이크가 하나의 모듈 안에 통합되어 설치되고 POE 및 USB 인터페이스가 사용되며 48VDC 전원을 연결하여 다양한 데이터를 수집한다[6]. <그림 2>는 멀티 모달 센서 모듈 상세 설계를 보이며, 부피는 168 x 118 x 177mm이고 무게는 2.2kg입니다. 이렇게 제작된 모듈은 실외 환경에 적응을 위해 방열과 냉각을 위한 개선을 <그림 3>과 같이 적용하였다. 부품 수 최소를 위해 모듈 케이스 자체에 아래 방향으로 통풍구가 위치되었고, 내식성 및 내화확성이 강한 썰을 사용하여 조립하였으며, 직사광선 노출을 피하기 위해 햇빛 가리개를 추가 적용하였다.

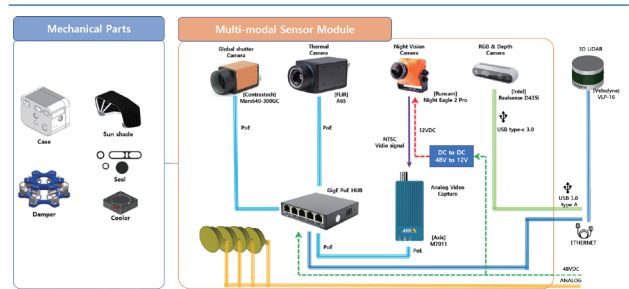


그림 1. 멀티모달센서 모듈 인터페이스 상세도

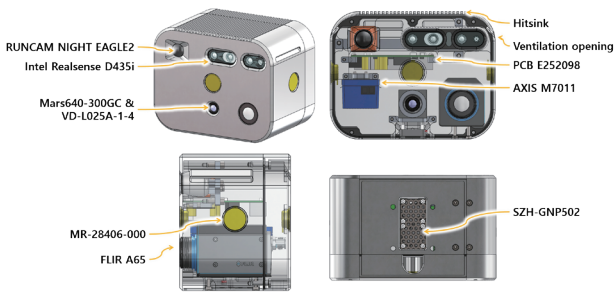


그림 2. 멀티모달센서 모듈 설계도

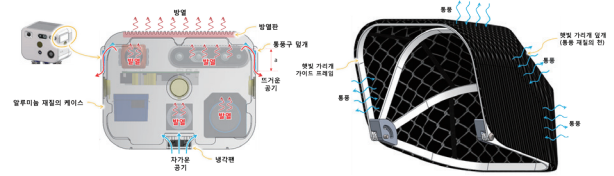


그림 3. 멀티모달센서 모듈 방열 및 냉각 개선

〈그림 4〉와 같이 제작된 멀티모달센서 모듈은 고정되어 주/야간 감시용으로 사용하거나, 저주파 진동감쇄 모듈과 함께 로봇플랫폼에 탑재되어 로봇의 임무 수행에 사용할 수 있다. 또한 외부의 3D LiDAR와 캘리브레이션을 수행하여 동기화된 10fps의 데이터를 〈그림 5〉와 같이 제공한다[7]. 결과는 윗줄에서 깊이영상, 3D LiDAR데이터, RGB영상과 RGB & 3D LiDAR Pointcloud



그림 4. 멀티모달센서 제작 결과



그림 5. 영상과 3D LiDAR 캘리브레이션 결과

간의 맵핑결과를 보이고, 아랫줄에서는 적외선영상, 나이트비전 영상, 열화상 영상과 열화상 영상 & 3D LiDAR의 Pointcloud간의 맵핑을 보인다. 이렇게 보정된 다종의 데이터는 실외에서 로봇의 자율주행 및 상황인식에 매우 유용하게 활용이 가능하다.

2. 실외자율주행 무인경비로봇 플랫폼

2.1. 무인경비로봇 플랫폼

무인경비를 위한 로봇 플랫폼은 1회충전으로 24시간 운용 및 70km 이상 주행이 가능하도록 설계하였다. 가장 먼저 장거리 주행 성능 향상을 위해 경비로봇의 프레임은 수소연료 1회 충전에 따른 주행 효율의 향상을 위하여 경량화에 주안점을 두고 설계되었다. 특히, 소재의 종류 및 구조에 따른 강도와 다각적인 중량 비교를 통하여 알루미늄 합금 (Al6061 T6) 소재와 스테인레스 합금 (SUS303) 소재의 조합을 통한 프레임용 〈그림 6〉에서와 같이 구현하였다.

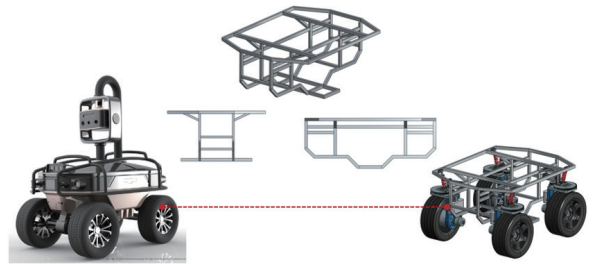


그림 6. 경량화 프레임 설계 결과

설계외형도	일체형 브라켓 알루미늄 주조	
설계 사양		
Size	· 345mm×490mm×562mm	
Rated Speed	Drive	· 3500rpm
	Steering	· 3000rpm
Gear Ratio	Drive	· 구동 25:1
	Steering	· 조향 166.5:1
Material	· Al6061 T6, SUS303	

그림 7. 구동부 시스템 설계 결과

〈그림 7〉에서 보이는 것과 같이 구동부 시스템은 강인한 오프로드 구동 특성을 가진 서스펜션기반 4륜구동 및 4륜조향 구동시

시스템으로 설계 및 제작하였다. 이는 하나의 바퀴로 구동과 조향이 가능한 MDPW(Motor Driver Pivot Wheel)형태로 일체형 브라켓 알루미늄 주조를 사용하여 구동파트와 조향파트를 하나의 모듈로 제작이 가능하다. 더욱이 일체형 브라켓 알루미늄 주조는 기존에 제작한 알루미늄 조립품 보다 더 강한 내구성을 지니며 경량 및 제작비용 절감할 수 있다. 이 시스템의 구동파트에는 로봇 성능을 만족하는 구동모터와 구동감속기를 개발하여 통합 구현 하였다.

수소 연료탱크는 9L 용량의 탱크 4개 적용 하였으며, 배관 연결은 Lok fitting 방식을 적용 하여 입력 300bar부터 출력 0.5bar까지의 배관라인을 <그림 8>과 같이 구성하였다.

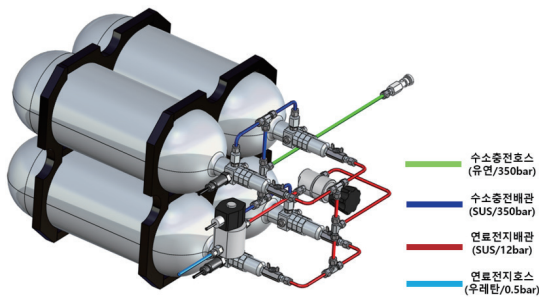


그림 8. 수소연료 탱크 구조 및 배관연결도

수소연료를 충전하는 방식의 수소연료전지는 외부 환경적인 요인의 영향을 크게 받는 연료전지스택의 온도관리를 통한 운용 효율성을 확보하면서 공기주입구에 공기 필터를 설치하여 주입구 방향으로 공기가 빠져나가는 부분을 제한하는 한편, 연료전지 팬 구동에서 발생하는 흡입력에 의한 공기 주입은 가능하도록 <그림 9>와 같이 구성하였다. 또한, 연료전지스택 및 열관리 장치에 배치된 온도센서를 기반으로 상시 온도를 측정/확인 할 수 있도록 하며, 열관리 제어기를 통해 온도변화에 따라서 능동적으로 공기 가열장치와 냉각장치를 구동할 수 있다.

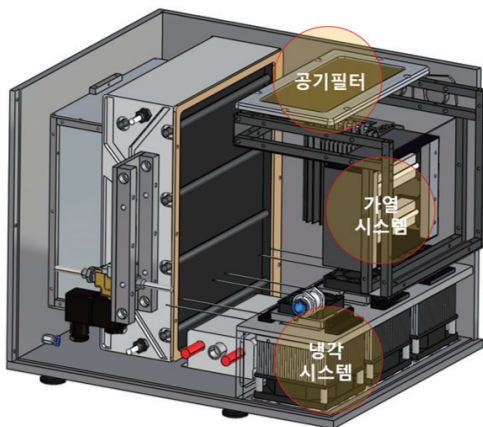


그림 9. 수소연료전지 및 열관리장치 구조

<그림 10>에서는 주 프레임 및 구동부 구조설계를 기반으로 연료전지, 수소탱크, 전장부 구성품 등을 내부 공간에 구성품을 포함하여 배치 설계를 수행하였고, 내부 구성품 간 간섭, 케이블 배선 경로 등을 고려하였다. 이렇게 메인 프레임, 구동부 시스템, 연료전지 시스템, 수소탱크 등 설계된 내/외부 부품의 조립 기반 제작 설계 진행하고 상단부 미션 시스템은 기본 팬-틸트 구동이 가능한 2자유도 액추에이터를 적용하였으며, 미션시스템 후방의 보강 파이프를 통해 지면의 진동으로부터 강인함을 보완하는 한편, 미션시스템 내부의 전장연결을 위한 배선 경로로 활용 할 수 있도록 하였다.

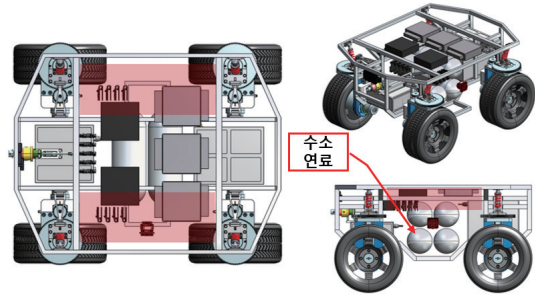


그림 10. 내부 구성품 배치 설계 결과

구성된 실외무인경비 로봇플랫폼은 주행성능 시험장치(다이아노)를 이용하여 <그림 11>에서와 같이 주행거리, 주행시간, 주행 속도에 대한 성능을 측정했다.

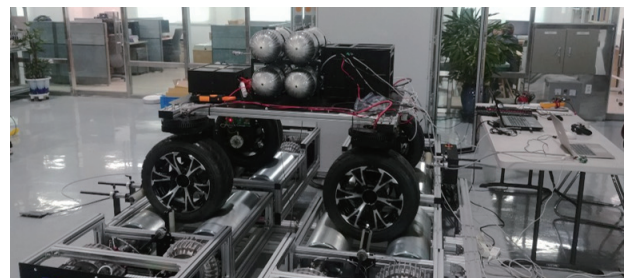


그림 11. 로봇플랫폼 성능 테스트

2.2. 실외자율주행 방법

실외 다양한 날씨와 환경 변화에 적응하기 위해서는 기존의 메트릭 정보로 구축된 지도만으로 극복이 어렵다. 단일 정보 특성으로 인해 환경 정보를 충분히 담지 못하는 한계가 발생하게 되기 때문이다. 이를 위해 로봇에 탑재된 다중의 센서 정보를 활용한 시맨틱 정보 기반 지도를 작성하고 이를 기반으로 실외자율주행용 프레임워크를 설계하였다.

먼저 LiDAR 센서의 1-layer와 Encoder 정보만을 사용하여 지도를 만드는 방법이다. 바퀴의 회전량을 측정 한 후 다음 시점의 위치를 예측 하고, LiDAR를 통해 측정 한 거리 값을 사용하

여 위치를 보정하여 지도를 생성한다. <그림 12>는 멀티모달 센서와 함께 탑재한 LiDAR센서 기반 지도를 생성한 결과이다.

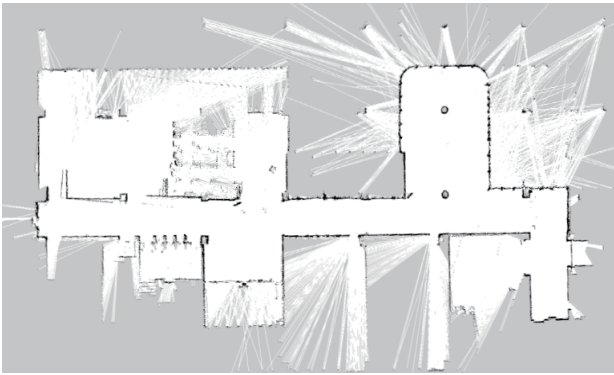


그림 12. LiDAR 센서 기반 지도

다음은 3D Lidar 16-layer 데이터에서 직선, 평면, 모서리를 검출하여 특징점으로 사용한다. 이를 이용하여 이전과 현재 프레임을 비교하여 Visual Odometry를 생성한다. 이를 기반으로 3차원 공간에 작성한 지도는 <그림 13>에서 보는 것과 같다. 즉, 3D Lidar데이터를 이용하여 만든 지도 결과이다.

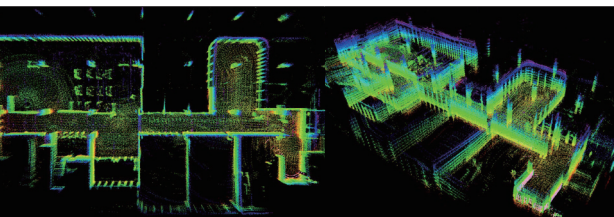


그림 13. 3D LiDAR 센서 기반 지도

마지막으로 비전 기반 지도작성은 알고리즘은 LiDAR 기반 지도 생성 방법과 유사하다. 차이점은 Vision 기반 지도 작성에서 사용하는 특징점은 이미지에서의 직선, 모서리 성분을 사용한다는 것이다. 특징점까지의 거리는 깊이 데이터를 사용하여 획득한다. <그림 14>는 Multi-Modal 센서를 이용하여 Vision 기반 지도를 생성하는 결과이다.

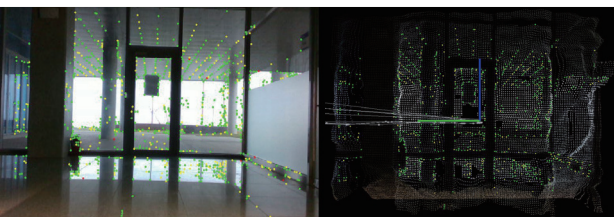


그림 14. 비전 센서 기반 지도

위와 같은 지도 작성 알고리즘으로 멀티모달 센서를 사용하여

각 센서 별로 지도를 생성 할 때 맵의 기준 좌표를 하나로 결정할 수 있다면 하나의 통합 지도를 생성 할 수 있다. 그러면 로봇의 센서 구성이 변경되거나 로봇의 형태가 변경 되더라도 기존의 지도를 동일하게 사용할 수 있다. 각각의 지도를 통해 추출할 수 있는 위치인식 결과를 공분산 행렬의 형태로 표현하면 융합 연산을 통해 하나의 공분산 행렬을 얻을 수 있고 이를 통해 정확한 위치를 얻을 수 있다. 이렇게 보정된 결과를 바탕으로 각 지도에서의 위치 값을 업데이트하고 환경 정보를 갱신해야 될 경우 업데이트 위치를 기준으로 갱신해 준다. <그림 15>는 이러한 과정을 표현한 그림이다.

이는 변화하는 환경을 인식하기 위해 여러 센서로 구성된 멀티모달 센서 데이터를 사용했고, 다양한 센서 구성이나 다양한 형태의 로봇에 유연하게 적용하여 사용하기 위해 센서 구성에 따른 지도 생성 결과를 이용하고, 각 지도에서 얻을 수 있는 위치인식 결과를 공분산 행렬로 변환하여 융합하여 하나의 통합된 지도로 생성하는 방법이다.

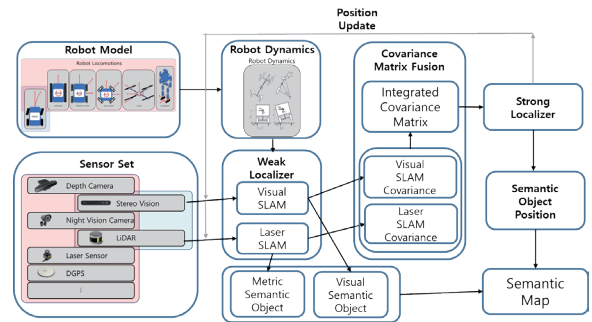


그림 15. 위치 인식 결과 융합 개념도

이렇게 제작된 로봇플랫폼은 시맨틱지도 기반 위치인식 알고리즘을 적용하여 <그림 16>과 같이 안전로봇 실증센터에 구축된 테스트베드에서 동작테스트 및 경비로봇 임무를 수행하였다.



그림 16. 주행 동작 테스트 및 경비 임무수행

3. 지능형 관제 시스템

다수의 고정형 에이전트 및 로봇플랫폼들이 능동적으로 경비 임무를 수행하기 위해서는 직접적이고 빠른 개입이 가능하도록 양방향 통신이 가능하고 넓은 지역을 커버할 수 있는 통신 시스템이 필요하다[8]. 이를 위해 4종의 통신 방식(LoRa(Long Range), Wifi(Wireless Fidelity), Bluetooth, LTE(Long Term Evolution))를 사용하였다[9]. 이를 기반으로 관제와 고정형 에이전트 및 관제와 로봇 간의 통신 방식을 적용하고 관리자의 직관적인 개입이 가능한 UI를 포함하는 관제 시스템을 구축하였다. <그림 17>에서와 같이 고정형 에이전트에서는 객체 및 상황 인식데이터와 센서 데이터를 보내고 로봇 플랫폼에서는 로봇 상태와 센서 데이터를 보내고 명령데이터를 받는다. 이 명령은 수동, 긴급, 자동의 순서로 우선 순위를 포함한다. 또한, <그림 18>과 같이 동기화된 센서 데이터 사용이 용이하도록 ROS(Robot Operating System)기반 데이터 통신 인터페이스를 구축하였다.

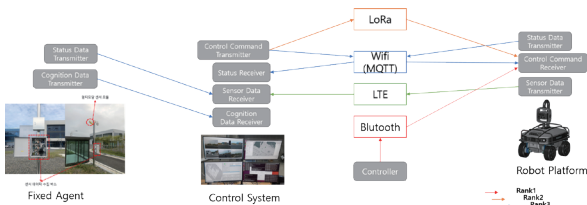


그림 17. 다중 통신 기반 관제시스템 통신 개념도

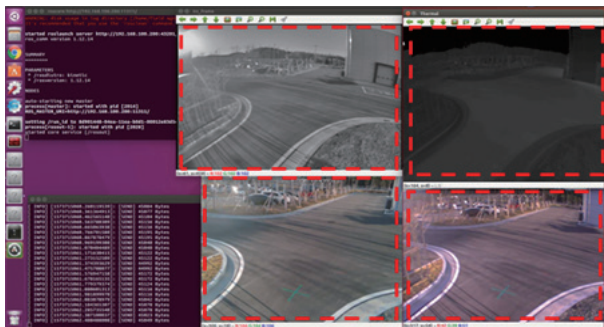


그림 18. ROS 기반 센서 데이터 통신 인터페이스

한편, 관리자가 경비로봇에 임무를 명령하기 위한 소프트웨어로 관리자의 입력을 받아서 로봇에서 임무와 경로정보를 전달하기 위한 경로 지시를 위한 제어기 소프트웨어는 경비로봇이 실제로 임무를 수행할 경로를 지정해주는 소프트웨어로 Map상에서 임무 좌표를 찍어 전역경로 생성 프로그램으로 전달하고 결과로 받은 개별 경로를 Map상에 표시하여 관리자에게 표시하고, <그림 19>와 같이Map상의 좌표를 전부 초기화 하거나 저장하여 다음에 다시 사용할 수 있도록 하였다.

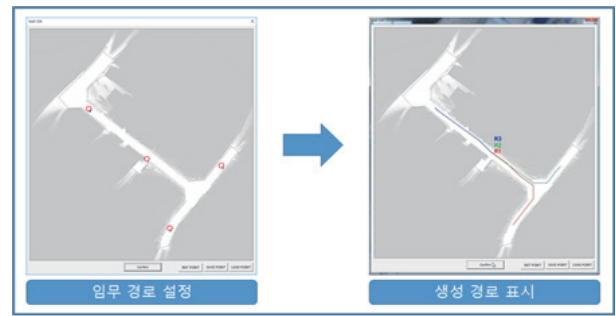


그림 19. 임무 및 직접적인 경로 설정 GUI

제공된 UI에 의해 전달된 임무를 로봇이 수행하면, 관제센터에서는 경비로봇의 위치 및 상태를 확인할 수 있도록 구글맵 Api를 활용하여 모니터링 화면을 제작하였고, <그림 20>에서와 같이 구글맵 Api의 라벨 기능을 통하여 경비로봇의 위치좌표를 표시해 현재 경비로봇의 진행 상황을 알 수 있도록 개발 하였다. 그리고 <그림 21>에서는 관리자가 임무를 수행하고 있는 경비로봇의 상태를 확인하기 위한 GUI로현재 로봇의 접속 상태와 데이터 수신 상태를 확인할 수 있으며, 로봇 고장 상태, 로봇의 배터리 잔량을 확인할 수 있다.



그림 20. 구글 Api기반 위치좌표 표시GUI

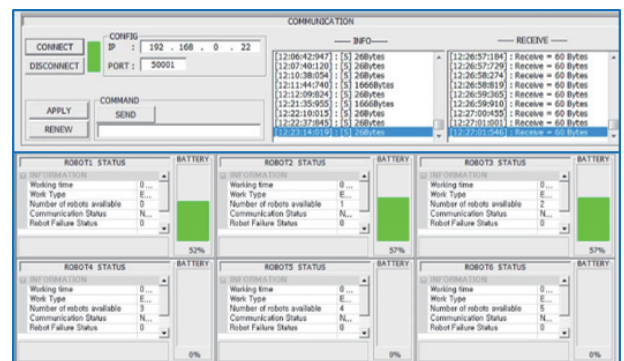


그림 21. 로봇 상태 표시GUI

이러한 관리자를 위한 GUI를 기반으로 관제시스템은 다수의 로봇 플랫폼과 고정형 에이전트에서 영상정보를 전송 받아 관리자에게 디스플레이 할 수 있고 관제시스템 내에 저장이 가능하다. 이렇게 구축된 관제시스템은 현재 장성 나노산업단지<그림 22> 참조와 포항 안전로봇 실증센터<그림 23> 참조에 실용화를 위해 테스트베드를 구축하였다. <그림 24, 25>에서와 같이, 구축된 테스트베드 내에서 순찰 및 감시와 같은 경비 임무를 수행하였다.



그림 22. 장성 나노산업단지 테스트베드



그림 23. 포항 안전로봇 실증센터 테스트베드

III. 결론

최근 로봇을 이용한 실외무인서비스에 대한 관심이 많아지고 있으며, 이를 이용한 다양한 어플리케이션이 증가하고 있다. 본 논문에서는 이러한 서비스 중에 로봇을 활용한 실외무인경비 시스템을 활용하고자 멀티모달 센서모듈, 실외무인 로봇플랫폼, 지능형 관제시스템을 통합한 경비시스템을 제안하였다. 특히, 실외의 다중의 광역환경에서 경비서비스를 위해 구축된 관제시스템은 실용화를 위해 2개의 사이트(포항, 장성)에 테스트베드 형태로 구축되었다. 향후에는 로봇 및 드론의 능동적 대응을 포함하는 감시 시스템의 실제적인 적용 및 실용화에 관련 연구 영역을 넓히고 이를 기반으로한 사업화가 가능할 것으로 기대된다.



그림 24. 포항 테스트베드 내 순찰 임무



그림 25. 장성 테스트베드 내 감시(불법주차) 임무

Acknowledgement

This work was supported by the Korean Evaluation Institute of Industrial Technology and conducted by the Ministry of Industry and Commerce in 2017 (Industrial Core Technology Development Project, Project Number 10080489).

참고 문헌

- [1] B. Back and H. Kim, "Industrial direction and policy direction of intelligent robot industry," The Magazine of the IEEK, vol. 44, no. 9, pp. 16-26, Sept., 2017, (<https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07247222>).
- [2] S.K. Hwang, E.S. Jeong, O. H. Kwon, and S.G. Lee, "Implementation of an Intruder Detection System Using Image Transmission on ZigBee," Journal of Security Engineering, vol. 6, no. 2, pp. 192-195, 2009, (<https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01303983>).
- [3] H. S. Jeon, D.H. Yeom, and Y. H. Joo, "Video-based Intelligent Unmanned Fire Surveillance System," Journal of Korea Intelligent System Society, vol. 20, no. 4, pp. 516-521, 2010, (<https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01508423>).
- [4] T. H. Kim, G. L. Seo, J. Y. Lee, and W. C. Lee, "Integrated Fire Monitoring System Based on Wireless Multi-Hop Sensor Network and Mobile Robot," Journal of Korea Control Robot System Society, vol. 16, no. 2, pp. 114-119, 2010, (<https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01947036>).
- [5] H. Mahini, S. Kasaei F. Dorri and F. Dorri, "An Efficient Features - Based License Plate Localization Method," Proc. of International Conference on Pattern Recognition, pp. 1-4, 2016.
- [6] T. Uhm, J. Park, G. Bae, J. Lee, and Y. Choi, "Multi-modal Sensor Module for Outdoor Robots," Proc. of ICCE 2020, pp. 1-2, 2020.
- [7] T. Uhm, G. Bae, J. Lee, and Y. Choi, "Multi-modal Sensor Calibration Method for Intelligent Unmanned Outdoor Security Robot," Proc. of ICGHIT 2018, pp. 215-220, 2018.
- [8] F. Zafari, A. Gkelias, and Kin K. Leung, "A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, no. 3, 2019.
- [9] T. Uhm, J. Jung, S. Cho, G. Bae, and Y. Choi, "Multiple Wireless Networks based Control System for Unmanned Surveillance Robot," Journal of Korea Robotics Society, vol. 15, no. 4, pp. 392-397, 2020.

약 력



엄태영

2004년 경기대학교 공학사
 2006년 한양대학교 공학석사
 2014년 한양대학교 공학박사
 2014년~2016년 한국과학기술연구원 로봇연구단
 위촉연구원
 2016년 현재 한국로봇융합연구원 선임연구원
 관심분야: 영상처리, 휴먼로봇인터랙션, 인공지능,
 자율주행, 증강현실



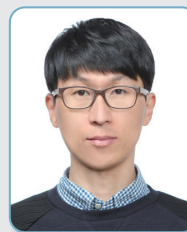
배기덕

2015년 서울과학기술대학교 공학사
 2017년 서울과학기술대학교 공학석사
 2017년~현재 한국로봇융합연구원 스마트모빌리티센터
 주임연구원
 관심분야: 자율주행, 위치인식, 모바일 로봇



최영호

2003년 한양대학교 공학사
 2008년 포항공과대학교 공학박사
 2008년 현재 한국로봇융합연구원 스마트모빌리티연구센터
 센터장/수석연구원
 관심분야: 모바일 로봇 자율주행/다중로봇 스케줄링/
 모바일 미니플레이션



조성훈

1998년 한국해양대학교 공학사
 2000년 한국해양대학교 공학석사
 2003년 한국해양대학교 공학박사수료
 2002년~2018년 ㈜알디텍 부장
 2018년~현재 ㈜라스테크 응용기술사업부 연구소장
 관심분야: 휴머노이드 로봇, 인공지능, 자율주행



문용선

1983년 조선대학교 공학사
 1985년 조선대학교 공학석사
 1989년 조선대학교 공학박사
 1992년~현재 순천대학교 교수
 2005년~현재 레드윈테크놀러지(주) 기술이사
 2011년~현재 순천대학교 로봇기술연구소 연구소장
 2012년~2014년 제어로봇시스템학회 호남지부장
 관심분야: 로봇, 로봇 매니플레이터, 모션 제어, 필드버스,
 산업용 이더넷

이동-조작 휴먼 케어 로봇의 국제안전표준

유수정, 지상훈
한국생산기술연구원

요약

전 세계적으로 포스트 코로나 시대에서 비대면 공공 서비스와 가정내 개인 서비스 로봇의 수요 증가가 예상되고 최근 다양한 휴먼 케어 로봇들이 상용화를 준비하고 있다.

이에, 상용화를 위한 로봇 성능과 안정성의 확보가 중요해지고 있으며, 국제적으로 엄격한 검증 기준이 요구되고 있다. 본고에서 이동-조작 휴먼 케어 로봇의 안전과 관련된 표준을 소개한다.

로봇, 웨어러블 로봇, 이동 서비스 로봇에 대한 안전을 설명하고 있는데, 특히, 이동-조작 로봇은 비대면 배송 서비스와 작업 서비스가 확대되면서 다양한 형태로 개발되고 있다.

그러나, 협동로봇을 포함한 제조로봇의 안전 이슈와 시험 평가 방법이 표준으로 개발되어 활용되는 것과 다르게[4][5][6], 휴먼 케어 서비스 로봇에 대해서는 아직까지 안전표준에 대한 설명과 검증시험 방법의 구체성이 부족하다.

이에 본 고에서는 이동-조작 휴먼 케어 서비스 로봇과 관련된 안전표준의 현황과 적용 방안에 대하여 논의한다.

I. 서론

사람을 대신하여 서비스를 제공하는 로봇은 외부환경을 인식하고 상황을 판단하여 자율적으로 동작하는 장치이다. 최근 로봇 서비스는 한정된 공간에서 위치하여 정해진 순서에 따라 물품들을 생산하는 업무를 수행하는 것에서 사람의 일상생활 속에서 이동하면서 가사업무나 공공업무 등을 수행하는 휴먼 케어 영역으로 확대되고 있다.

로봇이 휴먼 케어 서비스를 제공하는 제품이 되기 위해서는 기능 안정성과 함께 사람을 상해하지 않아야 하는 안전성이 필수적으로 요구된다. 이와 관련되어 다양한 안전 확보와 검증에 관한 연구가 진행 중으로, 특히 개인 돌봄 로봇(Personal Care Robot)에 대한 안전 표준들이 2014년도에 첫 제정된 이후 2019년도와 2020년도에 이를 실행하기 위한 기술보고서들이 제시되었다.

- ISO 13482, Robots and robotic devices — Safety requirements for personal care robots [1]
 - ISO/TR 23482-1:2020, Robotics — Application of ISO 13482 — Part 1: Safety-related test methods [2]
 - ISO/TR 23482-2:2019, Robotics — Application of ISO 13482 — Part 2: Application guidelines [3]
- ISO 13482에서는 최근 상용 제품이 출시되고 있는 이동-조작



그림 1. 이동-조작 로봇 서비스의 예[7]

II. 본론

1. 용어 정의

국제 표준인 ISO 13482:2014에서 사용되는 개인 돌봄 로봇(Personal Care Robot)에 관한 용어는 <표 1>과 같다.

표 1. 로봇 안전 관련 용어 [1]

용어	설명
위해요소 (hazard)	상해의 잠재적 원인
위험도 (risk)	상해의 발생확률과 심각성

용어	설명
위험도 평가 (risk assessment)	위험도 분석과 예측으로 구성된 전반적 과정
안전 상태 (safe state)	임박한 위해요소를 가지지 않는 로봇의 상태
제어 시스템의 안전 관련 부품 (safety-related part of a control system)	안전 관련 입력신호에 응답하고 안전 관련 출력신호를 생성하는 제어 시스템의 부분
보호정지 (protective stop)	보호 목적으로 동작을 순차적으로 정지하는 것
안전 관련 대상물 (safety-related object)	위험으로 보호되어야 하는 인간, 동물, 재산
안전 관련 장애물 (safety-related obstacle)	접촉이나 충돌 상황에서 위험을 야기할 수 있는 물체, 장애물, 지면 상태
안전 관련 속도 제한 (safety-related speed limit)	수용할 수 없는 위험도를 유발하지 않는 속도의 상위경계
수동 제어 장치 (manual control device)	로봇 제어용 조작 장치
수동 모드 (manual mode)	사람이 직접 로봇을 작동시키는 작동 모드
자율 모드 (autonomous mode)	개입 없이 주어진 임무를 수행하는 작동 모드
반자율 모드 (semi-autonomous mode)	부분적 인간 개입으로 로봇이 기능하는 작동 모드

로봇이 동작하는 공간에 대해서는 <그림 2>와 같이 정의되어 있다.

- 최대 공간 (maximum space) : 로봇 또는 매니퓰레이터와 탑재물 (페이로드)에 의해 휩쓸릴 수 있는 공간
- 제한된 공간 (restricted space) : 제한 장치에 의해서 로봇이 넘어서지 못하도록 한정된 최대 공간의 일부분
- 감시 공간 (monitored space) : 로봇 내장 센서로 안전 관련 대상물을 감시하는 공간
- 보호 공간 (safeguarded space) : 안전 관련 대상물이 감지되면 로봇이 안전 관련 기능을 개시하는 공간

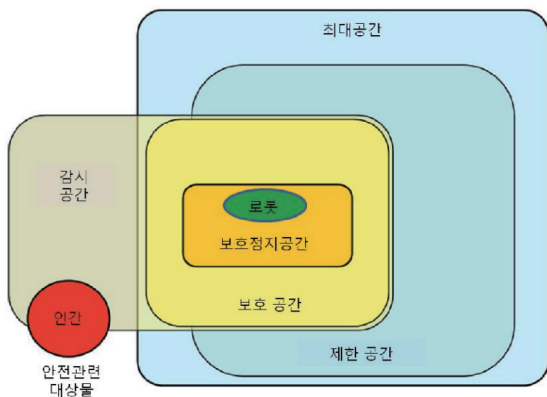


그림 2. 휴먼 케어 로봇의 작업공간 [1]

- 보호정지 공간 (protective stop space) : 안전 관련 대상물이 들어오면 로봇이 보호정지를 수행하는 공간

2. 안전도 평가 관리

ISO 13482에 위험도 관리는 위험 식별 - 평가- 조치 순서로 진행된다. ISO 13482에 정의된 위해요소의 식별은 특정 로봇에서 나타날 수 있는 모든 위해요소를 파악하기 위해 실시되어야 한다. 로봇 별 특유의 설계 결과와 의도된 사용목적 또는 예측가능한 오용으로 다른 위해요소가 나타날 수 있기 때문에, 이러한 항목들이 모든 위해요소를 포함하고 있다고 고려해서는 안 된다. 위해요소 식별 과정은 각 디자인별로 수행되어야 한다. 위해요소 식별 시 특별히 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 로봇에 의한 자율적 의사결정의 불확실성과 잘못된 결정으로부터 유발가능한 위해요소
- 사용자와 그 외 노출된 사람들의 지식, 경험, 신체조건 수준의 차이
- 로봇의 정상적이지만 예상하지 못한 움직임
- 사람, 동물 및 다른 물체의 예상하지 못한 움직임(예를 들면, 측면이나 더 높은 곳으로부터 로봇 앞으로 뛰어듬)
- 로봇의 의도하지 않은 움직임
- 예상 못한 이동 경로의 표면과 환경 조건
- 다루어야 할 안전 관련 사물에 대한 불확실성

위험도 평가는 상해의 경중(Severity of harm, S), 지속성(Frequency of exposure, F), 빈도(Probability of occurrence, O) 제거(회피) 가능성(Possibility to evade, A)에 따라 위험도 지수(Risk index, R)를 정의하고 있는데, 숫자가 높을 경우 상해 위험성이 높다.

- 적절한 위험도 예측 방법이 사례별로 설계되어야 함
- 로봇과 안전 관련 사물 또는 다른 물체 사이의 허용된 접촉이 수용할 수 없는 수준의 위험도를 유발하지 않음을 개별 사례별로 보여줄 수 있도록 위험도 예측의 결과가 도출되어야 함
- 위험도 평가에 대한 수치 값이 특정 응용사례에 적용된다면, 시험/측정 방법의 적절한 검증이 이루어져야 함 (ISO 23482 활용)

ISO 13482에서의 로봇에 대한 위험도 감소를 위한 조치는 모든 위해요소를 식별하기 위해 ISO 12100:2010의 원칙에 입각하여 설계되어야 하며, 이들에 대하여 본질적 안전 설계, 보호조치, 사용정보 순으로 검토하고 있다.

- 본질적인 안전 설계 조치는 로봇 자체의 설계 특성에 대한 적절한 선택 또는 개인과 로봇의 상호작용의 설계 특

성에 대한 선택을 통해 위험도를 감소 또는 제거하여 위해요소를 회피하게 함

- 보호 장치 및/또는 보호조치의 적용은 위험도 감소의 두 번째 방법이다. 많은 위험도가 안전 관련 장애물과 로봇 사이의 동적 상호작용에 기인하므로, 로봇의 보호 제어 기능은 특정 유형의 위험도를 상당히 감소시킬 수 있음. 안전 관련 제어 기능을 사용하여 위험도를 저감하는 경우에는 별도의 요구사항에 따라 관리됨
- 본질적 안전 설계와 보호조치가 적용된 후의 잔류 위험도는 사용설명서에 제공되어야 함
- 위해요소 대한 안전 요구사항 충족여부 확인은 다음의 방법으로 검증됨 A: 육안조사, B: 실증적 시험, C: 측정, D: 작동 중 관찰, E: 회로도 검사, F: 소프트웨어 검사, G: 임무기반 위험도 평가의 검토, - H: 배치도면과 관련 서류 검토

ISO 13482에서의 개인 지원 로봇에 대한 위험도 관리를 다음으로 나눠 제시하고 있다.

- 배터리 충전 관련 위해요소
- 에너지 저장 및 공급으로 인한 위해요소
- 로봇 시동과 정상 동작의 재시작
- 정전위(정전기 전위)
- 로봇 형상에 기인한 위해요소
- 배출에 의한 위해요소 (소음, 진동, 위험한 물체 및 유체, 과도한 온도, 위험한 비전리 방사선, 위험한 전리 방사선, 전자파 장애에 의한 위해요소, 스트레스, 자세 및 사용에 의한 위해요소, 로봇 움직임에 의한 위해요소 (기계적 불안정성, 이동 중 불안정성, 적재물 운송 중 불안정성, 충돌 시 불안정성, 안전 관련된 장애물과의 충돌), 내구성 부족에 의한 위해요소)
- 잘못된 자율 결정 및 행동에 의한 위해요소
- 움직이는 요소와의 접촉에 의한 위해요소
- 인간의 로봇 인지(지각) 결여에 의한 위험
- 위험한 환경 조건
- 위치추정과 항법오차에 의한 위해요소

ISO 13482에서는 제어 시스템을 통해 보호조치가 시행될 경우, 다음의 요구사항을 적용해야 한다.

- 제어 시스템 기능(전기적, 유압, 공압, s/w)에 요구되는 성능수준(PL) 또는 안전 무결성 수준(SIL)은 위험도 평가에 의해 결정되어야 하며, ISO 13849-1:2006 또는 IEC 62061을 준수해야 함

- 다음 기능 중 하나 또는 하나 이상이 위험도 저감을 위해 사용되었다면, 각각의 기능에 대해 PL 또는 SIL이 정의되어야 함. 비상정지(6.2.2.2), 보호정지(6.2.2.3), 작업공간 제한(금지된 영역 회피 포함 6.5.3), 안전 관련 속도 제한(6.4), 안전 관련 힘 제한(6.7), 위험한 충돌 회피(6.5.2.1, 6.5.2.2), 안정성 제어(과부하 방지 포함)(6.6, 6.7), 여기서 괄호 안의 숫자는 ISO 13482의 장/절 번호임
- 제어 시스템은 안전등급 인증제품이 활용되며, 미인증 제품 활용 시에는, 사업에서 운영할 안전표준 관련 심의기구에서 인가한 범위 내에서 제한적으로 사용 (센서, 제어기, 모터드라이버 등)

3. 안전 대응의 예

ISO 13482에서 정의된 보호조치 중, 환경과 사용 목적을 고려하여 ISO 23482에서 기술된 이동 서비스 로봇 (Mobile Servant Robot)에 대한 안전대응 방법을 참조하여 적용한다.

활용될 로봇은 Mobile servant robot (high risk) 중에서 로봇이 크거나 (무겁거나), 빠르거나, 조작자가 있는 ISO 13482:2014의 6.1.2.1의 Type 1.2로 분류하여 관리한다.

- 초기 위해요인 식별 및 위험도 추정 (Appendix-1)
- 위험도 저감 측정 (Appendix-2)
- 최종 위험도 평가(risk assessment)와 잔류 위험도 (Appendix-3)

Appendix 1에 제기된 로봇의 경우에는 2개의 위험요인이 식별되었으며, 1번 전복의 경우에는 발생 가능성이 작도록 기계적 설계가 가능하다. 2번 항목인 어린이와의 충돌에 대해서는 센서의 위치의 조정을 통한 안전 조치를 수행하여, 최종적으로 잔류 위험도를 낮추도록 하였다.

III. 결론

현재 사회 고령화와 대유행병에 대한 대비한 비대면 자율 서비스에 대한 사회적 요구가 증가되고 있다. 이러한 사회적 요구를 충족시킬 방안으로 휴먼 케어 로봇들과 서비스들이 개발되어 시도되고 있다.

이러한 새로운 휴먼 케어 로봇 제품과 서비스가 산업화로 성공하기 위해서는 안전 기술과 검증 기술이 필수적이다.

특히 설계, 개발 및 서비스 제공 단계에서 활용될 수 있는 안전 기술과 인프라가 확보될 경우, 국내 로봇 제조사들의 제품 경쟁력이 강화될 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] ISO 13482, Robots and robotic devices — Safety requirements for personal care robots를 기초로 작성된 KS B ISO 13482:2014
- [2] ISO/TR 23482-1:2020, Robotics — Application of ISO 13482 — Part 1: Safety-related test methods
- [3] ISO/TR 23482-2:2019, Robotics — Application of ISO 13482 — Part 2: Application guidelines
- [4] ISO 10218-1:2011, Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots
- [5] ISO 10218-2:2011, Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 2: Robot systems and integration
- [6] ISO/TS 15066:2016, Robots and robotic devices — Collaborative robots
- [7] <https://diligentrobots.com/>

[Appendix-1 초기 위해요인 식별 및 위험도 측정의 예]

#	위해요인 및 관련 사건(event)	잠재적 결과	위험도 추정	위해도 평가
1	과적 또는 과속으로 이동 중 로봇 전복	사람이 깔림	S2: 심각한 상해 (골절 등) F1: 과적 또는 과속이 거의 발생하지 않음 O1: 무게 중심이 지면 근처임 (배터리 배치) A2: 피하기에 전복이 너무 빨리 진행됨 R: 2	Acceptable, (기계 설계로 발생 빈도 낮음)
2	어린이와 충돌	상해 또는 파편 손상	S2: 되돌릴 수 없을 상해 발생 가능 (로봇 무게) F2: 로봇이 사람 근처에서 작동함 O3: 충돌 검출/회피 센서로 어린이 발견 실패 A2: 어린이는 피할 수 없을 수 있음 R: 6	Not acceptable, (발생 피해와 확률 높음)

[Appendix-2 위험도 저감 측정의 예]

#	위해요인 및 관련 사건(event)	잠재적 결과	본질적 안전 설계 측정	보호 또는 보완적 조치	사용자 정보
2	어린이와 충돌	상해 또는 파편 손상	이동 모터와 기어를 1m/s 이상의 이동 속도가 허용되지 않도록 선택하여 예상되는 피해의 심각도를 줄임	충돌 방지용 사람 존재를 감지하는 레이저 스캐너 (ESPE) 장착 레이저 스캐너의 감지 감도를 직경 30mm의 신체 부위가 감지되도록 설정하여, 어린 아이의 팔과 손을 감지하게 함 레이저 스캐너의 바닥 높이를 낮춰서 바닥에 누워있는 어린이도 감지하게 함	충돌 위험에 대한 인식을 높이는 사용 설명서 작성 “로봇이 작은 아이를 인식하지 못할 수 있음”

[Appendix-3 최종 위험도 평가(risk assessment)와 잔류 위험도]

#	위해요인 및 관련 사건(event)	잠재적 결과	위험도 추정	위해도 평가
2	어린이와 충돌	상해 또는 파편 손상	S2: 되돌릴 수 없을 상해 발생 가능 (로봇 무게) F2: 로봇이 사람 근처에서 작동함 O1: 보호공간의 위치와 민감도를 조정하여 어린이와의 충돌을 효과적으로 방지 A2: 어린이는 피할 수 없을 수 있음 R: 4	Acceptable, (보호공간이 충분하면 상해 가능성과 충격을 제한할 수 있음)

약 력



유수정

1993년 서울대학교 제어계측공학과 공학사
1995년 서울대학교 제어계측공학과 공학석사
2013년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 공학박사
2013년 서울대학교 뉴미디어통신공동연구소 선임연구원
2014년~현재 한국생산기술연구원 로봇응용연구부문
수석연구원
2017년~2018년 한국멀티미디어학회 이사
관심분야: 인공지능, 비전



지상훈

1995년 서울대학교 제어계측공학과 공학사
1997년 서울대학교 제어계측공학과 공학석사
2007년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 공학박사
2007년~2008년 두산인프라코어 신사업기획팀 차장
2018년~현재 한국생산기술연구원 로봇응용연구부문 부문장
2020년~현재 대한전기학회 정보및제어 부문회 이사
관심분야: 제조로봇, 산업지능정보기술

2021년도 임원 명단

• 회 장 : 김영한 (숭실대학교)

• 수석부회장 : 신요안 (숭실대학교)

• 부회장

정성호 (학술사업부회장: 한국외국어대학교)
이인규 (학술정보부회장: 고려대학교)
강신각 (산학연부회장: 한국전자통신연구원)
정연만 (지부부회장: 강릉원주대학교)
이우용 (지부부회장: 한국전자통신연구원)
이상미 (여성위원회: 정보통신기획평가원)
이성춘 (산학연부회장: 기가코리아사업단)
이규복 (연구계부회장: 한국전자기술연구원)
최고희 (산업계부회장: 엘지전자)
홍경표 (산업계부회장: 케이티)

허 준 (학술연구부회장: 고려대학교)
정재학 (기금/건물운영위원회: 인하대학교)
방승찬 (연구계부회장: 한국전자통신연구원)
박용완 (지부부회장: 영남대학교)
이재수 (산업기술부회장: 김포대학교)
장경희 (정책홍보위원회: 인하대학교)
이영성 (융합부회장: 단국대학교)
전경훈 (산업계부회장: 삼성전자)
박진효 (산업계부회장: 에스케이티)
최택진 (산업계부회장: 엘지유플러스)

• 감 사

송홍엽 (연세대학교)

홍인기 (경희대학교)

• 상임이사

김기형 (기획: 아주대학교)
황승훈 (대외총무: 동국대학교)
최용훈 (국내학술사업: 광운대학교)
김동균 (국제협력2: 경북대학교)
강승택 (홍보1: 인천대학교)
고영채 (5G/6G이동통신: 고려대학교)
백상현 (5G/6G네트워크: 고려대학교)
주창희 (지능2(기반2): 고려대학교)
박경준 (지능4(융합): 대구경북과학기술원)
최지웅 (스마트 모빌리티(자동차/드론): 대구경북과학기술원)
신오순 (동계추계1: 숭실대학교)
김상호 (동계추계3: 성균관대학교)
김선우 (하계2: 한양대학교)
김선용 (소사이어티/연구회: 건국대학교)
이문식 (국제학술회의2: 한국전자통신연구원)
김석찬 (교육: 부산대학교)
황인태 (회원2: 전남대학교)
손인수 (국제논문2: 동국대학교)
이현우 (학회지1: 한국전자통신연구원)
한연희 (정보: 한국기술교육대학교)
한동석 (AI 학술: 경북대학교)
김경배 (지부1: 서원대학교)
조주필 (지부3: 군산대학교)
이예훈 (기금/회관운영: 서울과학기술대학교)

조성래 (대내총무: 중앙대학교)
유명식 (재무: 숭실대학교)
김광순 (국제협력1: 연세대학교)
심병호 (6G 학술사업: 서울대학교)
신석주 (홍보2: 조선대학교)
남해운 (이동통신표준: 한양대학교)
최선웅 (지능1(기반1): 국민대학교)
김상철 (지능3(SW): 국민대학교)
송재승 (IoT 플랫폼: 세종대학교)
김동성 (국방: 금오공과대학교)
채찬병 (동계추계2: 연세대학교)
김덕경 (하계1: 인하대학교)
김평수 (하계3: 한국산업기술대학교)
김재현 (국제학술회의1: 아주대학교)
김사혁 (산학연1: 정보통신정책연구원)
임대운 (회원1: 동국대학교)
최완 (국제논문1: 서울대학교)
이장원 (국내논문: 연세대학교)
김대중 (학회지2: 한국정보통신기술협회)
유철우 (정보홍보: 명지대학교)
천상훈 (산업기술: 인천재능대학교)
정연호 (지부2: 부경대학교)
안윤영 (여성: 한국전자통신연구원)

• 집행이사

김재호 (기획: 세종대학교)
박상오 (대내총무: 중앙대학교)
류은석 (재무: 성균관대학교)
진성근 (국내학술사업: 대구대학교)
안재영 (국제협력2: 한국전자통신연구원)
김홍준 (홍보1: 경북대학교)

정영호 (기획: 한국항공대학교)
김준수 (대외총무: 한국산업기술대학교)
임유진 (국내학술사업: 숙명여자대학교)
김윤희 (국제협력1: 경희대학교)
이호원 (6G 학술사업: 한경대학교)
황석승 (홍보2: 조선대학교)

2021년도 임원 명단

이상웅 (홍보2: 가천대학교)
이상현 (5G/6G이동통신: 고려대학교)
곽진삼 (이동통신표준: 윌러스표준기술연구소)
김욱 (5G/6G네트워크: 삼성전자)
김근영 (지능1(기반1): 한국전자통신연구원)
김중현 (지능2(기반2): 고려대학교)
석준희 (지능3(SW): 고려대학교)
이향원 (지능4(융합): 건국대학교)
박철수 (IoT 플랫폼: 광운대학교)
최준원 (스마트 모빌리티(자동차/드론): 한양대학교)
박래호 (국방: 국방지능정보기술융합협회)
손일수 (동계추계1: 서울과학기술대학교)
신원용 (동계추계2: 연세대학교)
최계원 (동계추계3: 성균관대학교)
정진곤 (하계1: 중앙대학교)
이상현 (하계2: 고려대학교)
이종혁 (하계3: 세종대학교)
장석호 (소사이어티/연구회: 건국대학교)
김중현 (국제학술회의1: 고려대학교)
이경한 (국제학술회의2: 서울대학교)
박재현 (교육: 부경대학교)
김영식 (회원1: 조선대학교)
이윤재 (회원2: SK텔레콤)
최준일 (국제논문1: 한국과학기술원)
박현희 (국제논문2: 명지대학교)
권성오 (국내논문: 울산대학교)
이용태 (학회지1: 한국전자통신연구원)
오구영 (학회지2: 한국정보통신기술협회)
김동호 (정보홍보: 서울과학기술대학교)
소재우 (AI 학술: 서강대학교)
고종하 (산업기술: 안산대학교)
이규진 (지부1: 세명대학교)
백승재 (지부2: 한국해양과학기술원)
권구락 (지부3: 조선대학교)
조선영 (여성: KT)
임지영 (여성: 성서대학교)

이남윤 (5G/6G이동통신: 포항공과대학교)
최수한 (이동통신표준: 단국대학교)
신명기 (5G/6G네트워크: 한국전자통신연구원)
이상근 (지능1(기반1): 고려대학교)
이경한 (지능2(기반2): 서울대학교)
정재훈 (지능3(SW): 성균관대학교)
김효일 (지능4(융합): 울산과학기술원)
안일엽 (IoT 플랫폼: 전자부품연구원)
강수원 (스마트 모빌리티(자동차/드론): VSI, Inc)
류명선 (국방: 포스코 ICT)
이종호 (동계추계1: 송실대학교)
정방철 (동계추계2: 충남대학교)
박은찬 (동계추계3: 동국대학교)
이성준 (동계추계3: 한국전자통신연구원)
박대영 (하계1: 인하대학교)
홍승남 (하계2: 한양대학교)
임민중 (소사이어티/연구회: 동국대학교)
신현동 (국제학술회의1: 경희대학교)
김지형 (국제학술회의2: 한국전자통신연구원)
박현희 (교육: 명지대학교)
김성환 (회원1: 울산대학교)
권순호 (회원2: 한국항공우주연구원)
최지환 (국제논문1: 대구경북과학기술원)
이종혁 (국제논문2: 세종대학교)
전상운 (국제논문2: 한양대학교)
김재호 (국내논문: 세종대학교)
김진술 (학회지1: 전남대학교)
홍용근 (정보: 동명대학교)
한종기 (AI 학술: 세종대학교)
안정근 (산업기술: 경북대학교)
이민아 (지부1: 한라대학교)
유국열 (지부2: 영남대학교)
김용석 (지부3: 건양대학교)
임재운 (지부3: 제주대학교)
황진경 (여성: KT)
조면균 (기금/회관운영: 세명대학교)

• 이사

박래혁 (대내총무: 서울과학기술대학교)
허준범 (재무: 고려대학교)
유승목 (국제협력2: 한국전자통신연구원)
이병주 (6G학술사업: 금오공과대학교)
최우열 (홍보2: 조선대학교)
신원재 (5G/6G이동통신: 부산대학교)
고한열 (5G/6G네트워크: 고려대학교)
이수찬 (지능1(기반1): 국민대학교)
옥정슬 (지능2(기반2): 포항공과대학교)
이재구 (지능3(SW): 국민대학교)
김용준 (지능4(융합): 대구경북과학기술원)
이강해 (IoT 플랫폼: 한국정보통신기술협회)
조기춘 (스마트 모빌리티(자동차/드론): 건국대학교)
조영철 (국방: (주)파이오링크)
홍석준 (국방: 한화시스템)
송지호 (동계추계1: 울산대학교)

나웅수 (대내총무: 공주대학교)
핑리메이 (국제협력2: 경북대학교)
김기일 (국제협력2: 충남대학교)
문현원 (홍보1: 대구대학교)
김태운 (홍보2: 한림대학교)
임영빈 (5G/6G네트워크: 울산과학기술원)
이병한 (지능1(기반1): 서울과학기술대학교)
이주현 (지능2(기반2): 한양대학교)
이주현 (지능3(SW): 한양대학교)
곽정호 (지능4(융합): 대구경북과학기술원)
정광복 (IoT 플랫폼: 국토교통과학기술진흥원)
박지훈 (스마트 모빌리티(자동차/드론): 한국자동차연구원)
이성훈 (스마트 모빌리티(자동차/드론): 대구경북과학기술원)
김성진 (국방: LIG넥스원)
이재민 (국방: 금오공과대학교)
조오현 (동계추계1: 충북대학교)

2021년도 임원 명단

- 노송 (동계추계1: 인천대학교)
양현종 (동계추계2: 포항공과대학교)
박정훈 (동계추계2: 경북대학교)
김정현 (동계추계3: 순천향대학교)
이병주 (동계추계3: 금오공과대학교)
김주엽 (하계1: 숙명여자대학교)
정해준 (하계1: 인천대학교)
이남윤 (하계2: 포항공과대학교)
이상우 (하계2: 한국항공우주연구원)
홍정하 (하계3: 한국전자통신연구원)
유희정 (국제학술회의1: 고려대학교 세종캠퍼스)
곽정호 (국제학술회의1: 대구경북과학기술원)
노훈동 (국제학술회의2: 한국전자통신연구원)
이재호 (국제학술회의2: 서원대학교)
고정길 (국제학술회의2: 연세대학교)
고경준 (교육: 철도기술연구원)
김기훈 (회원1: 순천향대학교)
정해준 (회원2: 인천대학교)
박석환 (국제논문1: 전북대학교)
고정길 (국제논문2: 연세대학교)
이현석 (국내논문: 세종대학교)
정우석 (학회지1: 한국전자통신연구원)
우훈식 (학회지2: 대전대학교)
김원태 (정보: 한국기술교육대학교)
조성현 (정보홍보: 한양대학교)
유준혁 (AI 학술: 대구대학교)
임길택 (AI 학술: 한국전자통신연구원)
박군종 (산업기술: 동양미래대학교)
김정훈 (산업기술: 신한대학교)
서광덕 (지부1: 연세대학교)
민병석 (지부1: 충청대학교)
박영호 (지부2: 경북대학교)
손경락 (지부2: 한국해양대학교)
변재영 (지부3: 조선대학교)
황진영 (여성: 항공대학교)
배진수 (기금/회관운영: 세종대학교)
- 최창식 (동계추계2: 홍익대학교)
이제민 (동계추계2: 대구경북과학기술원)
권태수 (동계추계3: 서울과학기술대학교)
채승호 (동계추계3: 한국산업기술대학교)
김수민 (하계1: 한국산업기술대학교)
배정숙 (하계1: 한국전자통신연구원)
방인규 (하계1: 한밭대학교)
신원재 (하계2: 부산대학교)
윤아윤 (하계3: 한국산업기술대학교)
이호원 (국제학술회의1: 한경대학교)
정해준 (국제학술회의1: 인천대학교)
김동완 (국제학술회의2: 동아대학교)
김효일 (국제학술회의2: 울산과학기술원)
김성민 (국제학술회의2: 카이스트)
신원재 (교육: 부산대학교)
진동섭 (회원1: 서울기술연구원)
박호성 (회원2: 전남대학교)
문지환 (회원2: 조선대학교)
이정훈 (국제논문1: 한국외국어대학교)
HuJin (국제논문2: 한양대학교)
정민채 (국내논문: 순천향대학교)
김유두 (학회지1: 한국폴리텍대학)
기주희 (학회지2: 정보통신기획평가원)
윤주상 (정보: 동의대학교)
이규만 (AI 학술: 건양대학교)
김재일 (AI 학술: 경북대학교)
이형기 (산업기술: 인천재능대학교)
이찬주 (산업기술: 신한대학교)
한기관 (산업기술: ICT폴리텍대학)
이재호 (지부1: 서원대학교)
이지연 (지부1: 중원대학교)
박요한 (지부2: 계명대학교)
김용선 (지부3: 한국전자통신연구원)
송왕철 (지부3: 제주대학교)
정하영 (여성: 엘지유플러스)

• 명예회장

- 진년강 (전 단국대학교)
강창언 (전 연세대학교)
김재균 (전 한국과학기술원)
이진 (전 한국항공대학교)
황금찬 (전 연세대학교)
전계석 (전 경희대학교)
임주환 (전 한국디지털멀티미디어연구원)
곽경섭 (인하대학교)
윤대희 (연세대학교)
김은수 (광운대학교)
박진우 (고려대학교)
조동호 (한국과학기술원)
조용수 (중앙대학교)
강충구 (고려대학교)
박세웅 (서울대학교)
- 심수보 (전 송실대학교)
양승택 (전 정보통신부)
박한규 (전 연세대학교)
차균현 (전 고려대학교)
홍의식 (전 광운대학교)
강철희 (전 고려대학교)
이상욱 (서울대학교)
이병기 (서울대학교)
최형진 (성균관대학교)
홍대형 (서강대학교)
이재용 (연세대학교)
노종선 (서울대학교)
조유제 (경북대학교)
장영민 (국민대학교)

2021년도 임원 명단

• 지부장

이민아 (강원: 한라대학교)

유국열 (대구경북: 영남대학교)

정연호 (부산울산경남: 부경대학교)

좌정우 (제주: 제주대학교)

이병관 (미국: UCSD)

Abiyot Bayou Tehone (에티오피아: Ethiopian Ministry of Communication & Information Technology)

Ir. Chairul Hudaya (인도네시아: Universitas Indonesia) Minglu Jin (중국: Dalian University of Technology)

이범식 (광주전남: 조선대학교)

김용석 (대전충남: 건양대학교)

조주필 (전북: 군산대학교)

김경배 (충북: 서원대학교)

Nguyen Tien Dzung (베트남 하노이: HUST)

● 한국통신학회지 “정보와 통신” 투고 규정

1. 원고의 종류는 특집(기술해설, 기술소개), 특별기고, 회원 간의 통신, 그리고 기타 편집위원회가 인정하는 것으로 한다.
2. 원고의 내용은 공익적이고 본회 회원의 전문영역 활동에 유익한 것이어야 하며, IT 전공이 아닌 다른 분야의 비전문가들에게도 친숙하게 읽힐 수 있도록 작성해야 한다.
3. 모든 원고는 MS Word 또는 아래아 한글로 작성한다.
4. 원고는 제목, 저자(소속), 요약문, 본문, 참고문헌 순으로 작성한다.
5. 본문의 항목 번호는 I, 1., 1.1, 1.1.1, (1), 1), 가. 등과 같이 표기한다.
6. 그림·표는 본문의 적절한 곳에 위치하도록 선명하게 작성하고, 그림의 경우 하단에 그림 1로, 표의 경우 상단에 표 1로 표기한다.
7. 원고 내용과 관련있는 문헌에 대해서는 본문 중에 참고문헌 번호를 쓰고([]로 표기), 그 문헌을 참고문헌에 인용순서대로 기재하되 기재방법은 아래와 같은 순서로 작성한다.
가. 학술지: 저자명, 제목, 학술지명, 권, 호, 쪽, 발행연도
나. 단행본: 저자명, 도서명, 출판사명, 쪽, 발행연도
8. 게재가 확정된 원고는 학회가 제공하는 양식에 따라 약력, 사진 등을 제출하여야 한다.
9. 접수된 원고에 대한 게재 여부는 학회지 편집위원회에서 결정하며, 게재된 원고의 저자에게는 소정의 원고료를 지급한다.
10. 학회지에 게재된 원고는 “학회지우수원고상” 자격 대상이 될 수 있다.

과학기술인의 신조

우리 과학기술인은 과학기술의 창달과 진흥을 통하여 국가발전과 인류복지사회가 이룩될 수 있음을 확신하고 다음과 같이 다짐한다.

- 우리는 창조의 정신으로 진리를 탐구하고 기술을 혁신함으로써 국가발전에 적극 기여한다.
- 우리는 봉사하는 자세로 과학 기술 진흥의 풍토를 조성함으로써 온 국민의 과학적 정신을 진작한다.
- 우리는 높은 이상을 지향하여 자아를 확립하고 상호 협력함으로써 우리의 사회적 지위와 권익을 신장한다.
- 우리는 인간의 존엄성이 숭상되고 그 가치가 보장되는 복지 사회의 구현을 헌신한다.
- 우리는 과학기술을 선용함으로써 인류의 번영과 세계의 평화에 공헌한다.

회원주소 변경신청서

회원의 신상 및 주소 변경이 있을 경우, 홈페이지에 접속하여 수정하시기 바라며, 인터넷이 불가하실 경우에는 아래와 같이 작성하여 학회 사무국으로 팩스 또는 우편으로 보내 주시기 바랍니다.

홈페이지 : <http://www.kics.or.kr>

보내실 곳 : 06296

서울특별시 강남구 논현로38길 32-3(도곡동)

사단법인 한국통신학회 사무국 회원담당자 앞

성명		우편물 발송처	자택·직장
직장명·부서명·직위			
직장주소		우편번호	
		직장전화번호	
자택주소		우편번호	
		자택전화번호	
E-mail			
기타 참고사항			

2020 ~ 2021년도 월별주제

월	주제명1	주제명2	주제명3
7월	스마트팩토리		
8월	차세대 보안	빅데이터/클라우드	
9월	스마트 의료를 위한 AI 플랫폼 적용기술	Bio-IT융합 기술동향	
10월	실감콘텐츠	민군IT융합 최신연구	
11월	에너지 소사이어티 소개 및 관련 기술동향	스마트 홈	6GHz 대역 차세대 WiFi 도입
12월	인공지능 기반 5G/6G 기술	휴먼 위치공간 인지기술의 현 주소	
2021년 1월	지능형 로봇		
2월	ICT 정책	오토노머스 모빌리티	
3월	무선전력전송	양자컴퓨팅	
4월	스마트교통	ICT Convergence Korea	
5월	ICT DNA 표준 전략·정책	ICT 기술가치평가·오픈소스S/W	
6월	스마트팜	재난안전ICT	

지난 한 해의 성원에 감사드립니다.

※ 올해도 KITIS산학연정보(주) 는
4차 산업혁명의 시대를 맞아
사람을 위한 기술의 발전을 주도하고 있는
IEEE¹⁾, SAE²⁾ 우리나라 서비스를 위해 최선을 다하겠습니다.

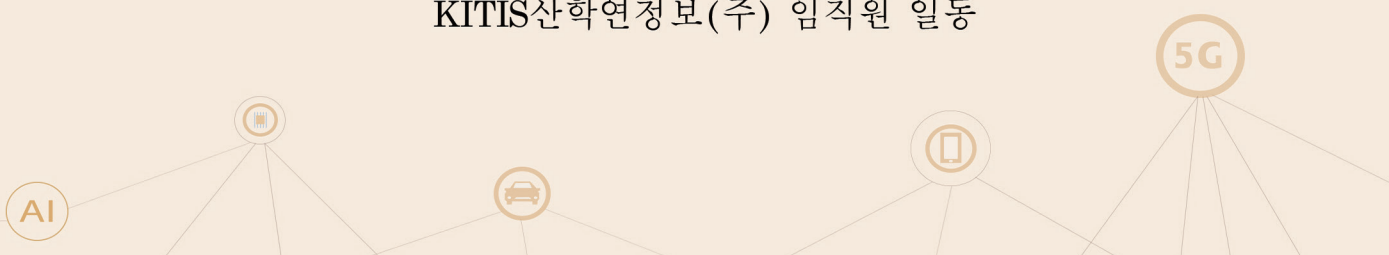
우리는 반드시 코로나를 극복할 것입니다.

※ 새해를 맞아 더욱 건강하시고,
하시는 모든 일이 형통하시기를 기원합니다.

새해 福 많이 받으세요.

2021년 새해 원단

KITIS산학연정보(주) 임직원 일동

- 
- 1) IEEE는 기술을 통해 인류에 공헌하는 국제전기전자 공학회입니다.
2) SAE International은 모빌리티의 새로운 미래를 선도하는 자동차공학회입니다.

한 명을 위해 존재합니다

이제 빨리 가는 방법보다
안전하게 가는 방법을 고민하는 당신

비어있는 관객석 앞에서도
들려주고 싶은 노래가 있는 당신

면접장으로 향할 수는 없어도
소중한 기회를 다음으로 미룰 수 없는 당신

여럿이 함께 있는 곳일수록
서로를 더 배려 하게 된 당신

달라진 시대,
한 명 한 명의 당신이 원하는
SK텔레콤은 다 다르기에

5천만 명의 매일을 위한
5천만 개의 SK텔레콤으로

한 명, 한 명의 초시대를 만듭니다
당신의 초시대를 만듭니다

