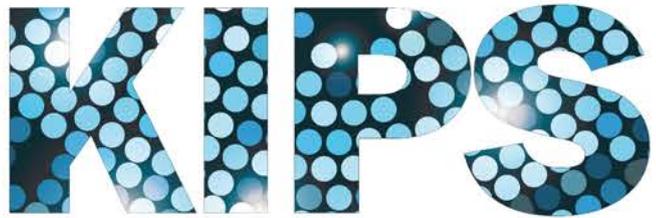


Print ISSN 1226-9182
Online ISSN 2734-0376

정보처리학회지

Korea Information Processing Society Review

www.kips.or.kr



2021년 9월 | 제28권 제3호 |

AI & Machine Learning

기계를 위한 비디오 부호화 표준개발 동향

Optical Flow 추정 기술 및 최신 연구 동향

자동화된 머신러닝 기술 동향: AutoGluon 사례 분석

Adversarial Machine Learning

인공지능 시스템의 신뢰성 확보를 위한 설명가능 인공지능 기술 동향

네이버 AI플랫폼 CLOVA 그리고 초대규모 AI HyperCLOVA

미디어 트래픽 절감을 위한 AI영상전송판단시스템

합성 곱 신경망 기반 녹내장 탐지모델 설계에 관한 연구

검진 병원의 서비스 및 업무효율 향상을 위한 문진표 DB기반 AI 솔루션 적용 방안 연구

정보처리학회지

Korea Information Processing Society Review

www.kips.or.kr



제 26대 임원명단

회 장 신용태 (숭실대학교)			
수석부회장 강진모 (아이티센 그룹)			
감 사 이재철 (세기정보통신)	이일영 (순천향대학교)		
상임부회장			
강정호 (배화여자대학교)	고진광 (순천대학교)	곽 진 (아주대학교)	권순일 (세종대학교)
권혁상 (KCC정보통신(주))	길준민 (대구가톨릭대학교)	김수상 (㈜콤텍정보통신)	김영웅 (연세대학교)
김현희 (동명여자대학교)	김형준 (ETRI)	문남미 (호서대학교)	박능수 (건국대학교)
박영호 (숙명여자대학교)	박종혁 (서울과학기술대학교)	박진호 (동국대학교)	백윤홍 (서울대학교)
원유재 (충남대학교)	유정수 (전주교육대학교)	유진호 (상명대학교)	윤용익 (숙명여자대학교)
이경호 (선문대학교)	이경호 (고려대학교)	이은서 (안동대학교)	장운욱 (디지털투데이)
전유부 (동국대학교)	조성래 (중앙대학교)	조준서 (한국외국어대학교)	채기준 (이화여자대학교)
채효근 (한국IT서비스산업협회)	최국현 (티에스라인시스템)	한근희 (고려대학교)	한성준 (아이티센)
한연희 (한국기독교교육대학교)	홍지만 (숭실대학교)		
상 임 이 사			
김도현 (부산가톨릭대학교)	김미혜 (충북대학교)	김성환 (서울시립대학교)	김인순 (덕일코리아)
도경화 (동국대학교)	박광영 (숭실대학교)	박용범 (단국대학교)	이지즈 (충북대학교)
윤종희 (영남대학교)	윤주상 (동의대학교)	윤혜정 (이화여자대학교)	이기용 (숙명여자대학교)
이덕규 (서원대학교)	이정원 (아주대학교)	이형건 (한국폴리텍대학)	임유진 (숙명여자대학교)
한성수 (강원대학교)			
협동부회장			
강동석 (NIRS)	강운희 (백석대학교)	권태일 (빅센시스템즈(주))	김동휘 (대구대학교)
김득중 (NIPA)	김종완 (삼육대학교)	김지훈 (KT)	김현주 (명지전문대학)
김호원 (부산대학교)	노병규 (KISA)	문양세 (강원대학교)	문재웅 (광운대학교)
박상영 (한국수력원자력)	박재표 (NIA)	변정용 (동국대학교)	서재현 (목포대학교)
송병훈 (KETI)	송왕철 (제주대학교)	신병석 (인하대학교)	신승중 (한세대학교)
신현정 (신한대학교)	양환규 (동서대학교)	오덕신 (삼육대학교)	오인택 (KT)
유기홍 (명지전문대학)	유성철 (LG히다제(주))	유철중 (전북대학교)	유현창 (고려대학교)
윤찬현 (KAIST)	이규복 (KETI)	이상홍 (단국대학교)	이성구 (KISA)
이승현 (광운대학교)	이영상 (㈜데이터스트림즈)	이영상 (범무법인 율촌)	이재일 (중앙정보기술인재개발원)
이종성 (KIST)	이주연 (아주대학교)	이창열 (대우정보시스템(주))	이태규 (대보정보통신(주))
임관철 (대전보건대학교)	임춘성 (SPRI)	장항배 (중앙대학교)	전상권 (와이즈엠글로벌)
전종길 (KLID)	정광식 (한국방송통신대학교)	조동욱 (충북도립대학교)	최상록 (한국생산성본부)
최유주 (서울미디어대학원대학교)	최종욱 (㈜마크애니)	한선화 (국가과학기술연구회)	한지원 (한양대학교)
홍 민 (순천향대학교)	홍성익 (에스넷시스템)	황광일 (인천대학교)	황인준 (고려대학교)
이 사			
강승석 (서울여자대학교)	고광만 (상지대학교)	공기식 (남서울대학교)	권구락 (조선대학교)
김 용 (한국방송통신대학교)	김미희 (한경대학교)	김병욱 (동국대학교(경주))	김성기 (선문대학교)
김성석 (서경대학교)	김성수 (한국산업기술대학교)	김수근 (제주대학교)	김승원 (전남대학교)
김영중 (숭실대학교)	김인철 (경기대학교)	김중현 (중앙대학교)	김학만 (인천대학교)
노용기 (가천대학교)	노원우 (연세대학교)	문유진 (한국외국어대학교)	문현준 (세종대학교)
민 흥 (호서대학교)	민세동 (순천향대학교)	박광영 (숭실대학교)	박지수 (전주대학교)
서영석 (영남대학교)	성연식 (동국대학교)	손태식 (아주대학교)	신동일 (세종대학교)
신창선 (순천대학교)	안상현 (서울시립대학교)	이강만 (동국대학교)	이경현 (부경대학교)
이근호 (백석대학교)	이기훈 (광운대학교)	이대원 (서경대학교)	이원규 (고려대학교)

이은영 (동덕여자대학교)
이재호 (덕성여자대학교)
이화민 (순천향대학교)
정수현 (숭실대학교)
정창성 (고려대학교)
천양하 (용인대학교)
최은미 (국민대학교)

이의신 (충북대학교)
이지연 (중원대학교)
임동혁 (광운대학교)
정순영 (고려대학교)
정화영 (경희대학교)
최민 (충북대학교)
추현승 (성균관대학교)

이장호 (홍익대학교)
이현정 (중앙대학교)
임승호 (한국외국어대학교)
정승원 (고려대학교)
조동식 (울산대학교)
최경진 (가천대학교)
허준범 (고려대학교)

이재광 (한남대학교)
이호원 (한경대학교)
정교민 (서울대학교)
정재화 (한국방송통신대학교)
조수현 (홍익대학교)
최성 (평양과학기술대학)
허준호 (한국해양대학교)

협동이사 |

고병수 (한국콘텐츠진흥원)
김기범 (국가보안기술연구소)
김우성 (호서대학교)
김현우 (배화여자대학교)
박정민 (KIST)
서준서 (대우정보시스템(주))
우종정 (성신여자대학교)
이영구 (경희대학교)
임경수 (ETRI)
장종수 (ETRI)
정재희 (명지대학교)
최강선 (한국기술교육대학교)
황일선 (KIST/국방SW협회 회장)

구태언 (테크엔로봇플사무소)
김모은 (디지털리터러시교육협회)
김종국 (고려대학교)
문정현 (한국정보산업연합회)
박찬열 (KIST)
안유환 (주네오피엠)
윤두식 (주지란지교시큐리티)
이운재 (SK텔레콤)
임미정 (한국생산성본부)
정성우 (KERIS)
조태남 (우석대학교)
최지윤 (주한국IT컨설팅)

권문주 (NIPA)
김성동 (KETT)
김태근 (세종대학교)
민연아 (한양사이버대학교)
배지은 (호서대학교)
양용석 (김&강법률사무소)
이갑수 (Korea IT Times)
이종근 (주DST International)
임신영 (배재대학교)
정원용 (원광대학교)
조현훈 (한국콘텐츠진흥원)
한려빈 (동국대학교)

권혁준 (순천향대학교)
김영욱 (KETT)
김평중 (충북도립대학교)
박상봉 (세명대학교)
서재철 (건국대학교)
오세창 (주솔트룩스)
이승민 (ETRI)
이필우 (KISTI)
장대석 (주브라보엔뉴)
정운호 (한국항공대학교)
지석구 (NIPA)
허경 (경인교육대학교)

지회

강원지회
제주지회
호남지회

김상춘 (강원대학교)
김형수 (제주한라대학교)
나중희 (광주대학교)

영남지회
충청지회

서일수 (대구대학교)
류근호 (충북대학교)

연구회
위원장

e-Bridge
IT정책
빅데이터컴퓨팅
스토리지시스템
우정기술
전산수학
정보통신응용
컴퓨터소프트웨어

이정배 (부산외국어대학교)
오길록 (숭실대학교)
이필규 (인하대학교)
신범주 (부산대학교)
정훈 (ETRI)
박진홍 (신문대학교)
오진태 (ETRI)
박두순 (순천향대학교)

IT융합서비스
블록체인 기술 및 응용
소프트웨어공학
에너지그리드정보처리
전산교육
전자정부
지식 및 데이터공학

박석천 (가천대학교)
정영식 (동국대학교)
김정아 (가톨릭관동대학교)
박성준 (한전KDN)
김형진 (전북대학교)
이재두 (NIA)
진병운 (ETRI)

IT시니어봉사단

단장 | 유기홍 (명지전문대학)

위원 | 김홍진 (가천대학교)

이준상 (한국IT전문가협회)

정진욱 (인터넷윤리실천협의회)

IT장학사업본부

본부장 | 이상범 (단국대학교)

부본부장 | 박정호 (신문대학교)

인터넷윤리진흥본부

본부장 | 정진욱 (인터넷윤리실천협의회)

부본부장 | 박정호 (신문대학교)

한민족IT평화봉사단

위원장 | 최성 (남서울대학교)

선거관리위원회

위원장 이상현 (KCC정보통신주)			
위원 김준민 (대구가톨릭대학교) 박진호 (동국대학교) 한연희 (한국기술교육대학교)	김현희 (동덕여자대학교) 백운홍 (서울대학교)	도경화 (건국대학교) 이기용 (숙명여자대학교)	박능수 (건국대학교) 한근희 (고려대학교)

연구윤리위원회

위원장 박진호 (동국대학교)		
부위원장 김준민 (대구가톨릭대학교)	이기용 (숙명여자대학교)	
위원 강정호 (배화여자대학교)	도경화 (건국대학교)	이대원 (서경대학교)

인사위원회

위원장 신용태 (숭실대학교)			
부위원장 강진모 (아이티센 그룹)			
위원 박능수 (건국대학교) 이기용 (숙명여자대학교)	박영호 (숙명여자대학교) 한근희 (고려대학교)	박진호 (동국대학교) 한연희 (한국기술교육대학교)	백운홍 (서울대학교)
간사 도경화 (건국대학교)			

포상위원회

위원장 박진호 (동국대학교)			
위원 김준민 (대구가톨릭대학교) 한근희 (고려대학교)	김현희 (동덕여자대학교) 한연희 (한국기술교육대학교)	도경화 (건국대학교)	박능수 (건국대학교)

전임회장 운영위원회

위원장 성기중 (前 포스테이타)			
위원 조이남 (엑스케이트) 김흥기 (케이티디에스) 최현규 (前 다우기술) 오경수 (제주도개발공사) 구원호 (전자신문) 이상현 (KCC정보통신)	오길록 (前 ETRD) 이상범 (단국대학교) 이정배 (부산외국어대학교) 박석천 (前 가천대학교) 정영식 (동국대학교)	정진욱 (前 성균관대학교) 변재일 (더불어민주당) 금기현 (청년기업가정신재단) 조성갑 (단국대학교) 남석우 (콤포시시스템)	오해석 (前 가천대학교) 김병기 (前 전남대학교) 정태명 (성균관대학교) 박두순 (순천향대학교) 김상훈 (한경대학교)

여성위원회

위원장 김현희 (동덕여자대학교)			
부위원장 이정원 (아주대학교)			
위원 김경아 (명지전문대) 박정민 (KIST) 안상현 (서울시립대학교) 이유부 (성균관대학교) 조경은 (동국대학교) 최은미 (국민대학교)	김미혜 (충북대학교) 성해경 (한양여자대학교) 안은영 (한밭대학교) 이은영 (동덕여자대학교) 최미정 (강원대학교) 한영신 (상결대학교)	김미희 (한경대학교) 송은하 (원광대학교) 오수현 (호서대학교) 이화민 (순천향대학교) 최수미 (세종대학교) 한정란 (협성대학교)	문남미 (호서대학교) 신은경 (남리시큐브) 윤희진 (협성대학교) 임지영 (성서대학교) 최유주 (서울미디어대학원대학교) 홍철헤ن (서울여자대학교)

학회지편집위원회

위원장 | 전유부 (동국대학교)

부위원장 | 한성수 (강원대학교)

위원 김대환 (한국전자통신연구원)	김수균 (제주대학교)	김윤기 (고려사이버대학교)	박진수 (순천향대학교)
박필원 (동국대학교)	이근호 (백석대학교)	이덕규 (서원대학교)	이송희 (한국폴리텍대학)
이원찬 (한양대학교)	이은서 (안동대학교)	임철홍 (광주대학교)	전미향 (수원여자대학교)
정진호 (울산대학교)	조동식 (울산대학교)	홍민 (순천향대학교)	

JIPS 편집위원회

Editor-In-Chiefs | **Jong Hyuk Park (Leading Editor)** (Seoul National University of Science and Technology, Korea)
Vincenzo Loia (University of Salerno, Italy)

Executive Editors | **Doo-Soon Park** (Soonchunhyang University, Korea)
Young-Sik Jeong (Dongguk University, Korea)

Hamid R. Arabnia (The University of Georgia, USA)

Advisory Editor | **Han-Chieh Chao** (National Ilan University, Taiwan)
Jianhua Ma (Hosei University, Japan)
Laurence T. Yang (St. Francis Xavier University, Canada)
Mo-Yuen Chow (North Carolina State University, USA)
Victor Leung (The University of British Columbia, Canada)
Yang Xiao (The University of Alabama, USA)

Javier Lopez (University of Malaga, Spain)
Jiannong Cao (The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong)
Mohammad S. Obaidat (Fordham University, USA)
Qun Jin (Waseda University, Japan)
Witold Pedrycz (University of Alberta, Canada)

Managing Editor | Jun-Ho Huh (Korea Maritime and Ocean University, Korea)

Neil Y. Yen (The University of Aizu, Japan)

Senior Editors | **Houcine Hassan** (Universitat Politecnica de Valencia, Spain)
Kim-Kwang Raymond Choo (The University of Texas at San Antonio, USA)
Muhammad Khurram Khan (King Saud University, Kingdom of Saudi Arabia)
Naveen Chilamkurti (La Trobe University, Australia)
Yunsick Sung (Dongguk University, Korea)
Youn-Hee Han (Korea University of Technology and Education, Korea)

Ka Lok Man (Xi'an Jiaotong-Liverpool University, China)
Luis Javier Garcia Villalba (Universidad Complutense de Madrid, Spain)
Muhammad Younas (Oxford Brookes University, UK)
Jungho Kang (Baewha Women's University, Korea)
Stefanos Gritzalis (University of the Aegean, Greece)

Associate Editor | Aniello Castiglione (University of Salerno, Italy)
Byeong-Seok Shin (Inha University, Korea)
Chao TAN (Tianjin University, China)
Deok Gyu Lee (Seowon University, Korea)
Donghoon Kim (Arkansas State University, USA)
Fei Hao (Shaanxi Normal University, China)
Hae-yeoun Lee (Kumoh National Institute of Technology, Korea)
Hoanh-Su Le (Vietnam National University Ho Chi Minh City (VNU-HCM), Vietnam)
Houbing Song (Embry-Riddle Aeronautical University, USA)
Imad Saleh (University of Paris 8, France)
Jeonghun Cho (Kyungpook National University, Korea)
Jin Kwak (Ajou University, Korea)
Jong-myon Kim (University of Ulsan, Korea)
JUNG-MIN PARK (Korea Institute of Science and Technology, Korea)
Ki Yong Lee (Sookmyung Women's University, Korea)
Kwang-il Hwang (Incheon National University, Korea)
KyungOh Lee (Sunmmon University, Korea)
LIANGTIAN WAN (Nanyang Technological University, Singapore)
Min Choi (Chungbuk National University, Korea)
Minwoo Jung (Carnavicom Co.,Ltd)
Ping-Feng Pai (National Chi Nan University, Taiwan)
Sayed Chhattan Shah (Hankuk University of Foreign Studies Korea, Korea)

Aziz Nasridinov (Chungbuk National University, Korea)
Byoungwook Kim (Dongguk University, Korea)
Daewon Lee (Seokyeong University, Korea)
Dohyun Kim (Catholic University of Pusan, Korea)
Eunyoung Lee (Dongduk Women's University, Korea)
Goo-Rak Kwon (Chosun University, Korea)
Hang-Bae Chang (Chung-Ang University, Korea)
Hong-Jun Jang (Jeonju University, Korea)
Hyun-woo Kim (Baewha Women's University, Korea)
Jaehwa Chung (Korea National Open University, Korea)
Jianbin Qiu (Harbin Institute of Technology, China)
Jong-Kook Kim (Korea University, Korea)
Joon-Min Gil (Catholic University of Daegu, Korea)
Jung-Won Lee (Ajou University, Korea)
Kuljeet Kaur (École de technologie supérieure, Université du Québec, Montréal)
Kyungbaek Kim (Chonnam National University, Korea)
Leandros Maglaras (De Montfort University, UK)
Mikael Gidlund (Mid Sweden University, Sweden)
Ming Li (California State University, Fresno, USA)
Nam-Mee Moon (Hoseo University, Korea)
Samadhiya Durgesh (National Applied Research Laboratories, Taiwan)
Sechang Oh (Saltlux Inc., Korea)

Seokhong Min (MINDATA, Korea)
 Seong-Kyu(Steve) Kim (Seoul National University of Science and Technology, Korea)
 Seung-Won Jung (Korea University, Korea)
 Shanmugasundaram Hariharan (Saveetha Engineering College, India)
 Sungsook Kim (SeoKyeong University, Korea)
 Trung Duong (Colorado State University-Pueblo, USA)
 Wenhai Qi (Qufu Normal University, China)
 Xiaojie Su (Chongqing University, China)
 Yeongwook Yang (Hanshin University, Korea)
 Young B. Park (Dankook University, Korea)
 Yunsik Son (Dongguk University, Korea)

SeongWhan Kim (University of Seoul, Korea)
 Seung-Ho Lim (Hankuk University of Foreign Studies, Korea)
 Seungwon Kim (Chonnam National University, Korea)
 Soo-Kyun Kim (Jeju National University, Korea)
 Toshiyuki Kamada (Aichi University of Education, Japan)
 vimal shanmuganathan (National Engineering College)
 Xiaofei Wang (Tianjin University, China)
 Yan Li (Inha University, Korea)
 Yonghoon Kim (Silla University, Korea)
 Yu-Dong Zhang (Eugene) (University of Leicester, UK)
 Zeeshan Kaleem (COMSATS Institute of Information Technology, Pakistan)

Journal Secretary | Jisu Park (Jeonju University, Korea)
 Yeong-Seok Seo (Yeungnam University, Korea)

Pradip Kumar Sharma (University of Aberdeen, UK)

컴퓨터 및 통신 시스템(KTCCS) 논문지 편집위원회

위원장 | 한연희 (한국기술교육대학교)

부위원장 | 백상현 (고려대학교) 신종필 (The University of Aizu) 윤주상 (동의대학교) 이덕규 (서원대학교)
 최중명 (목포대학교) Cheng Wang (Intel, USA) Nipon Theera-Umpon (Chiang Mai University)

위원 | 강운희 (백석대학교) 김경백 (전남대학교) 김원태 (한국기술교육대학교) 문병인 (경북대학교)
 박광진 (원광대학교) 박능수 (건국대학교) 박재성 (광운대학교) 박희완 (한라대학교)
 송두희 (원광대학교) 윤종희 (영남대학교) 이종혁 (세종대학교) 이태규 (평택대학교)
 이화민 (순천향대학교) 이훈재 (동서대학교) 최성근 (충북대학교) 최영배 (Regent University, USA)
 최현영 (University of Pennsylvania, USA) 현영선 (부경대학교) 허 경 (경인교육대학교)
 허석원 (Qualcomm Technologies, USA) Weifeng Su (BNU-HKBU United International College, China)

소프트웨어 및 데이터 공학(KTSDE) 논문지 편집위원회

위원장 | 길준민 (대구가톨릭대학교)

부위원장 | 김영갑 (세종대학교) 박승중 (Louisiana State University) 박용범 (단국대학교) 전재욱 (성균관대학교)
 정광식 (한국방송통신대학교) 조용윤 (순천대학교) Ka Lok Man (Xi'an Jiaotong-Liverpool University)

위원 | 고명숙 (부천대학교) 김미혜 (대구가톨릭대학교) 김병욱 (동국대학교) 김상근 (성결대학교)
 김성석 (시경대학교) 김수균 (제주대학교) 김영철 (홍익대학교) 김우열 (대구교육대학교)
 김정아 (가톨릭관동대학교) 김종호 (순천대학교) 김한성 (한국교육학술정보원) 박상준 (군산대학교)
 박지수 (전주대학교) 서영석 (영남대학교) 신종필 (The University of Aizu) 오세창 (쑤술트룩스)
 오효정 (전북대학교) 이공주 (충남대학교) 이성욱 (한국교통대학교) 이종혁 (대구가톨릭대학교)
 이준호 (성균관대학교) 이현아 (금오공과대학교) 임동혁 (광운대학교) 정영애 (신문대학교)
 정재화 (한국방송통신대학교) 조상현 (네이버) 최중선 (숭실대학교) 최현영 (University of Pennsylvania, USA)
 한경호 (단국대학교) Fei Hao (Shaanxi Normal University, China)
 Miti Ruchanurucks (Electrical Engineering Dept., Kasetsart University, Thailand) Nipon Theera-Umpon (Chiang Mai University, Thailand)
 Weifeng Su (BNU-HKBU United International College, China)

2021년 9월호 특집 담당위원

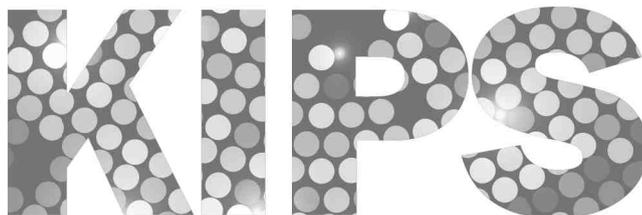
특집위원 | 박진수 (순천향대학교)

Print ISSN 1226-9182
Online ISSN 2734-0376

정보처리학회지

Korea Information Processing Society Review

www.kips.or.kr



2021년 9월 | 제28권 제3호 |

▶ 권두언	
“AI & Machine Learning” 특집호를 발간하며... / 박진수	2
▶ 특집명: AI & Machine Learning	
기계를 위한 비디오 부호화 표준개발 동향 / 윤용욱, 김동하, 김재곤	4
Optical Flow 추정 기술 및 최신 연구 동향 / 김영민, 안현욱, 김진평	18
자동화된 머신러닝 기술 동향: AutoGluon 사례 분석 / Isack Thomas Nicholas, Peter Beatus, 신지용, 강대기	29
Adversarial Machine Learning / 박진수, 전유부	37
인공지능 시스템의 신뢰성 확보를 위한 설명가능 인공지능 기술 동향 / 김근형	45
네이버 시플랫폼 CLOVA 그리고 초대규모 AI HyperCLOVA / 하정우, 박홍석, 이바도, 황민재	56
미디어 트랙픽 절감을 위한 AI영상전송판단시스템 / 정연민	67
합성곱 신경망 기반 녹내장 탐지모델 설계에 관한 연구 / 지세현, 김기영, 유지호, 유승호	71
김진 병원의 서비스 및 업무효율 향상을 위한 문진표 DB기반 AI 솔루션 적용 방안 연구 / 박준영	79
▶ 정기간행물 목차안내	89
▶ 학회동정	93
▶ 계시판	103



“AI & Machine Learning” 특집호를 발간하며...

본 특집호에서는 4차 산업의 핵심 기술인 인공지능과 기계학습 기술 중 익히 접한 기술과 함께, 그간 중요도에 비해 조금은 소홀히 다뤄져왔던 분야의 기술을 소개하고자 합니다. 아울러 국내 최고 IT기업 중 하나인 네이버의 인공지능 서비스 플랫폼과 기타 최신의 서비스 기술동향에 대해 알아보고자 관련 원고들을 포함하였습니다.

딥러닝 관련 기술의 우수성은 주로 영상 및 음성 데이터의 처리를 통해 그 우수성이 많이 확인되고 있습니다. 영상처리 기술 중 부호화 기술 분야도 기계를 위한 부호화 기술이 최근 주목을 받고 있는데, 본 특집호에서는 영상기술과 관련하여 비디오 부호화 표준 기술에 대한 현황 및 기술동향에 대한 원고를 포함하였고, 추가로 Optical Flow에 딥러닝 기술을 활용하는 사례에 대한 원고를 포함하였습니다.

본 특집호에서는 또한, 인공지능 분야에서 관심의 대상인 파라미터 최적화의 자동화, 인공지능 기술을 악용한 악의적 기술에 대처하는 방안, 그리고 신뢰성 있는 설명 가능한 인공지능 기술과 관련하여, 자동화된 머신러닝 기술을 위한 하이퍼파라미터 최적화(Hyperparameter Optimization; HPO) 및 신경 아키텍처 검색(Neural Architecture Search; NAS) 기술동향 그리고 이를 적용한 사례에 대한 원고와, 악의적 인공지능 기술 및 이를 이용한 침해 사례 및 대응 기술에 대한 원고 및 설명 가능한 인공지능 기술에 대한 원고를 포함하였습니다.

다음으로 특집호를 통해 인공지능 기술의 상용화와 관련하여 필요한 플랫폼, 프로토콜 기술 및 최신 서비스 응용사례에 대해 소개하고자 합니다. 네이버는 국내 최고의 IT기업 중 하나로 보유중인 인공지능 기술 및 데이터 확보 측면에서 가히 최고라고 볼 수 있습니다. 본 특집호를 통해 네이버 AI서비스 플랫폼인 CLOVA와 관련한 기술과 서비스 사례에 대해 알아보고, 또한 글로벌 초대규모 AI 경쟁과 관련하여 최근 공개한 초대규모 한국어 언어모델인 HyperCLOVA에 대해 알아보하고자 합니다. 본 특집호의 마지막에서는, 프로토콜 구현과 관련하여 미디어 전송 프로토콜인 WEB-RTC(Web-Real Time Communication)을 이용한 효율적 영상 트래픽 전송기술에 대해 알아보고, 인공지능 응용사례로 녹내장 탐지를 위한 CNN기반의 녹내장 탐지 방법에 대한 사례 및 문진표를 의료진단에 활용하는 사례를 포함하였습니다.

본 특집호의 완성에 참여해 주신 많은 저자분들께 진심으로 감사하다는 말씀을 드립니다. 그리고 특집호를 발간하기까지 많은 조언을 아끼지 않으신 위원장님 및 부위원장님, 그리고 한국정보처리학회 관계자 분들께도 감사를 드립니다. 마지막으로 본 특집호 논문들이 특집호를 구독하시는 모든 분들의 연구 및 개발 과정에 많은 참고 및 도움이 되었으면 하는 바램입니다.

2021년 9월
순천향대학교 위해성평가연구센터 박진수

기계를 위한 비디오 부호화 표준개발 동향

윤용욱 · 김동하 · 김재곤 (한국항공대학교)

목 차

1. 서 론
2. MPEG VCM 개요
3. VCM 제안기술의 성능평가
4. MPEG VCM 제안기술 및 동향
5. MPEG VCM CIE 응답
6. 결 론

1. 서 론

감시 비디오, 스마트 시티, 사물인터넷, 자율주행 등 다양한 응용 분야에서 수집되는 비디오 데이터의 양이 급격히 증가하고 있으며, 인공지능 기술을 바탕으로 기계가 수집된 비디오 데이터를 분석하여 이벤트 또는 객체를 검출하고 인식하여 사람에게 알려주거나 능동적으로 대처하는 머신 비전(machine vision) 기반의 지능형 서비스 또한 지속적으로 증가하고 있다[1].

한편, 컴퓨터 비전 및 영상 처리 분야는 딥러닝 기술을 통해 비약적인 발전을 이뤘지만, 딥러닝 기반의 비디오 압축 분야는 아직 초기 단계에 있다. 방대한 양의 비디오 데이터를 효과적으로 저장/전송하기 위해서 비디오 부호화는 필수적인 요소이다. 일반적으로 비디오 소비의 주체는 사람이기 때문에, 기존 비디오 압축 기술은 압축 대비

가능한 높은 화질의 비디오를 제공하기 위하여 HVS(Human Vision System) 특성을 고려하여 설계된다. 그러나, 지능형 분석 등 기계의 머신 비전 임무(task) 수행을 위해 기존 비디오 코덱을 이용하여 부/복호화된 비디오를 사용할 경우, 지능형 분석을 위한 중요한 정보가 손실되거나 분석에 불필요한 정보가 전송될 수 있는 압축의 비효율성이 존재한다. 이에 따라, MPEG(Moving Picture Experts Group)은 2019년 7월 기계를 위한 비디오 부호화 표준 개발을 위하여 VCM(Video Coding for Machine)이라는 AHG(Ad-Hoc Group)을 결성하고 기계를 위한 보다 효율적인 새로운 비디오 부호화 표준 기술의 탐색 단계를 진행하고 있다. 본 고에서는 VCM의 개요 및 표준화 현황을 소개하고 표준화 주요 이슈 및 현재 논의 중인 제안 기술들에 대해 살펴본다.

2. MPEG VCM 개요

앞서 기술한 바와 같이 사람이 아닌 기계가 소비하는 비디오를 효율적으로 부호화 하기 위한 새로운 비디오 압축 표준 개발을 위해 2019년 7월 제127차 MPEG 회의에서 VCM에 대한 논의가 시작되었고 2019년 10월 표준화를 위한 MPEG VCM AHG이 결성되었다. 표준화의 준비 단계로 VCM 표준을 위한 사용사례(Use Cases) 수집 및 요구사항(requirements) 도출을 진행하였으며, 최근 제135차 MPEG 회의까지 CfE(Call for Evidence) 응답을 포함하여 제안된 다양한 기술에 대한 검토 및 성능평가 프레임워크 등 표준화를 위한 제반 사항들에 대한 논의가 진행되고 있다. 본 장에서는 현재까지 진행된 몇 차례의 회의를 거쳐 논의된 다양한 사용사례, 주요 임무, 요구사항, 성능평가 방법 등에 대해 살펴본다.

2.1 VCM 사용사례(Use case) 및 요구사항(Requirements)

VCM은 기계의 비디오 소비와 관련된 광범위한 AI 응용 시나리오를 다룬다. 즉, 기계에 제공되는 영상 또는 비디오 전송 및 소비와 관련한 대부분의 응용에서 VCM 표준이 적용될 수 있다. MPEG VCM 그룹은 VCM 기술이 사용될 수 있는 대표적인 사용사례를 아래 6가지를 정리하였으며, 각 사용사례는 객체검출, 객체추적, 객체분할과 같은 VCM이 제시하는 16가지의 주요 임무 중 다수의 임무를 포함하고 있다[2].

- Surveillance
- Intelligent Transportation
- Smart City
- Intelligent industry
- Intelligent Content

- Consumer Electronics

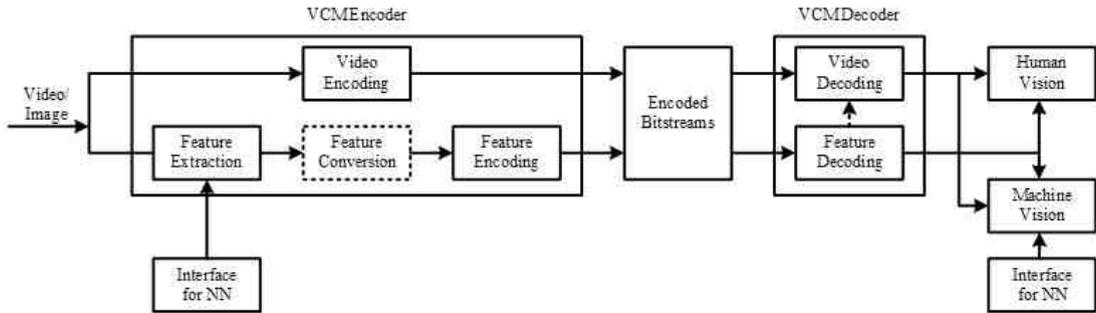
VCM은 위 사용사례를 지원할 수 있도록 VCM 표준이 충족해야 할 아래의 필수 요구사항을 도출하였다.

- 효율적인 압축 성능: 압축된 특징(feature)의 크기는 VVC(Versatile Video Coding)와 같은 최신 비디오 압축 기술을 사용하여 압축된 비디오 스트림보다 작아야 한다.
- 다중 임무에 대한 다양한 수준의 성능: 특정 요구사항으로 인한 임무별 다양한 부호화가 필요한 경우를 위하여 임무별 다양한 수준의 품질을 지원해야 한다.
- 하나 이상의 머신비전 임무 지원: 추출된 특징과 부호화된 비트스트림은 단일 또는 다중 임무에 대해 사용 가능하고 최적화되어야 한다.
- 머신비전 임무 전용 또는 하이브리드 머신/휴먼비전 임무 지원: 하나의 비트스트림은 기계 시작 전용 또는 기계 및 인간 소비에 사용되어야 한다.

위에 기술된 사용사례와 요구사항을 충족시킬 수 있는 VCM 기술의 성능평가를 위해 다수의 회의를 거쳐 평가방법 및 각 세부사항들이 논의되었다.

2.2 MPEG VCM 시스템 구조 및 파이프라인

VCM의 비디오 부호화 목표를 달성하기 위해서는 머신비전 뿐만 아니라 휴먼비전을 위한 기술이 필요하다. 앞서 설명한 사용사례와 요구사항을 반영한 잠정적인 VCM 시스템 구성도는 그림 1과 같다. VCM의 부호화기는 비디오 부호화기나 특정 부호화기 또는 두 부호화기 모두 포함할 수 있다. 입력 비디오를 직접 부호화하지 않고 머신비전 임무 수행에 활용될 수 있는 비디오의 특징을



(그림 1) VCM 시스템 구성도

부호화하는 특징 부호화기는 비디오로부터 특징을 추출하는 특징 추출, 특징 변환, 특징 부호화 단계로 구성될 수 있다. VCM 복호화기로부터 복원된 비디오 또는 특징은 머신비전 임무뿐만 아니라 휴먼비전 임무에서도 사용될 수 있다. 또한 VCM 부/복호화기는 특징 추출을 위한 신경망(NN: Neural Network)과 머신비전 임무 수행을 위한 신경망을 포함할 수 있으며 이들 신경망의 압축을 위한 NNR(Neural Network Compression and Representation) 표준과의 인터페이스를 제공할 수도 있다.

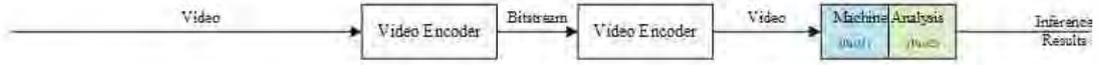
그림 1과 같이 잠정적인 VCM의 시스템 구조에 따르면 다양한 VCM 코덱의 활용 시나리오가 파생될 수 있다. MPEG VCM 그룹은 VCM 시스템 구조로부터 파생될 수 있는 다양한 VCM 부/복호화 과정을 보다 명확히 하기 위해 그림 2와 같이 3가지 처리 파이프라인(pipeline)을 제시하고 있다[3]. 그림 2-(가)는 비디오를 입력으로 부/복호화하고 복호화된 비디오를 통해 머신비전 임무를 수행하는 과정을 나타낸 것이다. 여기서 비디오 부/복호화기는 기존 비디오 코덱 또는 딥러닝 기반의 비디오 코덱이 사용될 수 있다. 추후 언급될 VCM의 성능평가를 위해서 VVC를 비디오 코덱으로 사용한 파이프라인 1을 앵커(Anchor)로 사용한다.

즉 Anchor 대비 제안기법의 성능을 비교한다.

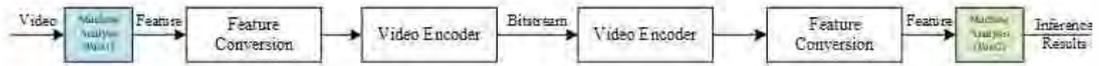
그림 2-(나)는 머신비전 임무를 위한 네트워크가 두 파트로 나뉜다. 파트 1 네트워크는 특징을 추출하는 서브 네트워크이고, 파트 2는 파트 1의 출력인 특징을 사용하여 임무를 수행하는 서브 네트워크이다. 파이프라인 2는 파트 1으로부터 추출되는 특징을 압축하는 구조로, 이 또한 기존 비디오 코덱 또는 딥러닝 기반의 비디오 코덱을 사용하여 압축할 수 있다. 파트 1으로부터 추출되는 특징은 일반적으로 입력 영상/비디오에 비해 큰 데이터 크기를 갖기 때문에 파트 1 네트워크의 어떤 계층에서 특징을 추출하고 압축할지에 대한 이슈가 있다. 또한, 기존 비디오 코덱을 사용하여 압축할 경우, 적절한 입력 형태로 변환될 필요가 있기 때문에 패킹(packaging)과 같은 특징 변환 과정이 필요하다.

그림 2-(다)는 머신비전 임무에 추가적으로 휴먼비전에 대한 수요가 있는 경우 머신비전 임무를 위해 부호화된 정보를 활용하여 휴먼비전을 위하여 복호화된 영상/비디오의 품질을 개선할 수 있도록 한다. 파이프라인 3는 두 비트스트림을 제공하기 때문에, 하나의 비트스트림과 비교될 수 있는 압축률을 가져야한다.

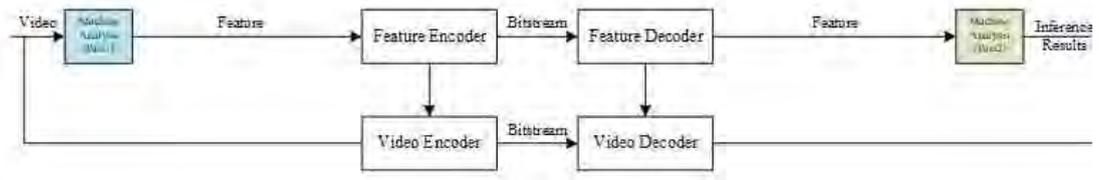
대표적인 3가지 파이프라인이 제시됐지만 아직



(가) 파이프라인 1



(나) 파이프라인 2



(다) 파이프라인 3

(그림 2) VCM의 파이프라인

본격적인 표준화를 위한 참조 모델의 파이프라인이 정해진 것은 아니다. 이 외에도 다양한 파이프라인이 제시되고 있으며, 하이브리드 비전 임무 수행, 다중 임무 처리 등을 고려한 성능평가를 통해 하나의 파이프라인이 결정될 가능성이 있다.

3. VCM 제안 기술의 성능평가

VCM의 표준 기술의 목표인 머신비전 임무 수행 성능을 저하시키지 않으면서 효율적인 압축을 달성하기 위해, 제안할 기술들의 비교를 위한 머신비전 임무, 머신비전 임무 네트워크, 평가 데이터셋(dataset), 평가 척도(metric) 및 기준(anchor)를 정의하였다[3].

3.1 VCM 머신비전 임무 및 네트워크

VCM의 사용사례에서의 머신비전 임무는 매우 다양하며 MPEG VCM 그룹은 이들 16가지의 주요 머신비전 임무 중 핵심 임무 5가지를 아래 표

1과 같이 선정하였다. 이들 핵심 임무에 따라 사용되는 네트워크 및 데이터셋을 표 1과 같이 정의하고 이에 따라 제안기술의 평가를 진행한다.

3.2 평가 데이터셋

딥러닝 학습을 위한 다양한 데이터셋이 있지만, 많은 데이터셋들이 비상업적 사용만 허용하기 때문에, MPEG VCM표준화에서 사용하지 못하는 이슈가 있다. 따라서 MPEG VCM그룹에서는 상업적 사용이 가능하면서 VCM의 성능평가에 적합한 5가지 데이터셋을 선별하였다.

- (1) OpenImages-v6[8]: OpenImages-v6는 객체 검출 및 객체분할에 사용된다. 평가 데이터셋에는 20,000개 이상의 영상이 있으며 학습 시간을 줄이기 위해 5000개만 선택된다. 객체검출을 위한 5000개의 데이터셋은 객체분할을 위한 데이터셋과 동일하지 않게 시험 데이터셋으로 사용된다.
- (2) FLIR[9]: FLIR는 자율주행 및 첨단 운전자 지

〈표 1〉 머신비전 임무에 따른 평가 네트워크 및 데이터셋

Task	Network Architecture	Link	Training Dataset
Object Detection	Faster R-CNN with ResNeXt-101 backbone	[4]	OpenImages-v6 FLIR SFU-HW-Objects TVD
Object Segmentation	Mask R-CNN with ResNeXt-101 backbone	[4]	OpenImages-v6 TVD
Object Tracking	JDE-1088x608	[5]	HiEve-10 TVD
Action Recognition	Slowfast	[6]	HiEve-10
Pose Estimation	HRNet	[7]	HiEve-10

원(ADAS: Autonomous Driving and Advanced Assistance) 시나리오에 사용되는 객체검출에 적합한 RGB 영상과 적외선 영상이 모두 포함되어 있다. 시뮬레이션은 적외선 영상이 저조도 조건에서 RGB 영상보다 더 나은 검출 성능을 달성함을 보여준다. 따라서 적외선 영상만 VCM 평가에 사용된다.

- (3) HiEve-10[10]: HiEve 데이터셋에는 많은 수의 포즈(pose), 복잡한 이벤트 동작, 긴 지속 시간의 궤적이 포함되며 객체추적, 동작인식, 포즈추정 평가에 적합하다. HiEve 데이터셋 내에서 10개의 비디오로 구성된 서브 데이터셋을 HiEve-10이라 불리고 상업적 목적으로 사용이 가능하며 VCM 평가에 사용된다.

3.3 평가 측도(metric)

VCM의 성능평가를 위해 비전 임무 수행 평가에 사용되는 아래의 측도를 정의하여 부호화 효율을 평가한다.

객체검출과 객체분할 임무의 성능평가를 위해 IoU(Intersection over Union)에 따른 객체 클래스별 AP(Average Precision)를 평균한 mAP(mean AP)를 사용한다. 객체검출의 경우 객체 영

역을 박스 형태로 예측하여 IoU를 계산하고, 객체 분할의 경우 예측한 박스 내에서 각 픽셀이 해당 객체에 속하는지 여부를 나타내는 임의의 분할맵으로 IoU를 계산하는 차이가 있다. 동작인식 임무의 성능평가는 각 프레임의 mAP로 평가되고, 포즈예측 임무의 경우 AP로 성능평가에 활용한다.

동영상 객체추적 임무의 성능평가를 위해 MOTA(MOT Accuracy)를 사용한다. MOTA는 객체 영역 박스를 잘 검출하였지만, 해당 객체의 ID를 오인하거나 새로운 객체로 인식한 경우엔 해당 프레임의 추적을 틀린 것으로 간주한다. 따라서, 잘못 추적한 프레임을 제외하여 옳게 추적한 객체의 추적궤도의 프레임만으로 정확도를 계산한다.

압축률을 측정하기 위해 객체검출과 객체분할 임무와 같이 영상에 대한 임무를 수행하는 경우, BPP(Bit Per Pixel)을 식 (1)과 같이 계산하여 압축률을 측정한다. 기존의 HVS에 기반하여 설계된 코덱의 압축성능평가는 인지화질인 PSNR을 측정하여 BD(Bjontegaard Delta)-PSNR과 BD-rate를 성능평가에 사용하는데 양자화 파라미터를 변화시켜 PSNR을 측정하고 윌왜곡(RD: Rate Distortion) 곡선을 사용하여 평균 PSNR 및 비트

을 차이를 계산하여 성능을 비교한다. VCM은 복원된 데이터의 인지화질보다 머신비전 임무의 결과를 우선시하기 때문에, 임무 수행 성능을 측정하여 RP(Rate Performance) 곡선으로 성능을 비교한다.

$$BPP = \frac{\text{Total bitstream size in bits}}{\text{number of pixels in the source image}} \quad (1)$$

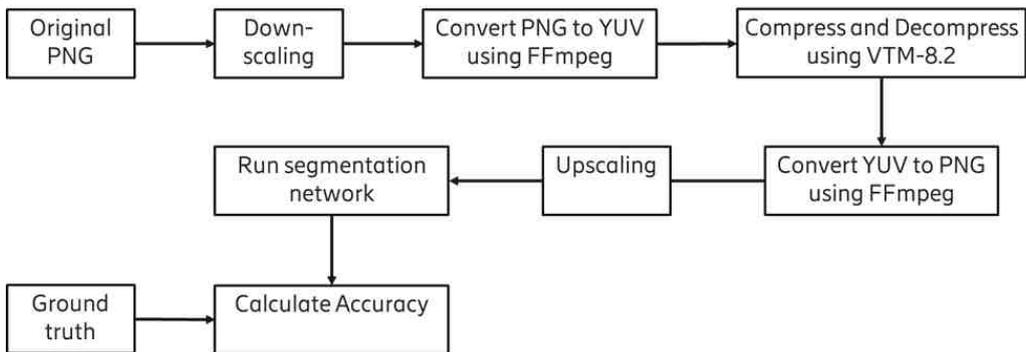
3.4 평가 기준(anchor) 생성

MPEG VCM은 제안기술의 부호화 효율 평가를 위해 기준이 되는 앵커(anchor)를 생성하였다. 앵커는 그림 2-(가)의 파이프라인을 따르며, 그림 3은 앵커 생성의 상세한 과정을 보여주는 것으로, 영상 스케일링, 컬러 포맷 변환, VVC 부/복호화, 컬러 포맷 역변환, 스케일링, 비전비전 임무 수행, 성능평가의 순으로 진행된다. 이 때, 스케일링은 {100%, 75%, 50%, 25%} 4가지 해상도에 대해 수행하고 비디오 압축은 VVC 참조소프트웨어 VTM(VVC Test Model) 8.2를 사용한다. 서로 다른 비트율에 따른 임무 성능 변화를 측정하기 위해 6개의 QP(Quality Parameter) 값 {22, 27, 32, 37, 42, 47}을 사용하여 부호화하고 복호화된 영

상에 대해 머신비전 임무를 수행한 후 그 성능을 측정한다. 앵커 생성을 위한 컬러 포맷 변환 및 VTM의 상세 부호화 환경 설정 등을 정의하고 있다[3].

4. MPEG VCM 제안기술 및 동향

MPEG VCM그룹은 지난 7월 제135차 MPEG 회의까지 다양한 서비스 시나리오, 요구사항, 시스템 구조, 성능평가 방법에 대한 논의가 진행되었으며, 또한 기술탐색 단계에서 다양한 기술들이 제안되었으며 이에 대한 평가 및 검토가 진행되어 왔다. 표 2는 VCM의 주요 제안기술들을 입력 데이터의 종류와 사용하는 코덱에 따라 분류하고 앵커 대비 현재의 성능에 대한 경향을 나타낸 것이다. 본 절에서는 다음과 같이 주요 제안기술들을 (1) 특징 추출, (2) 기존 비디오 코덱을 이용한 특징 부호화, (3) 딥러닝 기반 영상 및 특징 압축, (4) 종단간 학습 기반 영상 압축, (5) 특징 압축을 위한 새로운 접근으로 분류하여 기술한다.



(그림 3) 앵커 생성 파이프라인

〈표 2〉 VCM 주요 제안기술 범주 및 앵커 대비 성능

Input	Codec	Video Codec (HEVC, VC)	Neural Network based Codec (Autoencoder)		New Codec
			Local training	E2E training	
Image/Video		Anchor	(3) Comparable	(4) Better	-
Feature (1)		(2) Worse	(3) Comparable	Not reported yet	(5) Worse

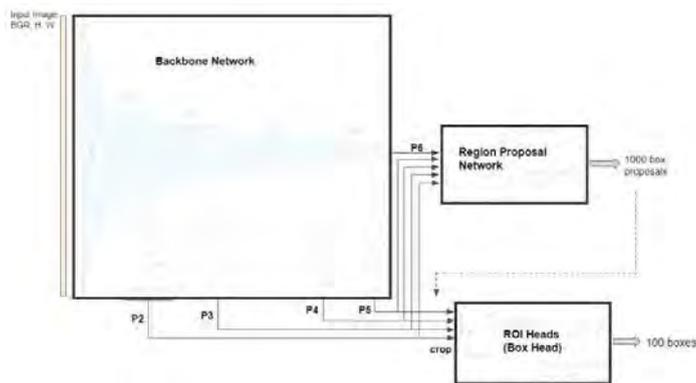
4.1 특징 추출

특징을 부호화하기 위해, 먼저 머신비전 네트워크의 중간 계층으로부터 특징을 추출해야 한다. 특징 부호화는 그림 2-(나)의 파이프라인 2를 따르며, 최근 제135차 MPEG 회의까지 많은 기술제안이 있었다[11-24]. 특히 객체검출 임무에 대한 특징맵(feature map) 부호화 기술이 다수 제안되었으며, VCM의 머신비전 임무의 평가 네트워크로 정의된 Faster R-CNN의 백본(backbone) 네트워크로부터 추출된 특징을 부호화한다. 그림 4는 VCM의 객체검출 및 객체분할 임무 수행을 위해 정의된 R-CNN FPN의 구조를 보여준다. 백본 네트워크의 다양한 계층에서 특징맵이 추출될 수 있으며, Stem 특징맵[11-13], 다중 크기를 갖는 전체 특징맵[14], C2 특징맵[15]을 부호화하는 방법이

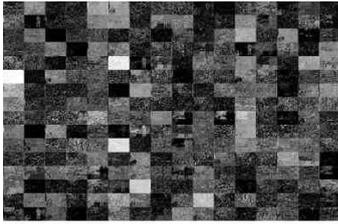
제안되었다. 일반 영상/비디오보다 절대적인 크기가 큰 특징맵을 압축하기 때문에 압축 효율 측면에서 좋지 않은 결과를 보여주고 있다. 또한 특징맵을 추출하는 계층의 위치에 따라 비전 임무 성능에 미치는 영향이 달라지기 때문에, 압축 효율과 비전 임무 성능을 모두 고려해야 하는 이슈가 존재한다.

4.2 비디오 코덱을 이용한 특징 부호화

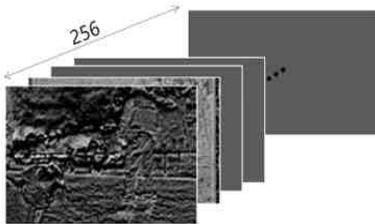
기존 비디오 코덱을 이용하여 중간 계층 특징을 부호화하기 위해서는 특징을 비디오 코덱에 적합한 형태로 변환이 필요하다. 그림 5-(가)와 같이 다채널의 특징을 하나의 프레임으로 변환하여 VVC[20]와 HEVC[21]로 압축하는 방법이 제안되었다. [22, 23]에서는 그림 5-(나)와 같이 다채널



(그림 4) R-CNN FPN 구조

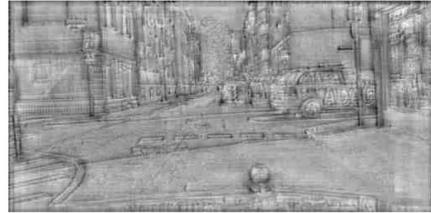


(가) 공간적 패킹

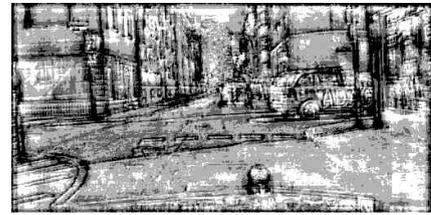


(나) 시간적 패킹

(그림 5) 특징맵 변환의 예



(가) 8비트 표현 특징맵



(나) 2비트 표현 특징맵

(그림 6) 특징맵 표현의 예

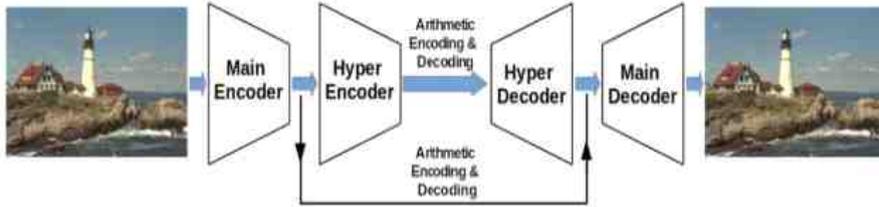
의 특징을 다중 프레임 시퀀스로 변환하여 VVC를 이용한 비디오압축을 수행했다. 하지만 일반 영상/비디오에 비해 특징 데이터의 절대적으로 큰 부분과, HVS에 기반하여 설계된 비디오 코덱의 적합하지않은 입력 형태로 인해 압축 효율이 크게 감소한다. 이에 특징 데이터의 크기를 줄이고자 [16-19]에서는 양자화 방법에 따른 머신비전 임무 성능평가 결과를 제시하였다. [16, 17]은 중간 계층 특징맵을 균등 양자화한 임무 성능을 제시하였다. [18]에서는 정규화 과정을 거쳐 구간을 나눠 구간마다 대표값을 지정하여 적은 비트로 특징맵을 표현함으로써 특징맵의 데이터를 크게 줄이는 방법을 제안하였다. 그림 6은 적은 비트로 표현된 특징맵의 예를 보여준다. 또한, PCA(Principal Component Analysis)를 통해 특징맵의 크기를 효과적으로 줄이는 방법이 제안되었다[19].

중간 계층 특징맵의 압축은 부호화하는 특징맵이 대부분의 비전 임무에서 공통적으로 사용될 수 있다면 압축에 의한 성능 저하가 크지 않다는 가

정하에 공통적으로 사용될 수 있는 코덱이 될 수 있다. 하지만 특징을 추출하는 네트워크에 따라 복잡도의 문제가 따를 수 있고, 일반 영상/비디오를 압축한 비트스트림보다 특징맵을 압축한 비트스트림의 크기가 상당히 크다는 문제가 있다.

4.3 딥러닝 기반의 영상 및 특징 압축

최근 딥러닝 기반의 영상 압축이 활발히 연구되면서, VCM에서도 기술 제안이 이뤄지고 있다. 오토인코더(autoencoder) 프레임워크는 영상의 분포를 추정하는 Hyper Prior 인코더에 의해 영상을 은닉 벡터(latent vector)로 변환하고 비트스트림으로 압축된다. 디코더는 비트스트림을 복호화하여 재구성된 은닉 벡터로부터 영상을 재구성한다. 그림 7은 오토인코더 네트워크의 구조를 보여준다. CompressAI는 최근 몇 년간 연구된 여러 학습 기반의 압축 알고리즘을 포함하고 있으며, 해당 분야의 연구를 위한 플랫폼으로서 활용되고 있다 [35]. 그림 8-(가)는 CompressAI에 구현된 학습



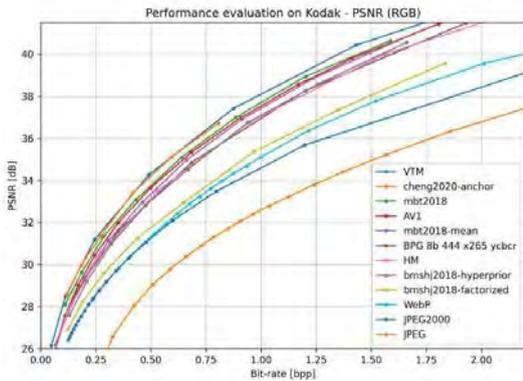
(그림 7) 오토인코더 네트워크의 프레임워크

기반의 영상 압축 알고리즘과 기존 코덱과의 성능 비교를 보여준다.

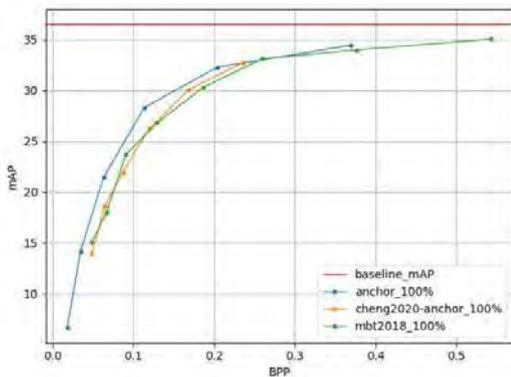
[25]는 입력 영상에 대해 CompressAI에 구현된 모델 중 VVC와 가장 유사한 성능을 보이는

두 모델 mbt2018과 cheng2020을 이용하여 객체 분할 임무에 대한 성능평가를 하였다. 그림 8-(나)와 같이 앵커 성능과 유사한 임무 수행 성능을 보여줬다.

[13]은 특징맵을 입력으로 압축 네트워크를 학습하였다. 특징맵을 기존 비디오 코덱을 이용하여 압축했을 때는 입력 특징맵의 크기와 HVS에 기반하여 설계된 비디오 코덱으로 인해 압축 효율이 떨어졌지만, 특징맵에 기반하여 학습된 압축 네트워크는 앵커와 유사한 성능을 보여줬다. 따라서, 특징맵을 입력으로 압축 네트워크와 머신비전 네트워크를 결합하여 종단간 학습했을 때의 압축 효율 또한 기대되고 있다.



(가) 압축 기술의 영상 압축성능 비교

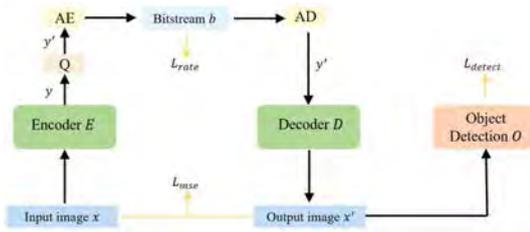


(나) 딥러닝 기반 압축의 머신비전 성능 평가

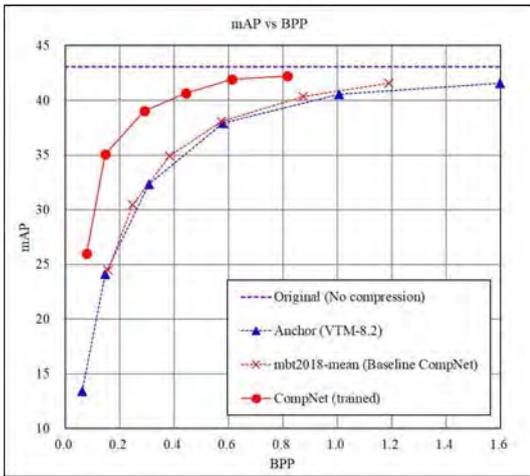
(그림 8) 압축기술에 따른 성능 비교

4.4 종단간 학습 기반 영상 압축

HVS 기반으로 설계된 기존 비디오 코덱과 달리, 딥러닝 기반의 압축 네트워크는 머신비전 임무 수행 성능 또한 고려한 학습이 가능하다. 이에 [26-28]에서는 딥러닝 기반의 압축 네트워크와 머신비전 네트워크를 결합하여 종단간 학습을 수행한다. 그림 9는 종단간 학습을 위한 파이프라인의 예를 보여준다. 손실함수를 머신비전 임무에서의 오류와 압축 네트워크로부터의 비트율을 결합하여 구성함으로써 머신비전 임무와 압축률을 함께 최적화한다. 그림 10은 종단간 학습 기반 영상 압축에 의한 성능을 보여준다. 객체검출 임무에서



(그림 9) 종단간 학습을 위한 파이프라인

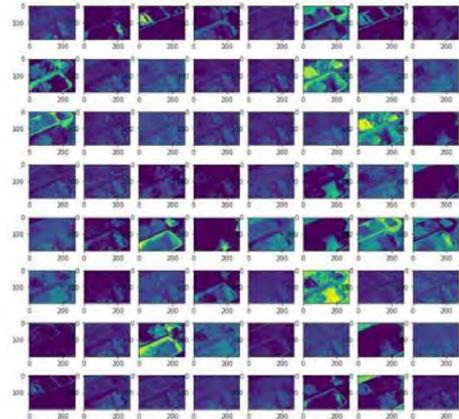


(그림 10) 종단간 학습 기반 영상 압축에 의한 머신비전 압축성능

앵커 성능보다 우수한 성능을 보여주면서 머신비전 임무에 최적화된 딥러닝 기반의 압축 네트워크의 가능성을 보여주었으며 VCM 기술탐색 단계에서 주요 기술로 논의될 것으로 기대된다.

4.5 특징 압축을 위한 새로운 접근

기존 비디오 코덱과 딥러닝 기반의 압축을 사용하지 않고 특징을 압축하는 기술도 몇 차례 제안되었다. [17, 24]에서는 특징을 추출하여 양자화 한 후 zip 부호화와 허프만 부호화를 통해 특징을 압축한다. [32]는 그림 11와 같이 특징맵의 채널간 상관성, 히스토그램 등을 분석하여 채널간



(그림 11) Stem 특징의 채널별 특징맵 및 히스토그램 분석

중복성을 줄이고 이진산술부호화를 통해 특징을 압축한다.

5. CfE(Call for Evidence) 응답

2021년 1월 제133차 MPEG 회의에서 MPEG VCM은 CfE를 공표하고, 제134차 MPEG 회의에서 5개의 CfE 응답을 받았다[28-32]. 본 절에서는 CfE 응답과 관련 기술들을 소개한다.

[28]은 종단간 압축 네트워크를 제안하였다. 압축 네트워크로는 Cheng2020이 사용되며 머신비

전 임무 네트워크는 VCM의 객체검출 임무를 위해 정의된 Faster R-CNN 네트워크를 사용한다. 객체검출 손실과 MSE 오류를 모두 고려하여 손실함수를 구성하여 두 네트워크가 학습된다. 이때, 객체검출 네트워크의 가중치는 모두 고정되고 압축 네트워크의 가중치만 학습된다. 실험결과에 따르면 OpenImage-v6 데이터셋에 대해 앵커 대비 22.80%의 비트율 감소를 보여주면서 높은 성능향상을 보여주었다. [27, 28]에서는 압축 네트워크만 다르고 동일한 접근 방식으로 성능을 평가하였고 이 또한 높은 성능향상을 보여주면서, 객체검출 임무에 대한 기술 검증을 제시하였다.

[29]는 VCM의 객체검출 네트워크를 이용하여 영상의 객체 영역과 배경 영역을 구분한다. 객체 영역과 배경 영역 각각에 대해 VVC 코덱을 사용하여 서로 다른 설정으로 부호화한다. 실험결과에 따르면 FLIR 데이터셋에 대해 앵커 대비 30.76%의 비트율 감소를 보여준다.

[30]은 문맥적(context)으로 구조화된 영상 압축 기법을 제안하였다. 문맥적 구조화의 의미는 높은 수준의 특징과 낮은 수준의 특징을 각각 구조화하여 하나의 비트스트림으로 결합함을 의미한다. 여기서 높은 수준의 특징은 위치, 클래스 ID, 경계 박스와 같이 머신비전 네트워크로부터 출력된 결과를 의미하고, 낮은 수준의 특징은 높은 수준의 특징으로부터 추출된 객체를 의미한다. 머신비전 네트워크로부터 출력된 경계 박스와 같은 높은 수준의 특징만을 압축하여 전송하기 때문에, 비트스트림의 크기가 매우 작고, 머신비전 임무의 성능이 높은 수준을 유지할 수 있다.

[31]은 VVC의 개별 부호화 기술들이 머신비전 임무에 주는 영향을 분석하였다. 일부 부호화 툴(tool)들이 동작하지 않도록 했을 때 객체검출 임무에서 약간의 성능향상을 확인할 수 있었으며, 부호화 복잡도가 크게 감소하였다. [33, 34]에서는

추가적으로 IBC(Intra Block Copy)를 포함한 일부 부호화 기술들의 조합을 테스트하여 머신비전 임무에 대한 성능 변화를 확인하였다.

[32]에서는 머신비전 네트워크로부터 추출되는 중간 계층 특징맵을 기존 비디오 코덱이 아닌 새로운 방법으로 압축한다. Stem 계층의 특징맵을 사용하여, 특징맵의 채널간 상관성 및 히스토그램을 분석하여 벡터 양자화와 이진산술부호화를 통해 압축한다. 실험결과에 따르면 앵커 성능에는 미치지 못하는 것 같지만, 특징 압축을 위한 새로운 코덱 개발에 대한 여지를 주고 있어 관심 있게 논의되고 있다.

6. 결 론

MPEG VCM은 기계가 소비하는 비디오를 효율적으로 전송하고 저장하기 위한 표준을 위해 2019년 7월 결성되어 최근 135차 MPEG 회의까지 활발히 표준화가 진행되고 있다. 본 고에서는 MPEG VCM 표준화 현황과 제안된 기술 및 주요 이슈들에 대해 기술하였다. VCM은 궁극적으로 수요가 증가하고 있는 머신비전뿐만 아니라 기존의 휴먼비전도 함께 수용할 수 있는 보다 효율적인 머신/휴먼비전 용 비디오 부호화 표준 개발을 목표로 하고 있다. 현재 본격적인 표준화에 앞서 다양한 VCM의 후보 기술들이 제안되는 등 표준 기술탐색이 활발히 진행되고 있다. 특히 딥러닝 기반의 압축 기술 연구가 많은 관심을 받을 것으로 예상되며, 더불어 보다 효율적으로 머신비전과 휴먼비전을 함께 수용할 수 있는 새로운 압축 표준 개발도 진행될 것으로 예상된다. 국내에서도 다수의 기업, 연구소, 대학 등에서 VCM 표준화에 적극 참여하고 있으며, 더욱 증가하고 있는 머신비전 응용을 위한 새로운 비디오 부호화 표준에

대한 표준기술 확보 및 저작권 선점이 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] L. Duan, J. Liu, W. Yang, T. Huang, and W. Gao, "Video Coding for Machines: A Paradigm of Collaborative Compression and Intelligent Analytics," IEEE Transactions on Image Processing, Vol.29, pp.8680-8695, 2020.
- [2] Y. Zhang, L. Yu, J. Lee, M. Rafie, and S. Liu, "Use cases and requirements for Video Coding for Machines," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 2, N00103, Jul. 2021.
- [3] M. Rafie, Y. Zhang, and S. Liu, "Evaluation Framework for Video Coding for Machines," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 2, N00104, Jul. 2021.
- [4] Detectron2, <https://github.com/facebookresearch/detectron2>
- [5] Towards-Realtime-MOT, <https://github.com/Zhongdao/Towards-Realtime-MOT>
- [6] PySlowFast, <https://github.com/facebookresearch/SlowFast>
- [7] Deep High-Resolution Representation Learning from Human Pose Estimation, <https://github.com/leoxiaobin/deep-high-resolution-net.pytorch>
- [8] Open Images Dataset V6, <https://storage.googleapis.com/openimages/web/index.html>
- [9] FLIR Thermal Dataset, <https://www.flir.com/oem/adas/adas-dataset-form>
- [10] HiEve-10, <http://humaninevents.org/>
- [11] S. Wang, Z. Wang, Y. Ye and S. Wang, "Image or video format of feature map compression for object detection," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M55786, Jan. 2021.
- [12] S. Wang, Z. Wang, Y. Ye and S. Wang, "Investigation on feature map layer selection for object detection and compression," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M55787, Jan. 2021.
- [13] J. Do, J. Lee, Y. Kim, S. Y. Jeong, J. Choi, "[VCM] Experimental Results of Feature Compression using CompressAI," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M56716, Apr. 2021.
- [14] S. Kim, M. Jeong, H. Jin, H. Lee, H. Choo, H. Lim, and J. Seo, "[VCM] A report on intermediate feature coding for object detection and segmentation," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M55243, Oct. 2020.
- [15] H. Han, H. Choi, S. Kwak, J. Yun, W.-S. Cheong, and J. Seo, "[VCM] Investigation on feature map channel reordering and compression for object detection," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M56653, Apr. 2021.
- [16] W. Zhang, P. Dong, L. Yang and B. Sun, "On the Feature Map Compression for Object Detection and Segmentation," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG11 input document, M50984, Oct. 2019.
- [17] P. Dong and W. Zhang, "Interframe and Intraframe Compression of Feature maps for Segmentation," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG11 input document, M51847, Jan.2020.
- [18] Y.-U. Yoon, D. Park, S. Chun, and J.-G. Kim, "[VCM] Results of feature conversion for object segmentation," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M55153, Oct. 2020.
- [19] E. Son, and C. Kim, "[VCM] CNN Intermediate feature coding for object detection," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG11

- output document, M54307, Jun. 2020.
- [20] Y.-U. Yoon, D. Park, S. Chun, and J.-G. Kim, "[VCM] Results of feature map coding for object segmentation on Cityscapes datasets," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M55152, Oct. 2020.
- [21] S. Kim, M. Jeong, H. Jin, H. Lee, H. Choo, H. Lim, and J. Seo, "[VCM] A report on intermediate feature coding for object detection and segmentation," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M55243, Oct. 2020.
- [22] H. Han, H. Choi, S. Kwak, J. Yun, W.-S. Cheong, and J. Seo, "[VCM] Investigation on feature map channel reordering and compression for object detection," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M56653, Apr. 2021.
- [23] Y.-U. Yoon, D. Kim, and J.-G. Kim, "[VCM] Compression of reordered feature sequences based on channel means for object detection," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M57497, Jul. 2021.
- [24] W. Zhang, P. Dong, L. Yang and B. Sun, "On the Feature Map Compression for Object Detection and Segmentation," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG11 input document, M50984, Oct. 2019.
- [25] Y.-U. Yoon and J.-G. Kim, "[VCM] Evaluation results of object segmentation with deep learning-based image compression," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M55960, Jan. 2021.
- [26] S. Wang, Z. Wang, Y. Ye, and S. Wang, "[VCM] End-to-end image compression towards machine vision for object detection," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M56416, Apr. 2021.
- [27] S. Cho, H. Lee, S. Y. Jeong, J. Lee, Y. Kim, J. Do, J. S. Choi, "[VCM] Image compression neural network optimized for object detection," JTC 1/SC 29/WG2 input document, M56469, Apr. 2021.
- [28] B. Zhu, L. Yu, D. Li, and Y. Pan, "[VCM] ZJU response to cfe: deep learning-based compression for machine vision," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M56445, Apr. 2021.
- [29] Y. Lee, S. Kim, K. Yoon, H. Lim, H.-G. Choo, W.-S. Cheong, and J. Seo, "[VCM] Response to CfE: Object detection results with the FLIR dataset," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M56572, Apr. 2021.
- [30] W. Gao, X. Xu, and S. Liu, "[VCM] Response to CfE: Investigation of VC Codec for Video Coding for Machine," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M56681, Apr. 2021.
- [31] S. Sun, X. Jin, R. Feng, and Z. Chen, "[VCM] Evidence of VCM: Object Detection Evaluation on Semantically Structured Image Compression (SSIC)," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M56722, Apr. 2021.
- [32] H.M. Wang, H. Wang, L.C. Wang, Y. Zhang, and X. Chen, "[VCM] Response to Call for Evidence of Video Coding for Machine: K-means and BAC based feature compression," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M56749, Apr. 2021.
- [33] C. Hollmann, P. Wennerstern, J. Strom, and L. Litwic, "[VCM] VCM-based rate-distortion optimization for VVC," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M56634, Apr. 2021.
- [34] S.-P. Wang, C.-C. Lin, C.-L. Lin, T.-H. Li, and Y.-C. Nie, "[VCM] Enable IBC in

VTM8.2 for VTM," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG2 input document, M56792, Apr. 2021.

[35] CompressAI, <https://github.com/InterDigitallnc/CompressAI>



김재곤

이메일 : jgkim@kau.ac.kr

- 1990년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
- 1992년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사
- 2005년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 박사
- 1992년 3월~2007년 2월 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원/팀장
- 2001년 9월~2002년 7월 Columbia University 연구원
- 2015년 12월~2016년 1월 UC San Diego, Visiting Scholar
- 2007년 9월~현재 한국항공대학교 항공전자정보공학부 교수
- 관심분야: 비디오 부호화 표준, 비디오 신호처리, Immersive Video, Deep Learning

저자약력



윤용욱

이메일 : yuyoon@kau.kr

- 2017년 한국항공대학교 항공전자및정보공학과 (학사)
- 2019년 한국항공대학교 항공전자및정보공학과 (석사)
- 2019년~현재 한국항공대학교 항공전자및정보공학과 박사과정
- 관심분야: 비디오 코딩, 딥러닝, 멀티미디어 응용



김동하

이메일 : donghakim@kau.kr

- 2021년 한국항공대학교 항공전자및정보공학과 (학사)
- 2021년~현재 한국항공대학교 항공전자및정보공학과 석사과정
- 관심분야: 비디오 코딩, 딥러닝

Optical Flow 추정 기술 및 최신 연구 동향

김영민 (인천대학교), 안현욱 (고려대학교), 김진평 (차세대융합기술연구원)

목 차

1. 서 론
2. Optical Flow 활용 사례
3. 전통적인 Optical Flow 추정
4. 딥러닝 기반의 Optical Flow 추정
5. Optical Flow 추정 방법 및 비교 분석
6. 결 론

1. 서 론

자율주행 시장 규모가 2035년 743조원까지 성장할 것으로 전망[1]되고, 전 세계 지능형 CCTV 시장 규모는 2015년부터 연평균 78.6%의 고성장을 이루고 있다[2]. 자율주행과 지능형 CCTV 분야에서 보행자의 움직임 분석(Motion Analysis)을 통해서 보행자의 안전을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다[3,4].

이러한 움직임 분석 방법은 많은 방법 중 Optical Flow 방법을 통해 의미론적인 해석이 가능하여 주로 이용한다[5]. Optical Flow란 관찰자와 장면 사이에서 상대적인 움직임으로 인해 시각적 장면에서 물체 등의 명백한 움직임의 패턴을 말한다[6]. 이 패턴은 이미지에서 연속한 두 프레임(frame) 사이에서 각 픽셀(pixel)의 움직임을 나타내는 벡터를 의미하고 이 값을 통해 움직임을

추정할 수 있다. Optical Flow의 추정은 Optical Flow 제약식 기반의 계산(전통적 방식)으로 이뤄졌지만 2015년 이후 딥러닝 기반의 Optical Flow 추정을 할 수 있게 되었다.

본 논문에선 Optical Flow를 활용한 사례에 대해서 다루고, 전통적인 Optical Flow 추정 방법과 딥러닝을 활용한 추정 방법을 소개 및 비교한다.

2. Optical Flow 활용 사례

Optical Flow 추정은 주로 객체의 움직임 추정 및 객체 추적으로 활용된다. Optical Flow는 이뿐만 아니라 많은 분야에서 응용되고 활용되고 있다.

의료 분야에서는 Optical Flow를 이용하여 심근 세포 수축성을 식별[7]하고 초음파 영상은 Optical Flow 기반으로 보간(interpolation)하여 더욱 정확한 초음파 영상 분석을 이뤄내고 있다

[8]. 또한, Optical Flow를 이용하여 고품질의 MRI 영상을 만드는 기법도 활용되고 있다[9].

교통 분야에서도 자율주행 자동차 분야에 Optical Flow가 많이 활용된다. 자율주행 자동차의 원활한 운영을 위해 보행자 움직임을 추정하거나, 도로 위의 장애물을 탐지하기 위한 연구도 진행되고 있다[10-11]. 또한, CCTV 영상을 기반으로 차량 통행량과 차량의 속도를 추정을 이뤄내고, 교통에서의 차선 이탈, 불법 유턴과 같은 이상 상황을 탐지하는 연구도 진행된다[12-13].

마지막으로 로봇 분야에서는 드론에서 지상 물체를 탐지하고 추적하기 위해 Optical Flow를 활용하고, 자동으로 충돌을 회피하기 위한 방법으로도 활용된다[14-15].

3. 전통적인 Optical Flow 추정

Optical Flow의 제약조건은 흐름 벡터로 이어진 두 픽셀의 값은 동일하다라는 것이다. 이러한 제약조건을 식 (1)을 이용하여 계산한다. 식 (1)에서 I 는 이미지를 의미하고, x, y 는 이미지에서의 픽셀 좌표의 위치, t 는 프레임 시간을 의미한다. 그리고 u 는 x 방향으로 움직임, v 는 y 방향으로 움직임을 의미한다.

$$I(x, y, t) = I(x + u, y + v, t + 1) \quad (1)$$

식 (1)의 우항에 테일러 근사(Taylor-Approximation)를 이용하면

$$\frac{dI}{dx} \delta x + \frac{dI}{dy} \delta y + \frac{dI}{dt} \delta t = 0 \quad (2)$$

식 (2)가 도출이 되고 이를 δt 로 나누면 식 (3)과 같은 Optical Flow 방정식이 도출된다.

$$\frac{dI}{dx} u + \frac{dI}{dy} v + \frac{dI}{dt} = 0 \quad (3)$$

식 (3)은 부정방정식의 형태로 이를 풀기 위해 선 주변 픽셀의 정보를 이용하여 Optical Flow를 계산해야 한다. 이를 계산하는 방법은 크게 두 가지로 나뉘는데 첫 번째로 일부의 픽셀을 이용하여 부분적으로 계산(Sparse Optical Flow)을 하는 방식이다. 그리고 두 번째로 이미지의 모든 픽셀들을 이용하여 계산(Dense Optical Flow)하는 방식이 있다.

Sparse Optical Flow는 이미지의 일부 픽셀만 이용하여 Optical Flow를 추정하는 것이다. 주로 이미지의 모서리와 같은 주요 특징점 픽셀을 기반으로 Optical Flow를 추정한다. 전체 픽셀에 대한 계산이 아니라 일부의 픽셀 부분만 계산하기 때문에 연산 속도가 빠른 장점이 있지만 추정 정확도는 낮은 단점이 있다. 대표적인 알고리즘으로 Lucas-Kanade 알고리즘[16]을 발전시킨 Lucas-Kanade Pyramid 알고리즘[17]이 있다.

반면에 Dense Optical Flow는 이미지의 모든 픽셀들에 대하여 계산하여 모든 픽셀에 대한 Optical Flow를 추정한다. 모든 픽셀들에 대해서 계산을 하기 때문에 연산량이 증가하여 추정 속도는 느리지만 Sparse Optical Flow에 비해 정확한



(그림 1) Lucas-Kanade 적용 예시



(그림 2) Farneback 적용 예시

장점이 있다. 대표적인 알고리즘으로 Farneback 알고리즘이 있다[18].

(그림 1)은 Shi-Tomasi[19] 방법으로 주요 특징 점을 추출하고 Lucas-Kanade Pyramid 방식으로 Optical Flow를 추출한 그림이고, (그림 2)는 Farneback 알고리즘으로 Optical Flow를 추정한 그림이다.

4. 딥러닝 기반의 Optical Flow 추정

딥러닝을 이용하여 Optical Flow를 추정하기에는 Optical Flow의 실제 정답 값(Ground Truth)이

있는 데이터셋의 부족이라는 문제점이 있었다. 2015년 이전의 구축된 데이터셋은 딥러닝을 통해 훈련 시키기에는 매우 적었으며 Optical Flow의 정답값을 갖고 있는 데이터셋도 적었다. 하지만 FlowNet[20] 저자가 발표한 Flying Chairs 데이터셋 이후로 많은 데이터셋들이 구축되면서 딥러닝을 활용한 Optical Flow 추정 기술이 많은 발전을 이뤘다. Optical Flow를 추정하기 위한 데이터셋 종류는 <표 1>과 같다.

4.1 FlowNet

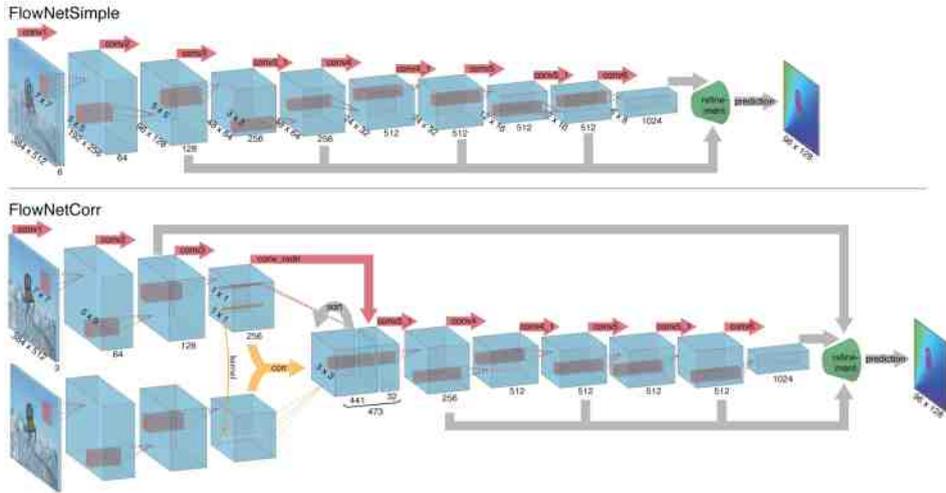
FlowNet은 최초의 딥러닝 기반으로 Optical Flow를 추정하는 알고리즘이다. FlowNet을 바탕으로 하여 FlowNet2.0[27], LiteFlowNet[28] 등의 여러 알고리즘으로 발전하였다.

FlowNet은 CNN을 기반으로 Optical Flow를 추정하고 FlowNet-Simple(FlowNet-S), FlowNet Corr (FlowNet-C)라는 알고리즘을 제안하였다. FlowNet-S와 FlowNet-C의 구조 그림은 (그림 3)과 같다.

FlowNet-S는 두 이미지를 합친 값(concat)을 이용하여 Optical Flow를 추정하는 것이고,

<표 1> Optical Flow 추정을 위한 데이터셋 종류

데이터셋 이름	프레임 쌍	데이터셋 구축 연도	특징
Middlebury[21]	72	2011	정답값이 존재하는 프레임의 수가 8개로 매우 적음
Sintel[22]	1,041	2012	안개나 블러링(blurring)의 유무에 따라 데이터셋이 나뉨
KITTI2012[23]	194	2013	움직임이 없는 부분은 포함하지 않음
Flying Chairs	22,872	2015	Flickr 데이터셋에 3D chairs[24] 이미지를 합성한 데이터셋
Flying Things3D[25]	25,000	2016	3D 데이터셋으로 구조화된 배경과 랜덤한 물건의 움직임을 이미지
Playing benchmarks[26]	254,064	2017	많은 양의 고해상도 데이터셋



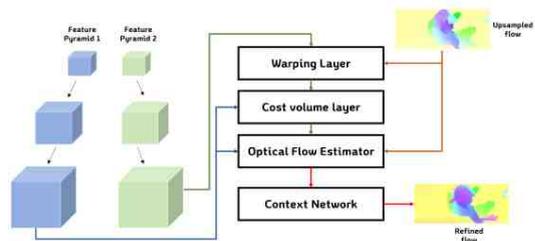
(그림 3) (상) FlowNet-S, (하) FlowNet-C

FlowNet-C는 각 두 이미지의 특징(feature)을 추출한 뒤 이를 correlation layer에 통과시킨 후 컨볼루션(Convolution) 연산을 반복하여 Optical Flow를 추정한다. Correlation Layer는 두 이미지에 대하여 이미지 픽셀의 상관도를 계산함으로써 추정 정확도를 높이는 방법이다. 그리고 Refinement Layer를 통해서 손실 값을 계산하면서 신경망의 정교한 업데이트를 할 수 있는 방법을 고안하였다.

4.2 PWC-Net

PWC-Net[29]은 피라미드형의 CNN을 기반으로 한다. 그리고 SpyNet[30]의 피라미드 방식과 이미지 왜곡 방식[31], Cost-Volume[32] 방식을 모두 사용한 네트워크이다. PWC-Net은 SpyNet과 비슷한 점이 많지만 주요한 차이점을 두어 SpyNet보다 좋은 성능을 내었다. PWC-Net은 SpyNet과 달리 피라미드를 통과한 이미지 자체가 아닌 특징 맵을 warping 층에 통과시킨다. 그리고 SpyNet은 프레임을 바로 CNN에 통과시키지만

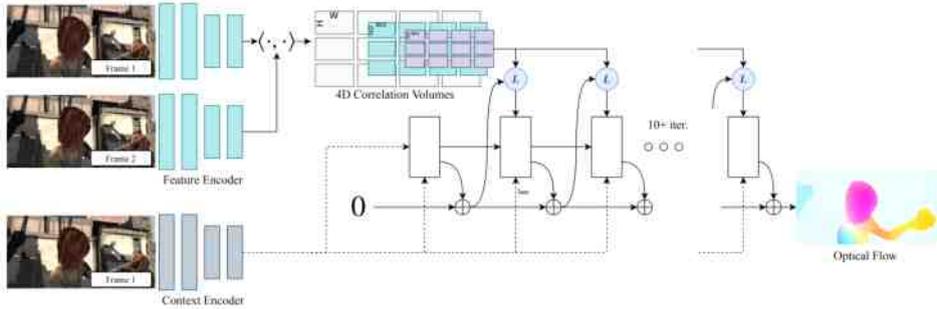
PWC-Net은 Cost-Volume 층을 거치고 CNN을 통해 Optical Flow를 추정한다. 이때, Cost-volume 층은 FlowNet-C의 Correlation Layer를 따른다. PWC-Net의 구조는 (그림 4)와 같다. PWC-Net은 많은 방법을 조합하여 end-to-end 방식으로 학습 가능하게 설계하였다. 이로 인해 Sintel-final 데이터셋에서 당시 가장 적은 에러율을 기록하였다.



(그림 4) PWC-Net 네트워크 구조

4.3 RAFT

RAFT[33]는 반복을 활용하여 Optical Flow의 정확한 추정을 이뤄낸다. RAFT의 구조는 (그림 6)과 같다. RAFT는 크게 3가지 부분으로 나눌 수



(그림 5) RAFT 네트워크 구조

있는데, 특징 추출 부분과 4D correlation volume 부분과 GRU[34] 부분으로 나눌 수 있다.

특징 추출 부분은 두 부분으로 나뉘지는데, Fnet과 Cnet으로 나뉜다. Fnet은 움직임을 추정하기 위한 특징들을 추출하는 부분이고, Cnet은 이미지의 맥락(context)을 추출하는 부분인데 이는 사람의 손과 머리 등을 구분하는 특징들을 추출하는 것이다. 맥락 추출은 첫 번째 이미지에 대해서만 수행을 한다.

4D correlation volume은 픽셀 간의 유사도를 측정하기 위한 층이다. 기존의 correlation volume과 동일한 방식으로 계산하고 쌍선형 다운샘플링(Bilinear Downsampling)을 하여 피라미드 형태로 만들어서 각 크기별 Correlation volume을 구할 수 있게 된다. 이는 식 (4)로 나타낼 수 있다.

$$C^k : [H \times W \times \frac{H}{2^k} \times \frac{W}{2^k}] \quad (4)$$

이러한 과정은 Optical Flow를 추정하는 반복이 시행되기 전에 단 한 번만 진행이 된다. 따라서 연산 속도가 줄어든다는 점을 해결하였다. 반복 중에는 Correlation Lookup 연산이 이뤄지는데 이는 4차원의 cost volume을 3차원의 cost volume으로 치환해주는 과정이다.

Cost volume을 GRU 구조에 넣어서 반복 계산을 하고 컨볼루션 연산을 거쳐서 최종적인 Optical Flow를 추정할 수 있게 된다.

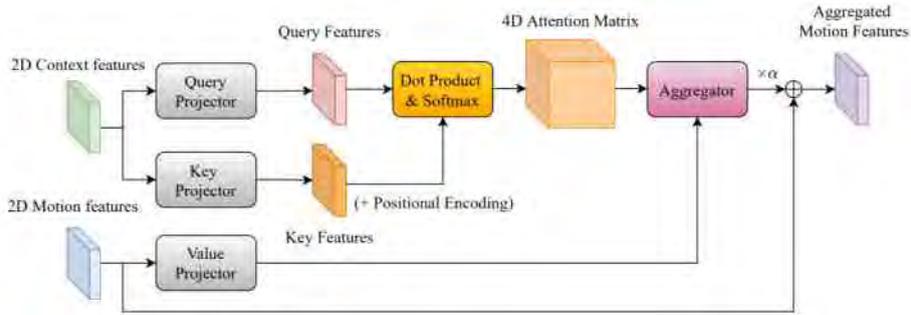
RAFT는 또한, warm-start 방식[35]을 제안하면서 전 프레임에서 계산된 Optical Flow들의 벡터를 미리 이동한 값을 초기값으로 설정한다. warm-start 방식을 사용함으로써 기존의 모델들보다 비약적으로 좋은 성능을 내었다.

4.4 GMA

GMA[36]는 RAFT 모델을 기반으로 이미지 겹침(Occlusion)으로 인해 Optical Flow의 추정이 불가능한 문제를 해결한 모델이다. 이러한 문제를 기존 프레임의 자기 유사도를 이용하여 이미지 겹침 문제를 해결한다.

Optical Flow 추정에서 이미지 겹침 문제는 기존에 sfM-Net[37], MaskFlowNet[38] 등에서도 효율적인 처리를 위한 연구가 계속되었다. 특히, MaskFlowNet은 Occlusion Mask라는 개념을 도입하여 이미지 겹침이 있어도 겹침에 대한 학습이 가능하도록 하여 이미지에 대한 손실을 줄였다.

GMA는 이를 넘어서 이미지 겹침 영역에 대한 손실 문제 해결뿐만 아니라 장거리 연결의 Optical Flow의 추정을 이뤄냈다. GMA 모듈의 기본 가정



(그림 6) GMA 모듈 구조

은 네트워크가 참조 프레임에서 비슷한 모양의 포인트를 찾아 유사한 모션(motion)의 포인트를 추론할 수 있다는 것이다. 이는 단일 객체에 대한 포인트의 움직임이 주변의 움직임과 유사하다는 통계적 편향이 있다는 것에 기반한다. 따라서 GMA 모듈은 이러한 가정을 기반으로 가려지지 않은 픽셀에서 가려진 픽셀로 값을 전파하는 방법이다. GMA 모듈 부분은 (그림 6)과 같다.

GMA 모듈은 전체 구조 중 일부으로써 트랜스포머(Transformer)[39]를 기반으로 어텐션 모듈을(attention module) 이용하여 장거리 의존성 모델링을 할 수 있게 구성하였다. GMA는 4D correlation layer에서 특징점을 추출한 값에서 쿼리(query)와 키(key) 투영기(projector)를 통과시키면서 프레임 1의 자체 유사성을 추출한다. 그리고 이를 4D 어텐션 행렬(4D attention matrix) 계산하여 모션의 숨겨진 값을 집계한다. 그리고 집계한 값에 값 투영기(value projector)를 거친 값도 합쳐서 부분 모션 특징을 추출할 수 있다.

5. Optical Flow 추정 방법 비교 및 분석

<표 2>는 Optical Flow 추정 모델별로 정리한 표이다. EPE(End-Point-Error)는 Optical Flow 추정의 성과지표로 식 (5)와 같이 정의된다.

$$EPE = \sqrt{(u - u_{GT})^2 + (v - v_{GT})^2} \quad (5)$$

u 와 v 는 각각 수평 성분과 수직 성분의 계산된 Optical Flow, u_{GT} 와 v_{GT} 는 실제 Optical Flow를 나타내고 이를 모든 프레임에 대해 평균을 취한 것이 AEPE(Average-End-Point-Error)가 된다.

전통적인 방법은 주변 픽셀들만 이용하여 계산하는 기법에서 다운스케일링(Downscaling)과 가중치 모델 개선과 같은 주변 픽셀들의 계산 방법 개선을 통하여 정확성을 높였으며, 최근 기법에서는 역연산을 활용하거나 그리드 형태를 이용하여 정확성을 더 높인 것을 확인할 수 있다.

반면 딥러닝 방법은 FlowNet이 처음으로 Optical Flow를 추정하였으며, 이 모델을 개선하여 정확도를 향상시켰으며, 최근 기법은 Mask를 활용하여 훈련 방법을 개선하거나 cost volume를 사용하여 cost 함수를 개선하여 정확성을 비약적으로 발전시켜 전통적인 방법보다 훨씬 더 높은 정확성을 보이는 것을 확인할 수 있다.

(그림 7)은 맨 왼쪽이 정답값, 그리고 순서대로 EpicFlow, FlowNet2.0, GMA 알고리즘을 적용한 Sintel-clean 데이터셋의 시각화 결과이다. 시각화는 HSV 형태로 나타내며 색상은 방향을 표현하고, 채도는 크기를 나타낸다.

〈표 2〉 Optical Flow 추정 모델별 AEPE 비교(Sintel-Clean)

구분	모델(연도)	AEPE	핵심 내용
전통적	Horn&Schnuck (1981)	8.739	최초의 Optical Flow 알고리즘으로 한 지점에 대해 주변 픽셀들을 이용하여 계산
	EpicFlow[40] (2015)	4.115	특징점들을 이용하여 두 개의 이미지를 매칭한 후 모서리(Edge)와 함께 비교하여 계산
	DeepFlow[41] (2016)	5.377	피라미드 방식으로 계산한 후 해당 값을 이용하여 에너지 함수(Energy Function)를 최소로 하는 백터를 구하여 추정
	FullFlow[42] (2016)	3.601	픽셀 단위가 아닌 그리드를 이용하여 이미지를 매칭하여 Optical Flow를 계산
	MirrorFlow[43] (2017)	3.316	두 프레임을 이용하여 계산된 값과 역순으로 계산한 값을 비교하여 정확성 향상
딥러닝	FlowNet (2015)	6.081	최초의 Optical Flow를 추정하는 딥러닝 모델
	SpyNet (2016)	6.689	딥러닝을 활용한 공간 피라미드 방식 제안
	FlowNet2.0 (2017)	3.959	FlowNetS 와 FlowNetC를 합쳐서 성능 향상
	MR-Flow[44] (2017)	2.527	경직성 흐름(Rigid-Flow) 방법을 제안하여 독립적으로 움직이는 객체에 대한 추정
	LiteFlowNet (2018)	4.539	FlowNet2.0을 발전시켜서 가볍고 빠른 Optical Flow 추정 가능
	PWC-Net (2018)	4.386	여러 방법들을 하나의 딥러닝 구조로 만듦.
	Mask-FlowNet (2020)	2.521	Occulsion Mask 개념을 제안하여 훈련을 용이하게 함
	RAFT (2020)	1.609	반복 기법과 4D Cost Volume을 활용하여 비약적인 어려움 감소
GMA (2021)	1.388	트랜스포머 기반으로 겹친 픽셀에 대한 움직임 추정 문제를 해결	



(그림 7) Optical Flow 시각화 결과

전통적 방식인 EpicFlow는 객체와 배경 사이의 움직임을 분리하여 추정하지 못하였고, FlowNet2.0은 객체와 배경의 움직임을 분리하였지만 정확하게 분리하지 못했다. 반면에 GMA는 이를 정확하게 분리하여 Optical Flow의 추정을 이뤄내었다.

6. 결 론

본 논문에선 Optical Flow의 최신 추정 방법을 중점적으로 다루고 이를 전통적인 추정 방법과 비교를 하여 두 방법론의 차이를 분석하였다. 또한,

Optical Flow의 활용 사례를 통해 다양한 분야에서 Optical Flow 추정 방식이 다양한 방식으로 활용되는 것을 살펴보았다.

최근에 딥러닝 기반의 Optical Flow 추정이 이뤄지면서 더욱 정확한 추정을 이뤄낼 수 있다. 이러한 정확한 추정을 기반으로 다양한 분야에서 다양한 방법으로 Optical Flow 추정을 통해 활용될 것으로 기대된다. 특히, 자율주행과 지능형 CCTV 시장이 발전하면서 움직임 추정 등의 연구에 많은 발전을 이룰 것이다.

그러나 정확도의 비약적인 향상은 지도 학습 기반의 알고리즘이 주를 이루었고 비지도 학습의 알고리즘은 큰 향상을 이루지 못하였다. 따라서 비교적 정확한 추정이 가능한 비지도 학습 Optical Flow 추정 연구가 지속되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Lee, Byeong-Yun, "국내외 자율주행자동차 기술개발 동향과 전망." Information and Communications Magazine 33.4 (2016): 10-16.
- [2] 강승준, "시식별추적시스템구축 사업 의의와 성과", 정보통신산업진흥원 이슈리포트 제 20호 pp.4-5, 2020
- [3] Deo, Nachiket, and Mohan M. Trivedi, "Learning and predicting on-road pedestrian behavior around vehicles," 2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), IEEE, 2017.
- [4] Baqui, Muhammad, and Rainald Löhner, "Real-time crowd safety and comfort management from CCTV images." Real-Time Image and Video Processing 2017, Vol. 10223, International Society for Optics and Photonics, 2017.

- [5] Fortun, Denis, Patrick Bouthemy, and Charles Kervran, "Optical flow modeling and computation: A survey." Computer Vision and Image Understanding 134 (2015): 1-21.
- [6] Horn, Berthold KP, and Brian G. Schunck, "Determining optical flow." Artificial intelligence 17.1-3 (1981): 185-203.
- [7] Czirik, Andras, et al. "Optical-flow based non-invasive analysis of cardiomyocyte contractility." Scientific reports 7.1 (2017): 1-11.
- [8] Nam, Tae-Jin, Rae-Hong Park, and Jae-Ho Yun, "Optical flow based frame interpolation of ultrasound images." International Conference Image Analysis and Recognition. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [9] Schmoderer, Timothée, et al. "Learning optical flow for fast MRI reconstruction." Inverse Problems (2021).
- [10] 김영민, et al. "딥러닝과 Optical Flow 를 활용한 보행자 사고 방지 모델." 한국정보과학회 학술발표논문집 (2021): 1690-1692.
- [11] Rateke, Thiago, and Aldo von Wangenheim, "Road obstacles positional and dynamic features extraction combining object detection, stereo disparity maps and optical flow data." Machine Vision and Applications 31.7 (2020): 1-11.
- [12] 김지혜, et al. "Optical Flow 기반 CCTV 영상에서의 차량 통행량 및 통행 속도 추정에 관한 연구." 방송공학회논문지 22.4 (2017): 448-461.
- [13] 권언혜, 노승중, and 전문구, "옵티컬 플로우 기반 장면 모델링을 통한 교통 영상 내의 이상 상황 인식 시스템." 한국정보처리학회 학술대회논문집 19.2 (2012): 488-491.
- [14] 백종환, and 김상훈, "드론과 지상로봇 간의 협업을 위한 광학흐름 기반 마커 추적방법."

정보처리학회논문지. 소프트웨어 및 데이터 공학 7.3 (2018): 107-112.

- [15] Urieva, Natallia, et al. "Collision Detection and Avoidance using Optical Flow for Multicopter UAVs." 2020 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). IEEE, 2020.
- [16] Lucas, Bruce D., and Takeo Kanade. "An iterative image registration technique with an application to stereo vision." 1981.
- [17] Bouguet, Jean-Yves. "Pyramidal implementation of the affine lucas kanade feature tracker description of the algorithm." Intel corporation 5.1-10 (2001): 4.
- [18] Farneback, Gunnar. "Two-frame motion estimation based on polynomial expansion." Scandinavian conference on Image analysis. Springer, Berlin, Heidelberg, 2003.
- [19] Shi, Jianbo. "Good features to track." 1994 Proceedings of IEEE conference on computer vision and pattern recognition. IEEE, 1994.
- [20] Dosovitskiy, Alexey, et al. "FlowNet: Learning optical flow with convolutional networks." Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. 2015.
- [21] Baker, Simon, et al. "A database and evaluation methodology for optical flow." International journal of computer vision 92.1 (2011): 1-31.
- [22] Butler, Daniel J., et al. "A naturalistic open source movie for optical flow evaluation." European conference on computer vision. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.
- [23] Geiger, Andreas, et al. "Vision meets robotics: The kitti dataset." The International Journal of Robotics Research 32.11 (2013): 1231-1237.
- [24] Aubry, Mathieu, et al. "Seeing 3d chairs: exemplar part-based 2d-3d alignment using a large dataset of cad models." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2014
- [25] Mayer, Nikolaus, et al. "A large dataset to train convolutional networks for disparity, optical flow, and scene flow estimation." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016.
- [26] Richter, Stephan R., Zeeshan Hayder, and Vladlen Koltun. "Playing for benchmarks." Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. 2017.
- [27] Ilg, Eddy, et al. "FlowNet 2.0: Evolution of optical flow estimation with deep networks." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2017.
- [28] Hui, Tak-Wai, Xiaou Tang, and Chen Change Loy. "LiteflowNet: A lightweight convolutional neural network for optical flow estimation." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2018.
- [29] Sun, Deqing, et al. "Pwc-net: Cnns for optical flow using pyramid, warping, and cost volume." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2018.
- [30] Ranjan, Anurag, and Michael J. Black. "Optical flow estimation using a spatial pyramid network." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2017.
- [31] Brox, Thomas, et al. "High accuracy optical flow estimation based on a theory for

- warping.” European conference on computer vision. Springer, Berlin, Heidelberg, 2004.
- [32] Hu, Yinlin, Rui Song, and Yunsong Li. “Efficient coarse-to-fine patchmatch for large displacement optical flow.” Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016.
- [33] Teed, Zachary, and Jia Deng. “Raft: Recurrent all-pairs field transforms for optical flow.” European conference on computer vision. Springer, Cham, 2020.
- [34] Chung, Junyoung, et al. “Empirical evaluation of gated recurrent neural networks on sequence modeling.” arXiv preprint arXiv:1412.3555 (2014).
- [35] Ash, Jordan T., and Ryan P. Adams. “On warm-starting neural network training.” arXiv preprint arXiv:1910.08475 (2019).
- [36] Jiang, Shihao, et al. “Learning to Estimate Hidden Motions with Global Motion Aggregation.” arXiv preprint arXiv:2104.02409 (2021).
- [37] Sudheendra Vijayanarasimhan, Susanna Ricco, Cordelia Schmid, Rahul Sukthankar, and Katerina Fragkiadaki. Sfm-net: Learning of structure and motion from video. arXiv preprint arXiv:1704.07804, 2017.
- [38] Zhao, Shengyu, et al. “Maskflownet: Asymmetric feature matching with learnable occlusion mask.” Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2020.
- [39] Vaswani, Ashish, et al. “Attention is all you need.” Advances in neural information processing systems, 2017.
- [40] Revaud, Jerome, et al. “Epicflow: Edge-preserving interpolation of correspondences for optical flow.” Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2015.
- [41] Revaud, Jerome, et al. “Deepmatching: Hierarchical deformable dense matching.” International Journal of Computer Vision 120.3 (2016): 300-323.
- [42] Royer, Loic A., et al. “Convexity shape constraints for image segmentation.” Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016.
- [43] Tekin, Bugra, et al. “Learning to fuse 2d and 3d image cues for monocular body pose estimation.” Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2017.
- [44] Wulff, Jonas, Laura Sevilla-Lara, and Michael J. Black. “Optical flow in mostly rigid scenes.” Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2017.

저 자 약 력



김 영 민

이메일 : winston1214@naver.com

- 2020년 차세대융합기술연구원 컴퓨터비전 및 인공지능 연구실 연구원
- 2016년~현재 인천대학교 경제학과/컴퓨터공학부 학사과정
- 관심 분야 : Image Generation, Object Detection, Computer Vision



안 현 옥

.....
이메일 : hyeonukahn@korea.ac.kr

- 2016년~현재 고려대학교 전기전자공학부 학사과정
- 관심분야 : Deep Learning, Computer Vision, Bigdata



김 진 평

.....
이메일 : jpkim@snu.ac.kr

- 2006년 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 (석사)
- 2014년 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 (Ph.D., 박사)
- 2016년~2018 한국철도기술연구원 선임연구원
- 2018년~2019 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원
- 2019년~현재 차세대융합기술연구원 선임연구원
- 관심분야 : Artificial Intelligence & Computer Vision

자동화된 머신러닝 기술 동향: AutoGluon 사례 분석

Isack Thomas Nicholas · Peter Beatus · 신지용 · 강대기 (동서대학교)

목 차	1. 서 론
	2. AutoML 프레임워크들 소개
	3. AutoGluon 구조 분석
	4. 결 론

1. 서 론

자동화된 머신러닝(Automated Machine Learning; AutoML)은 자동 데이터 정리(Automated Data Clean), 자동 피처 엔지니어링(Automated Feature Engineering), 하이퍼파라미터 최적화(Hyperparameter Optimization; HPO), 메타러닝(Meta-Learning), 그리고 신경 아키텍처 검색(Neural Architecture Search; NAS) 등의 기술로 나누어진[1]. 본고에서는 이 중 주된 기술들인 HPO와 NAS에 대해 알아보고, 아마존에서 제안한 AutoGluon의 사례를 보이고자 한다.

HPO는 머신 러닝 모델, 하이퍼파라미터(hyperparameters) 및 기타 데이터 처리 단계들을 총체적으로 고려하여, 현재 데이터 세트에 대해 주어진 머신 러닝 모델의 최적의 하이퍼파라미터 구성을 찾는 것을 목표로 한다. 따라서 HPO는 사람을 지루하고 오류가 발생하기 쉬운 하이퍼파라미터 조정 프로세스에서 해방시키고자 하는 것이

다. NAS은 머신 러닝 분야에서 널리 사용되는 모델인 인공 신경망(ANN)의 설계를 자동화하는 기술이다. NAS는 손으로 설계한 아키텍처와 동등하거나 성능이 더욱 우수한 네트워크를 설계하고자 하는 목표를 가지고 있다. NAS에 대한 방법은 사용된 검색 공간, 검색 전략 및 성능 추정 전략에 따라 분류할 수 있다.

2. AutoML 프레임워크들 소개

AutoML은 데이터 전처리, 피처 엔지니어링, 모델 선택, HPO, 예측 결과 분석과 같은 반복적인 작업에서 시간과 노력을 아낄 수 있는 좋은 방법이다. 최근에는 오픈소스 AutoML 솔루션이 다양한 분야에 적용되고 있다. 이에 따라 9가지 AutoML 솔루션을 검토하고자 한다.

2.1 Auto-WEKA

AutoML의 초기 노력은 학계와 머신러닝 실무

자들로부터 시작되었다. 첫 번째 시도 중에 하나는 브리티시 컬럼비아 대학교(UBC)에서 개발한 Auto-WEKA이다[2]. 브리티시 컬럼비아 대학교(University of British Columbia)와 프라이부르크 대학교(Albert-Ludwigs-Universität Freiburg)가 WEKA에서 제공하는 알고리즘을 사용하여 개발하였다 [3]. Auto-WEKA는 2개의 앙상블(ensemble) 기법, 10개의 메타 방법, 27개의 기본 분류기 및 각 분류기에 대한 하이퍼파라미터 설정과 특징 선택 기법(3개의 검색 및 8개의 평가 방법 결합)을 제공한다.

2.2 Auto-Sklearn

Auto-Sklearn은 프라이부르크 대학교에서 개발했으며 scikit-learn을 기반으로 한다[4]. 15개의 분류기, 14개의 특징 추출 기법, 4개의 데이터 전처리 방법을 사용하여 110개의 하이퍼파라미터로 만들어진 가설공간을 생성한다. 이 시스템은 과거의 비슷한 데이터 셋에서의 성능과 최적화 중에 평가된 모델에서 앙상블을 구성하여 자동으로 기존의 AutoML 방법을 개선한다.

2.3 TPOT

TPOT은 펜실베이니아 대학교(University of Pennsylvania)에서 개발되었다[5]. TPOT은 트리 기반 파이프라인 최적화 도구(Tree-based Pipeline Optimization Tool; TPOT)를 의미한다. 파이썬으로 작성된 오픈 소스이며 일련의 시뮬레이션 및 실제 벤치마크 데이터 세트에 대한 효율성을 보여준다. 특히 사용자의 입력이나 사전 지식이 거의 또는 전혀 필요하지 않으면서 기본 기계 학습 분석에 비해 상당한 개선을 제공하는 기계 학습 파이프라인을 사용한다. 또한, 분류 정확

도를 희생하지 않으면서 컴팩트한 파이프라인을 생성하는 파레토(Pareto) 최적화를 통합하여 지나치게 복잡한 파이프라인이 되는 현상을 방지한다.

2.4 Auto-ml

오픈소스 파이썬 패키지인 Auto-ml은 2016년에 출시되었다[6]. 이 AutoML 시스템은 사용 가능한 시스템의 벤치마킹을 포함하여 프로덕션에서 AutoML을 적용할 수 있는 가능성과 한계를 보여준다. Auto-Sklearn, Auto-ml 및 TPOT은 모두 잘 알려진 scikit-learn 머신러닝 패키지를 기반으로 제작되었다.

2.5 AutoKeras

Keras 위에서 실행되는 AutoKeras는 텍사스 A&M 대학교(Texas A&M University)에서 개발되었다[7]. 효율적인 NAS 방법을 위해 네트워크 모피즘(network morphism)에 기반하여 베이지안 최적화를 수행하는 프레임워크이다. 이 프레임워크는 검색 공간을 효율적으로 탐색하기 위해 신경망 커널과 트리 구조의 획득 함수 최적화 알고리즘(tree-structured acquisition function optimization algorithm)을 사용한다.

2.6 H2O AutoML

H2O AutoML(H2O.ai)[8]은 H2O 플랫폼의 머신러닝 모델을 사용하며 H2O.ai[9]에 의해 도입되었다. H2O AutoML의 알고리즘은 H2O 머신러닝 알고리즘의 효율적인 훈련에 의존하여 짧은 시간에 많은 수의 모델을 생성한다. H2O AutoML은 빠른 랜덤 검색과 스택 앙상블의 조합을 사용하여 베이지안 최적화 또는 유전 알고리즘과 같은 더 복잡한 모델 조정 기술에 의존하는 다른 프레임워

크와 비교하였을 때 종종 더 나은 결과를 얻기도 한다. H2O AutoML은 다양한 알고리즘(Gradient Boosting Machine, Random Forests, Deep Neural Networks, Generalized Linear Model)을 훈련하여 후보 모델 전반에 걸쳐 상당한 양의 다양성을 생성하며, 스택 앙상블에서 이를 활용하여 강력한 최종 모델을 생성할 수 있다.

2.7 AutoGluon

아마존(Amazon)은 기계 학습에 대한 진입장벽을 낮추기 위해 AutoGluon을 출시했다[10]. 즉, AutoGluon을 통해서 복잡한 딥 러닝 모델을 설계하는 작업을 몇 줄의 코드로 구현하겠다는 의미이다. 여기서의 작업이란 데이터 형식의 벡터 분류, 모델 아키텍처 설계 및 하이퍼파라미터 최적화를 포함한다. 패키지는 이미지 분류, 객체 탐지, 텍스트 예측에 대한 예제를 제공한다. 시각화나 실험 통계는 포함되어 있지 않지만 AutoGluon API는 scikit-learn과 유사하게 설계되어 이해하기가 수월하다.

2.8 Neural Network Intelligence (NNI)

NNI는 마이크로소프트(Microsoft)에서 머신러닝을 모든 사람들이 동등하게 접근할 수 있도록 하기 위해 도입했다. 해당 프레임워크는 피쳐 엔지니어링 자동화(경사 기반 검색 알고리즘 사용), 모델 아키텍처 및 압축, 하이퍼파라미터 튜닝 실험 및 디스패치를 할 수 있는 기능들을 포함하는 툴을 제공한다. 또한, 이 프레임워크는 로컬 머신, 원격 머신, Kubeflow, Azure Machine Learning을 포함한 기타 하이브리드 클라우드와 같은 다양한 환경에서도 구동이 가능하다.

NNI는 command line interface(CLI), 파이썬 API 및 웹 GUI를 포함한 여러 머신러닝 프레임워

크 및 라이브러리(scikit-learn, TensorFlow, PyTorch, Apache MXNet, XGBoost 등)에서도 동작한다. 또한, 실행하기 쉽고 간단한 명으로 시도할 수 있는 몇 가지 예제 시나리오를 제공한다.

2.9 AutoGL

AutoGL(Auto Graph Learning)은 칭화대학교에서 그래프 기반 문제를 해결하기 위한 도구로 개발되었다[11]. AutoGL을 사용하면 피쳐 엔지니어링, 모델 교육 및 앙상블, HPO를 자동화할 수 있다.

AutoGL은 PyTorch 위에서 작동하며 전체 프로세스를 완료하는 제한 시간을 매개변수로 가지고 있는 해결사(Solver)를 생성한다. Graph Boosting 및 배깅(Bagging)과 같은 기능과 링크 예측으로 인해 이 도구는 현재 사용하기에 흥미롭고 미래에도 유망하다.

3. AutoGluon 구조 분석

이러한 다양한 AutoML 라이브러리들을 일일이 다루는 것은 지면상 어려우므로, 본고에서는 본 연구팀이 최근에 분석하고 있는 AutoGluon에 대해 조금 더 심층적으로 다뤄보고자 한다.

AutoGluon은 사용이 용이하며 확장 가능하게 만들어진 AutoML 오픈소스 라이브러리이다. 자동 스택 앙상블, 딥러닝을 사용하여 현실의 텍스트, 이미지, 테이블 형식의 데이터를 사용한 문제를 해결하는 것에 중점을 두고 있다. AutoGluon은 자동 하이퍼 파라미터 튜닝과 모델 선택 및 앙상블, 아키텍처 검색, 그리고 데이터 프로세싱에서 이점을 가지고 있다. 이것을 이용하면 맞춤형 모델과 데이터 파이프라인을 쉽게 개선하거나 튜닝할 수 있다.

3.1 구현 로직

AutoGluon은 (그림 1)과 같이 검색자(Searcher), 스케줄러(Scheduler), 자원 관리자(Resource Manager)로 구성되어 있다.

3.1.1 검색 전략

- 하이퍼 파라미터 최적화(Hyperparameter Optimization; HPO): 검색자는 다음 학습에 대한 하이퍼 파라미터값들을 제안해 준다. AutoGluon은 아키텍처를 검색할 때, 진화(강화학습)와 베이시안 검색을 사용한다. 배포된 검색기로는 무작위 검색, SKopt 검색, RL 검색이 있다.
- 신경 아키텍처 검색(Neural Architecture Search; NAS): 신경망 아키텍처를 최적화하기 위해 AutoGluon은 프록시레스나스(ProxylessNAS) 방법을 사용한다.

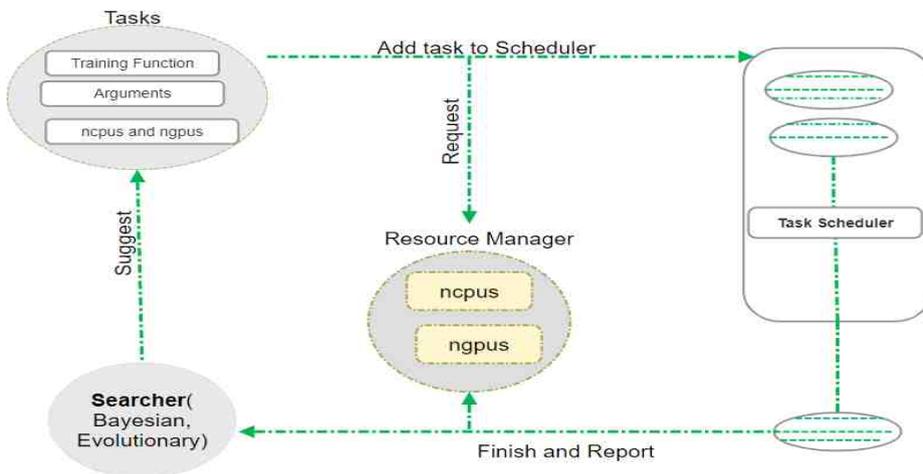
3.1.2 스케줄 전략

스케줄러는 모델 훈련에 필요한 계산할 자원이

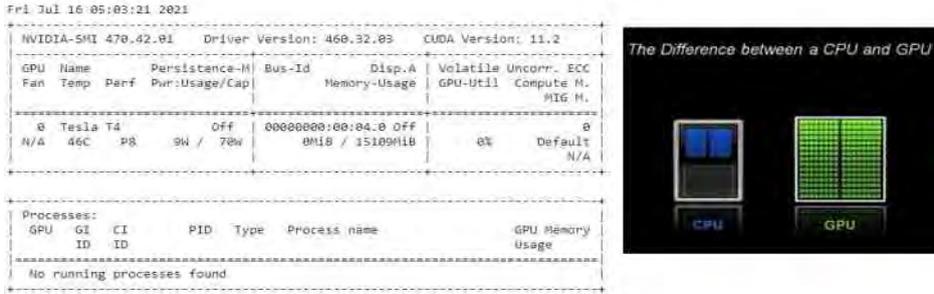
충분할 때에만 훈련을 개시하는 역할을 한다. AutoGluon은 FIFO 스케줄러(FIFOScheduler), 하이퍼밴드 스케줄러 (HyperbandScheduler), RL 스케줄러(RLScheduler)를 가지고 있다. FIFO 스케줄러나 심플 스케줄러의 경우, 프로그램상의 순서대로 최적화를 시도하고, 하이퍼밴드 스케줄러 (HyperbandScheduler)에는 비동기식 하이퍼밴드의 다양한 변형들이 구현되어 있다.

3.1.3 자원관리자

모든 구성 요소들은 모듈화되고 확장하기 쉽다. GPU나 CPU와 같은 자원관리자들은 학습 프로세스를 위한 구동 환경을 제공하고, (그림 2)와 같이 관리자가 볼 수 있도록 보고서를 제공한다. AutoGluon은 구조적으로 GPU 가속기가 필요하며, CPU는 한 번에 몇 개의 소프트웨어 스레드를 처리할 수 있는 많은 캐시 메모리가 있는 몇 개의 코어로 구성된다. 대조적으로 GPU는 동시에 수천 개의 스레드를 처리할 수 있는 수백 개의 코어로 구성되어 있다. GPU는 CPU보다 머신러닝 작업



(그림 1) AutoGluon 시스템의 구현 로직



(그림 2) AutoGluon 시스템의 자원관리자 화면

처리 과정에서 20배 빠른 처리 속도를 보였고, 딥러닝 분야에서 혁신을 일으켰다.

3.2 AutoGluon 모델 디자인

AutoGluon은 딥러닝 모델 디자인의 기술적인 부분들 즉, 앙상블 학습 협력, 다층 스택킹 (Multi-layer Stacking), K-폴드 앙상블 배경에서 다른 AutoML 패키지들보다 뛰어나다.

3.2.1 앙상블 학습

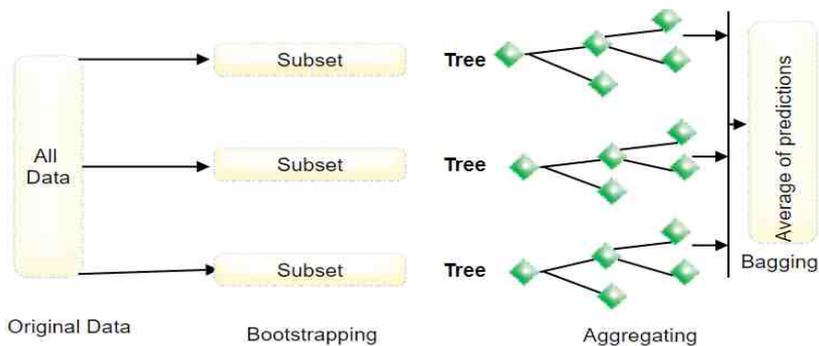
앙상블 학습법은 여러 개의 머신러닝 알고리즘을 결합해 더 나은 결과를 얻는 방법이다. 앙상블링은 모델들의 예측값들을 결합하고 일반화를 개

선함으로써 모델들의 정확도를 개선하는 증명된 접근 방식이며 예시로는 결정트리의 앙상블인 랜덤 포레스트(Random Forest; (그림 3))가 있다.

3.2.2 다층 스택킹

숙련된 머신러닝 실무자들은 랜덤 포레스트, 캣부스트(CatBoost), K-최근접 이웃과 같은 여러 가지 방법들의 결과물을 결합하여 모델의 정확도를 높인다. 최근의 머신러닝 경진대회 커뮤니티에서는 모든 성공적인 방법들은 모델에 앙상블 기법을 사용했으며, 한 가지 모델로 1등을 한 사례를 찾아 보기 힘들다.

스태킹은 (그림 4)와 같이 기본(base) 회귀 및



(그림 3) 랜덤 포레스트: 배깅 기술을 사용하여, 데이터 셋과 특징으로부터 랜덤 부트스트랩 샘플을 생성하여 결정트리를 만든

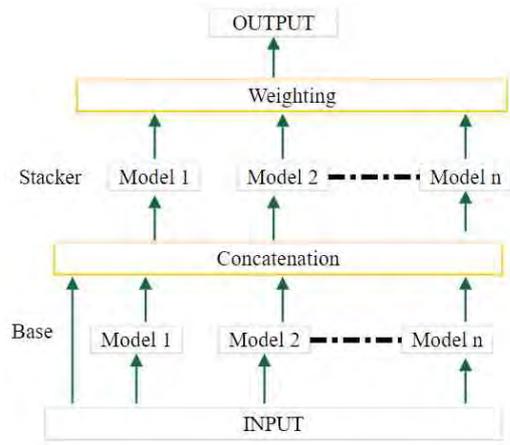
분류 모델에서 집계된 예측 값들을 토대로 스택커 (stacker) 모델의 메타-분류기 혹은 stacker 회귀 모델의 학습에 특징으로써 사용하는 기법이다.

다중스태킹은 스택커 모델에서 출력된 예측이 추가적인 상위 계층의 스택커 모델의 입력으로 제공되는 것이다. 다중스태킹 앙상블은 사용하기 어렵지만 강력하고 견고하게(robust) 구현되며 현재 AutoGluon을 제외한 다른 AutoML 프레임워크에서는 사용되지 않고 있다.

AutoGluon은 어떤 전문 지식 없이 K-폴드 배깅을 포함한 다중 스택 앙상블링의 기본적인 형태를 자동으로 앙상블하고 훈련한다.

(그림 5)에서 보여주고 있는 AutoGluon의 다중 스택 앙상블링은 다음의 작업들을 수행한다.

- 베이스: 첫 번째 층은 k-폴드 앙상블을 사용하여 각자가 훈련하고 배깅되는 여러 개의 베이스 모델들을 가진다.
- 연결: 다음 층의 훈련 입력 값으로 사용되기 위해 베이스층 모델 예측과 입력 특징들이 연결된다.
- 스택킹: 다중 스택커 모델들은 연결층 출력에 대해 학습한다. 기존의 스택킹 전략과는 다르게, AutoGluon은 베이스층 모델과 같은 유형을 스택커로써 다시 사용한다. (하이퍼파라미터값도 재사용함)

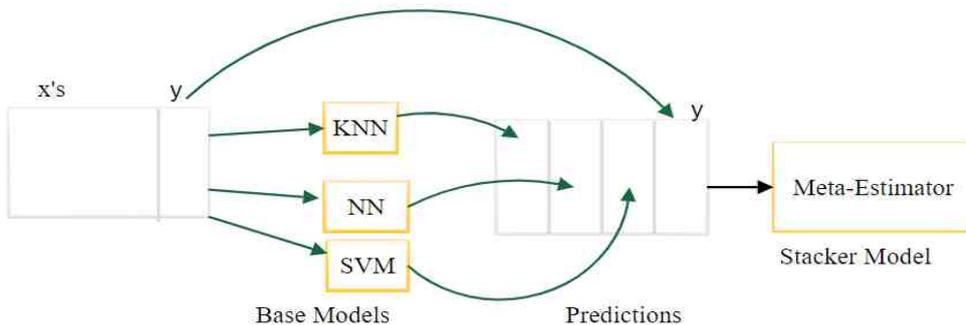


(그림 5) AutoGluon의 다중 스택 앙상블링

- 가중치 적용: 최종 스택킹층은 앙상블 선택을 통해 스택커 모델들의 예측들을 가중된 방식으로 집계한다. 대용량 모델 스택에서 예측을 집계하면 오버피팅(overfitting)에 대한 회복력이 향상된다.

3.2.3 K-폴드 앙상블 배깅

AutoGluon은 학습에 필요한 모든 활용 가능한 데이터들을 통해 스택 성능을 향상시키고, 모든 스택의 모든 모델의 모든 층에 대해 K-폴드 앙상블 배깅을 하여 검증한다. K-폴드 앙상블 배깅은



(그림 4) 스택킹 기법

K-폴드 교차검증과 유사하게, 학습 데이터 셋을 최대한 사용하면서 일반적으로 최적의 모델 파라미터를 결정하기 위한 하이퍼 파라미터 튜닝을 하기 위해 사용된다. 배깅(Bagging)은 부트스트랩 집계(Bootstrap Aggregation)는 같은 알고리즘을 사용하여 모델을 구축하면서도 각각의 학습자가 서로 다른 데이터 셋을 학습하도록 한다.

4. 결 론

본고에서는 이 중 주된 기술들인 HPO와 NAS에 대해 알아보고, 아마존에서 제안한 AutoGluon의 사례를 보였다. AutoGluon 아키텍처는 검색 전략 기법들, 스케줄 알고리즘, 모듈화 컴포넌트들로 구성되어 있고, 그것들이 앙상블 학습 다층 스택킹과 k-폴드 배깅과 같이 차별화된 모델 디자인을 통해 향상된다는 것을 소개하였다. AutoML은 머신러닝 연구자들과 관리자들을 시간이 오래 걸리고 반복적인 작업들로부터 해방시켜주며, 향후 GPU 및 CPU의 연산속도 향상과, 메타러닝과 같은 메타모델 연구의 발전 방향을 견주어보면 장래성과 파급효과가 높은 분야일 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] Xin He, Kaiyong Zhao, and Xiaowen Chu. AutoML: A survey of the state-of-the-art. Knowledge-Based Systems, Volume 212, 2021.
- [2] Chris Thornton, Frank Hutter, Holger H. Hoos, and Kevin Leyton-Brown. Auto-weka: Automated selection and hyper-parameter optimization of classification algorithms. CoRR, abs/1208.3719, 2012. URL <http://arxiv.org/abs/1208.3719>.
- [3] Mark Hall, Eibe Frank, Geoffrey Holmes, Bernhard Pfahringer, Peter Reutemann, and Ian Witten. The weka data mining software: An update. SIGKDD Explor. Newsl., 11:10-18, 11 2008.
- [4] Matthias Feurer, Aaron Klein, Katharina Eggensperger, Jost Springenberg, Manuel Blum, and Frank Hutter. Efficient and robust automated machine learning. In C. Cortes, N. Lawrence, D. Lee, M. Sugiyama, and R. Garnett, editors, Advances in Neural Information Processing Systems, volume 28. Curran Associates, Inc., 2015. URL <https://proceedings.neurips.cc/paper/2015/file/11d0e6287202fced83f79975ec59a3a6-Paper.pdf>.
- [5] Randal S. Olson, Nathan Bartley, Ryan J. Urbanowicz, and Jason H. Moore. Evaluation of a tree-based pipeline optimization tool for automating data science. CoRR, abs/1603.06212, 2016. URL <http://arxiv.org/abs/1603.06212>.
- [6] Jonathan Krauß, Bruno Machado Pacheco, Hanno Maximilian Zang, and Robert Heinrich Schmitt. Automated machine learning for predictive quality in production. Procedia CIRP, 93:443-448, 2020. ISSN 2212-8271. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.039>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827120306016>. 53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems 2020.
- [7] Haifeng Jin, Qingquan Song, and Xia Hu. Efficient neural architecture search with network morphism. CoRR, abs/1806.10282, 2018. URL <http://arxiv.org/abs/1806.10282>.
- [8] Erin LeDell and Sebastien Poirier. H2O

AutoML: Scalable automatic machine learning. 7th ICML Workshop on Automated Machine Learning (AutoML), July 2020. URL https://www.automl.org/wp-content/uploads/2020/07/AutoML_2020_paper_61.pdf.

- [9] H2O.ai. H2O AutoML, 2021. URL <http://docs.h2o.ai/h2o/latest-stable/h2o-docs/automl.html>. H2O version 3.32.1.2.
- [10] Nick Erickson, Jonas Mueller, Alexander Shirkov, Hang Zhang, Pedro Larroy, Mu Li, and Alexander Smola. Autogluon-tabular: Robust and accurate automl for structured data, 2020.
- [11] Chaoyu Guan, Ziwei Zhang, Haoyang Li, Heng Chang, Zeyang Zhang, Yijian Qin, Jiyan Jiang, Xin Wang, and Wenwu Zhu. Autogl: A library for automated graph learning. CoRR, abs/2104.04987, 2021. URL <https://arxiv.org/abs/2104.04987>.

저 자 약 력



니콜라우스 이삭 토마스

이메일 : d0195032@kowon.dongseo.ac.kr

- 2018년 United African University of Tanzania(UAUT) 컴퓨터공학 및 정보기술학과 (학사)
- 2021년 동서대학교 컴퓨터공학과 (석사)
- 2021년~현재 동서대학교 컴퓨터공학과 (박사 과정)
- 관심분야: Hyperparameter Optimization and Network Architecture Search, Multi-Agent Reinforcement Learning



마타요, 피터 베아투스

이메일 : bc120.pt@gmail.com

- 2019년 United African University of Tanzania(UaUT) 컴퓨터공학 및 정보기술학과
- 2021년~현재 동서대학교 컴퓨터공학과(석사 과정)
- 관심분야: Auto Reinforcement Learning(AutoRL), Neural Network Search.



신 지 용

이메일 : tkwjsup@kowon.dongseo.ac.kr

- 2018년 김천대학교 방사선학과 (학사)
- 2021년~현재 동서대학교 컴퓨터공학과 (석사 과정)
- 관심분야: Hyperparameter Optimization and Network Architecture Search



강 대 기

이메일 : dlkkang@dongseo.ac.kr

- 1992년 한양대학교 컴퓨터공학과 (학사)
- 1994년 서강대학교 컴퓨터공학과 (석사)
- 2006년 아이오와주립대학교 컴퓨터공학과(박사)
- 1994년~1999년 전자통신연구원 연구원
- 2006년~2006년 전자통신연구원 부설연구소 선임연구원
- 2006년~현재 동서대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야: Hyperparameter Optimization and Network Architecture Search, Adversarial Machine Learning, Multi-Agent Reinforcement Learning

Adversarial Machine Learning

박진수 (순천향대학교), 전유부 (동국대학교)

목 차

1. 서 론
2. Adversarial Attack 기술
3. Adversarial Attack 사례
4. Adversarial Attack 방어 기술 사례
5. 결 론

1. 서 론

2000년대 후반 IT 산업계에서 가장 많은 관심을 끌고 있는 기술을 들자면 인공지능, 머신러닝 기술을 들 수 있다. 과거 신경망의 한계를 극복하는 기술들의 등장으로 인공지능, 머신러닝 기술은 과거의 한계를 벗어나 새로운 가능성을 보여줌으로써, 산업계 전반을 뒤흔드는 파괴력을 가지는 기술로 등장하였다. 그러나, 이들 기술의 등장과 동시에 이를 악용하는 시도도 동시에 등장함으로써, 자칫 방심하면 오히려 큰 화를 불러일으킬 수 있는 기술이 될 수도 있다는 사실도 최근 보도되고 있다. 예를 들면, 인공지능 동작 메커니즘 중 훈련 과정 혹은 테스트과정의 약점을 파악하여 이를 오동작 하도록 하는 기술들의 등장이다. 훈련과정을 악의적으로 조작하여 오작동하도록 하는 기술로 **BadNet**을 들어보자. **BadNet**은 **Backdoored Neural Network**으로서 누군가 악의적으로 알고

리들이 오동작 하도록 훈련과정을 조작하여 공격자가 선택한 대상에 대해 오동작 하도록 유도한다 [1]. 테스트단계의 공격은, 훈련단계에서 학습된 모델을 사용하여 테스트에 적용할 때 테스트데이터의 일부를 조작하거나 노이즈를 첨가하여 테스트데이터를 실제 데이터의 분포와 상당한 차이를 두게 함으로서 오동작하도록하는 공격이다.

이와 같이 현재 다양한 분야에서 사용을 넓히고 있는 머신러닝 기술은 악의적 의도를 통하여 오작동 될 가능성이 충분하므로, 이를 극복하는 기술에 대한 연구는 대단히 중요하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 악의적 공격 기술과 이들을 이용한 공격사례, 그리고 이들 공격에 대처하는 기술에 대해 간단히 살펴보고자 한다. 단, 본 논문이 사례는 기존의 클래식 한 인공지능 기술들에 대한 공격사례 보다, 현재 많은 관심을 받고 있는 딥러닝 기반의 인공지능 기술에 대한 침해 사례를 위주로 설명하고 또한 응용사례도 이해를 돕기 위

해 영상인식과 관련한 사례를 중심으로 기술하고자 한다.

2. Adversarial Attack 기술

악의적 인공지능 기술들은 크게 인공지능 모델에 대한 내부정보 즉, 아키텍처(architecture), 파라미터(parameter), 훈련절차(training procedure), 훈련데이터(training data) 등에 대한 정보를 가지고 공격을 구상하는 방법과 다른 하나로, 타겟 모델의 아웃풋과 연관된 공격을 하는 타입으로 나눌 수 있다. 전자를 타입1, 후자를 타입2라고 편의상 정의하기로 한다. 두가지 타입에 해당하는 대표적인 공격기술을 요약하면 아래와 같다[2].

Type 1 공격의 특징으로 입력데이터를 변형해 이로 인해 발생할 침해 오분류 확률을 최소화하는 것을 기본 형태로 하고 있다는 것으로 요약할 수

있고, 이를 위해 출력 소프트맥스(softmax) 혹은 로짓(logit) 특성들의 최적화를 목표로 하고 있다. 공격자의 입장에서 자신이 공격하고자 하는 대상을 공격함으로써 발생하는 에러율을 최소화하는 것이 주된 목적이라고 볼 수 있다. Type 1 공격의 대표적인 네가지 형태를 설명하면 아래와 같다.

L-BFGS(Limited Memory Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno)은 영상인식을 위한 DNN(Deep Neural Network)과 같은 모델을 교란하기 위한 초창기 모델로 정상 입력을 인위적으로 변형하여, 이것과 목적 오분류 레이블(target misclassification label)과의 실제 손실함수(loss function)를 최소화하는 인위적 입력을 찾아내는 과정으로 요약된다. 이를 수식으로 표현하면 아래와 같다[3].

$$c||r||_2 + \mathcal{L}(x', t) \text{ such that } x' \in [0, 1]$$

위 수식에서 x' 는 공격자 입력으로 원 데이터 x 를 변형한 데이터를, t 는 목적 오류 레이블을, $r = x' - x$, $\mathcal{L}(x', t)$ 타겟 모델의 실제 손실함수를 나타낸다.

FGSM(Fast Gradient Sign Method)은 주어진 입력의 목적 모델에 대한 손실함수가 증가되도록 경사도(gradient)에 인위적인 교란을 가하는 방법이다[4]. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$x' = x + \epsilon \cdot \text{sign}(\nabla_x \mathcal{L}(x, y))$$

여기서, $\nabla_x \mathcal{L}(x, y)$ 입력 x 에 대한 손실함수의 1차 미분을 나타내고, ϵ 는 교란(perturbation)의 정도를 나타내고, 입력 경사도 계산 후 사인 값에 곱하게 된다.

BIM(Basic Iterative Method)은 FGSM방식의 변형 형태중 하나로 Iterative FGSM이라고도 불

〈표 1〉 Adversarial attacks

Type 1 Attack	
L-BFGS	Constrained Optimization방법을 활용한 초기 신경망 공격방법
FGSM	A fast single-step gradient ascent attack
BIM	Iterative variants of FGSM
ILLCM	Extension of BIM to attack with many output classes
Type 2 Attack	
SBA	Fooling defensive distillation, Gradient masking defenses
UAP	Generate input-agnostic perturbations
DFUAP	Generate input-agnostic perturbations without knowing any inputs
VAE attacks	Fooling VAE and potentially defenses relying on generative models

린다[5]. 핵심은 FGSM방식을 전체 입력 교란 정도의 한도 ϵ 내에서 여러 번 수행한다는 것이다

$$x'_{i+1} = \text{Clip}_x \left\{ x'_i + \alpha \cdot \text{sign}(\nabla_x \mathcal{L}(x'_i, y)) \right\} \text{ for } i = 0 \text{ to } n, \text{ and } x'_0 = x$$

α 는 반복실행의 스텝사이즈(step size)로 $0 < \alpha < \epsilon$ 이고, n 은 반복수행 횟수를 나타낸다. $\text{clip}\{\cdot\}$ 은 영상처리시 입력 피쳐의 구간을 한정지우는 연산자로 자세한 사항은 [5]를 참조하기 바란다.

ILLCM(Iterative Least-Likely Class Method) 위에 언급한 공격의 변형된 형태로 특정 타겟 클래스에 대해 오류를 유발하도록 하는 공격샘플을 생산하는 것이 핵심이다[5][6]. 해당 수식은 아래에서 보는 바와 같이 BIM과 매우 유사한 형태를 가지게 되는 것을 볼 수 있는데 차이점은 $\mathcal{L}(x'_i, y)$ 가 $\mathcal{L}(x'_i, t)$ 바뀐다는 것인데 실제 레이블인 y 가 공격대상인 레이블 t 로 바뀌었다는 점이다.

$$x'_{i+1} = \text{Clip}_x \left\{ x'_i - \alpha \cdot \text{sign}(\nabla_x \mathcal{L}(x'_i, t)) \right\} \text{ for } i = 0 \text{ to } n, \text{ and } x'_0 = x$$

Type 2모델의 초창기 형태로 SBA(Substitute Blackbox Attack)가 있다. SBA는 Type 1 모델을 활용하는 모델로 공격자는 인위적 데이터셋(synthetic dataset)에 대해 타겟 네트워크(target network)을 학습한 다음 대응모델(substitute model)이 타겟의 예측을 모방하도록 대응모델을 학습하는 것으로 요약된다[7]. 대응모델이 학습된 후 대응모델의 세부사항이 알려져 있다는 점을 이용하여 Type 1 모델을 이용하여 공격이 이루어질 수 있다. 이때, Type 1 모델은 어느 모델이나 선택될 수 있다.

UAP(Universal Adversarial Perturbation)는 앞서 언급한 방식들이 특정 입력사항에 대한 공격적

교란이 중심임 것에 반해 입력에 대한 정보가 없어도 공격을 위한 교란이 가능한 방식이다[8].

즉, 이미지 특정 영역에 일부 이미지를 더해줌으로써 인식 오류를 유발할 수 있는 방식이다.

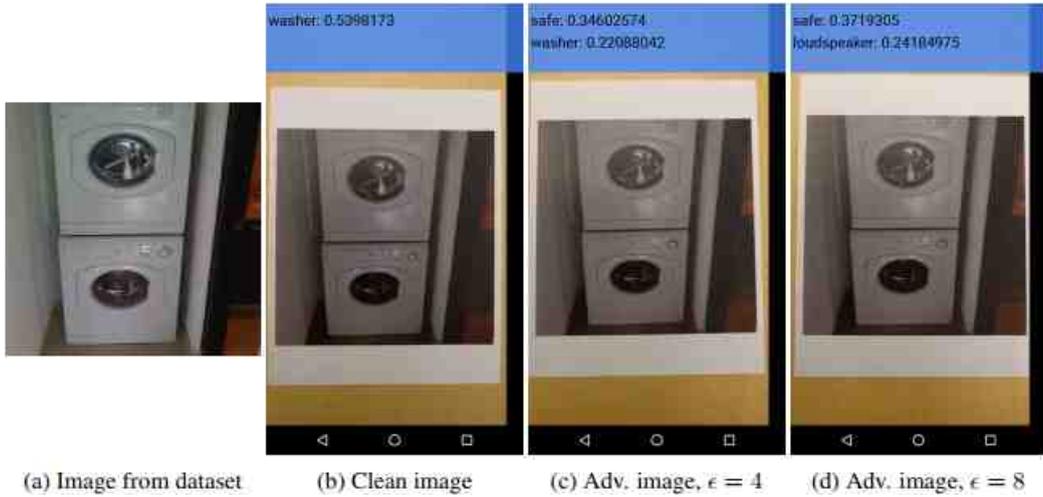
DFUAP (Data-free UAP) 는 UAP의 확장형 알고리즘으로 UAP가 훈련데이터를 이용하는 것에 반해 이를 이용하지 않는 방식이다[8]. 즉, 신경망의 전체 활성상태를 포화시킬 수 있는 보편적인 교란 값을 찾아내는 방식이다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\mathcal{L}_{DF} = -\log \left(\prod_{i=1}^L \|f_{i_i}(v)\|_2 \right)$$

여기서 $f_{i_i}(v)$ 는 i 레이어에서의 모델 f 의 활성을, L 과 v 는 전체 레이어와 전체 입력을 나타낸다. 지금까지의 공격이 대부분 분류기를 혼란시켜 오동작 하게하는 방식이었다면 새로운 공격방식으로 생성자 모델에 기반한 방식이 있다. VAE공격이 대표적인 생성자 기반의 방식으로 데이터의 인코딩과 디코딩 시 오류를 생성하도록 유도하는 방식으로, Variational Autoencoder를 기반으로 하는 방식이다[9]. 본 방식은 세가지 형태의 공격 방법으로 이루어져 있는데, 분류기 공격, 레이턴트 공격, \mathcal{L}_{vae} 공격의 세가지 형태가 그것이다.

3. Adversarial Attack 사례

본절에서는 2절에서 언급한 공격 방법을 실제에 적용해서 인식결과에 어떠한 변화가 있는지를 설명하고자 한다. 첫번째 사례로, 2 절에서 설명한 FGSM, BIM, ILLCM 방법을 이용하여 스마트폰 카메라를 이용하여 촬영한 세탁기 이미지를 훼손한 다음, 이를 인식하고자 Inception 모델을 이



(그림 1) 세탁기 영상 인식 오류 사례

용하여 인식결과의 사례를 설명한다. 그림1에서 보는 바와 같이 세탁기 이미지에 교란정도를 달리 하며 인식기의 성능을 평가해본 결과, 교란정도가 증가함에 따라 세탁기를 확성기로 인식하는 것을 확인 할 수 있다[10].

두번째 사례로, 기존의 영상에 특정영역을 다른 영상으로 매스킹함으로써 인식율에 어떠한 변화가 있는지를 알아보는 사례를 소개한다. 그림2에서 보는 바와 같이, 기존의 영상에 안경을 덧붙이

면서 인식률의 변화를 관찰하였다. 이를 위해 L-BGFS 공격방법을 사용하였다.

그림에서 위쪽 그림들에 안경을 씌우고 이를 인식한 결과 아래쪽 인물들로 인식된 결과를 보여주고 있다. 특별히 두번째 열의 경우 왼쪽 사람이 여배우인 Milla Jovovich로 인식된 결과를 보여주고 있다[11].

다음의 사례는 STOP사인에 포스터 혹은 스티커를 붙였을 경우 인식결과에 해당하는 사례로



(그림 2) 안경을 활용한 영상 인식 오류 사례



(그림 3) STOP 영상 인식 오류 사례

STOP이 “speed limit 45”으로 인식되는 예를 보여준다. 무인 자동차가 많은 관심을 받고 있는 요즘 실제 누군가가 도로 표지판에 이러한 포스터를 입히거나, 스티커를 붙일 경우 인식기가 크게 오

동작할 충분한 가능성이 있음을 볼 수 있다.

아래 사례는 3-D프린트된 거북이들이 실제 권총이나 다른 물체로 인식되는 사례를 보여주고 있다[13].

3. Adversarial Attack 방어 기술 사례

본절에서는 앞서 언급한 공격사례에 대처하는 대표적 방어기술에 대해 언급하고, 이중 특히 **robust estimation**기반의 방법에 대해 좀더 자세히 소개하고자 한다. 앞서 언급한 대표적 공격기술에 대비하기 위해 다양한 기술개발이 진행중이며, 앞으로 이 분야는 많은 연구가 추가적으로 진행될 수 있는 연구분야라고 볼 수 있다.



(그림 4) 3-D프린터를 활용한 오류 사례 실험

3.1 주요방어기술 사례

대부분의 주요 방어기술은 **gradient masking** 방법에 기반하여 동작하고 있다.

Adversarial training은 매 훈련이 반복될 때마다 공격 샘플을 삽입하여 학습 모델을 훈련하는 방법이다[4]. 예를 들어 FGSM 과 같은 방법에 의해 생성된 공격 샘플들을 훈련데이터에 포함하여 모델을 학습 시키는 것이다. **Deep Contractive network**은 모델에 **regularization** 항목을 변형하여 학습 모델이 입력의 조그마한 변동에도 안정되게 동작하도록 하는 방법을 사용하고 있다[14]. **Ensemble adversarial training**은 앞서 언급한 adversarial training의 변형된 형태로 pre-trained 된 모델을 공격하기 위해 생성된 adversarial example들에 대해 학습 모델을 훈련시키는 방법이다[15]. **RRP(Random Resizing and Padding as a Defense)**는 입력 변형(input transformation)을 통해 교란을 제거하고 추론 과정에서 randomness를 도입하여 입력에 대한 경사 손실의 계산을 어렵게 만드는 방법이다[16].

Defense against attack	
Adversarial Training	Training on adversarial examples
Deep Contractive network	Early defense against adversarial attack with gradient regularization
Ensemble adversarial training	Variants of adversarial training
RRP	Expectation over randomness

3.2 Robust estimation기반의 방어기술 사례

Robust estimation은 특히, 노이즈가 많은 고차원 데이터에서 발생하는 악용사례에 대처하는 방법으로 주목을 받고 있다. **Robust estimation**이론

은 ϵ -fraction 데이터가 손상되었을 경우 (ϵ -corrupted) 오리지널 데이터를 복원하는 방법론을 고민한 Huber¹⁾ 및 Tucky²⁾의 **robust statistics** 이론에서 기원한다고 보면 된다. 현재 진행되고 있는 대부분의 현대 **robust estimation**이론은 이들 이론에서 태동되었다고 볼 수 있다. 이중 하나의 기술을 소개하면, 다차원의 데이터에서 악의적으로 데이터를 조작하는 공격을 공분산의 변화를 탐지하여 찾아내는 기술을 들 수 있다. 본 방법은 고차원 공간의 데이터를 조작하면 이는 바로 데이터의 전체 평균을 이동하게 되고, 이는 또 바로 공분산의 변이를 유도한다는 가정하에 공격 징후를 알아내는 방법이다. 즉, 공분산의 톱 고유값(top eigen values)의 크기의 변동을 보고 만약 고유값이 크면 그 방향으로 노이즈값들이 분포된다고 볼 수 있기 때문이다. 이를 요약하면, 다음과 같다[17].

Spectral Norm 기반의 outlier detection & rejection of outliers

Given corrupted dataset S
 Let $\hat{\mu}$ be the empirical mean of S
 Let $\hat{\Sigma}$ be the empirical covariance of S
 $(\lambda, v) \leftarrow$ top eigenvalue/vector of $\hat{\Sigma}$
 If λ is not too large,
 Output $\hat{\mu}$
 Otherwise,
 Project the data points in the direction of v
 Remove(or downweight) the largest data points in this direction

- Peter J. Huber** (born 25 March 1934) is a Swiss statistician. He is known for his contributions to the development of heteroscedasticity-consistent standard errors.
- John Wilder Tukey** (/ˈtu : ki/; June 16, 1915 - July 26, 2000) was an American mathematician and statistician, best known for the development of the Fast Fourier Transform (FFT) algorithm and box plot.

5. 결 론

본 논문은 현재 많은 관심을 받고 있는 인공지능 기술과 관련한 **adversarial attack**의 종류, 침해 사례, 주요 방어기술의 사례를 소개하였다. 본 논문에서 열거한 공격 기술이외에도 언제든 새로운 공격이 대두될 수 있으며, 이와 관련한 많은 침해 사례가 발생될 수 있다. 앞으로 보편화될 무인자동차, 로봇, 드론등에 많은 인공지능 기술이 접목될 가능성이 매우 높으므로, 이에 대비할 수 있는 방어 기술의 개발에도 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] T. Gu, B. D-G, and S. Garg, "BadNets: Identifying Vulnerabilities in the Machine Learning Model Supply Chain", [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1708.06733>
- [2] R. R. W, A. Xu, O. Dia, A. Berker, "Adversarial Examples in Modern Machine Learning: A Review", [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1911.05268>
- [3] C. Szegedy, W. Zaremba, I. Sutskever, J. Bruna, D. Erhan, I. Goodfellow, and R. Fergus, "Intriguing properties of neural networks," in International Conference on Learning Representations, 2014. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1312.6199>
- [4] I. Goodfellow, J. Shlens, and C. Szegedy, "Explaining and harnessing adversarial examples," in International Conference on Learning Representations, 2015. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1412.6572>
- [5] A. Kurakin, I. J. Goodfellow, and S. Bengio, "Adversarial machine learning at scale," 2017. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1611.01236>
- [6] A. Kurakin, I. J. Goodfellow, and S. Bengio, "Adversarial examples in the physical world," CoRR, vol. abs/1607.02533, 2016. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1607.02533>
- [7] N. Papernot, P. D. McDaniel, I. J. Goodfellow, S. Jha, Z. B. Celik, and A. Swami, "Practical black-box attacks against deep learning systems using adversarial examples," CoRR, vol. abs/1602.02697, 2016. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1602.02697>
- [8] S. Moosavi-Dezfooli, A. Fawzi, O. Fawzi, and P. Frossard, "Universal adversarial perturbations," CoRR, vol. abs/1610.08401, 2016. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1610.08401>
- [9] J. Kos, I. Fischer, and D. Song, "Adversarial examples for generative models," CoRR, vol. abs/1702.06832, 2017. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1702.06832>
- [10] A. Kurakin, I. J. Goodfellow, and S. Bengio, "Adversarial examples in the physical world," CoRR, vol. abs/1607.02533, 2016. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1607.02533>
- [11] M. Sharif, S. Bhagavatula, L. Bauer, and M. K. Reiter, "Accessorize to a crime: Real and stealthy attacks on state-of-the-art face recognition," in Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security, ser. CCS '16. New York, NY, USA: ACM, 2016, pp. 1528-1540. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/2976749.2978392>
- [12] I. Evtimov, K. Eykholt, E. Fernandes, T. Kohno, B. Li, A. Prakash, A. Rahmati, and

- D. Song, "Robust physical-world attacks on machine learning models," CoRR, vol. abs/1707.08945, 2017. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1707.08945>
- [13] A. Athalye, L. Engstrom, A. Ilyas, and K. Kwok, "Synthesizing robust adversarial examples," in Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learning, ser. Proceedings of Machine Learning Research, J. Dy and A. Krause, Eds., vol. 80. Stockholm, Sweden: PMLR, 10–15 Jul 2018, pp. 284–293. [Online]. Available: <http://proceedings.mlr.press/v80/athalye18b.html>
- [14] S. Gu and L. Rigazio, "Towards deep neural network architectures robust to adversarial examples," CoRR, vol. abs/1412.5068, 2014. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1412.5068>
- [15] F. Tramèr, A. Kurakin, N. Papernot, I. Goodfellow, D. Boneh, and P. McDaniel, "Ensemble adversarial training: Attacks and defenses," in International Conference on Learning Representations, 2018. [Online]. Available: <https://openreview.net/forum?id=rkZvSe-RZ>
- [16] C. Xie, J. Wang, Z. Zhang, Z. Ren, and A. Yuille, "Mitigating adversarial effects through randomization," in International Conference on Learning Representations, 2018. [Online]. Available: <https://openreview.net/forum?id=Sk9yuql0Z>
- [17] Ilias Diakonikolas, Gautam Kamath, Daniel Kane, Jerry Li, Ankur Moitra, Alistair Stewart, "Robust Estimators in High Dimensions without the Computational Intractability", Available: <https://arxiv.org/abs/1604.06443>

저 자 약 력



박진수

이메일 : vtjinsoo@gmail.com

- 2004년 Virginia Tech. (공학박사)
- 1992년~2014년 (주)KT 종합기술원 연구원
- 2014년~현재 순천향대학교 교수
- 관심분야: 인공지능, 머신러닝, 데이터마이닝



전유부

이메일 : jeonyb@dgu.edu

- 2013년 고려대학교 영상정보처리 (공학박사)
- 2013년~2014년 (주)파워그리드 CTO
- 2014년~2019년 순천향대학교 교수
- 2021년~현재 동국대학교 인공지능학과 교수
- 2021년~현재 한국정보처리학회 학회지 편집위원장
- 관심분야: 유비쿼터스 컴퓨팅, 사물인터넷, 인공지능

인공지능 시스템의 신뢰성 확보를 위한 설명가능 인공지능 기술 동향

김근형 (동의대학교)

목 차

1. 서 론
2. 설명가능 인공지능 개요
3. 설명가능 인공지능 기술 동향
4. 결 론

1. 서 론

최근 인공지능(AI: Artificial Intelligence) 기술은 많은 애플리케이션의 필수적인 부분이 되었다. 많은 분야에서 인공지능 기반 의사결정 알고리즘의 확산이 급속히 이루어진 이유는 GPU 컴퓨팅 및 클라우드 컴퓨팅과 같은 강력한 컴퓨팅 자원을 활용하여 다양하고 방대한 데이터 처리가 가능해지면서 새롭고 강력한 알고리즘의 개발이 가능해졌기 때문이다[1]. 그러나 많은 애플리케이션에서 성공적으로 활용되고 있는 인공지능 모델인 심층 신경망(DNN: Deep Neural Network)은 모델이나 알고리즘이 어떻게 작동하고 의사결정을 도출하는지 충분한 단서를 제공하지 않아 블랙박스로 인식되었다. 인공지능 알고리즘의 의사결정은 인간의 이익, 인권, 삶에 영향을 줄 수 있으며, 특히 금융의 신용 승인, 사이버 보안의 침입탐지, 국방의 자동화기 등과 같은 임무 수행에 필수적인 기능을 갖는 애플리케이션의 경우 영향이 매우 크기

때문에 결정의 이유를 설명하는 것은 신뢰성 관점에서 매우 중요하다. 규제기관은 인공지능의 자동화된 의사 결정 시스템의 공정성, 책임성 및 투명성 등을 중점적으로 다루기 위해서 “설명할 권리(right to explanation)”라 불리는 유럽연합의 일반 데이터보호규정[2](GDPR: General Data Protection Regulation)[2], 미국 정부의 “2019년 알고리즘 책임법안[3](Algorithmic Accountability Act of 2019)” 그리고 미국 국방부의 인공지능 윤리원칙[4]과 같은 새로운 법률을 제정하였다.

인공지능의 확산이 활발하게 이루어지면서 부작용으로 다양한 형태의 문제가 발생하고 있다. 부작용의 예로 편견, 편향, 차별, 윤리 문제 등이 있다. 인공지능은 인공지능이 분석하는 사회의 구조와 역학 관계에서 학습이 이루어지기 때문에 현실 데이터를 이용하는 인공지능 알고리즘은 사회의 소외, 편견, 불평등, 차별의 패턴을 확대 증폭시킬 수 있다. 또한 데이터마인딩을 위한 모델의 특징, 측정 기준 및 분석 구조 중 많은 부분에 설계자

가 관여하기 때문에 설계자의 선입견과 편견을 통제할 수도 있다. 언어를 훈련하는 인공지능 모델은 사람의 편견을 함께 배우게 되며, 편향된 학습 데이터를 사용하여 학습한 인공지능 모델은 편향된 결정을 할 위험이 크다. 아마존에서 만든 인공지능 채용 시스템은 대부분 10년 이상 경력의 남성 지원자를 추천하였으며 구글의 음성인식 시스템은 특정 지역의 음성 및 남성 음성을 정확하게 인식하는 차별을 보였다[5].

인공지능 기술 활용 이전에는 인지 기능이 책임 있는 인적 대리인에게만 국한되었는데 사람이 인공지능 시스템의 결정, 예측 또는 분류에 영향을 받는 경우 결과에 대한 책임을 물을 수 있는 당사자를 특정하지 못하는 문제가 있다. 특히 부정적인 결과가 발생하는 경우 영향을 받는 개인은 자신의 자율성과 권리를 침해받을 수 있다. 무책임한 데이터 관리, 부주의한 인공지능 시스템 설계 및 추론 프로세스, 의심스러운 네트워크 구성 각각은 신뢰할 수 없는 결과를 추론하는 인공지능 시스템의 구현과 배포로 이어질 수 있으며 결국 정확성이 낮은 결정은 유익한 인공지능 기술의 책임 있는 사용에 대한 신뢰를 해칠 수 있다.

앞서 언급한 부작용 때문에 2017년에 DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)는 설명가능 인공지능 프로그램을 시작하였다. 이 프로그램은 머신러닝 기술에 효과적인 설명 기법을 결합하여 해당 모델의 관련자가 인공지능 시스템을 이해하고 적절하게 신뢰하며 효과적으로 관리할 수 있는 설명가능 인공지능 모델을 생성하는 새로운 또는 수정된 머신러닝 기술 개발을 목표로 한다. 인공지능 모델이 어떤 근거로 의사결정을 내렸는지 알 수 있도록 설명 가능성을 추가하는 것은 사용자 또는 머신러닝과 연관된 사람이 인공지능 모델을 신뢰할 수 있도록 한다. 또한 인공지능 알고리즘 설계자와 의사 결정자를 합리적으로

설득할 수 있으며 인공지능 모델이 어떠한 상황에서 동작하는지 또는 동작하지 않는지, 인공지능 시스템이 왜 실패하고 성공하는지를 파악할 수 있어 설명 가능성은 인공지능 개발자 입장에는 인공지능 알고리즘을 개선하기 위해 사용할 수 있고 비전문가 입장에는 인공지능 알고리즘을 신뢰할 수 있는 근거가 될 수 있다.

구체적으로 합성곱신경망(CNN: Convolution Neural Network)과 순환신경망(RNN: Recurrent Neural Network)과 같은 심층 신경망은 이미지/비디오 처리 및 컴퓨터 비전 작업에서 높은 성능을 보여 최근 많은 영역에서 활용되고 있다. 그러나 이러한 심층 구조는 비선형적인 요소가 많아 완전히 투명하지 않고 매우 복잡하여 임무 수행에 필수적인 애플리케이션에 이러한 복잡한 모델을 적용하기 전에 입력 데이터 또는 신경망 내의 기능이 어떠한 의사결정에 영향을 주는지 이해하는 것이 중요하다. 따라서 예측한 결정을 검증하여 심층 모델에 대한 신뢰 관계를 구축하고, 보이지 않거나 익숙하지 않은 실제 데이터에 대해서 기대한 것처럼 안정적으로 작동하는지 확인해야 한다. 특히 생/의학 애플리케이션, 자율 주행과 같은 핵심 분야에서는 한 번의 잘못된 결정이 치명적인 결과를 초래하고 인명까지 위협할 수 있어 한 번의 잘못된 결정도 용납할 수 없다. 인공지능 모델 내 알고리즘의 모델 정확성에 상관없이 결정에 대한 신뢰성을 보장하기 위해서는 결정에 대한 합리적인 이유를 이해하고, 분석하고, 시각화하고, 한마디로 설명하는 것이 필수적이다.

본 고에서는 인공지능 시스템의 신뢰성 제고를 위해 논의되고 있는 설명가능 인공지능 개념, 원칙, 설명의 범주 및 설명기술 분류를 살펴보고 DARPA의 설명가능 인공지능 프로그램의 주된 연구 분야와 최근 영상 분석과 자연어 처리에 널리 활용되는 심층 신경망에 설명 가능성 지원 기

술 분류를 살펴본다.

2. 설명가능 인공지능 개요

2.1 설명가능 인공지능 개념 및 연구 추세

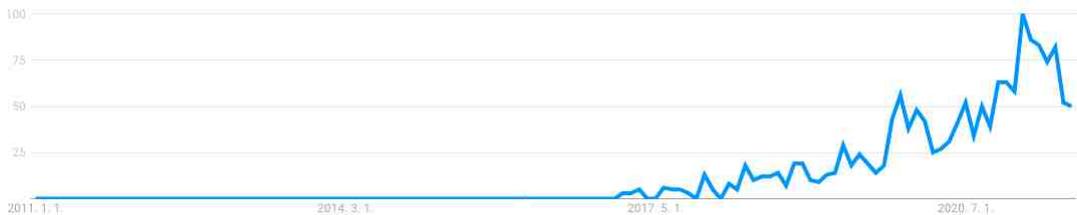
설명가능 인공지능의 개념은 1975년 부정확한 의사결정 과정을 조건부 확률 근사 값 방식으로 모델링하는 “설명 가능한 의사결정 체계”에서 처음 등장하였고 1970년대 등장한 의료 진단 전문가 시스템이 도출 결과를 전문가에게 이해시키지 못하면서 설명가능 인공지능의 중요성이 대두되었으며 소수 연구자에 의해서만 연구가 진행되었다. 2004년 반 렌트, 피셔, 만쿠스는 군대의 모의 전투 프로그램 속 NPC (Non-Player Character) 인공지능을 개조하여 행동의 이유를 설명하는 아키텍처를 제안하였고 설명가능 인공지능(XAI: explainable AI) 용어를 처음 사용하였다[6]. 이들은 게임 속 상황을 벡터 형태로 정리하는 제어 인공지능과 NPC 객체 행동의 결과를 분석해서 명령을 내리는 역할을 하는 명령 인공지능으로 구성하여 명령 인공지능의 상태 인지 결과와 제어 인공지능의 지시를 분석하여 행동의 이유를 이해하였다. 2016년 심층 신경망 기술을 활용한 알파고가 이세돌과의 대국에서 프로기사들이 이해하지 못하는 위치에 바둑돌을 두었는데, 이는 알파고의 승리를 결정짓는 결정적인 한 수가 되었다. 이 경우 알파

고의 블랙박스 특성은 문제가 되지 않았으나 많은 애플리케이션에서 인공지능 모델의 의사결정 과정을 이해하고 검증하는 것이 불가능하다는 것은 분명 인공지능의 단점이고 인공지능 활용의 장애가 된다. 그러므로 설명가능 인공지능에 관한 관심이 (그림 1)에 보인 것처럼 2017년 이후 급격하게 증가하고 있다. 또한, ArXiv에 공개된 컴퓨터 공학 분야 논문 중 제목에 “Explainable AI” 키워드를 포함한 논문이 2015년 9건에서 2019년 236건으로 증가하였고 매년 전년 대비 2배 이상의 급격한 증가를 하였다[7].

많은 연구가 해석 가능성과 설명 가능성을 위해 다양한 방안과 프레임워크를 제시하고 있으며 설명 가능한 인공지능은 머신러닝 연구 커뮤니티로부터 많은 관심을 받고 있다. 설명가능 인공지능은 원칙/법을 옹호하고 설명가능 의사결정 시스템 및 연구를 촉진할 필요성이 계속 증가함에 따라 다시 떠오르는 연구 주제가 되었다. 최근 인공지능과 머신러닝의 발전과 광범위한 영역으로 적용 확대, 비윤리적인 사용, 투명성 부족, 모델의 바람직하지 못한 편향에 대한 높은 우려 때문에 인공지능 시스템의 신뢰성 제고를 위한 설명가능 인공지능 연구에 관한 관심이 높아졌다.

2.2 인공지능 알고리즘 정확성과 설명 가능성

산업계에서는 규칙 기반 학습, 선형 모델(선형/



(그림 1) “Explainable AI”로 검색한 Google Trends Popularity Index (최대값: 100).

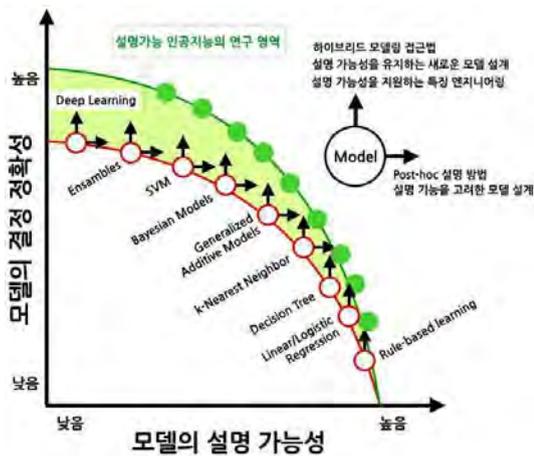
로지스틱 회귀분석), 결정트리 모델과 같이 직관적이며 검증이 쉽고 좀 더 해석이 가능한 모델을 선호하는 경향이 있다. 이와 대조적으로 실제 데이터의 복잡한 구조를 고려하면 모델 선택 및 구축 단계에서 대부분 관심이 심층 신경망과 같은 보다 복잡한 모델로 집중된다. 복잡한 모델을 사용하면 개선된 결과를 얻을 수 있다. 그러나 이와 같은 모델(양상블 모델, 딥 러닝 등)은 블랙박스 모델이라 여겨지고 있다. 모델이 발전하여 결과의 정확성이 높아질수록 작동 방식을 설명하기가 더 어려워진다. (그림 2)는 DARPA에서 분석한 다양한 머신러닝 모델 결과의 정확성과 설명 가능성 간의 균형 관계를 보인다. 머신러닝 모델의 알고리즘이 복잡할수록 설명 가능성이 작고 머신러닝 모델의 알고리즘이 단순할수록 설명 가능성이 크다. 최근 많은 영역에서 사용되는 심층 신경망은 모델이 복잡하여 설명 가능성이 작으나 정확성은 높아 많이 사용되고 있다. (그림 2)의 설명가능 인공지능의 연구 영역으로 표시된 영역은 앞으로 각 인공지능 모델의 정확성과 설명 가능성 관점에서 개선할 수 있는 정도를 보인다. 각 모델에서 설명

가능성을 높이기 위해 모델의 결과를 바탕으로 결과의 근거를 찾는 방법(post-hoc 방법) 또는 모델을 설계할 때부터 해석 기능을 고려하는 방법이 고려되고 있다. 모델 결과의 정확성을 높이기 위해서 하이브리드 모델링, 설명 가능성을 유지하는 새로운 모델 설계 또는 설명 가능성을 지원할 수 있도록 특징을 엔지니어링 하는 방법이 고려된다.

2.3 설명가능 인공지능 시스템 원칙

설명가능 인공지능 시스템은 먼저 설명을 제공하여야 하며, 설명을 사용하려는 대상에게 의미가 있어야 한다. 그리고 설명의 정확성이 높아야 하며 시스템이 처리할 수 있는 지식의 한계를 제시하여야 한다는 원칙을 만족하여야 한다[8]. 각 원칙에 대한 정의 및 상세 설명은 다음과 같다.

- **설명(Explanation) 제공:** 설명가능 인공지능 시스템은 특정 결과에 대해 수반되는 증거 또는 이유를 제공하여야 한다. 설명 제공 원칙은 인공지능 시스템이 각 결과에 대한 증거와 추론을 제공하도록 한다. 이 원칙은 설명가능 인공지능 시스템이 설명을 제공하여야 한다고 명시할 뿐 설명의 정확성, 유용성, 이해 가능성을 요구하지 않으며 설명에 대한 품질 측정 기준도 명시하지 않는다.
- **의미 있는(Meaningful) 설명 제공:** 설명가능 인공지능 시스템은 개별 사용자가 이해할 수 있는 설명을 제공하여야 한다. 일반적으로 개인이 설명을 이해할 수 있거나 설명이 작업 수행에 유용하면 이 원칙이 충족되었다고 볼 수 있다. 그러나 이 원칙은 하나의 설명이 모든 경우에 적합하다는 것을 의미하는 것은 아니며 하나의 시스템에 대해 여러 그룹의 사용자가 다른 설명을 요구할 수 있다. 의미 있는 설명 원칙은 각 사용자 그룹에 맞춰진 설명을 요구하며 각 사용자



(그림 2) 머신러닝 모델의 정확성과 설명 가능성 균형 관계 [9].

그룹의 목표와 필요조건이 다를 수 있다. 예를 들어 설명가능 인공지능 시스템의 설명 중 법의 학자에게 의미가 있는 것과 배심원에게 의미가 있는 것은 다를 수 있다. 두 사용자 그룹은 인공지능 시스템의 결정을 다양한 이유로 다른 방식으로 해석할 수 있다. 한 가지 이유는 개인의 사전 지식과 경험이 결정에 영향을 주기 때문이고 다른 이유는 사람들 사이의 심리적 차이가 설명을 해석하는 방법과 어떤 유형의 설명을 의미 있게 생각하는가에 영향을 주기 때문이다. 따라서 사용자마다 같은 인공지능 설명을 다른 의미로 해석할 수 있다. 설명의 의미는 인공지능 시스템의 설명과 개인의 사전 지식, 경험 및 정신적 사고 과정의 조합에 의해 영향을 받는다. 설명의 의미에 영향을 미치는 모든 요소는 인공지능 시스템과 인간 사이의 인터페이스를 구축할 때 어려움을 초래한다. 사람에게 의미 있는 설명을 하는 인공지능 시스템을 개발하려면 알고리즘적 요인과 심리적인 요인 모두를 고려해야 한다.

- **설명 정확성(Explanation Accuracy):** 설명은 설명가능 인공지능 시스템의 결과를 생성하는 프로세스를 정확하게 반영하여야 한다. 설명 제공 및 의미 있는 설명 원칙은 설명가능 인공지능 시스템이 사용자 커뮤니티에 의미 있는 설명 제공을 요구한다. 즉, 설명 제공 및 의미 있는 설명 원칙은 설명가능 인공지능 시스템이 결과를 도출하기 위한 내부 프로세스를 정확히 반영하는 설명을 요구하지 않는다. 설명 정확성 원칙은 인공지능 모델의 설명에 정확성을 요구하는 것으로 인공지능 모델 결정의 정확성과 다른 개념이다. 인공지능 모델의 결정 정확성은 모델의 의사결정이 정확한지 아닌지를 표현하고 설명 정확성은 인공지능 모델의 의사결정 정확성과는 관계없이 해당 설명이 인공지능 모델의 결

과를 정확하게 설명하는지 아닌지를 뜻한다. 인공지능 모델 결과의 정확성에 대한 측정 지표와 관련한 연구가 많이 이루어졌으나 설명 정확성을 위한 측정 지표의 개발은 초기 단계로 앞으로 연구가 요구된다. 의미 있는 설명 원칙과 마찬가지로 설명 정확성은 그룹과 개인에 대해서로 다른 측정 기준을 정한다. 일반 사용자는 출력 생성을 위한 프로세스를 완전히 특성화하는데 필요한 미묘한 차이는 고려하지 않고 간결하게 임계점에 초점을 맞춘 간단한 설명만 필요로 할 것이며 프로세스를 특성화하는 미묘한 차이는 전문가에게만 의미가 있을 수 있다. 전반적으로 한 가지 유형 이상의 설명을 생성할 수 있는 인공지능 시스템은 더 설명 가능한 것으로 여겨질 수 있으나 설명의 수준이 달라 설명 정확성 평가에 사용되는 측정 지표가 보편적이거나 절대적이지 않다.

- **지식 한계(Knowledge Limits):** 설명가능 인공지능 시스템은 설계된 조건 범위 내 또는 결과에 대한 충분한 신뢰가 있을 때 동작해야 한다. 앞의 원칙들은 인공지능 시스템이 시스템 설계 시 설정한 지식 범위 내에서 동작한다고 암묵적으로 가정하고 있다. 이 지식 한계 원칙은 시스템이 작동하도록 설계 또는 승인되지 않았거나 해당 답변이 신뢰할 수 없는 사례를 식별하여야 한다는 것이다. 지식 한계를 식별하고 선언하여 인공지능 시스템의 결과가 부적절할 때 판단을 제공하지 않도록 하는 것이다. 지식 한계 원칙은 오해의 소지가 있거나 위험하거나 부당한 결정 또는 결과를 방지하여 인공지능 시스템에 대한 신뢰를 높일 수 있다. 인공지능 시스템이 지식 한계에 도달할 수 있는 경우는 두 가지가 있다. 첫 째는 질문이 시스템의 지식 범위를 벗어난 경우이다. 예를 들어 조류의 종을 분류하는 인공지능 시스템에 사용자가 사과 이미지

를 입력할 수 있다. 시스템이 입력 이미지에서 새를 찾을 수 없다는 답변을 반환할 수 있어 인공지능 시스템은 결정을 제공할 수 없다. 이것은 답변이며 설명이다. 지식 한계에 도달할 수 있는 두 번째는 가장 가능성이 있는 답변의 신뢰도가 내부 신뢰 임계값에 비해 작은 경우이다. 예를 들어, 조류 분류 시스템의 경우, 새의 입력 이미지가 너무 흐릿하여 종을 결정할 수 없을 때 인공지능 시스템은 이미지가 새인 것으로 인식할 수 있으나 이미지의 품질이 낮다는 것을 인식할 수 있다. 출력의 예로 “이미지에서 새를 찾았으나 이미지 품질이 너무 낮아 식별할 수 없다”가 될 수 있다.

2.4 설명의 범주

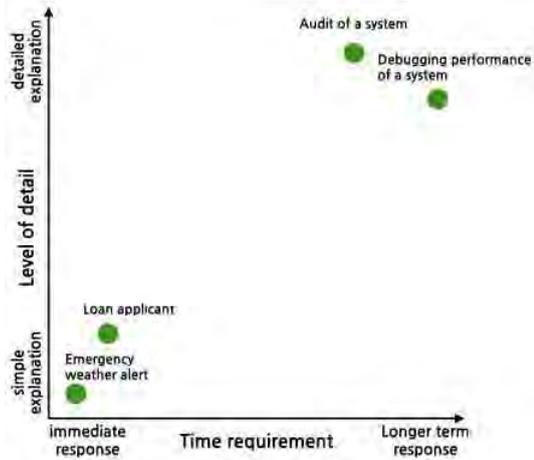
앞의 원칙에서 살펴본 것처럼 설명은 사용자에 따라 다를 수 있다. 일부 설명은 간단할 수 있지만 다른 설명은 상세하고 완전히 이해하기 위해 교육이나 전문 지식이 요구되는 경우가 있다. [7]에서는 설명의 범주를 논의하기 위해 설명을 다음의 다섯 가지의 범주로 분류하였다.

- 사용자 이익: 이 범주의 설명은 인공지능 시스템의 결과가 사용자 이익과 관련된 것으로 사용자에게 알리기 위한 설명이다. 예로 인공지능 모델이 결정한 대출 신청의 승인 또는 거부된 이유를 신청자에게 설명하여야 한다.
- 사회적 수용: 이 범주의 설명은 사회에서 인공지능 시스템의 신뢰와 수용을 위해 생성되는 설명이다. 예로 인공지능 시스템에서 예측하지 못한 결정이 제공되는 경우 설명은 사용자가 이 결정이 도출된 이유를 이해하는데 도움이 된다. 또한 이론적 근거가 제공될 수 있다면 인공지능 시스템은 더 나은 편안함을 제공할 것이다.
- 규정 및 준수: 이 범주의 설명은 규정, 안전 표

준 등의 준수에 대한 감사를 위한 설명이다. 설명의 대상에는 중요하고 상세한 정보가 필요한 사용자(예: 안전 규제기관)와 시스템과 상호작용하는 사용자(예: 개발자)가 포함된다. 예를 들어 자율 주행 자동차 개발자 또는 감사자가 포함될 수 있다.

- 시스템 개발: 이 범주의 설명은 인공지능 알고리즘 또는 시스템의 개발, 개선, 디버깅 및 유지보수를 쉽게 하는 설명이다. 이 범주의 설명 사용자는 개발자, 제품 관리자와 임원이 될 수 있다. 중요하고 상세한 정보가 필요한 사용자와 시스템과 상호작용하는 사용자가 관여한다. 인공지능의 설명 기능을 활용하여 머신러닝 알고리즘을 디버깅하는 개발자가 존재한다.
- 소유자 이익: 이 범주의 설명은 시스템 운영자에게 도움이 되는 설명이다. 예를 들어 볼 영화나 비디오를 추천할 때 이전에 본 콘텐츠를 기반으로 추천한 선택 항목을 설명하는 추천 시스템이 있다. 추천 시스템은 설명과 함께 영화를 추천했을 때 사용자가 설명을 신뢰하면 사용자가 추천 영화를 시청하기 때문에 소유자에게 이익이 된다.

실용적인 관점에서 설명은 설명에 응답하는 시점과 설명의 상세함에 의해 특징 지울 수 있다. 다음 (그림 3)은 설명의 상세함과 설명에 응답하는 시점 간의 관계를 보여준다. 예를 들어 긴급 기상 경보의 경우 사용자가 긴급히 행동해야 하므로 경보와 간단한 설명이면 충분하다. 디버깅에 대한 설명은 시스템의 내부 단계에 대한 상세한 정보가 포함되어야 하며 사용자가 설명을 검토하고 다음 조치 결정에 시간이 걸릴 수 있다. 대출 신청에 대한 사용자의 대응은 일반적으로 빠르고 설명은 기상 경보보다 더 자세한 정보를 제공한다. 시스템 감사에 대한 사용자의 응답 시간 및 설명



(그림 3) 특정 상황별 설명의 상세함과 응답 시간의 관계 [7].

의 상세함은 시스템 디버깅과 유사할 수 있다.

2.5 설명가능 인공지능 기술 분류

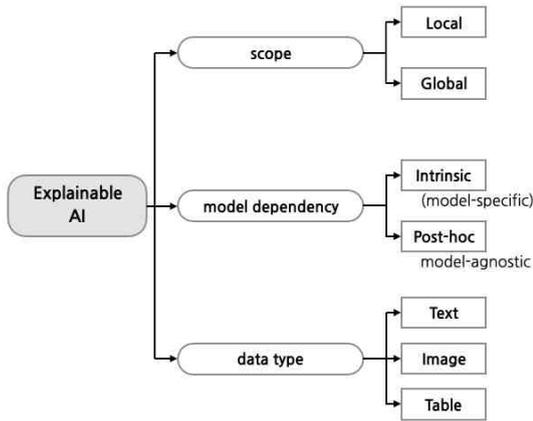
설명가능 인공지능 기술은 설명 기능이 인공지능 모델에 내재(intrinsic 설명)되어 있는 경우와 인공지능 모델 학습 후 결과를 분석하여 설명을 도출하는 방법(post-hoc 설명)으로 분류한다 [8]. (그림 2)에서 표시한 규칙 기반 학습, 결정트리 또는 최소 선형 모델은 단순한 모델로써 모델의 구조로 모델 결정의 설명이 가능하다. 이처럼 구조가 단순한 모델은 그 자체적으로 이미 설명 가능성을 확보하고 있어 내재적 방법으로 분류된다. 반면 심층 신경망 기반 대부분의 머신러닝 모델을 설명하기 위해서는 머신러닝의 결정을 기반으로 이유를 설명하는 방법(post-hoc 방법)이 주로 적용된다.

또한 설명하는 범위에 따라 설명가능 인공지능 기술을 분류할 수 있다. 인공지능 모델의 모든 결정에 관해서 설명이 가능한 전역적인(global) 방법과 일부 예측 결과만 설명이 가능한 국소적인

(local) 방법이 있다. 전역적인 방법은 모델 내부 로직에 관련한 이해를 바탕으로 모든 결정을 설명한다. 내재적 방법은 모델의 구조로부터 모든 예측 또는 결정에 대한 설명이 가능하여 전역적인 방법으로 분류된다. post-hoc 방법으로 모든 예측 또는 결정을 설명하는 경우 모든 개별 결정을 구체적으로 설명하는 것이 다소 어려울 수 있다. 국소적인 방법은 설명할 범위가 좁아 설명 가능성이 크고 비용이 적게 요구된다. 현실적으로 인공지능 모델이 결정을 도출할 때 마다 설명을 할 필요는 없고 설명이 필요할 때 해당 이슈에 대해서 잘 설명하는 것이 더 바람직할 수 있다.

또한 설명 제공 방법은 특정한 인공지능 모델에만 적용할 수 있는 경우와 인공지능 모델과 관계없이 임의의 인공지능 모델에 적용할 수 있는가에 따라 모델 특화된(model-specific) 설명 방법과 모델에 관계없는(model-agnostic) 설명 방법으로 분류된다. 모델과 관계없는 설명 방법은 모델의 내부구조를 알 수 없거나 모델의 특징을 하나도 이용하지 않고 모델 결정의 이유를 모델 외부에서 도출하게 된다. 모델 특화된 설명 방법은 모델 자체가 가지고 있는 특징을 이용하여 타 모델에는 적용할 수 없는 것이다. 내재적 방법과 합성곱신경망 기반의 모델에 사용하는 히트맵 같은 시각화 해석 방법은 모델 특화된 설명 방법에 속한다.

앞에서 살펴본 바와 같이 설명가능 인공지능 기술의 분류는 다양한 관점이 존재한다. 설명가능 인공지능 기술은 구별되고 더 나눌 수 있는 서로 다른 관점이 있어 기술 분류가 일방적이지는 않다. 그러므로 실무자가 직면한 각 문제의 특정한 기준에 대한 이상적인 방법을 선택하기 위해서는 각 기술의 모든 측면을 고려해야 한다. 다양한 설명가능성 모델은 다음 (그림 4)와 같이 구분될 수 있다.



(그림 4) 설명가능 인공지능의 분류 체계.

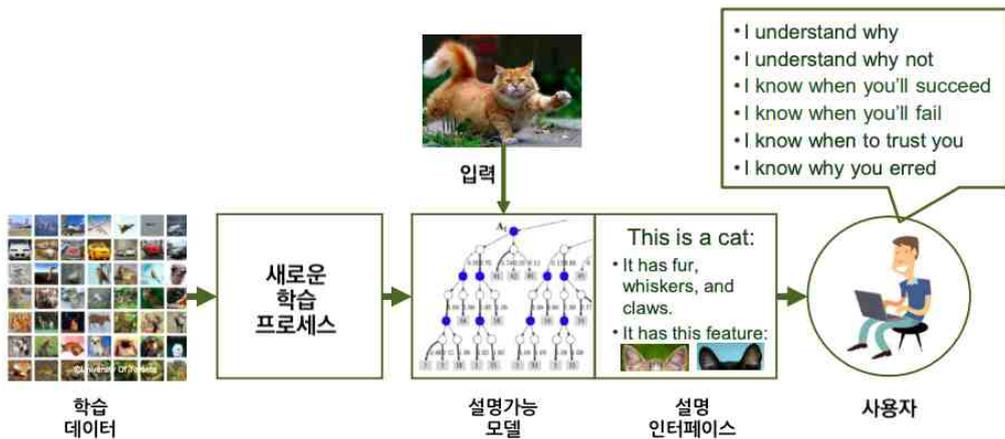
3. 설명가능 인공지능 기술 동향

3.1 DARPA의 설명가능 인공지능 기술

DARPA에서 제시한 사용자 중심의 설명가능 인공지능 구조를 (그림 5)에 보인다 [9]. 사용자가 인공지능 모델의 전반적인 강점과 약점을 이해하고 향후 또는 다른 상황에서 어떻게 작동할 것인지 이해하며 사용자가 시스템의 오동작을 수정할 수 있도록 설명을 제공한다. 사용자 중심의 설명

가능 인공지능 개념은 더 많은 설명이 가능한 모델을 생산하는 방법, 설명 인터페이스를 설계하는 방법 및 효과적인 설명을 위한 심리적 요건을 이해하는 방법들의 상호 관련된 연구를 수행하였다.

DARPA의 설명가능 인공지능 프로그램은 (그림 5)에 나타난 설명가능 모델, 사용자를 위한 설명 인터페이스를 중점적으로 다루며 효과적인 설명을 위한 심리학적 요구사항에 대해서도 함께 검토하고 있다. DARPA의 설명가능 인공지능 모델은 머신러닝 기술을 수정하거나 새로운 머신러닝 기술 개발을 통해 모델의 학습 정확도를 높게 유지하면서 설명 가능성을 높이는 연구를 수행하며 심층 설명(deep explanation), 해석가능 모델(interpretable model), 모델 귀납(model induction)의 세 가지 전략을 통해 개발한다 [8]. 세 전략은 적용해야 할 상황과 효용에 따라 선별적으로 사용할 수 있다. 심층 설명 전략은 설명할 수 있는 특성을 학습하기 위해 심층 신경망을 수정하는 것이다. 이를 위한 기술 중 하나가 신경망의 여러 계층에 요소를 추가하여 학습 중에 이루어지는 복잡한 연결을 이해하는 방법이다. 해석가능 모델은 더욱 구조화되고 해석 가능한 인과 모델을 학습하는 머



(그림 5) DARPA의 설명가능 인공지능 구조 [8].

신러닝 기술이다. 해석가능 모델의 예로 BPL (bayesian program learning) 모델과 확률적 AND-OR 그래프 기반 모델이 있다. 모델 귀납 전략은 모든 머신러닝 모델을 블랙박스로 간주하고 실험하여 대략적인 설명가능 모델을 추론하는 기술로 앞에서 분류한 Post-hoc 설명 방법에 속한다. 모델 귀납의 예로 로컬 대리 분석 모델(Local Surrogate Analysis Model) 중 하나인 LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations) 모델이 있으며 인공지능 모델에 관계없이 적용할 수 있는 방법이다. DARPA의 설명 인터페이스 개발은 HCI(Human Computer Interaction) 기술을 이용하여 인공지능 모델의 의사결정에 대한 설명을 사용자가 이해할 수 있는 방식으로 표현하는 연구이다.

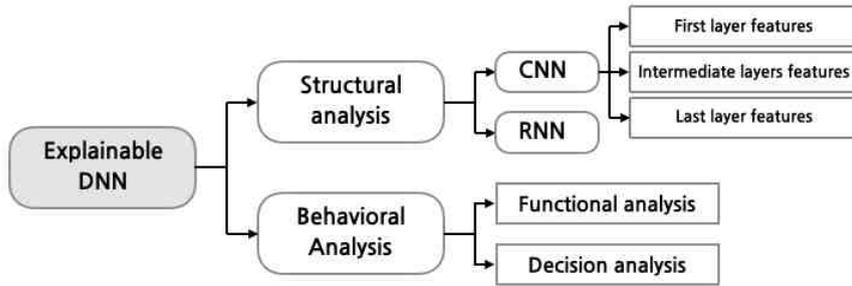
DARPA의 설명가능 인공지능 프로그램은 인공지능 운영과 관련하여 데이터 분석(지도 학습)과 자율성(강화 학습)의 두 가지 문제 영역을 다룬다. 데이터 분석 문제는 이중 멀티미디어 데이터에서 관심이 있는 객체의 분류에 관련된 것으로 지식 분석가는 빅 데이터 분석 알고리즘의 의사결정 및 추천 사항을 시스템으로부터 제시받으며 분석에서 어떤 내용을 결정의 증거로 보고할 것인지 그리고 어떤 것으로 더 추구할 것인지 결정한다. 자율성 문제는 강화 학습 과제와 관련이 있고 시뮬레이션된 목표에 대한 의사결정 정책을 학습하는 것으로 인공지능 파트너를 효과적으로 관리해야 하는 필요성 때문에 비롯되었다. 예를 들어 국방부가 전투원 능력을 높이기 위해 반자동 시스템을 개발한다면 향후 임무에서 이러한 기능을 가장 잘 사용할 방법과 시기를 결정하기 위해서 기능이 어떻게 동작하는지 이해해야 한다. 이 경우에도 효과적인 설명은 전투원이 올바른 결정을 할 수 있도록 할 것이다. DARPA는 두 도전 영역 모두에서 설명의 정확성 또는 효율성의 측정을 중요한

주제로 설정하였다. 학습된 모델의 설명 정확성을 자동으로 측정할 수 있다면 편리하겠지만 설명가능 인공지능 시스템이 사용자에게 도움이 되는지를 평가해야 한다. 이를 위해 사용자의 만족도, 멘탈 모델, 작업의 성과 및 적절한 신뢰를 측정하기 위한 심리학 실험 및 지식 한계의 범위를 설정해야 한다.

3.2 심층 신경망의 설명 가능 인공지능 기술

심층 신경망의 중요성에도 불구하고 심층 신경망의 설명 가능성에 관한 연구는 아직 초기 단계에 있다. 심층 신경망의 설명가능 기술은 (그림 4)의 데이터 유형에 따라 시각적, 텍스트 기반 또는 예제 기반으로 구현되고 있다 [10]. 일반적으로 설명가능 심층 신경망 모델의 주요 목표는 (1) 심층 신경망 모델 내부에서 무슨 일이 일어나고 있나? (2) 심층 신경망 모델의 각 계층은 어떤 역할을 하나? (3) 심층 신경망 모델은 어떤 특징을 찾나? (4) 왜 심층 신경망 모델의 결정을 믿어야 하나? 와 같은 질문에 대해 답을 하는 것이다. (그림 6)은 설명가능 심층 신경망의 분석 기술을 post-hoc 설명 방법으로 구조 분석과 동작 분석으로 분류하고 구조 분석은 심층 신경망을 합성곱신경망과 순환 신경망의 내부구조 분석을 위해 사전 훈련된 신경망의 특성을 시각화하며 동작 분석은 신경망의 전반적인 동작과 내부 동작의 설명에 해당한다. 고정된 구조로 사전 학습된 신경망을 설명하는 대신 설명 기능을 신경망 설계 시 고려하는 설명 가능성을 포함한 모델 설계 방법이 있다. 각 방법의 설명은 다음과 같다.

- 구조 분석: 합성곱신경망의 학습된 커널 및 순환 신경망의 데이터 구조를 이해하기 위해 먼저 사전 학습된 네트워크의 기능을 시각화하는 심층 신경망 시각화 및 이해로부터 시작한다. 이러한



(그림 6) 심층 신경망의 설명 방법 분류 [10].

관점에서 심층 신경망의 동작을 분석한다. 합성곱신경망은 다시 첫 번째 계층, 중간 계층, 마지막 계층으로 나누어 각 계층의 특징을 분석한다.

- 동작 분석: 심층 신경망의 전반적인 동작과 내부 동작을 설명 가능성 개념으로 구체적으로 설명한다. 전반적인 동작(기능 분석)은 입출력 관계에 기반하고 내부 동작(의사결정 분석)은 결정을 설명하기 위해 수학적 분석을 한다. 기능 분석은 전체 신경망을 블랙박스 간주하고 입력 이미지에 대한 특정 결정에 가장 적합한 픽셀을 찾음으로써 설명 가능성을 제공한다. 즉 네트워크의 작동을 입력과 출력 간의 관계를 발견하여 해석한다. 의사결정 분석은 의사결정에 있어 어떤 뉴런이 더 중요한 역할을 하는지 보여주기 위해서 신경망을 통해 결정을 분해하고 역 추적하여 신경망의 결정을 설명하려는 방법으로 최종 결정과 관련성은 입력 데이터의 기여를 시각화하는 히트맵을 사용한다.
- 설명 가능성을 포함한 모델 설계: 심층 신경망을 구축한 후 설명을 위한 지식을 구축하는 것은 설명 가능성을 염두에 두고 구조와 알고리즘을 개발하지 않으면 설명이 어렵고 비용이 많이 든다. 그래서 내재된 설명 방법으로 설명 가능성을 포함하는 심층 신경망 설계에 관한 연구가 진행 중이다.

4. 결 론

설명가능 인공지능 기술은 향후 보편화될 인공지능 모델의 신뢰성을 높이기 위해서 필수적인 부분이다. 본고에서는 설명가능 인공지능의 개념, 원칙 및 설명의 범주, 분류 체계를 살펴보았으며 설명 모델, 설명 인터페이스로 구성된 DARPA의 설명가능 인공지능 구조와 도전 과제로 설정한 데이터 분석 문제와 자율성 문제 그리고 설명 가능 심층 신경망에 관한 연구 동향을 살펴보았다.

설명가능 인공지능 시스템의 설명은 업무와 사용자에게 따라 요구사항과 설명의 필요성이 다르다. 설명이 필요한 시스템의 범위를 다룰 때 설명의 상세함과 응답 시간을 고려하여야 한다. 또한 지식 한계를 이해하고 입력 데이터가 인공지능 시스템의 범위를 벗어남을 선언하는 알고리즘 개발이 필요하다. 또한 설명 정확성도 중요한 요소로 이를 측정하는 연구도 매우 제한적으로 이루어지고 있어 관련 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] S. R. Islam, W. Eberle, S. Khaled, M. Ahmed, "Explainable Artificial Intelligence Approaches: A Survey," arXiv.2101.09429

v1, Jan, 2021.

[2] KISA GDPR 대응지원 센터, <https://gdpr.kisa.or.kr>.

[3] 신용우, “인공지능 관련 입법 현황 및 전망,” 국회입법조사처, 2019년 12월

[4] Depart Innovation Board, “AI Principles: Recommendations on the Ethical Use of Artificial Intelligence by the Department of Defense,” Oct. 2019.

[5] 양서연, “차별하는 인공지능: AI가 확산할 수 있는 은연 중 차별과 우려와 새로운 사회적 윤리의 필요성,” pp. 28-34, 한국여성정책연구원 젠더리뷰 54호, 2019.

[6] M. V. Lent, W. Fisher, M. Mancuso, “An Explainable Artificial Intelligence System for Small-unit Tactical Behavior,” pp. 25-29, 16th Proc. of Innovative Applications of Artificial Intelligence, July, 2004.

[7] P. J. Phillips, C. A. Hahn, P. C. Fontana, D. A. Broniatowski, M. A. Przybocki, “Four Principles of Explainable Artificial Intelligence,” NIST Report, Draft NISTIR 8312, August 2020.

[8] A.B. Arrieta, N. Diaz-Rodriguez, J. D. Ser, A. Bennetot, S. Tabik, et. al., “ Explainable Artificial Intelligence(XAI): Concepts, Taxonomies, Opportunities and Challenges toward Responsive AI,” Information Fusion, Vol. 58, Dec. 2019.

[9] D. Gunning, D. W. Aha, “DARPA’s Explainable Artificial Intelligence Program,” AI Magazine, Vol. 40, No. 2, pp. 44-58, Summer 2019.

[10] W. Samek, T. Wiegand, K.-R. Muller, “Explainable Artificial Intelligence: Understanding, Visualizing and Interpreting Deep Learning Models,” ITU Journal: ICT Discoveries, Special Issue No. 1, Oct. 2017.

저 자 약 력



김 근 형

이메일 : geunkim@deu.ac.kr

- 1986년 서강대학교 전자공학과 (학사)
- 1988년 서강대학교 전자공학과 (석사)
- 2005년 포항공과대학교 컴퓨터공학과 (박사)
- 1988년~1990년 (주)LS산전 / 연구원
- 1990년~1993년 삼성종합기술원 / 선임연구원
- 1993년~2007년 (주)KT / 수석연구원
- 2007년~현재 동의대학교 게임공학 전공 교수
- 관심 분야: 설명가능 인공지능, Web ML(Machine Learning), 딥러닝

네이버 AI플랫폼 CLOVA 그리고 초대규모 AI HyperCLOVA

하정우 (NAVER AI Lab, NAVER CLOVA), 박흥석 · 이바도 · 황민제 (NAVER CLOVA)

목 차	1. 서 론
	2. AI 선행연구 성과
	3. CLOVA AI 플랫폼 및 서비스
	4. HyperCLOVA
	5. 결 론

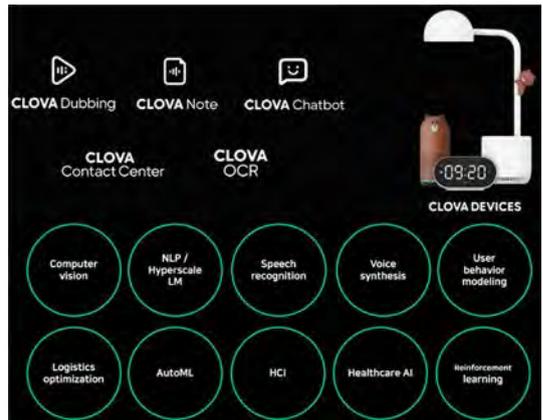
1. 서 론

2010년대 초반 음성과 이미지 인식에서 보여준 딥러닝의 놀라운 성과와 2016년 알파고 쇼크 이후로 인공지능(Artificial Intelligence: AI)은 이제 기술을 넘어 사용자들의 일상 생활의 많은 곳에 녹아들어 사람들이 일하고 살아가는 방식을 완전히 변화시키고 있다. 인공지능 스피커, 이커머스와 동영상 서비스에서의 추천시스템, 번역기앱, 자동차 주행보조기술과 같은 사용자 서비스 뿐 아니라 제조, 금융등 기존 산업에서의 디지털 트랜스포메이션(digital transformation: DT)에서도 AI는 핵심적인 기술로서 활용되고 있다.

이에 따라 구글, 페이스북, 아마존, 마이크로소프트, 엔비디아 등의 글로벌 기술 기업은 물론 바이두, 알리바바와 같은 중국의 기술 기업들 또한 AI연구에 대규모 투자를 진행하고 이 결과물들을 활용한 다양한 제품과 서비스를 제공하고 있다.

국내에서도 네이버를 비롯하여 삼성전자, 카카오, SKT, LG AI연구원, KT 등 많은 기업들이 연구개발한 AI기술을 다양한 서비스에 성공적으로 적용 사례들이 보고되고 있다.

특히 네이버의 AI플랫폼인 CLOVA는 2017년 이후 사용자들의 일상생활을 편리하게 하고 중소기업(SME)와 크리에이터들의 성장을 돕는 강

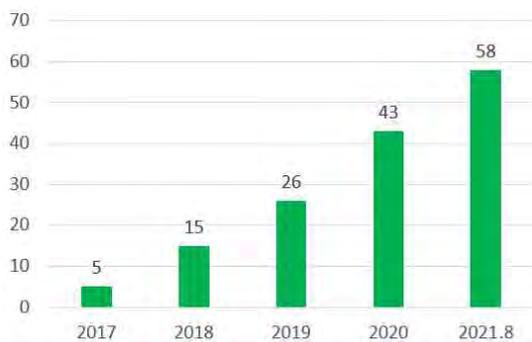


(그림 1) 네이버 CLOVA의 대표 AI기술과 서비스

력한 AI 도구 제공을 위해 그림 1과 같이 음성인식, 합성, 컴퓨터비전, 자연어처리 등 다양한 분야의 AI 기술 및 서비스 개발을 진행하고 있다. 본 논문에서는 네이버 CLOVA의 AI연구 결과와 이에 기반한 플랫폼 서비스 사례를 공유한다. 또한 최근 AI기술의 가장 중요한 화두인 글로벌 초대규모 AI 경쟁과 관련하여 올해 5월에 공개한 초대규모 한국어 언어모델인 HyperCLOVA를 소개하고 향후 방향성에 대해 논의한다.

2. AI 연구 성과

네이버는 지난 6년 이상 매출의 약 25% 이상을 연구개발에 꾸준히 투자해왔으며 그 연구개발의 중심에는 AI가 있다. 특히 네이버 CLOVA는 글로벌 AI기술 경쟁력 강화를 위해 조직 설립 초기인 2017년 초부터 실제적인 AI문제 발굴과 중장기 선행 연구에 기반한 기술 내재화를 위해 그림과 같은 “데이터 → 선행연구 → 엔진개발 → 서비스 및 제품화 → 사용자 → 데이터”로 이어지는 선순환 구조를 구축해왔다. 이러한 노력의 결과로 그림 2와 같이 CVPR, ICLR, NeurIPS, ICML, ACL, EMNLP, ICASSP, AAAI 등 다양한 AI 분



(그림 2) 네이버 CLOVA의 Top AI 학회 정규논문 발표 수

야의 세계 최고 학회에서 연간 수십 편 이상의 정규 논문을 발표하는 등 국내 기업들 중에서 독보적인 성과를 보여주고 있다. 이 중 NAVER AI Lab은 CLOVA의 중장기 선행연구를 담당하는 조직으로 대표적인 연구성과는 아래와 같다.

- 1) StarGAN [6]: CycleGAN [30]과 같은 기존 이미지변환 모델은 변환하는 도메인이 증가하면 조합의 수만큼의 generator가 필요하다는 단점이 있었으나 하나의 generator와 discriminator만 사용하는 구조로 주어진 이미지를 다양한 도메인으로 변환을 가능하게 한 최초의 GAN 모델로서 CVPR 2018에서 구두로 발표하고 1800회가 넘는 인용수를 기록1).
- 2) Cutmix [28]: Cutmix는 기존의 Mixup [29] 대비 ImageNet 분류 정확도 개선 뿐 아니라 다양한 태스크의 전이학습과 적대적 공격에 대한 안정성에서 더욱 개선된 성능을 보인 데이터 증강 기법으로 ICCV 2019에서 구두 발표된 이후 인용수가 현재 700회에 이를 정도로 많은 이미지 인식연구에서 활용되고 있음.
- 3) AdamP [9]: 기존 널리 활용되는 SGD나 Adam이 batch normalization과 momentum을 함께 사용할 경우 비효율성이 있었음. 이를 위해 에러 감소에 영향을 주지 않는 gradient 성분을 제거하는 형태로 개선하여 다양한 컴퓨터 비전, 자연어 처리, 오디오 인식 등의 태스크에서 개선된 효과를 입증한 연구로서 ICLR 2021에서 발표. 옵티마이저(optimizer)는 인공지능망 연구에서 가장 근본적인 연구분야로 국내에서는 연구 사례가 극히 드문데 네이버 CLOVA의 중장기선행연구의 대표적 사례로 인식됨.

1) 모든 인용수는 Google scholar (<https://scholar.google.com/>) 기준

이 외에 많은 연구들이 발표되었으며 많은 연구들의 소스코드와 훈련모델, 데이터들이 CLOVA (<https://github.com/clovaai>)와 NAVER AI Lab (<https://github.com/naver-ai>) github를 통해 공개되고 있다. 또한 이 논문 연구 중 40% 이상이 클로바 노트, 클로바 더빙, OCR, 클로바케어콜 등 실제 네이버의 서비스에 직간접적으로 적용되어 사용자들의 생활에 가치를 제공하고 있다.

3. CLOVA AI 플랫폼 및 서비스

3.1 OCR

광학문자인식(Optical Character Recognition: OCR)은 이미지나 비디오등 시각 데이터로부터 텍스트를 추출 및 인식하는 기술로서, 로봇 프로세스 자동화(RPA: Robot Process Automation)의 기술 요소로써 기존의 문서 기반의 사무에서 DT에 핵심적인 역할을 담당하고 있다(그림 3).

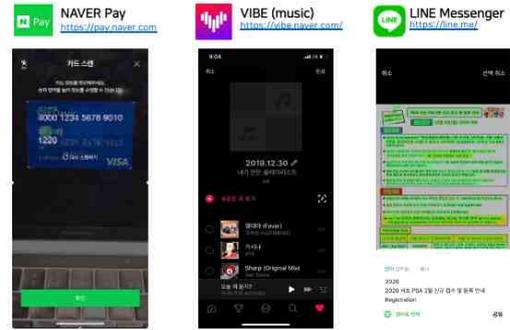
네이버 CLOVA OCR팀은 RPA에 필요한 다양한 코어 기술을 개발하고 있으며 크게는 이미지 문서에 대한 시각-언어 분석, 학습 또는 문서 이미지 합성을 위한 데이터 생성/합성, 정형화된 문서에 대하여 정보를 추출하는 양식 인식 기술을 보유하고 있다.



(그림 3) OCR과 RPA의 관계

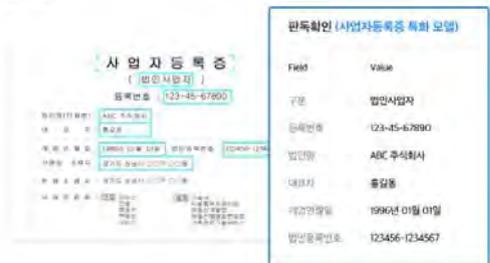
3.1.1 OCR과 Parsing

OCR은 텍스트 영영검출(detection)과 텍스트 인식(recognition)으로 이어지는 파이프라인이며 영역 검출의 경우 CRAFT [2] 모델을 사용하고 있다. 이 모델의 특징은 글자 단위의 검출이 가능하다는 점인데, 일반적으로 OCR 학습데이터에는 글자 단위의 Annotation 대신에 단어 단위의 Annotation이 일반적이다. 이러한 상황을 해결하기 위하여 CRAFT에서는 학습 중간 모델을 이용하여 단어 단위의 데이터를 글자 단위의 Annotation (Pseudo Label)로 변환하여 학습을 진행한다. 텍스트 인식을 위해 인식기의 각 단계별 요소들의 조합 성능을 파악하여 가장 좋은 성능을 내는 모델을 활용하고 있다[1].



사업자 등록증

사업자 등록증 문서를 자동 분석하여 등록번호, 법인명, 대표사 등 사업자 등록증의 기재된 정보를 추출합니다.



(그림 4) OCR 및 Parsing Application 이 이용되는 다양한 사례

Parsing 기술의 경우 BERT [7] 기반의 언어모델을 활용하고 있으며, 문서로부터 인식된 다양한 텍스트들의 의미를 추출하는 텍스트 분류 문제를 풀어내는 기술이다. 실제 사용자가 필요로 하는 서비스 적용에 있어서 필수적인 기술이며 그림 4와 같이 영수증 인식, 명함 인식, 사업자등록증 인식, 신분증 인식 등 다방면에 활용되고 있다.

3.1.2 데이터 생성

OCR 학습을 위해서는 대량의 데이터가 필수적인데, 이에 해당하는 모든 데이터를 실제 이미지들로 구축하는 것은 시간적 물리적 비용적 한계가 존재한다. 이 때문에, 상당수의 데이터는 사전학습(pretraining)을 위하여 생성된 데이터를 활용하게 되는데, 이를 위하여 개발된 DM-Font [5], MX-Font [20] 등의 요소 기술들은 적은 양의 데이터로도 11,172 글자의 한글을 모두 지원하는 폰트 생성 서비스, 네이버의 대문을 책임지는 영수증 이미지 Captcha 등에 활용되고 있다.

3.1.3 양식, 테이블, 개체명 인식

양식 인식(form recognition)을 위해서는 문서에서 템플릿 매칭을 하기 위한 Key-value 추출, 템플릿 매칭, Image Unwarping 등 다양한 기술들이 사용된다. 일반적인 비정형 문서의 경우 구조 정보를 담고있는 테이블에 대한 인식이 RPA에서 중요한 역할을 담당하고 있는데, 네이버에서는 요소들을 검출하여 전체 구조를 잡아나가는 방식, 점과 선 등의 시각 정보들 또는 텍스트의 상대적인 위치 정보를 이용하여 테이블을 재구성하는 방식 등으로 테이블을 추출하는 기술도 보유하고 있다. 마지막으로 개체명(entity) 인식의 경우 문서 상에 존재할 수 있는 다양한 형태의 데이터

(Multibox, Checkbox 등)에 대하여 정보를 추출해낼 수 있는 기술이다. CLOVA Visual AI 팀에서는 앞서 설명된 기술들 뿐만 아니라, 문서의 종합적인 이해를 위한 다양한 최신 기술에 대한 개발을 진행하고 있다.

3.2 음성합성

TTS(text-to-speech) 시스템은 텍스트를 사람의 목소리로 변환하는 기술로서, 스크린 리더, 오디오북, 대화형 인공지능과 같은 다양한 음성 인터페이스의 핵심 기술이다. 네이버의 TTS 엔진인 nVoice는 UTS, HDTS, NES²⁾ 음성 합성 기술을 보유하고 있으며, 스마트스피커 CLOVA를 비롯하여 네이버 뉴스, 네이버 지도, 파파고, 오디오클럽 등 다양한 서비스에 명료하고 자연스런 합성음을 제공하고 있다.

이 중 HDTS 시스템은 딥러닝 기반의 AI 음성 합성 기술로, 적은 양의 녹음으로도 다양한 스타일의 고품질 음성을 생성하는 것을 목표로 하고 있다. HDTS 시스템은 그림 5와 같이 크게 (1) Text analyzer, (2) Acoustic model, (3) Neural vocoder의 세가지 모델로 구성된다.



(그림 5) HDTS 시스템 개요

3.2.1 텍스트 분석기

텍스트 분석기(text analyzer)는 자연어 처리 기술을 이용해 입력 텍스트를 분석하여, 음소

2) UTS: unit-selection TTS
 HDTS: high-quality DNN TTS
 NES: natural end-to-end speech synthesis

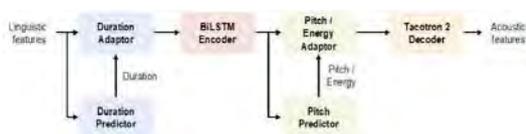
(phoneme) 정보, 성조(tone) 정보, 운율 정보, 끊어 읽기(break) 정보와 같은 언어적 특징을 나타내는 특징 벡터(linguistic feature) 를 추정하는 모델이다.

CLOVA의 음성 합성 팀은 text analyzer의 중요 시스템인 G2P (grapheme-to-phoneme)을 위해 신경망 기반의 NN-KoG2P 시스템 [13] 을 개발하였고, 이를 HDTS 시스템에 적용하여 음소 추정 정확도를 기존 룰 기반 G2P 시스템 대비 15% 가량 향상시켰다. 이 밖에도 딥러닝 기반 끊어 읽기 추정 시스템을 개발하여 합성기의 끊어 읽기 성능을 향상시켰다. 또한 최근에는 BERT [7] 나 GPT-3 [4] 와 같은 언어모델을 이용해 기쁨, 슬픔과 같은 문장의 감정 세기를 추정하고, 이렇게 추정된 각 감정의 정도를 조합해 감정 조절을 가능하게 하는 TTS 시스템을 구현하였다.

3.2.2 Acoustic model

Acoustic model은 그림 6과 같이 앞 단계에서 추정된 linguistic feature 로 부터 음색 (voice color), 목소리의 높낮이(pitch), 유/무성 정보 (voicing information), 음성 에너지(energy) 등을 표현하는 음향 특징 벡터(acoustic feature) 를 추정하는 시스템이다.

HDTS 시스템의 acoustic model 은 Tacotron2 [23] 의 구조에 기반하고 있다. Tacotron과 같은 어텐션 attention) 메커니즘 기반의 acoustic model 은 간헐적으로 발생하는 어텐션 에러로 인해 시스템이 불안정해지는 문제를 겪고 있다 [16].



(그림 6) HDTS 시스템의 acoustic model 구조

이러한 문제를 해결하기 위해 HDTS 시스템에서는 기존의 어텐션 메커니즘을 발화 길이(duration) predictor 로 대체하였다. 각 음소의 발화 길이를 딥러닝 모델로 추정할 수 있으므로, 추정된 발화 길이로 linguistic feature 과 acoustic feature 사이의 시간 정보를 직접 동기화 할 수 있게 되었다. 따라서 어텐션 에러의 위험을 미연에 방지하면서도 Tacotron 보다 높은 품질의 음성을 안정적으로 생성할 수 있게 되었다.

최근에는 HDTS 시스템에 FastSpeech2 시스템 [22] 에서 제안된 것과 같이 energy, pitch, 그리고 발화 길이 정보를 직접 조절 가능한 variance adaptor 기술을 적용하였고, 이를 통해 사용자가 직접 음성의 운율적 특징을 조절할 수 있는 음성 합성기를 구현하였다.

3.2.3 Neural vocoding

Neural vocoding 단계에서는 앞서 추정된 acoustic feature 를 음성의 파형 신호로 변환시켜 주는 과정이 수행된다.

HDTS 시스템에서는 음성 합성 태스크를 실시간 (real-time) 생성과 비-실시간 생성으로 구분한 후, 태스크에 따라 다른 종류의 뉴럴 보코더 (neural vocoder) 를 사용한다. 먼저 비-실시간 음성 합성에서는 속도가 느리더라도 높은 품질의 합성음을 생성 가능한 자기 회기(auto-regressive) WaveNet 보코더 [17]를 이용한다. 이 때 보코더의 품질을 더욱 향상시키기 위해 Clova 음성 합성 팀에서는 전통적 음성 신호처리 기법인 소스-필터 (source-filter) 이론을 WaveNet 에 적용시킨 LP-WaveNet 보코더 [10]를 개발하였고, 결과적으로 기존 WaveNet 보코더 대비 합성음 품질을 34% 향상시킬 수 있었다.

최근에는 AiCall 과 같은 AI for Contact Center

[8] 서비스에서 실시간 음성 합성 서비스의 수요가 증가하는 추세이고, 이에 따라 실시간 음성 합성이 가능한 뉴럴 보코더를 개발하였는데, non-causal WaveNet 보코더와 GAN(generative adversarial networks) 프레임워크를 결합시킨 PWG (Parallel WaveGAN) 보코더 [26]가 그 예시이다. PWG는 LP-WaveNet 대비 18,000 배 빠른 합성속도를 보여주며 실시간 합성이 가능하단 장점이 있지만, 그만큼 낮은 품질의 음성 파형을 생성한다는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Clova 음성 합성 팀에서는 (1) 사람 목소리의 주파수 영역 특징을 PWG의 loss에 반영한 훈련법 [24], (2) 유/무성음을 독립적으로 판별하는 voicing-aware discriminator [27], (3) HN (harmonic-plus-noise) 파형 모델을 적용한 HN-PWG [11] 등 다양한 시스템을 개발해 왔으며, 결과적으로 실시간 합성 속도를 유지하며 WaveNet 보다 더 좋은 품질을 제공하는 합성기를 개발하는 것에 성공하였다 [11].

앞서 설명한 HDTS 음성 합성 시스템은 네이버의 뉴스 본문 듣기 서비스, CCAI 서비스, 그리고 네비게이션 서비스 등의 다양한 음성 활용 서비스에 적용되고 있다. 끝으로, Clova 음성 합성 팀은 expressive TTS, style transfer, 혹은 voice

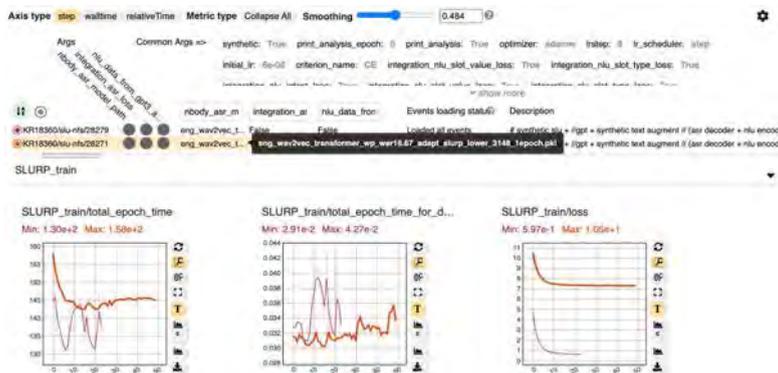
conversion 등과 같은 다양한 최신 음성 합성 기술의 연구 개발 진행하고 있고, 이를 AI스피커, 네이버 뉴스 읽기, CLOVA Dubbing (<https://clovadu.bbing.naver.com/>) 등 음성 서비스에 적용해 새로운 가치를 창출하고 있다.

3.3 NSML

NSML은 머신러닝 연구자들의 모델 연구 및 개발에 최적화된 클라우드 기반의 머신러닝 플랫폼이다 [12, 25]. 일반적인 머신러닝 모델 개발 과정부터 하이퍼파라미터 최적화를 위한 대규모 반복 및 분산 실험 환경을 지원하며, 연구자들과 활발한 협업을 위한 리더보드, URL 기반의 편리한 연구 과정 및 결과 공유 환경 등을 지원하고 있다.

NSML은 일반적인 머신러닝 플랫폼의 기능들을 제공할 뿐만 아니라, 고도화된 여러 시각화 시스템 (Visual Analytics) 을 제공하여 효율적인 모델 분석 환경을 제공한다.

Scalar 시각화 시스템은 머신러닝 모델이 학습 과정에서 기록한 여러 성능 지표들을 시간에 따라 변화하는 과정들을 시각화하여 모델의 하이퍼파라미터에 따른 학습 양상을 분석할 수 있는 시각화 분석 시스템이다 (그림 7). 또한 Scalar 시각화



(그림 7) NSML 상에서 각종 실험결과 시각화 예시

시스템은 다수의 서로 다른 머신러닝 모델들의 하이퍼파라미터들을 직관적으로 비교할 수 있도록 시각화하여 연구자들이 하이퍼파라미터의 효과를 분석하고, 실험 전략을 효율적으로 제어할 수 있는 환경을 제공한다. [15].

HyperTendrill 시각화 시스템은 NSML 에서 제공하고 있는 AutoML의 결과를 분석할 수 있는 시스템이다 [15,18,19]. HyperTendrill은 AutoML이 탐색한 search space의 결과를 단순히 시각화할 뿐만 아니라, 최적화 하려는 모델의 성능에 영향력이 높은 하이퍼파라미터와 하이퍼파라미터의 효과적인 범위의 값들을 시각적으로 가이드를 제공해주는 특징을 가지고 있다. 또한, 서로 다른 특징을 가진 여러 탐색 algorithm 들이 어떠한 방식으로 search space를 탐색하는지, 높은 성능의 지속적 기록 여부와 같은 시각화 모듈을 제공하여 사용자의 모델에 적합한 AutoML configuration을 설정할 수 있도록 통찰을 제공해주는 특징을 가지고 있다.

끝으로, NSML은 그 사용성과 효율성을 검증하기 위해 사용자들의 clickstream, 1 on 1 in-depth interview, focused-group interview 등 여러 HCI 방법론을 통해 지속적으로 플랫폼의 사용성을 평가하고 있으며, 연구자들의 숨은 요구를 발굴하여 효율적인 모델 개발에 필요한 환경들을 개발하고 있다.

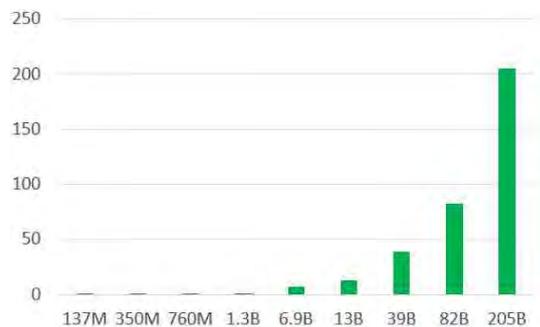
3.4 그 외 중요 CLOVA AI 서비스

소개된 3가지 기술외에도 CLOVA 는 다양한 AI 서비스를 클라우드 혹은 앱형태로 제공하고 있다. 먼저 end-to-end 음성인식기술 (NEST) 을 적용하여 회의가 진행되는 동안의 음성대화를 참가자별로 구분하여 자동으로 전사하는 앱인 CLOVA Note가 있다. 그리고 콜센터에서 사람대

신 정해진 응답을 하거나 예약을 대신 받아주는 AI인 CLOVA AICC 기술은 신한은행, 골프존 등 다양한 파트너기업에 적용되어 있다. 특히 AICC 기술은 비즈니스를 넘어 코로나19 능동감시자들의 건강상태를 확인하는 기술로 적용되었다. 이 CLOVA 케어콜 서비스는 2020년 3월 성남시에 처음 적용된 이후 많은 지방자치단체에 적용되어 있으며 이를 더욱 확장하여 독거노인들의 안부전화를 대신 걸어주는 AI인 CLOVA 안부콜은 부산 해운대구와 현재 시범서비스를 진행중이다. 이러한 CLOVA 케어콜과 안부콜은 ESG관점에서 AI for Social Good의 대표적인 사례로 인식되고 있다. 또한 네이버와 전략적 파트너를 맺은 CJ의 물류 수요예측을 위한 AI인 CLOVA 포캐스트도 수요예측 최적화를 통해 비용절감에 기여하고 있다.

4. HyperCLOVA

HyperCLOVA [14]는 네이버 클로바가 자체적으로 개발한 한국어 중심의 초대규모 언어모델이다. 2020년 OpenAI가 공개한 이후 GPT-3[4]는 전세계 많은 AI 연구자들에게 엄청난 충격을 선사했다. 특히 1750억개 매개변수를 가진 GPT-3가 보여주는 매우 다양한 자연어이해 및 생성 태스크에서 추가적인 fine-tuning 학습없이 프롬프트만



(그림 8) 다양한 크기의 HyperCLOVA 모델들

으로 in context few-shot learning을 통해 기존 모델 수준의 성능을 보여줌으로써 기존의 학습 패러다임을 변화시키고 있다는 평가를 받고 있다. 그러나 기존 GPT-3는 학습데이터의 대부분이 영어로 구성되어 있고 한국어 비중은 0.016%에 불과하여 한국어로 된 데이터나 문제에 활용하는 것은 사실상 불가능하다.

GPT-3의 뛰어난 성능을 고려하면 국내의 사용자들에게 혁신적 기술과 AI도구 제공을 위해 수백억개 이상의 매개변수를 포함하는 한국어 중심의 언어모델을 구축하는 것이 필요했다. 이에 네이버는 기술 플랫폼 기업으로서 AI주권 수호 관점에서 2020년 9월부터 대규모 인프라 투자와 한국어 중심의 데이터 구축 그리고 연구를 통해 초대규모 한국어 생성 언어모델인 HyperCLOVA를 개발하고 지난 5월에 그 결과를 공개했다³⁾.

HyperCLOVA 학습을 위해 네이버 자체적으로 구축한 데이터는 5600억개의 token을 포함하고 있으며 한국어의 비중은 97%를 차지하여 전세계에서 가장 뛰어난 한국어 이해 및 생성 성능을 자랑한다. 그림 8과 같이 최대 2050억개의 매개변수를 가진 모델을 포함하여 다양한 크기의 모델들이 개발되었고 이 가운데에 390억개와 820억개 매개변수 모델은 이미 검색, 쇼핑 등의 서비스에 적용되어 있다. 또한 기계학습이나 인공지능 지식이나 경험이 거의 없는 개발자나 기획자들도 손쉽게 HyperCLOVA를 활용하여 AI서비스 시제품을 만들 수 있는 HyperCLOVA-Studio를 개발하여 사내 베타테스트를 진행하고 있으며 No Code AI의 가능성을 확인하고 있다. 표 1은 네이버 쇼핑의 기획전을 제목 생성을 위해 해당 상품의 태그와 날짜가 입력으로 주었을 때 HyperCLOVA (39B)이 생성해낸 제목들을 보여준다. 현재 기획자들이 판단

한 서비스 노출 적합도 채택율이 99%에 이른다.

또한 개발된 HyperCLOVA의 정확한 성능 평가 및 한국어 자연어처리 연구 생태계 저변확대를 위해 카이스트, 뉴욕대, 업스테이지, 워이드, 한국경제신문, 셀렉트스타, 카카오 등과 함께 최초의 한국어이해 평가 데이터인 KLUE를 제작하고 공개했다 [21].

초대규모 언어모델은 그 놀라운 성능에도 불구하고 편향성, Hallucination 등과 같은 한계점을 내포하고 있으며 이미지나 비디오와 같은 멀티모달로의 확장 등 더 많은 개선 가능성을 갖고 있다 [3]. 이를 위해 네이버는 서울대, KAIST와 각각 공동연구센터를 설립하고 협력연구를 수행 중이다. 또한 AI의 성능이 개선되면서 신뢰가능성이 더욱 중요해짐에 따라 서울대 SAPI와 AI 윤리준칙을⁴⁾ 만들어 지난 2월에 공개했고 University of Tuebingen과 함께 신뢰가능한 AI 공동연구를 수행하고 있다.

〈표 1〉 HyperCLOVA로 생성한 네이버 쇼핑의 기획전 제목

태그: 땀땀이웃, 크리스마스, 따뜻한강아지이웃, 강아지코스튬

날짜: 12월 23일

생성제목: 겨울시즌 땀땀이를 위해

####

태그: 명품구두, 여자들의로망, 여름구두

날짜: 7월 7일

생성제목: 보기만해도 행복한 명품 슈즈

####

태그: 유아동복, 주니어쇼핑몰, 아동원피스, 아동맨투맨, 아동바지, 아동레깅스, 아동모자, 아동가방, 아동양말, 아동신발

날짜: 2월 26일

생성제목: 주목받는 신학기 코디제안

3) <https://naver-ai-now.kr/>

4) <https://www.navercorp.com/value/aiCodeEthics>

5. 결 론

많은 전문가들이 AI는 PC, 인터넷, 모바일 기술이 가져온 변화 이상으로 사람들의 삶을 혁신적으로 바꿀 것으로 예상하고 있다. 이로 인해 전세계의 국가와 기업들간의 AI 기술 경쟁이 점점 더 심화되고 있는 상황이다. 네이버 CLOVA는 국내 대표 AI플랫폼기업으로서 꾸준한 연구개발 투자를 통해 음성인식, 음성합성, 컴퓨터비전, 자연어 처리, 사용자이해 및 AI인프라 기술과 서비스를 플랫폼 사용자들과 구성원들에게 제공함으로써 지속가능한 동반성장을 추구하고 있다. 그리고 나날이 격화되고 있는 글로벌 경쟁 속에서 AI주권 수호를 위해 국내외 대학, 연구소, 기업들과 함께 초대규모 AI 생태계를 구축하고 북미 중국과 어깨를 나란히 하는 제3의 AI 세력을 만들기 위해 노력을 경주하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] Jeonghun Baek, Geewook Kim, Junyeop Lee, Sungrae Park, Dongyoon Han, Sangdoo Yun, Seong Joon Oh, Hwalsuk Lee. What Is Wrong With Scene Text Recognition Model Comparisons? Dataset and Model Analysis. ICCV 2019.
- [2] Youngmin Baek, Bado Lee, Dongyoon Han, Sangdoo Yun, Hwalsuk Lee. Character Region Awareness for Text Detection. CVPR 2019.
- [3] Rishi Bommasani et al. On the Opportunities and Risks of Foundation Models. arXiv:2108.07258, 2021.
- [4] Tom Brown et al., "Language Models are Few-shot Learners," NeurIPS 2020.
- [5] Junbum Cha, Sanghyuk Chun, Gayoung

Lee, Bado Lee, Seonghyeon Kim, Hwalsuk Lee. Few-shot Compositional Font Generation with Dual Memory. ECCV 2020.

- [6] Yunjey Choi, Minje Choi, Munyoung Kim, Jung-Woo Ha, Sunghun Kim, Jaegul Choo. "StarGAN: Unified Generative Adversarial Networks for Multi-Domain Image-to-Image Translation." CVPR 2018.
- [7] Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, Kristina Toutanova. "BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding." NAACL 2019.
- [8] Jung-Woo Ha et al. ClovaCall: Korean Goal-Oriented Dialog Speech Corpus for Automatic Speech Recognition of Contact Centers. Interspeech 2020.
- [9] Byeongho Heo, Sanghyuk Chun, Seong Joon Oh, Dongyoon Han, Sangdoo Yun, Gyuwan Kim, Youngjung Uh, Jung-Woo Ha. "AdamP: Slowing Down the Slowdown for Momentum Optimizers on Scale-invariant Weights." ICLR 2021.
- [10] Min-Jae Hwang, Frank Soong, Eunwoo Song, Xi Wang, Hyeonjoo Kang, Hong-Goo Kang. "LP-WaveNet: Linear Prediction-based WaveNet Speech Synthesis." APSIPA 2020.
- [11] Min-Jae Hwang, Ryuichi Yamamoto, Eunwoo Song, Jae-Min Kim. "High-fidelity Parallel WaveGAN with Multi-band Harmonic-plus-Noise Model." Interspeech, 2021.
- [12] Hanjoo Kim, Minkyu Kim, Dongjoo Seo, Jinwoong Kim, Heungseok Park, Soeun Park, Hyunwoo Jo, KyungHyun Kim, Youngil Yang, Youngkwan Kim, Nako Sung, Jung-Woo Ha. "NSML: Meet the MLaaS platform with a real-world case study." arXiv:1810.09957, 2018.

- [13] Hwa-Yeon Kim, Jong-Hwan Kim, Jae-Min Kim. "NN-KoG2P: A Novel Grapheme-to-Phoneme Model for Korean Language." ICASSP, 2021.
- [14] Boseop Kim et al. What Changes Can Large-scale Language Models Bring? Intensive Study on Billions-scale Korean Generative Pretrained Transformers. EMNLP 2021.
- [15] Jinwoong Kim, Minkyu Kim, Heungseok Park, Ernar Kusdavletov, Dongjun Lee, Adrian Kim, Ji-Hoon Kim, Jung-Woo Ha, Nako Sung. "CHOPT: Automated hyperparameter optimization framework for cloud-based machine learning platforms." arXiv:1810.03527. 2018.
- [16] Takuma Okamoto, Tomoki Toda, Yoshinori Shiga, Hisashi Kawai. "Tacotron-based Acoustic Model using Phoneme Alignment for Practical Neural Text-to-Speech Systems." ASRU 2019.
- [17] Aaron van den Oord, Sander Dieleman, Heiga Zen, Karen Simonyan, Oriol Vinyals, Alex Graves, Nal Kalchbrenner, Andrew Senior, Koray Kavukcuoglu. "WaveNet: A Generative Model for Raw Audio." 9th ISCA Speech Synthesis Workshop, 2016.
- [18] Heungseok Park, Jinwoong Kim, Minkyu Kim, Ji-Hoon Kim, Jaegul Choo, Jung-Woo Ha, Nako Sung. "VisualHyperTuner: Visual Analytics for User-driven Hyperparameter Tuning of Deep Neural Networks." Demo@SysML Conference. 2019.
- [19] Heungseok Park, Yoonsoo Nam, Ji-Hoon Kim, Jaegul Choo. "HyperTendrill: Visual Analytics for User-Driven Hyperparameter Tuning of Deep Neural Networks." IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics 27(2). 2021.
- [20] Song Park, Sanghyuk Chun, Junbum Cha, Bado Lee, Hyunjung Shim. Multiple Heads are Better than One: Few-shot Font Generation with Multiple Localized Experts. AAAI 2021.
- [21] Sungjoon Park et al. KLUE: Korean Language Understanding Evaluation. arXiv:2105.09680. 2021.
- [22] Yi Ren, Chenxu Hu, Xu Tan, Tao Qin, Sheng Zhao, Zhou Zhao, Tie-Yan Liu. "FastSpeech 2: Fast and High-quality End-to-End Text to Speech." ICLR 2021.
- [23] Jonathan Shen, Ruoming Pang, Ron J. Weiss, Mike Schuster, Navdeep Jaitly, Zongheng Yang, Zhifeng Chen, Yu Zhang, Yuxuan Wang, RJ Skerry-Ryan, Rif A. Saurous, Yannis Agiomyrgiannakis, Yonghui Wu. "Natural TTS Synthesis by Conditioning WaveNet on Mel Spectrogram Predictions." ICASSP 2018.
- [24] Eunwoo Song, Ryuichi Yamamoto, Min-Jae Hwang, Jin-Seob Kim, Ohsung Kwon, Jae-Min Kim. "Improved Parallel WaveGAN vocoder with Perceptually Weighted Spectrogram Loss." SLT 2021.
- [25] Nako Sung, Minkyu Kim, Hyunwoo Jo, Youngil Yang, Jingwoong Kim, Leonard Lausen, Youngkwan Kim, Gayoung Lee, Donghyun Kwak, Jung-Woo Ha, Sunghun Kim. "NSML: A machine learning platform that enables you to focus on your models." MLSYS WS@NIPS 2017.
- [26] Ryuichi Yamamoto, Eunwoo Song, Jae-Min Kim. "Parallel WaveGAN: A Fast Waveform Generation Model based on Generative Adversarial Networks with Multi-resolution Spectrogram." ICASSP, 2020.
- [27] Ryuichi Yamamoto, Eunwoo Song, Min-Jae Hwang, Jae-Min Kim. "Parallel

Waveform Synthesis Based on Generative Adversarial Networks with Voicing-aware Conditional Discriminators.” ICASSP 2021.

- [28] Sangdoon Yun, Dongyoon Han, Seong Joon Oh, Sanghyuk Chun, Junsuk Choe, Youngjoon Yoo. “CutMix: Regularization Strategy to Train Strong Classifiers with Localizable Features.” ICCV 2019.
- [29] Hongyi Zhang, Moustapha Cisse, Yann N. Dauphin, David Lopez-Paz. mixup: Beyond Empirical Risk Minimization. ICLR 2018.
- [30] Jun-Yan Zhu, Taesung Park, Phillip Isola, Alexei A. Efros. “Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks.” ICCV 2017.



박 흥 석

이메일 : heungseok.park@navercorp.com

- 2016년 아주대학교 미디어학과 (학사)
- 2018년 KAIST 문화기술대학원 (석사)
- 2018년~현재 NAVER CLOVA software engineer
- 관심 분야: Visual analytics, Machine learning, Explainable AI



이 바 도

이메일 : bado.lee@navercorp.com

- 2003년 3월~2010년 2월 서울대학교 전기공학부 (학사)
- 2010년 3월~2012년 2월 서울대학교 컴퓨터공학부 Biointelligence Lab (석사)
- 2012년 8월~2017년12월 삼성전자 무선사업부 Multimedia 개발그룹
- 2018년 1월~현재 Naver Clova OCR 리더
- 관심분야: computer vision, OCR, document understanding

저 자 약 력



하 정 우

이메일 : jungwoo.ha@navercorp.com

- 2004년 서울대학교 컴퓨터공학부 (학사)
- 2015년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (박사)
- 2015년~2016년 네이버랩스 Tech Lead
- 2017년~2020년 네이버 CLOVA AI Research 리더
- 2020년~현재 네이버 AI Lab 연구소장
- 2021년~현재 서울대-네이버 초대규모 시연구센터 공동 센터장
- 2021년~현재 카이스트-네이버 초창의적 시연구센터 공동 센터장
- 2021년~현재 시미래포럼 공동의장
- 관심분야: AI, machine learning, computer vision, NLP, audio signal modeling, recommender system



황 민 제

이메일 : min-jae.hwang@navercorp.com

- 2011년 3월~2015년 8월 연세대학교 전기전자 공학부 (학사)
- 2015년 8월~ 2020년 2월 연세대학교 전기전자 공학부 대학원 (박사)
- 2017년 12월~2017년 12월 Naver Clova, Voice 팀, 인턴
- 2018년 1월~2018년 11월 Microsoft Research Asia, Speech 팀, 인턴
- 2019년 4월~현재 Naver Clova, Voice&Avatar 팀, Research scientist
- 관심 분야: Deep generative model-based speech synthesis, Neural waveform generation

미디어 트래픽 절감을 위한 SI영상전송판단시스템

정연민 (주식회사 퀴렌시스)

목 차	1. 서 론
	2. 본 론
	3. 구 현
	4. 결론 및 향후 연구 방향

1. 서 론

코로나 상황의 이전부터 ICT 발전과 그에 따른 인터넷 사용 인구 및 인터넷 콘텐츠 매체의 기하급수적인 증가로 다양한 콘텐츠를 즐길 수 있는 환경이 조성되어왔고 특히 COVID19 이후에는 그러한 인터넷 및 그에 따른 미디어의 사용이 이전보다 증가하였고 재택 및 원격 환경 조성을 통한 트래픽 사용량 증가는 세계적으로 정부가 나서서 제어를 권고할 만큼 심각한 상황에 이르렀으며 글로벌빅 데이터연구소에 따르면 뉴스·커뮤니티·블로그·카페·유튜브·트위터·인스타그램·페이스북·카카오스토리 등 12개 채널 조사 결과 넷플릭스의 온라인 정보량은 8027건(3월 5일 기준)으로 절대적으로 높다. 이는 넷플릭스를 키워드로 한 게시물 수로 지난 20년 2월 19일 3948건 대비 2배 이상 증가했다. 인터넷 서비스 접속 장애 모니터링 업체인 “다운디텍터”에 따르면 지난 29일(이하 현지시간) 유럽·북미를 중심

으로 넷플릭스, 디즈니 플러스 등 OTT 서비스와 엑스박스 라이브 등 게임 서비스가 일시적으로 중단됐다 (출처 : 디지털투데이)

IITP(정보통신기획평가원) 측은 보고서를 통해 “세계적인 코로나19 여파로 재택근무·원격강의·OTT 서비스 등이 급증하고 통신망 이용이 동반 증가하면서 서버 다운, 서비스 장애 등 대응 방안이 주요 과제로 부상했다”며 “특히 낙후된 인프라가 많은 유럽 국가는 폭발적으로 증가한 동영상 스트리밍, 온라인 쇼핑 등으로 인해 인터넷 서비스 장애가 빈번하게 발생한다”고 전했다. 이러한 상상상황등 비취볼 때 미디어 트래픽 등 영상 트래

	• 30일 동안 유럽의 모든 영상 스트리밍 전송률(비트레이트)을 낮추어 서비스
	• 유튜브 동영상 스트리밍 기본 화질을 고화질에서 표준화질로 다운
	• 애플TV+ 화질 다운
	• 전체 대역폭 활용률을 최소 25% 낮추는 방안 검토
	• 인스타그램 등을 포함 서비스의 스트리밍 전송률 다운
	• 유럽 인터넷 서비스업체와 협력해 ‘플레이스테이션 네트워크(PSN)’ 다운로드 속도를 낮추는 방안 검토

(그림 1) EU 시장에서의 인터넷 트래픽 대응 방안



(그림 2) OTT 서비스 증가 추이

픽에 대해 안정적인 서비스와 더불어 효율적인 제어 및 관리 기술이 절실히 필요하여 보다 효율적이고 안정적인 미디어 트래픽의 기술적으로 제어할 수 있는 수단을 제공하고 언택트 시대에 미디어 서비스가 더욱 확산될 수 있도록 미디어 영상 제어를 보다 효율적으로 구성하여 트래픽 절감 및 서비스 인프라 운영 비용의 절감을 할 수 있는 다양한 기술 개발이 필요하다.

2. 본 론

미디어 영상의 전송은 단방향 또는 양방향으로 영상을 전송하고 필요에 따라 다르기는 하지만 WEB-RTC 및 CMAF, HLS 등의 다양한 프로토콜을 통해 송수신하는 것이 일반적이다. WEB-RTC 기술은 영상은 RTSP 그리고 음성은 SIP 프로토콜과 유사하게 트래픽을 양방향으로 전송을 하며 기본적으로는 P2P(Peer to Peer)를 목적으로 개발이 된 ICE 기반의 서비스 프로토콜로써 구글, 모질라 등의 개방소스 프로젝트 Javascript API 를 통해 별도의 설치 없이 웹에서 자유로이 양방향 커뮤니케이션을 하고자 개발이 된 프로토콜로써 실시간성의 양방향에 매우 최적화되어 있어 최근 웹기반의 화상 분야에 널리 사용이 되고 있다. 글로벌 최고의 사용량을 자랑하는 ZOOM 역시 그 시작은 WEB-RTC를 기반에

두고 서비스를 시작하였다.

2.1 WEB-RTC

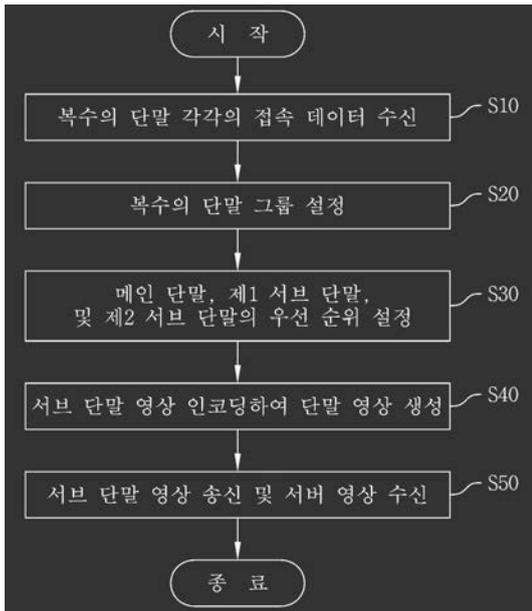
일반적으로 웹 실시간 통신을 위해서는 일반적으로 WebRTC(Web Real-Time Communication) 프로토콜을 이용한 양방향 영상 전송 방식이 사용되고 있다. 이러한 웹 실시간 프로토콜 방식은 크게 3가지 방식의 연결 매커니즘을 사용하는데 P2P, (Peer to Peer), SFU(Selective Forwarding Unit), MCU(Multipoint Control Unit) 연결 방식을 이용하고 있다. P2P 방식은 중앙시스템은 중계 역할만역 담당하고 사용자 단말끼리 직접 연결을 유도하기 때문에 서비스 인프라는 가장 적은 비용으로 구축이 가능 하나 다자간 접속의 경우 서비스 안정을 확보하기 어려우며 SFU 연결 방식은 복수의 단말의 영상 데이터를 각각 별도로 처리함으로써 과도한 네트워크 트래픽이 발생하는 문제점이 있다. 또한, MCU 연결 방식은 중앙 서버에서 영상을 인코딩하여 재전송 하여 중앙 서버의 과도한 부하가 발생하고, 이러한 과도한 부하를 처리하기 위한 고서버의 고사양 서버가 필요하게 됨으로써 과도한 비용이 발생한다는 문제점이 있었다.

2.2 요구 기능

본시스템은 다자간 양방향 영상 송수신시 발생하는 중앙 장치의 미디어 영상 처리 기능을 사용자 단말 단으로 분산시킴으로써 서버의 부하를 감소시키고 영상 전송에 따른 네트워크 트래픽을 절감시키고 서비스의 안정성을 확보할 수 있다.

2.3 시스템 설계 방안

시스템은 복수의 단말과 그 단말로부터 영상 데이터를 수신하고 수신되는 복수의 단말 환경을 과



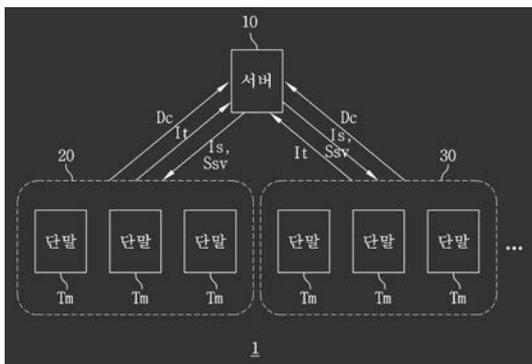
(그림 3) 시스템 Flow

약하여 단말 간 그룹의 정보의 정책을 수립한다. 수립 및 확정된 그룹내 단말의 성능을 파악 하여 단말 내 메인 단말과 서버 단말을 구분 짓는다.

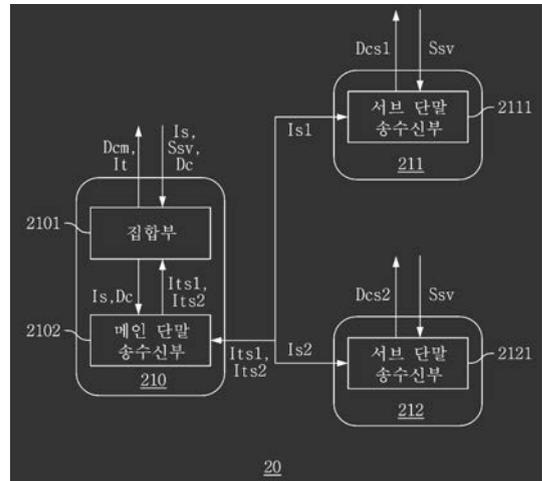
일반적인 화상의 경우 동일 공간 내에서 미디어 접속을 하는 경우가 존재하며 이러한 경우 동일 무선 단말에 접속하는 경우 각 사용자 별 트래픽이 발생하여 대역폭을 차지하게 된다. 이를 극복하고 동일 와이파이 접속의 사용자에 대해 메인

사용 단말과 서버 사용 단말로 구분하고 중앙 시스템에서 그룹화 된 사용자 (동일 와이파이 접속의 사용자)를 감지하고 그룹 사용자내 사용 단말의 성능을 구분하여 메인 사용 단말을 지정하고 그 외 사용자를 서버 사용 단말로 지정한다.

이후 서버 사용 단말의 영상을 서버로 직접 전송하는 것이 아니라 메인 단말에 영상을 P2P 방식으로 송출하고 메인 단말에서는 각각의 서버 단말로부터 수신된 영상 트래픽을 인코딩 하여 하나의 세션으로 서버와 통신함으로써 서버의 그룹 된 다수의 사용 단말 영상이 아닌 인코딩된 하나의 메인 영상만을 수신함으로써 트래픽이 절감되는 효과를 가져온다.



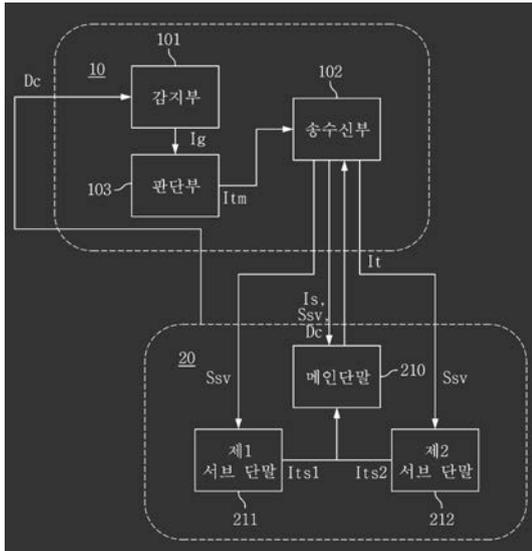
(그림 4) 서버와 단말 구조도



(그림 5) 서버 단말 서비스구성도

3. 구 현

중앙 서버는 각 사용 단말을 접속을 관리하는 감지부(시그널링 서버)와 각 사용단말의 그룹 정보의 탐지 및 생성하는 판단부(폴리싱 서버)와 미디어 영상의 송수신하는 송수신부로 구분된다. 감지부는 각 접속 단말의 정보를 통해 화상 생성 및



(그림 6) 시스템 트래픽 Flow

네트워크 관리 등의 기능을 제공하며 판단부는 사용자의 접속 유형등을 파악하여 유 무선 접속 정보를 취득하고 무선 접속 단말의 경우 무선 AP의 맥주소를 통해 동일 그룹 여부를 판단하여 본 제안의 기능이 동작 할 수 있도록 동작 한다. 판단부는 감지부로부터 획득한 각종 사용자 정보 세션을 처리할때 AI 에이전트의 로부터 획득한 정보를 기초로 판단하며 각 단말에 설치된 AI 에이전트는 주변 사용자 단말을 검출 하고 인근 사용자 단말 정보를 검출 하여 이를 공유 한다. 각각의 사용자 단말은 상호 유기적인 세션을 통해 그룹 및 개인 세션 처리 여부를 중앙 판단부로부터 정보를 공유 한다..이를 통해 각 단말은 그룹영상 전송 및 개별 영상 전송에 대한 정보를 결정 한다.

4. 결론 및 향후 연구 방향

앞에서 언급한 바와 같이 본 연구는 미디어 트래픽 을 발생시키는 다양한 프로토콜 중

WEB-RTC (Web-Real Time Communication) 기반의 화상 트래픽의 효율적인 전송 구현을 위해 미디어 단말간 영상 처리 기술을 SFU/MCU/P2P 기술을 효율적으로 연계함으로써 각 서비스에서 발생하는 장점과 단점을 혼용하여 단말 및 서버 간 발생하는 인프라 비용 및 네트워크의 효율적인 관리를 통해 저비용 고가용성의 미디어 환경 구축을 통한 서비스 사업자의 경쟁력 확보를 기대할 수 있게 해준다. 트래픽 비용 및 인프라 운영 비용 절감을 할 수 있을 뿐만 아니라 다양한 자원의 효율적인 분산 배치를 통한 하이아라키한 서비스 운영 구조를 구체화할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] WebRTC 기반의 화상회의 시스템과 이기종 단말들간의 상호 연동성 확보를 위한 시스템 구조 설계 및 개발 - 한국정보과학회, 2017, 04

저 자 약 력



정 연 민

이메일 : ymjcong@querensys.com

- 2007년~2015년 아라기술 기술/영업 총괄
- 2017년 고려사이버대학교 소프트웨어공학과 (학사)
- 2020년 국민대학교 대학원 글로벌창업벤처대학원 창업학 (석사)
- 2017년~현재 주식회사 퀘렌시스 대표이사
- 관심분야: AI, 멀티미디어, AR/VR

합성 곱 신경망 기반 녹내장 탐지모델 설계에 관한 연구

지세현 · 김기영 · 유지호 · 유승호 (주유스바이오글로벌)

목 차

1. 서 론
2. 관련 연구
3. 합성 곱 신경망 기반 녹내장 탐지모델
4. 실험 및 결과
5. 결론 및 향후연구

1. 서 론

녹내장(Glaucoma)은 당뇨병망막병증(Diabetic Retinopathy), 황반변성(Macular Degeneration)과 함께 3대 실명 원인에 속하는 질환이다. 녹내장은 눈에서 대뇌로 시각 정보를 전달하는 시신경이 손상되는 질환 중 하나로써, 녹내장으로 시신경이 손상되면 시야가 점점 좁아지며 결국에는 실명에 이르게 된다. 그러나 말기까지 질환자가 느끼는 증상은 거의 없다[1]. 말기까지 질환자가 느끼는 증상이 거의 없기 때문에 녹내장을 조기 탐지하는 것은 실명 예방에 있어 중요하다. 녹내장 탐지는 안저영상 촬영을 통해 안과전문의의 진단을 통해 이루어진다.

인공지능 기술이 발전함에 따라 인공지능 기술을 결합한 의료기술에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 인공지능 기술을 기반으로 녹내장을 탐지하는 연구도 그중 하나이다. 인공지능 기술과

의료인공지능을 결합을 통해 안과전문의의 노동 강도를 줄이고, 양질의 의료서비스를 제공하는 것을 목표로 한다.

합성 곱 신경망은 인공지능 모델 중 이미지 분류에 강력한 성능을 보이는 알고리즘이다. 합성 곱 신경망의 성능은 학습데이터, 모델을 구성하고 있는 Hyper-parameter에 따라 달라진다. 학습데이터의 경우 안저영상은 의료데이터이기 때문에, 온라인상에서 쉽게 수집할 수 없다. 이를 해결하기 위해 AI hub[2]에서 제공하는 오픈 데이터셋 중 하나인 녹내장/일반 안저영상을 이용하여 합성 곱 신경망의 학습데이터로 사용하고, 여러 가지 Hyper-parameter 조합을 구성하여 합성 곱 신경망을 설계한다.

본 논문은 인공지능 기술을 결합한 의료기술에 관한 연구에 발맞추어 인공지능 알고리즘 중 하나인 합성 곱 신경망을 기반으로 녹내장을 탐지하는 모델 설계방법을 제안한다. 제안하는 방법은 데이

터 전처리, 합성 곱 신경망 설계과정을 거쳐 학습 모델을 완성하고, 검증과정을 통한 모델의 성능을 측정함으로써 제안하는 방법의 적합성, 타당성을 검증한다. 본 논문은 서론에 이어 2장에서 인공지능 기반 안저질환 탐지와 관련된 연구에 대해 기술하고, 3장에서 제안하는 방법론에 대해 기술한다. 4장에서 실험을 통한 결과를 분석하고, 마지막 5장에서 결론 및 향후 연구를 언급하며 논문을 마친다.

2. 관련 연구

본 장에서는 인공지능 기반 안저질환 탐지와 관련된 연구에 대해 기술한다. 인공지능을 기반으로 안저질환을 탐지하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 안저영상은 인공지능 기반 안저질환 탐지에 쓰이는 필수적인 데이터이다. 따라서 영상처리에 강력한 성능을 보이는 합성 곱 신경망 알고리즘이 인공지능을 구축하는데 주로 사용된다.

2.1 삼출물, 출혈 및 미세 동맥류 검출을 위한 안저영상 분석

[3]은 합성 곱 신경망은 당뇨망막병증의 징후를 감지 하기위한 안저 이미지의 자동 분석을 위한 연구를 배경으로 합성 곱 신경망의 성능 중 감도가 낮은 문제를 지적하고 삼출물, 출혈 및 미세 동맥류를 자동으로 동시에 감지하기 위해 합성 곱 신경망의 확률적 출력력을 사용하는 대체 방법을 제안했다.

2.2 안저 영상을 이용한 심층 합성 곱 신경망 기반의 당뇨망막병증 조기 자동탐지

[4]는 시력 상실의 주요 원인 중 하나인 당뇨망

막병증의 자동탐지를 위한 방법을 제안한다. 당뇨 망막병증을 진단하는데 있어 중요한 특징들을 추출하는 방법들이 제안되었지만 여전히 의료진이 많은 시간을 소모하고 있음을 언급했다. 이를 해결하고자 안저 영상을 학습한 심층 합성 곱 신경망 모델을 제안했고, 데이터 세트에서 94.5%의 정확도를 나타냈다.

2.3 결합된 합성 곱 신경망과 순환신경망 기반 향상된 녹내장 탐지

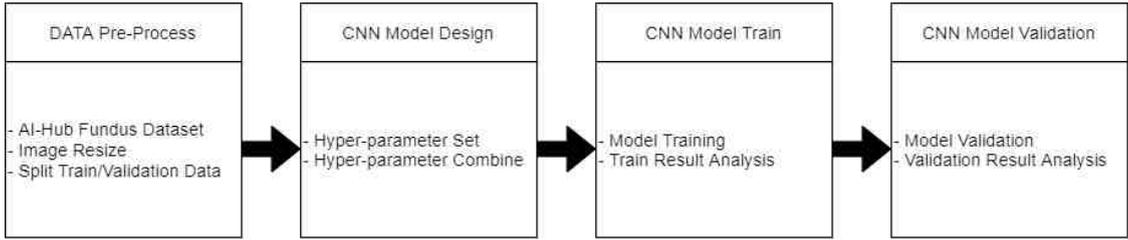
[5]는 녹내장을 감지하기 위해 합성 곱 신경망과 순환 신경망을 결합한 형태의 모델을 제안한다. 합성 곱 신경망을 통해 공간적 특징을 추출하고, 순환 신경망을 통해 시간적 특징을 같이 학습하여 96.2% F-measure를 달성했다. 기존, 79.2% 성능을 내는 합성 곱 신경망보다 월등히 높은 성능을 보여준다.

2.4 Attention 모델 기반 녹내장 탐지

[6]은 합성 곱 신경망에 성능향상에 기여한 attention 메커니즘을 이용한 녹내장 검출 알고리즘인 AG-CNN을 제안했다. 제안하는 알고리즘을 완성시키기 위해 녹내장 2,392장, 비녹내장 3,432장의 데이터베이스를 구축했다. 실험 결과를 통해 제안하는 방법인 AG-CNN 접근법이 최첨단 녹내장 검출을 크게 발전시켰음을 보여준다.

3. 합성 곱 신경망 기반 녹내장 탐지모델 설계

본 장에서는 합성 곱 신경망 기반 녹내장 탐지 모델 설계방법에 대해 기술한다. 합성 곱 신경망 기반 녹내장 탐지모델은 (그림 1)과 같이 데이터



(그림 1) 합성 곱 신경망 기반 녹내장 탐지모델 설계과정

전처리, 합성 곱 신경망 구축, 합성 곱 신경망 학습 및 검증과정을 통해 완성한다.

보는 <표 1>과 같다. 정상소견 영상 2,179장, 녹내장소견 영상 1019장이다.

3.1 정상/녹내장 안저데이터

본 절에서는 정상/녹내장 안저데이터에 대해 기술한다. AI-hub는 2018년부터 안저데이터를 수집하여 오픈데이터 형태로 제공하고 있다. 제공하고 있는 안저데이터의 형태는 (그림 2)와 같다.

수집된 정상/녹내장 안저데이터에 대한 수량정

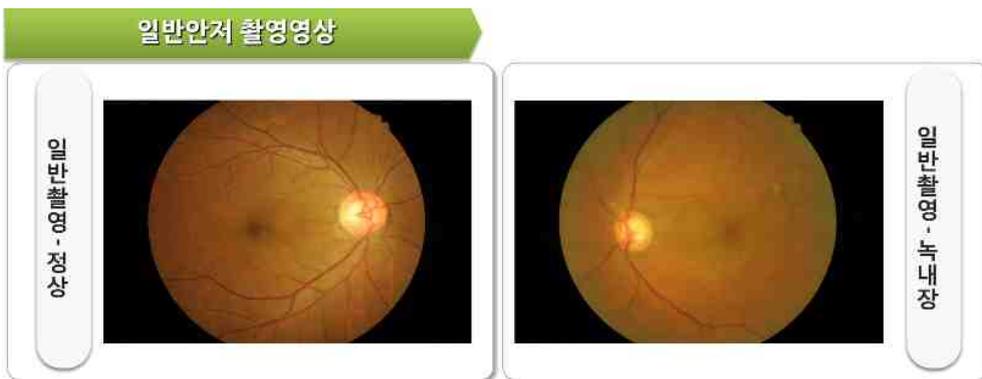
3.2 데이터 전처리

본 절에서는 정상/녹내장 안저데이터를 합성 곱 신경망의 학습데이터로 사용하기 위한 데이터 전처리 과정에 대해 기술한다. 정상/녹내장 안저데이터의 크기는 각각 다르다. 그러나 합성 곱 신경망의 학습데이터로 사용하기 위해서는 이미지의 크기는 일치되어야 한다. 이미지의 크기를 일치시키기 위해 <표 2>와 같은 내용으로 Resize한다. 이미지크기에 따른 합성 곱 신경망의 성능을 파악하기 위해 인위적으로 3개의 크기로 구성하여 학습데이터를 정의한다.

정상/녹내장 데이터 개수는 일치하지 않는다.

<표 1> 정상/녹내장 안저영상 수량정보

종류	영상(장)
일반 정상	2,179
일반 녹내장	1,019



(그림 2) 정상/녹내장 안저영상

<표 2> 이미지 크기에 따른 데이터셋 정의

이미지 크기	데이터셋 정의
360x240	S1
240x160	S2
120x80	S3

각 항목별 데이터의 개수가 불균형한 상태에서 학습이 되면 데이터 불균형학습을 초래할 수 있다. 따라서 데이터 비율에 따른 합성곱 신경망의 성능을 파악하기 위해 <표 3>과 같이 데이터 개수의 일치 여부를 기준으로 정의한다.

<표 3> 이미지 개수에 따른 데이터셋 정의

데이터 개수	데이터셋 정의
정상 1019 / 녹내장 2,179	D1
정상 1019 / 녹내장 1,019	D2

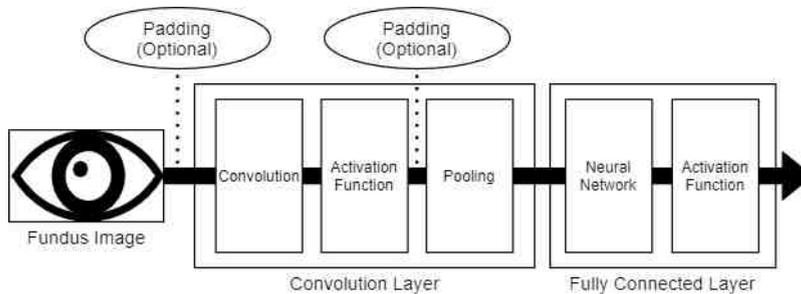
3.3 합성곱 신경망 구조

본 절에서는 합성곱 신경망의 구조에 대해 기술한다. 합성곱 신경망의 구조는 (그림 3)과 같다. 합성곱 신경망은 데이터 전처리과정을 통해 구축된 학습데이터를 Convolution Layer와 Fully Connected Layer를 통해 학습한다. Convolution

Layer는 Convolution 연산, Activation Function, Pooling 연산을 수행하고, Convolution Layer를 통해 나온 값은 Neural Network, Activation Function 연산을 수행하는 Fully Connected Layer로 입력되어 최종적으로 결과를 출력한다. 그 이외에 이미지의 크기를 일치시켜주기 위한 Padding 기법을 Convolution 연산 전, Pooling 연산 전에 선택적으로 적용할 수 있다.

3.4 합성곱 신경망 Hyper-parameter

본 절에서는 합성곱 신경망을 구성하는 Hyper-parameter에 대해 기술한다. 합성곱 신경망의 성능은 Hyper-parameter 조합에 따라 달라진다. 합성곱 신경망을 구성하는 Hyper-parameter에 대한 설명은 <표 4>와 같다. Convolution 연산에 필요한 Convolution Filter의 개수 및 크기, Activation Function, Pooling의 종류, Padding의 유무, Neural Network의 수이다. Convolution Filter Size, Neural Network의 수의 경우 임의의 값으로 설정이 가능하기 때문에 N으로 표기한다. 여러 Hyper-parameter 조합을 구성하여 가장 좋은 분류 성능을 보이는 합성곱 신경망을 탐색하는 과정이 필요하다.



(그림 3) 합성곱 신경망 구조

〈표 4〉 합성 곱 신경망 Hyper-parameter

Hyper-parameter 종류	항목
Convolution Filter Size	N * N
Activation Function	Sigmoid, Tanh, ReLU, Leaky_ReLU
Pooling	Max Pooling, Average Pooling
Padding	SAME, VALID
Number of Neural Network	N

3.5 합성 곱 신경망 학습 및 검증

본 절에서는 합성 곱 신경망의 학습 및 검증과정에 대해 기술한다. 가장 좋은 성능의 합성 곱 신경망을 선정하기 위해 (그림 4)와 같이 학습 및 검증과정을 거친다. 데이터 전처리 과정을 통해 완성된 실험데이터를 학습/검증 데이터셋으로 구분한다. 학습데이터 셋은 합성 곱 신경망 모델이 학습하는데 사용된 데이터를 의미하고, 검증데이터 셋은 학습데이터 셋을 제외한 데이터를 의미한다. 모델의 성능을 평가의 신뢰성을 높이기 위해 **K-fold Cross Validation** 기법을 적용하여 합성 곱 신경망을 학습 및 검증한다.

4. 실험 및 결과

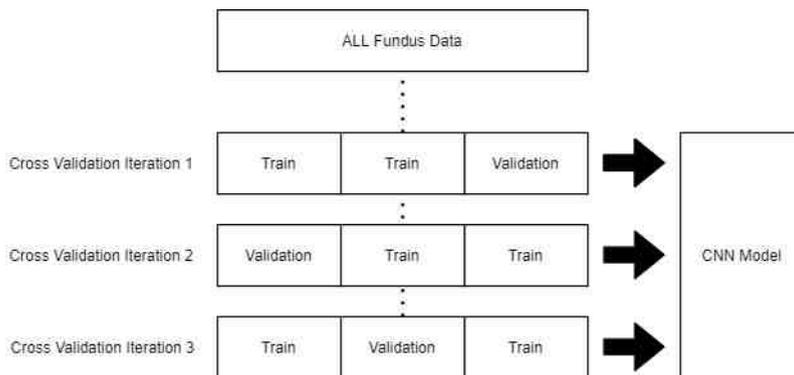
본 장에서는 합성 곱 신경망의 녹내장 탐지 정확도를 측정하는 실험 및 결과에 대해 기술한다. 실험 환경은 <표 5>와 같이 구성한다. 리눅스 환경의 **Python**을 이용하여 합성 곱 신경망을 구축하여 실험을 진행한다.

〈표 5〉 실험환경

구분	설명
Ubuntu16.04 LTS	Linux 기반의 운영체제
Python2.7	개발언어
Jupyter Notebook	python 빌드를 지원하는 웹 어플리케이션
Keras	python 기반의 딥러닝 라이브러리

4.1 실험 데이터

본 절에서는 실험데이터의 정보에 대해 기술한다. 데이터 전처리 과정을 통해 구성된 크기/개수 별 데이터셋을 조합하여 <표 6>과 같이 총 6개의 실험 데이터셋으로 구성한다.



(그림 4) 합성 곱 신경망 학습 및 검증과정

〈표 6〉 데이터셋 조합에 따른 실험데이터셋 정의

데이터 셋 조합	실험데이터 셋 정의
D1S1	Experiment Set1 (ES1)
D1S2	Experiment Set2 (ES2)
D1S3	Experiment Set3 (ES3)
D2S1	Experiment Set4 (ES4)
D2S2	Experiment Set5 (ES5)
D2S3	Experiment Set6 (ES6)

4.2 실험 모델

본 절에서는 실험에 사용하는 합성 곱 신경망의 Hyper-parameter 구성에 대해 기술한다. 표 7과 같이 [7]의 연구결과에서 우수한 분류정확도를 보

이는 모델을 토대로 우수한 분류 성능을 나타내는 합성 곱 신경망 모델을 8개를 선정하여 정의한다. 선정된 8개의 합성 곱 신경망 모델 중 실험데이터 셋을 통해 학습 및 검증과정에서 가장 우수한 성능을 보이는 모델을 찾기 위함이다.

4.3 합성 곱 신경망의 학습 / 검증 정확도

본 절에서는 합성 곱 신경망의 녹내장 탐지 학습/검증 정확도에 대해 기술한다. 학습/검증 실험 결과는 <표 8, 9>와 같다. 8 종류의 합성 곱 신경망은 6종류의 실험 데이터 셋을 학습하고 검증데이터를 통해 도출된 학습 / 검증 결과이다.

〈표 7〉 합성 곱 신경망 모델 정보

Model No.	Number of Convolution Filter & Size	Convolution Activation Function	Pooling	Padding	Neural Network Activation Function	Number of Neural Network
1	5×5×32	Leaky_ReLU	Max Pooling	SAME	Leaky_ReLU	1024
2	5×5×32	Leaky_ReLU			Sigmoid	
3	5×5×32	ReLU			Leaky_ReLU	
4	5×5×32	ReLU			Sigmoid	
5	7×7×32	Leaky_ReLU			Leaky_ReLU	
6	7×7×32	Leaky_ReLU			Sigmoid	
7	7×7×32	ReLU			Leaky_ReLU	
8	7×7×32	ReLU			Sigmoid	

〈표 8〉 학습 실험결과

Data / Model	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	Model 평균
1	92.74%	95.81%	90.30%	87.76%	83.39%	86.35%	76.76%
2	87.62%	90.02%	91.77%	89.79%	83.26%	88.18%	76.09%
3	90.09%	90.33%	94.54%	86.75%	89.05%	91.74%	77.93%
4	89.33%	92.02%	90.40%	86.85%	83.77%	85.64%	76.00%
5	91.63%	92.63%	88.40%	85.41%	89.09%	83.49%	76.52%
6	85.54%	94.65%	91.11%	83.58%	88.21%	89.90%	77.00%
7	94.66%	94.72%	92.20%	84.99%	87.64%	89.32%	78.65%
8	87.83%	88.83%	92.69%	83.67%	90.05%	91.30%	77.48%
Data 평균	80.05%	82.33%	81.60%	76.98%	77.72%	79.10%	

〈표 9〉 검증 실험결과

Data Model	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	Model 평균
1	83.68%	85.37%	85.88%	85.56%	85.24%	82.67%	72.77%
2	84.37%	86.57%	84.02%	84.98%	83.54%	82.09%	72.51%
3	83.55%	87.88%	83.30%	84.41%	81.39%	85.34%	72.70%
4	85.32%	84.62%	85.18%	81.70%	82.65%	84.74%	72.60%
5	85.62%	88.98%	89.79%	83.36%	82.50%	86.24%	74.50%
6	83.70%	89.45%	84.00%	82.70%	83.04%	84.13%	73.29%
7	89.32%	89.28%	83.67%	84.31%	86.09%	82.74%	74.63%
8	83.61%	85.22%	83.29%	82.45%	83.34%	85.25%	73.02%
Data 평균	75.57%	77.71%	75.79%	74.83%	74.75%	75.47%	

4.4 실험결과 상세 분석

본 절에서는 녹내장 탐지를 위한 합성 곱 신경망 모델의 학습 및 검증 실험결과에 대해 상세하게 분석한다. 학습정확도가 가장 높은 경우는 ES2의 데이터셋을 사용한 모델 1이다. 그러나 ES1,2,3의 경우 데이터의 개수가 불균형하기 때문에 정상 데이터에 대한 정확도가 높게 나와 객관성이 떨어진다. 따라서 ES6 데이터셋을 학습데이터로 사용하는 것이 좋은 학습정확도를 달성시키고 그 모델 중 가장 높은 학습정확도인 91.74%를 보이는 모델은 3이다. 모델 3의 검증 정확도는 약 85%로 학습에 대한 검증정확도가 약 7%정도 차이가 발생한다. 이는 합성 곱 신경망의 관점에서 ES6 데이터셋이 녹내장/정상을 탐지해내는 패턴이 존재한다는 것을 알 수 있다. 검증 정확도 측면에서 보면 ES5 데이터셋을 사용한 7번 모델이 가장 높은 검증 정확도를 보였다. 따라서 7번 모델의 경우 전체 모델 중 평균 검증 정확도가 가장 높게 나왔고, ES5 데이터셋에 대한 녹내장/정상을 탐지하는 패턴에 대해 잘 학습이 되었다고 볼 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문은 녹내장 탐지를 위한 합성 곱 신경망 기반 녹내장 탐지 모델을 설계하는 방법을 제안했고, 제안하는 방법을 토대로 여러 가지 경우의 데이터셋과 합성 곱 신경망의 학습 및 검증 실험을 진행하였다. 실험결과 분석을 통해 제안하는 방법의 타당성 적합성을 검증하였다. 향후 연구로는 녹내장뿐만 아니라 실명을 초래하는 안질환에 대한 데이터를 수집하여 높은 탐지 정확도를 보이는 인공지능 모델을 설계할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 박영순, “기척 없는 불청객 녹내장, 조기발견이 중요”, 헬스조선
- [2] AI Hub[웹사이트], (2021.05.24.), “https://aihub.or.kr/aidata/131”
- [3] KHOJASTEH, Parham; ALIAHMAD, Behzad; KUMAR, Dinesh K. Fundus images analysis using deep features for detection of exudates, hemorrhages and microaneurysms. BMC ophthalmology, 2018, 18,1: 1-13.
- [4] XU, Kele; FENG, Dawei; MI, Haibo. Deep

convolutional neural network-based early automated detection of diabetic retinopathy using fundus image. *Molecules*, 2017, 22,12: 2054.

- [5] GHEISARI, Soheila, et al. A combined convolutional and recurrent neural network for enhanced glaucoma detection. *Scientific reports*, 2021, 11,1: 1-11.
- [6] LI, Liu, et al. Attention based glaucoma detection: A large-scale database and cnn model. In: *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2019, p. 10571-10580.
- [7] 지세현, et al. 합성 곱 신경망 기반 웹 응용 트래픽 분류 모델 설계. *한국통신학회논문지*, 2019, 44,6: 1113-1120.



김 기 영

이메일 : kykim@youthbioglobal.com

- 2021년 4월~현재 ㈜유스바이오글로벌 연구원
- 관심분야: 머신비전, 인공지능, 빅데이터 분석



유 지 호

이메일 : jiho@youthbioglobal.com

- 2009년 9월~2012년 2월 고려대학교 교육대학원 교육정보 전공 석사
- 2014년 2월~2016년 2월 동국대학교 교육학과 HRD 박사 수료
- 2017년~현재 ㈜유스바이오글로벌 이사
- 관심분야: 통계분석, 에듀테크, 챗봇

저 자 약 력



지 세 현

이메일 : shji@youthbioglobal.com

- 2018년~고려대학교 컴퓨터정보학과 (학사)
- 2018년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 (석사과정)
- 2021년~현재 ㈜유스바이오글로벌 주임연구원
- 관심분야: 기계학습, 인공지능, 빅데이터 분석



유 승 호

이메일 : ceo@youthbioglobal.com

- ㈜유스바이오글로벌 대표이사
- 서울대학교 의과대학 임상외과학과 총동창회장
- 한국의료제품임상연구회 부회장
- 동국대학교 겸임교수 (Medical Biotech Dept)
- 산자부 무역기술장벽 대응위원회 바이오 의료산업계 대표위원
- 식약처 민관국제협력단 IMDRF 임상평가팀장
- 관심분야: 경영 / R&D

검진 병원의 서비스 및 업무효율 향상을 위한 문진표 DB기반 AI 솔루션 적용 방안 연구

박준영 (씨앤씨에이드 주식회사)

목 차

1. 서 론
2. 보건의료 DB활용 현황 및 관련 기술, 시장 동향
3. 문진표 DB기반 AI솔루션 적용 방안 연구
4. 개인정보 보안을 위한 솔루션 연구
5. 결 론

1. 서 론

현재 우리나라에서 검진 대상 국민들을 대상으로 실시하는 건강검진은 검진체계의 비효율성과 개인정보유출의 문제로 인해 대량의 우수한 검진 DB를 원활히 사용하지 못하여 사회적, 경제적으로 막대한 자원을 낭비하고 있다.

기존 건강검진 검진체계를 살펴보면 검진 수검자의 문진표 작성은 우편 또는 현장방문으로 문진표 수령 후 작성을 하거나 현장 방문하여 작성을 하였고 이는 우편비용등 직, 간접비가 소모되었으며 TAT(TURN AROUND TIME)에 많은 제약을 가져오고 있고 제반 비용의 상승과 검진 효율의 저하를 가져오고 있다.

또한 문진표의 경우 각 검진기관별로 5년의 보관이 법적으로 정해져 있어 보관 장소와 필요시 해당 자료를 찾기 위한 인건비등 불필요한 비용의 문제가 발생하며 결과처리 또한 개인에게 현장 또

는 우편, E-MAIL 등으로만 전달되고 있어 효율적이고 스마트한 검진체계의 보급, 확대가 전혀 이루어지고 있지 않은 실정이다.

이를 개선하기 위하여 병원 유지, 보수 업체를 비롯한 많은 일반 IT 업체들이 관련 솔루션을 개발하고 있으나 검진병원 및 공단의 업무체계를 간과한 채 개인 수검자 및 개발자 위주의 솔루션 개발을 하다보니 개인정보유출을 비롯한 다양한 문제로 검진병원에서 채택하지 않아 스마트 한 미래 유망 산업인 스마트 헬스케어 산업에서 뒤처지고 있다.

현재 국내 종별 검진기관 현황을 보면 종합병원급 343개, 병원급 1,142개, 의원급 8,658개, 보건기관 157개로 총 10,000여곳에 이르며 위 문진표를 이용하여 엄청난 양의 DB를 만들 수 있다.

따라서 기존 위 10,000여 검진병원에서 1년동안 1,400만명에게 행하여지는 건강검진 문진 및 결과지 발송과정에서 발생하는 고비용, 저효율적

인 시스템을 개선하고 기존 문진표의 디지털화를 통해 얻은 양질의 가공 DB에 AI 적용한다면 연령, 성별, 가족력 등을 분석하고 각 수검자의 향후 발병 확률이 높은 질병을 안내하도록 설계하여 더욱더 향상된 K-의료를 구축할 수 있다

이러한 건강검진 문진표의 디지털 DB화 및 AI 기술적용은 개인적으로는 최근 사회적 문제로 대두되고 있는 코로나 시대에 언택트(Untact)에 기여하고 개인 수검자의 검진시 시간을 절약하면서도 완성도 높은 양질의 검진서비스를 받을 수 있으며 검진 후에도 디지털화된 이력관리 및 분석을 통해 사후 관리가 가능하게 된다.

검진병원에서는 비용절감, 업무 효율 향상 및 디지털화를 통한 충성 고객의 확보등 경쟁력 향상으로 이어지며 국가적으로는 국민보험공단의 재정건전화로 이어질 수 있으므로 모든 관련 주체가 윈-윈할 수 있는 방법으로써 검진 병원의 서비스 및 업무효율 향상을 위한 문진표 DB기반 AI 솔루션 적용 방안 연구에 대해 다루고자 한다.

2. 보건 의료 DB활용 현황 및 관련 기술, 시장 동향

2.1 검진 DB 활용현황

위 그림 1은 의료기관의 전자 의무기록 즉 EMR의 보급 및 사용율에 관한 것으로 우리나라는 92%의 보급률 미국 60%, 유럽의 84%를 크게 상회하여 IT강국답게 당당히 세계 1위의 위치를 갖고 있으나 개인정보유출의 우려로 막대한 자료를 전혀 활용하지 못하고 있는 상황이다

이러한 우수한 EMR보급 및 사용율은 종합검진 체계에도 적용되어 심사평가원에 등록 된 1만여 검진기관은 검진 대상자가 발생 시 예약과 동시에 문진표를 발송하거나 검진기관을 방문하여 문진



(그림 1) 국내 보건 의료 데이터 보급 현황

표 작성을 시작으로 검진을 진행하고 있다.

하지만 현재 1만 여개 검진기관은 어떤 이유에서 기인하는지는 알 수 없지만 접수, 예약과 결과 처리등 단순 업무만을 EMR과 연동하여 전산화 시스템으로 구축하고 그 이외의 업무는 거의 수작업을 이용하여 진행함에 따라 뛰어난 EMR 관련 시스템을 전혀 활용하지 못하고 있다.

아직도 이로 인해 생기는 비효율을 인력으로 감당하고 있는 상황이며 수검자가 문진표 작성과정에서 생기는 시간, 공간, 송달비용 등으로부터 발생하는 직접비, 간접비등으로 많은 비용이 발생되어 이는 검진기관 및 공단 넓게는 국민에게는 국민건강보험료 상승을 초래하고 있는 실정이다.

또한 국민건강보험공단의 검진을 받은 후 누적 결과를 사용하여 개인적인 사후 건강관리를 가능하게 하거나 다음 번 검진에 참조 활용하게 하는 시스템의 개발은 전무한 상태로 만약 수검자가 다음 번 검진에서 다른 병원을 선택한다면 이전의 의무기록이나 검진기록은 알 수 없는 상황이고 같은 병원을 선택한다하더라도 문서로 보관되어 있는 방대한 기록에서 찾아내기가 쉬운 일을 아니며 이는 보관비용, 관리비용, 인력낭비로 이어지고 있는 상황이다

우수한 우리나라의 건강검진 정책은 국민에게 검진을 독려하고 국민에게 기본적인 건강상태를 인지시키며 이를 기반으로 관련 정책이나 틀을 마련하여 초기 질환발견을 높이고 적절한 치료로 보건의 질이 향상되었지만 아쉽게도 국민 개인적 검진 DB관리 및 활용등은 아직 미흡한 것으로 판단된다

따라서 EMR 시스템의 구축 및 활용에 있어 세계 1위의 위치를 갖고 있는 우리나라는 가장 기본적인 건강검진시 문진표의 작성 및 활용에 있어 문진표의 디지털화를 통한 DB가공과 이를 기반으로 하는 AI솔루션 개발 그리고 개인정보 보호기술을 바탕으로 수검자 개인의 편의향상은 물론 검진 병원 및 국가 의료산업의 경쟁력 향상의 기반이 될 수 있는 바탕으로 삼아야 한다.

2.2 관련 기술 동향

2.2.1 데이터

의료기관 및 기업체들이 인공지능과 빅데이터 기술 기반 데이터를 활용한 서비스를 제공하기 위해 관련 분야 기술개발을 추진하고 있으며 의료기관을 중심으로 의료 AI SW개발 및 공통데이터모델(Common Data Model, CDM)을 위한 의료데이터 표준화 및 DB개발을 위한 연구를 진행하고 있으며 아래와 같다

- 서울아산병원 : 과학기술정보통신부 지원, K-DASH 사업단 구성 의료 AI SW개발 연구
- 아주대학교병원 : 산업통상자원부 지원, CDM 기반 의료데이터 표준화 연구
- 삼성서울병원 : PRO(Patient Reported Outcomes) 표준 한글화 및 국내 보급 연구
- 아산카카오메디컬데이터(서울아산병원, 카카오), 파이디지털헬스케어(연세의료원, 카카오), 다나

아데이터(대웅제약, 분당서울대병원, 네이버), 뷰노(Vuno) 등 병원과 기업의 스마트 헬스케어 표준화 및 DB활용 방연 연구 활발하게 진행되고 있음

2.2.2 플랫폼

EHR, PHR, 빅데이터, 인공지능 기반 의로서비스 등 다양한 응용분야에서 활용될 수 있는 플랫폼과 스마트헬스 서비스의 확산을 위한 기반 플랫폼 분야에서 산·학·연·병 이해관계자 간 다양한 협의와 연구 활동이 진행중이다

개인용 건강관리기기 및 클라우드 기반 스마트 헬스케어 응용 분야 관련 표준 개발, 인증제도마련 및 IoT 생태계 확산을 위한 연구 수행하고 있으며 대표적이 사례로 한국전자통신연구원과 식품의약품 안전처가 협력 연구하고 있는 ‘스마트 헬스케어·융복합 제품 표준개발 사업’이 대표적이며 개인정보의 보안성·신뢰성 확보를 목적으로 개인정보 비식별화 기술, 블록체인 기술을 활용한 데이터 접근 제어 기술, 이력관리 등 정보보안 기술을 개발하러 산업통상자원부 주관으로 스마트 헬스케어 4.0 프로젝트 추진중이다.

또한 클라우드 기반 전자의무기록(EMR) 개발을 위한 정밀의료 병원정보시스템(P-HIS) 개발 및 인공지능 모델 기반 질병 예측·진단·치료 등 지원하기 위해 고려대학교병원에서 과학기술정보통신부의 지원을 받아, 클라우드 기반 정밀의료 병원 정보시스템 개발하고 있으며 서울아산병원도 딥러닝 기반, 한국형 정밀의료 서비스 ‘닥터 앤서(Dr.Answer)’ 개발중에 있다.

2.2.3 디바이스

대기업 중심으로 밴드 형태의 웨어러블 디바이

스 제품을 출시하여 스마트폰과 연계한 다양한 서비스 제공하고 있으며, 중소기업 중심으로 혈압계, 혈당계, 체지방 측정계 등 제외진단 디바이스 제품을 출시하고 있다.

관계부처 공동으로 병원 연계를 통하여 4차 산업혁명 핵심기술인 IoT, 클라우드, 빅데이터, 모바일 기반의 스마트 헬스케어 디바이스 개발을 지원하고 있고 국내 대기업에서는 전자제품과 앱으로 연동되고 스마트시계 개인건강 및 운동 관리 등을 목적으로 신체 활동량 측정이 가능한 웨어러블 디바이스를 개발하여 출시하고 있으며 대표적인 디바이스로는 삼성전자의 갤럭시 기어 시리즈와 같은 상품을 예로 들 수 있다.

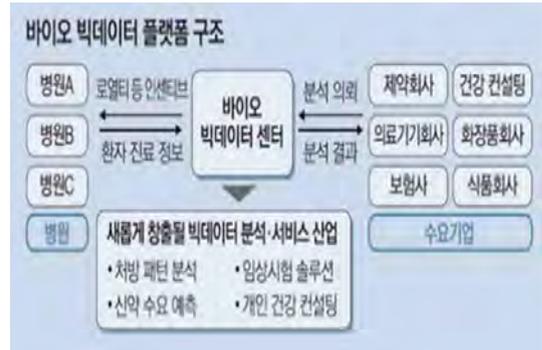
한의학 분야에서도 진단을 기반으로 체형 측정 기기, 맥진기 등 융복합기기를 개발하고 있으며, 시장 확보와 임상 활용을 위한 기술 고도화 및 사업화를 추진하고 있는 중으로 한국한의학연구원의 사상체질분석틀, 맥진기, 설진기, 안면진단기 등이 대표적인 사례라 할 수 있다.

2.2 관련 시장 동향

스마트헬스케어 산업은 고령화, 의료비 지출 증가와 같은 사회적 요인과 인공지능 4차 산업혁명 연관기술의 발전에 힘입어 급성장 하고 있는 시장으로써 Frost & Sullivan(2016)에 의하면 2016년 글로벌 헬스케어 시장(의료서비스 제외)은 1조 6,844억 달러 규모로, 2014년 이후 연평균 6.82%로 확대되고 있다고 조사된 바 있다.

Grail Research (2015)는 협의의 디지털헬스(Health Care Information Technology, HCIT) 시장이 2014년 22억 9,000만 달러에서 2016년 36억 9,000만 달러로 확대되면서 연평균 성장률 27%를 시연할 것으로 전망하고 있다.

위 그림은 본 논문의 주제와 밀접한 의료 및 입



(그림 2) 의료 DB를 이용한 빅데이터 플랫폼 사업 구조

상 DB를 이용한 플랫폼 사업의 구조를 설명한 것으로 환자의 진료정보를 가칭 바이오 빅데이터 센터의 운영자가 AI등을 이용해 판매가 가능한 형태의 DB로 가공하고 이의 의료관련 계통의 기업에 판매하는 구조다.

이러한 유사 플랫폼 기업으로는 미국 임상 빅데이터분석 및 솔루션 제공하는 메디데이터를 들 수 있는데 이 회사의 시가총액 41억달러로 위 솔루션을 임상 데이터 분석시 활용하면 신약 개발 임상 기간 30~40% 단축, 개발비용 49% 감축할 수 있다고 하며 점차 의료 DB의 수와 질이 늘어나고 DB의 취득이 쉬워짐에 따라 메디데이터와 같은 의료 DB를 이용한 플랫폼 제공 회사들의 관련시장에서의 시장 장악력은 점점 탄력을 받을 수 밖에 없는 구조이다.

최근 한국에서도 산업통상부주축으로 의료 빅데이터플랫폼 사업에 대학병원을 비롯한 40개 기관이 참여하여 본격 연구 중이나 개인 정보 보호법으로 인하여 진도가 매우 늦어지고 있는 상황이므로 통합된 시스템 솔루션 개발에 앞서 각 병원 단위 및 보험 공단 차원에서의 개인 정보 유출 및 보안상의 문제를 해결하여 관련 세계 시장을 신속히 선점해야 할 것으로 보인다.

3. 문진표 DB기반 AI솔루션 적용 방안 연구

3.1 문진표 디지털화 및 DB 취득을 위한 예상 시나리오 분석 및 연구

위 그림 문진표 DB기반 AI솔루션 적용을 위해서는 우선 기존 대면식 문진 예약, 접수, 작성의 간소화 및 비대면화를 위한 예상시나리오를 분석 연구하고 DB 취득을 위한 문진표의 디지털화 선행되어야 한다.

크게는 디지털화 된 검진예약 및 안내에 있어 사용자와 관리자의 시나리오 분석 및 연구하고 APP을 통한 문진표 작성시 사용자와 관리자의 시나리오 분석 및 연구하며 검진결과의 도출, 통보, 사후관리에 이르는 프로세스에 있어 사용자와 관리자의 시나리오 분석 및 연구가 밀접하게 병행되어야 한다.

위와 같은 시나리오를 바탕으로 최적화 된 건강검진을 위한 디지털 문진표 작성용 APP을 구성, 개발해야 하는데 주요 고려요소로는 문진표 작성을 위한 회원가입 화면, 개인정보 보호를 위한 보



(그림 4) 디지털 문진표 APP 예시 화면

안방법, 직관적인 검진예약 및 문진표작성 UI, 검진 날짜가 다가오면 알려주는 알람기능의 탑재, 검진 후 결과지도 디지털 포맷으로 전달될 수 있도록 구성하는 것이 바람직하다.

3.2 디지털 문진표 DB를 기반으로 하는 AI적용 솔루션 연구

문진표 기반의 질환 예측을 위한 인공지능 학습 시스템의 개발 순서도는 첫째로

- ① 환자로부터 수기로 작성된 문진표 및 이에 상응하는 문진 결과 데이터를 의료 기관으로 부터 수집하여 인공 지능 학습기 입력으로 사용될 데이터를 마련하는 과정인 학습데이터 수집 과정 확립 및 수행
- ② 학습데이터 결과물을 테이블 형태의 데이터로 변형, 환자별 문진표 항목 및 이에 대응하는 검진 결과를 테이블로 정리하는 과정 확립 및 수행
- ③ 작성된 문진표 데이터에서 불완전한 항목 혹은 공란으로 처리된 항목이 있을 수 있으므로, 이에 대비하여 인공지능 학습기의 입력으로 사용하기 전 적절히 missing data 및 오류 데이

- 1 [예약 및 안내] (환자) 검진 예약 - (관리자) 예약 환자 정보 입력
- 2 [예약 및 안내] (관리자) 안내 문자 전송
- 3 [예약 및 안내] (환자) APP 다운로드 및 회원가입
- 4 [예약 및 안내] (관리자) 환자 APP 회원가입 여부 확인
- 5 [문진표] (환자) 모바일 문진표 작성 푸시 알림 수신
- 6 [문진표] (환자) 모바일 문진표 작성 및 완료
- 7 [문진표] (관리자) 모바일 문진표 작성 완료 여부 확인
- 8 [예약 및 안내] (관리자) 검진 전 유의사항 전송
- 9 [예약 및 안내] (환자) 검진 전 유의사항 확인
- 10 [예약 및 안내] (관리자) 검진 전 유의사항 확인 여부 확인
- 11 [예약 및 안내] (환자) 센터 찾기
- 12 [문진표] (관리자) 당일 예약 환자 중 문진표 미작성자 리스트 확인
- 13 [문진표] (관리자) 문진표 미작성자 문진표 작성 안내 - (환자) 문진표 작성

(그림 3) 건강검진 예상 시나리오



(그림 5) 문진표 기반의 질환 예측 인공지능 시스템 개념도

터를 처리하는 사전 작업 과정 확립

- ④ 가공, 검증된 데이터 기반으로 하는 예측결과 검증시스템 및 알고리즘 확립 및 검증 수행

두 번째 과정으로 위 준비된 데이터를 기반으로 학습이 이루어질 인공지능 학습기 설계 및 이를 학습하는 과정이 필요하며 아래와 같은 프로세스를 가져야 한다.

- ① 문진표 항목이 문자, 숫자등의 조합으로 이루어져 있고, 이에 대응하는 질환도 문자 혹은 숫자 형태로 표현이 가능한지 알아본 후 데이터 가공
- ② 문자 및 숫자를 동시에 소화하여 예측을 할 수 있는 형태의 알고리즘의 개발이 필요함.
- ③ 예상되는 가장 적합한 알고리즘으로는 Decision tree, Naive Bayes, Neural Network, 및 최신의 Deep learning 알고리즘등이 고려됨
- ④ 본 알고리즘들은 전부 지도학습(supervised algorithm) 알고리즘들의 대표적인 것으로, 이 중 몇 가지를 선택하여 성능 비교를 통하여 적절한 예측 알고리즘을 설계할 예정

세 번째 과정으로는 예측된 결과물의 검증에 관한 사항으로

- ① 실제 인공지능 학습 결과물이 의료진의 관점에서 적합하고 타당한지를 판단하는 과정이 필요함
- ② 인공지능 학습알고리즘의 결과물은 보통 confusion matrix 형태로 산출되며, 본 matrix를 기준으로 학습기의 accuracy, sensitivity, error rate, F1 measure등을 계산
- ③ 학습기의 성능을 측정 할 수 있으나, 이를 산출하기 전에 예측 결과물이 합당한지에 대한 의

		Predicted Class		
		Positive	Negative	
Actual Class	Positive	True Positive (TP)	False Negative (FN) Type II Error	Sensitivity $\frac{TP}{TP + FN}$
	Negative	False Positive (FP) Type I Error	True Negative (TN)	Specificity $\frac{TN}{TN + FP}$
		Precision $\frac{TP}{TP + FP}$	Negative Predictive Value $\frac{TN}{TN + FN}$	Accuracy $\frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN}$

(그림 6) 인공지능 시스템의 성능 평가를 위한 confusion matrix

료진들의 검증 필요

앞 서 언급된 내용은 개발된 인공지능 학습 알고리즘을 확장하는 과정에 관한 것으로, 현재 문진표를 기준으로 예측이 가능한 질환은 고혈압, 당뇨병의 몇 가지 대표적인 질환만 대상이 되는 것으로 이루어져 있어 이에 대응하는 인공지능 학습 알고리즘도 제한된 형태의 질환만 예측하도록 설계가 이루어 질 수밖에 없는 한계가 있으나 꾸준한 DB 축적, 분석, 연구만 이루어진다면 향후 디지털 문진표 DB기반 확장형 AI 질환 예측 시스템으로 진보할 것이다.

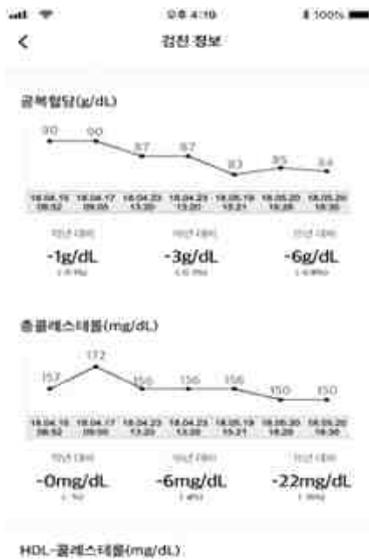
3.3 문진표 AI서비스 제공을 위한 연계기술 연구

디지털 문진표를 DB를 이용하여 AI를 통해 분석, 도출된 결과를 바탕으로 다양한 서비스를 제공하기 위해서는 관련 연계 기술이 필요할 것으로 첫째 그림 7처럼 검진결과에 대해서 다양한 검진

결과 확인 및 지속 관리를 위한APP의 개발과 사용자 관점에서의 UI를 적용한 직관적인 화면 개발이 필요하고 각 항목별 수치를 표준수치와 비교하여 알아보기 쉽도록 보여주는 화면 개발해야 할 것이다.

둘째로는 그림 8처럼 공인인증을 통해서만 검진결과를 확인할 수 있는 방식으로 철저한 보안이 이루어 질 수 있도록 개발되어야 한다.

셋째로는 시스템 관리자 및 운영자의 업무 편의와 효율 향상을 위해 환자관리, 문진표관리, 결과관리 등 종합적인 관리를 위한 WEB화면 개발, 개발된 APP과 연동하여 예약확인 및 메시지 확인 등 알람 기능 개발, 예약 당일 리스트를 볼 수 있는 대시보드 개발, 사용자에게 따른 접근통제 및 인증 방법 개발, 보안을 위한 일정시간 후 자동 로그오프 기능 개발, 개인정보 보호를 위한 데이터의 암호화 기능 개발, 데이터의 유출방지를 위한 시스템 로그 기록, 원격 접속을 차단하여 해킹 및 자료 유출 방지기능 개발등의 개발이 필요하다.



(그림 7) 검진결과 화면



(그림 8) 문자, 이메일인증



(그림 9) 관리자 WEB 화면

4. 개인정보 보안을 위한 솔루션 연구

본 논문의 주제인 검진 병원의 서비스 및 업무 효율 향상을 위한 문진표 DB기반 AI 솔루션 적용 방안 연구의 활성화에 있어 가장 큰 걸림돌은 개인의료정보 보호라는 것에 대해서는 이견이 없을 것이다.

개인정보범죄 정부합동수사단에서 적발한 개인의료정보 유출 사례로 의료IT 솔루션과 서비스를 제공하는 네트워크 솔루션 개발업체 A사는 병·의원의 청구업무와 관련해 건강보험심사평가원의 심사지침에 맞게 진료내역을 분석해 위배 내역과 전국 대비 적정지표를 제공하는 요양급여청구 사전심사시스템(e-IRS)을 납품하였는데 이를 이용하여 2011년 1월부터 2014년 1월까지 1만 800개 가맹 약국에 배부한 경영관리프로그램(PM2000)을 통해 외부 서버로 전송 받은 약 43억 3,593만건의 환자 조제정보를 약 16억원을 받고 타사에 판매했다고 발표했다.

또한 e-IRS 등을 통해 약 7,500개 병·의원, 약 7억 2,000만건의 환자 진료·처방정보를 불법 수집해 3억 3,000만원을 받고 약 4억 3,019만건의 환자 진료·처방정보를 불법으로 판매하였는데 이는 중복되는 정보를 제외하면 총 4,400만건의 의료정보가 불법으로 유출된 것으로 우리나라 국민 85%에 해당하는 놀라운 수치이다.

개인의료정보의 유출은 일반적으로 외부 Open 시스템 해킹에 의한 유출로써 내부 의료진에 의한 유출, 외부업체에 의한 유출 등으로 이루어지며 대응방안으로는 외부 Open 시스템 해킹에 의한 유출을 예방하기 위해서는 보완코드를 강화하고, 웹 방화벽을 구축함과 동시에 웹 취약점 진단도구를 도입해 주기적으로 취약점을 진단하고, 모의 해킹 등을 통해 점검해야 한다.

내부 의료진에 의한 유출의 경우, 의료 정보 접근 권한을 최소화하고 중요 정보 등 주요정보에 대해 마스킹(물리적 현상이나 효과가 내부 또는 외부의 방해로 받아 가려져 나타나지 않거나 약화되는 것)을 하며, 개인 정보 접근 이력에 대한 로깅 및 모니터링을 실시함과 동시에 주기적인 인식 제고 교육 역시 필요하다.

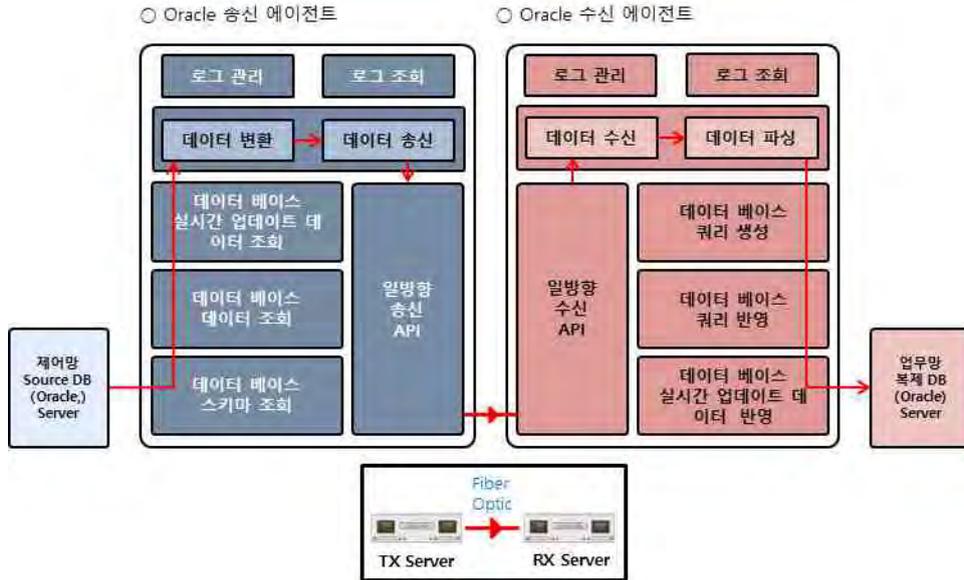
외부업체에 의한 유출을 방지하려면 중요 정보 암호화 및 복호화 권한 통제, 외부자 접근 권한 통제, DB접근 제어와 서버 접근 제어, 개인정보 접근 이력 로깅 및 모니터링, 위탁계약 시 손해배상 책임 명시, 외주 업체 보안검증, 정보 유출 통합 모니터링 등을 추진해야 한다.

그 중 내부 의료진이나 외부업체에 의한 정보유출의 경우 권한 축소와 교육 그리고 모니터링 강화로 상당부분 방어가 가능하지만 신원을 특정할 수 없고 국경이 없는 외부 Open 시스템의 해킹은 갈수록 방어가 어려운 부분이 될 것이다.

따라서 외부 Open 시스템 사용이 기존보다 크게 높아질 “검진 병원의 서비스 및 업무효율 향상을 위한 문진표 DB기반 AI 솔루션” 적용시 해킹에 대한 검진정보보호를 위해 수검자, 검진 병원 및 보건복지공단등 각 관련 주체간의 긴밀한 협력을 통해 편리하고 효율적인 보안 솔루션을 구축해야 한다.

이를 위해 물리적인 해킹 차단 장치로써의 일방향 자료전송 시스템을 고려해 볼 수 있는데 이는 자료의 전송에 있어 검진 자료가 보관된 수신에이전트의 경우 외부망과 분리되어 해킹에 안전하고 외부망과 연결된 수신에이전트에 일방적으로 자료를 전송만 할 뿐 양방향 통신은 이루어지지 않아 원천적으로 해킹이 불가하다

또한 자료 전송에 있어서도 자료를 위조 및 변환이 불가능한 파일형태로 공급하며 이때에 민감한 개인정보 이를테면 이름, 나이, 성별, 주소, 전



(그림 10) Oracle 일방향 자료 전송 시스템 구조도

화번호등을 삭제하고 전송할 수도 있어 개인 정보 보호에 있어 뛰어난 기능을 발휘한다.

현재 발전사를 비롯한 국가 전력기간망, 국방, 정부/공공기관, 금융망 등 외부 침입 공격을 완벽하게 차단해야 하고, 해킹의 위험으로부터 안전해야 하는곳에 일방향 자료 전송 시스템을 적용하고 있어 향후 검진체계 개인정보 보호에의 적용성을 연구해야 될 것으로 판단된다.

5. 결 론

최근 영국 파이낸셜타임즈(FT)의 글로벌 시총 상위 기업 통계를 분석한 결과(2019년)에 따르면 8월 말 기준 1위는 1조530억달러(약 1,257조원)의 미국 마이크로소프트를 필두로 글로벌 시가총액 상위 10개 기업 중 6개가 플랫폼 기반의 사업 모델을 갖춘 IT(정보통신) 기술기업인 것으로 사물인터넷(IoT), 클라우드, 빅데이터, 모바일 등 IT기술과 인공지능의 중요성이 커지고 있다는 반증이다.

이러한 현상은 기업의 성장 전략이 과거의 외형적 규모 확대에서 플랫폼 기반의 사업모델로 전환되는 추세를 보여준다는 평가로 의료계통에도 적용되어 미국 임상 빅데이터분석 및 솔루션 제공하는 메디데이터시총액 41억달러에 이르고 개인의 의료DB를 불법판매해 수십억의 불법수익을 챙기는 업체가 생길 정도로 폭발적인 성장세를 기록하고 있다.

앞 서 언급한대로 우리나라는 세계 최고의 EMR 보급 국가로 사실 개인의료정보보호법에 묶여 발전이 더딘것이지 우리나라의 자본력과 기술력이 라면 의료DB를 이용한 다양한 플랫폼 산업에 선 두 주자로 나서는 것은 그리 어려운 일은 아닐 것이다.

다행히 관련 부처를 중심으로 개인의료정보의 이용을 위한 관련 법규에 대해 전향적인 검토와 보완이 이루어지고 있어 이에 대해 의료기관, 의료기업, IT기업등 이해당사들도 보조를 맞추어 개인의 의료정보를 이용한 다양한 서비스와 부가가

치를 생산할 수 있도록 준비해야 한다.

이에 문진표의 디지털화를 통한 가공된 의료정보 DB와 이를 기반으로 하는 AI솔루션 적용을 통한 다양한 서비스 제공의 경우 앞으로 펼쳐지게 될 의료정보 DB기반 플랫폼 사업의 성패를 가늠할 수 있는 시금석이 될 수 있다는 판단이다.

다만 현재에는 단순한 종이 문진표를 디지털화하고 문진문항도 예전의 것을 답습하고 있지만 향후의 문진표는 기존 문진표보다 다양한 형태의 질환의 예측도 가능한 형태로 향상되어 확장될 여지가 있다.

따라서 이에 대비한 인공지능 학습 알고리즘의 확장성에 대한 연구도 구상되어야 하며 이를 위해 지도학습 시스템 표준 입력데이터 체계 마련, 불완전 데이터 보완 기술 개발, 환자가 작성한 문진표 항목들과 이에 대응되는 질환 데이터를 이용한 지도학습 예측 시스템 개발, R기반의 지도학습 데모시스템 개발, 외부 서버시스템과의 연동 기능 개발등이 필요할 것으로 판단된다.

또한 안전한 의료정보 이용기반을 구축하기 위해서 의료정보 Life-Cycle, 기술적·물리적 보호 대책, 의료정보 보호관리 체계 수립, 법적 이슈 대응 등 다양한 측면을 고려한 의료정보 보호 프레임워크(Framework)를 수립·운영할 수 있도록 제반 환경을 구축하고 의료 분야에도 기업의 정보보호관리 체계의 적합성에 대한 KISA(한국인터넷진흥원)의 인증제도인 ISMS(Information Security Management System) 인증을 적극 도입해 의료기관 정보보안 체계에 대한 객관적 검증 및 신뢰성을 지속 관리할 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] 양희태, "Artificial Intelligence and Blockchain Convergence Trend and Policy

Improvement Plan" 한국지능정보사회진흥원, 정보화정책 Vol. 27 Issue 2, pp. 3-19, 2019.

- [2] 송태민 외 u-Health 현황과 정책과제, 한국보건사회연구원 연구보고서, 2011.
- [3] 한지아, 김은정, "스마트헬스케어" KISTEP 기술동향 브리프 2020-13호 pp. 10-13, 2020.
- [4] 김경호 외, "제어망 특성을 반영한 물리적 일방향 자료전달 시스템 설계" 정보과학회논문지, Vol. 40 No. 2, pp. 126-130, 2013.
- [5] Pascal Sitbon, "Enabling Secure Information Exchange from a Less Secure Zone to a Control System Zone in a Critical Infrastructure," Proceedings of the SCADA Security Scientific Symposium, Digital Bond Press, p. 10, 2003.
- [6] 김지희, "배전DAS-업무망 보안 이슈 및 물리적 일방향자료전달 시스템 적용 방안," 정보보호학회지 제24권 제5호, 2014.

저자 약력



박 준 영

이메일 : epchman@naver.com

- 1998년 대전대학교 경제학과 (학사)
- 2003년~2005년 현대운동처방클리닉 / 대표이사
- 2004년~2005년 대한스쿼시연맹 / 이사
- 2007년~현재 씨앤씨에이드 (주) / 대표이사
- 2020년~현재 ㈜프로텍 / 대표이사
- 관심분야: 신재생에너지, Smartgrid, Smart Factory, Bigdata, AI

정보처리학회지 게재 목차

■ 2021년 6월 (제28권 제2호)	■ 특집명 : Cloud Computing & Big Data
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 권두언 “Cloud Computing & Big Data” 특집호를 발간하며... / 한성수 2 ◆ 특집 클라우드 기반 AI 플랫폼 기술 동향 / 김윤기, 전미향, 전유부, 한성수 4 클라우드 컴퓨팅 효과를 최대화하는 클라우드 네이티브 / 임철홍, 전미향, 한성수 15 지능형 사물인터넷과 에지 컴퓨팅 동향 / 김학용 26 빅데이터를 활용한 의료영상정보시스템의 시작과 미래 / 유세종, 한성수, 한만석 34 컴퓨팅 보안을 위한 극소 부호의 연구 동향 및 전망 / 조동식, 정진호 44 빅데이터 기반 CBF를 이용한 상품추천시스템 개발 및 챗봇 서비스 적용 / 채보병, 유지호, 유승호 50 라우드 컴퓨팅환경변화에 따른 제로트러스트 네트워크 구현을 위한 보안시스템 / 조이남, 박완성, 최우봉, 한동우, 이무성 59 빅데이터 기반 녹내장 진단을 위한 시신경유두 추출에 대한 연구 / 김기영, 지세현, 유지호, 유승호 68 	

정보처리학회논문지(KTCCS) 게재 목차

■ 제10-CCS권 제6호(통권 제105호) 2021년 6월	
▶ 컴퓨터 시스템 및 이론	
- 작용식 2.0 기반 파이썬에 대한 형식 의미론 / 한정란 163	163
▶ 차세대 통신시스템 및 네트워크	
- 협력 비직교 다중 접속 네트워크에서 새로운 인센티브 기반 주파수 할당 기법 / 김종원, 김승욱 173	173
▶ ICT 융합	
- 비대면 운동 콘텐츠를 위한 움직임 추적 모델 / 정 다니엘, 조민구, 고일주 181	181

■ 제10-CCS권 제7호(통권 제106호) 2021년 7월	
▶ 클라우드 컴퓨팅	
- 분산 딥러닝에서 통신 오버헤드를 줄이기 위해 레이어를 오버래핑하는 하이브리드 올-리듀스 기법 / 김대현, 여상호, 오상윤 191	191
▶ ICT 융합	
- MVDC 시스템연계 디지털변전소 자동화 연구 / 장순호, 구자익, 문초롱 199	199
- OHT 작업 계획을 위한 실시간 스케줄링 시스템 개발 / 이복주, 박희문, 권용환, 한경아, 서경민 205	205

■제10-CCS권 제8호(통권 제107호) 2021년 8월	
▶ 차세대 통신시스템 및 네트워크	
- 이중 협상 해법을 이용한 새로운 다중 접속 네트워크에서 자원 할당 기법 / 전우선, 김승욱	215
▶ 정보보호	
- 64-bit ARM 프로세서 상에서의 블록암호 PIPO 병렬 최적 구현 / 엄시우, 권혁동, 김현준, 장경배, 김현지, 박재훈, 송경주, 심민주, 서화정	223
- 연속적인 질의에서 사용자의 이동 경로를 보호할 수 있는 효율적인 k-ATY 기법 / 송두희	231

정보처리학회논문지(KTSDE) 게재 목차

■제10-SDE권 제6호(통권 제105호) 2021년 6월	
▶ 소프트웨어 공학	
- 항법소프트웨어 Software Product Line 프레임워크 운영개념 / 박삼준, 노성규, 김도형, 이순주, 박병수, 이인섭	201
- IoT 기능을 보유한 냉동·냉장 제품의 신뢰성 확보를 위한 시험항목 프레임워크 설계에 관한 연구 / 조경록, 이정재, 이은서	211
▶ 데이터 공학	
- 토크모델링 및 주성분 분석 기반 검색 질의 유형 분류 연구 / 강현아, 임희석	223
▶ 인공지능	
- 스택-포인터 네트워크와 부분 트리 정보를 이용한 한국어 의존 구문 분석 / 최용석, 이공주	235
▶ 멀티미디어 처리	
- 3D 데이터 인터페이스를 제공하는 X3D Python 언어 바인딩 뷰어 개발 / 김하성, 이명원	243

■제10-SDE권 제7호(통권 제106호) 2021년 7월	
▶ 소프트웨어 공학	
- 관성항법소프트웨어 SPL(Software Product Line) 구현을 위한 플랫폼 범위결정 기법 / 박삼준, 노성규, 이관우, 박병수, 남성호	251
▶ 빅데이터	
- 국토 교통 공공데이터 기반 블랙아이스 발생 구간 예측 모델 / 나정호, 윤성호, 오호정	257
▶ 인공지능	
- 학습 성능 향상을 위한 차원 축소 기법 기반 재난 시뮬레이션 강화학습 환경 구성 및 활용 / 여상호, 이승준, 오상운	263
- Few-Shot Learning을 사용한 호스트 기반 침입 탐지 모델 / 박대경, 신동일, 신동규, 김상수	271
- Stereo Vision과 AlphaPose를 이용한 다중 객체 거리 추정 방법에 관한 연구 / 이주민, 배현재, 장규진, 김진평	279

■ 제10-SDE권 제8호(통권 제107호) 2021년 8월	
▶ 소프트웨어 공학	
- 협업 사이버물리시스템의 결합 치명도 분석을 통한 안전성 확보 / Manzoor Hussain, Nazakat Ali, 홍장의	287
▶ 데이터 공학	
- 교통사고 심각 정도 예측을 위한 ATTI 모델 제안 / 추민지, 박소현, 박영호	301
▶ 인공지능	
- 인공 위성 사진 내 선박 탐지 정확도 향상을 위한 aWtshed 알고리즘 기반 RoI 축소 기법 / 이승재, 윤지원	311
- 다중 작업, 다중 홉 질문 응답을 위한 그래프 추론 및 백락 융합 / 이상의, 김인철	319
▶ 멀티미디어 처리	
- 문화 여가 중심의 메타버스 유형 및 발전 방향 연구 / 고선영, 정한균, 김종인, 신용태	331

JIPS(정보처리학회영문지) 게재 목차

■ Volume 17, Number 3(Serial Number 69), June 2021	
• A Federated Multi-Task Learning Model Based on Adaptive Distributed Data Latent Correlation Analysis <i>Shengbin Wu and Yibai Wang</i>	441
• Attentive Transfer Learning via Self-supervised Learning for Cervical Dysplasia Diagnosis <i>Jinyeong Chae, Roger Zimmermann, Dongho Kim, and Jihie Kim</i>	453
• Effective Pre-rating Method Based on Users' Dichotomous Preferences and Average Ratings Fusion for Recommender Systems <i>Shulin Cheng, Wanyan Wang, Shan Yang, and Xiufang Cheng</i>	462
• Analysis of Impact on ERP Customization Module Using CSR Data <i>Byung-Keun Yoo and Seung-Hee Kim</i>	473
• An Offloading Scheduling Strategy with Minimized Power Overhead for Internet of Vehicles Based on Mobile Edge Computing <i>Bo He and Tianzhang Li</i>	489
• Implementation of an Autostereoscopic Virtual 3D Button in Non-contact Manner Using Simple Deep Learning Network <i>Sang-Hee You, Min Hwang, Ki-Hoon Kim, and Chang-Suk Cho</i>	505
• Unidirectional Flow: A Survey on Networks, Applications, and Characteristic Attributes <i>Laxmisha Rai</i>	518
• A Survey of Automatic Code Generation from Natural Language <i>Jiho Shin and Jaechang Nam</i>	537
• A Video Expression Recognition Method Based on Multi-mode Convolution Neural Network and Multiplicative Feature Fusion <i>Qun Ren</i>	556
• Secure Object Detection Based on Deep Learning <i>Keonhyeong Kim and Im Young Jung</i>	571
• Analyzing Customer Experience in Hotel Services Using Topic Modeling <i>Van-Ho Nguyen and Thanh Ho</i>	586
• Digital Signage System Based on Intelligent Recommendation Model in Edge Environment: The Case of Unmanned Store <i>Kihoon Lee and Nammee Moon</i>	599

• Strategy for Task Offloading of Multi-user and Multi-server Based on Cost Optimization in Mobile Edge Computing Environment <i>Yanfei He and Zhenhua Tang</i>	615
• Evaluation of Predictive Models for Early Identification of Dropout Students <i>JongHyuk Lee, Mihye Kim, Daehak Kim, and Joon-Min Gil</i>	630
• An Automatic Urban Function District Division Method Based on Big Data Analysis of POI <i>Hao Guo, Haiqing Liu, Shengli Wang, and Yu Zhang</i>	645
• Survey on Data Deduplication in Cloud Storage Environments <i>Won-Bin Kim and Im-Yeong Lee</i>	658

■ Volume 17, Number 4(Serial Number 70), August 2021

• High Rate Denial-of-Service Attack Detection System for Cloud Environment Using Flume and Spark <i>Janitza Punto Gutierrez and Kilhung Lee</i>	675
• Alsat-2B/Sentinel-2 Imagery Classification Using the Hybrid Pigeon Inspired Optimization Algorithm <i>Dounia Arezki and Hadria Fizazi</i>	690
• The Method for Generating Recommended Candidates through Prediction of Multi-Criteria Ratings Using CNN-BiLSTM <i>Jinah Kim, Junhee Park, Minchan Shin, Jihoon Lee, and Nammee Moon</i>	707
• A Joint Allocation Algorithm of Computing and Communication Resources Based on Reinforcement Learning in MEC System <i>Qinghua Liu and Qingping Li</i>	721
• Evaluation of Artificial Intelligence-Based Denoising Methods for Global Illumination <i>Soroor Malekmohammadi Faradounbeh and SeongKi Kim</i>	737
• Audio and Video Bimodal Emotion Recognition in Social Networks Based on Improved AlexNet Network and Attention Mechanism <i>Min Liu and Jun Tang</i>	754
• A Model for Illegal File Access Tracking Using Windows Logs and Elastic Stack <i>Jisun Kim, Eulhan Jo, Sungwon Lee, and Taenam Cho</i>	772
• Pointwise CNN for 3D Object Classification on Point Cloud <i>Wei Song, Zishu Liu, Yifei Tian, and Simon Fong</i>	787
• Security in Network Virtualization: A Survey <i>Seung Hun Jee, Ji Su Park, and Jin Gon Shon</i>	801
• Cross-Domain Text Sentiment Classification Method Based on the CNN-BiLSTM-TE Model <i>Yuyang Zeng, Ruirui Zhang, Liang Yang, and Sujuan Song</i>	818
• Security Improvement of File System Filter Driver in Windows Embedded OS <i>Yeon Sang Seong, Chaeho Cho, Young Pyo Jun, and Yoojae Won</i>	834
• Host-Based Malware Variants Detection Method Using Logs <i>Woo-Jin Joe and Hyong-Shik Kim</i>	851



[학회 주최 / 주관 행사]

◆ 2021년도 제2차 단기강좌 개최

- 1) 일 시 : 2021년 08월 27일(금) 09:20~17:00
- 2) 장 소 : 온라인(실시간 스트리밍 서비스)
- 3) 주 제 : 메타버스 세계를 움직일 기술과 그 응용
(Experience the New Virtual World!)
- 4) 위원회 :
 - 학 회 장 : 신용태 교수(숭실대학교)
 - 수석부회장 : 강진모 회장(아이티센그룹)
 - 운영부회장 : 박영호 교수(숙명여자대학교)
 - 프로그램위원장 : 임선영 교수(배재대학교)
- 5) 참가자 : 90명(일반 63명, 학생 27명)
- 6) 발표자 : 김성환 교수(서울시립대학교), 박지영 책임연구원(한국전자통신연구원), 김재곤 교수(한국항공대학교), 정광모 단장(한국전자기술연구원)



[2021년도 제2차 단기강좌 박지영 책임연구원(ETRI) 발표 모습]



[2021년도 제2차 단기강좌 임선영 교수(배재대) 사회 모습]



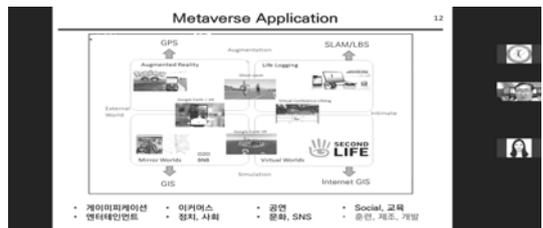
[2021년도 제2차 단기강좌 김성환 교수(서울시립대) 발표 모습]



[2021년도 제2차 단기강좌 김재곤 교수(한국항공대) 발표 모습]



[2021년도 제2차 단기강좌 김미혜 교수(충북대) 사회 모습]



[2021년도 제2차 단기강좌 정광모 단장(KETI) 발표 모습]

◆ 2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 개최

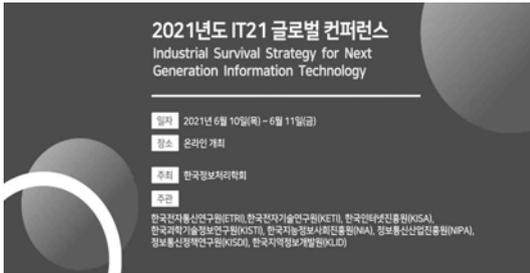
- | | |
|------------------------------------|--|
| 1) 일 자 : 2021년 6월 10일(목) ~ 11일(금) | 4) 참석자 : 신용태 회장 외 235명 |
| 2) 장 소 : 온라인 웨비나 개최(섬유센터 2층 컨퍼런스홀) | 5) 내 용 : 초청강연(4개), 개회식, 각 세션 발표 (6개 세션 36개 발표) |
| 3) 주 제 : Human in SW, SW in Human | 6) 프로그램 |

- 1일차 / 6월 10일(목)

시 간		프 로 그 램		
09:30 ~		등 록		
10:00 ~ 10:40		Keynote Speech 1 사회 : 박능수 교수 (건국대학교)	부의 미래, 누가 주도할 것인가 (부제: 블록체인과 디지털자산혁명) 인호 교수(고려대학교)	
10:40 ~ 10:50		휴 식		
10:50 ~ 11:30		Keynote Speech 2 사회 : 박능수 교수 (건국대학교)	ICT 기술과 인공지능의 미래 전망 이윤근 소장(ETRI)	
11:30 ~ 12:10		개회식 사회 : 박능수 교수 (건국대학교)	- 개회사 : 신용태 학회장(숭실대학교 교수) - 축 사 : 과학기술정보통신부 - 예정 - 환영사 : 권호열 원장(KISDI) - 격려사 : 이원태 원장(KISA), 김재수 원장(KISTI)	
12:20 ~ 13:20		중 식		
세션명	Session 1	Session 2	Session 3	
	Digital Transformation I	Mixed media	Security	
시간	사회 : 김문구 실장(ETRI)	사회 : 김성환 교수 (서울시립대학교)	사회 : 오진태 책임연구원 (ETRI)	
13:20 ~ 14:00		디지털 대전환의 시대, 우리의 대응 방향 문형돈 단장(IITP)	메타버스 101 김성환 교수(서울시립대학교)	반응표면분석 기반 PON 분산합의 알고리즘 성능 최적 설계 방안 최진영 교수(아주대학교)
14:00 ~ 14:40		디지털 전환과 플랫폼 4.0 한국 경제의 새로운 도전과 위협 김준연 책임(SPRI)	GAN 기반의 AI 패션영상 생성 기술 박지영 책임연구원(ETRI)	암호 경제와 토큰 이코노미 임명환 원장 (한국블록체인연구교육원)
14:40 ~ 15:20		디지털 휴먼증강 전개와 유망 서비스 박종현 책임연구원(ETRI)	3D 공간 매핑 기술과 응용 정광모 단장(KETI)	블록체인 트랜잭션 및 블록 전파기술 이창현 박사(ETRI)
15:20 ~ 15:40		휴 식		
세션명	Digital Transformation II	Mixed media	차세대 Security	
	사회 : 김문구 실장(ETRI)	사회 : 김성환 교수(서울시립대학교)	사회 : 윤종희 교수(영남대학교)	
15:40 ~ 16:20		스마트제조 혁신을 위한 DNA 기술 박준희 단장(ETRI)	XR 기반의 첨단공연전시 기술 및 사례 신춘성 교수(전남대학교)	양자암호통신용 양자직접통신 기술 장진각 팀장 (국가보안기술연구소)
16:20 ~ 17:00		디지털 전환과 미래유망기술 임현 본부장(KISTEP)	Immersive Video 부호화 표준기술 김재곤 교수 (한국항공대학교)	AI 및 자동화 기반의 보안관제 기술 조학수 부사장(인스)
17:00 ~ 17:40		코로나 이후 미래 산업·기술의 변화 최종화 실장(STEPI)	XR 기기 : 홀로그램 강훈중 교수(원광대학교)	신뢰 기밀 컴퓨팅 개요 (Introduction to Confidential Computing) 강병훈 교수(KAIST)

- 2일차 / 6월 11일(금)

시 간		프 로 그 램		
10:00 ~ 12:00		등 록		
10:20 ~ 11:00		Keynote Speech 3 사회 : 한근희 교수 (고려대학교)	정밀 의료를 위한 의료영상 인공지능 정규환 CTO(뷰노)	
11:00 ~ 11:10		휴 식		
11:10 ~ 11:50		Keynote Speech 4 사회 : 한근희 교수 (고려대학교)	AI 와 보안 : 기회 및 위협 정수환 교수(송실대학교)	
11:50 ~ 13:00		중 식		
세션명	Session 4	Session 5	Session 6	
	Data Intelligence	Hyper Infra	Untact World I	
시간	사회 : 노원우 교수 (연세대학교)	사회 : 김종국 교수 (고려대학교)	사회 : 정명애 교수 (울지대학교)	
13:00 ~ 13:40		기계 상식추론을 위한 언어모델 여진영 교수(연세대학교)	양자인터넷 개념 및 발전 동향 허준 교수(고려대학교)	첨단 항공우주공학기술 적용사례 김성완 교수(서울대학교)
13:40 ~ 14:20		인공지능 헬스케어 이현규 교수(인하대학교)	퀀텀 최적화 기술 및 딥러닝 응용 김중현 교수(고려대학교)	에너지 디지털 트랜스포메이션 김영명 박사(BC카드)
14:20 ~ 15:00		Challenges in Next-Generation Datacenters: Accelerators and Memory Systems 오윤호 교수(성균관대학교)	모바일 환경에서의 딥러닝 응용 보안 이윤규 교수 (서울여자대학교)	인공지능 주치의 Dr. AI 기술 개발 사례 최재훈 박사(ETRI)
15:00 ~ 15:20		휴 식		
세션명	Edge AI	차세대 HPC	Untact World II	
	사회 : 노원우 교수(연세대학교)	사회 : 박준석 교수(인하대학교)	사회 : 이은서 교수(안동대학교)	
15:20 ~ 16:00		building the next-generation high performance AI inference chip for cloud and data center 백준호 대표 (퓨리오사)	KISTI 슈퍼컴퓨터 5호기와 사용자 중심 인공지능 활용 연구 환경 우준 책임연구원(KISTI)	언택 시대에 따른 디지털 전환과 융합서비스 김범수 객원교수(숙명여자대학교)
16:00 ~ 16:40		Edge-level AI를 위한 알고리즘-하드웨어 융합 최적화 이영주 교수(POSTECH)	초고성능컴퓨터 지능형 원격 관리 플랫폼 노승우 선임기술원(KISTI)	변화와 혁신 - 디지털 전환을 넘어 문화적 전환, 연구의 시작 차환주 수석(SK)
16:40 ~ 17:20		Edge AI를 위한 연산 분산 학습 박지홍 교수(Deakin University)	HPC 매니코어 서버 환경에서 병렬 I/O 확장성 지원을 위한 노드 로컬 NVM 파일 시스템 재설계 김영재 교수(서강대학교)	언택 시대에 따른 비즈니스 플랫폼의 변화 김유석 전무(SYSTRAN)



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 온라인 방송 시작 모습]



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 개회식 축하 모습 : 과학기술정보통신부 김정삼 정책관]



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 초청강연 1 발표 모습 : 고려대학교 인호 교수]



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 개회식 환영사 모습 : KISDI 권호열 원장]



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 초청강연 2 발표 모습 : ETRI 이윤근 소장]



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 개회식 환영사 모습 : KISTI 김재수 원장]



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 개회식 개회사 모습 : 한국정보처리학회 신용태 회장]



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 개회식 환영사 모습 : NIA 문용식 원장]



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 개회식 격려사 모습 : NIPA 김창용 원장]



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 초청강연 4 발표 모습 : 숭실대학교 정수환 교수]



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 개회식 격려사 모습 : KISA 이원태 원장]



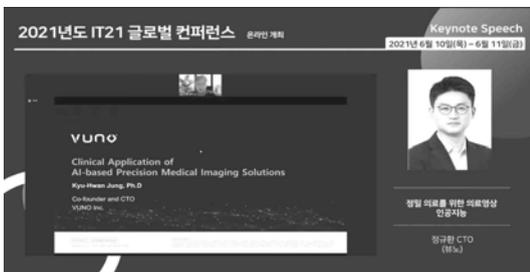
[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 개최 모습 : 트랙 발표]



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 개회식 격려사 모습 : KLID 지대범 원장]

◆ **운당학술상 후원 협약식 개최**

- 1) 일 시 : 2021년 6월 28일(월) 11:00
- 2) 장 소 : KCC정보통신 회의실
- 3) 참석자 : 신용태 회장 외 5명
- 4) 내 용 : 운당학술상 제정 및 후원에 따른 협약식



[2021년도 IT21 글로벌 컨퍼런스 초청강연 3 발표 모습 : 뷰노 정규환 CTO]



[운당학술상 제정 및 후원 협약식 모습]

[공동 주최/주관 행사]

◆ 제35회 정보인의 날 기념 행사 공동 개최

- 1) 일 시 : 2021년 6월 24일(목) 16:00
- 2) 장 소 : 삼정호텔 신관 2층 제라늄홀
- 3) 참석자 : 신용태 회장 외 84명
- 4) 내 용 : 축사, 시상식, 만찬



[제35회 정보인의 날 기념 행사에 참석한 내빈 모습]



[2021년도 제4차 상임임원단 회의에 참석한 상임임원 모습]

[제회의]

◆ 2021년도 제4차 상임임원단 회의 개최

- 1) 일 시 : 2021년 7월 1일(목) 16:00
- 2) 장 소 : 엘타워 B1 골드룸
- 3) 참석자 : 신용태 회장 외 19명
- 4) 내 용 : 2021년도 상반기 사업 결과 보고 및 하반기 사업 추진 현황 점검



[2021년도 제4차 상임임원단 회의에서 신용태 회장의 개회사 모습]

◆ 2021년도 제5차 상임임원단 회의 개최

- 1) 일 시 : 2021년 9월 10일(금) 14:00
- 2) 장 소 : 온라인 화상회의
- 3) 참석자 : 신용태 회장 외 15명
- 4) 내 용 : 2021년도 하반기 사업 추진 현황 점검

- 컴퓨터소프트웨어연구회

◆ 3rd 2021 JIPS/KIPS-CSWRG Workshop(JIPS/컴퓨터소프트웨어연구회 공동워크숍) 개최

- 1) 일 자 : 2021년 6월 25일(금) ~ 26일(토)
- 2) 장 소 : 수안보상록호텔
- 3) 논문모집기한 : June 14, 2021
- 4) 홈페이지 : <http://jips-k.org/workshop/2021-03rdGyeongjuKor>

◆ BIC 2021 개최

- 1) 일 자 : 2021년 08월 16일(월) ~ 18일(수)
- 2) 장 소 : 메종글래드 제주호텔
- 3) 참석자 : 강정호 위원장 외 52명
(발표 논문 : 46편)
- 4) 내 용 : 개회식, 논문 발표, 초청강연

Day 1, August 16, 2021		
Time	Min	HALL A HALL B
08:40-09:00	20	Registration
09:00-10:30	90	Session A-1 (Presentation of young researchers) Chair: Pradip Kumar Sharma Vice-Chair: Yan Li Session B-1 (Internet of Things) Chair: : Byoungwook Kim
10:30-10:40	10	Coffee Break
10:40-12:10	90	Session A-2 (Cloud Computing) Chair: Kwang-il Hwang Session B-2 (ICT Applications and Services) Chair: Joon-Min Gil
12:10-13:40	90	Lunch
13:40-14:20	40	Online Keynote Speech: Yi Pan "AI in Biological and Biomedical Data Applications" Chair: Yan Li
14:20-14:30	10	Coffee Break
14:30-16:00	90	Session A-3 (Big Data) Chair: Yeong Seok Seo Session B-3 (HCIS 2021 Summer Workshop) Chair: Hong Jun Jang
16:00-16:10	10	Coffee Break
16:10-17:40	90	Session A-4 (Big Data Center Workshop & BIC 2021) Chair: Jun-Ho Huh Session B-4 (HCIS2021 Summer Workshop) Chair: Ji Su Park
17:40-18:00	20	Break

Day 2, August 17, 2021		
Time	Min	HALL A
10:00-12:00	120	Organizing Committee Meeting 1
12:00-13:00	60	Lunch
13:00-15:00	120	Local Arrangement Committee Meeting

Day 3, August 18, 2021		
Time	Min	HALL A
10:00-12:00	120	Executive Meeting - Organized by BIC 2021
12:00-13:00	60	Lunch
13:00-15:00	120	Organizing Committee Meeting 2

- 이브리τζ이연구회

◆ 2021년도 제4차 이브리τζ이위원회 회의 개최

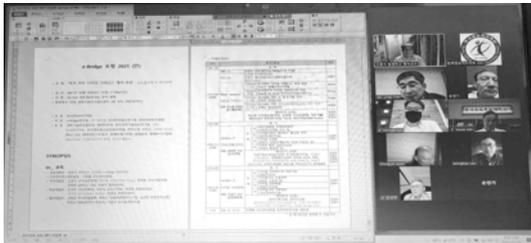
- 1) 일 시 : 2021년 06월 17일(목) 14:00
- 2) 장 소 : 온라인 화상회의
- 3) 참석자 : 이정배 위원장 외 8명
- 4) 내 용 : e-Bridge 포럼 2021 발표자 섭외 계획 외



[2021년도 제4차 이브리τζ이위원회 회의 개최 모습]

◆ 2021년도 제5차 이브리짓지위원회 회의 개최

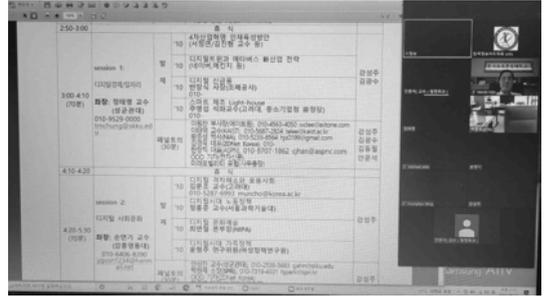
- 1) 일 시 : 2021년 7월 7일(수) 14:00
- 2) 장 소 : 온라인 화상회의
- 3) 참석자 : 이정배 위원장 외 5명
- 4) 내 용 : e-Bridge 포럼 2021 개최 아젠다 구성 외



[2021년도 제5차 이브리짓지위원회 회의 개최 모습]

◆ 2021년도 제7차 이브리짓지위원회 회의 개최

- 1) 일 시 : 2021년 8월 11일(수) 14:00
- 2) 장 소 : 온라인 화상회의
- 3) 참석자 : 이정배 위원장 외 5명
- 4) 내 용 : e-Bridge 포럼 2021 발표자 확정 외



[2021년도 제7차 이브리짓지위원회 회의 개최 모습 II]

◆ 2021년도 제6차 이브리짓지위원회 회의 개최

- 1) 일 시 : 2021년 7월 21일(수) 14:00
- 2) 장 소 : 온라인 화상회의
- 3) 참석자 : 이정배 위원장 외 9명
- 4) 내 용 : e-Bridge 포럼 2021 발표자 섭외 분담 외



[2021년도 제6차 이브리짓지위원회 회의 개최 모습 I]

◆ 2021년도 이브리짓지연구회 포럼 현장 점검 회의 개최

- 1) 일 시 : 2021년 9월 2일(목) 10:30
- 2) 장 소 : ETRI 부원장실
- 3) 참석자 : 이정배 위원장 외 3명
- 4) 내 용 : e-Bridge 포럼 2021 개최 장소 현장 점검 외

[발간사업 추진 활동]

- JIPS(영문지)편집위원회

◆ 2021년도 제2차 JIPS 워크샵 개최

- 1) 일 시 : 2021년 6월 25일(금) 17:00
- 2) 장 소 : 수안보상록호텔 가야금홀
- 3) 주 제 : 인공지능 학습을 위한 기초 데이터 마 이닝 기술
- 4) 연 사 : 강정호 교수(배화여자대학교)

◆ 2021년도 제3차 JIPS 실무/운영위원회 개최

- 1) 일 시 : 2021년 6월 25일(금) 18:00
- 2) 장 소 : 수안보상록호텔 가야금홀
- 3) 참석자 : 박중혁 위원장 외 5명
- 4) 내 용 : JIPS 6월호 발간보고 및 현안 회의



[2021년도 제6차 이브리짓지위원회 회의 개최 모습 III]

◆ 2021년도 JIPS 세미나

- 1) 일 시 : 2021년 8월 16일(월) 17:00
- 2) 장 소 : 메종글래드 제주호텔 제이드홀
- 3) 주 제 : 최신 인공지능 기술과 동향
- 4) 연 사 : 박지수 교수 (전주대학교)

◆ 2021년도 제4차 JIPS 실무/운영위원회 개최

- 1) 일 시 : 2021년 8월 16일(월) 18:00
- 2) 장 소 : 메종글래드 제주호텔 제이드홀
- 3) 참석자 : 박종혁 위원장 외 7명
- 4) 내 용 : JIPS 8월호 발간보고 및 현안 회의

◆ 2021년도 제5차 JIPS 실무/운영위원회 개최

- 1) 일 시 : 2021년 8월 24일(화) 19:00
- 2) 장 소 : 온라인 회의(카카오톡)
- 3) 참석자 : 박종혁 위원장 외 13명
- 4) 내 용 : JIPS 8월호 발간 긴급 현안 회의

[학술사업 추진 활동]

- 추계학술발표대회

◆ ACK 2021 제1차 추진위원회 회의

- 1) 일 시 : 2021년 7월 21일(수) 11:00
- 2) 장 소 : 학회 회의실
- 3) 참석자 : 유진호 프로그램위원장 외 1명
- 4) 내 용 : 행사개최 협의

- CUTE 2021

◆ CUTE 2021 제1차 실무준비위원회 회의 개최

- 1) 일 시 : 2021년 9월 9일(목) 14:00
- 2) 장 소 : 학회 회의실
- 3) 참석자 : 신용태 회장 외 9명
- 4) 내 용 : CUTE 2021 계획 및 준비 협의

[기타 활동]

◆ 2021년도 상반기 결산 감사 시행

- 1) 일 시 : 2021년 7월 29일(목) 10:00
- 2) 장 소 : 학회 회의실
- 3) 참석자 : 이재철 감사 및 이임영 감사 외 3명
- 4) 내 용 : 2021년도 상반기 회무 및 재무 감사

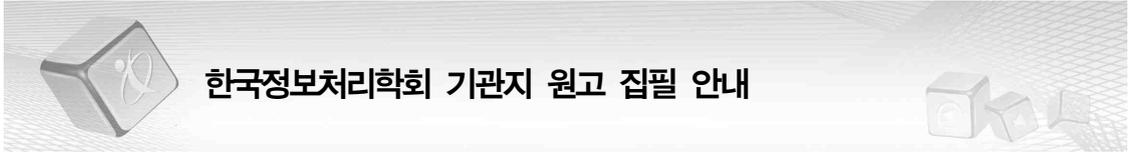
신규회원 명단

회원구분	회원번호	성명	직장명
갱신된 증신회원	2000-6780-0	김현희	동덕여자대학교
	2005-11927-01	박지수	전주대학교
	2004-11661-01	유동영	홍익대학교
증신회원	2021-22817-01	박필원	동국대학교
	2021-22818-01	임선영	배재대학교
	2021-22819-01	임철홍	광주대학교
	2021-22824-01	이원찬	한양대학교
	2021-22825-01	양근석	경남대학교
정회원	2021-22822-02	정휘웅	리노스
	2021-22826-02	한충희	한국전력거래소

회원구분	회원번호	성명	직장명
정회원	2021-22827-02	정대용	한국과학기술 정보연구원
	2021-22829-02	조태희	교원
	2021-22830-02	김용희	송실대학교
	2021-22832-02	이범주	한국한의학연구원
준(학생) 회원	2021-22820-03	한윤진	동의대학교
	2021-22821-03	김하성	케이티디에스
	2021-22823-03	남충현	한국기술교육대학교
	2021-22828-03	김영일	국방대학교
	2021-22831-03	고현모	연세대학교
	2021-22833-03	손준태	한양사이버대학교

특별 법인회원 명단

구 분	대표자	주 소
(주)베스트케이에스	김교은 대표	서울특별시 금천구 범안로 1130 가산디지털엠피아빌딩 501, 502호
(주)블루코어	이동화 대표	서울특별시 강남구 역삼로 111 한국정보통신진흥협회빌딩 2층
삼성SDS(주)	황성우 대표	서울특별시 송파구 올림픽로35길 123(신천동) 삼성SDSET타워
송암시스콤(주)	김도완, 이지학 대표	경기도 성남시 분당구 판교로228번길 17 판교세븐벤처밸리 2단지 1동 8층
(주)시티랩스	조영중 대표	경기도 안양시 만안구 예술공원로 153-32 3층
에스넷시스템(주)	박효대, 장병강 대표	서울특별시 강남구 선릉로 514 (삼성동) 성원빌딩 10층
(주)LG CNS	김영섭 대표	서울시 강서구 마곡중앙8로 71 LG사이언스파크 E13, E14
LG히다씨(주)	김수업 대표	서울특별시 마포구 마포대로 155 LG마포빌딩
(주)자이네스	고범석 대표	서울특별시 구로구 디지털로33길 11, 에이스테크노타워 8차 503호
정보통신산업진흥원	김창용 원장	충청북도 진천군 덕산면 정통로 10
정보통신정책연구원	권호열 원장	충청북도 진천군 덕산면 정통로 18
(주)지리지교시큐리티	윤두식 대표	서울특별시 강남구 역삼로 542(대치동 신사S&G 5층)
KCC정보통신	이상현, 권혁상 대표	서울특별시 강서구 공항대로 665 KCC오토타워
(주)코리아퍼스트텍	장영규 대표	서울시 강서구 화곡로 222
티에스라인시스템(주)	최국현 대표	서울특별시 영등포구 영신로 220, 805호~806호
한국인터넷진흥원	이원태 원장	전라남도 나주시 진흥길 9
한국전자통신연구원	김명준 원장	대전광역시 유성구 가정로 218
한국지능정보사회진흥원	문용식 원장	대구광역시 동구 침단로 53



한국정보처리학회 기관지 원고 집필 안내

한국정보처리학회는 학회지 「정보처리학회지」와 논문지 「정보처리학회논문지 A·B·C·D」를 발행하고 있습니다. 「정보처리학회지」는 새로운 기술동향을 비롯해서 각종 정보를 게재하고, 회원의 지식 향상을 목적으로 하며, 「정보처리학회논문지 A·B·C·D」는 회원의 연구 결과를 발표하는 장입니다.

본 안내는 학회 기관지의 원고 집필 요령을 정리한 것으로, 집필 시 참고로 하시기 바랍니다.

「정보처리학회지」 원고 집필 안내

- 제 1 조 학회지에 게재할 원고의 종류는 특집, 특별기고, 기획기사, 정보 관련 기술 동향 및 편집위원회가 인정하는 것으로 한다.
- 제 2 조 투고자는 원칙적으로 본 학회 회원으로 한다. 단, 회원과의 공동기고자 및 초청기고자는 예외로 한다.
- 제 3 조 원고는 수시로 접수하며 접수일은 원고가 본학회 편집위원회에 도착한 날로 하고, 접수된 원고는 편집위원회에서 게재여부를 결정한다.
- 제 4 조 원고는 가장 많이 사용되는 워드프로세서로 작성한 파일을 함께 제출한다.
- 제 5 조 원고의 내용은 정보처리 관련자가 이해할 수 있는 정도로 작성한다.
- 제 6 조 투고자는 200자 이내의 약력을 제출하여야 한다. 게재가 확정된 원고에 대해서는 추후 저자의 사진을 제출해야 한다.
- 제 7 조 본 학회지에 게재된 내용은 본 학회의 승인없이 영리목적으로 무단 복제하여 사용할 수 없다.
- 제 8 조 원고 작성 방법은 다음과 같다.
 - (1) 1페이지 기술 분량 : A4용지 30행×40자 내외
 - (2) 원고분량 : 6~8페이지 내외
 - (3) 참고문헌 : 참고 문헌은 저자명에 의한 사전식으로 기술하되, 각 참고 문헌은 잡지의 경우 “번호저자명, 제목, 잡지명, 권, 호, 페이지, 연도”의 순으로 기술한다. 단, 참고문헌 인용시에는 대괄호를 이용할 것(예 [1], [2], [3], [4] 등)
 - (예) [1] 김철수, 김수철, “한국 정보 처리 산업에 관한 연구”, 한국정보처리논문지, 제1권, 제1호, pp.23-43, 1997.
 - [2] 이영희, 컴퓨터입문, pp.234, 출판사, 1997.
 - [3] L. Lanomt, “Synchronization Architecture and Protocols”, IEEE Trans. on Comm., Vol. 23, No. 3, pp.123-132, 1997.
 - [4] Steinmetz, Multimedia : Computing, Communications & Applications, PII, 1995.
 - (4) 내용표기에 있어서, 장, 절 등의 표시는 ‘ 1, 1.1, 1.1.1, 가, 1), 가), (1), (가)’의 순서로 한다.
 - (5) 원고는 ‘제목-소속성명-목차-본문-참고문헌’의 순으로 기술하며, 첫장 하단에는 회원 구분을 명기한다.
 - (6) 표의 제목은 “〈표 1〉대한민국” 과 같이 표의 상단에 기술하고, 그림의 제목은 “(그림 1)서울”과 같이 그림의 하단에 기술하며, 사진판으로 사용할 수 있도록 백지에 정서해야 한다.

본 규정은 1997년 1월 1일부터 효력을 발생한다.



기타 원고 모집 안내

당 학회지 편집위원회에서는 학회지 『정보처리학회지』에 게재할 각종 원고를 회원 여러분으로부터 모집하고 있습니다. 많은 투고와 참여있으시기 바랍니다.

1. 모집내용

다음에 대한 원고를 모집합니다.

- (1) 해 설 : 정보처리에 관련된 신기술 또는 이론으로서 당 학회 회원의 관심도가 높은 내용
- (2) 외국기사 : 외국 잡지에 게재된 기사로서 당 학회 회원에게 유익한 내용
- (3) 서 평 : 최근에 출판된 책으로서 당 학회 회원에게 유익한 도서의 소개 또는 비평
- (4) 뉴 스 : 정보처리에 관한 국제규모의 회의, 대회의 보고 등 시사성이 높고 당 학회 회원에게 널리 알릴 가치가 있는 내용
- (5) 기관소개 : 국내 기관 또는 외국 기관
- (6) 기 타 : 당 학회 회원에게 유익한 내용

2. 응모 자격

당 학회 회원으로 한다.

3. 응모 절차

원고는 학회지 편집위원회에서 정한 투고 규정에 의거하여 다음 순서로 기술하여 주시기 바랍니다.

- (1) 제 목
서평의 경우에는 저자명, 책이름, 페이지수, 출판사, 발행년도, 가격 등으로 기술한다.
어느 장르에 속하는지를 첫페이지 오른쪽 상단에 표시한다.
- (2) 필자명, 소속, 필자 연락처
- (3) 본 문
본문은 서평의 경우 2,000자 정도, 뉴스의 경우 1,000자 정도로 한다.
- (4) 참고문헌, 부록, 그림, 표
- (5) 필자 소개
이름, 경력과 학력을 기술한다.

4. 원고 취급

투고된 원고는 학회지 편집위원회에서 심사를 한 후 게재여부를 결정합니다. 게재가 결정되었을 경우에는 원고 수정을 부탁하는 경우가 있습니다. 서평의 경우에는 필자의 사진이 필요하므로 게재 결정 후 학회 사무국으로 우송해야 됩니다.

5. 원고료

학회지 규정에 의거하여 소정의 원고료를 지급합니다.

6. 보낼 곳

04376 서울특별시 용산구 한강대로 109, 1002호(한강로 2가 용성비즈텔)
한국정보처리학회 학회지 편집위원회
uskim@kips.or.kr



정보처리학회 논문지 투고 규정

1. 원고의 전자 투고

모든 원고는 전자 형태(MS Word, 아래아 한글, 혹은 PDF 형태)로 학술지 웹사이트(<http://ktccs,kips.or.kr>, <http://ktsde,kips.or.kr>)를 통해 온라인으로 투고하여야 한다. 투고 규정은 해당 웹사이트에서도 볼 수 있으며, 본 학술지에 투고하는 모든 원고들은 이 규정을 준수하여야 한다. 그렇지 않을 경우 원고가 반송되게 되며 이로 인해 출판이 지연될 수도 있다. 원고 투고에 관한 문의는 이메일(kips@kips.or.kr)이나 전화(+82-2-2077-1414), 팩스(+82-2-2077-1472)를 통해 학회 사무국으로 한다. 저자 중에 1인은 학회 회원으로 가입되어야 함을 원칙으로 한다.

2. 연구 및 출판 윤리

본 학술지는 Guidelines on Good Publication(<http://publicationethics.org/node/11184>)에 기술된 연구 및 출판 윤리 지침을 따른다.

2.1 이해갈등관계 명시

저자는 기업으로부터의 재정적 지원 또는 연계, 이익집단으로부터의 정치적 압력 등과 같은 이해 갈등 관계가 있으면, 이에 관한 정보를 밝혀야 한다. 특히, 연구에 관계된 모든 지원금의 출처를 명백히 진술해야 한다.

2.2 저자 요건

1) 연구의 기본개념설정과 설계, 자료수집, 또는 자료분석과 해석에 지대한 공헌을 하고, 2) 원고를 작성하거나 내용의 중요 부분을 변경 또는 개선하고, 3) 최종 원고 내용에 대한 동의, 4) 연구 작업 각 부분 마다 관련된 정확성 또는 무결성과 관련된 질문이 적절하게 조사되고 해결되었음을 보장하는 해당 작업의 모든 측면에 대해 책임을 지는 계약에 관한 네 가지 조건을 모두 충족한 사람만이 논문 저자로서 원고에 나열되어야 한다. 원고의 최초 투고 후, 어떠한 저자 변경 사항(저자 추가, 저자 삭제, 혹은 저자 순서 변경)도 편집인에게 편지로 알려주고 승인을 받아야 한다. 이 편지에는 해당 논문의 모든 저자들의 서명이 포함되어야 한다.

2.3 이중게재/이중투고 금지

투고된 모든 원고는 다른 학술지에 이미 실렸거나 또는 심사 중이어서는 안된다. 채택된 원고의 모든 부분은 편집위원회의 허가 없이 다른 과학학술지에 이중게재 하여서는 안 된다. 본지에 실린 논문의 이중게재 발각 시에는 저자 및 소속기관에 이를 알릴 것이며, 저자에게 제재가 가해 될 것이다.

3. 상호심사 절차

모든 원고는 편집위원이 위촉한 2인 또는 3인의 심사위원들이 평가하며, 연구의 질과 독창성, 그리고 과학적 중요성을 바탕으로 심사하여 채택 여부를 결정한다. 원고투고 후 심사 의견과 결과를 온라인 투고시스템과 이메일로 통보한다. 교신저자는 수정된 원고를 온라인으로 재투고해야 하며 심사자의 지적에 따라 변경된 내용을 각 항목별로 진술해야 한다. 편집위원회 결정 이후 8주가 경과해도 수정된 원고를 재투고하지 않을 시에는 철회로 간주한다. 저자는 학술지 웹사이트에서 투고 논문의 심사 진행 현황을 확인할 수 있다.

4. 저작권

출판된 모든 원고는 한국정보처리학회의 자산이 되며, 서면허가 없이 다른 곳에 출판되어서는 안 된다. 출판이 결정되면 저자는 저작권양도 서식을 기재하여 팩스, 우편 또는 이메일로 학회 사무국에 보내야 한다.

5. 원고 작성

5.1 언어

모든 원고는 국문 또는 영문으로 작성하여야 한다. 국문 논문의 경우, 서지 정보(제목, 저자, 소속, 교신저자의 주소와 이메일), 표, 그림, 감사의 글, 참고문헌 등은 모두 영문으로 기술하여야 한다. 심사를 위한 초기 투고 원고에는 저자 정보를 포함시키지 말아야 한다. 하지만, 논문 수락 판정을 받은 후 제출하는 최종본에는 저자 정보를 포함시켜야 한다.

5.2 일반적인 사항

- 1) 원고는 MS Word나 한글문서로 작성한다.
- 2) 원고는 A4 (21,0×29,7cm) 용지에 10point 글씨크기로 행 사이를 2행 간격(double space)으로 하여 작성하되, 상하좌우 모두 2.5cm의 여백을 둔다.
- 3) 모든 단위는 International System(SI) of Units 에 따라 기술하여야 한다. 퍼센트(%)와 온도(°C)를 제외한 모든 단위는 한 칸의 공백 다음에 기술해주어야 한다.

5.3 출판 유형

- 한국정보처리학회논문지는 연구논문(research paper), 기획특집 논문(special issue paper) 등을 출판한다.
- 1) 연구논문(research paper): 본 학술지가 다루는 범위 안에서 새로운 학술적 발견들을 상호 심사과정을 거쳐 연구논문으로 출판할 수 있다. 연구논문에는 이론이나 실험에 관한 새롭고 중요한 결과들이 기술되어야 한다. 논문의 길이 제한은 20쪽 이내이다.
 - 2) 기획특집 논문(special issue paper): 본 학술지가 다루는 범위안에서 필요시 최신 이슈나 새로운 아이디어를 주제로 하여 상호 심사과정을 거쳐 논문으로 출판할 수 있다. 논문의 길이 제한은 20쪽 이내이다.

5.4 연구논문

원고는 국문제목, 국문요약과 국문키워드, 영문제목, 영문요약과 영문키워드, 본문, 감사의 글(필요 시), 참고문헌을 순서대로 포함한다.

1) 요약과 키워드

요약은 무슨 연구를 어떻게 수행하였는지, 주된 연구결과와 그 중요성에 관해 간결하게 기술하여야 한다. 표나 참고문헌 번호를 포함하지 않은

하나의 문단으로 기술되어야 한다. 초록의 하단부에는 연구분야와 내용을 나타낼 수 있는 3 ~ 5단어 이내의 키워드를 기재하여야 한다.

2) 본문

- a) 장절 제목: 장이나 절의 제목은 1, , 1.1, 1), a) 와 같이 4 단계 레벨로 표기할 수 있다.
 - b) 본문 중 참고문헌 인용: 참고문헌은 본문에서 처음 인용되는 순서대로 번호를 붙인다. 그리고 본문에서 참고문헌을 인용할 때는 해당 참고문헌의 번호를 [1, 4, 7] 혹은 [6-9]와 같이 각괄호 안에 기재한다.
 - c) 약어: 약어는 저자의 편의성보다는 독자에게 도움을 줄 수 있는 방식으로 사용되어야 한다. 따라서 약어는 가급적 제한적으로 사용하는 것이 바람직하다. 표와 그림을 포함해 본문에서 세 번 이상 등장하지 않는 약어의 사용은 가급적 피하라. 약어는 본문에서 처음 사용될 때 축약 이전의 형태로 정의되어야 한다.
 - d) 표: 표는 본문에서 인용되는 순서대로 아라비아 숫자로 번호를 붙인다. 표의 제목과 설명은 영어로 작성하며, 본문 내용을 읽지 않고도 이해할 수 있도록 간결 명료하게 작성한다
 - e) 그림: 그림은 본문에서 인용되는 순서대로 아라비아 숫자로 번호를 붙인다. 동일한 번호에 두 개 이상의 그림이 있는 경우, Fig. 1A, Fig. 1B와 같이 아라비아 숫자 뒤에 알파벳 대문자를 기입하여 구분한다. 자신이 그린 그림이 아니면 저작권자의 허락을 받아야 하며 각주에 이를 밝혀야 한다.
- 3) 감사의 글
필요한 경우, 본문 뒤에 감사의 글을 포함시킬 수 있으며, 연구비 지원 또는 다른 지원에 대한 내용을 명시할 수 있다.
- 4) 참고문헌
모든 참고문헌은 영어로 기술하며, 제출 원고의 내용과 분명히 관련이 있는 것들이어야 한다. 참고문헌은 본문에서 처음 인용되는 순서대로 번호를 붙인다. 참고문헌들은 반드시 원저 확인을 통해 출처를 검증하는 것이 필요하다.
다음 예시들을 참고하여 참고문헌들을 작성한다.

Journal Article

- [1] S. Y. Hea and E. G. Kim, "Design and implementation of the differential contents organization system based on each learner's level," *The KIPS Transactions: Part A*, Vol.18, No.6, pp.19-31, 2011.
- [2] S. Y. Hea, E. G. Kim, and G. D. Hong, "Design and implementation of the differential contents organization system based on each learner's level," *KIPS Transactions on Software and Data Engineering*, Vol.19, No.3, pp.19-31, 2012.

Book & Book Chapter

- [3] S. Russell and P. Norvig, "Artificial Intelligence: A Modern Approach," 3rd ed., New York: Prentice Hall, 2009.
- [4] J. L. Hennessy and D. A. Patterson, "Instruction-level parallelism and its exploitation," in *Computer Architecture: A Quantitative Approach*, 4th ed., San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Pub., ch. 2, pp.66-153, 2007.
- [5] D. B. Lenat, "Programming artificial intelligence," in *Understanding Artificial Intelligence*, Scientific American, Ed., New York: Warner Books, Inc., pp.23-29, 2002.

Conference Proceedings

- [6] A. Stoffel, D. Spretke, H. Kinnemann, and D. A. Keim, "Enhancing document structure analysis using visual analytics," in *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing*, Sierre, pp.8-12, 2010.

Dissertations

- [7] J. Y. Seo, "Text-driven construction of discourse structures for understanding descriptive texts," Ph.D. dissertation, University of Texas at Austin, TX, USA, 1990.

Online Source

- [8] Thomas Clabum, Google Chrome 18 brings faster graphics [Internet], <http://www.techweb.com/news/232800057/google-chrome-18-brings-faster-graphics.html>.

6. 투고료 및 게재료

6.1 투고료

본 학술지에 원고를 투고할 때, 투고자는 1편당 일반 심사의 경우 50,000원(US \$50), 급행 심사의 경우 350,000원(US \$350), 기획특집 심사의 경우 100,000원(US \$100)을 학회에 납부하여야 한다.

6.2 게재료

채택된 논문의 투고자는 논문의 게재를 위해 다음과 같은 논문 게재료를 학회 사무국에 납부하여야 한다.

- 인쇄쪽수가 1 ~ 6쪽인 경우, 100,000원
- 인쇄쪽수가 7쪽 이상인 경우, 100,000원 + 50,000원 추가 / 쪽당

6.3 결제

- 1) 계좌이체
 - KEB하나은행: 232-13-01249-5 (예금주: 한국정보처리학회)
 - 우체국: 012559-01-000730 (예금주: 한국정보처리학회)
- 2) 온라인 결제
 - 온라인 투고시스템에서 로그인 후 결제

7. 본 투고 규정은 2020년 1월 31일부터 효력을 발생한다.



당 학회에는 현재 다음과 같은 연구회가 구성되어 있으며, 이들 연구회는 위원장을 중심으로 하여 현재 활발한 연구 활동을 하고 있습니다. 연구회에 가입을 원하시는 회원은 연구회 가입 원서를 작성하셔서 당 학회 사무국 또는 각 위원장에게 보내주시기 바랍니다. 회원 여러분의 많은 가입을 부탁드립니다. 연구회 발족 등에 관한 의견이 있으시면 학회로 연락 주시기 바랍니다.

e - B r i d g e 연 구 회

위원장 : 이정배 부총장 (부산외국어대학교)
 전 화 : 051)509-5033
 e-mail : jblee1120@naver.com

우 정 기 술 연 구 회

위원장 : 정 훈 부장 (ETRI)
 전 화 : 042)860-6470
 e-mail : hoonjung@etri.re.kr

I T 융 합 서 비 스 연 구 회

위원장 : 박석천 교수 (가천대학교)
 전 화 : 031)750-5328
 e-mail : scpark@gachon.ac.kr

전 산 교 육 연 구 회

위원장 : 김형진 교수 (전북대학교)
 전 화 : 063)270-4783
 e-mail : kim@chonbuk.ac.kr

I T 정 책 연 구 회

위원장 : 오길록 교수 (숭실대학교)
 전 화 :
 e-mail : gilroko@paran.com

전 산 수 학 연 구 회

위원장 : 박진홍 교수 (선문대학교)
 전 화 : 041)530-2224
 e-mail : chp@omega.sunmoon.ac.kr

블 록 체 인 기 술 및 응 용 연 구 회

위원장 : 정영식 교수 (동국대학교)
 전 화 : 02)2260-3374
 e-mail : ysjeong@dongguk.edu

전 자 정 부 연 구 회

위원장 : 이재두 수석 (NIA)
 전 화 : 02)2131-0370
 e-mail : leejaedu@gmail.com

빅 데 이 터 컴 퓨 팅 연 구 회

위원장 : 이필규 교수 (인하대학교)
 전 화 : 032)860-7448
 e-mail : pkrhee@inha.ac.kr

정 보 통 신 응 용 연 구 회

위원장 : 오진태 부장 (ETRI)
 전 화 : 042)860-4977
 e-mail : showme@etri.re.kr

소 프 트 웨 어 공 학 연 구 회

위원장 : 김정아 교수 (가톨릭관동대학교)
 전 화 : 033)649-7801
 e-mail : clara@cku.ac.kr

지 식 및 데 이 터 공 학 연 구 회

위원장 : 진병운 박사 (ETRI)
 전 화 : 042)860-6544
 e-mail : bwjin@etri.re.kr

스 토 리 지 시 스 템 연 구 회

위원장 : 신범주 교수 (부산대학교)
 전 화 : 055)350-5417
 e-mail : bjshin@pusan.ac.kr

컴 퓨 터 소 프 트 웨 어 연 구 회

위원장 : 박두순 교수 (순천향대학교)
 전 화 : 041)530-1317
 e-mail : parkds@sch.ac.kr

에 너 지 그 리 드 정 보 처 리 연 구 회

위원장 : 박성준 원장 (한전KDN)
 전 화 : 061)931-6900
 e-mail : jspark_96@kdn.com



◆ 납입방법 : 신용카드

◆ 결재내용 : 학회 회비 / 세미나 참가비 / 논문 구독료 / 논문 게재료

학 회 회 비	종신회원 ₩600,000() 정회원 ₩60,000()
	준 회원 ₩40,000() 기 타 (₩)
행 사 등 록 비	(₩)
논 문 구 독 료 (각 권당 2만원)	<input type="checkbox"/> 소프트웨어 및 데이터 공학(KTSDE) <input type="checkbox"/> 컴퓨터 및 통신 시스템(KTCCS) (₩)
논 문 게 재 료	()권 ()호 (₩)
기 타	(₩)

◆ 신용카드 사용내역서

카드명	<input type="checkbox"/> 신한카드 <input type="checkbox"/> 국민카드 <input type="checkbox"/> 비씨카드	결재	일시불()	※ 타카드 사용 불가
카드번호	<input type="text"/>			
지불금액	원	카드유효기간	년 월	진 화
소 속		성 명		서 명
“상기 금액을 정히 지불합니다” 사단법인 한국정보처리학회				

- ※ 신한카드, 국민카드 및 비씨카드만 사용이 가능합니다.
- ※ 반드시 팩스로 회송바랍니다.
- ※ 학회 연회비 및 논문 구독료는 홈페이지에서 로그인 후 모든 카드로 온라인 카드 결제가 가능합니다.

☞ 보내실곳 : **한국정보처리학회**
 전화 : (02)2077-1414 팩 스 : (02)2077-1472
 http://www.kips.or.kr e-mail : ysyun@kips.or.kr
 04376 서울특별시 용산구 한강대로 109, 1002호(한강로 2가 용성비즈텔)

학 회 사 무 국

사무국장	송영민 (내선 5)	min@kips.or.kr	업무총괄 / 제회 / CUTE 행사
부 장	김은순 (내선 2)	uskim@kips.or.kr	학회지 / 춘계학술대회 / 단기강좌 / 연구과제
차 장	이주연 (내선 1)	joo@kips.or.kr	JIPS(영문지) / IT21컨퍼런스 / 추계학술발표대회
과 장	윤영숙 (내선 3)	ysyun@kips.or.kr	회원 / 재무 / 국문지 / 홈페이지 및 뉴스레터

- 사무국주소 : (04376) 서울특별시 용산구 한강대로 109, 1002호(한강로2가, 용성비즈텔)
- 전 화 : 02) 2077-1414
- 팩 스 : 02) 2077-1472
- 대 표 메 일 : kips@kips.or.kr
- 홈 페 이 지 : www.kips.or.kr

정보처리학회지

제 28 권 제 3 호

등록일자 : 1994년 3월 31일
서기 2021년 9월 28일 인쇄
서기 2021년 9월 30일 발행

발 행 인 : 신 용 태

편 집 인 : 전 유 부

발 행 처 :  **사단법인 한국정보처리학회**
KIPS Korea Information Processing Society

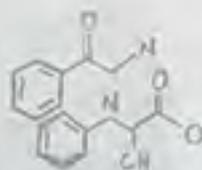
(04376) 서울특별시 용산구 한강대로 109, 1002호(한강로 2가, 용성비즈텔)
전 화 : (02)2077-1414(代) 팩 스 : (02)2077-1472
홈페이지 : www.kips.or.kr 이메일 : kips@kips.or.kr

* 제작 : (주)이환디앤비 Tel : (02)2254-4301(代)

<비매품>

희망찬 첫걸음, 세계로 내딛다

공학교육인증제도란? 공과대학 교육과정에 대한 평가를 통해
해당 과정을 이수한 졸업생이 산업체의 수요와
글로벌 스탠다드를 충족하는 역량을 갖추게 되는 것을 인정하는 제도입니다.



송암은 지능형교통시스템 분야의 순수 자체 기술로 시장을 선도해 나가겠습니다.

- | 지능형 교통 시스템 (ITS)
 - 고속도로 교통관리 시스템 (FTMS)
 - 차량검지시스템 (VDS)
 - 버스정보시스템 (BIS)
 - 폐쇄회로 카메라 시스템 (CCTV)

- | RFID 시스템
 - RFID 기반 물류 및 관리시스템



[스마트교차로 솔루션]



송암시스템주식회사

부산·주말 강서동 송암시 본매점 동해공덕로 32
기동빌딩 5층 송암시 본매점 권교로229번길 17(남동명동) 권교세관컨테이너 200여 1층 8층

T. 0331737-8300 F. 0331737-8333
T. 03118018-7000 F. 03118017-9988

한국생산성본부

GTQi(그래픽기술자격일러스트) 1·2급 공인민간자격 승격

GTQi가 2021년 1월 1일부로 공인민간자격으로 승격되었습니다.

GTQi(Graphic Technology Qualification Illustrator)는 편집, 광고, 캐릭터, 글자, 로고, 애니메이션, 웹디자인, 패션, 건축, 가구 등 디자인 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 활용되고 있습니다.

저작권이 중시되는 현대사회에 일러스트는 독창적이고 매력적인 콘텐츠 작업이 가능합니다.



더 나은 미래를 위한 새로운 도전과 혁신의 시작 그 중심에 한국생산성본부가 있습니다. 기업의 사회적 가치를 높이고 대한민국의 성장과 발전에 공헌하는 것, KPC의 미션입니다. 개인 및 기업의 생산성을 높이고, 국민의 삶의 질을 개선해 대한민국의 번영에 기여하겠습니다.

CLOVA Note[®]

음성 기록, 다 들어볼 시간 없으니까요

AI기술로 도와드릴게요.

클라이언트 1차 미팅

2018.08.28 10:00 ~ 10:30

김민준

김민준

음성 기록

박규희 (010-1234-5678)
안녕하세요. 이렇게 만나게 되어 반갑습니다.
정말로 잘 부탁드립니다.

이세진 (010-1234-5678)

저는 앞으로 팀 차장(팀장)입니다.
그동안 업무에 많은 도움 주셔서 감사드립니다.
다음 공백시간은 10:30입니다.

김민준 (010-1234-5678)
네 그죠. 감사합니다. 팀 차장님.

김민준 (010-1234-5678)
네. 감사합니다. 팀 차장님.

클라이언트 1차 미팅
28:00



눈으로 보며 듣는 음성기록
클로버노트 앱을 다운로드 하세요.

성공하는 기업의 디지털 혁신 메타넷이 함께 만듭니다

컨설팅으로 변화를 디지털로 혁신을 테크놀로지로
미래를 앞당기고 오퍼레이션으로 운영의 효율을 높입니다.

디지털 비즈니스 플랫폼, 메타넷
Consulting | Digital | Technology | Operations


Metanet

메타넷글로벌 · 메타넷티켓플랫폼 · 메타넷대우정보 · 메타넷컨택트 · 메타넷항공플랫폼
유티모스트INS · 넥스젠NCG · 현코아 · 코마스 · 밀포스트 · RDMK · IGM세계경영연구원

“공간정보로 연결하고,
공유하고, 볼 수 있는 세상”

올포랜드가
함께 만들어 가겠습니다.



사업분야

-  **GIS솔루션** map prime CLOUD · OCEAN · 2D/3D GIS
-  **SI** 국토/해양 정보화, 환경·교통 서비스 등
-  **DB** 국토/해양 GIS, 정밀도로지도, 드론촬영 등

<http://www.all4land.com>

서울시 금천구 가산디지털1로 145 에이스하이엔드타워 3차 1401호

T. 02-855-5724 F. 02-857-5746



**클라우드전환
쌍용정보통신과 함께
Non-Stop으로
할 수 있습니다**

**클라우드 너머의 미래
쌍용정보통신과 함께 설계하세요!**

No.1 Cloud Native IT Service Company
DX Innovator, 클라우드 · AI 전문가 그룹

과학기술인프라, 데이터로 세상을 바꾸는 한국과학기술정보연구원

KISTI는 과학기술 인프라의 디지털 전환을
선도하며 산·학·연·정 모두 함께
국가·사회 현안 해결과 우리나라의 R&D 혁신을 추진합니다.



한국과학기술정보연구원
Korea Institute of Science and Technology Information

KISTI 주요연구분야

- 과학기술 데이터 연계 - 공유 - 확산 체제 구축
- 초거대규모 연구 지원과 미래경쟁력 강화를 위한 국가슈퍼컴퓨팅 연구·서비스
- 지능형 정보분석 서비스로 기술 혁신 지원과 지역 협업 생태계 구축

KISTI 정관 및 임무

- 국가 과학기술 정보 분야의 전문연구기관으로서 국가 과학기술 진흥과 산업의 발전에 기여

PC 원격 보안점검

내PC 돌보미

코로나19로 인한 재택근무와 원격수업!
우리집 PC의 보안상태는 괜찮을까요?? 무료점검 받아보세요!!

내PC 돌보미 서비스란?



- 비대면 업무·생활 확산에 따라 사이버 공격 노출 및 피해 최소화
- 사이버 위협에 즉각 대응이 어려운 개인 PC 이용자들을 위해 보안점검 실시 및 안전조치 지원



서비스 대상

- 원격수업·재택근무 등 인터넷을 이용하는 가정용 개인 PC



서비스 시각

- 평일 : 8시~22시 토·공휴일 : 9시~18시



서비스 절차

- ① 서비스 신청(보호나라) → ② 안내전화(점검원→신청자) → ③ 서비스 진행

점검 내용



운영체제 및 S/W 보안 업데이트



백신 설치 및 치료



해킹 프로그램 유무 점검·조치



미사용 ActiveX 제거



안전한 암호설정 점검



방화벽 설정 점검



백신 미탐지 바이러스 제거



해킹 악용 공유 폴더 점검



IoT(공유기, AI스피커 등) 취약점 조치 등

서비스 신청 방법



보호나라 접속
(www.boho.or.kr)



보안 서비스 메뉴 선택



내PC 돌보미 메뉴 선택



신청하기 버튼 클릭



Design your innovation with KETI

Needs가 Solution이 되는
한국전자기술연구원 기업협력플랫폼



공동
기술개발



기술이전 및
사업화 지원



신뢰성
시험/평가



연구장비
공동활용



교육자원/
창업보육

즐기세요
Smart IT



LG하다씨가
Smart 세상을 만들어 갑니다

Wireless LAN Specialized Corporation

사람-사물-공간

빅선시스템즈(주)는 연결입니다.

스마트 시티 솔루션

Advertising, Public relations/
Sign language Service/
A Floating population analysis/
Smart street lamp/

02

Application

03

Consulting

무선통신 컨설팅&설계

/Scalability/ Reliability
/QoS/ Efficiency
/Sustainability
/Support for large-scale event
/conference

01

Network

무선 네트워크&무선 보안

AP/ PTP, PMT/ Switch/ WNMS/ AP Management System
Wi-Fi Service using LTE/ 5G Router(KTX/SRT)
UTM/ WIPS/ Authorization System
Comprehensive Network Maintenance

BigSun Systems Co., Ltd. | www.bigsun.kr

빅선시스템즈(주)는 2011년 8월 1일 창업 이래, 공공용 브랜드 Cambium Networks(구 Xirrus)의 제품으로
세계 수준의 경영력을 갖게 됐으며, 현재 시외를 필수적인 무선 네트워크 솔루션을 통해 더 편리한 서비스를 제공하고 있습니다.



비트 의 경쟁상대는 '미래' 입니다

디지털 병원, 효율적인 병원 경영을 위한 Total Solution,
비트컴퓨터가 함께 만들어 갑니다.

비트컴퓨터는 병원의 전산화, 정보화가 진두하던 시절부터 차곡차곡 기술을 집적시켜 오늘날
의료정보산업의 큰 바탕이 되고 있습니다.

금세 패워서 빈껍데기는 기술이 아닌 기술의 깊이까지 생각합니다.

지금보다 더 강한 의료정보산업을 위해 비트컴퓨터는 함께 숨쉬고 함께 일합니다.

전자 의무기록(bitnixEMR), 처방전달시스템(bitnixOCS), 영상EMR(bitnixChart),
적정형구유도서비스(Medigent Pro), 원격진료시스템(Dreamcare Plus),
IPTV 건강관리서비스(DreamcareTV), 약품정보사이트(www.druginfo.co.kr) 등

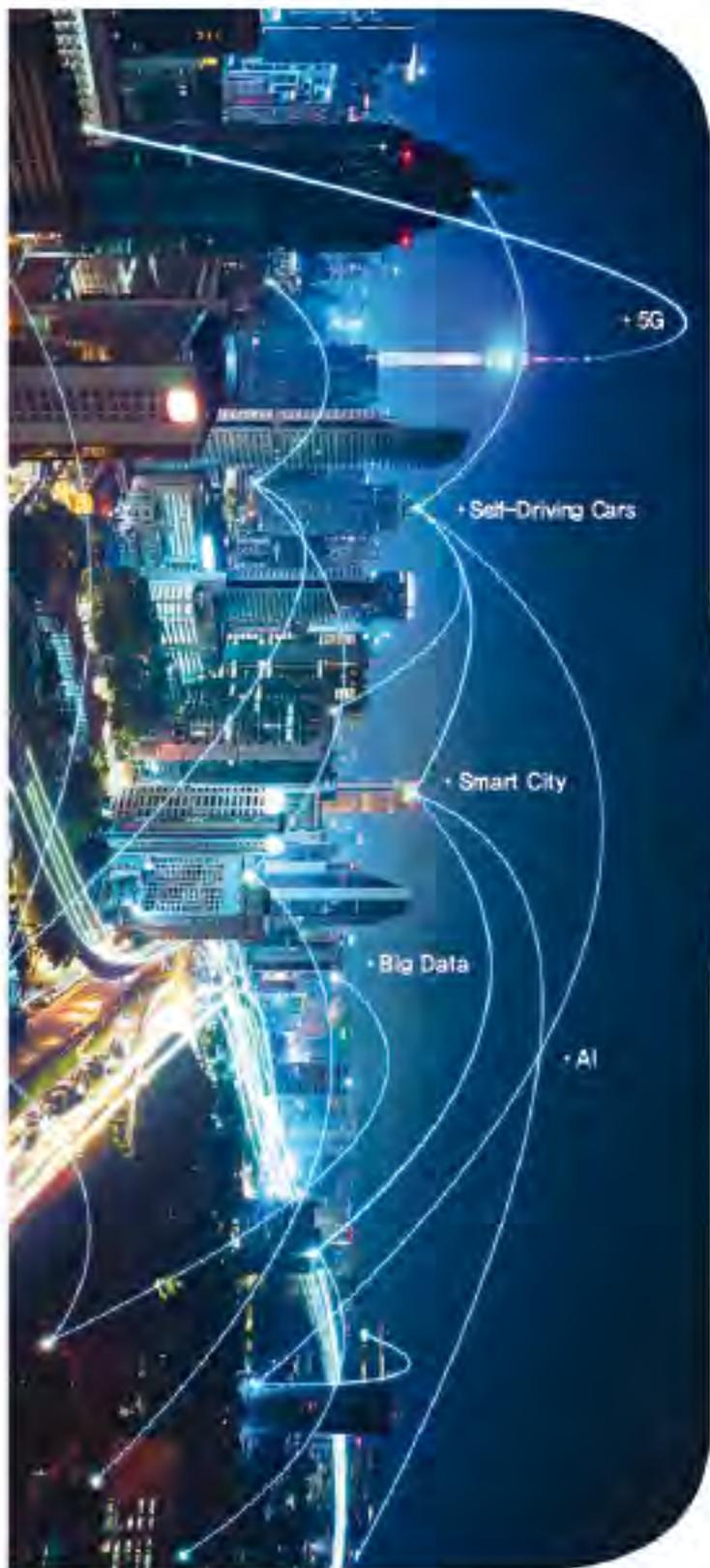


상상을 현실로 ! ICT 혁신을 통한 편리한 세상 !



기술로 미래를 선도하는 **글로벌 ICT 전문기업**

KCC정보통신은 오랜 경험과 최신 ICT 기술력을 바탕으로 공공, 금융, 국방, 교육, 의료, 통신 등 다양한 분야에서 고객에게 최고의 IT서비스를 제공하고 있습니다. 편리함은 KCC정보통신이 고객에게 주고자 하는 소중한 가치입니다. 우리의 IT 기술로 더 나은 미래를 만들어 가겠습니다.



세 상 모 든 연 결 의 중 심

사 람 과 사 람
미 래 와 현 재
연 결 의 중 심 에
S N E T 이
있 습 니 시

| S Net 그룹 사업영역 |

- **핵심 ICT 솔루션** : 비즈니스에 최적화된 ICT 환경 구축을 위한 맞춤형 컨설팅 및 통합 솔루션을 제공
- **스마트 X** : IoT/5G 기술을 기반으로 공장, 도시, 공항 등 다양한 분야에 적용 가능한 솔루션을 제공
- **클라우드 (Cloud)** : 비즈니스 변화에 효과적으로 대응할 수 있는 신속하고 유연한 클라우드 환경을 제공
- **데이터 Service** : On-premise와 클라우드 환경을 아우르는 데이터, DBMS, 관리 Tool 서비스
- **소프트웨어 정의 네트워킹(SDN)** : 업무 효율성 및 운영 편의성 향상을 위한 능동적이고 유기적인 인포라 서비스를 제공

