

ISSN 1226-9182

정보처리학회지

Korea Information Processing Society Review

www.kips.or.kr

KIPS

2017년 7월 | 제24권 제4호 |

드론 관련 기술과 응용

멀티콥터형 소형무인기의 고장 대응 기술 동향

무인항공기의 비행제어 컴퓨터 성능 개선 연구

UAV 스마트 디바이스 지상 제어 스테이션 사이버 보안 위협 모델

소형 무인기를 위한 오토파일럿 기술

글로벌 엔지니어의 길
공학교육인증제도가 있습니다



공학교육인증제도란?

- 공과대학교육과정에 대한 인증을 통해
배임 과정을 이수한 졸업생이 산업계의
요구와 Global Standard를 만족하는
역할을 갖춘 우수인재를 보장하는
제도입니다.
- 인증졸업생은 Washington Accord(화원국
(18개국)졸업생과 그 학력의 동등성을
보장 받습니다.

글로벌 공학인재 양성을 선도하는 **한국공학교육인증위**

한국공학교육인증원은 2007년 워싱턴어코드 정회원으로 가입하고 2008년에는 우리나라 주도로 서울어코드를 창립했습니다. (공학교육인증 졸업생은 회원국 졸업생과 동등한 자격 인정)

2013년 시드니어코드 및 더블린어코드 정회원이 되었으며 2017년 국내 83개 대학 510개 프로그램이 인증받았습니다. ▶자세한 사항은 홈페이지 www.abcuk.or.kr 참조

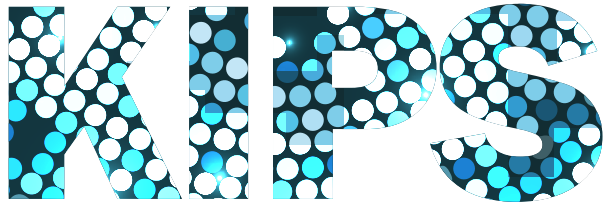
- 위싱턴어코드** 4년제 공과대학 졸업자 학력의 상호인정을 목표로 설립된 화원국 인증기구간 다자간 국제협약체로 인증기구가 인증한 졸업생은 모든 정화원국에서 학력의 동등성을 보장함.

ABEEK 한국공학교육인증원
Accreditation Board for Engineering Education of Korea

정보처리학회지

Korea Information Processing Society Review

www.kips.or.kr



제 22대 임원명단

회 장 | 정영식 (동국대학교)

전임회장단 | 성기중 (프리CEO) 故 남궁석 (前 국회회사무처사무총장) 조이남 (엑스게이트) 오길록 (숭실대학교)
 故 이기현 (명지대학교) 정진욱 (인터넷윤리실천협의회) 오해석 (가천대학교) 김흥기 (KTdS)
 이상범 (단국대학교) 변재일 (국회의원) 김병기 (전남대학교) 최현규 (前 다우기술)
 이정배 (부산외국어대학교) 금기현 (한국청년기업가정신재단) 정태명 (성균관대학교) 오경수 (前 롯데정보통신)
 박석천 (가천대학교) 조성갑 (고려대학교) 박두순 (순천향대학교) 구원모 (전자신문)

감 사 | 이재일 (중앙정보기술인재개발원) 정상근 (연성대학교)

수석부회장 | 남석우 (콤텍시스템)

부 회 장 | 고진광 (순천대학교) 김준민 (대구가톨릭대학교) 김도현 (제주대학교) 김동호 (숭실대학교)
 김상훈 (한경대학교) 김수상 (콤텍시스템) 김종완 (삼육대학교) 문남미 (호서대학교)
 박영호 (숙명여자대학교) 박중혁 (서울과학기술대학교) 백윤홍 (서울대학교) 신병석 (인하대학교)
 신용태 (숭실대학교) 원유재 (충남대학교) 유현창 (고려대학교) 윤용익 (숙명여자대학교)
 이은서 (안동대학교) 이주연 (아주대학교) 정광식 (한국방송통신대학교) 조경은 (동국대학교)
 최유주 (서울미디어대학원대학교) 한근희 (고려대학교) 황광일 (인천대학교)

협동부회장 | 강윤희 (백석대학교) 권태일 (빅센시스템즈(주)) 김기태 (쉴토즈) 김동휘 (대구대학교)
 김현주 (명지전문대학) 김호원 (부산대학교) 노병규 (KISA) 문양세 (강원대학교)
 박용범 (단국대학교) 박우출 (KETI) 변정용 (동국대학교) 서경학 (충북테크노파크)
 서재현 (목포대학교) 송병훈 (KETI) 신상철 (NIPA) 신석규 (단국대학교)
 신승중 (한세대학교) 신현정 (신한대학교) 오진태 (ETRI) 유기원 (한국생산성본부)
 유기홍 (명지전문대학) 유성철 (LG하다씨(주)) 유철중 (전북대학교) 윤명현 (KETI)
 윤천현 (KAIST) 이동화 (썬블루코어) 이상락 (썬터노스) 이상홍 (정보통신기술진흥센터)
 이영상 (썬데이터스트림즈) 이임영 (순천향대학교) 이태규 (대보정보통신(주)) 이태하 (대우정보시스템(주))
 이필규 (인하대학교) 임관철 (대전보건대학교) 전무용 (썬바이텍정보통신) 전상권 (아주대학교)
 조동욱 (충북도립대학) 지정규 (부산외국어대학교) 최충욱 (썬마크에니) 한선화 (KIST)
 한정섭 (KCC정보통신(주)) 홍 민 (순천향대학교) 황인준 (고려대학교)

지 회 장 | 김상춘 (강원대학교) 김태철 (포위시스템) 김형수 (제주한라대학교) 류근호 (충북대학교)
 방상원 (송원대학교)

상 임 이 사 | 고광만 (상지대학교) 김종찬 (국민대학교) 신창선 (순천대학교) 이강만 (동국대학교)
 이근호 (백석대학교) 이기용 (숙명여자대학교) 이장호 (홍익대학교) 이재호 (서원대학교)
 이정원 (아주대학교) 이호원 (한경대학교) 임승호 (한국외국어대학교) 정교민 (서울대학교)
 정재화 (한국방송통신대학교) 최 민 (충북대학교) 한연희 (한국기술교육대학교)

이 사 | 강승석 (서울여자대학교) 강정호 (숭실대학교) 공기식 (남서울대학교) 박 진 (아주대학교)
 권구락 (조선대학교) 권순일 (세종대학교) 권혁준 (순천향대학교) 길아라 (숭실대학교)
 김기범 (국가보안기술연구소) 김미혜 (충북대학교) 김미희 (한경대학교) 김성기 (선문대학교)
 김성석 (서경대학교) 김성수 (한국산업기술대학교) 김성우 (서울대학교) 김성환 (서울시립대학교)

김수균 (배재대학교)
 김종국 (고려대학교)
 노원우 (연세대학교)
 민 홍 (호서대학교)
 박진호 (숭실대학교)
 송왕철 (제주대학교)
 오세창 (세종사이버대학교)
 이경오 (선문대학교)
 이원규 (고려대학교)
 이필우 (KISTI)
 전유부 (순천향대학교)
 정윤희 (한국항공대학교)
 최강선 (한국기술교육대학교)
 허 경 (경인교육대학교)

김영옥 (KETI)
 김태근 (세종대학교)
 문유진 (한국외국어대학교)
 박능수 (건국대학교)
 박찬열 (KISTI)
 신동일 (세종대학교)
 유윤섭 (한경대학교)
 이경현 (부경대학교)
 이은영 (동덕여자대학교)
 이화민 (순천향대학교)
 정수환 (숭실대학교)
 정창성 (고려대학교)
 최 성 (남서울대학교)
 허준범 (고려대학교)

김 용 (한국방송통신대학교)
 김학만 (인천대학교)
 문현준 (세종대학교)
 박상봉 (세명대학교)
 성연식 (동국대학교)
 아지즈 (충북대학교)
 유진호 (상명대학교)
 이기훈 (광운대학교)
 이의신 (충북대학교)
 임동혁 (호서대학교)
 정순영 (고려대학교)
 정화영 (경희대학교)
 최은미 (국민대학교)

김인철 (경기대학교)
 노웅기 (가천대학교)
 민세동 (순천향대학교)
 박정민 (KISTI)
 손태식 (아주대학교)
 안상현 (서울시립대학교)
 윤주상 (동덕대학교)
 이덕규 (서원대학교)
 이재광 (한남대학교)
 장종수 (ETRI)
 정승원 (동국대학교)
 조수현 (홍익대학교)
 추현승 (성균관대학교)

협동이사

강동석 (NIA)
 권문주 (NIPA)
 김완섭 (㈜넥스텔)
 문정현 (한국정보산업연합회)
 서재철 (KISA)
 오형근 (국가보안기술연구소)
 이영구 (경희대학교)
 이현정 (중앙대학교)
 정연수 (Korea IT Times)
 진성철 (유넷시스템)

강 신 (코스콤)
 김교은 (㈜베스트케이에스)
 김우성 (호서대학교)
 민석홍 (민데이터)
 서준서 (대우정보시스템㈜)
 우종정 (성신여자대학교)
 이훈재 (SK텔레콤)
 이희승 (㈜티노스)
 정원용 (원광대학교)
 최동근 (롯데카드)

고법석 (㈜자이네스)
 김성동 (KETI)
 김태섭 (㈜바른전자)
 박철균 (에코메이텍)
 신우현 (㈜경봉)
 유환조 (포항공과대학교)
 이재두 (NIA)
 정경균 (㈜딜라이브)
 조태남 (우석대학교)
 최지윤 (㈜한국IT컨설팅)

구태연 (테크엔로범물사무소)
 김성엽 (㈜블루코어)
 김평중 (충북도립대학)
 박형우 (KISTI)
 안유환 (㈜네오피엠)
 윤두식 (㈜지란지교사유리티)
 이종근 (㈜DSTI)
 정성무 (KERIS)
 지석구 (NIPA)
 황일선 (KISTI)

지회

강원지회
 제주지회
 호남지회

김상춘 (강원대학교)
 김형수 (제주한라대학교)
 방상원 (송원대학교)

영남지회
 충청지회
 일본지회

김태철 (포위즈시스템)
 류근호 (충북대학교)
 백영선 (코스모컨설팅)

연구회 위원장

e-Bridge
 IT정책
 소프트웨어공학
 에너지그리드정보처리
 전산교육
 전자정부
 지식 및 데이터공학

이정배 (부산외국어대학교)
 오길록 (숭실대학교)
 박용범 (단국대학교)
 이봉재 (전력연구원)
 김형진 (전북대학교)
 이재두 (NIA)
 진병운 (ETRI)

IT융합서비스
 빅데이터컴퓨팅
 스토리지시스템
 우정기술
 전산수학
 정보통신응용
 컴퓨터소프트웨어

박석천 (가천대학교)
 이필규 (인하대학교)
 신범주 (부산대학교)
 정 훈 (ETRI)
 박진홍 (선문대학교)
 오진태 (ETRI)
 박두순 (순천향대학교)

IT시니어봉사단

단 장 | 유기홍 (명지전문대학)

위 원 | 김홍진 (가천대학교) | 이준상 (한국IT전문가협회) | 정상근 (연성대학교) | 정진욱 (한빛윌리엄스학회)

IT장학사업본부

본 부 장 | 이상범 (단국대학교)

부 본 부 장 | 박정호 (선문대학교)

IT평가인증본부

본 부 장 | 김병기 (전남대학교)

부 본 부 장 | 이상범 (단국대학교)

이영천 (호남대학교)

위 원 | 김우성 (호서대학교)
박정호 (신문대학교)
이범수 (인천대학교)
최상록 (생산성본부)

김응수 (대전대학교)
박진양 (인하공업전문대학)
이임영 (순천향대학교)
최재혁 (신라대학교)

김점구 (남서울대학교)
박태홍 (LG전자)
조동섭 (이화여자대학교)
허문행 (안양대학교)

박석천 (가천대학교)
윤용익 (숙명여자대학교)
조성갑 (前 인천정보산업진흥원)

인터넷윤리진흥본부

본 부 장 | 정진욱 (인터넷윤리실천협의회)

부 본 부 장 | 박정호 (신문대학교)

한민족IT평화봉사단

위 원 장 | 최 성 (남서울대학교)

선거관리위원회

위 원 장 | 구원모 (전자신문)

위 원 | 유현창 (고려대학교)
조경은 (동국대학교)
이장호 (홍익대학교)

김상훈 (한경대학교)
박종혁 (서울과학기술대학교)

최유주 (서울미디어대학원대학교)
문남미 (호서대학교)

원유재 (충남대학교)
한연희 (한국기술교육대학교)

인사위원회

위 원 장 | 정영식 (동국대학교)

부 위 원 장 | 남석우 (콤팩트시스템)

위 원 | 유현창 (고려대학교)
황광일 (인천대학교)

김상훈 (한경대학교)
길준민 (대구가톨릭대학교)

최유주 (서울미디어대학원대학교)
신창선 (순천대학교)

문남미 (호서대학교)
이장호 (홍익대학교)

간 사 | 한연희 (한국기술교육대학교)

포상위원회

위 원 장 | 김상훈 (한경대학교)

위 원 | 최유주 (서울미디어대학원대학교)
이장호 (홍익대학교)

원유재 (충남대학교)

문남미 (호서대학교)

한연희 (한국기술교육대학교)

전임회장 운영위원회

위 원 장 | 성기중 (프리CEO)

위 원 | 조이남 (엑스케이트)
김흥기 (KTds)
최현규 (前 다우기술)
오경수 (前 롯데정보통신)
구원모 (전자신문)

오길록 (숭실대학교)
이상범 (단국대학교)
이정배 (부산외국어대학교)
박석천 (가천대학교)

정진욱 (인터넷윤리실천협의회)
변재일 (국회의원)
금기현 (청년기업가정신재단)
조성갑 (前 인천정보산업진흥원)

오해석 (가천대학교)
김병기 (전남대학교)
정태명 (성균관대학교)
박두순 (순천향대학교)

여성위원회

위원장 | 문남미 (호서대학교)

위원장	길아라 (숭실대학교)	김경아 (명지전문대)	김미혜 (충북대학교)	김미희 (한경대학교)
위원	박정민 (KIST)	성해경 (한양여자대학교)	송은하 (원광대학교)	신은경 (남리자큐브)
	안상현 (서울시립대학교)	안은영 (한밭대학교)	오수현 (호서대학교)	윤희진 (협성대학교)
	이유부 (성균관대학교)	이은영 (동덕여자대학교)	이정원 (아주대학교)	이화민 (순천향대학교)
	임지영 (성서대학교)	조경은 (동국대학교)	최미정 (강원대학교)	최수미 (세종대학교)
	최유주 (한독미디어대학원대학교)	최은미 (국민대학교)	한영신 (성결대학교)	한정란 (협성대학교)
	홍헬렌 (서울여자대학교)			

학회지편집위원회

위원장 | 김종완 (삼육대학교)

부위원장	금득규 (유한대학교)	오세창 (세종사이버대학교)	박중오 (성결대학교)	전정훈 (동덕여자대학교)
	최유주 (서울미디어대학원대학교)			
위원	강경태 (한양대학교)	금득규 (유엔진솔루션즈)	김기범 (국가보안기술연구소)	김기범 (서울특별시정보시스템담당관)
	김기연 (목원대학교)	김영환 (전자부품연구원)	김혜영 (홍익대학교)	김호원 (부산대학교)
	박병호 (국방부)	박현주 (CIOT)	오세창 (세종사이버대학교)	윤종희 (영남대학교)
	이준환 (국동대학교)	이혜연 (국립금오공과대학교)	임유진 (숙명여자대학교)	임승호 (한국외국어대학교)
	장상현 (KERIS)	전정훈 (동덕여자대학교)	정원용 (원광대학교)	조광문 (목포대학교)
	조두산 (순천대학교)	최경주 (충북대학교)		

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)
Giannong 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 | **Gangman Yi** (Dongguk 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)
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)
Stefanos Gritzalis (University of the Aegean, Greece)

Associate Editor | **Abderrezak Rachedi** (University Paris Est, France)
Ah Young Lee (University of South Dakota, USA)
Ana Nieto Jiménez (University of Malaga, Spain)
Arun Kumar Sangaiah (VIT University, India)
BASIT SHAHZAD (King Saud University, Saudi Arabia)

Afrand Agah (West Chester University of Pennsylvania, USA)
Ali Shahrab (Glasgow Caledonian University, UK)
Aniello Castiglione (University of Salerno, Italy)
Aziz Nasridinov (Chungbuk National University, Korea)
BoomSeok Kim (Changshin University, Korea)

Byeong-Seok Shin (Inha University, Korea)
Byoungwook Kim (Korea University, Korea)
Changsun Shin (Sunchon University, Korea)
Chen Liu (Clarkson University, USA)
Christian Esposito (University of Salerno, Italy)
Chulyun Kim (Sookmyung Women's University, Korea)
Danda B. Rawat (Howard University, USA)
Deok Gyu Lee (Seowon University, Korea)
Enrique Herrera-Viedma (University of Granada, Spain)
Eun-ser Lee (Andong National University, Korea)
Fei Hao (Shaaxi Normal University, China)
Goo-Rak Kwon (Chosun University, Korea)
Hang-Bae Chang (Chung-Ang University, Korea)
HOUBING SONG (West Virginia University, USA)
Imad Saleh (University of Paris 8, France)
JAD NASREDDINE (Rafik Hariri University Mechref, Lebanon)
Jaya Thomas (National Institute of Technology Delhi, India.)
JIANBIN QIU (Harbin Institute of Technology, China)
Jong-Myon Kim (University of Ulsan, Korea)
Jungho Kang (Soongsil University, Korea)
Jung-Won Lee (Ajou University, Korea)
Ki Yong Lee (Sookmyung Women's University, Korea)
Kwang Sik Chung (Korea National Open University, Korea)
Kwangman Ko (Sangji University, Korea)
Kyungbaek Kim (Chonnam National University, Korea)
Lam-for Kwok (City University of Hong Kong, Hong Kong)
LIANG YANG (GuanDong University of Technology, China)
Mahua Bhattacharya (MHRD, Government of India, India)
Mikael Gidlund (Mid Sweden University, Sweden)
Min Choi (Chungbuk National University, Korea)
Min-Hyung Choi (University of Colorado at Denver, USA)
Mu-Yen Chen (National Taichung University of Science and Technology, Taiwan)
Neungsoo Park (Konkuk University, Korea)
PADMANABH THAKUR (Graphic Era University, India)
Ping-Feng Pai (National Chi Nan University, Taiwan)
Raghavendra S (Arsker Technologies, India)
Samadhiya Durgesh (National Applied Research Laboratories, Taiwan)
Sayed Chhattachan Shah (Hankuk University of Foreign Studies Korea, Korea)
Seokhong Min (MINDATA, Korea)
Seung-Ho Lim (Hankuk University of Foreign Studies, Korea)
Shanmugasundaram Hariharan (Veltech Dr.RR & Dr.SR University, India)
Simon Fong (University of Macau, Macau)
Soon Ae Chun (City University of New York, USA)
Sungsuk Kim (SeoKyeong University, Korea)
Toshiyuki Kamada (Aichi University of Education, Japan)
Wen-Chi Hou (Southern Illinois University, USA)
Yanping Zhang (Gonzaga University, USA)
Yoo-Joo Choi (Seoul Media Institute of Technology, Korea)
Yun-Seok LEE (LK Smart Co., Ltd.)
Yunsik Son (Dongguk University, Korea)
Zeeshan Kaleem (COMSATS Institute of Information Technology, Pakistan)

Byoung-Soo Koh (DigiCAP Co., Ltd, Korea)
ChangWon Jeong (Wonkwang University, Korea)
CHAO TAN (Tianjin University, China)
Ching-Hsien Hsu (Chung Hua University, Taiwan)
Christos Kalloniatis (University of the Aegean, Greece)
Daewon Lee (SeoKyeong University, Korea)
Daniel Bo-Wei Chen (Monash University Sunway Campus, Australia)
Doosung Hwang (Dankook University, Korea)
Eunmi Choi (Kookmin University, Korea)
Eunyoung Lee (Dongduk Women's University, Korea)
Giuseppe De Pietro (Temple University, USA)
Hae-Yeoun Lee (Kumoh National Institute of Technology, Korea)
Heewan Park (Halla University, Korea)
HwaMin Lee (Soonchunhyang University, Korea)
Incheon Paik (University of Aizu, Japan)
Jaehyun Lim (Kongju National University, Korea)
Jeonghun Cho (Kyungpook National University, Korea)
Jin Kwak (Ajou University, Korea)
Joon-Min Gil (Catholic University of Daegu, Korea)
JUNG-MIN PARK (Korea Institute of Science and Technology, Korea)
Jun-Ho Huh (Catholic University of Pusan, Korea)
Kim Seong Jin (TESTIAN, Korea)
Kwang-il Hwang (Incheon National University, Korea)
Kwangmoon Cho (Mokpo University, Korea)
KyungOh Lee (Sunmmon University, Korea)
LEANDROS MAGLARAS (De Montfort University, UK)
LIANGTIAN WAN (Nanyang Technological University, Singapore)
Mehran Asadi (The Lincoln University, USA)
Milan Markovic (Banca Intesa ad Beograd, Serbia)
Ming Li (California State University, Fresno, USA)
Minwoo Jung (Gyeongbuk Institute of IT Convergence Industry Technology, Korea)
Nam-Mee Moon (Hoseo University, Korea)
Odej Kao (Technische Universität Berlin, Germany)
Pinaki Ghosh (Mody University of Science and Technology, India)
Q. Shi (Liverpool John Moores University, UK)
Ruizhu Huang (The University of Texas at Austin, USA)
Sanghoon Kim (Hankyong National University, Korea)
Sechang Oh (Sejong Cyber University, Korea)
Seokhoon Kim (Soonchunhyang University, Korea)
Seung-Won Jung (Dongguk University, Korea)
Sherali Zeadally (University of Kentucky, USA)
Soo-Kyun Kim (Pai Chai University, Korea)
Soyoung Park (Konkuk University, Korea)
Taeshik Shon (Ajou University, Korea)
Trung Duong (Rutgers University, USA)
XIAOJIE SU (Chongqing University, China)
YIN ZHANG (Zhongnan University of Economics and Law, China)
YUDONG ZHANG (Nanjing Normal University, China)
Yunsick Sung (Dongguk University, Korea)
Yunyoung Nam (Soonchunhyang University, Korea)

컴퓨터 및 통신 시스템(KTCCS) 논문지 편집위원회

위 원 장 | 정광식 (한국방송통신대학교)

부 위 원 장 | 김용석 (서남대학교)
최종영 (목포대학교)

백상현 (고려대학교)

이관용 (한국방송통신대학교)

이덕규 (서원대학교)

위 원 | 강윤희 (백석대학교)
김진욱 (한국방송통신대학교)
박재성 (수원대학교)
이태규 (원광대학교)
최성곤 (충북대학교)

공기식 (남서울대학교)
문병인 (경북대학교)
박희완 (한라대학교)
이화민 (순천향대학교)
한영선 (경일대학교)

김경백 (전남대학교)
박광진 (원광대학교)
송두희 (원광대학교)
이훈재 (동서대학교)
허 경 (경인교육대학교)

김승주 (고려대학교)
박능수 (건국대학교)
윤종희 (영남대학교)
조정호 (광주대학교)

소프트웨어 및 데이터 공학(KTSDE) 논문지 편집위원회

위 원 장 | 길준민 (대구가톨릭대학교)

부 위 원 장 | 김영갑 (세종대학교)
한연희 (한국기술교육대학교)

박용범 (단국대학교)

전재욱 (성균관대학교)

조용운 (순천대학교)

위 원 | 김상근 (성결대학교)
김익수 (충실대학교)
박기남 (고려대학교)
유지환 (한국기술교육대학교)
이성욱 (한국교통대학교)
정재화 (한국방송통신대학교)

김성석 (서경대학교)
김인택 (명지대학교)
박상준 (군산대학교)
이공주 (충남대학교)
이준호 (성균관대학교)
조상현 (네이버)

김영철 (홍익대학교)
김정아 (가톨릭관동대학교)
오세창 (세종사이버대학교)
이대원 (서경대학교)
이현아 (금오공과대학교)
최종선 (충실대학교)

김우열 (대구교육대학교)
김종호 (순천대학교)
오효정 (전북대학교)
이상곤 (전주대학교)
정영애 (선문대학교)
한경호 (단국대학교)

2017년 7월호 특집 담당위원

특 집 위 원 | 조두산 (순천대학교)

ISSN 1226-9182

정보처리학회지

Korea Information Processing Society Review

www.kips.or.kr

KIPS

2017년 7월 | 제24권 제4호 |

▶ 권두언

“드론 관련 기술과 응용” 특집을 발간하며... / 조두산 2

▶ 특집명: 드론 관련 기술과 응용

멀티콥터형 소형무인기의 고장 대응 기술 동향 / 고상호, 오화석, 진재현, 조두산, 오현웅 4

무인항공기의 비행제어 컴퓨터 성능 개선 연구 / 조두산 16

UAV 스마트 디바이스 지상 제어 스테이션 사이버 보안 위협 모델 / 윤중희 23

소형 무인기를 위한 오토파일럿 기술 / 김용주 31

▶ 정기간행물 목차안내 41

▶ 학회동정 44

▶ 게시판 51

KIPS 권두언



“드론 관련 기술과 응용” 특집을 발간하며...

이번 특집호에서는 “드론 관련 기술과 응용”을 주제로 하여 최근 다양한 분야에 적용되는 드론 기술의 트렌드에 대해서 살펴보고자 하였습니다. 불과 몇 년 전까지만 하여도 드론은 미국 국방부 기술의 전유물로 여겨졌습니다. 이라크 전쟁 등에서 무인기의 활약상 및 기술력을 대대적으로 홍보하였기 때문입니다. 이러한 무인기 기술이 어느 순간부터 우리의 일상에 깊이 들어와 있게 되었습니다.

특정한 수요 영역에 있던 상용 무인기가 이렇게 일반인들에게 소개되고 회자된 것은 그리 오래되지 않았습니다. 사실 드론의 붐이 일어난 배경에는 매년 미국 라스베이거스에서 열리는 세계 최대의 IT 전시회인 CES가 있습니다. 2015년과 2016년에 중국의 드론 업체들이 대거 출품하게 되고, 관련된 서비스 모델들이 생겨나게 되면서부터 드론 열풍이 본격적으로 시작된 것으로 보입니다. 군용 드론에서는 우리나라가 세계 7위의 기술력을 갖고 있을 정도로 우수한 기술력을 보유하고 있음에도 불구하고 상용 드론 시장에서는 이렇다 할 뚜렷한 성과를 못 내고 있는 실정입니다.

이러한 현실속에서 최근 뜨거운 감자이자 앞으로 몇 년은 화두로 던져질 드론의 산업 및 기술 개발 동향과 주요 대응 방안을 본 특집호에서 살펴보고자 했습니다.

드론 무인기의 시장 규모가 600조원을 넘어 성장하고 있습니다. 드론은 이제 생활 곳곳에 들어와 택배시장 및 기타 문화생활까지 침투하고 있습니다. 8월 말에 이미 구글이 무인 택배 시장에 뛰어들었습니다. 기존의 아마존이나 DHL, 페덱스 등 대량의 물류를 담당하는 글로벌 기업들이 앞다투어 모두 드론을 이용하여 배달을 한다고 전략을 발표하였습니다.

드론은 기본적으로 고용인을 고용하는 것보다 100배 혹은 1000배로 저렴한 비용으로 물류 사업을 운영할 수 있게 합니다. 인간은 하루에 배달할 수 있는 장소나 배달물건이 큰 영역으로 5-10곳 정도 뿐인데, 드론은 GPS를 달고 원하는 지역으로 가벼운 문서로부터 신문, 햄버거, 피자, 택배 등 배달업무를 무한정 반복할 수 있습니다. 심지어 아프리카와 같은 낙후 지역의 통신 네트워크 구축을 위하여 페이스북은 5년간 비행할 수 있는 드론을 개발하기도 하였습니다.

드론이 미래에 활용될 분야가 200여 부문이 넘을 것이라는 예상이 발표되었습니다. 콘서트나 큰 실내에서 특수 효과용도로 아름다운 레이저 광선을 공중에서 내려 쏘는 기능으로 활용되기도 하며, 또한 보도나 주차장에 순간적인 이미지를 생성하여 특정한 사람들에게 광고 영상을 제공하는 스콧 광고용으로도 활용되고 있습니다. 진입이 어려운 산악지역 등에 화재 진압용도로 소방서에서 활용되고 있으며, 재난 지역 및 붕괴 건물 등에 구조용 드론으로도 이용되고 있습니다.

드론에 조명, 사운드, 카메라, 마이크, 센서, 로봇 팔 등의 기술을 추가 할 수 있습니다. 다양한 조합으로 그 응용이 무궁무진합니다. 플라잉 드론은 건물에서 점프하거나, 강물 아래를 감시하거나, 다이빙을 하여 수중 촬영을 하거나, 건물의 측면에서 지면을 따라 가거나, 나무를 오르거나, 기차, 선박, 비행기의 측면에 부착하여 실시간 상황을 촬영할 수도 있습니다. 헬리캠이 방송 주요 프로그램에 적용된 것도 이미 몇 년이나 되었습니다. 이러한 무인기 기술은 종전 어떤 것과도 다른 새로운 기능성의 세계를 열어주고 있습니다.

본 특집호가 관련 기술 동향을 알리는데 부디 도움이 되기를 바랍니다. 이를 위해 원고 집필을 수락해 주시고 원고를 작성해주신 모든 저자 분들께 감사의 말씀을 드리며 함께 참여해주신 위원장님을 비롯한 편집위원님들과 한국정보처리학회에 진심으로 감사의 인사를 드립니다.

2017년 7월

순천대학교 교수 조 두 삼

멀티콥터형 소형무인기의 고장 대응 기술 동향

고상호·오화석 (한국항공대학교), 진재현·조두산 (순천대학교), 오현웅 (조선대학교)

목 차	1. 서 론
	2. 제어기 재구성 소프트웨어
	3. 핵심 부품별 고장·오작동 진단 기술
	4. 결 론

1. 서 론

멀티콥터형 소형무인기(이하 멀티콥터)의 구조는 제어부, 추력부, 전원부로 나눌 수 있다. 제어부에서 FCC(Flight Control Computer)는 멀티콥터의 비행을 유지하기 위해 각 요소들의 제어를 담당하는 중요한 구성요소로 최근 FCC의 소프트웨어와 하드웨어의 표준을 구축하려는 노력이 꾸준히 이루어지고 있다. 전 세계적으로 멀티콥터 개발에 많이 사용되고 있는 ArduPilotMega (APM)나 Pixhawk가 그 예시이다. 이는 기본적으로 오픈소스 및 오픈하드웨어 정책을 취하고 있으며 사용하는 통신 프로토콜은 Mavlink, Mavros, CAN(Controller Area Network)이 대표적이다. 추력부에는 모터, 프로펠러 그리고 ESC(Electric Speed Controller)가 주요 구성요소인데, 멀티콥터에는 브러쉬(brush)없이 철심에 코일이 감긴 고정자(stator)와 자석의 회전에 의해 작동하는 BLDC(Brushless DC) 모터를 사용

하므로 모터의 회전수를 조절할 수 있는 ESC라는 별도의 제어기가 필요한 것이다. 전원부는 배터리와 전원분배보드로 구성된다. 배터리는 에너지 공급원이며 전원보드는 배터리에서 나오는 전력을 FCC, 모터 등으로 분배하여 각 구성요소들이 작동할 수 있게 한다(그림 1 참조).

이런 멀티콥터는 구조에 따라 명칭이 달라지는데 모터의 개수로 점두어를 설정한다. 예를 들어, 모터가 4개, 6개, 8개일 경우 각각 ‘쿼드-’, ‘헥사-’, ‘옥타-’의 점두어가 붙는다. 멀티콥터의

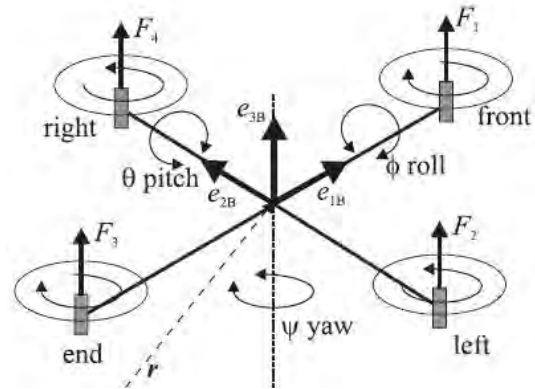


(그림 1) 멀티콥터의 핵심 부품 구성

비행을 설명하기 위해 쿼드콥터를 예로 들자면, 이는 4개의 구동기에서 생성된 추력을 이용하여 수직이착륙, 위치이동 및 회전이 가능하며, 이때 구동기의 회전방향은 일반적으로 시계방향과 반시계 방향으로 각각 1쌍을 이룬다. 여기서 원하는 자세 및 위치로 제어하기 위해 4개 구동기의 회전수 차이를 이용한다. 그림 2와 같이 각각의 구동기 간의 추력 불균형이 발생 될 때 원하는 방향으로 회전모멘트 성분이 발생되고 이를 이용하여 원하는 위치 및 방향각으로 움직일 수 있으며, 구동기에서 생성된 추력의 합을 이용하여 수직이착륙이 가능하다.

멀티콥터는 이러한 단순한 구조 및 제어 원리, 최근 보급되고 있는 저가형 비행제어시스템의 적용을 강점으로 하여 엔터테인먼트용 항공 촬영 등의 사용량이 증가하고 있다. 사용량 증가로 인해 표 1과 같은 멀티콥터 사고가 빈번히 일어나고 있으며 비행 미숙, 부품 고장, 장애물과의 충돌 등이 사고의 원인으로 지적되고 있다.

이를 방지하기 위해 이루어지는 연구의 대부분은 영상센서 등을 활용한 장애물 탐지 및 충돌 회피 기술이다. 그러나 멀티콥터를 구성하는 모터, 프로펠러 등의 핵심 부품이 고장 난 경우 멀티콥터는 제어력을 잃게 되어 장애물 탐지 및 충



(그림 2) 쿼드콥터 운동상태

돌회피 기술이 적용되어 있다 하더라도 대응할 수 없게 된다. 결국 다른 물체와의 충돌로 이어져 재산·인명피해를 입히거나 지면에 추락하여 기체가 파손되는 피해까지 확산될 우려가 있다 [1]. 이를 미연에 방지하기 위해 핵심 부품의 고장·오작동을 진단하고 제어기를 재구성하여 안전 지대로의 회수가 가능한 기술 개발이 필요하다. 현재 제어기 재구성 기술 개발과 연구를 통해 상용 제품에 적용된 사례로는 중국 DJI사의 A3가 있으며 그림 3과 같이 프로펠러가 탈락한 후에도 제어기 재구성 기술을 통해 안정적으로 비행이 가능하다.

이와 관련하여 한국항공우주연구원 무인이동

<표 1> 국내외 멀티콥터 사고 사례

구분	날짜	사고 사례	사고 원인
국내	2014.09	미생 촬영 현장에서 추락사고 발생	기기 고장
	2016.06	롯데백화점 서면점 인근 아파트 단지 앞 도로 위에서 저공비행 중이던 멀티콥터가 가로수와 충돌해 추락	비행 미숙 장애물 감지 실패
	2017.05	봉화군 한국과자 축제에서 대형 멀티콥터가 추락하여 부상자 발생	기기 오작동
국외	2015.01	백악관 건물에 멀티콥터 충돌. 워싱턴 내에서 멀티콥터 사용이 금지 되기도 함.	제도 및 안전규정 미준수
	2015.05	미국 매사추세츠주에서 기념행사 중 멀티콥터 오작동으로 건물 외벽에 충돌 후 추락. 두 명의 부상자 발생	기기 오작동
	2015.11	영국 가정집에서 날아오르던 멀티콥터가 제어력을 상실하여 통제 불가 상태의 프로펠러에 다쳐 아이의 눈이 실명되는 사고 발생	비행 미숙 자세 제어 불가



(그림 3) 상용품 DJI A3의 제어기 재구성 기술 시현 모습(화살표 방향으로 프로펠러 탈락)

체 사업단의 지원 하에 본 연구팀이 연구·개발 중인 멀티콥터의 핵심 부품별 고장·오작동 진단 알고리즘과 제어기 재구성을 통해 목표지점까지의 안전한 회수를 가능하게 하는 기술에 대해 살펴보고자한다[2]. 멀티콥터의 핵심 부품은 서두에서 언급한 것과 같이 프레임은 제외하고 크게 제어·추력·전원 계통으로 나누고, 제어 계통은 FCC와 센서를, 추력 계통은 모터·ESC·프로펠러를, 전원 계통은 배터리·전원보드를 포함한다.

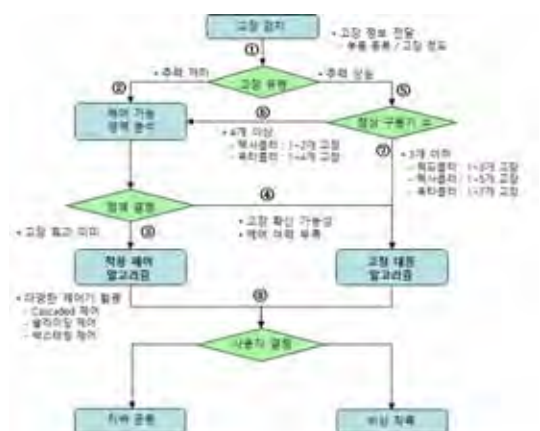
2. 제어기 재구성 소프트웨어

제어기 재구성이란 멀티콥터 고장 발생 시 정상상태 알고리즘에서 고장 대응 알고리즘으로 천이시켜, 고장이 발생하여도 안정하게 운용이 가능하도록 하는 방법이다. 멀티콥터 고장 대응 알고리즘에 대한 선행연구로는 스위스 취리히 공대의 연구가 있으며[3], 이를 참고하여 제어기 재구성 소프트웨어를 개발하고 있다.

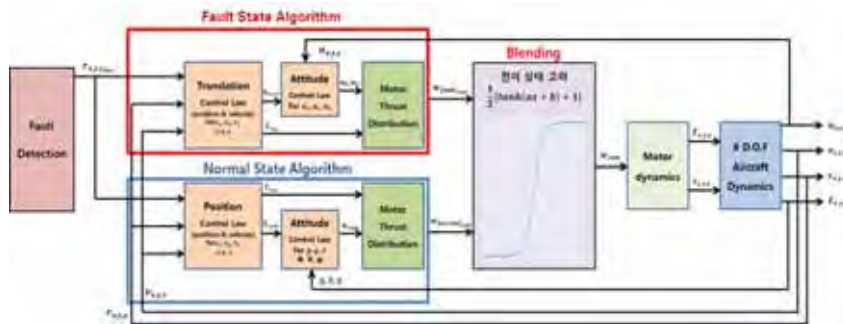
먼저 고장 대응 알고리즘은 그림 4와 같이, 고장 감지 후 정상 구동기로 멀티콥터 제어가 어렵고 추력손실이 발생할 때 사용된다. 여기서 고장 대응 알고리즘은 요 축을 제외한 나머지 상태량이 제어되도록 하였으며, 이때 고장 난 구동기 개수에 따라 쿼드콥터의 안정적인 자세가 달라지므로 운동방정식을 기초로 한 대수방정식을

풀어 안정적인 자세를 유도한다.

실제 멀티콥터 구동기 고장 상황에는 추력 불균형으로 인해 예기치 못한 급격한 거동이 발생하므로, 짧은 시간 내에 정상상태에서 고장 대응 제어기 구조로 전환되도록 한다. 그림 5와 같이 정상 비행 시에는 호버링(hovering)을 초기조건으로 하는 정상상태 알고리즘을 이용하였고, 고장 발생 시에는 함수 $\tanh(x)$ 를 이용하여 정상상태에서 고장 상태 제어기 구조로 전환되도록 구성한다. 향후 쿼드콥터 구동기 고장에 대한 제어기 재구성에서 나아가 hexa/옥타콥터 각각의 구동기 1~2개 고장 상황에 대한 제어기 재구성을 연구할 예정이다.



(그림 4) 제어기 재구성을 위한 알고리즘



(그림 5) 천이상태가 고려된 고장대응 알고리즘 구성도

3. 주요 부품별 고장·오작동 진단 기술

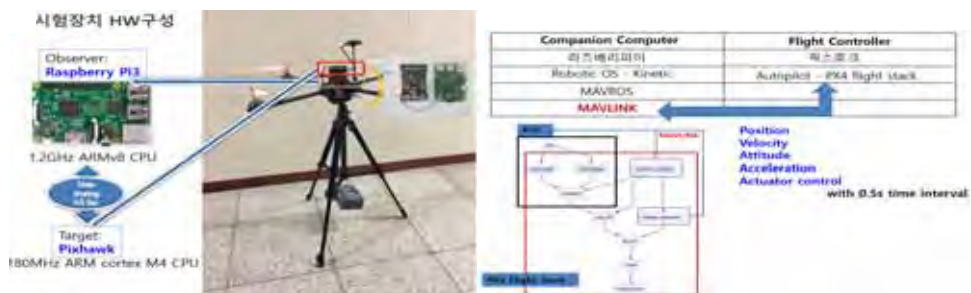
3.1 FCC 고장·오작동 진단 기술

소형 멀티콥터에 장착된 FCC의 오동작이나 고장을 검출하고, 가능하다면 멀티콥터를 출발지로 온전히 회수하는 방안이 필요하다. 현재 상용화된 몇몇 프리미엄급 멀티콥터의 경우 FCC에 fail-safe 모드를 탑재하고 있다. 해당 모드는 FCC 고장으로 기체 제어가 불가능한 경우 추가 프로세서(co-processor)를 이용하여 출발지로 회수하는 기능을 탑재하고 있다. 우리는 이 부분에 착안하여 고장검출기를 추가로 부착하여 고장을 효율적으로 검출하고, 고장이 확정된 후 추가 프로세서(co-processor)를 이용하여 회수하는 기법을 개발한다.

FCC 고장의 요인은 열화, 열, 기압, 충격/진동,

습도 등이 있으며 이에 따른 증상은 무응답 혹은 응답지연이 있다. 이를 검출하기 위해서 우리는 컴패니언(companion) 프로세서를 장착하고, FCC 제어 흐름을 모니터링하여 이상 응답 상태가 관찰되면 추가 프로세서 제어기를 이용하여 출발지로 회수하도록 한다. 그림 6에 나타난 바와 같이 고장진단 시험장치의 하드웨어 구성은 450mm 프레임과 약 1.2kg 멀티콥터를 세팅하였으며, FCC는 픽스호크(Pixhawk), 컴패니언 프로세서로 라즈베리파이를 장착하였다.

고장 검출은 라즈베리 파이에 구성된 소프트웨어를 통하여 이루어지며, MAVROS와 통신 프로토콜(픽스호크-컴패니언 사이 통신) MAVLINK로 구성된다. MAVLINK를 통하여 픽스호크에서 사용되는 비행제어 변수 값(roll/pitch/yaw/throttle) 대부분을 공유할 수 있다. 다양한 테스트



(그림 6) FCC 고장진단 시험장치 구성

트를 통하여 소형 멀티콥터에 최적화된 고장 검출 시스템을 구성하고 있다. 진단 대상 증상은 무응답과 이상 응답으로 구분되며, 이를 발생시키는 원인은 Fused/melted metal/wire, Burnt metal/wire, Bond wires, Open metallization, Melted transistors, Burnt diode, Delamination die surface 등으로 분류된다.

3.2 센서 고장·오작동 진단 기술

3.2.1 센서 고장 메카니즘 분석

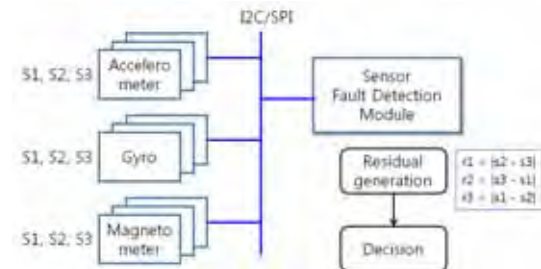
소형 멀티콥터에 장착된 센서는 대부분 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 센서인데, 2000년대 초반 미국 Sandia Nat. Lab에서 MEMS장치(센서, 구동기)에 대한 고장 메카니즘 규명을 위해 다양한 실험(충격, 피로 등)을 수행하였으며, 대학에서도 다양한 실험과 해석을 통하여 MEMS 장치의 고장 메카니즘에 대한 해석 결과를 발표하였다[4,5]. 이러한 자료를 바탕으로 고장 메카니즘을 분석하여[4-6] 정리하면 MEMS 센서 내부에서 발생한 미세한 crack, fracture 등이 총 6가지(Bias, Drift, Increased SD, Abnormal output, Stuck output, Gain error) 신호 레벨의 오동작으로 나타남을 알 수 있다.

3.2.2 센서 동작 특성 및 오동작 모드 분석

많이 사용되는 가속도, 자이로, 지자계, GNSS(Global Navigation Satellite System), 고도계를 대상으로 선정하고, 각 센서를 실험하면서 동작 특성(오동작 모드 등)을 파악한다. GNSS의 경우 아래 표 2로 오작동 요인과 영향 및 대응방안을 정리할 수 있다.

3.2.3 센서 오동작 검출 방안

신호의 오동작을 빨리 검출하기 위하여, 다음 그림 7과 같이 센서를 3중화하는 방법을 선택하였다.



(그림 7) 센서 3중화 구조

센서 신호는 I2C 통신 혹은 SPI 통신으로 전달하며, 특정 채널(x,y,z)에 대하여 동일한 3개의

<표 2> GNSS 센서(수신기) 오동작 요인, 영향 및 대응방안

오동작 요인	- 위성 오동작(중앙관제 시스템 혹은 RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring) 기능으로 일부 대응) - 우주환경 요인: 태양활동, 이온권(주파수 분리), 대류권(날씨) - 수신기 요인: 수신기 오동작(전송 오류, off) - 비행 환경 요인: 다중경로, 신호 두절(masking), 위성 개수/배열 조건
영향	- 위치 오차 증가: 정밀 임무 수행 불가 - 이상동작(급격 기동 등): 대인, 대물, 멀티콥터 손상 피해
대응방안	- 라이다(lidar), 초음파 센서로 충돌 경보 - 다중 주파수(L1, L2, L5 등)를 이용하는 수신기 사용 - 여러 개의 GNSS를 이용하는 수신기 사용(GPS, Galileo, Glonass 등) - 임무 계획시, 태양활동, 지형지물 확인 등 - 수신기 3중화, pseudo-lite 이용 - GNSS 신호 취약 구간 자율 비행 제한, 필요시 비행 취소



(그림 8) 센서 바이어스 오동작과 잔차 결과(좌로부터 r1, r2, r3)

센서 출력($S\#$)을 받아 잔차(residual, $r\#$)를 계산하고, 잔차에 따라 고장 난 센서를 검출하고 배제함으로써, 건전한 센서의 출력을 계속 활용할 수 있다. 센서 1개가 고장 난 경우 잔차 3개 중 2개의 잔차가 평균 non-zero 값의 출력을 보낸다. 그러면, 평균 zero의 잔차를 이용하여 고장난 센서를 찾아낸다. 그림 8은 가속도 센서 1의 신호($s1$)에 일정한 바이어스 값을 추가하여 바이어스 오동작을 모사한 것이다. 잔차 평균은 $E[r_1]=0$, $E[r_2]=E[r_3] \neq 0$ 인데, 이 값을 바탕으로 1번 센서의 고장으로 진단한다.

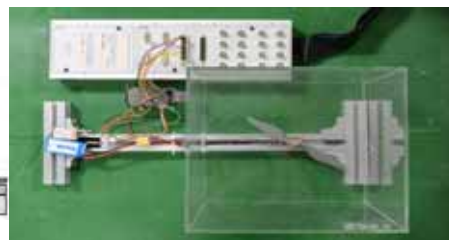
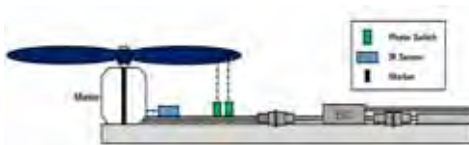
실제에서는, 센서에 포함된 노이즈나 캘리브레이션 혹은 장착 오차 등에 대하여 덜 민감하게 함으로써 false alarm을 줄일 필요가 있다. 따라서 일정 구간(moving window)에서의 잔차 평균이 역치(Threshold) 이상 혹은 이하인지를 비교하여 평균 non-zero를 판단한다. 이 때 역치는 센서의 특성(노이즈 등)을 분석하여 설정한다.

3.3 추력 계통 고장·오작동 진단 기술

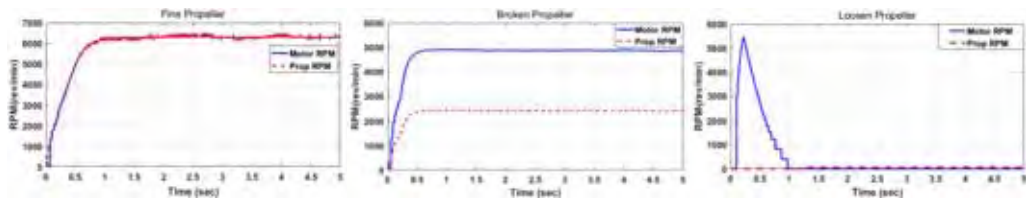
3.3.1 프로펠러

프로펠러 고장은 비행 중 충돌로 발생하는 프로펠러 파손과 기체 조립과정에서의 느슨한 체결로 인한 프로펠러 탈락으로 분류할 수 있다. 이러한 프로펠러 고장을 진단하는 선행 연구로 프로펠러 고장이 발생한 모터에서의 이상 소비 전력을 측정하는 방법이 있으며, 프로펠러 파손으로 인해 샤프트(shaft) 축에 발생하는 진동 변화를 감지하는 연구가 있다[7,8]. 또한 프로펠러의 고유진동수와 다른 진동수가 측정되면 프로펠러에 가해진 충격으로 인식하여 고장을 진단하는 방법도 연구되고 있다[9].

여기서 추력 계통이 구동 중일 때 모터 RPM과 프로펠러 RPM을 실시간으로 측정·비교하여 그 차이가 적절한 크기 이상일 때를 고장·오작동으로 진단하고 모터를 정지시키는 알고리즘을 개발 중이다. 알고리즘 검증하기 위해 모터 RPM 측정용 적외선 센서와 프로펠러 RPM 측정용 포토스위치를 활용한 진단장치를 그림 9와 같이 설



(그림 9) 프로펠러 고장진단 시험장치 구성



(그림 10) 프로펠러 RPM과 모터의 RPM 비교 (좌:정상, 중:파손, 우:느슨한 체결)

계하였다.

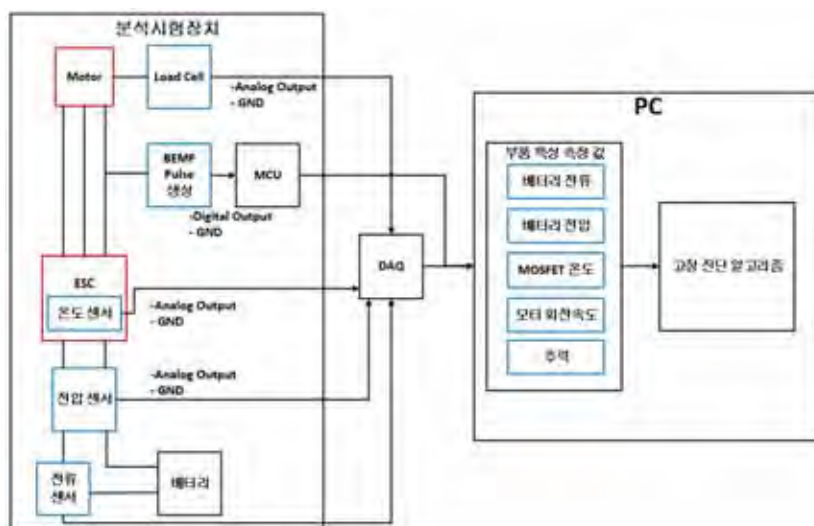
이 장치를 통해 알고리즘을 검증한 결과는 다음과 같다. 그림 10은 정상, 파손 그리고 느슨한 체결일 때의 프로펠러 RPM을 모터 RPM과 비교한 것을 나타낸다. 프로펠러 파손으로 날개깃수가 감소한 경우, 회전하는 날개깃에 의해 빛이 차단되는 주기가 길어지므로 프로펠러 RPM이 감소한다. 또한, 프로펠러 고정 나사가 풀리는 경우 프로펠러와 모터 사이의 미끄럼에 의해 RPM 차이가 발생한다. 향후 실기체 테스트를 거쳐 실시간 고장·오작동 진단 알고리즘 검증이 필요하다.

3.3.2 모터/ESC(Electronic Speed Controller)

모터 고장은 크게 과도한 전류로 인한 상단락

(Short)과 비행 중 충돌로 인해 발생하는 베어링 파손, 로터 파손으로 분류할 수 있다. 국내 모터 고장 진단에 대한 선행 연구로서 다중 미지 입력 관측기, 시간 지연 제어 방식, Vector Approach 등의 방법으로 모터 고장 진단 시스템이 연구되어왔다[10,11]. ESC 고장은 크게 전원부, Inverter(MOSFET), 그리고 MCU 고장으로 나눌 수 있다. 국내 ESC 고장 진단의 경우 국내 연구 사례가 거의 진행 되지 않았다. 해외의 경우 Zubax회사에서 온도 및 속도를 이용하여 ESC 자가 진단을 할 수 있는 상용 ESC가 개발되어있다[12].

모터와 ESC 고장은 각 부품에서 측정될 수 있는 5가지 특성값을 이용하여 진단할 수 있다. 이



(그림 11) 모터/ESC 부품 특성 분석시험장치



(그림 12) 추력 계통 고장 진단 알고리즘

는 추력, 배터리 전류, 배터리 전압, MOSFET 온도 그리고 모터 속도 값으로 모터와 ESC의 고장으로 인해 발생할 수 있는 현상들을 감지하기 위한 변수가 된다. 5가지 특성값을 측정/분석하기 위해 모터/ESC 부품 특성 분석시험장치를 그림 11과 같이 제작하였다.

앞서 언급한 분석시험장치로 획득한 값을 바

탕으로 표 3과 같이 모터 및 ESC의 각 고장 모드별 특성을 정리 및 분류하였다.

분석된 데이터를 토대로 모터/ESC 고장 진단 알고리즘을 그림 12와 같이 구성하였다. 모터 및 ESC에 들어가는 입력 값 대비 센서값의 특성을 각 고장 종류별 특성과 비교하여 어떤 부분의 고장이 일어났는지 진단한다. 모터/ESC 고장 진단

<표 3> 고장·오작동 종류에 따른 특성 파악

분류		배터리 전류	배터리 전압	모터회전속도	프로펠러 추력	MOSFET 온도
M1. 1상 단락/파손	1상 Open	불안정	일정	동작/정지 반복	×	변화 ×
	1상 Short	증가/불안정	일정	감소/일정	감소/일정	변화 ×
M2. 베어링 파손		증가/일정	일정	감소/일정	감소/일정	변화 ×
E1. 전원 불안정		감소/일정	감소/일정	감소/일정	감소/일정	변화 ×
E2. MOSFET 고장	Top 1개	변화 ×	변화 ×	변화 ×	변화 ×	변화 ×
	Bottom 1개	변화 ×	변화 ×	변화 ×	변화 ×	변화 ×
	Top 2개	증가/불안정	일정	감소/불안정	감소/불안정	급격히 상승
	Bottom 2개	상승/일정	일정	정지	×	급격히 상승
E3. MCU 고장	Top MOSFET Gate Pin	상승 후 동작 정지	일정	상승 후 동작 정지	×	상승
	Bottom MOSFET Gate Pin	불안정	일정	감소/일정	감소/일정	변화 ×
	BEMF Pin	증가/불안정	일정	감소/불안정	감소/불안정	상승

알고리즘을 이용하여 모터 베어링 파손과 ESC 전원 불안정을 실시간으로 모사하여 진단 여부를 시험하였고 고장진단 Flag가 정상적으로 작동하였다. 향후 프로펠러 고장·오작동 진단 알고리즘과 함께 추력계통 통합 진단 모듈을 제작할 계획이다.

3.4 전원 계통 고장·오작동 진단 기술

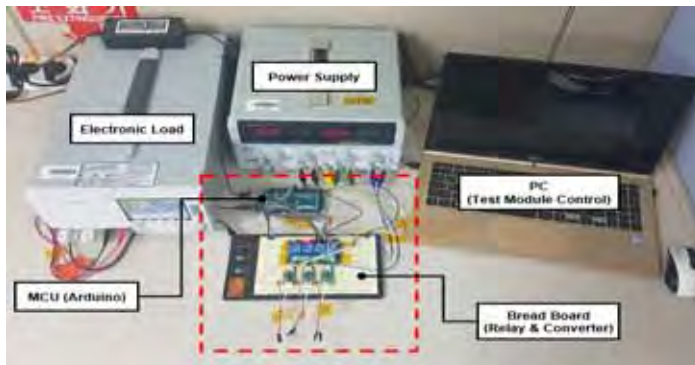
배터리의 주요 고장모드는 비행 중 배터리 사용에 따른 용량소진(단기수명)을 비롯해 반복되는 비행에 따른 영구적인 배터리의 용량감쇄(장기수명), 비행 중 배터리 셀 밸런싱 실패, 온도상승, 그리고 비행 중 장애물과의 충돌, 불시착에 기인한 기계적 충격으로 분류할 수 있다. 상기 열거된 주요 고장요인과 관련된 종래 기술은 주로 멀티콥터 탑재용 배터리의 잔여용량을 감지하는 LiPo 알람이 상용화되어 있으며, 이 외에는 멀티콥터의 전원계통을 대상으로 개발된 고장진단 기술이 전무한 실정이다. 멀티콥터의 분야는 전기동력 자동차, 자전거 및 휠체어 등에 BMS(Battery Management System)를 탑재하여 배터리 용량 관리 및 셀 밸런싱을 수행하고 있다 [13]. 또한 우주분야에서는 상용급 위성의 전력계 고장진단 방법 및 시험관련 연구가 수행되었다 [14].

배터리 고장 발생 시 변화하는 주요 인자는 배터리 자체의 전압 또는 전류 특성으로, 비행 중에 이를 계속적으로 모니터링 함으로써 고장을 진단할 수 있다. 배터리 고장진단 방법으로는 사용량에 따라 점차 강아되는 전압의 잔여용량을 추정하여 경고하는 것과 배터리 장기수명의 경우에 비행 중 측정된 출력전압과 배터리의 방전 곡선을 대조하여 잔존용량을 계산하는 방법이 있다. 그러나 배터리 내부저항과 출력전류의 곱

만큼 추가 전압강하가 발생하여 수명 추정에 있어서 오차가 발생할 수 있으므로 회로의 전류를 따로 측정하여 해당하는 전압강하만큼 보상해주면 정확도를 향상시킬 수 있다. 또한 배터리 각 셀의 평균 전압과 최소/최대 전압 간의 전압차의 절대값을 계산하여 밸런싱 전압이 어느 수준 이상 발생하였을 때 고장으로 간주한다. 그리고 배터리에 온도/충격감지센서를 탑재 후, 센서 출력값이 한계범위 이상의 값으로 검출되면 배터리 전압/전류부하 등을 점검하여 고장여부를 판단할 수 있다.

전원보드에서는 주로 기판 상에 실장된 DC-DC 전압 컨버터에서 기능고장이 발행하여 시스템 공급전압/전류에 이상이 발생할 수 있다 [15]. 또한 비행 중 발생하는 진동, 습도 및 기판 작동 시 소자 발열로 인한 온도상승, 외부 열환경 등에 반복적으로 노출됨에 따라 소자와 PCB 기판 간의 연결을 담당하는 솔더 접합부에 균열이 발생하고 진전되어 중국에는 피로파괴에 이를 수 있다. 따라서 전자기판의 고신뢰도 수명에 측 기법으로부터 실제 드론 전원보드에 대한 피로수명 데이터베이스를 구축한다면 부품의 잔존수명 제공이 가능하여 보다 신뢰도 있는 무인기 운용이 가능할 것으로 판단된다.

이러한 방법을 적용하여 전원계통의 고장진단 모듈을 개발하고자 하며, 우선적으로 모듈의 고장진단 기능검증이 가능한 전원계통 고장시험장치를 그림 13과 같이 구축하였다. 고장시험장치를 이용해 실제 배터리를 일정 횟수만큼 충/방전을 반복하고 고장진단모듈에 연결하여 배터리의 장기적 수명감쇠를 진단할 수 있다. 배터리 온도/충격에 의한 고장은 센서에 실제 물리적 온도/충격을 인가하여 시험을 수행한다. 전원보드의 저전압/과전류 상황에서의 전압, 전류는 전자로드(Electronic Load)를 이용하여 구현한다.



(그림 13) 전원계통 고장진단 시험장치 구성

나아가 기계적 충격에 관한 수명 관점에서 몇 회의 충격을 견딜 수 있는지에 대한 연구가 필요하다. 또한 드론의 온도 환경에 따라서도 충격에 대한 수명이 달라질 수 있으므로 온도-충격 복합 시험 장치를 별도로 구축하고, 배터리에 대한 충격시험을 반복하여 수명특성에 대한 기반 데이터를 확보하여 고장진단에 활용하고자 한다.

4. 결 론

멀티콥터의 비행 안정성 확보를 위해 필요한 제어기 재구성 기술과 핵심 부품별 고장·오작동 진단 알고리즘을 소개하였으며, 고장·오작동 진단 알고리즘은 고장진단 시험장치를 통해 적용 및 검증하였다. 이 기술을 접목하면 멀티콥터 고장 발생 시 기체를 구성하는 총 7가지의 핵심 부품 중 어떤 부품의 고장인지 식별하고 그 상황에 적합한 제어기 재구성을 통해 안전지대로의 회수가 가능해질 것으로 기대한다. 이를 위해 향후 제어기 재구성 알고리즘 고도화 및 비행 시험 장치를 통해 각 부품별 고장·오작동 진단 알고리즘을 검증하는 연구가 이루어질 예정이다. 또한, 본 연구를 통하여 멀티콥터의 부품이나 알고리즘의 정상동작 여부를 판단하고 임무 수행이 가능한

상황인지 판단할 수 있도록 하는 건전성 진단 및 예지(Prognostics and Health Management, PHM) 기술로 확장될 것으로 기대하며 사물인터넷(Internet of Things, IoT)을 이용한 실시간 건전성 관리 및 손상예지 기술로의 활용이 가능하 다[16].

참 고 문 헌

- [1] 최주원, "무인항공시스템 인증기술 동향," 항공우주산업기술동향, 제4권, 제1호, pp. 100-107, 2006.
- [2] 무인이동체 미래선도 핵심기술개발 사업단 홈페이지 (<http://www.uvarc.re.kr/>)
- [3] M. W. Mueller "Stability and control of a quadcopter despite the complete loss of one, two, or three propellers," 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, 2014.
- [4] K. Delak, et al., "Analysis of manufacturing-scale MEMS reliability testing," SPIE Vol. 3880, Proceedings of the SPIE Conference on MEMS Reliability for Critical and Space Applications, pp.165-174, August 18, 1999.
- [5] D. Tanner, et al., "MEMS Reliability: Infrastructure, Test, Structures, Experiments,

- and Failure Modes," Sandia National Laboratories Reprt, SAND2000-0091, January, 2000.
- [6] J. Walraven, "Failure mechanisms in MEMS," Proceedings of 2003 International Test Conference, 2003, Vol.1, pp.828-833.
- [7] A. Chamseddine, M. H. Amoozgar and Y. M. Zhang, "Experimental Validation of Fault Detection and Diagnosis for Unmanned Aerial Vehicles," Handbook of Unmanned Aerial Vehicle, Springer Netherlands, pp. 1123-1155, 2015.
- [8] L. Ou, D. Li and J. Li, "Shaft center orbit diagnoses technology of broken-blade propeller induced shaft vibration fault," 2013 IEEE International Conference on QR2MSE, pp. 1777-1780, 2013.
- [9] E. C, et al. "New real-time structural health monitoring microsystem for aircraft propeller blade," 2012 IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 27, no. 2, pp. 29-41, 2012
- [10] 조신제, 신성식, 최승기, 문정호, 노은정, "적응 미지입력 관측기를 이용한 무인항공기의 조종면 구동기 고장진단" 2008 제어로봇시스템학회, pp. 161-166. 제어자동화시스템심포지엄 논문집
- [11] Jangho Lee and Hyoung Sik Choi, "Fault tolerant control of hexacopter for actuator faults using time delay control method" 2016 IJASS, Col.17, No.1, pp.54-63.
- [12] Kirienko, Pavel, et al. "Efficient BLDC controller for critical UAV applications"
- [13] Bill Schweber, "Battery-management IC Tackles High-current, Multicell-pack, High-discharge/ Low-charge Applications", http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1316705
- [14] 이상록, 전현진, 전문진, 임성빈, "저궤도위성의 전력계 및 자세제어계 고장 관리 설계 검증시험", 항공우주기술, vol. 12, no. 2, pp. 14-23, 2013.

- [15] 박성우, 박희성, 장진백, 장성수, 이상곤, "전력조절분배기 저전압 컨버터 모듈의 고장 방지에 대한 연구", 한국조명전기설비학회 학술대회논문집, pp.285-288, 2008.
- [16] 산업통상자원 R&D 전략기획단, "IoT 기반 산업시스템 예측진단을 통한 스마트 인더스트리 발전전략"

저 자 약 력



고 상 호

이메일: sanghoko@kau.ac.kr

- 2005년 UCSD 기계항공공학과 박사
- 2005년~2006년 University of California at San Diego 연구 및 강의조교
- 2005년~2006년 University of California at San Diego 기계항공공학과 연구원
- 2006년~2008년 University of Melbourne 전기전자공학과 Research Fellow
- 2008년~현재 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과 교수
- 관심분야: 항공기 유도 및 제어, 시스템 식별 및 고장진단, 항공우주 추진장치 제어



오 화 석

이메일 : hsoh@kau.ac.kr

- 1979년~1986년 국방과학연구소 기동장비사업단 연구원
- 1992년 Texas A&M University 항공우주공학과 박사
- 1992년~1997년 한국전자통신연구원 위성통신기술연구단 책임연구원
- 1997년~현재 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과 교수
- 관심분야: 위성 자세제어, 위성용 반작용 휠, 위성용 제어모멘트자이로, 고장 진단 및 극복



조 두 산

이메일 : dscho@sunchon.ac.kr

- 2009년 서울대학교 전기컴퓨터공학과 박사
- 2010년~2012년 국립순천대학교 전자공학과 전임강사
- 2012년~2014년 국립순천대학교 전자공학과 조교수
- 2014년~현재 국립순천대학교 전기전자공학부 부교수
- 관심분야: 최적화 컴파일러, 임베디드시스템, 저전력 메모리 시스템, 시스템 소프트웨어, 머신러닝, 인공지능



진 재 현

이메일 : donworry@snu.ac.kr

- 1990년~1997년 KAIST 항공우주공학과 석사 및 박사
- 1997년~2000년 대우고등기술연구원 선임연구원
- 2000년~2001년 삼성 에스디에스 개발팀 과장
- 2001년~2006년 한국원자력연구소 선임연구원
- 2006년~현재 순천대학교 우주항공공학과 교수
- 관심분야: 비행제어, 위성제어, 공진자이로, 시스템공학, 시스템 모델링 및 시뮬레이션



오 현 응

이메일 : ohu129@chosun.ac.kr

- 1996년~1999년 일본동경대학교 항공우주공학과 박사
- 1999년~2005년 일본 우주항공연구개발기구(JAXA) 기술연구본부 연구원
- 2005년~2012년 국방과학연구소 영상정보체계개발단 선임연구원
- 2012년~현재 조선대학교 항공우주공학과 부교수
- 관심분야: 우주 시스템, 스마트재료의 우주응용, 반수동 진동제어, 우주용 열제어기 등

무인항공기의 비행제어 컴퓨터 성능 개선 연구

조두산 (국립순천대학교)

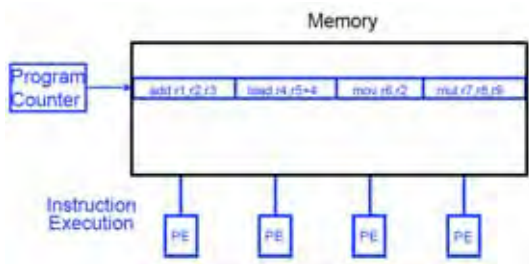
목 차	1. 서 론
	2. 배경지식
	3. 스케줄링 문제점
	4. 문제 해결 제안
	5. 실험 및 결론

1. 서 론

최근 중국발 저가 공세에 힘입어 드론이라 일컫는 무인항공기 시장이 급격히 확장되고 있다. 특히, 개인사용자들의 경우 다양한 영상 촬영 장비를 갖추어 취미생활을 영위하고 있다. 무인항공기 제작은 비행체 프레임, 모터, 배터리, 센서 장비, 비행 제어 장치, 소프트웨어를 이용하여 진행될 수 있다. 소프트웨어는 오픈 소스로 누구나 무료로 이용 가능하게 되어 있으며, 여러 종류의 프레임, 모터, 배터리, 센서 장비들을 선별하여 장착할 수 있다. 무인 항공기 제작에 있어서 핵심이 되는 부품중의 하나가 바로 비행 제어 컴퓨터(Flight Control Computer, FCC)가 있다. 이용 가능한 종류가 상당히 많이 있는데, 실제 필요한 성능에 비하여 지나치게 저성능 제품을 이용할 경우 제어 연산 수행 속도에 따라 제대로된 비행 제어가 어려워질 가능성이 있다. 이러한 경우 소

프트웨어 최적화 기법을 이용하여 활용 가능할 수 있게 만들 수도 있다. 우리는 저성능 FCC를 이용하는 경우 소프트웨어 성능 개선 기법으로 활용한 가능한 기술을 여기서 소개하고자 한다.

FCC에 사용되는 프로세서는 단일코어 싱글 프로세서와 다중 프로세서 타입으로 크게 분류할 수 있다. 최근 FCC고장 극복 기법의 일환으로 FCC는 다중 프로세서 타입으로 진화하고 있다. 일단 fail-safe 기능을 전담하는 프로세서 하나를 추가한 2중 프로세서 타입이 주류를 이루고 있으나, 범용 프로세서의 흐름과 마찬가지로 다양한 멀티미디어 기능을 탑재하게되면서 멀티프로세서로 발전할 것으로 예상되고 있다. 저가 프로세서 중에서 고성능을 제공할 수 있는 프로세서의 대표적인 타입으로 매우 긴 명령어 워드 형태를 제공하는 프로세서가 있다. 이러한 VLIW (Very Long Instruction Word) 타입의 프로세서는 명령어 단계 병렬성을 지원하기 위하여 복수



(그림 1) VLIW 타입 프로세서

의 연산처리 장치로 구성된다. VLIW의 개념은 그림 1에 나타난 바와 같이 N개(여기서는 4개)의 명령어가 N개의 PE(Processing Element, 처리장치)를 이용하여 한 번에 모두 함께 실행될 수 있는 형태의 프로세서를 나타낸다. 이러한 복수개의 연산 처리 장치를 최대한 활용하도록 소프트웨어가 구성된다면 소프트웨어 응답 지연 속도와 실행 성능을 개선할 수 있고 결과적으로 전체 시스템의 실시간성이 개선될 수 있다. 즉, VLIW 타입 프로세서는 고성능을 지원하기 위한 하드웨어 기능을 제거하고 이를 소프트웨어로 구현한 형태로 볼 수 있다.

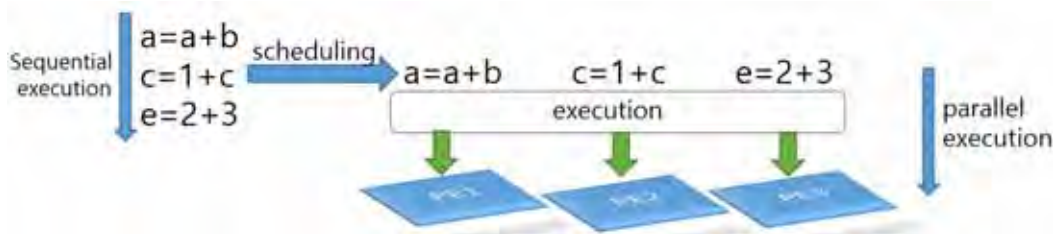
N개의 명령어가 N개의 PE (Processing Element, 연산처리장치)에 잘 처리되도록 이들을 스케줄링하는 기술을 명령어 스케줄링이라 한다. 이 명령어 스케줄링 [1-4]는 VLIW 타입 프로세서에서 명령어 단계 병렬성을 최대한 활용하도록 프로그램 코드(명령어)를 재구성하는 컴파일러의 기법이다. 기존의 순차적인 프로그램 코드

를 복수의 연산 처리장치에서 동시에 실행될 수 있도록 명령어 병렬성을 찾아 코드를 재배치 해주는 기능을 수행한다. 그림 2에 명령어 스케줄링의 예제가 나타나있다. 순차적으로 기술되어 있는 코드를 여러개의 프로세싱 처리장치 PE에서 동시에 실행되도록 명령어 실행 순서를 재배치한 결과를 나타낸다. 명령어 실행순서를 결정할 때는 프로그램 결과의 정확성에 오류가 없도록 여러 가지를 고려하여 진행된다.

본 연구에서는 VLIW 타입의 프로세서를 무인항공기용 FCC로 사용할 때 실시간성 확보를 위하여 기존 명령어 스케줄링 기법을 적용하고 그 결과를 분석하여 본다. 이때 발생하는 문제점을 조사하고 그에 대한 해결책을 제시한다. 본 연구 결과를 이용하면 성능면에서 32%, 배터리 소모면에서 40%의 개선이 가능할 것으로 예상된다.

2. 배경 지식

명령어 처리 연산 장치의 기능을 완전히 사용하여 시스템의 성능을 향상시키는 전통적인 방법으로는 명령을 부분적으로 분할하여 명령을 부분적으로 동시에 실행할 수 있도록 하는 것(파이프라이닝이라고 불림)을 들 수 있다. 이러한 기술들 중에서 슈퍼스칼라(superscalar) 방식은 프로세서의 다른 부분들에서 명령어들을 개별적



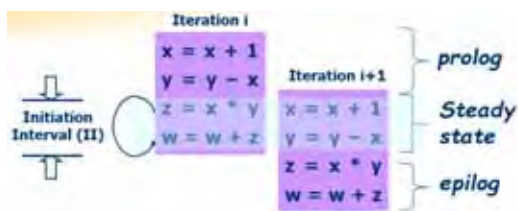
(그림 2) 스케줄링의 예

으로 실행하도록 디스패치(dispatching)하고, 비순차 명령어 처리 방식(out-of-order execution)은 프로그램과는 다른 순서로 명령어들을 실행하는 것을 포함한다. 이러한 기술들은 모든 명령어 실행 순서 결정을 하드웨어 내부적으로 정하기 때문에 하드웨어를 고비용, 고에너지, 대형으로 복잡하게 구성하게 한다. 대조적으로, VLIW 기법은 어떤 명령들을 동시에 실행하거나 하는 모든 결정을 소프트웨어에 의존한다. 보다 실제적인 문제에 있어서, VLIW는 명령어 순서를 결정하는 스케줄러를 보다 복잡하게 만들지만, 하드웨어는 다른 많은 명령어 병렬실행 기법들 보다 간단하게 구성된다. 이는 저비용, 저전력, 소형이라는 키워드로 이어져 최신의 다양한 휴대용 디바이스, 특히 드론에 최적화된다고 할 수 있다. 소프트웨어 파이프라이닝은 VLIW 타입 프로세서를 위해서 명령어를 스케줄링하는 한가지 기법이다. 프로그램 실행시간의 90%를 차지하는 전체 코드의 10%가 바로 루프 코드인데 루프 코드를 대상으로 적용하는 스케줄링[5][6] 기법이다. 동시에 실행할 명령어를 루프 코드와 루프 코드 사이에서 찾는 방식이다. 그림 3에 소프트웨어 파이프라이닝(스케줄링) 예제를 나타내었다.

예를 들어, 그림에 나타난 바와 같이 $x=x+1$, ..., $w=w+z$ 의 4줄의 코드를 100번 반복 수행하는 루프코드를 대상으로 소프트웨어 파이프라이닝을 수행해보자. 소프트웨어 파이프라이닝은 먼저 루프코드를 2~4회 펼친다. 그림 3은 2회 펼

친 예제이다. 펼쳐진 루프 코드에서 동시 수행 가능한 코드를 원래 루프 코드와 동일한 4개로 구성되도록 찾는다. 4개 코드를 순차적으로 수행하는 것을 가정하고 한 코드에 1 cycle을 소비한다고 하면 총 4 cycle이 소요되는데, 그림 3의 경우 한번에 2개 코드를 수행하여 2 cycle에 4개 코드를 모두 수행할 수 있게 된다.

그림 3의 예제에서는 결정된 2 cycle을 루프 시작 간격(II, Initiation Interval)이라 부른다. II를 시작 간격으로 루프의 새로운 반복이 수행되기 때문에 이렇게 부른다. 소프트웨어 스케줄링은 대상 루프코드에서 최소 II 값을 찾고 이에 맞추어 코드를 재배치 하는 기법이다. 그림 3에서 II=2로 루프코드가 재구성되면 루프의 반복 i번째 코드 $z=x*y$, $w=w+z$ 와 반복 i+1번째 코드 $x=x+1$, $y=y-x$ 가 함께 수행된다. 따라서 새로 구성된 루프코드의 반복이 앞선 반복의 중간부터 시작되기($z=x*y$ 코드부터 시작함) 때문에 루프가 시작되기 이전에 $x=x+1$, $y=y-x$ 코드가 한 차례 수행되어야 한다. 이 부분을 프롤로그(prolog)라 한다. 마찬가지로 새로 구성된 루프 코드는 마지막 반복이 수행되면 $x=x+1$, $y=y-x$ 에서 종료된다. $z=x*y$, $w=w+z$ 코드가 한 차례 수행되지 못하기 때문에 루프코드의 아래에 $z=x*y$, $w=w+z$ 코드가 한 차례 수행되도록 에필로그(epilog)가 삽입된다. 원래의 루프 코드가 프롤로그, 에필로그 그리고 시작간격 II에 맞추어 수정 완료되면 소프트웨어 파이프라이닝이 완성된다. 그림 3의 예제의 경우 원래 루프 실행시간이 순차 실행 $4\text{cycle} \times 100\text{회} = 400\text{cycle}$ 이 소요되는데, 스케줄링이 적용되면 수정된 루프 코드는 병렬 실행 $2\text{cycle} \times 100\text{회} = 200\text{cycle}$ 로 실행시간이 50% 개선될 수 있다.



(그림 3) 명령어 스케줄링 기법

3. 스케줄링 문제점 분석

소프트웨어 스케줄링 알고리즘은 크게 3가지 절차로 구성된다.

알고리즘 1. 소프트웨어 스케줄링

시작 간격 II값을 계산함

1.1 루프 코드를 대상으로 디펜던스 싸이클 (dependence cycle)을 계산함

1.2 가장 큰 디펜던스 싸이클 값을 II로 정함
결정된 시작 간격에 맞추어 루프코드를 수정함

2.1 이때 동시 실행 코드(명령어)의 개수가 PE의 개수보다 많으면 시작 간격 II를 PE 개수로 수정하고 2번을 다시 실행함

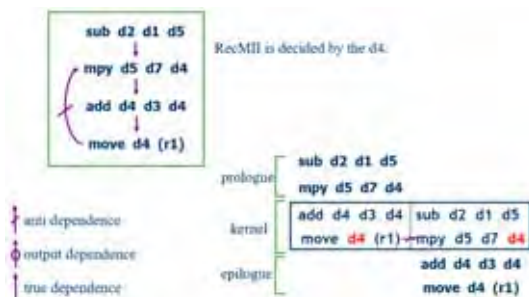
3. 프로로그, 에필로그 코드를 파이프라이닝된 루프 코드 위/아래에 삽입함

상기 기술된 알고리즘에 따라 그림 4 코드를 예제로 살펴보겠다. 먼저 디펜던스 싸이클을 계산해야 한다. 프로그램 코드의 디펜던스는 3가지가 있으며, 프로그램의 최종 결과 값에 영향이 없도록 루프 코드를 수정하기 위해서는 이 3가지 디펜던스를 반드시 유지해야 한다. 따라서 디펜던스를 코드안에서 정확히 구분해야 한다. 디펜던스는 값의 흐름으로 구성되는데, 트루/안티/아웃풋 (true/ anti/ output) 3가지 종류가 있다. 트루

디펜던스는 “쓰기 후 읽기”를 유지하도록 값을 쓰기 전에 읽기 연산을 할 수 없음을 나타낸다. 안티 디펜던스는 “읽기 후 쓰기”를 유지하도록 읽기 전에 값을 쓰면 결과가 틀려질 수 있음을 나타낸다. 아웃풋 디펜던스는 “쓰기 후 쓰기”를 유지하도록 앞선 쓰기 연산이 완료되기 전에 뒤의 쓰기 연산이 먼저 수행될 수 없음을 나타낸다.

그림 4에서 sub(뺄셈)명령어가 d2와 d1 레지스터의 값을 서로 뺄셈하여 결과 값을 d5에 저장한다. mpy(곱셈) 연산에서 d5와 d7을 곱하여 d4에 저장한다. sub 연산과 mpy 연산은 트루 디펜던스 관계로 sub이 완료되어야 mpy를 수행할 수 있다. 왜냐하면 sub에서 d5값을 계산하면 d5를 mpy의 피연산자로 사용하기 때문이다. add(덧셈) 연산은 d4와 d3을 더하여 d4에 저장한다. mpy 연산과 add 연산은 d4 값으로 인하여 안티/아웃풋 디펜던스가 구성된다. mpy연산이 d4값을 계산하면 add연산이 d4를 피연산자로 사용하고 또한 결과값을 쓰는 장소로 사용하기 때문이다. move(쓰기) 연산은 d4의 값을 메모리 (r1)주소에 저장한다. r1은 메모리 주소를 저장하는 레지스터이다. d로 시작하는 레지스터는 데이터를 저장하는 레지스터이다. 따라서 add연산과 move연산은 트루 디펜던스를 구성한다.

소프트웨어 스케줄링은 루프를 구성하는 반복과 반복 사이의 코드를 동시에 실행하도록 수정한다. 따라서 반복과 반복 사이의 디펜던스를 유지할 필요가 있다. 여기서 반복이라 함은 그림 4에서 루프가 루프를 구성하는 전체 코드(sub-mpy-add-move)를 한번 수행하고 그 다음 수행(sub-mpy-add-move)을 반복한다는 것을 뜻한다. 반복 코드와 반복 코드 사이의 데이터들 사이에 디펜던스를 디펜던스 싸이클이라 한다. 그림에 화살표로 나타내면 싸이클을 구성하기 때문이다. 그림 4 코드에서 가장 큰 디펜던스 싸



(그림 4) 스케줄링 기법 상세

이클은 레지스터 d4에 의해서 구성된다. 루프 반복 i번째에서 move연산이 d4를 읽기로 사용하고 루프 반복 i+1번째에서 d4값을 mpy연산이 쓰기로 사용한다. 따라서 i번째 move와 i+1번째 mpy가 안티 디펜던스 사이클을 구성한다. 여기서 각 명령어가 1 cycle씩 실행시간을 소비한다면, mpy연산 명령어가 1cycle, add 연산 1 cycle이 실행된 후 move연산이 실행된다. 따라서 d4로 구성되는 안티 디펜던스 cycle의 길이는 2cycle이 된다. 시작간격 II는 안티 디펜던스 cycle 2로 결정된다.

```
add d4 d3 d4      sub d2 d1 d5
move d4 (r1)      mpy d5 d7 d4
```

안티 디펜던스 사이클을 (읽기 후 쓰기)유지하면서 II=2로 루프 코드를 파이프라이닝하면 위와 같이 구성된다. 최종 코드는 move의 d4 읽기와 mpy의 d4 쓰기가 동시에 시작하지만 프로세서 내부적으로 d4 읽기가 d4 쓰기 보다 선행되어 동작하기 때문에 안티 디펜던스가 유지되어 실행된다. 루프 코드가 파이프라이닝 완료되면 위/아래로 프롤로그, 에필로그 코드가 삽입된다. 그림 4의 왼쪽 코드는 순차적으로 4사이클에 실행되던 루프를 나타내고, 오른쪽 하단 파이프라이닝된 루프는 2 사이클 마다 반복 수행이 시작되는 형태로 개선된 것을 나타낸다.

파이프라이닝 완료된 루프 코드를 보면 안티 디펜던스는 주로 한 개의 레지스터를 반복적으로 사용하면서 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 발생은 컴파일러가 프로세서에 제한된 숫자로 구성된 레지스터 메모리를 최적으로 사용하기 위하여 항상 최소 개수로 분배하도록 레지스터 할당정책 알고리즘이 구성되었기 때문이다. 따라서 소프트웨어 파이프라이닝을 적용할 때

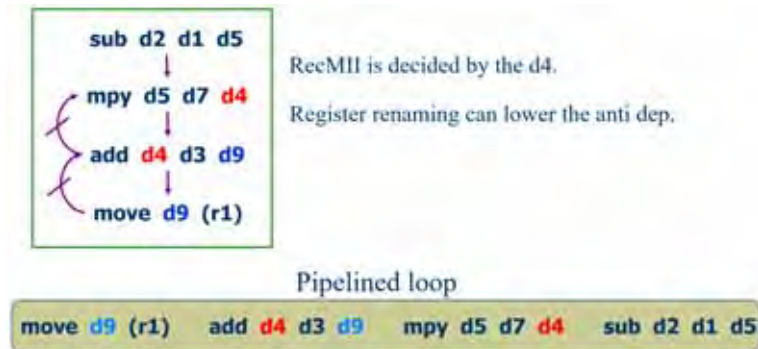
다른 레지스터를 추가로 사용한다면 안티 디펜던스를 제거하여 보다 개선된 소프트웨어 파이프라이닝 루프를 구성할 수 있을 것이다.

4. 문제점 해결 제안

앞서 그림 4의 예제에서 add연산의 결과 값을 d4가 아닌 새로운 d9 레지스터에 저장한다면 move연산이 d9를 사용하게 되고 결과적으로 mpy와 move연산 사이의 안티 디펜던스는 제거된다. 새로운 레지스터 추가된 변경 코드를 Fig. 5에 나타내었다. mpy에서 add와 add에서 move로 d4를 사용하던 값의 흐름이 add 결과 값을 d9에 저장하는 형태로 변경하면서 디펜던스 흐름이 끊어지게 되었다. 이렇게 되면 2사이클 길리로 연결된 안티 디펜던스 사이클이 제거되면서 II도 변경되게 된다. 안티 디펜던스가 d9에 의하여 분리되어 안티 디펜던스 사이클은 mpy와 add 그리고 add와 move사이에 존재한다. 따라서 안티 디펜던스 길이는 기존 2에서 1로 변경되고, 시작간격도 II=1로 변경하게 된다.

시작 간격이 1cycle로 변경되면 파이프라이닝된 루프도 반복이 매 1cycle 간격으로 시작될 수 있다. 즉, 원래의 루프가 한번 수행되는데 4cycle을 소비하는데, II=1로 파이프라이닝된 루프는 1cycle에 반복 수행 1회가 완료되어 실행시간이 4배 빨라지게 된다.

수정된 파이프라이닝 코드가 그림 5 하단에 나타나 있다. 한번에 4개 코드가 수행됨을 확인할 수 있다. 이상과 같이 새로운 레지스터를 추가하여 안티 디펜던스 사이클을 제거하는 (혹은 디펜던스 사이클 길이를 짧게하는) 것을 레지스터 재할당 혹은 이름변경 (register renaming)이라 부른다. 우리는 기존의 소프트웨어 스케줄링 알고리즘에 레지스터 이름변경 단계를 추가하여



(그림 5) 레지스터 재할당

스케줄링 성능을 개선하도록 하였다. 개선된 소프트웨어 스케줄링 알고리즘은 다음과 같다.

알고리즘 2. 개선된 소프트웨어 스케줄링

1. 시작 간격 II값을 계산함
 - 1.1 루프 코드를 대상으로 디펜던스 사이클 (dependence cycle)을 계산함
 - 1.2 안티 디펜던스는 사이클을 구성하는 레지스터를 추출함
 - 1.3 가용한 레지스터를 이용하여 사이클 구성 레지스터를 새로운 레지스터로 변경함
 - 1.4 남아있는 가장 큰 디펜던스 사이클 값을 시작간격 II로 정함
2. 결정된 시작 간격에 맞추어 루프코드를 수정함
 - 2.1 이때 동시 실행 코드(명령어)의 개수가 PE의 개수보다 많으면 시작 간격 II를 PE 개수로 수정하고 2번을 다시 실행함
3. 프로로그, 에필로그 코드를 파이프라이닝된 루프 코드 위/아래에 삽입함

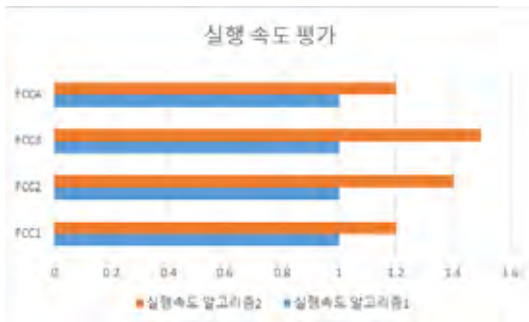
5. 실험 및 결론

제안하는 알고리즘을 검증하기 위하여 우리는 현재 가장 많이 사용하는 컴파일러인 GCC 4.0을 이용하였다. 실험 대상 프로그램은 드론용

FCC에 사용하는 오픈소스 코드 4개 (FCC 1,2,3,4)를 이용하였다. 특히 FCC를 구성하는 핵심 루프 코드들을 대상으로 결과를 평가하였다. 본 실험에서는 순수하게 제안된 기법만을 평가해 보기 위하여 모든 최적화 옵션을 제거하고 실험을 진행하였다. 원래의 소프트웨어 스케줄링 기법(알고리즘 1)과 개선된 소프트웨어 스케줄링 기법(알고리즘 2)를 대상으로 비교 실험을 진행하였다. 실험 결과는 다음과 같다.

실험은 실행속도 개선과 에너지소모량 개선 두개의 측면에서 진행되었다. 그림 6과 7을 보면 에너지소모 알고리즘 1과 2, 실행속도 알고리즘 1과 2의 결과가 바그래프 형태로 나타나 있다. 알고리즘 1의 결과를 기준값(baseline) 1로 두고 2의 개선 정도를 나타낸 것이다. 실행속도에서 32% 개선되었고 에너지 소모에서 40% 개선됨을 확인하였다.

본 연구에서는 새로운 형태의 스케줄링 알고리즘이 아닌 기존의 스케줄링 기법을 드론 FCC 환경에서 그대로 사용하면서 저가의 하드웨어 장비로 고성능을 제공할 수 있도록하는 최적화 기법을 소개하였다. 이것은 레지스터 이름변경 기법을 이용하여 결과적으로 FCC의 실행속도 및 에너지 소모량을 개선할 수 있었다. 이러한 결과는 드론 시스템 성능 및 실시간성 개선(응답



(그림 6) 실행시간 측정 결과



(그림 7) 에너지 소모량 측정 결과

속도 개선)에 상당한 도움을 줄 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] M. Lam, "Software pipelining: an effective scheduling technique for VLIW machines," In Proceedings of the SIGPLAN'88 Conference on Programming Language Design and Implementation, June, 1988.
- [2] H. Allan, B. Jones, M. Lee, J. Allan, "Software Pipelining," In ACM Computing Surveys, Vol.27, No.3, Sep 1995.
- [3] B. Rau, "Iterative modulo scheduling," In HP Laboratories Technical Report, HPL94115, Nov 1995.
- [4] D. Lavery and W. Hwu, "Unrolling-Based Optimizations for Modulo Scheduling," in

Proceedings of the 28th annual international symposium on Microarchitecture, page 327-337, 1995.

- [5] R. Huff, "Lifetime-Sensitive Modulo Scheduling," In Proceedings of the SIGPLAN'93 Conference on Programming Language Design and Implementation, June, 1993.
- [6] B. Rau and D. Glaser, "Some scheduling techniques and an easily schedulable horizontal architecture for high performance scientific computing," in Proceedings of the 14 Ann. Microprogramming Workshop, Nov 1981.

저 자 약 력



조 두 산

이메일: mew26@snu.ac.kr

- 2010년~2012년 국립순천대학교 전자공학과 전임강사
- 2012년~2014년 국립순천대학교 전자공학과 조교수
- 2014년~현재 국립순천대학교 전기전자공학부 부교수
- 관심분야: 최적화 컴파일러, 임베디드시스템, 저전력 메모리 시스템, 시스템 소프트웨어, 머신러닝, 인공지능

UAV 스마트 디바이스 지상 제어 스테이션 사이버 보안 위협 모델

윤종희 (영남대학교)

목 차	1. 서 론
	2. 무인항공기 공격과 동기
	3. 위협모델
	4. 결 론

1. 서 론

드론 소비 시장에서 기술의 급속한 발전과 및 인기의 증가로 스마트폰 및 태블릿은 우리가 범용시장과 전장에서 드론 운영하는 방식을 변화시키고 있습니다. 자신의 스마트 디바이스를 직장으로 가져 오는 최근의 추세는 미국기업에서 많은 이점을 나타내고 있습니다. 스마트 디바이스는 관련 산업이 비즈니스를 수행하는 방식을 변화시키고 있습니다. 스마트 장치 및 소프트웨어 응용 프로그램을 사용하여 생산성, 이동성, 공동 작업 및 비즈니스 연속성을 향상시킵니다. 그러나 개인용 스마트 장치를 사용하면 해커가 기업의 네트워크 및 개인 데이터에 쉽게 액세스 할 수 있게 하여 많은 보안 취약성이 발생합니다. 이는 회사가 보안 정책을 갖추지 못한 데 따른 결과이며, 네트워크에 연결된 장치를 안전하게 보호하기위한 조치가 필요합니다. 미국 국방부는 과거에 통신에 대한 안전한 연결을 제공 할 수

없던 통신 기술을 항공 제어 기술로 도입하기를 거부했습니다. 다만 이러한 목적으로 사용 가능한 디바이스를 민감한 데이터 [1]의 안전한 처리를 위한 보안 인증 레벨 3을 보유한 블랙 베리 (black berry)사의 장치에만 국한하여 허용하였습니다.

그러나 미국 국방부는 최근 스마트폰과 태블릿을 직장 및 전장에서 모두 사용 가능하도록 하는 방안을 유연성있게 채택 가능하도록 하였습니다 [2]. 이제 직원들이 스마트폰을 사용하면 현재 블랙 베리 휴대폰으로 액세스 할 수 없는 애플리케이션에 액세스 할 수 있습니다. 군사 서비스는 스마트 장치를 전쟁터로 전환하여 테러와의 전쟁에서 수백만 달러의 무인 항공기를 제어하기 위한 소형 장치로 군인에게 추가적인 기능과 기능을 제공할 수 있습니다. 그러나 국방부는 전장에서 기술의 관련성을 유지하기 위해 보안 위협 평가가 수행되거나 보호 조치가 취해지지 않을 때 사이버 보안 위협 및 취약점으로부터 자

산을 보호하지 못할 수도 있습니다. 우리는 UAV의 휴대형 지상 제어 스테이션(Ground Control Station, GCS)으로 안드로이드 및 애플 스마트 장치를 사용할 때 가능한 위협 모델을 여기서 살펴보겠습니다. 안전하지 않은 모바일 장치를 사용하면 UAV 도용 및 기밀 정보의 무단 공개가 발생할 수 있습니다. 지능형 장치 지상 관제소에 대한 사이버 보안 공격은 전장에서 위협하며 공격의 결과는 심각합니다. 군은 위협 환경을 이해하고 적절한 보안 대책이 개발되고 구현되도록 하기 위해 위협 모델 및 위협 평가를 진행해야 합니다.

2. 무인 항공기 공격과 동기

UAV에 대한 몇 가지 사이버 보안 공격은 보안 평가가 부족하고 보안 대책이 부적절하기 때문에 지난 수년 간 발생했습니다. UAV에 대한 최초의 공개 공격은 2009년에 발생하였으며 이라크 무장 세력은 프레데터 드론 (Predator drones)에서 사용하는 보안되지 않은 통신 링크에서 라이브 비디오 피드를 가로 채기 위하여, 당시 \$26에 판매되는 SkyGabbler 소프트웨어를 사용하였습니다 [3]. 2011 년 10월, 이동식 하드 드라이브를 사용한 이후 프레데터 (Predator) 및 리퍼 (Reaper) 지상 제어 스테이션에서 키 로깅 악성코드가 발견되었습니다. 이 바이러스는 주변의 다양한 컴퓨터로 확산되었지만 다행스럽게도 UAV 작업을 방해하지 않았고 권한이 없는 사람에게 민감한 정보를 유출하지도 않았습니다[4]. 미국의 RQ-170 Sentinel UAV는 2012 년 12월에 아프가니스탄 국경에서 이란 정부에 의해 납치되었습니다. 이란 정부는 임무 및 유지 관리 데이터를 포함한 민감한 데이터를 얻기 위해 UAV를 성공적으로 착륙시킬 수 있었습니다 [5].

최근에 텍사스 대학은 2012 년 7월에 국토 안보부와 협력하여 위성 위치 확인 시스템 (GPS)을 위장하고 UAV를 완전히 통제하기 위해 1000 달러 상당의 장비를 사용하여 군사용 무인 항공기를 납치 할 수 있는 능력을 보여주었습니다 [6].

블랙베리가 보안 기능을 개선하였음에도 불구하고 스마트 디바이스 시장의 점유율은 5%에 머물고 있습니다. 91.1%의 사용자는 애플 혹은 안드로이드 디바이스를 사용하고 있으며 안드로이드가 스마트 디바이스 시장을 이끌고 있습니다. 스마트 기술의 급속한 발전과 장치의 인기로 미국방부는 전장에서 사용하기 위해 Apple 및 Android 스마트 장치를 조달 할 계획을 발표했습니다[1]. 상용으로 사용가능한 스마트 디바이스는 군사용의 견고한 디바이스와 비교하여 최신의 기술로 합리적인 가격을 갖추었습니다. 군사용으로 특화된 견고한 장치는 종종 수년간의 개발로 인하여 상용화된 스마트 디바이스에 비하여 열배가 넘는 높은 가격을 갖기도 합니다. 상업용 스마트 장치를 조달하기 위한 비용 절감 외에도 소비자 시장에서 Apple 및 Android 스마트 장치의 인기는 개인 생활에서 이러한 동일한 장치를 사용하는 군인에 대한 사용 편의성 교육 비용을 최소화하는 것과 같습니다.

이러한 스마트 장치는 여러 목적으로 모든 군대에서 테스트되었습니다. 전장에서 스마트 장치를 사용하려면 스마트 장치, 소프트웨어 응용 프로그램 및 군인이 응용 프로그램을 안전하게 다운로드 할 수 있게 해주는 소프트웨어 응용 프로그램 데이터베이스를 관리하고 보안을 유지하기 위한 보안 통신 네트워크를 개발해야 합니다. 미국 국방부는 방위 산업에 진출하여 최대 800만 대의 Apple 및 Android 스마트 장치를 처리하고 보안유지 통신하는 안전한 통신 시스템을 구축하고 있습니다[7]. 정부 기관은 방위 산업과 함께

현재 보안 소프트웨어 응용 프로그램 데이터베이스와 군용 소프트웨어 응용 프로그램 전장 응용 프로그램을 개발하고 있습니다.

2.1 UAV 스마트 디바이스 지상 제어 스테이션

UAV는 센서, 통신, 임베디드 제어 기술 및 기술의 소형화의 급속한 발전으로 인해 크게 인기를 얻었습니다. 오늘날 UAV를 50 개국 이상이 군대에 도입했습니다. 미국은 혼자서 국방부(DOD) 항공기의 40 퍼센트 이상을 구성하는 7,500 개 이상의 무인 항공기를 운영합니다. (Blackhurst, 2012) UAV는 주로 감시, 정보 및 정찰 임무를 위해 군사 임무를 지원하는 데 사용됩니다. UAV 지상 관제소는 임무 수행에 중요합니다. UAV는 전장에서 또는 근처에서 UAV를 제어 및 모니터링하며 통신의 중심 노드입니다. 지상 제어 스테이션(GCS)은 UAV에서 수집된 정보를 수신하고 데이터를 처리하며 네트워크의 다른 사용자에게 데이터를 제공합니다. 고정식 GCS는 대형 UAV용 이동식 트레일러 내에 광범위한 하드웨어 및 개인용 컴퓨터 워크스테이션 설치로 구성되는 경우 비용이 많이 소요되는 경우가 있습니다. GCS는 조종사에게 UAV를 조작하고 페이로드 운영자가 컴퓨터 시스템을 조작하고 지능을 수집하며 UAV의 정보를 전장의 다른 최종 사용자에게 전달하도록 요구합니다. 소형 무인 공중 차량(SUAV)은 일반적으로 휴대용 지상 관제소를 사용하여 통제되고 감시됩니다. 핸드 컨트롤러, 견고한 노트북, RF 트랜시버 장치 및 컨트롤러 상자로 구성되어 있습니다. 핸드 컨트롤러를 사용하는 작업자는 SUAV의 카메라에서 스트리밍 비디오로 SUAV를 조작하고 다른 운영자는 랩톱을 사용하여 인텔리



(그림 1) 스마트 장치 GCS 네트워크 구성도

전스 데이터를 수집하고 분석하여 전투 현장의 다른 최종 사용자에게 보급합니다. 지상 관제소는 UAV와 GCS 사이 및 GCS와 전장 네트워크의 최종 사용자간에 안전한 통신 연결을 가져야 합니다. 국방부는 기존의 지상 관제소의 기능을 활용하여 실시간 항법 장비 비행 디스플레이, 네비게이션 시스템, 시스템 상태 모니터링 및 사전 진단 디스플레이, 그래픽 이미지 및 위치를 제공하기 위해 소프트웨어 앱을 사용하여 모바일, 휴대용 스마트 장치로 소형화했습니다. 스마트 장치는 또한 군인이 UAV 카메라를 조종하여 목표물과 적을 발견하고 위치 및 시간과 함께 비디오 데이터를 다른 병사들과 공유하여 목표에 관한 신속한 결정을 내릴 수 있게 해야 합니다.

3. 위협 모델 (THREAT MODEL)

스마트 장치 GCS의 위협 모델 분석은 스마트 장치 GCS 네트워크 내의 보안 위협 및 예방 대책을 식별하는 것이 중요합니다. NIST (National Institute of Standards and Technology)는 연방 정보 보안 관리법 (Public Information Security Management Act, Public Law 107-347)에 따라 정보 보안 표준 및 지침을 개발하는 지정된 기관입니다. NIST의 위협 모델링 정의에는 관심있는

리소스와 해당 리소스와 관련된 가능한 위협, 취약성 및 보안 제어를 식별한 다음, 성공적인 공격 및 영향의 가능성을 계량화하고, 마지막으로 이러한 정보를 분석하여 보안 제어를 개선해야 할 모듈을 결정해야 합니다. 위협 모델링에 대한 NIST의 정의를 사용하여 제안된 위협 모델은 공격의 관점과 동기, 스마트 장치 기지국의 공격 진입점, 사이버 보안 취약성 및 스마트 보안을 향상시키는 단계의 네 가지 주요 구성 요소를 분석해야 합니다. BlackBerry 스마트 장치는 현재 연방 정보 처리 표준 인증을 충족하는 유일한 스마트 장치이므로 미국 정부에서 사용하기에 적합한 것으로 간주되어 위협 모델에서 분석하지 않습니다. 위협 모델은 UAV 응용 프로그램을 위한 Apple 및 Android 스마트 장치의 사이버 보안 취약점에 중점을 두었습니다.

스마트 디바이스 지상 스테이션에 대한 공격 목표는 1) UAV의 제어를 막기 위해 장치의 작동을 방해하고, 2) UAV를 제어하기 위해 스마트 장치 지상 관제소의 제어권을 얻고 3) 데이터에 대한 액세스 권한을 얻어 공격자에게 제공합니다. 성공적인 공격에는 정보 보안 목적 중 하나 이상 (기밀성, 무결성 또는 가용성)의 상실이 요구됩니다. 기밀성 상실은 전송 및 저장된 데이터의 무단 공개입니다 [8]. 기밀성에 대한 가장 일반적인 위협 중 하나는 통신 네트워크를 도청하는 것입니다. UAV는 주로 감시, 정보 및 정찰 임무를 위한 군사 임무를 지원하는 데 사용됩니다. 기밀 유지가 실패하면 임무를 위태롭게하고 생명을 위협할 수 있습니다. 무결성의 손실은 전송 및 저장된 데이터에 대한 고의 또는 의도하지 않은 변경입니다. 악성코드는 사용자의 지식 없이 소프트웨어를 수정하여 민감한 정보에 액세스하거나 심지어 원격으로 지상 제어 스테이션을 완전히 차지할 때 사용됩니다. 가용성의 손

실은 필요할 때마다 모바일 장치를 사용하여 리소스에 액세스하는 기능의 손실입니다. 통신 네트워크는 재밍 장치를 이용하여 GCS 네트워크 허브의 끝단 장치와 UAV의 통신을 불가능하게 할 수 있습니다.

3.1 취약성

UAV 지상 스테이션은 정보, 감시 및 정찰 임무에서 데이터 통신의 핵심 노드이기 때문에 매우 중요합니다. GCS는 UAV를 조종하는데 사용될 뿐만 아니라 UAV에서 이미지, 비디오 및 데이터를 수신하여 이러한 정보를 지상군 및 기타 기관에 제공합니다. 공격자가 스마트 디바이스 지상 제어 스테이션의 서비스를 제어하거나 해제하거나 중단하면는 방식으로 임무 완수를 방해할 수 있습니다. 지상 제어 스테이션에 대한 성공적인 공격은 하드웨어, 소프트웨어 (운영 체제 및 소프트웨어 응용 프로그램) 및 통신 네트워크를 이용하여 수행될 수 있습니다. 아래에서는 스마트 디바이스 UAV 지상 제어 스테이션의 취약점과 위협에 대해 설명합니다.

3.1.1 하드웨어 취약성

카메라, 가속도계, 마이크 및 GPS와 같은 스마트 장치 내의 센서라고도 하는 하드웨어 리소스에는 공격자가 최종 사용자의 위치를 모니터링, 탭 또는 식별하는데 사용할 수 있는 중요한 정보가 포함될 수 있습니다. 이러한 취약점은 아래 명시된 운영 체제 또는 소프트웨어 응용 프로그램의 다른 소프트웨어 취약점을 통해 입력된 악성 소프트웨어 및 공급망 사이버 보안 위협을 통해 침입할 수 있습니다. 공급망 사이버 보안 위협은 정보 기술 시스템에 의도적으로 스파이웨어를 설치하거나 추후에 정부와 대기업에 판

매되는 악의적인 펌웨어가 있는 회로를 변경하는 적대적인 원인에 의해 발생합니다 [9]. 전자 구성 요소가 네트워크에 연결되면 적이 네트워크에 쉽게 접근 할 수 있게 되거나, 전자 장치의 획득한 제어가 악용되어 해를 입히거나 해를 입힐 수 있습니다. 많은 공급 업체가 다국적 기업이며 다른 회사와의 합병으로 인해 기업 소유권을 채택하거나 공급망 보안을 통제하는 것이 사실상 불가능합니다.

스마트 디바이스의 지상 제어 스테이션 하드웨어에 대한 위협에는 배터리 고갈, 범람, 감시 및 USB 공격이 포함됩니다. 배터리 고갈 공격으로 인해 배터리가 평소보다 빨리 방전되어 스마트 장치를 죽이고 궁극적으로 군인이 UAV를 제어하거나 정보를 보급하지 못하게 합니다. 침수 공격은 수많은 문자 메시지 또는 수신 전화로 장치에 과부하가 걸리므로 군인이 UAV를 제어하거나 네트워크 정보를 제공하거나 받지 못하게 함으로써 스마트 장치를 비활성화합니다. 감시 공격은 스마트 장치 리소스/센서를 원격으로 사용하여 통신 및 군인 이동을 모니터링하므로 공격자가 UAV 및 주변의 다른 군인을 조종하는 위치를 식별하여 물리적 공격의 위협에 처하게 합니다. 마지막으로, USB 공격은 USB 연결로 수행된 스마트 장치의 동기화 및 데이터 백업을 활용합니다. USB 연결은 악성 소프트웨어를 네트워크로 전송하고 네트워크에 대한 가시성과 액세스를 허용합니다.

3.1.2 소프트웨어 취약성

Apple iOS는 Apple에서 개발하고 배포하는 운영 체제입니다. 소프트웨어에 대한 모든 변경 사항 및 업데이트는 스마트 장치의 보안을 강화하기 위해 Apple에서 최종 사용자에게 직접 관리됩니다. 그러나 애플 스마트 디바이스는 사용

자가 자신의 재량에 따라 디바이스를 커스터마이징하고 소프트웨어 애플리케이션을 설치할 수 있도록 제한 및 보안 조치를 제거 할 수 있는 “jailbroken” 기능을 사용할 수 있습니다. Apple iOS 운영 체제에서 실행되는 모든 소프트웨어 응용 프로그램은 Apple 사인을 충족해야하며 승인된 개발자가 디지털 서명해야 합니다. 소프트웨어 응용 프로그램은 Apple 스토어를 통해서만 배포할 수 있습니다. Google Android는 보안 조치가 가장 적은 인기있는 운영체제입니다. Android는 공개 운영 체제이므로 다양한 스마트 장치 유형 및 통신 사업자의 요구 사항을 충족시키기 위해 소프트웨어 코드를 공개적으로 사용할 수 있습니다. 개방형 운영체제로 인해 Android 스마트 폰 및 장치의 다양한 변형이 발생하여 동일한 휴대 전화를 사용하는 여러 이동 통신사마다 운영 체제 소프트웨어의 변형이 다를 수 있습니다. 소프트웨어 업데이트는 지루한 과정이므로 일부 전화기는 업데이트를 수신하고 다른 전화기는 그렇지 않을 수 있습니다. Google 업데이트는 이동 통신사 및 타사 응용 프로그램 개발자의 재량에 따라 최종 사용자에게 푸시됩니다. 캐리어 또는 타사 소프트웨어 개발자는 스마트 장치에 대한 취약성이 증가하는 최종 사용자에게 업데이트를 푸시하기를 거부 할 수 있습니다.

Android 소프트웨어 응용 프로그램은 해당 동작을 담당하는 개발자가 디지털 서명해야 합니다. 소프트웨어 앱은 Google Play 및 타사 애플리케이션 마켓 플레이스를 통해 배포 할 수 있습니다. Google Android를 사용하면 누구나 품질이나 보안 테스트없이 Google Play에서 다운로드 할 수 있도록 앱을 제출할 수 있으므로 사이버 보안 취약성이 소프트웨어 데이터베이스 및 Android 기기에 쉽게 악화됩니다. 모바일 운영 체제는 스마

트 장치의 핵심이며 하드웨어 리소스와 소프트웨어 응용 프로그램을 제어합니다. 운영 체제에 침투하면 공격자는 모든 하드웨어 리소스와 소프트웨어 응용 프로그램을 완벽하게 제어 할 수 있습니다. 운영 체제를 제어하면 공격자가 하드웨어 리소스를 조작하고 스마트 장치가 이미지 및 비디오를 캡처하고 대화를 녹음하고, 중요한 정보를 보고대상이 되는 개인의 위치를 파악할 수 있는 모니터링 장치를 만들 수 있습니다. 소프트웨어 응용 프로그램은 스마트 장치 지상 제어 스테이션의 기능에 중요하여 실시간 항공 전자 디스플레이 비행, 네비게이션 시스템, 시스템 상태 모니터링 및 사전 진단 디스플레이, 그래픽 이미지 및 위치 매핑 및 UAV를 제어 및 작동하기 위한 내부 데이터 처리 기능을 제공합니다. 소프트웨어 응용 프로그램에 대한 성공적인 공격은 공격자가 UAV 기능을 제어하고 UAV에서 수집 한 데이터에 액세스하여 대상자를 신체적 위험에 빠뜨릴 수 있습니다.

모바일 장치의 운영 체제는 개인용 컴퓨터의 운영 체제를 유사하므로 개인용 컴퓨터에서 흔히 볼 수 있는 보안 위협과 같은 것을 스마트 장치에서 볼 수 있습니다. 악성 코드는 장비를 중단 시키거나 민감한 정보를 수집하거나 장비를 제어하는 데 사용할 수 있습니다. 스마트 장치에서 발견되는 일반적인 악성코드는 트로이 목마, 봇넷, 웜, 키 로거 및 루트킷이 있습니다. 이러한 악성코드는 운영 체제 소프트웨어를 액세스 할 수도 있습니다. 소프트웨어에 대한 다른 위협으로는 피싱 및 데이터 유출이 있습니다. 피싱 공격은 네트워크에 신뢰할 수 있는 당사자로 가장하여 중요한 정보에 액세스 할 수 있게합니다. 이러한 유출 정보는 중요한 데이터의 무단 전송으로 이어질 수 있습니다.

3.1.3 통신 네트워크 취약성

스마트 디바이스형 지상 제어 스테이션이 기능을 수행하려면 통신 네트워크가 필요합니다. 전술 군사 환경에서 대부분의 무선 네트워크는 고정된 기지국 또는 이동 가능한 기지국, 고 대역폭 유선 네트워크 백본으로 설정됩니다. 전장 환경에서 고정 기지국은 매력적인 표적이며 공격에 매우 취약합니다. 정지된 기지국의 파괴는 통신 네트워크를 방해하게 될 것이다. 이러한 상황이 발생하면 병사들은 보안 무선 네트워크상에 있지 않을 수도 있는 통신을 계속하기 위해 상용 무선 네트워크를 만들거나 상용 네트워크를 이용하여 그들이 지원하는 통신 네트워크, 부착된 장치 및 임무에 취약점을 발생하게 됩니다. 통신 네트워크에 대한 공격은 UAV와 스마트 장치 지상 제어 스테이션 간의 연결을 방해하고 UAV의 작동 및 제어를 방지하고 GCS 네트워크 허브의 다른 최종 사용자에게 정보를 유출하여 임무 완료를 방해 할 수 있습니다. 네트워크 및 장치에 대한 공격은 UAV 감시임무에서 수집된 정보가 무단으로 공유 될 수 있으므로 적절한 대응이 필요합니다. 통신 네트워크에 대한 위협으로는 네트워크 도청, 스누핑, 서비스 거부 및 재밍이 있습니다. 네트워크 도청 또는 스니핑은 네트워크를 통해 전송되는 패킷을 캡처 및 해독하는 방식으로 발생합니다. 스누핑은 침입자 또는 소프트웨어가 거짓 데이터를 사용하여 네트워크에 액세스 할 수 있게 합니다. 서비스 거부 또는 네트워크 정체로 인해 GCS 허브 네트워크의 링크 또는 노드가 광범위한 양의 데이터로 오버로드되어 네트워크 성능의 저하 또는 서비스 거부가 발생할 수 있습니다. 마지막으로, 재밍 장치는 네트워크의 다른 구성 요소뿐만 아니라 스마트 장치 GCS와 UAV 간의 통신을 방해 할 수 있으

<표 1> GCS 위협 모델

	하드웨어 취약성				소프트웨어 취약성			통신 네트워크 취약성			
	배터리 고갈	범람	감시	USB	악성코드	피싱	데이터유출	도청	스푸핑	서비스거부	재밍
신뢰성			X	X	X		X	X	X		
무결성			X	X	X	X			X		
가용성	X	X			X	X				X	X

므로 UAV의 제어와 네트워크 허브 내의 정보 제공을 방해할 수 있습니다.

4. 결 론

우리는 스마트 디바이스를 휴대 가능한 UAV 지상 제어 스테이션으로 사용하려는 흐름에 따라 이와 관련된 보안 취약성을 살펴보았습니다. 위협 모델은 UAV 스마트 디바이스 GCS의 위협 프로필을 분석하기 위해 개발되었습니다. 이것은 스마트 디바이스 하드웨어, 소프트웨어 및 통신 네트워크 내의 취약점에 중점을 둡니다. 요약하면 하드웨어에 대한 위협은 주로 훼손된 장치에 대한 물리적 연결과 소프트웨어 응용 프로그램 및 네트워크 연결의 악성 코드를 통해 발생합니다. 스마트 장치 하드웨어 리소스는 군인의 통신 및 이동을 모니터링하기 위해 악성코드에 의해 조작 될 수 있습니다. 소프트웨어 운영 체제 및 소프트웨어 응용 프로그램은 UAV 스마트 장치 GCS의 기능에 중요합니다. 소프트웨어가 악성 코드 위협으로부터 적절히 보호되지 않으면 결과가 심각 할 수 있습니다. 운영 체제의 정기적인 업데이트 및 바이러스 백신 소프트웨어로 보호해야 합니다. 소프트웨어 응용 프로그램은 취약점에 대해 테스트를 거쳐 정기적으로 업데이트되어 보안을 보장해야만 할 것입니다. 통신 네트워크는 취약점의 주요 영역이며, 이 영역의 결합으로 인하여 소프트웨어 및 하드웨어 취약성

내에서 식별된 많은 공격이 발생할 수 있습니다. 네트워크의 가용성은 원격 위치의 전장 운영에 대한 주요 관심사이며 현장에서 가장 큰 공격대상 중 하나입니다.

참 고 문 헌

- [1] Dalton, W., "RIM's BlackBerry phones may lose public sector monopoly," Retrieved 5/24/13, 2013, from <http://www.itproportal.com/2012/08/24/rims-blackberry-phones-maylose-public-sector-monopoly-/>, 2012.
- [2] McGarry, B., "Pentagon Will Open Networks to Apple, Google Devices in 2014," Retrieved 3/21/13, 2013, from <http://www.bloomberg.com/news/2013-02-26/pentagon-will-open-networks-to-apple-google-devices-in-2014.html>, 2013.
- [3] Gorman, S., et al., "Insurgents Hack U.S. Drones," The Wall Street Journal, WSJ.com, 2009.
- [4] Nguyen, T. C., "Virus attacks military drones, exposes vulnerabilities," Retrieved from <http://www.smartplanet.com/blog/thinking-tech/virus-attacks-militarydrones-exposes-vulnerabilities/8858>, 2011.
- [5] Paganini, P., "Hacking Drones Overview of the Main Threats," Retrieved from <http://resources.infosecinstitute.com/hacking-drones-overview-of-themain-threats/>, 2013.
- [6] Nguyen, T. C., "How college students hijacked a government spy drone," Retrieved from <http://>

/www.smartplanet.com/blog/thinking-tech/how-college-studentshijacked-a-government-spy-drone/12214, 2012.

- [7] Munoz, C., "Report: DOD opens door to Apple, Android-built systems," Retrieved from <http://thehill.com/blogs/defconhill/industry/265395-report-dod-opens-door-to-apple-android-built-systems>, 2013.
- [8] Oh, T., et al., "Best security practices for android, blackberry, and iOS," Enabling Technologies for Smartphone and Internet of Things (ETSIoT), 2012.
- [9] Goodwin, B., "IT manufacturers fight cyber espionage risks in the supply chain," Retrieved from <http://www.computerweekly.com/news/240181320/IT-manufacturerstackle-cyber-espionage-risks-in-the-supply-chain>, 2013.

저 자 약 력



윤 종 희

이메일 : youn@yu.ac.kr

- 2003년 경북대학교 전자전기공학부 (학사)
- 2011년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (박사)
- 2011년~2012년 강릉원주대학교 컴퓨터공학과 강의전담 교수
- 2012년~2013년 한국전자통신연구원 부설연구소 연구원
- 2013년~현재 영남대학교 컴퓨터공학과 조교수
- 관심분야: 사이버 보안, 컴파일러, 소프트웨어 최적화, 임베디드 시스템

소형 무인기를 위한 오토파일럿 기술

김용주 (ETRI)

목 차	1. 서 론
	2. 무인 항공기
	3. 무인 항공기 제어
	4. 오토 파일럿
	5. 오픈 소스 오토파일럿
	6. 결 론

1. 서 론

소형 무인 항공기 (UAV, Unmanned Aerial Vehicle)를 위한 자동 조종 장치 시스템에 대하여 살펴보고자 한다. 이러한 정보는 현재 상용/무료 오픈 소스 및 오토 파일럿 시스템 연구에 대한 것으로 소형 UAV 이용자에게 상당한 편의를 제공하게 된다. 우선 UAV 비행 제어 기본 내용을 소개하고, 여기서 무선 제어 시스템과 자동 조종 제어 시스템은 하드웨어 및 소프트웨어 관점에서 설명하겠다.

최근에 소형 무인 항공기 (UAV)에 대한 관심이 급속히 증가하고 있다. 고출력/고밀도 배터리, 저전력 마이크로 라디오 장치, 강력한 마이크로 프로세서 및 모터, 저렴한 항공기의 출현으로 소

형 무인 항공기는 민간 환경 교통 모니터링, 수색 및 구조 등과 같은 기능을 제공할 수 있게 되었다. 소형 UAV는 비교적 짧은 날개 폭과 가벼운 무게를 가지고 있다. 따라서 대부분은 1-2 명으로 운용되거나 심지어 손으로 들고 손으로 작동 할 수도 있다 [1,2]. 사실 소형 UAV는 낮은 고도 (일반적으로 1000 미터 미만)로 지상 개체를 면밀히 관찰 할 수 있다. 이 저고도 비행으로 인해 UAV는 쉽게 추락할 수 있고, 따라서 견고한 소형 무인기가 저고도 감시와 같은 업무를 성공적으로 수행하기 위해서는 정확한 자동 조종 시스템이 반드시 필요하다.

자동 조종 장치는 비행 중에 사람 조작원의 도움없이 UAV를 안내하는 시스템이다. 이것은 미사일 용으로 개발 된 후 나중에 1910 년대 이래

※ 이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (2017-0-00051, 차세대 메모리 기술 기반 초저전력 컴퓨팅 시스템과 페타바이트급 메모리 클라우드 핵심 기술 개발).

로 항공기 및 선박에 적용되고 있다[3]. 최소한의 자동 조종 장치 시스템에는 자세 센서와 온보드 프로세서가 포함된다. 항공기 동역학의 높은 비선형성 때문에 PID 제어, 신경 회로망 (Neural Network), 퍼지 논리 (Fuzzy Logic), 슬라이딩 모드 제어 및 H_{∞} 제어와 같은 고급 제어 기술이 자동 조종 시스템에 사용되었다. 요즘, 무선 네트워크 및 마이크로 전기 기계 시스템의 기술 발전 (MEMS)은 소형 UAV에서 저렴한 마이크로 오토 파일럿을 사용하는 것을 가능하게 한다. 여기서는 연구자가 특정 애플리케이션 요구 사항에 따라 UAV 및 자동 파일럿을 구매하거나 구축할 수 있도록 현재 상용 및 오픈소스 오토 파일럿 시스템에 대한 정보를 제공하려고 한다.

2. 무인 항공기

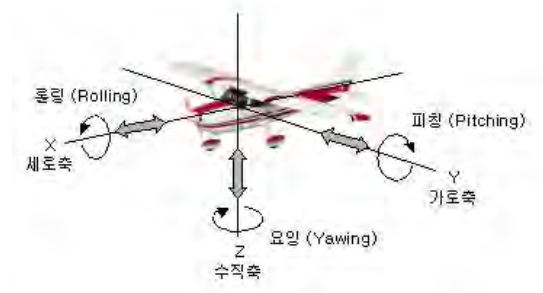
UAV (Unmanned Aerial Vehicle)라는 약어는 인간 조종사가 없어도 작동되는 전력 구동 식 제어 가능한 비행기를 의미한다. 무인 미사일이 나 폭탄은 한 번만 사용하도록 설계 되었기 때문에 이 범주에 속하지 않는다. UAV는 또한 "무인 항공기 시스템"(UAS) [4]이라고 불릴 수 있다. 이 정의에 따라 원격 조종 항공기도이 범주에 속한다. 사실, 대부분의 UAV에는 충돌을 일으킬 수 있는 심각한 오류를 피하기 위한 원격 제어 기능이 있다. 첫 번째 무인 항공기는 Ryan Aeronautical이 1950 년대 군사 정찰을 위해 제작 한 Q-2 이다. 미군은 요즘 사람이 위험한 작업을 하지 않도록 많은 UAV를 이러한 미션에 사용한다[1]. 군에서 일하는 많은 무인 항공기는 수 백 파운드 또는 수천 파운드의 무게가 나가고 6000 피트까지 날 수 있다. 군은 또한 Dragon Eye, FPASS, Pointer and Raven과 같은 소형

또는 소형 UAV를 사용한다 [4]. 이 소형 UAV는 전기 배터리를 사용하여 무게가 10 파운드 미만이며 일반적으로 1,000 피트 이하로 비행한다. 위에서 언급했듯이, 초기 UAV는 대부분 군사용으로 개발되었다. 개발과 유지 비용이 비싸서 민간용으로 사용하기가 어렵다. 1990년대 이래로 고출력 배터리 (리튬 이온 및 리튬 폴리머), 소형 장비 및 무선 네트워크 장치의 출현으로 UAV는 연구자 및 취미 애호가에게 저렴한 비용으로 제공되고 있다. UAV는 날개 모양 및 신체 구조에 따라 고정 날개 UAV 및 회전 날개 UAV (예 : 헬리콥터)로 분류 할 수 있다.

3. 무인 항공기 제어

비행기는 비행기의 무게 중심에서 세 개의 축 (x, y, z)을 중심으로 회전 할 수 있다. UAV의 위치 제어는 일반적으로 각도 제어로 변환된다 (roll (Φ), pitch (Θ) 및 yaw (Ψ)). 항공기의 운동 축이 그림 1에 나타나있다. 고정 날개 UAV의 주 제어 표면 또는 제어 입력은 다음 중 일부 또는 모두를 포함 할 수 있다.

- Ailerons(에일러론) : 롤 각도 조절.
- Elevator(엘리베이터) : 피치 각도 (위아래)를 제어

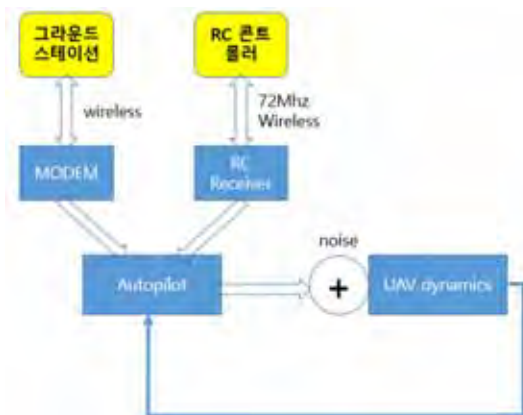


(그림 1) UAV 비행축

- Throttle(쓰로틀) : 모터 속도를 제어
 - Rudder(루더) : 요각 (왼쪽 및 오른쪽)을 제어
- 그러나 소형 UAV는 이러한 모든 제어 표면을 가지고 있지 않을 수도 있다. 예를 들어, 유니콘 기체는 하나의 스로틀과 두 개의 조종면 (좌우측 에일러론)을 가지고 있으며, 에일러론은 혼합되어 엘리베이터로 작동 할 수 있다.

이러한 기체 유형의 에일러론은 또한 Eleons 라고도 불린다. UAV의 상태 변수에는 다음이 포함된다.

- P_n, P_e 및 h : 관성 (북쪽, 동쪽) 위치 및 고도 또는 높이 (예 : 위도 경도 및 높이 (Latitude Longitude Height, LLH) 또는 범용 가로 메르카토르 (Universal Transverse Mercator, UTM) 좌표)
- v_n, v_e 및 v_d : 지면 좌표계를 기준으로 한 속도
- u, v 및 w : 본문 x, y 및 z 축을 따라 측정된 속도
- a_x, a_y 및 a_z : 본문 x, y 및 z 축을 따라 측정된 가속
- ϕ, θ 및 ψ : 롤, 피치 및 요우 각
- p, q 및 r : x, y 및 z 축을 따라 측정된 각속도



(그림 2) 오토파일럿 비행제어 블록

- v, α 및 β : 공기 속도, 공격각, 횡경 사각

실제로, 작은 고정익 UAV는 속도, 고도, 무게, 바람 및 난류[5]로 인한 불확실성으로 인하여 고도의 동적 및 비선형 시스템이다. 따라서 정확하고 완벽한 비선형 모델을 얻는 것은 어렵다. 그러나 일부 선형 모델을 사용하여 UAV 역학을 근사 할 수 있다. 소형 UAV는 일반적으로 원격 제어 (RC) 모드와 자동 조종 제어 모드라는 두 가지 제어 모드를 가지고 있다. 원격 조종 모드 또는 무선 조종 모드는 인간 조종사가 무선 신호를 통해 UAV를 제어 할 것을 요구하며 자동 조종 제어 모드는 자동으로 항공기를 원하는 상태로 유지할 수 있다. UNAV라는 회사의 3400 오토 파일럿과 같은 일부 소형 UAV 응용 프로그램에는 혼합 제어 모드가 있다. 반자동 제어 모드는 온보드 자동 조종 장치가 자세를 제어하고 사람 조작자가 비행 경로를 제어하는 [6]에서 제공된다.

라디오로 제어되는 소형 무인 정찰기는 RC 비행기라고도 불리며 일반적으로 RC 수신기가 장착된 휴대용 RC 송신기를 통해 숙련된 RC 사용자에게 의해 제어된다. 전송되는 신호는 펄스 위치 변조 (PPM) 신호 또는 펄스 코드 변조 (PCM) 신호가 될 수 있다. PPM은 또한 주파수 변조 (FM) 범주에 속한다. 미국 RC 항공기의 작동 주파수는 72MHz 또는 2.4GHz이다. 주파수는 일반적으로 RC 송신기/수신기에 대해 고정되어 있으며 매회 PPM 신호의 최대 8개 채널을 전송할 수 있다. 수신기가 송신기로부터의 신호를 디코딩 한 후, 서보 제어를 위해 펄스 폭 변조 (PWM) 신호가 생성된다.

예를 들어, Unicorn RC 비행기에는 스로틀을 포함한 3개의 제어 표면만 있다. 그러므로, 오른쪽 elevon에는 CH1, 왼쪽 elevon에는 CH2, 스

로틀에는 CH3의 세 가지 PPM 채널만 필요하다. 점점 더 많은 RC 이용자와 결합된 MEMS, 배터리 및 무선 기술이 빠르게 보급되면서 UAV는 많은 연구 및 민간 응용 분야에 적용될 수 있게 되었다. RC 비행기가 일부 감시 상황에서 적용될 수 있지만, 숙련된 RC 조종 스킬이 항상 요구된다. 따라서 자동 조종 장치는 지루하고 반복적인 작업에서 사람을 자유롭게 하는데 필요하다. 또한 이것은 UAV의 탐색 정확도와 자율성을 향상시킬 수 있다.

4. 오토파일럿 (autopilot)

오토 파일럿 혹은 자동 조종 장치라 불리는 이 시스템은 하드웨어와 지원 소프트웨어로 구성되어, 사람의 도움없이 UAV를 제어하는데 사용되는 MEMS 시스템이다. 최초의 항공기 자동 조종 장치는 Sperry Corporation에서 1912 년에 개발하여 2년후 헨즈프리 비행으로 시연되었다. 오토 파일럿 시스템은 현재 현대의 항공기 및 선박에 널리 사용되고 있다. UAV 자동 조종 시스템의 목적은 UAV가 기준 경로를 따르거나 일부 중간 지점을 탐색하도록 지속적으로 네비게이션하는 것이다. 강력한 UAV 자동 조종 시스템은 이륙, 상승, 하강, 궤적 추적 및 착륙 등 모든 단계에서 UAV를 제어 할 수 있다. 자동 조종 장치는 그림 2에서와 같이 UAV 비행 제어 시스템의 일부분

이다. 자동 조종 장치는 제어 모드 스위치를 위한 지상국과 통신하고, 위치 업데이트를 위해 GPS 위성으로부터 방송을 수신하고 서보 모터에 제어 입력을 보내야한다. UAV 자동 조종 장치 시스템은 폐 루프 제어 시스템으로 주 관측기와 제어기의 두 부분으로 구성된다. 가장 일반적인 상태 관측기는 자이로, 가속 및 자기 센서를 포함한 마이크로 관성 유도 시스템이다. 또한 적외선 또는 시각 기반 장치와 같은 다른 자세 측정 장치를 사용할 수 있다. GPS 정보와 결합된 센서 판독 값은 이후의 제어 용도를 위해 현재 상태의 추정치를 생성하기 위해 필터로 전달 될 수 있다. 다른 제어 전략에 따라 UAV 자동 파일럿은 PID 기반 자동 파일럿, 퍼지 기반 자동 파일럿, NN 기반 자동 파일럿 및 기타 강력한 자동 파일럿으로 분류 할 수 있다. 전형적인 상용 UAV 자동 조종 시스템은 GPS 수신기, 마이크로 관성 유도 시스템 및 온보드 프로세서 (상태 추정기 및 비행 제어기)로 구성되며, 그림 3에 나타난 바와 같다. UAV 자동 조종 시스템은 두 가지 기본 기능, 즉 상태 추정 기준 경로 및 현재 상태에 기초하여 입력 생성을 제어한다.

4.1 자동 조종 장치 (하드웨어)

최소한의 자동 조종 장치 시스템은 상태 결정을 위한 센서 패키지와 추정 및 제어 용도의 온보드 프로세서 및 서보 및 모뎀 통신을 위한 주



(그림 3) 오토파일럿 기능 블록

변 회로를 포함한다. 소형 UAV의 물리적 한계로 인해 자동 조종 장치 하드웨어는 크기가 작고, 가벼우며 전력 소모가 적어야한다. UAV의 정확한 비행 제어는 공중에서 UAV 자세의 정확한 측정이 필요하다. 또한 센서 패키지는 특히 모바일 및 온도 변화 환경에서 우수한 성능을 보장해야한다.

4.1.1 MEMS 관성 센서

관성 센서는 관성 프레임의 3차원 위치 및 자세 정보를 측정하는데 사용된다. 현재의 MEMS 기술은 소형 UAV에서 작고 가벼운 센서를 사용할 수 있게 한다. 사용 가능한 MEMS 관성 센서는 다음과 같다.

- (1) GPS 수신기 : 절대 위치 (P_n, P_e, h)와 지상 속도 (v_n, v_e, v_d) 측정
- (2) 속도 또는 자이로 : 각속도 (p, q, r) 측정
- (3) 가속도 : 가속도 (a_x, a_y, a_z) 측정
- (4) 자성 : 자기장을 측정하기 위해 표제 수정 (ψ)에 사용
- (5) 압력 : 공기 속도 (상대 압력)와 고도 (h)를 측정합니다.
- (6) 초음파 센서 또는 SONAR :지면 위의 상대 높이를 측정
- (7) 적외선 센서 : 자세 각도 (ϕ, θ)를 측정
- (8) RGB 카메라 또는 기타 이미지 센서 : 위의 센서 중 하나 또는 여러 개를 교체

GPS는 절대 위치 측정을 제공하기 때문에 무인 항공기의 자율 제어에 없어서는 안 될 역할을 한다. 유효한 3-D lock이 있는 한 GPS 측정과 실제 위치 사이의 알려진 경계 오차가 제거가 보장 될 수 있다. 예를 들어, u-blox 5 GPS 수신기

는 미국 민간용 애플리케이션에 가장 적합한 3미터 3D 정확도를 달성 할 수 있다. 센티미터 수준의 정확도를 달성 할 수 있는 차동 GPS 장치도 있다. GPS의 단점은 기상 요인에 대한 취약성과 상대적으로 낮은 업데이트 빈도 (일반적으로 4Hz)로 비행 제어 애플리케이션에는 충분하지 않을 수 있다는 것이다.

4.1.2 가능한 센서 구성

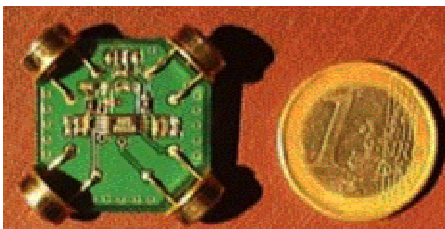
위의 모든 관성 센서를 감안할 때 기본 자율적인 웨이 포인트 네비게이션 작업을 수행하기 위해 여러 유형의 UAV에 대해 여러 가지 센서 조합을 선택할 수 있다. 현재의 실외용 UAV에는 GPS 수신기가 내장되어있어 절대 위치 피드백을 제공한다. 주요 차이점은 관성 측정 장치 (IMU), 적외선 센서 또는 이미지 센서 등이 될 수 있는 자세 측정 솔루션이다.

마이크로 관성 유도 시스템 (Micro Inertial Guidance System, IGS) : 전형적인 IGS 또는 IMU는 3 축 자이로 속도 및 가속도 센서를 포함하며, 이를 필터링하여 자세 (ϕ, θ, ψ)의 추정을 생성 할 수 있습니다. IGS는 대형 비행기에서 널리 사용된다. 작은 UAV를 위한 간단한 센서 솔루션은 완벽한 센서 관독 값 세트를 제공 할 수 있는 마이크로 IGS를 사용하는 것이다. Crossbow 사의 MNAV는 관성 센서의 업데이트 속도가 최대 100Hz 인 마이크로 IGS 이다. MNAV는 3 축 자성, 자이로 및 가속도 센서를 가지고 있다 [7]. Sparkfun 사의 ET 301과 같이 사용이 간편한 off-the-shelf 센서 패키지도 있다. Sparkfun 사는 2 개의 자이로와 2 축 가속도계를 각각 피치와 요 [8]에만 가지고 있다.

- 적외선 센서 : 자세 감지를 위한 또 다른 솔루션

선은 적외선 열전쌍을 사용하는 것이다. 적외선 자세 센서의 기본 아이디어는 지구가 하늘보다 IR을 방출하기 때문에 UAV의 각도를 결정하기 위해 한 축의 두 센서 사이의 열 차이를 측정하는 것이다. Paparazzi Open Source Autopilot 그룹은 이러한 종류의 적외선 센서를 기본 자세 센서로 사용했다 [9] [10]. 적외선 센서는 평탄기로 작동 할 수 있으므로 UAV 안정화 및 RC 평면 훈련에 사용할 수 있다. Copilot이라는 비슷한 상용 패키지가 그림 4에 나와 있다 [11].

- 비전 센서 : 비전 센서는 그 자체로 또는 다른 관성 측정과 함께 자세를 추정하는 데에도 사용할 수 있다 [12]. 슈도(pseudo) 물과 피치는 온보드 비디오 또는 이미지 스트림 [13]에서 결정될 수 있다. 시각적인 기반 항법과 장애물 회피에 관한 실험은 소형 회전 날개 UAV에서 이루어졌다 [14]. 또한 비전 기반 탐색은 특히 작업 중심 및 기능 기반 응용 프로그램에서 위치 측정을 제공 할 때 GPS를 대체 할 수 있는 잠재력이 있다. 소규모 고정 날개 UAV를 위한 비전 기반 탐색은 여전히 진행



(그림 4) 적외선 센서 [9], FMA copilot [11]

중인 주제이며 성숙한 상업용 오토 파일럿에는 많은 개발이 여전히 필요하다.

4.2 자동 조종 장치 (소프트웨어)

센서의 모든 관성 측정 값은 추가 필터 및 제어 처리를 위해 온보드 프로세서로 전송된다. 자동 조종 장치는 다양한 제어 목표에 따라 사용할 수 있는 센서의 서비스를 액세스 할 수 있다. 자동 조종 장치 프로세서는 모든 센서 판독 값을 실시간으로 수집해야 한다. 그런 다음 이러한 모든 주 관측은 추후 처리를 위해 전달된다.

4.2.1 자동 조종 장치 제어 목표

대부분의 UAV는 모든 종류의 센서를 위한 모바일 플랫폼으로 취급 될 수 있다. 기본적인 UAV 경유지 추적 작업은 다음을 포함하여 여러 하위 작업으로 분해 될 수 있다.

- (1) Pitch attitude hold.
- (2) Altitude hold.
- (3) Speed hold.
- (4) Automatic take-off and landing.
- (5) Roll-Angle hold.
- (6) Turn coordination.
- (7) Heading hold.

위의 제어 목표를 달성하기 위해서는 상대적으로 높은 주파수 (일반적으로 소형 UAV의 경우 20Hz 이상)가 다른 시스템 상태가 필요하다. 그러나 GPS와 같은 센서는 4Hz에서 잡음 섞인 측정만 제공할 수 있다. 여기서는 UAV 위치, 속도 및 가속도를 포함한 현재 상태의 최적 추정(H2)을 수행하기 위해 칼만 필터를 사용할 수 있다. 사용자는 추정치가 실제 상태에서 얼마나 신

회할 수 있는지 나타내는 노이즈 추정 행렬을 정의해야한다. 칼만 필터링은 많은 행렬 조작을 필요로 하므로 온보드 프로세서에 더 많은 계산 부담을 준다. 따라서 서로 다른 응용 프로그램을 기반으로 기존의 칼만 필터링 기술을 단순화하는 것이 필요하다. 게다가, 자이로 드리프트(gyro drift) 및 고주파 센서 잡음과 같은 몇 가지 다른 문제는 필터링 기술을 통해 상쇄 될 필요가 있다.

4.2.2 자동 조종 장치의 제어기 설계

현재의 상용 및 연구 오토 파일럿은 GPS 기반 웨이 포인트 탐색에 초점을 두고 있다. UAV의 경로 추적 제어는 다른 계층으로 분리 될 수 있다.

- (1) 롤에 대한 내부 루프와 자세에 대한 피치.
- (2) 궤도 또는 경유지 추적을위한 표제 및 고도의 외부 루프.
- (3) 웨이 포인트 내비게이션.

UAV 비행 제어에는 고도 제어기, 속도 및 방향 제어기의 두 가지 기본 제어기가 있다. 고도 컨트롤러는 착륙 및 이륙 단계를 포함하여 원하는 고도에서 비행하기 위해 UAV를 운전하는 것이다. 헤딩 및 속도 컨트롤러는 UAV가 원하는 웨이 포인트를 통과하도록 안내한다. 상기 제어 요구 조건을 달성하기 위해 다양한 (PID, 적응형 신경망, Fuzzy Logic and Fractional Order Control [15] 등) 제어 기법들이 사용될 수 있다.

- PID 접근법 : 대부분의 상용 자동 파일럿은 PID 컨트롤러를 사용한다. 기준 웨이 포인트 좌표와 현재 UAV 상태 추정치가 주어지면 서로 다른 레이어의 컨트롤러 매개 변수를 오프라인에서 먼저 튜닝하고 비행 중에 다시 튜

닝 할 수 있다. 대부분의 상업용 오토 파일럿은 소형 UAV 플랫폼에서 구현하기 쉽기 때문에 기존의 PID 컨트롤러를 사용한다. 그러나 PID 제어기는 최적 성과 견고성에 한계가 있다. 게다가 어떤 경우에는 매개 변수를 조정하기도 어렵다.

- 퍼지 기반 자동 조종 장치 : 소형 UAV에 대한 자동 조종 장치에 대한 연구는 다른 현대적인 제어 전략에도 상당히 적극적이다. 퍼지 논리 제어 시스템은 비행 제어를 비롯한 많은 응용 분야에서 사용될 수 있다. [16]에는 세 개의 퍼지 제어기가 있으며, 하나는 측면 제어를 위한 것이고 다른 하나는 종단 제어를 위한 것이다. 강인성을 위해 속도 제어기와 바람 교란 감쇠 블록이 추가되었다. 이 자동 조종 장치의 하드웨어에는 프로세서로 하나의 PC 104 싱글 보드 컴퓨터와 감지 장치로 마이크로 IGS가 포함되어 있다. 이 자동 조종 장치는 웨이 포인트 탐색을 보장 할 수 있다.
- NN 기반 자동 조종 장치 : 적응 형 신경망 제어기는 정확한 수학 모델을 필요로 하지 않으며 다변수 비행 제어에 적합하다. NN 기반 자동 조종 장치는 원래 무인 헬기 제어용으로 개발되었지만 [17], 조지아 공과 대학 (Georgia Institute of Technology)의 GT-wing 테스트 베드와 같은 고정 날개 UAV에도 적용될 수 있다.
- LQG / LTR & H_{∞} 기반 자동 조종 장치 : PID 및 NN 자동 조종 장치는 모두 비 모델 기반이며 제어기의 최적 성과 견고성은 보장 할 수 없다. 대부분의 소형 UAV는 고도의 비선형 시스템이며 정확한 비선형 모델을 얻기가 어렵 기 때문에 선형 모델을 사용하여 UAV 동역학을 근사화 할 수 있다. Linear Quadratic Gaussian 컨트롤러와 칼만 필터를

조합하여 더 우수한 고도 제어 성능을 얻을 수 있다 [18]. H_{∞} loop shaping 기법은 소음이 있거나 심지어 페이로드가 바뀌는 상황에서도 개선을 위해 작은 고정익 UAV에 사용될 수 있다[19].

5. 오픈 소스 오토파일럿 (open source autopilots)

MEMS 관성 센서와 RC 에어 프레임의 가격이 낮아지면서 몇몇 오픈 소스 UAV 오토파일럿 프로젝트는 전 세계의 연구가들로부터 많은 관심을 받았다. 오픈 소스 자동 파일럿의 장점은 하드웨어와 소프트웨어 모두에서의 유연성이다. 연구가들은 자신의 특별한 요구 사항에 따라 오토파일럿을 쉽게 수정하여 사용할 수 있게 되었다.

5.1 파파라치 오토파일럿

Paparazzi 자동 조종 장치는 프랑스의 ENAC 대학의 연구자들이 처음 개발한 매우 인기 있는 프로젝트이다. 적외선 센서와 GPS가 기본 감지 장치로 사용되었다. 적외선 센서는 wktp의 대략적인 추정만 제공 할 수 있지만 일단 조정이 잘 되면 안정된 비행 제어에 충분하다. Tiny 13은 그림 5과 같이 GPS 수신기가 통합된 자동 조종 장치 하드웨어이다.

Paparazzi에는 또한 IMU 및 모뎀과 연결하는데 사용할 수 있는 두 개의 열린 직렬 포트가 있는 Tiny Twog 자동 조종 장치가 있다. GPS 업데이트를 기반으로 더 빠른 위치 추정을 제공하기 위해 하나의 칼만 필터가 자동 조종 장치에서 실행된다.

Paparazzi는 LPC 2148 ARM7 칩을 중앙 프로세서로 사용한다. 소프트웨어의 경우 웨이 포



(그림 5) 파파라치 오토파일럿 [9]

인트 추적, 자동 이륙 및 착륙, 고도 유지를 수행할 수 있다. 비행 제어기는 자이로비율 (gyro rate)이 특히 마이크로 UAV의 롤 및 피치 추적 제어에 사용되는 경우 구성 될 수도 있다. 그러나, 파파라치는 제어기 부분에서 공기 속도 센서 관독이 고려되지 않기 때문에 현재 양호한 속도 유지 및 변화 기능을 갖지 못한다. RC 신호 손실, 미리 정의된 범위 이외에 GPS 손실 등의 조건에서 안전에 대한 고려 사항이 많이 있는 특징을 갖었다.

5.2 Crossbow MNAV + 스타 게이트 오토파일럿

그림 6에 표시된 MNAV + Stargate 자동 조종 장치 패키지는 작은 UAV 응용 프로그램을 위해 Crossbow 사가 개발했다. MNAV는 GPS 수신기, 서보 드라이버 및 PPM 인터페이스가 있는 마이크로 관성 시스템이다. MNAV100CA에는 3축 가속도계, 3축 각속도 센서, 3축 자력계, 1개의 정압 센서 (고도) 및 1개의 동적 압력 센서 (대기 속도)의 센서가 있다. Stargate는



(그림 6) Crossbow MNAV [7]

400MHz PXA255 프로세서와 64M SDRAM을 갖춘 강력한 싱글 보드 컴퓨터이다. 강력한 계산 능력은 확장된 칼만 필터 (Kalman filter)와 오토 파일럿 제어 (autopilot control) [7]의 실시간 처리를 보장한다. 또한 이 패키지는 일반 IO, 직렬 포트, USB, PCMCIA 및 콤팩트 플래시와 같은 몇 가지 예비 인터페이스를 제공하므로 연구자는 특정 센서를 쉽게 추가 할 수 있다. 소프트웨어에서 웨이 포인트 자율 탐색 알고리즘이 개발 되었고 소스 코드는 사용자가 액세스 할 수 있다 [7]. 오토 파일럿 컨트롤러는 3 단계 PID 컨트롤러를 사용하여 특정 고도 내에서 웨이 포인트 탐색을 수행한다. 외부 레이저는 UAV의 x-y 위치를 추적하고 레퍼런스 위치를 방향 ψ 로 변환합니다. 중간 계층은 방향과 고도를 안정화시킵니다. 내부 층은 피치와 롤을 제어하기 위한 자세 안정화 층이다 [7].

MNAV + Stargate 자동 조종 장치는 중형 크기이며 소형 UAV의 경우 계속 작동하기에는 가볍지 않다. 그러나 유익한 측면은 소스 코드가 Linux에서 열려 있다는 것이다. 또한 Stargate는 강력한 프로세서이며 MNAV 및 Stargate의 IO 포트는 개인사용자 개발에서 많은 유연성을 제공한다.

6. 결 론

소형 UAV를 위한 상용 및 오픈소스 자동 파일럿 시스템을 검토하고 하드웨어에 중점을 두고 개략적으로 소개하였다. 자동 조종 장치 시스템은 주 관측기, 상태 추정기 및 비행 제어기와 같은 여러 부분을 포함한다. 각 부분들에 대하여 구성 내용을 다루었다. 마지막으로 다른 자동 조종 장치 시스템을 비교하고 할 수 있는 정보들을 살펴보았다.

참 고 문 헌

- [1] S. A. Cambone, K. J. Krieg, P. Pace, and L. Wells, "USA's Unmanned Aircraft Roadmap, 2005-2030," National Defense, 2005.
- [2] H. Wu, D. Sun, and Z. Zhou, "Micro air vehicle: Configuration, analysis, fabrication, and test," IEEE/ASME Trans. on Mechatronics, vol. 9, no. 1, pp. 108-117, 2004.
- [3] J. M. Sullivan, "Evolution or revolution? The rise of UAVs," IEEE Technology and Society Magazine, vol. 25, no. 3, pp. 43-49, 2006.
- [4] J. Pappalardo, "Unmanned aircraft roadmap reflects changing priorities," National Defense, vol. 87, no. 392, pp. 30, 2003.
- [5] M. Liu, G. K. Egan, and Y. Ge, "Identification of attitude flight dynamics for an unconventional UAV," Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots and Systems, pp. 3243-3248, 2006.
- [6] www.u-nav.com.
- [7] J. Jang and D. Liccardo, "Automation of small UAVs using a low cost MEMS sensor and embedded computing platform," Proc. Digital Avionics Systems Conf., IEEE/AIAA, pp. 1-9, 2006.
- [8] www.sparkfun.com.

- [9] P. Brisset, A. Drouin, M. Gorraz, P. S. Huard, and J. Tyler, "The Paparazzi solution," Proc. of MAV2006, Sandestin, Florida, 2006.
- [10] G. K. Egan, "The use of infrared sensors for absolute attitude determination of unmanned aerial vehicles," Tech. Rep. MECSE-22-2006, Monash University, Australia, 2006.
- [11] www.fmadirect.com.
- [12] P. J. Roberts, R. A. Walker, and P. J. O'Shea, "Fixed wing UAV navigation and control through integrated GNSS and vision," Proc. AIAA Guidance, Navigation, and Control Conf. and Exhibit, San Francisco, CA, 2005.
- [13] D. Damien, B. Wageeh, and W. Rodney, "Fixedwing attitude estimation using computer vision based horizon detection," Proc. Australian Int. Aerospace Congress, Melbourne Australia, 2007.
- [14] A. J. Calise, E. N. Johnson, M. D. Johnson, and J. E. Corban, "Applications of adaptive neural-network control to unmanned aerial vehicles," Proc. of AIAA/ICAS Int. Air and Space Symposium and Exposition: The Next 100 Years, Dayton, OH, 2003.
- [15] H. Chao, Y. Luo, L. Di, and Y. Q. Chen, "Fractional order flight control of a small fixed-wing uav: controller design and simulation study," Proc. ASME Int. Design Engineering Technical Conf. Computers and Information in Engineering, No. MESA-87574, 2009.
- [16] M. Kumon, Y. Udo, H. Michihira, M. Nagata, I. Mizumoto, and Z. Iwai, "Autopilot system for Kiteplane," IEEE/ASME Trans. on Mechatronics, vol. 11, no. 5, pp. 615-624, 2006.
- [17] E. N. Johnson and S. Kannan, "Adaptive flight control for an autonomous unmanned helicopter," Proc. of AIAA Guidance, Navigation and Control Conf., No. AIAA-2002-4439, Monterey, CA, 2002.

- [18] F. Santoso, M. Liu, and G. K. Egan, "Linear quadratic optimal control synthesis for a UAV," Proc. of 12th Australian Int. Aerospace Congress, AIAC12, Melbourne, Australia, 2007.
- [19] M. Sadraey and R. Colgren, "2 DOF robust nonlinear autopilot design for a small uav using a combination of dynamic inversion and H-infinity loop shaping," Proc. of AIAA Guidance, Navigation, and Control Conf. and Exhibit, San Francisco, California, No. AIAA-2005-6402, Aug. 2005.

저 자 약 력



김 용 주

이메일 : y.kim@etri.re.kr

- 2006년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (학사)
- 2008년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (석사)
- 2012년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (박사)
- 2012년~2013년 서울대학교 박사후연구원
- 2013년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원
- 관심분야: 최적화 컴파일러, 임베디드 시스템, 병렬분산 컴퓨팅, 시스템 소프트웨어, 재구성형 프로세서

정보처리학회지 2017년도 5월호 게재 목차

■ 2017년 3월 (제24권 제3호)	■ 특집명 : 소프트웨어 교육과 컴퓨팅 사고
♦ 권두언	
“블록체인과 관련한 기술 및 응용” 특집을 발간하며... / 전정훈	2
♦ 특집	
사물인터넷과 블록체인 기술 적용 동향 / 유소망, 김종완	4
블록체인 기반의 IoT 보안 취약점 / 박현정, 양혜임, 전정훈	13
핀테크 산업에서 블록체인 도입의 한계점 / 이수정, 변혜민, 박유리, 전정훈	22
금융서비스를 위한 블록체인과 IoT의 통합 / 한효재, 송민서, 이종협	30

JIPS(정보처리학회영문지) 2017년도 6월호 게재 목차

■ Volume 13, Number 3(Serial Number 45), June, 2017	
• New Approaches to Advanced Network and Image Processing <i>Jong Hyuk Park</i>	429
• Granular Bidirectional and Multidirectional Associative Memories: Towards a Collaborative Buildup of Granular Mappings <i>Witold Pedrycz</i>	435
• Blind Image Quality Assessment on Gaussian Blur Images <i>Liping Wang, Chengyou Wang, and Xiao Zhou</i>	448
• Content-Based Image Retrieval Using Combined Color and Texture Features Extracted by Multi-resolution Multi-direction Filtering <i>Hee-Hyung Bu, Nam-Chul Kim, Chae-Joo Moon, and Jong-Hwa Kim</i>	464
• NDynamic Framework for Secure VM Migration over Cloud Computing <i>Suresh B. Rathod and V. Krishna Reddy</i>	476
• A Fast Ground Segmentation Method for 3D Point Cloud <i>Phuong Chu, Seungjae Cho, Sungdae Sim, Kiho Kwak, and Kyungeun Cho</i>	491
• An Improved Zone-Based Routing Protocol for Heterogeneous Wireless Sensor Networks <i>Liquan Zhao and Nan Chen</i>	500
• Development of a CUBRID-Based Distributed Parallel Query Processing System <i>Hyeong-Il Kim, HyeonSik Yang, Min Yoon, and Jae-Woo Chang</i>	518
• Improvement of OPW-TR Algorithm for Compressing GPS Trajectory Data <i>Qingbin Meng, Xiaoqiang Yu, Chunlong Yao, Xu Li, Peng Li, and Xin Zhao</i>	533
• Multicast Tree Construction with User-Experienced Quality for Multimedia Mobile Networks <i>Hoejung Jung and Namgi Kim</i>	546
• Cyberbullying and a Mobile Game App? An Initial Perspective on an Alternative Solution <i>Mannmeet Mahinderjit Singh, Ping Jie Ng, Kar Ming Yap, Mohd Heikal Husin, and Nurul Hashimah Ahamed Hassain Malim</i>	559
• Query with SUM Aggregate Function on Encrypted Floating-Point Numbers in Cloud <i>Taipeng Zhu, Xianxia Zou, and Jiahui Pan</i>	573
• Fire Detection Using Multi-Channel Information and Gray Level Co-occurrence Matrix Image Features <i>Jae-Hyun Jun, Min-Jun Kim, Yong-Suk Jang, and Sung-Ho Kim</i>	590
• Copyright Protection for Digital Image by Watermarking Technique <i>Suhad A. Ali, Majid Jabbar Jawad, and Mohammed Abdullah Naser</i>	599
• HESnW: History Encounters-Based Spray-and-Wait Routing Protocol for Delay Tolerant Networks <i>Shunyi Gan, Jipeng Zhou, and Kaimin Wei</i>	618
• Achievable Rate Analysis for Opportunistic Non-orthogonal Multiple Access-Based Cooperative Relaying Systems <i>In-Ho Lee and Howon Lee</i>	630

정보처리학회논문지 2017년도 5월호 게재 목차

■ 제6-CCS권 제5호(통권 제56호) 2017년 5월

▶ 컴퓨터 시스템 및 이론	
- ROS를 이용하여 상황인지 기반의 로봇 서비스를 실행시키기 위한 중계 시스템 / 이민호, 최중선, 최재영	211
▶ 병렬 및 분산 컴퓨팅	
- GPGPU 자원 활용 개선을 위한 블록 지연시간 기반 워프 스케줄링 기법 / Do Cong Thuan, 최 용, 김중면, 김철홍	219
▶ 통신 시스템	
- LoRaWAN의 저전력 통신을 위한 Beacon-Less 동작 및 유휴 Ping 슬롯 억제 기법 / 김경태, 유영환	231
▶ 유비쿼터스 및 모바일 컴퓨팅	
- 무선 센서 네트워크에서 격자 구조 기반 이동 싱크 그룹 지원 방안 / 임용빈, 이의신, 김상하	239
▶ 정보보호	
- 자격증명을 이용한 실시간 권한 상승 탐지 보안 모듈 / 심철준, 김원일, 김현정, 이창훈	247

■ 제6-SDE권 제5호(통권 제56호) 2017년 5월

▶ 소프트웨어 공학	
- (sLa-Camera-pLa)타입에서 Stop-Motion 방식의 최소 구동 시간 입증 / 김순호, 김치수	223
- 객체지향 관점의 결합도 & 응집도 재정의와 코드 가시화 시스템내 파서 플러그인화 구현 / 이진협, 박지훈, 변은영, 손현승, 서채연, 김영철	229
- 「프로그래밍 교육 과정」 연구에 대한 분석과 성취기준 부합도 평가 / 김지수, 김정아	235
▶ 데이터 공학	
- 테스트 스크립트 자동 생성을 위한 계층 구조 체크리스트 / 김대준, 정기현, 최경희	245
- 현실과 가상 세계에서 상호 신뢰도에 기반한 개인화 정보의 식별 방법 / 김명훈, 김상욱	257
▶ 인공지능	
- Sequence-to-Sequence Model을 이용한 영어 발음 기호 자동 변환 / 이공주, 최용석	267
▶ 웹 사이언스	
- 소셜 텍스트의 주요 정보 추출을 위한 로지스틱 회귀 앙상블 기법 / 김소현, 김한준	279

정보처리학회논문지 2017년도 6월호 게재 목차

■ 제6-CCS권 제6호(통권 제57호) 2017년 6월

- ▶ 컴퓨터 시스템 및 이론
- 메모리 버퍼 제어 관리 기능을 갖춘 향상된 실시간 영상회의 시스템 / 유우종, 김상형 255
 - 스마트 온디바이스의 고가용성을 위한 TCP 세션 복구 기술
/ 홍승태, 김범균, 이광용, 김정시, 임채덕 261
 - 다중 웨어러블 센서를 활용한 운전자 상태 인식 / 신의섭, 김명국, 이창욱, 강행봉 271
- ▶ 유비쿼터스 및 모바일 컴퓨팅
- 스마트시티를 위한 시맨틱 서비스 디스커버리 시스템 / 윤창호, 박종원, 정혜선, 이용우 281
 - 워크플로우 기반 스마트 빌딩 서비스 구현 / 이재희, 김두영, 송세현, 이상일, 박재현 289

■ 제6-SDE권 제6호(통권 제57호) 2017년 6월

- ▶ 소프트웨어 공학
- 전장공간의 효율적 임무수행을 위한 임무서비스 모델 및 개발도구 구현
/ 송세현, 변고훈, 이상일, 박재현 285
- ▶ 데이터 공학
- Yices와 모델 정보를 이용한 Simulink/Stateflow 모델의 테스트 케이스 생성 기법
/ 박한근, 정기현, 최경희 293
 - SVM을 이용한 건강검진정보 기반 진료과목 예측 / Minghao Piao, 변정용 303
 - 실시간 SNS 데이터를 위한 Storm 기반 동적 태그 클라우드
/ 손시운, 김다솔, 이수정, 김명선, 문양세 309
- ▶ 인공지능
- K-Means 클러스터링을 적용한 향상된 CS-RANSAC 알고리즘
/ 고승현, 윤의녕, Jumabek Alikhanov, 조근식 315
- ▶ 멀티미디어 처리
- 새로운 관심영역 추출 방법을 이용한 역광보정 / 성준모, 이성신, 이성욱 321



[학회 주최/ 주관 행사]

◆ 2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 개최

1. 일 시 : 2017년 6월 1일(목) ~ 2일(금)
2. 장 소 : 섬유센터 17층 컨퍼런스홀
3. 주 제 : 4차 산업혁명 - 소프트웨어가 세상을 바꾼다. -
4. 위원회 :
 - 대 회 장 : 정영식 회장(한국정보처리학회, 동국대 교수)
 - 수 석 부 회 장 : 남석우 대표(콤포텍시스템)
 - 공동조직위원장 : 박정원 원장(KETI), 백기승 원장(KISA), 서병조 원장(NIA), 윤종록 원장(NIPA), 이상훈 원장(ETRI), 한선화 원장(KISTI)
 - 프로그램위원장 : 유현창 교수(고려대)
 - 산학협력위원장 : 이태하 대표(대우정보시스템)
 - 공동홍보위원장 : 길준민 교수(대구가톨릭대), 문상호 국장(전자신문), 박종혁 교수(서울과학기술대), 신용태 교수(숭실대), 원유재 교수(충남대), 윤찬현 교수(KAIST), 한근희 교수(건국대)
 - 공동운영위원장 : 김동호 교수(숭실대), 김상훈 교수(한경대), 노병규 본부장(KISA), 문남미 교수(호서대), 박진호 교수(숭실대), 이규복 본부장(KETI), 이필우 본부장(KISTI), 황광일 교수(인천대)
5. 내 용 : 초청강연 4개, 트랙별 발표(7개 36개 세션), 리셉션

6. 참석자 : 324명(일반 261명, 학생 63명)
7. 초청강연 : 이규복 본부장(KETI), 송길영 부사장(다음소프트), 유창동 교수(KAIST), 이석중 대표이사(라온피플)
8. 트랙주제 : 빅데이터 딥러닝, AR/VR과 4차 산업, 클라우드와 컨테이너, 주요연구기관 세션, 언어지능과 머신러닝, 차세대 보안, 지능형 임베디드 시스템



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 초청강연 1
발표 모습 - 이규복 본부장(KETI)]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 초청강연 1
발표 모습 - 송길영 부사장(다음소프트)]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 개회식
개최 모습]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 개회식에서
송희경 국회의원(자유한국당)의 축하 모습]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 개회식에서
정영식 회장의 개회사 모습]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 개회식에서 한선화
원장(KISTI)의 환영사 모습]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 개회식에서
김병관 국회의원(더불어민주당)의 축하 모습]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 개회식에 참석한 내빈 모습]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 첫째날
트랙 세션 발표 모습]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 리셉션에서
공로상 시상 모습]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 첫째날
트랙 세션 발표 모습]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 초청강연 3
발표 모습 - 유창동 교수(KAIST)]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 리셉션에서
정진욱 전임회장의 인사말 모습]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 초청강연 4
발표 모습 - 이석중 대표이사(라온피플)]



[2017년도 IT 21 글로벌 컨퍼런스 둘째날
트랙 세션 발표 모습]

◆ 2017년도 제2차 단기강좌 개최

1. 일 시 : 2017년 6월 29일(목) 09:30
2. 장 소 : CNN the Biz 교육연수센터 301호
3. 참석자 : 33명(일반 : 15명, 학생 : 18명)
4. 내 용 : 자율주행 컴퓨팅의 진화와 혁명



[2017년도 제2차 단기강좌에서 김종찬
프로그램위원장(국민대학교 교수)의 인사말 모습]



[2017년도 제2차 단기강좌 개최 모습]

[공동 주최/주관 행사]

◆ 제247회 스마트 사회 지도자 포럼 개최

1. 일 시 : 2017년 5월 12일(금) 07:00
2. 장 소 : 밀레니엄힐튼호텔 3층 아트리움
3. 주 관 : 도산아카데미 공동 주관
4. 참석자 : 정영식 회장 외 38명
5. 강연자 : 저우위보 인민일보 인민망 한국지사 대표
6. 제 목 : 중국 IT 업계 주요 기업 경쟁력 분석
과 한국 기업의 중국 진출 전략



[제247회 스마트 사회 지도자 포럼 개최 모습]

◆ 제248회 스마트 사회 지도자 포럼 개최

1. 일 시 : 2017년 6월 2일(금) 07:00
2. 장 소 : 밀레니엄힐튼호텔 지하 1층 그랜드볼
룸 A
3. 주 관 : 도산아카데미 공동 주관
4. 참석자 : 정영식 회장 외 41명
5. 강연자 : 안효조 케이뱅크 사업총괄 본부장
6. 제 목 : 인터넷 전문 은행이 그리는 현재와 미래



[제248회 스마트 사회 지도자 포럼 개최 모습]

[기회 및 연구회]

- 컴퓨터소프트웨어연구회

◆ MUE 2017 / FutureTech 2017 개최

1. 일 시 : 2017년 5월 22일(월) ~ 24일(수)

2. 장 소 : 올림픽파크텔

3. 주 관 : 컴퓨터소프트웨어연구회(위원장:
박두순 교수)

4. 참석자 : 208명(논문발표 186명)

5. 전체일정 :

Day 1, May 22, 2017					
Time	Min	HALL A	HALL B	HALL C	HALL D
10:00-12:00	120	FutureTech - Organizing Committee Meeting			
13:00-15:00	120	MUE - Organizing Committee Meeting			
15:00-17:00	120	Local Arrangement Committee Meeting			

Day 2, May 23, 2017					
Time	Min	HALL A	HALL B	HALL C	HALL D
08:40-09:00	20	Registration			
09:00-10:30	90	Session A-1 FT Chair: Wei Song	Session B-1 SMSE Chair: Xuefeng Yan	Session C-1 MUE Chair: Yoo-Jin Moon	Session D-1 FT Chair: Jin Wang
10:30-10:40	10	Coffee Break			
10:40-12:10	90	Session A-2 FT Chair: Chen Li	Session B-2 SMSE Chair: Xuefeng Yan	Session C-2 MUE Chair: Jaehwa Chung	Session D-2 FT Chair: Jin Wang
12:10-13:10	60	Lunch			
13:10-14:40	90	Session A-3 FT Chair: Andy Sy Lai	Session B-3 UCC Chair: Naixue Xiong	Session C-3 MUE Chair: Byoungwook Kim	Session D-3 FT Chair: Jinho Park
14:40-14:50	10	Coffee Break			
14:50-15:40	50	Keynote I : Ubiquitous Collaborative Sensing - Dr. Weijia Jia Professor, Director of Cyber-Space Intelligent Computing Lab Shanghai Jiaotong University Chair : Kwang-il Hwang			
15:40-15:50	10	Coffee Break			
15:50-16:40	50	Keynote II : A Bacteria-Inspired Solution for 5G Mobile Communication - Dr. Han-Chieh Chao President, National Dong Hwa University, Taiwan Chair : Kwang-il Hwang			
16:40-16:50	10	Coffee Break			
16:50-17:50	60	Session A-4 FT Chair: Dongkyun Kim	Session B-4 FIDPS & ACITA Chair: Joon-Min Gil	Session C-4 MUE Chair: Kwang-Sik Chung	Session D-4 FT Chair: Kyeong-Seop Kim
18:00-20:00	120	Banquet			

Day 3, May 24, 2017					
Time	Min	HALL A	HALL B	HALL C	HALL D
08:40-09:00	20	Registration			
09:00-10:30	90	Session A-5 FT Chair: Jaehwa Chung	Session B-5 HRH Chair: Jun-Ho Huh	Session C-5 MUE Chair: Byoungwoo kKim	Session D-5 FT Chair: Daewon Lee
10:30-10:40	10	Coffee Break			
10:40-12:10	90	Session A-6 FT Chair: Daewon Lee	Session B-6 HRH Chair: Jun-Ho Huh	Session C-6 MUE Chair: Joon-Min Gil	Session D-6 FT Chair: Daehui Jeong

– 이브릿지연구회

◆ 2017년도 제4차 이브릿지편집위원회 회의 개최

1. 일 시 : 2017년 6월 8일(목) 11:00
2. 장 소 : 고려대학교 하나스퀘어 B111호
3. 참석자 : 안문석 위원장 등 8명
4. 내 용 : 신정부의 IT 정책 토론회 회



[2017년 제3차 이브릿지편집회의 모습]



[2017년도 고려대학교 정보보호대학원장
(임종인 교수)실 방문]

– 호남지회

◆ 2017년도 제2차 워크숍 개최

1. 일 시 : 2017년 6월 22일(목)
2. 장 소 : 호남대학교 8호관 8413 회의실
3. 주 관 : 호남지회(지회장: 방상원 교수)
4. 참석자 : 20명
5. 내 용 : 4차산업혁명과 지역산업 진흥 방안 모색

[학술사업 추진 활동]

– CUTE 2017

◆ CUTE 2017 제1차 준비위원회 개최

1. 일 시 : 2017년 5월 12일(금) 17:00
2. 장 소 : 학회 회의실
3. 참석자 : 이강만 조직위원장 외 15명
4. 내 용 : CUTE 2017 논문모집 독려 및 행사 준비 외



[2017년도 제3차 이브릿지편집회의
안문석 위원장 인사말 모습]

신규회원 명단

2017년 5월 1일 ~6월 30일

회원구분	회원번호	성명	직장명
종신회원	2017-21394-01	이현정	중앙대학교
갱신된 종신회원	2005-11780-01	서승현	이화여자대학교
정회원	2017-21395-02	송의성	부산교육대학교
	2017-21399-02	박수창	충북대학교
	2017-21400-02	최원석	LIG넥스원
	2017-21401-02	박병호	국방부
	2017-21402-02	김운기	삼성전자
	2017-21403-02	이혜리	세종대학교

회원구분	회원번호	성명	직장명
정회원	2017-21404-02	전상훈	합동군사대학교
	2017-21410-02	김완수	단국대학교
준회원	2017-21393-03	Tekachew Gobena Ejeta	고려대학교
	2017-21398-03	정성균	고려대학교
	2017-21406-03	김태욱	국민대학교
	2017-21407-03	최대호	국민대학교
	2017-21408-03	이건민	국민대학교
	2017-21409-03	신미경	국민대학교
	2017-21414-03	이충산	강원대학교

특별 법인회원 명단

구 분	대표자	주 소
(주)경봉	윤석원 대표	경기도 안양시 만안구 예술공원로 153-32
(주)베스트케이에스	김교은 대표	서울시 금천구 범안로 1130 가산디지털엠피아빌딩 501, 502호
(주)블루코어	이동화 대표	서울시 강남구 역삼동 682 남전빌딩 4층
삼성SDS(주)	정유성 대표	서울시 송파구 올림픽로35길 123(신천동) 삼성SDS타워
(주)영화조세통람	서동혁 대표	서울시 중구 동호로 14길 5-6 이나우스빌딩
(주)LG CNS	김영섭 대표	서울시 영등포구 여의대로 24, FK1타워
(주)자이네스	고범석 대표	서울시 구로구 디지털로33길 55 904호(E&C벤처드림타워 2차)
정보통신산업진흥원	윤종록 원장	충북 진천군 덕산면 정통로 10
정보통신정책연구원	김도환 원장	충북 진천군 덕산면 정통로 18
(주)지란지교시큐리티	윤두식 대표	서울시 강남구 역삼로 542(대치동 신사S&G 5층)
(주)G.I.G기업	이용기 대표	서울시 광진구 능동로40길8 정암빌딩 100호
KCC정보통신	이상현 대표	서울시 강서구 공항대로 665 KCC오토타워(염창동 260-4번지)
한국인터넷진흥원	백기승 원장	서울시 송파구 중대로 135 IT벤처타워 4층
한국정보화진흥원	서병조 원장	대구시 동구 첨단로 53
한국전자통신연구원	이상훈 원장	대전시 유성구 가정로 218



한국정보처리학회 기관지 원고 집필 안내



한국정보처리학회는 학회지 『정보처리학회지』와 논문지 『정보처리학회논문지A·B·C·D』를 발행하고 있습니다. 『정보처리학회지』는 새로운 기술동향을 비롯해서 각종 정보를 게재하고, 회원의 지식 향상을 목적으로 하며, 『정보처리학회논문지A·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, 제 1권, 제 1호, 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-소속-성명-목차-본문-참고문헌’의 순으로 기술하며, 첫장 하단에는 회원 구분을 명기한다.
 - (6) 표의 제목은 “<표1>대한민국” 과 같이 표의 상단에 기술하고, 그림의 제목은 “(그림1)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) 해설 : 정보처리에 관련된 신기술 또는 이론으로서 당 학회 회원의 관심도가 높은 내용
- (2) 외국기사 : 외국 잡지에 게재된 기사로서 당 학회 회원에게 유익한 내용
- (3) 서평 : 최근에 출판된 책으로서 당 학회 회원에게 유익한 도서의 소개 또는 비평
- (4) 뉴스 : 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) 기타 : 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) 제목
서평의 경우에는 저자명, 책이름, 페이지수, 출판사, 발행년도, 가격 등으로 기술한다.
어느 장르에 속하는지를 첫페이지 오른쪽 상단에 표시한다.
- (2) 필자명, 소속, 필자 연락처
- (3) 본문
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

140-750 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://acomsl.kisti.re.kr/kips/index.jsp?publisher_cd=kips&cid=&cid_year=2006&cid_seq=A&lang=kor)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 출간이 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/static/1999/1999pdf13.pdf>)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 원고의 내용에 동의한 세 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

투고 된 모든 원고는 다른 학술지에 이미 실렸거나 또는 심사 중이어서는 안 된다. 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 질 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 심사결과를 이메일로 통보 받게 되며 심사자의 의견이 교신저자의 이메일로 전달된다. 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 편지를 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), 편집인의 글(editorial), 편집인과의 서신(letters to the editor) 등을 출판한다.

- 1) 연구논문(research paper): 본 학술지가 다루는 범위 안에서 새로운 학술적 발견들을 상호 심사과정을 거쳐 연구논문으로 출판할 수 있다. 연구논문의 예는 이론이나 실험에 관한 새로운 결과들이 기술되어야 한다. 연구논문 중 일반논문(regular paper)과 단편논문(short paper)의 길이 제한은 각각 20쪽과 4쪽 이내이다.
- 2) 편집인의 글(editorial): 편집인의 글은 초빙에 의해서만 원고를 투고할 수 있으며, 본 학술지 편집위원회에서 결정하는 주제들을 다룬다.
- 3) 편집인과의 서신(letters to the editor): 본 학술지에 이미 출판된 학술 논문에 관한 간략한 평가나 흥미로운 새로운 아이디어를 편집인과의 서신으로 투고할 수 있다. 학술지 편집위원회에서는 투고된 서신을 편집할 수 있으며, 필요한 경우 해당 논문의 저자에게 회신을 요청할 수도 있다.

5.4 연구논문

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

1) 영문제목

제목은 공백을 포함해 길이가 40자를 초과하지 않도록 한다.

2) 영문요약과 키워드

요약은 무슨 연구를 어떻게 수행하였는지, 주된 연구결과와 그 중요성에 관해 간결하게 기술하여야 한다. 요약은 300단어를 초과해서는 안되며, 표나 참고문헌 번호를 포함하지 않은 하나의 문단으로 기술되어야 한다. 초록의 하단부에는 연구분야와 내용을 나타낼 수 있는 3 ~ 5단어 이내의 키워드를 기재하여야 한다.

3) 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.

4) 감사의 글

필요한 경우, 본문 뒤에 감사의 글을 포함시킬 수 있으며, 연구비 지원 또는 다른 지원에 대한 내용을 명시할 수 있다.

5) 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, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3th 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, 2010, pp. 8-12.

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)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 은행계좌

- 한국외환은행: 232-13-01249-5 (예금주: 한국정보처리학회)
- 우체국: 012559-01-000730 (예금주: 한국정보처리학회)

7. 본 투고 규정은 2012년 9월 1일부터 효력을 발생한다.



입회 안내

국가가 지향하는 첨단 정보처리 산업과 기술혁신의 시대에 부응하여 첫째, 정보처리 학술활동의 활성화, 둘째, 정보처리 기술의 산학연 협동의 내실화, 셋째, 정보처리 기술의 국제화와 표준화 등 회원봉사 활동에 역점을 두고 정보화사회를 선도하는 명실상부한 정보처리 분야의 정통학회인 사단법인 한국정보처리학회에서는 정보처리분야에 종사하고 계시는 여러분들의 많은 입회를 바라고 있습니다.

주요 목적 사업

1. 정보처리에 관한 각종 학술발표회 및 전시회 개최
2. 정보처리에 관한 지식 및 기술 보급에 관한 사업
3. 정보처리 기술의 상호 협조 및 정보 교환
4. 정보처리에 관한 표준화 사업
5. 국제적 학술 교류 및 기술 협력
6. 학회지 및 논문지 발간
7. 정보처리에 관한 문헌 발간
8. 기타 본 학회 목적 달성에 필요한 사업

(정관 제4조)

회원의 종류 및 자격

1. 특별회원 : 정보처리 분야 발전에 기여하고 본학회의 취지에 찬동하는 법인 및 단체.
2. 명예회원 : 학식과 덕망이 높고 본 학회의 발전에 크게 기여한 자.
3. 정 회원 : 정보처리 관련 분야를 전공하여 학사학위 이상을 취득한 자 또는 정보처리 관련분야에서 2년이상 근무한 자.
4. 준 회원 : 정보처리 관련학과 학생 또는 대학원생
5. 단체회원 : 도서관 또는 초·중·고 교육기관

(정관 제6조)

회원의 혜택

1. 정보처리학회지(논설, 기술보고, 해설, 전망, 강좌, 단편정보 등 게재) 발행. 무료배포
2. 정보처리학회논문지 및 특집호(학술연구논문, 심사완료 후 게재) 발행.
3. 춘추계 학술발표회와 각종 학술행사에 참가 및 논문발표
4. 전문분과연구회의 활동자격과 각종 학술행사에 참가 및 논문발표
5. 국제 학술회의 활동 및 외국 학회에 참가 및 추천
6. 정보처리 및 기술발전에 업적이 있는 회원에게는 각종 학회상 수여

회비

1. 특별회원 회비는 이사회의 결정에 따르면 종신회원·정회원·준회원·단체회원 회비는 다음과 같다.

구분	종신회원	정회원	준회원	단체회원
연회비	600,000원	60,000원	40,000원	300,000원

※ 논문 구독료 각권 별도 2만원 (필요시 구독)

2. 회원가입은 학회 홈페이지를 통하여 회원정보를 입력하신후 회비를 신용카드 결제 및 아래의 은행으로 입금하여 주시기 바랍니다.
 한국외환은행 계좌번호 : 232-13-01249-5 예금주 : (사단)한국정보처리학회
 우체국 계좌번호 : 012559-01-000730 예금주 : 한국정보처리학회

문의처 : 140-750 서울특별시 용산구 한강대로 109, 1002호(한강로 2가 웅성비즈텔)

사단법인 한국정보처리학회 사무국 귀하

전화 : (02) 2077-1414(대) 팩스 : (02) 2077-1472

홈페이지 : www.kips.or.kr

e-mail : ysyun@kips.or.kr



연구회 안내



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 - Bridge 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 : hoonsung@etri.re.kr
IT 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
IT 정 책 연 구 회 위원장 : 오길록 교수 (숭실대학교) 전 화 : e-mail : gilrokoh@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
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	전 자 정 부 연 구 회 위원장 : 이재두 수석 (NIA) 전 화 : 02)2131-0370 e-mail : leejaedu@gmail.com
소 프 트 웨 어 공 학 연 구 회 위원장 : 박용범 교수 (단국대학교) 전 화 : 031)8005-3220 e-mail : ybpark@dankook.ac.kr	정 보 통 신 용 용 연 구 회 위원장 : 오진태 부장 (ETRI) 전 화 : 042)860-4977 e-mail : showme@etri.re.kr
스 토 리 지 시 스템 연 구 회 위원장 : 신범주 교수 (부산대학교) 전 화 : 055)350-5417 e-mail : bjshin@pusan.ac.kr	지 식 및 데 이 터 공 학 연 구 회 위원장 : 진병문 박사 (ETRI) 전 화 : 042)860-6544 e-mail : bwjin@etri.re.kr
에 너 지 그 리 드 정 보 처 리 연 구 회 위원장 : 이봉재 센터장 (전력연구원) 전 화 : 042)865-5700 e-mail : leeboja@kepco.kco.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



한국정보처리학회 신용카드 결제신청서



◆ 납입방법 : 신용카드

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

학 회 회 비	종신회원 ₩600,000() 정회원 ₩60,000()
	준 회 원 ₩40,000() 기 타 (₩)
행 사 등 록 비	(₩)
논 문 구 독 료 (각 권당 2만원)	☐ 소프트웨어 및 데이터 공학(KTSDE) ☐ 컴퓨터 및 통신 시스템(KTCCS) (₩)
논 문 게 재 료	()권 ()호 (₩)
기 타	(₩)

◆ 신용카드 사용내역서

카 드 명	☐ 신한카드 ☐ 국민카드 ☐ 비씨카드		결 재	일시불()	※ 타카드 사용 불가
카드번호	□□□□ □□□□ □□□□ □□□□				
지불금액	원	카드유효기간	년 월	전 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

140-750 서울특별시 용산구 한강대로 109, 1002호(한강로 2가 용성비즈텔)

학 회 사 무 국

선임국장	송영민 (내선 5)	min@kips.or.kr	업무총괄 / 제회 / CUTE 행사 / SQMS 행사
국 장	김은순 (내선 2)	uskim@kips.or.kr	학회지 / 춘계학술대회 / 단기강좌 / 연구과제
과 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 및뉴스레터

- 사무국주소 : (04376) 서울특별시 용산구 한강대로 109, 1002호(한강로2가 융성비즈텔)
• 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 24 권 제 4 호

등록일자 : 1994년 3월 31일
서기 2017년 7월 25일 인쇄
서기 2017년 7월 31일 발행

발행인 : 정영식

편 집 인 : 김 종 완

발행처 :  사단법인 한국정보처리학회
KIPS Korea Information Processing Society

(140-750) 서울특별시 용산구 한강대로 109, 1002호(한강로 2가 용성비즈텔)
전 화 : (02)2077-1414(대) 팩 스 : (02)2077-1472
홈페이지 : www.kips.or.kr 이메일 : kips@kips.or.kr

THE KIPS FALL CONFERENCE 2017

<https://www.manuscriptlink.com/society/kips/conference/kips2017fall>

THE KIPS FALL CONFERENCE 2017

2017

추계학술 발표대회

일시 2017. 11. 3(금) ~ 4(토)

장소 서울과학기술대학교

논문모집개요

- 논문모집내용** • 정보처리 분야의 학술 논문
• 개발 상공 사례 및 개발 완료 또는 개발 중인 연구 과제
- 논문발표분야** 소프트웨어공학, 데이터베이스, 인공지능, 멀티미디어처리, 웹사이언스, 인간컴퓨터상호작용, 사물인터넷, 컴퓨터시스템 및 이론, 병렬 및 분산컴퓨팅, 통신시스템, 모바일컴퓨팅, 정보보호, 컴퓨터교육, 인터넷응용, 정보시스템 등
- 논문작성방법** 행사 홈페이지의 논문양식을 다운받아 **A4 2p-4p** (샘플침조)로 작성
- 논문제출방법** 홈페이지 킷 메뉴 추계학술발표대회에서 로그인 후 제출(학술대회 논문 제출자는 학회 회원 가입 또는 기존 회원 인증) 이후 회비 납부 유무와 관계없이 언제나 논문 제출이 가능합니다.
다만, 추후 학술대회 사전등록시 반드시 학회 회비 및 참가비를 함께 납부해주셔야 합니다.
모든 안내는 **제출시 입력하신 이메일, 연락처** 등으로 공지가 되오니, **정보를 정확히 입력**하여 주시기 바랍니다.

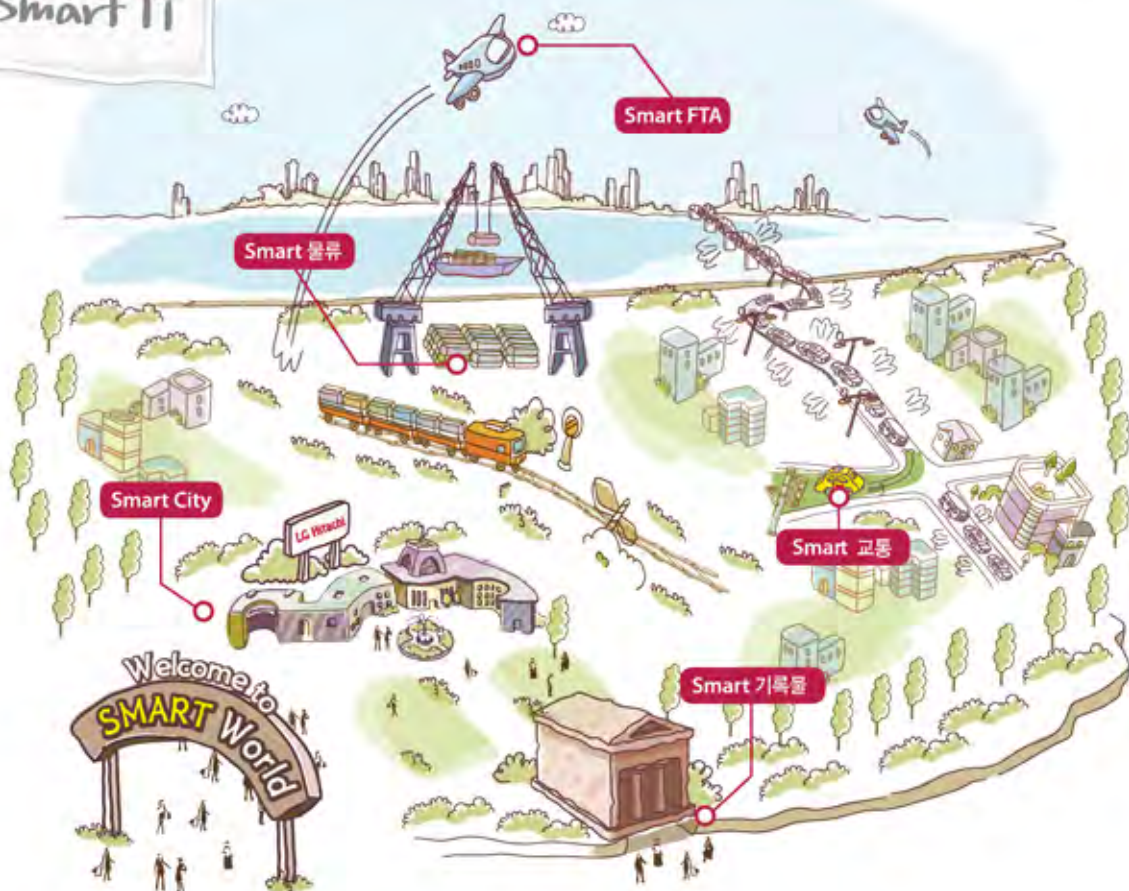
행사주요일정

- | | |
|---------|-------------------------------|
| 논문제출마감 | 2017년 9월 18일(월) 자정까지 (온라인 제출) |
| 심사결과공지 | 2017년 10월 2일(월) 홈페이지 공고 |
| 최종논문제출 | 2017년 10월 12일(목) 자정까지 |
| 발표자사전등록 | 2017년 10월 12일(목) 자정까지 |

시상 및 참고사항

- 채택 논문 중 최우수논문 및 우수논문을 선정하여 총회에서 시상(최우수논문과 우수논문은 학회 영문지(SCOPUS, 등재지)와 국문지(등재지)에 추천 예정)
- 학부생들의 참신한 아이디어를 발굴하고 발표 능력을 향상시키기 위한 목적으로 **학부생 논문은 별도로 심사**
- 채택된 논문은 웹 상의 공개에 동의한 것으로 간주하며, 논문의 저작권 및 소유권은 게재가 승인된 날부터 한국정보처리학회에 있습니다.
- 투고된 논문은 학술위원회의 심사를 거쳐 구두 발표, 포스터 발표, 게재불가의 평가를 받습니다. 아울러 효율적인 운영을 위해 학술위원회에서는 논문의 질과 상관없이 발표유형 및 분야를 조정 할 수도 있습니다.

즐기세요
Smart IT



LG히다찌가
Smart 세상을 만들어 갑니다