ISSN 1016-9288

제42권 12호

2015년 12월호

전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.42. no.12

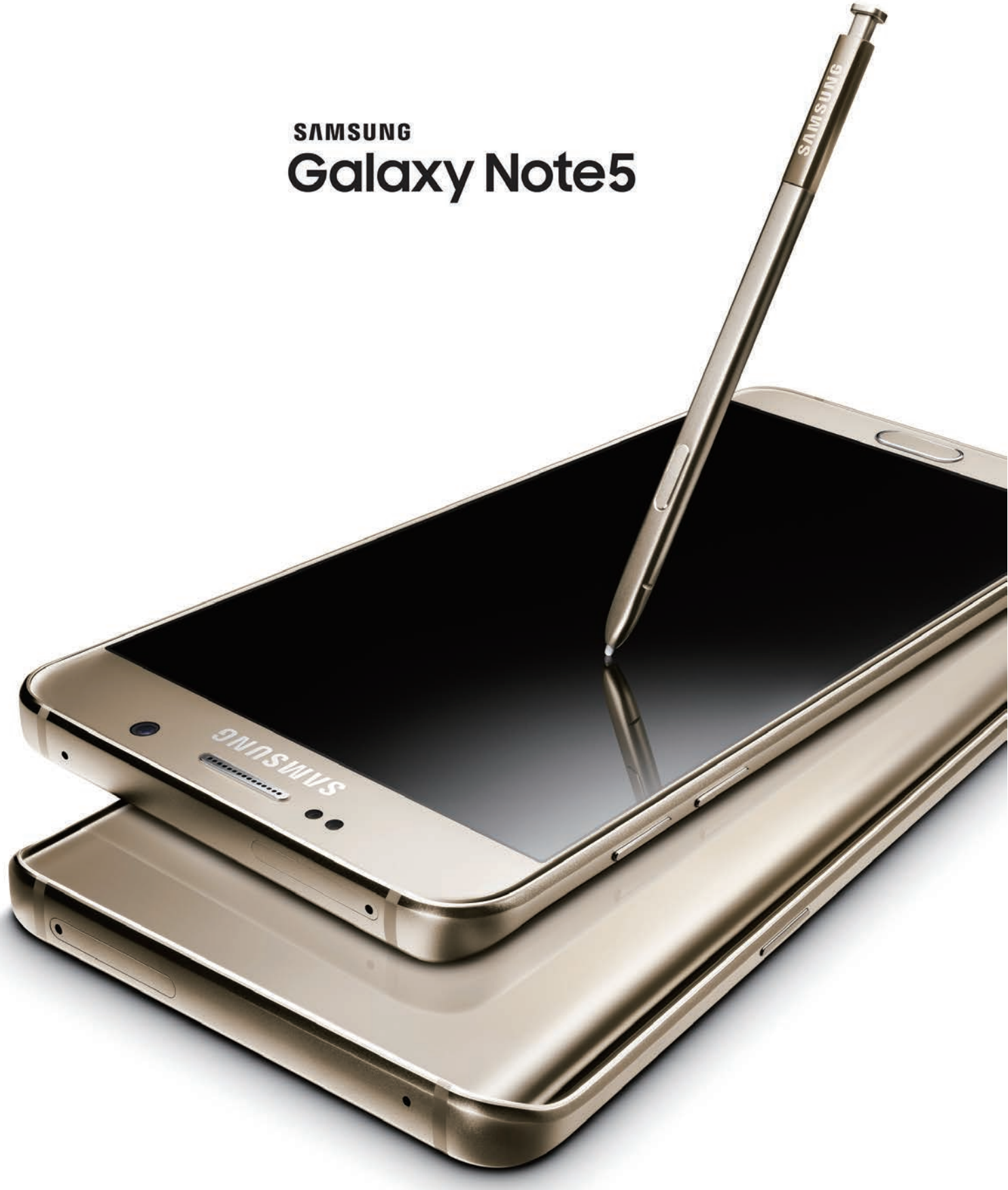
휴머노이드 로봇

- 국내의 휴머노이드 로봇
- 음악 연주 휴머노이드 로봇
- 휴머노이드 로봇을 위한 다양한 환경에서의 걸음새 생성 기술 연구
- 슬프게 걸어가는 휴머노이드 로봇
- 매니퓰레이터 로봇의 역운동기하학 해석 및 시뮬레이션

대한전자공학회
IEIE The Institute of Electronics and Information Engineers
www.theieie.org

SAMSUNG

Galaxy Note5



NEXT IS NOW

연구원창업의 **중심**, 성공창업의 **메카**

우리는 당신의 열정에 투자합니다.

1. 연구원특화BI 소개

- 연구원 창업지원사업을 활성화하고 창업 초기기업을 보육 · 지원
  - 연구원특화 창업지원센터 개소(2012.04.17)
  - 창업보육센터 사업자 지정(중소기업청, 2011.12.30)

2. 입주대상

- 창업진흥원 창업맞춤형사업화 지원사업(연구원프로그램) 선정자

  ※ 자세한 사항은 창업진흥원 홈페이지 참조 (www.startup.go.kr)

3. 입주혜택

- 자금지원
  - 기술개발 및 시제품 제작에 필요한 자금 지원
- 보육지원
  - 대전 융합기술연구생산센터 내에 위치한 연구원특화 창업지원센터에 1년 간 무상입주 지원
  - 15개 창업공간(3인실 10개, 5인실 5개) 회의실, 행정실 등 공용시설 및 편의시설 무료제공

    ※ 보육실면적: 3인실 약5평(16.5㎡), 5인실 약8평(24.4㎡)
- 서비스지원
  - 전문경영지도 서비스(경영애로 문제해결)
  - 자금, R&D, 마케팅 등 지원연계
  - 맞춤형 창업교육 지원

4. 문의

- 창업맞춤형사업 문의 042-480-4343~5
- 연구원특화BI입주 문의 042-389-0043~4

중소기업청 Small & Medium Business Administration

창업진흥원 Korea Institute of Startup & Entrepreneurship Development

The Institute of Electronics and Information Engineers

대한전자공학회

2015 학회상 수상자

우리 학회는 1968년부터 매년 전자 · 정보 · 통신 분야에 탁월한 업적을 이루어 전자공학 학문과 기술의 발전에 공헌한 회원들에게 학회상을 시상하고 있으며, 금년에는 11월 28일(토) 오크밸리 골프빌리지센터 그랜드볼룸에서 시상식이 개최되었다.

[기술혁신상 시상]

[감사패 시상]

[논문상 수상자 단체]

[공로상 수상자 단체]

대한전자공학 기술혁신상

공 준 진 마스터 (삼성전자)

| 주요 양력 및 이력 |

- 1982~1986 한양대학교전자공학과공학사
- 1986~1988 한양 대학교 전자공학과공학석사
- 2000~2005 미네소타대학교 전기컴퓨터공학과 공학박사
- 1989~2008 삼성전자종합기술원/기술총괄/중앙연구소
- 2009~현재 삼성전자 메모리사업부 Master
- 2014 은탑산업훈장수훈(발명의 날)

| 주요업적 |

공준진 마스터는 메모리 신호처리 기술 분야를 개척하여 플래시 메모리 기반 정보 저장장치의 한계 극복 및 성능과 신뢰성을 획기적으로 향상 시키는 데 기여하였으며, 학계에서 이 분야를 연구할 수 있는 발판을 마련하였다.

메모리 신호처리 분야에서 독자적으로 개발한 혁신 기술들은 국내/외 180여건의 특허로 등록되어 해외 경쟁사와의 기술 격차를 확대하였고, 우리나라의 플래시 메모리 기반 저장장치가 성능과 신뢰성 측면에서 강한 경쟁력을 갖춘 제품으로 세계시장 점유율 1위를 유지하는 데 크게 기여하였다.

플래시 메모리는 미세화와 멀티레벨 셀 기술의 혁신을 거듭하면서 고 집적화를 달성해 왔으나, 셀 집적도가 고도화 되면서 등장한 여러 가지 기술적 난제들로 기술의 한계를 맞이하게 되었다 이러한 플래시 메모리의 미세화/멀티레벨 셀 기술의 한계는 메모리 공정/설계 기술과 함께 메모리 신호처리 기술 혁신을 통하여 극복할 수 있었으며, 플래시 메모리를 기반으로 한 정보저장 장치의 고 용량화 및 대중화의 추세를 이어 나갈수 있게하였다.

대한전자공학회 논문상

| 통신분야 |

황 인 태 교수 (전남대학교)

| 주요 양력 및 이력 |

- 1990.02 전남대학교 전자공학과 학사
- 1992.08 연세대학교 전자공학과 석사
- 1999.09~2004.02 연세대학교 전기전자공학과 박사
- 1992.08~2006.02 LG전자 책임 연구원
- 2006.03~현재 전남대학교 전자검퓨터공학부 교수

| 주요업적 |

전남대학교 황인태 교수는 최근 5년 동안 전자 · 정보 · 통신 분야에 13편의 우수한 해외 저명 논문지에 발표하였을 뿐만 아니라 31개의 국내 '외 특허를 출원 및 등록 하였습니다. 또한, 이동통신 관련한 16편의 우수한 논문을 대한전자공학회 TC 논문지에 게재하여 특히 차세대 이동통신 분야에 탁월한 업적을 이루고 전자공학의 발전에 크게 공헌하였다.

| 반도체분야 |

한 태 희 교수 (성균관대학교)

| 주요 양력 및 이력 |

- 1988~1992 KAIST 전기및전자공학과 공학사
- 1992~1994 KAIST 전기및전자공학과 공학석사
- 1994~1999 KAIST 전기및전자공학과 공학박사
- 1999~2006 삼성전자 통신연구소 책임연구원
- 2006~2008 효택산업기술대학교 전자공학과 조교수
- 2011~2013 지식경제부산하 한국산업기술평가관리원 시스템반도체 Program Director
- 2008~ 성균관대학교 반도체시스탱공학과 부교수

| 주요업적 |

한태희 교수는 시스템-온-집 설계 및 저전력 기술 네트원크-온-집 설계방법론 분야 연구를 통해 최근 5년간 50여편의 국제/국내 논문을 발표하는 등 차세대 시스템 반도체 설계분야 국내 기술력 제고에 공헌하였다. 또한, 삼성전자 재직 시 3세대(3G) 이동통신용 단말 모뎀집, 위성/지상파 DMB, 와이브로 단말집 개발에 핵심인력으로 잠여해 국산 상용화 및 지적재산권 확보에 크게 기여한 바 있다. 이러한 업적을 인정받아 2003년 삼성전자 정보통신총괄 통신인상, 2005년 정보통신부장관상, 2013년 산업통상자원부 장관상을 수상하였다 또한 2011~2013년 지식경제부 산하 한국산업기술평가관리원 시스템반도체PD로 재직하면서 시스템반도체 정책 자문, 국책과제 기획을 통해 국내 반도체 산업 경쟁력 강화에 일익을 담당하였다.

대한전자공학회 논문상

I 컴퓨터분야 I

강 문 식 교수 (강릉원주대학교)

I 주요 양력 및 이력 I

- 1981~1985 연세대학교 공과대학 전자공학과 공학사
- 1986~1988 연세대학교 대학원 공학석사
- 1989~1993 연세대학교 대학원 공학박사(Ph.D)
- 1984~1986 삼성전자 종합연구소(연구원)
- 1996~1997 박사후과정(Post Doc), University 01 Pennsylvania(USA)
- 2004~2005 Research Associate, Illinois Institute 01 Technology(USA)
- 2007~2008 정보통신국가표준전문위원, 국방기술품질원 기술자문위원
- 2008~2012 국방과학연구소 민군겸용기술사업 총괄분과위원
- 2011~현재 대한전자공학회 이사
- 2014~현재 한국검퓨터정보학회 이사
- 2015~현재 대한전자공학회 검퓨터소사이어티 부회장
- 1993~현재 강릉원주대학교 전자공학과 교수

I 주요업적 I

강문식 교수는 무선 네트워크(Wireless Network)에서의 실시간 트래픽에 대한 근본적 분석을 통해 다양한 이동 네트워크 환경에 적응하는 고성능 QoS 멀티미디어 트래픽 전송기법을 제안하여, 다수의 연구자들에게 연구방향과 통찰력을 제시하였으며, 또한 차세대 무선 네트워크를 위해 이동체의 위치 정보뿐만 아니라 각종 센서 데이터를 클라우드 서비스로 처리히는 기법 및 다양한 센서로부터 발생하는 데이터를 통합적으로 제어할 수 있는 진단 및 통합관리 시스템에 대한 핵심적인 연구를 통해 M2M 기술을 접목한 차세대 무선 센서 네트워크(WSN)의 성능 개선과 구현에 크게 공헌하였다.

I 신호처리분야 I

김 동 식 교수 (한국외국어대학교)

I 주요 양력 및 이력 I

- 1982~1986 서울대학교 제어계측공학과 공학사
- 1986~1988 서울대학교 제어계측공학과 공학석사
- 1990~1994 서울대학교 제어계측공학과 공학박사
- 1996~1999 미국 Purdue 대학교 ECE, 박사후과정 및 조교수
- 2000~현재 한국외국어대학교 전자공학과 교수

I 주요업적 I

김동식 교수는 정보이론 분야에서 양자화 기법의 성능 분석 및 개발을 하였으며, sampleadaptive product vector quantizer를 개발하여 정보이론 및 신호처리 분야에 다수의 논문을 발표하였다. 또한 양자화 기법의 응용분야로 데이터 압축된 영상의 후처리를 위한 POCS 기법에서 narrow quantizer constraint set을 도입하는 일고리듬을 제요r하였다. Medical imaging 분야에서도 방사선 영상 디텍터의 전처리 알고리듬 개발 및 디텍터의 성능 평가를 위한 신호처리 일고리듬을 연구 개발하여 medical physics 분야에 논문을 발표하여 효율적이며 정확하게 디텍터의 성능을 평가하는 연구에 공헌을 하였다.

대한전자공학회 논문상

I 시스템 및 제어분야 I

이 경 중 교수 (연세대학교)

I 주요 양력 및 이력 I

- 1977~1981 연세대학교 전기공학과 공학사
- 1981~1983 연세대학교 전기학과 공학석사(의공학)
- 1983~1988 연세대학교 전기공학과 공학박시{의공학)
- 2003~현재 대한전자공학회 시스탱 및 제어소사이어 티 이사
- 2000~현재 대한의용생체공학회 총무/정보/편집이사
- 2005~2009 연세대학교 원주캠퍼스 산학협력단장
- 2012~2014 연세대학교 원주캠퍼스 교무처장
- 1989~현재 연세대학교 보건과학대학 의공학부 교수

I 주요업적 I

이경중 교수는 비접촉적인 방법으로 생체신호를 측정하는 기술을 개발하여 유헬스케어시스템에 활용할 수 있는 기반을 마련하였다. 특히 공기(에어쿠션) 도플러레이더 기속도센서 압력센서 등을 이용하여 측정된 생체신호를 선형 및 비선형 신호처리 기법을 이용하여 분석 및 진단하는 기반기술을 개발함으로 이 분야 기술수준을 한 단계 높이는데 기여하였다. 또한 당뇨병진단 및 모니터링에 필수적인 혈당센서로부터 신호측정 시 헤마토크릿의 간섭현상을 최소화할 할 수 있는 기법을 개발함으로 연구결과가 291 회 다운로드되는 등 관련 연구 및 기술개발에 크게 공헌하였다.

I 산업전자분야 I

동 성 수 교수 (용인송담대학교)

I 주요 양력 및 이력 I

- 1986~ 1989 인하대학교 전기공학과 공학사
- 1990~1991 인하대학교 전기공학과 공학석사
- 2002~2009 인하대학교 전기공학과 공학박사
- 1992~1994 나우정밀 중앙연구소 전임연구원
- 1995~2000 삼성전자 네트워크사업부 선임연구원
- 2001~ 용인송담대학교교수

I 주요업적 I

동성수 교수는 임펄스 잡음 제거용 필터에 대한 근본적 분석을 통해 잡음 예측 및 항상된 필터의 적용 가능한 방안을 제안하여 관련 논문이 다른 연구자에게 연구방항과 통잘력을 주었으며, 또한 연구와 관련된 내용뿐만 아니라 무선통신 제품의 하드웨어 구현과 성능 개선을 통해 산업전자발전에 공헌하였다.

대한전자공학회 감사패

상별	성명	직위	소속	비고
감사패	박동일	센터장	현대자동차	자동차전자기술 워크샵 지원
감사패	박장석	분원장	한국산업기술평가관리원	하계 산기명과제 워크샵 지원
감사패	이승훈	교수	서강대학교	아날로그 파워IC 워크샵 지원

대한전자공학회 공로상

상별	성명	직위	소속	비고
공로상	강진구	교수	인하대학교	I SOCC 지C원
공로상	권종원	선임연구원	한국산업기술시험원	정보 및 제어 심포지움 학술위원장
공로상	김성호	책임연구원	한국산업기술평가관리원	하계 산기평과제 워크샵 지원
공로상	김은원	교수	대림대학교	학술세미나 및 경진대회 지원
공로상	김태욱	교수	연세대학교	ITC-CSCC 2015 General Secretary
공로상	유명식	교수	숭실대학교	IoE+5G 기술워크샵 운영위원장
공로상	송태훈	사장	휴인스	워크샵 & 세미나 후원
공로상	안길초	교수	서강대학교	아날로그 및 회로 기술 워크샵 지원
공로상	양우석	부장	한국전자통신연구원	학회빌전에 기여
공로상	이강현	교수	조선대학교	각종 학술대회 지원
공로상	이민영	본부장	한국반도체산업협회	학회발전에 기여
공로상	이병선	교수	김포대학교	산학협력 개발 및 운영
공로상	이상법	실장	전자부품연구원	학회발전에 기여
공로상	이영렬	교수	세종대학교	전임 신호처리소사이어티 회장
공로상	이영희	이사	현대자동차	자동차전자기술 워크샵 지원
공로상	이희덕	교수	충남대학교	반도체 미래소자 워크샵 신규 개설
공로상	임병민	회장	Agerigna co.,Ltd	ICGHIT 행사 지원
공로상	진 훈	교수	경기대학교	ICGHIT 2015 TPC Chair
공로상	차형우	교수	청주대학교	SoC 하계워크샵 지원
공로상	최영완	교수	중앙대학교	학회발전에 기여
공로상	한완옥	교수	여주대학교	학술세미나 및 경진대회 지원

The Institute of Electronics and Information Engineers

대한전자공학회
2015 해동상

김 정 식 이사장
(해동과학문화재단)

해동상은 1965년 대덕전자㈜를 설립하여 48년간 PCB사업에 전념하여 오신 창업주 김정식 회장님께서 우리나라 전자공학 분야의 학문 및 기술발전을 위하여 크게 업적을 쌓은 분들의 노고를 치하하기 위해 제정한 상이다.

해동상은 1991년 설립된 해동과학문화재단에서 〈대한전자공학회 해동상〉을 제정한 이래 현재까지 총 25회에 걸쳐 시행하여 왔고, 2005년부터는 시상영역을 확대하여 한국마이크로전자 및 패키징학회, 한국통신학회, 한국공학한림원을 포함해 4개 학회를 대상으로 총 266명에게 해동상을 수여해 오고 있다.

〈대한전자공학회 해동상〉은 해동상 설립 초기부터 시상하여 현재 학술상, 기술상, 젊은공학인상 3개 부문으로 구분하여 전자 · 정보통신 분야의 학문 및 기술적 업적이 탁월한 분들에게 시상하고 있다.

대한전자공학회 포상위원회에서는 제25회 해동상 수상자 선정을 위해 각 대학, 연구소 및 기업체 등에 후보자 추천을 의뢰하고 전자신문에 2회에 걸쳐 후보자 공모 광고를 게재하는 등 다방면으로 추천서를 접수하여, 심사를 통해 학회 이사회와 해동과학문화재단의 승인을 받아 확정하였다.

앞으로도 우리 학회는 해동과학문화재단의 후원으로 지속적으로 해동상을 시상하여 수상자들의 노고를 치하드림은 물론, 동종 업종의 산학연 종사자들에게 자긍심을 높이고 연구개발 의욕을 고취시켜 나갈 예정이다.

해동학술상

서 승 우 교수 (서울대학교)

| 주요 양력 및 이력 |

- 1983년~1987년 서울대학교 전기공학 학사
- 1987년~1989년 서울대학교 전기공학 석사
- 1991년~1993년 펜실베니아주립대학교 전기공학 박사
- 1996년~현재 서울대학교 공과대학 전기정보공학부 조교수/부교수/교수
- 2015년~현재 IEEE Transactions on Intelligent Vehicles Steering Committee
- 2013년~현재 서울대학교 LG전자 스마트카공동연구센터 운영책임교수
- 2010년~현재 서울대학교 만도이노베이션랩 운영책임교수
- 2009년~현재 서울대학교 지능형자동차IT연구센터 (ERC) 센터장
- 2009년~현재 대검찰청 디지털수사 자문위원회 자문위원
- 2006년~현재 대한전자공학회 상임이사/협동부회장
- 2001년~현재 한국고등교육재단 지도교수
- 2001년~현재 국토교통부 항공관제국 및 인천공항 자문위원
- 2015년 IEEE Intelligent Vehicles Symposium General Co-chair
- 2013년~2014년 미국 스탠포드 대학교 CARS 방문교수 (연구년)
- 2010년~2012년 무인태양광자동차경주대회 운영위원장
- 2010년~2012년 대한전자공학회 자동차전자연구회 위원장
- 2009년~2010년 한국정보보호진흥원 지식정보보안 아카데미 운영위원
- 2009년~2010년 서울대학교병원 의료정보센터 자문교수

| 주요업적 |

서승우 교수는 2000년도 초반 IT 및 전자기술의 불모지였던 자동차 분야에서 연구를 시작한 이후로 지금까지 약 15년간 관련 핵심 기술 개발에 매진해 오고 있다. 특히, 2009년 한국연구재단 선도연구센터인 지능형자동차IT연구센터 설립을 계기로 다양한 차량 플랫폼 및 센서 구성에 기반한 인지, 판단 및 측위 기술 등 무인자율주행을 위한 요소 기술 개발에 전념해 오고 있다. 2012년에는 세계 최초인 '무인 태양광 자동차 경주대회'를 주최하고, 또 직접 참가하여 그간 축적된 연구 결과들을 기반으로 우수상을 수상하였다. 지난 2013년에는 전남 영암 KIC에서 열린 산업자원부(당시 지식경제부) 주최 '2013 무인 자율주행 자동차 경진대회'에 첫 출전하여 최우수상을 수상하였다. 최근에는 복잡한 도심상황에서 차량자율주행을 실현시키기 위해 전념하고 있으며, 지난 11월 서울대학교 캠퍼스 내에서 국내 최초로 도로통제 없이 진행된 일반인 대상 자율주행차량 시승 행사를 가지며 그간의 연구 성과물들을 공개하였다.

이 행사에서 공개된 무인차량 호출 서비스인 스누버(SNUber)는 미래 무인차 기술의 실질적 활용 방안을 제시했다는 측면에서 언론의 큰 관심을 받았다. 서승우 교수는 2015년 6월 서울에서 개최된 IEEE 지능형 자동차 심포지엄의 공동 조직위원장을 맡는 등 국내 학계의 국제적 위상을 높이는데 일조해 오고 있으며, 연구 결과물들을 상용화 시키기 위해 노력하는 등 산업계 발전에도 크게 기여하고 있다.

해동기술상

김 창 용 연구소장 (삼성전자 DMC)

| 주요 양력 및 이력 |

- 2011년~현재 삼성전자 DMC 연구소장
- 2013년~현재 대한전자공학회 산업체 부회장
- 2013년~현재 3D융합산업협회 회장
- 2014년~현재 한국정보통신기술협회 이사
- 2014년~현재 삼성전자 CTO위원회 운영위원장
- 2015년~현재 산업자원부 R&D 전략기획단 비상근위원
- 2011년~현재 IS&T한국지부 부회장, Honorary 멤버
- 2009년~현재 글로벌 3D Technology 포럼 회장
- 2004년 서울대학교 자연과학대 과학정책최고과정 수료
- 1998년 한국과학기술원대학원 제어공학 (공학박사)
- 1987년~2011년 삼성종합기술원 상무, 전무, 부사장
- 1987년 한국과학기술원대학원 기계공학과 (공학석사)

| 주요업적 |

김창용 DMC 연구소장은 차세대 융복합 미디어 기술을 이끄는 리더로서, UHD방송을 위한 색좌표 및 영상 포맷 기술을 ITU-R 방송 표준 규격으로 채택시키고 현존 최고 압축기술인 HEVC(High Efficiency Video Coding)의 국제 표준화 1위와 세계 최초 제품 상용화를 이끌어 냈다. 뿐만 아니라 차세대 미디어 전송기술 MPEG MMT(MPEG Media Transport) 기술 확보 및 표준 1위 달성(기술지분 27%), 차세대 방송기술(ATSC 3.0) 표준 1위 달성(기술지분 30%) 등 국제 표준 기술의 선확보를 통해 신사업 기회 선점 및 국가의 기술 위상을 높이는데 공헌하였다. 이러한 기술 리더십을 바탕으로 '14년 10월 국가차원에서 개최된 ITU전권회의에서 5G 신기술, 스마트홈/교육 등 미래 ICT 혁신기술 전시를 통해, 한국 미래기술 비전을 제시하고 국가 ICT 위상을 제고하는 공로를 인정받아 대한민국 과학기술분야 포장을 수상하였다.

또한, 국내 3D 산업 활성화 및 전 산업체의 역량을 세계 최고 수준으로 육성하는 구심점 구축을 위해 2011년 3D 융합산업협회 신설을 주도하고, 기술기획 위원장을거쳐 현재 협회장을 맡고 있다. 이와 함께 기술표준원 3D 표준 코디네이션 위원회위원장, 3D 표준 & IP 포럼 의장 등 국내 산/학/연을 연결하고 산업의 기술적 방향을 제시하는 중추적 역할을 맡아 국내 3D 산업의 세계 일류화에 크게 기여하였다.

나아가 국책 사업 기획에도 주도적으로 참여하여 교육과학부 주관 '실감표현 및 체감 인터랙션 기술' 국책 과제 등 미래 IT를 선도할 수 있는 국가 기술 역량 강화와 자원 육성에도 기여하였다.

김창용 DMC 연구소장은 국가 산업 경쟁력 견인뿐 아니라, IS&T, IEEE 등 영상처리 분야 우수 학회에서 수많은 논문 발표를 통해 해외 학계에서도 한국의 기술적 위상을 드높였다. 약 100여편의 논문 발표 및 게재를 통해 '아날로그에서 디지털로의 전환', '2D에서 3D로의 전환' 등 패러다임 변화에 따른 기술의 발전 방향을 제시해 왔고, 이러한 기술 선도자로서의 역량을 인정 받아 '11년 IS&T의 Honorary 멤버로 선임되는 등 글로벌 기술 리더로서의 역할을 충실히 수행하고 있다.

해동젊은공학인상

서 창 호 조교수 (한국과학기술원)

| 주요 양력 및 이력 |

- 1996년~2000년 한국과학기술원 전기 및 전자공학 (학사)
- 2000년~2002년 한국과학기술원 전기 및 전자공학 (석사)
- 2006년~2011년 University of California at Berkeley EECS (박사)
- 2011년~2012년 MIT EECS (박사후연구)
- 2012년~현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학부 조교수
- 2008년~2008년 Intel summer intern
- 2002년~2006년 삼성전자 책임

| 주요업적 |

서창호 교수는 정보/통신이론, 기계학습 분야를 연구하고 있다. 이론을 근간으로 통신시스템 (4G/5G), 분산저장스시템 (Hadoop), 빅데이터시스템 (구글랭킹시스템) 분야에 혁신을 추구하여 왔다. 현재 총 인용 수 ~2336회 (h-index: 20, i10-index 38), SCI journal 논문 14편, 국제학회 논문 45편, 특허등록 30+건의 연구 성과를 보유하고 있다.

업적으로는 셀룰러 통신시스템을 위한 "간섭정렬" 기법을 개발하여 통신용량을 기지국 수에 선형적으로 증대시킬 수 있음을 보였다. 이 공로로 통신 분야에서 3년 만에 최우수 논문 한 편에 부여 하는 IEEE Communications Society Stephen O. Rice Prize를 수상하였고, 이는 차세대 이동통신시스템 설계에 큰 영향을 미칠 것으로 예상한다.

또한 다수 개의 통신 링크가 상호 간섭을 일으키는 환경에서 피드백을 통하여 통신 용량이 무한대까지 증가할 수 있음을 보였다. 이 과정에서 정보이론 분야 40년 이상 난제인 "정규 간섭 채널 통신 용량"의 부분적인 해를 제시하였고 이의 공로로 정보이론학회 유일한 논문상인 IEEE ISIT Student Best Paper Award를 수상하였다.

최근에는 검색엔진, 추천시스템을 위한 빅데이터 실시간 랭킹 알고리즘을 개발하여 기존 PageRank 알고리즘(구글검색엔진 알고리즘) 대비 수 십 배의 속도 개선을 가져왔다. 본 연구는 Bell Labs Prize finalist로 선정되었고, 항목 수가 많고 랭킹이 실시간 변하는 시스템에 큰 영향을 줄 것으로 예상한다.

HAEDONG
JAPAN
TECHNOLOGY
INFORMATION
CENTER

HJTIC

海東日本技術情報 センター

国内唯一의 日本 工学·産業 技術情報図書館

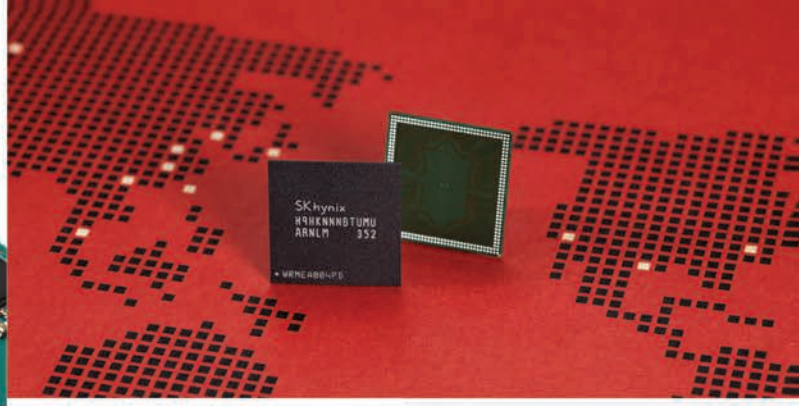
日本 工学 全分野의 技術書籍, 産業界 定期刊行物,
日本 企業 技術報告書, 日本 政府 白書, 日本 産業·工業 新聞 등을
소장하고 있는 **일본 공학·산업기술 전문 도서관**

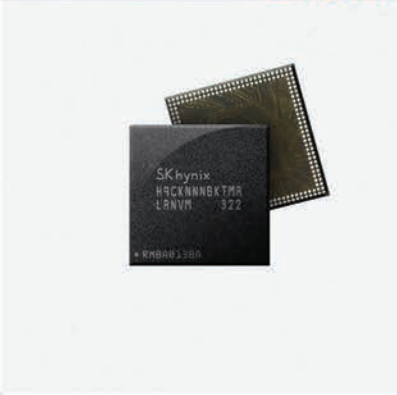
본 도서관은 서울대학교 공과대학 35동에 위치하고 있으니 많은 이용바랍니다.

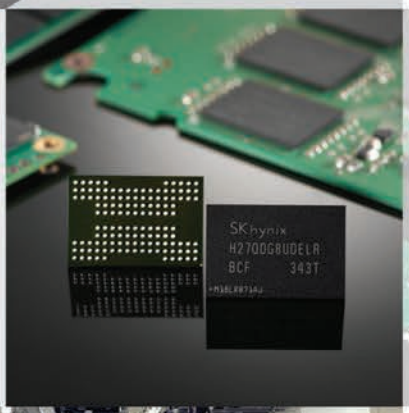
문의처. 02-880-8279(담당:진수민)　E-mail. smin@snu.ac.kr　http://hjtic.snu.ac.kr

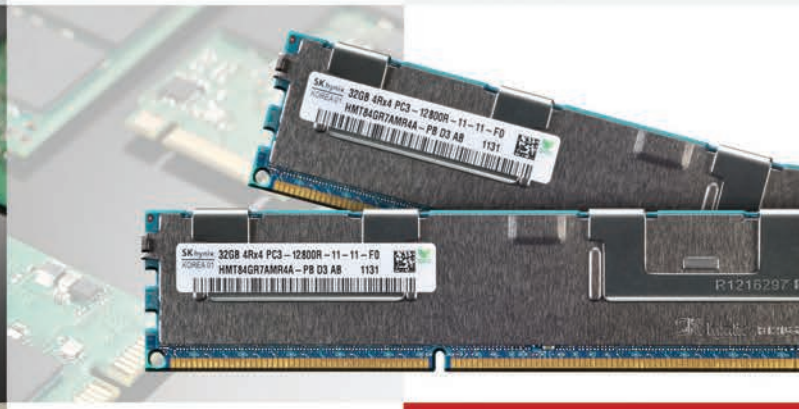
한국과학기술회관 본관 610호(대한전자공학회 해동자료실)에서도 소장도서를 이용할 수 있습니다.

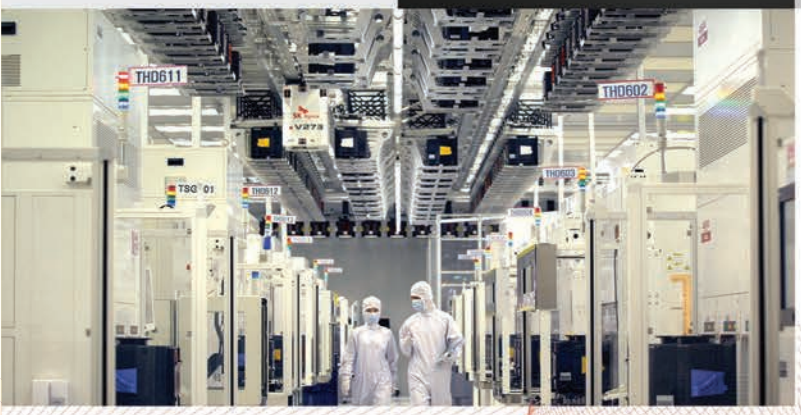
문의처. 02-553-0255　E-mail. ieie@theieie.org　http://www.theieie.org

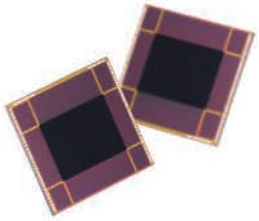












WE ARE CARVING OUT
NEW TECHNOLOGIES.

SK hynix

"디지털 한국의 내일, Display기술을 선도하는 TLi가 함께 합니다."

대한민국의 앞선 디스플레이 기술을 선도해온 티엘아이는 사랑, 자율, 도전 정신으로 21세기 반도체 집적회로를 이끌어가는
The World Best SoC(System-on-a-Chip) Company가 되겠습니다.

채용분야		응시자격
경력직	Display Analog 설계	➢ Analog 회로설계 경력자(2년 이상) 0명 ➢ LCD Driver IC 개발 경력자(2년 이상) 0명 ➢ 전문연구요원 0명
	Display Digital 설계	➢ Display IC(T-con) 개발 경력자(2년 이상) 0명 ➢ Application Engineer(2년 이상) 0명

(주)티엘아이 경기도 성남시 중원구 여수동 195 티엘아이 빌딩 7,8,9,10층 | TEL. 031-784-6800 | www.tli.co.kr

TLi와 함께 반도체 산업의 미래를 이끌어갈 인재를 모십니다!

■ **접수방법**

접수방법 : 이메일 접수(recruit@tli.co.kr)
접수기한 : 상시채용
제출서류 : 자유양식의 이력서, 경력 중심의 자기소개서 1부

■ **지원문의**

㈜티엘아이 인사팀 031-784-6817

■ **기타사항**

이력서에 지원분야, 연락처, 희망연봉 기재 필수
서류전형 합격자에 한해 면접일정 개별통보

http://www.iceic2016.org

ICEIC 2016

International Conference on
Electronics, Information, and Communication (ICEIC) 2016

Jan 27 (Wed) ▸ Jan 30 (Sat), 2016

Hyatt Regency Resort & Spa, Danang, Vietnam

IEIE IEEE

Call for Papers

The 15th International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC 2016) is a forum open to all the participants who are willing to broaden professional contacts and to discuss the state-of-the-art technical topics. Especially the participation from Asia-pacific region is encouraged.

The general session of ICEIC 2016 will include more than 300 oral and poster presentations. In addition, the conference will offer special sessions, invited talk, keynote speeches, and tutorials to cover a broader spectrum of topics on electronics, information, and communication technologies.

ICEIC 2016 is soliciting papers in the following areas, but not limited:

- **Regular sessions**

Communications

Communication & Information Theories, Communication Networks & Systems, Microwave & Optics, Switching and Routing, Microwave, Antennas and Propagation, Intelligent Transportation System (ITS), Wireless PAN/BAN, Future Networks

Semiconductor and Devices

Analog/Digital Circuits & Systems, , RF Integrated Circuits, Computer-Aided Design & Modeling, SoC Design & Applications, Semiconductors, Materials and Components, Lightwave and Quantum Electronics, PCB & Packaging, Solar Cell & Semiconductor Devices

Computer and information

Computer Systems & Applications, Software for Smart Systems, Human Computer Interaction (HCI), Convergence Computing, and Multimedia, Graphics, Ubiquitous System, Information Security

Signal processing

Computer Vision, Digital Signal Processing, Digital Image/Video Processing, Audio, Speech & Acoustic Signal Processing

System and Control

Vehicular Electronics, Instrumentation and Control, Power Electronics & Circuits

Emerging Technologies

Biomedical Electronics and Bioengineering, Bioelectronics, IT-Convergence, Renewable Energy, Car & Aviation IT

- **Special sessions**

Special session proposals are invited to ICEIC 2016, and inquiries regarding your submission should be directed to TPC Chair (ihwang@kangwon.ac.kr). The proposal needs to be submitted to the TPC Chair by July 31, 2015. The proposal template can be found at our conference homepage.

Best Paper Awards

The authors of the best papers will be presented Gold, Silver, and Bronze awards. And the selected top quality papers will be recommended to be published on the Journal Semiconductor Technology and Science (JSTS) or a special issue of IEIE Transactions on Smart Processing and Computing.

Paper submission

The prospective authors can submit their papers by selecting regular oral presentation or poster presentation. The regular papers are recommended to be in 2~4 pages and the poster papers in shortened 2-page format, according to the guidelines by the official website (http://www.iceic2016.org). Only the regular papers will be published in IEEE Xplore™.

Author's Schedule

- Submission date: ~~September 23, 2015~~ October 2, 2015
- Final paper submission date: November 18, 2015
- Notification of acceptance date: October 28, 2015
- General information: inter@theieie.org

Organized by The Institute of Electronics and Information Engineers (IEIE) and locally co-organized by University of Science and Technology - The University of Danang, Vietnam

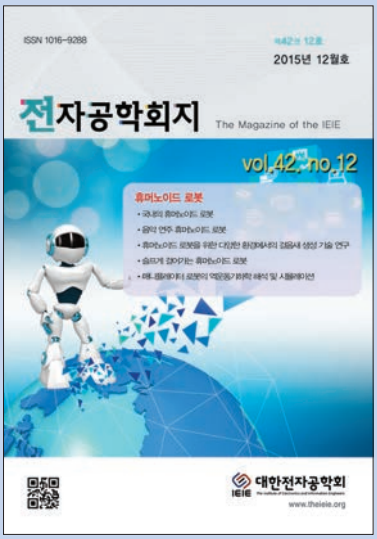
Technically Co-Sponsored by IEEE Consumer Electronics Society

IHS IEEE SAE INTERNATIONAL
Authorized Dealer in Korea

키티스産學硏情報(株)
KITIS Info. & Co., Ltd
http://www.kitis.co.kr TEL. 02-3474-5290(代)

CONTENTS

제42권 12호 (2015년 12월)



※ 학회지 12월호 표지 (vol 42, No 12)

학회소식

12 학회소식 / 편집부

16 학회일지

17 특집편집기 / 김동한

특집 : 휴머노이드 로봇

18 국내의 휴머노이드 로봇 / 전상원

26 음악 연주 휴머노이드 로봇 / 박현준, 김동한

33 휴머노이드 로봇을 위한 다양한 환경에서의 걸음새 생성 기술 연구 / 홍영대

40 슬프게 걸어가는 휴머노이드 로봇 / 김종욱

49 매니퓰레이터 로봇의 역운동기하학 해석 및 시뮬레이션 / 이진영, 이범주

55 논문지 논문목차

58 신간안내

정보교차로

59 국내외 학술행사 안내 / 편집부

65 특별회원사, 단체회원

회지편집위원회

- 위원장 이 흥 노 (광주과학기술원 교수)
- 위 원 권 호 열 (강원대학교 교수)
  김 상 효 (성균관대학교 교수)
  김 시 호 (연세대학교 교수)
  김 영 식 (조선대학교 교수)
  김 재 현 (아주대학교 교수)
  김 정 호 (이화여자대학교 교수)
  김 창 익 (KAIST 교수)
  노 용 만 (KAIST 교수)
  박 현 진 (성균관대학교 교수)
  서 춘 원 (김포대학교 교수)
  성 홍 석 (부천대학교 교수)
  양 현 종 (UNIST 교수)
  유 남 열 (광주과학기술원 교수)
  이 수 열 (경희대학교 교수)
  이 창 건 (서울대학교 교수)
  이 희 덕 (충남대학교 교수)
  인 치 호 (세명대학교 교수)
  전 병 태 (한경대학교 교수)
  정 방 철 (경상대학교 교수)
  한 완 옥 (여주대학교 교수)
  허 비 또 (LG유플러스 상무)
- 사무국 편집담당
  변 은 정 과장(내선 3)
  TEL : (02)553-0255(대)
  FAX : (02)552-6093
- 학회 홈페이지
  http://www.theieie.org

대한전자공학회
IEIE The Institute of Electronics and Information Engineers

2015년도 임원 및 각 위원회 위원

회 장	박 병 국 (서울대학교 교수)	
수석부회장	구 용 서 (단국대학교 교수) – 총괄	
고 문	구 원 모 (전자신문사 대표이사)	김 경 원 (전자부품연구원 원장)
	김 흥 남 (한국전자통신연구원 원장)	백 만 기 (김&장법률사무소 변리사)
	신 종 균 (삼성전자 사장)	양 웅 철 (현대자동차 부회장)
	이 기 섭 (산업기술평가관리원 원장)	이 재 욱 (노키아티엠씨 명예회장)
	이 희 국 (LG그룹기술협의회 사장)	천 경 준 (씨젠 회장)
감 사	이 필 중 (포항공과대학교 교수)	황 승 구 (한국전자통신연구원 소장)
부 회 장	박 현 욱 (KAIST 교수) – 회원, 지부	박 홍 준 (포항공과대학교 교수) – 표준화, 회지편집, 교육/홍보
	백 준 기 (중앙대학교 교수) – 영문논문지, 국제협력, 기획, 하계	안 승 권 (LG전자 사장) – 산학연
	홍 대 식 (연세대학교 교수) – ITC, 국문논문지, 추계, 사업	
산업체부회장	김 창 용 (삼성전자 부사장)	박 성 욱 (SK하이닉스 사장)
소사이어티 회장	안 현 식 (동명대학교 교수) – 컴퓨터소사이어티	오 상 록 (한국과학기술연구원 분원장) – 시스템 및 제어소사이어티
	원 영 진 (부천대학교 교수) – 산업전자소사이어티	이 재 진 (숭실대학교 교수) – 통신소사이어티
	전 병 우 (성균관대학교 교수) – 신호처리소사이어티	전 영 현 (삼성전자 사장) – 반도체소사이어티
협동부회장	곽 우 영 (현대자동차 부사장)	김 경 수 (만도 사장)
	김 기 호 (삼성전자 부사장)	김 달 수 (TLI 대표이사)
	김 부 균 (숭실대학교 교수)	김 상 태 (한국산업기술평가관리원 단장)
	김 수 원 (고려대학교 교수)	김 종 대 (한국전자통신연구원 소장)
	김 철 동 (세원텔레텍 대표이사)	남 상 엽 (국제대학교 교수)
	박 찬 구 (LS파워세미텍 대표이사)	박 형 무 (동국대학교 교수)
	서 승 우 (서울대학교 교수)	송 문 섭 (엠세븐시스템 사장)
	여 상 덕 (LG디스플레이 사장)	유 현 규 (한국전자통신연구원 박사)
	유 회 준 (KAIST 교수)	윤 기 방 (인천대학교 교수)
	이 상 홍 (정보통신기술진흥센터 센터장)	이 상 회 (동서울대학교 교수)
	이 원 석 (동양미래대학교 교수)	이 재 훈 (유정시스템 사장)
	임 차 식 (한국정보통신기술협회 회장)	장 태 규 (중앙대학교 교수)
	전 성 호 (삼성전기 부사장)	정 준 (쏠리드 대표이사)
	정 진 용 (인하대학교 교수)	정 항 근 (전북대학교 교수)
	조 민 호 (고려대학교 교수)	조 상 복 (울산대학교 교수)
	진 수 춘 (한백전자 대표이사)	최 길 천 (한능전자 회장)
	최 승 원 (한양대학교 교수)	한 대 근 (실리콘웍스 대표이사)
	허 염 (실리콘마이터스 대표이사)	허 영 (한국전기연구원 본부장)
	호 요 성 (광주과학기술원 교수)	
상 임 이 사	공 준 진 (삼성전자 마스터) – 산학연	김 선 욱 (고려대학교 교수) – SPC
	김 수 환 (서울대학교 교수) – 논문편집	박 종 일 (한양대학교 교수) – 재무
	백 광 현 (중앙대학교 교수) – 사업	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 부장) – 표준화
	유 창 동 (KAIST 교수) – 국제협력	이 상 윤 (연세대학교 교수) – 사업
	이 재 성 (고려대학교 교수) – 회원/정보화	이 충 용 (연세대학교 교수) – 학술(하계)
	이 혁 재 (서울대학교 교수) – 학술(추계)	이 흥 노 (광주과학기술원 교수) – 회지편집
	임 혜 숙 (이화여자대학교 교수) – 총무	최 천 원 (단국대학교 교수) – 기획
	한 동 석 (경북대학교 교수) – 교육/홍보	
산업체이사	고 요 환 (매그나칩반도체 전무)	김 보 은 (라온텍 사장)
	김 진 선 (SK이노베이션 전무)	김 태 진 (더즈텍 사장)
	김 현 수 (삼성전자 상무)	민 경 오 (LG전자 부사장)
	박 동 일 (현대자동차 상무)	송 창 현 (네이버 이사)
	오 의 열 (LG디스플레이 연구위원)	유 상 동 (SK하이닉스 상무)
	윤 영 권 (삼성전자 마스터)	정 한 욱 (KT 상무)
	조 영 민 (스카이크로스코리아 사장)	조 재 문 (삼성전자 전무)
	차 종 범 (구미전자정보기술원 원장)	최 승 종 (LG전자 전무)
	최 정 아 (삼성전자 전무)	최 진 성 (SKT 전무)
	함 철 희 (삼성전자 마스터)	홍 국 태 (LG전자 연구위원)
이 사	강 문 식 (강릉원주대학교 교수) – 학술(하계)	권 종 기 (한국전자통신연구원 책임연구원) – 사업
	권 호 열 (강원대학교 교수) – 회지편집	김 훈 (인천대학교 교수) – 학술(하계)
	김 동 식 (인하공업전문대학 교수) – 사업	김 문 철 (KAIST 교수) – 국제협력

김 용 석 (성균관대학교 교수) – 학술(추계)
김 재 현 (아주대학교 교수) – ICEIC
김 종 옥 (고려대학교 교수) – 총무
김 창 익 (KAIST 교수) – 회지편집
노 용 만 (KAIST 교수) – 회지편집
노 태 문 (한국전자통신연구원 실장) – 학술(추계)
박 현 창 (동국대학교 교수) – 논문편집
성 해 경 (한양여자대학교 교수) – 학술(추계)
송 상 헌 (중앙대학교 교수) – 논문편집
심 정 연 (강남대학교 교수) – 하계/총무
유 경 동 (SK하이닉스 상무) – 산학연
유 창 식 (한양대학교 교수) – 회원/정보화
윤 일 구 (연세대학교 교수) – 사업/하계
이 병 선 (김포대학교 교수) – 기획
이 용 식 (연세대학교 교수) – 사업
인 치 호 (세명대학교 교수) – 학술(추계)
정 용 규 (을지대학교 교수) – 기획
정 종 문 (연세대학교 교수) – 논문편집
조 성 현 (한양대학교 교수) – 국제협력
최 병 재 (대구대학교 교수) – 교육/홍보
최 성 현 (서울대학교 교수) – 교육/홍보
최 중 호 (서울시립대학교 교수) – 사업
현 경 숙 (세종대학교 교수) – 총무
홍 성 철 (KAIST 교수) – 학술(추계)
황 인 철 (강원대학교 교수) – SPC/기획

협 동 이 사

고 균 병 (한국교통대학교 교수) – 사업
김 현 (부천대학교 교수) – 기획
김 대 환 (국민대학교 교수) – 학술(하계)
김 동 호 (서울과학기술대학교 교수) – 교육/홍보
김 소 영 (성균관대학교 교수) – 총무
김 영 식 (조선대학교 교수) – 회지편집
김 용 신 (고려대학교 교수) – 사업
김 준 모 (KAIST 교수) – 국제협력
김 태 원 (상지영서대학교 교수) – 산학연
류 수 정 (삼성전자 상무) – 총무
박 정 욱 (연세대학교 교수) – 학술(하계)
서 춘 원 (김포대학교 교수) – 회지편집
신 원 용 (단국대학교 교수) – 국제협력
안 길 초 (서강대학교 교수) – 사업
오 은 미 (삼성전자 마스터) – 산학연
유 철 우 (명지대학교 교수) – 논문편집
윤 은 준 (경일대학교 교수) – SPC
이 강 윤 (성균관대학교 교수) – 추계/재무
이 상 근 (중앙대학교 교수) – 추계/총무
이 재 훈 (고려대학교 교수) – 기획
전 병 태 (한경대학교 교수) – 회지편집
정 승 원 (동국대학교 교수) – SPC
조 성 환 (KAIST 교수) – 국제협력
차 호 영 (홍익대학교 교수) – 회원/정보화
최 용 수 (성결대학교 교수) – 논문편집
최 현 용 (연세대학교 교수) – 논문편집
한 완 옥 (여주대학교 교수) – 회지편집

김 원 종 (한국전자통신연구원 책임연구원) – 표준화
김 정 호 (이화여자대학교 교수) – 회지편집
김 창 수 (고려대학교 교수) – 회원/정보화
김 회 린 (KAIST 교수) – 국제협력
노 원 우 (연세대학교 교수) – 추계/재무
동 성 수 (용인송담대학교 교수) – 학술(하계)
범 진 욱 (서강대학교 교수) – 기획
송 민 규 (동국대학교 교수) – 기획
심 동 규 (광운대학교 교수) – 학술(추계)

유 남 열 (광주과학기술원 교수) – 회지편집
윤 석 현 (단국대학교 교수) – 논문편집
이 문 구 (김포대학교 교수) – 추계/총무
이 수 인 (한국전자통신연구원 책임연구원) – 교육/홍보
이 한 호 (인하대학교 교수) – 산학연
정 영 모 (한성대학교 교수) – 총무
정 의 영 (연세대학교 교수) – ITC
조 도 현 (인하공업전문대학 교수) – 학술(하계)
최 강 선 (한국기술교육대학교 교수) – SPC
최 병 호 (전자부품연구원 센터장) – 기획
최 수 용 (연세대학교 교수) – 학술(하계)
한 종 기 (세종대학교 교수) – 교육/홍보
홍 민 철 (숭실대학교 교수) – ITC
홍 용 택 (서울대학교 교수) – 추계/기획

권 혁 인 (중앙대학교 교수) – 사업
김 경 연 (제주대학교 교수) – 학술(하계)
김 동 순 (전자부품연구원 박사) – SPC
김 상 효 (성균관대학교 교수) – 회지편집
김 승 천 (한성대학교 교수) – 기획
김 용 민 (충청대학교 교수) – 교육/홍보
김 종 훈 (KAIST 교수) – 표준화
김 태 욱 (연세대학교 교수) – 학술(하계)
노 정 진 (한양대학교 교수) – 총무
박 재 영 (광운대학교 교수) – 표준화
변 대 석 (삼성전자 마스터) – 산학연
신 오 순 (숭실대학교 교수) – 논문편집
신 현 출 (숭실대학교 교수) – 사업
연 규 봉 (자동차부품연구원 팀장) – 표준화
우 중 재 (한서대학교 교수) – 학술(추계)
윤 성 로 (서울대학교 교수) – 회원/정보화
윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수) – 논문편집
이 광 엽 (서경대학교 교수) – 학술(추계)
이 용 구 (한림성심대학교 교수) – 논문편집
이 찬 수 (영남대학교 교수) – 논문편집
정 방 철 (경상대학교 교수) – 회지편집
조 면 균 (세명대학교 교수) – 사업
차 철 웅 (전자부품연구원 책임연구원) – 표준화
최 세 호 (포스코 팀장) – 교육/홍보
최 진 호 (LG전자 수석연구원) – 사업
한 영 선 (경일대학교 교수) – SPC
허 비 또 (LG유플러스 상무) – 회지편집

지부장 명단

강 원 지 부	임 해 진 (강원대학교 교수)
대구 · 경북지부	박 길 흠 (경북대학교 교수)
부산 · 경남 · 울산지부	김 성 진 (경남대학교 교수)
제 주 지 부	강 민 제 (제주대학교 교수)
호 서 지 부	장 은 영 (공주대학교 교수)
미 국 지 부	최 명 준 (텔레다인 박사)
광주 · 전남지부	최 조 천 (목포해양대학교 교수)
대전 · 충남지부	이 희 덕 (충남대학교 교수)
전 북 지 부	조 경 주 (원광대학교 교수)
충 북 지 부	최 영 규 (한국교통대학교 교수)
일 본 지 부	백 인 천 (AIZU대학교 교수)

위원회 명단

자문위원회

위 원 장 이 태 원 (명예회장)
부 위 원 장 박 진 옥 (명예회장)
위 원 김 덕 진 (명예회장) 김 도 현 (명예회장) 김 성 대 (KAIST 교수)
김 수 중 (명예회장) 김 영 권 (명예회장) 김 재 희 (연세대학교 교수)
김 정 식 (대덕전자 회장) 나 정 웅 (명예회장) 문 영 식 (한양대학교 교수)
박 규 태 (명예회장) 박 성 한 (명예회장) 박 항 구 (소암시스템 회장)
변 증 남 (울산과학기술대학교 석좌교수) 서 정 욱 (명예회장) 성 굉 모 (서울대학교 명예교수)
윤 종 용 (삼성전자 비상임고문) 이 문 기 (명예회장) 이 상 설 (명예회장)
이 재 홍 (서울대학교 교수) 이 진 구 (동국대학교 석좌교수) 이 충 웅 (명예회장)
임 제 탁 (명예회장) 전 국 진 (서울대학교 교수) 전 홍 태 (중앙대학교 교수)
정 정 화 (한양대학교 석좌교수) 홍 승 홍 (명예회장)

기획위원회

위 원 장 최 천 원 (단국대학교 교수)
위 원 김 현 진 (단국대학교 교수) 김 현 (부천대학교 교수) 박 현 창 (동국대학교 교수)
송 상 헌 (중앙대학교 교수) 신 오 순 (숭실대학교 교수) 윤 석 현 (단국대학교 교수)
윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수) 이 병 선 (김포대학교 교수)

학술연구위원회

위 원 장 이 충 용 (연세대학교 교수)
위 원 강 동 진 (한국정보통신기능대학교 교수) 강 문 식 (강릉원주대학교 교수) 김 훈 (인천대학교 교수)
김 경 연 (제주대학교 교수) 김 대 환 (국민대학교 교수) 김 문 철 (KAIST 교수)
김 상 효 (성균관대학교 교수) 김 윤 선 (삼성전자 박사) 김 재 현 (아주대학교 교수)
김 창 익 (고려대학교 교수) 김 철 우 (고려대학교 교수) 김 태 욱 (연세대학교 교수)
김 호 철 (을지대학교 교수) 동 성 수 (용인송담대학교 교수) 박 정 욱 (연세대학교 교수)
박 종 선 (고려대학교 교수) 변 영 재 (UNIST 교수) 신 현 출 (숭실대학교 교수)
심 정 연 (강남대학교 교수) 윤 성 로 (서울대학교 교수) 윤 일 구 (연세대학교 교수)
이 흥 노 (광주과학기술원 교수) 임 성 준 (중앙대학교 교수) 정 재 훈 (LG전자 박사)
조 도 현 (인하공업전문대학 교수) 조 성 현 (한양대학교 교수) 최 수 용 (연세대학교 교수)
최 현 용 (연세대학교 교수)

논문편집위원회

위 원 장 김 수 환 (서울대학교 교수)
위 원 김 승 천 (한성대학교 교수) 김 재 현 (아주대학교 교수) 남 기 창 (동국대학교 교수)
범 진 욱 (서강대학교 교수) 송 민 규 (동국대학교 교수) 심 동 규 (광운대학교 교수)
안 성 수 (명지전문대학 교수) 유 철 우 (명지대학교 교수) 이 용 구 (한림성심대학교 교수)
이 재 훈 (고려대학교 교수) 이 찬 수 (영남대학교 교수) 정 용 규 (을지대학교 교수)
정 종 문 (연세대학교 교수) 최 병 호 (전자부품연구원 센터장) 최 용 수 (성결대학교 교수)
최 현 용 (연세대학교 교수) 한 태 희 (성균관대학교 교수) 홍 용 택 (서울대학교 교수)
황 인 철 (강원대학교 교수)

국제협력위원회

위 원 장 유 창 동 (KAIST 교수)
위 원 김 문 철 (KAIST 교수) 김 성 웅 (퀄컴코리아 연구원) 김 준 모 (KAIST 교수)
김 회 린 (KAIST 교수) 박 현 창 (동국대학교 교수) 백 준 기 (중앙대학교 교수)
서 진 수 (강릉원주대학교 교수) 송 상 헌 (중앙대학교 교수) 신 원 용 (단국대학교 교수)
이 준 석 (연세대학교 교수) 이 충 용 (연세대학교 교수) 이 혁 재 (서울대학교 교수)
장 길 진 (경북대학교 교수) 정 준 (쏠리드 대표이사) 조 성 현 (한양대학교 교수)
조 성 환 (KAIST 교수) 최 우 영 (연세대학교 교수)

산학연협동위원회

위 원 장 공 준 진 (삼성전자 마스터)
위 원 김 은 원 (대림대학교 교수) 김 태 원 (상지영서대학교 교수) 박 성 정 (건국대학교 교수)
방 극 준 (인덕대학교 교수) 변 대 석 (삼성전자 마스터) 오 은 미 (삼성전자 마스터)
유 경 동 (SK하이닉스 상무) 윤 영 권 (삼성전자 마스터) 이 정 석 (인하공업전문대학 교수)
이 한 호 (인하대학교 교수) 정 석 재 (영진전문대학교 교수) 함 철 희 (삼성전자 마스터)

회원관리위원회

위 원 장	이 재 성 (고려대학교 교수)		
위 원	김 용 신 (고려대학교 교수)	김 윤 석 (상지영서대학교 교수)	김 진 태 (건국대학교 교수)
	김 창 수 (고려대학교 교수)	김 형 탁 (홍익대학교 교수)	서 춘 원 (김포대학교 교수)
	신 창 환 (서울시립대학교 교수)	유 창 식 (한양대학교 교수)	윤 성 로 (서울대학교 교수)
	조 성 재 (가천대학교 교수)	차 호 영 (홍익대학교 교수)	

회지편집위원회

위 원 장	이 흥 노 (광주과학기술원 교수)		
위 원	권 호 열 (강원대학교 교수)	김 상 효 (성균관대학교 교수)	김 시 호 (연세대학교 교수)
	김 영 식 (조선대학교 교수)	김 재 현 (아주대학교 교수)	김 정 호 (이화여자대학교 교수)
	김 창 익 (KAIST 교수)	노 용 만 (KAIST 교수)	박 현 진 (성균관대학교 교수)
	서 춘 원 (김포대학교 교수)	성 홍 석 (부천대학교 교수)	양 현 종 (UNIST 교수)
	유 남 열 (광주과학기술원 교수)	이 수 열 (경희대학교 교수)	이 창 건 (서울대학교 교수)
	이 희 덕 (충남대학교 교수)	인 치 호 (세명대학교 교수)	전 병 태 (한경대학교 교수)
	정 방 철 (경상대학교 교수)	한 완 옥 (여주대학교 교수)	허 비 또 (LG유플러스 상무)

사업위원회

위 원 장	백 광 현 (중앙대학교 교수)	이 상 윤 (연세대학교 교수)	
위 원	고 균 병 (한국교통대학교 교수)	고 중 혁 (중앙대학교 교수)	권 종 기 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	권 혁 인 (중앙대학교 교수)	김 동 식 (인하공업전문대학교 교수)	김 용 신 (고려대학교 교수)
	김 종 욱 (고려대학교 교수)	노 원 우 (연세대학교 교수)	노 태 문 (한국전자통신연구원 팀장)
	문 현 욱 (동원대학교 교수)	박 강 령 (동국대학교 교수)	박 정 욱 (연세대학교 교수)
	서 인 식 (라이트웍스 대표이사)	신 현 출 (숭실대학교 교수)	심 동 규 (광운대학교 교수)
	안 길 초 (서강대학교 교수)	윤 일 구 (연세대학교 교수)	윤 재 철 (삼성전자 박사)
	이 용 식 (연세대학교 교수)	조 면 균 (세명대학교 교수)	조 제 광 (LG전자 박사)
	최 수 용 (연세대학교 교수)	최 윤 경 (삼성전자 마스터)	최 중 호 (서울시립대학교 교수)
	최 진 호 (LG전자 상무)	홍 민 철 (숭실대학교 교수)	

교육홍보위원회

위 원 장	한 동 석 (경북대학교 교수)		
부 위 원 장	이 수 인 (한국전자통신연구원 책임연구원)		
위 원	고 정 환 (인하공업전문대학 교수)	김 덕 영 (부천대학교 교수)	김 동 호 (서울과학기술대학교 교수)
	김 정 구 (부산대학교 교수)	김 준 태 (건국대학교 교수)	류 시 복 (자동차부품연구원 책임연구원)
	이 동 훈 (삼성전자 수석연구원)	이 석 필 (상명대학교 교수)	이 종 호 (서울대학교 교수)
	임 기 택 (전자부품연구원 센터장)	장 길 진 (경북대학교 교수)	장 준 혁 (한양대학교 교수)
	최 병 재 (대구대학교 교수)	최 세 호 (포스코 부장)	한 종 기 (세종대학교 교수)
	허 준 (고려대학교 교수)		

표준화위원회

위 원 장	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 부장)		
위 원	강 희 훈 (여주대학교 교수)	공 배 선 (성균관대학교 교수)	구 정 래 (한국심사자격인증원 팀장)
	권 기 원 (성균관대학교 교수)	김 동 규 (한양대학교 교수)	김 병 철 (한양대학교 교수)
	김 시 호 (연세대학교 교수)	김 옥 수 (인피니언코리아 이사)	김 원 종 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	김 종 훈 (KAIST 교수)	두 영 호 (현대오트론 책임연구원)	박 세 광 (경북대학교 교수)
	박 장 현 (한국전자통신연구원 선임연구원)	박 재 영 (광운대학교 교수)	박 주 현 (픽셀플러스 실장)
	신 성 호 (한국기술표준원 연구관)	연 규 봉 (자동차부품연구원 팀장)	윤 대 원 (법무법인 다래 이사)
	이 경 범 (표준과학연구원 책임연구원)	이 민 영 (한국반도체산업협회 본부장)	이 상 근 (성균관대학교 교수)
	이 상 미 (IITP 팀장)	이 상 준 (수원과학대학교 교수)	이 서 호 (한국기계전기전자시험연구원 과장)
	이 성 수 (숭실대학교 교수)	이 시 현 (동서울대학교 교수)	이 용 희 (한라대학교 교수)
	이 종 묵 (SOL 대표)	장 미 혜 (연세대학교 교수)	장 현 수 (㈜아이에이 부장)
	정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원)	좌 성 훈 (서울과학기술대학교 교수)	차 철 웅 (전자부품연구원 책임연구원)
	한 태 수 (국가기술표준원/표준협회 표준코디)		

정보화위원회

위 원 장	이 재 성 (고려대학교 교수)		
위 원	구 자 일 (인하공업전문대학 교수)	김 용 신 (고려대학교 교수)	김 진 태 (건국대학교 교수)
	김 창 수 (고려대학교 교수)	김 형 탁 (홍익대학교 교수)	신 창 환 (서울시립대학교 교수)
	안 태 원 (동양미래대학교 교수)	유 창 식 (한양대학교 교수)	윤 성 로 (서울대학교 교수)
	정 연 모 (경희대학교 교수)	조 성 재 (가천대학교 교수)	차 호 영 (홍익대학교 교수)

지부담당위원회

위 원 장 박 현 욱 (KAIST 교수)
위 원 강 민 제 (제주대학교 교수) 김 성 진 (경남대학교 교수) 박 길 흠 (경북대학교 교수)
백 인 천 (AIZU대학교 교수) 이 희 덕 (충남대학교 교수) 임 해 진 (강원대학교 교수)
장 은 영 (공주대학교 교수) 조 경 주 (원광대학교 교수) 최 명 준 (텔레다인 박사)
최 영 규 (한국교통대학교 교수) 최 조 천 (목포해양대학교 교수)

선거관리위원회

위 원 장 박 성 한 (한양대학교 명예교수)
부 위 원 장 이 진 구 (동국대학교 석좌교수)
위 원 박 종 일 (한양대학교 교수) 이 재 성 (고려대학교 교수) 이 충 용 (연세대학교 교수)
임 혜 숙 (이화여자대학교 교수) 정 영 모 (한성대학교 교수) 최 천 원 (단국대학교 교수)

포상위원회

위 원 장 김 성 대 (KAIST 교수)
위 원 구 용 서 (단국대학교 교수) 김 수 환 (서울대학교 교수) 박 종 일 (한양대학교 교수)
윤 기 방 (인천대학교 교수) 이 충 용 (연세대학교 교수) 임 혜 숙 (이화여자대학교 교수)

재정위원회

위 원 장 박 병 국 (서울대학교 교수)
위 원 고 성 제 (고려대학교 교수) 구 용 서 (단국대학교 교수) 박 종 일 (한양대학교 교수)
백 준 기 (중앙대학교 교수) 서 승 우 (서울대학교 교수) 이 필 중 (포항공과대학교 교수)
전 국 진 (서울대학교 교수) 정 준 (쏠리드 대표이사) 홍 대 식 (연세대학교 교수)

인사위원회

위 원 장 박 병 국 (서울대학교 교수)
위 원 구 용 서 (단국대학교 교수) 박 종 일 (한양대학교 교수) 이 충 용 (연세대학교 교수)
임 혜 숙 (이화여자대학교 교수)

SPC위원회

위 원 장 김 선 욱 (고려대학교 교수) 백 준 기 (중앙대학교 교수)
위 원 김 동 순 (전자부품연구원 박사) 신 원 용 (단국대학교 교수) 심 동 규 (광운대학교 교수)
윤 은 준 (경일대학교 교수) 이 재 훈 (고려대학교 교수) 정 승 원 (동국대학교 교수)
조 민 호 (고려대학교 교수) 최 강 선 (한국기술교육대학교 교수) 한 영 선 (경일대학교 교수)
홍 대 식 (연세대학교 교수) 황 인 철 (강원대학교 교수)

JSTS위원회

위 원 장 Hoi-Jun Yoo (KAIST)
부 위 원 장 Dim-Lee Kwong (Institute of Microelectronics)
위 원 Akira Matsuzawa (Tokyo Institute of Technology) Cary Y. Yang (Santa Clara Univ.)
Changsik Yoo (Hanyang Univ.) Chennupati Jagadish (Australian National Univ.)
Deog-Kyoon Jeong (Seoul National Univ.) Dong S. Ha (Virginia Tech)
Eun Sok Kim (USC) Gianaurelio Cuniberti (Dresden Univ. of Technology)
Hi-Deok Lee (Chungnam Univ.) Hong June Park (POSTECH)
Hyoungsub Kim (Sungkyunkwan Univ.) Hyungcheol Shin (Seoul National Univ.)
Hyun-Kyu Yu (ETRI) Jamal Deen (McMaster Univ.)
Jin-Koo Rhee (Dongguk Univ.) Jinwook Burm (Sogang Univ.)
Jong-Uk Bu (Sen Plus) Meyya Meyyappan (NASA Ames Research Center)
Min-kyu Song (Dongguk Univ.) Moon-Ho Jo (POSTECH)
Nobby Kobayashi (UC Santa Cruz) Paul D. Franzon (North Carolina State Univ.)
Rino Choi (Inha Univ.) Sang-Hun Song (Chung-Ang Univ.)
Seung-Hoon Lee (Sogang Univ.) Shen-luan Liu (National Taiwan Univ.)
Songcheol Hong (KAIST) Stephen A. Campbell (Univ. of Minnesota)
Sung Woo Hwang (Korea Univ.) Tadahiro Kuroda (Keio Univ.)
Tae-Song Kim (KIST) Tsu-Jae King Liu (UC Berkeley)
Vojin G. Oklobdzija (Univ. of Texas at Dallas) Weileun Fang (National Tsing Hua Univ.)
Woodward Yang (Harvard Univ.) Woogeun Rhee (Tsinghua Univ.)
Yogesh B. Gianchandani (Univ. of Michigan, Ann Arbor) Yong-Bin Kim (Northeastern Univ.)
Younghee Kim (Changwon National Univ.) Yuhua Cheng (Peking Univ.)

통신소사이어티

회장	이 재 진 (숭실대학교 교수)		
부회장	유 명 식 (숭실대학교 교수) – 사업	이 흥 노 (광주과기원 교수) – 학술	최 천 원 (단국대학교 교수) – 재무/편집
감사	방 성 일 (단국대학교 교수)	이 호 경 (홍익대학교 교수)	
협동부회장	김 병 남 (에이스테크놀로지 연구소장)	김 연 은 (㈜브르던 대표이사)	김 영 한 (숭실대학교 교수)
	김 용 석 (㈜답스 대표이사)	김 인 경 (LG전자 상무)	남 상 욱 (서울대학교 교수)
	류 승 문 (㈜카서 대표이사)	박 용 석 (㈜LICT 대표이사)	방 승 찬 (한국전자통신연구원 부장)
	연 임 복 (한국전자통신연구원 팀장)	연 철 흠 (LGT 상무)	오 정 근 (㈜ATNS 대표이사)
	이 승 호 (㈜하이게인 부사장)	이 재 훈 (유정시스템㈜ 대표이사)	이 종 창 (홍익대학교 교수)
	정 윤 채 (삼성전자 전무)	정 진 섭 (이노와이어리스 부사장)	정 현 규 (한국전자통신연구원 부장)
이사	김 광 순 (연세대학교 교수)	김 선 용 (건국대학교 교수)	김 성 훈 (한국전자통신연구원 박사)
	김 재 현 (아주대학교 교수)	김 정 호 (이화여자대학교 교수)	김 진 영 (광운대학교 교수)
	김 훈 (인천대학교 교수)	서 철 헌 (숭실대학교 교수)	성 원 진 (서강대학교 교수)
	신 요 안 (숭실대학교 교수)	윤 석 현 (단국대학교 교수)	윤 종 호 (한국항공대학교 교수)
	윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수)	이 인 규 (고려대학교 교수)	이 재 훈 (동국대학교 교수)
	임 종 태 (홍익대학교 교수)	최 진 식 (한양대학교 교수)	허 서 원 (홍익대학교 교수)
	허 준 (고려대학교 교수)		
연구회위원장	김 재 현 (아주대학교 교수) – 통신연구회		
	유 제 훈 (한국전자통신연구원 팀장) – 스위칭 및 라우팅연구회		
	조 춘 식 (한국항공대학교 교수) – 마이크로파 및 전파전파연구회		
	이 철 기 (아주대학교 교수) – ITS연구회		
	김 동 규 (한양대학교 교수) – 정보보안시스템연구회		
	김 강 욱 (경북대학교 교수) – 군사전자연구회		
	류 원 (한국전자통신연구원 부장) – 방송 · 통신융합기술연구회		
	박 광 로 (한국전자통신연구원 부장) – 무선 PAN/BAN연구회		
	김 봉 태 (한국전자통신연구원 소장) – 미래네트워크연구회		
간사	신 오 순 (숭실대학교 교수)	김 광 순 (연세대학교 교수)	

반도체소사이어티

회장	전 영 현 (삼성전자 사장)		
자문위원	권 오 경 (한양대학교 교수)	선우명훈 (아주대학교 교수)	신 윤 승 (삼성전자 고문)
	신 현 철 (한양대학교 교수)	우 남 성 (삼성전자 사장)	임 형 규 (SK하이닉스 부회장)
감사	정 진 균 (전북대학교 교수)	최 준 림 (경북대학교 교수)	
수석부회장	조 중 휘 (인천대학교 교수)		
연구담당부회장	조 경 순 (한국외국어대학교 교수)		
사업담당부회장	김 진 상 (경희대학교 교수)		
학술담당부회장	범 진 욱 (서강대학교 교수)		
총무이사	공 준 진 (삼성전자 마스터)	김 동 규 (한양대학교 교수)	박 종 선 (고려대학교 교수)
	이 한 호 (인하대학교 교수)		
편집이사	이 희 덕 (충남대학교 교수)	인 치 호 (세명대학교 교수)	한 태 희 (성균관대학교 교수)
학술이사	강 진 구 (인하대학교 교수)	김 영 환 (포항공과대학교 교수)	김 재 석 (연세대학교 교수)
	노 정 진 (한양대학교 교수)	박 성 정 (건국대학교 교수)	박 홍 준 (포항공과대학교 교수)
	송 민 규 (동국대학교 교수)	이 혁 재 (서울대학교 교수)	정 연 모 (경희대학교 교수)
	정 진 용 (인하대학교 교수)	정 항 근 (전북대학교 교수)	최 우 영 (연세대학교 교수)
사업이사	강 성 호 (연세대학교 교수)	강 태 원 (넥셀 사장)	공 배 선 (성균관대학교 교수)
	권 기 원 (성균관대학교 교수)	김 경 기 (대구대학교 교수)	김 달 수 (TLI 대표이사)
	김 동 현 (ICTK 사장)	김 보 은 (라온텍 사장)	김 소 영 (성균관대학교 교수)
	김 시 호 (연세대학교 교수)	김 준 석 (ADT 사장)	김 철 우 (고려대학교 교수)
	김 한 기 (코아로직 사장)	손 보 익 (LG전자 전무)	송 태 훈 (휴인스 사장)
	신 용 석 (케이던스코리아 사장)	안 흥 식 (Xilinx Korea 지사장)	양 영 인 (멘토 사장)
	유 경 동 (SK하이닉스 상무)	윤 광 섭 (인하대학교 교수)	이 도 영 (옵토레인 대표)
	이 윤 종 (동부하이텍 상무)	이 종 열 (FCI 부사장)	정 해 수 (Synopsys 사장)
	정 희 범 (한국전자통신연구원 본부장)	조 대 형 (스위스로잔연방공대 총장수석보좌관)	조 상 복 (울산대학교 교수)
	조 태 제 (삼성전자 마스터)	최 승 종 (LG전자 전무)	최 윤 경 (삼성전자 마스터)
	최 종 찬 (전자부품연구원 본부장)	황 규 철 (삼성전자 상무)	
재무이사	김 희 석 (청주대학교 교수)	임 신 일 (서경대학교 교수)	
회원이사	이 광 엽 (서경대학교 교수)	최 기 영 (서울대학교 교수)	
연구회위원장	이 재 성 (고려대학교 교수) – 반도체 재료 및 부품연구회		
	오 민 철 (부산대학교 교수) – 광파 및 양자전자공학연구회		
	최 중 호 (서울시립대학교 교수) – SoC설계연구회		
	신 현 철 (광운대학교 교수) – RF 집적회로연구회		
	정 원 영 (㈜다우인큐브 전무) – PCB & Package연구회		
간사	김 형 탁 (홍익대학교 교수)	문 용 (숭실대학교 교수)	전 경 구 (인천대학교 교수)
	어 영 선 (한양대학교 교수)	이 성 수 (숭실대학교 교수)	백 광 현 (중앙대학교 교수)
	차 호 영 (홍익대학교 교수)		

컴퓨터소사이어티

회 장	안 현 식 (동명대학교 교수)		
명 예 회 장	김 형 중 (고려대학교 교수)	박 인 정 (단국대학교 교수)	박 춘 명 (한국교통대학교 교수)
	신 인 철 (단국대학교 교수)	허 영 (한국전기연구원 본부장)	임 기 욱 (선문대학교 교수)
	홍 유 식 (상지대학교 교수)	안 병 구 (홍익대학교 교수)	이 규 대 (공주대학교 교수)
자 문 위 원	이 강 현 (조선대학교 교수)	정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원)	
감 사	남 상 엽 (국제대학교 교수)	심 정 연 (강남대학교 교수)	
부 회 장	김 도 현 (제주대학교 교수)	김 승 천 (한성대학교 교수)	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)
	이 민 호 (경북대학교 교수)	조 민 호 (고려대학교 교수)	
협동부회장	권 호 열 (강원대학교 교수)	김 영 학 (한국산업기술평가관리원 본부장)	김 천 식 (세종대학교 교수)
	임 병 민 (㈜Agerigna 회장)	정 용 규 (을지대학교 교수)	조 병 순 (㈜시엔시 인스트루먼트 사장)
총 무 이 사	박 수 현 (국민대학교 교수)	최 용 수 (성결대학교 교수)	
재 무 이 사	김 진 홍 (한성대학교 교수)	이 기 영 (을지대학교 교수)	
홍 보 이 사	황 인 정 (명지병원 책임연구원)		
편 집 이 사	강 병 권 (순천향대학교 교수)	기 장 근 (공주대학교 교수)	변 영 재 (UNIST 교수)
	윤 은 준 (경일대학교 교수)	이 석 환 (동명대학교 교수)	진 훈 (연세대학교 교수)
	진 성 아 (성결대학교 교수)		
학 술 이 사	강 상 욱 (상명대학교 교수)	김 대 휘 (㈜경봉 대표이사)	김 선 욱 (고려대학교 교수)
	김 성 길 ((주)K4M 이사)	김 종 윤 (경동대학교 교수)	김 홍 균 (이화여자대학교 교수)
	노 소 영 (월송출판 대표이사)	박 세 환 (한국과학기술정보연구원 전문연구위원)	박 승 창 (㈜유오씨 사장)
	성 해 경 (한양여자대학교 교수)	송 치 봉 (웨이버스 이사)	오 승 훈 (LG C&S 과장)
	우 운 택 (교수)	유 성 철 (LG히다찌 산학협력팀장)	이 문 구 (김포대학교 교수)
	이 성 로 (목포대학교 교수)	이 찬 수 (영남대학교 교수)	전 병 태 (한경대학교 교수)
	허 준 (경민대학교 교수)		
논문편집위원장	최 용 수 (성결대학교 교수)		
연구회위원장	윤 은 준 (경일대학교 교수) – 융합컴퓨팅 연구회		
	이 민 호 (경북대학교 교수) – 인공지능/신경망/퍼지 연구회		
	강 문 식 (강릉원주대학교 교수) – 멀티미디어 연구회		
	진 훈 (연세대학교 교수) – 유비쿼터스시스템 연구회		
	김 도 현 (제주대학교 교수) – M2M/IoT 연구회		

신호처리소사이어티

회 장	전 병 우 (성균관대학교 교수)		
자 문 위 원	김 홍 국 (광주과학기술원 교수)	이 영 렬 (세종대학교 교수)	홍 민 철 (숭실대학교 교수)
감 사	강 상 원 (한양대학교 교수)	김 응 규 (한밭대학교 교수)	
부 회 장	심 동 규 (광운대학교 교수)	조 남 익 (서울대학교 교수)	김 문 철 (KAIST 교수)
	박 종 일 (한양대학교 교수)		
협동부회장	강 동 욱 (정보통신기술진흥센터 CP)	김 진 웅 (한국전자통신연구원 그룹장)	백 준 기 (중앙대학교 교수)
	변 혜 란 (연세대학교 교수)	신 원 호 (LG전자 상무)	양 인 환 (TI Korea 이사)
	오 은 미 (삼성전자 마스터)	이 병 욱 (이화여자대학교 교수)	지 인 호 (홍익대학교 교수)
	최 병 호 (전자부품연구원 센터장)		
이 사	강 현 수 (충북대학교 교수)	권 기 룡 (부경대학교 교수)	김 남 수 (서울대학교 교수)
	김 원 하 (경희대학교 교수)	김 정 태 (이화여자대학교 교수)	김 해 광 (세종대학교 교수)
	박 구 만 (서울과학기술대학교 교수)	박 인 규 (인하대학교 교수)	서 정 일 (한국전자통신연구원 선임연구원)
	신 지 태 (성균관대학교 교수)	엄 일 규 (부산대학교 교수)	유 양 모 (서강대학교 교수)
	이 상 근 (중앙대학교 교수)	이 상 윤 (연세대학교 교수)	임 재 열 (한국기술교육대학교 교수)
	장 길 진 (울산과학기술대학교 교수)	장 준 혁 (한양대학교 교수)	한 종 기 (세종대학교 교수)
협 동 이 사	이 창 우 (카톨릭대학교 교수)	권 구 락 (조선대학교 교수)	김 기 백 (숭실대학교 교수)
	김 상 효 (성균관대학교 교수)	김 용 환 (전자부품연구원 선임연구원)	박 현 진 (성균관대학교 교수)
	김 재 곤 (한국항공대학교 교수)	김 창 수 (고려대학교 교수)	박 호 종 (광운대학교 교수)
	서 영 호 (광운대학교 교수)	송 병 철 (인하대학교 교수)	신 재 섭 (㈜픽스트리 대표이사)
	신 종 원 (광주과학기술원 교수)	예 종 철 (KAIST 교수)	이 기 승 (건국대학교 교수)
	이 종 설 (전자부품연구원 책임연구원)	양 현 종 (UNIST 교수)	임 재 윤 (제주대학교 교수)
	장 세 진 (전자부품연구원 센터장)	최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)	최 승 호 (서울과학기술대학교 교수)
	최 해 철 (한밭대학교 교수)	홍 성 훈 (전남대학교 교수)	
연구회위원장	김 무 영 (세종대학교 교수) – 음향및신호처리연구회		
	심 동 규 (광운대학교 교수) – 영상신호처리연구회		
	김 창 익 (KAIST 교수) – 영상이해 연구회		
	예 종 철 (KAIST 교수) – 바이오영상신호처리연구회		
총 무 간 사	최 해 철 (한밭대학교 교수)		

시스템 및 제어소사이어티

회 장	오 상 록 (KIST 분원장)		
자 문 위 원	김 덕 원 (연세대학교 교수)	김 희 식 (서울시립대학교 교수)	박 종 국 (경희대학교 교수)
	서 일 홍 (한양대학교 교수)	오 창 현 (고려대학교 교수)	허 경 무 (단국대학교 교수)
부 회 장	김 영 철 (군산대학교 교수)	오 승 록 (단국대학교 교수)	정 길 도 (전북대학교 교수)
감 사	김 영 진 (생산기술연구원 박사)	남 기 창 (동국대학교 교수)	

총 무 이 사	권 종 원 (한국산업기술시험원 선임연구원)	김 용 태 (한경대학교 교수)	
재 무 이 사	김 준 식 (KIST 박사)	최 영 진 (한양대학교 교수)	
학 술 이 사	김 용 권 (건양대학교 교수)	박 재 흥 (서울대학교 교수)	서 성 규 (고려대학교 교수)
편 집 이 사	김 시 호 (연세대학교 교수)	남 기 창 (동국대학교 교수)	이 수 열 (경희대학교 교수)
기 획 이 사	김 수 찬 (한경대학교 교수)	이 덕 진 (군산대학교 교수)	최 현 택 (한국해양과학기술원 책임연구원)
사 업 이 사	고 낙 용 (조선대학교 교수)	이 경 중 (연세대학교 교수)	이 석 재 (대구보건대학교 교수)
	주 영 복 (한국기술교육대학교 교수)		
산학연이사	강 대 희 (유도㈜ 박사)	조 영 조 (한국전자통신연구원 책임연구원)	
홍 보 이 사	김 호 철 (을지대학교 교수)	박 재 병 (전북대학교 교수)	유 정 봉 (공주대학교 교수)
	여 희 주 (대진대학교 교수)		
회 원 이 사	변 영 재 (UNIST 교수)	이 학 성 (세종대학교 교수)	
연구회위원장	한 수 희 (포항공과대학교 교수) – 제어계측 연구회		
	이 성 준 (한양대학교 교수) – 회로및시스템 연구회		
	남 기 창 (동국대학교 교수) – 의용전자 및 생체공학 연구회		
	김 규 식 (서울시립대학교 교수) – 전력전자 연구회		
	조 영 조 (한국전자통신연구원 책임연구원) – 지능로봇 연구회		
	전 순 용 (동양대학교 교수) – 국방정보및제어 연구회		
	– 자동차전자 연구회		
	오 창 현 (고려대학교 교수) – 의료영상시스템 연구회		
	권 종 원 (한국산업기술시험원 선임연구원) – 스마트팩토리 연구회		

산업전자소사이어티

회 장	원 영 진 (부천대학교 교수)		
명 예 회 장	김 장 권 (대림대학교 교수)	윤 기 방 (인천대학교 교수)	강 창 수 (유한대학교 교수)
	이 원 석 (동양미래대학교 교수)	이 상 회 (동서울대학교 교수)	남 상 엽 (국제대학교 교수)
자 문 위 원	이 상 준 (수원과학대학교 교수)	김 병 화 (동원대학교 교수)	김 용 민 (충청대학교 교수)
감 사	김 영 선 (대림대학교 교수)	조 도 현 (인하공업전문대학 교수)	
부 회 장	김 동 식 (인하공업전문대학 교수)	김 태 원 (상지영서대학교 교수)	동 성 수 (용인송담대학교 교수)
	서 춘 원 (김포대학교 교수)	이 병 선 (김포대학교 교수)	이 용 구 (한림성심대학교 교수)
	한 완 옥 (여주대학교 교수)		
지 부 장	김 윤 석 (상지영서대학교 교수) – 강원지부		
	송 도 선 (우송정보대학교 교수) – 충청지부		
	김 태 용 (구미대학교 교수) – 영남지부		
	송 정 태 (동서울대학교 교수) – 경기지부		
	이 종 하 (전주비전대학교 교수) – 호남지부		
협동부회장	강 현 웅 (핸즈온테크놀러지 대표)	곽 은 식 (㈜경봉 부사장)	김 연 길 (DB정보통신 부장)
	김 영 주 (훼스텍㈜ 이사)	김 응 연 (㈜인터그래텍 대표)	김 정 석 (㈜ODA테크놀러지 대표이사)
	김 종 부 (인덕대학교 교수)	김 종 인 (LG엔시스 본부장)	김 진 선 (청파이엠티 대표)
	김 창 일 (아이지 대표)	김 태 형 (하이버스 대표)	남 승 우 (상학당 대표)
	박 용 후 (이디 대표)	박 현 찬 (나인플러스(EDA) 대표)	서 영 석 (판도라시스템 대표)
	성 재 용 (오픈링크시스템 대표)	송 광 헌 (㈜복두전자 대표)	윤 광 선 (㈜LG전자 서비스 부장)
	이 영 준 (㈜비츠로시스 본부장)	임 일 권 (㈜에이시스 상무)	장 철 (엘지히다찌 전무)
	장 대 현 ((주)지에스비텍 상무)	진 수 춘 (한백전자 대표)	최 영 일 (조선이공대학교 교수)
이 사	강 동 진 (한국정보통신기능대학교 교수)	강 민 구 (경기과학기술대학교 교수)	강 희 훈 (여주대학교 교수)
	고 정 환 (인하공업전문대학 교수)	곽 칠 성 (재능대학교 교수)	구 자 일 (인하공업전문대학 교수)
	권 오 복 (국제대학교 교수)	권 오 상 (경기과학기술대학교 교수)	김 경 복 (경복대학교 교수)
	김 덕 수 (동양미래대학교 교수)	김 덕 영 (부천대학교 교수)	김 상 범 (인천폴리텍대학 교수)
	김 선 태 (직업능력개발원 박사)	김 영 로 (명지전문대학 교수)	김 영 준 (인하공업전문대학 교수)
	김 은 원 (대림대학교 교수)	김 현 (부천대학교 교수)	문 현 욱 (동원대학교 교수)
	박 종 우 (재능대학교 교수)	박 진 홍 (혜전대학교 교수)	방 경 호 (명지전문대학 교수)
	방 극 준 (인덕대학교 교수)	배 효 관 (동원대학교 교수)	백 승 철 (우송정보대학교 교수)
	변 상 준 (대덕대학교 교수)	성 해 경 (한양여자대학교 교수)	성 홍 석 (부천대학교 교수)
	신 진 섭 (경민대학교 교수)	신 용 조 (상지영서대학교 교수)	신 철 기 (부천대학교 교수)
	심 완 보 (충청대학교 교수)	안 성 수 (명지전문대학 교수)	안 태 원 (동양미래대학교 교수)
	엄 우 용 (인하공업전문대학 교수)	오 태 명 (명지전문대학 교수)	용 승 림 (인하공업전문대학 교수)
	우 찬 일 (서일대학교 교수)	이 동 영 (명지전문대학 교수)	이 문 구 (김포대학교 교수)
	이 상 철 (재능대학교 교수)	이 승 우 (동원대학교 교수)	이 시 현 (동서울대학교 교수)
	이 정 석 (인하공업전문대학 교수)	이 종 성 (부천대학교 교수)	이 태 동 (국제대학교 교수)
	이 종 근 (부천대학교 교수)	장 기 동 (동양미래대학교 교수)	장 성 석 (영진전문대학 교수)
	정 석 재 (영진전문대학 교수)	정 환 익 (경복대학교 교수)	조 정 환 (김포대학교 교수)
	주 진 화 (오산대학교 교수)	최 선 정 (국제대학교 교수)	최 의 선 (폴리텍아산캠퍼스 교수)
	최 현 식 (충북보건과학대학교 교수)	황 수 철 (인하공업전문대학 교수)	허 윤 석 (충청대학교 교수)
협 동 이 사	강 현 석 (로보웰 코리아 대표)	김 민 준 (씨만텍 부장)	김 세 종 (SJ정보통신 이사)
	김 순 식 (㈜청파이엠티 부장)	김 현 성 (DB정보통신 부장)	박 근 수 (지에스비텍 부장)
	서 봉 상 (올포랜드 이사)	송 치 봉 (웨이버스 이사)	오 승 훈 (LGCNS 과장)
	오 재 곤 (콤택시스템 이사)	유 성 철 (LG히타치 차장)	이 재 준 (한백전자 부장)
	이 현 성 (㈜프로랩 팀장)	조 한 일 (투데이게이트 이사)	한 상 우 (㈜인터그래텍 과장)

제20대 평의원 명단

강 문 식 (강릉원주대학교 교수)
강 의 성 (순천대학교 교수)
강 훈 (중앙대학교 교수)
고 요 환 (SK하이닉스 고문)
곽 우 영 (현대자동차그룹 부사장)
구 원 모 (전자신문사 대표이사)
권 순 철 (KT ENS 대표이사)
권 종 기 (한국전자통신연구원 책임연구원)
권 호 열 (강원대학교 교수)
김 경 원 (전자부품연구원 원장)
김 대 환 (국민대학교 교수)
김 도 현 (제주대학교 교수)
김 동 식 (인하공업전문대학 교수)
김 봉 태 (한국전자통신연구원 책임연구원)
김 선 용 (건국대학교 교수)
김 성 진 (경남대학교 교수)
김 수 중 (경북대학교 명예교수)
김 승 천 (한성대학교 교수)
김 영 권 ((전) 몽골 후레정보통신대학교 총장)
김 영 환 (포항공과대학교 교수)
김 용 신 (고려대학교 교수)
김 재 석 (연세대학교 교수)
김 재 희 (연세대학교 교수)
김 정 호 (이화여자대학교 교수)
김 주 신 (만도 사장)
김 진 영 (광운대학교 교수)
김 창 익 (한국과학기술원 교수)
김 태 욱 (연세대학교 교수)
김 태 찬 (고려대학교 박사
김 화 종 (강원대학교 교수)
김 희 석 (청주대학교 교수)
남 기 창 (연세대학교 교수)
노 용 만 (한국과학기술원 교수)
노 태 문 (한국전자통신연구원 실장)
류 원 (한국전자통신연구원 부장)
민 경 오 (LG전자 전무)
박 길 흠 (경북대학교 교수)
박 병 국 (서울대학교 교수)
박 성 한 (한양대학교 명예교수)
박 진 옥 (육군사관학교 명예교수)
박 춘 명 (한국교통대학교 교수)
박 현 창 (동국대학교 교수)
방 극 준 (인덕대학교 교수)
백 만 기 (김&장법률사무소 변리사)
범 진 욱 (서강대학교 교수)
서 경 학 (한국연구재단 단장)
서 철 헌 (숭실대학교 교수)
성 굉 모 (서울대학교 명예교수)
송 민 규 (동국대학교 교수)
송 창 현 (네이버 이사)
신 종 균 (삼성전자 사장)
심 정 연 (강남대학교 교수)
안 병 구 (홍익대학교 교수)
안 현 식 (동명대학교 교수)
엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 부장)
연 규 봉 (자동차부품연구원 팀장)
오 은 미 (삼성전자 마스터
원 치 선 (동국대학교 교수)
유 창 동 (한국과학기술원 교수)
강 민 제 (제주대학교 교수)
강 진 구 (인하대학교 교수)
고 균 병 (한국교통대학교 교수)
공 배 선 (성균관대학교 교수)
구 경 헌 (인천대학교 교수)
구 자 일 (인하공업전문대학 교수)
권 오 경 (한양대학교 교수)
권 종 원 (한국산업기술시험원 선임연구원)
김 경 수 (만도 사장)
김 기 호 (삼성전자 부사장)
김 덕 진 (고려대학교 명예교수)
김 동 규 (한양대학교 교수)
김 문 철 (한국과학기술원 교수)
김 부 균 (숭실대학교 교수)
김 선 욱 (고려대학교 교수)
김 소 영 (성균관대학교 교수)
김 수 찬 (한경대학교 교수)
김 시 원 (삼성전자 부장)
김 영 선 (대림대학교 교수)
김 용 민 (충청대학교 교수)
김 원 종 (한국전자통신연구원 책임연구원)
김 재 하 (서울대학교 교수)
김 정 식 (대덕전자 회장
김 종 대 (한국전자통신연구원 소장)
김 준 모 (KAIST 교수)
김 창 수 (고려대학교 교수)
김 창 현 (삼성전기 부사장)
김 태 원 (상지영서대학교 교수)
김 현 (부천대학교 교수)
김 회 린 (KAIST 교수)
김 희 식 (서울시립대학교 교수)
남 상 엽 (국제대학교 교수)
노 원 우 (연세대학교 교수)
동 성 수 (용인송담대학교 교수)
문 영 식 (한양대학교 교수)
박 광 로 (한국전자통신연구원 부장)
박 래 홍 (서강대학교 교수)
박 병 하 (삼성전자 전무)
박 인 규 (인하대학교 교수)
박 찬 구 (LS파워세미텍 대표이사)
박 항 구 (소암시스텔 회장)
박 형 무 (동국대학교 교수)
방 성 일 (단국대학교 교수)
백 준 기 (중앙대학교 교수)
변 대 석 (삼성전자 마스터)
서 승 우 (서울대학교 교수)
서 춘 원 (김포대학교 교수)
성 해 경 (한양여자대학교 교수)
송 병 철 (인하대학교 교수)
신 오 순 (숭실대학교 교수)
신 현 철 (광운대학교 교수)
안 기 현 (한국반도체산업협회 상무)
안 승 권 (LG전자 사장)
양 우 석 (한국전자통신연구원 부장)
엄 일 규 (부산대학교 교수)
오 상 록 (한국과학기술연구원 책임연구원)
오 창 현 (고려대학교 교수)
유 명 식 (숭실대학교 교수)
유 창 식 (한양대학교 교수)
강 성 호 (연세대학교 교수)
강 창 수 (유한대학교 교수)
고 성 제 (고려대학교 교수)
공 준 진 (삼성전자 마스터
구 용 서 (단국대학교 교수)
권 기 룡 (부경대학교 교수)
권 오 현 (삼성전자 부회장)
권 혁 인 (중앙대학교 교수)
김 경 연 (제주대학교 교수)
김 달 수 (TLI 대표이사)
김 도 현 (국민대학교 명예교수)
김 동 순 (전자부품연구원 박사)
김 보 은 (라온텍 사장)
김 상 태 (한국산업기술평가관리원 단장)
김 성 대 (한국과학기술원 교수)
김 수 원 (고려대학교 교수)
김 수 환 (서울대학교 교수)
김 시 호 (연세대학교 교수)
김 영 철 (군산대학교 교수)
김 용 석 (성균관대학교 교수)
김 은 원 (대림대학교 교수)
김 재 현 (아주대학교 교수)
김 정 태 (이화여자대학교 교수)
김 종 옥 (고려대학교 교수)
김 진 선 (SK컨티넨탈이모션 대표이사)
김 창 용 (삼성전자 부사장)
김 철 동 (세원텔레텍 대표이사)
김 태 진 (더즈텍 사장)
김 홍 국 (광주과학기술원 교수)
김 훈 (인천대학교 교수)
나 정 웅 (한국과학기술원 명예교수)
남 상 욱 (서울대학교 교수)
노 정 진 (한양대학교 교수)
류 수 정 (삼성종합기술원 마스터)
민 경 식 (국민대학교 교수)
박 규 태 (연세대학교 명예교수)
박 민 식 (전주비전대학교 교수)
박 성 욱 (SK하이닉스 대표이사)
박 종 일 (한양대학교 교수)
박 찬 용 (LG전자 수석연구원)
박 현 욱 (한국과학기술원 교수)
박 홍 준 (포항공과대학교 교수)
백 광 현 (중앙대학교 교수)
백 흥 기 (전북대학교 교수)
변 증 남 (한국과학기술원 명예교수)
서 정 욱 ((전) 과학기술부 장관)
선우명훈 (아주대학교 교수)
송 문 섭 (엠세븐시스템 사장)
송 상 헌 (중앙대학교 교수)
신 요 안 (숭실대학교 교수)
심 동 규 (광운대학교 교수)
안 길 초 (서강대학교 교수)
안 태 원 (동양미래대학교 교수)
양 웅 철 (현대자동차그룹 부회장)
여 상 덕 (LG디스플레이 부사장)
오 승 록 (단국대학교 교수)
원 영 진 (부천대학교 교수)
유 제 훈 (한국전자통신연구원 팀장)
유 철 우 (명지대학교 교수)

유 현 규 (한국전자통신연구원 책임연구원)
윤 광 섭 (인하대학교 교수)
윤 성 로 (서울대학교 교수)
윤 일 구 (연세대학교 교수)
이 강 현 (조선대학교 교수)
이 기 영 (을지대학교 교수)
이 민 호 (경북대학교 교수)
이 상 설 (한양대학교 명예교수)
이 상 회 (동서울대학교 교수)
이 성 준 (한양대학교 교수)
이 용 구 (한림성심대학교 교수)
이 원 석 (동양미래대학교 교수)
이 재 성 (고려대학교 교수)
이 재 훈 (유정시스템 사장)
이 진 구 (동국대학교 석좌교수)
이 천 희 ((전) 청주대학교 교수)
이 태 원 (고려대학교 명예교수)
이 혁 재 (서울대학교 교수)
이 흥 노 (광주과학기술원 교수)
인 치 호 (세명대학교 교수)
임 익 헌 (전력연구원 처장)
임 차 식 (한국정보통신기술협회 회장)
임 혜 숙 (이화여자대학교 교수)
장 태 규 (중앙대학교 교수)
전 병 우 (성균관대학교 교수)
전 순 용 (동양대학교 교수)
정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원)
정 영 모 (한성대학교 교수)
정 의 영 (연세대학교 교수)
정　　준 (쏠리드 대표이사)
정 한 욱 (ITS 대표이사)
조 경 주 (원광대학교 교수)
조 민 호 (고려대학교 교수)
조 영 조 (한국전자통신연구원 책임연구원)
조 중 휘 (인천대학교 교수)
진 수 춘 (한백전자 대표이사)
최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)
최 성 현 (서울대학교 교수)
최 승 종 (LG전자 전무)
최 우 영 (연세대학교 교수)
최 종 찬 (전자부품연구원 본부장)
최 진 성 (SK텔레콤 전무)
최 해 철 (한밭대학교 교수)
함 철 희 (삼성전자 마스터)
허　　염 (실리콘마이터스 사장)
호 요 성 (광주과학기술원 교수)
홍 대 식 (연세대학교 교수)
홍 승 홍 (인하대학교 명예교수)
황 승 구 (한국전자통신연구원 소장)

유 회 준 (KAIST 교수)
윤 기 방 (인천대학교 교수)
윤 영 권 (삼성전자 마스터
윤 종 용 (삼성전자 비상임고문)
이 광 엽 (서경대학교 교수)
이 문 구 (김포대학교 교수)
이 병 선 (김포대학교 교수)
이 상 윤 (연세대학교 교수)
이 석 희 (SK하이닉스 전무)
이 승 훈 (서강대학교 교수)
이 용 식 (연세대학교 교수)
이 윤 식 (울산과학기술대학교 교수)
이 재 진 (숭실대학교 교수)
이 재 훈 (동국대학교 교수)
이 찬 수 (영남대학교 교수)
이 충 용 (연세대학교 교수)
이 필 중 (포항공과대학교 교수)
이 형 호 (한국전자통신연구원 전문위원)
이 희 국 (LG기술협의회 사장)
임 병 민 (Newmmatrix(HongKong)co.,Ltd Board)
임 재 열 (한국기술교육대학교 교수)
임 해 진 (강원대학교 교수)
장 만 호 (이노피아테크 대표이사)
전 경 훈 (포항공과대학교 교수)
전 병 태 (한경대학교 교수)
전 영 현 (삼성전자 사장)
정 길 도 (전북대학교 교수)
정 용 규 (을지대학교 교수)
정 정 화 (한양대학교 석좌교수)
정 진 섭 (이노와이어리스 부사장)
정 항 근 (전북대학교 교수)
조 남 익 (서울대학교 교수)
조 상 복 (울산대학교 교수)
조 의 식 (가천대학교 교수)
주 영 복 (한국기술교육대학교 교수)
진　　훈 (성균관대학교 교수)
최 기 영 (서울대학교 교수)
최 수 용 (연세대학교 교수)
최 영 규 (한국교통대학교 교수)
최 정 아 (삼성전자 전무)
최 준 림 (경북대학교 교수)
최 진 식 (한양대학교 교수)
한 대 근 (실리콘웍스 대표이사)
허 경 무 (단국대학교 교수)
허　　영 (한국전기연구원 본부장)
홍 국 태 (LG전자 상무)
홍 민 철 (숭실대학교 교수)
홍 용 택 (서울대학교 교수)
황 인 철 (강원대학교 교수)

유 흥 균 (충북대학교 교수)
윤 석 현 (단국대학교 교수)
윤 은 준 (경일대학교 교수)
이 강 윤 (성균관대학교 교수)
이 규 대 (공주대학교 교수)
이 문 기 ((전) 연세대학교 교수)
이 상 근 (중앙대학교 교수)
이 상 홍 (정보통신기술진흥센터 센터장)
이 성 수 (숭실대학교 교수)
이 영 렬 (세종대학교 교수)
이 용 환 (서울대학교 교수)
이 윤 우 (삼성전자 상임고문)
이 재 홍 (서울대학교 교수)
이 정 수 (포항공과대학교 교수)
이 찬 호 (숭실대학교 교수)
이 충 웅 (서울대학교 명예교수)
이 한 호 (인하대학교 교수)
이 호 경 (홍익대학교 교수)
이 희 덕 (충남대학교)
임 신 일 (서경대학교 교수)
임 제 탁 (한양대학교 명예교수)
임 형 규 (SK텔레콤 부회장)
장 은 영 (공주대학교 교수)
전 국 진 (서울대학교 교수)
전 성 호 (삼성전기 부사장)
전 홍 태 (중앙대학교 교수)
정 승 원 (동국대학교 교수)
정 원 영 (다우인큐브 전무)
정 종 문 (연세대학교 교수)
정 진 용 (인하대학교 교수)
조 경 순 (한국외국어대학교 교수)
조 도 현 (인하공업전문대학 교수)
조 성 현 (한양대학교 교수)
조 재 문 (삼성전자 전무)
진 성 아 (성결대학교 교수)
천 경 준 (씨젠 회장)
최 병 호 (전자부품연구원 센터장)
최 승 원 (한양대학교 교수)
최 용 수 (성결대학교 교수)
최 조 천 (목포해양대 교수)
최 중 호 (서울시립대학교 교수)
최 천 원 (단국대학교 교수)
한 동 석 (경북대학교 교수)
허 비 또 (LG유플러스 상무)
허　　준 (고려대학교 교수)
홍 기 상 (포항공과대학교 교수)
홍 성 철 (한국과학기술원 교수)
홍 유 식 (상지대학교 교수)

사무국 직원 명단

송기원 국장 – 업무총괄, 기획, 자문, 산학연, 선거
이안순 부장 – 국내학술대회, 총무, 포상, 임원관련, 컴퓨터(소)
배지영 차장 – 국문논문, JSTS, 시스템및제어(소)
배기동 차장 – 사업, 표준화, 용역, 반도체(소)
변은정 과장 – 재무(본회/소사이어티/연구회), 학회지, 산업전자(소)
김천일 과장 – 정보화, 교육/홍보, 회원, 홈페이지, 통신(소)
김윤주 서기 – 국제학술대회, SPC, 국제협력, 신호처리(소)

2015년도 정기총회 및 추계학술대회 개최

11월 27(금) ~ 28일(토) 양일간 오크밸리 골프빌리지센터 그랜드볼룸에서 학계, 산업계 및 연구계에서 연구한 총 300여편의 학술논문을 발표하는 추계학술대회를 5개 소사이어티 주관으로 개최하였으며, 이와 병행하여 한 해를 마무리하는 정기총회와 아울러 금년도 학회를 위해 수고하거나 탁월한 업적을 이룬 회원들에게 학회상을 수여하였다. 한편 이번 총회에서는 일본 IEICE의 Ken-ichi Sato(나고야대 교수, 차기회장)의 초청강연이 있은 후, 2015년도 결산, 2016년도 사업계획 및 예산안 승인, 2016년도 임원 선출 보고 등의 안건이 승인되었다.

IEICE의 Ken-ichi Sato 차기회장 강연 후 단체사진

정기총회 - 박병국 회장 인사말

추계학술대회-구두 논문 발표장

추계학술대회–포스터 논문 발표장

카메라와 CMOS 이미지센서 기술 워크샵

반도체소사이어티(워크샵 운영위원장 : 안정착 마스터(삼성전자))에서는 11월 19일(목) "카메라와 CMOS 이미지센서 기술 워크샵"을 경희대학교 국제캠퍼스에서 개최하였다.

본 워크샵은 카메라 시스템/모듈, 이미지 신호처리, 센서 소자, 그리고 회로 설계 분야의 학계 및 현장 전문가분들을 모시고 최신 기술 동향을 소개하고 이슈와 발전방향에 대하여 강연되었다. 본 워크샵에는 약 110명의 전문가 및 학생이 참여하여 산학연 기술교류의 장이 되었다.

카메라와 CMOS 이미지센서 기술 워크샵

5G 이동통신의 핵심 기술 강좌 –Celluar 기반 IoT와 비면허 대역에서의 LTE 통신기술

사업위원회에서는(워크샵 운영위원장 : 홍대식 부회장(연세대 교수))에서 12월 2일(수) 과학기술회관 중회의실에서 "5G 이동통신의 핵심 기술 강좌"를 개최하였다.

본 워크샵은 Celluair 기반 IoT 통신 기술 및 표준화 동향과 비면허 대역에서의 LTE 통신 기술 등 2개 세션으로 구성하였으며, Celluar 기반 비면허 대역에서의 LTE 기술에 대하여 산업계의 전문가를 모시고 강연이 진행되었다. 삼성전자, LG전자, SKT, 노키아, ETRI, 퀄컴 등 강연자를 모시고, 표준화 기술 동향 및 활용방안에 대하여 좀 더 실무차원의 강연이 이루어 졌으며, 70여명이 참석하였다.

5G 이동통신의 핵심 기술 강좌 : 박병국 회장 인사말

2015년 오류정정 및 보안기술 워크샵

반도체소사이어티(워크샵 운영위원장 : 공준진 마스터(삼성전자), 프로그램 위원장 : 김동규 교수(한양대), 이한호 교수(인하대))에서는

2015년 오류정정 및 보안기술 워크샵

12월 3일(목) "오류정정 및 보안기술 워크샵"을 경희대학교 국제캠퍼스에서 개최하였다.
본 워크샵에서는 다양한 고성능 오류정정기술과 보안 기술을 소개하고, 이에 적합한 오류정정부호 및 보안시스템에 대한 최신 기술을 소개하였으며, 특히, 학교, 연구소 및 산업체에서 개발하는 오류정정 및 보안 관련 원천기술 개발 및 기업의 상용화 기술 개발에 많은 도움과 이를 통한 협력 및 발전 관계가 마련되었다. 이번 워크샵에는 약 70여명이 참석하였다.

제25회 해동상 시상식 및 송년회 개최

12월 11일(금) 오후 6시 웨스틴조선호텔에서 해동상 시상식과 송년회를 개최하였다. 먼저 해동상 소개와 김정식 해동과학문화재단 이사장의 인사말이 있었고, 이후 시상 경과보고와 시상식, 수상 소감 순으로 진행되었다. 서울대 서승우 교수에게 해동학술상, 김창용 삼성전자 DMC 연구소장에게 해동기술상, 그리고 서창호 KAIST 교수에게는 해동 젊은공학인상을 시상하였다.
한편 해동상 시상식에 이어서 개최된 송년회에서는 학회 명예회장 등 참가자 소개가 있었으며, 이어서 복면가왕의 진주의 공연과 퀴즈풀이 및 추첨을 통해 경품을 전달하였다.

김정식 해동과학문화재단 이사장 인사말

경품추첨 – 허 염 실리콘마이터스 허 염 대표이사 기증

신규회원 가입현황
(2015년 11월 12일 – 2015년 12월 10일)

정회원

박철수(광운대학교), 안홍선(네스랩), 김소현(명지병원), 김효선(서남대학교 의과대학 명지병원), 김한영(심네트), 손병희(인하공업전문대학), 조완현(전남대학교), 석우진(한국과학기술정보연구원), 고현석(한국전자통신연구원), 박성욱(한화탈레스㈜)

이상 10명

평생회원

김민석(한전원자력연료)

이상 1명

학생회원

신동하(가천대학교), 김두홍(경동대학교), 김균대(경희대학교), 박정원(고려대학교), 김영주(광운대학교), 유지우(광운대학교), 박찬기(광주과학기술원), 김휘준(금오공과대학교), 최학희(금오공과대학교), 이현민 (상명대학교), 김일홍(상명대학교), 황윤섭(서경대학교), 김정훈(성균관대학교), 김남욱(성균관대학교), 김지민(성균관대학교), 신효섭(성균관대학교), 윤석현(성균관대학교), 김동건(숭실대학교), 박종현(연세대학교), 김인렬(조선대학교), 김귀식(중앙대학교), 박상우(중앙대학교), 임지선(중앙대학교), 원동민(충북대학교), 이준우(한국산업기술대학교), 박정석(한밭대학교), 김경민(한양대학교), 두지강(한양대학교), 정일용(한양대학교), 하진수(한양대학교)

이상 30명

학회일지

www.theieie.org

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND INFORMATION
ENGINEERS

2015년 11월 17일 ~ 2015년 12월 11일

1. 회의 개최

회의 명칭	일시	장소	주요 안건
ICEIC 2016 OC 6차 회의	12.2 (17:00)	학회 회의실	– ICEIC 2016 주요준비 및 진행사항 논의
제1차 재정위원회의	12.2 (18:00)	학회 해동자료실	– 학회 기금 운용에 관한 사항 외
SPC 운영위원회 회의	12.3 (7:30)	JW 메리어트 호텔	– SPC 12월호 출판 및 SCOPUS 등재 준비 건
2015년도 반도체소사이어티 송년회	12.7 (18:00)	예당(한식당)	– 2015년도 결산 및 2016년도 반도체소사이어티 사업계획 수립 외

2. 행사 개최

행사 명칭	일시	장소	주관
카메라와 CMOS 이미지센서 기술 워크샵	11.19	경희대학교 국제캠퍼스	반도체소사이어티
5G 이동통신의 핵심 기술 강좌	12.2	과학기술회관 중회의실	사업위원회
2015년 오류정정 및 보안기술 워크샵	12.3	경희대학교 국제캠퍼스	반도체소사이어티

특 · 집 · 편 · 집 · 기

휴머노이드 로봇

김동한 편집위원
(경희대학교)

인류의 과학기술이 발전하면서 로봇은 단순히 인간의 노동력을 대신하기보다 '인간과 인간을 위한 로봇의 공존하는 사회'를 지향하면서 로봇의 형태와 적용범위가 점점 더 넓어지고 있다. 특히 인간의 신체 형태를 그대로 모방하거나, 신체의 기능을 대신할 수 있도록 형태를 갖춘 로봇 이른바 휴머노이드 로봇의 발전이 최근 급속도로 진행되고 있다.

휴머노이드 로봇은 인간의 신체 구조를 모방한 기구적 구조로 인해 인간에게 가장 친숙하면서도 다양한 태스크 수행 기능을 가진 로봇 플랫폼이라고 할 수 있으며, 이 때문에 혼다 사의 ASIMO가 등장한 2000년 이래 각종 지능형/감성형 서비스와 태스크에 가장 적합한 로봇플랫폼으로서 대중의 관심과 사랑을 받아 왔다.

휴머노이드 로봇이 인간의 거주 환경에서 인간의 도구를 이용하여 인간을 돕거나 구할 수 있는 능력은 타 로봇 플랫폼에 비해 가장 뛰어나지만, 휴머노이드 로봇의 기구적 복잡성, 소형이면서 저속-고토크 특성을 가져야 하는 액추에이터 기술의 한계, 안정적이면서도 정교하고 유연한 모션과 보행을 생성하는 것의 어려움은 휴머노이드 로봇 기술의 발전을 더디게 하고 있다. 그러나, DRC 결승전에서 KAIST의 휴보가 당당히 우승함으로써 전 세계에 한국 로봇기술의 위상을 크게 높인 것처럼, 앞으로 휴머노이드 로봇 기술은 그 나라 로봇 기술의 척도로 자리매김할 것이다. 특히 DRC 결승전에서 얻은 최고 성적이 TEAM AIST-NEDO가 얻은 10위여서 자존심을 구긴 일본은 다가오는 2020년 동경 올림픽에서 '로봇 올림픽'을 동시 개최하여, 일본의 휴머노이드 로봇 기술이 세계 최고임을 증명하기 위해 더욱 연구에 박차를 가하고 있다.

국내의 휴머노이드 로봇

Ⅰ. 서 론

휴머노이드 로봇은 사람처럼 얼굴, 몸통, 팔, 다리를 가진 로봇을 말한다. 인간을 모방한 휴머노이드는 기술 발전에 대한 상징성이 매우 크고 현재 사람들이 생활하고 있는 생활공간에 직접 투입하여 활용할 수 있다는 측면에서 개발을 위한 노력이 지속되고 있다.

본 자료에서는 국내 휴머노이드 로봇에 대하여 고찰해 보기로 한다. 2장 1절에서는 휴머노이드 로봇과 안드로이드 로봇의 정의에 대해서 알아보고, 2장 2절 부터는 국내 여러 휴머노이드 로봇에 대해 소개하도록 한다. 마지막으로 3장에서 결론으로 끝을 맺는다.

Ⅱ. 본 론

1. 안드로이드(Android) 로봇과 휴머노이드 (Humanoid) 로봇

휴머노이드 로봇과 가장 혼돈되는 용어가 안드로이드 로봇이다. 안드로이드 (Android, 인간형 로봇)는 모습과 행동이 인간을 닮은 로봇이다. 그리스어 ανήρ(anēr, man)의 파생 단어인 ανδρόζ를 어원으로 하

〈그림 1〉 KAIST에서 개발된 휴보

전 상 원
(주)이산솔루션
기술연구소장

며, 원 뜻은 "인간형"이다. 영어 "man"이 남성만을 뜻하기도 하므로 여성형 안드로이드는 가이노이드(Gynoid, gyneka + ~oid), 페미노이드(female+android)라 부르기도 한다. 안드로이드에 대한 최초의 개념은 1270년 알베르투스 마그누스에게까지 거슬러 올라가며, 1886년 프랑스의 작가 오귀스트 드 비예르 드 빌라당의 소설 《미래의 이브》에 등장하여 널리 알려지게 되었다. 또한 전통적으로 소설이나 SF의 영향에 의해 기계 로봇보다는 원형질로 배양해 피부와 장기조직까지 진짜 사람과 유사하게 만든 인조인간을 지칭하는 개념으로 많이 사용되었다. 외형만 인간과 닮은 형태를 취하는 휴머노이드 로봇을 포괄하는 개념이다.[5]

안드로이드는 피부나 얼굴형상 등 인간의 모습을 그대로 모방하는 반면, 휴머노이드는 인간의 지능, 행동, 감강, 상호작용등 인간을 대신하거나 인간과 협력하여 다양한 서비스를 제공하는 것을 궁극적인 목표를 가지고 있다.

〈그림 2〉에 제시된 로봇은 일본 오사카대학교 히로시 이시구로 연구팀이 개발한 안드로이드 배우 제미노이드 F 이다. 이 로봇의 가장 큰 특징은 아름다운 눈매와 콧날, 입과 피부를 가지고 있어 지금까지 공개된 그 어떤 로봇보다 더 사람과 닮아있다는 점이다. 이처럼 "외형적인 모습이나 행동에 있어서 사람과 구분하기 힘든 형태의 인공시스템"으로 대부분의 안드로이드의 외형은 사람과 유사한 인공피부조직으로 덮혀져 있다.

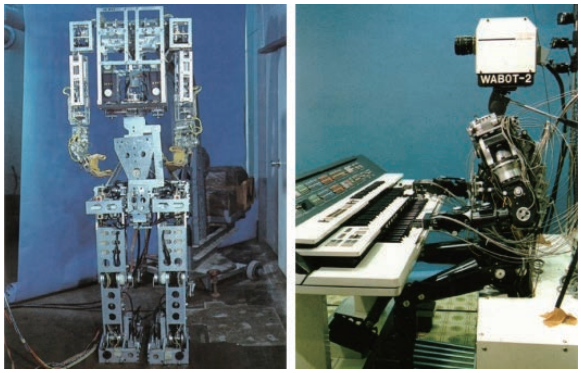
〈그림 2〉 일본 오사카대학교에서 개발된 제미노이드 F

국내에서는 한국생산기술연구원에서 2006년 5월 안드로이드 에버원(EveR-I)을 발표하였고, 그 이후에도 지속적으로 연구가 진행되어 왔다.

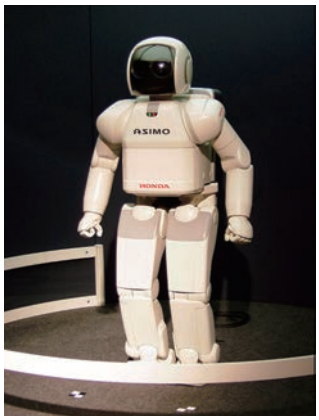
에버(EveR)라는 이름은 성경에 나오는 최초의 여성인 EVE와 로봇의 첫 글자 R을 합성하여 지어졌다. 에버1(EveR-1)은 상반신만 구현되고, 하반신은 마네킹 형태로 의자에 앉아있는 타입이었다. 첫 역할은 안내서비스를 하기 위한 로봇이었다. 후속 버전인 에버2(EveR-2)는 하체를 더해, 서서 노래를 부를 수 있도록 개발되었다. 에버3(EveR-3)는 2009년 2월에 개발 완료되었는데 개발된 직립보행이 어색하고 실용성이 떨어져 하체에 바퀴를 달아 무대에서 움직일 수 있는 형태로 개발을 하여 국립극장에서 판소리하는 로봇으로 소개되었다. 마지막 에버4(EveR-4)는 얼굴에 세계에서 가장 많은 자유도[Degrees Of Freedom, 自由度] 30개를 갖고 있으며 다양한 표정을 지을 수 있도록 개발하여 2102 여수엑스포에서 전시되었다.

휴머노이드 로봇은 인간의 신체와 유사한 형태를 지닌 로봇이지만 안드로이드처럼 인간의 피부나 얼굴형상을

〈그림 3〉 생산기술연구원에서 개발된 에버 4(EveR-4)



〈그림 4〉 최초의 휴머노이드 와봇-1(좌), 와봇-2(우)



〈그림 5〉 휴머노이드 로봇 "아시모"

그대로 모방하지는 않고, 인간의 행동을 가장 잘 모방할 수 있는 로봇을 의미한다. 인간의 지능 · 행동 · 감각 · 상호작용 등을 인간을 대신하거나 인간과 협력하여 다양한 서비스를 제공하는 것을 궁극적인 목표로 하고 있다. 즉 기능적인 부분을 더 강조한다고 보면 맞을 것이다.

두 발로 걷는 최초의 휴머노이드는 1973년 일본 와세다대학교 가토 이치로 교수팀이 개발한 와봇 1(WABOT-1)이다. 와봇 1은 두 발로 걷을 수는 있었으나 머뭇거리며 겨우 몇 걸음 떼는 정도였고, 미리 입력된 간단한 질문에 답할 수 있는 수준이었다. 1984년에는 파이프오르간 연주용으로 만들어진 와봇 2(WABOT-2)가 개발되었는데 와봇 2는 악보를 읽고 페달을 밟으며 건반을 칠 수 있었다. 휴머노이드의 초기 형태인 두 로봇은 걸을 수는 있으나 아주 부자연스러웠고, 지능 수준도 낮았다.

휴머노이드의 획기적 발전은 1996년 일본의 혼다사가 발표한 P-2(키 180cm, 무게 210kg)로부터 시작되었다. 1970년대와 1980년대의 휴머노이드는 전력시스템 · 모터 드라이버 · 컴퓨터 · 비전(vision) 등이 로봇 외부에 있는 시스템이었지만 P-2는 모든 것을 내장하고 있는 시스템으로, 이후부터 내장형 자율 휴머노이드 로봇 시대가 열렸다. P-2는 이전과 비교할 수 없는 인간친화적 외모를 지녔고, 층계 오르내리기 · 옆걸음 · 곡선보행 등 부드러운 관절운동과 동적인 이족보행(두 발로 걷는 것)을 시연할 수 있었다. 이후 혼다社는 P-3을 거쳐 2000년 아시모(ASIMO)를 발표하였다.

아시모는 키 120cm, 무게 50kg으로, 약 30개의 호출 신호를 알아듣고 거기에 반응하며 사람의 얼굴이나 음성을 인식할 수 있다. 다음 단계의 움직임을 미리 예측하여 자유롭게 보행을 제어하는 'i-WALK' 기술을 활용하여 평지뿐 아니라 계단 · 경사면에서 자유롭게 걸어 다닐 수 있는데 보행 속도는 시속 3km 정도이다. 또 관절가동 범위가 34도여서 훨씬 다양한 동작들을 취할 수 있었다.

2. 국내의 휴머노이드 로봇

국내에서 최초의 휴머노이드 로봇은 1999년 KAIST에서 개발된 '센토'이다. 머리는 사람, 몸통은 말의 모양을 가진 휴머노이드로 어린이 지능 정도의 지능을 가지고 있으며, 1kg 정도의 물건을 들 수 있었다. 이후 2001년에 최초로 사람 몸통을 한 로봇인 '아미'가 개발되었다.

그러나, 이때까지의 휴머노이드 로봇은 사람처럼 두발로 직립보행하는 형태가 아니었다. 2004년 KAIST에서 휴보가 개발되고, 그 이듬해인 2005년에 KIST에서 마루가 발표되면서 국내에서는 본격적인 직립보행 휴머노이드의 역사가 시작되었다.

2.1. 휴보(HUBO)

휴보는 휴머노이드와 로봇의 합성어로, 2004년 12월 한국과학기술원(KAIST) 기계공학과 오준호 교수팀이 발표한 인간형 로봇이다.

일본 혼다社가 개발기간 15년을 거쳐 2000년 아시모를 발표하고 난후, 국내에서도 휴머노이드 로봇에 대한 관심이 증대되는 분위기에서, 연구팀은 2002년부터 시작하여 개발기간 3년 만에 휴보를 개발하였다.

프로토 타입으로 KHR-1(몸통, 하체), KHR-2(사지와 머리를 갖춘 온전한 형체), KHR-3 (KHR-2의 운동성능

〈그림 6〉 국내최초의 휴머노이드 센토(좌)와 아미(우)

〈그림 7〉 KHR-1, KHR-2, KHR-3

을 보강)가 있으며, 보통 휴보의 개발 성공 시점을 KHR-3 완성시점으로 간주한다.

키는 120cm이고 총 무게는 55kg이다. 관절모터가 41개가 사용되어졌으며, 손가락 5개 따로 움직인다. 가슴 내장형 배터리를 장착하고 있으며 한번 충전으로 60분간 움직일 수 있다. 보행속도는 시속 1.3km이다. 41개의 모터를 이용하여 몸을 자연스럽게 움직일 수 있으며, 따로 움직이는 손가락으로 '가위, 바위, 보'도 할 수 있고, 인간과 춤도 출 수 있다. 또한 손목에 실리는 힘을 감지하여 악수할 때 적당한 힘으로 손을 아래위로 흔들기도 하였다.

이후 미국 인공지능 로봇 제조사인 한슨로보틱스社와 협력하여 완성시킨 휴머노이드형 알버트 휴보는 아인슈타인의 얼굴을 달고 있으며, 웃음, 슬픔, 화남 등 여러 표정을 지을 수 있었다.

그 후 2008년에는 휴보에서 발전된 휴보2가 발표되었

〈그림 8〉 알버트 휴보(Albert Hubo)

〈그림 9〉 휴보2(Hubo2, KHR-4)

는데, 가장 큰 차이점으로는 기존에 걷기만 하던 로봇이 뛸 수 있게 되었다는 것이다. 키는 120cm이고 총 무게는 45kg으로 가슴 내장형 배터리를 장착하고 있으며 한번 충전으로 120분간 움직일 수 있다. 보행속도는 시속1.5km이고, 주행속도는 시속 3.6km이다.

휴보(HUBO)는 휴머노이드와 로봇의 합성어로, 2004년 12월 한국과학기술원(KAIST) 기계공학과 오준호 교수팀이 발표한 인간형 로봇이다. 휴보 중 가장 최근에 발표된 DRC휴보2는 DARPA Robotics Challenge의 총 8가지 미션을 모두 우수하게 완수하며 최종 우승을 하였다.

여기서 한가지 더 알아야 할 것은 일본의 아시모의 경우는 더 빠른 속도로 달리며 많은 기능이 달려있지만, 수출하지 않는 아시모와는 다르게 휴보 2는 꾸준히 다른 국가에 연구용으로서 수출되고 있다는 것이다.

DRC(DARPA Robotics Challenge : 세계 재난로봇 경진대회에 참가한 휴보는 DRC휴보2 라는 모델이다. 키는

〈그림 10〉 DRC휴보2

168cm, 무게는 80kg으로 훨씬 거대해 졌으며 32개의 자유도를 갖는다. 레이저 스캐너와 광각 카메라를 이용하여 주변환경을 3D매핑 할수 있고, 가슴부분에 고성능 컴퓨터 2대가 탑재되어 시각정보 처리가 이전 모델보다 비약적으로 향상되었다. 또 재질 자체를 플라스틱 소재에서 튼튼한 알루미늄 합금으로 바꾸어 강도를 높였다. 허리부분은 자세 측정 센서를 이용, 스스로 자신의 상태를 체크하고 손가락 수를 5개에서 3개로 줄이면서 더 굵고 크게 설계해 강한 힘을 낼 수 있도록 했다. 또한 세손가락은 밸브를 돌리고, 전동공구를 다루고, 무거운 장애물을 치울 때 더욱 유리하다. 다리부분은 무릎 아래와 뒤꿈치에 바퀴를 채용, 필요한 경우 언제든 바퀴 주행으로 이동방식을 변경할 수 있다.

한국과학기술연구원(KIST)에서는 마루(Mahru), 아라(Ahra), 키보(KIBO) 등의 휴머노이드 로봇을 발표하였고, 이들의 지속적인 개발과 발표로 로봇의 지능에 대한 발전이 이루어졌다.

DRC를 위하여 제작된 DRC휴보2 는 대회의 총 8가지 미션(차량운전, 차량하차, 문열고 들어가기, 밸브 잠그기, 전동공구로 벽 뚫기, 플러그 꼽기, 장애물 돌파, 계단 오르기)를 모두 우수하게 완수하며 최종 우승을 하였다.

2.2. 마루(Mahru) 와 아라(Ahra)

마루(Mahru) 와 아라(Ahra)로봇은 2005년 1월 1일 KIST에서 만든 네트워크에 바탕을 둔 인간형 로봇 및 식모 로봇이다.

키 150cm, 몸무게 67kg 으로 시속 1.2km로 보행할 수 있다. 6대의 일반 컴퓨터로 이루어진 외부서버와 무선으로 데이터를 주고 받을 수 있으며 사람, 전자레인지, 세탁기, 토스터 등을 켤 수 있다. 또 사물로 구분 된 것을 집을 수 있다. 27자유도 휴머노이드로써 각 관절은 토크 제어를 통해 이루어지며 로봇의 뇌의 역할은 외부컴퓨터가 맡고, 동작은 로봇이 주위 상황을 인식하여 그 자료를 무선 네트워크로 외부 서버에 보내면 외부 서버에서 처리한 결과를 다시 로봇이 받아서 작동하게 된다. 영상 · 음성 · 동작은 물론, 물체를 인식하는 기능과 사람을 알아보는 능력까지 가지고 있다. 또 전후좌우 및 대각선으로 걸을 수 있고, 손목에 힘과 비틀림을 감지할 수 있는 센서가 있어 사람과 자연스럽게 악수를 할 수도 있다. 그밖에 혼자 할 수 없는 일들을 서로 도와 해결하거나, 하나의 임무를 분담해 처리할 수 있는 능력도 있다.

2.3. 키보(KIBO)

키보(KIBO)는 한국과학기술연구원(KIST)에서 개발한 로봇으로 2011년 공개되었다. 〈그림 12〉처럼 얼굴 모습이 특징을 가진다. 앞서 소개한 안드로이드 로봇의 사람 얼굴처럼 실제 사람의 얼굴을 가지고 있지는 않지만, 웃고, 울고, 찡그리는 표정과 실시간 립싱크가 기능이 눈여겨 볼수 있는 특징이다. 휴보나 그 외 휴머노이드 로봇들이 단순하게 걷고 뛰고 계단을 오르는 등 이족 보행을 위

〈그림 11〉 주방서비스중인 Mahru 와 Ahra 로봇

〈그림 12〉 키보(KIBO)

한 동작을 강조했지만 키보는 휴머노이드의 인간친화형을 강조하여 최대한 친근하게 느껴질 수 있게 여러 감정을 교류할 수 있도록 캐릭터 성을 가지고 있다.

120㎝의 키에 48㎏의 몸무게를 가진 키보는 현재 인간의 표정에 따라 반응할 수 있는 수준까지는 아니지만, 사람처럼 울거나 웃고 찡그리는 등의 표정을 표현할 수 있다. 또한, 카메라와 초음파 센서를 이용하여 사람의 위치와 움직임, 목소리 방향을 알아챌 수 있어 사람에게 다가와 인사를 나누고 악수를 건네는 행동을 할 수 있다.

2.4. 똘망(THORMANG)

똘망(THOR-MANG)은 ㈜로보티즈의 엑츄에이터(로봇 구동장치)로 만든 휴머노이드 로봇으로, 지난 DRC(DARPA Robotics Challenge : 세계 재난로봇 경진대회에서 버지니아공대, 펜실베이니아대와 방산업체 Harris와 팀을 이루어 출전해 예선 9위를 차지하여 본선에 진출하였고, 2015년 6월 최종 결선에서 12위(SNU 똘망)와 15위 (㈜로보티즈 똘망)을 차지하였다.

로봇 모듈은 로봇 시스템을 구성하는 요소 중에서 기능적으로 독립적인 모듈로 디자인되어서 일반성과 표준화에 따라 교체가 가능한 부분이다. 이 모듈은 크게 기계적 · 전기적 모듈인 하드웨어 모듈과 소프트웨어 모듈로 나뉠 수 있다.

키 150cm, 몸무게 49kg 으로 외부 환경을 인지하여 위하여 6-axis force-torque sensor, FSR sensor, INS sensor, LIDAR, HD Camera 등을 장착하고 대회에 참가하였다. 똘망의 가장 큰 특징으로는 모듈화(Modularization)다.

로봇의 모듈화란 로봇에 필요한 다양한 부품들을 모두 하나의 패키지 안에 담는 것이다. 그래서 패키지화된 모듈을 레고 블록처럼 그냥 이어 붙여서 조립만 하면 로봇이 되게 하는 것이다. 일단 모듈을 잘 만들기만 하면 어떤 형태의 로봇이라도 쉽고 빠르게 만들 수 있다. 또한, 임무수행 도중 특정 부분에 고장이 발생하면 그 부분을 떼어서 갈아 끼우면 된다. 실제 재난 환경에서 사용되기에도 좋은 것이 모듈형의 장점이다.

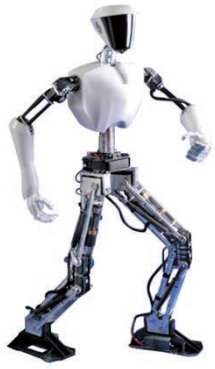
2.5. 찰리(CHALI)-2

똘망에 이어 ㈜로보티즈의 엑츄에이터(로봇 구동장치)를 이용한 휴머노이드 로봇으로 찰리가 있다. 이 로봇은 한국인의 손으로 만들어진 미국 최초의 휴머노이드 로봇으로 불리운다. 한국인 과학자 데니스 홍에 의해서 만들어진 로봇이다.

키 150 cm, 몸무게 12kg으로 기존의 휴머노이드 로봇보다 4분의 1 정도로 가볍게 제작되었고, '자연모방기술'을 이용하여 로봇이 걸을때마다 딱딱 끊어지는 현상을 개선, 부드러운 관절제어를 위해 용수철과 같은 탄성이 있는 부품을 사용하여 개발한 제품으로 소개되었다.

찰리는 2011년 7월 세계로봇월드컵(로보컵) 종목별 결승에서 우승을 차지하였다.

〈그림 13〉 똘망(THORMANG)



〈그림 14〉 찰리(CHALI)-2

2.6. 퍼포먼스형 휴머노이드 로봇

퍼포먼스형 휴머노이드 로봇은 앞서 소개된 키 150cm 수준의 보행로봇과는 다르게 퍼포먼스를 목적으로 사용되는 로봇으로 볼 수 있다. 앞서 생기원의 안드로이드 로봇 에버-4가 여수엑스포(2012년)에서 안내도우미로 활용되는 것과 로보라마(ROBORAMA, ㈜로봇에버, 2010년 이탈리아 현지공연)와 덩더쿵로봇한마당(2013년~, (재)전통공연예술진흥재단)의 주연로봇으로 ㈜로보티즈의 다윈-OP를 활용하는 것을 대표적인 예로 들 수 있다. 이런 로봇들은 퍼포먼스를 목적으로 만들어진 로봇들이 아니고, 연구나 교육의 목적으로 만들어진 로봇을 퍼포먼스에 활용한 것으로 볼 수 있다.

국내에서 퍼포먼스를 위한 목적으로 개발된 휴머노이드로봇으로 ROY가 있다. ROY는 ㈜이산솔루션에서 개발한 로봇으로 키 150cm, 무게 35kg 의 고정형 퍼포먼스 로봇이다. 머리부 3dof, 팔 6dof, 손가락 4dof, 허리 3dof 로 구성되어 있다.

ROY는 기존 퍼포먼스 로봇들이 고가로 형성되어 있다는 점을 감안하여, 가격 경쟁력을 고려하여 모듈화 방식으로 개발되었다. 각각의 파트(머리, 팔, 손, 몸통)를 모듈로 조합이 가능한 개념으로 제작된 로봇이다.

〈그림 15〉 덩더쿵 로봇한마당

〈그림 16〉 ROBORAMA공연

Ⅲ. 결 론

지금까지 국내 휴머노이드 로봇에 대하여 살펴보았다. DRC에서의 우수한 성적을 보더라도 국내 휴머노이드 로봇의 개발단계는 이제 세계 최고 수준이라고 말해도 과언이 아니다. 총 참가팀 25팀에서 국산 플랫폼을 사용하는 팀은 8개 팀에 이었다. 하지만 현재 휴머노이드 로봇이 할 수 있는 일들이 극히 제한적이어서 일상생활에 적용이 불가능한 것 또한 사실이다. 휴머노이드 로봇은 인간과 같은 촉각, 역각 센서를 갖추고, 과도로 과일을 깎는 정도의 물체핸들링 능력을 갖추는 것이 최종의 목표이다. 이러한 기술이 구현되려면, 신소재 액츄에이터, 다지손 메커니즘 설계, 다축협조제어, 역각제어, 학습형 파지제어 등 많은 원천기술이 확보되어야 한다. 또한 이에 필요한 인공지능에 대한 요구도 상당하다.

학계의 이러한 노력과 더불어 정책적인 부분도 지원이 되어야 한다. 미국의 인류의 기술 진보를 이끌기 위해 1958년 미국에서 만들어진 국방성 산하 연구기관 다르파(DARPA, Defense Advanced Research Projects

〈그림 17〉 퍼포먼스 로봇 ROY

〈그림 18〉 이산솔루션의 퍼포먼스로봇 모듈화

Agency)는 후쿠시마 원전 사태이후 휴머노이드 로봇에 집중하고 있다. DARPA의 연간 연구예산은 30억불(3조 4,000억 원) 수준이다.

일본 정부는 2014년 9월 이후 6차례에 걸쳐 '로봇혁명 실현회의'를 개최한 뒤 2015년 1월 23일 '로봇 신전략 5개년 계획'도 발표했다. 정부가 주도하고 200개 기업、대학이 지원하는 로봇 신전략 5개년 계획의 목표는 공장, 공급망, 건설, 보건의료 부문에서 지능형 로봇 이용을 확대하는 것이다. 계획대로라면 현재 연간 6000억엔(약 5조3550억원)인 로봇 매출이 오는 2020년 2조4000억엔으로 늘게 된다.

우리나라에서는 후쿠시마 원전사태이후 "로봇미래전략(2012년)"에서 계획된 극한재난대응로봇에 대한 지원책으로 국민안전로봇프로젝트가 기획되었고, 2022년까지 실제 재난현장 투입이 가능한 국산 로봇을 상용화하는 것으로 710억 원규모의 지원을 한다고 발표하였다. 그러나 재난분야이외 휴머노이드 로봇의 개발에는 지원이 아주 미미한 실정인 것만은 분명하다. DRC의 성과는 극한 재난현장에서 휴머노이드 로봇의 역할이 매우 중요하고 유용함을 보여주고 있다.

휴머노이드 로봇이 조금 더 인간과 가까운 행동 및 지능을 가지기 위해서는 아직도 많은 원천기술이 확보되어야 한다. 학계의 이러한 노력과 더불어 국가적인 차원에서의 체계적이고 정밀한 정책적 지원이 병행되어져야 한다.

필자는 앞으로 10년 동안 세계 각국에서는 휴머노이드 로봇 개발이 본격화될 것으로 예상한다. 이런 기술 조류에 발맞춰서 우리나라도 체계적인 연구방법과 정책 등이 마련되어야 글로벌 경쟁력을 갖출 수 있다고 본다.

참 고 문 헌

[1] 오준호, "휴머노이드 로봇의 현황과 발전 방향", 기계저널, 대한기계학회, 2004

[2] 유범재, "휴머노이드 연구동향", 한국정밀공학회지, 2004

[3] POPULAR SCIENCE, http://popsci.hankooki. com

[4] Ill-Woo Park, "Online Free Walking Trajectory Generation for Biped Humanoid Robot KHR-3, IEEE, 2006

[5] https://ko.wikipedia.org/wiki/안드로이드_(로봇)

[6] '휴머노이드 로봇' 한국인 과학자들이 이끈다 http://m.blog.daum.net/robotworld/6019465

[7] 10년내 '1인 1로봇시대'…휴머노이드가 당신곁으로 http://news.mk.co.kr/newsRead.php?no=539681&year=2015

[8] 세계제패 미국 로봇 '한국 피' 흐른다 http://www.koreadaily.com/news/read.asp?art_id=1229761

[9] 인류 기술의 진보를 이끄는 다르파, 휴머노이드 로봇에 집중하다. http://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=2921

[10] 휴머노이드 뜻, 한국 대표 '휴보' 가벼운 춤을? http://news.jtbc.joins.com/article/article.aspx?news_id=NB10918479

[11] 일본, 휴머노이드 시대 선언 http://www.asiae.co.kr/news/view.htm?idxno=2015060814442305584

[12] 2014년도 예비타당성조사 보고서'국민 안전 로봇프로젝트', 한국과학기술기획평가원, 2015. 9

[13] 2016 미국의 연구개발 예산 분석, GT2015-US17, 한국산업기술진흥원

전 상 원

- 1993년 3월~2000년 2월 군산대학교 공과대학 제어계측공학 학사 졸업
- 2000년 3월~2002년 2월 동대학원 전기전자제어공학 석사 졸업
- 2014년 9월~현재 경희대학교 대학원 전자전파공학과 박사과정
- 2002년 1월~2009년 12월 ㈜한울로보틱스 지능로봇연구소 개발실장
- 2010년 1월~2012년 11월 ㈜로봇에버 로봇사업부장/개발팀장
- 2013년 1월~현재 ㈜이산솔루션 연구소장
- 2015 대한민국로봇대상 로봇산업유공자 국무총리표창 수상

〈관심분야〉
지능형 로봇 시스템(퍼포먼스, 안내, 정찰), 로봇 제어 모듈, 시스템 설계 및 구현

음악 연주 휴머노이드 로봇

박 현 준
경희대학교
전자 · 전파공학과 석사과정

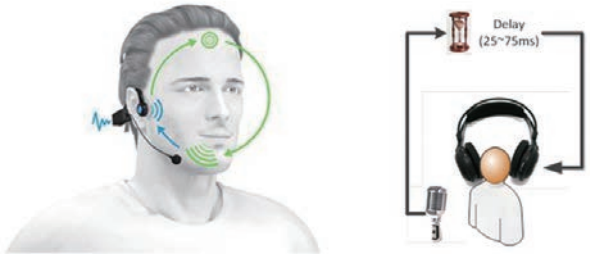
김 동 한
경희대학교 전자정보대학
전자 · 전파공학과

Ⅰ. 서 론

1920년 극작가 Karel Čape가 발표한 'Rossum's Universal Robots'에서 'Robot'이란 단어가 처음 사용된 이후로 로봇에 대한 개념과 정의가 공론화 되면서 많은 연구자들에 의해 개발되고 연구되어 왔다. 그 후 최초의 산업용 로봇이 개발 되면서 20세기까지 로봇은 단순하게 제조공장에서 조립, 용접, 핸들링 등을 수행하는 산업용 로봇을 지칭하는 말이었다. 그러나 21세기에 들어서면서 로봇 산업의 급속한 발전과 기능의 다양화로 각 역할에 맞게 분류되었으며, 특히 최근 들어서 서비스 로봇에 대한 연구가 각광받고 있다. 이러한 서비스 로봇 분야에서는 사람-로봇 상호작용(Human-Robot Interaction, HRI)에 대한 연구가 집중되고 있으며, 특히 감정표현, 인간 친화적인 상호 정보 전달을 할 수 있는 다양한 엔터테인먼트 로봇에 대한 산업 및 연구가 주목받고 있다. 이러한 로봇들은 사람의 의지를 인식하기 위하여 시각, 청각, 촉각 등을 감지할 수 있는 센서를 사용한다. 이렇게 엔터테인먼트 로봇 분야에서 시각 및 촉각 센서는 급속한 발전을 이루어 사람과의 상호 작용이 가능한 정도로 기술이 발전했지만, 아직 청각을 통한 사람의 의지를 인식하기 위한 센서 및 알고리즘은 미약한 상태이며, 때문에 현재 사람의 음성과 다양한 소리들을 인식하는 연구들이 활발히 진행되고 있다[1]. 이러한 소리를 인식하는 연구 중에서 auditory feedback 연구는 의료 분야에서만 국한적으로 사용되고 있다[2]. 특히, 말을 더듬는 사람이 본인의 소리를 듣고 상태를 이해하여 더듬는 증상을 자가 치료하는 방법이 있다[3].

1. 관련 선행 연구

Waseda 대학에서는 'Waseda Saxophonist Robot'[4]과 'Flutist



〈그림 1〉 Auditory feedback의 원리

Robot'[5]을 개발했다. 이 로봇들은 공기 펌프 등을 이용하여 인위적인 공기의 흐름 제어를 통해 이를 관악기에 흡기시켜 연주한다. 이는 사람의 장기인 폐를 흉내냈다는 것에서 큰 의미를 찾을 수 있다. 하지만, 주로 사람의 연주와 흡사한 기계적인 장치만을 모사했다는 한계가 있다. 다른 종류의 악기 연주로봇으로써 Toyota에서는 정밀한 제어 기술을 이용한 바이올린 로봇을 개발하여, 실제 시연을 하였다[6]. Ryukoku 대학에서는 'Kansei'를 이용하여 바이올린 연주로봇에 사람의 감정을 반영한 제어 명령을 넣어 좀 더 자연스러운 바이올린 연주를 하도록 연구했다[7-9]. 하지만, 이러한 연구에도 로봇이 연주한 소리를 로봇이 제어 명령에 피드백하지 않기 때문에 정해진 명령을 따라만 가는 단순한 HRI를 가지고 있다. 이러한 로봇들의 경우는 로봇 하드웨어 설계와 제어기술의 우수성을 보여주는 사례로 충분한 가치가 있지만, pre-programmed 된 제어 명령을 정확하게 따라가기만 한 것이다.

Auditory feedback 기술은 연주 로봇에게 있어서 HRI의 중요요소 이다.

따라서 이러한 한계점을 개선하기 위해 본 연구에서는 앞서 소개한 auditory feedback 기술을 HRI의 중요 요소라고 판단하였다. 따라서 기존에 있던 바이올린 연주 로봇을 개선하고, auditory feedback 시스템을 접목시킨 음질 평가 시스템에 대해 소개하려고 한다. 2장에서는 바이올린 로봇 시스템에 대해서 소개하고, 3장에서는 auditory feedback을 접목한 음질 평가 시스템에 대해서 소개한다. 마지막으로 4장에서 결론 및 연구방향으로 끝을 맺는다.

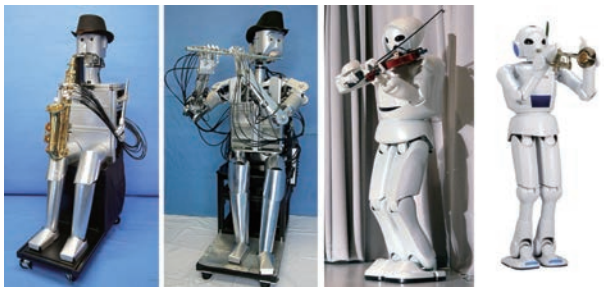
Ⅱ. 바이올린 로봇 시스템

1. 바이올린 로봇의 소개

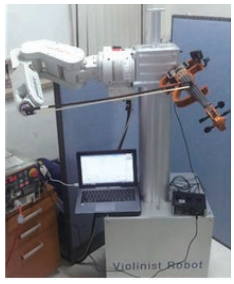
본 연구에서 개발된 로봇은 6축 다관절 산업용 로봇팔(RV-2SD)을 이용하여 제작하였다.제작된 바이올린 로봇은 〈그림 3〉과 같으며, 사람과 유사한 형태를 취하고 있다. 바이올린은 성인들이 사용하는 4/4 크기를 사용하며 외부 잡음에 강한 전자 바이올린을 사용한다. 고정을 위해 바이올린의 형태를 변형할 경우 악기의 고유 소리가 변하기 때문에 최대한 바이올린에 손상을 주지 않는 흡착식 방식으로 고정했다. 로봇의 오른팔의 end-effector는 현악기를 연주할 때, 활을 잡는 역할을 한다. 이때 활과 현이 적절한 압력으로 눌러지도록 지탱할 수 있게 설계를 하였다. 활의 위치에 따라 소리의 음질이 바뀔수 있기 때문에 현악기 연주 시 음의 보정을 위하여 활의 위치를 조절할 수 있는 장치를 설계하였다.

2. Auditory feedback 시스템의 구조

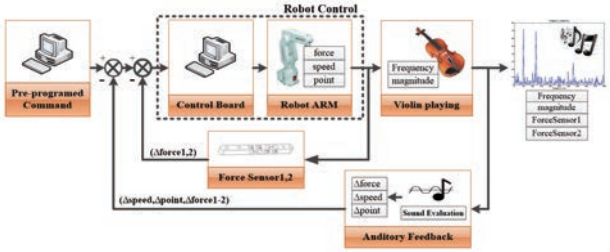
앞서 언급된 바와 같이 auditory feedback은 의료 분야에서 말더듬이 치료 방법으로 주로 연구되었다. 이러



〈그림 2〉 선행 연구된 음악연주 로봇



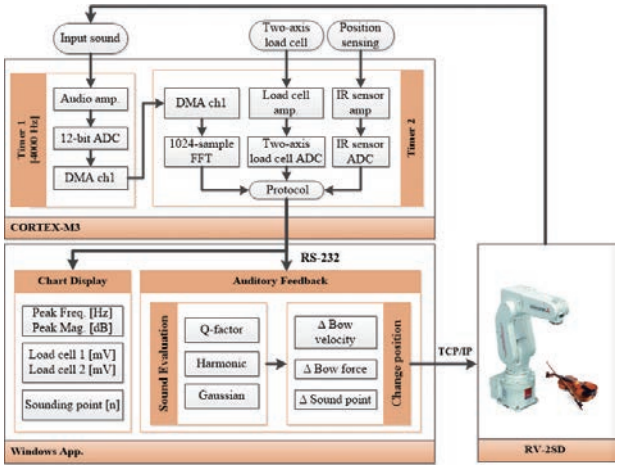
〈그림 3〉 제작된 바이올린 연주 로봇



〈그림 4〉 Auditory feedback 시스템의 흐름도

한 치료 방법은 환자의 목소리를 마이크로 녹음하고, 25~74ms 지연시켜 헤드폰을 통해 다시 듣는 과정을 통하여 말더듬이 증상을 치료한다. 이러한 기법을 바이올린 로봇에 적용하여 음질을 스스로 향상시킬 수 있는 방법을 제안한다. 〈그림 4〉는 이러한 바이올린 연주 로봇의 시스템 흐름도를 나타낸다.

왼쪽의 첫 블록에서는 바이올린 연주와 관련된 프로그래밍 명령을 제어보드로 실시간으로 전달한다. 이와 동시에 auditory feedback 블록에서는 바이올린 연주 소리를 입력 받아 A/D(Analog/Digital) 변환과 STFT(Short Time Fourier Transform)를 거쳐 소리의 질을 판단한다. 이를 바탕으로 로봇으로 들어가는 입력의 변화 값을 결정하여 미리 프로그램된 명령어에서 빼게 된다. 이와 같은 방식으로 바이올린 연주의 소리를 피드백 함으로써 로봇은 단순히 프로그램된 명령에 따라서 "움직이는 것"이 아니라 "연주"를 하게 된다.



〈그림 5〉 바이올린 연주 로봇의 제어 구조

3. Auditory feedback 시스템의 구조

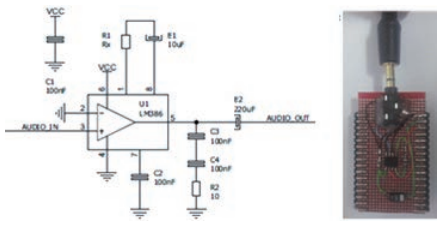
〈그림 5〉는 본 연구에서 사용하는 전체 제어 구조이다. 우선 마이크로프로세서 모듈로 실시간으로 현재 연주정보를 수집하고, 차트 도구상자에서 이를 표시한다. PC 응용 프로그램은 auditory feedback시스템이 있으며, 이로 인해 현재 소리를 판단하여 바이올린 연주 로봇의 움직임을 제어한다. 마이크로프로세서 모듈은 ARM cortex-M3를 사용하여, 실시간으로 활의 힘, 활의 속도, 연주점 등을 입력 받을 수 있다. 이 모듈은 오디오 지각 시스템, 활의 힘 측정 시스템, 연주점 측정 시스템과 연동되어 있다. 오디오 지각 시스템에서는 실시간으로 연주되는 소리를 STFT과정을 거쳐 기음주파수와 크기를 얻는다. 활의 힘 측정 시스템에서는 연주하는 동안의 활의 누르는 힘을 얻고, 연주점 측정 시스템에서는 활의 연주되는 위치를 얻는다. 이 시스템들로 인해 얻는 값들을 하나의 프로토콜로 만든 후, PC 응용프로그램으로 전송한다.

개발된 오디오 지각 시스템은 auditory feedback 구현을 위해 실시간으로 연주되는 소리를 STFT과정을 거쳐 기음주파수와 크기를 얻는다.

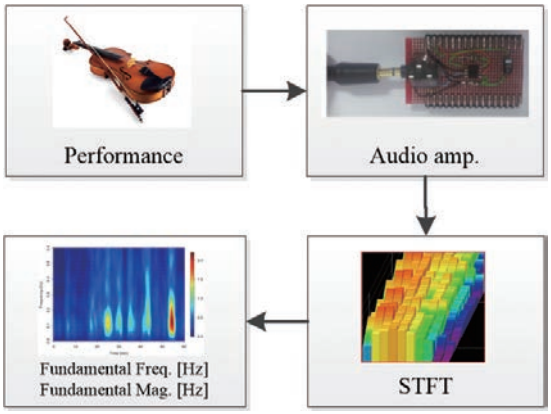
4. 오디오 지각 시스템

바이올린 소리에는 기본 주파수와 하모닉 주파수를 동시에 포함한다. 이때 연주음의 음계는 기본 주파수와 크기에 의해 결정된다. 따라서 실시간으로 소리를 듣고, 기본 주파수와 크기 값을 추출할 수 있는 오디오 지각 시스템을 개발한다. 연주되는 소리를 실시간으로 획득하기 위해 다음 〈그림 6〉과 같은 저전력 오디오 앰프를 이용한 지각 시스템을 개발한다.

앞서 언급한 바와 같이 본 연구에서는 STFT를 구현하여 시간영역에서의 정보와 주파수 영역에서의 정보를 동



〈그림 6〉 오디오 지각 시스템의 회로도 및 제작된 모습



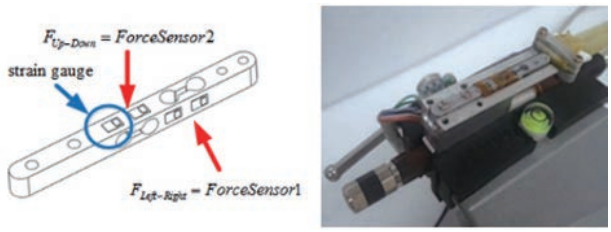
〈그림 7〉 오디오 지각 시스템의 흐름도

시에 살펴보는 것이 가능해진다. 이 해석기법은 소리를 빠르게 분석할 수 있고, 비교적 간섭에 대한 영향이 적다는 장점이 있다. 〈그림 7〉과 같이 바이올린 소리는 픽업 장치를 사용하여 현의 진동을 아날로그 전기신호로 변환되어 출력되고 오디오전용 앰프로 소리를 증폭시켜 4000Hz 샘플링 주파수로 입력 받는다. 본 시스템에서는 30Hz 마다 샘플링하여 FFT를 수행한다. 설정된 Timer을 사용하여 연주되는 소리를 12bit A/D 변환하고, DMA(Direct Memory Access, DMA)기능으로 원하는 샘플링 시간 마다 FFT 처리하여 STFT 기능을 구현했다. 이와 같은 과정으로 기음 주파수와 크기를 구할 수 있다.

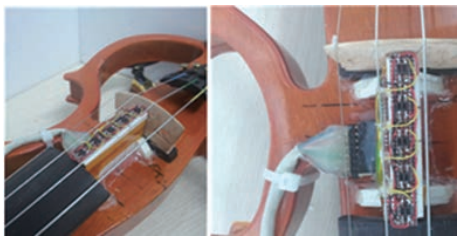
바이올린 연주 전문가들의 연주 결과와 바이올린 특성을 고려한 G.H.Q 음질 평가 시스템을 개발 했다.

5. 활의 힘 측정 시스템

바이올린은 활과 브릿지 사이의 거리에 따라 활의 힘이 변하고 소리의 음질을 결정짓는 중요한 요소이다. 따라서 실시간으로 활의 힘을 측정할 필요가 있다. 이를 위해 〈그림 8〉과 같이 힘 센서를 제작했다.



〈그림 8〉 2축 힘 센서의 개념도 및 제작된 모습



〈그림 9〉 제작된 바이올린 연주 로봇

활의 누르는 힘과 비틀리는 힘을 측정하기 위해 로봇 팔 끝 단에 활 손잡이를 제작하여 힘 센서를 장착하였다. 현재 제작된 로드셀은 쌍안경 구조가 2개가 존재한다. 이는 각각 활의 누르는 힘과 비틀리는 힘을 측정하며, 각 쌍안경 구조 중심축의 수직방향 평면에 부착한다. 로드셀에 외부 힘이 작용할 경우 로드셀이 변형되고 이로 인해 부착된 스트레인게이지 값이 변형된다. 이때 스트레인게이지의 저항에 전압을 인가하면, 출력단자에서 스트레인게이지의 저항값의 변화에 비례하는 전압이 출력된다. 이렇게 출력된 전압 값을 로드셀 전용 op-amp.로 증폭한 후, 마이크로프로세서에 전달한다.

6. 활의 연주점 측정 시스템

바이올린 연주 시, 기음주파수는 현의 장력, 현의 길이, 선밀도에 따라 달라진다. 또한 연주 점은 브릿지에서 멀어질수록 기음주파수가 감소하며, 이로부터 연주하고자 하는 음 마다 적합한 연주점이 결정된다. 본 연구에서는 이러한 연주 점을 파악하기 위하여 〈그림 9〉와 같이 10mm 간격으로 반사형 포토 인터럽트 5개를 일렬로 배치한다. 이 측정 장치로 인해 실시간으로 연주 점을 측정한다.

Ⅲ. G.H.Q 음질 평가 시스템

바이올린의 소리는 전문가들의 평가로 전체적인 소리를 평가를 받기 때문에 바이올린 음질을 주관적으로 평가된다. 본 논문에서는 바이올린의 음질을 정량적으로 평가하기 위해 G.H.Q 음질 평가 시스템을 개발했다.

G.H.Q(Gaussian-Harmonic-Quality) 음질 평가 시스템은 바이올린의 소리 평가를 객관적으로 평가하는 시스템이다. 바이올린 전문가들의 연주 결과와 바이올린의 특성을 고려해 만들어진 시스템이다. 바이올린의 소리는 기음과 배음이 복합된 복합음으로 구성되어 있으며 바이올린의 연주점, 활의 속도/힘에 따라 기음과 배음 주파수가 다르게 발생한다[6]. 기음 주파수는 소리의 음계와 음정을 나타내고 배음 주파수는 소리의 음색을 결정한다. 이러한 요소를 이용하여 소리의 음질을 평가한다. 또한 본 시스템은 바이올리니스트와 바이올린 로봇에 적용해 다양한 연주점, 활의 속도, 활의 힘에 따라 소리를 평가해 시스템의 음질 평가에 대한 신뢰성을 확인했다.

우선 Gaussian 인자를 이용한 음질 평가에 대해 소개하겠다. Gaussian 인자는 연주되는 소리의 기음 주파수와 크기의 평균값으로 전반적으로 음을 일정하게 연주했는지에 대해 음질의 정확도를 평가한다.

모든 음원의 소리에는 기음과 배음이 존재한다. 음악에서의 악보에 표기된 음계는 기음 주파수를 의미하고 음정을 결정한다. 배음 주파수들은 기음의 음색을 결정짓고 음색을 풍부하게 해준다.

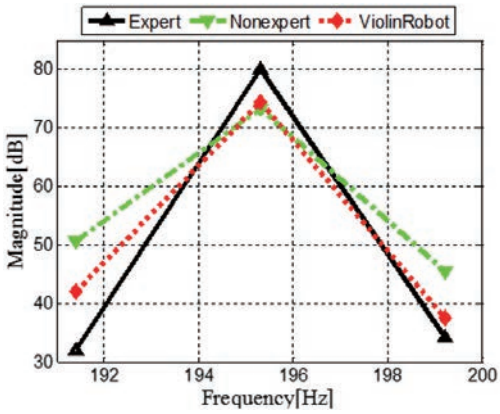
이러한 기음과 배음 주파수의 조합에 따라 음질이 달라지며, Harmonic 인자는 이러한 기음 주파수와 배음 주파수의 비율에 따라 음질을 평가한다. 이때 바이올린의 경우 기음 주파수와 배음 주파수의 이상적인 비율은 2이다.

Quality 인자는 회로나 시스템에서 공진의 주파수와 날카로움을 나타내는 인자를 응용해 음질을 평가한다. 본 연구에서는 이러한 Quality 인자를 응용해 연주되는 소리의 기음 주파수를 평가하는 Violin-Quality factor(f_{VQ})를 개발했다. f_{VQ}는 연주하고자 하는 소리의 기음 주파수와 주변주파수의 크기들을 이용해 기음주파수의 크기로 대역폭 값을 구한다. 이 값은 음의 날카로움과 선명도를 나타내며 연주되는 소리의 기음주파수를 분석해 연주하는 음을 평가하는 지표로 활용된다. 〈그림 10〉은 바이올린 전문가, 바이올린 초보자 그리고 로봇의 연주를 Q-factor 평가 방법을 통해 분석한 결과이다. 바이올린 연주 실력에 따라 음의 날카로움과 선명도가 다르다는 것을 확인할 수 있고, Q-factor 평가 에 대한 신뢰성을 검증했다.

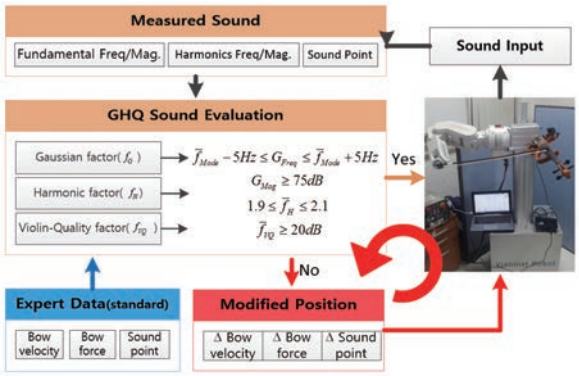
Ⅳ. 실험 및 결과

Auditory feedback 구조를 적용시킨 바이올린 연주 로봇의 연주음은 G.H.Q 음질 평가 시스템의 모든 조건에 만족하는 결과를 얻었다.

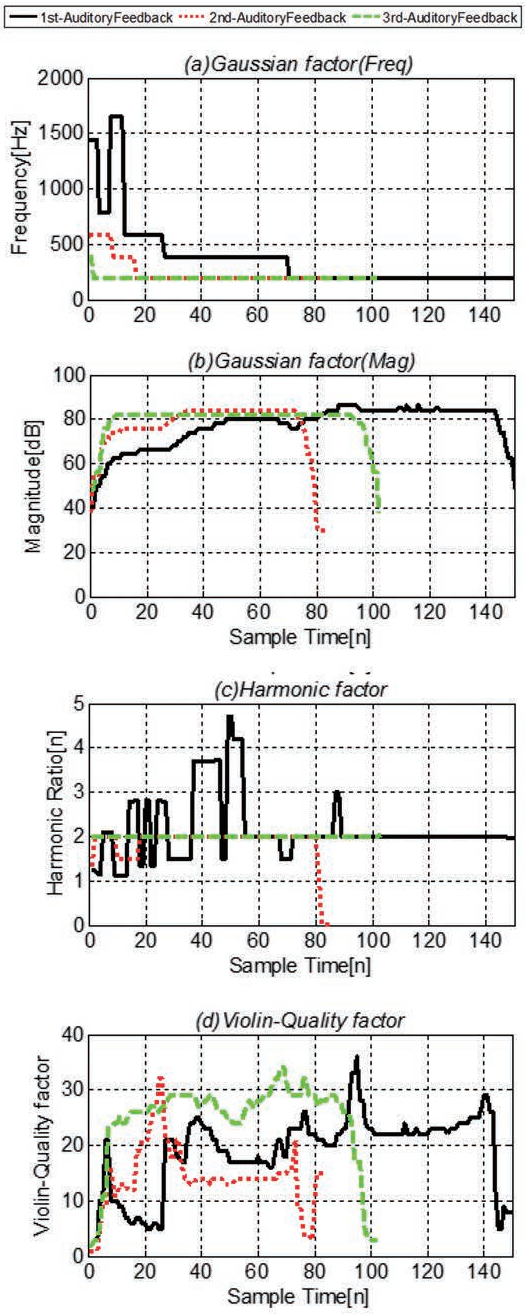
바이올린 연주자의 행동을 모방한 auditory feedback 구조를 적용시킨 바이올린 로봇 시스템의 흐름도는 〈그림 11〉와 같다. 실제 사람 연주자의 청각 피드백 모방한 제어시스템과 음질을 판단 할 수 있는 G.H.Q 음질 평가 시스템을 바이올린 연주 로봇에 접목시켜 초기 음을 듣고 음질을 판단하여 스스로 연주점의 위치, 활의 힘, 활의 속도를 추정하여 다음 연주 시 좋은



〈그림 10〉 연주자에 따른 Q-인자의 음질 평가 결과



〈그림 11〉 Auditory feedback 시스템의 흐름도



〈그림 12〉 Auditory feedback 적용 실험 결과

음이 나도록 연주점과 활의 힘, 속도를 변경한다. 이러한 과정을 반복하며 G.H.Q 조건에 만족한 경우, 연주된 소리가 좋다고 평가한다.

〈그림 12〉는 실제 바이올린 로봇에 auditory feedback 시스템을 적용시킨 결과이다. 1번째 실험에서 3번째 실험으로 갈수록 음질의 부족한 점을 스스로 판단하고, 바이올린 전문가의 표준 정보와 비교하여 연주점과 활의 속도를 변경하는 결과를 보이며, 3번째 실험에서 G.H.Q 음질 평가 시스템의 모든 조건에 만족하는 결과를 얻었다.

Ⅴ. 향후 연구 및 결론

지금까지 auditory feedback 시스템을 접목한 바이올린 연주 로봇에 대하여 소개하였다. 향후 사람과 협연이 가능한 로봇 시스템으로 발전시킬 예정이며, 많은 실험을 통해 데이터를 수집하여 G.H.Q 음질 평가 시스템의 신뢰도와 정확도를 더욱 향상시킬 것이다. 추가적으로 여러 명의 바이올린 전문가를 초빙하여 바이올린 로봇 연주 결과를 평가 받을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Fujita, M., & Kitano, H. (1998). Development of an autonomous quadruped robot for robot entertainment. Autonomous Robots, 5(1), 7–18.

[2] Yates, Aubrey J. Delayed auditory feedback. Psychological bulletin, 1963, 60(3), 213–232.

[3] Cai, S. Online control of articulation based on auditory feedback in normal Speech and stuttering: behavioral and modeling studies, 2011, Diss. Massachusetts Institute of Technology

[4] Solis, J., Takanishi, A., & Hashimoto, K. (2010). Development of an Anthropomorphic Saxophone–Playing Robot. In Brain, Body and Machine (pp. 175–186). Springer Berlin Heidelberg.

[5] Solis, J., Chida, K., Suefuji, K., & Takanishi, A. (2006). The development of the anthropomorphic flutist robot at Waseda University. International Journal of Humanoid Robotics, 3(02), 127–151.

[6] Kusuda, Y. (2008). Toyota's violin–playing robot. Industrial Robot: An International Journal, 35(6), 504–506.

[7] Shibuya, K., Matsuda, S., & Takahara, A. (2007, August). Toward developing a violin playing robot–bowing by anthropomorphic robot arm and sound analysis. In Robot and Human interactive Communication, 2007. RO–MAN 2007. The

16th IEEE International Symposium on (pp. 763–768). IEEE.

[8] Shibuya, K., Asada, T., & Sugano, S. (1998, October). An algorithm to convert KANSEI data into human motion. In Systems, Man, and Cybernetics, 1998. 1998 IEEE International Conference on (Vol. 2, pp. 1190–1194). IEEE.

[9] Shibuya, K., Matsuda, S., & Takahara, A. (2007, August). Toward developing a violin playing robot–bowing by anthropomorphic robot arm and sound analysis. In Robot and Human interactive Communication, 2007. RO–MAN 2007. The 16th IEEE International Symposium on (pp. 763–768). IEEE.

[10] Shibuya, K., Matsuda, S., & Takahara, A. (2007, August). Toward developing a violin playing robot–bowing by anthropomorphic robot arm and sound analysis. In Robot and Human interactive Communication, 2007. RO–MAN 2007. The 16th IEEE International Symposium on (pp. 763–768). IEEE.

[11] Wonse Jo, Hyeonjun Park, Bumjoo Lee, Donghan Kim. A study on improving sound quality of violin playing robot. In: Automation, Robotics and Applications (ICARA), 2015 6th International Conference on. IEEE, 2015. p. 185–191.

박 현 준

• 2014년 2월 호서대학교 학사(졸)
• 2014년 3월~현재 경희대학교 전자 · 전파공학과 석사과정

〈관심분야〉
Human–Robot Interaction, 생체모방로봇

김 동 한

• 1996년 2월 한국과학기술원 학사(졸)
• 1998년 2월 한국과학기술원 석사(졸)
• 2003년 2월 한국과학기술원 박사(졸)
• 2003년 3월~2004년 2월 일리노이 주립대학교 Post Doc.
• 2004년 3월~2007년 2월 삼성전자 무선사업부 책임연구원
• 2007년 3월~현재 경희대학교 전자정보대학 교수

〈관심분야〉
로보틱스, Human–Robot Interaction

휴머노이드 로봇을 위한 다양한 환경에서의 걸음새 생성 기술 연구

Ⅰ. 서 론

오늘날 휴머노이드 로봇에 관한 연구는 하드웨어의 개발과 함께 다양한 움직임을 위해 빠르게 발전되어 왔다. 그리하여 안정적 보행이 가능한 다양한 휴머노이드 로봇들이 개발되어 왔다.[1-4] 대부분 휴머노이드 로봇들의 걸음새 생성 알고리즘들에서는 지면이 평평하다고 가정하였다. 그러나 실제 환경에는 평지뿐만 아니라 경사, 계단, 비평탄 지형 또한 존재한다. 그러므로 휴머노이드 로봇을 위한 다양한 환경에서의 걸음새 생성에 관한 연구 또한 로보틱스 분야의 핵심 연구 주제 중 하나이다.

본 논문에서는 다양한 환경에서의 휴머노이드 로봇의 가변적인 보행을 위한 걸음새 생성기를 소개한다. 경사, 계단, 비평탄 지형에서의 걸음새 생성에 관한 이전 연구들에서의 휴머노이드 로봇들은 무게 중심의 움직임 조정을 위한 추가 발걸음 없이 한발/양발지지 시간, 정면/측면 방향으로의 보폭, 발의 높이, 발의 방향과 같은 걸음새의 요소들을 독립적으로 변경하는 것이 불가능하였다.[5-7] 게다가 앞뒤 방향으로만 기울어진 경사에서의 보행만을 고려하였다. 그러나 실제 인간 환경에는 앞뒤뿐만 아니라 좌우로도 기울어진 경사가 존재한다. 본 논문에서 소개하는 가변적 걸음새 생성기에서는 실시간으로 zero moment point (ZMP) 변화를 가능하게 하여 무게 중심의 움직임 조정을 위한 추가 발걸음 없이 경사, 계단, 비평탄 지형에서 걸음새의 요소들을 독립적으로 변경할 수 있도록 하였다.[8,9,10]

실제 환경에서의 휴머노이드 로봇의 보행을 위해서는 다양한 환경에서의 걸음새 생성 알고리즘의 개발이 필요하다.

홍 영 대
아주대학교 전자공학과

2장에서는 이러한 가변적 걸음새 생성기에 대해서 구체적으로 알아본다. 1절에서는 가변적 걸음새 생성기의 입력인 3차원 걸음새 입력을 소개하고 2절에서는 다양한 환경에서 안정적으로 보행하기 위한 휴머노이드 로봇의 무게 중심 궤적 생성에 대해서 설명한다. 3절과 4절에서는 걸음새 입력의 보행 상태로의 전환과 발의 궤적 생성에 대해 설명하고 5절에서는 걸음새 생성기의 전체 과정에 대해서 설명한다. 3장에서는 가변적 걸음새 생성기를 이용한 경사, 계단, 비평탄 지형에서의 시뮬레이션과 실험 결과를 확인하고 마지막으로 4장에서 결론으로 끝을 맺는다.

실시간 ZMP 변화를 통해 휴머노이드 로봇이 매 발걸음마다 독립적인 걸음새 변경이 가능하게 된다.

Ⅱ. 걸음새 생성 기술

1. 3차원 걸음새 입력

경사, 계단, 비평탄 지형 등 다양한 환경에서의 가변적 보행을 위해 다음과 같이 한발지지 시간, 양발지지 시간, 정면 보폭, 측면 보폭, 발의 높이, 발의 방향을 3차원 걸음새 입력으로 정의하였다.

정의 1: 3차원 걸음새 입력

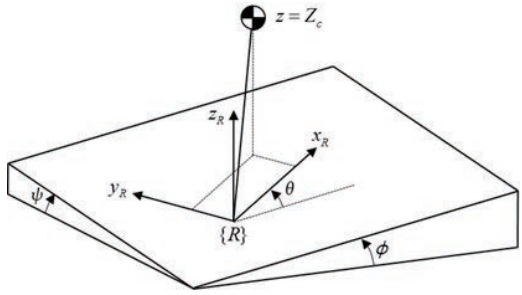
$$c = [T^{ss}_{l/r} \;\; T^{ds}_{l/r} \;\; S_{l/r} \;\; L_{l/r} \;\; H_{l/r} \;\; \theta_{l/r}]$$

$T^{ss}_{l/r}$: 한발지지 시간
$T^{ds}_{l/r}$: 양발지지 시간
$S_{l/r}$: 정면 보폭
$L_{l/r}$: 측면 보폭
$H_{l/r}$: 발의 높이
$\theta_{l/r}$: 발의 방향

2. 무게 중심 궤적 생성

휴머노이드 로봇의 보행은 한발지지 상태와 양발지지 상태로 구성된다. 한발지지 상태의 휴머노이드 로봇은 3차원 선형 역진자 모델(3-dimensional linear inverted pendulum model, 3-D LIPM)로 근사화 할 수 있다.[11]

이는 지지하는 다리가 무게가 없는 막대이고 모든 질량이 수직 운동이 없는 한 점에 모여 있다고 가정한다. 앞뒤 좌우로 모두 기울어진 경사 위에서의 휴머노이드 로봇의 보행을 위해 〈그림 1〉과 같이 모델링하였다.



〈그림 1〉 앞뒤 좌우로 기울어진 경사 위의 3-D LIPM

그리고 수직 방향으로의 무게 중심의 움직임은 없다고 가정하여 위 모델의 동역학 방정식을 유도하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} \ddot{y} - \dfrac{g\,C_\phi C_\psi}{Z_c} y - g\,S_\phi S_\theta + g\,S_\psi\,C_\theta \\ \ddot{x} - \dfrac{g\,C_\phi C_\psi}{Z_c} x - g\,S_\phi C_\theta + g\,S_\psi\,S_\theta \end{bmatrix} = -\frac{g\,C_\psi\,C_\theta}{Z_c}\begin{bmatrix} y_{zmp} \\ x_{zmp} \end{bmatrix}$$

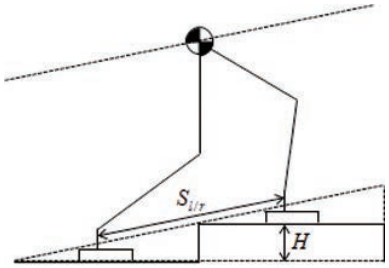
여기서 $[x\ y\ z]$는 무게 중심의 위치이고, $[x_{zmp}\ y_{zmp}]$는 zero moment point(ZMP) 이다. ϕ와 ψ는 경사의 앞뒤 좌우로의 기울어진 각도이다. S_θ와 C_θ는 각각 $sin\theta$와 $cos\theta$를 나타낸다. 위 식은 ZMP와 앞뒤 좌우로 기울어진 경사 위의 3-D LIPM의 무게 중심 움직임 간의 관계를 나타내고 이로부터 다음과 같은 정면과 측면 방향으로 무게 중심의 움직임 방정식을 얻을 수 있다.

정면 방향:

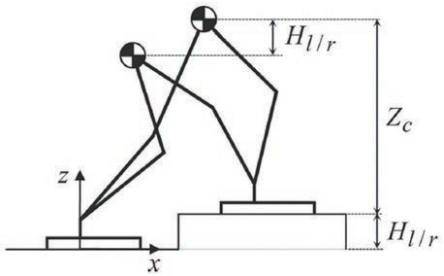
$$\begin{bmatrix} x_f \\ v_f T_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ch(t) & Sh(t) \\ Sh(t) & Ch(t) \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_i \\ v_i T_c \end{bmatrix} - \frac{1}{T_c}\begin{bmatrix} Sh(t)*p(t) \\ Ch(t)*p(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -g\,T_c^2(S_\phi C_\theta + S_\psi S_\theta)(-1 + Ch(t)) \\ -g\,T_c^2(S_\phi C_\theta + S_\psi S_\theta)Sh(t) \end{bmatrix}$$

측면 방향:

$$\begin{bmatrix} y_f \\ w_f T_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ch(t) & Sh(t) \\ Sh(t) & Ch(t) \end{bmatrix}\begin{bmatrix} y_i \\ w_i T_c \end{bmatrix} - \frac{1}{T_c}\begin{bmatrix} Sh(t)*q(t) \\ Ch(t)*q(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -g\,T_c^2(S_\phi S_\theta + S_\psi C_\theta)(-1 + Ch(t)) \\ -g\,T_c^2(S_\phi S_\theta + S_\psi C_\theta)Sh(t) \end{bmatrix}$$



〈그림 2〉 계단 위의 3-D LIPM



〈그림 3〉 비평탄 지형 위의 3-D LIPM

여기서 $(x_i, v_i)/(x_f, v_f)$와 $(y_i, w_i)/(y_f, w_f)$는 각각 정면과 측면 방향으로의 무게 중심의 시작과 끝의 위치와 속도를 나타낸다. $Sh(t)$와 $Ch(t)$는 각각 $\sinh(t/T_c)$와 $\cosh(t/T_c)$로 정의되고 T는 남아 있는 한발지지 시간을 의미한다. $p(t)$와 $q(t)$는 각각 정면과 측면 움직임을 위한 ZMP 함수들로 각각 상수 함수와 계단 함수로 선정되었다.

위 식의 오른쪽 첫 번째 항과 두 번째 항은 각각 동역학 방정식의 일반해와 특수해에 해당한다. 고정된 ZMP가 아닌 ZMP 함수와 함께 특수해를 고려함으로써, ZMP 궤적을 변화시켜 제한되지 않고 확장된 무게 중심의 움직임이 가능하게 한다. 그 결과 휴머노이드 로봇이 실시간으로 매 발걸음마다 걸음새를 독립적으로 변경하는 것이 가능하게 된다. 그리고 마지막 항은 경사의 앞뒤 좌우로 기울어진 각도와 로봇의 발의 방향에 따라 경사에서의 보행을 위해 무게 중심을 이동시켜주는 역할을 한다.

경사, 계단, 비평탄 지형 위에서의 휴머노이드 로봇을 3-D LIPM으로 모델링하여 안정적 보행이 가능한 무게 중심 궤적을 생성한다.

계단 위에서의 휴머노이드 로봇의 모델링은 앞뒤로 기울어진 경사 위에서와 비슷하다 (〈그림 2〉). 계단 위에서의 3-D LIPM의 무게 중심의 움직임 방정식은 경사 위에서의 3-D LIPM의 동역학 방정식으로부터 얻어지고 모든 다리 관절의 궤적은 발목 관절의 피치(pitch) 각도를 제외하고 경사 위에서의 것과 동일하다. 계단을 올라가거나 내려가기 위해서는 발바닥이 계단과 평행하도록 발목이 돌아가면 된다. 이 때의 발목 각도는 경사 위에서의 정면 방향으로의 보폭과 계단의 높이를 통해서 얻을 수 있다.

또한 비평탄 지형에서의 보행을 위해, 일정한 무게 중심의 높이 대신, 양발지지 상태에서의 수직 방향으로의 무게 중심 궤적을 발의 높이 $H_{l/r}$을 만족하도록 다음과 같이 생성한다.

$$z(t) = -2\frac{H_{l/r}}{T_{l/r}^{ds^3}}t^3 + 3\frac{H_{l/r}}{T_{l/r}^{ds^2}}t^2 + Z_c$$

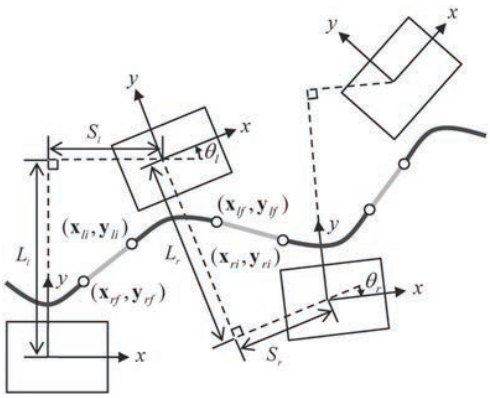
수직 방향으로의 무게 중심 궤적은 〈그림 3〉과 같이 한발지지 상태에서는 일정한 값을 유지하고 있다가 양발지지 상태 동안 발의 높이만큼 3차 스플라인 보간법에 의해 이동하게 된다.

3. 걸음새 입력의 보행 상태로의 전환

3-D LIPM의 상태를 나타내기 위해 다음과 같이 무게 중심의 위치와 속도를 보행 상태로 정의하였다.

정의 2: 보행 상태

$\mathbf{x} = [x \ T_c v]^T$ 정면 방향 보행 상태



〈그림 4〉 걸음새 입력에 따른 보행 상태

y = $[y\ T_c w]^T$ 측면 방향 보행 상태

그리고 〈그림 4〉와 같이 걸음새 입력으로부터 그에 대응하는 보행 상태가 다음과 같이 얻어진다.

$$\zeta_{lf} = (A_r^* A_l^* - I)^{-1}(A_r^* b_l^* - A_r^* e_r + b_r^* - e_l)$$
$$\zeta_{rf} = (A_l^* A_r^* - I)^{-1}(A_l^* b_r^* - A_l^* e_l + b_l^* - e_r)$$

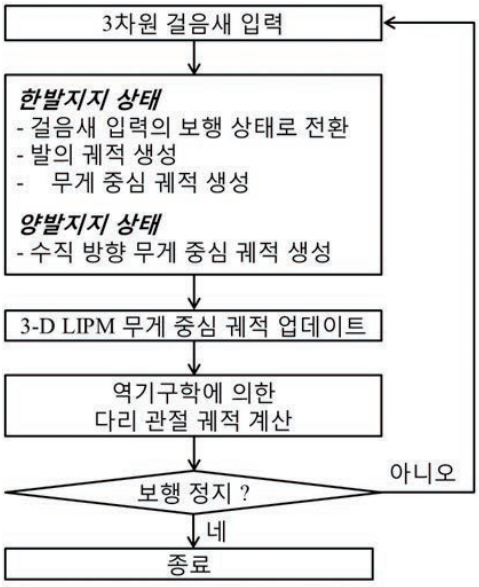
여기서 $\zeta_{l/rf}$는 보행 상태의 벡터 형태이고 $A_{l/r}^*$, $b_{l/r}^*$, $e_{l/r}$에는 걸음새 입력에 관한 정보가 포함되어 있다.

4. 발 궤적 생성

스윙 다리의 정면과 측면 방향으로의 궤적 (x_{foot}, y_{foot})은 3차 스플라인 보간법에 의해 다음과 같이 생성한다.

$$x_{foot}(t) = -2\frac{S_{l/r} + S_{r/l}^{pre}}{T_{l/r}^{ss^3}}t^3 + 3\frac{S_{l/r} + S_{r/l}^{pre}}{T_{l/r}^{ss^2}}t^2 + S_{r/l}^{pre}$$
$$y_{foot}(t) = -2\frac{L_{l/r} + L_{r/l}^{pre}}{T_{l/r}^{ss^3}}t^3 + 3\frac{L_{l/r} + L_{r/l}^{pre}}{T_{l/r}^{ss^2}}t^2 + L_{r/l}^{pre}$$

여기서 $S_{r/l}^{pre}$와 $L_{r/l}^{pre}$은 각각 이전 발걸음에서의 정면과 측면 보폭을 나타낸다. 그리고 스윙 다리의 수직 방향으로의 궤적 $z_{foot}(t)$는 싸이클로이드 함수와 3차 스플라인 보간법에 의해 다음과 같이 생성한다.



〈그림 5〉 걸음새 생성기 전체 과정

$$z_{foot}(t) = R\left\{1 - \cos\left(\frac{2\pi t}{T_{l/r}^{ss}}\right)\right\} + \triangle z_{foot}(t)$$

$with$

$$\triangle z_{foot}(t) = -2\frac{H_{l/r} + H_{r/l}^{pre}}{T_{l/r}^{ss^3}}t^3 + 3\frac{H_{l/r} + H_{r/l}^{pre}}{T_{l/r}^{ss^2}}t^2 + H_{r/l}^{pre}$$

여기서 R은 싸이클로이드 원의 반지름을 나타내고 $H_{r/l}^{pre}$는 이전 발걸음에서의 발의 높이를 나타낸다.

5. 전체 과정

〈그림 5〉는 가변적 걸음새 생성기의 전체 과정을 나타낸다. 3차원 걸음새 입력이 매 제어 주기마다 걸음새 생성기에 입력된다. 한발지지 상태에서는 걸음새 입력이 보행 상태로 전환되어 무게 중심의 궤적이 생성되고 발의 궤적이 생성된다. 양발지지 상태에서는 정면과 측면 방향으로의 무게 중심의 궤적은 일정 속도로 이동하고 수직 방향으로의 무게 중심의 궤적은 발의 높이에 따라 생성된다. 결과적으로 3-D LIPM의 무게 중심 궤적이 업데이트되고 역기구학에 의해 모든 다리 관절의 궤적이 계산된다. 이 과정은 휴머노이드 로봇의 보행이 정지될 때까지 반복된다.

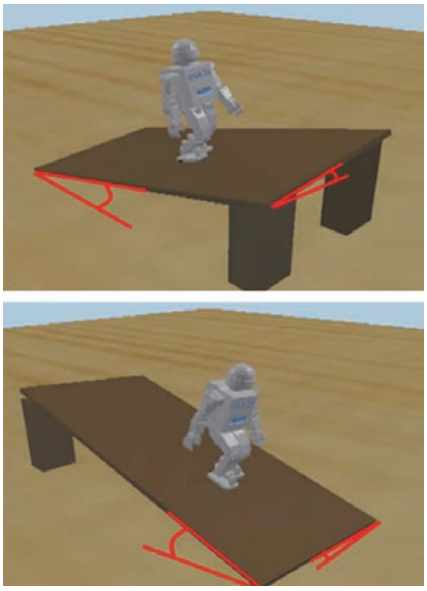
Ⅲ. 시뮬레이션 및 실험

1. 경사 위의 가변적 보행

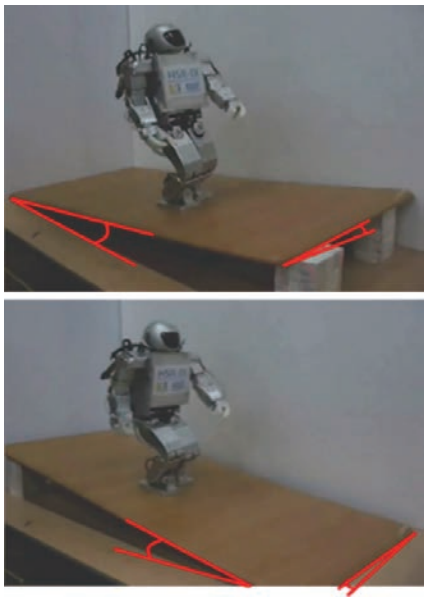
앞뒤 좌우로 기울어진 경사 위에서의 가변적인 보행은 시뮬레이션과 실험을 통해 수행되었다. 시뮬레이션 환경에서는 경사의 기울어진 각도가 각각 앞뒤로는 −20.0°~20.0°, 좌우로는 −8.0°~8.0°의 범위에서 로봇의 일직선 보행이 가능하였다. 그리하여 시뮬레이션은 앞뒤와 좌우로 각각 15.0°와 5.0° / −15.0°와 −5.0°로 동시에 기울어진 경사 위에서 수행되었고 (〈그림 6〉) 로봇이 일정한 보행 주기로 정면, 측면 보폭, 발의 방향을 매 발걸음마다 변경하면서 안전하게 걷는 것을 확인하였다 (〈그림 7〉).

실험 환경에서는 경사의 기울어진 각도가 각각 앞뒤로

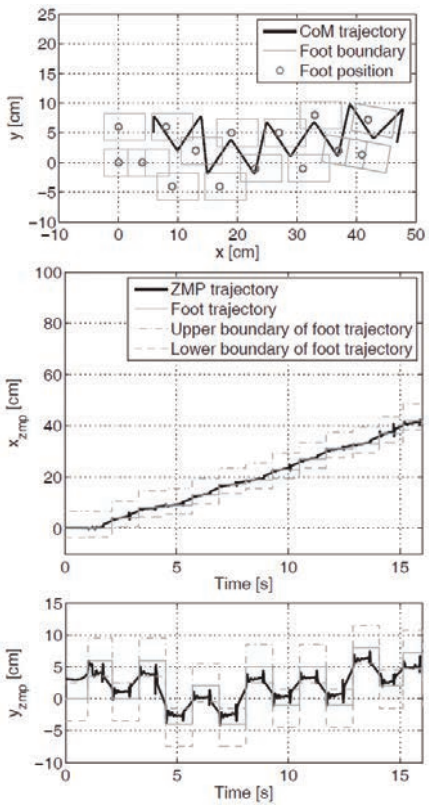
는 −12.0°~12.0°, 좌우로는 −6.0°~6.0°의 범위에서 로봇의 일직선 보행이 가능하였다. 그리하여 실험은 앞뒤와 좌우로 각각 8.0°와 4.0°로 동시에 기울어진 경사 위에서 수행되었고 (〈그림 8〉) 로봇이 일정한 보행 주



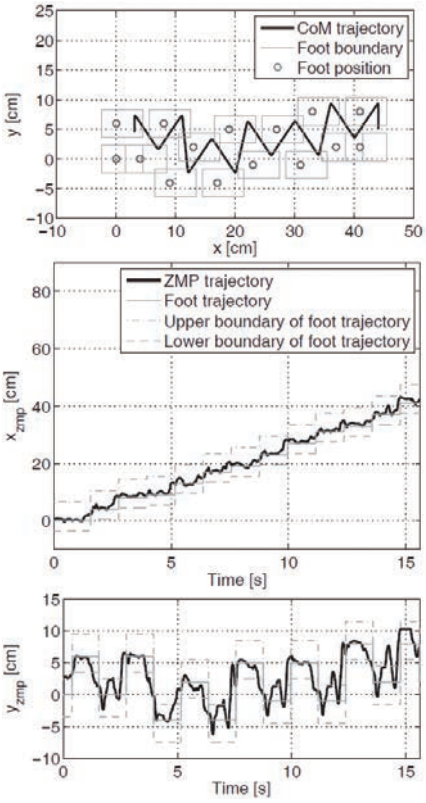
〈그림 6〉 시뮬레이션: 앞뒤 좌우로 기울어진 경사 위의 가변적 보행



〈그림 8〉 실험: 앞뒤 좌우로 기울어진 경사 위의 가변적 보행



〈그림 7〉 시뮬레이션: 앞뒤 좌우로 기울어진 경사 위의 가변적 보행 시 생성된 걸음새 및 무게 중심 궤적, 측정된 ZMP 궤적

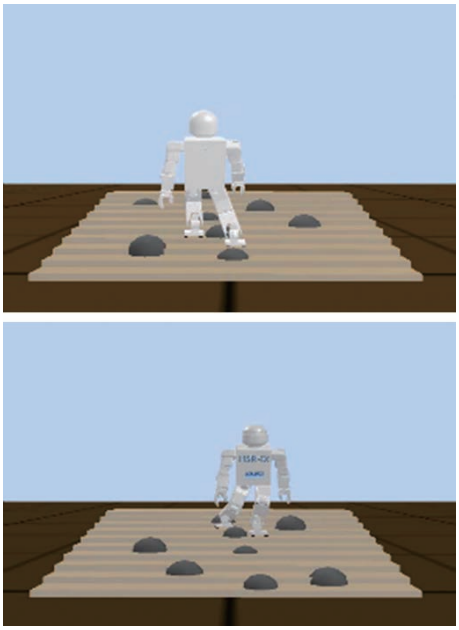


〈그림 9〉 실험: 앞뒤 좌우로 기울어진 경사 위의 가변적 보행 시 생성된 걸음새 및 무게 중심 궤적, 측정된 ZMP 궤적

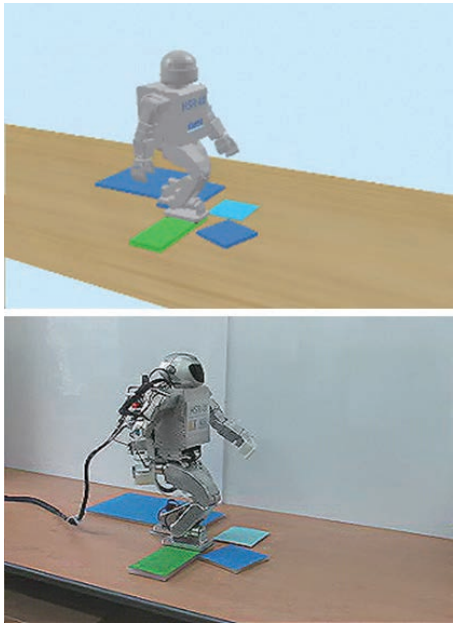
기로 정면, 측면 보폭, 발의 방향을 매 발걸음마다 변경하면서 안전하게 걷는 것을 확인하였다 (〈그림 9〉).

2. 계단 위의 가변적 보행

계단 위에서의 가변적 보행은 시뮬레이션을 통해 수행되었다. 시뮬레이션 환경에서는 높이 2.0 cm, 깊이 9.0 cm의 계단 위에 가변적 보행의 성능을 검증하기 위해 장애물들을 배치하였다. 시뮬레이션 결과, 로봇이 일정한 보행 주기로 측면 보폭을 매 발걸음마다 변경하면서 장애물들과 충돌 없이 계단 위를 안전하게 걷는 것을 확인하였다 (〈그림 10〉).



〈그림 10〉 계단 위의 가변적 보행



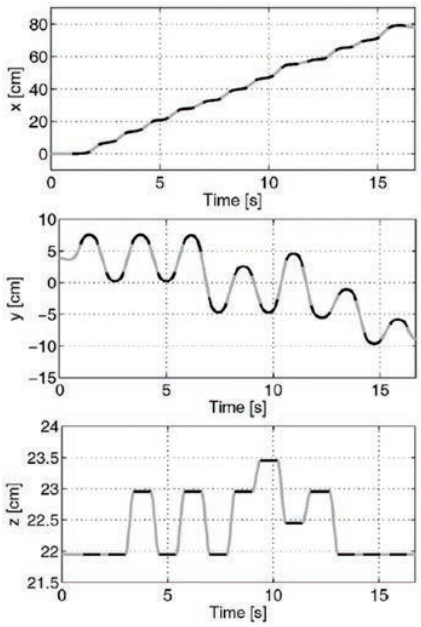
〈그림 11〉 비평탄 지형 위의 가변적 보행

3. 비평탄 지형 위의 가변적 보행

비평탄 지형 위에서의 가변적 보행은 시뮬레이션과 실험을 통해 수행되었다. 시뮬레이션과 실험은 서로 높이 (0.5, 1.0, 1.5 cm), 크기, 방향이 다른 다섯 개의 판이 존재하는 비평탄 지형에서 수행되었다 (〈그림 11〉). 그 결과, 로봇이 매 발걸음마다 정면, 측면 보폭, 발의 높이, 발의 방향을 변경하면서 안정적으로 걷는 것을 확인하였고 〈그림 12〉은 이 때 생성된 무게 중심의 궤적들을 나타낸다.

Ⅵ. 결 론

인간 환경에 존재할 수 있는 경사, 계단, 비평탄 지형에서 매 발걸음마다 한발, 양발지지 시간, 정면, 측면 방향으로의 보폭, 발의 높이, 발의 방향 등 걸음새의 요소들을



〈그림 12〉 비평탄 지형 위의 가변적 보행을 위한 무게 중심 궤적

독립적으로 변경할 수 있는 가변적 걸음새 생성기를 살펴보았다. 소개된 걸음새 생성기는 실시간 ZMP 변화를 이용하여 가변적 보행이 가능하게 하였고 시뮬레이션과 실험을 통해 그 성능을 검증하였다.

참 고 문 헌

[1] Y. Sakagami, R. Watanabe, C. Aoyama, S. Matsunaga, N. Higaki, and K. Fujimura, "The intelligent ASIMO: system overview and integration," in Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robot. Syst., 2002, pp. 2478–2483.

[2] K. Akachi, K. Kaneko, N. Kanehira, S. Ota, G. Miyamori, M. Hirata, S. Kajita, and F. Kanehiro, "Development of humanoid robot HRP–3P," in Proc. IEEE–RAS Int. Conf. Humanoid Robots, 2005, pp. 50–54.

[3] Y. Ogura, H. Aikawa, K. Shimomura, H. Kondo, A. Morishima, H.–O. Lim, and A. Takanishi, "Development of a new humanoid robot WABIAN–2," in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom., 2006, pp. 76–81.

[4] I.–W. Park, J.–Y. Kim, J. Lee, and J.–H. Oh, "Online free walking trajectory generation for biped humanoid robot KHR–3(HUBO)," in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom., 2006, pp. 1231–1236.

[5] W. Huang, C.–M. Chew, Y. Zheng, and G.–S. Hong, "Pattern generation for bipedal walking on slopes and stairs," in Proc. IEEE–RAS Int. Conf. Humanoid Robot., 2008, pp. 205–210.

[6] J.–Y. Kim, I.–W. Park, and J.–H. Oh, "Realization of dynamic stair climbing for biped humanoid robot using force/torque sensors," J. Intell. Robot. Syst., vol. 56, no. 4, pp. 389–423, 2009.

[7] T. Aoyama, K. Sekiyama, Y. Hasegawa, and T. Fukuda, "3–D biped walking over rough terrain based on the assumption of point–contact," in Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robot. Syst., 2010, pp. 3163–3168.

[8] B.–J. Lee, D. Stonier, Y.–D. Kim, J.–K. Yoo, and J.–H. Kim, "Modifiable Walking Pattern of a Humanoid Robot by Using Allowable ZMP Variation," IEEE Trans. Robot., vol. 24, no. 4, pp. 917–925, Apr. 2008.

[9] Y.–D. Hong, B.–J. Lee, and J.–H. Kim, "Command state–based modifiable walking pattern generation on an inclined plane in pitch and roll directions for humanoid robots," IEEE/ASME Trans. Mechatron., vol. 16, no. 4, pp. 783–789, Aug. 2011.

[10] Y.–D. Hong and J.–H. Kim, "3–D command state–based modifiable bipedal walking on uneven terrain," IEEE/ASME Trans. Mechatron., vol. 18, no. 2, pp. 657–663, Apr. 2013.

[11] S. Kajita, F. Kanehiro, K. Kaneko, K. Fujiwara, K. Yokoi, and H. Hirukawa, "A realtime pattern generator for biped walking," in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom., 2002, vol. 1, pp. 31–37.

홍 영 대

- 2007년 2월 한국과학기술원(KAIST) 학사 졸업
- 2009년 1월 한국과학기술원(KAIST) 석사 졸업
- 2013년 2월 한국과학기술원(KAIST) 박사 졸업
- 2013년 2월~2014년 8월 현대자동차 중앙연구소 책임연구원
- 2014년 9월~현재 아주대학교 전자공학과 조교수

〈관심분야〉
휴머노이드 로봇, 착용식 근력증강/보행보조 로봇, 생체모방 제어, 진화최적화

슬프게 걸어가는 휴머노이드 로봇

Ⅰ. 서 론

휴머노이드 로봇은 일반적으로 20~45개의 액추에이터(모터)로 구성되어 있는 복잡한 구조의 로봇 플랫폼이다. 대학교의 로봇공학 교재들[1-2]이 최대 6자유도의 로봇 팔(manipulator)이나 2개의 바퀴가 달린 모바일 로봇을 대상으로 기구학(kinematics)과 동역학(dynamics) 등의 기본 이론을 설명하는 것을 생각하면, 이 정도의 높은 자유도를 이용해서 보행이나 동작을 구현하는 것은 결코 만만치 않음을 알 수 있다.

휴머노이드 로봇은 인간처럼 직립한 상태에서 움직이는 경우가 많으며, 이 상황에서 로봇을 움직이는 데 있어서 가장 큰 어려움은 바로 취약한 자세 안정성에 있다. 특히 이족보행(biped walking)을 위해서 로봇이 한쪽 발을 들 경우, zero moment point(ZMP, 영모먼트점)가 지지하는 발바닥 안에 위치해야 안정성을 확보할 수 있는데, 이는 여전히 복잡하고 어려운 기술이다.

본 고에서는 휴머노이드 로봇의 정서적 보행을 구현하는 과정을 단계적으로 요약하여 설명함으로써 휴머노이드 로봇 교육의 새로운 패러다임을 제시한다.

또한 수 천만원에서 수 억원씩 하는 휴머노이드 로봇으로 모션이나 보행 실험을 하다가 무리한 동작으로 팔이나 다리가 파손되거나 고장나는 경우가 발생하는 것을 미연에 방지하기 위해 모든 모션을 적용하기 전에 반드시 컴퓨터에서 시뮬레이션을 해 봐야 한다. 2015년 6월에 개최 된 DARPA Robotics Challenge(DRC) 결승전에서 대부분의 참가팀이 로봇용 메타 운영체제인 ROS(Robot Operating System) 기반에서 Gazebo 시뮬레이터로 로봇의 움직임을 3차원 그래픽으로 시뮬레이

김 종 욱
동아대학교 전자공학과

션하면서 각종 미션을 수행한 것이 바로 그런 이유 때문이다.

본고에서는 로보티즈 사의 최신 휴머노이드 로봇 플랫폼인 로보티즈-OP(이하 OP)의 정서적 보행을 구현하는 과정을 [3]에서 소개된 내용을 요약하여 단계적으로 설명함으로써 휴머노이드 로봇 교육의 새로운 패러다임을 제시하고자 한다. 이를 위한 예로서 본고에서는 이족보행의 새로운 시도인 '휴머노이드 로봇이 슬픈 상태에서 걸어가는 것'을 구현하고자 한다.

2장에서는 최적화 알고리즘을 사용하여 일반적 보행 패턴을 시뮬레이션 하는 것을 설명하고, 3장에서는 OP의 미들웨어인 optWalk의 구조와 반사신경제어를 설명하며, 보행에 정서를 가미하기 위해 휴머노이드 로봇의 보행 속도, 보폭, 상체각, 눈의 LED 색깔 조정 등의 파라미터를 조절하는 원리를 설명하고 OP로 정서적 보행을 구현한 결과를 보인다. 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시하며 끝을 맺는다.

DH법은 링크 좌표계 간의 기하학적 관계를 수학적으로 표현하는 방법이며, 휴머노이드 로봇을 모델링하는데 필수적이다.

Ⅱ. 최적 이족보행 시뮬레이션

본 장에서는 최적 이족보행을 위한 관절의 궤적을 자동으로 생성하는 과정을 설명하고자 한다. 이를 위해 필요한 지식은 기구학적 모델링, ZMP 개념, 관절 궤적 생성, 최적화 알고리즘이다.

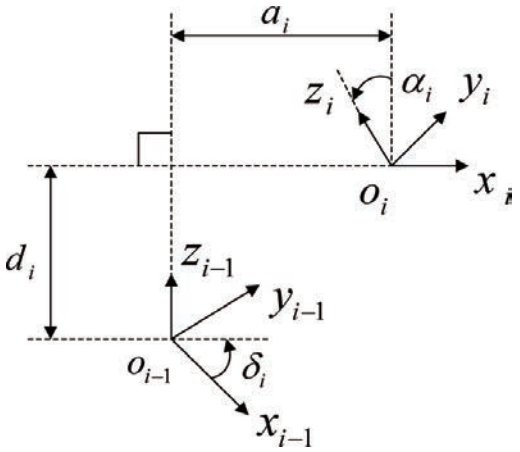
1. 기구학-로봇은 어떻게 표현되는가?

앞서 말했듯이, 이족보행을 포함한 전신 모션을 만들기 위해서는 시뮬레이터가 필요한데 이를 위해 기본적으로 필요한 것이 로봇을 수학적으로 모델링하는 것이다. 모델링의 첫 단계는 로봇의 링크와 관절을 정하는 것인데, 링크는 인체의 뼈처럼 로봇 전신의 형상을 튼튼하게 유지하는 역할을 하고, 관절은 링크를 회전시키거나(회전관절), 전후로 이동(병진관절)시킴으로써 로봇이 움직이게 하는 역할을 한다.

로봇의 링크와 관절의 숫자와 규격이 정해지면 각 링크에 지역(local) 직교좌표계를 할당해야 한다. 만약 A라는 사람이 거대한 휴머노이드 로봇의 어깨에 서 있고, B라는 사람은 그 로봇의 왼팔에 붙어 있다고 가정하자. 이 로봇이 왼팔을 앞뒤로 흔들때 A가 B를 보면 왼팔과 함께 B의 좌표와 방향이 바뀌는 것을 볼 것이고, 거꾸로 B가 A를 보면 A의 좌표와 방향이 반대 방향으로 바뀔 것이다. 하지만 B가 로봇의 왼손을 본다면 왼팔에 붙어 있기 때문에 로봇이 아무리 왼팔을 흔들어도 왼손의 좌표와 방향은 동일한 것처럼 보일 것이다. 이처럼 모든 링크는 상대적인 지역좌표계를 가지고 있으며, 링크별 지역좌표계의 x, y, z 축과 원점을 정하는 방식은 사람마다 다를 수 있다. 이 문제를 해결하기 위해 고안된 것이 바로 Denavit- Hartenberg(DH)법이다[5].

〈그림 1〉은 로봇공학 교재에서 반드시 소개되는 DH법의 두 인접한 좌표계($x_{i-1}y_{i-1}z_{i-1}$, $x_iy_iz_i$)간의 기하학적 관계도로서, δ_i는 $i-1$번째 좌표계를 z_{i-1}축을 중심으로 회전시킨 각도(관절각), d_i는 이렇게 변환된 좌표계를 다시 z_{i-1}축을 따라 이동시킨 거리(링크 오프셋), a_i는 이렇게 변환된 좌표계의 x_i축을 따라 좌표계를 이동시킨 거리(링크 길이), 마지막으로 a_i는 x_i축을 중심으로 좌표계를 회전시킨 각도(링크 비틀림)를 의미한다. 그리고 두 좌표계 간의 변환관계는 4×4 행렬로 표현된다[2].

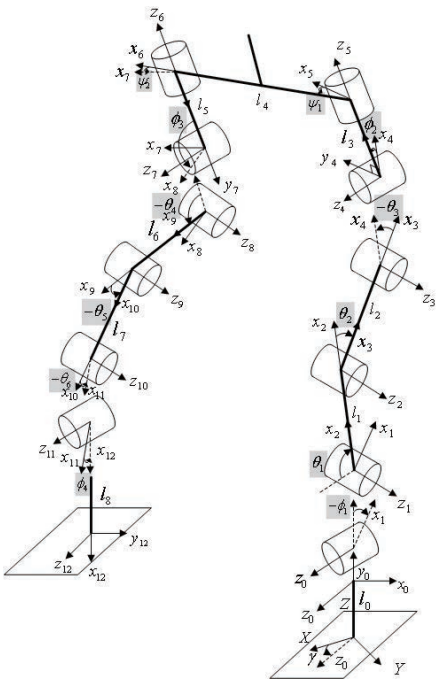
〈그림 1〉과 같이 DH법은 두 인접한 링크에 고정되어



〈그림 1〉 DH법을 이용한 좌표계 간의 기하학적 관계도

있는 좌표계 간의 기하학적 관계를 표현한 것이므로, 그 다음 링크의 좌표계에도 이 방법을 순차적으로 적용하면 아무리 자유도가 높은 다관절 로봇이라 하더라도 기준좌표계(지지하는 다리의 발에 위치)로부터 다리와 팔, 머리의 말단부까지 모두 표현할 수 있다. 〈그림 2〉는 왼발로 지지(기준좌표계가 왼발에 위치)하고 있는 휴머노이드 로봇의 하체를 DH법을 따라서 정의한 것으로, 시상면(sagittal plane, 로봇을 옆에서 본 평면) 관절변수는 θ_1~θ_6, 관상면(coronal plane, 로봇을 앞에서 본 평면) 관절변수는 ϕ_1~ϕ_4, 횡평면(transversal plane, 로봇을 위에서 본 평면) 관절변수는 ψ_1~ψ_2이다. 그런데 발을 바꿔서 오른발로 지지하는 경우에는 기준좌표계가 오른발에 위치하므로 세 평면의 관절변수의 위치가 서로 바뀌게 된다. 각 좌표계의 DH 파라미터와 자세한 내용은 [3]을 참고하기 바란다.

지금까지 12자유도의 휴머노이드 로봇 하체를 DH법을 이용해서 모델링하는 과정을 설명했다. 상체도 동일한 원리로 각 링크별로 지역좌표계를 구현한 후, 전역(global) 직교좌표계에서 통합해서 표현하면 된다.



〈그림 2〉 휴머노이드 로봇 하체의 DH법 모델링

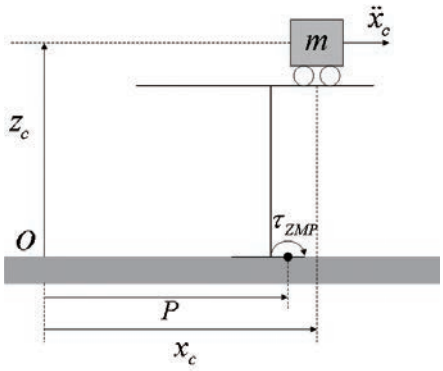
2. ZMP-로봇의 자세 안정도

〈그림 2〉에 나타낸 하체의 12개 관절과 상체 8개 관절에 특정 각도 값을 부여하면 그에 따라 휴머노이드 로봇은 하나의 정지 자세를 취할 것이다. 그리고 그 정지 자세를 제어기에서 샘플 타임 간격으로 조금씩 조정해서 전송한다면 로봇은 움직이게 된다.

휴머노이드 로봇의 발바닥은 바퀴나 무한궤도에 비해 상대적 면적이 작은 편이므로, 로봇이 움직이는 동안 자세 안정도를 유지하기가 상당히 어렵다. 이를 위해서는 자세 안정도를 측정하는 방법이 필요한데, Vukobratović 은 1968년에 ZMP 이론을 발표했다[6]. 이 이론에 따르면 로봇의 모든 관절이 발생시키는 힘의 총합을 한 지점에서 발생하는 단일 힘으로 표현한 후, 이 힘이 영이 되게 하는 점의 위치를 계산한다. 이 점을 ZMP라 하며, 지지하는 발(한 발 또는 양 발)의 바닥이 만드는 다각형 안에 ZMP가 있으면 이 로봇은 그 순간 안정하다는 것이다.

로봇의 자세 안정도를 측정하기 위해 지지하는 다리의 발바닥이 만드는 다각형 안에 ZMP가 존재하는지를 확인해야 한다.

〈그림 3〉은 ZMP를 이해하기 쉽게 설명한 카트-테이블 모델로서 카트는 휴머노이드 로봇의 무게 중심점, 테이블의 지지대는 로봇을 지지하는 발을 의미한다. 카트가 테이블의 가운데에 위치하면 안정적이지만, 테이블의 지지대를 벗어나서 앞 쪽에 위치하면 중력에 의해 발생된 토크($mg(x_c-P)$)에 의해 테이블은 앞으로 넘어질 것이다.



〈그림 3〉 ZMP를 설명하기 위한 카트-테이블 모델

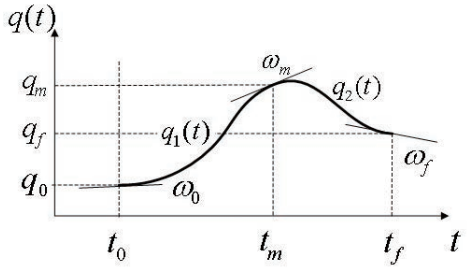
이 순간 카트가 $\ddot{x}_c$의 가속도로 전진하면 어떤 일이 발생할까? 바로 '작용-반작용의 원리'에 의해 카트가 발생시킨 힘만큼 테이블이 뒤로 밀리게 되는데 바닥의 마찰력 때문에 그만큼의 회전력, 즉 역방향의 토크($-m\ddot{x}_c z_c$)가 발생하게 된다. 이 두 가지 상반되는 토크의 합을 계산해서 그 합이 0이 되게 하는 점 P가 바로 ZMP이다. 결과적으로 카트의 전진 때문에 ZMP가 테이블 지지대 안쪽으로 들어오게 되어 테이블이 앞으로 넘어지는 것을 방지한다.

그런데, 실제 휴머노이드 로봇은 분리되어 있지 않은데, 카트와 테이블 모델에서는 서로 분리되어 있어서 의아할 것이다. 이 모델에서 카트는 로봇의 전신을 지지하는 다리를 나타낸다면 테이블은 그 이외의 부분(들어 올린 다리, 상체와 팔, 머리를 모두 포함한 것)을 나타낸다. 그러므로 〈그림 3〉에서 카트가 앞으로 나가는 것은 들어 올린 다리를 앞으로 내뻗는 동작이나 상체를 앞으로 굽히는 동작을 의미한다. 그러므로 이족보행에서 전진하기 위해 한쪽 발을 들어 올리는 것은 카트가 앞으로 쏠리는 상황에 비유될 수 있고, 들어 올린 발을 앞으로 뻗는 것은 카트를 전진시키는 것과 같은 역할을 함으로써 자세 안정도를 강화하는 역할을 하는 것이다.

이러한 이유로 휴머노이드 로봇이 움직이는 동안 매 순간의 ZMP를 계산하여, 지지하는 다리의 발바닥이 만드는 다각형 안에 최대한 존재하는 지를 확인하는 것이 자세 안정도를 위해 필요하다.

3. 관절궤적 생성-로봇 움직이기

이제 로봇을 움직여 보도록 하자. 사람과 마찬가지로 구현하려는 모션과 관련된 관절을 적절히 부드럽게 회전시켜야 하고, 이 모든 관절 회전의 조합으로 로봇은 보행하고 움직이게 된다.



〈그림 4〉 2개의 구간을 가진 혼합다항함수로 표현된 회전각 궤적

관절을 회전시키기 위해서는 각 샘플 시간마다 회전각을 명령값으로 보내야 한다. 한두 개의 모터라면 일일이 회전각을 정해줄 수 있지만, OP만 해도 모터가 20개에 달하므로 각 모터에 대해 이렇게 하기에는 대단히 어렵다. 게다가 샘플 시간이 바뀌거나 특정 모터의 회전각을 증가 또는 감소시켜야 하는 경우 이 과정은 더욱 복잡해진다. 이러한 문제를 해결하는 방법은 각 관절에 몇 개의 파라미터로 조정할 수 있는 부드러운 다항함수 궤적을 할당하는 것이다. 특히, 휴머노이드 로봇의 경우 배터리를 사용하기 때문에 움직일 때 전력소비를 최소화해야 하는데, 이를 위해서 관절모터는 최대한 부드럽게 회전해야 한다.

부드러운 로봇 모션을 용이하게 만들기 위해, 저차의 다항함수를 이어 붙인 혼합 다항함수를 이용하여 관절의 각도각 궤적을 생성한다.

일반적으로 한 주기 동안의 관절각 궤적에 사용되는 다항함수는 최고차수가 3차에서 5차에 이르는데[2], 차수가 높아질수록 관절의 회전각 궤적의 모양은 복잡해진다. 이렇게 되면 최고차항의 계수에 따라 회전각이 큰 값으로 발산할 수 있는 문제점이 있다. 그러므로 저차의 다항함수를 유지하면서 다양한 궤적을 만들 수 있는 혼합 다항함수(blending polynomial)를 사용하는 것이 유리하다[2].

혼합 다항함수는 전체의 궤적을 원하는 구간으로 나누고 각 구간을 다음과 같이 3차의 다항함수로 표현한 다항함수이다.

$$q(t) = a_0 + a_1(t-t_0^i) + a_2(t-t_0^i)^2 + a_3(t-t_0^i)^3 \qquad t_0^i \le t \le t_f^i \tag{1}$$

여기서 $a_0, \cdots, a_3$는 궤적의 계수인데, 다음과 같이 i번째 구간의 시작시간 t_0^i와 마침시간 t_f^i의 각도와 각속도 조건으로 표현된다.

$$a_0 = q_0^i,\ a_1 = \omega_0^i,$$
$$a_2 = \frac{3(q_f^i - q_0^i) - (2\omega_0^i + \omega_f^i)(t_f^i - t_0^i)}{(t_f^i - t_0^i)^2} \tag{2}$$
$$a_3 = \frac{2(q_f^i - q_0^i) + (\omega_0^i + \omega_f^i)(t_f^i - t_0^i)}{(t_f^i - t_0^i)^3}$$

식에서 q_0^i, q_f^i와 ω_0^i, ω_f^i는 시작시간과 마침시간에서의 각도와 각속도를 각각 나타낸다. 이 네 값을 정해주면 식 (2)에서 네 개의 계수를 자동으로 계산하고, 이 값으로부터 식 (1)을 이용하여 *i*번째 구간의 회전각 궤적을 다항함수로 그릴 수 있다. 〈그림 4〉는 2개의 구간을 가진 다항함수 궤적을 예시한 것이다.

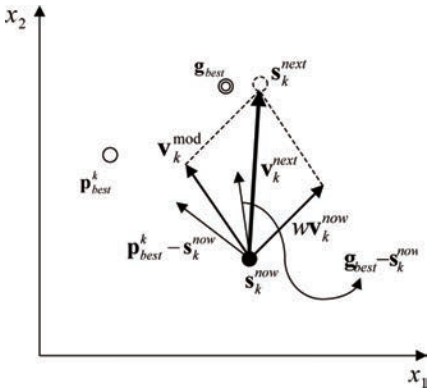
4. 최적화 알고리즘으로 보행패턴 자동 생성

지금까지의 내용을 잘 이해했다면 한 가지 의문이 생길 것이다.

"휴머노이드 로봇 모델도 구축했고, 자세 안정도를 나타내는 값으로 ZMP를 사용할 수 있으며, 각 모터에 보낼 각도 명령을 혼합다항함수로 표현하는 방법도 배웠다. 그런데, 보행을 위해 관절 모터에 명령값으로 보낼 각도 값은 어떻게 정할 수 있는가?"

사실, 로봇이 원하는 보폭과 속도로 사람처럼 안정적으로 걷기 위해서는 다음의 부가적인 조건들을 모두 만족시킬 필요가 있다.

- 보행 중에 ZMP가 지지하는 발의 뒤꿈치에서 앞쪽으로 자연스럽게 이동해야 하며, 양측지지 시에는 두 발의 중심점으로 다시 돌아와야 한다.
- 머리에 있는 카메라의 흔들림을 최소화하기 위해 상체는 지면과 가급적 90°를 이뤄야 한다.



〈그림 5〉 2차원 탐색공간에서 PSO의 k번째 개체의 다음 차수에서의 위치와 방향

- 들어 올린 다리는 지지하는 다리와 평행을 유지해야 한다.
- 들어 올린 발의 바닥면은 지면과 평행해야 하며 가급적 정규분포와 같은 궤적을 그려야 한다.
- 자기 충돌(self collision)을 피하기 위해 상체의 두 팔은 관상면에서 항상 15° 정도 바깥쪽으로 벌려져 있어야 한다.

만약 여러분이 OP의 자체 모션 편집기인 액션에디터를 이용해서 앞의 조건들을 모두 만족시키는 보행 패턴을 만들고자 한다면 상당히 많은 시행착오를 거쳐야 한다. 게다가 로봇 모델이 바뀌기라도 한다면 그 작업을 처음부터 다시 해야 하는 것이다.

다행히 최적화 알고리즘(optimization method)을 사용하면 이 모든 조건을 골고루 만족시켜주는 해를 컴퓨터 프로그램을 이용해서 얻을 수 있다. 수많은 최적화 알고리즘 중에서 가장 간단하면서도 만족할 만한 탐색 성능을 보이는 것은 particle swarm optimization(PSO)[7]이며, 〈그림 5〉는 2차원 탐색 공간에서 PSO의 탐색 원리를 나타낸다.

최적화 알고리즘인 PSO를 사용하여 주요 관절궤적 파라미터를 최적화함으로써 안정된 이족보행에 필요한 기본 조건을 모두 만족시키는 보행패턴을 만들 수 있다.

현재 개체의 2차원 위치 벡터를 s_k^{now}라고 하고 이 개체가 지금까지 탐색한 해 중 가장 좋은 해를 p_{best}^k, 집단 전체가 현재까지 탐색한 해 중 가장 좋은 해를 g_{best}라고 한다. 그러면 현재 개체의 다음 반복에서의 위치 벡터인 s_k^{next}는 p_{best}^k와 g_{best}쪽을 향하고 직전 속도를 가급적 유지하면서, 새로운 해를 찾기 위해 무작위성이 추가되어야 한다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} s_k^{next} &= s_k^{now} + v_k^{next},\ k = 1, \cdots, N \\ v_k^{next} &= wv_k^{now} + c_1 r_1 \left(p_{best}^k - s_k^{now}\right) + c_2 r_2 \left(g_{best} - s_k^{now}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

식에서 N은 PSO 집단의 전체 개체수를 나타내며, ω, c_1, c_2는 가중치 계수, r_1, r_2는 0과 1 사이에서 발생시킨 균일분포 랜덤 값을 나타낸다.

이제 PSO를 이용해서 앞의 5가지 조건을 모두 만족시키는 이족 보행 패턴을 혼합다항함수 기반으로 만들어 보

자. 그런데, PSO의 변수의 수가 증가할수록 최적화 시간은 비례하고 최적화 성능은 반비례하기 때문에 꼭 필요한 최적화 변수만을 엄선해서 최적 보행을 위한 관절 궤적 패턴을 생성해야 한다. 이를 위해 다음의 접근법을 사용했다.

- 왼발로 지지하는 상황을 기준으로 최적화하며, 보행 시 오른발로 지지할 때에는 하체 관절의 각도 궤적을 서로 바꾸면 됨
- 한 스텝의 시작과 끝의 자세를 원하는 보폭에 맞춰 만들어 놓음으로써 각 관절궤적의 초기각과 최종각을 미리 계산 함
- 6개의 하체 시상면 관절각(θ_1~θ_6) 중 상체각을 조정하는 θ_3와 들어 올린 발의 각도를 조정하는 θ_6는 나머지 관절각이 변하더라도 상기 보행조건을 만족시키도록 자동으로 계산 함. 나머지 관절각은 2구간 혼합다항식으로 궤적 표현
- 4개의 하체 관상면 관절각(ϕ_1~ϕ_4) 중 상체각을 조정하는 ϕ_2와 들어 올린 발의 각도를 조정하는 ϕ_4는 나머지 관절각이 변하더라도 상기 보행조건을 만족시키도록 자동으로 계산 함. 나머지 관절각은 3구간 혼합다항식으로 궤적 표현

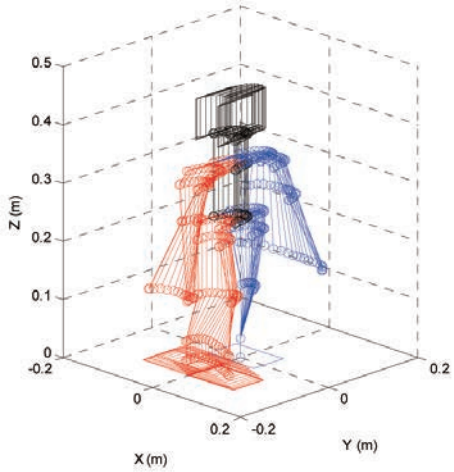
저자는 시뮬레이터를 통해 검증한 최적 이족보행 패턴을 로봇 플랫폼으로 구현하기 위해 MATLAB 코드와 호환되는 optWalk 미들웨어 패키지를 C++로 개발했다.

이 조건들을 모두 적용하고 전신의 대칭조건을 적극적으로 활용하면 PSO로 최적화할 변수는 다음과 같이 13개가 된다.

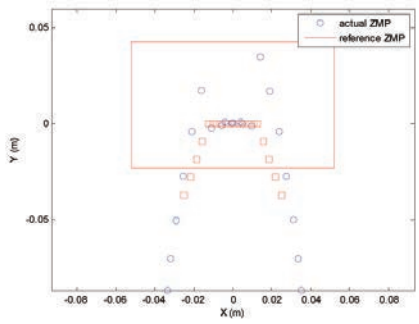
$$\Theta = [\theta_{an}^{l,M},\ \theta_{kn}^{l,M},\ \theta_{hp}^{r,M},\ \theta_{kn}^{r,M},\ \omega_{an}^{l,M},\ \omega_{kn}^{l,M},\ \omega_{hp}^{r,M},\ \omega_{kn}^{r,M},\ t_{M1},\ t_{M2},\ \left|\phi_{an}^{\max}\right|,\ \theta_{sh}^{l,M},\ \omega_{sh}^{l,M}] \quad (4)$$

식에서 θ와 ω는 시상면 관절의 각도와 각속도를, ϕ는 관상면 관절의 각도를 나타낸다. 아래첨자 *an*, *kn*, *hp*, *sh*는 발목관절, 무릎관절, 고관절, 견관절을 나타내고, 위첨자에서 *l*,*r*은 왼쪽과 오른쪽을 나타내며, *M*은 중간값을 나타낸다.

〈그림 6〉은 앞 페이지에서 언급한 보행 조건을 모두 만족시키도록 PSO로 최적화한 변수를 이용해서 이족보행을 MATLAB으로 시뮬레이션 한 것이다. 〈그림 6(a)〉는 보폭 5cm, 주기 1초로 보행을 하는 모습을 샘플 시간별로 보인 것이며, 〈그림 6(b)〉는 목표로 한 ZMP 궤적을 잘 추종하는 것을 보인다.



(a)



(b)

〈그림 6〉 목표 ZMP 궤적을 추종하는 최적 이족보행 시뮬레이션

Ⅲ. OP로 정서적 보행 구현

본 장에서는 2장에서 마지막 부분에 PSO로 얻은 최적 관절 궤적을 OP에 적용하여, 안정되면서도 특징적으로 걸어가는 과정을 설명하고자 한다. 이를 위해 저자는 MATLAB 시뮬레이터의 소스코드와 호환되는 optWalk라는 미들웨어 패키지를 개발했다. 이 장에서는 먼저 optWalk 패키지의 구조를 설명하고, 반사신경 제어

(sensory reflex control)를 이용해서 현재 자세와 바닥 환경에 따라 관절궤적을 조절하는 방법, 그리고 OP로 정서적 보행을 구현하기 위해 보행 특징을 조정하는 방법에 대해 설명한다.

1. optWalk-로봇 내부의 모션 패키지

optWalk 패키지는 〈그림 7〉과 같이 C++ 코드로 작성된 파일로 구성되어 있으며, 각 파일의 역할은 다음과 같다.

- main.h/cpp: 텍스트 기반 UI를 이용한 전체 모션 흐름 제어
- MathFunc.h/cpp: 각종 수치연산에 필요한 수학함수 정의
- pso.h/cpp: 모션과 자세 최적화를 위한 PSO 수행
- JointAngles.h: OP의 모든 관절각 관련 파라미터 정의
- SelfMotion.h/cpp: 이족보행을 포함한 OP의 다양한 동작 생성 및 제어 함수 정의
- robotisOP.h/cpp: OP의 규격정보 저장 및 기구학/동역학 연산 수행
- MotionDB.h: OP의 다양한 동작과 관련된 관절변수와 관절궤적 데이터 저장

2장에서 행했던 MATLAB 시뮬레이션에서는 물리적 엔진을 사용하지 않았고 바닥은 완전한 평지라고 가정했기 때문에 넘어지지 않고 잘 걸어갔다. 그리고 ZMP를 계산할 때 휴머노이드 로봇의 각 링크별 무게중심점이 링크의 정중앙에 위치했다고 가정했지만 실제로는 그렇지 않다. 특히 상체의 경우 내부에 장착된 SBC(단일보드 컴퓨터)와 배터리의 무게 때문에 실제 무게중심점은 뒤편 아래쪽에 위치하므로, 시뮬레이션에서 안정한 궤적이라 하더라도 그대로 OP에 적용하여 걸어가게하면 뒤로 넘어지게 된다. 그러므로 스텝 시작 자세와 마침 자세를 약간 조정하고 상체각을 적절히 앞뒤로 움직여줘야 한다.

특히 휴머노이드 로봇이 약간의 경사가 있는 바닥을 걸어갈 때는 인간의 반사신경제어 기법을 각 관절에 적용해야 한다.

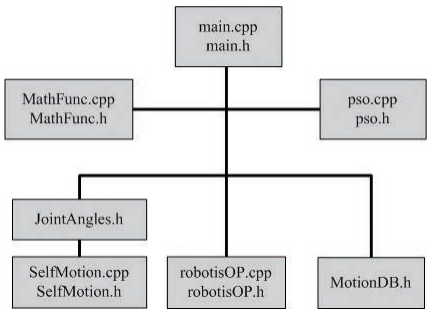
2. 반사신경제어

Huang 등은 인간의 리드미컬한 보행은 내적인 패턴과 반사적 행동을 적절히 조합한 결과라고 해석하고, 이러한 원리를 이용하여 휴머노이드 로봇의 안정된 보행을 위한 반사신경 제어(sensory reflex control) 기법을 제안했다[8]. 〈그림 8〉은 반사신경 제어기의 전체구조를 나타내며, θ_p는 제어기에 피드포워드(feedforward) 되는 동적인 내적패턴 값을 의미하고, $\Delta\theta(t)$는 로봇의 현재 자세로부터 측정된 센서 데이터를 기반으로 피드백(feedback)되는 관절각 조정 값을 의미한다. 그림에서 θ_r은 목표 관절에 인가되는 각도 명령이며 다음 식으로 표현된다.

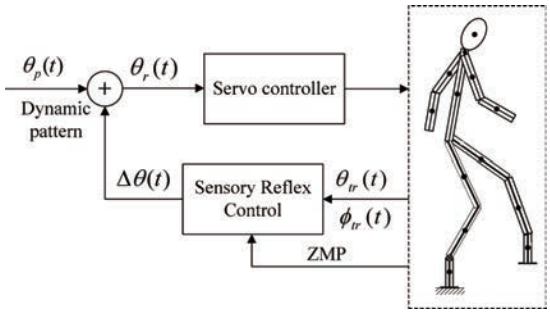
$$\theta_r(t) = \theta_p(t) + \Delta\theta(t) \tag{5}$$

휴머노이드 로봇의 경우 발바닥의 압력점 위치와 상체각을 측정하여 현재 자세의 안정도를 측정해야 하며, 이를 이용하여 ZMP와 상체각을 기반으로 하는 반사신경제어를 적용한다.

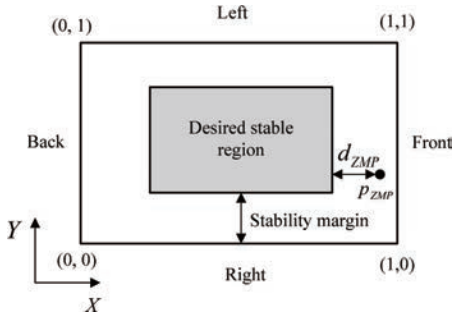
ZMP 반사신경제어는 〈그림 9〉의 안정도 측정값인



〈그림 7〉 optWalk 패키지의 구조



〈그림 8〉 반사신경 제어기의 구조



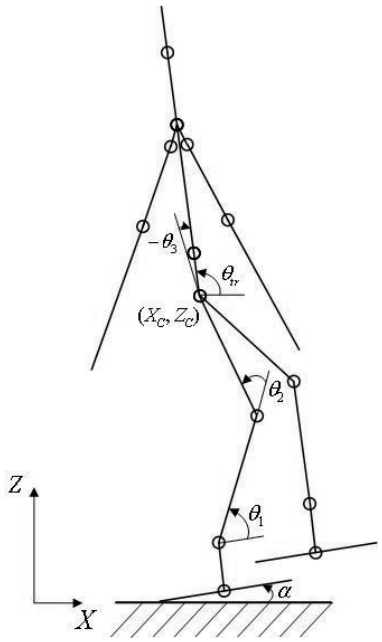
〈그림 9〉 지지하는 발바닥의 안정된 ZMP 영역과 안정도 측정값

d_{ZMP}를 이용해서 시상면 하체 지지다리의 족관절, 슬관절, 고관절을 조절한다. d_{ZMP}는 현재 ZMP(p_{ZMP})가 〈그림 9〉에 보인 목표안정영역(desired stable region)을 앞쪽으로 벗어나면 양수, 뒤쪽으로 벗어나면 음수가 되도록 정의했다.

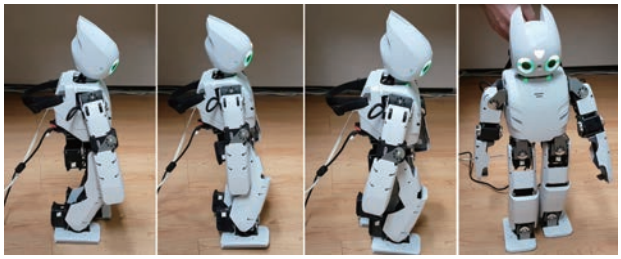
족관절 제어는 어떤 모션을 하다가 d_{ZMP}가 양수나 음수가 되는 즉시 족관절을 현재 각도값 이상으로 회전하지 못하도록 제한하는 원리이다. 슬관절 제어는 d_{ZMP}가 양일 때는 골반중심점을 그만큼 뒤로 이동하게 하고, d_{ZMP}가 음일 때는 골반중심점을 그만큼 앞으로 이동하게 함으로써 좀 더 빨리 ZMP가 안정영역 안으로 돌아오게 한다. 마지막으로 고관절 제어는 d_{ZMP}가 양일 때는 상체를 뒤로 회전시키고 음일 때는 앞으로 회전시킴으로써 전신의 자세 안정도를 빨리 회복시키는데 기여 한다.

상체각 반사신경 제어기는 좀 더 직관적이고 단순하다. 〈그림 10〉에서 보듯이 상체가 약간 뒤로 젖혀진 경우 상체의 시상면 관절각 θ_{tr}은 90° 보다 커진다. 이 경우 시상면 족관절각 θ_1을 현재보다 그만큼 더 감소시켜야 상체가 다시 직각이 된다. 마찬가지로 시상면 고관절각 θ_3 또한 그만큼 감소되어야 상체가 직각에 가까워진다.

로봇이 제자리에 두 발로 서서 움직이는 모션의 경우 FSR을 이용해서 d_{ZMP}를 측정하기가 용이하므로 ZMP 반사신경 제어를 적용할 수 있지만, 이족보행의 경우에는 그렇지 못하므로 상체각 반사신경제어를 적용하는 것이 훨씬 안정적이다. 그러나, 물건을 들고 걸어가는 경우에는 그 물건을 포함한 무게중심점이 가운데로 오기 위해 상체를 뒤로 약간 젖혀야 하므로 ZMP 반사신경제어를 활용할 필요가 있다.



〈그림 10〉 시상면에서의 상체각과 하체 관절각



〈그림 11〉 OP가 슬픈 상태에서 걸어가는 장면을 시상면과 관상면에서 찍은 스냅샷

마지막으로, OP를 이용해서 정서적 보행을 구현해 보도록 하자. 본 논문에서는 대표적인 정서적 보행으로 휴머노이드 로봇이 슬픈 감정 속에서 처량하게 걸어가는 것을 구현하고자 한다. 인체보행 실험을 통해 인간은 정상적인 상태에 비해 슬픈 경우 다음과 같은 특징이 나타남을 확인했다[9].

- 보행속도가 느려짐
- 보폭이 감소함
- 찡그린 표정
- 상체를 약간 앞으로 숙임

보행속도가 느려지고 보폭이 감소하는 것은 혼합다항

식 궤적의 각 경유점에서의 파라미터 세트(〈그림 4〉에서 보듯이 시간값, 각도값, 각속도값)를 비례 또는 반비례해서해서 조절하면 된다. 즉, 보행속도를 감소시키기 위해서는 시간값을 증가시키고, 각속도값은 그만큼 감소시켜야 한다. 그리고 보폭을 감소시키기 위해서는 각도값과 각속도값 모두를 그만큼 감소시켜야 한다.

찡그린 표정은 OP로 구현하기 어려우므로 얼굴의 LED를 녹색으로 바꾸는 것으로 표현했고, 상체를 약간 앞으로 숙이는 것은 〈그림 9〉의 θ_{tr}가 90° 이하가 되는 것이므로 θ_3를 적절히 감소시키면 된다. 〈그림 11〉은 OP가 이와 같은 방법으로 슬프게 걸어가는 것을 스냅샷으로 찍은 것이다.

Ⅵ. 향후 연구 및 결론

지금까지 저자가 집필한 휴머노이드 로봇 교재[3]의 내용을 기반으로 정서적 보행의 일례인 '슬프게 걸어가기'를 OP로 구현하는 과정을 소프트웨어(MATLAB) 시뮬레이션, 미들웨어(optWalk) 코딩, 하드웨어(OP) 구현의 순서로 설명했다. 본 교재에는 이족보행 뿐만 아니라 전신 모션과 LED 색깔 조정 등 다양한 기능들이 소스코드와 함께 소개되어 있으며, OP의 SBC를 기반으로 인공지능 기술 등의 다양한 프로그램을 작성해서 테스트해 볼 수 있으므로 현재 점차 강화되고 있는 소프트웨어 교육에도 적절히 사용될 수 있을 것이라고 기대한다.

참 고 문 헌

[1] K.S. Fu, R.C. Gonzalez, and C.S.G. Lee, Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence, McGraw-Hill, Inc., 1987.

[2] M. W. Spong, S. Hutchinson, and M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, John Wiley & Sons, Inc., 2006.

[3] 김종욱, 함께 즐기는 휴머노이드 로봇: 로보티즈 OP편, 홍릉과학출판사, 2015.

[4] Mathworks, http://kr.mathworks.com/

[5] J. Denavit and R. S. Hartenberg, "A kinematic notation for lower-pair mechanisms based on matrices," Journal of Applied Mechanics, vol. 77, pp. 215-221, 1955.

[6] M. Vukobratović and D. Juričić, "Contribution to the synthesis of biped gait," Proc. IFAC Symp. Technical and Biological Problem on Control, Erevan, USSR, 1968.

[7] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle swarm optimization," Proceedings of IEEE International Conf. on Neural Networks, vol. 4, pp. 1942-1948, Nov/Dec 1995.

[8] Q. Huang, Y. Nakamura, "Sensory reflex control for humanoid walking," IEEE Trans. Robotics, vol. 21, no. 5, Oct. 2005.

[9] 당 반 치엔, 트란 트렁 틴, 김종욱, "다양한 감정 상태에서의 보행 특징 분석", 한국지능시스템학회논문지, 24권, 5호, pp. 477-481, Oct. 2014.

김 종 욱

- 1997년 8월 포항공과대학교 전자전기공학과 학사
- 2000년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과 석사
- 2004년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과 박사
- 2004년 3월~2004년 5월 포항공과대학교 박사후 연구원
- 2004년 6월~2006년 2월 포스코 기술연구소 선임연구원
- 2006년 3월~현재 동아대학교 전자공학과 부교수

〈관심분야〉
휴머노이드 로봇, 최적화 알고리즘, 지능제어, 임베디드 시스템

매니퓰레이터 로봇의 역운동기하학 해석 및 시뮬레이션

이진영
명지대학교 전기공학과

이범주
명지대학교 전기공학과

Ⅰ. 서 론

대부분 매니퓰레이터 로봇은 작업 수행 시 구동기의 명령이 실행되는 관절 공간(joint space)의 좌표계 시스템에 의존한다. 그렇기 때문에 작업 공간에서의 작업 계획(task space)은 기준 각도 등의 변수를 계산하기 전에 액추에이터 공간에서의 적절한 좌표 변환이 필요하다[1]. 본 논문에서는 매니퓰레이터 로봇의 작업 공간에서의 이동 궤적을 관절 공간에서의 궤적으로 변환하는 방법에 대해 다룬다. 대부분의 매니퓰레이터 로봇은 작업도구가 로봇의 가장 끝 지점에 위치한다. 이를 엔드이펙터(end-effector)라고 한다. 엔드이펙터는 로봇의 관절운동에 의해 위치이동과 회전이동이 결정된다. 이러한 로봇이 작업을 하도록 설정하기 위해서는, 엔드이펙터가 원하는 위치로 정확히 움직여야 한다. 이를 위해서 로봇을 제어하기 위해서는 운동기하학(kinematics)으로부터 계산을 해야 한다. 운동기하학은 정운동기하학(forward kinematics)과 역운동기하학(inverse kinematics)으로 나뉘는데, 정운동기하학은 로봇의 각 관절의 운동에 따라 엔드이펙터가 어떻게 움직이게 되는지 계산하는 방법이고, 역운동기하학에서는 엔드이펙터가 원하는 위치로 움직이기 위한 관절 각도의 변화를 계산하는 방법이다. 매니퓰레이터 로봇의 운동을 제어하거나 작업 계획을 하기 위해서 역운동기하학은 필수적이라고 할 수 있다.

엔드이펙터는 로봇의 가장 끝 지점으로, 주로 작업도구가 장착되는 부분이다. 엔드이펙터의 정확한 운동을 위해 로봇을 제어하기 위해서는 운동기하학으로부터 계산해야 한다. 운동기하학은 정운동기하학과 역운동기하학으로 나뉜다.

본 논문에서는 매니퓰레이터 로봇의 역운동기하학 해석 및 시뮬레이

션을 위해 먼저 로봇의 운동기하학 모델을 결정하고, 정운동기하학을 풀이한 후 역운동기하학을 해석한다. 마지막으로 MATLAB을 이용하여 실험로봇의 시뮬레이션을 하고 결과를 도출한다.

Ⅱ. 역운동기하학 식 유도 및 해석

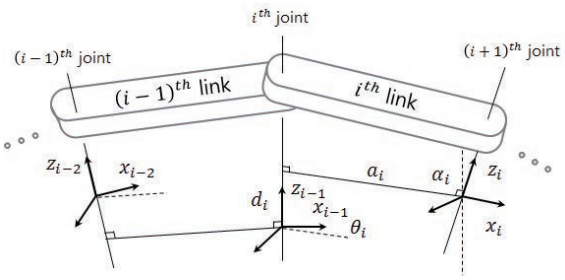
역운동기하학을 푸는 대표적인 방법은 자코비안 행렬을 이용하는 방법[2]과 기하학을 이용한 닫힌 형태(closed form)로 구하는 방법이 있다[3-5]. 관절각을 닫힌 형태로 구하는 방법은 반복 과정이 있는 역운동기하학보다 계산이 빠르게 된다는 장점이 있으나, 이 방법은 로봇의 구조가 바뀔 때 마다 운동기하학 식을 유도해야 하는 단점이 있다. 본 논문에서는 자코비안을 이용하여 역운동기하학 기법에 대해 다룬다.

로봇 모델을 해석하기 위한 순서로, 각 관절의 좌표계를 설정한 후 정운동기하학을 풀이한다. 정운동기하학 방정식에서 자코비안 행렬을 도출하여 로봇 제어를 위한 정보를 추출하는 것이 목적이다.

1. 매니퓰레이터 로봇의 운동기하학 모델

매니퓰레이터 로봇의 시뮬레이션을 위해 가장 먼저 해야 할 것은 관절 좌표계를 설정하는 것이다. 본 논문에서는 D-H 표기법(Denavit-Hartenberg notation)을 이용하여 로봇의 각 링크마다 좌표계를 부착하고, 로봇의 초기위치를 설정하였다.

엔드이펙터의 위치와 회전은 각 관절의 변화에 의해 영향을 받으므로 〈그림 1〉과 같이 표현하였다. D-H 표기법은 각 좌표계의 z축을 각 관절의 운동축에 설정한다. 좌표계의 중심은 z축 위에 임의로 설정하며, x축과 y축



〈그림 1〉 D-H 표기법에 따른 좌표계 설정

〈표 1〉 매니퓰레이터 로봇의 D-H 파라미터

링크(i)	q_i	d_i	l_i	a_i
1	$q_1 + q_{1,offset}$	d_1	l_1	a_1
2	$q_2 + q_{2,offset}$	d_2	l_2	a_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	$q_n + q_{n,offset}$	d_n	l_n	a_n

은 오른손 법칙을 이용하여 결정한다. 이 후의 좌표계는 D-H 파라미터를 결정하며 반복적인 방법을 이용하여 결정하게 된다. 다음은 D-H 표기법을 기반으로 D-H 파라미터(Denavit-Hartenberg parameter)를 도시한 것이다.

D-H 파라미터의 각 변수 q, d, l, a는 〈그림 1〉의 각 부분에 결정된 것과 같다. q는 이전 링크의 x축과 다음 링크의 x축 사이의 각도이며, d는 이전 좌표계의 원점과 다음 좌표계의 x축의 연장선과 이전 좌표계의 z축이 만나는 점과의 거리이고, l은 이전 좌표계의 z축과 다음 좌표계의 z축 사이의 최단 직선의 길이이다. 이 직선이 다음 좌표계의 x축을 결정한다. 마지막으로, a는 이전 좌표계의 z축과 다음 좌표계의 z축 사이의 각도이다.

2. 정운동기하학(Forward kinematics) 풀이

역운동기하학 해석에서는 정운동기하학이 선행되어야 한다. 이는 로봇이 목표위치로 가기 위해 움직이는 동안 엔드이펙터의 위치와 회전이 계산에 따라 항상 변하기 때문이다. 정운동기하학의 풀이는 II.1절에서 설정한 D-H 표기법을 이용하여 동차 변환 행렬(homogeneous transformation matrix)을 도출하면 간단히 계산할 수 있다[5,6]. 동차변환행렬은 강체의 운동을 기술할 수 있는 행렬로, 다음과 같은 형태이다.

$$A = \begin{bmatrix} R & d \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \text{식 1}$$

식 1에서, R은 3×3 크기의 회전행렬이며 d는 3×1 크기의 위치벡터, 0은 1×3 크기의 영행렬이다. 따라서 동차변환행렬은 4×4 크기의 정사각행렬로 정의된다. 식 2

는 〈표 1〉의 D-H 파라미터와 식 1을 이용하여 i번째 링크에서 i+1번째 링크로의 동차변환행렬이다.

$$A_i = Rot(z,q_i)\,Trans(z,d_i)\,Trans(x,l_i)\,Rot(x,a_i) \qquad \text{식 2}$$

식 2에서, $Rot(a,b)$는 회전 변환을 나타내는 동차변환행렬을 나타내며 a는 회전축, b는 회전각도를 의미한다. $Trans(a,b)$는 이동을 나타내는 동차변환행렬이고, d는 이동 거리를 표현한다. A_i를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$A_i = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i c\alpha_i & s\theta_i s\alpha_i & a_i c\theta_i \\ s\theta_i & c\theta_i c\alpha_i & -c\theta_i s\alpha_i & a_i s\theta_i \\ 0 & s\alpha_i & c\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \text{식 3}$$

식 3에서, $c_{\theta_i}/s_{\theta_i}$는 $\cos\theta_i/\sin\theta_i$를, c_{a_i}/s_{a_i}는 $\cos a_i/\sin a_i$를 의미한다. 식 2와 식 3을 활용하여 기준 좌표계에서 엔드이펙터의 위치를 계산할 수 있다. 즉, 기준좌표계에서 n번 좌표계로의 좌표변환을 나타내는 식이다. 각 링크별 D-H파라미터에서 추출한 동차변환행렬을 기준부터 n번까지 순서대로 곱하여 계산할 수 있으며, 식 4와 같다.

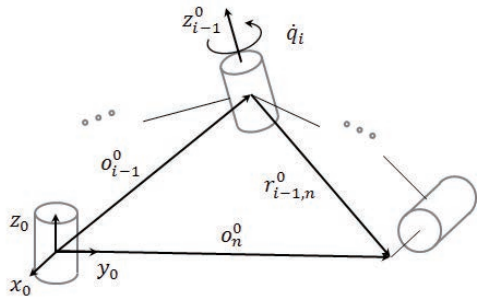
$$T_n^0 = A_1 A_2 \cdots A_n \qquad \text{식 4}$$

3. 자코비안(Jacobian) 행렬 도출

정운동기하학 방정식은 직교 공간(cartesian space)에서표현한 엔드이펙터의 자세와 관절 좌표 사이의 공간 함수로 정의된다[1,6]. 따라서, 엔드이펙터의 속도와 관절 속도와의 관계는 이 함수의 도함수로 나타내며 이를 자코비안이라고 한다. 자코비안은 로봇의 운동을 제어하는 중요한 정보 중 하나이다. 이를 수식으로 표현하면 식 5와 같다.

$$\begin{bmatrix} v_{0,n}^0 \\ \omega_{0,n}^0 \end{bmatrix} = J \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \vdots \\ q_n \end{bmatrix} \qquad \text{식 5}$$

식 5에 의거하여 엔드이펙터는 관절들에 의해 운동을 하게 된다. 〈그림 2〉는 회전관절의 운동에 따른 엔드이펙터의 운동을 설명한다. 여기서, z는 해당 좌표계의 z축 단위벡터이며, o_n^0은 기준 좌표계의 원점에서부터 n번 좌표계의 원점까지의 거리이다.



〈그림 2〉 회전관절 의 운동에 따른 엔드이펙터의 운동

$$\Delta R = \begin{bmatrix} a_1^2+c_\delta(1-a_1^2) & (1-c_\delta)a_1a_2-s_\delta a_3 & (1-c_\delta)a_3a_1-s_\delta a_2 \\ (1-c_\delta)a_2a_1-s_\delta a_3 & a_1^2+c_\delta(1-a_1^2) & (1-c_\delta)a_2a_3-s_\delta a_1 \\ (1-c_\delta)a_3a_1-s_\delta a_2 & (1-c_\delta)a_3a_2-s_\delta a_1 & a_1^2+c_\delta(1-a_1^2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \qquad \text{식 9}$$

〈그림 2〉로부터 자코비안 행렬은 다음과 같은 구해진다.

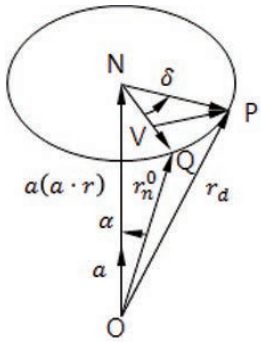
$$J = \begin{bmatrix} z_0^0 \times (o_n^0 - o_0^0) & z_1^0 \times (o_n^0 - o_1^0) & \cdots & z_5^0 \times (o_n^0 - o_{n-1}^0) \\ z_0^0 & z_1^0 & \cdots & z_{n-1}^0 \end{bmatrix}$$

4. 역운동기하학(Inverse kinematics) 풀이

정운동기하학을 풀면 목표위치에서 현재위치의 차이를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta p &= p_d^0 - p_n^0 \\ \Delta R &= R_n^0 R_d^0 \end{aligned} \qquad \text{식 6}$$

위 수식에서, p_d^0는 목표위치를 의미하며, R_d^0는 목표회전을 의미한다. 이 기준좌표계에서 n번 좌표계까지의 회전행렬로 나타나는 회전변환을 하나의 회전축과 해당 회전각도 만큼의 변화로 변환하여 나타낼 수 있다.



〈그림 3〉 기하학적 해석을 위한 예시 그림

$$r_d = \Delta R r_n^0 \qquad \text{식 7}$$

r_d은 기하학적인 해석 방법을 이용하여 해석할 수 있다. 〈그림 2〉에서 $\overrightarrow{ON}$은 좌표계의 z축방향 벡터이고, $\overrightarrow{NV}$는 계산을 위해 $\overrightarrow{ON}$벡터에서 r_n^0벡터로 수직으로 표현한 벡터이다. $\overrightarrow{VP}$벡터 또한 계산을 위해 $\overrightarrow{NQ}$벡터 위에서 r_d 벡터의 끝점 P로 표현한 벡터이다.

$$\begin{aligned} r_d &= \overrightarrow{ON} + \overrightarrow{NV} + \overrightarrow{VP} \\ &= (aa^T + \cos\delta(I - aa^T) + \sin\delta\hat{a})r_n^0 \end{aligned} \qquad \text{식 8}$$

식 7과 식 8로부터 회전행렬은 식 9와 같이 구할 수 있다. 여기서, 회전각도 δ와 회전 축 벡터 a^n은 ΔR의 대각 선방향의 원소들로부터 다음과 같이 계산되어진다.

$$\delta = \cos^{-1}\left(\frac{1}{2}(r_{11} + r_{22} + r_{33} - 1)\right)$$

$$a^n = \frac{1}{2\sin\delta}\begin{bmatrix} r_{32} - r_{23} \\ r_{13} - r_{31} \\ r_{21} - r_{12} \end{bmatrix} \qquad \text{식 10}$$

a^n은 n번째 관절에 설정한 축을 기준으로 계산된 벡터이므로 이를 기준 좌표계에서 계산된 값을 나타낼 수 있도록 변환해야 한다.

$$a^0 = R_n^0 a^n \qquad \text{식 11}$$

회전행렬을 회전축과 각도로 변환 후의 목표위치에서 현재위치의 차이를 구하기 위해 오차 벡터를 정의하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\Delta x = \begin{bmatrix} \Delta p \\ a^0\delta \end{bmatrix} \qquad \text{식 12}$$

목표 위치까지 도달하기 위한 최적의 각도를 계산하기 위해 비용함수를 설정하고 오차를 구할 수 있다.

$$e = W_x \Delta x \qquad \text{식 13}$$

자코비안을 이용한 방법은 반복적인 계산이 필요하다. 그러므로 에러가 수렴하기 위한 가중치 또한 반복적으로 계산해야 한다. 에러가 수렴하기 위한 가중치는 Samuel R.B weighting 기법을 사용하여 구할 수 있다[7]. 이것을 α라고 하면 식 14와 같이 표현할 수 있다.

Algorithm 1 Inverse kinematics

```
/* initialize variables */
p_d^0 ← [x_d  y_d  z_d]^T;
R_d^0 ← Rot(φ_roll, φ_pitch, φ_yaw);
/* start iteration */
while (k < N) or (|e| < ε) do
  /* current posture */
  (R_n^0, p_n^0) = T(q_k);
  /* posture error */
  Δp = p_d^0 − p_n^0
  ΔR ← R_0^n R_d^0;            // R_d^0 = R_n^0 ΔR
  (a^n, δ) ← f(ΔR);            // calculate axis-angle rep.
  a^0 ← R_n^0 a^n;             // change the coordinate sys.
  Δx ← [Δp; a^0 δ];
  e ← W_x Δx;
  /* update */
  α ← (e·(JJ^T e)) / ((JJ^T e)·(JJ^T e));   // Samuel R. B weighting
  q_{k+1} ← q_k + αJ^T e;
end while
```

〈그림 4〉 역운동기하학 알고리즘

$$\alpha = \frac{e \cdot (JJ^T e)}{(JJ^T e) \cdot (JJ^T e)} \qquad \text{식 14}$$

현재의 각도에 가중치를 적용한 에러를 더하여 최적화된 다음 이동 각도를 구할 수 있다. 수식은 다음과 같이 표현한다.

$$q_{k+1} = q_k + \alpha J^T e \qquad \text{식 15}$$

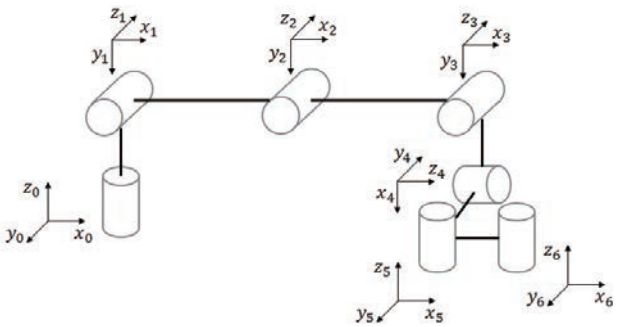
위의 과정을 에러가 사용자가 설정한 반복회수만큼 반복해서 계산하여 에러가 기준치 이내로 수렴하면 역운동기하학의 계산을 종료할 수 있다. 〈그림 4〉는 앞선 내용들을 이용한 알고리즘이다.

Ⅲ. 실험 결과

II장의 과정을 이용하여 MATLAB으로 매니퓰레이터 로봇의 엔드이펙터가 목표위치까지 이동하는 과정을 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션의 결과는 엔드이펙터가 목표위치까지 도달하기 위한 각 관절의 각도변화와 목표위치에서 현재위치의 차이를 나타내는 에러벡터를 확인하였고, 에러가 수렴하는 것을 norm을 이용하여 그래프로

〈표 2〉 로봇의 초기 관절각도 및 이동목표 관절각도

구분	Link 1	Link 2	Link 3	Link 4	Link 5	Link 6
초기 각도	90 °	0 °	0 °	90 °	−90 °	90 °
목표 각도	100 °	10 °	10 °	100 °	−80 °	100 °



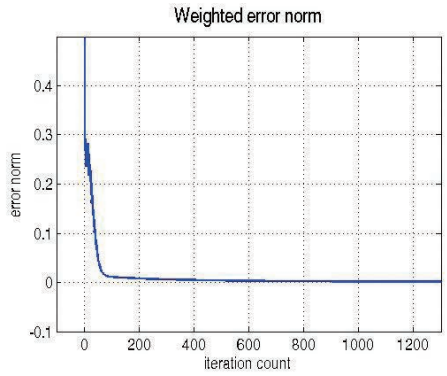
〈그림 5〉 실험 로봇의 초기 형상

확인할 수 있었다.

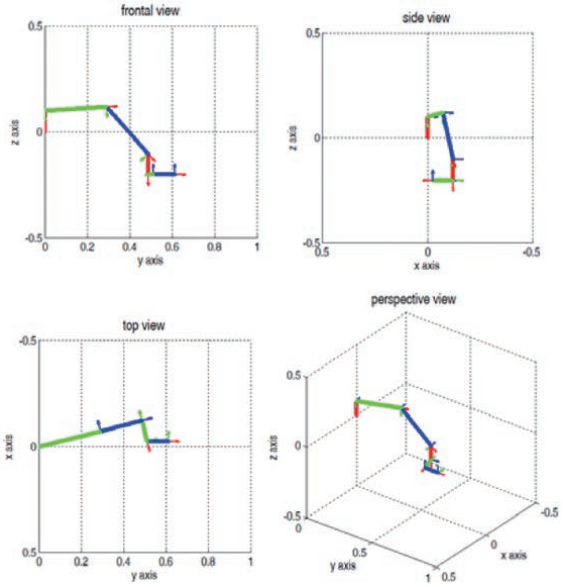
〈그림 5〉은 시뮬레이션을 하기 위한 로봇의 초기 형상을 나타내고 있다. 자코비안을 이용한 역운동기하학 풀이는 로봇의 초기 형상이 자코비안의 특이점에 있으면 풀이가 불가능한 경우가 되기 때문에 초기 형상을 지정해 주어야 한다. 다음은 로봇의 초기 관절각도와 엔드이펙터가 목표한 위치에 도달했을 때의 관절각도를 정리한 표이다.

시뮬레이션 과정은 목표 관절각도를 정운동기하학에 대입하여 동차변환행렬을 구하는 것으로 시작한다. 그 후 매니퓰레이터 로봇이 초기상태에서 설정한 목표로 도달할 수 있도록 계산하기 위해 〈그림 4〉의 알고리즘을 이용하면서, 반복할 때 마다 그 당시의 이동한 관절 각도를 업데이트하면서 계산을 한다. 이 과정을 거치면서 목표에서 현재의 에러값이 수렴할 때 까지 반복한다. 에러값이 원하는 범위 이내로 수렴한 것이 1301번째 이므로 시뮬레이션을 종료하였다. 에러 범위를 설정하기 위해 기준 범위를 1e−6으로 설정하였다. 에러 수렴 판별은 에러행렬을 제곱하여 크기를 구하여 판별하였다. 이 값을 기반으로 에러가 수렴하는 과정을 확인하기 위해 그래프를 도시하였다.

〈그림 6〉의 결과를 통해 에러의 수렴을 확인할 수 있다. 에러가 초반에는 빠르게 수렴하고, 후반에 느리게 수렴하게 되는데, 이는 〈그림 4〉의 알고리즘이 Newton-



〈그림 6〉 에러 수렴 판별 그래프



〈그림 7〉 6축 로봇 시뮬레이션

Raphson방법을 기반으로 한 방법이기 때문이다. 〈그림 7〉은 시뮬레이션의 결과로 도시된 6축 매니퓰레이터 로봇의 형상을 각각 다른 시점에서 바라본 것이다.

Ⅵ. 결 론

본 논문에서는 매니퓰레이터 로봇의 역운동기하학 해석을 위하여, 엔드이펙터의 선속도 및 각속도와 각 관절각도의 관계에 의한 자코비안 행렬을 이용하는 방법을 소개하였다. 이 방법은 관절각을 닫힌 형태로 구하는 방법에 비해 연산속도는 다소 느리지만, 로봇이 달라질 때 마

다 수식을 새롭게 유도할 필요가 없다는 장점을 가지고 있다. 6축 매니퓰레이터 로봇의 모델에 기반하여 시뮬레이션을 하였으며 목표 자세의 오차가 허용범위 이내로 수렴하는 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] Mark W. Spong et al. "Robot Modeling and Control", JOHN WILEY & SONS, INC., 2006

[2] Aaron D'Souza et al. "Learning Inverse Kinematics", In proceeding of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Oct.29–Nov.03, 2001

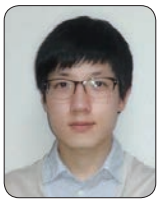
[3] 이종경, 이지영, 성영휘, "4지 로봇의 역기구학 해", 정보 및 제어 학술대회 논문집, pp.136–137, 2014

[4] 이종규, 이상룡, 이춘영, 양승한 "2개의 자유도를 가진 병렬 매니퓰레이터의 기구학 해석", 한국정밀공학회지, pp.64–71, 2012

[5] 배영걸, 정 슬, "바닥작업이 가능한 양팔 서비스 로봇의 기구학 설계, 제작 및 제어", 전자공학회 논문지, pp.203–211, 2013

[6] Frank L. Lewis et al. "Robot Manipulator Control Theory and Practice", Marcel Dekker, Inc., 2004

[7] Samuel R. Buss "Introduction to Inverse Kinematics with Jacobian Transpose, Pseudoinverse and Damped Least Squares method", IEEE Journal of Robotics and Automation, 2009



이 진 영

• 2015년 2월 명지대학교 전기공학 학사
• 2015년 3월~현재 명지대학교 전기공학 석사과정

〈관심분야〉
로봇제어, Motion planning, 휴머노이드 로봇

이 범 주

• 2004년 3월~2008년 8월 한국과학기술원 전기전자공학 박사
• 2002년 3월~2004년 2월 한국과학기술원 전기전자공학 석사
• 1998년 3월~2002년 2월 연세대학교 전기전자공학/기계공학 학사

〈관심분야〉
휴머노이드 로봇 보행 기술 연구, 감속기 연구, 로봇 메커니즘 설계 및 개발, 로봇 제어알고리즘 연구 및 개발

THE INSTITUTE OF ELECTRONICS AND INFORMATION ENGINEERS

논문지 논문목차

전자공학회 논문지 제 52권 12호 발행

통신 분야

[통신]

• 단일채널 모노펄스수신기 설계 및 제작
권혁자, 이영진, 강병욱

• 셀룰러 네트워크상의 D2D 통신 시스템에서 간섭 억제 및 제거를 위한 연판정 기반 향상된 수신기
문상미, 추명훈, 김한종, 김대진, 김철성, 황인태

• D2D 통신에서 사이드링크를 위한 DFT 기반 채널 추정 기법
문상미, 추명훈, 김한종, 김대진, 김철성, 황인태

• 시변 수중 음향 채널에서 코드 분할 다중 접속 방식의 폐루프 전력 제어 기법
서보민, 조호신

[마이크로파 및 전파전파]

• 자기공진방식 이중대역 무선전력전송 공진기 설계
윤나내, 서철헌

[군사전자]

• SAR image 복구를 위한 Window 적용 효과 연구
김형욱, 고진환

• 모바일 단말을 이용한 RCIED에 대한 repeater 방식의 반응 재밍 기법 성능 분석
김요한, 김동규, 김형남

반도체 분야

[RF 집적회로기술]

• 위치 기반 시스템을 위한 CMOS IR-UWB RFIC
이중무, 박명철, 어윤성

신호처리 분야

[화상처리 및 텔레비젼]

- 잡음이 있는 3차원 점군 데이터에서 밸브 모델링 및 모델 추출
  오기원, 최강선

시스템 및 제어 분야

[제어계측]

- 임의발생 불확실성 및 외란을 고려한 시간지연시스템의 강인비약성 제어기 설계 알고리듬
  양승협, 백승현, 이준영, 박홍배

[회로 및 시스템]

- 안전하지 않은 I/O핀 노이즈 환경에서 MCU 클럭 보호를 위한 자동 온칩 글리치 프리 백업 클럭 변환 기법
  안중현, 윤지애, 조정훈, 박대진
- DSP를 이용한 LED I-V 공급 및 측정 시스템에서의 효율적인 오차 감소 기법 구현
  박창희, 조성호
- 기계 제어를 위한 모션시스템 입출력에 대한 동적 특성 연구
  현성훈, 김동연, 박장환

[의용전자 및 생체공학]

- EIS(Electro Interstitial Scan) 방법의 임상적 유효성 연구
  김수찬, 배장한, 전민호, 김재욱
- 1.0 mol 과 0.5 mol MR조영제의 정량적 신호강도 비교분석
  정현근, 정현도, 남기창, 장근영, 김호철

[자동차 전자]

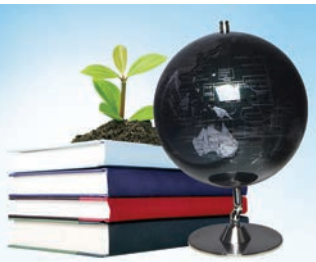
- 다중센서 기반 차선정보 시공간 융합기법
  김수찬, 배장한, 전민호, 김재욱
- GM-PHD 필터를 이용한 보행자 탐지 성능 향상 방법
  이연준, 서승우
- 어려운 고속도로 환경에서 Lidar를 이용한 안정적이고 정확한 다중 차선 인식 알고리즘
  이한슬, 서승우

산업전자 분야

[신호처리 및 시스템]

• 고해상도 비디오 인코더 IP 설계에 대한 연구
이석호, 조승현, 김현미, 이제현

• 원거리 검출범위를 제공하는 소형 RGB 센서 개발
서재용, 이시현



신간안내

제　목 : 메이드인재팬의 대역습
저　자 : 마사베 아키오
펴낸곳 : 고분샤(光文社)
출판일 : 2012년 12월 15일 초판 발간
크기, 페이지 수 : 20cm, 268p.

편저자 : 마사베 아키오, 히토츠바시대학 상학부 졸업, 대학 졸업 후 다이이치긴교 은행(현 미즈보 은행) 입사. 1983년 런던대학 런던 비즈니스 스쿨 졸업, 경영학 석사. 메릴린치, DKB INT' L 등에 파견 근무. 2005년 신슈대학 경제학부 교수. 저서: 제로(zero)부터 알게되는 개인투자, 행동경제학 입문 등.

서 평

1990년대 초반에 버블 경제가 파괴된 이후 잃어버린 20년간 일본은 국내 총생산은 거의 늘지 않았고 월급도 오르지 않고 어린이가 줄어들고 노인 인구가 늘어서 퇴직 후의 연금조차 어찌될지 모르게 되었다. 일본 기업은 국내에서 물건이 팔리지 않게 되고 해외에서는 중국 경제가 성장해가고 있어서 일본의 라이벌이 되고 있다. 세계의 공장은 이미 중국으로 넘어가게 되었다. 잃어버린 20년간 사람들이 활기를 잃은 것과 함께 기업도 활력을 잃어버렸다. 특히 경영자는 사업을 적극적으로 확대하는 자세가 없어진 결과, 대기업에서도 종래의 관행에 고착화하여 비즈니스모델을 개혁하지 못하고 글로벌화의 파도에 따라가지 못했다.

문제는 이제부터 일본의 기업이 어떤 사업을 전개해서 어디에서 이익을 올릴 것인가를 생각해야 하는 것이다. 구체적으로는 이익률이 낮은 분야는 인건비가 싼 해외로 이전하고 신제품 개발이 가능한 기업문화를 만드는 등 명확한 경영 전략이 필요하다. 높은 기술력과 현장력을 갖고 있는 일본 기업은 명확하고 유효한 경영 전략을 맞드는 경영자가 있으면 얼마든지 부활할 수 있을 것이다.

이 책은 9개 장으로 나뉘어져 있는데 1장은 '세계의 공장'으로부터 몰락한 일본, 2장은 승자 조의 쇠락-세계 시장에서는 이제 싸울 수 없는 것인가, 3장은 세계의 스피드에 남겨진 일본 기업에 대해서 기술했다. 4장에서는 일본기업에는 경영이 없다, 5장에서는 경영전략이 중요한 국제경쟁-현대 경영자들의 실상, 6장에서는 일본 기업 부활의 열쇠를 기술했다. 7장에서는 부활을 향한 시간일정표, 8장에서는 일본을 다시 빛나게 할 후보 기업, 9장에서는 일본의 미래 예상도에 대해서 기술했다.

서평 작성자 : 김용권, 서울대학교 전기정보공학부 교수, 해동일본정보기술센터 센터장.

정보교차로

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

〉〉 2016년 1월

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
01. 04.-01. 06.	2016 Indian Control Conference (ICC)	Indian Institute of Technology, Kandi, India	icc.org.in/
01. 04.-01. 07.	2016 International Conference on Systems in Medicine and Biology (ICSMB)	Indian Institute of Technology Kharagpur, India	www.ee.iitkgp.ernet.in/icsmb/
01. 07.-01. 09.	2016 4th International Conference on the Development in the in Renewable Energy Technology (ICDRET)	United International University (UIU), Dhaka, Bangladesh	icdret.uiu.ac.bd/index.php/user
01. 08.-01. 11.	2016 13th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)	Planet Hollywood, Las Vegas, NV, USA	ccnc2016.ieee-ccnc.org/
01. 08.-01. 10.	2016 IEEE First International Conference on Control, Measurement and Instrumentation (CMI)	Jadavpur University, Kolkata, India	www.cmi2016india.org
01. 09.-01. 11.	2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)	Las Vegas Convention Center, Las Vegas , NV, USA	icce.org
01. 10.-01. 12.	2016 International Conference on VLSI Systems, Architectures, Technology and Applications (VLSI-SATA)	Amrita School of Engineering, Bangalore, India	blr.amrita.edu/vlsi_sata/cfp.htm
01. 11.-01. 15.	2016 Joint Magnetism and Magnetic Materials - INTERMAG Conference	Hilton San Diego Bayfront, San Diego, CA, USA	DianeM@widerkehr.com
01. 12.-01. 16.	2016 13th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology (IBCAST)	tional Centre for Physics, Islamabad, Pakistan	www.ibcast.org.pk/
01. 14.-01. 15.	2016 6th International Conference - Cloud System and Big Data Engineering (Confluence)	Department of Computer Science & Engineering, Noida, India	www.amity.edu/asetau/confluence2016/
01. 15.-01. 17.	2016 2nd International Conference on Advances in Computing and Management (ICACM)	Dr.D.Y.Patil Pratisthan's, Pune, India	www.icacm.info
01. 21.-01. 23.	2016 Second Asian Conference on Defence Technology (ACDT)	Le Méridien Chiang Mai, Thailand	www.acdt2016.com
01. 22.-01. 23.	2016 3rd International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)	Sri Eshwar College of Engineering, Coimbatore, India	www.icaccs.sece.ac.in
01. 23.-01. 25.	2016 International Conference on Microelectronics, Computing and Communications (MicroCom)	National Institute of Technology Durgapur, India	http://microcom16.nitdgp.ac.in
01. 24.-01. 27.	2016 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS)	JW Marriott Austin, TX, USA	e.cabrera@ieee.org
01. 25.-01. 26.	2016 IEEE Life Sciences Grand Challenges Conference (LSGCC)	TBD, Abu Dhabi, United Arab Emirates	sinkuen.hawkins@ieee.org
01. 25.-01. 28.	2016 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)	Lowes Ventanna Canyon Resort, Tucson, AZ, USA	www.RAMS.org
01. 27.-01. 30.	2016 International Conference on Electronics, Information, and Communications (ICEIC)	Hyatt Regency, Danang, Vietnam	www.iceic2016.org
01. 28.-01. 30.	2016 2nd International Conference on Control, Instrumentation, Energy & Communication (CIEC)	Department of Applied Physics, Kolkata, India	www.ciec16.caluniv.in
01. 31.-02. 04.	2016 IEEE International Solid- State Circuits Conference - (ISSCC)	San Francisco Marriott, CA, USA	www.isscc.org/isscc/futureisscc.htm

〉〉 2016년 2월

02. 03.-02. 05.	2016 International Conference on Innovation and Challenges in Cyber Security (ICICCS)	Amity University Greater Noida, India	amity.edu/inbushera/Page1.html

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
02. 10.-02. 12.	2016 Wearable Robotics Association Conference (wearRAcon)	Arizona Grand Resort, Phoenix, AZ, USA	wearablerobotics.com/wearraconfron
02. 11.-02. 12.	2016 3rd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)	Amity University, NOIDA, India	amity.edu/spin2016/index.html
02. 12.-02. 13.	2016 Second International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology (CICT)	ABES Engineering College, Ghaziabad, India	www.cict.abes.ac.in
02. 14.-02. 16.	2016 Eighth International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI)	Chiang Mai, Thailand	icaci.mae.cuhk.edu.hk/
02. 15.-02. 18.	2016 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)	Sheraton Kauai Resort, Kuaui, HI, USA	www.conf-icnc.org/2016/
02. 16.-02. 18.	2016 7th Power Electronics and Drive Systems Technologies Conference (PEDSTC)	Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran	pedstc2016.iust.ac.ir/index_e.aspx
02. 21.-02. 23.	9th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC)	Rome, Italy	www.biostec.org/
02. 23.-02. 26.	2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering. Telecommunications and Computer Science (TCSET)	National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine	science.lp.edu.ua/TCSET
02. 24.-02. 26.	2016 International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP)	Universidad de las Américas Puebla, Cholula, Mexico	ict.udlap.mx/conielecomp/2016/
02. 24.-02. 27.	2016 IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)	Westin Las Vegas, NV, USA	bhi.embs.org/2016/
02. 24.-02. 26.	2016 International Conference on Emerging Trends in Engineering, Technology and Science (ICETETS)	Kings College of Engineering, Pudukkottai, India	www.icetets.com
02. 25.-02. 26.	2016 3rd International Conference on Electronics and Communication Systems (ICECS)	Karpagam College of Engineering, Coimbatore, India	www.icecs.in
02. 25.-02. 26.	2016 International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES)	S A ENGINEERING COLLEGE, CHENNAI, India	www.saec.ac.in/icices2016
02. 26.-02. 27.	2016 2nd International Conference on Green High Performance Computing (ICGHPC)	St.Xavier's Catholic College of Engineering, Nagercoil, India	www.sxcce.edu.in/hpccloud/icghpc16.
02. 27.-02. 28.	2016 IEEE 6th International Conference on Advanced Computing (IACC)	SRKR Engineering College, Bhimavaram, India	www.iacc2016.com
02. 28.-03. 02.	2016 IEEE 7th Latin American Symposium on Circuits & Systems (LASCAS)	Oceania Park Hotel, Florianopolis, SC, Brazil	ieee-lascas.org/lascas2016/
02. 29.-03. 01.	2016 World Conference on Futuristic Trends in Research and Innovation for Social Welfare (Startup Conclave)	Dr B Nagaraj, Coimbatore, India	www.startupconclave.org.in

〉〉 2016년 3월

03. 03.-03. 05.	2016 3rd International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS)	Karunya University, Coimbatore, India	www.karunya.edu/ece/icdcs16/
03. 03.-03. 05.	2016 3rd International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT)	Indian School of Mines, Dhanbad, India	www.ismdhanbad.ac.in/depart/cse/rait2016
03. 05.-03. 07.	2016 6th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)	Chandigarh, India	www.csnt.in
03. 05.-03. 05.	2016 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)	Friend Center, Princeton, NJ, USA	ewh.ieee.org/conf/stem/
03. 05.-03. 06.	2016 IEEE Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS)	MAULANA AZAD NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Bhopal, India	http://www.ieeenitb.org/sceecs16/index.php
03.05.- 03. 12.	2016 IEEE Aerospace Conference	Yellowstone Conference Center, Big Sky, MT, USA	www.aeroconf.org
03. 06.-03. 11.	2016 IEEE IAS Electrical Safety Workshop (ESW)	Hyatt Regency Jacksonville Riverfront, Jacksonville, FL, USA	www.ewh.ieee.org/cmte/ias-esw/
03. 07.-03. 10.	2016 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)	Crowne Plaza Resort, Lake Placid, NY, USA	anthony.hoogs@kitware.com
03. 07.-03. 10.	2016 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)	Chateau on the Park, Christchurch, New Zealand	humanrobotinteraction.org/2016/
03. 07.-03. 10.	2016 13th International Conference on Developments in Power System Protection (DPSP)	The Sheraton Hotel, Edinburgh, United Kingdom	www.theiet.org/dpsp

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03. 07.-03. 10.	2016 SICE International Symposium on Control Systems (ISCS)	Nanzan University, Nagoya, Japan	msb@harbor.kobe-u.ac.jp
03. 08.-03. 10.	2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)	JW Marriott Hotel, Kuala Lumpur, Malaysia	iieom.org/ieom2016/
03. 10.-03. 11.	2016 2nd International Conference on Human Computer Interactions (ICHCI)	Saveetha School of Engineering, Chennai, India	www.ichci16.com
03. 12.-03. 16.	2016 IEEE International Symposium on High Performance Computer Architecture (HPCA)	Hotel Princesa Sofia, Barcelona, Spain	hpca22.ac.upc.edu
03. 13.-03. 18.	2016 IEEE/ACES International Conference on Wireless Information Technology and Systems (ICWITS) and Applied Computational Electromagnetics (ACES)	Hilton Hawaiian Village Waikiki Beach Resort &Spa, Honolulu, HI, USA	aces-society.org/conference/2016/
03. 14.-03. 16.	2016 IEEE Conference on Advances in Magnetics (AIM)	Hotel Palace Wellness & Beauty, BORMIO, Italy	2016.tr.unipg.it/
03. 14.-03. 16.	2016 IEEE MTT-S International Wireless Symposium (IWS)	Shanghai, China	www.iws-ieee.org
03. 14.-03. 16.	2016 IEEE Electrical Safety, Technical & Mega Projects Workship (ESTMP)	Marriott River Cree Resort, Enoch, AB, Canada	tim.driscoll@ieee.org
03. 14.-03. 18.	2016 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE)	MARITIM Hotel & Internationales Congress Center Dresden, Dresden, Germany	www.date-conference.com/
03. 14.-03. 18.	2016 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)	Doltone House Darling Island, Sydney, Australia	www.percom.org
03. 15.-03. 16.	2016 3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSM)	Middle East College, Muscat, Oman	www.mec.edu.om/conf2016
03. 16.-03. 18.	2016 International Conference on Data Mining and Advanced Computing (SAPIENCE)	Sree Narayana Gurukulam College of Engineering, Ernakulam, India	sapience16.org
03. 16.-03. 18.	2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)	Bharati Vidyapeeth's Institute of Computer Applications and Management (BVICAM), New Delhi, India	www.bvicam.ac.in/indiacom/
03. 16.-03. 18.	2016 Annual Conference on Information Science and Systems (CISS)	Friend Center, Princeton, NJ, USA	ee-ciss.princeton.edu
03. 17.-03. 19.	2016 3rd International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES)	Sri Sivasubramaniya Nadar College of Engineering, Chennai, India	icees2016.org/
03. 17.-03. 18.	2016 3rd International Conference on Innovations in Information Embedded and Communication Systems (ICIIECS)	Karpagam College of Engineering, Coimbatore, India	www.iciiecs.in
03. 18.-03. 19.	2016 International Conference on Circuit ,Power and Computing Technologies (ICCPCT)	Noorul Islam Centre For Higher Education, KK Dist, India	www.niueee.in
03. 19.-03. 20.	2016 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)	Hyatt Regency, Greenville, SC, USA	bruce.thomas@unisa.edu.au
03. 19.-03. 23.	2016 IEEE Virtual Reality (VR)	Greenville Hyatt Regency, Greenville, SC, USA	ieeevr.org/2016
03. 20.-03. 24.	2016 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)	Long Beach Convention and Entertainment Center, Long Beach, CA, USA	www.apec-conf.org/
03. 20.-03. 25.	ICASSP 2016 - 2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)	Shanghai International Convention Center, Pudong, Shanghai, China	zding@ucdavis.edu
03. 21.-03. 24.	2016 IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P)	Congress-Centrum Saar, Saarbrücken, Germany	sgerling@cs.uni-saarland.de
03. 21.-03. 23.	2016 2nd International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP)	TBD, Tunisia	Mohamed.Benslima@isecs.rnu.tn
03. 23.-03. 25.	2016 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)	Sri Sivasubramaniya Nadar College of Engineering, Chennai, India	radhas@ssn.edu.in
03. 25.-03. 26.	2016 IEEE International Conference of Online Analysis and Computing Science (ICOACS)	Ease Inn, Chongqing, China	icoacs.org
03. 30.-04. 01.	2016 Third International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)	UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS (ESPE), Quito, Ecuador	edem-egov.org
03. 30.-04. 01.	2016 International Conference on Information Technology for Organizations Development (IT4OD)	ENSA of FEZ : National School of Applied Sciences, Fez, Morocco	www.it4od2016.science-conferences.net/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03. 30.-04. 03.	SoutheastCon 2016	Waterside Marriott, Norfolk, VA, USA	IEEESoutheastCon.org

〉〉 2016년 4월

04. 03.-04. 06.	2016 IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW)	Sheraton Doha, Qatar	www.ieee-wcnc.org/2016
04. 03.-04. 06.	2016 IEEE PES Insulated Conductors Committee Meeting (PES-ICC Spring)	The Westin Beach Resort & Spa Ft. Lauderdale, FL, USA	www.pesicc.org/iccwebsite/meetings/future_meetings.htm
04. 04.-04. 08.	2016 IEEE International Energy Conference (ENERGYCON)	University of Leuven, Belgium	www.ieee-energycon2016.org/
04. 06.-04. 08.	2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)	APEC, MADRAS, India	www.iccsp-apec.com/
04. 07.-04. 08.	2016 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability (ICEETS)	St. Xavier's Catholic College of Engineering, Nagercoil, India	www.iceets16.com
04. 08.-04. 10.	2016 IEEE Region 2 Student Activities Conference (SAC)	Cleveland State University, OH, USA	www.ieeecsu.org
04. 08.-04. 10.	2016 IEEE Region 5 Conference	Intercontinental on the Plaza, Kansas City, MO, USA	j.a.mayberry@ieee.org
04. 08.-04. 11.	2016 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)	DoubleTree by Hilton Hotel Philadelphia Center City, PA, USA	2016.hapticssymposium.org/
04. 10.-04. 15.	IEEE INFOCOM 2016 - IEEE Conference on Computer Communications	Hyatt Regency San Francisco, CA, USA	www.ieee-infocom.org/2016
04. 10.-04. 13.	2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)	Khalifa University Abu Dhabi, United Arab Emirates	educon-conference.org/educon2016/
04. 10.-04. 13.	OCEANS 2016 - Shanghai	Shanghai International Convention Center (SHICC), Shanghai, China	www.oceans16mtsieeeshanghai.org/
04. 11.-04. 14.	2016 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium - PLANS 2016	Hyatt Regency Savannah, GA, USA	www.plansconference.org
04. 11.-04. 15.	2016 IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST)	Holiday Inn Chicago Mart Plaza River North, IL, USA	www.cs.uic.edu/~icst2016/index.htm
04. 11.-04. 13.	2016 IEEE 17th Annual Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON)	Clearwater Beach Marriott Suites on Sand Key, FL, USA	www.wamicon.org
04. 13.-04. 16.	2016 IEEE 13th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2016)	TBD, Prague, Czech Republic	kybic@fel.cvut.cz
04. 15.-04. 15.	2016 IEEE Workshop on Microelectronics and Electron Devices (WMED)	Student Union Building Boise State Universit, ID, USA	www.ewh.ieee.org/r6/boise/wmed2015/WMED2015.html
04. 17.-04. 20.	2016 IEEE 11th Annual International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (NEMS)	Hotel Matsushima Taikanso, Miyagi, Japan	ieee-nems.org/2016/
04. 17.-04. 21.	2016 IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS)	Pasadena Convention Center, CA, USA	www.irps.org
04. 18.-04. 21.	2016 Annual IEEE Systems Conference (SysCon)	Hyatt Grand Cypress, Orlando, FL, USA	ieeesyscon.org
04. 18.-04. 20.	2016 18th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON)	Saint Raphael Hotel, Limassol, Cyprus	www.melecon2016.org
04. 18.-04. 20.	2016 First International Forum on Disaster Strategic Planning and Management (IDSPM Forum)	Hilton Hotel, Saudi Arabia	goo.gl/qJITHR
04. 19.-04. 21.	2016 IEEE International Vacuum Electronics Conference (IVEC)	Monterey Marriott, CA, USA	ivec2016.org/
04. 19.-04. 21.	2016 IET 8th International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD)	The Hilton Hotel, Glasgow, United Kingdom	www.theiet.org/pemd
04. 20.-04. 21.	2016 International Conference on Computation of Power, Energy Information and Commuincation (ICCPEIC)	Adhiparasakthi Engineering College, Chennai, India	www.iccpeic.weebly.com
04. 20.-04. 21.	2016 4th International Istanbul Smart Grid Congress and Fair (ICSG)	HALIC CONGRESS CENTER, ISTANBUL, Turkey	www.icsgistanbul.com
04. 20.-04. 22.	2016 IEEE International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT)	TBD, Beijing, China	www.emfield.org/icmmt2016
04. 25.-04. 27.	2016 International Symposium on VLSI Design, Automation and Test (VLSI-DAT)	Ambassador Hotel Hsinchu, Taiwan	expo.itri.org.tw/2016vlsidat

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
04. 25.-04. 27.	2016 4th International Symposium on Digital Forensic and Security (ISDFS)	University of Arkansas at Little Rock, AR, USA	www.isdfs.org/
04. 25.-04. 27.	2016 IEEE 34th VLSI Test Symposium (VTS)	Caesars Palace, Las Vegas, NV, USA	tttc-vts.org/public_html/new/2016/
04. 25.-04. 29.	NOMS 2016 - 2016 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium	Istanbul Technical University, Turkey	noms2016.ieee-noms.org/
04. 29.-04. 30.	2016 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)	GALGOTIAS UNIVERSITY, India	www.iccca2016.com

〉〉 2016년 5월

05. 02.-05. 06.	2016 IEEE Radar Conference (RadarConf16)	Loews Hotel, Philadelphia, PA, USA	www.radarconf16.org
05. 03.-05. 05.	2016 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)	Dallas Convention Center, Dallas, TX, USA	www.ieeet-d.org
05. 03.-05. 05.	2016 IEEE International Conference on RFID (RFID)	Orange County Convention Center, Orlando, FL, USA	2016.ieee-rfid.org/
05. 03.-05. 05.	2016 International Conference on Computer Systems and Informatics (ICCSI)	InterContinental Hotel, Taif, KSA, Saudi Arabia	www.iccsi.net
05. 04.-05. 06.	2016 5th International Symposium on Next-Generation Electronics (ISNE)	TBD. Hsinchu, Taiwan	yunhwu@ess.nthu.edu.tw
05. 04.-05. 07.	2016 International Conference on Electrical and Information Technologies (ICEIT)	Movempick Hotel, Tangiers, Morocco	www.enset-space.org/ICEIT16/
05. 05.-05. 06.	2016 IEEE Wireless Power Transfer Conference (WPTC)	Universidade de Aveiro, Portugal	www.wptc2016.org/
05. 06.-05. 08.	2016 Sixth International Conference on Information Science and Technology (ICIST)	Nian Zhang University of the District of Columbia	icist.dlut.edu.cn/meeting/index_en.asp?id=2578
05. 09.-05. 12.	2016 IEEE International Frequency Control Symposium (IFCS)	The Roosevelt New Orleans, LA, USA	2016.org
05. 10.-05. 12.	2016 24th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE)	Eng. School,Zand Blvd, Shiraz, Iran	icee2016.shirazu.ac.ir
05. 10.-05. 12.	2016 IEEE Symposium on Technologies for Homeland Security (HST)	Westin Hotel, MA, USA	www.ieee-hst.org
05. 12.-05. 14.	2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)	Ilya A. Ivanov, Moscow, Russia	sibcon.hse.ru/en/
05. 12.-05. 14.	2016 5th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCAST)	Aristotle University Research Dissemination Center, Thessaloniki, Greece	mocast.physics.auth.gr
05. 13.-05. 20.	2016 IEEE-IAS/PCA Cement Industry Technical Conference	Gaylord Texan, Dallas, TX, USA	www.cementconference.org
05. 15.-05. 18.	2016 IEEE Rural Electric Power Conference (REPC)	Westin, Westminster, CO, USA	ieeerepc.org/
05. 15.-05. 18.	2016 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE)	Vancouver Marriott Pinnacle Downtown Hotel, BC, Canada	ccece2016.ieee.ca
05. 15.-05. 18.	2016 IEEE International Memory Workshop (IMW)	Paris Marriott Rive Gauche Hotel & Conference Center, Paris, France	www.ewh.ieee.org/soc/eds/imw/
05. 15.-05. 18.	2016 IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring)	TBD, Nanjing, China	ieeevtc.org/vtc2016spring/
05. 15 -05. 20	2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)	Stockholm Waterfront Congress Centre, Stockholm, Sweden	www.icra2016.org
05. 16.-05. 19.	2016 16th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid)	Cartagena, Colombia	aji@anl.gov
05. 16.-05. 20.	2016 IEEE 32nd International Conference on Data Engineering (ICDE)	Aalto University School of Business, Helsinki, Finland	www.icde2016.fi
05. 16.-05. 19.	2016 24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU)	Dedeman Zonguldak, Turkey	siu2016.beun.edu.tr/
05. 16.-05. 18.	2016 IEEE Symposium on Product Compliance Engineering (ISPCE)	Hyatt Regency Orange County, CA, USA	psessymposium.org
05. 16.-05. 19.	2016 27th Annual SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASMC)	Saratoga Springs City Center, NY, USA	www.semi.org/en/asmc2016

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
05. 17.-05. 21.	2016 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC)	Shenzhen Convention and Exhibition Center, SHENZHEN, China	www.apemc.org
05. 20.-05. 22.	2016 IEEE Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)	Chongqing River Romance Hotel, Chongqing, China	www.itnec.org
05. 21.-05. 22.	2016 25th Wireless and Optical Communication Conference (WOCC)	lifornia Garden Hotel, Chengdu, China	www.wocc.org/
05. 22.-05. 25.	2016 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)	Sheraton center Montreal, QC, Canada	iscas2016.org
05. 22.-05. 27.	2016 IEEE/MTT-S International Microwave Symposium - MTT 2016	Moscone Center, San Francisco, CA, USA	www.ims2016.org
05. 22.-05. 26.	2016 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)	The Fairmont Hotel, San Jose, CA, USA	locasto@cpsc.ucalgary.ca
05.22.- 05. 27.	2016 IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West)	Clark Kerr Campus at UC Berkeley, CA, USA	JTChew@lbl.gov
05. 22.-05. 24.	2016 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium (RFIC)	scone Convention Center, San Francisco, CA, USA	rfic-ieee.org/
05. 22.-05. 25.	2016 IEEE 8th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC 2016 - ECCE Asia)	Platinum Hanjue Hotel, Hefei, China	www.ipemc2016.org/
05. 22.-05. 26.	2016 IEEE PES Substations Committee Annual Meeting (SUBS)	Westin Peachtree Plaza, Atlanta, GA, USA	ewh.ieee.org/cmte/substations/scm0/2016ATL/basefile.htm
05. 22.-05. 27.	ICC 2016 - 2016 IEEE International Conference on Communications	Kuala Lumpur Convention Center, Malaysia	g.weisman@comsoc.org
05. 23.-05. 27.	2016 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS)	Hyatt Regency Chicago, IL, USA	www.ipdps.org
05. 23.-05. 24.	2016 IEEE Women in Engineering International Leadership Conference (WIE ILC)	San Jose Marriott, San Jose, CA, USA	ieee-wie-ilc.org
05. 23.-05. 26.	2016 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)	Taipei International Convention Center, Taipei, Taiwan	imtc2016.ieee-ims.org/
05. 23.-05. 26.	2016 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA)	TBD, Korea (South)	icatse.org/icimsa/
05. 23.-05. 27.	2016 ICC - 2016 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC)	Kuala Lumpur Convention Centre, Malaysia	hafizal.mohamad@mimos.my
05. 23.-05. 26.	2016 IEEE International Interconnect Technology Conference / Advanced Metallization Conference (IITC/AMC)	DoubleTree Hotel, San Jose, CA, USA	www.iitc-conference.org/
05. 24.-05. 27.	2016 IEEE European Test Symposium (ETS)	Movenpick hotel, Amsterdam, Netherlands	ets16.nl/
05. 25.-05. 27.	2016 4th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)	Telkom University, Bandung, Indonesia	www.icoict.org/
05. 25.-05. 27.	2016 International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT)	SYED AMMAL ENGINEERING COLLEGE, RAMANATHAPURAM, India	icaccct16.syedengg.ac.in/
05. 26.-05. 30.	2016 International Conference on Applied System Innovation (ICASI)	TBD, Okinawa, Japan	2016.icasi.asia/
05. 27.-05. 27.	2016 87th ARFTG Microwave Measurement Conference (ARFTG)	Parc 55 Wyndham San Francisco - Union Square, , CA, USA	www.arftg.org
05. 28.-05. 30.	2016 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)	TBD, Yinchuan, China	www.ccdc.neu.edu.cn/
05. 30.-06. 02.	2016 European Navigation Conference (ENC)	Finlandia Hall, Helsinki, Finland	sarang.thombre@fgi.fi
05. 30.-06. 01.	2016 23rd Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems (ICINS)	Concern CSRI Elektropribor, Saint Petersburg, Russia	www.elektropribor.spb.ru/icins2016/eind
05. 30.-06. 03.	2016 39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)	Grand Hotel Adriatic Convention Centre, Opatija, Croatia	www.mipro.hr
05. 31.-06. 03.	2016 15th IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITherm)	Cosmopolitan Hotel, Las Vegas, NV, USA	www.ieee-itherm.org
05. 31.- 06. 03.	2016 8th International Conference on Cyber Conflict (CyCon)	Swissotel Tallinn, Estonia	ccdcoe.org/cycon/sites/default/files/CyCon_2016_CFP.pdf

특별회원사 및 후원사 명단

회원명	대표자	주 소	전 화	홈페이지
국제종합측기	박재욱	서울시 강남구 역삼동 831	02-553-0901	http://www.msinter.co.kr
나노종합기술원	이재영	대전시 유성구 어은동 53-3	042-366-1500	http://www.nnfc.re.kr
네이버(주)	김상헌	경기도 성남시 분당구 불정로 6 (정자동 그린팩토리)	031-784-2560	http://www.nhncorp.com
넥서스칩스	김덕명	서울시 송파구 가락본동 IT벤처타워 서관 12층	02-2142-1310	http://www.nexuschips.com
넥스트칩	김경수	서울시 강남구 도곡동 949-3	02-3460-4700	http://www.nextchip.com
(주)넥스파시스템	이상준	서울시 성동구 자동차시장 1길 18 105호	02-2243-4011	http://www.nexpa.co.kr
누리미디어	최순일	서울시 마포구 대흥동 446	02-702-1771	http://www.nurimedia.co.kr
다우인큐브	이예구	경기도 용인시 수지구 죽전동 23-7 다우디지털스퀘어	070-8707-2500	http://www.daouincube.com
대구테크노파크	송인섭	대구시 달서구 대천동 891-5	053-602-1803	http://www.mtcc.or.kr
대덕G.D.S	유영훈	경기도 안산시 목래동 475	031-481-8006	http://www.daeduckgds.co.kr
대덕전자	김영재	경기도 안산시 목래동 390-1	031-481-8005	http://www.dacduck.com
대성전기	이철우	경기도 안산시 단원구 원시동 743-5	031-494-1141	http://www.dsec.co.kr
대전테크노파크	염홍철	대전시 유성구 탑립동 694	042-930-4300	http://www.djtp.or.kr
(주)더즈텍	김태진	경기도 안양시 동안구 학의로 292 금강펜테리움IT타워 A동 1061호	031-450-6300	http://www.doestek.co.kr
덴소풍성전자	김경섭	경남 창원시 성산구 외동 853-11	055-600-9227	http://www.dnpe.co.kr
동부하이텍	박용인	서울시 강남구 대치동 891-10	02-3484-2888	http://www.dongbuhitek.co.kr
동아일렉콤	손성호	서울시 중구 남대문로5가 526	02-757-2050	http://www.dongahelecomm.co.kr
동운아나텍	김동철	서울시 서초구 서초동 1467-80 아리랑타워 9층	02-3465-8765	http://www.dwanatech.com
라온텍	김보은	경기도 성남시 분당구 정자동 9	070-7545-1779	http://www.raon-tech.com
만도	정몽원	경기도 용인시 기흥구 고매동 413-5	031-300-5126	http://www.mando.com
문화방송	안광한	서울시 영등포구 여의도동 31	02-784-2000	http://www.imbc.com
삼성전자	권오현	서울시 서초구 서초2동 1320-10 삼성전자빌딩	1588-3366	http://samsungelectronics.com/kr
삼성탈레스	변승완	경기도 성남시 분당구 구미동 188	031-601-5100	http://www.samsungthales.com
삼화콘덴서공업	황호진	경기도 용인시 처인구 남사면 북리 124	031-332-6441	http://www.samwha.co.kr
세미솔루션	이정원	경기도 용인시 기흥구 영덕동 1029 흥덕U타워 지식산업센터	031-627-5300	http://www.semisolution.com
세원텔레텍	김철동	경기도 안양시 동안구 관양동 1023	031-422-0031	http://www.sewon-teletech.co.kr
(주)스카이크로스코리아	조영민	경기 수원시 영통구 영통동 980-3 디지털엠파이어빌딩 C동 801호	031-267-1662	http://www.skycross.cco.kr
㈜대동	조명수	경기도 안산시 단원구 원시동 743-2	031-493-3000	http://www.dae-dong.biz
실리콘마이터스	허 염	서울시 성동구 행당1동 한양대학교 HIT 418호	02-2297-7077	http://www.siliconmitus.com
실리콘웍스	한대근	대전시 유성구 탑립동 707	042-712-7700	http://www.siliconworks.co.kr/
(주)쏠리드	정 준	경기도 성남시 분당구 삼평동 쏠리드스페이스	031-627-6000	http://www.st.co.kr
아나패스	이경호	서울시 구로구 구로동 197-12 신세계아이앤씨 디지털센타 6층	02-6922-7400	http://www.anapass.com
아바고테크놀로지스	전성민	서울시 서초구 양재동 215	02-2155-4710	http://www.avagotech.kr
아이닉스	황정현	경기도 수원시 영통구 영통동 980-3	031-204-7333	http://www.eyenix.com/
㈜아이에이	김동진	서울 송파구 송파대로 22길 5-23	02-3015-1300	http://www.ia-inc.kr
안리쓰코퍼레이션	오사무나가타	서울시 강남구 역삼1동 832-41 현죽빌딩 8층	02-553-6603	http://www.anritsu.com
에디텍	정영교	서울시 구로구 구로동 811	02-2025-0088	http://www.aditec.co.kr
에스넷시스템㈜	윤상화	서울 강남구 삼성동 141(성원빌딩 10층)	02-3469-2994	http:// www.snetsystems.co.kr
에스엘	이충곤	경북 경산시 진량읍 신상리 1208-6	053-850-8775	http://www.sl.co.kr

회원명	대표자	주 소	전 화	홈페이지
유라코퍼레이션	엄병윤	경기도 성남시 분당구 삼평동 686-1	070-7878-1000	http://www.yuracorp.co.kr
유텔	김호동	경기도 군포시 당정동 381-4	031-427-1020	http://www.u-tel.co.kr
이노피아테크	장만호	경기도 성남시 중원구 상대원동 333-7 금강펜테리움 IT타워	031-730-0575	http://www.innopiatech.com
이디	박용후	경기도 성남시 중원구 상대원동 보통길 10	031-730-7320	http://www.ed.co.kr
이지테크	강현웅	서울시 양천구 신정4동 1008-12	02-2608-2633	http://www.ezlab.com
전자부품연구원	김경원	경기도 성남시 분당구 야탑동 68	031-789-7000	http://www.keti.re.kr
지에스인스트루먼트	고재목	인천시 남구 주안동 1385-14	032-870-5641	http://www.gsinstrument.com
지엠테스트	고상현	충남 천안시 서북구 직산읍 군서리 134	041-410-2600	http://www.gmtest.com
충북테크노파크	남창현	충북 청원군 오창읍 연구단지로 40	043-270-2000	http://www.cbtp.or.kr
현대오트론	박상규	경기도 성남시 분당구 판교로 344 엠텍IT타워	031-627-0990	http://www.hyundai-autron.com
케이던스코리아	신용석	경기도 성남시 분당구 금곡동 196	031-728-3114	http://www.cadence.com
현대케피코	박상규	경기도 군포시 당정동 410	031-450-9015	http://www.hyundae-kefico.com
코아리버	배종홍	서울시 송파구 가락본동 78번지 IT벤처타워 서관 11층	02-2142-3400	http://www.coreriver.com
콘티넨탈 오토모티브 시스템	선우 현	경기도 성남시 분당구 판교역로 220 솔리드스페이스빌딩	031-697-3800	http://www.conti-automotive.co.kr
텔레칩스	이장규	서울시 송파구 신천동 7-20 루터회관	02-3443-6792	http://www.telechips.com
티에이치엔	채 석	대구시 달서구 갈산동 973-3	053-583-3001	http://www.th-net.co.kr
티엘아이	김달수	경기도 성남시 분당구 야탑동 345-1 파인벤처빌딩	031-784-6800	http://www.tli.co.kr
페어차일드코리아반도체	김귀남	경기도 부천시 원미구 도당동 82-3	032-671-3842	http://www.fairchildsemi.com
SK 하이닉스	박성욱	경기도 이천시 부발읍 아미리 산 136-1	031-630-4114	http://www.skhynix.com
한국멘토그래픽스(유)	양영인	서울시 강남구 삼성동 무역센타빌딩 21층	02-551-3434	http://www.mentorkr.com
한국애질런트테크놀로지스	김승렬	서울시 영등포구 여의도동 25-12	080-769-0800	http://www.agilent.co.kr
한국인터넷진흥원	이기주	서울시 송파구 중대로 109	02-405-4118	http://www.kisa.or.kr/
한국전기연구원	김호용	경남 창원시 성주동 28-1	055-280-1114	http://www.keri.re.kr
한국전자통신연구원	김흥남	대전시 유성구 가정동 161	042-860-6114	http://www.etri.re.kr
한국정보통신기술협회	임차식	경기도 성남시 분당구 서현동 267-2	031-724-0114	http://www.tta.or.kr
한라비스테온공조	박용환	대전시 대덕구 신일동 1689-1	042-930-6114	http://www.hvccglobal.com
한백전자	진수춘	대전시 유성구 궁동 487-1	042-610-6111	http://www.hanback.co.kr
현대로템	한규환	경기도 의왕시 삼동 462-18	031-596-9045	http://www.hyundai-rotem.co.kr
현대모비스	정명철	서울시 강남구 역삼1동 679-4 서울인터내셔널타워	02-2018-5114	http://www.mobis.co.kr
현대엠엔소프트	유영수	서울시 용산구 원효로4가 114-38	02-3483-8500	http://www.hyundai-mnsoft.com
현대자동차그룹	양웅철	경기도 화성시 장덕동 772-1	02-3464-1114	http://www.hyundai-motor.com
휴먼칩스	손민희	서울시 송파구 가락본동 10 신도빌딩	070-8671-4700	http://www.humanchips.co.kr
휴인스	송태훈	경기도 성남시 분당구 수내동 16-3 코포모빌딩	031-719-8200	http://www.huins.com
히로세 코리아㈜	이상엽	경기 시흥시 정왕동 희망공원로 250	031-496-7000	http://www.hirose.co.kr
FCI	한상우	경기도 성남시 분당구 판교로 255번길 35(삼평동) 실리콘파크 B동 7층	031-782-3700	http://www.fci.co.kr
I&C테크놀로지	박창일	서울시 송파구 가락동 78 IT벤처타워 동관 18층	02-2142-3300	http://www.inctech.co.kr
KT	황창규	경기도 성남시 분당구 정자동 206	031-727-0114	http://www.kt.co.kr
LDT	김철호	충남 천안시 서북구 두정동 538 M프라자 3층	041-520-7300	http://www.ldt.co.kr
LG전자	구본준	서울시 영등포구 여의도동 30	02-3777-1114	http://www.lge.co.kr
LIG 넥스원	이효구	서울시 강남구 역삼동 838 푸르덴셜타워 10층	1644-2005	http://www.lignex1.com
RadioPulse	왕성호	서울시 강동구 성내동 111-6	02-478-2963	http://www.radiopulse.co.kr
SK Telecom	하성민	서울시 중구 을지로2가 11 SK-T-Tower	02-2121-2114	http://www.sktelecom.com

단체회원 명단

회원명	주 소	전 화	홈페이지
가톨릭대중앙도서관	경기부천시원미구역곡2동산43-1	032-340-3607	
가톨릭상지대학도서관	경북안동시율세동393	032-340-3607	http://www.csangji.ac.kr/~library/
강릉대도서관	강원강릉시지변동산1		http://211.114.218.253/
강원관광대도서관	강원태백시황지동439	033-552-9005	http://www.kt.ac.kr
강원대도서관	강원춘천시효자2동192-1	033-250-9000	http://library.kangwon.ac.kr
경동대도서관	강원고성군토성면봉포리산91-1	033-639-0371	http://www.kyungdong.ac.kr
경주대도서관	경북경주시효현동산42-1	054-770-5051	http://www.kyongju.ac.kr
건국대도서관	서울성동구모진동93-1	02-450-3852	http://www.konkuk.ac.kr
건양대중앙도서관	충남논산시내동산30	041-730-5154	http://lib.konyang.ac.kr
경기대중앙도서관	경기수원시팔달구이의동산94-6	031-240-7135	http://203.249.26.247/
경기공업대도서관	경기시흥시정왕동시화공단3가102	031-496-4571	http://210.181.136.6/
경남대중앙도서관	경남마산시월영동449	055-249-2906	http://library.kyungnam.ac.kr
경도대도서관	경북예천군예천읍청복리947-1	054-650-0143	http://libweb.kyongdo.ac.kr
경북대도서관	대구북구산격동1370	053-955-500 1	http://kudos.knu.ac.kr
경북대전자공학과	대구북구산격동1370	053-950-5506	http://palgong.knu.ac.kr
경운대벽강중앙도서관	경북구미시산동면인덕리55	054-479-1083	http://www.kyungwoon.ac.kr
경일대도서관	경북경산군하양읍부호리33	053-950-7790	http://cham.kyungil.ac.kr
경산대도서관	경북경산시점촌동산75		http://library.ksucc.ac.kr
경상대도서관	경남진주시가좌동900	055-751-5098	http://library.gsnu.ac.kr
경성대도서관	부산남구대연동110-1	051-620-4394	http://kulis1.kyungsung.ac.kr
경희대학교	중앙도서관 경기용인시기흥구서천동1번지	031-201-3219	http://library.khu.ac.kr
고려대과학도서관	서울성북구안암동5가1번지	02-920-1709	http://kulib.korea.ac.kr
고려대서창캠퍼스도서관	충남연기군조치원읍서창동208		http://kuslib.korea.ac.kr
고속도로정보통신공단	경기용인기흥읍공세리260-1	031-280-4230	
공군사관학교도서관	충북청원군남일면쌍수리사서함335-1	043-229-6085	http://www.afa.ac.kr
공군전투발전단무기체계실	충남논산군두마면부남리사서함501-317호	041-506-5260, 5281	
공주대도서관	충남공주시신관동182	041-850-8691	http://knulib.kongju.ac.kr
광명하안도서관	경기광명시하안2동683	031-680-6376	http://www.kmlib.or.kr
광운대도서관	서울노원구월계동447-1	02-918-1021~2	http://kupis.kwangwoon.ac.kr
국민대성곡도서관	서울성북구정릉동861-1	02-910-4200	http://kmulmf.kookmin.ac.kr
김포대학도서관	경기김포시월곶면포내리산14-1	031-999-4126	http://lbr.kimpo.ac.kr
국방대학교도서관	서울은평구수색동205	02-300-2415	
국방제9125부대	서울중앙우체국사서함932호		
국방품질관리연구소정보관리실	서울청량리우체국사서함 276호		http://dqaa.go.kr
국방과학연구소서울자료실	서울송파구송파우체국사서함132호	02-3400-2541	http://www.add.re.kr
방위사업청	서울용산구용산2가동7번지	02-2079-5213	
극동대학교도서관	충북음성군감곡면왕장리산5-14	043-879-3568	http://lib.kdu.ac.kr
금강대학교도서관	충남논산시 상월면 대명리 14-9	041-731-3322	http://lib.ggu.ac.kr
LG정밀(주)제2공장자료실	경기오산시가수동379	031-772-1171(318)	http://www.lginnotek.com

회원명	주 소	전 화	홈페이지
LG정보통신(주)자료실	경북구미시공단동299	054-460-5311	http://www.lge.co.kr
금오공대도서관	경북구미시신평동188-1	054-461-0131~4	http://ran.kumoh.ac.kr
남서울대도서관	충남천안시성환읍매주리21	041-580-2076	http://ness.nsu.ac.kr
단국대도서관	울용산구한남동산8	02-709-2135	http://www.dankook.ac.kr
단국대율곡기념도서관	충남천안시안서동산29-1	041-741-6040(1613)	http://dulis.anseo.dankook.ac.kr
대구대도서관	대구남구대명동2288	053-850-2081~6	http://love.taegu.ac.kr
대원공과대학도서관	충북제천시신월동산22-8	043-649-3202	http://lib.daewon.ac.kr
동서울대학도서관	경기성남시수정구복정동423	031-720-2191	http://dlibrary.dsc.ac.kr
대전대도서관	대전동구용운동96-3	042-280-2673	http://libweb.taejon.ac.kr
대전한밭대도서관	대전동구삼성2동305-3	042-630-0616	http://tjdigital.tnut.ac.kr
대전한밭도서관	대전중구문화동145-3	042-580-4255	http://hanbat.metro.taejon.kr
대진대중앙도서관	경기포천군포천읍선단리산11-1	031-535-8201~5	http://library.daejin.ac.kr
대천대도서관	충남보령시주포면관산리산6-7	041-939-3026	http://www.dcc.ac.kr
동강대도서관	광주시 북구 두암동771	062-520-2114	http://dongkang.ac.kr
동국대도서관	서울중구필동3가26	02-260-3452	http://lib.dgu.ac.kr
동서대도서관	부산사상구주례동산69-1	051-320-1640	http://libcenter.dongseo.ac.kr
동아대도서관	부산서구동대신동3가1	051-204-0171	http://av3600.donga.ac.kr
동양대도서관	경북영주시풍기읍교촌동1번지	054-630-1053	http://dyucl.dyu.ac.kr
동양공업전문대학도서관	서울구로구고척동62-160	02-610-1731	http://www.dongyang.ac.kr
동원대학술정보센터	경기광주군실촌면신촌리산1-1	031-763-8541(140)	http://www.tongwon.ac.kr
두원공과대학도서관	경기안성군죽산면장원리678		http://www.doowon.ac.kr
만도기계중앙연구소	경기남양주군와부읍덕소리95	031-768-6211	http://www.mando.com
목원대도서관	대전중구목동24	042-252-9941~50	http://lib.mokwon.ac.kr
목포대도서관	전남무안군청계면도림리61		http://203.234.22.46/
목포해양대도서관	전남목포시죽교동572	061-240-7114	http://lib.miryang.ac.kr
배재대도서관	대전서구도마2동439-6	042-520-5252	http://lib.mmu.ac.kr
부경대도서관	부산남구대연3동599-1	051-622-3960	http://libweb.pknu.ac.kr
부산대도서관	부산금정구장전동산30	051-510-1814	http://pulip.pusan.ac.kr
부산외국어대도서관	부산남구우암동산55-1		http://www.pufs.ac.kr
부천대도서관	경기부천시원미구심곡동454-3	032-610-3272	http://www.bucheon.ac.kr
한국과학기술정보연구원정보자료실	서울동대문구청량리동206-9		http://www.kiniti.re.kr
삼지전자(주)	서울금천구가산동459-21	02-850-8167	
삼척산업대도서관	강원삼척시교동산253	033-570-6278	http://lib.samchok.ac.kr
상명대학교컴퓨터시스템공학전공	충남천안시안서동산98-20	041-550-5356	
상주대도서관	경북상주시가장동386	054-530-5641	http://san.sangju.ac.kr
상지대중앙도서관	강원원주시우산동산41	033-730-0366	http://lib.sangji.ac.kr
생산기술연구원정보자료실	서울금천구가산동371-36	02-850-9142~3	http://www.kitech.re.kr
산업기술시험평가연구소자료실	서울구로구구로동222-13	02-860-1292	http://www.ktl.re.kr
삼성SDI	경기용인시기흥구공세동	031-288-4121	http://www.samsungSDI.co.kr
서강대도서관	서울마포구신수동1-1	02-751-0141	http://loyola1.sogang.ac.kr
서경대도서관	서울성북구정릉동16	02-940-7036	http://lib.seokyeong.ac.kr
서울대도서관	서울관악구신림동산56-1	02-880-5114	http://solarsnet.snu.ac.kr
서울대전기공학부해동학술정보실	서울관악구신림동산56-1	02-880-7278	

회원명	주 소	전 화	홈페이지
서울산업대도서관	서울도봉구공릉동172	02-972-1432	http://cdserver.snut.ac.kr
서울시립대도서관	서울동대문구전농동8-3	02-2245-8111	http://plus.uos.ac.kr
서울여자대도서관	서울노원구공릉2동126	02-970-5305	http://lib.swu.ac.kr
서울통신기술(주)통신연구소	서울강동구성내3동448-11	02-2225-6613	http://www.scommtech.co.kr
선문대도서관	충남아산시탕정면갈산리100	041-530-2525	http://delta.sunmoon.ac.kr
성결대도서관	경기안양시안양8동147-2		http://211.221.247.5
성균관대과학도서관	경기수원시장안구천천동287-1	031-290-5114	http://skksl.skku.ac.kr
성남산업진흥재단(재)	경기성남시수정구수진1동587	031-758-9901	http://www.ked.or.kr
성신여대도서관	서울성북구동선동3가249-1	02-920-7275	http://lib.sungshin.ac.kr
세종대도서관	서울광진구군자동98	02-3408-3098	http://sjulib.sejong.ac.kr
수원대중앙도서관	경기화성군봉담면와우리산2-2	031-232-2101(378)	http://lib.suwon.ac.kr
수원과학대도서관	경기화성군정남면보통리산9-10	031-252-8980	http://www.suwon-sc.ac.kr
순천대도서관	전남순천시매곡동315	061-752-8131	http://203.246.106.33/
숭실대도서관	서울동작구상도1동1-1	02-820-0114	http://oasis.soongsil.ac.kr
안동대도서관	경북안동시송천동388	054-850-5238	http://library.ajou.ac.kr
안산1대학	경기도 안산시 상록구 일동 752	031-400-6900	http://www.ansan.ac.kr
안양대도서관	경기안양시만안구안양5동708-113	031-670-7557	http://www.anyang.ac.kr
안양과학대학도서관	경기안양시만안구안양3동산39-1	031-441-1058~9	http://www.anyang-c.ac.kr
에스씨지코리아(주)	서울강남구대치3동942해성B/D17층	02-528-2700	http://www.onsemi.com
에이치텔레콤(주)	경기도성남시중원구상대원동513-15	031-777-1331	http://www.htel.co.kr
여수대도서관	전남여수시둔덕동산96-1	061-659-2602	http://www.yosu.ac.kr
연세대도서관	서울서대문구신촌동134	02-361-2114	http://library.yonsei.ac.kr
영남대중앙도서관	경북경산시대동214-1	053-882-4134	http://libs.yeungnam.ac.kr
영동공과대학도서관	충북영동군영동읍설계리산12-1	043-740-1071~2	http://210.125.191.101/
오산전문대학도서관	경기오산시청학동17	031-372-1181	http://osanlib.osan-c.ac.kr
(주)오피콤	서울강남구수서동724(로스데일B/D5층)	02-3413-2500	http://www.opicom.co.kr
충북과학대학도서관	충북옥천군옥천읍금구리40	043-730-6251	http://www.ctech.ac.kr
용인대도서관	경기용인시삼가동470	031-30-5444	http://www.yongin.ac.kr
우리기술투자(주)	서울강남구대치동946-14(동원B/D14층)	02-508-7744	http://www.wooricapital.co.kr
우송대중앙도서관	대전동구자양동산7-6	042-630-9668~9	http://pinetree.woosongtech.ac.kr
울산대중앙도서관	울산광역시남구무거동산29	052-278-2472	http://library.ulsan.ac.kr
원광대중앙도서관	전북이리시신룡동344-2	063-850-5444	http://library.wonkwang.ac.kr
(주)원이앤씨	성남구 중원구 상대원동 190-1	031-776-0377	
위덕대학교도서관	경북경주시강동면유금리산50	054-760-1051	http://lib.uiduk.ac.kr
유한대학도서관	경기부천시소사구괴안동185-34		http://ic.yuhan.ac.kr
육군제1266부대연구개발처자료실	부산남구대연동우체국사서함1-19		
육군사관학교도서관	서울노원구공릉동사서함77호	02-975-0064	http://www.kma.ac.kr
육군종합군수학교도서관	대전유성구추목동사서함78-401	042-870-5230	
익산대학도서관	전북익산시마동194-5	063-840-6518	http://library.iksan.ac.kr
이화여대중앙도서관	서울서대문구대현동11-1	02-3277-3137	http://ewhabk.ewha.ac.kr
인제대도서관	경남김해시어방동607번지	055-320-3413	http://ilis1.inje.ac.kr
인천대도서관	인천남구도화동177	032-774-5021~5	http://wlib.incheon.ac.kr
인천전문대도서관	인천남구도화동235		http://www.icc.ac.kr

회원명	주 소	전 화	홈페이지
(주)인텍웨이브	서울구로구구로3동197-17(에이스테크노타워501)	02-3282-1185	http://www.intechwave.com
인하대도서관	인천남구용현동253	032-862-0077	http://library.inha.ac.kr
인하공전도서관	인천남구용현동253	032-870-2091-3	http://library.inhatc.ac.kr
전남과학대학도서관	전남곡성군옥과면옥과리산85	061-360-5050	http://www.chunnam-c.ac.kr
전남대도서관	광주북구용봉동300	062-550-8315	http://168.131.53.95/
호원대도서관	전북군산시임피면월하리727	063-450-7106	http://indang.howon.ac.kr
전주대중앙도서관	전북전주시완산구효자동3가1200	063-220-2160	http://lib.jeonju.ac.kr
우석대학도서관	전북완주군삼례읍후정리490	063-273-8001(206)	http://library.woosuk.ac.kr
제주대도서관	제주제주시아라1동1	064-755-6141	http://chulic.cheju.ac.kr
중부대도서관	충남금산군추부면마전리산2-25	041-750-6571	http://www.joongbu.ac.kr
중앙대도서관	서울동작구흑석동221	02-815-9231	http://www.lib.cau.ac.kr
중앙대안성도서관	경기안성군대석면내리		http://www.alib.cau.ac.kr
창원대학도서관	경남창원시퇴촌동234	055-283-2151	http://lib.changwon.ac.kr
창원시립도서관	창원시반송동산51-5	055-281-6921~2	http://city.changwon.kyongnam.kr
청양대도서관	충남청양군청양읍벽천리90		http://www.cheongyang.ac.kr
청주대도서관	충북청주시상당구내덕동36	043-229-8648	http://wuam.chongju.ac.kr
천안대도서관	충남천안시안서동산85-1		http://moon.chonan.ac.kr
천안공업대자료실	충남천안시부래동275		http://www.cntc.ac.kr
한국철도대학도서관	경기의왕시월암동산1-4	031-454-4019	http://library.krc.ac.kr
초당대도서관	전남무안군무안읍성남리419	061-450-1901~3	http://library.chodang.ac.kr
충북대도서관	충북청주시개신동산48	043-261-3114~9	http://cbnul.chungbuk.ac.kr
충주대도서관	충북중원군이류면검단리123	043-842-7331~5	http://chains.chungju.ac.kr
탐라대도서관	제주서귀포시하원동산70	064-735-2000	http://www.tamna.ac.kr
특허청심사4국전자심사담당관실	대전서구둔산동920 042-481-5673		
포항공과대학도서관	경북포항시포항우체국사서함125호	054-275-0900	http://www.postech.ac.kr
한경대도서관	경기안성시석정동67	031-670-5041	http://www.hankyong.ac.kr
하남시립도서관	경기하남시신장동520-2	031-790-6597	http://hanamlib.go.kr
한국정보통신기능대학원	경기광주시 역동 181-3	031-764-3301	http://www.icpc.ac.kr
한국과학기술원과학도서관	대전유성구구성동373-1	042-861-1234	http://darwin.kaist.ac.kr
한국과학기술연구원도서관	서울성북구하월곡동39-1	02-962-8801(2418)	http://161.122.13.12/
한국기술교육대학도서관	충남천안군병천면가전리산37	041-560-1253~4	http://dasan.kut.ac.kr
한국방송통신대학도서관	서울종로구동숭동169	02-7404-381	http://knoulib.knou.ac.kr
한국산업기술대도서관	경기시흥시정왕동사화공단3가101	031-496-8002	http://www.kpu.ac.kr
한국산업기술평가원	서울강남역삼동701-7(한국기술센타11층)	02-6009-8034	http://www.itep.re.kr
한국외국어대용인캠퍼스도서관	경기용인군왕산리산89	031-309-4130	http://weblib.hufs.ac.kr
한국전력기술(주)	경기도용인시구성읍마북리 360-9	031-289-4015	http://www.kopec.co.kr
한전전력연구원기술정보센터	대전유성구문지동103-16	042-865-5875	http://www.kepri.re.kr
한국전자통신연구원도서실	대전유성구가정동161	042-860-5807	http://www.etri.re.kr
한국조폐공사기술연구소기술정보실	대전유성구가정동90	042-823-5201(592)	http://www.komsep.com
한국철도기술연구원자료실	경기의왕시월암동374-1	031-461-8531	http://www.krri.re.kr
한국항공대도서관	경기고양시화전동200-1	031-309-1862	http://210.119.25.2/
한국항공우주연구소기술정보실	대전유성구어은동52	042-868-7811	http://www.kari.re.kr
한국해양대도서관	부산영도구동삼동1	051-414-0031	http://kmulib.kmaritime.ac.kr

회원명	주 소	전 화	홈페이지
한동대도서관	경북포항시북구흥해읍남송리3		http://salt.handong.edu
한세대도서관	경기군포시당정동604-5	031-450-5165	http://lib.hansei.ac.kr
한양대도서관	서울성동구행당동17	02-209-2114	http://library.hanyang.ac.kr
한양대안산도서관	경기안산시대학동396	031-869-2111	http://information.hanyang.ac.kr
해군제9135부대군수발전부표준규격과	경남진해시현동사서함2호		
해군사관학교도서관	경남진해시앵곡동사서함1-1		http://www.navy.ac.kr
해군정비창기술연구소	경남진해시현동사서함602-3호	055-549-3602	
현대자동차기술관리부	정보자료실 경남울산시중구양정동700		http://www.hyundai-motor.com
SK 하이닉스 메모리연구소정보자료실	경기이천군부발읍아미리산136-1	031-630-4514	
협성대학술정보관	경기화성군봉담읍상리8-1	031-299-0658	http://hulins.hyupsung.ac.kr
혜전대도서관	충남홍성군홍성읍남장리산16	041-630-5167	http://www.hyejeon.ac.kr
한라대학	강원원주시흥업면흥업리산66	031-760-1184	http://lib.halla.ac.kr
한서대도서관	충남서산군해미면대곡리360	041-660-1114	http://library.hanseo.ac.kr
호남대도서관	광주광산구서봉동59-1	062-940-5183	http://library.honam.ac.kr
호서대도서관	충남아산군배방면세출리산29-1	041-540-5080~7	http://library.hoseo.ac.kr
홍익대도서관	서울마포구상수동72-1	02-334-0151(409)	http://honors.hongik.ac.kr
홍익대문정도서관	충남연기군조치원읍신안동	041-860-2241	http://shinan.hongik.ac.kr
대구효성가톨릭대도서관	경북경산시하양읍금락1리330	053-850-3264	http://lib.cataegu.ac.kr

박사학위 논문초록 게재 안내

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

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

국문 초록(요약) : 1000자 이내

보내실 곳 _ 135-703
서울특별시 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동, 과학기술회관 신관 907호)
사무국 회지담당자앞
E-mail : edit@theieie.org
TEL : (02)553-0255(내선 3) FAX : (02)552-6093

대한전자공학회
IEIE The Institute of Electronics and Information Engineers

이 학술지는 정부재원으로 한국과학기술단체총연합회의 지원을 받아 출판되었음.

전자공학회지 〈월간〉 제42권 제12호(통권 제379호) The Magazine of the IEIE

2015년 12월 20일 인쇄
2015년 12월 25일 발행

발행및 **(사) 대한전자공학회** **회장 박 병 국**
편집인
인쇄인 **한림원(주)** **대표 김 흥 중**
발행인 **사단법인 대 한 전 자 공 학 회**
(우)135-703 서울 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동, 과학기술회관 신관 907호)
TEL.(02)553-0255~7 FAX.(02)552-6093
E-mail : ieie@theieie.org
Homepage : http://www.theieie.org
씨티은행 102-53125-258
지로번호 7510904

2016년도 회비납부 안내

1. 회비의 납부 및 유효기간

2016년도 회원 연회비는 2015년과 동일함을 알려드리며, 2016년도 회비는 2015년 12월부터 2016년 1월까지 납부하도록 되어 있습니다. 따라서 아직 2016년도 회비를 납부하지 않으신 회원님께서는 납부하여 주시기 바라며, 연회비의 유효기간은 회비를 납부한 당해연도에 한합니다.
평생회원님 및 이미 회비를 납부해주신 회원님께서는 학회에서 정리관계로 시차가 있을 수 있으므로 양지하시고 이 항목은 무시하여 주십시요.

◆ 2016년도 회원 연회비는 다음과 같습니다.
- 정 회 원 : 70,000원(입회비 : 10,000원)
- 학생회원 : 30,000원(입회비 면제)
- 평생회원 : 700,000원
  - 평생회비 할인 제도 : 학회 홈페이지 안내 참조
  - 평생회비 분납 제도(1년 한) : 평생회비 분할 납부를 원하시는 회원께서는 회원 담당에게 요청하여 주시기 바랍니다.

2. 논문지(eBook) 제공

학회지와 논문지(국·영문)가 eBook으로 발간되어 학회 홈페이지(http://www.theieie.org)를 통해 제공되고 있습니다. 다만 간행물을 우편으로 받기 원하시는 회원께서는 학회로 신청하여 주시기 바랍니다.

3. 회비의 납부방법

신용카드(홈페이지 전자결재) 및 계좌이체 (한국씨티은행, 102-53125-258)를 이용하여 학회 연회비, 심사비 및 논문게재료 등을 납부하여 주시기 바랍니다.

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

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

◎가입 대상 및 할인 혜택
- 가입 대상 : 2016년 석 · 박사 신입생 및 재학생
- 할인 내용 : 2년 60,000원(1년당 30,000원) → 2년 50,000원(16.7% 할인)
  3년 90,000원(1년당 30,000원) → 3년 70,000원(22.2% 할인)
  4년 120,000원(1년당 30,000원) → 4년 90,000원(25% 할인)
  5년 150,000원(1년당 30,000원) → 5년 110,000원(26.7% 할인)

5. IEEE 회비 10% 할인(Due 해당액) 안내

우리 학회에서는 IEEE와 MOU체결을 통해 우리학회 회원의 경우 IEEE 회비의 할인(Due 금액의 10%)이 가능하오니, IEEE에 신규 가입하시거나 갱신하실 때 할인혜택을 받으시기 바랍니다.
웹사이트 : https://www.ieee.org/membership-catalog/index.html?N=0

5. 문의처

◆ 대한전자공학회 사무국 김천일 과장(회원담당)
(02-553-0255(내선 1번)) / E-mail : webmaster@theieie.org

LG전자

65/55EF9500

스스로 빛을 내어
자연색 그대로 볼 수 있는
차원이 다른 TV

LG OLED TV
올레드