

해외 로봇 연구 동향

정 명 진
한국과학기술원

1. 서론

최근 들어 국내외적으로 전혀 없이 로봇에 대한 큰 규모의 연구가 활발하게 진행되고 있으며 신문이나 방송을 통해서도 로봇에 대한 새로운 소식이 거의 매일 전해지고 있어 많은 일반인들이 큰 관심을 보이고 있다. 이는 지금까지 일반인에게 접근이 어려운 산업 현장에서 벗어나 인간 생활 속으로 점점 다가오는 로봇에 대한 관심과 호기심 때문이라고 생각한다. 이러한 추세라면 앞으로 10년후는 이러한 로봇들이 지금의 자동차나 퍼스널 컴퓨터처럼 각 가정에 하나 이상 이용될 수 있을 것이다.

국내 로봇 전문가들은 국내외 학술대회의 참가와 해외 연구소 연수나 파견 그리고 각종 인터넷 검색을 통하여 국내외 최근 연구 활동과 경향을 쉽게 접할 수 있다. 여기에서는 세계적으로 로봇 연구를 주도하고 있는 세 개의 큰 연구 블록인 일본, 미국, 그리고 유럽 국가들의 로봇에 대한 연구지원 체계와 진행되고 있는 주요 연구 과제를 소개함으로써 최근 연구 동향을 살펴보고 아울러 주요 연구기관에서 수행하고 있는 과제를 소개하고자 한다.

2. 일본의 로봇연구

2.1. 일본의 연구체계

일본의 로봇 연구는 크게 산학연이 협동하여 진행되는 국가주도의 국책과제와 기업체에서 자체적으로 진행되는 기업주도 과제로 대별할 수 있다. 일본의 강점은 이 두 가지 형태의 연구가 장기적으로 그리고 체계적으로 운용된다는 것이다. 대표적인 장기적인 로봇관련 국책과제로는 1983년부터 1990년까지 진행되었던 “극한작업로봇” 프로젝트와 1998년부터 2002년까지의 “인간협조-공존형 로봇 시스템” 프로젝트가 있으며 기업체 과제로는 1986년부터 1997년까지 비공개로 진행된 혼다의 “휴머노이드” 프로젝트를 들 수 있다. 서비스 로봇과 관련된 기업체의 연구는 주로 엔터테인먼트

트 분야의 로봇과 인간형 로봇으로 치우 친 반면 국가가 주도하는 로봇연구는 서비스 로봇을 실생활에 실제로 접목시키는데 주력하고 있다.

대형 국책 로봇과제는 경제산업성(옛 통상산업성)을 통해서 지원되며 신 에너지 산업기술 종합 개발 기구(NEDO : New Energy and Industrial Technology Development Organization)의 21세기 로봇 챌린지 프로그램의 일환으로 산업기술 종합기술 연구소(AIST: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)가 주축이 되어 여러 실제 작업환경에 로봇의 응용을 확대하기 위해 2002년부터 2004년까지 진행된 “네트워크로보틱스”와 “로봇 기술 미들웨어” 프로젝트가 있으며 2003년도에 시작된 로봇 요소 부품 기술을 위한 “전략적 기반 기술력 강화” 프로젝트와 실용화를 목적으로 구체적인 응용분야를 염두에 두고 로봇 시스템을 개발하는 2004년에 시작된 “차세대 로봇 실용화” 프로젝트가 있다.

2.2. 일본의 주요 연구

2.2.1. 인간협조 - 공존형 로봇시스템 (Humanoid Robotics Project)

경제 산업성 주관으로 1998년도부터 5개년 계획으로 시작되었으며 연구 개발을 위한 프로젝트 책임자는 동경대 이노우에교수로 AIST가 중심이 되어 산학 공동연구 형태로 진행되었다. 우리에게 잘 알려진 혼다의 Asimo나 소니의 SDR-3X나 Qrio가 엔터테인먼트 분야로 국한되었던 한계를 극복하기 위해 “인간협조-공존형 로봇” 프로젝트(HRP)가 만들어졌으며 이 프로젝트는 인간형 로봇의 응용사례를 중점적으로 연구하는 대형 과제로 “일하는 인간형 로봇”의 구현이 가능함을 보이는 것을 목적으로 하고 있다. 전반부는 연구의 공통 기반이 되는 플랫폼을 개발하고 후반기에는 응용 연구를 보이는 것을 내용으로 하고 있다. 플랫폼은 HRP-1 로봇과 HRP-2 로봇이 이용되었으며 선정된 5개의 응용 연구분야는

- 1) 대인 서비스
- 2) 빌딩-홈 관리 서비스
- 3) 옥외 공동작업



그림 1. 혼다사의 ASIMO

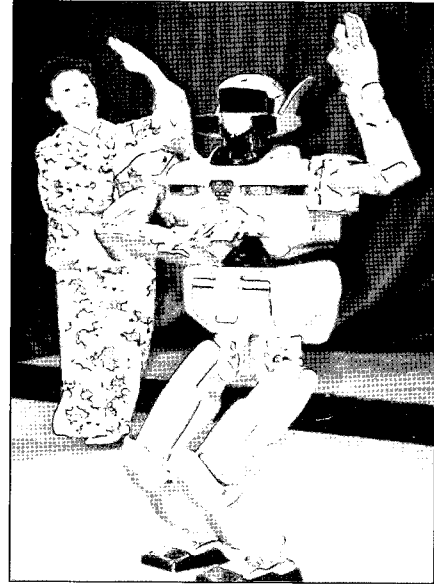


그림 2. HRP-2

- 4) 산업 차량 대행 운전
- 5) 플랜트 보수와 점검이며 각 응용 분야별로 대기업이 참여하여 진행하고 있다.

“인간형 로봇에 의한 대인 서비스” 과제는 병원환경에서 전문지식이 없이도 로봇의 동작을 간단하게 생성하는 소프트웨어와 대화형 로봇 원격 조작장치 개발을라는 것으로 히타치제작소와 마쓰시타 전공이 공동으로 진행하였다. “부채중 집 관리 작업의 실현” 과제는 후지쓰와 종합경비보장에서 공동으로 추진하였으며 로봇이 인간과 주거 공간에 공존하면서 인간과 협조해 부채중 집 관리를 하는 것으로 화상처리에 의해 목표가 되는 물체들을 로봇에 교시하고 휴대 정보 단말기(PDA)를 이용하여 인터넷을 통해 작업을 지시하는 연구와 그 이후 자율적인 로봇의 이동과 작업을 가능하게 하는 로봇 팔의 힘 제어와 작업시 필요한 기구를 개발하는 연구를 하고 있다. 야스카와와 카와다공업, 시미즈건설과 공동으로 진행된 “육외 공동작업” 과제에서는 인간과 로봇의 인터페이스와 협조 운반 기술, HRP-2의 개발 그리고 시각기술과 보행제어 기술이 개발되었다. “건설 기계 대행 운전” 과제는 가와사키중공업, 토쿄건설, 그리고 교토대학 공동으로 진행되었으며 전신의 움직임에 의한 동작교시 기술과 충격에 대한 보호 기술 그리고 원격조작장치에 대한 연구가 진행되었다. 마지막으로 “플랜트 보수와 점검” 과제는 미쓰비시중공업에서 수행하였으며 플랜트의 복잡하고 다양한 환경을 고려하여 IC태그를 이용한 네비게이션과 사람에 의한 로봇의 원격 조작을 융합하는 기술을 개발하였다.

2.2.2. 로봇기술 미들웨어 프로젝트 (Robot Technology Middleware Project)

서비스 로봇의 지변확대를 위해 필요한 로봇이 적절한 시점에 저렴한 가격으로 공급될 필요가 있으며 이 프로젝트에서는 로봇에 대한 부품을 공통 사양으로 표준화하고 모듈화를 하여 새로운 기능을 가진 로봇을 쉽게 구축하는 소프트웨어 기술을 개발하는 것을 주된 내용으로 하고 있다. AIST에서 공통적으로 사용되는 기본이 되는 프로그램을 그리고 마쓰시타 전공에서는 응용 프로그램을 개발하고 있다. 공통적으로 필요한 기능과 사양을 찾아내기 위해 일본 로봇 공업회 (JARA : Japan Robot Association)가 참여하고 있다.

그 외에 진행되고 있는 주요 국책과제는 차세대 로봇의 응용을 염두에 둔 요소부품을 개발하기 위한 “전략적 기반 기술력 강화” 프로젝트가 있다. 또한 “차세대 로봇 실용화”를 위한 프로젝트가 있으며 이 프로젝트에서는 실제 응용을 염두에 두고 실생활에 이용될 로봇시스템을 개발하는 “실용 시스템 추진사업”과 미래 지향적인 “프로토타입 개발 지원사업”이 있으며 지금 개최되고 있는 일본 아이치 국제박람회에서 결과물을 선보일 예정이다.

2.3. 일본의 주요 연구기관

일본 쓰쿠바에 위치한 산업기술총합연구소(AIST)는 전기통신기술연구소와 기계기술연구소가 구조조정이 되어 만들어진 국책연구소로 일본에서 로봇연구가 가장 활발한 연구기관이다. HRP가 끝난 후에도 산업

기술 총합연구소를 중심으로 후속과제로 연구가 계속 진행되고 있다. 지능시스템 연구부문과 정보처리 연구 그룹이 있으며 로봇관련 연구 부문인 지능시스템 연구부문에는 인간중심 비전 연구그룹, 인간 공존시스템 연구그룹, ITS 연구그룹, 3차원시각 시스템 연구그룹, 인조인간 연구그룹, 음성 청각 정보 연구그룹, 추론학습 연구그룹, 분산시스템 디자인 연구그룹, 기능역학 연구그룹이 있다. 동경에 위치한 이화학 연구소에서 분산형 적응로봇에 대한 연구를 진행하고 있다.

로봇 연구가 활발한 일본내 로봇을 연구하는 주요대학으로는 동경대학, 동경공업대학, 와세다대학, 쥬쿠바대학, 나고야대학, 오사카대학, 교토대학 등이 있다.

기업체의 연구는 여러 응용분야에서 이루어지고 있으나 많은 경우 엔터테인먼트 로봇이 주종을 이루고 있다. 대표적인 서비스 로봇제품으로는 혼다의 Asimo, 소니의 Qrio, NEC의 Papero, 소니의 Aibo, 미쓰비시의 Wakamaru, Toyota의 Partner 로봇 등이 있다.

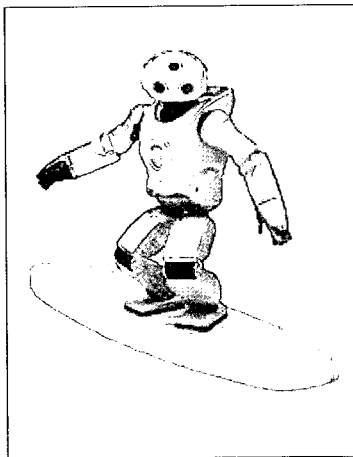


그림 3. 소니사의 QRIO



그림 4. 코코로사의 액트로이드

3. 미국의 로봇연구

3.1. 미국의 연구체계

산업용 로봇이 처음 이용된 미국의 서비스 로봇의 경우 국가주도로 기초부분과 응용부분에 대한 연구가 조화롭게 진행되고 있으며 연구를 지원하는 기관의 목적에 따라 응용분야는 극명한 차이를 보이고 있다. 서비스 로봇 연구가 휴머노이드 로봇을 근간으로 하는 엔터테인먼트 로봇 연구를 주로 하는 일본과는 달리 로봇의 기본이 되는 연구부터 의료와 군사용 로봇, 우주로봇까지 실용적인 면을 강조하고 있다. 미국의 주요 지원기관으로는 DARPA (Defense Advanced Research Project Agency), NASA (National Aeronautics and Space Administration), NIH (National Institute of Health) 그리고 국방성, 에너지성이 있으며 대학을 대상으로 하는 NSF (National Science Foundation)가 있다. DARPA는 국가 안보차원에 필요한 미래 지향적인 연구를 지원하고 있으며 NASA는 JPL (Jet Propulsion Laboratory)를 주 연구기관으로 하여 우주로봇이나 화성탐사 로봇 그리고 이와 관련된 연구를 지원하고 있다. 에너지성은 Sandia National Laboratories와 Oak Ridge National Laboratory를 중심으로 핵폐기물처리나 원격저리 기술에 대한 연구를 지원하고 있다. NIH는 인간의 뇌기능과 관련된 로봇기술과 의료로봇, 재활로봇에 대한 연구를 지원하고 있고 국방성은 로봇의 첨단 무기화와 각종 원격 제어기술 연구를 지원하고 있다. 그리고 NSF는 우리나라의 한국과학재단의 기능과 유사하며 대학에서 행해지는 기초연구와 프로토타입 기술을 지원하고 있다.

3.2. 미국의 주요 연구기관과 연구동향

미국내에서 로봇을 연구하는 대표적인 대학들을 소개하고자 한다. 로봇연구를 조직적이고 큰 규모로 가장 잘 수행하고 있는 기관으로 카네기 멜론대학의 RI (Robotics Institute)를 들 수 있으며 연구 분야에 따라 여러 개의 센터로 구성되어 있다. 야외환경에서 동작하는 이동로봇에 대한 연구를 수행하는 Field Robotics Center, 의료로봇과 computer-assisted surgery를 연구하는 Medical Robotics Technology Center, 컴퓨터 비전과 자율주행등을 연구하는 Vision and Autonomous Systems Center, 기초 로봇 연구를 수행하는 Center for the Foundations of Robotics가 있으며 우주탐사나 우

주 태양발전소 건설을 위한 기술을 연구하는 Space Robotics Initiative와 산업체나 국가기관에 기술을 전수하기 위한 National Robotics Engineering Consortium으로 구성되어 있다. 특히 컴퓨터 비전 분야와 Field 로봇 분야에서는 세계적인 연구 성과를 내고 있다.

MIT의 AI Lab은 인공지능과 관련된 로봇연구를 수행하고 있으며 인간과의 상호 작용과 인공지능을 구현하기 위한 휴머노이드 로봇과 인공두뇌(Synthetic Brains), 학습을 위한 로봇으로서의 인간 (Human as Robots), 그리고 행위기반 인공생명체를 연구하는 Living Machines에 대한 연구가 진행되고 있다. 우리에게 잘 알려진 Kismet 이나 Cog, Coco, Macco와 같은 로봇은 인간과 상호작용을 하는 지능이 있는 로봇에 대한 연구 결과를 잘 보여주고 있다. Stanford대학의 AI그룹은 1960년대 중반 최초로 체계적인 로봇에 관한 연구를 하였던 그룹으로 지금은 전산학과와 전기공학과, 기계공학과 그리고 항공공학과에서 진행하고 있다. 자율 이동 로봇과 지뢰탐사, Haptics, 인간중심의 로봇설계 (Human-Centered Robotic Design), 로봇을 이용한 수술과 수술 계획에 대한 연구가 진행되고 있다. UC Berkeley의 Human Engineering Lab에서 진행되고 있는 Exoskeleton의 연구가 있으며 이에 대한 연구의 일환으로 장착형 power extender와 human assisted walking machine에 대한 연구가 진행되고 있다. Robotics and Intelligent Machines Lab에서는 flying robot, MEMS 기반의 마이크로 로봇, 의료로봇에 대한 연구가 진행되고 있다. USC는 Robotics and Embedded Systems 센터를 중심으로 embedded robotics와 reconfigurable robots, nanorobot 분야가 연구되고 있다.

소저너나 오퍼튜니티와 같은 화성탐사 로봇을 개발하여 잘 알려진 JPL에서 진행되고 있는 로봇 연구는 우주 탐사를 위한 여러 형태의 이동로봇 연구가 주류를 이루고 있으며 dexterous manipulation 기술, calibrated synthetic viewing과 teleoperation 기술 그리고 robot assisted micro surgery에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. New Mexico에 있는 Sandia National Labs의 예서는 modeling and simulation 시스템인 Umbra를 개발하였으며 미니로봇, hopping robot, 그리고 여러 형태의 소프트웨어를 개발하여 로봇에 접목을 시키고 있다. Tennessee에 소재하는 Oak Ridge National Lab에서는 발전소 유지 보수나 해체를 위해 필요한 대형 로봇 시스템에 대한 기술과 극한 환경에서의 로봇제어기술을 개발하고 있다.

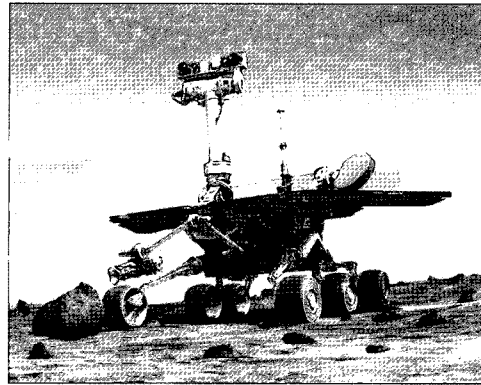


그림 5. JPL의 Opportunity

서비스 로봇관련 제품으로는 우리에게 잘 알려진 iRobot사의 소형 청소용 로봇인 룸바와 간호로봇인 Helpmate, 그리고 폭발물 제거를 위한 Remotec사의 Wolverine police robot, 군사용 목적의 iRobot사의 PackBot series와 ESI사의 MR series 가 있으며 그 외에 General Atomics Aeronautical Systems의 Predator와 같은 무인비행로봇이 있다.

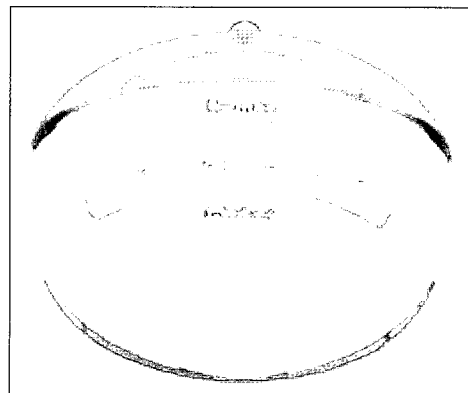


그림 6. irobot사의 Roomba

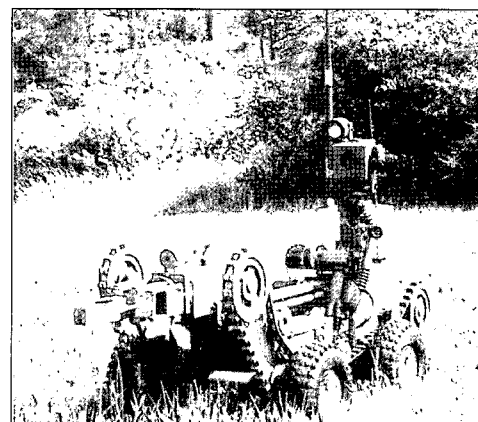


그림 7. Remotec사의 Wolverine Police Robot

4. 유럽의 로봇연구

4.1. 유럽의 연구체계

유럽에서의 로봇연구는 각 국가별로 이루어지기도 하며 이와 동시에 범유럽 차원에서 산학연 협동연구체제로 EUREKA, ESPRIT 등 과 같은 EU 프로젝트 형태로 이루어지고 있다. EU 프로젝트에 참여하기 위해서는 3개국 이상의 유럽국가가 동시에 참여하여야 하고 연구소와 산업계가 함께 참여하여야 하는 방식을 취하고 있으며 유럽의 기술력과 경제력의 우위를 지키기 위한 목적에서 추진되고 있다. 현재 진행 중인 대표적인 로봇과제는 Neurorobotics 과제 (Fusion of Neuroscience and Robotics for Augmenting Human Capability)가 있으며 내용은 단계별로 인간의 능력을 확장시키기 위한 로봇기술 개발을 주된 내용으로 하고 있다. 이외에 smart nanorobot 과 cooperative microrobot에 대한 연구도 진행되고 있다.

4.2. 유럽의 주요 연구기관과 연구활동

유럽의 국가별 연구 현황을 살펴보면 여러 프로젝트에 각국이 매트릭스 형태로 엮여 있어 어떤 한 국가의 고유기술이라고 판별하기가 쉽지 않다. 독일의 로봇연구는 Munich대학의 "Autonomous Dynamic Walking" 프로젝트가 있으며 이 연구에서는 빨리 걸을 수 있는 이족 보행 로봇을 DFG(German Research Foundation)의 지원으로 수행하고 있다. Karlsruhe 대학에서는 학습기능과 협동기능을 갖는 로봇을 위한 "Humanoid Robots" 와 "외과용 로봇"을 개발하고 있으며 Bielefeld 대학에서는 Perception과 Cognition에 대한 연구인 "Situating Artificial Communicators" 과제를 수행하고 있다. Bremen 대학에서는 "Human Centered Spatial Assistance Systems" 즉 로봇의 환경인식과 인간과 로봇의 상호작용을 중점적으로 연구하고 있으며 KAIST의 HWRS-ERC와 협력연구를 진행하고 있다. 독일의 유명한 연구소로는 Munich의 DLR의 로봇연구소가 있으며 우주로봇과 의료로봇과 각종 로봇 손과 수술기구에 대한 연구하고 있으며 Stuttgart의 IPA의 로봇 연구는 전통적으로 산업용 로봇연구로 유명하나 현재 노약자나 환자를 돕는 서비스 로봇이나 작업보조 로봇 등 인간을 돕는 로봇 연구에도 주력하고 있다.

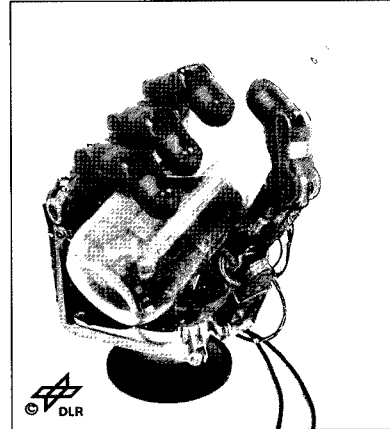


그림 8. DLR의 로봇핸드

프랑스의 대표적인 로봇연구는 INRIA산하의 프랑스 각 지역에 흩어져 있는 CNRS (The French National Center for Scientific Research)와 주변대학과 공동으로 연구가 수행이 되고 있으며 이동로봇과 경로계획, 의료로봇, visual servoing기술 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 CEA (The French Atomic Energy Commission)의 지원으로 여러 형태의 과제들이 수행되고 있으며 위험한 환경에서의 로봇연구로는 force feedback을 이용한 원격로봇 기술, 긴 링크를 로봇 팔 개발등이 있으며 의료로봇의 연구는 외과로봇과 재활로봇 개발 그리고 교육용이나 가정용 로봇 연구로는 가상현실을 위한 haptic device 개발과 장난감 로봇 개발 등이 있다. 스위스 EPFL의 Biologically Inspired Robotics 그룹은 모듈라 로봇과 dynamic movement primitive 등의 연구를 하고 있으며 Autonomous Systems

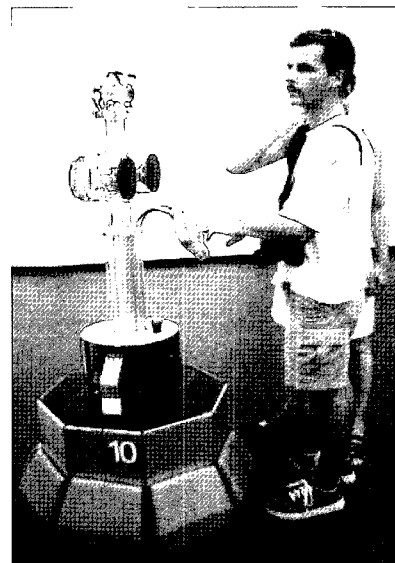


그림 9. ASL의 안내로봇

Lab(ASL)는 여러가지 기구학적 형태의 이동로봇과 마이크로 로봇에 대한 연구로 잘 알려져 있다. ASL의 spin-off 회사인 BlueBotics는 transportation logistics와 service robotics분야의 여러 가지 로봇제품을 출시하고 있다.

해외 로봇 연구에 대해 일본, 미국, 유럽의 주요 연구 현황을 살펴보았다. 이와 관련된 표나 그림 등을 포함한 자료가 방대하여 지면에 효과적으로 정리할 수 없어 자세한 자료 탐색을 위해 관련 기관의 URL을 참고문헌에 포함시켰다.

참고문헌

- [1] JARA, Summary Report on Technology Strategy for Creating a "Robot Society" in the 21st Century
- [2] U.S. Department of Energy, A Critical Technology Roadmap
- [3] JARA, Summary Report on Technology Strategy
- [4] European Commission IST Working Group, Grand Challenges in the Evolution of the Information Society
- [5] <http://www.nedo.go.jp> NEDO 지원활동
- [6] <http://www.jarajp> JARA의 활동과 일본 대학의 로봇연구
- [7] <http://www.aist.go.jp> AIST의 조직과 연구활동
- [8] <http://www.ri.cmu.edu> CMU Robotics Institute 연구활동
- [9] <http://groups.caail.mit.edu> MIT의 AI Lab의 연구활동
- [10] <http://ai.stanford.edu> Stanford AI 그룹의 연구활동
- [11] <http://bleex.me.berkeley.edu/> UC Berkeley의 ME의 연구활동
- [12] <http://robotics.eecs.berkeley.edu> UC Berkeley 의 EECS의 연구활동
- [13] <http://cres.usc.edu> USC의 CRES의 연구활동
- [14] <http://robotics.jpl.nasa.gov> JPL의 로봇관련 연구활동
- [15] <http://www.sandia.gov> Sandia National Lab의 연구활동
- [16] <http://www.ornl.gov> ORNL의 연구활동
- [17] <http://www.irobot.com> iRobot의 제품
- [18] <http://www.dlr.de/rm/en/> DLR의 연구활동
- [19] <http://www.inria.fr> INRIA와 산하 연구소의 연구활동
- [20] <http://www.cea.fr/gb/institutions/presentation.htm> CEA의 연구활동
- [21] <http://asl.epfl.ch> EPFL의 ASL 연구활동
- [22] <http://www.bluebotics.com> ASL의 spin-off company 연구활동

저자약력



《정 명 진》

- 1973년 서울대학교 공과대학 전기공학 학과 학사
- 1977년 미시간대학교 전기공학사 석사
- 1983년 미시간대학교 제어공학과 박사
- 1976년 국방과학연구소 연구원
- 1981년 1월~1983년 8월 미시간대학교 CRIM 연구 조교
- 1983년 10월 ~ 현재 한국과학기술원 전자전산학과 교수
- 관심분야 : 서비스 로봇, human-robot interaction
- E-mail : mjchung@ee.kaist.ac.kr