

휴먼로봇

김문상, 오상록, 홍예선, 박종오, 이종원

한국과학기술연구원

1. 배경 및 필요성

1.1 사회적 배경

로봇 기술의 발달에 따라 그 적용범위는 점차 확대되어 제조분야뿐 아니라 국민생활의 개선이나 작업자의 안전을 요하는 분야 등의 국민복지 차원에서 로봇의 적용이 요구되고 있다. 앞으로 우리나라의 선진국 진입과 함께 인구의 성숙화, 고령화 및 화이트 칼라 지향성등을 고려할 때 국가 복지정책 차원에서 극한 상황 및 인력이 투입되기 곤란한 작업 (3D), 의료복지 분야 의 노동인력 부족으로 인하여 심각한 문제의 야기가 예상된다. 치열한 국제 기술경쟁 환경 하에서 고난도 핵심기술을 국가적으로 자체 확보함으로써 기술 예측을 탈피해야만 한다. 이러한 관점에서 사회적으로 실현이 요구되는 로봇은 다음과 같이 분류될 수 있다.

- 인체기능의 장애보완을 통한 복지사회 실현을 위한 로봇 (예) 고령자 간호, 신체장애자 간호, 의료, 재활, 수술 로봇
- 중노동을 요구하는 작업, 열악한 환경에서의 작업 그리고 단순반복 작업에서 인간성의 부활을 위한 인간대체 로봇 (예) 광업, 농업용 로봇, 화재, 심해, 고압 등에서의 작업로봇
- 획기적인 국민의료 복지사회 실현을 위한 마이크로 로봇 (예) 인체탐사 로봇, 인체수술 마이크로 로봇

1.2 기술적 배경

최초에 산업용 로봇이 도입되었을 때는 고도경제 성장의 딸기 로서 공장에서의 만성적인 인력부족을 해결하기 위하여 간단한 조작을 할 수있는 기계장치로 도입되었다. 그후 센서 기술과 마이크로 프로세서 기술의 발달로 아크용접,

조립, 기타 비제조업의 일부 분야에도 로봇이 도입, 활용되어 왔다. 이를 기술적인 측면에서 로봇에 대한 세대를 구분하면

- ① 제1세대 : 플레이 백 로봇 감각인식 기능이 없음, 궤도에 의한 이동기능, 일 방향 커뮤니케이션, 제조업의 일부에의 응용
- ② 제2세대 : 적용, 순용 로봇 정리된 환경의 인식, 무궤도 이동 기능, 제조업에 응용
- ③ 제3세대 : 관리 제어형 자율(추론, 문제해결)로봇 한정된 자연환경의 인식, 3차원 이동, 쌍방향 커뮤니케이션, 비제조업 분야에도 응용
- ④ 제4세대 : 자율성의 향상과 학습기능이 중요한 기술과제가 되고있다.

반면에 현재 우리나라의 실정은 제 1 세대 및 제 2 세대 의 로봇이 거의 전부이며 2000 년대에 필요한 제 3,4 세대 로봇에 대한 연구는 미약한 실정이다.

2. 휴먼 로봇이란

2.1 로봇의 기원

로봇은 원래 러시아말로 힘든 일'을 뜻했는데 프라하의 희곡작가 카렐 카펙이 '로섬의 유니버설 로봇'(Rossums Universal Robots) 이라는 희곡에 로봇이라는 단어를 처음 사용하였다. 1956년 조지디볼이 프로그램이 가능한 매니플레이터 (조작장치: Manipulator) 를 특허 출원함으로써 현재 우리들이 얘기하는 로봇개념이 처음으로 구체화되었다. 그리고 여기에 앵겔버거가 참여하여 유니메이트(Unimate)

회사를 창립하여 로봇 제작 및 판매가 시작되었다. 1961년 산업용 로봇이 개발되어 처음으로 산업현장에 적용되었는데 구체적으로는 미국 제너럴 모터스사(GM社)의 공작물 핸들링 자동화 공정에 사용되었다. 전반적으로 우리나라는 거의 대부분 산업용 로봇분야에 집중되어 있으며, 그 적용기술이 점진적으로 향상되고 있다. 우리나라 로봇적용 대수면에서 볼 때는 세계순위 10 위권 안에 있다. H 자동차 회사와 S 전자회사는 단일공장에 각각 2,000 대 이상의 산업용 로봇이 사용되고 있으며 전체적으로 볼 때 1994년말 현재 재 약 5,000 대 이상으로 추산되고 있다. 우리나라 산업발전 속도를 고려할 때 앞으로 로봇 분야의 발전은 외국보다 더 빠를 것으로 예상된다.

2.2 휴먼로봇의 정의

일반적으로 산업용로봇을 일반기계와 비교하면 적용 공정의 범용성, 복수의 자유도, 소프트웨어적인 프로그램 변경성을 그 특징으로 들 수 있다. 그러나 인간과 비교하면 산업용 로봇의 기능은 매우 낮다. 우선 기구적으로는 인간의 팔기능을 최소화한 형태로 그 행동의 유연성은 극히 제한되어 있다. 그리고 산업용 로봇의 손은 고유연성을 지닌 인간의 손이 아닌 특정 공정에만 맞도록 고정 제작 되어 있으며, 인간처럼 이동을 하지 않고 지면에 고정된 점, 예측이 불가능한 야외가 아닌 환경이 안정된 실내에서만 적용, 그리고 주변 환경의 변화에 자율적으로 대처할 수 있는 지능의 미비를 그 한계점으로 들 수 있다. 산업용 로봇과는 기능에서 차원을 달리하는 휴먼 로봇은 위에서 열거한 한계점들을 해결하는 새로운 로봇이라 할 수 있다. 단적으로 비교하자면 휴먼로봇은 전체 인간 형태를 그 모델로 볼 수 있으며, 산업용 로봇은 휴먼 로봇의 팔 하나를 의미한다고 볼 수 있다. 고정된 장소에서 규정된 작업만을 담당하는 산업용 로봇과 달리 인간처럼 자유롭게 장소를 이동하면서 다양한 일들을 수행하기 위해서는 휴먼 로봇이 필수적이며, 또 다양한 분야에서 이러한 휴먼 로봇들이 요구되고 있는 상황이고, 그 추세는 더욱 가속될 전망이다.

휴먼로봇이란 따라서 인간의 지능과 감각을 지닌 자율형 이동 로봇이라 정의할 수 있다.

3. 국내외 연구동향

휴먼로봇의 개발 필요성과 국가적인 관점에서 장기적인 투자에 의한 구체적인 개발 사례들을 알아보면 다음과 같다. 전 세계적으로 많은 연구기관에서 관련 연구들을 하고 있으나 여기서는 개별적인 연구사례보다 국가적인 차원에서 지원되는 대형 프로그램들을 설명하고자 한다.

● 극한작업 로봇 연구개발(일본)

극한적인 작업환경에서의 작업자 해방을 위해 (방사선,

고수압, 고온, 우주 환경에서의 해방), 중노동 및 단조로운 작업에서의 인간성 부활을 위해 (광공업, 농업) 그리고 인체 기능 장애복구 및 대체 기능 개발에 의한 복지 사회 실현을 궁극적인 목표로 하고 있다. 구체적인 개발 목표로 원자력 로봇, 해양로봇, 그리고 방재로봇을 개발하였다. 일본 통산성 주관으로 1983년부터 1990년까지 수행되었으며 일본 기계기술연구소, 전자기술총합연구소를 중심으로 미쓰비시 회사 등 민간 18 개사가 참여하였으며 수행경비로 약 6,000 억원이 소요 되었다.(그림 1)

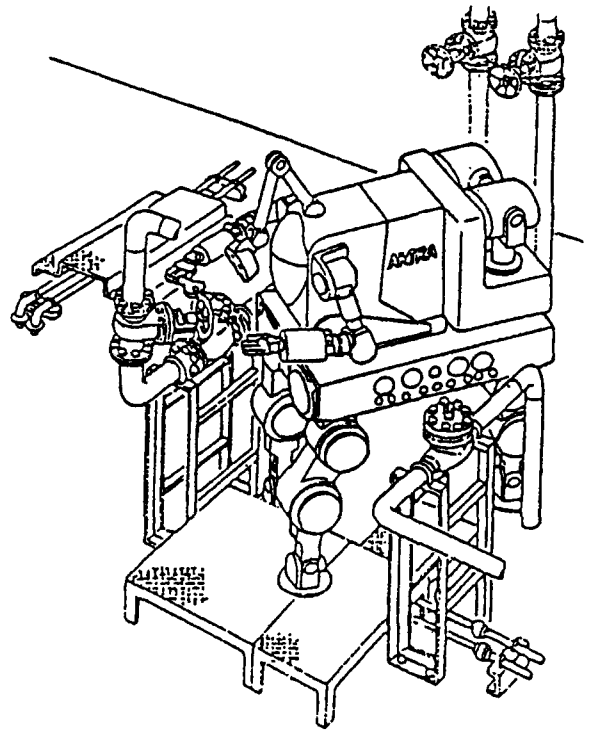


그림 1. 원자로내 보수용 로봇.

● 이 프로그램을 통해 휴먼로봇의 다양한 요소 기술들이 개발되어 일본의 전반적인 로봇기술과 선진 외국 경쟁국 기술과의 격차를 더욱 크게 하였다. 주요 연구내용들은 다음과 같이 열거된다. 고 신뢰성 기술, 내 방사선 기술, 이동기술, 매니플레이션 기술, 원격 조작 기술, 토탈 시스템 기술, 주행 위치 유지 기술, 해중 시각기술, 관리 제어 기술, 내성 기술, 탐색 기술, 방재 대처 기술 등이 있다.

● 마이크로 머신 연구 개발(일본)

극한 작업 로봇 연구개발의 후속 프로그램으로 1991년부터 10년 동안 진행되는 프로그램이다. 마이크로 로봇 개발은 난이도가 매우 높은 기술이며 다양한 분야의 복합 기술로서 활발한 연구가 진행되고 있으며 매년 그 결과가 발표되고 있다. 구체적인 연구 내용을 정리하면 다음과 같다. 기초 기술 : 설계 기술, 재료 기술, 마이크로 공학, 가공기술, 조립기술 응용기술 : 제어기술 (운동제어, 자율분산제어, 원

격조작), 미소기능요소기술(센서, 이동/추진기구, 기능결합), 에너지 공급기술(전자파, 음파), 복합화 기술(부품 복합화, 기능 복합화 기술) 과급분야 : 복지 위생분야(주택 간호 로봇, 치석 제거 로봇), 여가 생활분야(원예 로봇, 오락 로봇), 주택 환경 분야(배관 검사 로봇, 해충 구제 로봇), 산업 분야(폐기물 처리 로봇), 계측 분석 분야(유적 조사 로봇), 우주 항공 분야(초소형 비행 로봇)

● NASA 및 DARPA 로봇 개발 프로그램(미국)

1985년부터 수행되고 있는 국가적인 장기 대형 프로그램으로 우수한 미국내 연구기관이 참여하고 있다. 구체적인 개발과제들을 예로 들면 무인 자율 Automated Land Vehicle 이 개발되었으며, 우주 정거장 건설계획의 일환으로 우주에서 걷고 비행이 가능한 로봇개발이 진행되고 있다.(그림 2)

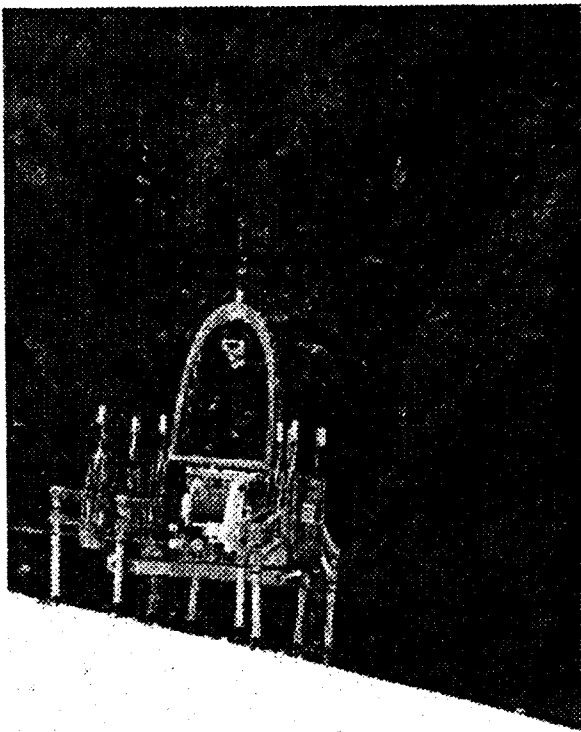


그림 2. Dante II : 화산 탐사 로봇.

● ESPRIT/EUREKA 프로그램(유럽)

ESPRIT은 European Strategic Programme for Research and development in Information Technologies 의 약자이며, EUREKA 는 EUropean REsearch coordination Agency 의 약자로서 둘 다 유럽공동체의 전략 프로그램이다. 이 프로그램은 각각 1984년과 1985년에 시작되었는데 이 프로그램 중에서 휴먼로봇 개발이 포함 진행되고 있다. 구체적인 과제로서 우주 탐사로봇, 경비용 자율주행 로봇, 대형 로봇, 차세대 로봇 제어기술 개발 등을 들 수 있

다.

● KFK 방재용 로봇(독일), 소련 방재용 로봇(러시아) 각각 독자적으로 원자핵 관련 장소에서의 공정 및 방재 작업용으로 개발되었다.

독일은 핵 연구센터에서, 그리고 소련은 소련 방재 본부 주관으로 Synergy Complex 에서 각각 개발하였다. 구체적인 개발시스템은 무한궤도형 이동장치에 두개의 매니플레이터가 장착되어 필요한 공정을 수행하기 위해 모듈식으로 교환 하여 사용할 수 있게 제작되었다.

● 휴먼 로봇 system-한국 : 한국 과학 기술 연구원

1994년부터 2단계 10 년계획으로 4각보행 및 2각보행 기능, 두팔과 두손 그리고 인간의 오감을 대신하는 여러 sensing 기능을 가진 로봇을 개발 하고 있다.

극한작업 및 service분야에 활용예정이며 다음 chapter에서 좀더 자세한 설명이 이루어 진다.

4. 휴먼로봇 Centaur

4.1 목표 및 개발내용

KIST에서는 1994년부터 K-2000프로그램의 일환으로 휴먼로봇 시스템개발 프로젝트를 시작하였다. 휴먼로봇시스템 개발과제는 미래의 산업 사회를 주도할 정밀 기계, 전자 제어, 정보 통신, 인공지능 기술의 총합체인 휴먼 로봇 시스

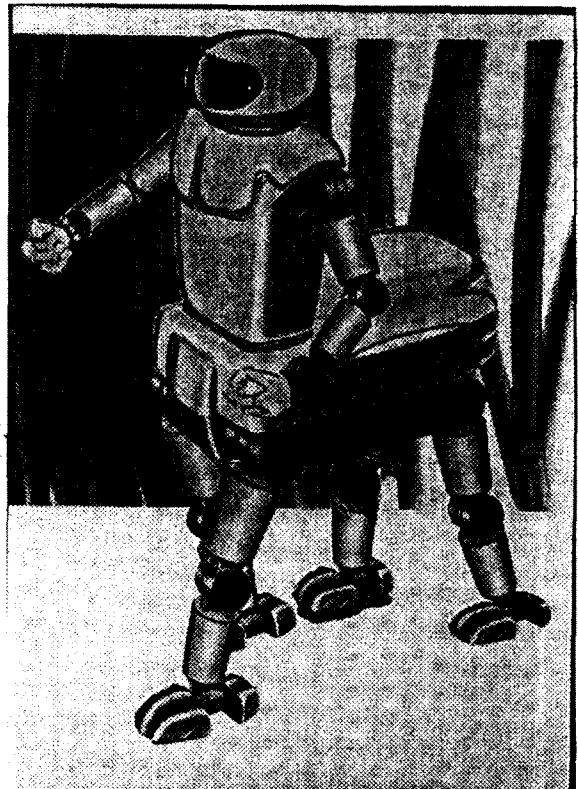


그림 3. 한국과학기술연구원에서 개발하고있는 휴먼로봇 Centaur.

템을 창조적 원천기술차원에서 종합 개발함을 목적으로 인간과 유사한 5감과 지능을 갖고 이동하며 작업하는 자율형 휴먼로봇을 개발하려는 것이다. 본 project는 이러한 과정을 통하여 첨단로봇분야의 지적 소유권을 확보하여 산업계에 확산하고 21세기에는 국내의 관련 로봇분야가 세계적으로 확고한 위치를 확보하는데 기여할 것이다.

프로그램 1단계(1994-1999)에서는 인간이 하기에는 위험하거나 불가능한 일을 대체할 수 있는 자율기능을 갖춘 원격조정 로봇 시스템을 개발한다. 센토 Project (CENTAUR Project)로 명명된 휴먼로봇시스템의 주요한 기능으로는 시각과 청각기능의 머리부, 손을 장착한 2대의 팔, 4각보행기능, 그리고 부분적 자율 기능과 원격제어기능을 들 수 있는데 개발대상의 개념적 설계된 모습은 그림 3과 같다.

프로그램 2단계(1999-2004)에서는 1단계에서 확보된 기술을 바탕으로 2각보행기능을 추가하여 인간의 형태에 좀더 접근한 인간형태의 자율형 로봇 시스템을 제작하여 이 분야의 기술을 확보할 예정이다.

4.2 개발 세부 내용

4.2.1 작업 계획

Centaur의 팔과 몸체의 운동 그리고 이들의 시각센서와 협조제어등의 사전 작업 계획을 가능하게하기 위하여 주변 환경의 graphic simulation과 간편한 사용자 interface의 개발이 이루어지고 있다. 현재 휴먼 로봇이 주어진 작업을 수행하기 위해서는 주위 작업 환경을 인식하고 그 환경에서 주어진 작업을 순서적으로 수행하게 하는 작업 계획(Mission Plannig)이 필요하다. 이러한 작업 계획은 다음과 같이 세가지 방법으로 만들어 질 수 있으며 이를 위한 기술들이 각기 개발되고 있다.

- ① 완전 자율에 의한 작업계획으로 작업 대상의 인식으로부터 실제 구동 프로그램의 생성및 센서 정보의 획득과 이를 통한 제어가 Centaur의 중앙 computer에서 자동적으로 작성하는 방법
- ② 작업대상이 복잡하여 완전자율로 작업프로그램이 만들어질수 없는 경우 graphic simulator와 가상현실기법을 이용한 부분 자율에 의한 작업 프로그램의 사전 생성방법(그림 4)
- ③ 주변 환경이 알려져 있지 않은 경우 원격제어 장치와 Centaur의 시각장치를 이용한 원격제어 방법

4.2.2 인간형 팔

센토(Centaur)에 장착되어야 할 로봇 팔은 현 지구상에 존재하는 기구(manipulator)중 가장 진보한 인간의 팔의 형태를 갖춤으로써 인간이 수행하는 기능을 모사하는 것을



그림 4. VR Interface를 통한 작업 program의 생성.

목표로 한다. 따라서 인간 팔의 운동을 가장 근사하게 표현할 수 있는 7축 팔을 제작, 장착하여 두 팔간의 유연한 상호 협조 운동을 가능하게 하고 이를 위한 제반 알고리즘을 연구하는 것을 주 내용으로 하고 있다. 제작상의 주요 관건은 경량화, 작업 범위의 확보 및 제어의 용이성 등을 들 수 있고 Centaur에 장착하기 위한 간결한 디자인 등도 매우 중요한 사항이다.

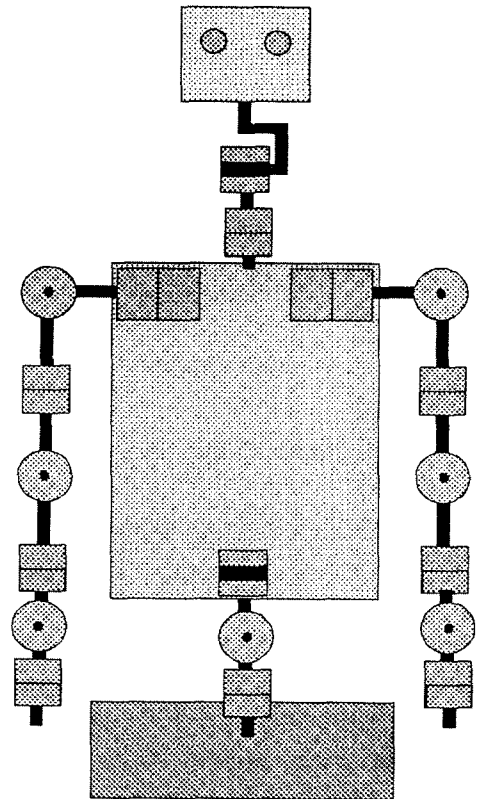


그림 5. 19자유도를 가진 Centaur의 상체 부분.

본 연구에서는 기본적인 구동 mechanism의 결정, 작업성을 고려한 기구학적 설계 및 허용 torque등을 고려한 동력학적 측면을 결정하여 제작이 이루어질 예정이다. 제작되어질 상체의 기본형태는 7축의 두팔, 2축의 목운동, 그리고 3축의 허리운동을 포함하여 시각센서와 몸체운동을위한 구동부를 함께 마련하여 실제적인 인간의 상체움직임을 가능하게 하고 있다.(그림 5)

Centaur의 팔이 인간이 수행하는 유연한 작업을 모사하여 작업 가능하게 하기 위하여서는 적절한 기구학적 설계및 이를 운용하기위한 여러가지의 중요한 구동 algorithm이 요구된다. 본 연구를 통해 개발되어지고 있는 중요한 기능을 나열하면 다음과 같다.

- 인간의 유연한 두팔운동을 가능하게하는 최적의 두 팔 상호 협조 제어기술을 개발하여 인간이 취하는 형태의 최적의 자세를 결정 (그림 6)
- 두팔및 두손의 접촉시 발생하는 부하제어에 필요한 hybrid control 기술
- 인간형 팔의 여유자유도를 이용한 역기구학 해석 기술
- 양팔 작업시 발생하는 자동 충돌 회피 문제

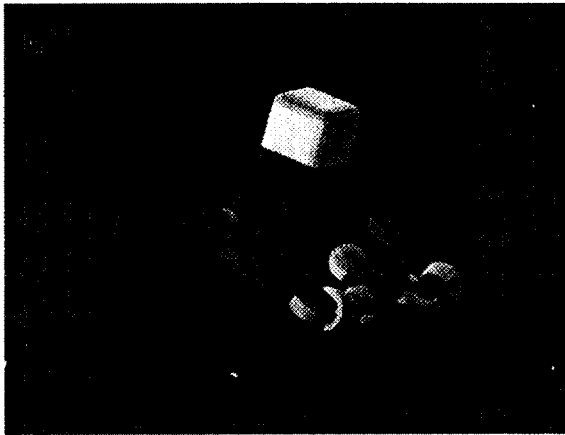


그림 6. graphic simulator를 이용한 두팔및 두손의 상호 협조 제어 모습.

4.2.3 4족보행기

4족 보행 시스템의 최종개발목표는 두팔, 두손, 머리 및 몸체를 탑재하고 불규칙 노면, 계단, 경사면 등을 안정되게 통과할 수 있는 관절형 4족 보행 시스템을 개발하는 것으로, 특히 기존의 4족 보행 로봇보다 동적인 보행성능을 향상시키기 위한 독창적인 해결방안으로서 힘로 보행용 로봇발, 몸체나 두팔을 흔들어 보행 안정도를 높여 주는 방안 등을 개발하여 적용하고자 한다.

4족 보행 시스템의 개발을 위한 연구내용은 크게 지능형 보행제어기를 개발하는 것과 관절형 다리 자체를 개발하는 것으로 나눌 수 있다.

지능형 보행 제어기의 개발과 관련되어 추진되고 있는 상세한 연구내용은 VME-bus 방식의 보행제어기 hardware 개발, on-line 방식의 gait-control 및 body motion control 알고리즘 개발, navigation 알고리즘 개발 등이다. 4족 보행 시스템은 다리 하나당 3개의 관절로 구성되므로 각 다리마다 한개의 DSP를 사용하여 3 관절의 회전각 변위 제어를 처리할 계획이다. 여기서 사용될 DSP는 KIST에서 휴먼 로보틱용으로 자체 개발한 것으로서 손, 팔의 제어에도 공통적으로 사용되는 board이다. 4족 보행 시스템의 개발에 있어서 특기할 만한 점은 불규칙한 노면 위의 보행이 가능하도록 착지력, 몸체의 자세 변화 등을 센서로 측정하여 몸체의 무게 중심이 안정된 영역내에 유지되도록 foot trajectory와 몸체의 configuration(몸체의 기울기나 높이 등)을 적절히 변화시켜 주는 기능을 구현하는 것이다. 이러한 기능은 navigation기능의 구현에도 기본적으로 요구되는 것이라 할 수 있다. 그림 7은 지능형 보행제어기의 개발을 위한 test bench로서 KIST에서 제작한 전동식 4족 보행 로봇을 보여 준다. 이 로봇을 이용하여 현재까지는 off-line 프로그램에 의한 직진 보행은 물론, on-line제어에 의한 직진 보행까지 실현하였다.

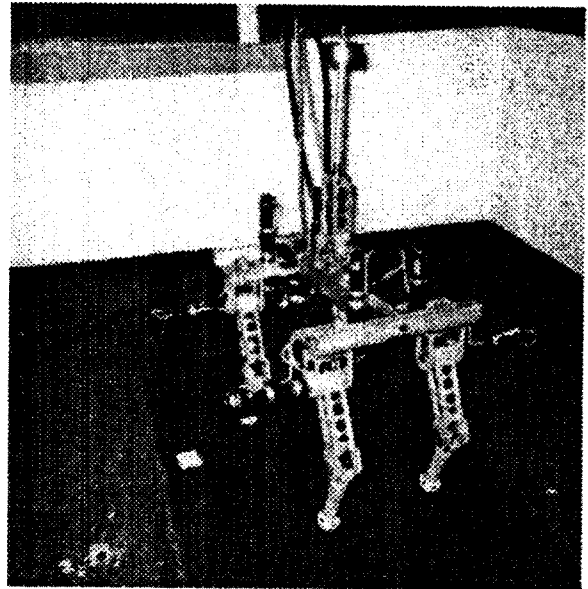


그림 7. KIST에서 개발한 전동식 4족 보행 로봇 1차 시제.

상체를 탑재한 상태에서 안정되고 신속한 보행을 구현하기 위해서는 로봇 전체의 무게가 가능한 한 가벼워야 하고, 다리 관절은 충분한 토크를 발생시킬 수 있어야 한다. 이를 위해서는 감속기어를 포함하여 중량당 토크비가 100 Nm/kg 이상 되는 구동장치가 요구되는데, 이 수치는 현재 산업용으로 구할 수 있는 전기 서어보 모터의 일반적인 제원을 기준으로 약 5배에서 10 배에 해당되는 것이다. 따라서 다리 관절의 구동에는 중량당 토크비 조건을 용이하게

만족시킬 수 있는 전기유압식 구동장치를 사용하고 유압공급은 외부에서 해 주는 방식이 가장 경제적 해결방법인 실정이다. 4족 보행 시스템용 다리의 개발과 관련하여 KIST에서 추진되고 있는 연구는 전기유압 구동식 관절을 사용한 다리 하나와 이 다리를 이용한 보행 모사시험장치를 제작하여(그림 8 참조) 관절의 회전각에 대한 robust한 제어 알고리즘 개발, 최소의 동력을 소비하면서 보행 속도를 높일 수 있는 foot trajectory의 도출, 그리고 불규칙 노면에서의 안정된 착지를 보장하면서 다리의 착지 충격을 흡수할 수 있는 로봇 발의 개발이다. 특히 KIST에서 개발하고 있는 로봇 발은 그림 9에서 보는 바와 같이 앞뒤 두개의 발가락을 갖고 있는데, 이 발가락의 링크 구조에 의해 정강이의 피치 회전 중심이 노면 상에 놓이도록 설계되어 발목 관절을 없앴으로써 착지 안정성을 높인 것이 특징이다.

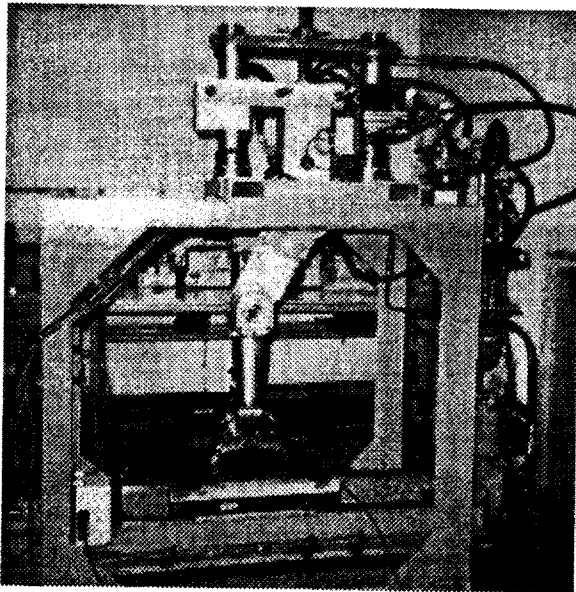
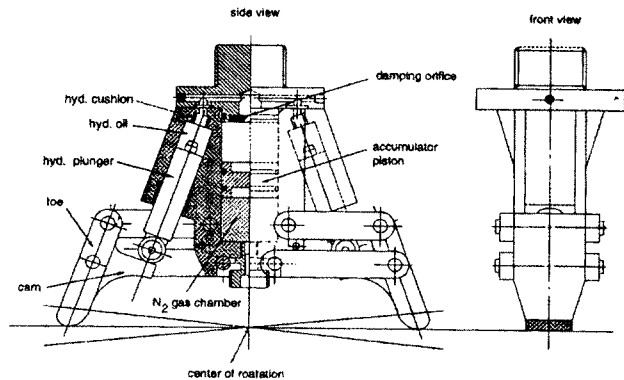


그림 8. 전기 유압 구동식 관절을 사용한 다리 시제와 보행 모사실험 장치.



New robot foot with hydraulic cushion
그림 9. 발가락을 갖는 로봇 발.

4.2.4 로봇 손 및 제어시스템

휴먼로봇이 인간과 같이 유연한 작업을 수행하기 위해서는 여러개의 관절을 갖는 그림 10과 같은 능숙한(Dexterous)손을 필요로 한다. 그에 따라 아래의 사양을 갖는 인간의 손의 1.5배 되는 크기를 갖는 손을 제작하기 위하여 소형 고토오크를 갖는 초음파 모터, 접촉상태와 압력 등을 감지할 수 있는 피부센서 및 손의 제어시스템에 대한 연구가 진행되고 있다.

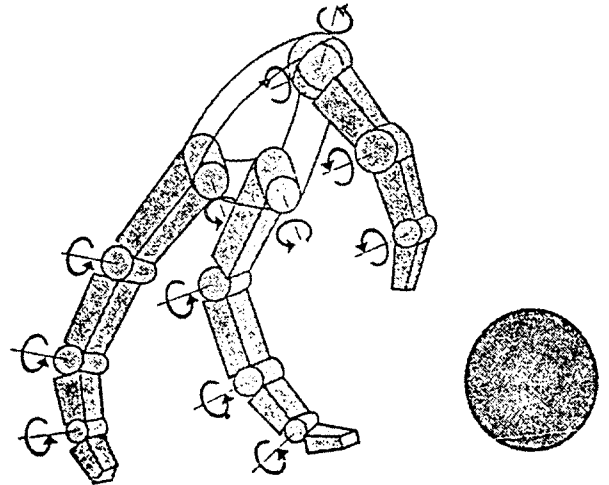


그림 10. 로봇손의 외형개념도.

- 손 크기 및 중량 : 155mm(손가락 길이)5Kg 미만
- 손가락 손 : 3개
- 1개 손가락 관절수 : 3~4개
- 구동 방식 : 초음파 모터
- 위치 정밀도 : 0.5mm
- 가반 중량 : 1Kg

초음파 모터의 전동식 모터나 유압식 모터에 비하여 가볍고 소형이면서 빠른 응답성과 큰 회전력을 갖는 장점을 가지기 때문에 로봇 손 제작을 위하여 채택되었다. 그러나 상품화된 초음파 모터의 최소직경이 30mm이기 때문에 손가락 제작에 부적합한 바 위의 손가락 사양을 만족할 수 있도록 직경이 20mm인 진행파를 이용한 원형 초음파 모터를 개발하여 그림 11과 같은 시작품을 제작, 세부적인 특성을 측정중이다. 또한, 손가락의 제어알고리즘과 초음파모터의 구동방법에 대한 연구를 위하여 기존의 상품화된 초음파 모터를 사용하여 인간손의 3배가 되는 손을 그림 12와 같이 제작하여 실험중이다. 3개의 관절을 가지며 각 관절의 위치 정보를 얻기 위해 정밀한 가변저항이 각 관절마다 부착되어 있다. 그리고 손가락의 마지막 관절에 부착하여 물체와의 접촉상태, 접촉압력 및 물체의 온도 등을 측정할 수 있는 인공 피부센서가 그림 13과 같이 개발되었다. Piezo-resistive Polymer를 사용하고 Force Sensing Resistor센서기술을 적

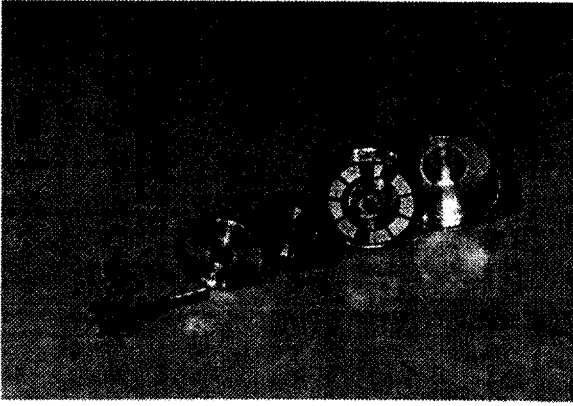


그림 11. 개발된 초음파 모터.

용하여 제작하였다. 방사형 어레이(Array)배열을 가지고 있고 손가락 중심에서 밀도가 가장 높고 외곽으로 나갈수록 밀도가 낮아지는 구조를 갖는다. 초음파 모터를 사용하여 손가락의 순응제어를 수행하기 위해서는 기존의 속도제어형과는 달리 모터의 회전력을 임의로 조절할 수 있는 힘제어형 드라이버가 필요하다. 초음파 모터의 회전력은 모터에 인가되는 두 정현파의 위상차에 의하여 결정되는데 기존의 방법에 기초하여 개루프(Open-Loop)방식에 의한 드라이버가 제작되었다. 모터의 회전력을 측정하여 귀환(Feedback) 시킴으로써 폐루프(Closed-Loop)방식으로 회전력 제어를 수행할 수 있는 드라이브 방법에 대한 연구가 계속진행되고 있다. 동시에 손가락의 유연한 운동제어를 위해서 정밀한 위치제어는 물론 물체와의 접촉을 잘 감지하여 물건을 부드럽게 다룰 수 있는 제어알고리즘이 개발되었다. 로봇이 물건을 다루는 동작을 분석하면 접근, 접촉 및 진동(접촉 후 그 상태를 유지하지 못하여 발생하는 진동현상)등으로 구분되는데 특히 접촉시 부드러운 접촉을 위한 제어방법이 요구된다. 흔히 우리가 알고있는 위치제어계는 매우 강성이 크기 때문에 외부로부터 들어오는 영향을 극복하면서 자유공간에서 정해진 경로를 따라 운동하는 정밀한 위치제어에 적

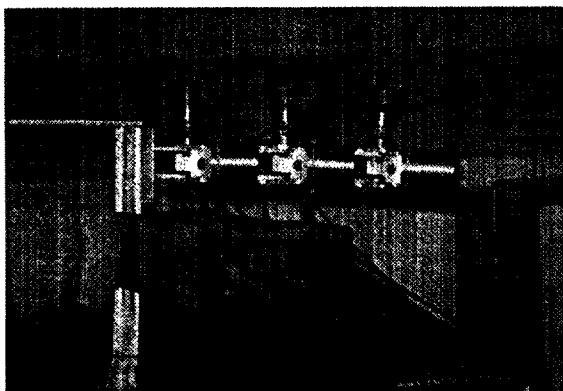


그림 12. 제작된 로봇 손가락.

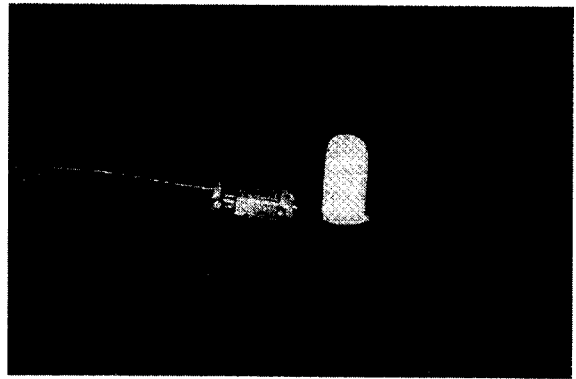


그림 13. 개발된 인공피부센서.

합하다.

따라서 작업환경의 위치정보에 오차가 있거나 서보시스템에서 오차가 발생하는 경우, 로봇의 작은 위치이동에도 매우 큰 접촉력을 유발하여 로봇이나 다루는 물건에 무리한 힘이 가해져 중대한 손상을 입는 위험이 있다. 반면에, 이상적인 힘제어계는 강성이 매우 약하여 사용자가 원하는 대로 힘을 유지할 수 있으나 외부로부터 들어오는 작은 영향에 의해서로 위치오차가 발생하여 경로추적 등에 사용할 수 없는 단점을 갖기 때문에 자유 공간에서의 정밀한 위치제어 능력을 확보하고, 접촉시 부드러운 접촉을 위한 순응제어방법이 개발되어 직접구동형 수평다관절 로봇에 적용, 성공적으로 실험되었다.

4.2.5 중앙 제어 및 센서 시스템

자율형 휴먼 로봇은 인간과 유사한 감각 및 지능을 가지고 이동하고 작업해야 하기 때문에 작업 환경이 동적으로 변화하는 경우에도 환경에 적응하여 맡겨진 업무를 수행할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 이를 위하여 휴먼 로봇의 중앙제어시스템은 환경에 대한 정보를 감지하여 실시간으로 처리할 수 있는 센서 및 신호처리 시스템과 처리된 센서데이터를 사용하여 실시간으로 작업 결정을 할 수 있는 적응성이 뛰어난 지능형 제어 시스템을 필요로 한다. 특히 예상하지 못했던 사건(방해물의 출현, 환경 모델링 오차 등)이 발생하는 경우에도 적절히 판단하고 대응할 수 있는 능력을 제공할 수 있는 제어 구조를 요구한다. 따라서

- 실시간 환경 인식(Perception)능력
- 다중 목표(Multiple Goal) 수행능력
- 변화하는 환경에 대한 적응성

등을 고려한 융통성 있는 제어 구조를 내장하는 제어 시스템이 개발되어야 한다. 그에 따라 그림 14와 같이 중앙제어시스템의 구조를 개념 설계하였다. 휴먼 로봇 중앙제어의 기능을 센서 처리 및 융합을 통한 환경 인식과 자율적인 작업 수행으로 대별하고, 두 개의 시스템은 지식 데이터

베이스를 통하여 서로의 정보를 공유한다.

즉 여러가지 센서정보를 통해 인식되는 주행 및 조작작업 환경은 지식 데이터베이스에서 갱신되고 이 정보는 자율적인 작업계획에 이용된다. 동시에 갑작스러운 환경변화에 대한 반사적인 반응능력(Reactivity)을 확보하기 위하여 데이터베이스를 통하지 않고 직접 제어부와 연결되는 제어경로를 제공한다. 기능적인 측면에서 볼 때 중앙제어시스템은 기본적으로 작업기술 로봇언어의 해석, 데이터베이스에 기초한 작업조정 및 분석, 충돌회피 주행제어, 팔과 손의 협조에 의한 능숙한 조작(Manipulation), 원격조정 전환에 의한 주행 및 조작과 로봇 자체의 진단 및 모니터링 기능을 포함한다.

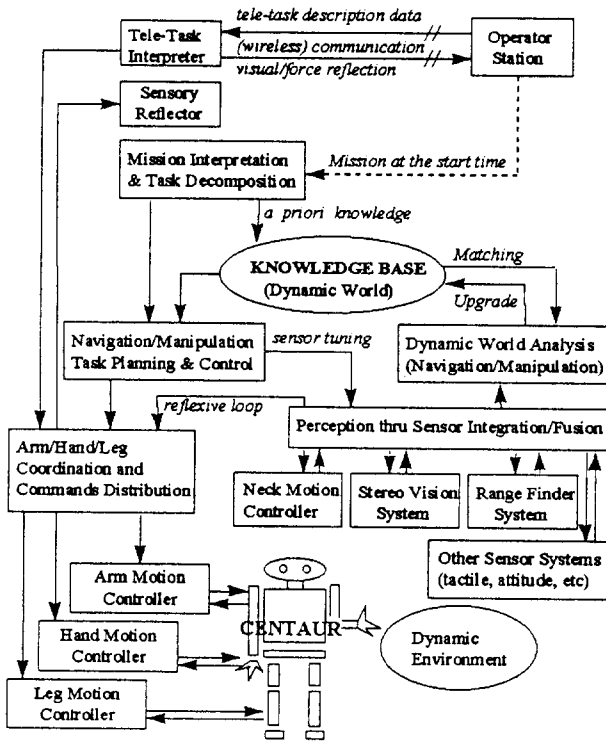


그림 14. 중앙제어시스템의 구성 개념도.

환경인식을 위하여 휴먼로봇에 필요한 센서들은 인간의 눈을 대신할 스테레오카메라 시스템, 걸어갈 길과 작업환경을 감지할 수 있는 3차원 레이저 거리 측정시스템, 로봇이 이동하는 방향과 자세를 측정할 수 있는 자이로스코프, 로봇의 절대위치를 측정할 수 있는 위치측정시스템, 방해물 감지를 위한 초음파 시스템, 각 부분의 접촉여부와 강도를 측정할 수 있는 바둑판 형태의 접촉센서 및 각 구동부에 가해지는 힘을 측정할 수 있는 힘센서 등 다양하다. 현재는 스테레오 카메라 시스템과 구조화된 레이저 조명시스템을 사용한 3차원 물체인식 및 센서융합 알고리즘, 안정된 영상을 획득하기 위한 스테레오 카메라의 자세제어, 방해물 감지를

위한 초음파시스템, 힘센서를 사용한 손가락의 순응(Compliance)제어 및 접촉센서를 사용한 손가락의 지능제어를 중심으로 연구가 진행되고 있다. 그리고 기존의 로봇언어가 휴먼로봇과 같은 복잡하고 다양한 시스템을 제어하기에는 부적합하기 때문에 센서에 기초한 로봇운동(센서-based Robot Motion)을 효과적으로 기술할 수 있는 로봇언어(Formal Model Language)를 개발하였다. 이는 실시간 멀티태스킹 운영시스템의 지원하에 여러개의 명령을 병행연산에 의해 분산처리 할 수 있는 구조를 갖는다.

4.2.6 tele operation

작업자가 로봇에서 멀리 떨어진 곳에서도 작업자의 의향대로 로봇을 자유자재로 작동시키기 위해서는 인간의 특성에 맞는 로봇종용 Master 장치와 로봇의 상황을 작업자에게 현실감있게 전달해주는 Telepresence 기술이 필요하다.

본 기술의 목표는 인간의 특성과 Telepresence 기능이 집적된 Master 및 관련 제어시스템 개발에 있다. 1차적으로는 Tactile Feedback 기능이 있는 Master System 구성 및 Visual 및 Force Guidance 기능의 집적에 있다.

그림 15는 전자석과 영구자석을 배치하고, 두 자석사이의 반발력을 제어함으로써, 연속적인 제어가 가능하도록 하는 촉각회환장치보여주고 있다.

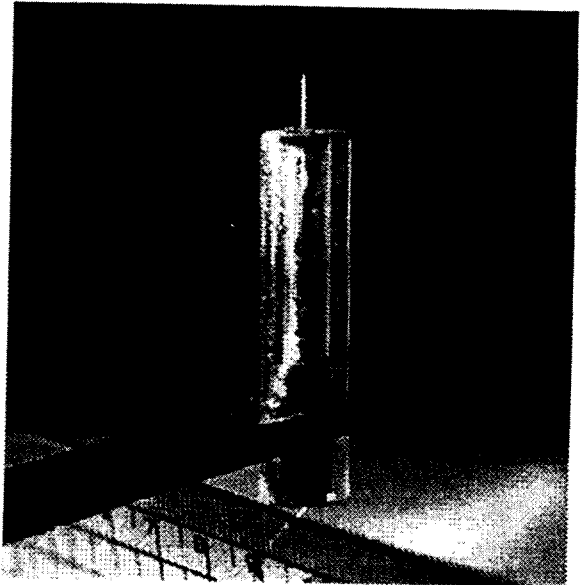


그림 15. 개발된 촉각 feedback 장치.

4.3 결론

KIST 자체 program으로 진행되고 있는 본 휴먼 로봇 project는 기계, 전기, 전자, 전산, 소재 분야등의 광범위한 기술의 개발이 요구되고 적용분야 역시 매우 폭 넓다고 할 수 있다. 위에서 제시한 목표와 효과를 거두기 위해서는 국내외의 관련 과학자들과의 긴밀한 공동연구 및 참여 과학자들

의 긴밀한 협조가 요구되고 있으며 이러한 시도를 통한 새로운 형태의 대형과재의 실현이라는 의미를 또한 찾을 수 있다.

참 고 문 헌

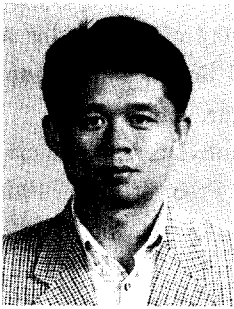
- [1] Human, "Kinematics of two-arm robots," IEEE J. Robotics Automation, vol RA-2, no. 4 pp. 225-228, Dec. 1986.
- [2] Lim and D.H. Chung, "On a control scheme for two cooperating robot arms," in Proc. 24th Conf. Decision and Control, pp.334-337, 1985.
- [3] Ishida, "Force control in the coordination of two arms," in Proc. 5th Int. Conf. on Artificial Intelligence, pp. 717-722, 1977.
- [4] J.Y.S Luh and Y.F.Zheng, "An interactively hierarchical control scheme for two coordinating industrial robots," in Proc. 25th IEEE Int. Conf. on Decision and Control (Athens, Greece), pp. 1256-1266, Dec. 1986.
- [5] Uchiyama, N. Iwasawa, and K. Hakomori, "Hybrid position force control for coordination of a two-arm robot," in Proc. Int. Conf. on Robotics and Automation (Raleigh, NC), pp. 1242-1247, 1987.
- [6] dauchez, "an easy way of controlling two cooperating robots handling light objects at low speed," in Proc. 25th IEEE Int. Conf. on Decision and Control, pp. 1271-1272, Dec. 1986.
- [7] Tarn, A.K.Bejezy, and X.Yun, "Dynamic coordination of two robot arms," in Proc. 25th Int. Conf. of Decision and Control, pp.1276-1270.
- [8] Chang, "A closed-form solution for the control of manipulators with kinematic redundancy," in Proc. IEEE Int. conf. Robotics and Automation, pp.9-14, 1986.
- [9] Yoshikawa, "Analysis and control of robot manipulators with redundancy," in Proc. 1st Int. Symp. of Robotics Research, Cambridge, MA, MIT press, 1984, pp. 735-748.
- [10] Uchiyama, K. Shimizu, and K. Hakomori, "Performance evaluation of manipulators usint the Jacobian and its application to trajectory planning," in Proc. 2nd Int. Symp. of Robotics Research, Cambridge, MA, MIT press, 1985, pp. 447-454.
- [11] Whitney, "The mathematical coordinated control of manipulators and human prostheses," ASME J. Dyn. Sys. Meas. Cont., 1972, pp. 303-309.
- [12] Lee, "Dual Redundant Arm Configuration Optimization with Task-Oriented Dual Arm Manipulability," IEEE Trans. Robotics and Automation, Vol. 5, No. 1, 1989, pp. 78-97.
- [13] Chiu, "Kinematic Characterization of Manipulators : An Approach to Defining Optimality," IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp 828-833, 1988.
- [14] Simmons, Structured Control for Autonomous Robot, IEEE Trans. on Robotics and Automation, AC-10(1), pp.34-43, Feb. 1994.
- [15] Brooks, A Robust Layered Control System for a Mobile Robot, IEEE Journal of Robotics and Automation, RA-2(1), pp.14-23, Mar. 1986.
- [16] Salisbury, Active Stiffness Control of a Manipulator in Cartesian Coordinates, Proc. of IEEE 19th Int. Conf. on Decision and Control, pp.95-100, 1980.
- [17] Hogan, Impedance Control : An Approach to Manipulation, Part 1 : Theory; Part 2 : Implementation; Part 3 : Applications, ASME J. Dynamic Systems, Measurements and Control, vol. 107, no. 1, pp.1-24, 1985.
- [18] Wildes, Direct Recovery of Three-Dimensional Scene Geometry from Binocular Stereo Disparity, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 13, no. 8, Aug. 1991.
- [19] Kang, K. Ikeuchi, The Complex EGI : A New Representation for 3-D Pose Determination, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 15, no. 7, July 1993.
- [20] Lee, Yun Jung, et al., 1993, "A hierarchical strategy for planning crab gaits of a quadraped walking robot", Robotica, NO. 79838
- [21] Horose, Shigeo, et al., 1991, "Design of prismatic quadraped walking vehicle TITAN, Proc. 5th Int. Conf. Advanced Robotics, pp. 723-728
- [22] Uesugi, Nobuo, et al., 1991, "Total system of advanced robot for nuclear power plant facilities", Proc. 1991 Int. Symposium on Advanced Robot Technology, pp. 111-117
- [23] Sakakibara, Yoshihiro, et al., 1991, "Quadrapedal walking mechanism and its intelligent control", Proc. 1991 Int. Symposium on Advanced Robot Technology,

- [24] Yamaguchi, Jun-ichi, et al., 1993, "Development of a biped walking robot compensating for three-axis movement by trunk motion", Proc. IEEE/RSJ, pp. 561-566
- [25] Hachisuka, Yoshiaki, "Compact and high torque actuators for locomotion robot", Proc. Int. Symposium on Advanced Robot Technology, pp. 335-342
- [26] Nakamura, Tatsuya, et al., 1991, "Simulation tech-

nology for evaluation of walking robots", Proc. 1991 Int. Symposium on Advanced Robot Technology, pp.417-424

- [27] Nakayama, Ryoichi, et al., 1991, "Advanced robot vision & operation system for nuclear power plant facilities", Proc. 1991 Int. Symposium on Advanced Robot Technology, pp.247-254

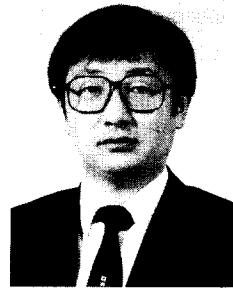
저 자 소 개



김 문 상

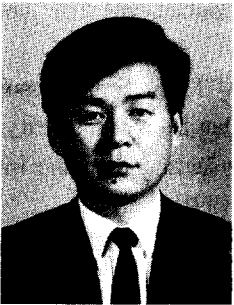
1980 서울대 기계설계학과(학사)
1982 서울대 기계설계학과(석사)
1987 technical university of Berlin (박사) 1987~현재 한국과학기술 연구원 책임연구원 (136-791) 서울 성북구 하월곡동 39-1 TEL. 02) 958-5623 / FAX. 02) 958-

5629 Email : munsang@kistmail.kist.re.kr



박 종 오

1978년 연세대 기계공학과 (학사)
1981년 한국과학기술원 기계공학과 졸업 (석사) 1987년 서독 Stuttgart 대학 (박사) 1987년~현재 KIST 기전연구부 책임연구원 서울 성북구 하월곡동 39-1 TEL. 02) 958-5621 / FAX. 02-958-5629

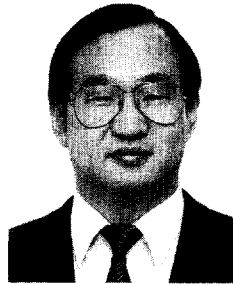


오 상 록

1980년 서울대학교 전자공학과 졸업 (학사) 1982년 한국과학기술원 전기및 전자공학과 졸업(석사) 1987년 한국과학기술원 전기및 전자공학과 졸업(박사) 1987년~1988년 한국과학기술원 연수연구원 1991년~1992년 미국 IBM T. J. Watson

Research Center Visiting Researcher 1988년~현재 한국과학기술연구원 책임연구원 (136-791) 서울 성북구 하월곡동 39-1 TEL. 02) 958-5757 / Fax. 02) 958-5709

Email : sroh@amadeus.kist.re.kr



이 종 원

1968년 서울대학교 공과대학 기계공학과 졸업(학사) 1971년 미국 미네소타대학교 항공공학과 졸업(석사) 1976년 미국 미네소타대학교 기계공학과 졸업(박사) 1977년 미국 콜로라도 대학교 조교수 1978년~현재 KIST 선임, 책임연구원

TEL. 02) 958-5611 / FAX. 02) 958-5609

E-mail : cwlee@kistmail.kist.re.kr



홍 예 선

1978년 한국항공대학교 항공기계공학과 졸업(학사) 1980년 한국과학기술원 생산공학과 졸업(석사) 1986년 Aachen 공대 기계공학부 (박사) 1987년~1992년 KIST 기계공학부 선임연구원 1993년~현재 KIST 기전연구부 책임연구원 관심

분야: 유공압제어 서울 성북구 하월곡동 39-1 TEL. 02) 958-5622 / FAX. 02)958-5629