

## 생체모방 지능형 에이전트 시스템 기술개발

한국과학기술연구원 오용환 · 유범재 · 오상록

### 1. 서론

생체기반 감각제어 기술은 다양한 메카트로닉 시스템에 적용되는 정보산업 분야의 핵심 요소기술 중 하나로, 생명체의 지각 능력, 변화하는 환경에의 대응 능력, 작업 수행의 효율성 및 신뢰성 등을 메카트로닉 시스템 제어에 접목시키기 위한 제반기술을 칭한다. 이 기술은 애완용로봇, 첨단 자동차, 무인 정찰기, 무인 잠수정, 감시로봇, 지뢰제거로봇, 무인탐사로봇, 재활 메카트로닉스 등 변화하는 환경에 적극적으로 대응하며 주어진 작업을 자율적으로 수행하는 다양한 메카트로닉 시스템에 응용될 수 있으며, 그 응용 대상을 통칭하여 지능형 에이전트라고 부를 수 있다. 생체의 감각제어 기능을 모방한 지능형 에이전트 시스템에서 핵심적인 기술 내용을 살펴보면 지능 생명체의 감각 대응센서 기술, 센서 신호처리 및 융합 기술, 학습형 감각 제어기술, 행위기반 제어기술, 고기능 메카니즘 기술 등으로 볼 수 있다.

본고에서는 한국과학기술연구원 생체모방제어 국가지정실험실(NRL)에서 지난 4년간 수행해온 사람의 눈과 피부를 모방한 대표적인 생체모방 센서들과 이를 이용한 지능형 제어방법 및 에이전트 시스템들을 소개하고자 한다.

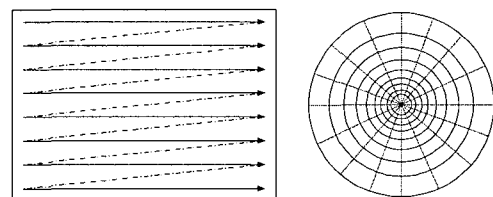
### 2. 생체의 망막구조를 갖는 시각센서 및 신호처리 기술

인간은 평소에 80% 이상의 정보를 눈을 통하여 받아들인다. 눈을 통해 받아들여진 정보는 매우 빠르게 처리되는데 이러한 눈의 구조를 모방하기 위하여 기구 구조적인 측면에서는 크기를 줄여 눈의 수정체와 유사한 소형의 렌즈를 만들기 위한 노력과 더불어 보다 사람의 눈에 접근한 시각센서를 개발하기 위해 영상센서

의 구조 및 처리방식을 개선하기 위한 연구가 진행 중이다.

기존의 시각센서는 그림 1-(가)과 같이 사각형 모양으로 사용되는 영상신호의 사양에 따라 Raster Scan 방식에 의해 최대 30Hz의 속도로 전 영역에 대해 고른 밀도로 영상을 획득하여 처리할 수 있다. 이러한 구조는 영상처리를 위해 편리한 구조이나 영상 처리 속도 및 방법에 한계를 가지고 있어 응용분야가 많이 제한되어 있고 관심영역 이외의 영역에 대해 불필요한 고해상도 데이터가 포함되는 단점이 있다. 반면에, 생체의 시각 시스템은 응시하는 영역 중 눈동자의 중심 영역은 고 해상도의 데이터로 외곽으로 가면서는 낮은 해상도로 데이터를 취득하는 그림 1-(나)와 같은 구조를 가지고 있어 중심부에서는 기존의 영상센서와 유사한 해상도를 유지하면서 영상 데이터의 양을 줄일 수 있다. 이러한 영상센서를 망막형 영상센서 혹은 Log-Polar 영상센서라 부르는데 이러한 구조는 관심영역에 영상처리 및 판단 능력을 집중 시킴으로써 처리해야 할 영상 데이터의 양을 줄이고 고속 영상처리 및 영상전송이 가능한 장점을 갖는다.

따라서 기존 영상처리 시스템의 여러 가지 단점들을 극복할 수 있도록 생체의 망막 시스템을 모방하여 화



(가) 기존의 Raster Scan 방식의 시각센서 (나) 생체모방 망막형 시각센서

그림 1 시각센서의 영상 데이터 획득 및 처리 방식 비교

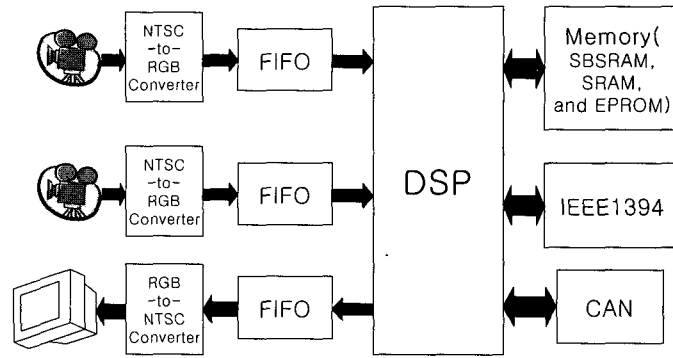
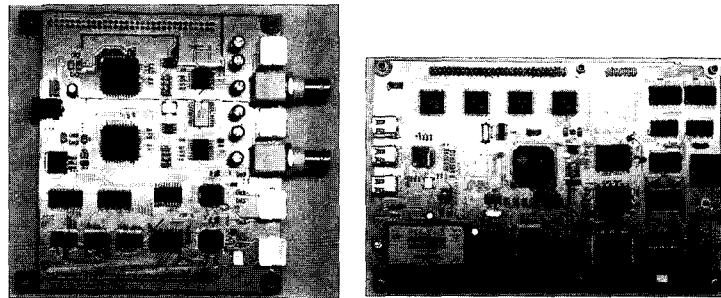


그림 2 영상처리 시스템의 구성도



(가) Daughter Board

(나) Main Board

그림 3 개발된 영상 보드

소별로 영상을 처리할 수 있는 시각센서와 뉴런과 같이 영상을 처리할 수 있는 병렬형 영상처리 시스템을 개발하고자 한다.

### 2.1 저가형 실시간 영상처리 모듈 개발

실시간 영상처리 모듈은 두 대의 카메라에서 영상 데이터를 실시간으로 읽어 들여 고속 메모리에 저장할 수 있고 영상처리 모듈에 저장되는 영상처리 알고리즘에 따라 실시간으로 처리할 수 있도록 하는 시스템을 개발하고자 한다. 실시간 영상처리 모듈은 영상 입력 모듈, 영상출력 모듈 그리고 영상처리 모듈로 구성되어 있고 영상처리 시스템의 구성은 그림 2와 같다.

디지털 신호처리 프로세서(DSP)를 중심으로 메모리(SBSRAM(1M Word), SRAM(512K Word), 그리고 EPROM), IEEE1394 그리고 동시에 두 대의 아날로그 카메라 인터페이스를 위한 NTSC-to-RGB 변환기와 메모리에 저장된 영상 데이터를 디스플레이

하기 위한 RGB-to-NTSC 변환기로 구성되어 있다. 영상입력 모듈은 아날로그 카메라에서 입력되는 영상(NTSC 신호)을 NTSC-to-RGB 변환기(SAA 7111A)를 이용하여 최대 720×480×24의 해상도로 영상을 양자화하여 저장할 수 있으며, 동시에 두 대의 아날로그 카메라에서 영상 데이터를 읽어 들일 수 있다. 또한, 양자화된 영상 데이터는 Video Rate로 FIFO 메모리에 저장되고, 일정한 주기마다 DSP에 인터럽트를 보내 DSP가 FIFO에 저장된 영상 데이터를 DSP의 DMA를 통해서 주 메모리에 저장하도록 한다. FIFO 메모리를 사용함으로써 데이터가 저장되는 동안에 DSP가 다른 작업을 수행할 수 있도록 하여 영상처리 시간을 더욱 더 단축할 수 있도록 하였다. 영상 디스플레이 모듈은 영상입력 모듈과 반대의 데이터 흐름의 모듈로 일정한 주기마다 DSP에 디스플레이 할 데이터를 FIFO 메모리에 저장하면 영상신호의 동기신호에 맞추어 Video D/A Conversion 모듈에 데이터가 전송되도록 하였다.

IEEE1394 통신은 최초 데이터의 고속 전송을 위해 하드웨어 사양에 포함되었으나 IEEE1394의 프로토콜에 의해 영상을 출력하는 디지털 카메라의 사용에 따라 또 하나의 영상입력 모듈로 사용된다. IEEE1394 통신은 최대 400MBps의 속도로 통신할 수 있는 방식으로 영상 혹은 음성 데이터의 고속 전송을 위해 Camcorder, Web Camera 및 Home Network 등의 분야에서 최근에 널리 사용되고 있는 통신 방식이다. 기본 하드웨어는 Link Layer Controller와 Physical Layer Controller의 두 소자로 구성되어 있다. 개발된 하드웨어는 그림 3과 같다. 아날로그 카메라 인터페이스 및 디스플레이 모듈은 Daughter Board 형식으로 제작되었고 영상처리 모듈은 Main Board에 구성되어 있다.

## 2.2 Log-polar 영상공간을 위한 모멘텀 기반 Affine-Invariant 패턴인식 알고리즘

본 연구의 목표는 인간의 눈과 유사한 망막 모델의 하나인 Log-polar Image를 이용한 물체인식을 위해 물체를 Log-polar Image 평면의 중심에 위치시키기 위한 모멘트(Moment)기반 정합 알고리즘(Alignment Algorithm)을 제시하며 이는 눈동자 운동이 가능한 능동형 시각 장치의 Tracking 및 Pursuit 동작 중에 발생하는 추적 오차를 보상함으로써 운동 중에도 효과적인 물체인식이 가능하게 한다. 또한, 물체를 Log-polar Image 평면의 중심에 위치시킴으로써 물체의 위치이동, 회전이동 그리고 크기 변화에 무관하게 물체를 인식할 수 있는 방법을 제시한다. 제안된 방법은 왜곡된 이미지에 대해서 Log-polar 변환한 다음, 모멘트를 추출하고 이 정보를 이용하여 이미지를 Normalization 시키고 그리고 매칭을 통하여 이미지를 판별한다. 먼저, 제안된 방법에 따른 알고리즘을 이용하여 시뮬레이션 프로그램을 통해 충분히 검토한 후 실제 카메라에서 얻은 왜곡된 이미지를 시뮬레이션 프로그램에 입력시켜 실험 결과를 얻고 이를 현재 제작되어 시험 중인 Image Processor를 이용하여 작성된 알고리즘을 Image Processor의 환경에 맞게 수정하여 실험할 계획이다. 본 연구를 통해 Log-polar 공간상에서의 Affine-invariant한 패턴인식이 기존의 X-Y 평면에서의 Affine-invariant한

패턴인식보다 더 훨씬 짧은 시간 내에 수행결과를 얻을 수 있을 것이며, 이 알고리즘을 DSP 기반 영상처리 시스템에 적용시킴으로서 실시간에 가깝게 처리할 것으로 기대된다.

## 3. 생체의 피부를 모방한 접촉 센서의 개발

인간의 피부는 누름, 미끄러짐, 온도 등과 같은 여러 가지 정보를 감지하는 촉각센서로 그림 4와 같은 구조를 갖고 있다. 내피(Dermis)는 다양한 촉각 정보들을 변환하여 척추로 전달하는 수많은 신경돌기들로 구성되어 있으며 외피(Epidermis)는 피부를 보호하는 기능을 한다. 인간의 피부에 분포된 촉각센서들은 정밀한 감도를 요구하는 손가락 끝과 같은 곳에는 센서들이 조밀하게 분포되어 있으며 이와 반대로 발뒤꿈치와 같은 곳에는 적은 수의 센서들이 분포되어 있다. 이러한 피부를 모방하여 만든 센서가 접촉 혹은 촉각센서이고 최근에 이를 이용해 물체의 접촉 여부, 접촉 압력 및 순간적인 미끄러짐을 감지할 수 있는 센서가 개발되었으나 속도가 느리고 해상도가 낮아서 다양한 시스템에 적용하기에 어려움이 따르고 있다.

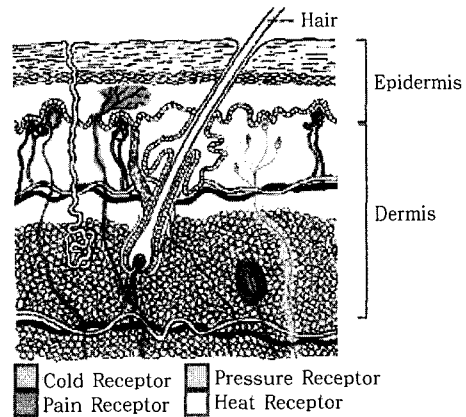


그림 4 인간 피부의 구조

### 3.1 생체모방 접촉센서의 개발

본 연구에서는 생체의 기능을 모방하여 30mm×30mm의 면적에 16×16 센서 행렬을 갖춘 방사형 인공 피부센서와 고속 신호처리 시스템을 개발하고자 한다.

집중형 방사형 구조는 인간의 손끝 부분을 모방하는 것으로 손끝의 중심부에 감지센서가 밀집해 있고 그 주변으로 갈수록 감지 능력이 점차 둔해지는 사실에 착안한 것이다. 그림 5는 중심부는 높은 밀도를 갖고 주변으로 갈수록 낮은 밀도를 갖는 구조로 한국과학기술연구원에서 제작된 센서이다. 과거에는 응답속도가 느려서 지능로봇이나 빠른 응답성이 요구되는 응용 분야에 적용하기 힘든 점이 있었으나 개발된 센서는 100회/s 이상의 속도가 가능하다.

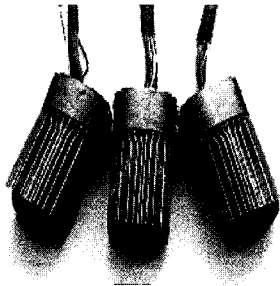


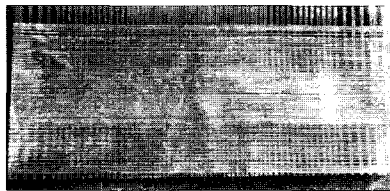
그림 5 개발된 중앙 밀집형 접촉센서

### 3.2 생체모방 인공 피부 센서의 개발

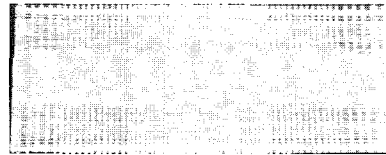
인간 피부의 구조를 모방하여 폴리머(polymer) 형

태의 필름에 Force/position sensing register(FPSR)를 접촉 감지센서를 붙인 인공 피부센서를 설계하였다. 설계된 인공 피부센서는 두께가 얇은 구조로 되어 있으며 외피를 폴리머 필름을 채택하였기 때문에 내부의 힘/위치 감지센서를 충격이나 변형으로부터 보호할 수 있다. 채택한 인공 피부의 구체적인 구조는 표면에는 폴리머 필름으로 포장되어 있어서 인간의 외피와 같은 감각 기관들의 보호 기능을 하게 되며 또한 필름으로 구성되어 있기 때문에 여러 가지 형태의 곡면에도 장착이 용이하도록 하였다. 감각 기관인 FPSR은 복층으로 구성되어 있다. 폴리머 필름에 고정된 형태로 설치된 힘 감지 저항(force sensing register)과 또 다른 층에는 힘 감지 저항이 설치되어 있다. 저항에는 일정한 전압이 인가되게 되며 일단 외부에서 힘이 인가되면 두개의 층으로 구현된 FSR에서는 전류의 변화가 일어나게 된다. 표면의 폴리머 필름은 도체가 내장된 고무 형태와 비교해 볼 때 비교적 작은 히스테리시스 특성과 비용이 저렴하며 피에조 필름(piezofilm)과 비교하면 진동이나 열에 강한 특성이 있다.

개발된 센서(Xsensor 4.0)의 사양을 보면 크기 25" × 25", 두께 0.4mm, Sample Rate는 5,000 sensors/s,

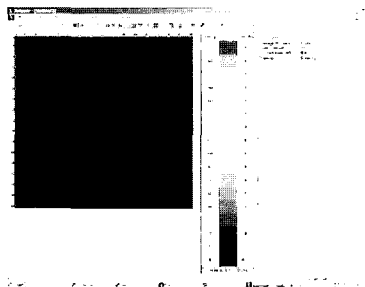


(가) 윗면

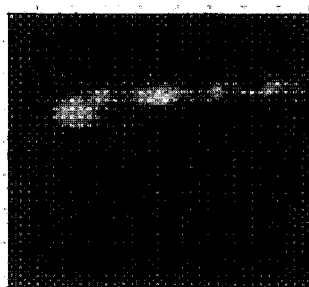


(나) 아래면

그림 6 피부 센서패드의 상·하면



(가) 2kg의 분동의 경우



(나) 임의의 압력을 가한 경우

그림 7 Graphical distribution of Pressure

압력범위는 0.5psi~12000psi(0.04kg/cm<sup>2</sup>~845kg/cm<sup>2</sup>)이며 정확도는 약 10%(10mmHg)이다. 그림 6은 센서패드의 상·하면을 나타낸 그림이다. 개발된 센서는 패드위에 가한 압력을 센서 내부의 Grid Element에서 Analog 신호로 전환한다. 이 신호는 고속 USB를 통해 Graphical 또는 Numerical Mapping 되어 표시된다.

접촉센서의 가장 큰 특성은 압력의 정확도와 압력 분포가 어느 정도의 오차를 가지고 가한 압력의 참값에 접근하는가에 있다. 이 특성을 파악하고자 그림 7과 같은 실험을 수행하였다. (가)는 센서패드의 윗면 중앙에 2kg의 분동을 1cm<sup>2</sup> 넓이의 압력판 위에 놓고 정확하게 2kg/cm<sup>2</sup> 압력을 가하여 센서의 출력을 측정 한 경우이고 (나)는 센서패드에 손으로 임의의 압력을 가한 경우의 압력분포를 나타낸다.

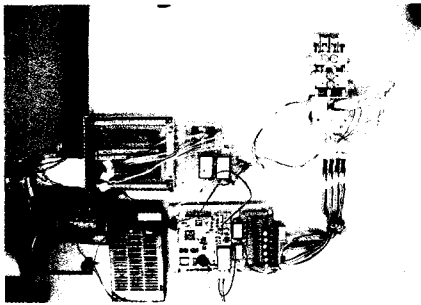


그림 8 자유도 로봇 손 시스템의 전체 구성도

### 3.3 인공 피부를 장착한 End-effector 개발

개발된 접촉·피부센서를 부착, 사람 손의 촉각 기능을 모방하여 물체를 파지하는 등의 작업을 할 수 있는 인간형로봇 손을 개발하기 위해 먼저 4 자유도를 가진 로봇 손을 제작하여 자율 파지 제어(Grasping Control)를 목표로 하는 Tactile Servoing 기법을 개발하고 있다. 개발된 로봇 손의 전체 사양을 살펴보면 크기 75mm(W)×70mm(D)×185mm(H), 무게 약 550g이며 전체 구성은 그림 8과 같다.

### 4. 생체 제어기능을 모방한 행위기반 제어기술

지금까지 다양한 산업 현장에서 많이 사용되어 오

고 있던 메카트로닉 시스템에서의 제어문제에서는 거의 대부분 대상물체의 수학적 모델이나 주변 환경의 기하학적 모델을 기반으로 복잡한 절차적 추론을 거쳐 제어행위를 결정하게 되므로 고정된 환경에서의 단순 반복 작업을 수행하는데 시스템의 응용이 국한될 수밖에 없었다.

1980년대 말 미국 MIT AI Lab.에서는 지능로봇 시스템의 제어구조에 대한 패러다임의 변화를 주창했다. 기존의 제어방식을 뒤엎는 패러다임으로 AI Lab.에서는 센서와 액추에이터 간에 tight coupling이 존재하도록 로봇의 행위를 분류하고 이들을 수평적/병렬 형으로 배치하면서 상반되는 액추에이터의 행위를 포섭(subsumption)과 회피(inhibition)의 두 방법으로 중재하는 행위기반 제어구조를 제안하였다. 이 새로운 패러다임의 제어방식은 개미와 같은 하등 동물이 중추신경계 없이도 복잡한 행동 양식을 취하면서 변화하는 환경에 적응하며 살아가는 데에서 착안한 것으로 이후 지능형 에이전트의 필수 불가결한 제어방식인 행위기반 제어의 효시가 되었다.

본 과제에서는 신중한 작업계획(deliberative task planning) 및 관리 기능을 행위기반 제어기에 추가한 hybrid 형태의 제어구조에 대한 연구개발을 통해 좀더 복잡한 행위를 시스템에 접목시키고 나아가 실제적으로 지능형 에이전트 시스템에 적용시키는 연구를 진행하고자 한다.

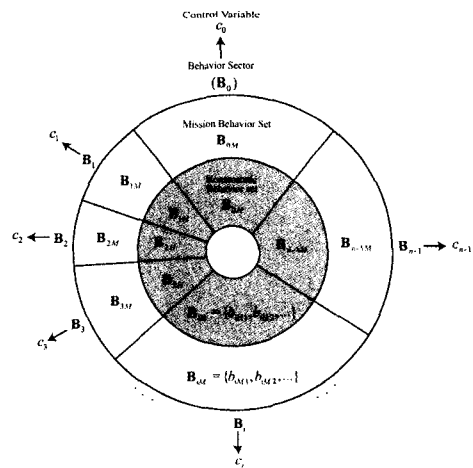


그림 9 제안된 로봇의 자율제어 구조 HERA

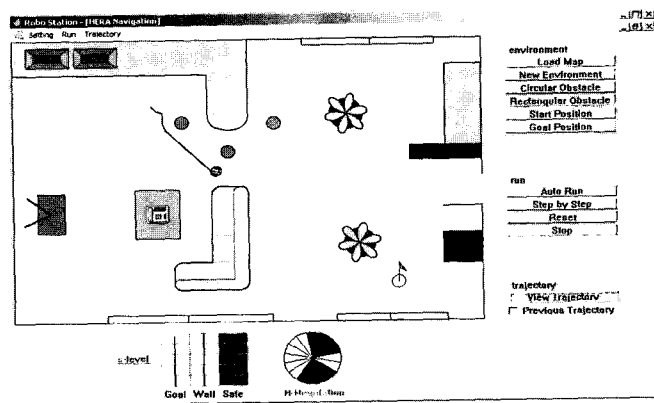


그림 10 통합 개발 환경 - RoboStation

#### 4.1 행위기반 기법을 사용한 Hybrid 형태의 로봇 자율제어 구조 구현 및 실험

기존의 여러 반사제어(reactive control) 방식들을 검토하고 이의 장단점을 분석하여 새로운 반사제어 방식인 “생체항상성(Homeostasis)”을 이용한 반사제어 방식을 개발하였다. “자기항상성(homeostasis)”과 “behavior sector”의 기준으로 행위를 분해 및 조정하는 구조를 제안하였고 실제 필요한 행위들의 경쟁을 조절하기 위한 변수로 “만족도(satisfaction level)”를 도입하여 그림 9와 같이 개선된 “HERA” 구조로 체계화하고 이의 구현에 본격 착수하여 1) 필요한 행위들을 구현하여 library화 2) 행위의 개발과 제어구조에의 빠른 적용을 위한 통합 검증 tool 개발 3) 복잡한 실제적인 상황에서의 적용 등과 같은 것들에 대한 연구를 실시하였다. 특히 실제적인 복잡한 상황에서의 적용 연구는 반사적인 요소 외에 deliberative 요소가 필요하게 되는 hybrid 형태의 제어구조가 필요한 상황에 대한 연구이다. 적용 대상은 홈 서비스로봇의 시나리오와 실제 실험실 환경에서의 자율 주행 실험이다.

#### 4.2 Behavior Library

행위의 library화는 앞으로의 로봇의 지능제어 설계에 기존에 설계된 행위 모듈을 그대로 재사용이 가능하게 하여 로봇의 제어기의 구현이 갈수록 빨라지고 효율적이게 하는 중요한 기법이다. 이를 위하여 1) Sensing method, 2) Actuation method, 3) Behavior = Sensing + Behavior와 같은 세 가지의

library 지속적으로 구축해 나간다. 각 library는 현재 가장 많이 쓰이고 있는 형태인 win32 dynamic link library(.dll) 형태로 구현하였으며 현재까지 개발된 library는 다음과 같다.

- Sensing model for autonomous navigation simulation
- Real sensing with SONAR
- Differential type robot controller library
- Potential field navigation behaviors
- HERA navigation behaviors

#### 4.3 통합 검증 Tool

Simulation과 실제 실험을 동시에 실행할 수 있는 통합된 환경인 “RoboStation”을 개발하여 각 library의 개발과 제어구조에의 적용을 즉시 검증하는데 활용하였다. 그림 10에 개발된 tool의 모습을 보여주고 있다.

아래 그림 11과 같이 구현된 sensing library와 actuation library에서 필요한 것들을 선택하여 behavior를 만들고 이를 통합 검증 tool에 입력하여 검증하는 방식으로 운영을 한다.

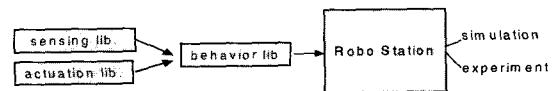


그림 11 로봇의 자율 제어기 개발 과정

#### 4.4 개발된 제어구조의 Home Service Robot에의 적용

개발된 제어구조를 홈 서비스로봇의 시나리오를 설정하여 적용하여 보았다. 홈 서비스로봇은 사용자의 직접적인 제어명령이 없이도 로봇 스스로가 상황을 자율적으로 판단하여 각종 가정용 기기들의 제어와 현관문 화재, 침입 등에 대한 조치를 취하는 것이다. 로봇은 거실을 돌아다니면서 필요한 상황에 맞추어 가장 필요한 행위를 하는 임무를 설정하였다.

제어구조 설계를 통하여 각 행위들에 대하여 행위의 출력인 action과 행위 조절을 위한 만족도를 구현하여 Patrol이나 CleanRoom과 같은 예의 behavior를 보였다. 설정된 홈 서비스로봇의 임무 중에 주행과 관련되지 않은 임무는 실험 여건상 시뮬레이션을 통하여 보조 실험을 실시하였다. 본 연구에서 중점적으로 살펴보고자 한 것은 로봇이 스스로 얼마나 상황에 맞는 지능적인 선택을 하여 행동하느냐의 여부이기 때문에 실제 실험과 다른 점은 센서의 동작뿐이다. 따라서 시뮬레이션을 통하여 보여준 로봇의 성공적인 지능적인 판단 능력은 본 연구에서 제시한 반사적인 자율 지능의 유효성을 보여준다고 볼 수 있다.

## 5. 생체모방 지능형 에이전트 개발

개발 중인 생체모방 제어구조를 구현하기 위한 한 방법으로 이족보행이 가능한 인간형로봇을 개발하였다. 작은 실험용 플랫폼의 제작은 이동의 용이성이나 실험시의 위험성을 감소시킬 수 있는 장점이 있기 때문에 본 연구에서는 만 1~2세의 한국 유아의 신체 데이터를 기준으로 하여 그림 12와 같은 이족보행 인간형로봇인 BabyBot(Baby roBot)을 제작하였다. 설계된 BabyBot은 신장 75cm, 무게 15kg이고, 전체 22 자유도로 각 팔에 5 자유도, 각 다리에 6 자유도를 갖

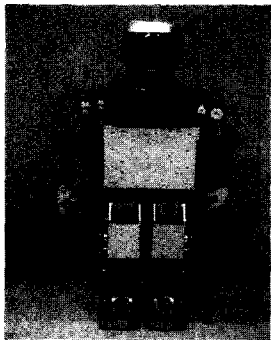


그림 12 이족보행 인간형로봇

고 있다. 머리에는 pan/tilt의 2 자유도를 갖는 카메라 시스템이 장착되어 있으며 각 관절은 DC servo 모터에 의해 구동되고 기어 및 하모닉 드라이브에 의해 감속하여 사용하였다.

로봇이 인간의 이족보행을 모방하기 위한 초기단계로서 정적보행 방법을 개발하였다. 인간의 걸음새를 모방하는 이족보행 방법을 개발하기 위해서는 걸음새의 작업계획을 수립하는 것이 가장 중요하며, 또한 제어기가 작업계획을 잘 추종할 수 있는 제어방법이 개발되어야 한다. 지상에서 중력을 이기고 로봇의 몸체와 다리를 들기 위해서는 이에 가해지는 중력을 보상해 주어야 하며 이를 위한 방법으로 평면 영사 중력 보상법이라는 방법을 제안하였다. 이밖에 로봇과 인간의 상호작용을 용이하게 하기 위해서 음성인식에 의해 작업명령을 수행하고 인간의 음성명령에 따라 로봇이 이족보행을 하도록 개발하였다.

이족보행을 구현하기 위한 작업계획은 다음과 같은 방법으로 개발되었다. 먼저 두 다리와 두 팔은 각각 6자유도와 5자유도를 가지고 있고 이의 기구학은 각 sub-system 별로 계산되어야 하기 때문에 이를 위해서 총 4개의 DSP가 사용되었다. 또 각 다리 및 팔의 상태를 점검하며 보행을 주관할 수 있는 중앙 DSP가 사용되었다. 그러므로 총 5개의 DSP가 사용되었으며 이들 사이의 통신은 CAN을 사용하여서 DSP 간의 안정적 통신망을 확보하였다.

## 6. 결론

생체의 감각제어 기능을 모방한 행위기반 제어방식을 지금까지 가장 성공적으로 응용한 시스템은 1997년 세계를 떠들썩하게 했던 미국 NASA JPL(Jet Propulsion Laboratory)의 화성탐사 로봇 Sojourner Pathfinder와 1999년 6월에 시판되어 조기 품절된 일본 SONY사의 애완로봇 AIBO라고 여겨진다. 물론 이외에도 상용화된 교육용/연구용 소형 이동로봇에서도 좀 더 발전된 개념이 시도되고 있으나 지금까지 행위기반 제어방식의 지능형 에이전트에서는 특정 생명체에서의 매우 초보적인 몇 가지 행위만을 분류하여 이용해 왔기 때문에 주어진 작업수행 면에서는 취약한 면이 있다. 따라서 자율적인 환경 대응 면에서는 신뢰성이 있는 행위기반 제어기에 작업계획 및 관리를 결합하는 hybrid 제어에 관한 연구가 시도되어야 하며 지능형 에이전트 시스템의 실제적인 응

용 분야 확대를 위해 이 분야에서 획기적인 방안의 출현이 필요하다.

오 용 환



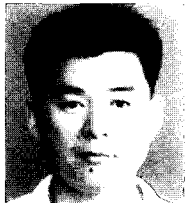
1991 포항공과대학교 기계공학과(공학사)  
1993 포항공과대학원 기계공학과(공학석사)  
1999 포항공과대학원 기계공학과(공학박사)  
1999~2000 일본 와세다대학 기계공학과 JSPS Post-Doc. Fellow  
2001~현재 한국과학기술연구원(KIST) 지능로봇연구센터 연구원  
관심분야 : 여유자유도 로봇의 힘 제어, 시각기반 제어, 이족보행 및 휴머노이드 로봇  
E-mail : oyh@kist.re.kr

유 범 재



1985 서울대학교 공과대학 제어계측공학과(공학사)  
1987 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)  
1991 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)  
1991~1994 (주)티보테크 기술연구소 연구실장  
1994~현재 한국과학기술연구원 지능로봇연구센터 책임연구원  
관심분야 : 지능형 서비스로봇, 휴머노이드, Vision-based Robotics, Vision-based Control, Real-time Computer Vision, 신호처리소자 및 마이컴 응용기술  
E-mail : ybj@kist.re.kr

오 상 록



1980 서울대학교 전자공학과(공학사)  
1982 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)  
1987 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)  
1988~현재 한국과학기술연구원 선임 연구원, 연구센터장  
1991~1992 미국 IBM Watson 연구소 방문연구원  
현재 정보통신부 IT 정책자문단 지능형 서비스 로봇 PM으로 근무 중  
관심분야 : 로봇의 지능제어, 행위기반 제어 및 생체모방시스템  
E-mail : sroh@kist.re.kr