

인간형 로봇의 연구

발췌인 _ 박성환 _ 한국기계연구원 시스템엔지니어링연구본부 _ swpark@kimm.re.kr

1. 서론

혼다의 인간형로봇 P3, 그리고 여기에 이은 ASIMO¹⁾가 개발되어진 이후, 일본에서는 인간형 로봇의 연구 개발이 급격히 무성해져 왔다. 이 혼다의 공헌은, 독자적인 새로운 기술개발이란 면도 물론 있지만, 이제까지의 기술을 한 단계 높이는 것으로서, 인간형 로봇의 실현이 가능할 수 있다는 것을 널리 알렸다는데 의의가 있을 것이다.

혼다에 이어, 산업기술총합연구소 및 와세다대학과 동경대학 등에서 연구개발용의 인간형 로봇이 개발되어져 왔으며, Large Computer Server를 활용한 소형의 인간형 로봇을 제작, 판매하는 기업도 몇 개인가 나타났다.

그러나 일상적인 작업을 대행하고자하는 인간형 로봇의 목적 실현은 아직도 멀다. 특히, 근래 그 필요성이 높은 고령자 도움이 등의 작업에 있어서는, 인간형 로봇이 아닌, 각각의 작업을 특화시킨 형태로의 로봇이 이용되어지고 있다. 일상적인 작업을 대행함에 있어서도, 현재는 이러한 특수 목적의 로봇이 상황과 목적에 따라 개발되고 있다고 생각되어 진다.

또 다른 한편에서 인간형 로봇의 연구 개발목적이 작업과정에서의 사람과의 상호작용에 두는 것으로

겨져 왔다. 「왜 인간형 로봇은 인간과 같은 자세와 형태를 필요로 하는 것일까?」라는 물음에 대한 답으로 는 두가지의 흐름이 있다. 일상 작업을 목적으로 하는 로봇에 있어서는 「인간과 동일한 환경에서 활동하기 위하여」도 있지만, 인간과 상호작용을 하는 목적의 로봇에 있어서는 「인간이 상호작용하기 쉬운 자세와 형태가 인간형이라는 데 있기 때문」에 있다. 이 후자의 대답이 최근 일부에서 연구가 성행되고 있는 인간형 로봇에 관한 연구의 기본 가설이 되고 있다. 본고에서는 이러한 로봇의 동향을 필자의 연구를 중심으로 소개하고자 한다.

2. 인간형 로봇의 연구동향

혼다가 비교적 큰 P3에 연속하여, 어린이 사이즈의 ASIMO를 2000년에 개발하였던 하나의 동기는, '인간과 자연적으로 가까운 로봇을 만들자'라는 목적이 있었다고 듣고 있다. 동일한 것이지만 산업기술총합연구소에서 개발되어지는 인간형 로봇은 HRP 시리즈라 불린다. HRP-2까지는 인간이 행하는 일상적인 작업 및 인간과 협조작업(두 사람이 테이블을 운반하는 등)이 로봇의 task로서 소개되고 있다.

그러나 최근(2009년) 개발되어진 HRP-4C²⁾는 HRP-

2와는 조금 다른 목적을 가지고 있다(그림 1 참조). HRP-4C는 산업기술총합연구소에서 연구개발 되어져 온 실시간 Linux, RT(Robot Technology)미들웨어, 로봇시뮬레이터 OpenHRP3, 음성인식, 2족보행기술 등의 RT기반기술을 이용한 사용자지향의 로봇 아키텍처로서 개발되고 있다. 이 HRP-4C는 신장 158 cm, 체중 48 kg(배터리 포함)으로서, 관절위치 및 치수는 「일본인 신체치수 데이터 베이스 1997-98」의 청년여성의 평균치를 참조하였고, 인간에 가까운 외관을 실현하고 있으며, 엔터테인먼트 분야, 인간 시뮬레이터로서의 인간용 기기의 평가, 인간 동작을 보조하는 기계에의 응용 등이 기대되어지고 있다. 이와 같이 HRP-4C에 있어서도 단순한 일상작업에서부터 인간과의 상관성을 의식한 설계가 이루어지고 있다.

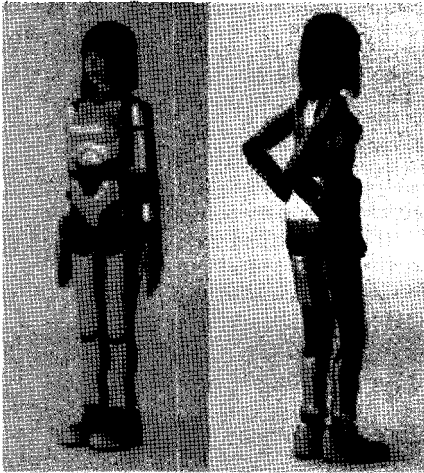


그림 1. HRP-4C (산업기술총합연구소 개발)

3. 인간혹사(酷似)형 로봇과 그 발전

인간과의 상관성을 최고로 중시하였던 것은 필자가 (주)코코로에서 2004년에 개발하였던 안드로이드(인간혹사형 로봇) Repliee Q2³⁾가 있다(그림 2 참조). 인간과 유사한 로봇을 개발함에 있어 움직임뿐만 아니라 보여짐도 중요한 요소이다. Repliee Q2는 이러한 보여짐의 문제를 연구하기 위하여 개발되어졌다.

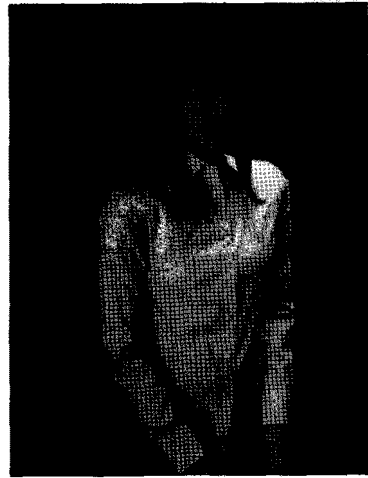


그림 2. 안드로이드 Repliee Q2 (오오사카대학 및 (주)코코 공동개발)

로봇의 모습의 연구에 있어서 문제가 되었던 것은 불기미(不氣味)의谷(역주: 좋지 않은 인상의 벽⁴⁾)에 있다. 로봇은 자연스런 움직임을 보여줄 필요도 있지만 그 발란스를 취하지 않아도 로봇은 급히 좋지 않은 인상(不氣味)을 준다. Repliee Q2는 이 불기미(不氣味)의 벽을 초월하기 위해서, 보여짐 뿐만 아니라, 동작 및 표정도 인간스럽게 되도록 설계하고 있다. 움직임의 범위는 한정되어 있지만, 상반신에 설치된 43개의 공기 액츄에이터를 이용해 인간과 같은 자연스러운 동작이 가능하다. 또한 피부센서 및 로봇 주위 다수의 마루센서, 카메라, 마이크로폰 등을 설치하고 이들의 센서네트워크를 이용하여 방문자의 동작인식이 안정적으로 행해지도록 하고 있다.

Repliee Q2는 되도록 큰 불기미(不氣味)감을 동반하지 않도록 하였기에, 다수의 사람은 그 보이는 모습에서 인간처럼 대화하는 것을 기대한다. 그렇지만 대화능력에는 한계가 있다. 이는 대부분의 인간형 로봇이 갖는 문제이고 인공지능의 한계이다.

이 문제를 해결하고 또한 연구를 발전하기 위하여, 필자 자신을 모델로 한 원격조작기능을 갖는 실제 인



그림 3. 제미노이드 HI-1 (ART 지능로봇연구소 개발)

간에 흡사(酷似)한 안드로이드를 개발하였다. 이를 제미노이드(Geminoid HI-1)⁵⁾라 부른다(그림 3 참조). 이 시스템에서는 음성과 큰 동작에 관한 정보를 보내면 제미노이드가 그것에 대응하여 입술의 움직임 및 인간스러운 동작을 재현하도록 하고 있다. 다시 말해 원격조작에 의해 제미노이드에 본인이 실려 있어 원격지의 사람과 대화하는 것이 가능하다.

이 시스템은 매우 흥미로운 현상을 만들어 낸다. 예를 들어 조작자는 잠시 시스템을 사용하여도 제미노이드의 몸이 자신의 몸인 것처럼 착각을 일으킨다. 그와 동시에 제미노이드와 대화하는 방문자도 자연스럽게 제미노이드의 눈(카메라 기능은 없음)을 보고 보통 이야기하는 것과 같은 느낌이 된다. 다시 말해 상호적으로 적응하고 조작자와 방문자도 이 제미노이드를 한 개인의 몸인 것으로 생각해 버리게 된다.

이 안드로이드를 이용한 일련의 연구를 안드로이드 사이언스라고 부른다. 안드로이드 사이언스에서는 과학과 공학이 동거한다. 보다 인간스러운 안드로이드의 실현을 위해서는 인지과학 및 뇌과학의 지견을 요구한다. 한편 개발되어진 안드로이드는 인지과학과 뇌과

학의 가설을 검증하고자하는 test bed가 되고 있다.

안드로이드 Repliee Q2의 개발에 있어 그 기본문제는 인간스러움에 있었다. 「인간은 어떻게 해서 그 인간스러움을 표현하고 있는 것일까? 그래서 그 인간스러움은 안드로이드에서 재현 가능한 것인가?」라는 과학적 문제와 공학적 문제를 동시에 안고 있다. 한편, 제미노이드에서는「인간존재라는 것은 무엇인가?」라는 보다 철학적인 문제에까지 들어가고 있다.

근년, 이 안드로이드 및 제미노이드 연구는 더욱 발전하여 Brain Machine Interface (BMI)의 연구와 관련을 가지고 있다. 제미노이드는 원격조작형 안드로이드이지만, BMI의 기술을 사용하게 되면 인간의 뇌 반응과 제미노이드의 직접결합 가능성이 나타나게 된다.

4. 인지발달 로봇

로봇이 안드로이드와 같이 복잡화하게 되면 다음으로 문제가 되는 것은 제어방법에 있다. 실제로 다수의 공기 액츄에이터를 갖는 안드로이드의 제어는 매우 어렵다. 공기로 구동되기 때문에 DC서버모터와 같이 정화하는 움직임이 않는다. 또한 다른 액츄에이터를 사용하여도 그 주위 액츄에이터의 동작에 영향을 준다. 어떤 의미에서 인간 근육과 가깝기도 하지만 그것을 제어하는 것은 매우 어려운 일이다.

한편에서 인간은 보다 많은 근육(액츄에이터)과 감각기(센서)를 가지고서도 그 복잡한 몸을 정교히 제어하고 있다. 물론 태어난 직후에는 자신의 몸을 잘 제어할 수 없지만, 1, 2년이 지나면 자신의 몸을 제어하는 방법을 학습하게 된다.

복잡한 로봇의 소프트웨어를 개발함에 있어서는 이 인간과 같이 발달하는 기능의 실현이 필요 불가피하다. 이 연구는 아사다(淺田, 오오사카대학)를 대표로 하는 JST ERATO 淺田共創지능시스템프로젝트에서 취급하고 있다⁶⁾. 그림 4는 이 프로젝트에 있어서 관련된 소프트웨어 개발을 위한 테스트베드로서의 로봇 CB3를 보이고 있다. 이 로봇은 전신에 56개의 공기 액츄



그림 4. 어린이로봇 CB2 (JST ERATO 淺田共創지능시스템프로젝트 개발)

에이터, 약 200개의 피부 센서, 2개의 카메라, 2개의 마이크로폰, 소리를 내는 인공성대를 가지고 있는 매우 복잡한 로봇이다.

이 로봇을 사용한 몇 개의 연구 결과가 보고되고 있는데, 예를 들면 로봇이 운동 학습할 때의 보조자의 도움 등이다. 로봇이 복잡한 기구를 갖는 경우, 로봇 자신이 자신만의 힘으로 운동을 학습하는 것은 어렵다. 마치 인간처럼 부모 혹은 주위 사람의 도움이 필요하게 된다. 로봇이 보조자의 도움을 받아가면서 서 있는 운동을 학습하기 위해서는 어떤 형태의 제어가 필요할 지에 대한 연구가 이루어지고 있다.

또한 이 로봇은 복수의 modality를 갖는다. 종래의 로봇 연구에는 시각과 청각 등의 개별 modality에 주목하여 각각을 독립하여 그 기능을 실현시켜 왔다. 그러나 인간은 복수의 modality를 동시에 학습하고 있다. 실제 복수의 modality를 동시에 학습하는 기능이 이 로봇에 실제 구현하게 되면, 개개의 modality를 학습하는 것보다도 제법 빠른 속도로 학습이 가능한 것이 확인되고 있다.

5. 생체원리 모방형 로봇

CB2는 인간 아기의 발달에 맞추어 개발되어진 것

이나 인간과는 근본적으로 차이가 있다. 최대로 큰 차이는 노이즈의 이용에 있다.

생체시스템은 분자에서부터 세포, 개체, 나아가 사회 레벨에 이르기까지 노이즈를 교묘히 이용해 나가면서 그 복잡한 시스템을 초저소비전력으로 제어하고 있기 때문이다. 예를 들어, 인간의 뇌는 1W의 전력밖에 필요하지 않지만 그것에 비해 매우 열악한 슈퍼컴퓨터는 50,000W의 전력을 필요로 한다. 다시 말해 이제까지의 인공물은 매우 큰 에너지로써 노이즈를 억제하고 있다. 한편, 생체 시스템은 이 노이즈를 억제하는 것이 아니라, 보다 적극적으로 이용하고 있는 것이다. 이 노이즈의 이용 메카니즘을 [유라기(흔들림)]⁷⁾이라 부른다.

유라기의 일반식은 이하로 표시한다.

$$\frac{d}{dt}x = f(x) \cdot activity + \eta, f(x) = -\frac{dU}{dx}$$

이 메카니즘의 구성요소는 다음의 3가지로 정리된다. 1번째는 물론 노이즈 η 에 있다. 시스템의 상세한 구조를 생략하지만, 고차원 시스템의 유효차원 수를 줄이어 coarse화하더라도 이는 효과적으로 작용한다. 2번째는 포텐셜 $U(x)$ 로서, 유라기를 받아들이는 coarse한 organize를 가능하게 하는 구조를 갖는 에너지 함수이다. 3번째는, 위에서 예를 들었던 bias activity로서, 환경변화에 대응하여 포텐셜을 변조시키며, 유라기에 의한 attract 선택을 실현한다. 계(系)에 있어서의 노이즈의 크기를 표시한다.

유라기 방정식은 생물의 제어원리를 표시함과 동시에 복잡한 로봇 및 정보시스템의 제어에도 이용이 가능하다. 유라기의 일반식에 있어서 종래의 제어방법은 $\frac{d}{dt}x = f(x)$ 에 해당한다. 다시 말해 대상을 정확히 모델화 한 $f(x)$ 를 기초로 하여 최적해를 찾아내는 것이었다. 그러나 문제는, 복잡한 문제에 있어서는, 대상을 정확히 모델화하는 것이 불가능하기도 하고, 대상 자체

가 변화한다는데 있다. 이 문제를 생물은, activity 에 의해, 스스로가 갖는 노이즈 및 환경에 존재하는 노이즈 η 와 모델 $f(x)$ 의 불균형을 취해 가면서 적응한다. 이 activity는 일반적으로 목표 상태까지의 가까움을 표시하는 센서 값이 된다. 다시 말해 목표 상태로 부터 멀리 있는 경우는 activity를 낮게 하여, 노이즈를 이용하여 랜덤하게 탐색하고, 목표 상태에 가까운 경우에는 activity를 높게 하여, 모델 $f(x)$ 를 쫓아 효율적으로 목표 상태에 가까워 하는 것이다.

이 유라기에 의해 종래의 제어방식에서는 제어할 수 없었던 복잡한 로봇의 제어가 가능하다는 것을 보이기 위하여 그림 5에서 보이는 팔 로봇을 개발하였다. 이 팔 로봇은 인간의 뼈의 구조와 근육의 배치를 모방한 26개의 액츄에이터로서 구성되어 있고, 그 복잡성으로 인해 종래의 제어방법으로는 용이한 제어가 불가능 했다. 그러나 유라기 방정식을 활용한 제어방법으로는 팔을 목표에 가깝게 한다든지, 팔을 이리저리 돌리는 것과 같은 제어가 가능하게 되었다.

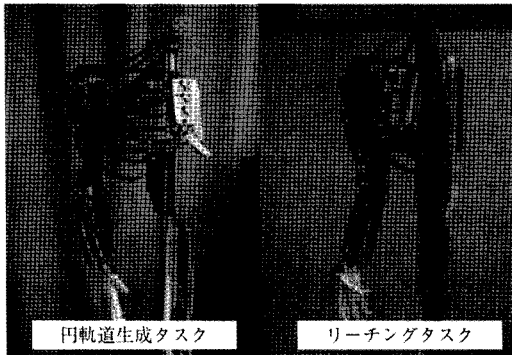


그림 5. 생체모방형 팔 로봇 (오오사카대학 개발)

생체가 유라기를 어떤 식으로 이용하고 있는가는 완전히 밝혀져 있지는 않다. 예를 들어 생물에서는 노이즈로서 브라운 운동 이외에도 Levy flight라 불리는 특수한 노이즈를 사용하고 있는 것이라든지, 유라기에 의한 제어뿐만 아니라 학습이 교묘히 조합되어 있다든지, 유라기의 제어가 계층적으로 조합되어 있다는

사실은 잘 알려져 있는 상태이다. 금후에 생체의 움직임 원리가 보다 밝혀지게 되면 보다 효율적으로 복잡한 동작의 실현이 가능할 것으로 기대된다.

6. 맺음말

본고에서는 인간형 로봇에서부터 시작하여 인간형 사형 로봇, 인지발달 로봇, 거기에 덧붙여 생체모방형 로봇의 연구를 소개하였다. 인간형 로봇연구는 그 자체가 인간이해의 연구이기도 하다. 금후에는 보다 관련분야와의 유대를 긴밀히 해 나가면서 새로운 인간이해의 연구로서 발전해 나가길 기대한다.

참고문헌

- 1) <http://www.honda.co.jp/ASIMO>
- 2) http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2009/pr20090316/pr2009/0316.html
- 3) H. Ishiguro: Scientific Issues Concerning Androids, International Journal of Robotics Research, 26, 1 (2007) 105-117.
- 4) 森政弘 : 不氣味の谷, Energy, 7, 4, (1970) 33-35.
- 5) 西尾修一, 石黒浩 : 사람으로서 사람과 소통하는 로봇연구, 전자정보통신학회회지, 91, 5, (2008), 411-416.
- 6) M. Asada, K.Hosoda, Y. Kuniyoshi and T. Intui : Cognitive Developmental Robotics towards Understanding and Designing Body, Brain, and Mind, IEEE Trans. Autonomous Mental Development, 1, 1 (2009) 1-24.
- 7) 柳田敏雄, 四方哲也, 石黒浩, 村田正幸 : 생체 흔들림에 배우는 知的人工物과 정보시스템, 응용물리, 78, 8, (2009) 788-794.



<<일본정밀공학회지, Vol.76, No.1, 2010>>

본 기사는 한국기계연구원의 박성환 편집위원이 "일본정밀공학회지" 2010년 1월호 pp.20-23을 번역한 것으로 일본정밀공학회지의 연락처는 다음과 같다.

- 주소 : (☎)102-0073 東京都千代田區 九段 北 1-5-9(九段誠和 Building 2F)
- 전화 : +81-3-5226-5191 / FAX : +81-3-5226-5192
- URL : <http://www.jspe.or.jp/>