

## 감성 로봇용 지능제어기술

오상록, 윤도영

한국과학기술연구원 지능제어센터/생체모방시스템국가지정연구소

### I. 서 론

정보기술(IT)과 생명공학기술(BT)을 이은 차세대의 기술로 로봇기술이 꼽히고 있다. 로봇이 생산 현장의 조립 라인에 머물지 않고 병원과 가정 등의 인간이 생활하는 영역으로 나오면서 새로운 폭발적인 응용 분야와 그에 따르는 시장을 형성하고 있는 것이다. 이 변화를 이끈 가장 큰 요인중의 하나로 감성 로봇을 들 수 있다. 로봇공학과 감성공학의 학문적 뒷받침과 마이크로프로세서, 정밀 센서, 소재 기술의 발달은 보다 자연스럽게 친근한 로봇의 구현을 가능하게 하고 있다. 본 글에서는 감성로봇에 필요한 요소기술을 지능제어의 측면을 중심으로 하여 알아보고자 한다.

### II. 감성로봇과 지능

감성로봇이란 로봇에 감성공학의 기법들을 채용한 것을 일컫는다. 감성공학은 인간의 감성을 정량적으로 측정하여 평가하고 공학적으로 분석하여 이것을 제품 개발이나 환경 설계에 적용함으로써 더욱 편리하고 쾌적하며 안전한 인간의 삶을 도모하려는 기술이다. 로봇이 산업현장에서 벗어나 사무실, 병원, 가정과 같이 인간과 더불어 같은 공간에서 생활하며 활동하기 위해서는 기존의 산업용 로봇에 적용되는 기술과는 다른 많은 새로운 기술이 필요하다. 우선 기존의 생산 환경

에서와 같이 예측 가능한 고정된 동작환경의 제한을 극복해야 한다. 공장과 달리 사무실이나 가정은 주로 인간의 움직임으로 인하여 예측할 수 없이 시간에 따라 변화하는 역동적인 환경이다. 이러한 환경의 변화를 공장과 같이 단순한 제품의 감지 센서와 동작 프로그래밍으로 대처할 수는 없다. 어떤 형태로든지 자율적인 판단을 할 수 있는 일종의 지능이 요구되는 것이다. 또한 로봇이 수행하게 되는 임무도 단순한 반복 동작이 아닌 다양한 형태의 고차원적인 임무, 이를테면, 청소, 방법활동, 아이보기 등을 수행해야 하므로 단순동작만을 수행하는 기계적인 형태에서 벗어나 필연적으로 인간이나 동물과 흡사한 구조와 지능이 요구된다. 이러한 기술들은 대부분 인간과의 상호 인터페이스 과정에서 요구되는 것이다. 같은 공간에서 생활하는 인간의 위치와 상태를 로봇이 파악하고, 그가 원하는 적절한 임무를 수행해야 하는 것이다. 지금까지 로봇은 동작 환경에서 부딪히는 사물은 각종 센서를 통하여 나름대로 그 위치와 모양, 크기 등을 판단하였다. 그러나 인간의 의도는 따로 로봇이 이해할 수 있는 수단인 스위치나 키보드, 리모트컨트롤러등을 통하여 입력을 해 주어야 했다. 물론 이 형태는 더 이상 받아들일 수 없는 것이다. 사무실에서 로봇을 사용하기 위하여 필요할 때 마다 일일이 리모콘을 누르거나 키보드로 입력할 수는 없다. 로봇의 활동 공간을 확보해 주기 위해서 사람들이 일일이 신경을 쓰며 피해 다녀야 하고, 로봇의 타협을 모르는 기계적인 힘에 부상당하지 않도록 항상 신경을 써야 한다면 로봇의 효용성을 말할 수 없다. 이 모든 것을 최소한 이용자인 사람이 안전

하고 많이 불편하지는 않은 단계까지는 로봇이 스스로 느끼고 판단하여 행동해야 하는 것이다. 사람의 물리적인 움직임을 느끼는 것에서부터 출발하여 사람의 의도를 이해할 수 있어야 한다. 사람의 의도는 쉽게는 음성으로 명령하는 것에서부터 보다 고차원적인 감정상태로 표현이 된다. 이 모든 것이 바로 '감성'이라 말할 수 있다. 로봇은 바로 이 감성을 이해하고 이를 자신의 행동의 적절한 제어에 이용할 수 있어야 한다. 또한 인간의 보살핌 없이도 스스로의 판단하에 자신의 상태를 유지하고, 인간이 필요로 하는 임무를 스스로 찾아 수행하고, 더 나아가서 로봇이 수동적으로 명령을 받아서 수행하는 것에서 벗어나 인간과의 쌍방향의 교감을 이루기 위해서는 로봇 스스로도 자신의 상태나 의도를 자신의 행동으로 나타낼 수 있어야 한다. 자신이 고장이 났거나, 배터리가 부족하다는 것을 경고등이나 화면 속의 문자로 나타내어 인간의 수리를 기다리는 것이 아니라 스스로 배터리를 충전할 수 있다면 독립된 개체로서 훨씬 자연스러운 생활의 동반자가 될 것이다. 이렇듯 감성 로봇에 있어서 지능은 필수적인 전제 조건이다.

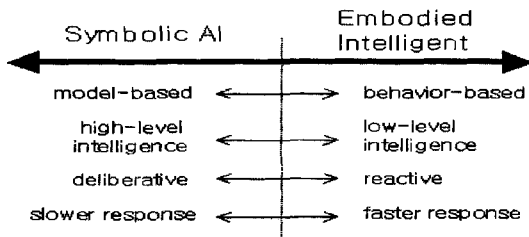
### Ⅲ. 로봇 지능

어떤 형태이든 로봇을 설계하는 입장에서 기계적인 구조와 함께 생각하게 되는 것이 로봇이 어떠한 상황에서 어떻게 행동할까를 프로그래밍하는 것이다. 이 과정을 '지능'이라는 개념을 도입하여 생각하는 경우도 있겠고, 굳이 지능이라는 개념을 도입하지 않고 단순히 로봇의 동작의 planning으로만 여길 수도 있을 것이다. 로봇분야에서 뿐만 아니라 인지과학이나 인공지능 학계에서도 지능이란 것을 어떻게 정의할까 하는 것에는 아직도 뚜렷한 경계선이 없는 실정이며 여기서는 로봇의 지능이라 함은 단순한 모터의 제어에서부터 상황의 감지에 의한 행동의 선택까지를 모두 망라하는 로봇의 판단 행위가 포함된 모

든 것을 말하기로 한다.

#### 1. Classical AI와 Embodied Intelligence

로봇의 지능을 어떠한 방식으로 구현하느냐의 문제에 있어서 두 가지의 큰 흐름을 든다면 전통적인 인공지능의 방식을 채용한 방법과 새로이 대두한 행위기반 지능 방식을 들 수 있겠다. 전통적인 인공지능 방식에서는 사람의 인식(cognition)능력을 최대한 구현하여 이를 바탕으로 한 판단에 근거하여 로봇의 행동양식을 결정하겠다는 시도이다. 이를 위해서는 사람의 뇌에서 일어난다고 보여지는 사물의 추상화가 필요하다. 이 추상화의 과정에 필요한 대표적인 방식이 기호화이다. 이를 로봇에서는 symbol이나 수식 등으로 상황을 모델링하여 구현한다. 추상화된 상황은 지금까지 학습되거나 선천적으로 프로그래밍된 기준에 의하여 판단되어 적절한 행위를 결정하고, 이 명령을 구동부에 전달하여 로봇이 행동하게 되는 것이다. 이 방식의 장점은 일단 추상화된 정보는 컴퓨터 알고리즘에 의하여 다양한 형태와 깊이로 가공되고 처리될 수 있다는 것이다. 즉, 사람의 뇌와 같은 고차원적이고 복잡한 판단 행위를 어느 정도 구현할 수 있다는 것이다. 그러나 전제가 되는 모델링이 현실적으로 실제 상황을 반영하기가 어려운 것에 커다란 단점을 가지고 있다. 아직까지 symbol이나 수식 등에 의한 모델링은 많은 오차 요인을 가지고 있다. 이러한 점에서 새로이 등장한 것이 이른바 'new artificial intelligence'라고 불리는 embodied cognitive science에서 보는 지능의 구현 방법을 로봇에 채용한 embodied intelligence이다. 이 방법은 지능을 개체 자체의 사고 능력에서 나오는 것으로 보기보다는, 환경과의 상호작용을 통하여 형성되고 강화되어 가는 것으로 본다. 따라서 이 관점에서는 지능을 구현하는 단위로서 모델링을 통한 추상화보다는 어떤 환경에 따른 로봇의 행위를 중시한다. 모델링의 역할이 상대적으로 줄어든 이 방법에서는 자연히 중앙에서의 정보처리에 의한 판단보다는 인지(cognition)과정 없이 곧바로 지각(perception)에 의한 반사



〈그림 1〉 Intelligence spectrum

적인 행동의 제어 형태를 취하게 된다. 위의 두 가지의 지능을 구현하는 방식은 추상화의 정도에 따른 양 극단을 표현한 것으로 실제 구현 시에 두 가지의 방식은 그 추상화의 정도에 따라 연장 선상에 있는 것이다. 위 〈그림 1〉에 이러한 관점에서의 로봇의 지능을 구현하는 구조를 정리하여 볼 수 있다.

## 2. 감성 로봇의 지능

Symbolic AI나 embodied intelligence의 양 진영은 물론 자신의 방식의 적용 분야를 최대한 확장하려는 연구를 활발히 하고 있으나 현실적으로는 로봇의 지능의 구현 방법은 그 로봇에 요구되는 지능의 수준에 따라 결정 되는 것이 합리적이다. 감성 로봇의 지능도 이 원칙에 따라 구현되어야 한다. 휴머노이드와 같은 고도의 대규모 로봇에서라면 고차원의 지능을 구현하기위한 정보처리 부분이 강화되어야 하며, 애완용 로봇이나 단일 종류의 임무를 수행하는 홈로봇 등의 경우에는 반사적인 지능을 위주로 구현하는 것이 효과적일 것이다. 애완로봇이나 특수 목적용 감성 로봇 등에 전통적인 AI의 symbolic 모델에 의한 사고 능력을 부여하는 것은 무리이다. 현재로서는 감성 로봇이라 볼 수 있는 발표된 많은 로봇의 지능의 종류와 수준을 볼 때 로봇의 형태와 종류가 다양하고, 환경에 대한 적응성과 적응성이 무엇보다도 요구된다는 측면에서 로봇의 지능을 감각과 연결시켜 구현하는 embodied intelligence의 구조가 보다 효과적이라고 볼 수 있을 것이다.

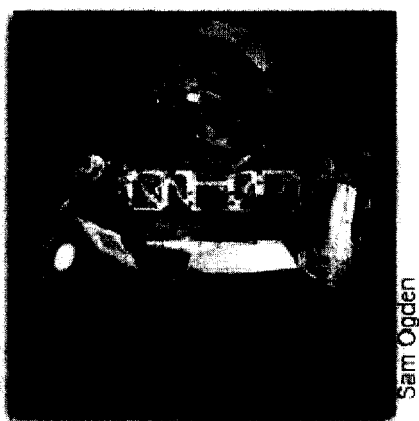
## 3. Embodied Intelligence

실제 많은 연구를 통하여 하등 동물 등의 경우 중앙의 고도의 뇌의 처리 없이 감각에 의한 방법으로 일정한 수준의 지능이 구현되고 있다는 것이 증명되었다. 이러한 감각적인 지능의 대표적인 사례가 MIT의 Brooks 팀에 의해 연구되고 있으며, Georgia Tech. 의 Arkin에 의해 Behavior-based robotics라는 개념으로 정립되고 있다. 이 방식에서는 로봇의 지능의 구성에 필요한 sensing과 plan, action의 기본 단위로 sensory-motor process를 구성한다. 이 sensory-motor process는 분산되어 있으면서, scheduling, management, coordination 등의 planning 역할을 하는 동시에 물론, 본연의 sensing과 action도 같이 수행한다. 전체 시스템은 이러한 여러 개의 sensory-motor들로 구성되며 sensory-motor들 상호간은 서로 communication을 통하여 시스템의 전체적인 동작 목표에 맞게 자신의 행동을 제어할 수 있는 지능을 구현한다. 이런 방식을 통하여 구현된 지능은 기호적인 또는 수학적인 모델링의 과정을 거치지 않는 보다 감각적인—다르게 말해 보다 직접적인 정보형태를 이용하는—지능으로 불확실한 모델링에서 비롯되는 문제점이 없으며, 시스템이 간단하다. 각 sensory-motor부분은 분산되어 구성되므로 시스템의 설계나 구현시에 모듈화하여 만들 수 있고, 원하는 기능을 간단히 첨가할 수도 있다. 이 방식은 근본적으로 분산처리 시스템이므로 부분적인 시스템의 고장이 전체적인 고장을 의미하지도 않는다. 가장 중요한 특징으로는 계산량이 극히 적으므로 주어진 정보에 대한 즉각적인 판단이 가능하다는 것이다. 이 특징은 시스템 자체의 고속 동작은 물론, 시시각각 동적으로 빠르게 변화하는 환경에서 동작하는 시스템에는 필수적으로 요구되는 성질이다. 이러한 반사적인 지능은 곤충 등의 생물체의 행동 분석에서도 자주 보여지는 방법으로 시스템의 목표에 따라서 효율적인 로봇 지능의 구현 방법이 될 수 있을 것으로 보여진다.

#### IV. 감성 로봇 지능의 대표적 연구 사례

대표적인 휴머노이드 프로젝트인 MIT의 Cog project의 산물인 Cog는 인간과 인공지능의 다양한 연구를 위한 platform으로 제작되었다. 머리와 몸통 두 팔을 가지고, 인간과 같은 감각의 구현을 위하여 시각, 청각, 감촉 센서 등을 가지고 있다. 어떤 생명체의 지능은 그 개체의 물리적인 구조와 이를 통한 환경과의 상호 작용으로부터 구현되고 변화한다는 관점에서 출발한 흥미로운 로봇으로 embodied intelligence의 대표적인 주창자인 Brooks에 의해서 연구가 진행되고 있다. 인간의 지능은 인간과 똑같은 형태의 로봇으로만 구현할 수 있다는 관점에서 인간의 모습을 충실히 모방하여 제작되었다. Cog의 지능은 사람과 비슷한 감각(perception)과 모터 동작을 통하여 실제 사람 사이에 또는 사람과 환경 사이에 일어나는 상호작용을 통한 학습을 통하여 정의되고 구현되도록 하고 있다. 이러한 실제적인 상호 작용의 중요성으로 인하여 시뮬레이션을 통한 연구를 지양하고 있기도 하다.

또한 이 프로젝트에서는 Kismet을 제작하여 face-to-face interaction을 이용한 로봇과 인간의 상호 communication을 통한 사회화(socializing)에 필요한 지능의 구현에 대한 연



<그림 2> Cog, MIT



<그림 3> Socializing through face-to-face interaction, Kismet, MIT

구도 진행중이다. 로봇이 사회 안에서 인간과 함께 활동하기 위해 필요한 감성 지능을 구현하기 위한 것이다.

로봇 지능의 다른 예를 보자. 간단한 곤충이나 동물 수준의 지능을 구현하는 대표적인 방법으로서 로봇의 지능을 위해 어떤 특정한 파라미터를 두고 그 수치로서 로봇의 행동 양식을 결정하는 방식이 있다. 이 방식을 채택한 Georgia Tech.의 Arkin에 의해 구현된 Miguel이라는 6족 곤충 로봇은 시각 센서에 의해서 감지되는 적과 먹이감, 이성친구의 출현에 따라 Fear, Hunger, Sexdrive의 수치가 변화하여 적으로부터 도망치거나, 먹이감을 향해 가고, 이성을 향해 가는 등의 행위를 결정하는 방식을 채택하여 실제 곤충의 행동양식을 어느 정도 성공적으로 구현하였다. 이 방법과 같은 형태로 구현된 지능의 또 다른 예로 로봇의 새로운 장을 열었다고 평가되는 Sony사의 AIBO를 들 수 있다. AIBO는 6개의 감성(기쁨, 슬픔, 성냄, 놀람, 공포, 혐오)과 4개의 본능(성애욕, 탐색욕, 운동욕, 충전욕)이 있는데 외부의 자극과 자신의 행동으로 이러한 수치가 항상 변화해 간다. 칭찬이나 귀여움을 받거나 좋아하는 공 놀이를 할 때 기쁨의 수치는 높아지고, 보살핌을 못 받으면 슬픔의 수치가 높아진다.

AIBO의 지능의 가장 큰 특징은 학습기능을 강조했다라는 것이다. 성장 유형 (유년기, 소년기, 청년기, 성년기)이 입력되어 있어 성장단계와 양육방법에 따라 행동유형이 자주 변화한다. 즉 획일적으로 프로그래밍된 로봇이 아닌 나만의 로봇



〈그림 4〉 AIBO, Sony.

이 되는 것이다. 완전히 자율적이며 주인의 생각처럼 되지 않는 어느 수준의 독립적인 개체로서의 지능을 구현한 것이다.

이 밖에 보다 단순한 수준의 지능이 요구되는 단일 임무를 위한 로봇 등의 구현의 사례들을 보면 현재 지능의 개념이라기 보다는 센서 정보의 입력에 따른 단순한 Finite State Machine의 형식으로 구현되고 있음을 관찰할 수 있다.

## V. 결론 및 향후 전망

감성 로봇의 지능을 구현하기 위한 구조는 위의 사례에서 보는 바와 같이 현재로서는 센서와 지능이 밀접하게 연결되어 모델링 과정에 크게 의존하지 않고 행위를 기반으로 지능을 구현하는 방식이 성공적으로 적용되고 있음을 볼 수 있다. 당분간 휴머노이드 같은 고도의 지능이 현실화되기 어렵고 애완 동물이나 단순 서비스 등의 수준의 지능을 가진 로봇의 개발이 활기를 띠 것으로 보아 이러한 지능의 구현 방식은 더욱 발전할 것으로 보인다. 다만 앞에서도 언급한 바와 같이 궁극적으로 고차원의 지능의 구현을 위해서는 불가피하게 사람의 뇌의 구조와 같이 추상적인 정보처리가 필요할 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] Rodney A. Brooks, "Intelligence with-

out Representation," *Artificial Intelligence* 47, pp. 139-159, 1991.

[2] Ronald C. Arkin, *Behavior-Based Robotics*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1998.

[3] Rolf Pfeifer and Christian Scheier, "Understanding Intelligence", The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1999.

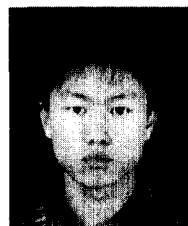
[4] H. R. Everett, "Sensors for mobile Robots", AK Peters, Ltd., Wellesley, MA, 1995

## 저 자 소 개



吳 尙 錄

1958년 6월 7일생, 1980년 2월 서울대학교 전자공학과, 공학사, 1982년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과, 공학석사, 1987년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과, 공학박사, 1987년~1988년: KAIST 연수연구원, 1991년~1992년: 미국IBM, Watson연구소, Post Doc., 1988년~현재: KIST 책임연구원, <주관심 분야: Robotics and Automation, Intelligent Control and Machine Learning, Advanced Control System Theory>



尹 道 榮

1970년 12월 30일생, 1995년 2월 서강대학교 전자공학과, 공학사, 1997년 2월 서강대학교 전자공학과, 공학석사, 1999년~고려대학교 전기공학과, 박사과정, 1997년~1999년: 삼성SDI, 주임연구원, 1999년~현재: KIST, 학생연구원, <주관심 분야: System Implementation, Control Theory Application>