

# 인간과 로봇 상호작용

· 조 성 배 | 연세대학교 컴퓨터과학과, 교수 / e-mail : sbcho@csai.yonsei.ac.kr

인간형 로봇은 인공지능의 많은 기술이 적용될 수 있는 분야이다. 이 글에서는 학제적으로 수행되어야 할 인간형 로봇 연구를 위한 인공지능의 핵심기술을 알아보고, 이제까지의 연구동향에 대하여 간략히 소개한다.

로봇은, 활용분야가 공장을 벗어나 가정에 이르면서, 토목건설, 가공조립, 보수, 점검분야의 위험하고 어려운 작업을 대신해 주던 기능에서, 사람을 위한 엔터테인먼트, 교육, 서비스를 위하여 더욱 많이 사용될 것이며, 그 궁극적인 목표는 결국 인간의 형태를 하고 인간의 행동을 모방하는 인간형 로봇(humanoid)이 될 것이다. 로봇이 사람과 같은 복잡한 일을 수행하기 위해서는 사람의 형태가 가장 적합한데, 이미 개발된 많은 기술들이 인간형 로봇의 제작과 설계에 중점을 두었다면 앞으로의 기술은 인간형 로봇의 학습과 자동적인 구축에 중점을 둘 것이다. 즉, 인간형 로봇을 개발하기 위해서는 인간과 닮은 형태를 만들어내는 기계공학 기술 뿐만 아니라 인간의 지능과 감정을 모방하기 위한 인공지능 기술이 필요하다.

인공지능은 학습이나 의사결정과 같은 인간의 능력과 유사한 동

작을 컴퓨터가 대행해 줄 수 있도록 하는 기술을 통칭한다. 1950년대 중반에 연구가 시작되었으며, 현재는 게임, 수학적 증명, 컴퓨터시각, 음성인식, 자연어 처리, 전문가 시스템, 생산자동화 등의 분야에서 널리 연구 및 활용되고 있다. 인간의 지적 능력을 모방하여 대체하거나 인간의 작업을 지원하려는 목적으로 산업분야에서도 도입이 활발하다.

또한 인공지능은 로봇을 제어하기 위한 방법으로도 활발히 이용되고 있다. 기존의 인공지능 기법은 자율이동로봇을 제어하는 문제에는 커다란 성과를 거두었지만, 인간형 로봇의 복잡하고 일반적인 행동을 모방하는 과정에서는 한계를 보이고 있다. 특별한 행동을 잘하도록 유도하는 학습은 가능하지만 일반적이고 예측하지 못한 상황에 대처하는 행동을 만들어내지는 못하는 문제가 있다. 인간형 로봇은 사람과 유사한 복잡한 형태를 하고 있기 때문

에 특정 작업만을 수행하도록 하는 기존의 인공지능 학습법보다는 모방학습, 적응진화, 인공생명과 같은 새로운 기술이 요구된다.

인간형 로봇의 제어를 위한 인공지능 기술은 로봇으로 하여금 자율적으로 행동하도록 하고, 복잡한 행동을 손쉽게 수행할 수 있도록 하며, 보다 나은 성능을 내도록 발전하여야 한다. 즉, 인간형 로봇을 개발하기 위해서는 자율성, 적응성, 협조성의 문제를 해결해야 한다. 현재의 인간형 로봇은 자율성이 부족하여 처음 설계된 내용대로 작동하거나 사람의 원격조정에 의해서 작동하는 것이 대부분이다. 복잡한 행동을 인간형 로봇이 수행하기 위해서 모든 행동을 처음부터 설계하는 것은 불가능하기 때문에 자율적으로 판단할 수 있는 방법이 필요하다. 인간형 로봇이 가진 기초적인 기술은 사람과 상호작용 하면서 더욱 발전되어야 한다. 처음에는 쉬운 일만 가능하던 인간형 로

봇이 사람과 상호작용 하면서 점차 발전하여 처음에 수행하지 못했던 복잡한 일까지 수행하도록 되어야 한다.

인간형 로봇을 제어하기 위한 인공지능 기술은 크게 에이전트 기술, 행동기반 기술, 적응진화 기술로 나뉠 수 있다.

### 에이전트 기술

#### 자율 에이전트 기술

에이전트는 사용자를 대신해서 사용자가 원하는 작업을 자동적으로 해결해주는 시스템을 말하며, 자율성(autonomy), 지능성(intelligence), 협동성(cooperation), 사교성(social ability)을 갖는다. 자율 에이전트는 동적으로 변하는 예측 불가능한 환경 내에서 시간적 순서에 따라 목표나 동기를 만족시키는 인공지능 시스템이라 할 수 있다. 전통적인 인공지능의 계획과 학습기법에 근거하여 인간형 로봇이 경험을 토대로 목표를 수행할 수 있도록 한다. 자율 에이전트는 생물학, 특히 동물의 행동 연구에서 많은 영향을 받았으며, '행동선택'과 '경험적 학습' 등의 연구가 필요하다. 예를 들면, 기본적인 행동집합을 정해놓고 목적을 이루기 위한 행동선택 과정을 통해 복잡한 작업을 수행하는데, 생물학으로부터 영향을 받은 행동선택 방법이 학습과 함께 사용되어 자율에이전트의 행동을 결정해 줄 수 있다.

### 사용자 모델링 기술

인간형 로봇은 사람의 행동을 모방하여 작업을 하며, 인간의 감정과 목표를 반영하여야 하기 때문에, 사람의 행동을 모델링하기 위한 여러 가지 기술이 요구된다. 인공지능분야에서는 사용자의 행동을 모델링하기 위해 베이지안 네트워크, 신경망, 규칙기반 시스템 등을 사용한다. 예를 들면, 사용자의 과거 행위나 기호를 기반으로 인과관계를 확률적으로 모델링하는 베이지안 네트워크를 구축함으로써 사용자의 목표와 의도를 예측하여 사용자에게 적절한 반응을 보이도록 할 수 있다.

### 행동기반 기술

#### 행동기반 인공지능

행동기반 인공지능은 인간의 총체적인 인식을 제어하는 모듈이 지각, 모델링, 계획, 작업수행 등과 같은 절차로 작동하는 것이 아니라, 기본 행동들의 집합으로부터 적절한 행동을 선택함으로써 복잡한 행동이 가능하도록 하는 방식이다. 즉, 환경을 통한 행동들의 상호작용으로 로봇이 원하는 기능을 하도록 한다. 행동기반 인공지능의 아이디어는 생물 시스템이 적수의 반응행동으로부터 군집행동과 같은 복잡한 행동까지 조직화되어 있는 것으로 보는 생물학에 근거한다. 대표적으로 포섭 아키텍처에서는 고차 레벨의 모듈을 순차적으로 붙여가는 방법을 사용한다. 이와 같이 하여 최종적

으로는 인간과 같은 지능을 갖는 로봇을 만들고자 하는 것이 행동에 기반한 인공지능의 접근 방식이다. 포섭 아키텍처는 Minsky의 마음의 사회(society of mind) 이론에 대한 구체화라고 할 수 있다. 지능을 갖지 않는 에이전트(또는 행동모듈)를 모아서 조직화함으로써 지능을 실현시키고자 하는 것이다.

#### 사회성 기술

인간형 로봇 연구에서 새롭게 부각되고 있는 부분이 로봇이 어떻게 인간과 상호작용 하도록 할 것인가에 대한 것이다. 여기에 대해 인공지능적, 사회심리학적 접근으로 주의(attention)와 공유주의(shared attention) 등을 사용하여 로봇이 관심 주제를 선택할 수 있도록 함으로써 유용한 정보를 추출하도록 하는 연구가 필요하다. 로봇이 사회적 단서와 사건의 전후 관계를 이해하도록 하는 방법이다.

### 적응진화 기술

#### 모방을 통한 학습

기존에 많이 사용되던 기계학습 방법은 로봇의 학습기능과는 관계없이 특정 작업을 잘 수행할 수 있도록 진문화되어서 일반적인 문제를 해결하기 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 로봇 스스로 학습능력을 갖추도록 하는 모방학습기법이 필요하다. 사람은 모방을 통해 새로운 기술과 목표를 습득한다. 모방은 로봇이 새로운 기술과 목표를 익히는 자

연스러운 접근방법이 될 수 있다. 로봇은 트레이너나 환경과의 상호작용을 통해 연속적으로 학습함으로써 단순한 입력신호의 처리뿐만 아니라 능동적인 응답이 가능하다. 또한, 질문을 던질 수 있고, 행동을 반복적으로 보여줄 것을 요구할 수 있으며, 좌절, 피로, 지루함 등과 같은 감정 상태를 사용하여 트레이너와 의사소통을 할 수도 있다.

### 공진화 학습

진화 알고리즘들은 생물의 진화적 메커니즘을 공학적으로 이용하는 것이다. 공진화를 통한 학습은 자연의 생물학적 진화를 표현한 것으로, 인간이 개입하지 않더라도 복잡성과 유연성을 가지는 시스템을 구성할 수 있는 능력이 있다. 기존의 진화 알고리즘과는 다르게 목표가 외부에서 완전히

정의되는 것이 아니라 시스템 내부에서 발생하며, 변화한다. 즉, 로봇 자체뿐만이 아니라 목표도 같이 진화한다. 이를 통하여 인간이라는 복잡한 시스템의 전모를 설계자가 완전히 구성하는 것이 아니라, 기본 틀만을 제공하고 나머지는 환경과의 상호작용을 통하여 자발적으로 습득하도록 한다.

이와 같은 연구는 전 세계적으로 아직 초기단계에 있으며, 몇몇 연구소 및 업체에서 선도적인 역할을 하고 있다.

### 대학 연구소

#### MIT

MIT는 인간형 로봇연구의 중심지로서 인공지능 연구실에 인간형 로봇 그룹을 두고 다양한 인간형 로봇에 대한 연구를 주도하고 있다. MIT가 개

발하여 실험하고 있는 인간형 로봇 중에서 Kismet은 고개 끄덕이기, 눈 맞추기 등과 같은 사회적인 신호를 인식하고 응답하기 위해 눈썹, 눈꺼풀, 귀 그리고 입을 갖추고 있다. Cog는 안구의 순간적인 이동, 부드러운 추적, 머리와 눈의 일치 등과 같은 기능을 수행하는 복잡한 영상 시스템을 갖추고 있으며, 영상자극, 소리 및

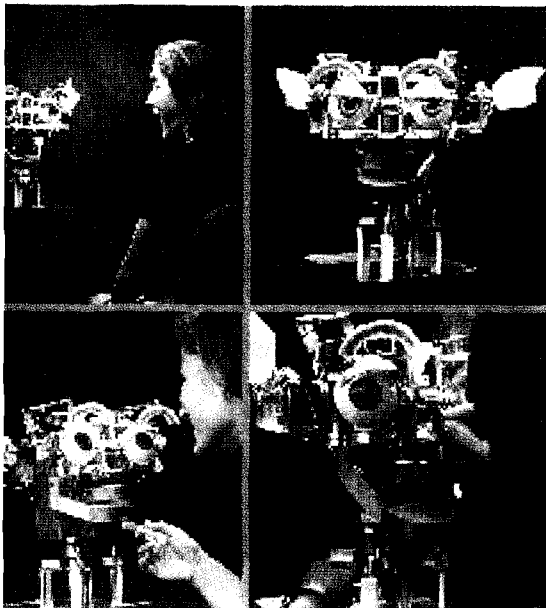
사람의 신체 움직임에 반응한다. MIT는 이외에 Macaco와 Coco를 개발하여 연구에 사용하고 있다.

#### Vanderbilt 대학

Van-derbilt 대학의 지능 시스템 센터에서는 ISAC(Intelligent Soft Arm Control)이라고 불리는 인간형 로봇시스템을 수년간 개발 중이다. 노인이나 지체 부자유자를 위해 지능적이고 다양한 작업을 수행하는 로봇을 목표로 하고 있다. 인간형 로봇의 복잡한 문제들을 다루기 위해 분할된 에이전트가 각각의 기능을 담당하는 다중 에이전트 시스템을 사용하여 하나의 에이전트가 손의 이동을 제어하는 동안 다른 에이전트는 사람과의 상호작용을 담당한다.

#### ATR 연구소

복잡한 인간의 행동을 모방하기 위해 30 자유도의 로봇을 사용하는 국제적인 협동연구를 수행하고 있다. SenSuit이라고 불리는 모션 캡처장비를 이용하여 사람의 어깨, 팔꿈치, 허리, 엉덩이, 무릎, 발목 등의 이동경로를 기록한다. 이 데이터는 사람의 이동을 최적화하고 제한하는 기본 원리를 확인해준다. 궁극적으로 이러한 원리들은 인간형 로봇 설계자가 기본 행동을 사용하고 개발하는 방법을 알려준다. 특정 조인트의 이동을 특징짓는 운동 그래프의 스파이크를 B-spline wavelet를 이용하여 표현한다. B-spline wavelet은 부드럽고 효과적인 이

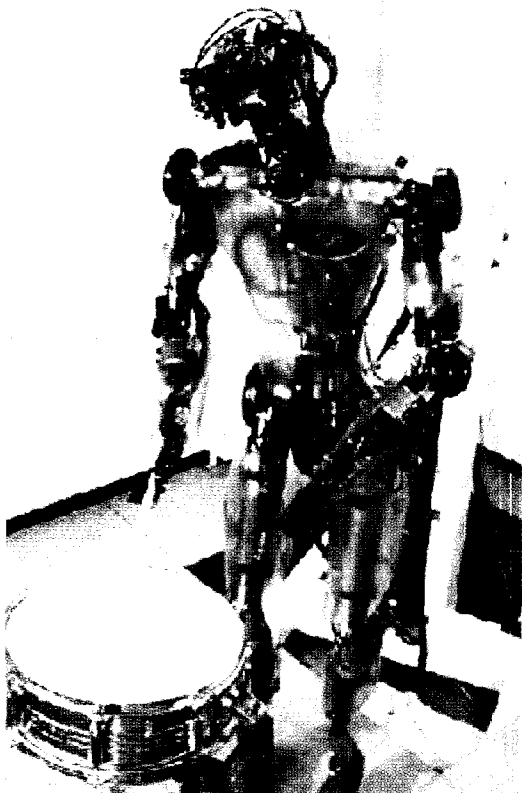


의 다양한 표정

동을 가능하게 한다. ATR연구소는 신경망과 모방학습 기법 등 다양한 학습방법을 통해 인간형 로봇이 사람의 동작을 수행하도록 연구 중이다.

### Tokyo 대학

대화식 학습이라고 불리는 방법을 사용하여 로봇 스스로 발전해 나아갈 수 있는 능력을 부여한다. 베이지안 네트워크를 사용하여 센서 값을 행동과 매핑한 후, 각각의 매핑에 신뢰도를 부여한다. 초기단계에는 신뢰도가 낮기 때문에 로봇은 경쟁적인 행동들 가운데 하나를 결정하기 위해 사람에게 자주 질문을 해야만 한다.



북을 치고 있는 ATR연구소의 DB로봇

실전에서 로봇은 최종적으로 작업을 자율적으로 마무리 지을 때까지 훨씬 적은 간섭을 필요로 한다. 작업이 변경되면, 로봇은 도움을 얻기 위해 다시 질문할 수도 있다.

### Waseda 대학

와세다 대학에서는 사람처럼 말하고 노래하는 기능을 구현하기 위해 사람의 폐기능을 모방한 시스템을 개발하기도 하였고, 플룻을 부는 로봇을 개발하여 실제로 오케스트라와 협연하기도 하였다. 로봇이 공장이나 연구실이 아니라 실제 생활 속에서 사람과 상호작용하는 좋은 예이다. 또한,

일상생활에서 사용될 수 있는 인간-기계 인터페이스를 개발 중이며, 인간형 로봇의 감정 구현과 시각적인 부분을 위하여 환경인식, 인간인식, 감성 인터페이스 등에 대하여 연구하고 있다.

### Sussex 대학

CCNR(Centre for Computational Neuroscience and Robotics)은 영국에 위치한 Sussex 대학의 BIOS(Schools of Biological Sciences)와 COGS(Cognitive and Computing Sciences) 사이에서 연합연구 벤처의 형태로 1996년에 설립되었다. 이 연구소는 생물학과 컴퓨터과학 사이의 연결점을 탐색하는 것이 주요 업무이다. 자연 시스템에서 동물들의 행동생성 방법에

대한 이해와 인공적인 자율 에이전트(로봇)를 위한 제어 시스템의 개발을 위해 인공지능과 신경과학 사이의 쌍방향 아이디어 교환을 중시하고 있다.

### EPFL

EPFL(Swiss Federal Institute of Technology)의 LIG(Computer Graphics Lab)은 연구실은 주로 컴퓨터 애니메이션과 가상 현실에 주력하고 있다. LIG의 연구는 가상세계에서의 가상 인간을 목표로 한다. 몸체와 얼굴 표면을 모델링하고 물리적인 법칙, 인공지능, 행동법칙에 근거하여 움직임을 생성한다. 걷기, 잡기, 움직임을 일치, 충돌 탐지와 인식을 위한 모델을 개발하고 있으며, 의학용 제품을 위해 근육 작동원리에 근거한 더 복잡한 모델에 대해서도 작업 중이다. 또한, 사용자가 가상공간에서 몰입감을 느낄 수 있도록 하는 실시간 상호작용과 가상현실 기술에 대해서도 연구 중이다. 마지막으로, 제스처를 이용한 명령, 대화적인 물체 변형, 공유 가상공간에 대해서도 연구를 진행 중이다.

### 산업계

#### Sony

Sony의 SDR-3로봇은 24개의 조인트를 가지고 있으며, 걷기, 차기, 춤추기와 같은 기본적인 움직임을 수행할 수 있다. 로봇의 키는 500mm(20인치)이며, 두 개의 다리를 가지고 있다. Sony는 로봇이 가정에서 오락용 제품

으로 사용된다는 믿음 아래 로봇 연구를 추진하고 있다. 1999년에는 강아지와 비슷한 Aibo라는 오락용 로봇을 출시하였는데, 250여만 원이라는 고가에도 불구하고 3,000개 한정판매가 20분 만에 마감되는 등 높은 인기를 얻었다. 기존의 로봇에 비해 사용자와의 상호작용을 강화한 결과이다.

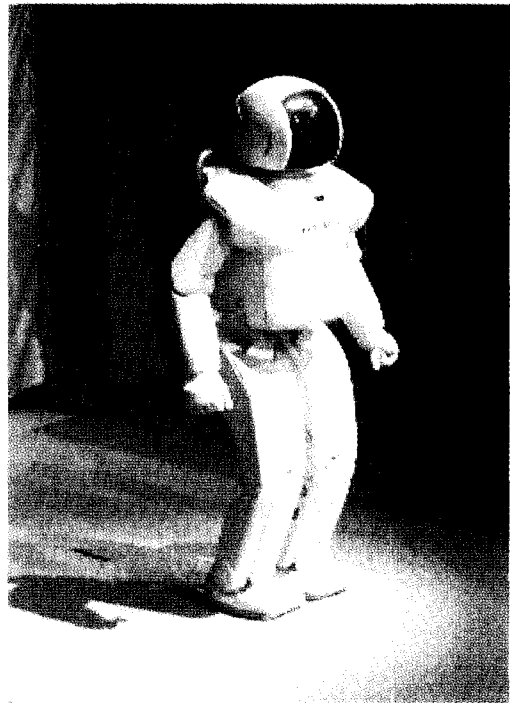
### Honda

1986년에 Honda는 인간형 로봇 연구와 개발 프로그램을 개시했다. 로봇을 개발하는 가장 핵심적인 사항은 '지능'과 '이동성'이었다. Honda는 로봇이 이동성을 통해 새로운 영역을 만들어내고 인간이 하지 못하는 일을 함으로써 인간과 함께 협동하고 공존할 수 있어야 한다는 기본적인 생각을 가지고 출발했다. 하지만 현재는 이러한 특별한 작업을 위해 사용되는 로봇보다는 일상생활에서 사용될 새로운 형태의 로봇을 개발하는 데 역점을 두고 있다.

로봇은 가정용으로 사용될 것을 목표로 설계되었기 때문에 계단을 올라가고 내려갈 수 있어야 하며, 가구가 배치된 방을 이동하

며, 다닐 수 있는 능력이 있어야 했다. 따라서 두 개의 다리를 가지며, 매우 거친 지형에서도 다닐 수 있는 능력을 지니고 있어야 하기 때문에 인간 이동성의 기초가 되는 걷기 기능을 중심으로 로봇개발을 시작했다. P2와 P3로봇이 개발되었으며, ASIMO가 가장 최근에 개발된 인간형 로봇이다.

인간형 로봇은 사회적 기술, 인지적 기술, 자율화 기술, 행동생성 기술 등 복잡한 기술들이 요구되어 21세기의 새로운 부가가치 산업으로 등장할 것이다. 교육, 의료, 산업, 교통, 우주분야에 많은 영향을 줄 것이며, 특히 산업분야에서 기존의 로봇이 하지 못했던 위험한 작업을 인간형 로봇이 대신하여 많은 효과를 얻을 수 있을 것이다. 사람이 직접 하기에는 위험한 철강, 원자력, 조선 등과 같



Honda의 인간형 로봇 ASIMO

은 분야에 적용되어 사람의 수고를 덜 수 있을 뿐만 아니라, 간호나 서비스를 대신할 서비스 로봇이나 인간 친화형 복지로봇에도 이용될 것이다. 앞으로 이를 위한 인간과 로봇의 상호작용을 촉진시킬 인공지능 기술의 적극적인 개발 및 활용이 기대된다.

빗살모양의 평행한 파형의 유로가 어떤 각도로 대칭하여 마주보면서 생선뼈와 같은 형태를 이루고 있는 무늬를 말하고 있으며, 청어뼈 무늬의 전열판

을 위 아래로 엇갈리게 배치하여 열교환기 내의 모든 전열면적에 점접촉을 하여 강도를 크게 향상시킬 수 있으며, 각도의 변화에 따라 판에 형성된 돌기부에서 난류와 와류현상의 이상적인 열교환 및 Scale 생성 방지효과가 있다.