

로봇 지능

스스로 배우고, 알아서 행동하는 '똑똑한' 로봇

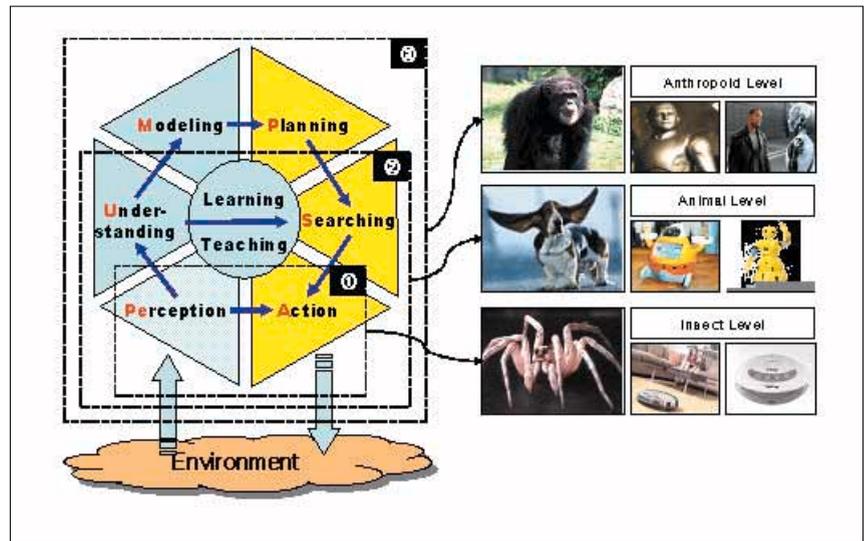
글_ 서일홍 한양대학교 교수 insuh@hanyang.ac.kr

지능 로봇은 산업 현장이나 극한 지역 등에서 미리 입력된 프로그램 또는 인간의 조종으로 단순하고 반복적인 작업을 수행하는 산업용 로봇과는 달리 외부 환경을 스스로 감지하고, 이를 바탕으로 상황을 판단하여 적절한 행동을 할 수 있는 로봇으로서 생활 가사 지원, 교육, 엔터테인먼트 서비스 등과 같이 인간과 공존하며 상호작용이 가능해야 한다.

인간들간의 상호 작용은 연속적이며 사전에 프로그래밍되지 않고, 통제가 어려우며 환경 자체가 동적으로 변한다는 특징이 있다. 이러한 환경에서 로봇이 인간과 상호 작용을 하면서 주어진 임무를 잘 수행하기 위해서는 환경을 인식하고, 이들로부터 얻어진 정보를 토대로 상황을 인지 및 추론하여 상황에 알맞은 동작을 선택할 수 있어야 한다. 또한 사람이 일일이 가르쳐주지 않더라도 학습을 통하여 기술을 습득하고, 지식을 확장시켜가는 '지능'이 반드시 필요하다.

온라인으로 데이터 클러스터링

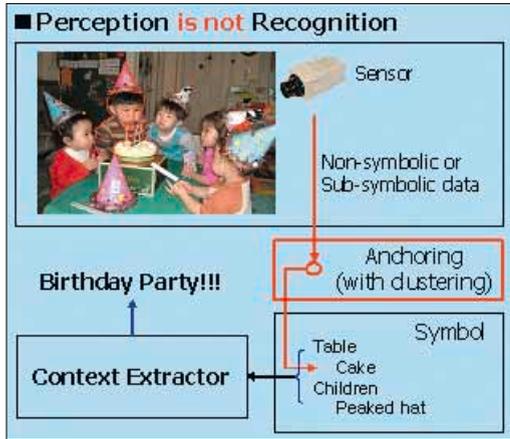
〈그림1〉은 로봇의 지능 시스템을 구성하는 기능을 다이어그램으로 표현하고 생명체를 예로 들어 지능의 수준을 나타낸 것이다. 곤충과 같은 하등 생명체(그림1-



〈그림 1〉 지능 시스템의 구성

①)은 환경의 인식 결과 또는 자극에 대하여 곧바로 반응(행동)을 하는 단순한 구조의 지능을 가지고 있다. 현재 판매되고 있는 청소용 로봇의 지능 수준이 이 정도에 해당한다. 또한, 현재까지 개발된 지능형 로봇들도 하드웨어 측면에서 좀 더 높은 수준의 작업을 할 수 있도록 향상되기는 했지만 지능의 관점에서는 비슷한 수준이라고 할 수 있다. 동물(그림1-②)들은 환경을 단순히 인식만 하는 것이 아니라, 어느 정도 이해도 가능하며 때로는 학습을 통해서 간단한 수준의 새로운 동작을 배우기도 한다. 사람과 같은 고등 생명체(그림1-③)는 상황을 인지, 이해하고 그 상황에서 해야 할 가장 적절한 행동을 자율적으로 선택할 뿐만 아니라 필요에 따라 새로운 동작이나 능력을 자율적인 학습을 통해 습득하는 능력을 갖추고 있다. 따라서 로봇이 인간과 공존하며 주어진 임무 또는 작업에 필요한 행동을 스스로 선택할 수 있으려면 고등 생명체의 인지 및 이해 능력과 행동 선택 및 학습 능력 등과 같은 고수준의 지능을 갖추어야 한다.

인지 및 이해는 객체 또는 장소를 인식한 결과를 바탕으로 상황의 시간적, 공간적 변화 등의 고차원 정보를 추출하는 것이다. 이를 위하여 온톨로지, 베이지언 네트워크 등



〈그림 2〉 인지 및 이해의 예



〈그림 3〉 행동 선택의 특성

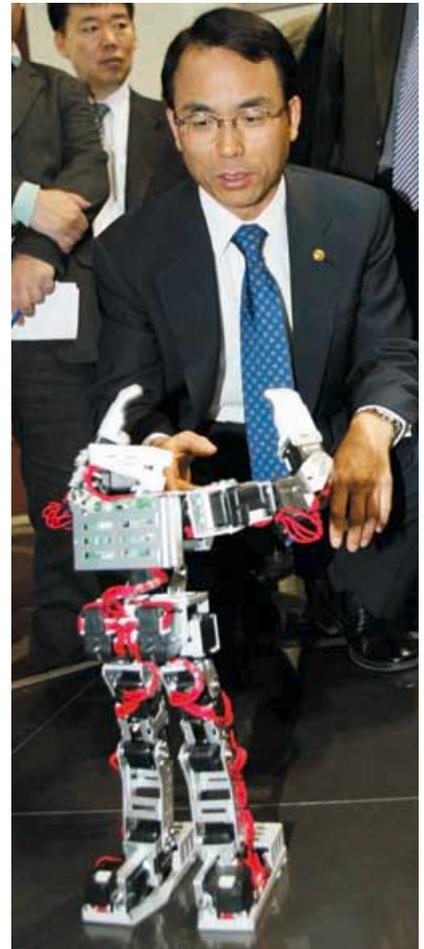
을 이용할 수 있다. 인지는 이미지 데이터에서 구한 비심볼 정보를 상위 수준의 심볼들과 연결해주는 것이고, 이해는 심볼 또는 서브 심볼 정보로부터 논리적인 과정을 거쳐 상황을 추론하는 것이다. 〈그림2〉와 같은 생일 파티를 예로 설명하자면, 이미지로부터 얻어진 물체의 크기, 밝기, 색깔 등의 서브 심볼 정보를 ‘케이크, 테이블, 고깔모자’라는 심볼과 연결해주는 것이 인지 과정이고, 이렇게 인지된 심볼 정보를 입력으로 하여 베이지언 네트워크 등을 이용하여 ‘생일 파티를 하고 있는 것 같다’라고 상황을 추론하는 것이 이해 과정이다. 인지의 모든 단계에서 조금씩 다르게 보이는 비심볼들을 같은 심볼을 나타내도록 그룹화할 수 있어야 한다. 이러한 기술을 ‘클러스터링’이라고 한다.

클러스터링 기술은 지능 로봇이 환경 상태를 학습하는데 있어, 모든 상태를 학습하는데 필요한 시간적, 공간적 제약을 해결하기 위한 기술이다. 대부분의 클러스터링 기술은 인지대상 데이터를 모두 모아놓고 분류하는 방식이기 때문에, 로봇처럼 데이터가 순차적으로 들어오고 들어오는 대로 분류를 해야 하는 경우에는 사용하기가 어렵다. 따라서 온라인으로 데이터를 클러스터링하는 방법이 필요하다.

상황에 따라 수정 가능한 ‘행동 선택 구조’

목이 마르고 동시에 배가 고픈 경우에 어떤 행동을 먼저 해야 하는가? 이와 같이 행동 선택은 여러 가지의 행동 중에서 하나밖에 할 수 없는 경우에 경쟁을 통하여 하나의 행동을 선택하는 기술이다. 이를 위하여, 외부 상태, 내부 상태, 행동 순서(시간), 감정 등의 동기를 입력 변수로 하여 각 행동의 중요도를 계산하는 계산 모델을 만드는 것과, 행동이 일어나야 하는 조건인(입력 값- 선택된 행동)을 기본 단위로 하여 어떤 상황에서 어떤 행동을 하는 것이 좋은지를 표현하고 관리하는 구조를 만들어 로봇이 적절한 행동을 수행하도록 하는 기술이다.

생태학적인 관점에서 행동은 반사, 본능, 학습, 추론 행동으로 나눌 수 있다. 여기서 반사와 본능 행동은 곤충과 같은 하등 생명체의 주된 행동이며, 학습과 추론 행동은 진



정보통신부가 국내 IT기술의 홍보를 위해 개관한 유비쿼터스 전시관을 찾은 진대제 정통부 장관이 지능형 로봇을 시연해 보고 있다.

화된 고등 생명체의 행동이다. 생태학적으로 지능 로봇을 구현한 초기 연구로 아킨이 제안한 ‘스키마구조’와 브룩스의 ‘포용구조’를 들 수 있다. 이들은 ‘감지-계획-행동’의 순서적 절차에 따른 행동 선택 구조의 한계를 극복하기 위하여 동물들의 ‘평행 선택 구조’를 도입하였는데, 로봇이 변화하는 환경에서 임무를 수행하기 위하여 경쟁을 통한 행동 선택이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 평행 선택 구조는 미리 정의된 우선순위에 따라 행동을 중재하기 때문에 행동의 패턴이 매번 일정하다.

이와는 달리, 고등 생명체는 상황이 같다고 하더라도 내부적인 요인에 의하여 행동의 우선순위가 동적으로 바뀌어 보다 지능적인 행동 선택이 가능하도록 한다. 따라서 지능 로봇의 행동 선택 구조는 행동 선택을 위한 조건을 자세하게 기술하고, 환경의 상태에 따라 수정이 가능한 구조여야 한다. 동적인 우선순위를 가지는 행동 선택 구조들은 ‘행동선택’, ‘계산모델’ 등이 있다.

실제 환경에서 행동을 학습하고 주어진 임무를 달성하는 진일보된 행동 선택이 가능하도록 하기 위해서는 복잡한 환경과 시스템을 위한 모델 연구(복잡한 행동을



홈네트워킹서비스로봇 전시 - 삼성동 코엑스에서 관람객들이 청소,엔터테인먼트, 웰빙 기능이 가능한 홈네트워킹 서비스 로봇을 시연하고 있다.

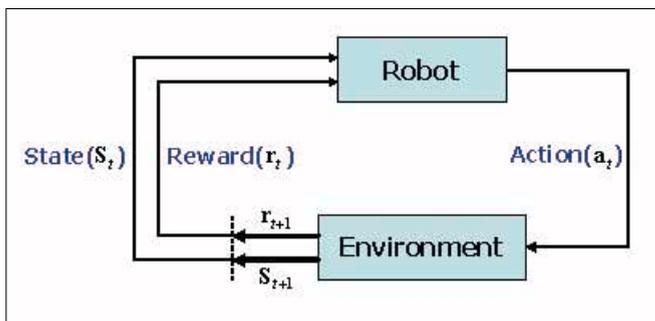
처리하는 방법, 온톨로지 등과 같이 사전에 가지고 있는 지식과 클러스터링을 이용하여 예외 상태를 처리하는 방법)와 행동의 수준을 높이기 위한 연구(감정과 개성을 행동 선택에 연계하는 방법), 그리고 복잡한 지식을 쉽게 프로그래밍하는 방법 등이 연구되어야 한다.

프로그램 되지 않은 행동도 ‘학습’으로 해결

파블로프의 조건반사 실험은 학습의 단적인 예다. “강아지에게 먹이를 줄 때마다 반복해서 종을 울리면(자극) 나중에 는 종만 울려도 침을 흘린다(행동)”는 이 실험은 자극에 대해 행동을 연관시키는 학습 과정을 잘 표현해주고 있다. 이와 같이 학습은 경쟁의 대상이 되는 행동들과 선택 조건들을 찾는 것과 더불어 목표를 이루기 위한 행동들간의 시간적인 순서 관계를 찾는 기술이다. 또한 행동 선택에 사용되는 선택 조건들의 중요도를 조정하는 역할도 한다.

로봇이 부족한 환경 모델과 초기에 프로그램 되지 않은 행동을 학습을 통해 해결하려는 연구가 많이 시도되고 있으며, 여기에는 신경망과 강화 학습 이론 등이 이용되고 있다.

실제 로봇이 존재하는 공간에서 환경을 정확하게 모델링하기 위해서는 상태 공간을 조밀하게 나누는 것이 좋다. 그렇지만 조밀하게 나누게 되면 공간의 크기가 커지게 된다. 이 때, 공간의 일부가 조금만 달라져도 다른 자극으로 인식할 수 있다. 따라서 너무 조밀하게 상태 공간을 나누면 많은 학습이 필요하게 된다. 인간의 경우에는 주위 환경이 바뀌더라도 관심



〈그림 4〉 강화 학습 방법

있는 부분에 변화가 없으면 같은 상태로 인식하는데 이를 ‘어텐션’이라고 하고, 클러스터링 기술과 더불어 학습에 꼭 필요한 개념이다.

한편, 적은 메모리의 사용과 학습 속도의 개선을 위하여 ‘기능 근사’ 등의 연구가 진행되었다. ‘기능 근사’는 로봇이 상태 공간에서 사전에 얻은 일부 데이터를 이용하여 근사화를 통해 전체 상태 공간을 일반화하는 방법이다. 이러한 방법들은 데이터의 직접적인 선형 조합이나 신경망을 통한 결과의 조합으로 기능을 결정하는데, 문제점으로는 근사화 오차가 크다는 것이다.

지능 로봇이 실제 환경에서 동



현대중공업, 산업용 로봇 - 현대중공업이 기아자동차 슬로바키아법인에 공급할 산업용 로봇 'HX200'.

작하기 위해서는 학습 속도도 고려되어야 할 중요한 요소로서 기존의 상태-행동의 연관관계를 목적이 같은 경우에 다른 학습에 이용하도록 하는 지식 전파 등이 연구되어야 한다.

미래의 로봇은 인간의 일상 생활 속에서 인간과 함께 공존하는 인간 지향적 로봇이 될 것이다. 최근 들어 아시모를 필두로 큐리오, 휴보, 마루와 아라 등과 같이 국내·외적으로 인간을 닮은 휴머노이드 로봇들이 많이 발표되고 있다. 특히, 소니사의 큐리오의 공을 집어 들어야 하는지 알 수 있는 상황인지를 판단하여 행동하는 능력까지 선보였지만 다양한 상황에서 임무를 수행할 만큼의 지능 수준은 아닌 것으로 보인다. 현재 로봇의 연구는 아직까지는 메커니즘 설계, 안정적인 보행 및 물체를 다루는 기술 등과 같이 지능보다는 로봇 자체의 기능 향상에 더 집중하고 있는 것이 현실이다.

로봇 지능을 구성하는 각각의 분야별로는 국내·외적으로 연구중이나, 로봇 지능 전체를 아우르는 괄목할 만한 연구결과는 앞으로 시간이 더 지나야 얻어질 것으로 예상된다. 현재 정부 부처에서도 지능 로봇의 중요성을 알고 적극적으로 투자를 하고 있으나, 단기간의 연구 투자보다는 좀 더 장기적인 관점에서 지능과 관련한 여러 기술 개발에 보다 더 구체적인 관심과 꾸준한 관심이 필요할 것이다. **ST**



로봇 이용 인공관절 수술 - 500회의 수술을 성공적으로 실시한 경기도 수원 정형외과 전문병원인 수원 이춘택병원의 로봇 외과의 로보닥(Robodoc)의 시술 장면



글쓴이는 KAIST에서 박사학위를 받은 후, 미국 University of Michigan CRIM 연구소 방문 교수를 지냈다. 현재 한국로봇공학회 학술담당 부회장, 대한전자공학회 SC부문 부회장, 한양대학교 정보통신대학장을 겸임하고 있다.