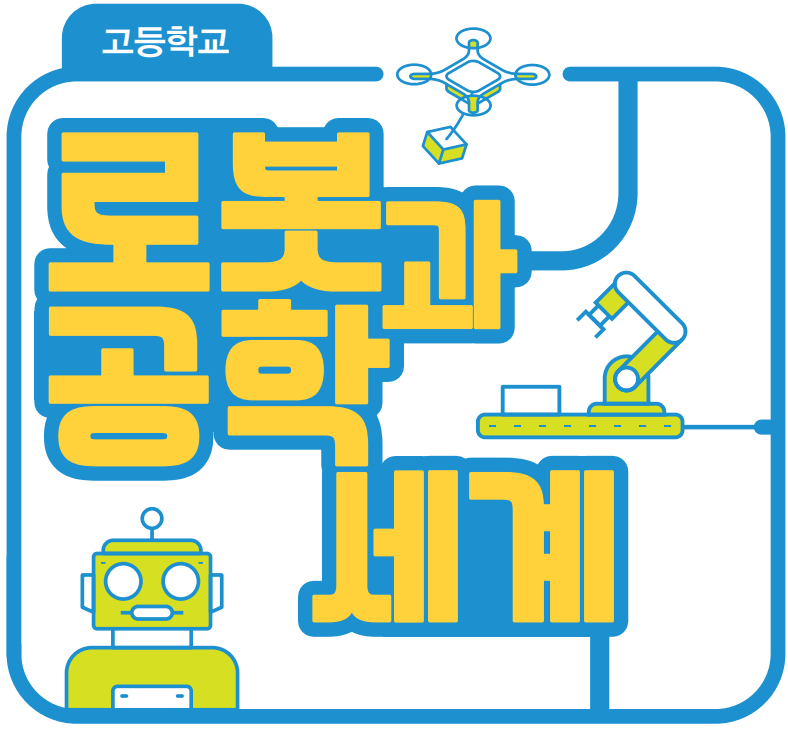
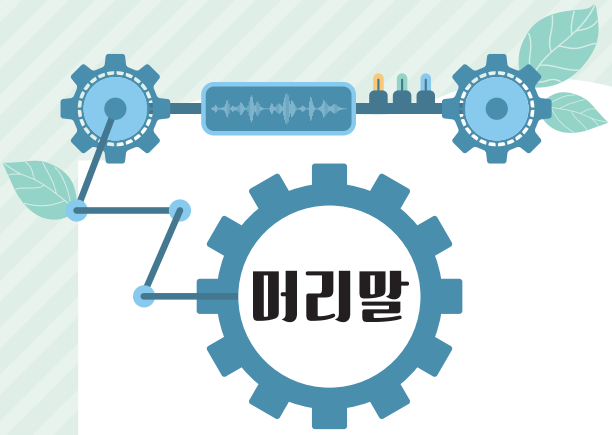
고등학교



(주) 삼양미디어



머리말

2022 개정 교육과정에서 새롭게 신설된 '로봇과 공학세계'는 고등학교 학생들이 로봇 기술과 공학에 대한 깊이 있는 이해와 실질적인 프로젝트 경험을 쌓을 수 있도록 설계된 과목입니다. 이 과목은 학생들에게 로봇의 구조와 원리를 이해하게 하고, 로봇을 활용한 다양한 공학적 문제를 해결하는 방법을 가르칩니다. 또한, 로봇 기술을 통해 학생들이 공학의 여러 분야를 탐색하고 자신의 진로를 고민해 볼 수 있는 기회를 제공합니다.

우리는 로봇이라는 기술이 단순한 기계를 넘어서 어떻게 인간의 생활을 변화시키고, 산업과 사회에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는지를 탐구할 것입니다. 로봇 기술은 제조, 건설, 생명, 환경, 에너지, 수송, 정보 통신 및 인공지능 기술 등 다양한 분야에서 중요한 역할을 하며, 이 과목을 통해 그 활용 사례들을 직접 학습하게 됩니다.

교육 과정의 주된 목표는 로봇의 공학적 이해와 로봇을 통한 다양한 공학 분야의 탐색입니다. 로봇의 기본 구조와 원리를 배우고, 로봇 공학 프로젝트를 통해 직접 로봇을 설계하고 제작해 보면서, 이론과 실제의 연결을 경험하게 됩니다. 이 과정에서 여러분은 문제를 인식하고 해결책을 찾으며, 창의적이고 비판적인 사고를 발전시킬 수 있습니다.

또한, 이 교과는 로봇 기술의 발전과 함께 성장하는 여러분들에게 로봇과 관련된 진로를 탐색하고, 미래의 공학자로서의 역량을 키우는 데 중점을 두고 있습니다. 우리는 여러분이 로봇과 공학 기술에 대한 열정을 발견하고, 자신만의 길을 모색하는 데 이 교과가 도움이 되기를 바랍니다.

교과서는 세 부분으로 구성되어 있습니다.

첫 번째 부분인 **'로봇의 이해'**에서는 로봇의 기본 구조, 작동 원리, 활용 사례, 그리고 로봇과 인공지능 윤리에 대해 배우게 됩니다. 이는 학생들이 로봇 기술에 대한 기초 지식을 탄탄하게 다질 수 있는 기반을 마련해 줍니다.

두 번째 부분인 **'공학세계와 로봇의 활용'**에서는 제조, 건설, 생명 및 환경 분야, 에너지 및 수송 분야, 정보 통신 및 인공지능 기술 분야 등 다양한 공학 분야에 대한 이해를 바탕으로 각 공학 분야에서 로봇이 어떻게 활용되고 있는지를 탐구합니다. 이 단원은 다양한 공학 분야의 진로를 로봇과 함께 탐색할 수 있는 진로 탐색 활동을 포함하고 있어, 학생들이 자신의 적성과 흥미에 맞는 진로를 찾아볼 수 있습니다.



세 번째 부분인 **'로봇 공학 프로젝트'**에서는 '로봇의 이해', '공학세계와 로봇의 활용'에서 학습한 내용을 바탕으로 실제 로봇을 설계하고 제작하는 프로젝트를 수행합니다. 이 과정은 디자인 씽킹 프로세스에 따라 진행되며, 학생들이 창의적 문제 해결 능력을 개발하고, 실제로 적용해 볼 수 있는 활동지 형태로 제공됩니다. 이를 통해 학생들은 이론과 실제의 연결을 직접적으로 경험하게 됩니다. 특히 Tip, 주의 등을 표시하여 활동 중에 도움을 줄 수 있는 부분을 추가하였습니다. 프로젝트를 수행하는 과정을 매우 상세하게 제시함으로써 프로젝트 활동을 처음 경험하는 학생들도 교과서를 따라가다 보면 프로젝트가 완성될 수 있도록 안내하고 있습니다.

> "교과서는 각 단원별로 '생각 열기'로 시작하여 학생들의 동기를 유발하고,
> '잠깐 해보기'에서는 학생이 주도적으로 학습한 내용을 바탕으로 활동해 볼 수 있도록 구성하였으며,
> 각 영역별로 '지식 스트레칭'과 '용어 돋보기', 그리고 '스마트 씽킹'을 통해
> 추가적인 학습 자료와 디지털 기기로 탐색해 볼 수 있는 주제를 제공합니다."

로봇과 함께하는 이 여정에서 여러분은 기술의 가능성을 탐색하고, 새로운 아이디어를 실현할 수 있는 능력을 개발하게 될 것입니다. 항상 호기심을 갖고 도전적인 문제에 맞서며, 친구들과 협력하여 더 큰 성과를 이루어 나가길 바랍니다. 로봇 공학의 세계가 여러분의 창의력과 혁신을 기다리고 있습니다. 자, 이제 공학과 함께하는 여러분의 미래를 향한 첫걸음을 내디뎌 보세요! 그 행복한 걸음걸음에 '로봇과 공학세계' 교과서가 함께 하겠습니다.

- 저자 일동 -

구성과 특징

도입





대단원 도입

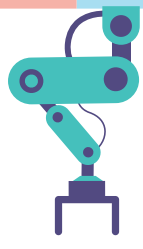
대단원의 핵심 아이디어와 소단원별 내용 요소를 교육과정에 준하여 소개합니다.

소단원 도입

❶ 이 단원을 배우고 나면 소단원의 학습 목표를 제시합니다.

❷ 생각 열기 학습 동기를 부여하기 위해 학습할 내용과 관련된 재미있는 상황이나 사례, 사진 등을 제시합니다.

마무리

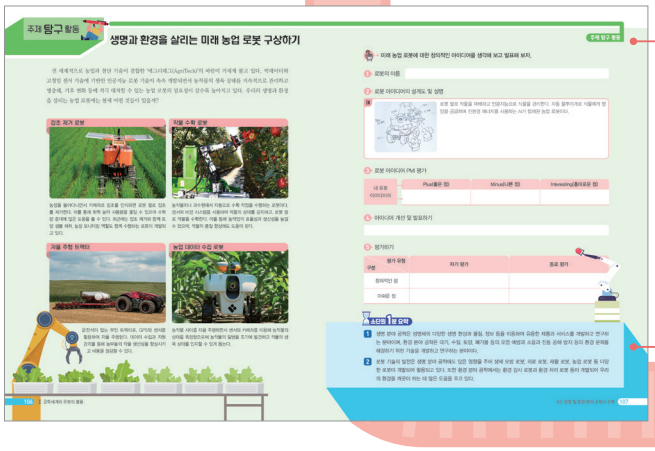


로봇과 공학 세상 읽기

읽을거리

로봇과 공학 세상 읽기/읽을거리

해당 단원의 이해에 도움이 되고 학생들의 흥미를 끌 수 있는 내용을 풍부한 자료와 함께 제시하여 읽는 재미를 주고 쉬어가는 역할을 할 수 있게 구성하였습니다.



주제 탐구 활동

탐구 및 실천 활동을 통해 소단원에서 배운 내용을 종합적으로 복습하며 이해를 높이고, 사고를 확장할 수 있게 구성하였습니다.

소단원 1분 요약

마지막에는 [소단원 1분 요약]을 통해 한 번 더 소단원 내용을 정리합니다.

본문

학습 목표에서 제시한 내용의 핵심 개념과 이론을 학습합니다.

잠깐 해보기

잠깐 해보기

간단한 활동 등을 통해 주요 내용을 재확인하면서 심화 학습할 수 있게 구성하였습니다. 태블릿 등의 스마트 기기를 활용하면 더 좋은 활동은 [스마트 기기 활용] 표시가 되어 있습니다.

전개

지식 스트레칭

지식 스트레칭

본문과 관련하여 보충 및 심화 학습할 내용을 소개합니다.

용어 돋보기

용어 돋보기

본문에 나오는 생소한 용어들의 뜻을 자세히 알아봅니다.

스스로 검색하기

교과서에선 자세히 소개하지 않았지만, 더 알아두면 유용할 관련 내용을 스스로 검색하여 알아볼 수 있게 키워드를 제시하였습니다.

스마트 씽킹

스마트 씽킹

본문 내용 중 좀 더 생각해 보면 좋을 내용이나 수업 중 간단히 활동으로 하면 좋을 질문을 제시합니다.

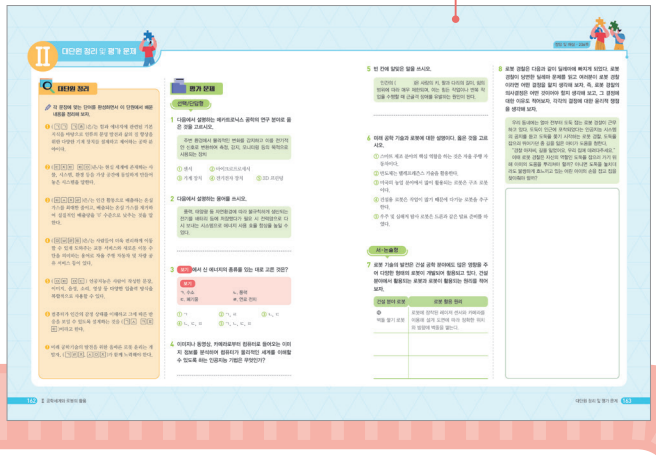
문제 해결 역량 키우기

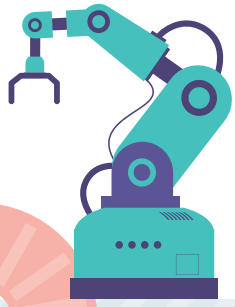
실생활에 적용하거나 창의적 생각을 할 수 있는 다양한 자료(논술, 신문, 책 등)를 제공하여 생각의 깊이가 한 걸음 더 나아갈 수 있게 구성하였습니다.

대단원 정리 및 평가 문제

대단원 마지막에는 초성 퀴즈와 평가 문제를 통해 대단원에서 배운 내용을 정리할 수 있게 하였습니다.







차례

I 로봇의 이해



01 로봇의 개념
1 로봇의 의미 ····· 12
2 로봇의 공학적 특성 ····· 14
3 로봇의 구성 ····· 16

02 로봇의 작동 원리
1 로봇 구성 요소의 기초 ····· 22
2 로봇 하드웨어와 소프트웨어 ····· 24
3 간단한 로봇 제작(로봇 팔) ····· 35

03 생활 속 로봇의 활용
1 로봇의 활용 분야 ····· 48
2 로봇의 활용 사례 ····· 51

04 인공지능과 로봇 윤리
1 인공지능 기술의 이해 ····· 58
2 인공지능 로봇의 특징 ····· 60
3 인공지능 로봇과 윤리 ····· 61

대단원 정리 및 평가 문제 ····· 68

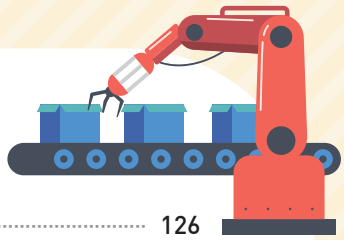
II 공학세계와 로봇의 활용

01 제조 분야 공학과 로봇
1 제조 분야 공학의 이해 ····· 74
2 제조 분야 공학 로봇 활용 ····· 80

02 건설 분야 공학과 로봇
1 건설 분야 공학의 이해 ····· 88
2 건설 분야 공학 로봇 활용 ····· 92

03 생명 및 환경 분야 공학과 로봇
1 생명 및 환경 분야 공학의 이해 ····· 100
2 생명 및 환경 분야 공학 로봇 활용 ····· 104

04 에너지 및 수송 분야 공학과 로봇
1 에너지 및 수송 분야 공학의 이해 ····· 112
2 에너지 및 수송 분야 공학 로봇 활용 ····· 118



05 정보 통신 및 인공지능 기술 분야 공학과 로봇
1 정보 통신 및 인공지능 기술 분야 공학의 이해 126
2 정보 통신 및 인공지능 기술 분야 공학 로봇 활용 132

06 기타 공학 분야와 로봇
1 기타 공학의 세계 140
2 인간 공학 및 감성 공학 로봇 활용 146

07 공학 기술과 로봇의 발전
1 공학 기술과 로봇의 발전 방향 154
2 공학 기술과 로봇 윤리 156

대단원 정리 및 평가 문제 162

III

로봇 공학 프로젝트

01 문제의 확인과 정의
1 사용자 공감과 문제의 정의 168
2 아이디어 탐색 170

02 로봇 제작을 위한 정보 탐색
1 하드웨어 구성을 위한 기본 정보의 수집 및 탐색 174
2 로봇 제어를 위한 소프트웨어 정보 탐색 179

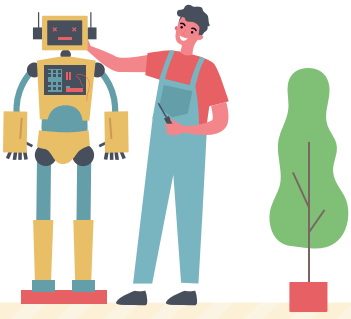
03 소프트웨어 알고리즘 구상
1 문제 해결을 위한 알고리즘의 이해 182
2 로봇 제작을 위한 제어 원리와 메커니즘의 이해 185

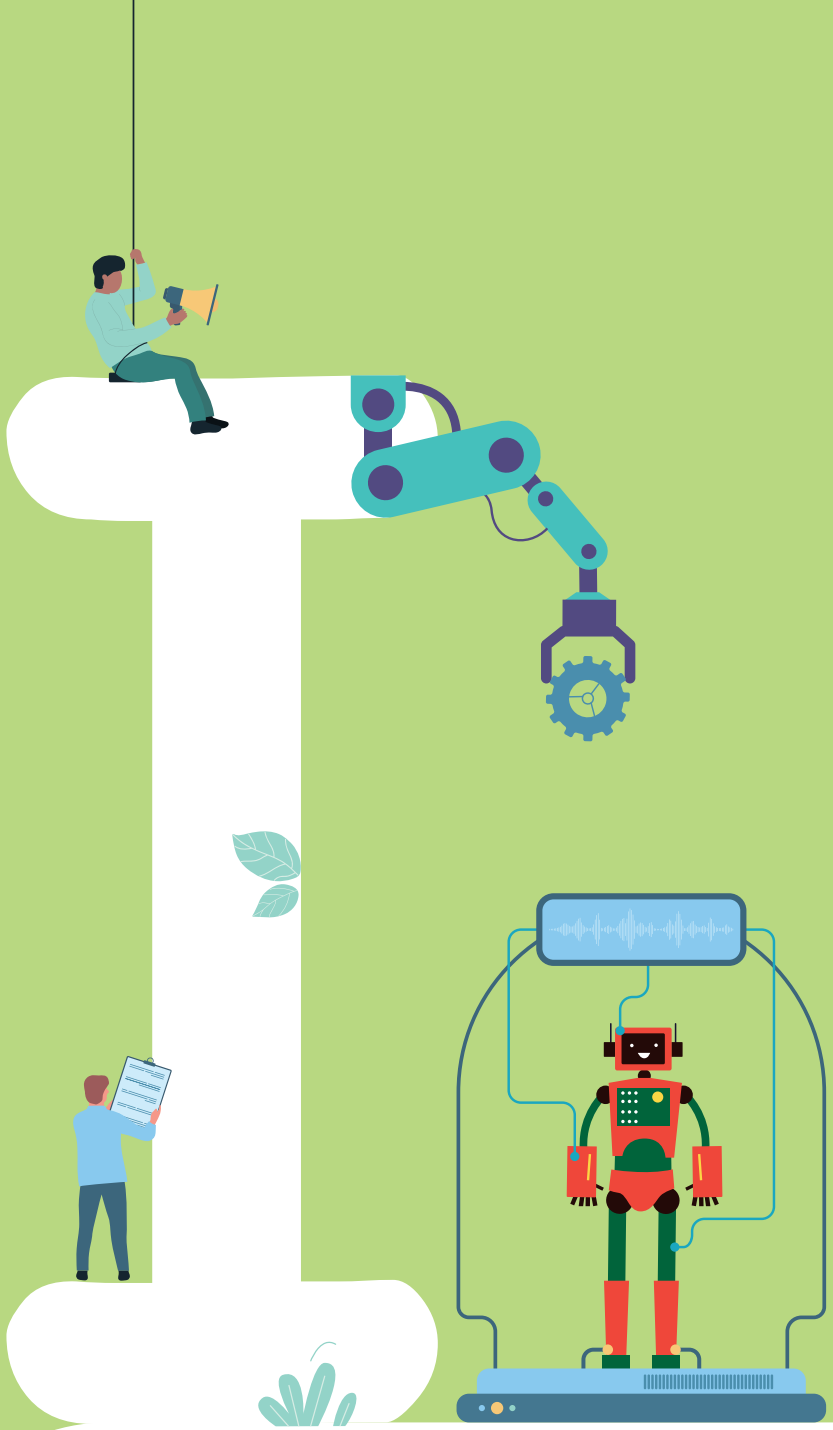
04 로봇 제작
1 로봇 공학 프로젝트 문제 해결을 위한 대안 선정 192
2 대안 선정에 따른 아이디어 설계 194
3 로봇 제작 195

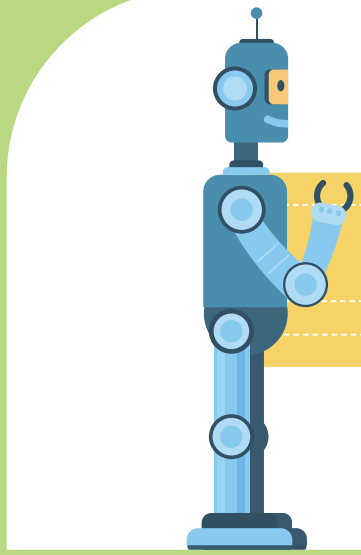
05 평가 및 개선
1 프로젝트 평가 214
2 로봇 프로젝트 개선 216

06 시연 및 공유
1 프로젝트 결과 시연 220
2 프로젝트 수행 과정 공유 224

대단원 마무리 활동 230







01 | 로봇의 개념

02 | 로봇의 작동 원리

03 | 생활 속 로봇의 활용

04 | 인공지능과 로봇 윤리

로봇의 이해

이 단원의 핵심 아이디어

- 로봇은 하드웨어와 소프트웨어로 구성되어 작동하며 다양한 공학의 융·복합적 특성을 가진다.
- 인간은 로봇 개발과 활용의 주체로서 다양한 분야에 로봇을 이용하고 있으며, 바람직한 윤리 의식을 바탕으로 로봇을 연구·개발·활용해야 한다.



+ 융합 공학으로서의 로봇 원리 탐구하기
+ 로봇 구성 및 하드웨어 제작하기 + 로봇 소프트웨어 탐구하기
+ 로봇 소프트웨어로 하드웨어 제어하기
+ 생활 속의 로봇 활용 분야 탐구하기
+ 로봇 윤리 탐구하기

- **로봇에 대한 가치와 인식**
- **로봇 및 공학에 대한 흥미와 도전**
- **로봇의 개발과 활용에 대한 긍정적 사고**
- **로봇 개발, 활용에 대한 바람직한 윤리 의식**

01 로봇의 개념

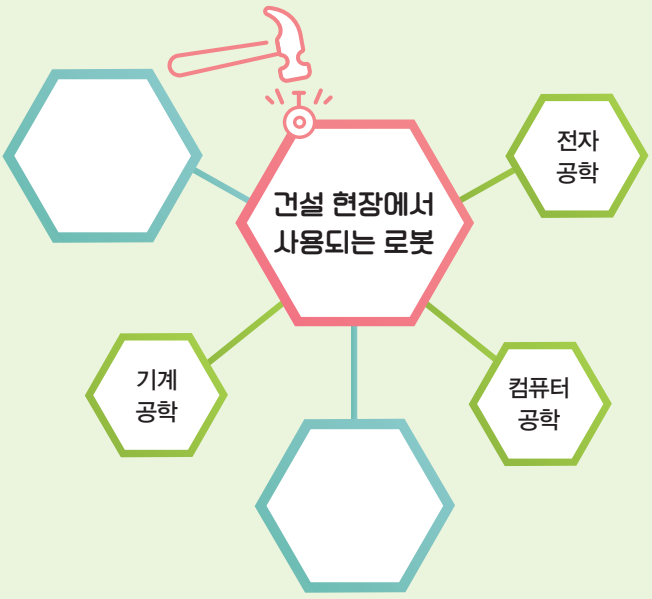
이 단원을 배우고 나면

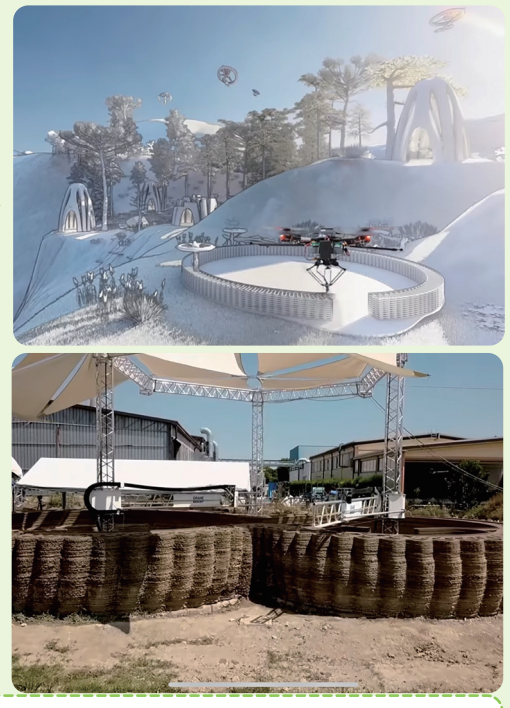
- 로봇의 공학적 특성과 구성을 설명할 수 있다.
- 융합 공학으로서의 로봇을 탐구하여 로봇의 가치를 설명할 수 있다.

생각 열기 다양한 로봇을 개발하기 위해 어떤 공학자들이 함께 했을까?

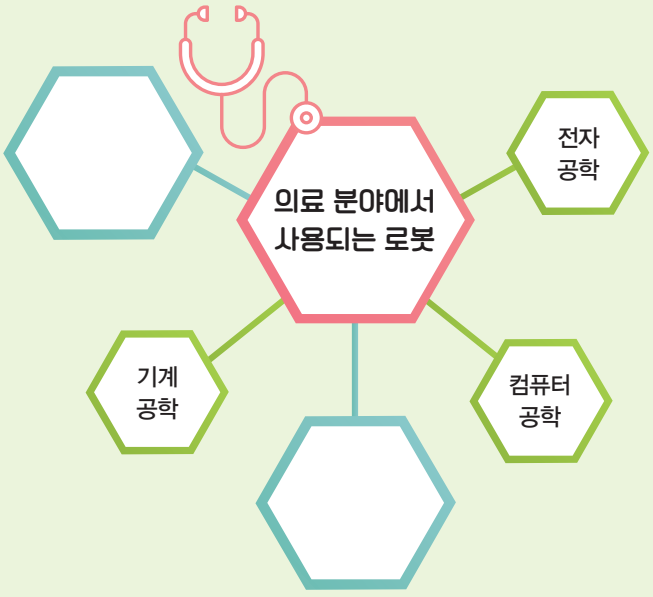
로봇 개발에는 전통적인 공학 분야의 전문가들, 즉 기계 공학자, 전자 공학자, 컴퓨터 공학자들이 참여한다. 하지만, 최근에는 로봇이 활용되는 분야가 넓어지면서 더욱 다양한 공학의 전문가들이 함께 하고 있다.

다음은 다양한 분야에서 활용되는 로봇들이다. 각각의 로봇을 개발하기 위해 전통적인 공학 분야 외에 더 필요한 공학 분야를 생각해 보고 비어 있는 곳에 적어 보자.





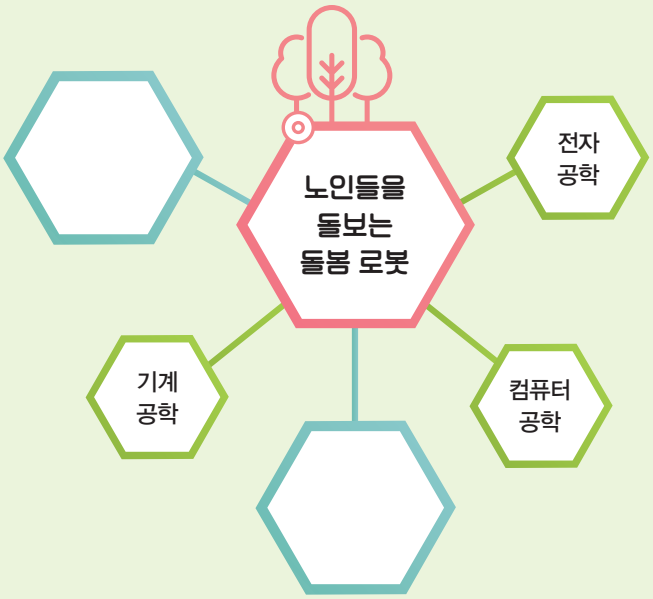
사람이 쉽게 접근할 수 없는 지역에서 로봇이 건설을 하거나, 3D 프린팅을 통해 다양한 모양의 건물이 만들어지기도 한다.







의료 로봇 분야에 인공지능 기술이 접목됨으로써 기존 수술 로봇의 성능이 더 좋아졌으며, 각종 의료 업무를 도와주는 로봇 덕에 의료인들은 환자에 더욱 집중할 수 있게 되었다.





고령 사회로 접어든 우리나라에서는 다양한 기능을 통해 노인의 일상생활과 위급 상황에 함께 할 수 있는 노인 돌봄 로봇이 각 지자체를 중심으로 활발하게 활용되고 있다.

앞서 본 예시처럼 우리 주변에서도 다양한 공학의 전문가들이 개발에 참여했을 것이라 생각되는 로봇을 찾아 보자.

1 로봇의 의미

인류는 현재의 불편한 점을 최소화하기 위해 다양한 도구나 장치를 만들고 개선해 왔다. 1950년대 최초의 산업용 로봇이 개발된 이후, 로봇은 현대 사회의 일상과 산업에 필수적인 요소가 되었다.

로봇은 일반적으로 외부 환경을 인식하고 프로그램에 따라 판단하여 인간의 도움 없이 스스로 움직이면서 작업하는 기계 장치라고 할 수 있다.

과거에는 로봇이 사람을 대신하는 노동자라는 이미지가 강했기 때문에 주로 산업용으로 활용되었으나, 최근에는 인공지능 기술이 발달되면서 음식을 서빙하는 로봇, 공항 또는 건물에서 길을 안내하는 로봇, 배달을 하는 자율 주행 로봇 등 일상생활 곳곳에서도 쉽게 로봇을 활용하게 되었다. 주어진 작업만을 꾸준하게 했던 기존의 산업용 로봇과는 달리 상황에 따라 스스로 생각하고 판단하여 자율적으로 움직이는 지능형 로봇으로 발전하고 있는 것이다. 즉, 과거의 로봇은 인간의 노동력을 대체하면서 생산성을 향상시키는 산업용으로 국한되었지만, 이제는 인간과 협업하고 교감하는 등 인간의 삶과 함께하는 서비스 로봇으로 점차 확대되고 있다.

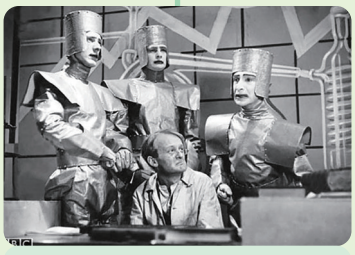
로봇의 역사

기원전 3세기



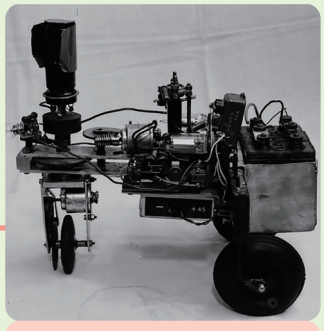
자동 하인
(Automatic Servant)
로봇 개념의 시초라고 볼 수 있으며, 기원전 3세기 필론(Philon)에 의해 만들어짐

1920년



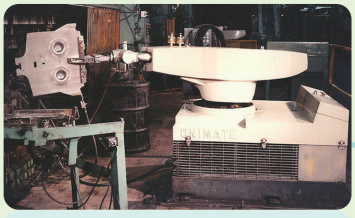
R.U.R
(Rossum's Universal Robots)
로봇이라는 용어가 처음 등장한 희곡(연극)

1948년



ELSIE 로봇
최초의 자율 주행 로봇

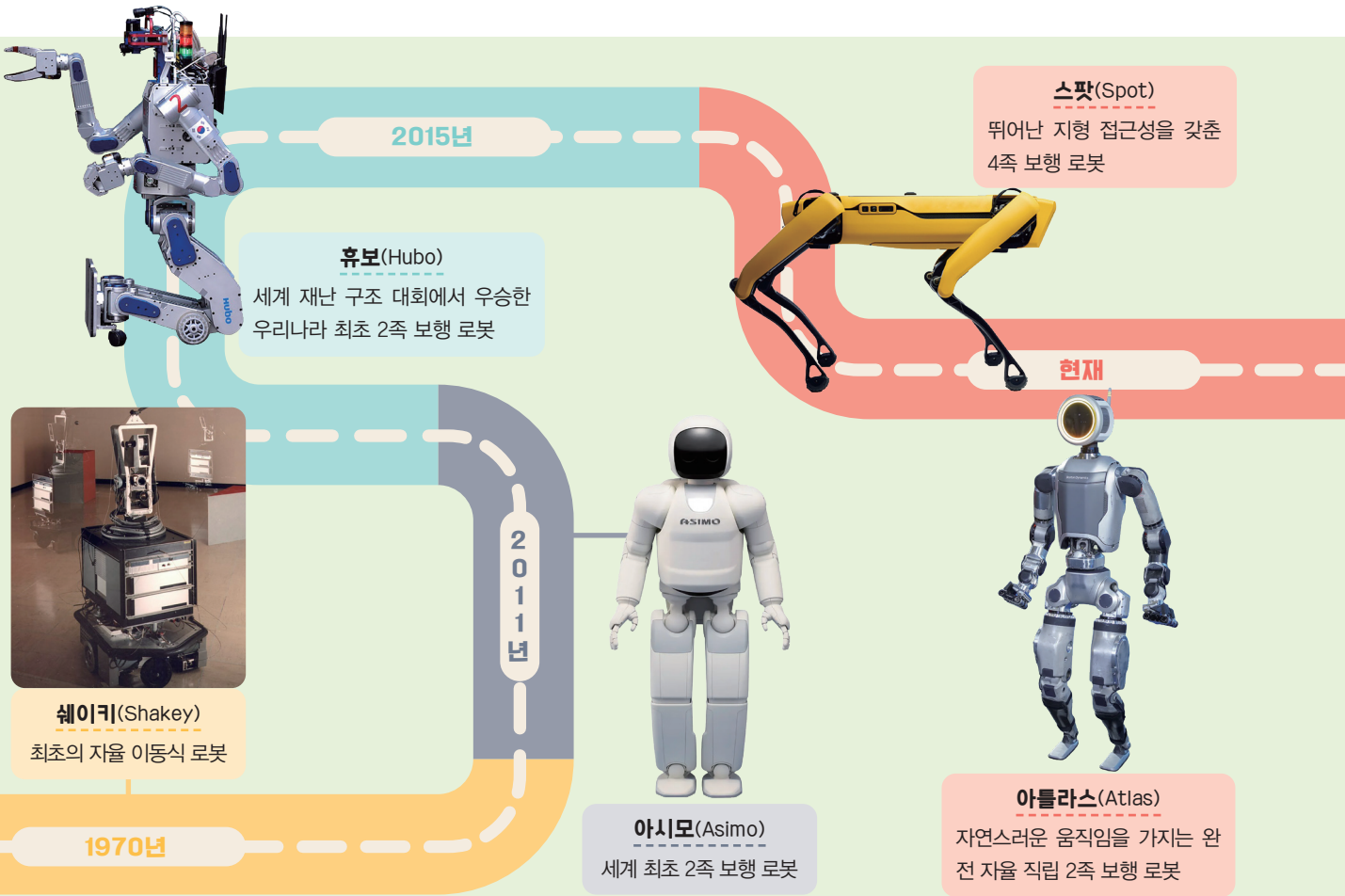
1954년



유니메이트(Unimate)
최초의 산업용 로봇



▲ 그림 I-1 로봇 의미의 변화



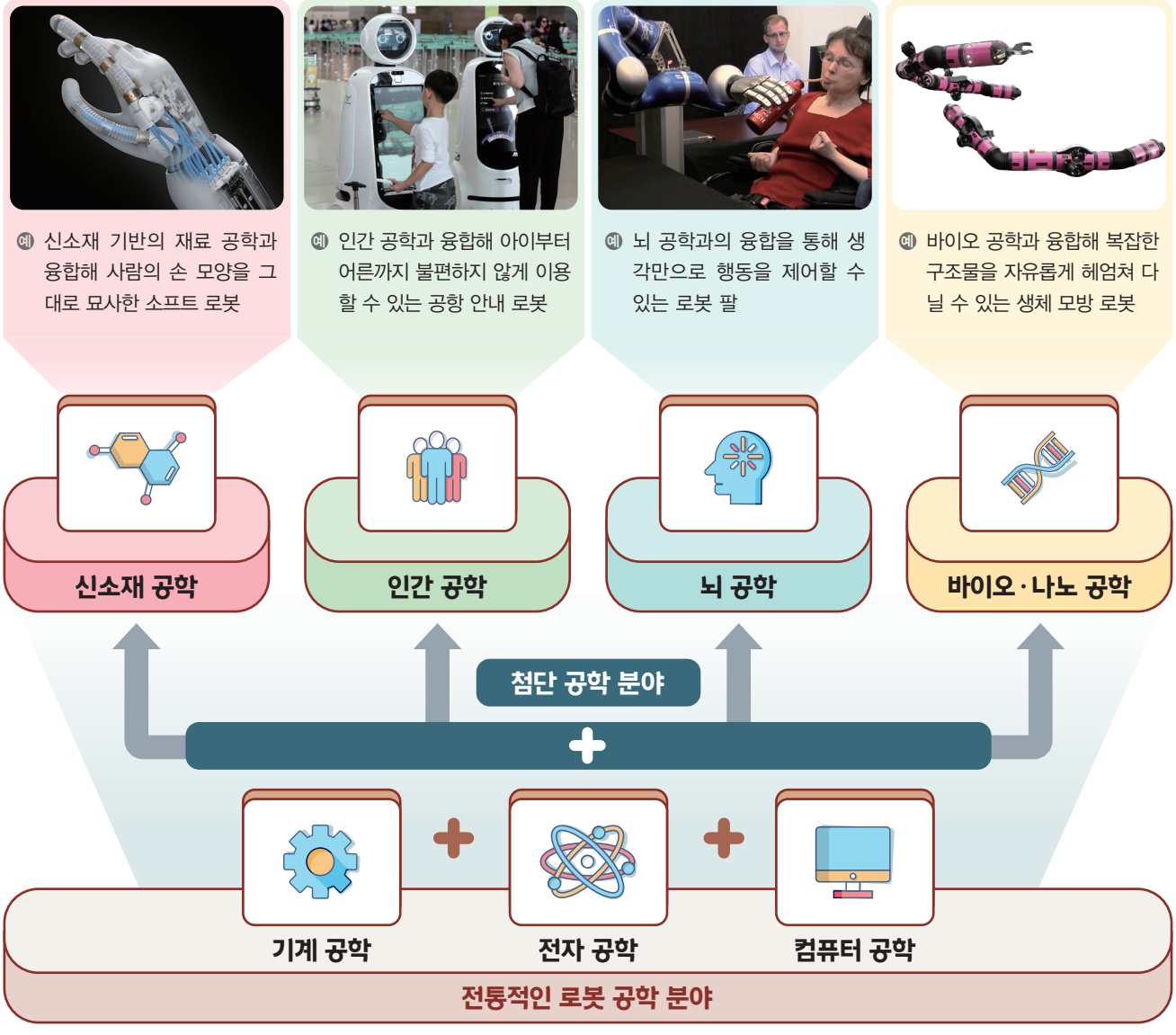
2 로봇의 공학적 특성

로봇은 메카트로닉스* 개념이 포함된 기술로, 다양한 공학 분야를 융합하고 있다. 대표적으로는 로봇의 동작과 역학적 운동을 담당하는 기계 공학, 로봇의 센서나 회로를 구성하는 전자 공학, 각종 명령을 제어할 수 있도록 소프트웨어를 개발하는 컴퓨터 공학 등이 융합한다.

최근에는 신소재 공학, 인간 공학, 뇌 공학, 바이오 · 나노 공학 등 첨단 기술과의 융합이 가속화되면서 지능형 로봇은 다양한 분야로 더욱 빠르게 확장 · 발전하고 있다. 또한, 전통적으로 로봇의 한 분야로 자리 잡고 있는 5세대, 6세대 이동통신과 인공지능 기술이 융합되면서 로봇 산업은 비약적인 발전을 이어가고 있다.

용어 돋보기

* **메카트로닉스** 기계 공학(Mechanics)과 전자 공학(Electronics)의 합성어로, 융합 학문적인 성격을 가지고 있어 여러 분야에 활용되며 기전 공학이라고 번역되기도 한다.



▲ 그림 I-2 융합 공학으로서의 로봇

잠깐 해보기 바이오 메카트로닉스와 로봇의 융합, 융합 공학의 세계 알아보기

로봇 공학은 대표적인 융합 공학으로, 다양한 산업 및 응용 분야에서 혁신적인 해법을 제공한다. 이 분야에서 가장 흥미로운 발전 중 하나는 바이오 메카트로닉스와의 융합이다. 바이오 메카트로닉스는 생물학과 엔지니어링이 융합된 학문으로, 기계 시스템과 전자 시스템, 그리고 생물학적 시스템 간의 상호 작용을 연구하는 분야다. 바이오 메카트로닉스는 인간 및 동물의 운동, 구조, 기능을 모방해 로봇 시스템에 적용함으로써 혁신적인 로봇 시스템의 개발을 가능하게 한다.

- **아래에서 제시하는 바이오 메카트로닉스와 로봇의 융합 사례를 보고, 이외에 또 다른 사례는 없는지 조사해 보자.**

생체 모방 로봇

동물이나 인간의 움직임 및 기능을 연구하여 로봇 시스템에 적용한다. 예를 들면 새의 날개 움직임을 모방하여 드론의 안정성과 효율성을 향상하기도 하고, 인간의 관절 구조와 움직임을 모방하여 보행 로봇 및 보조 장치의 개발에 중요한 역할을 하기도 한다.



▲ 새의 날개를 모방한 로봇

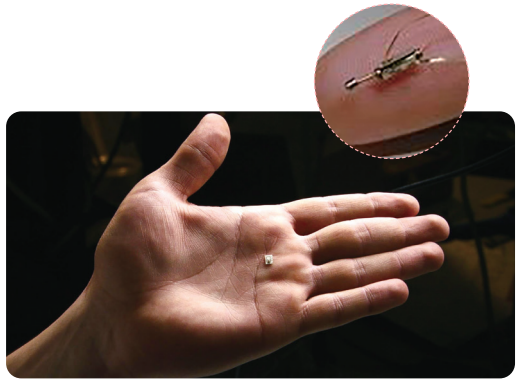


▲ 인간 관절 구조의 움직임을 모방한 로봇

- 생체 모방 로봇에 또 어떤 것이 있을까?

의료 로봇

정밀한 수술을 수행하고 환자를 보조하며 의료 진단 및 치료 시스템을 개발하는 데 활용된다. 예를 들어 나노 로봇은 혈관 속을 청소하고 인체에 침입해 들어온 바이러스를 제거하거나 암세포를 찾아 약물을 전달하여 제거하는 기능을 한다. 이처럼 의료 로봇은 의사와 환자 모두에게 중요한 역할을 하고 있다.



▲ 혈관 속을 다니는 나노 로봇

- 의료 로봇에 또 어떤 것이 있을까?

3 로봇의 구성

로봇은 기본적으로 하드웨어와 소프트웨어로 구성되어 있다. 하드웨어는 로봇을 물리적으로 만드는 부품들을 말하고, 소프트웨어는 로봇의 동작을 제어하는 프로그램을 의미한다. 특히 로봇의 하드웨어는 기계 장치와 전자 장치가 결합되어 있으며 기구부, 센서부, 제어부, 액추에이터(Actuator)라고도 불리는 구동부, 전원부 등을 포함한다.

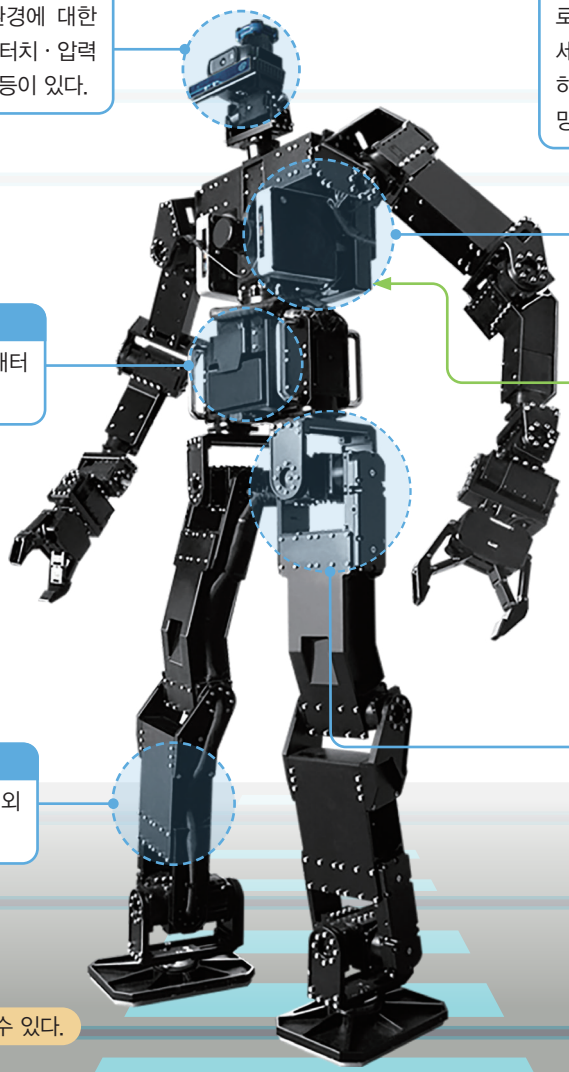
로봇은 다양한 구성 요소를 활용하여 인간에게 필요한 작업을 수행한다. 센서부를 통해 외부 환경을 감지하고, 이 정보를 제어부에서 입력받아 처리한 후 구동부로 명령을 보내 작동하게 한다. 이때 잘 설계된 기구부와 수명이 긴 전원부가 결합하면 로봇의 성능은 크게 향상된다. 또한, 로봇을 제어하기 위해 프로그래밍을 하게 되는데, 이때 각각의 로봇에 맞는 소프트웨어를 사용하게 된다.

센서부

로봇의 감각 기관으로, 외부 환경에 대한 정보를 수집한다. 이미지 센서, 터치 · 압력 센서, 레이더 센서, 라이다 센서 등이 있다.

제어부

로봇의 두뇌 역할을 하는 것으로, 마이크로프로세서와 메모리, 프로그램 가능한 입출력 모듈을 하나의 칩으로 만들어 놓은 부분이다. 프로그래밍을 통해 다양한 제어나 연산이 가능하다.



로봇 소프트웨어



로봇의 동작을 제어하는 것으로서, 하드웨어만큼 로봇에서 중요한 역할을 한다.

전원부

에너지를 공급하는 부분으로, 배터리, 각종 배선 등을 포함한다.

구동부(액추에이터)

로봇의 움직임과 관련된 가장 중요한 부분으로, 관절을 움직이게 하기 위해 전동 모터, 공압 · 유압 장치 등이 사용된다.

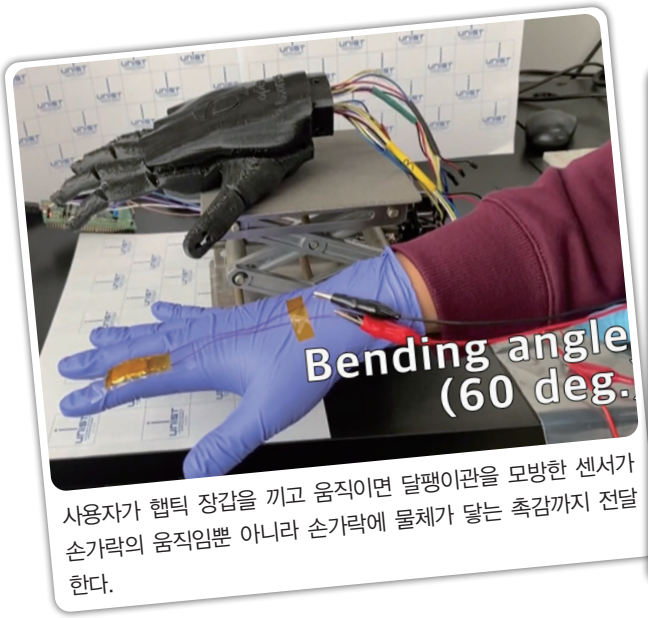
기구부

로봇의 몸체로, 로봇의 골격과 외형을 이루는 부분이다.

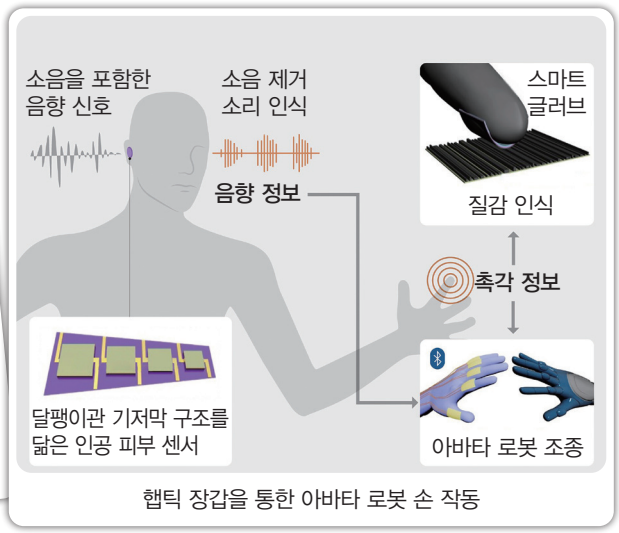
※ 로봇에 따라 구성은 다를 수 있다.

▲ 그림 I-3 로봇의 구성 요소

달팽이관 센서로 손가락 촉감까지 전달하다



사용자가 햅틱 장갑을 끼고 움직이면 달팽이관을 모방한 센서가 손가락의 움직임뿐 아니라 손가락에 물체가 닿는 촉감까지 전달한다.



햅틱 장갑을 통한 아바타 로봇 손 작동

출처 UNIST

손가락이 사물과 접촉할 때 발생하는 진동까지 로봇 손에 전달할 수 있는 센서가 개발됐다. 손가락의 움직임은 물론이고 촉감까지 로봇에 고스란히 구현할 수 있는 길이 열린 것이다.

울산과학기술원(UNIST) 고○○(에너지화학공학과), 김○○(전기전자공학과) 교수 연구진은 "사람의 동작과 촉감, 소리 등을 모두 인식해 기계에 전달할 수 있는 '사람-기계 인터페이스'를 개발했다"고 밝혔다. 이번 인터페이스는 귀의 달팽이관 구조를 모방한 인공 피부 센서를 기반으로 하고 있다. 달팽이관 기저막은 두께와 너비, 단단함 정도가 부위별로 달라 소리를 주파수별로 구분해 받아들일 수 있다. 이를 모방한 센서는 사람의 동작처럼 느리게 반복되는 저주파 신호뿐만 아니라 빠르게 진동하는 소리와 촉감 같은 고주파 신호도 기계에 모두 전달할 수 있다.

연구진은 인공 피부 센서를 사람의 촉감을 로봇에 전달하는 햅틱(haptic, 촉각) 장갑에 적용했다. 이전 햅틱 장갑은 손가락이 천천히 움직일 때 발생하는 저주파만 감지할 수 있었지만, 이번에는 달팽이관을 모방한 센서 덕분에 손가락이 사물과 마찰할 때 발생하는 고주파도 선별해 감지했다. 실험에서 사용자가 햅틱 장갑을 끼고 손을 움직이면 로봇 손이 동작을 그대로 따라 했으며, 유리와 종이 · 실크 등 8가지 다른 물질의 질감도 93% 정확도로 인식했다고 연구진은 밝혔다. 또한 센서 덕분에 소리로도 아바타 로봇 손을 조종할 수 있었다. 연구진은 소리 주파수를 바꿔 로봇 손의 손 동작을 조종했다.

고○○ 교수는 "이번 센서는 소음이 많은 곳에서도 95% 정확도로 사람 목소리만 인식하는 마이크로폰에도 쓸 수 있다"며 "센서가 얇고 표면에 잘 달라붙어 다양한 가상 현실(VR), 증강 현실(AR), 사물 인터넷(IoT) 기술에 쓸 수 있을 것"이라고 밝혔다.

출처 조선일보, 2022. 3. 27.

주제 탐구 활동

인공지능 로봇, 인간을 위한 따뜻한 기술이 될 수 있을까?

인간의 삶의 패러다임을 완전히 바꾸고 있는 인공지능 기술과 로봇은 최근 알고리즘의 편향성과 부작용 등 각종 논란에 휩싸여 있다. 그러나 많은 학자들은 사람 중심의 기술 개발이 가속화된다면 이러한 논란은 자연스럽게 해결될 것이라 전망하고 있다. 다음 글을 읽고 질문에 답하면서 로봇의 가치를 다시 생각해 보자.

"로봇의 본질은 인간을 위한 따뜻한 기술입니다. 우리는 이것을 잊으면 안 됩니다."

로봇 공학자 데니스 홍 교수는 '월드 푸드테크 컨퍼런스 2024'에서 미국에서 공부중인 고등학생 이산 군의 프로젝트 Project Food Angel을 소개하며 제목과 같이 말했다.



▲ 월드 푸드테크 컨퍼런스 2024 '푸드로봇테크' 세션에서 발표 중인 데니스 홍 교수

Project Food Angel은 노숙자에게 음식을 배달해주는 작은 자율 주행 로봇이다. 이산 군은 거리의 노숙자들을 보며 "로봇 기술로 이들을 도울 수 없을까?"를 고민했고, 직접 로봇을 설계하고 실행에 옮겼다.

이 프로젝트의 가장 큰 특징은 기술보다 사람에 대한 배려에 초점을 맞추었다는 점이다. 처음에는 로봇에 화면과 스피커를 달자는 의견이 나왔지만, 이산 군은 이렇게 말했다.

"처음 보는 기계에서 큰 소리가 나면 노숙자분들이 무서울 수 있어요. 대신 익숙한 종이 상자에 손글씨로 안내문을 적는 게 더 좋을 것 같아요."

그래서 로봇 위에는 친근한 그림과 "무료 식사입니다."라는 문구가 적힌 상자가 올려졌고, 복잡한 자동 장치 대신 사람이 직접 뚜껑을 열어 음식을 꺼내도록 했다. 지역 푸드뱅크와 협력하여 실제로 노숙자들에게 식사를 전달하는 활동도 진행했다.

데니스 홍 교수는 이 사례를 통해 학생들에게 이렇게 강조한다.

"공학은 세상을 더 나은 곳으로 만드는 학문입니다. 인간에 대한 이해와 공감이 없다면 좋은 로봇도, 좋은 인공지능도 탄생할 수 없습니다."



▲ 서울로봇인공지능과학관에 영구 전시된 Food Angel

Project Food Angel은 인공지능과 로봇 기술이 단순한 편리함을 넘어, 어려운 이웃을 돕는 따뜻한 기술이 될 수 있음을 보여 주는 사례이다.

출처 ZDNET KOREA, 2024. 6. 22. / 데니스 홍 페이스북

1 이 로봇의 기술이 간단한 것임에도 불구하고 주목을 받는 이유는 무엇인지 생각해 보자.

예 기술을 넘어 사람을 생각했기 때문에

2 어떤 로봇이든 도입되면 긍정적인 부분과 부정적인 부분이 모두 존재한다. 이 로봇이 우리나라에 도입된다고 가정해 보자. 긍정적인 부분과 부정적인 부분으로는 무엇이 생길 수 있을까?

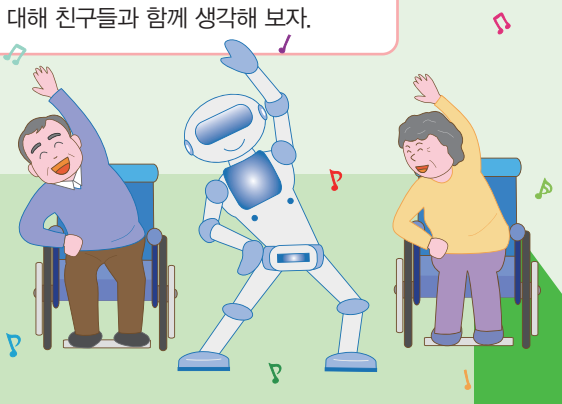
긍정적인 부분	부정적인 부분
예 식량이 필요한 사람들이 다른 사람을 만나지 않고 도움을 받을 수 있다.	예 식량이 필요하지 않은 사람도 호기심에 식량을 가져갈 수 있다.

3 긍정적인 부분은 증가, 부정적인 부분은 감소시키기 위한 방안이 있는지 생각해 보고 정리해 보자. 자신의 생각을 친구들과 함께 이야기해 보고 다른 친구들의 생각도 들어보자.

생각해 봅시다!

① 지금까지 이야기한 부분을 생각하면서 로봇이 인간과 함께 행복하기 위해 추구해야 하는 가치가 무엇인지 생각해 보자.

② 융합 공학의 결과물인 로봇을 통해 우리 모두가 행복해지는 가치에 대해 친구들과 함께 생각해 보자.



소단원 1분 요약

1. 로봇은 기계, 전자, 컴퓨터와 같은 전통적인 공학의 분야를 넘어 다양한 첨단 기술과의 융합을 통해 폭넓은 분야로 발전되고 있다.
2. 로봇은 기구부, 센서부, 제어부, 구동부, 전원부 등으로 구성된다.

02 로봇의 작동 원리

이 단원을 배우고 나면

- 로봇을 구성하는 하드웨어와 소프트웨어의 기초 원리에 대한 이해를 바탕으로 로봇의 구조를 설명할 수 있다.
- 전기 · 전자 · 기계 요소를 포함하는 마이크로컨트롤러와 제어용 코딩 프로그램을 활용한 간단한 로봇을 만들 수 있다.

생각 열기 인간의 환경 속으로 들어온 로봇

"찌그러진 바퀴가 바꾸는 로봇 배달"

허리까지 오는 흰색 로봇이 아파트 단지를 주행한다. 육면체 모양 흰 박스에는 배달할 물건을 담는다. 구멍이 뚫린 검은색 바퀴 4개는 이 장치의 핵심이다. 이리저리 모양이 찌그러지면서도 로봇 몸체를 계단에 척척 올려낸다. 일반적인 로봇이 인식한 장애물을 피하는 것에 집중한다면, 이 로봇은 장애물을 직접 극복하고자 한다.

출처 한국경제, 2022. 11. 24.



▲ 계단을 회피하지 않고 직접 이용하는 경로를 선택함으로써 경사로와 같은 길이 없이도 배달 로봇을 이용할 수 있다.

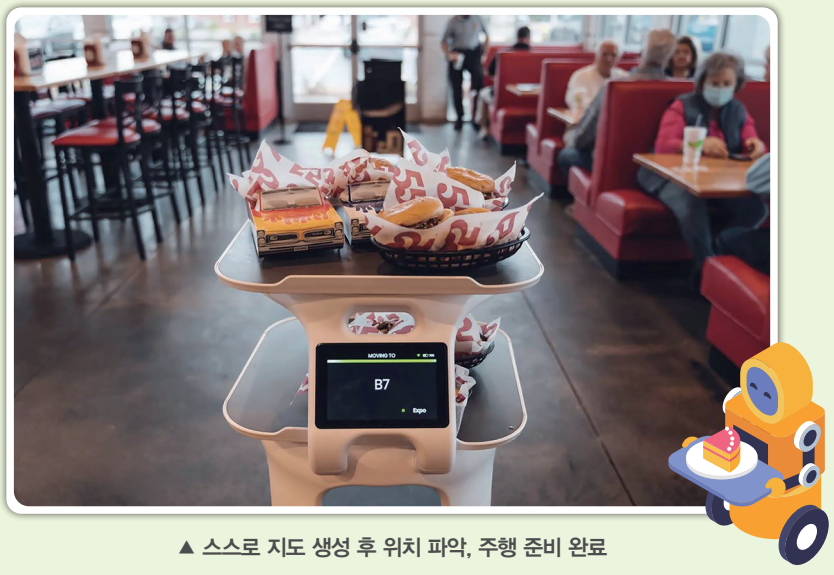


▲ 다리를 가진 기존의 보행형 로봇과는 다르게 특수 바퀴를 이용함으로써 구조가 간단하고 제작 가격을 낮출 수 있다.



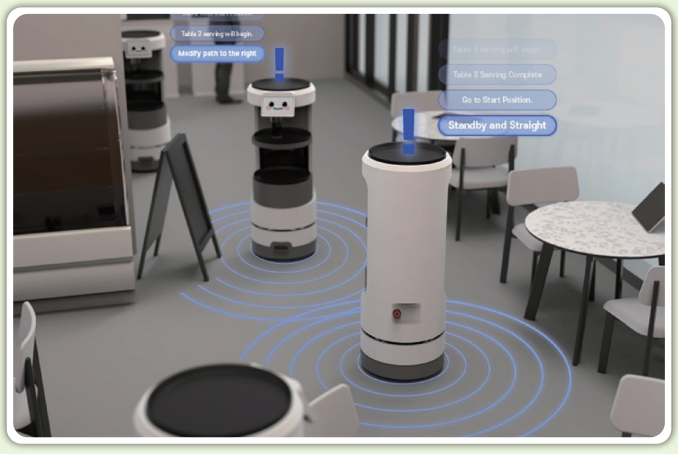
"서빙 로봇은 어떻게 내 자리를 찾아올까"

로봇은 카메라를 이용하여 주변 공간에 대한 정보를 3차원으로 측정해 지도를 생성한다. 만약 공간 자체가 밋밋해 지도로 만들 만한 특징점이 없다면 인공 표식을 주변 환경에 부착하여 이를 인식하게 한다. 지도를 만들고 로봇이 자신의 위치까지 파악했다면 주행 준비는 끝난다.



▲ 스스로 지도 생성 후 위치 파악, 주행 준비 완료

식당 내 테이블의 위치가 변경되거나 지나가는 사람이 로봇을 보지 못하고 앞을 가로막거나 하는 다양한 예외 상황 속에서도 안정적으로 주행하기 위해 로봇은 다양한 센서 정보를 융합하여 대응한다. 가까운 위치에 물체가 감지된다면 정지하거나 이를 회피하는 것이다.



▲ 실내에서 자율 주행을 하는 서빙 로봇이나 로봇 청소기 등은 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping) 알고리즘을 기반으로 한다. SLAM은 센서를 이용하여 주변 공간 지형을 인식하고, 이를 지도로 생성하는 동시에 해당 지도에서의 상대적인 내 위치를 정확히 추정하는 기술이다.

출처 한국일보, 2021. 4. 10.

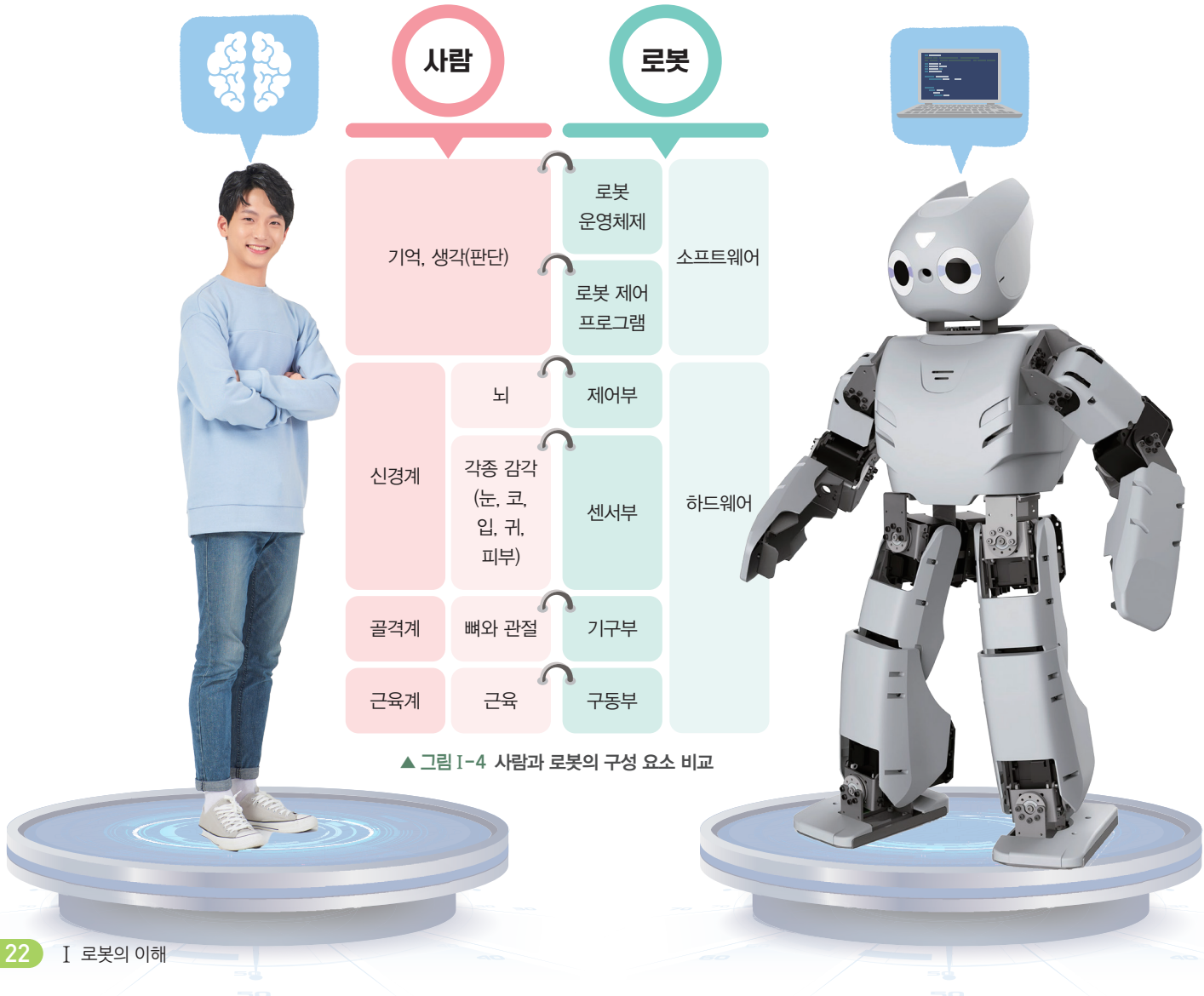
위 내용처럼 인간의 생활 환경을 변화시키지 않고도 사용 가능한 로봇은 어떤 것이 있을지 이야기해 보자.

1 로봇 구성 요소의 기초

로봇은 기본적으로 몸을 구성하고 물리적인 동작을 담당하는 하드웨어와 정보를 처리하여 각 부에 명령을 내리는 소프트웨어로 이루어진다. 로봇의 하드웨어는 제작자의 의도에 따라 다양한 모습을 가지며, 제어를 위해 제작한 소프트웨어가 탑재된다.

01 사람과 로봇의 구성 요소 비교

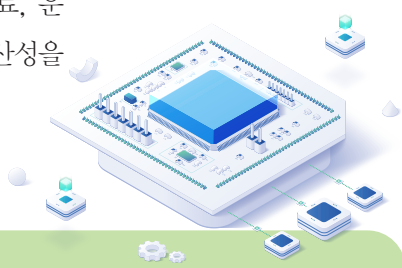
로봇의 하드웨어는 사람의 육체와 비슷한 역할을 한다. 여러 부품을 움직여 다양한 자세를 취하거나 이동할 수 있으며, 센서와 같은 부품들은 사람의 감각 기관과 비슷한 역할을 하게 된다. 반면에 소프트웨어는 사람의 뇌의 기능과 같은 역할을 한다. 미리 작성된 명령 프로그램을 통해 데이터를 처리하고 하드웨어에 명령을 전달하여 다양하게 작동시킨다.



▲ 그림 I-4 사람과 로봇의 구성 요소 비교

02 로봇 하드웨어와 소프트웨어의 특징

로봇의 성능과 기능은 하드웨어와 소프트웨어의 효율적인 통합에 달려 있으며, 이 두 요소가 원활하게 협력하여 작업을 수행한다. 현대의 로봇은 자동차 제조, 의료, 운송, 농업 및 인공지능 연구 등 다양한 분야에서 사용되며, 생활의 편의성과 생산성을 향상시키는 데 중요한 역할을 한다.



로봇 하드웨어 특징

01 동작 및 사용 용도에 따라 다양한 크기와 형태를 가짐

02 여러 종류의 센서를 포함할 수 있으며 주변 환경을 감지하고 분석

03 제어용 컴퓨터 또는 다른 로봇과 통신이 가능한 장치 사용

04 움직임을 구현하기 위해 구동부(액추에이터)를 사용

05 일반적으로 전기를 동력원으로 사용하며 다양한 환경에서 활용



로봇 소프트웨어 특징

01 센서 및 구동부(액추에이터)와 통신 내용을 기반으로 실시간 데이터 처리

02 주변 환경과 작업 요구 사항의 변화에 대응하여 실시간 제어

03 경로 계획, 장애물 회피, 자율 주행 등의 다양한 알고리즘 구현

04 제작자의 의도를 다양한 명령 프로그램으로 구현

05 대량의 데이터를 처리하고 여러 작업을 동시에 관리

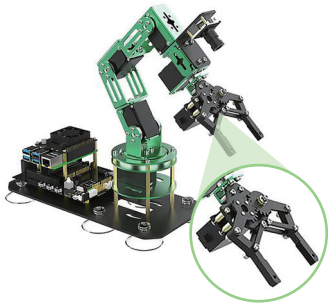
▲ 그림 I-5 로봇 하드웨어와 소프트웨어의 특징

2 로봇 하드웨어와 소프트웨어

01 로봇 하드웨어

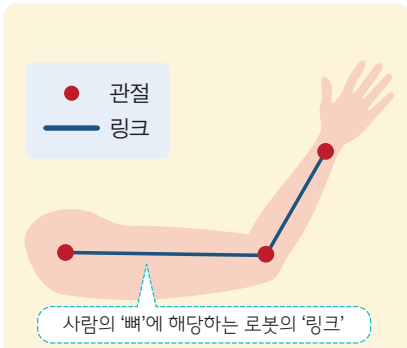
로봇 하드웨어는 로봇의 물리적인 부분으로, 목적에 따라 다양한 형태와 크기로 만들어지며 로봇의 성능을 결정하는 중요한 역할을 한다. 일반적으로 기구부, 구동부, 제어부, 전원부, 센서부로 구성되지만 수행하는 작업의 종류와 요구 사항에 따라 구성 요소들을 추가하거나 제거하기도 한다.

말단 효과 장치(End effector)
주로 산업용으로 제작하는 로봇의 팔 끝에 설치하는 장치이다. 사람의 손처럼 작업 대상물을 붙잡을 수 있는 집게 형태(gripper)이거나 직접 공구를 끝단에 부착시켜 생산 기계로 이용한다.



❶ 기구부

로봇의 기구부는 사람의 기초 골격과 그 사이를 잇는 관절에 해당한다. 즉, 여러 개로 나누어진 뼈들과 뼈 사이를 잇는 관절의 집합에 비유할 수 있다. 로봇의 뼈대는 다양한 재료로 만들어지며 움직이는 부분을 만들기 위해서는 반드시 관절이 필요하다. 이때 기계 요소를 이용한다면 구동부(액추에이터)에서 발생한 운동을 회전 운동, 호 운동, 직선 운동 등 다양한 형태의 움직임으로 변환시킬 수 있다.

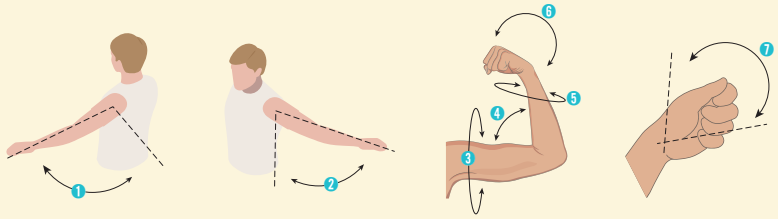


▲ 그림 I-6 사람의 팔과 유사한 로봇 팔의 구조

사람 팔처럼 자유롭게 움직이기 위해 로봇 팔도 여러 개의 관절로 구성한다.

■ **사람 팔의 움직임**

❶, ❷, ❸ 어깨(축)를 중심으로 한 팔 전체의 운동(호 운동, 회전 운동) | ❹, ❺ 팔꿈치(축)를 중심으로 한 운동(호 운동, 회전 운동) | ❻, ❼ 손목(축)을 중심으로 한 운동(호 운동)





■ **로봇 팔의 움직임**

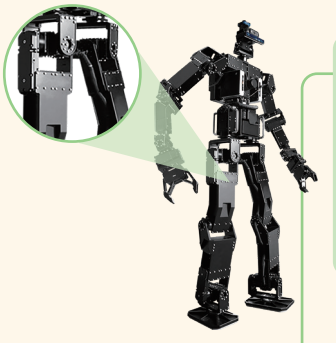
- 직선 운동을 하며 물건을 잡을 수 있도록 로봇 팔의 끝에 집게(그리퍼)를 부착하였다.
- 여러 관절의 회전과 호 운동의 조합으로 효율적이고 자연스러운 움직임을 구현한다.

▲ 그림 I-7 사람 팔과 로봇 팔(다관절)의 움직임

로봇과 기계 요소

기계 요소란 기계를 구성하는 최소의 부품 단위로, 아무리 복잡한 기계일지라도 단순한 기계 요소의 조합에서부터 시작된다. 기계 요소의 결합을 통해 다양한 형상과 움직임을 만들 수 있으며, 이는 기계 공학 및 로봇 공학에서 핵심적인 역할과 기능을 수행한다. 예를 들면 사람과 비슷한 모습의 다리를 가진 보행 로봇을 만들거나 손과 닮은 말단 효과 장치를 만들 수 있으며, 최근에는 더욱 정교한 움직임을 통해 의사를 도와 수술을 하거나 반도체를 만드는 미세한 공정에도 참여하는 로봇이 등장하고 있다.

기계 요소는 로봇의 설계 및 동작에도 큰 영향을 준다. 기계 요소들을 효과적으로 선택하고 조합하면 로봇은 다양한 작업을 수행하고 안전하게 작동할 수 있다. 이렇듯 기계 요소는 로봇의 설계, 제조, 제어 및 유지·관리에 필수적이다. 기계 요소의 종류에는 결합용, 축용, 관용, 전동용, 제어용이 있다.

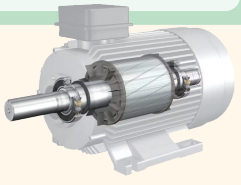


- 두 개 이상의 기계 부품을 결합하거나 고정하기 위해 사용한다.
- 임시적 체결이나 반영구적 체결이 가능하다.
- 볼트 및 너트: 로봇의 다양한 부품을 조립할 때 필요한 결합 요소이다.



▲ 그림 I-8 기계 요소의 종류

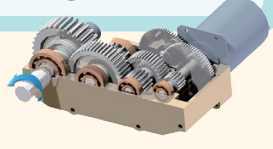
- 회전체의 중심을 고정하거나 축을 연결, 지지하기 위해 사용한다.
- 베어링: 로봇 팔의 회전이 필요한 곳에서 축 등의 이탈을 방지하고 원활한 운동을 돕는다.



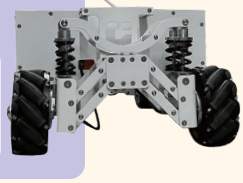
- 기체나 액체를 수송할 때 사용한다.
- 유압으로 각 부를 움직이게 만들기 위해서는 유체(오일)를 전달하는 관이 필요하다.



- 동력이나 운동을 전달하기 위해서 사용한다.
- 운동 속도나 형태를 변환시킬 수 있다.
- 기어: 로봇의 다양한 부분에서 동력을 전달하고 변속하는 데 사용한다. 로봇 팔의 관절에서 각도 변환에도 사용한다.



- 브레이크는 기계의 움직임을 제동하기 위해 사용한다.
- 스프링은 부품에 발생하는 진동을 완충하거나 에너지를 축적할 수 있다.
- 로봇 이동 시 고르지 않은 지면을 지나며 발생하는 충격을 흡수하기 위해 스프링과 다양한 부품을 조합하여 활용한다.

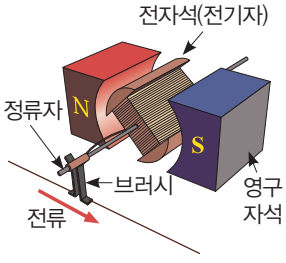


❷ 구동부(액추에이터)

인간의 몸을 움직이는 힘의 근원인 근육은 부드러우면서도 직선적으로 신축하여 힘을 내는데, 팔 관절의 경우 뼈를 중심으로 배치된 근육의 일부를 사용함으로써 팔을 오므리거나 편다. 하지만 로봇의 움직임은 사람과 다르며, 기구부의 움직임을 위해서는 반드시 구동부가 필요하다. 로봇은 일반적으로 전기 모터의 회전력을 이용하거나, 공기압 또는 유압 실린더 등을 이용하여 운동을 발생시킨다.

1) 전기 방식

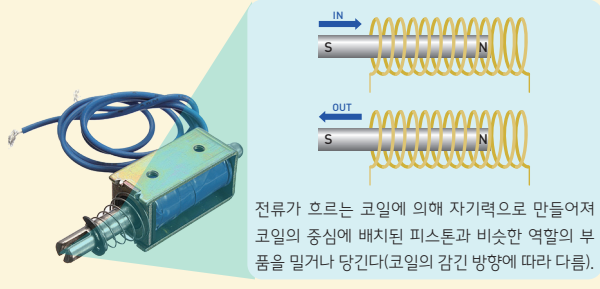
전기 자석의 원리를 이용한 것으로 전류에 의해 만들어진 자기장이 철제나 자성체를 끌어당기거나 밀어내어 운동을 만든다. 대표적으로 모터와 솔레노이드가 있으며 모터는 전기를 회전 운동 에너지로 전환하고, 솔레노이드는 직선 운동을 발생시킨다.



▲ **전동기의 원리** 브러시와 정류자를 통과한 전류가 전자석에 흐르면 자기장이 형성되고, 고정된 영구 자석에서 발생하는 자기장과의 상대적인 힘에 의해 전자석은 회전하게 된다.



▲ **서보 모터** 대표적인 전기 모터 중 하나로, 제어 회로에 의해 지정한 만큼만 정확하게 움직인다.



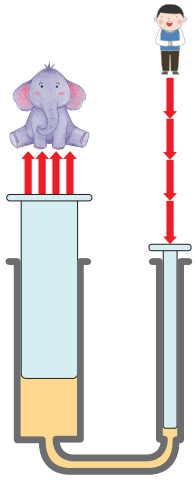
▲ **솔레노이드** 솔레노이드에 흐르는 전류의 양을 조절함으로써 전자석으로 사용할 수 있다. 솔레노이드는 전기 에너지를 자기 에너지로 변환한다.

2) 공압-유압 방식

유체(액체나 기체)를 활용하여 구동하는 방식에는 파스칼의 원리가 적용되어 있다. 공압 방식은 실린더에 압축 가스 또는 공기를 불어 넣어 피스톤을 움직이게 만드는 방식으로 빠른 속도와 작은 크기가 장점이다. 반면, 유압 방식은 공압과 기본적인 구조는 비슷하지만 기체 대신에 비압축성유체(오일)를 이용한다. 발생하는 힘이 강하며 대형의 건설 기계에 많이 사용한다.

파스칼의 원리

두 실린더의 내경이 서로 달라지면, 움직이는 거리도 서로 달라진다. '일의 원리'에 따라 짧은 거리를 움직인 실린더에서는 보다 큰 힘을 낼 수 있다. 힘과 움직인 거리의 곱은 항상 일정하기 때문이다.

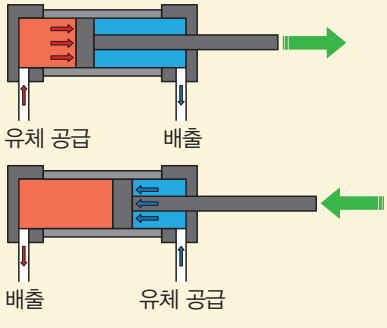




▲ **공압 장치** 고압의 공기 공급을 통하여 빠른 구동이 가능하다.



▲ **유압 장치** 유압 펌프에서 만들어진 고압의 오일이 실린더로 공급되어 피스톤을 움직인다.



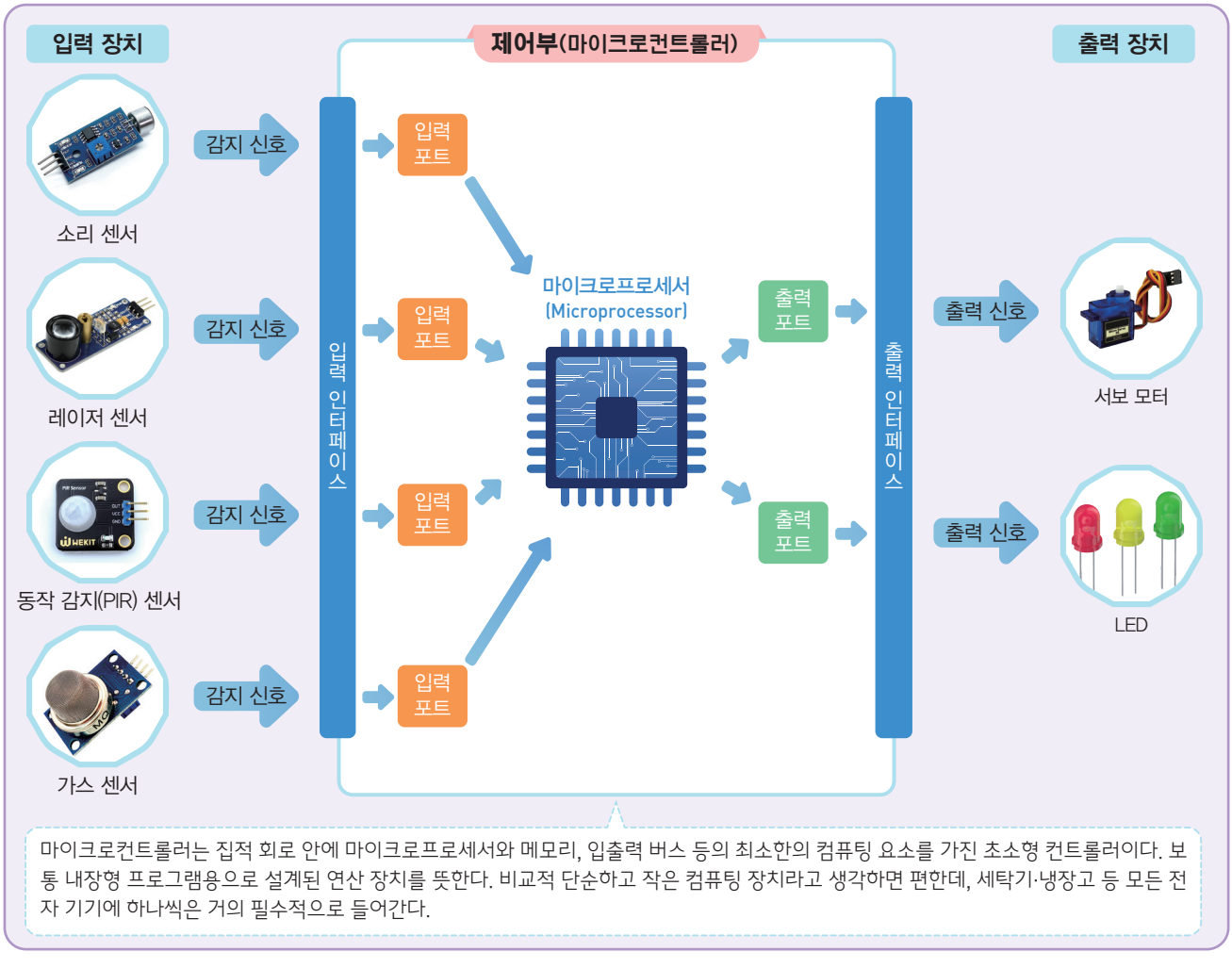
▲ **구동부(실린더) 작동 원리**

❸ 제어부

로봇의 두뇌 역할을 하는 제어 장치는 로봇을 움직이고 작동시키기 위한 중요한 역할을 하며 하드웨어와 소프트웨어의 조합으로 구성되어 있다.

제어부의 중심은 마이크로컨트롤러(Micro-controller)라고 하는 작은 컴퓨터 칩으로, 입력 신호를 처리하고 출력 신호를 생성하여 로봇을 제어한다. 입력 신호는 센서에서 받아들이는 데이터나 외부 장치로부터의 명령이며, 출력 신호는 시청각적 신호의 송출 또는 모터의 회전과 같이 로봇의 부품들을 제어하는 데 사용한다. 또한 제어부는 로봇을 제어하기 위한 인터페이스를 제공하며, 로봇을 제어하고 모니터링하기 위해 컴퓨터나 모바일 장치와 같은 외부 장치와 통신할 수 있는 기능이 있다.

로봇 제어를 위한 프로그래밍
로봇 제어 프로그래밍 언어는 알고리즘을 코딩하는 데 사용한다. 일반적으로 C++이나 파이썬(Python)과 같은 프로그래밍 언어가 로봇의 제어에 사용되며, 스크래치와 같은 블록 기반의 교육용 언어도 있다.



▲ 그림 I-9 로봇의 제어부와 주변 기기의 연결 및 신호 흐름도



▲ 아트메가 328 (ATmega328)

마이크로컨트롤러 칩
아트메가 328은 저렴하고 다양한 주변 장치 및 통신 인터페이스를 갖춘 임베디드 시스템 개발에 매우 적합한 마이크로컨트롤러 칩으로 아두이노와 함께 많이 사용되며, 많은 개발자들이 다양한 프로젝트에 활용하고 있다.

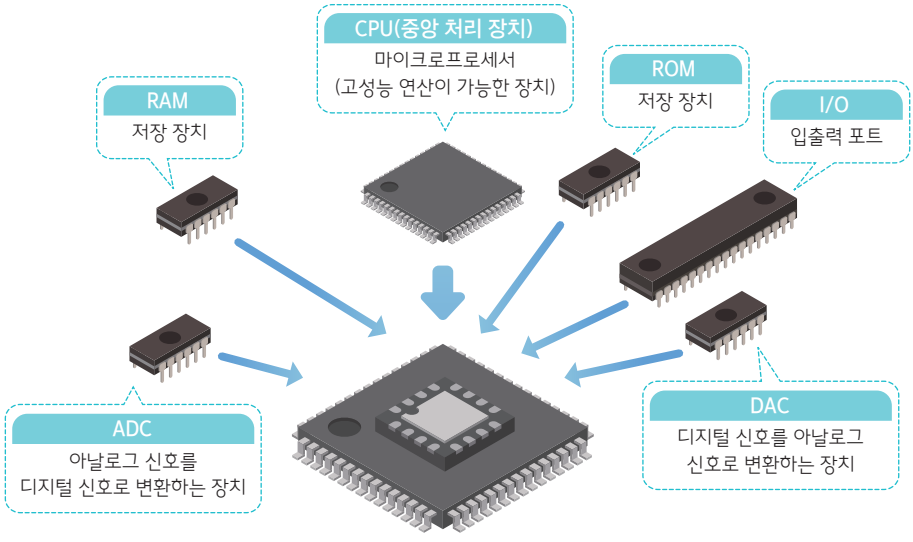


▲ 아두이노 보드

마이크로컨트롤러 보드
아두이노 보드는 아트메가 328 마이크로컨트롤러를 탑재하고 있으며, 이를 보다 쉽게 사용하기 위해 PCB(회로 구성판) 위에 주변 장치들을 연결하여 사용자들이 편리하게 사용할 수 있도록 제작된 마이크로컨트롤러 보드다.

지식 스트레칭 마이크로컨트롤러 vs 마이크로프로세서

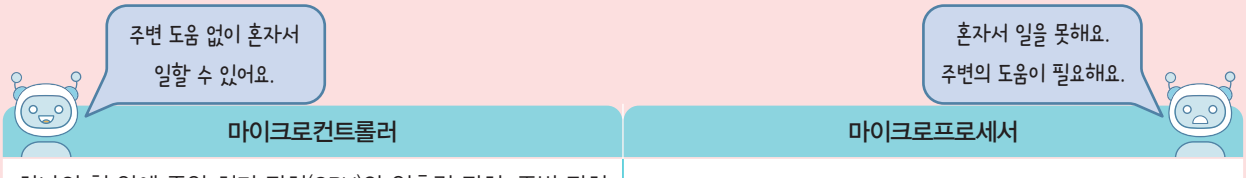
마이크로컨트롤러와 마이크로프로세서는 디지털 기술의 핵심 요소로서, 각각의 특징과 용도에 따라 다양한 전자 제품에서 활용되고 있다. 특히, 이러한 기술들은 창작자들(메이커 활동가)에게 큰 인기를 끌며 창의적인 프로젝트와 실험에 활용된다.



▲ 그림 I-10 마이크로컨트롤러

마이크로컨트롤러는 마이크로프로세서를 포함하여 이를 사용하기 위한 저장 장치(메모리), 입력 장치 등 필요한 장치들을 하나의 칩에 집적한 장치이다. 마이크로컨트롤러만으로 LED나 센서와 같은 장치들을 사용할 수 있다.

마이크로프로세서는 내부에 레지스터, 제어 장치, 연산 장치를 포함하여 연산에 특화된 기능을 갖는 장치를 말한다. 컴퓨터의 CPU 또한 마이크로프로세서라 불리며, 개별적으로는 연산만 가능할 뿐 저장 장치(RAM, ROM), 출력 장치(입출력 포트) 등의 주변 장치가 있어야 사용할 수 있다.



마이크로컨트롤러	마이크로프로세서
하나의 칩 안에 중앙 처리 장치(CPU)와 입출력 장치, 주변 장치를 포함	높은 성능의 중앙 처리 장치(CPU)만 존재
특정한 목적을 위해 설계	다양한 목적을 위해 설계
일반적으로 단일 칩 동작이 가능	단일 칩으로 동작이 불가능
주변 장치가 거의 필요 없거나 단독 동작 가능	많은 주변 장치가 필요
소형화, 경량화, 전력 소비가 적은 곳에 적합	상대적으로 성능이 높아 복잡한 연산 등의 고성능 작업이 가능
기기 제어용으로 많이 사용	범용 목적의 개인 컴퓨터에 널리 사용

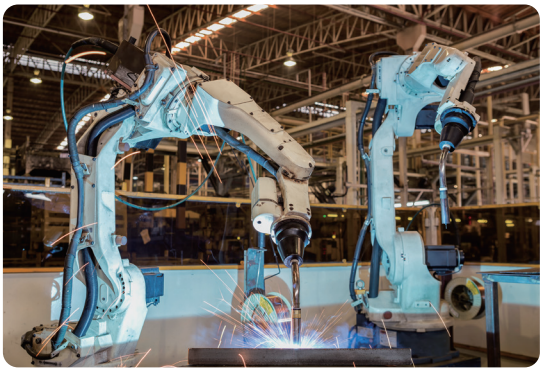
▲ 마이크로컨트롤러와 마이크로프로세서의 특징 비교

❹ 전원부

로봇은 주로 전기로 움직이며 로봇의 유형과 용도에 따라 전기를 공급하는 형태가 달라진다. 휴대하거나 자유로운 움직임을 위해서는 충전 및 교체가 가능한 배터리를 이용하며, 산업용으로 쓰이는 대형의 고정형 로봇은 전력망에 직접 연결되어 사용한다.



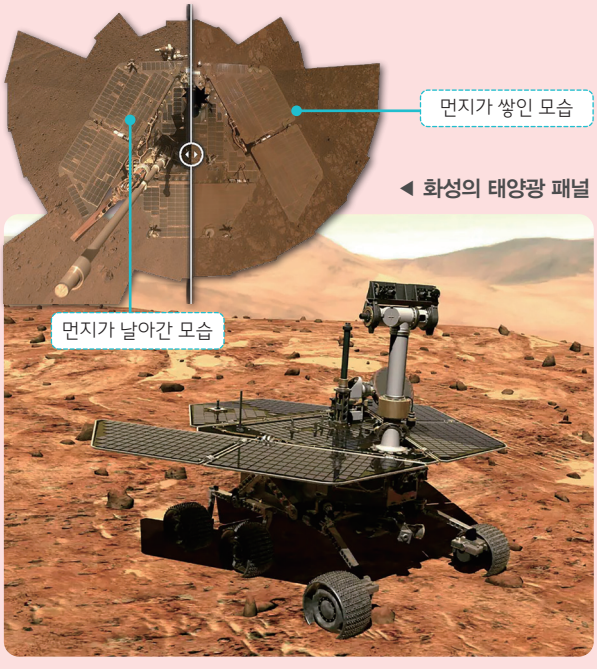
▲ 청소 로봇은 배터리가 소모되면 충전을 위해 이동한다.



▲ 제조 산업에 활용하는 로봇은 큰 힘으로 중단 없이 작업하기 위해 전력망에 직접 연결한다.

지식 스트레칭 화성 무인 탐사 로봇과 2차 전지

화성 무인 탐사 로봇은 태양 전지로 전력을 생산하여 낮 동안 사용하고, 남은 전력은 리튬 이온 전지에 저장 후 야간 활동 등에 활용했다. 하지만 어느날 지구와 교신이 끊겼는데, 담당 기관에서는 모래 폭풍으로 태양광 패널에 먼지가 쌓여 충전이 불가능해진 것으로 추측된다고 밝혔다.



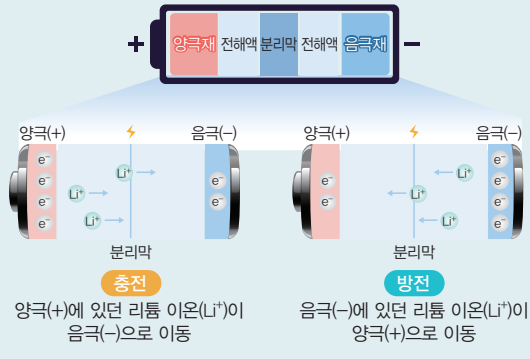
◀ 화성의 태양광 패널

▲ 화성 무인 탐사 로봇 '오퍼튜니티'

2차 전지는 축전지(storage battery) 또는 충전지(rechargeable battery, 충전식 전지)라고 불리며, 화성 무인 탐사 로봇의 예처럼 외부의 전기 에너지를 화학 에너지의 형태로 바꾸어 저장해 두었다가 필요할 때 다시 전기 에너지로 바꾸어 사용하도록 만든 것이다. 외부의 전원으로 충전시켜 전지를 만들 수 있기 때문에 2차라는 이름이 붙은 것이다.

리튬 이온 전지

대표적인 2차 전지인 리튬 이온 전지는 리튬 이온이 양극재와 음극재 사이를 이동하는 화학적 반응을 통해 전기를 만들어낸다. 양극의 리튬 이온이 음극으로 이동하며 전지가 충전되고, 음극의 리튬 이온이 양극으로 돌아가며 에너지를 방출·방전한다.



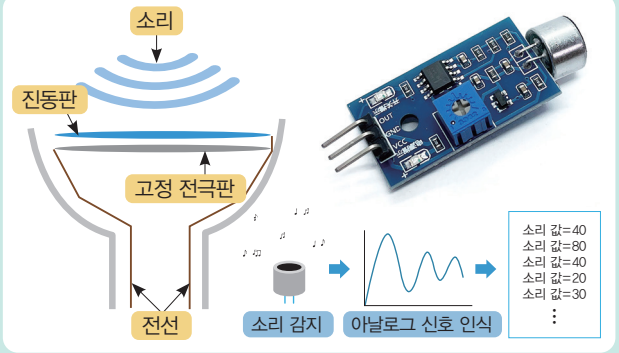
▲ 그림 I-11 리튬 이온 전지의 작동 원리

❺ 센서부

로봇의 센서는 인간의 감각 기관과 유사한 역할을 한다. 이들 센서는 다양한 종류로 구성되어 주변 환경에 대한 정보를 수집하고, 이를 전기적인 신호로 변환 후 제어부로 전달한다. 이 과정에서 로봇의 센서는 인간의 감각으로는 인지하기 어려운 현상이나 환경의 변화를 감지하며, 종종 인간보다 민감하게 변화를 측정하기도 한다. 자율적으로 움직이며 과제를 수행하는 로봇에게 외부 환경을 감지하는 센서는 필수적인 장치이다. 로봇의 센서는 광학적인 정보, 소리, 온도, 압력 등 환경의 물리적인 요소를 감지하여 제어부에 전달함으로써 로봇의 행동을 결정하는 데 기여한다.

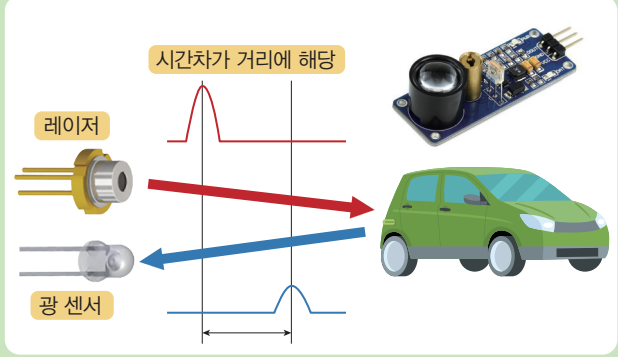
기술의 발전으로 새로운 센서들이 계속 개발되고 있으며, 이는 로봇의 종류와 성능을 구분하는 중요한 기준으로 자리잡고 있다. 새로운 센서의 도입은 로봇이 더욱 정확하고 효율적으로 작동할 수 있게 하며, 로봇 기술의 진보와 혁신을 이끌어내고 있다.

소리 센서



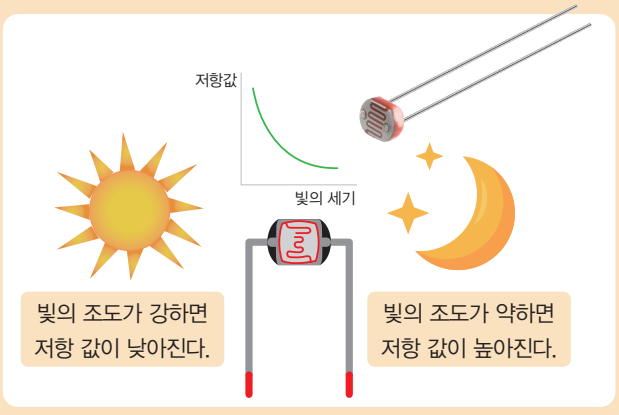
소리에 의해 진동판이 떨리고 동시에 고정 전극판에 주어지는 자극에 의해 전압이 변하게 된다.

레이저 센서



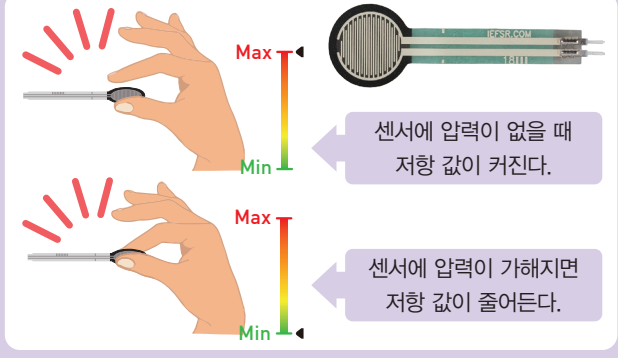
레이저 광선이 대상물에 닿아 반사될 때까지의 시간차를 계산하여 거리를 측정한다.

조도 센서



빛의 밝기를 인식할 수 있는 센서로, 저항의 일종인 황화 카드뮴 셀로 만들어지며, 비춰지는 빛의 양에 따라 저항 값이 변화한다.

압력 센서



압력이 가해지면 저항 값이 줄어드는 원리를 이용하여 압력, 무게, 터치 등을 감지한다. 센서에 압력이 없을 땐 저항 값이 크지만, 센서에 압력이 가해지면 저항 값이 줄어든다.

▲ 그림 I-12 로봇에 사용하는 다양한 센서의 종류와 원리

로봇이 주변 환경을 느끼는 다양한 방법

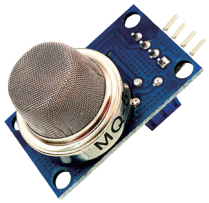
위험하고 가혹한 환경에서 사람 대신 작업하는 로봇에게는 그러한 환경에 적응할 수 있는 '센서'가 필수적이다. 사람에게 여러 가지 감각이 있듯이, 로봇도 작업 환경에 최적화된 센서를 필요로 한다. 대표적으로는 카메라와 라이다 센서, 가스 센서가 있다.



▲ 이 로봇에는 여러 종류의 카메라와 마이크가 결합된 센서 장치가 탑재되어 있어, 마치 눈과 귀처럼 주변 환경을 살피고 소리를 감지할 수 있다. 열화상 카메라, 360도 카메라, 고감도 마이크 외에도 최대 30배까지 확대해 관찰할 수 있는 팬틸트줌 카메라 등이 활용된다.

카메라는 시각적인 탐색과 감지를 위한 용도로 사용된다. 사람이 눈으로 공간과 사물을 인지하고 인식하는 것처럼 로봇은 카메라를 사람의 눈처럼 활용한다. 다만, 용도나 목적에 따라 장착하는 카메라가 달라지거나 여러 가지를 조합할 수 있다. 일반적인 상황이라면 표준 시각 카메라(standard visual cameras)를 사용하고, 상황에 따라 팬틸트줌(PTZ; pan-tilt-zoom) 카메라나 스테레오 카메라 등을 활용할 수 있다.

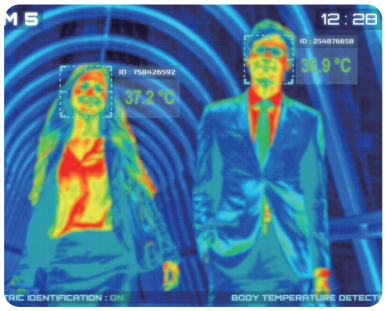
라이다(LiDAR; Light Detection And Ranging) 역시 로봇이 유용하게 활용할 수 있는 센서다. 카메라만으로 공간과 사물에 대한 정보를 얻기가 힘들거나 어려울 경우, 레이저를 이용하는 라이다를 통해 공간, 물체, 표면의 정보를 수집해 이를 기반으로 한 3D 지도를 만들 수 있다.



▲ 가스 센서

가스 센서는 사람보다 더 넓은 영역 또는 인지할 수 없는 위험 요소를 감지한다. 냄새 또는 가스를 구별하는 데 사용하는 이 센서는 전기화학, 촉매, 광이온, 적외선의 네 가지 형태로 활용된다.

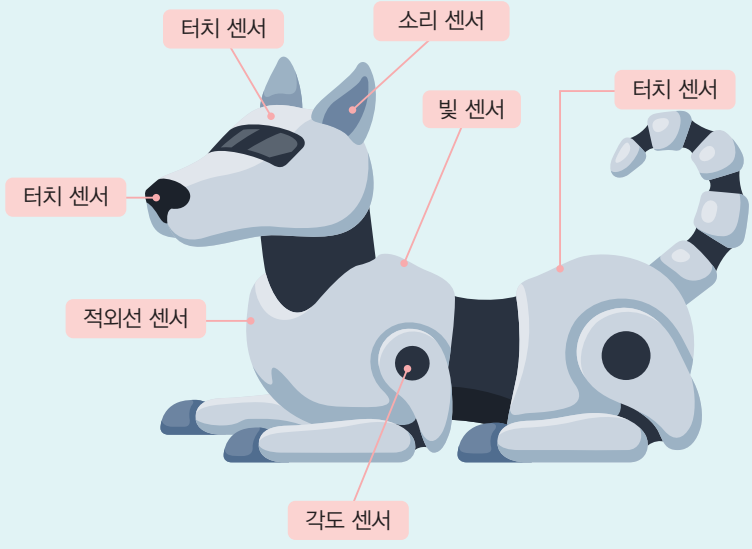
출처 CIO, 2022. 04. 12.

스테레오 카메라	열화상 카메라	팬틸트줌 카메라
		
사람의 눈처럼 두 대의 카메라를 사용해 두 개의 독립적인 이미지를 분석한다. 물체의 크기, 모양, 깊이까지 확인할 수 있는 스테레오 비전 기능을 제공한다.	적외선 방식의 열화상 카메라는 열을 가진 물체가 발산하는 복사열을 감지하여 영상으로 표시해 준다.	촬영하는 카메라의 방향을 조절할 수 있고, 대상을 확대하거나 축소하여 촬영할 수 있는 카메라다.

▲ 그림 I-13 로봇의 시각

잠깐 해보기 로봇의 다양한 센서 탐구하기

- 제작자의 의도에 따라 로봇에 다양한 기능을 부여할 수 있다. 강아지 모습을 한 로봇이 있다면 여러분은 어떤 기능을 희망하는지 다양하게 상상해 보고, 그 기능의 수행에 필요한 센서에 대해 조사해 보자.



▲ 그림 I-14 가상의 강아지 로봇에 포함된 센서 예시

희망 기능	센서 종류	감지 대상	센서가 필요한 이유
예 강아지 이동	각도 센서	다리 관절의 각도 감지	서거나 앉기, 걷기, 달리기 등의 정확한 움직임을 위해
원격 조작	적외선 센서	적외선 신호 감지 (리모컨)	적외선 리모컨을 통한 사용자의 직접적인 명령을 수신하기 위해
음성 명령 인식	소리 센서	목소리 감지	사용자의 목소리를 통하여 명령을 수신하거나, 주변 환경 소리를 감지하기 위해
주·야간 구분	빛 센서	주변 밝기 감지	밤과 낮을 구분하려면 주변의 밝기를 감지해야 하므로

02 로봇 소프트웨어

로봇은 많은 부품으로 구성되며 제작자의 의도에 따라 다양한 형태로 만들어진다. 같은 로봇이라도 사용 목적과 환경에 따라 다르게 작동하는데, 이는 로봇에 탑재된 소프트웨어의 종류와 활용 방법의 다양성에서 비롯된다.

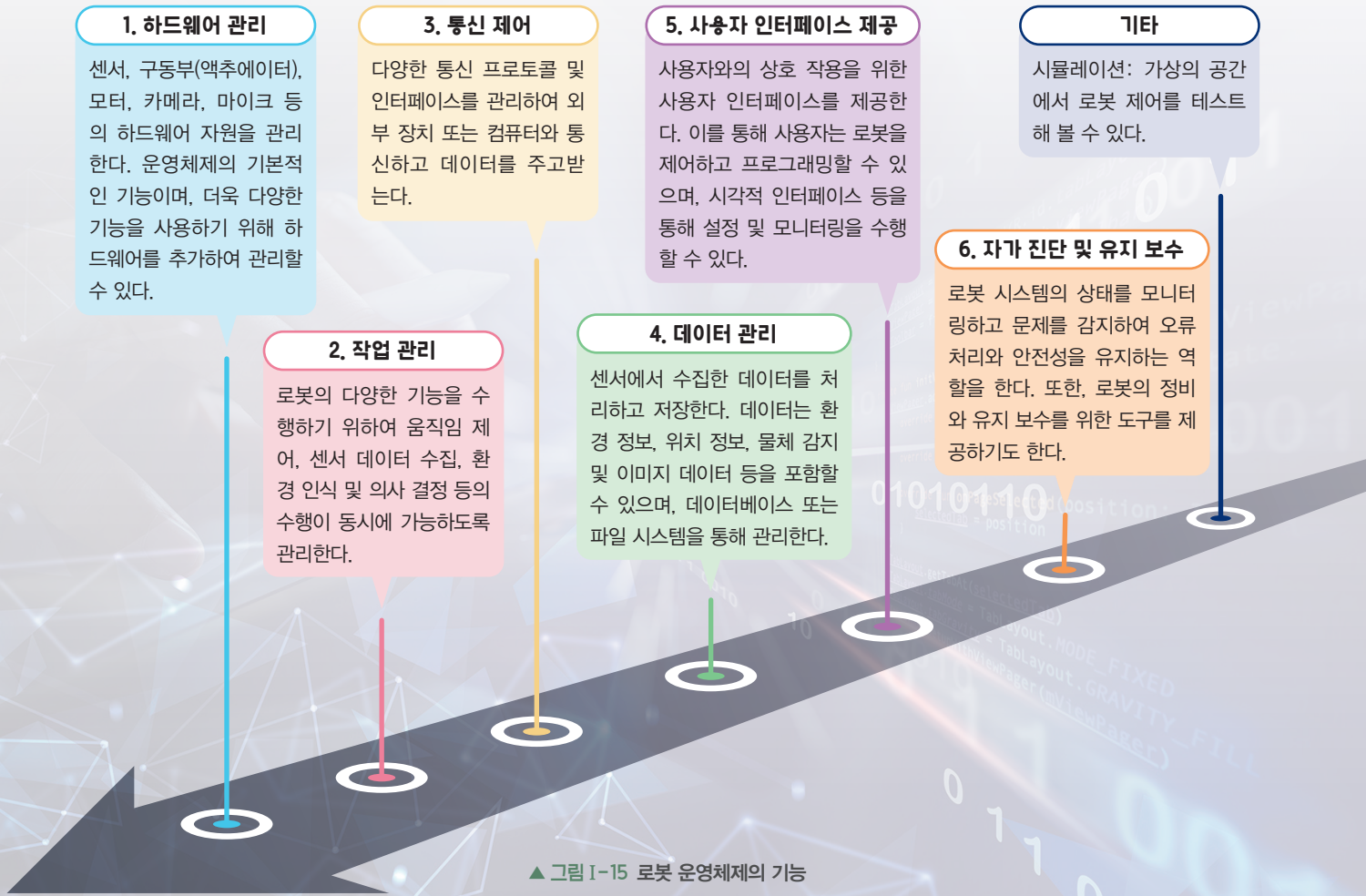
로봇 소프트웨어는 부품들 간에 원활한 협력이 이루어질 수 있도록 하는 로봇 운영체제와 사용자의 명령어를 이해하게 하는 로봇 제어 프로그램의 상호 유기적인 실행으로 작동한다. 이들이 로봇의 기능과 성능을 결정하는 중요한 역할을 하는 것이다.

다양한 역할을 위한 응용 소프트웨어

로봇 운영체제를 기반으로 하여 영상 촬영이나 경로 계산 등의 특별한 목적을 가진 앱과 같은 응용 소프트웨어를 사용하여 로봇에 추가적인 기능을 부여할 수 있다.

❶ 로봇 운영체제

일반적으로 운영체제라고 하는 것은 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어를 효율적으로 사용하고, 사용자에게 편리함을 제공하기 위해 만들어진 시스템 소프트웨어이다. 로봇의 운영체제도 이와 비슷한 역할을 한다. 로봇 내에서 다양한 연산 및 데이터 처리를 위해 바탕이 되는 두뇌 역할을 하며, 하드웨어와 소프트웨어를 조율하여 로봇이 움직이고 일을 할 수 있게 한다. 또한 센서를 통해 정보를 수집하고 외부 세계와 소통하는 기능을 제공한다.



▲ 그림 I-15 로봇 운영체제의 기능

❷ 로봇 제어 프로그램

로봇을 원하는 대로 움직이게 하려면, 컴퓨터 프로그래밍 언어를 이용해 로봇이 이해할 수 있는 규칙에 따라 명령을 작성해야 한다. 작성한 명령은 로봇의 제어 장치로 전달되고, 로봇은 이를 통해 자신이 가진 여러 하위 소프트웨어를 활용하고 데이터를 처리한다. 이 과정은 로봇이 다양한 작업을 수행하게 하기 위한 중요한 단계다.

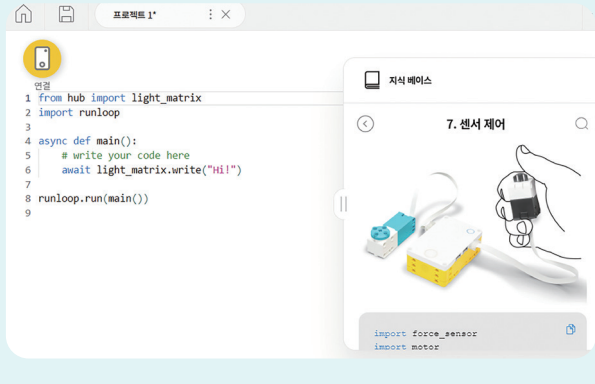
로봇을 제어한다는 것은 마치 로봇에게 생명을 주는 것과 같다. 로봇 제어 프로그램을 통해 로봇이 인간처럼 다양한 작업을 수행할 수 있게 된다. 여기에 인공지능 기술을 활용하면, 로봇은 더욱 복잡한 작업을 빠르게 수행할 수 있는 능력을 가지게 된다.

오늘날 로봇 공학 분야에서는 로봇 제어 프로그램을 작성하기 위해 다양한 프로그래밍 언어가 사용되고 있다. 프로그래밍을 처음 배우는 사람들이나 어려움을 겪는 사람들을 위해 간편하게 사용할 수 있는 로봇 제어용 프로그래밍 도구도 많이 개발되어 있다. 이런 도구들 덕분에 개인이 직접 로봇을 제작하고 제어하는 것이 가능해졌다.

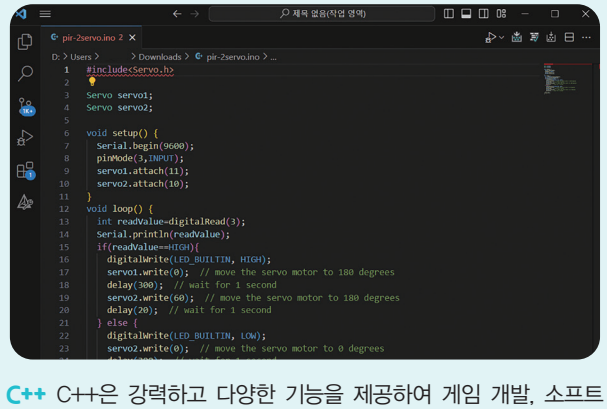
로봇 제어 프로그래밍에는 주로 C++, 파이썬(Python) 등이 사용되는데, 이들은 기능이 뛰어나고 사용이 편리하여 많은 곳에서 사용되고 있다.



엔트리 엔트리는 비영리 교육기관에서 운영하여 무료로 사용이 가능한 코딩 프로그램으로, 다양한 로봇을 제어할 수 있다. 명령어 블록을 이동하고 연결하여 코드를 작성하며, 복잡한 문법을 기억하지 않고도 프로그램을 만들 수 있다. 인공지능 기술을 편리하게 활용할 수 있도록 비디오 감지와 음성 인식 기능을 제공하고 있다.



마인드스톰 레고에서 만든 교육용 로봇 제어 프로그램으로, 무료로 사용이 가능하며 블록 기반과 텍스트 기반의 코딩이 가능하다.



C++ C++은 강력하고 다양한 기능을 제공하여 게임 개발, 소프트웨어 설계 등에 이상적이며, 산업적으로도 널리 사용하고 있다.

▲ 그림 I-16 교육용 로봇 제어 프로그램의 종류

3 간단한 로봇 제작(로봇 팔)

사람의 팔과 모습이 유사한 형태의 로봇을 간단한 제품으로 제작하여 로봇의 구동 원리에 대해 알아보자. 로봇 팔은 처음에는 자동차 조립 등 산업 현장에 주로 이용하기 위하여 개발되었지만, 이제는 카페나 음식점에서 커피를 만들거나 다양한 음식을 조리하는 등 실생활 속에서도 종종 볼 수 있다.



▲ 바리스타 로봇



▲ 조리 로봇

우리는 창의 공학적 문제 해결 과정을 통해 로봇 팔을 제작할 수 있다. 과정 속에서 혁신적인 공학 디자인과 문제 해결 능력을 향상시킬 수 있으며, 새로운 아이디어를 발견하고, 그것을 현실로 구현함으로써 로봇 팔 제작의 핵심 원리를 이해할 수 있다.

01 문제 확인 → 02 아이디어 내기 → 03 아이디어 선정 → 04 시제품 제작 → 05 평가 및 개선

▲ 그림 I-17 로봇 팔 제작 과정

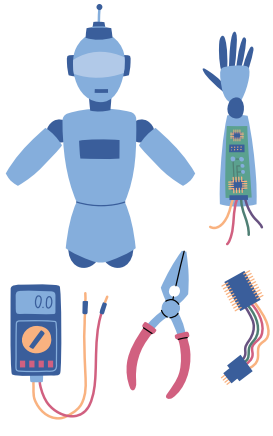
01 문제 확인

로봇 팔의 구조와 특징을 확인하고, 구현하고자 하는 움직임의 형태 및 작동 환경 등 제작에 필요한 요소를 확인한다.

- **자신이 생각하는 로봇 팔의 움직임 또는 제작 방법 등을 정리해 보자.**

예

- 물건을 집거나 들어 올리는 등 다양한 움직임이 가능함
- 적절한 센서를 부착하여 주변 상황을 인식하고 반응함
- 마이크로컨트롤러를 이용하여 사용자의 의도에 맞게 제어 코딩이 가능함



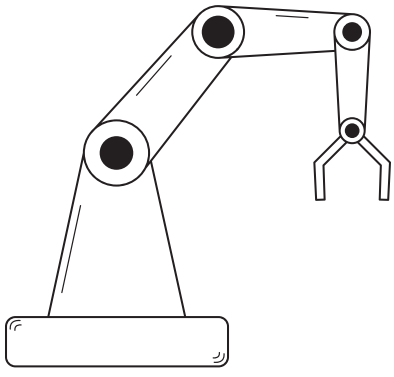
02 아이디어 내기

다양한 로봇 팔의 구조와 부품에 대하여 가능한 한 많은 아이디어를 생각해 본다. 로봇 팔의 전체적인 모습을 먼저 생각해 본 후 세부 요소에 대한 아이디어를 만들어보는 것도 좋다.

❶ 다양한 움직임을 위한 로봇의 형태 생각해 보기

로봇 팔의 움직임을 위해서 관절부(모터)의 위치와 개수, 결합 형태를 구상해 보자.

예



로봇 팔의 관절은 연결 부품 운동의 중심 축이 되며, 관절부의 수에 따라 자유로움의 정도가 달라진다.

❷ 물체를 인식할 수 있는 센서 생각해 보기

대상이 되는 물체의 형태와 색상 등을 살펴보고, 인식 방법을 사전에 계획하여 적절한 센서를 선택해 보자.

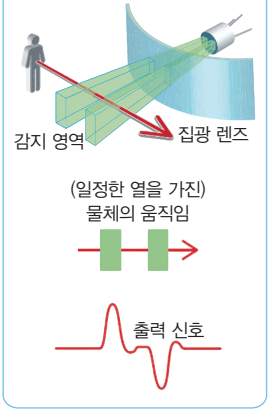
예



PIR(Passive infrared) 센서는 적외선을 이용하여 대상체의 움직임을 감지할 수 있다.

TIP

PIR 센서의 원리



❸ 물건을 잡기 위한 장치 생각해 보기

물건을 잡는 다양한 방법을 살펴보고 간단한 구조의 집게를 구상해 보자.

예



우리가 젓가락을 움직여 음식을 집는 과정을 떠오려 보자. 하나의 젓가락은 고정한 상태로 다른 젓가락을 움직여 대상을 집는다.

❹ 로봇의 움직임을 담당하는 장치를 생각해 보기

전기 에너지(전력과 신호)를 활용하여 동력을 얻는 다양한 방법을 살펴보고 적절한 장치를 선택해 보자.

예

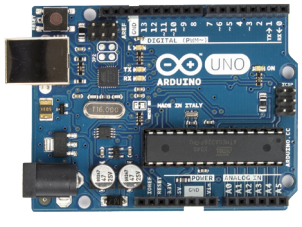


장난감 등에서 흔하게 볼 수 있는 DC 모터에 비해 서보 모터는 비교적 큰 힘을 낼 수 있으며 정확한 회전각을 제어할 수 있다.

❺ 로봇 제어 프로그램 작성이 가능한 제어부(마이크로컨트롤러 등) 생각해 보기

로봇 제어 프로그래밍 환경과 제어 코드 작성 등의 여건을 고려하여 적절한 제어부를 선택해 보자.

예



아두이노 보드는 마이크로컨트롤러를 내장한 기기 제어용 회로 기판이다. 센서나 부품 등의 장치를 연결하면 다양하게 활용할 수 있다. 컴퓨터와 연결해 제어 명령을 보내어 동작하게 되므로 로봇과 같은 장치를 만들 수 있다.



03 아이디어 선정

컴퓨터 활용 설계의 장점

1. 도면의 기본 요소를 갖춘 정확한 작도가 쉽다.
2. 설계의 제작, 수정, 복제, 보관, 전송이 편리하다.
3. 온라인 공동 작업이 가능하다.
4. 완성한 모습을 미리 볼 수 있다.
5. 각 부의 움직임을 가상으로 확인할 수도 있다.

아이디어를 내는 과정을 통해 살펴본 다양한 부품 중에서 적절한 것을 선택한다. 그리고 구체적인 설계 과정을 통하여 부품의 배치 등 아이디어를 구체화 및 시각화하여 제작에 필요한 도면을 완성한다.

우리는 젓가락처럼 생긴 집게를 만들어 서보 모터를 통해 정확한 움직임을 구현할 것이다. 아울러 PIR 센서를 통해 인식한 물체의 움직임 신호를 활용하여 팔 형태의 관절을 구동하는 제어 명령을 작성할 것이다. 제어부 부품으로는 많은 창작자들이 활용하는 아두이노를 이용하며, 기본적인 개발 소프트웨어를 활용한다.

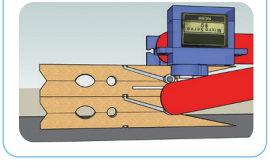
❶ 로봇 팔의 구성 부품 선정하기

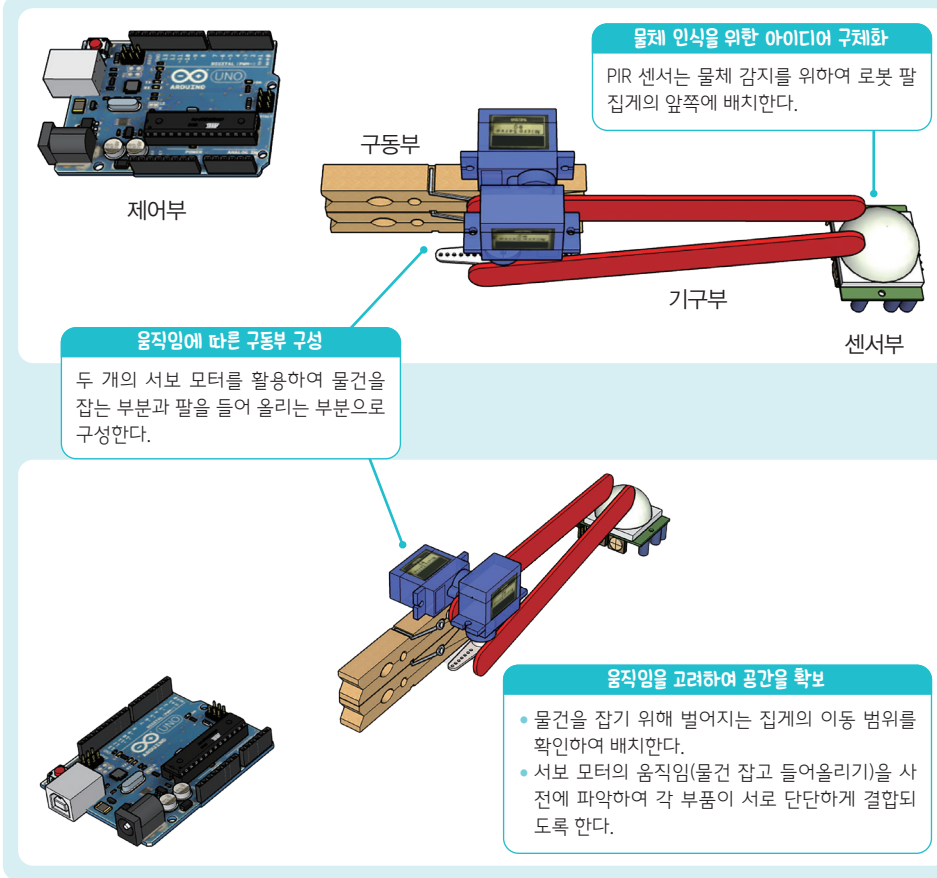
구분	재료명	용도
제어부	아두이노	마이크로컨트롤러
구동부	서보 모터	로봇 팔의 구동부 부품
센서부	PIR 센서	물체 감지를 위한 센서 모듈
기구부	하드바	로봇 팔 기구부 제작 부품

❷ 로봇 팔 구성 부품의 위치 정하기

TIP

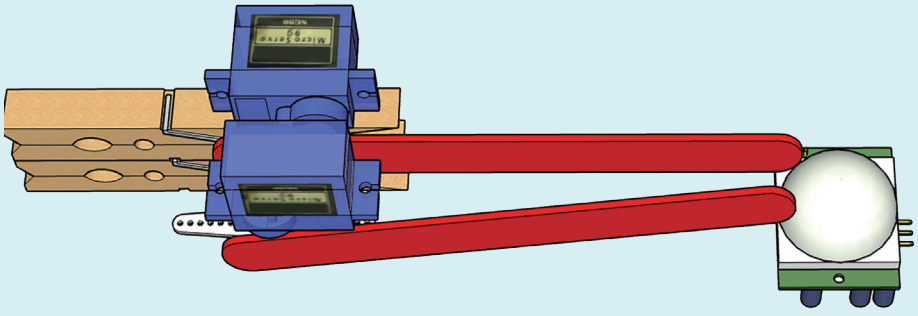
빨래 집게를 받침대로 사용하면 물체를 잡는 집게 부분의 정확한 위치를 쉽게 조절할 수 있다.

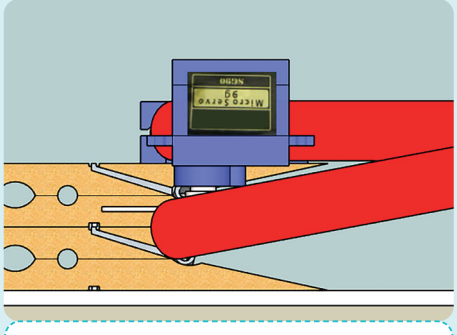
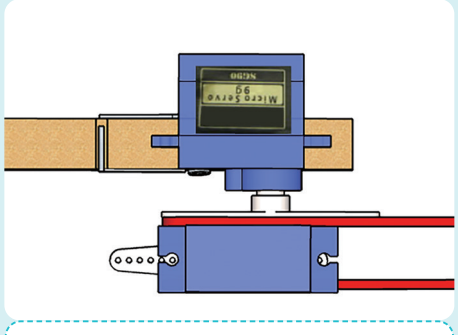




❸ 움직이는 부분 세밀하게 조절하기

최대 180도의 범위 내에서 움직이는 서보 모터의 회전 축을 고려하여 부품을 결합한다.



정면에서 바라본 모습	위에서 내려다 본 모습
	
젓가락과 같이 두 집게 부품(하드바)의 끝이 모아질 수 있도록 부품의 위치와 형태를 조절한다.	동작이 원활하게 이루어질 수 있도록 서보 모터의 움직임 축(서버 혼)과 집게 부품(하드바)의 연결 부위를 단단하게 고정한다.

TIP

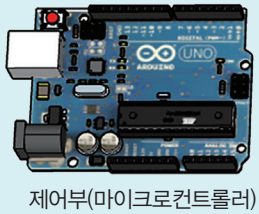
서보 모터 회전 축 초기 각도 설정하기

서보 모터는 서보 혼(servo horn)이라는 부품을 끼워서 사용한다. 제어부에 연결하지 않은 상태의 서보 모터에 그림과 같은 모양의 혼을 끼운 다음 오른쪽으로 끝까지 돌려서 각도를 '0'으로 초기 설정한다.

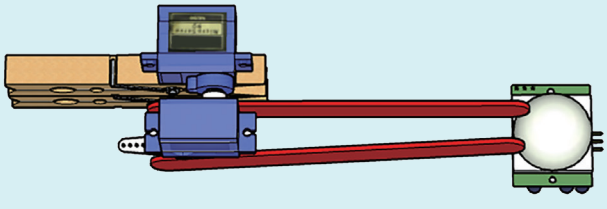


로봇 제어용 마이크로컨트롤러

- 마이크로컨트롤러는 다른 부품(서보 모터 및 센서)과의 연결을 고려하여 위치를 선정한다.
- PC를 이용하여 작성한 로봇 제어 코드는 USB 케이블을 이용하여 마이크로컨트롤러에 전달한다. 이때 주변 부품의 움직임에 방해가 되지 않도록 주의해야 하며, 마이크로컨트롤러와 각 부품(센서, 서보 모터)과의 연결선(점퍼 케이블)도 간섭이 없도록 적절하게 배치한다.



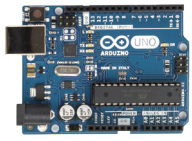
제어부(마이크로컨트롤러)

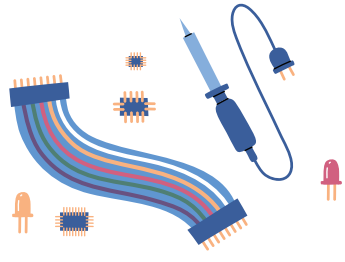


04 시제품 제작

❶ 로봇 하드웨어 제작

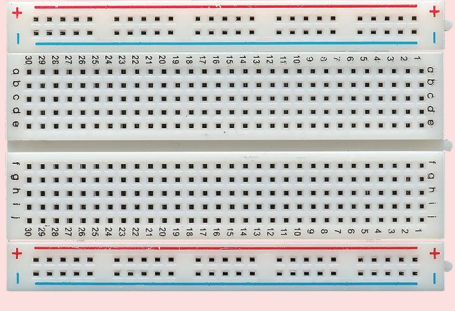
1) 사용 부품

부품명(용도)	재료명	규격	사진	부품명(용도)	재료명	규격	사진
마이크로 컨트롤러 (로봇 제어부)	아두이노 보드	UNO		집게/그리퍼 (기구부)	하드바	대, 중	
신호 연결선 (제어부와 센서, 모터 연결)	점퍼 케이블	수-수, 암-수		결속 장비 (부품 결합)	핫멜트 건	소형	
프로토타입 보드 (전자 부품 연결 보조)	브레드 보드	830홀 (약 165mm×55mm) 400홀 (약 84mm×55mm) 170홀 (약 47mm×35mm)		집게/그리퍼 (거치부)	빨래 집게	나무 재질	
구동 장치 (로봇 팔 구동부)	서보 모터	SG90		바닥 판	포맥스	두께: 2mm	
센서 (물체 감지)	PIR 센서	모듈형					

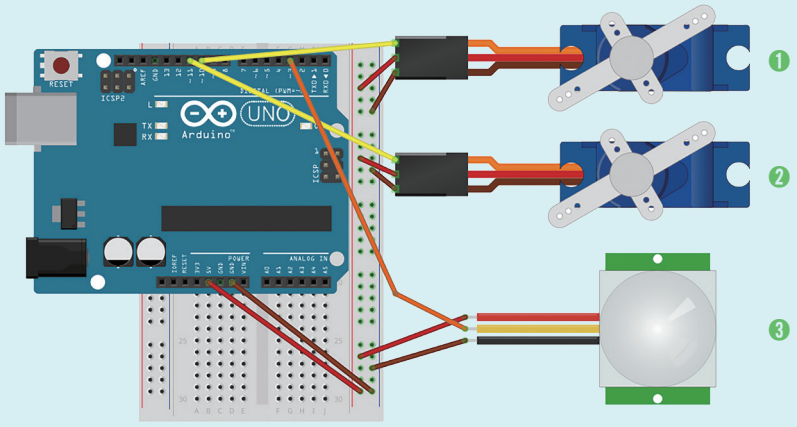


지식 스트레칭 브레드 보드

브레드 보드는 납땜을 하지 않고 반복적으로 전자 회로를 구성할 수 있는 장치다. 브레드 보드의 겉면은 구멍이 여러 개 뚫린 플라스틱으로 이루어졌으며, 내부는 얇은 금속판이 연결되어 있다. 양쪽 끝(그림의 빨간색과 파란색)의 내부는 가로로 연결되어 있으며, (+)와 (–)의 전원을 연결할 때 활용하면 편리하다. 가운데 부분의 내부는 세로로 연결되어 있다.



2) 마이크로컨트롤러와 센서 및 서보 모터 연결 개념도

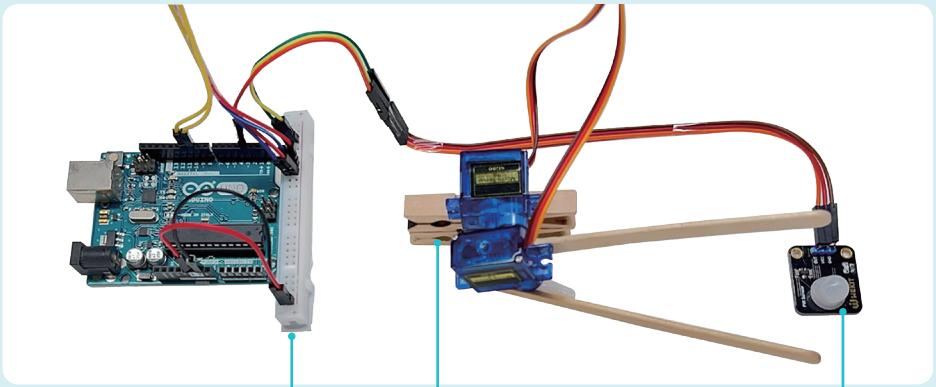


브레드 보드를 활용하면 아두이노와 부품 간의 연결선을 최소화할 수 있어 간단한 회로 구성에 매우 유용하다.

구분	부품	← 연결 →	아두이노
❶ 팔 구동부	서보 모터 1	신호선	10번 핀
		+	5V
		−	GND
❷ 집게 부분	서보 모터 2	신호선	11번 핀
		+	5V
		−	GND
❸ 감지 센서	PIR 센서	신호선	3번 핀
		+	5V
		−	GND

3) 각 부품의 조립 및 배치를 완료한 모습

로봇의 정확한 움직임을 위해서는 부품 간의 견고한 결합이 중요하다. 움직임에 관여하는 부분을 제외한 나머지 부품은 핫멜트 건(글루건) 등을 활용하여 단단하게 고정한다.



전원부(5V)와 접지(GND) 연결을 편리하게 하기 위해 작은 브레드 보드를 이용한다.

빨래 집게를 적당히 벌리면 몸체의 기울임 정도를 바꿀 수 있다.

PIR 센서의 위치를 집게 앞쪽에 설치하여 물체의 이동을 감지한다.

❷ 로봇 제어 소프트웨어 제작

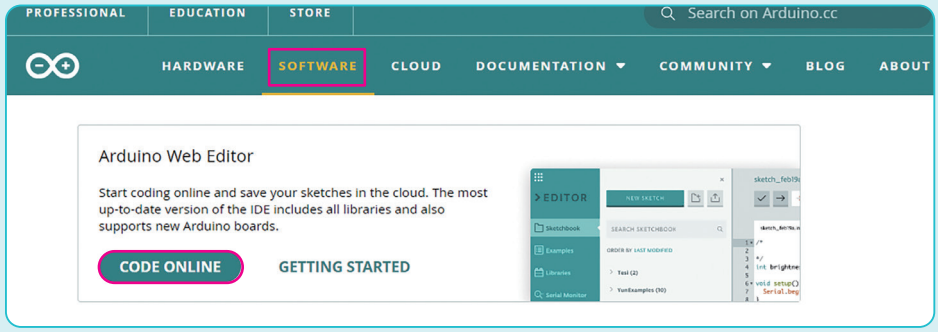
1) 제어 명령 작성 프로그램 사용하기

'아두이노 통합 개발 환경(Arduino IDE)'을 활용하기 위해서는 '아두이노 소프트웨어'로 검색하여 소프트웨어를 찾아 자신의 PC에 설치하거나 웹용 아두이노 통합 개발 환경을 이용한다. 간단한 로봇 제어를 위해서는 웹용 아두이노 통합 개발 환경을 이용하는 것이 편리하다.

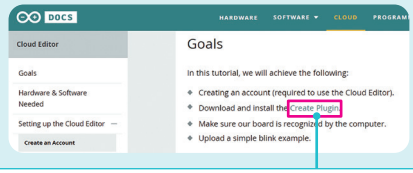
통합 개발 환경(IDE)
코딩, 디버그, 컴파일, 배포 등 프로그램 개발에 관련된 모든 작업을 하나의 프로그램 안에서 처리할 수 있는 환경을 제공하는 소프트웨어

아두이노 웹 사이트
https://www.arduino.cc

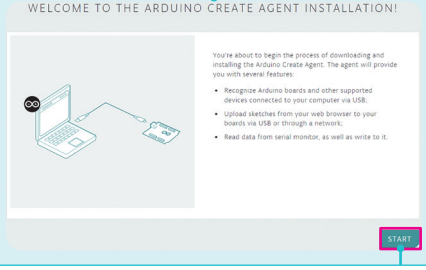
1 'https://www.arduino.cc'에 접속하여 상단의 메뉴에서 [SOFTWARE]를 선택한 후 [CODE ONLINE]을 실행하면 프로그램을 PC에 설치하지 않고 제어 명령을 작성할 수 있다.



2 위 화면에서 [GETTING STARTED]를 눌러 컴퓨터와 아두이노 연결을 위한 기본 환경 조성 프로그램을 설치한다.



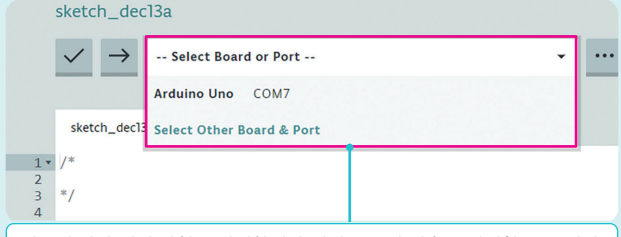
[Create Plugin]을 클릭하여 환경 구축 프로그램 다운로드 과정을 실행



[START] 버튼을 누른 후 사용하는 컴퓨터 환경에 맞는 것을 골라 실행

3 앞의 과정을 통해 플러그인 설치를 마친 후 아두이노를 연결하면 자동으로 장치가 활성화되며 사용할 장치를 선택할 수 있다.

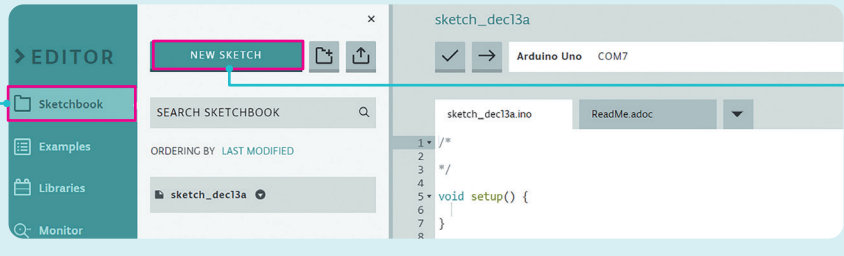




필요에 따라 제어 장치를 선택하거나 연결 포트의 번호를 변경할 수도 있다.

4 프로그램이 실행되면 기본적으로 코딩할 수 있는 빈 파일이 형성된다.

좌측의 [Sketchbook] 메뉴를 통해 코딩 파일과 폴더를 관리(생성 및 분류)할 수 있다.



[NEW SKETCH] 메뉴를 눌러서 새로운 빈 파일을 만들 수도 있다.

2) 로봇 제어 명령 작성하기

웹용 아두이노 통합 개발 환경(Arduino IDE)에서 제어 코드를 작성한다.

```
1  #include<Servo.h>
2  Servo servo1;
3  Servo servo2;
4  void setup() {
5    pinMode(3,INPUT);
6    servo1.attach(11);
7    servo2.attach(10);
8  }
9  void loop() {
10   int readValue=digitalRead(3);
11   if(readValue==HIGH){
12     servo1.write(0);
13     delay(300);
14     servo2.write(60);
15     delay(20);
16   } else {
17     servo2.write(0);
18     delay(300);
19     servo1.write(30);
20     delay(20);
21     }
22  delay(300);
23 }
```

PIR 센서에 물체의 이동이 감지되면 집게(servo1)로 잡은 후 팔(servo2)을 들어올린다.
물체의 이동이 없는 것이 감지되면 이전 동작의 역순으로 움직인다(팔을 내린 후 집게를 벌린다.).

'servo1.write( ), servo2.write( )' 코드의 값(괄호 안의 값)을 변경하면 회전하는 움직임의 크기를 조절할 수 있다.

■ **코드 설명**

1	서보 모터를 사용하기 위해 사용 선언을 먼저 한다.
2~3	두 개의 서보 모터를 활용하기 위한 준비를 한다.
4	아두이노 보드를 구동하면 한 번만 실행될 명령들을 읽는 부분의 시작이다.
5	보드의 3번 핀 기능을 설정한다(PIR 센서 신호선 연결 핀).
6~7	두 개의 서보 모터가 각각 11번, 10번 핀에 연결됨을 선언한다.
8	'void setup' 내용의 끝을 알린다.
9	아두이노 보드를 구동하면 반복적으로 실행될 명령들을 읽는 부분의 시작이다.
10	3번 핀(PIR 센서 신호선)의 값을 'readValue' 변수에 저장한다.
11	'readValue' 값이 HIGH(감지 상태)일 경우만 '12~15번 행'을 실행하도록 한다.
12	1번 서보 모터(11번 핀에 연결)를 각도 '0'의 위치로 이동(집게로 잡기)한다.
13	0.3초 동안 대기(현 상태 유지), 물체를 잡은 동작을 유지한다.
14	2번 서보 모터(10번 핀에 연결)를 각도 '60'의 위치로 이동(팔 들어 올림)한다.
15	0.2초 동안 대기(현 상태 유지)한다.
16	'readValue' 값이 HIGH(감지 상태)가 아닐 경우만 '17~20번 행'을 실행하도록 한다.
17	2번 서보 모터를 각도 '0'의 위치로 이동(팔 내림)한다.
18	0.3초 동안 대기(현 상태 유지), 팔을 내린 동작을 유지한다.
19	1번 서보 모터를 각도 '30'의 위치로 이동(집게 벌리기)한다.
20	0.2초 동안 대기(현 상태 유지)한다.
21	조건에 따른 명령 내용의 끝을 알린다.
22	0.3초 동안 대기(현 상태 유지)한다.
23	'void loop' 내용의 끝을 알린다.

❸ 동작 확인하기



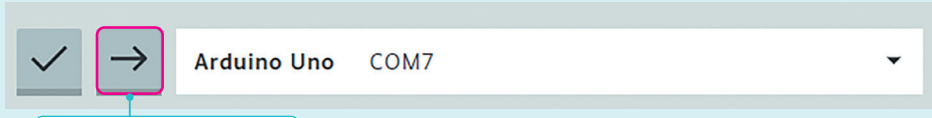


확인(Verify and Save)
아두이노 코드의 구문 오류를 확인하기 위해 사용한다. 코드가 올바르게 작성되었는지 확인 가능하다.



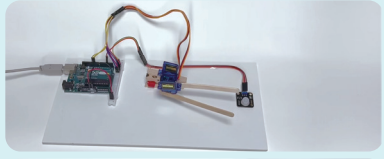
업로드(Upload and Save)
코드를 아두이노 보드로 업로드하는 데 사용한다. 코드를 컴파일한 후, 이를 아두이노 보드에 전송하여 실행 가능한 프로그램으로 변환하며 업로드가 성공하면, 아두이노 보드가 해당 코드를 실행한다.

1 작성을 마친 제어 코드의 이상 유무를 확인하고 아두이노로 업로드한다.



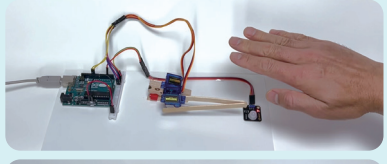
상단 왼쪽의 '업로드' 버튼 클릭

2 집게 앞 쪽의 센서 근처로 손을 움직여 작동 여부를 확인한다.

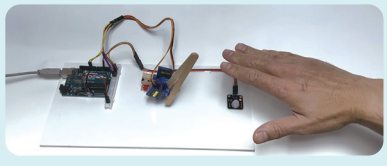


센서에 장애물이 감지될 때까지 로봇 팔이 초기 상태로 대기하고 있는지를 확인한다.

작동 모습 영상으로 보기
https://url.kr/p5bffm



장애물이 감지되면 집게부의 1번 서보 모터가 작동하여 물건을 잡는 동작 여부를 확인한다.



집게로 잡는 동작 직후에 2번 서보 모터의 동작으로 집게부를 들어 올리는 동작 여부를 확인한다.

(이후 장애물을 제거하면 다시 처음 단계로 이동)

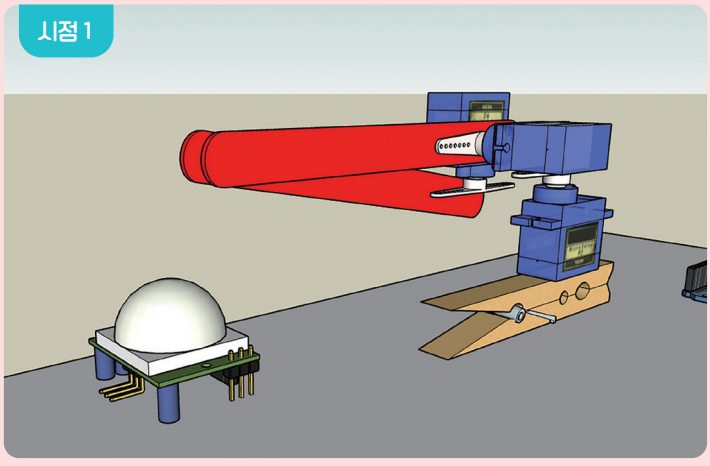
05 평가 및 개선

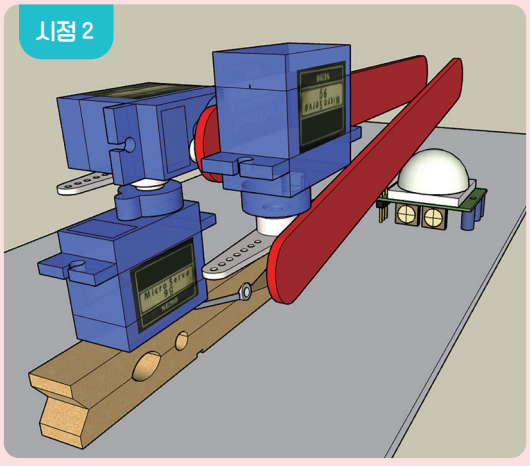
문제 확인 단계에서 설정한 목표를 이루었는지 알아보는 단계로, 완성한 제품에 대한 다양한 테스트를 비롯하여 제작 과정도 함께 평가하고 개선 사항을 이끌어낸 후 적절한 피드백을 실시한다.

평가 요소	평가			피드백
	우수	보통	미흡	
1. 문제 상황과 해결 조건을 정확하게 이해하였는가?				
2. 문제 해결을 위한 다양한 아이디어를 제시하였는가?				
3. 문제 해결 과정 계획이 구체적이었는가?				
4. 선정한 아이디어를 구상도(스케치)로 잘 표현하였는가?				
5. 제작 시 안전 수칙에 맞게 공구를 활용하였는가?				
6. 제작 과정에서 부품(재료)의 활용이 적절하였는가?				
7. 제작품의 마무리가 잘 되었는가?				
8. 완성한 제품이 독창적인가?				
9. 제작품이 안정적으로 작동하는가?				

지식 스트레칭 서보 모터를 추가하여 동작 변형해 보기

로봇 팔을 바닥에 고정하는 부분에 서보 모터를 추가 설치하여 로봇 팔이 좌우로 회전할 수 있도록 개선할 수 있다. 연결 부품(빨래 집게)을 활용하여 로봇 팔이 앞으로 기울어지는 각을 조절할 수 있다.





추가 서보 모터의 신호선은 아두이노의 9번 핀에 연결하고, +/– 선은 기존과 같이 5V와 GND에 연결한다.

```
1  #include<Servo.h>
2  Servo servo1;
3  Servo servo2;
4  Servo servo3;
5  void setup() {
6    pinMode(3,INPUT);
7    servo1.attach(11);
8    servo2.attach(10);
9    servo3.attach(9);
10 }
11 void loop() {
12   int readValue=digitalRead(3);
13   if (readValue==HIGH){
14     servo1.write(0);
15     delay(300);
16     servo2.write(60);
17     delay(20);
18     servo3.write(60);
19     delay(20);
20   } else {
21     servo3.write(0);
22     delay(30);
23     servo2.write(0);
24     delay(300);
25     servo1.write(45);
26     delay(20);
27    }
28   delay(400);
29 }
```

- 추가 서보 모터를 설정
- 추가 서보 모터를 9번 핀에 배정
- PIR 센서로 물체의 이동 감지
- 집게 오므리기
- 팔 들기
- 팔 회전
- 물체의 이동이 없는 것을 감지
- 팔을 원 위치로 회전
- 팔 내리기
- 집게 펴기

- **서보 모터의 회전 명령 사이의 'delay' 값(1/1000 초 단위임)을 조절하여 각 부의 동작 속도를 변화시켜 보자.**

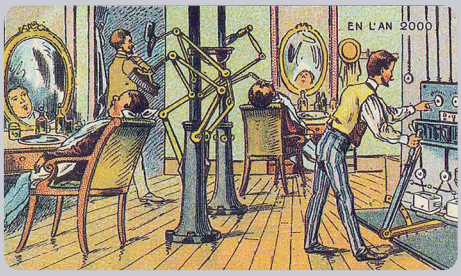
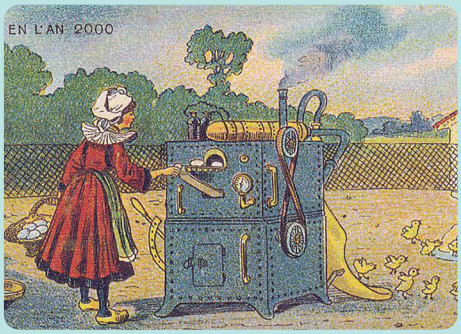
03 생활 속 로봇의 활용

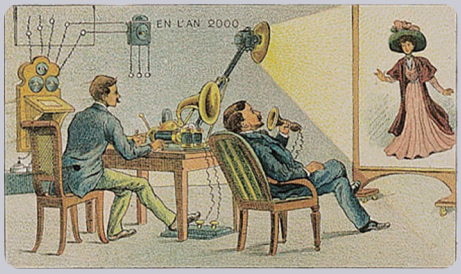
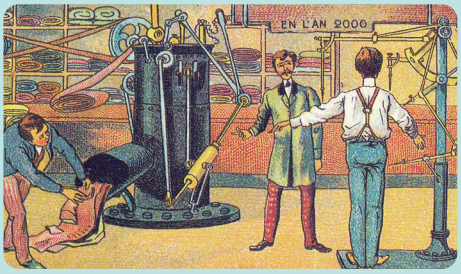
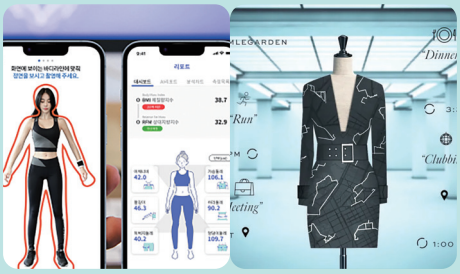
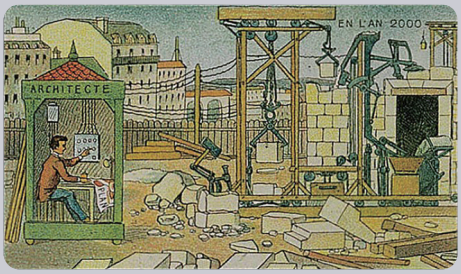
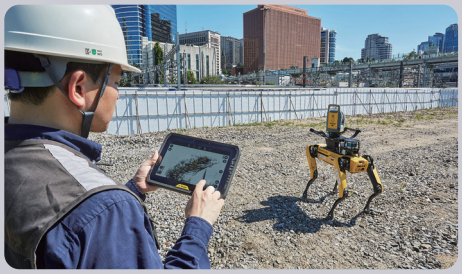
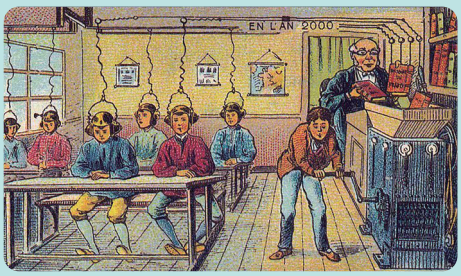
이 단원을 배우고 나면

- 생활 속에서 로봇이 활용되는 분야를 설명할 수 있다.
- 로봇 개발과 활용 사례를 탐색하여 긍정적인 가치를 설명할 수 있다.

생각 열기 옛날 예술가들이 상상한 생활 속 로봇은 현실이 되었을까?

약 100여년 전 활동했던 프랑스의 예술가 장 마크 코테(Jean-Marc Côté)를 비롯한 여러 예술가들의 작품에서 그들이 상상했던 미래의 생활 속 로봇을 확인할 수 있다. 100여년 전 사람들이 상상한 미래의 모습과 현재의 모습을 비교해 보면 선조들의 엄청난 상상력과 후손들의 탁월한 실행력에 감탄하게 된다.

과거, 상상 속 로봇	현재, 생활 속 로봇
 이발에서 면도까지, 기계가 척척 해내는 모습을 상상했었다.	 인공지능 로봇이 대신 머리를 감겨주는 등 미용 서비스에도 인공지능 로봇이 활용되고 있다.
 기계를 이용해 동물에게 먹이가 자동으로 배급되는 것을 상상했다.	 모바일 앱과 연동되어 자동 급식 로봇을 제어하고 있다.

과거, 상상 속 로봇	현재, 생활 속 로봇
 화상 회의를 하는 모습을 상상했다.	 AI가 기록 작성까지 하는 화상 회의를 하고 있다.
 기계가 신체 치수를 측정해 옷을 만드는 과정을 상상했다.	 자동 신체 치수 측정 앱, 인공지능 디자이너가 활용되고 있다.
 건설 현장에서 각종 기계들이 위험한 일들을 하고 있는 것을 상상했다.	 위험한 건설 현장에 투입된 인공지능 로봇을 스마트 기기로 제어하고 있다.
 교과서 내용을 기계에 넣으면 음성으로 읽어주는 시스템을 상상했다.	 상상에 그쳤던 음성 읽기, 맞춤형 학습 시스템 등이 오늘날 교실에서 디지털 기기와 인공지능 기술을 통해 현실화되었다.

미래를 예견해 보면서 로봇 개발과 활용에 대해 보다 더 긍정적인 사고를 가져보자. 제시된 자료와 관련하여 성능이 더 향상된 미래 로봇 개발과 활용을 상상해 보고 함께 이야기해 보자.

1 로봇의 활용 분야

인간은 오래전부터 자신을 대신하여 여러 가지 일을 수행하는 로봇을 영화나 소설에 자주 등장시켰다. 이제 이러한 상상은 현실이 되어 로봇을 생활 곳곳에서 어렵지 않게 만나고 있다.

로봇은 활용 분야에 따라 크게 산업용 로봇과 서비스용 로봇으로 구분할 수 있다.

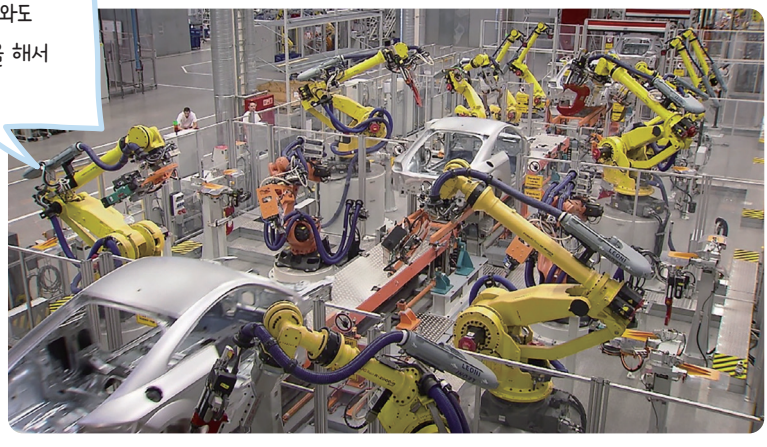
01 산업용 로봇

산업용 로봇은 산업 현장에서 작업을 수행하기 위한 로봇이다. 용도와 특징에 따라 여러 종류가 있으며 다양한 산업 현장에서 각각의 역할에 맞게 사용되고 있다. 최근에는 사람과 협업하는 협동 로봇*의 수요가 크게 증가하면서 작업 현장이 안전해지고 있고 생산성이 크게 늘고 있다.

용어 돋보기

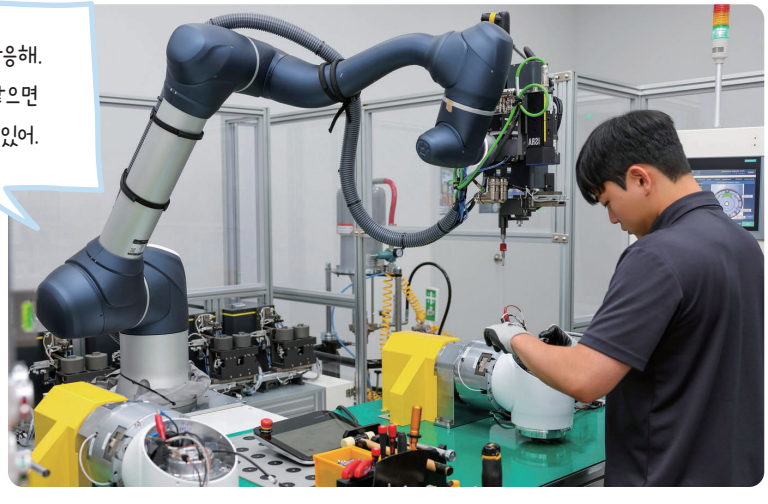
* **협동 로봇** 인간과 협업할 수 있는 로봇으로, 주로 중소 규모 사업장에 적합해 많이 사용되고 있다.

나는 정해진 순서에 따라 일을 처리해.
미안하지만, 나는 누가 옆에 와도
감지하지 못하고 그냥 하던 일을 해서
내 옆에 오면 위험해.



▲ 전통적인 산업용 로봇은 위험하여 사람과 함께 할 수 없었다.

나는 주변 환경에 민감하게 반응해.
그래서 사람이 옆에 오거나 닿으면
그에 맞춰 내 동작을 조절할 수 있어.



▲ 최근에는 사람과 함께 안전하게 작업할 수 있는 협동 로봇이 산업용 로봇의 주류를 이루고 있다.

02 서비스용 로봇

서비스용 로봇은 산업 현장이 아닌 사람들이 편리하게 살아가는 데 필요한 다양한 서비스를 제공하는 로봇이다. 서비스 로봇도 산업용 로봇과 마찬가지로 인간을 대신하여 일을 하며, 현재 다양한 종류가 개발되어 여러 분야에서 활용되고 있다.

서비스용 로봇은 인간의 일상생활 속에서 여러 가지 서비스를 제공하는 개인 서비스용 로봇과 전문적이고 특수한 작업을 수행하는 전문 서비스용 로봇으로 구분된다. 최근에는 인공지능 기술과 결합되어 외부 환경을 인식하고 스스로 상황을 판단하여 자율적으로 작동하는 지능형 로봇으로 발전하면서 활용 분야가 더욱 넓어지고 있다.

교육 목적의 로봇이 학교에 보급되어 수업과 다양한 교육 활동에 활용되고 있다.



생성형 AI를 탑재한 안내 로봇은 대화 내용뿐 아니라 다양한 콘텐츠까지 생성하여 고객에게 여러 가지 정보를 안내한다.



로봇의 도움으로 의사들은 기존보다 더 정밀하고 유연하게 복잡한 수술 절차를 수행하고 있다.



식량 부족이나 인구 감소로 인한 노동력 부족 등 농업 관련 문제를 로봇이 해결할 것으로 보인다.



재난 현장에서 응급 처치를 하는 의료용 로봇이 사람의 생명을 살리고 있다.



화성, 달 등에 도착하여 지형을 탐색하고 토양을 분석하는 등 우주 탐사 업무를 수행한다.



▲ 그림 I-18 서비스용 로봇의 활용

읽을거리 일상을 편리하게 바꾸는 서비스 로봇의 등장

로봇이 일상으로 들어오고 있다. 첨단 기업 연구소에나 있을 것 같은 로봇을 이제 사무실, 가게 심지어 집에서까지 볼 수 있는 시대가 오고 있는 것이다. 이와 같은 서비스 로봇은 우리의 생활 방식, 나아가 고용 체계까지 바꿀 수 있기에 주목할 만하다.

G 사의 혁신 프로젝트 중 하나인 '에브리데이 로봇 프로젝트(Everyday Robots Project)'는 일상용 로봇을 만들고 있다. 이 프로젝트에서 만드는 기술이 바로 서비스 로봇이다. 이 로봇들은 사무실을 돌아다니며 의자를 가지런하게 정리하고, 쓰레기를 줍고, 책상을 닦고 분리 수거를 한다. 하드웨어 자체는 1m 가량의 긴 기둥과 바퀴가 있는 받침대로 구성됐고, 카메라와 팔 하나가 탑재됐다. 팔에는 작은 집게가 있어 청소 도구를 부착하거나 물건을 집고, 문을 여닫는다.



▲ G 사의 서비스 로봇이 청소를 하는 모습

비단 G 사만이 아니다. 국내외 가리지 않고 많은 기업이 서비스 로봇 분야를 성장 동력으로 보고 경쟁적으로 투자 중이다. 구체적으로 살펴보면, S 사는 요리·보행·서빙·헬스 케어 등 보조 서비스 역할을 하는 로봇 개발에 주력하고 있으며, L 사는 로봇을 용도별로 맞춤화해 레스토랑, 병원, 물류 센터 등에 제공하며, 서비스 로봇 보급에 힘쓰고 있다. N 사의 경우 아예 신사옥을 로봇 친화적인 건물로 짓고, 로봇 기술을 연구하고 있다. 배달 플랫폼으로 유명한 U 사의 경우 실외 배달 로봇 기술에 투자해 눈길을 끌었다.

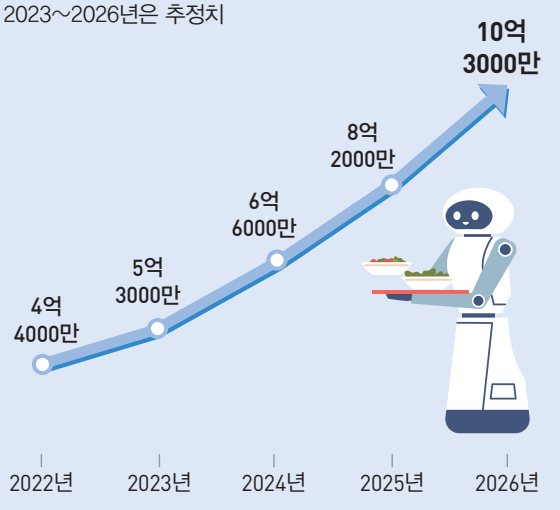
이처럼 많은 기업들이 서비스 로봇 산업에 투자하는 이유는 그만큼 서비스 로봇 산업의 전망이 밝기 때문이다. 시장 조사 업체 마켓스앤마켓스(Markets and Markets)의 '서비스 로봇 시장 2026 글로벌 전망 보고서'에 따르면 핵가족 및 세계 인구의 증가로 인해 청소, 교육, 노인 지원, 오락 및 취미 목적을 위한 가정용 로봇에 대한 수요가 증가했으며 전 세계적으로 고령 인구가 늘어나 중국, 일본과 같은 국가에서 보조 로봇에 대한 수요가 증가하고 있다고 한다.

출처 삼성SDS, 2023. 4. 24.

국내 서비스 로봇 시장 규모 전망

단위: 달러

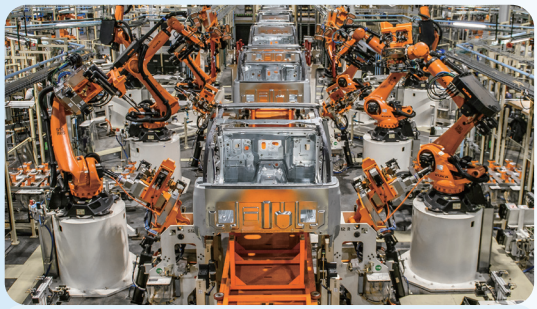
2023~2026년은 추정치



출처 한국과학기술정보연구원(2022)

2 로봇의 활용 사례

산업용 로봇과 의료용, 교육용, 재난 구호용 등 다양한 분야의 서비스용 로봇이 일상에서 폭넓게 활용되며 우리의 삶을 편리하게 하고 있다. 이는 로봇이 사람의 한계를 뛰어넘어 빠르고 정확하게 작업을 수행할 수 있으며, 시간과 장소나 환경에 구애받지 않고 다양한 일을 처리할 수 있기 때문이다. 이러한 특성 덕분에 로봇은 앞으로도 활용 범위가 지속적으로 확대될 것으로 기대된다.



전통적인 산업용 로봇
전통적인 산업용 로봇은 정해진 작업을 정확하고 효율적으로 수행한다. 다만 안전상의 이유로 대형 공장에서만 사용되고 있다.



협동 로봇
협동 로봇은 각종 센서를 통해 외부 환경을 인식하여 각종 위험에 대처하기 때문에 사람과 함께 작업할 수 있어 중소 규모의 공장(SME)에서도 널리 활용되고 있다.



간호 보조 로봇
간호 보조 로봇이 간호사의 잡무를 도와줌으로써 환자에게 집중할 수 있는 시간을 확보해 주고 있다.



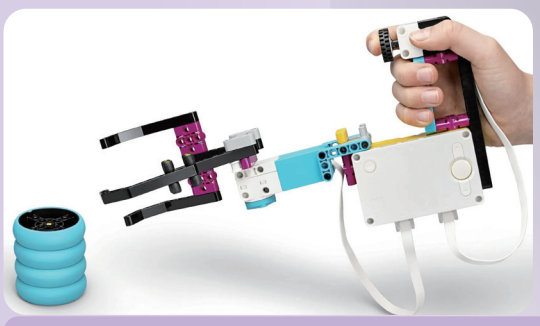
수술 로봇
수술 로봇과 같은 의료용 로봇은 디지털 보조 인력으로서 의사에게 도움을 주고 있다. 특히, 증강 지능*이 도입되면서 보다 정밀하고 정확한 수술이 가능해졌다.

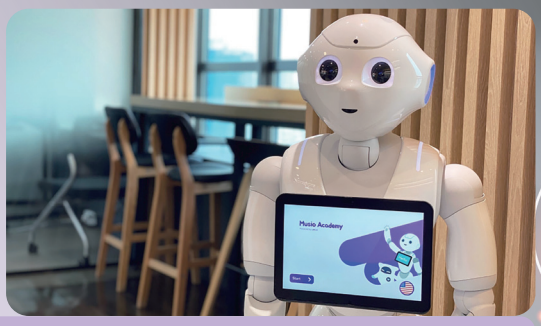


인공지능 돌봄 로봇
돌봄 로봇의 발달은 돌봄 노동자 부족 문제를 해결하는 대안으로 떠오르고 있다.

용어 돋보기

* **증강 지능** 지능 증폭이라고도 하며, 인간을 대체할 목적보다는 인간의 인지 능력을 향상시킬 목적으로 개발된 기술이다.

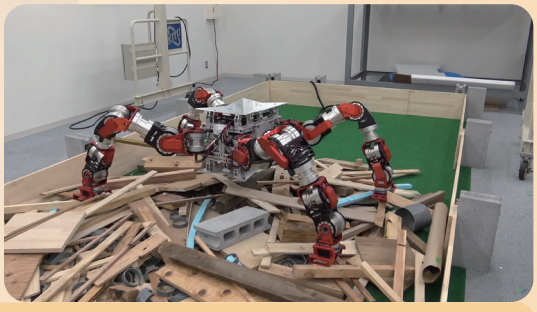




교육용 로봇

교구용 로봇, AI 보조 교사 로봇 등 교육용 로봇이 효과적인 교육을 위해 활용되고 있다. 학습 목표에 따라 다양한 핸즈온(Hands-on) 활동이 가능한 교구용 로봇을 통해 학생들은 문제 해결 능력, 창의력이 향상될 수 있다. 또한 AI 보조 교사 로봇을 통해 수업 보조 활동 뿐 아니라 개인 맞춤형 교육을 제공할 수 있다.





재난 구호 로봇

인공지능(AI), 빅데이터로 재난 지역을 사전 감지하고 드론이나 로봇을 동원하여 구호 지원을 할 수 있다. 또는 사람이 접근하기 어려운 곳이나 재난 지역 등에 로봇은 쉽게 접근할 수 있어 구호 활동이 가능하다.

잠깐 해보기 로봇의 활용 분야 탐색하기

- 앞에서 소개된 로봇 이외에 우리 생활에서 발견할 수 있는 로봇 두 가지를 탐색해 보자. 그리고 이 로봇이 없었더라면 어떤 불편함이 있을지 생각해 보고 친구와 이야기를 나눠보자.

내가 발견한 생활 속 로봇	이 로봇이 없다면 어떤 불편함이 있을까?	
	내 생각	친구 생각

법률도 응원하는 로봇 개발과 활용



국내 로봇 회사가 만든 자율 주행 배송 로봇이 캠핑장을 주행하고 있다.


국내 자동차 회사가 인수한 4족 보행 로봇이 사람과 상호 작용하고 K-팝 음악에 맞춰 춤을 추고 있다.

우리나라에는 지능형 로봇에 대한 각종 규제를 완화시킨 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」이 있다. 이 법은 실외 이동 로봇에 대한 정의, 운행 안전 인증체계, 보험 가입 의무 등 로봇이 실외 이동을 할 수 있도록 허용하기 위한 기반 마련에 관한 내용을 담고 있으며, 법적 안정성 확보를 위해 한시법이었던 「지능형 로봇법」을 영구법으로 전환했다. 이 법안이 시행되면서 보도 통행과 공원 출입이 금지되었던 로봇의 규제가 풀리게 되었다. 이로써 국내에서도 미국, 일본 등 주요국과 같이 안전성을 갖춘 로봇의 실외 이동이 허용되어 배송, 순찰, 방역, 안내, 청소 등 서비스 시장에서 다양한 로봇을 활용할 수 있게 되었다.

로봇 산업 발전을 가로막았던 규제 장벽들이 하나둘씩 무너지면서 여러 기업들이 발빠르게 로봇의 시대를 대비하고 있다. L전자를 비롯해 S전자, H자동차 그룹 등이 로봇 관련 기업에 지분을 투자하거나 연구소를 설립하는 등 기술 확보에 박차를 가하고 있다. 향후 로봇 산업은 가파른 성장세를 보일 것으로 전망된다.

Q 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」이 로봇 개발과 활용에 어떤 영향을 미치게 될지 생각해 보자.



주제 탐구 활동

다양한 분야의 로봇 탐색하고 가치 생각하기

다음은 로봇이 활용되는 다양한 분야를 나타낸 그림이다. 그림을 보고 각 활동을 해 보자.



1 그림 속 로봇 중 2가지를 선택하여 적어 보고 이들이 생활 속에서 어떻게 사용되고 있는지 기능을 탐색해 보자.

1

2

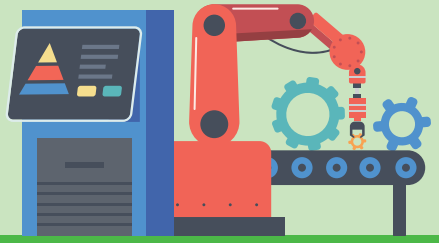
2 위에 적은 로봇이 점차 발달해가면서 우리에게 어떤 가치가 있을지 생각해 보자. 이때, 개인과 사회, 국가 측면에서의 가치로 구분해 보자.

	선택한 로봇 1	선택한 로봇 2
개인	예 구조용 로봇은 부상당한 개인을 빠르게 찾아서 구조한다는 측면에서 큰 가치를 지닌다.	
사회	예 구조 로봇은 효율적인 재난 대응이라는 측면에서 가치가 있다.	
국가	예 로봇을 효과적으로 이용한다는 국가적 인식으로 국제적 리더십이 돋보일 수 있다.	

소단원 1분 요약

1 생활 속 로봇 중 산업용은 제조 현장에서 활용되며, 서비스용은 개인과 전문적인 영역에서 서비스를 담당하고 있다.

2 로봇의 활용은 개인과 사회, 국가적으로 효용 가치가 크며, 우리에게 더욱 편리하고 풍요로운 삶을 지원한다.



04 인공지능과 로봇 윤리

이 단원을 배우고 나면

- 인공지능 기술을 설명할 수 있다.
- 인공지능 기술을 활용한 로봇의 특징과 문제점을 분석하여 설명할 수 있다.
- 인공지능 기술을 활용한 로봇 개발 및 활용에 대한 바람직한 윤리 의식을 실천할 수 있다.

생각 열기 인간에게 도움을 준 로봇 vs 인간에게 아픔을 준 로봇

디지털 사회로 발전하면서 우리는 일상 곳곳에서 로봇을 만나고 있다. 배달 로봇, 서빙 로봇은 이미 상용화되었고, 가사 지원에서부터 건강 관리, 엔터테인먼트에 이르기까지 생활 곳곳에서 로봇이 확대되고 있다.

그러나 로봇의 등장을 바라보는 시각은 기대와 우려가 섞여 있다. 선견지명이 있었던 것일까? 1950년 소설가 아이작 아시모프(Isaac Asimov)는 자신의 소설 '아이, 로봇(I, Robot)'을 통해 로봇 3원칙을 제안한 바 있다.

로봇 기술은 점차 감성을 인식할 수 있는 수준으로 발전하고 있다. 영화 속에서는 감정을 지닌 로봇이 종종 등장하는데, 실제로 로봇이 감정까지 가지게 된다면 로봇을 인간처럼 인격을 지닌 주체로 보아야 할지에 대한 철학적 논의도 필요해질 것이다. 이러한 문제를 함께 고민하며, 인간과 로봇이 공존할 수 있는 해법을 찾아나가야 한다.

이러한 가운데 다음은 인공지능 로봇이 인간에게 도움이 된 사례와 아픔을 준 사례들이다. 두 가지 측면의 사례를 살펴 물음에 답해보자.

도움을 준 로봇 사례



서울시의 한 자치 단체에서 도입한 인공지능 로봇은 홀몸 어르신과 홀몸 장애인의 외로움을 덜어주고 있다. 로봇은 이들에게 심리적 안정과 삶의 질 향상에 도움을 준 것으로 분석되었다.

출처 뉴스로, 2022. 8. 23.

아픔을 준 로봇 사례



인간 대 로봇 체스 경기에 참가한 7세 소년이 체스 로봇의 갑작스런 공격으로 부상을 입었다. 개발자는 일종의 소프트웨어 오류일 뿐이라며 이전에는 이런 일이 일어나지 않았다고 체스 로봇을 옹호했다.

출처 중앙일보, 2022. 7. 25.

도움을 준 로봇 사례



사진 속 시설은 덴마크 기업이 운영 중인 유럽 최대 규모의 수직 농장이다. 이 농장은 100% 로봇 기반으로 운영되고 있다. 특히 이 농장은 풍력 발전으로부터 전력을 공급받아 LED를 사용하고 있으며, 물 사용량이 기존 농작물 재배 방식보다 95% 정도 적다는 특징이 있다.

출처 CWN, 2021. 2. 26.

아픔을 준 로봇 사례



미국 실리콘 밸리의 한 쇼핑몰에서 경비 업무를 담당하던 로봇이 생후 1년 4개월 된 아이를 다치게 했다. 더욱 우려되는 점은 아이가 넘어졌는데도 로봇이 여러 차례 발을 밟고 지나갔다는 것이다. 로봇 제조사는 이제까지는 한 번도 사고가 일어나지 않았다고 말하면서도 상황을 심각하게 받아들이고 있다고 밝혔다.

출처 세계일보, 2016. 7. 14.

도움을 준 로봇 사례





○○식당의 매장에 필요한 직원은 30명이 넘지만 위치가 도심에서 10km 넘게 떨어진 탓에 사람 구하기가 하늘의 별따기보다 어려웠다. 해법이 되어 준 것은 바로 서빙 로봇. 지난 4월 16대를 도입한 뒤 구인 부담을 덜었다. 여기에 식탁마다 놓인 태블릿 자동 주문 시스템까지 더해 마침내 이 식당은 일손 부족에서 벗어났다.

출처 KBS 뉴스, 2023. 10. 8.

아픔을 준 로봇 사례



도정 공장의 포장 적재 공정에서 자동 적재기로 쌀 포대 교체 작업을 하던 중, 작업자가 자동 적재기와 로봇 사이에 끼어 사망하는 중대재해 사고가 있었다.

출처 고용노동부, 2023. 5.

로봇이 인간에게 아픔을 주지 않게 하려면 로봇을 개발할 때 어떤 윤리적인 생각을 하도록 해야 할지 생각해 보자.

1 인공지능 기술의 이해

우리는 일상생활 또는 드라마나 영화, 광고 등에서 인공지능 기술을 활용한 기기나 서비스를 쉽게 보거나 접할 수 있다. 인공지능에게서 영화나 드라마를 추천받고, "○○야"라고 인공지능 비서를 부르면서 편리하게 정보를 검색하고 상대방에게 전화를 걸기도 한다. 또한, 인공지능 기술을 활용한 서비스를 사용해 대화를 하거나 글, 그림을 새롭게 만들어내는 데도 도움을 받고 있다.

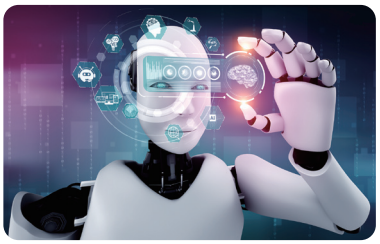
이처럼 우리 생활 곳곳에서 활용되는 인공지능 기술은 인간의 지능을 그대로 모방한 기술로서 인식, 학습, 추론*, 판단 등 다양한 능력을 컴퓨터나 기계를 통해 구현하는 것을 말한다. 인공지능 기술은 인식, 표현과 추론, 학습, 인간과의 상호 작용, 사회적 영향과 같은 특징이 있다. 이와 함께 컴퓨터의 성능 향상, 다양한 인공지능 모델*과 알고리즘*의 개발 등을 통해 인공지능의 성능이 점차 향상되고 있다. 이를 통해 우리는 생활 곳곳에서 혁신적인 편리함을 누리고 있다.

용어 돋보기

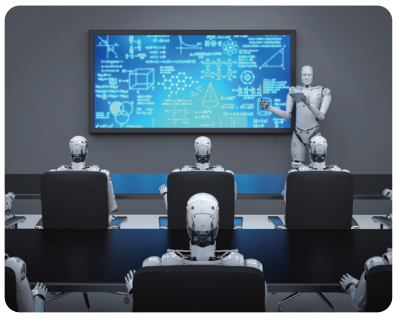
* **추론** 이미 알고 있는 지식을 통해 새로운 정보나 상황을 이해하고 판단하는 것
* **인공지능 알고리즘** 주어진 문제를 해결하기 위해 필요한 절차(방법), 인공지능이 학습하는 방법
* **인공지능 모델** 선택한 알고리즘에 주어진 데이터를 입력하여 학습을 완료한 것(학습이 완료된 알고리즘)



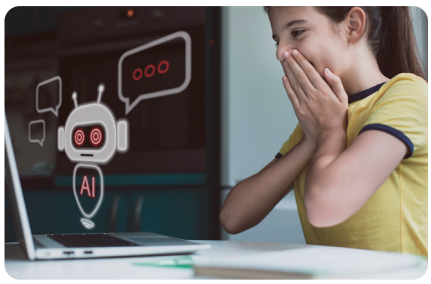
인식 인공지능은 센서를 통해 외부로부터 정보를 수집, 해석하여 인식할 수 있다.



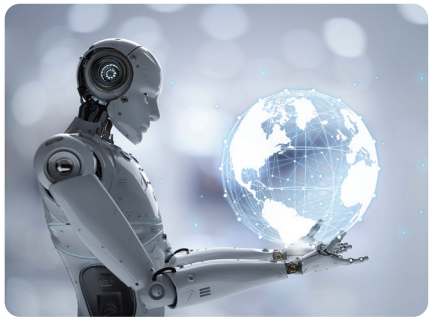
표현과 추론 인공지능은 다양한 방법으로 정보를 표현하고 그 정보를 바탕으로 논리적인 판단과 결론을 내린다.



학습 인공지능은 다양한 데이터를 기반으로 학습한다.



인간과의 상호 작용 인공지능은 많은 종류의 지식을 활용하여 인간과 자연스럽게 상호 작용한다.



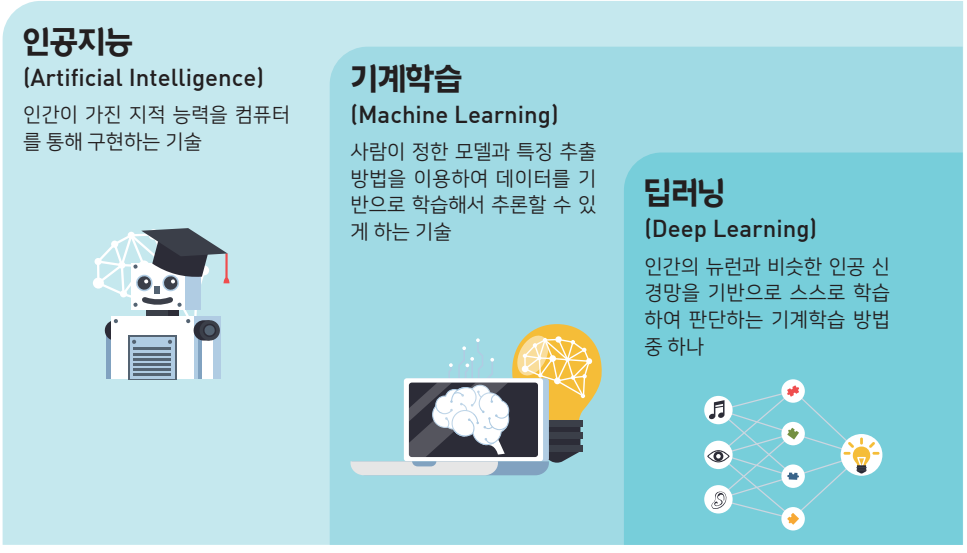
사회적 영향 인공지능은 긍정적이거나 부정적인 측면에서 사회적으로 영향을 미치고 있다.



▲ 그림 I-19 인공지능 기술의 주요 특징

인공지능 기술이라고 하면 가장 많이 등장하는 용어가 기계학습과 딥러닝이다. 먼저, 기계학습은 기계가 스스로 데이터를 학습하고 학습된 내용을 바탕으로 새로운 데이터를 분류하거나 예측하는 기술이다. 제품 이미지를 분석해 제품을 자동으로 분류하거나 과거 구매 이력이나 관심 상품, 찜 목록 등을 분석해서 상품을 추천하는 서비스에 사용한다.

딥러닝은 기계학습의 한 분야로, 인공 신경망을 기반으로 더욱 정교한 학습을 수행하는 기술이다. 딥러닝은 기계학습과는 달리 사람이 데이터에 개입하지 않고 컴퓨터가 스스로 데이터를 기반으로 학습하고 문제를 수행한다. 인간의 뇌를 모방한 만큼 여러 번의 학습을 수행하면서 스스로 적절한 답을 찾아간다. 새로운 미술 작품이나 소설 등을 생성하거나 로봇이나 자율 주행 자동차에서 실시간으로 정보를 인식하고 분석해서 상황을 인지하는 것은 딥러닝 기술로 가능한 것이다.

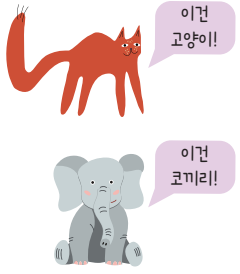


▲ 그림 I-20 인공지능 학습과 딥러닝

기계학습의 구분

• **지도 학습**

문제와 정답을 모두 알려주고 공부시키는 방법



• **비지도 학습**

답을 가르쳐주지 않고 공부시키는 방법



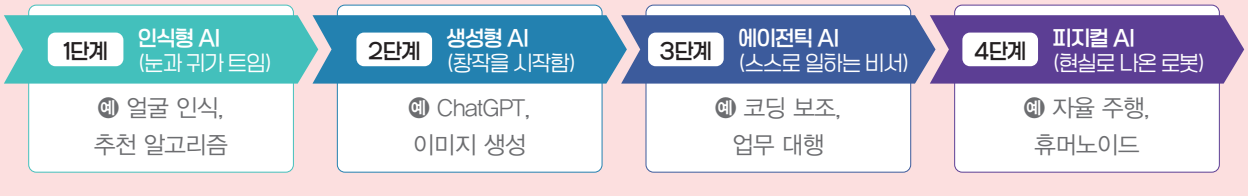
• **강화 학습**

보상을 통해 상은 최대화, 벌은 최소화하는 방향으로 행위를 강화하는 학습



지식 스트레칭 인공지능의 진화 4단계

인공지능은 인간처럼 학습하고 성장하는 과정을 거친다. 처음에는 눈과 귀로 정보를 구별하는 단계(인식형 AI)에서 시작해, 새로운 것을 창작하는 단계(생성형 AI)를 거친다. 이후 스스로 계획을 세워 업무를 처리하는 비서가 되고(에이전틱 AI), 마침내 로봇이나 자율 주행 자동차와 같이 현실 세계에서 직접 움직이는 단계(피지컬 AI)로 완성된다.



▲ 그림 I-21 인공지능의 진화 4단계

2 인공지능 로봇의 특징

인공지능 로봇은 지능형 로봇이라고도 하며, 인간의 통제나 지원을 받지 않고 스스로 주변 환경에 대한 정보를 수집하고 인지하여 그에 대응하는 행동을 할 수 있는 로봇을 말한다. 이러한 인공지능 로봇은 유연성 강화, 생산성과 효율성 향상, 개인 맞춤 서비스 제공, 새로운 산업 생태계 창출이라는 긍정적인 특징을 가진다. 그러나 일자리 위협, 사생활 침해, 신뢰성과 안정성 저하, 책임 소재의 문제 등의 논란의 대상이 되기도 한다.



▲ 그림 I-22 인공지능 로봇의 긍정적인 면과 부정적인 면

잠깐 해보기 내 주변에서 인공지능 로봇의 영향 살펴보기

- 1주일 동안 직, 간접적으로 경험한 인공지능 로봇을 떠올려보고, 이 로봇이 나와 가족의 삶에 어떤 영향을 미치고 있는지 생각해 보자.

3 인공지능 로봇과 윤리

데이터 수집 및 저장 과정에서 개인 정보 침해, 데이터 편향과 같은 신뢰성과 안정성이 저해되는 윤리적인 문제가 발생되면서 로봇이 인간에게 정신적, 신체적으로 해를 입히는 사례들이 증가하고 있다. 이런 문제를 방지하려면 인공지능 로봇의 설계 단계부터 윤리적인 시스템을 도입할 필요가 있다. 로봇에게 윤리적인 시스템을 도입할 때는 '인간의 존엄성에 해가 되면 안 된다'와 같은 큰 원칙을 제시하고 이에 따라 결정을 내리도록 해야 하며 인공지능 로봇 영향 평가를 통한 지속적인 모니터링도 필요하다.

각 국가는 윤리적 가이드라인 및 관련 법을 제정하고, 개발자들은 스스로 윤리적인 알고리즘을 개발하겠다는 의지를 다지는 개발자 선서를 하고 있을 뿐만 아니라 사용자나 관리자는 보다 면밀하게 인공지능 로봇을 확인하고 있다. 인공지능 로봇과 관련된 다양한 이해 관계자*들이 있는 만큼 협의와 조정을 통해 윤리적인 인공지능 로봇이 개발, 활용될 수 있도록 다 같이 힘을 합쳐 다각도의 노력을 기울여야 할 것이다.

스마트 씽킹

인공지능 로봇이 가져온 개인 정보 침해, 데이터 편향 등의 윤리적인 사건·사고에는 어떤 것이 있었을까?

용어 돋보기

* **이해 관계자** 인공지능 로봇과 관련하여 직접, 간접적으로 이해 관계를 가지는 개인이나 기관



▲ 그림 I-23 인공지능 로봇에게 꼭 필요한 윤리 기준

출처 과학기술정보통신부(2020)

지식 스트레칭 로봇 윤리에 대한 원칙 이야기

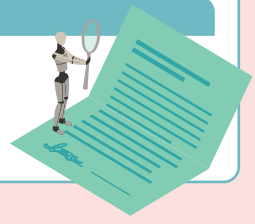
우리의 미래는 현재보다 훨씬 더 많은 로봇으로 가득 차게 될 것으로 예상된다. 그러나 로봇과 어떻게 공존해 나갈지에 대한 해답은 아직 나오지 않았다. 로봇의 설계와 제조, 사용에 관한 윤리적 원칙이 필요한 시대가 온 것이다. 이러한 윤리적 원칙은 어느 수준 이상의 자율성을 갖도록 설계된 로봇의 행동을 지원하는 기반이기도 하다. '로봇 공학의 규칙에 관한 유럽연합(EU) 보고서'의 저자인 메이디 델보는 "현 상황은 자동차가 처음 도로에 등장했을 때와 비슷하다. 최초의 운전자들에게는 규칙이 없었다. 하지만, 기술이 널리 퍼지면 사회는 규칙을 필요로 한다"고 이야기한 바 있다.

● 로봇이 갖춰야 할 윤리

로봇의 윤리적 원칙에 대한 내용 중 가장 널리 알려진 것은 미국의 과학 소설가이자 저술가인 아이작 아시모프가 1942년 자신의 소설 속에서 제안한 로봇 3원칙이다. 물론 이 원칙에 대한 비판의 목소리도 많다. 그저 소설 속의 이야기일 뿐이라는 것이다. 그러나 여러 가지 논의 속에서도 아시모프의 로봇 3원칙이 가장 적합하다고 이야기하는 목소리도 많다.

아시모프가 제안한 '로봇 3원칙'

- **원칙 1** 로봇은 인간에게 해를 끼치거나 인간이 해를 입도록 방관해서는 안 된다.
- **원칙 2** 원칙 1의 조건 하에서 로봇은 인간이 내리는 명령에 따라야 한다.
- **원칙 3** 원칙 1과 2의 조건 하에서 로봇은 자신의 존재를 보호해야 한다.



● 로봇을 만들고 사용하는 사람들이 지켜야 할 윤리

2011년 영국의 '공학 및 자연과학 연구위원회(EPSRC)'와 '인문학 연구위원회(AHRC)'는 실제 세계에서 '로봇을 설계 · 제조 · 사용하는 사람이 지켜야 할 5대 윤리 강령'을 공동으로 발표했다. 이 내용은 지금도 로봇 윤리에 관해 유용한 출발점으로 널리 받아들여지고 있으므로 살펴볼 필요가 있다.

로봇을 설계·제조·사용하는 사람이 지켜야 할 5대 윤리 강령

1. 로봇은 사람을 살상하는 것을 유일하거나 주된 목적으로 설계되어서는 안 된다.
2. 책임을 져야 할 것은 로봇이 아니라 사람이다. 로봇은 사람의 목적을 달성하기 위해 설계된 도구다.
3. 로봇은 안전과 안정성을 담보하는 방식으로 설계돼야 한다.
4. 로봇은 인공물이다. 감정적 반응이나 의존을 유발함으로써 취약한 사용자를 착취하도록 설계돼서는 안 된다.
5. 로봇에 대해 법적인 책임이 있는 사람을 찾아내는 것이 항상 가능해야 한다.

로봇 3원칙과 로봇을 설계·제조·사용하는 사람이 지켜야 할 5대 윤리 강령을 보며, 공학의 무한한 발전 가운데 맞이하게 될 미래 사회에 로봇 윤리를 다시 한 번 생각해 보자.



로봇과 공학

세상 읽기

인공지능 로봇의 윤리적 문제는 결국 사람의 윤리적 문제가 아닐까?

빌 게이츠와 함께 마이크로소프트 사를 창업한 고(故) 폴 앨런은 2013년 수억 달러를 기부해 미국 시애틀에 '앨런 인공지능(AI) 연구소'를 설립했는데, 이 연구소가 공개한 혁신적인 프로젝트가 전 세계의 관심을 모으고 있다. 이 프로젝트의 이름은 '델파이에게 물어보세요(Ask Delphi)'. 고대 그리스에서 신탁(神託)을 받던 아폴로 신전에서 이름을 딴 델파이는 철저히 윤리적 판단을 하는 데 초점이 맞춰져 있다. "기계가 윤리를 배울 수 있는가"라는 난해한 질문에 대한 대답을 구하려는 시도다.



▲ 인공지능에 윤리를 가르치는 미국 앨런 인공지능 연구소의 '델파이 프로젝트'를 책임지고 있는 최예진 미국 워싱턴대 교수

'빅테크'는 주로 대형 기술 기업들을 지칭하는 용어로, 큰 규모의 기술과 데이터를 활용하여 혁신적인 서비스와 제품을 개발하는 기업들을 가리킨다.

다음은 델파이 프로젝트의 총괄 책임자인 최예진 워싱턴대 컴퓨터공학과 교수의 인터뷰 중 일부다.

Q 왜 인공지능(AI)에게 윤리를 가르치는 프로젝트를 시작했나?

A "어디에나 인공지능이 적용되는 시대다. 빅테크들은 자사의 AI가 얼마나 똑똑한지 과시하느라 여념이 없다. 하지만 AI가 확산되면서 여러 문제가 생기고 있다. 사진을 분류하는 AI가 흑인과 고릴라를 구별하지 못하는 일도 벌어졌고, 소설을 쓰는 AI가 성차별 인식을 드러내기도 했다. AI는 사람이 준 데이터로 학습한다. 결국 AI의 윤리는 그걸 가르치는 사람의 문제다. 그걸 최대한 바로잡는 것, 상식에 부합하는 AI를 만드는 것이 이 프로젝트의 목표다."

Q AI가 윤리를 모르는 것이 현실 세계에도 영향을 미칠 수 있나?

A "인터넷은 이미 AI가 움직인다. 구글의 검색 결과나 페이스북의 게시물 배열도 모두 AI가 한다. AI가 윤리적으로 틀린 검색 결과나 게시글을 많이 보여주면 결국 사람도 영향을 받는다. 빅테크가 AI의 이런 윤리적 문제를 그대로 방치했기 때문에 미국 의사당 폭동이 일어나거나 아시아권에서 국지전이 발생했다고 보는 사람도 많다."

Q 자율 주행 자동차는 어떤가. '신호를 지키지 않는 여러 명과 신호를 지키고 있는 한 명 가운데 누구를 살릴 것인가' 같은 질문처럼 고차원적인 결정을 AI에게 맡길 수 있는가?

A "그런 특수한 상황은 사회적인 합의로 해결해야 한다. 상대적으로 더 적은 사람을 희생시켜야 한다는 식의 윤리 원칙은 결국 사람이 만들어야 한다. AI는 다만 사람의 윤리를 배우는 존재일 뿐, 윤리를 만들고 결정을 내리는 최종 결정권을 줘서는 안 된다. 사람이 AI를 악용하지 못하게 강력한 규제가 도입돼야 한다고 생각한다. 사람을 처벌하는 법이나 수많은 사람에게 영향을 미치는 정치적 판단도 사람의 몫이어야 한다. AI가 해도 되는 부분과 해서는 안 되는 부분을 명확하게 규정하는 논의를 시작해야 한다."

출처 조선일보, 2021. 12. 6.

Q 인공지능 로봇의 윤리적 문제와 관련된 기사를 더 찾아보고, 사람의 윤리적 문제가 맞는지 생각해 보자.

주제 탐구 활동

인공지능 인식 기술, 이대로 괜찮을까?

인간이 무언가를 인식하는 데 있어 시각 정보에 많은 부분을 의존하고 있는 것처럼, 인공지능 또한 인간 수준 또는 그 이상의 시각적 인지 능력을 갖추게 되면서 편리함과 함께 우려되는 점도 많이 등장하고 있다. 이러한 부분 때문에 마이크로소프트 연구소에서 인공지능 윤리를 연구하는 연구원은 "얼굴 인식은 인공지능의 플루토늄이다"라고 언급하기도 했다. 플루토늄이 원자로 안에서 나오는 부산물로서 인류가 만든 합성 물질 가운데 가장 강력하면서 치명적인 유독물이라는 점에서 인공지능의 안면 인식 기술에 대해 그가 나타내는 우려가 어느 정도인지 짐작이 된다.

다음의 상황을 읽어보고 어떻게 문제를 해결해야 할지 생각해 보자.

얼마 전부터 우리 가족이 된 가사 도우미 로봇 '똘똘이', 똘똘이는 우리 집 보안을 책임지고 있다. 똘똘이는 모르는 사람이 오면 가족이 아님을 알고 문을 열어주지 않을 뿐만 아니라, 부모님께서 당부하신 노트북 비밀번호도 나와 내 동생에게는 절대 알려주지 않는다.

그런데 어느 날, 사람의 얼굴이 아닌 사진 속 얼굴로 휴대폰의 잠금이 해제되었다는 뉴스를 보게 되었다. 그렇다면 우리 집 똘똘이는 괜찮을까 궁금했다. 다행히도 똘똘이는 사진을 우리 가족으로 인식하지 않았다. 그런데 우리 반 영호네 가사 도우미 로봇이 어제 영호네 가족 사진을 제시한 도둑에게 속아서 집을 열어준 바람에 귀중품을 몽땅 도둑맞았다고 이야기하는 것을 듣고 나니 우리 똘똘이와 영호네 로봇은 인식 기술에 어떤 차이가 있는지 궁금해지기 시작했다.

1 친구 영호네 로봇은 어떤 문제가 있었나?

2 영호네 로봇과 같은 사건이 휴대폰에서도 일어난 적이 있다. 어떤 일이었는지 기사를 찾아보고 친구들과 공유해 보자.



3 우리 집 똘똘이 로봇은 사진을 실제 얼굴로 인식하지 않았다. 똘똘이는 어떤 기술을 사용했을까? 우리가 얼굴 인식을 많이 사용하는 스마트폰에서 답을 조사해 보자.

4 앞에서 조사한 기술 이외에 다른 방법은 없을까? 어떤 방법으로 얼굴 인식의 보안을 튼튼하게 할 수 있을지 함께 이야기해 보자.



소단원 1분 요약

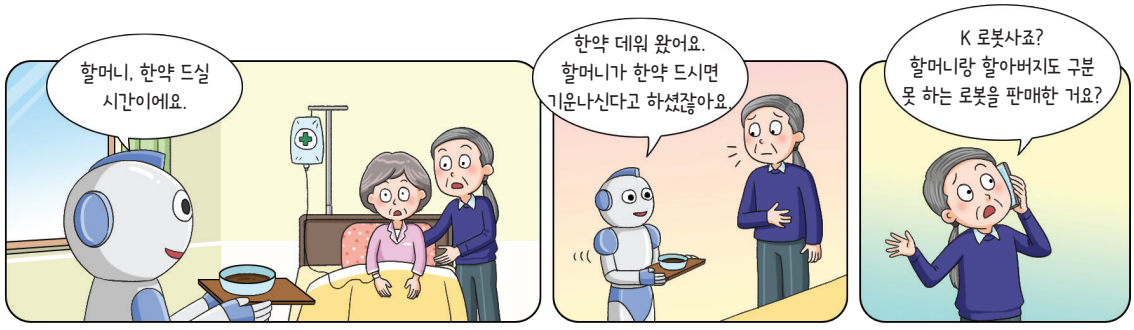
1. 인공지능 기술은 인간의 지능을 그대로 모방한 기술로서 인식, 학습, 추론, 판단 등 다양한 능력을 컴퓨터나 기계를 통해 구현하는 것을 말한다.
2. 인공지능 기술을 활용한 로봇은 긍정적인 측면과 부정적인 측면을 함께 가지고 있다.
3. 인공지능 로봇을 개발하고 활용할 때에는 윤리 기준을 바탕으로 바람직한 윤리 의식을 가지고 임해야 한다.

문제 해결

역량 키우기

인공지능 로봇이 잘못된 데이터를 수집하거나 학습한다면?

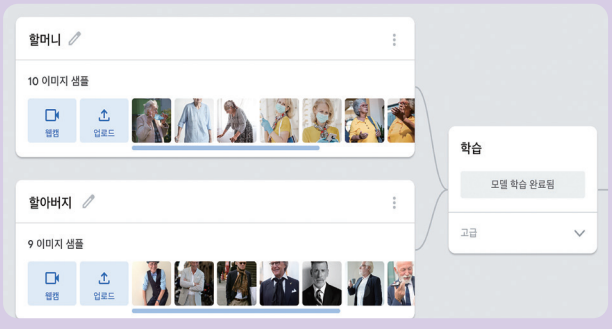
실버 로봇을 개발하는 K 로봇 제작사는 최근 민원이 빗발쳐서 곤혹을 치르고 있다. 얼마 전 출시된 돌봄 로봇이 할머니와 할아버지를 착각해서 도움을 잘못 주는 바람에 약이 바뀌기도 하고 일정이 엉망진창이 되기도 하는 등 문제가 지속적으로 발생하고 있기 때문이다.



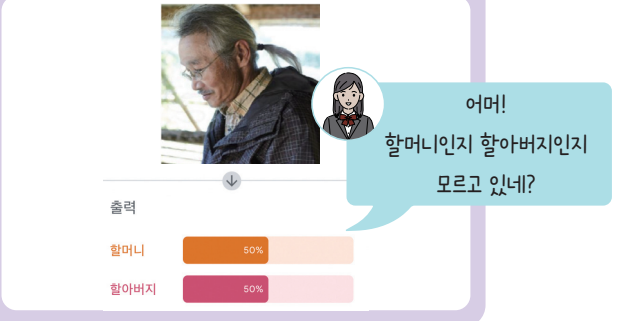
개발자들이 이유를 살펴보니 긴 머리의 할아버지를 할머니로 오인해서 벌어진 일이었다. 이에 긴 머리 스타일을 가지고 있는 할아버지의 데이터셋(Dataset)이 현저하게 부족함을 확인하고 이를 보강하여 이 로봇의 문제를 해결하려고 계획하고 있다고 한다. '데이터셋'은 특정한 작업을 위해 관련성 있는 데이터를 모아놓은 것을 말한다.

1 먼저, 기계학습 플랫폼인 티처블 머신*을 활용하여 기존의 문제점을 먼저 분석해 보자.

편향된 기존의 데이터셋으로 할머니와 할아버지 학습하기

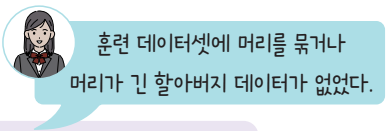


문제가 된 헤어 스타일을 가진 데이터(사진)로 기계학습의 성능을 테스트해 보기



* 티처블 머신(https://teachablemachine.withgoogle.com): 구글에서 만든 웹 기반 노코드 인공지능 학습 도구다. 이미지, 사운드, 자세를 인식하도록 컴퓨터를 학습시켜서 사이트, 앱 등에 사용할 수 있는 기계학습 모델을 쉽고 빠르게 만들 수 있다. 전문 지식이나 코딩 능력이 필요하지 않아서 초등학생도 만들 수 있을 정도로 이해하기 쉽다는 점이 가장 큰 장점이다.

1 기계학습 성능 테스트 결과 기존의 데이터로 학습한 인공지능 모델은 어떤 문제가 있는 걸까?



❷ 이 문제를 어떻게 해결하면 좋을까?

2 문제를 해결하기 위해 데이터를 보강하여 인공지능을 다시 학습시켜 본다.



3 문제를 해결한 후, 기계학습을 테스트한 결과를 보고 느낀 점을 적어보자.

여기서 잠깐!

데이터셋

인공지능이 학습하기 위해서 필요한 데이터셋은 훈련 데이터셋, 테스트 데이터셋, 검증 데이터셋 3가지 종류이다.

훈련 데이터셋 (Training Dataset)	학습을 위해 구성된 데이터셋이다. 마치 영어 단어 공부를 할 때, 학교에서 배우는 교과서에 있는 영어 단어만으로 구성된 것과 같은 훈련 데이터셋이다.
테스트 데이터셋 (Test Dataset)	학습한 내용을 평가하기 위해 제시되는 데이터셋이다. 학습 결과를 평가하는 것이므로 테스트 데이터셋이라고 한다. 이때, 훈련 데이터셋과 테스트 데이터셋은 동일하면 안 되고 어느 정도 응용되어야 한다. 예를 들어, 단어만 학습시키고 문장으로 물어보는 등 교과서 범위에서 치러지는 학교 평가에 해당하겠다.

검증 데이터셋(Validation Dataset)은 훈련 데이터와 다른 새로운 데이터를 사용해 성능을 검증하는 것이 이상적이나, 빅데이터 수집의 어려움으로 인해 일반적으로는 훈련 데이터셋의 일부를 나누어 검증 데이터셋으로 활용한다.

Ⅰ 대단원 정리 및 평가 문제



대단원 정리

각 문장에 맞는 단어를 완성하면서 이 단원에서 배운 내용을 정리해 보자.

1. 로봇은 외부 환경을 인식하고 프로그램에 따라 판단하여 인간의 도움 없이 스스로 움직이면서 작업하는 (ㄱㄱ 지ㅊ)이다.

2. 로봇의 움직임을 위해서는 (ㄱㄱㅂ)와 구동부가 필수적이다. 로봇의 이것은 사람의 기초 골격과 관절에 해당하며, 구동부와 결합하여 다양한 움직임을 만들어 낼 수 있다.

3. 로봇의 두뇌 역할을 하는 제어 장치는 로봇을 움직이고 작동시키기 위한 중요한 역할을 한다. 제어부의 중심은 (ㅁㅇㅋㄹㅋㅌㄹㄹ)라고 하는 작은 컴퓨터 칩으로, 입력 신호를 처리하고 출력 신호를 생성하여 로봇을 제어한다.

4. 로봇은 활용 분야에 따라 (ㅅㅇ)용 로봇과 (ㅅㅂㅅ)용 로봇으로 나뉜다.

5. (ㅇㄱㅈㄴ) 기술은 인간의 지능을 그대로 모방한 기술이며 인간의 다양한 능력을 컴퓨터나 기계를 통해 구현한 것을 말한다.

6. 인공지능 로봇에게 꼭 필요한 윤리 기준으로 우리나라는 3대 기본 원칙인 인간의 (ㅈㅇㅅ), 사회의 (ㄱㄱㅅ), (ㄱㅅ)의 합목적성을 제시하고 있다.

7. 인간의 뉴런과 비슷한 인공 신경망을 기반으로 스스로 학습하여 판단하는 기술은 (ㄷㄹㄴ)이라고 한다.

평가 문제

선택/단답형

1 로봇의 구성에 대해 설명한 것이다. 바르지 <u>않은</u> 것을 2개 고르시오.

① 수명이 긴 기구부와 잘 설계된 전원부가 결합하면 성능이 좋아진다.
② 센서부는 외부 환경을 감지하는 것이다.
③ 제어부는 입력받은 정보를 처리한다.
④ 제어부로부터 명령을 받아서 작동하는 것은 구동부이다.
⑤ 구동부(액추에이터)는 마이크로컨트롤러라고도 한다.

2 다음에서 설명하는 것의 예를 고르시오.

결합용 기계 요소는 두 개 이상의 부품을 결합하거나 고정하기 위해 사용한다. 로봇의 하드웨어를 구성하는 부품의 결합을 위해 필요한 대표적인 것이다.

① 기어
② 베어링
③ 스프링
④ 브레이크
⑤ 볼트와 너트

3 측정 대상에 따른 알맞은 센서를 다음에서 고르시오.

센서 종류
소리 센서, 조도 센서, PIR 센서, 가스 센서, 압력 센서

	측정 대상	센서
예시	전방의 장애물	PIR 센서
1	실내의 밝기	
2	도로의 소음 크기	



4 로봇의 활용에 따른 분류에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르시오.

① 최근 산업용 로봇은 사람들과 함께 협업할 수 있는 협동 로봇으로 대체되었다.

② 협동 로봇은 대규모 사업장에서만 사용할 수 있다.

③ 서비스용 로봇은 개인 서비스 로봇과 전문 서비스 로봇으로 나뉜다.

④ 청소 로봇의 경우에는 가정이든 대형 마트든 상관없이 전문 서비스 로봇으로 나뉜다.

⑤ 재난 현장 로봇, 우주 탐사 로봇, 농산물 수확 로봇, 수술 로봇은 전문 서비스 로봇으로 분류한다.

서·논술형

5 인공지능의 긍정적인 특징과 부정적인 특징을 4가지씩 서술하시오.

긍정적인 특징

-
-
-
-

부정적인 특징

-
-
-
-

6 다음 기사는 가치 있는 인공지능 로봇을 개발하기 위한 한 대학의 프로그램에 대한 것으로, 윤리적인 로봇을 만들기 위해 엔지니어가 될 미래 공학자들이 윤리 교육을 받아야 한다는 내용이다. 자료를 읽어보고 윤리적인 로봇이 개발되기 위해 선행되어야 할 것은 무엇인지 자신의 생각을 논술하시오.

지난 9일 텍사스 대학 뉴스는 "윤리적인 인공지능은 새로운 로봇 프로그램의 초점"이라는 기사를 실었다. 기사는 미래의 공학자들이 자신의 창조물에 대한 긍정적이고 잠재적으로 부정적인 의미를 이해하도록 훈련시킬 텍사스 대학 오스틴 프로그램에 의해 윤리가 로봇 교육의 선두가 될 것이라고 소개했다. 이 프로그램의 리더인 준 펑자오(Jun Peng Zhao)는 기사를 통해 "향후 10년 안에 우리는 로봇들과 더 가까이 살 것이고, 우리는 그러한 로봇들이 공정하고, 포괄적이며, 편견으로부터 자유롭기를 원한다"고 말했다.

또 "우리가 만든 로봇들은 우리 자신을 반영하는 것이기 때문에, 기술자들이 훌륭한 윤리 교육을 받는 것이 필수적이다"고 역설했다.

출처 AI타임스, 2021. 9. 12.