

그물 오르는 4족 보행 로봇의 설계 및 연구

TEAM 3 | 이 혁 진(기계공학과), 정 명 우(기계공학과), 송 민 석(기계공학과), 심 준 표(기계공학과), 박 하 준(기계공학과), 박 시 형(새내기과정학부), 김 가 경(새내기과정학부), 정 연 우(새내기과정학부)

Introduction

본 연구에서는 4족 보행 방식으로 그물이나 사다리 형태의 벽면을 오르는 로봇을 설계 및 제작하고자 한다. 지면에서 운동하는 기본적인 4족 보행로봇에서 더 나아가 지면과 수직에 가까운 큰 각도로 구성된 그물이나 사다리 형태의 장애물을 극복할 수 있는 로봇을 개발하는 것이 본 프로젝트의 목적에 해당한다. 4족 보행 로봇을 구성하여 지면에서 보행하는 기본적인 움직임을 구현 후 해당 로봇의 움직임을 그물을 오르는 움직임으로 확장시키는 방향으로 연구를 진행하고자 한다. 보행 로봇의 기본적 형태인 4족 보행 로봇으로부터 그물을 오르는 Climbing 로봇을 구현함으로써 4족 보행 로봇의 활용 범위를 넓히고자 한다. 또한, 다양한 환경을 극복할 수 있는 능력을 부여함으로써 보행로봇의 이동성을 발전시키고자 한다.

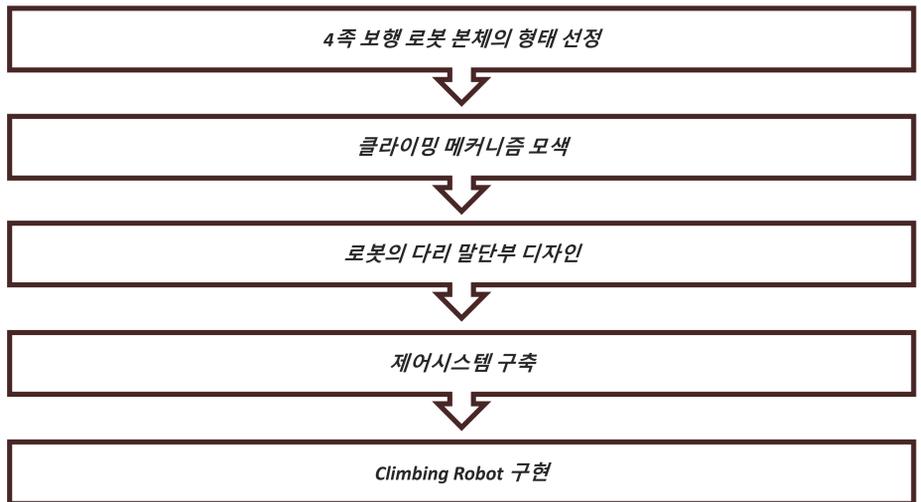
Theoretical Background

01 Robot Kinematics
 로봇의 구조와 관절 각도 등을 고려하여 로봇의 운동을 분석하는 Robot Kinematics를 이용하여 4족 보행 로봇의 다리 길이, 관절 자유도, 각도 등을 고려해 로봇의 움직임을 설계한다. 본 연구에서는 Robot Kinematics를 고려하여 지면에서의 보행과 그물을 오르는 움직임을 설계 및 구현하고자 한다.

02 Control Theory
 Control Theory는 동적 시스템을 제어하고 안정성을 유지하기 위한 이론적인 원리와 기술을 다루는 학문에 해당하며, 구현하고자 하는 동작을 시스템이 수행할 수 있도록 로봇의 모터를 제어하는데 사용된다. 본 연구에서는 적절한 제어를 통해 안정적이고 정확한 보행과 그물을 오르는 움직임을 구현하고자 한다.

03 Open CV
 OpenCV(Open Source Computer Vision Library)는 컴퓨터 비전과 관련된 작업을 수행하는데 사용되는 오픈 소스 라이브러리에 해당한다. 주로 실시간 이미지 프로세싱에 중점을 둔 라이브러리로, 이미지나 비디오에서 객체 인식, 얼굴 인식, 모션 추적, 이미지 변형 등 다양한 작업을 지원한다. 본 연구에서는 그물을 오르는 움직임에 대해서, 그물을 인식하고, 그물을 오르기 위해 필요한 로봇의 움직임을 구현하기 위해 Open CV를 사용하고자 한다.

Methods



Procedure & Results

01. 4족 보행 로봇 본체의 형태 선정

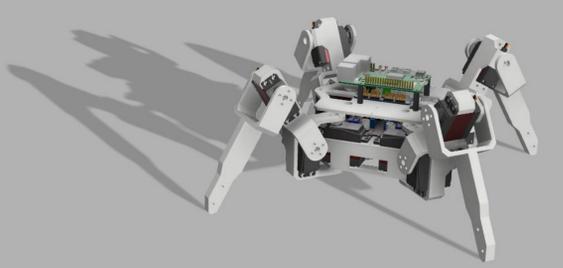


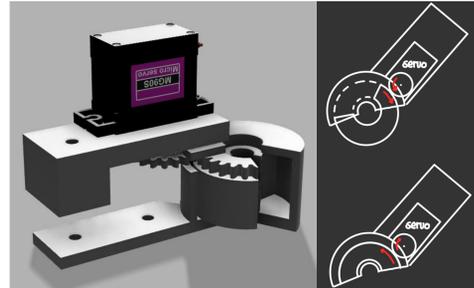
Figure1. Body of Climbing Robot

- 안정적인 보행, 그물 오르는 움직임을 고려하여 4족 보행이 가능한 로봇의 본체 형태를 선정함.
- 보행 로봇 다리 관절의 동작 형태, 가동 범위와 그물을 쉽게 잡을 수 있는 구조를 고려하여 로봇의 본체 형태를 선정함.
- 최종적으로 보행과 벽면 이동이 가능한 동물인 거미(Spider)와 유사한 형태의 4족 보행 로봇 본체 형태를 선정함.

Procedure & Results

- 02. 클라이밍 메커니즘 모색**
- 인간 및 동물의 클라이밍 모습 관찰을 바탕으로 다양한 클라이밍 메커니즘을 모색하였고 최종적으로 다음과 같은 클라이밍 메커니즘을 구성하였다.
- 그물의 인식
 - 카메라를 이용한 컴퓨터 비전을 통해 그물을 인식하고 로봇의 다리가 위치해야 하는 포지션을 찾아낸다.
 - 그물에 대한 로봇의 고정
 - 그물이나 사다리를 오르기 위해 손가락을 접어 감싸는 모습에서 착안하여 로봇의 다리 말단부에 그물을 구성하는 막대부를 감쌀 수 있는 구조를 더함으로써 그물을 로봇이 직접 잡고 오를 수 있도록 한다.
 - 로봇 본체의 상향 이동
 - 로봇 본체 보다 더 위에 위치한 그물의 지점을 로봇의 다리로 고정하고 관절 구동을 통해 로봇 본체를 상향 이동 시킨다. 이를 반복하며 클라이밍을 구현한다.

03. 로봇의 다리 말단부 디자인



- 그물을 구성하는 막대부를 감쌀 수 있도록 갈고리 형태와 완전히 감싸진 도넛형태의 상호 변환이 가능한 구조를 다음과 같이 디자인 함
- 보행 시 하중을 견딜 수 있도록 도넛 형태 사용
- 그물 접촉 시 그물에 걸릴 수 있도록 갈고리 형태 사용
- 그물 고정 시 그물을 감싸서 고정할 수 있도록 도넛 형태 사용

04. 제어시스템 구축

제어 시스템은 크게 라즈베리파이에서 수행하는 '지향점 찾기'와 아두이노에서 수행하는 '다리 제어'로 나뉘어진다. 두 보드 사이의 정보는 Serial 통신을 기반으로 공유한다.

- 지향점 찾기
 - 카메라 캘리브레이션
 - 카메라 캘리브레이션은 카메라 내부 파라미터와 외부 파라미터를 추정하는 과정으로, OpenCV를 이용해 진행하였다. 추정한 내부 파라미터(초점 거리, 렌즈 왜곡 등)를 이용하여 실제 세계에서의 물체의 크기와 거리를 정확하게 파악하고자 하였다.
 - 그물망 영상에서 그물 중심 계산
 - 카메라에 인식된 이미지에서 그물로 예상되는 그물 격자 중심의 위치를 2차원 좌표로 표현하는 과정이다. OpenCV 내장 함수를 이용하여 이미지 내부에서 contours (도형의 윤곽선)를 찾아내고, 그것의 중심좌표들을 list로 저장하였다.
 - 2D to 3D 좌표 변환 및 지향점 결정
 - 2D 중심 좌표와 그물까지의 거리를 이용해, 원근변환 기법으로 3D 좌표를 얻는다.
 - 3D 좌표 중 가장 적절한 지향점을 찾아, 아두이노로 지향점 정보를 전송한다.
- 다리제어
 - 역기구학
 - 목표 지향점을 기반으로 세 관절모터의 각도를 역산하여 구동한다.
 - 그물 잡기 - 다리 말단부 제어
 - 그물에 다리가 도달하면 말단부를 차단하여 그 위치에 다리를 고정한다.
 - 로봇 본체 상향 이동
 - 원하는 위치로 모두 발이 이동하면 다시 모터각도 방향을 아래로 출력하여 상향 이동한다.

Conclusion

- 최종 산출물의 모습이다.
- 거미형의 로봇으로, 지면에서는 잘 걷는 모습이 확인되었지만, 그물을 오를 때는 계속해서 오르기에 비전의 정확도 및 서보모터의 토크 이슈로 인해 잘 오르지 못하는 것을 확인했다.
- 철망이 아닌 그물에서의 등반, 추락 없이 지속적인 등반을 가능하도록 하는 것을 후속연구로 남겨둔다.

References

- <https://opencv.org/>
- 20210576 정명우: 4족보행 skeleton code