

### 양식 3

### 프로젝트 계획서 양식

과 제 명	로봇의 점프 및 착지 과정 제어 연구
연구 목적	<p>위 연구를 통해서 로봇이 점프하고 안정적으로 반동을 제어하며 착지하는 알고리즘을 짜고자 한다. 이를 통해 기본적으로 현재 턱을 내려가는 것만으로도 균형이 무너져 넘어지는 점에 대해서 다른 방식으로 균형을 잡을 수 있도록 하여 로봇 사고를 막고자 한다. 또한 현재 배달 로봇이 점점 많이 연구되고 있지만, 현재로서는 이 로봇의 주행로조차 정해지지 않았다. 통행 시 울퉁불퉁하거나 턱이 있는 지형의 경우 현재의 작은 로봇들은 넘어질 가능성 또한 존재하기에 이 연구를 통해 흔들림을 최소화하고자 한다. 이 연구를 통해서 전복된 로봇으로 인한 2차 충돌과 사고들을 막고, 로봇과 사람이 함께 지낼 수 있는 사회를 만들고자 한다.</p>
연구내용	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 착지 알고리즘을 수학적/물리적으로 설계 : 로봇이 착지하는데 필요한 모델을 세우고, 이때 점프할 때의 움직임 변화와 착지할 때의 충격을 동역학, 기구학적으로 계산한다. 이를 검증하고 착지 시 진동과 흔들림이 얼마나 생길지 계산한다.</li> <li>2. 착지 알고리즘을 바탕으로 흔들림 제어 방법 고안 : 착지 알고리즘을 통해 진동의 정도를 계산하고, 그 흔들림을 제어할 방안을 고안한다.</li> <li>3. 흔들림 제어 방법을 적용한 로봇 제작 : 로봇을 제작하여 점프 후 착지하는 과정에서 흔들림을 바로 제어할 수 있도록 알고리즘을 짰 후, 이를 제작을 통해 검증한다.</li> </ol>
기대성과	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 실생활 사용 로봇의 흔들림 제어 : 배달 로봇의 실제 균형 제어에 새로운 메커니즘 제공을 하여, 배달 로봇의 안정성을 늘릴 수 있는 또 다른 방법이 될 것이다.</li> <li>2. 산업 현장에서의 피해 최소화 : 산업 현장에서 낙하의 위험이 있는 장비 중 일부 장비에 이 장치를 달아 바로 충격을 흡수 혹은 방출하여 안전사고에 유의하도록 한다.</li> </ol>

## 1. 연구 개요

### □ 연구 추진 배경

#### ○ 문제의 착안점 및 선정 과정

- 최근 배달 로봇이 많이 연구되는 모습을 볼 수 있다. 하지만, 로봇의 통행 문제가 해결되지 않았었다. 그 이유를 알아보니 차로 분류되어 차도로 다녀야 하지만 또 이 배달 로봇은 차도로 다니기에 적합하지 못해 어떠한 길로도 다니지 못했다. 이때, 넘어지려고 할 때 균형을 잡아 사람에게 피해를 줄 수도 있는 상황을 줄인다면 배달 로봇을 실생활에 더 빠르게 적용 가능하다고 생각하였다.
- 넘어지는 과정을 나눠서 살펴본 결과, 넘어질 때의 과정은 착지와도 관련 있었다. 로봇의 점프는 반동을 이용해 다시 한번 점프를 뛰는 방식으로 충격을 최소화한다는 것을 알았다. 이때 배달 로봇은 점프를 다시 뛰는 것이 아니기에 다시 점프를 뛰는 것이 아니라 충격 자체를 다른 방식으로 흡수 혹은 제어할 수 있는 방법을 찾고자 이 연구를 진행하게 되었다.

### □ 관련 선행연구 조사

#### ○ Aerial Posture Adjustment of a Bio-Inspired Jumping Robot for Safe Landing: Modeling and Simulation

- 현재까지 로봇이 어떻게 착지하고자 하였는지, 특히 공중에서의 동작을 알아보고자 위 논문을 읽어보았다.
- 점프 로봇의 몸체가 착륙할 때 파괴될 수 있는 부분을 회전시킴으로써 충격을 흡수할 수 있다는 부분에 중점을 두어 동물과 곤충의 공중 자세 조정에 영감을 받아 pole 다리와 추가 하중을 가진 로봇 모델을 소개하였다. 이후 pole 다리의 길이와 추가 하중 등이 공중에서의 자세 조정 성능에 미치는 영향을 연구하였다.
- 시뮬레이션을 통해 연구한 결과 pole 다리 시스템과 함께 조정하는 것이 공중에서의 자세를 변경하고 안전한 착지가 가능했다. 이를 통해 공중에서의 자세를 조정하는 방법의 실현 가능성을 검증하였다.

○ Mechanism Design and Autonomous Movement and Jump Control for a Jumping Robot

- 점프와 관련되어 점프 반동을 잡는 것과 반대로 점프를 통해 이동을 한다는 논문이다.
- 지면을 이동하고 장애물을 인식하며 계단을 넘을 수 있는 자율 점프 로봇을 소개하였다. 이를 통해 빠른 자율 이동과 가벼운 무게를 가지는 로봇으로, 새로운 점프 메커니즘을 사용하였다.
- 거리 측정을 위해 PSD를 사용하였으며, 정렬을 위해서 초음파 센서를 이용하였다. 점프 수행을 위해 4-linked 메커니즘을 이용하여 점프를 수행하였다. 몸체의 기울기 각도를 변경하여 점프 높이를 제어할 수 있다.

○ Colmparison of Vertical Ground Reaction Forces At Impact While Vertical Jumping Using Soft and Pretensed Landing Mechanics

- 수직 점프를 했을 때 지면 반작용력에 충격이 어느 정도 미치는지, 이에 대한 충격을 로봇이 제어할 수 있는 지 확인하고자 읽었다.
- 단단한 랜딩 기술과 부드러운 랜딩을 하였을 때, 충격력이 크게 차이나지만 또한 충격 발생 시간과 충격 하중의 기울기는 유사하게 나타났다.

○ Modeling and Control of a One-Legged Hopping Mechanism

- 실제로 발을 포함한 로봇의 뛰는 모션에 대해서 알아보고자 이 논문을 조사하여 읽음.
- 라그랑주 방법을 이용해 운동방정식을 유도하고, 비행상태와 착지상태의 뛰기 모션이 조사되었으며 이때의 특정 제어기를 제안하였다.
- ZMP와 동적 균형을 고려하여 평가되었으며, 제어기 설계에서 관절의 총 질량이 엉덩이 수준에 집중되어 있었으며, 엉덩이와 발목 관절 사이에서 가상의 스프링이 작동한다고 가정하였다.

## □ 연구 목적

### ○ 실생활 로봇 흔들림 제어의 새로운 관점 제시

#### - 로봇 사고의 감소

현재 로봇이 낮은 턱을 내려가는 것만으로도 불안정하여 넘어지는 점에 대해서 다른 방식으로 균형을 잡을 수 있도록 하여 로봇 사고를 막고자 한다.

#### - 배달 로봇의 흔들림 감소를 통한 배달 안정성 증가

현재 택배 배달 로봇이 점점 많이 연구되고 있지만, 로봇의 주행로가 정확하게 정해지지 않았다. 울퉁불퉁하거나 턱이 있는 지형의 경우 현재의 작은 로봇들은 넘어질 가능성 또한 존재한다. 이렇게 로봇들이 넘어져 전복된 상태가 된다면 보행자나 차량, 자전거를 타는 사람들이 다치거나 사고를 당할 수 있기에 이 연구를 통해 흔들림을 최소화하고, 로봇과 사람이 함께 지낼 수 있도록 하고자 한다.



그림 1 배달의 민족 배달 로봇

(출처 : <https://zdnet.co.kr/view/?no=20211215083652>)

### ○ 산업 현장에서의 2차 피해 최소화

- 산업 현장에서 문제가 일어나면 물건이 떨어지는 것만으로 문제가 끝나기도 하지만, 떨어진 물체로부터 2차 피해가 진행될 가능성 또한 존재한다. 이때, 처음 떨어진 물체가 바로 제어되어 문제를 더 일으키지 않는다면 피해가 줄어들 것이라고 예상하여 이 연구를 진행하고자 한다.

## 2. 연구 방법 및 절차

- 착지 알고리즘을 수학적/물리적으로 설계
  - 로봇이 착지하는데 필요한 모델을 세우고, 이때 점프할 때의 움직임 변화와 착지할 때의 충격을 동역학, 기구학적으로 계산한다.
  - 이를 검증하고, 착지 시 진동과 흔들림이 얼마나 생길지 계산한다.
- 착지 알고리즘을 바탕으로 흔들림 제어 방법 고안
  - 착지 알고리즘을 통해 진동의 정도를 계산하고, 그 흔들림을 제어할 방안을 고안한다.
- 흔들림 제어 방법을 적용한 로봇 제작
  - 로봇을 제작하여 점프 후 착지하는 과정에서 흔들림을 바로 제어할 수 있도록 알고리즘을 짠 후, 이를 제작을 통해 검증한다.

## 3. 주요 활동 일정

주요 활동	시 기
착지 알고리즘 설계	2023.04. ~ 2023.05.15.
흔들림 제어 방법 고안	2023.05. ~ 2023.06.
고안한 방법 증명	2023.06. ~ 2023.06.15.
로봇 제작을 통한 검증	2023.06.15. ~ 2023.08.
로봇 제작 과정에서 문제점 해결	2023.07.15. ~ 2023.08.15.

## 4. 활용 방안

### ☐ 사후 활용 계획

- 실생활 사용 로봇의 흔들림 제어
  - 배달 로봇의 실제 균형 제어에 새로운 메커니즘 제공을 하여, 배달 로봇의 안정성을 늘릴 수 있는 또 다른 방법이 될 것이다.
- 산업 현장에서의 피해 최소화
  - 산업 현장에서 낙하의 위험성이 있는 장비 중 일부 장비에 이 장치를 달아 바로 충격을 흡수 혹은 방출하여 안전 사고에 유의하도록 한다.

## 5. 참고문헌

- J. Zhang, X. Yang, Y. Zhang, G. Qiao, G. Song and A. Song, "Aerial posture adjustment of a bio-inspired jumping robot for safe landing: Modeling and simulation," 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2014), Bali, Indonesia, 2014, pp. 968-973, doi: 10.1109/ROBIO.2014.7090458.
- D. H. Kim, D. -S. Kim, D. -S. Choi, B. -H. Lee, D. -H. Yoon and C. H. Yim, "Mechanism design and autonomous movement and jump control for a jumping robot," ICCAS 2010, Gyeonggi-do, Korea (South), 2010, pp. 290-293, doi: 10.1109/ICCAS.2010.5670290.
- A. E. Finch and J. Santiago, "Comparison of vertical ground reaction forces at impact while vertical jumping using soft and pretensed landing mechanics," Proceedings of the 1996 Fifteenth Southern Biomedical Engineering Conference, Dayton, OH, USA, 1996, pp. 491-493, doi: 10.1109/SBEC.1996.493284.
- M. Acar and Z. Y. Bayraktaroğlu, "Modeling and control of a one-legged hopping mechanism," 2011 IEEE International Conference on Mechatronics, Istanbul, Turkey, 2011, pp. 839-844, doi: 10.1109/ICMECH.2011.5971231.
- 정슬, 『로봇 시스템 제어, SIMULINK 기반 시뮬레이션과 실험』, 교문사(2021)
- Gene F. Franklin, 『FEEDBACK CONTROL OF DYNAMIC SYSTEMS』, Addison-Wesley Publishing Company(1994)