# 비평탄 지형 극복을 위한 자율주행 로봇에 관한 연구

정혜원\*, 김상훈\* \*한경대학교 전기전자제어공학과 e-mail: kimsh@hknu.ac.kr

# A Study on Autonomous Driving Robot for overcoming Unplanned Terrain

Hye-Won Jeong\*, Sang-Hoon Kim\*
\*Dept of Electrical. Electronic and Control, Hankyong National University

#### 요 약

본 논문은 이동로봇의 H/W에 관한 연구로서, 기존의 비평탄 지형의 자율주행 로봇이 수행하기 힘든 영역을 보완하기 위해 캐터필러 바퀴 기반의 플리퍼를 장착해 사물의 습득과 운반 기능을 적용함으로써 보다 정확한 주행 능력을 향상하는 방법을 제시한다.

## 1. 서론

동일본 대지진 및 후쿠시마 원전 사고 이후 재난 사고 등에서의 로봇의 활용과 필요성이 급증했다. 하지만 실제현장에 투입이 가능한 로봇은 미미한 상황이다. 또한 재난현장에서의 수습에 있어 사람이 수행할 수 있는 역할은 제한적이다. 사고가 발생하면 지형의 변화가 발생한다. 기존의 재난로봇은 제어기기가 있어 사람의 조종이 필요하다. [4] 사고 발생 후 mapping 기능을 통해 지도를 작성해주는 역할과 더불어 좁은 구역과 험난한 지형을 고차원적으로 탐사할 수 있는 '계단에서의 자율주행 로봇'을 연구 목표로 두었다. 본 논문은 캐터필러 구조의 로봇 휠을기반으로 플리퍼를 장착해 사물 습득과 사물운반 기능이추가된 로봇의 하드웨어를 제시한다.

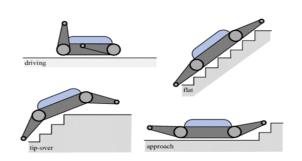
#### 2. 구조 및 기능

자갈밭이나 모래, 진흙 등 험난한 지형에서 무리 없이 이동하기 위해서는 로봇의 휠이 가장 중요하다. 그래서 캐터필러 구조의 휠을 선정했다. 그리고 기동성 향상을 위해 플리퍼도 함께 선정했다. 플리퍼를 이용하면 도움단기 식으로 계단에서의 주행이 훨씬 수월해진다. 따라서 계단을 쉽게 오르기 위해 로봇의 앞면에 플리퍼를 장착할 계획이다.



( 그림 1. 플리퍼가 장착된 궤도형 주행로봇 )

로봇의 주행뿐만 아니라 사물 습득을 위해 매니퓰레이터를 사용할 계획이고 ROS를 통한 매니퓰레이터를 제어할 예정이다. 사용할 매니퓰레이터는 'ROBOTIS'사의 '오픈 매니퓰레이터 - X를 사용할 계획이다.



( 그림 2. 플리퍼 장착 주행로봇의 계단 주행 구현 )



( 그림 3. Open Manipulator - X )

사물을 습득한 후 운반을 위해 로봇 상단에 운반 기능이 들어갈 예정이다. 지형이 험난할수록 사물의 흔들림이 더 욱 심해진다. 따라서 딥러닝 기반의 강화학습 'cartpole' 예 제를 통해 중심제어를 구현할 계획이다.

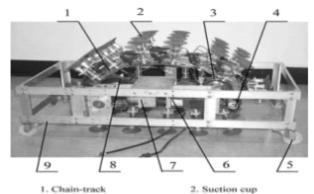


(그림 4. 계단주행에서의 사물 운반 )

#### 3. 관련 연구

(1) 홍콩 대학교 JIAN ZHU 교수팀의 연구

휠 메커니즘을 기본 원리로 삼고 변형체인 트랙 메커니 즘을 사용한다. 체인의 변형으로 방향 전환이 일어나게 된 다. 유압 실린더의 구동으로 각도를 변화시켜 로봇의 방향 을 전환한다.



- 3. Front Wheel (steering wheel)
- 6. Servo Motor
- 8. Back Wheel (driving wheel) 9. Frame
- . Harmonic Drive

( 그림 5. FIAN ZHU 교수팀 변형 캐터필러 )

(2) 미국 irobot사의 Packbot

휠 메커니즘을 기본으로 캐터필러 조인트로 연결해 360도

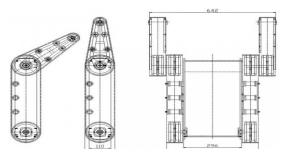
회전이 가능하다. 몸체에 달려있는 뒷부분의 캐터필러의 구동으로 이루어지고 장애물을 만나면 조인트 회전이 일 어나 장애물에 맞게 각도를 바꾼다.



( 그림 6. 미국 irobot사의 Packbot )

#### 4. 본론

캐터필러 구조의 험난한 지형 극복 기반의 계단 자율 주행 로봇은 평지에서의 주행뿐만 아니라 자갈밭이나 모 래밭, 산악지대에서의 주행이 가능해야한다. 기존의 캐터 필러 구조도 웬만한 지형의 극복이 가능하다. 하지만 계단 이나 경사가 가파른 지형의 주행은 완벽한 극복이 쉽지만 은 않다. 관련 연구 부분에서 (1) 홍콩 대학교 JIAN ZHU 교수팀의 연구품은 흡착 유닛은 부착만 담당하고 지지는 가이드에 달려있는 바퀴가 담당하기 때문에 장애물의 극 복이 거의 불가능하다는 단점이 존재한다. 또한 (2) 미국 irobot사의 Packbot은 캐터필러 벨터의 자체 형상은 변화 하지 않기 때문에 미세한 장애물을 통과할 때 흔들림이 발생한다. 그리고 주행을 진행할 때 지면과의 충분한 접촉 면적이 확보될 수 없어 장애물에 심한 제약을 받는다는 단점이 존재한다. 위와 같은 단점을 보완하기 위해 플리퍼 를 부착한 캐터필러식의 자율주행 로봇을 생각했다. 플리 퍼에도 캐터필러 구조를 접목시켜 로봇의 자세 변경 및 방향을 들어 올리거나 장애물에 거치해 움직일 때 사용한 다. 또한 일반 플리퍼에 비해 주행에 있어 좀 더 능동적으 로 대처한다.



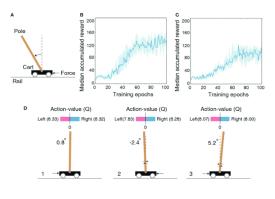
( 그림 7. AstrotBoys ABS FT-2 설계도 )

구동 모터를 중심으로 메인 휠 트랙과 플리퍼 트랙이 함 께 연결되어 있다. 메인 휠 트랙의 모터는 앞면에 좌우로 두 개의 모터가 들어간다. 플리퍼를 들어 올리는 용도의 구동 모터가 각각 하나씩 들어간다. 플리퍼 트랙은 메인 휠 트랙에서 베어링을 통과해서 빠져나오는 원리를 갖는 다. 또한 메인 휠 트랙과 플리퍼 트랙이 서로 간섭 없이 지나가게 되어 따로 구동을 한다. 따라서 메인 휠 트랙과 플리퍼 트랙은 함께 돌게 되어있고 동력전달은 축으로 하 되 플리퍼 구동은 축 내부의 베어링 구조로 움직일 수 있 다. 로봇 휠 트랙은 무한궤도를 위한 톱니바퀴와 로봇 휠 트랙의 각각 궤도를 Solidwoks를 통해 시뮬레이션을 진행 한 후 직접 3D프린터로 출력한다. 무한궤도를 위한 톱니 바퀴를 모터에 연결해 큰 프레임을 만들고 각각의 궤도 부분을 필라멘트로 이을 예정이다. 마지막으로 로봇 휠 트 랙이 완성되면 전체에 고무링을 둘러 마찰력을 증가시킬 예정이다. 다음으로 물체 습득을 위한 수직 다관절 로봇 팔을 장착할 계획이다. 이 로봇 팔은 재난 현장의 환경에 서 연구가 필요한 물체를 습득하는 역할을 한다. 로봇 팔 은 ROBOTIS 사의 Open Manipulator-X를 사용할 계획이 다. 로봇 팔의 동작 제어는 ROS의 매니퓰레이터 패키지 를 이용해 습득한다.



( 그림 8. ROS를 이용한 매니퓰레이터 제어 )

로봇 팔을 이용해 사물을 습득한 후 운반하는 기능을 더했다. 로봇 프레임 상단에 기판을 두고 기판에 딥러닝 기반의 강화학습 'cartpole' 예제를 이용해 수평기능을 구현할 계획이다. 험난한 지형과 경사가 있는 구역에서 어느 각도에서나 기판을 수평으로 유지해 안정적인 운반이 가능하다.



( 그림 9. cartpole예제 )

#### 5. 고찰 및 연구계획

험난한 지형 극복 기반의 계단 자율주행 로봇을 실제 구현하기 전인 단계에서 여러 가지 이론과 다른 작품의 예시를 보고난 후 실제 구현 단계에서 주의해야할 사항이 몇 가지 있다. 바퀴의 구조에서 캐터필러식 플리퍼를 장착할 계획이다. 플리퍼는 지지대 역할을 하며 험난한 지형에서의 원활한 주행이 가능하도록 도와준다. 주행 중 플리퍼트랙의 들어 올리는 모터 축이 약할 것으로 예상된다. 따라서 메인 휠 트랙에 들어가는 모터는 일반적인 DC 모터를 사용하되 플리퍼 트랙의 모터 축은 DC 모터보다 강한 DC 기어드 모터를 사용할 계획이다.



( 그림 10. DC 모터와 DC 기어드 모터 )

또한 주행에 있어 미끄럼을 방지하기 위해 휠 전체에 고무링을 부착할 계획이다. 평평한 고무링을 사용하면 주행방향에 피해가 갈 것으로 예상돼 3D 프린터의 필라멘트 재질을 TPU(Thermoplastic Poly Urethane)로 사용할 계획이다. TPU는 보통 Flexible 필라멘트라고도 하며 고무같은 재질이다. 탄성이 좋아 출력물이 잘 구부러지고 원형으로 되돌아오는 성질이 강하다. 또한 내구성이 강해 마모가 잘 되지 않고 충격을 흡수해주는 역할을 한다. TPU 재질은 고탄력, 고탄성, 뛰어난 강도 및 강한 내구성이 주요 특징이다.





( 그림 11. TPU 필라멘트를 이용한 출력물 )

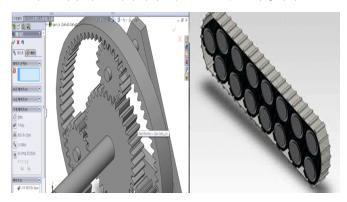
탐사 및 재난 로봇을 실행에 앞두고 있는 현재 앞으로의 진행방향은 H/W뿐만 아니라 S/W도 함께 진행할 예정이다. 객체 및 사물 검출을 위해 지도학습 YOLO 알고리즘을 사용할 계획이다. YOLO는 실시간 개체 검출 시스템으로 타이탄 X에서 30 FPS로 이미지를 처리한다. 그리고 COCO에 대해서 57.9%의 mAP 평가편차(test-dev)를 가진다. CPU에서 다크넷을 사용하면 이미지당 6-12초가 걸리지만 GPU를 사용하면 훨씬 빠른 처리가 수행된다. 따라서 GPU를 사용할 계획이고 딥러닝의 인공신경망 GPU

가속을 위한 딥러닝용 임베디드 보드인 Jetson-TX2를 사용할 계획이다.



[ 그림 12. YOLO Detection ]

또한 LiDAR를 사용해 ROS 기반의 mapping을 한 후에 카메라와 통신이 가능하도록 구현할 계획이다. 로봇 H/W 프레임은 Solidworks를 통해 시뮬레이션을 진행하고 3D 프린터를 이용해 톱니바퀴와 궤도를 출력할 예정이다.



[ 그림 13. Solidworks 이용한 톱니바퀴와 궤도 출력 시뮬레이션 ]

# 6. 결론

기존 탐사 및 재난 로봇은 매우 다양한 H/W 프레임이 존재한다. 하지만 여러 가지의 기능을 수행하는 로봇의 수는 적다. 이 험난한 지형 극복 기반의 계단 자율주행 로봇은 직접 mapping을 통해 지도를 작성하고 스스로 주행이 가능하다. 이 뿐만 아니라 로봇 팔인 매니퓰레이터로부터 사물 습득이 가능하고 사물의 안정적인 운반이 가능하다. 다른 탐사 및 재난 로봇과의 차별화된 점 중 하나는 캐터 필러의 바퀴구조를 직접 설계해 시뮬레이션을 한 후 3D 프린터로 출력한다는 점이다. 출력된 톱니바퀴와 궤도를 이어 붙인 후 마찰력을 증가시키기 위한 고무링을 접목시켜 어떤 지형에서도 원활한 주행이 가능한 H/W 프레임설계를 준비 중이다.

## 참고문헌

- [1] <AstroBoys ABS FT || >AstroBoyS Flipper
- [2] https://pinkwink.kr/602

-김병욱 (공학석사학위논문)

- [3] <변형 가능한 무한궤도 휠 메커니즘을 이용한 등반 로봇 플랫폼의 설계와 시뮬레이션> -이규희, 김황, 남우철, 서근찬, 장도영, 이경훈, 김종원 [4] <소방재난로봇 분야 연구개발 기획에 관한
- 모형의 개발과 적용> -민정탁
  [5] <변형 캐터필러를 이용한 등반 로봇 설계>
- [6] <마인인컨텐츠> -전북3D 프린팅협동조합