

## 사용자 추종 시스템 기반의 다목적 모빌리티 시제품 개발

김 동 건<sup>1)</sup> · 박 범 수<sup>1)</sup> · 이 윤 수<sup>1)</sup> · 전 제 성<sup>1)</sup> · 황 성 연<sup>1)</sup> · 이 형 옥<sup>2)\*</sup>

한국교통대학교 자동차공학전공 학사과정<sup>1)</sup> · 한국교통대학교 자동차공학과<sup>2)</sup>

### Development of a Multi-Purpose Mobility Prototype based on Human Tracking System

Donggun Kim<sup>1)</sup> · Bumsu Park<sup>1)</sup> · Yunsu Lee<sup>1)</sup> · Jeseong Jeon<sup>1)</sup> · Seongyeon Hwang<sup>1)</sup> · Hyoungwook Lee<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup>Department of Automotive Engineering, Korea National University Transportation,  
50 Daehak-ro, Daesowon-myeon, Chungju-si, Chungcheongbuk-do, Korea

<sup>2)</sup>Department of Automotive Engineering, Korea National University Transportation,  
50 Daehak-ro, Daesowon-myeon, Chungju-si, Chungcheongbuk-do, Korea

(Received 2023.10.29. / Accepted 2023.11.17.)

**Abstract** : The rise of electrification and the advancement of autonomous driving technologies are leading to new forms of mobility, such as serving and delivery robots. However, due to factors such as the small-scale production of various products and the high cost of autonomous driving sensors, product prices have risen, limiting accessibility to consumers. To improve this, we developed a multi-purpose mobility platform that is mass-producible, based on inexpensive, reliable sensors and a configurable human tracking system. As a result, the unit price is approximately 50% of the launch prices of other mobility products, and additional cost savings are possible through component optimization in the future. In addition, more added value will be created through the distribution of integrated mobility platforms that can be combined with various usable modules to meet a variety of user needs, such as cargo transportation, wheelchair power kits, and mobile monitors.

**Key words** : electrification(전동화), mobility platform(모빌리티 플랫폼), human tracking system(사용자 추종 시스템), YOLO(올로), object detection system(객체 추적 시스템)

## 1. 서 론

차량의 전동화와 자율주행 시스템의 보급으로 서빙, 배달 로봇 등 다양한 형태의 모빌리티가 등장하고 있다. 하지만, 자율주행 센서나 구동 모터의 높은 단가로 인해 모빌리티의 가격이 높아져 그에 따른 소비자들의 접근성이 떨어지는 문제가 있다.

현재 출시된 모빌리티의 경우에는 대표적으로 LG사의 CLOi ServeBot, 뉴빌리티 사의 뉴비 등이 있다. 각각의 모빌리티는 서빙, 배달 등 단일 대상을 목적으

로 고안됐고, 전자의 경우 실내에서의 사용을 전제로 3D Lidar, ToF카메라 등 여러 센서를 통해 실내 맵핑과 그에 따른 이동 경로 생성을 기반으로 주행한다. 약 1,700만원 정도로 구매 가능하며 이는 높은 단가의 센서 적용의 영향이 클 것으로 예상된다. 후자의 경우 실외에서의 사용을 전제로 10개 이상의 카메라, 레이더 초음파센서를 사용하여 실시간 도로 상황을 인지, 예측하여 주행한다. 약 550만원 정도로 구매할 수 있으며 이는 센서의 단가는 비교적 저렴하지만, 여러 센서를 사용하고, 4륜 구동 시스템 적용의 영향이 클 것으로 예상된다.

본 연구에서는 실제 사용에 문제가 없고 적절한 단

\*Corresponding author, E-mail: hwlee@ut.ac.kr

가의 센서로 구성이 가능한 Human Tracking System을 기반으로 한 모빌리티 플랫폼을 제작하고, 탈착이 가능하게 하여 다양한 사용부와의 상호작용을 통해 확장성을 추구하였다.

## 2. Autonomous System

### 2.1 YOLO 기반의 Human Tracking System

모빌리티의 Tracking System은 객체 인식 기계 학습 알고리즘인 YOLO(You Only Look Once)<sup>1)</sup>를 기반으로 구성하였다.

#### 2.1.1 데이터 셋 구성 및 검증

Human Tracking System의 Tracking 대상을 인지하고 처리 속도를 향상시키기 위해 Yolo v4 tiny 모델을 기반으로 학습을 진행하였다. Tracking 대상은 학과 점퍼를 입은 학생이고, 이를 착용한 학생에 대한 데이터셋을 훈련 데이터셋 100장, 테스트 데이터셋 30장으로 구성하여 학습 및 검증을 수행하였다. Fig. 1은 학습된 가중치의 검증 결과이고 Miss Rate = 0.1, mAP = 0.90이다. 따라서, Human Tracking System에서 목표 대상을 검출하는데 문제가 없는 강건한 데이터셋임을 알 수 있다.

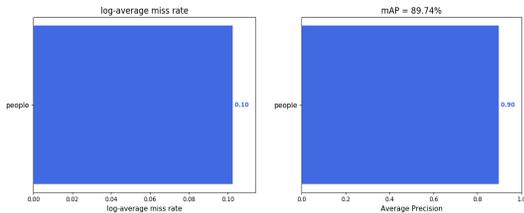


Fig. 1 Dataset verification results for YOLO

#### 2.1.2 단일 Tracking 대상 선별

제작 단가 상승 방지 측면에서 추가적인 부품 장착 없이 Vision System만으로 여러 대상이 검출되는 상황 일 때의 Tracking 대상을 선별해야 한다. 따라서, NMS (Non-Maximum Suppression) 기법을 추가하여 검출된 여러 대상 중, Confidence Score가 가장 높은 객체만을 검출하였다. 이는 객체를 검출한 결과인 Bounding Box의 크기가 가장 큰 결과를 의미하고 다시 말해, 모빌리티와 가장 가깝게 위치한 객체만을 Tracking한다는 의미이다. 최종적으로 위 과정을 거친 뒤, Vision System은 가장 가까운 위치에 있는 대상만을 표시하게 되고, Fig. 2는 좌측부터 NMS 기법 적용 전과 후를 나타낸다.

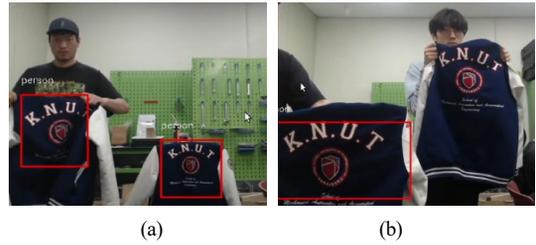


Fig. 2 Comparisons of results: object detection (a) without NMS algorithm; (b) with ones

#### 2.1.3 횡 방향 제어 명령 전달

횡 방향 제어를 수행하기 위해 Bounding Box의 실시간 중심 좌표를 계산하여 중심 좌표의 위치에 따라 다른 횡 방향 제어 명령을 Publishing 한다. 또한, 모빌리티의 제어기로 사용하고 있는 Arduino의 처리 속도를 보장하기 위해 각각의 명령은 선형적으로 Publishing 하는 것이 아닌, 범위에 따른 직진, 좌회전, 우회전과 같이 3가지의 명령으로 축약하여 구성하였다. Fig. 3은 카메라에서의 Human Tracking System의 조향 명령 발행 개략도이다.



Fig. 3 Schematic diagram of the steering command range from the camera

## 2.2 DBSCAN 기반의 Object Detection System

### 2.2.1 군집화 알고리즘 선정

Lidar는 일반적으로 고가의 장비이기 때문에, 제작 비용을 낮추기 위해서 비교적 저렴한 센서를 사용한다. 따라서 알고리즘 구축 시, 외란에 의한 영향과 추가적인 모빌리티의 활용을 위해 알고리즘의 확장성을 고려해야 한다. 그래서 Lidar Pointcloud Data의 군집화가 필요하고 여러 군집화 알고리즘 중, Pointcloud Data의 밀도를 기반으로 군집화하는 DBSCAN(Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) Algorithm을 채택하였다.

### 2.2.2 장애물 감지 시스템 구성 및 결과

모빌리티의 전방 장애물 감지를 위해 2D Lidar 센서를 기반으로 수행한다. 추가로, 외란을 줄이고<sup>2)</sup> 물체 간

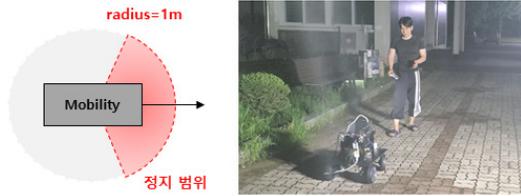


Fig. 4 Schematic diagram of the obstacle detection RoI from the lidar and photo of a detection test in mobility

세밀한 분류<sup>3)</sup>를 위해 DBSCAN Algorithm을 바탕으로 2D Pointcloud Data를 군집화한 뒤, 미리 지정한 RoI(Region of Interest) 내에 장애물이 검출되었을 때, 모빌리티의 정지 명령을 발행한다. Fig. 4는 좌측부터, 시스템의 RoI 개략도와 시험 중 사진이다.

### 2.3 Remote Control System

다양한 용도로 사용될 모빌리티의 사용성 확장을 위해 Tracking System 의 수동 주행과 같은 주행 방식 선택과 원격 제어 또한 동시에 수행할 수 있어야 한다. 이를 위해 Bluetooth 통신 기반의 조이스틱을 사용하여 주행 상태를 변환할 수 있도록 구성하였다.

## 3. Hardware System

제작 단가가 저렴하고, 대량생산을 위해 다양한 상황에서 사용이 가능한 모빌리티 플랫폼과 이와 탈부착을 할 수 있는 사용부를 구성하는 것을 목표로 제작 및 설계를 진행하였다.

### 3.1 모델링 및 체결부 구성

#### 3.1.1 모빌리티 부품 선정 및 모델링

모빌리티의 적절한 제작 단가와 안정적인 제어 시스템 두 가지 기준을 중심으로 부품 선정과 모델링을 진행하였다. 4 Wheel 독립 제어 방식이 아닌 Ackerman 방식의 조향을 채택하여 사용 모터의 수를 줄임으로 제어의 난이도와 단가에 가장 큰 영향을 미치는 배터리 용량을 줄일 수 있다. 따라서 구동 배터리의 용량을 줄여 기존 대비, 단가를 50%가량 낮추었다.

모빌리티 플랫폼과 사용부 간의 원활한 탈착과 탈착부의 강건함을 만족하기 위해 알루미늄 프로파일 체결에 사용되는 프로파일 이너브라켓을 사용하였다. 따라서, 이를 이용하여 모빌리티 플랫폼과 사용부를



Fig. 5 Mobility Prototype with loading module

연결하는 시스템을 구성하였다.

이후, 부품 도면과 3D Scanner Application을 기반으로 3D 모델을 구현하였다. 최소 배선 사용을 기준으로 부품 배치 및 모빌리티 시제품을 제작하였다. Fig. 5는 적재 모듈과 결합한 모빌리티 실물이다.

### 3.2 Mobility 주행 테스트

주행 테스트는 실제 사용 시, 모빌리티의 구동에 영향이 클 것으로 예상되는 경사로, 내구 주행에 대해 테스트를 진행하였다.

#### 3.2.1 경사로 등판 테스트

등판 시험의 경우, 실내/외 경사로 건설 규정<sup>4)</sup>에 맞는지에 대한 여부를 확인하였다. 각각 4.8°, 10°의 경사로에서 시험을 진행하였다. 10°의 경사를 가진 경사로에서는 다소 속도가 줄어든 경향을 보이지만 주행에는 문제가 없었고, 4.8°의 경사로에서는 속도의 변화 없이 주행하는 것을 확인하였다. 이를 통해 법적 기준을 만족하는 경사로를 등반 가능함을 확인하였고, Fig. 6은 경사로 시험 중 사진이다.



Fig. 6 Ramp climbing test

#### 3.2.2 내구 주행 테스트

내구 주행 시험은 모빌리티의 구동 배터리 1회 충전 시, 주행 가능 거리가 기존 주행 목표인 2시간 이상 구동 가능한지에 대한 여부를 확인하였다. 구동 배터리가 완충된 상태에서 방전까지 모빌리티의 구동을 진행



Fig. 7 Mobility endurance operating test

하였고, 모빌리티는 적재물이 포함된 적재 모듈과 결합된 상태에서 주행하였다. 주행의 경우, 교내 테크노관 전면 주차장 외곽에서 진행하였다. 이를 통해, 완충된 상태에서 방전할 때까지 2시간 30분가량 주행 가능함을 확인하였고, Fig. 7은 내구 주행 시험 중 사진이다.

#### 4. 결 론

제작한 모빌리티의 단가는 250만원 내외로 구성하였다. 이는 실제 배달, 서빙 로봇의 출시가에 비해 최소 50%가량 저렴한 가격이다. 이 중 가장 비중이 높은 파워뱅크가 약 20% 정도 차지한다.

낮은 단가의 센서나 모터 사용으로 인한 성능 저하 관련 문제 또한 구동하면서 가장 쉽게 맞닥뜨릴 수 있는 상황에 대한 테스트를 진행하였고 이를 통해, 제작한 모빌리티가 일상생활에서 충분히 사용 가능하다는 것을 확인하였다.

그리고 Table 1에서 볼 수 있듯이, 모빌리티의 제작 단가와 사용성을 고려하였을 때, 타 모빌리티에 비해 크게 부족함이 없는 성능을 발휘한다고 볼 수 있다.

하지만, 타 모빌리티에 비해 낮은 적재 가능 하중과 주행 가능 시간의 경우, 구동 토크가 높은 모터를 채택하여 적재 가능 하중을 높이고 상용품 대신 모빌리티에 최적화된 배터리 셀을 사용하여 동일 용량 대비 단가를 줄여, 배터리 용량 개선의 여지를 줄 수 있다.

Table 1 Comparison specification<sup>5-6)</sup>

|                            | Mobility (KNUT) | ServeBot (LG CLOi) | Neubie (Neubility) |
|----------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| Maximum Driving Speed      | 8km/h           | 1km/h              | 7.2km/h            |
| Driving Time on one charge | 2.5 hr          | 11 hr              | 8 hr               |
| Maximum Load Capacity      | 10kg            | 30kg               | 40kg               |



Fig. 8 Example of usable module combination

최종적으로 비용 증가를 최소화하며 위 문제점을 개선할 수 있다.

추가적으로, 여러 사용부 모듈을 통해 Fig. 8 와 같이 물류 이송뿐만이 아닌 유아용 전동 키트, 자율주행 교육용 플랫폼 등 다양한 분야에서의 사용으로 더 많은 부가가치를 창출할 수 있다.

#### Acknowledgement

이 논문은 2023년도 한국교통대학교 미래형자동차 혁신인재양성사업의 지원을 받아 수행하였음

#### References

- 1) Bodla, B, Singh, A., Chen, C.-L, Gupta, S, & Girshick, R, "YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection." arXiv preprint arXiv:2004.10934, p.1-21, 2020
- 2) H. Wei, K. Zhang, and L. Shao, "Clustering denoising of 2D LiDAR scanning in indoor environment based on keyframe extraction.", Sensors 23(1), p.18-22, 2023.
- 3) D.H. Kim and J.H. Ahn, "Improved Parameter Inference for Low-Cost 3D LiDAR-Based Object Detection on Clustering Algorithms.", Journal of Intelligent and Robotic Systems 102.1, p.75, 2023.
- 4) Republic of Korea. Act on the Prevention of Discrimination against Persons with Disabilities and the Promotion of their Rights, 2023.
- 5) Kim, S, Autonomous robots will bring convenient future, says Newbility CEO. Dong-A Ilbo. Retrieved from <https://www.donga.com/news/Economy/article/all/20230206/117754432/1>, 2023. Park, J, Autonomous robots: The future of transportation? City Times. Retrieved from <https://www.cstimes.com/news/article/View.html?idxno=562194>, 2023.
- 6) LG Electronics. (n.d.). LG Cloi ServeBot. Retrieved from <https://www.lge.co.kr/service-robot/ldlim21>