

## 1. 개요

본 보고서는 하드웨어 기술 보고서이며 HADA의 자율주행차량에 대한 설명과 문제점을 제시한다. 산업통상자원부에서 주최하는 대학생 자율주행 경진대회에서 제공하는 ERP 42 플랫폼은 접근성이 떨어진다. 예를 들면 내장된 엔코더가 고장이지만 따로 분리하여 수리하거나 교체를 할 수 없는 구조이다. 이외에도 많은 부분에서 접근성이 떨어지기에 HADA 4기에서 자체 플랫폼 제작을 하였다. 하지만 새로 만들어진 플랫폼에서 해결되지 않은 문제점들이 존재한다. 본 보고서는 향후 현재 플랫폼의 문제점을 빠르게 파악하여 수정하기 위한 기본 지식을 제공한다.

## 2. 플랫폼 정보

표 1. 차량 제원

구분	제원	보기
플랫폼 중량	약 160 [kgf]	
플랫폼 최대 길이	1885 [mm]	
플랫폼 최대 폭	1070 [mm]	
플랫폼 최대 높이	1017 [mm]	
플랫폼 축간 거리	1150 [mm]	
조향 모터 최대 RPM	80 [RPM]	
조향 모터 최대 Torque	9 [Nm]	
조향 모터 동작 전압	12 [V]	
구동 모터 최대 RPM	300 [RPM]	
구동 모터 최대 Torque	50 [Nm]	
구동 모터 동작 전압	24[V]	
디트로네 배터리	24[V] 500[W] 20[A]	
DC 히트 배터리	24[V] 500[W] 20[A]	

표 1에서는 플랫폼의 스펙과 조향, 구동 쪽의 정보를 제시한다.



그림 1. 차량 모델링

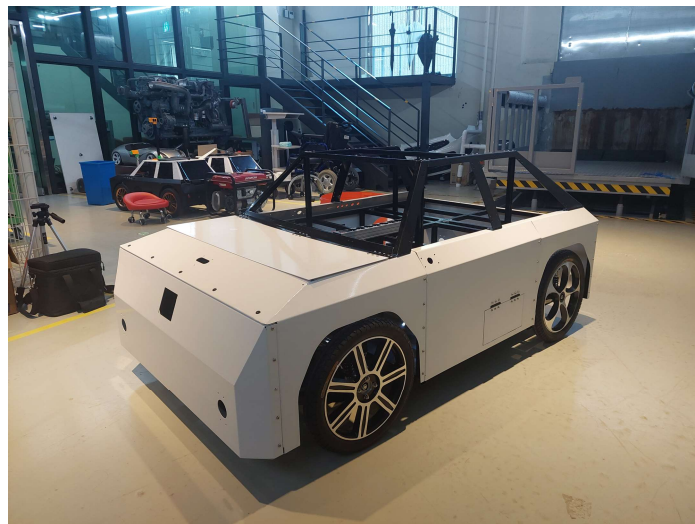


그림 2. 실제 차량

그림 1과 그림 2는 현재 HADA에서 사용 중인 플랫폼의 시뮬레이션 모델과 실제 차량의 사진이다. 관련 3D 모델링 파일과 설계법은 하드웨어 인수인계 파일에 첨부하였다.

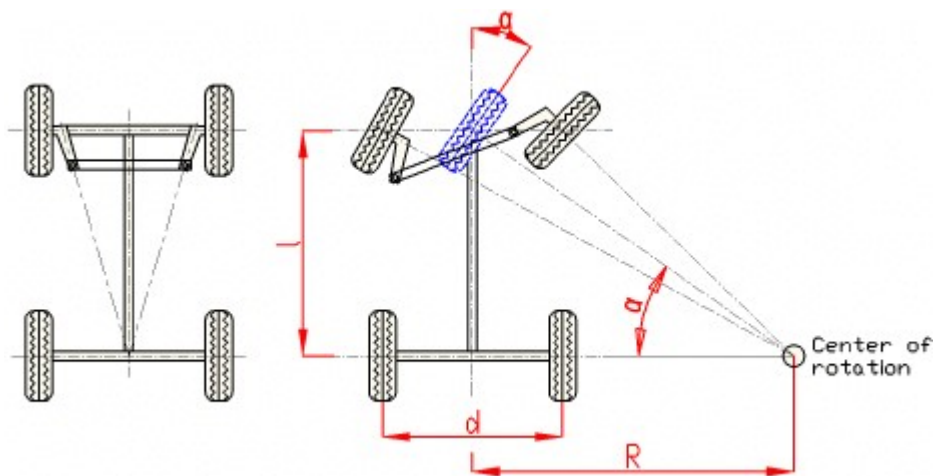


그림 3. 아커만 조향[1]

현재 HADA의 새로운 플랫폼은 아커만 조향으로 설계 되어있다. 곡선 주행에서 코너 안쪽 조향바퀴가 코너 바깥쪽 조향 바퀴보다 더 큰 각도를 가지는 토아웃 현상이 일어난다. 이때 모든 바퀴가 동일한 회전 중심을 공유하기엔 안정성있는 조향이 가능하다. 고속으로 곡선 주행시 좌우로 쳐지는 하중에 코너 바깥쪽 타이어의 슬립 앵글이 증가한다. 하지만 대회 규정과 모터 스펙으로 약 15km/h로 주행하는 HADA플랫폼은 큰 영향을 받지 않아 아커만 조향이 채택되었다. 그림 3는 아커만 조향 원리를 보여준다.

### 3. 기존 윈도우 모터의 문제점

NF 소나타 윈도우 모터를 사용하여 조향 실험을 진행한 결과, 다음과 같은 문제가 발견되었습니다:

- 필요 토크 증가에 따른 동작 멈춤:

Voltagermeter 기준 0V에서 2.5V까지 조향을 주었을 때 타이 로드가 일자로 정렬되며, 이로 인해 회전 필요 토크가 순간적으로 급격히 증가했습니다. 이 상황에서 모터에서 "딱" 소리가 나며 약 몇 분간 동작이 멈췄습니다.

- 원인 추정:

정확한 원인은 불명확하나, 내부 온도 기반 스위치가 고부하로 인해 발생한 발열을 감지하여 모터를 비활성화한 것으로 추정됩니다.

- 실제 환경에서의 문제:

아스팔트 주행 시 마찰력 증가로 더 많은 토크가 요구되었고, 과열로 인해 스위치가 작동하여 조향 불능 상황이 발생했습니다.

- 임시 해결 방안:

조향각을 20도로 제한하여 최소 회전반경을 3.5m로 설정했습니다.

$$R = \frac{\text{축간거리}}{\sin(\text{외측조향바퀴의 조향각도})} = \frac{1.2}{\sin 20} = 3.5m$$

그러나 최소 회전반경이 3.5m(회전 지름 7m)인 상태에서는 트랙 주행 및 U턴 상황에서 만족스러운 성능을 기대하기 어려웠습니다.



그림 4. 온도 기반 스위치

#### 4. 문제 해결 시도 및 새로운 문제점

이 문제를 해결하기 위해 “웜감속기어모터 WGM88-75112 DC 24V”를 구매하여 교체하였습니다. 해당 모터의 주요 사양은 다음과 같습니다:

- 감속비: 75
- 정격 토크: 280kgf · cm
- 회전 속도: 40RPM



그림 5. 웜감속기모터

- 새로운 모터의 성능 평가

차량의 지면에서 최대 조향각을 주었을 때도 즉각적으로 회전하며 발열 문제가 발생하지 않았습니다.

- 문제점

제어기 설계 실험 도중 최대 조향 상태에서 빠른 속도로 회전시키는 과정에서 파열음이 발생, 이후 모터가 헛돌기 시작했습니다. 모터를 분해한 결과 내부 기어가 플라스틱으로 제작되어 파손된 것을 확인했습니다.

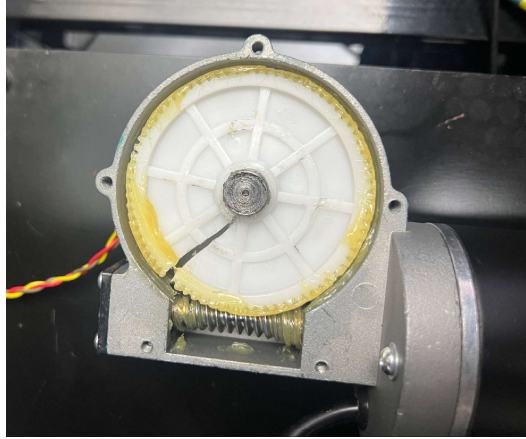


그림 6. 부서진 헬리컬 기어

- 모터 제조사 응답

모터뱅크에 해당 문제를 문의한 결과, 모터는 출하 전 작동 확인 후 발송되므로 별도의 조치를 취할 수 없다는 답변을 받았습니다.

#### 기어 손상 문제 해결 방안

1. 기존 기어 교체 시도

- 파손된 헬리컬 기어 스펙:

- 바깥 지름: 78.4mm
- 안쪽 지름: 75.4mm
- 기어 두께: 12mm
- 축 직경: 14mm (모터 축과 꼭 끼임 공차)
- 톱니 높이: 1.5mm

$$m = \frac{D_o - 2h}{Z} = \frac{78.4 - 2 * 1.5}{75} = 1.005mm$$

기어 규격에 맞는 대체품을 검색했으나, 적절한 기어를 찾지 못하여 교체가 불가능한 상태입니다.

2. 새로운 High Torque DC Motor 구매 검토

기존 플라스틱 기어의 내구성 문제를 방지하기 위해, 다음과 같은 조건을 만족하는 모터를 탐색 중입니다:

- 금속 기어 사용
- 기존 모터와 유사한 크기 및 설치 구조
- 높은 정격 토크 제공

현재 다양한 고토크 DC 모터 옵션을 검토 중이며, 필요 사양에 맞는 제품을 선정할 계획입니다.

5. 후방 디트로네 구동 모터 문제점

기존에 사용 중인 디트로네S 트랜스액슬 모터는 스펙상 300W를 필요로 하나, 실제 운용 시 100~260kW의 범위에서 구동 가능하며, 충분한 토크를 제공하지 못한다는 문제점이 발견되었습니다. 차량의 차체 무게 증가(100kg → 160kg)와 바퀴 직경 증가(12인치 → 14인치)에도 불구하고 속도를 유지하기 위해 아래와 같은 계산 결과를 도출하였습니다.

a) 차체 무게 증가로 인한 속도 감소

$$v_2 = 16km/h \times \sqrt{\frac{100}{160}} = 12.649km/h$$

b) 바퀴 직경 증가로 인한 속도 보상

12인치 → 14인치 변환:

$$ratio = \frac{14 \times 2.54}{12 \times 2.54} = \frac{35.56}{30.48} \approx 1.167$$

새로운 속도:

$$12.649 \times 1.167 = 14.7613km/h$$

최종적으로 약 15km/h로 기존 속도를 비슷하게 유지하는 데 성공하였으나, 경사로에서 자력으로 오르지 못하는 현상이 발생했습니다. 이는 바퀴 직경 증가 및 축 길이 증가로 인한 비틀림 변형이 토크 손실을 초래했을 가능성이 있습니다.

**문제 해결 방안**

a) 더 높은 토크를 제공하는 모터 탐색

현재 더 큰 토크를 가진 모터를 찾고 있다. 전동휠체어 모터 위주로 찾아보고 있다.

구동 모터 구매처