

Part 2. 자율주행차 조립 및 운행

제3장 모베드 하드웨어 구성 및 조립

학습목표

- 모베드를 구성하는 주요 하드웨어 부품(구성품 A~V)과 각각의 역할을 설명할 수 있다.
- 라즈베리파이 5의 기본 사양과 자율주행차에서의 역할을 이해한다.
- 조립 설명서 순서에 따라 모베드(새시·모터·배터리·라즈베리파이·PCB·카메라·메카넘 휠)를 완성할 수 있다.
- 전장부품 조립 시 지켜야 할 안전 체크포인트를 준수하며 배선·결선 작업을 수행할 수 있다.

3.1 들어가며 — 이제부터 직접 만든다

지난 두 장에 걸쳐 우리는 Physical AI가 무엇인지, AI가 이미지를 어떻게 이해하는지 개념을 익혔다. 이번 장부터는 Part 2, 본격적으로 손을 움직여 모베드(자율주행 미니카)를 직접 조립하는 단계로 넘어간다.

Part 2는 제3장부터 제5장까지 이어진다. 이번 장(제3장)에서는 모베드를 구성하는 부품들을 하나씩 이해하고 조립 설명서(조립도)에 따라 차체를 완성하며, 제4장에서는 노트북과 라즈베리파이를 Wi-Fi 핫스팟으로 연결해 수동으로 주행시켜 보고, 제5장에서는 실제 코스 주행 테스트와 함께 이후 AI 학습에 사용할 주행 데이터를 수집한다.

△ 참고 — 새시 설계와 3D 출력물

모베드의 새시(차체) 및 각 부품의 3D 설계·출력은 교수님께서 별도로 진행하시는 CAD/3D프린팅 파트에서 다룬다. 이 교재에서는 이미 출력이 완료된 부품을 「어떻게 조립하고, 어떻게 배선하는지」에 초점을 맞춘다. 조립 절차의 상세 그림은 별도 배부되는 「모베드 조립 설명서」(이하 조립도)를 함께 참고한다.

3.2 모베드 전체 구성 한눈에 보기

모베드는 크게 다섯 가지 부품군으로 이루어져 있다. 전체 구성을 먼저 살펴보자.

- **몸체:** 3D 프린팅 출력물 5종(바텀 플레이트, 슬라이드-인 탭 앞/뒤, 챔버, 카메라 마운트, 바스켓) — 모든 부품을 고정하는 차체 프레임과 물류 적재 공간(바스켓)을 이룬다.

- **두뇌:** 라즈베리파이 5 (4GB) + 액티브 쿨러 — 카메라 영상 처리, AI 추론, 모터 제어 명령 전달을 담당한다.
- **눈:** OV5647 카메라 모듈 (160° 광각) — 주행 영상을 촬영한다. (인지 단계 담당)
- **팔다리:** 메카닉 휠 ×4 (Ø48mm), 1:90 메탈 기어 DC 모터 ×4, PCB(모터드라이버 L293D ×2 탑재) — 4 륜 독립 구동으로 전진·횡이동·제자리 회전 등을 수행한다. (제어 단계 담당)
- **심장:** 18650 리튬이온 배터리 ×4 + 배터리 홀더, 보조배터리(10000mAh) — 구동부·제어부에 전원을 공급한다.

제1장에서 배운 「인지-판단-제어」 구조를 떠올려 보면, 카메라가 인지를, 라즈베리파이 위에서 돌아가는 AI 모델이 판단을, PCB(모터드라이버)와 DC 모터가 제어를 담당하는 구조라는 것을 알 수 있다. 차체 맨 위의 바스켓은 최종 미션에서 물류 박스를 실어 나르는 적재함 역할을 한다. 이번 장에서는 이 부품들을 실제로 조립하며 몸으로 익혀 보자.

3.3 라즈베리파이 5 자세히 알아보기

이번 학기 모베드와 로봇팔 모두 라즈베리파이 5를 「두뇌」로 사용한다. 라즈베리파이는 신용카드 크기의 초소형 컴퓨터로, 리눅스 기반 운영체제를 설치해 일반 컴퓨터처럼 사용할 수 있으면서도 GPIO(범용 입출력) 핀을 통해 모터·센서 같은 전자 부품을 직접 제어할 수 있다는 점이 가장 큰 특징이다. 본 키트에는 4GB 메모리 모델이 들어 있으며, 발열 관리를 위한 전용 액티브 쿨러(방열판+팬)를 장착해 사용한다. 주요 사양은 다음과 같다.

- **프로세서:** Broadcom BCM2712, 쿼드코어 Arm Cortex-A76 (2.4GHz)
- **메모리:** 4GB LPDDR4X (본 키트 기준)
- **무선통신:** Wi-Fi(802.11 b/g/n/ac), Bluetooth 5.0
- **영상출력:** micro-HDMI ×2 (최대 4K 60fps 듀얼 출력)
- **USB:** USB 3.0 ×2, USB 2.0 ×2
- **GPIO:** 40 핀 헤더 — 본 키트에서는 커넥터 케이블(리본 케이블)로 PCB와 연결
- **전원:** USB-C, 5V/5A
- **카메라 인터페이스:** CSI 커넥터 (카메라 모듈 전용 연결)
- **냉각:** 라즈베리파이 5 전용 액티브 쿨러 장착

■ 개념정리 — GPIO란?

GPIO(General Purpose Input/Output)는 라즈베리파이가 외부 전자부품과 신호를 주고받는 40개의 핀이다. 본 키트에서는 이 40핀을 커넥터 케이블(V) 하나로 PCB에 통째로 연결하고, PCB 위의 모터드라이버(L293D)가 라즈베리파이의 「전진」, 「후진」, 「속도 조절(PWM)」 신호를 받아 실제로 DC 모터를 구동한다. 케이블 방향이 뒤집히면 신호가 엉뚱한 핀에 연결되어 보드가 손상될 수 있으므로, 커넥터의 안/밖 방향을 반드시 확인하고 체결해야 한다.

3.4 구동부·전원부 사양

모베드의 구동부(DC 모터·메카닉 휠·모터드라이버)와 전원부(배터리)의 확정 사양은 다음과 같다.

① DC 모터 (F)

- **형식:** 1:90 메탈 기어드 DC 모터 (기어 전체가 금속 재질)
- **정격전압:** DC 3~6V
- **기어비:** 90 : 1 (감속)
- **수량:** 4 개 (네 바퀴 각각에 1 개씩 독립 장착)

기어비 90:1은 모터가 90바퀴 돌 때 출력축(바퀴)이 1바퀴 도는 감속 구조라는 뜻이다. 회전 속도를 줄이는 대신 토크(힘)를 크게 얻어, 작은 모터로도 차체와 적재물을 안정적으로 움직일 수 있다.

② 메카닉 휠 (L)

- **규격:** 직경 48mm, 4 개 1 세트
- **구조:** 바퀴 둘레에 45° 경사 롤러 배열 — 롤러 방향에 따라 좌·우 대칭 휠 2 종 구분
- **체결:** DC 모터 축에 삽입 후 메카닉 휠 전용 볼트(N)로 고정

③ 모터드라이버 — PCB (P, 제어 및 컨버터 모듈)

- **형태:** 자체 제작 PCB (제어 회로 + 전원 컨버터 통합 모듈)
- **모터드라이버 IC:** L293D(DIP) ×2 — IC 1 개당 DC 모터 2 개 제어, 총 4 채널(A·B·C·D)
- **제어 방식:** 라즈베리파이 GPIO 40 핀 ↔ 커넥터 케이블(V) 직결, PWM 방식 속도·방향 제어
- **모터 결선:** 채널별 나사식 터미널(+/-)에 DC 모터 리드선 체결

④ 전원부 (G·H·I)

- **리튬이온 배터리:** 18650 규격, 3.7V / 3100mAh, 보호회로 내장형 ×4 개

- **팩 구성:** 4 개 직렬(4S) 연결 — 팩 공칭 전압 14.8V
- **배터리 홀더:** 18650 4 구 직렬(4S) 홀더 — 슬롯마다 표시된 +/- 방향에 맞춰 장착
- **보조배터리:** 샤오미 22.5W 보조배터리 10000mAh — 라즈베리파이 5 전원 공급용
- **충전기:** POWERKAN 리튬이온 배터리 충전기 (18650 전용, 지정 충전기만 사용)
- **1 회 충전 구동 시간:** 완충 기준 약 6 시간(3 시간 실습 2 회분) — 주행 조건에 따라 달라질 수 있음
- **충전 소요 시간:** 약 2 시간 (전용 충전기 기준)

△ 실습 전 배터리를 미리 충전해 두자

18650 배터리 팩을 완충하는 데 약 2시간이 걸린다. 제4~5장의 주행 실습이 원활하게 진행되도록, 수업 전 여유 시간에 배터리를 전용 충전기로 미리 충전해 두기를 권장한다. 라즈베리파이에 전원을 공급하는 보조배터리도 함께 충전해 둔다.

■ 개념정리 — 전원을 두 갈래로 나누는 이유

모베드에는 배터리가 두 종류 실려 있다. 18650 리튬이온 배터리 팩(4개 직렬, 공칭 14.8V)은 PCB의 전원 회로를 거쳐 DC 모터(구동부)에 전원을 공급하고, 라즈베리파이5(제어부)는 샤오미 보조배터리에서 별도로 전원을 공급받는다. 모터는 출발하거나 방향을 바꾸는 순간 큰 전류를 한꺼번에 끌어가면서 전압을 순간적으로 떨어뜨리는데, 컴퓨터인 라즈베리파이가 같은 전원을 쓰면 이 순간 전압 강하로 재부팅되거나 오작동할 수 있다. 구동부와 제어부의 전원을 분리하면 이런 간섭을 막아 훨씬 안정적으로 동작한다.

전원은 분리되어 있지만, 라즈베리파이와 PCB는 커넥터 케이블(V)에 포함된 그라운드(GND)를 통해 기준 전위를 공유하므로 제어 신호는 안정적으로 전달된다. 참고로 PCB에 있는 USB 포트(5V 5A)는 본 키트에서는 사용하지 않는다.

■ 개념정리 — 메카넘 휠로 자유자재로 움직이는 원리

모베드는 일반 바퀴가 아니라 「메카넘 휠(Mecanum Wheel)」을 네 바퀴 모두에 사용한다. 메카넘 휠은 바퀴 둘레에 여러 개의 작은 롤러가 45도 각도로 비스듬히 붙어 있는 특수한 바퀴다. 각 바퀴는 독립된 DC 모터로 구동되며, 네 바퀴의 회전 방향과 속도 조합에 따라 전진·후진뿐 아니라, 방향 전환 없이 옆으로 이동하는 횡이동(strafe), 제자리에서 도는 제자리 회전, 대각선 이동까지 만들어낼 수 있다.

예를 들어 네 바퀴를 모두 같은 방향·속도로 돌리면 직진하고, 앞왼쪽·뒤오른쪽 바퀴와 앞오른쪽·뒤왼쪽 바퀴를 서로 반대 방향으로 돌리면 제자리에서 회전하며, 대각선 방향의 바퀴 조합을 다르게 돌

리면 차체 방향을 바꾸지 않고 옆으로 이동할 수 있다. 이처럼 이동 방향과 차체가 바라보는 방향을 독립적으로 제어할 수 있다는 점이 일반 2륜 차동 구동 방식과 가장 크게 다른 점이며, 좁은 물류 공간에서 자세를 바꾸지 않고 옆으로 미끄러지듯 이동해야 하는 상황에서 큰 장점이 된다.

롤러가 기울어진 방향에 따라 좌측용·우측용 휠이 구분되므로, 조립 시 반드시 조립도의 롤러 방향 도해를 보고 지정된 위치에 장착해야 한다. 휠 방향이 뒤바뀌면 정상적으로 횡이동·회전이 되지 않는다.

3.5 조립 전 물품 확인 — 구성품 A~V

조립을 시작하기 전, 키트 박스 안에 아래 물품이 모두 들어 있는지 팀원과 함께 꼼꼼히 확인한다. 각 부품에는 조립도 전반에서 사용되는 알파벳 라벨(A~V)이 부여되어 있으므로, 이후 조립 단계 설명도 이 라벨을 기준으로 진행한다. 3D 출력물은 파손되거나 서포트재가 덜 제거된 부분이 없는지도 함께 점검한다.

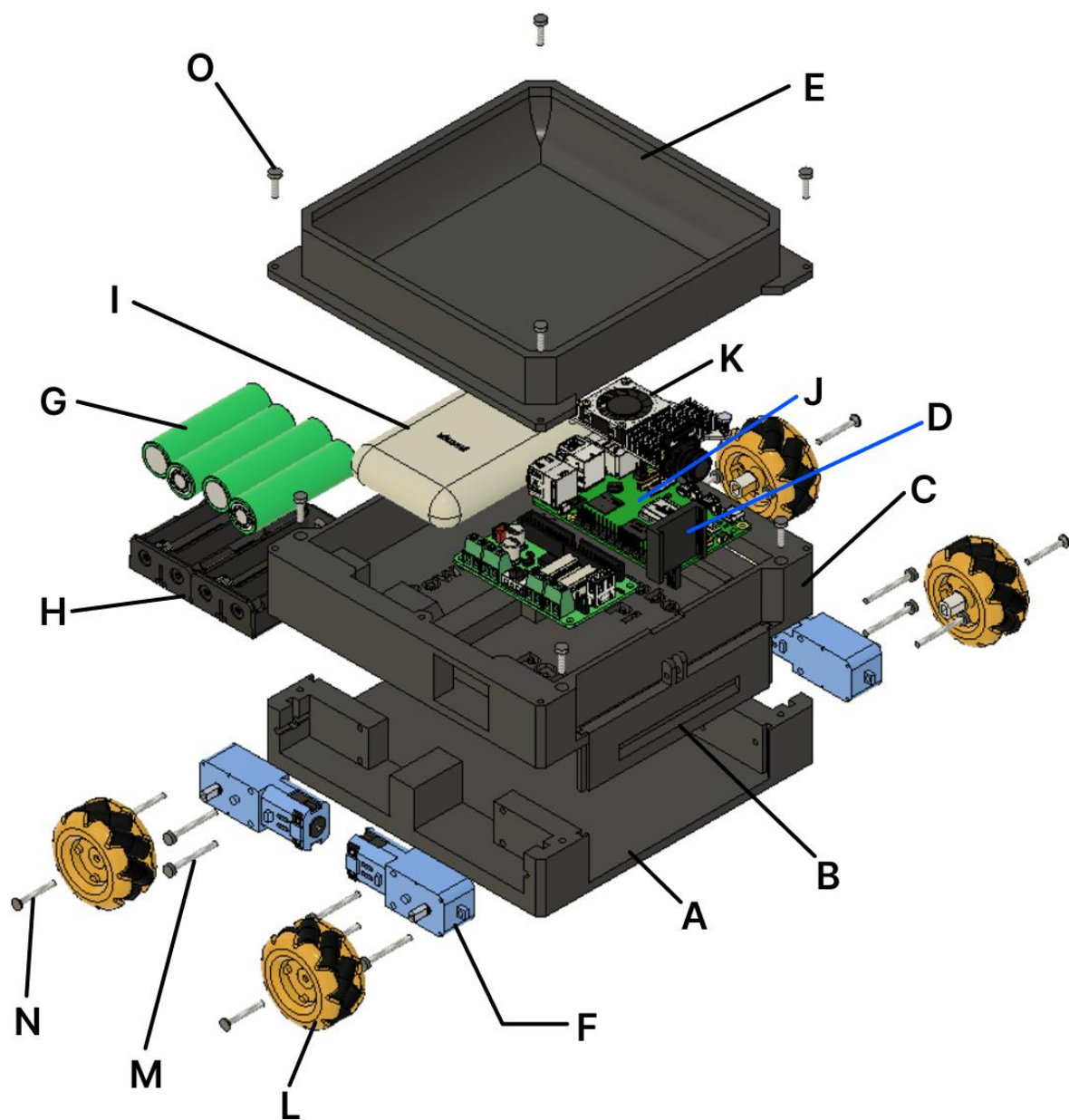
① 3D 프린팅 출력물

라벨	부품명	수량	역할
A	바텀 플레이트	1	차체 하판 — DC 모터·배터리 팩이 장착되는 기초 프레임
B / B'	슬라이드-인 탭 (앞 / 뒤)	각 1	차체 앞·뒤를 막는 판 — 앞쪽(B)에는 카메라 마운트 홀드가 있음
C	챔버	1	라즈베리파이·PCB·보조배터리가 안착되는 중간 층 하우징
D	카메라 마운트	1	카메라 모듈 고정용 마운트
E	바스켓	1	차체 상단 적재함 (물류 미션에서 박스 적재)

② 전장부품 및 기타

라벨	부품명	수량	비고
F	DC 모터 (1:90 메탈 기어)	4	바퀴별 독립 구동
G	18650 리튬이온 배터리 (3.7V 3100mAh, 보호회로)	4	구동부 전원

라벨	부품명	수량	비고
H	배터리 홀더 (18650 4구, 직렬)	1	+/- 방향 표시 확인
I	샤오미 22.5W 보조배터리 (10000mAh)	1	라즈베리파이 전원
J	라즈베리파이 5 (4GB)	1	두뇌
K	라즈베리파이 액티브 쿨러	1	라즈베리파이에 장착
L	메카넘 휠 (Ø48mm)	4	좌·우 대칭 2종 구분
M	DC 모터 볼트	12	모터당 3개
N	메카넘 휠 볼트	4	휠당 1개
O	M3 볼트 (M3×14)	12 + 여분	챔버·바스켓 체결
O'	M3 볼트 short	5 + 여분	카메라 마운트 체결 등
P	PCB (제어 및 컨버터 모듈)	1	L293D ×2 탑재
Q	배터리 충전기 (POWERKAN)	1	18650 전용
R	드라이버 세트	1	길고 얇은 드라이버 포함
S	SD 카드 (32GB)	1	OS·코드 저장
T	카메라 모듈 (OV5647, 160°)	1	인지 담당
U	카메라 케이블 (30cm)	1	카메라 ↔ 라즈베리파이
V	커넥터 케이블 (40핀 리본)	1	라즈베리파이 GPIO ↔ PCB



전장부품의 실물 사진은 아래 그림 3-1, 3-2와 같다(3D 출력물은 별도 사진이 없다). 물품 대조 시 함께 참고한다.

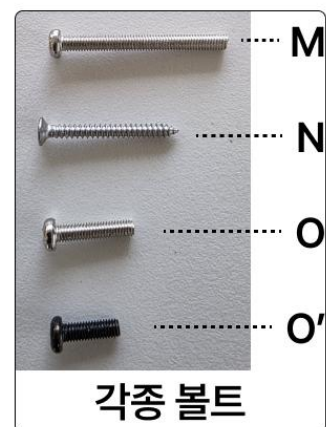
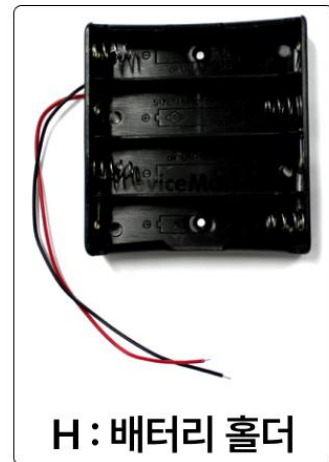
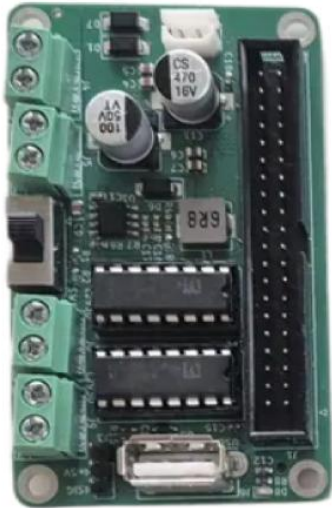


그림 3-1 물품 목록 사진 ① (F~O')



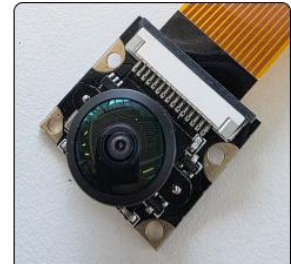
P : PCB



R : 드라이버 세트



S : SD카드



T : 카메라 모듈



Q : 배터리 충전기



U : 카메라 케이블



V : 커넥터 케이블

그림 3-2 물품 목록 사진 ② (P~V)

3.6 모베드 조립 순서

반드시 그림과 함께 보며 작업하고, 각 단계를 마칠 때마다 조립 상태를 사진으로 기록해 둔다. 각 그림 아래에 해당 작업의 지시 사항을 함께 실었다.

단계 1. DC 모터 장착

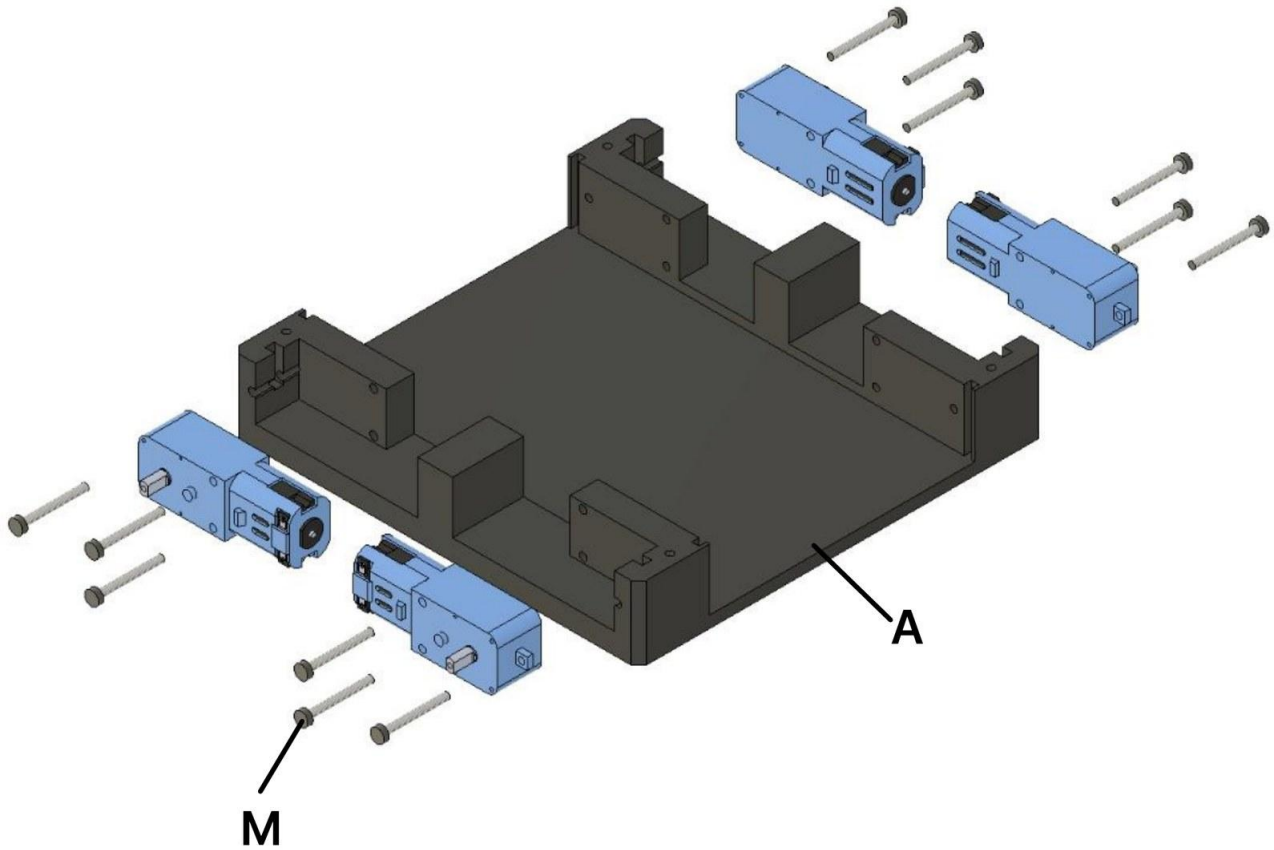


그림 3-3 DC 모터 장착

바텀 플레이트(A)의 네 모서리 모터 슬롯에 DC 모터(F)를 각각 알맞게 배치하고, DC 모터 볼트(M)를 모터당 3개씩 체결한다. 모터 축이 차체 바깥쪽을 향하도록 방향을 확인한다.

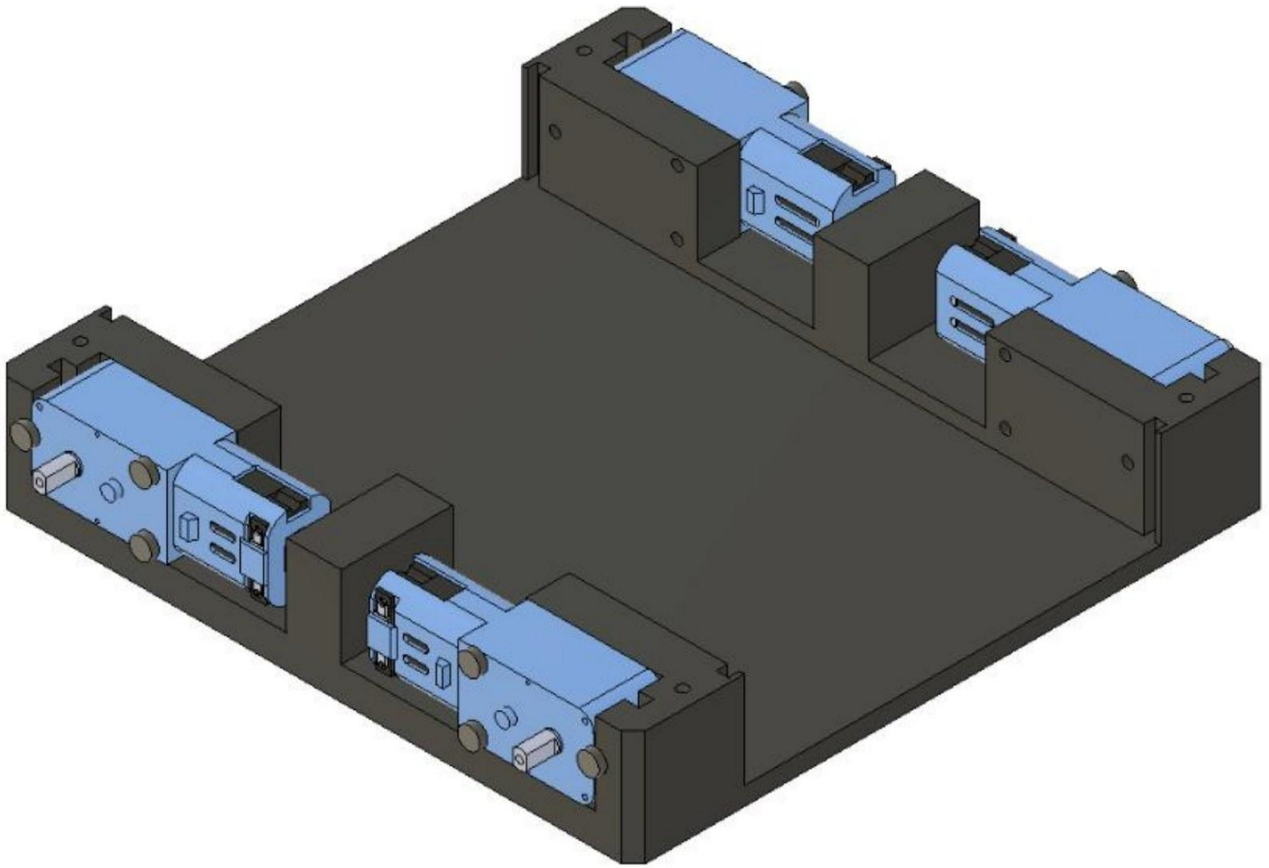


그림 3-4 DC 모터 장착 완료 모습

단계 2. 배터리 팩 만들기

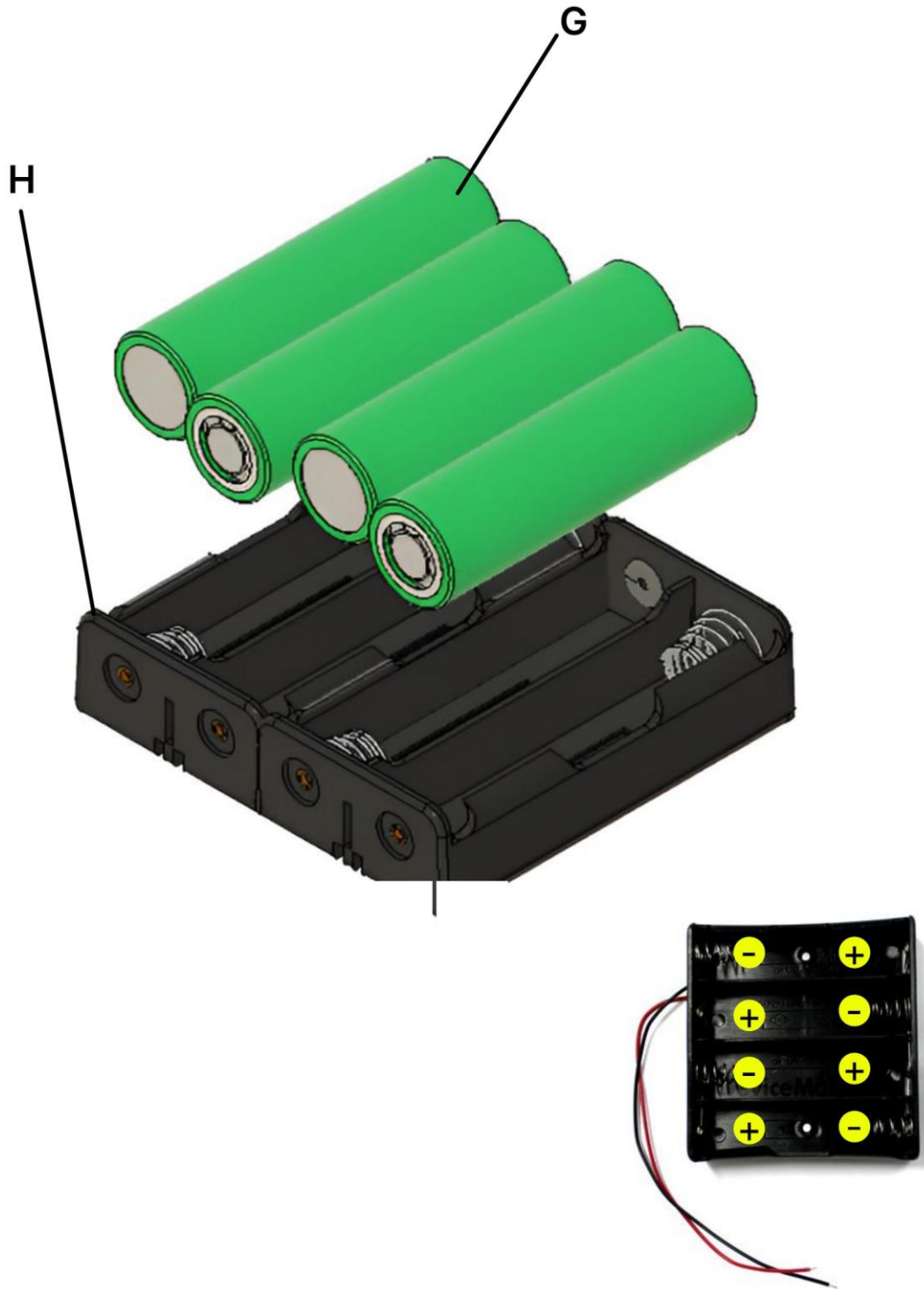


그림 3-5 배터리 장착과 극성 방향

배터리 홀더(H)에 18650 리튬이온 배터리(G) 4개를 끼워 넣는다. 이때 홀더 각 슬롯에 표시된 +/- 방향과 배터리의 극성이 정확히 일치해야 한다. 슬롯마다 극성 방향이 서로 엇갈려 있으므로 한 칸씩 확인하며 장착한다.



그림 3-6 배터리 팩 완성 모습

⚠ 주의

배터리를 뺄 때 드라이버 등 날카로운 도구를 사용하면 배터리의 보호 회로가 손상될 수 있다. 반드시 손으로 밀어 빼낸다.

단계 3. 배터리 팩 안착 및 슬라이드-인 탭 설치

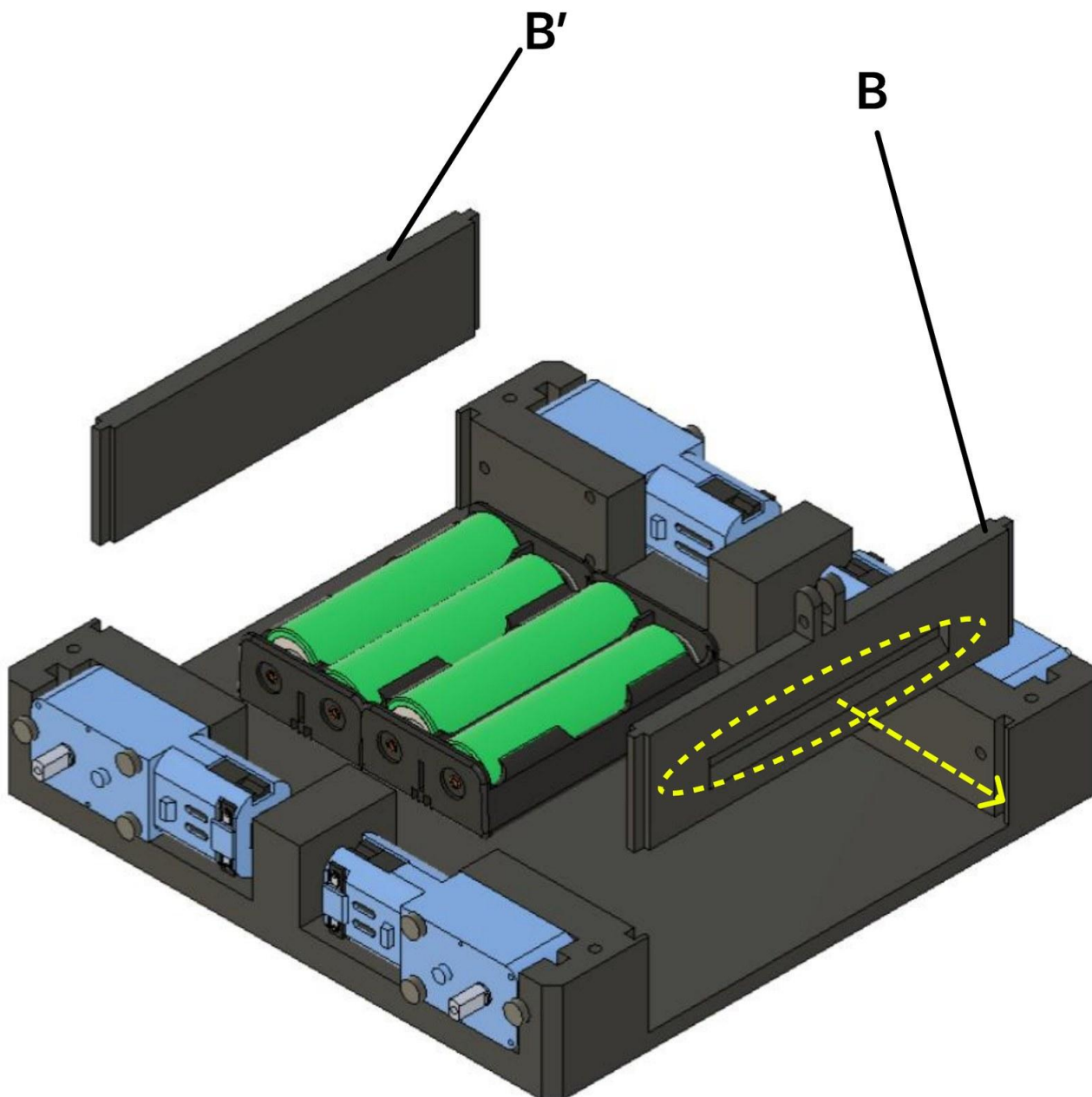


그림 3-7 슬라이드-인 탭 설치

완성된 배터리 팩을 바텀 플레이트 안(중앙 홀더 자리)에 놓은 뒤, 슬라이드-인 탭 앞(B)·뒤(B')를 바텀 플레이트의 지정 위치에 위에서 아래로 끼워 넣는다. 슬라이드-인 탭의 홈이 파여 있는 면이 차체 바깥쪽을 향하도록 설치한다.

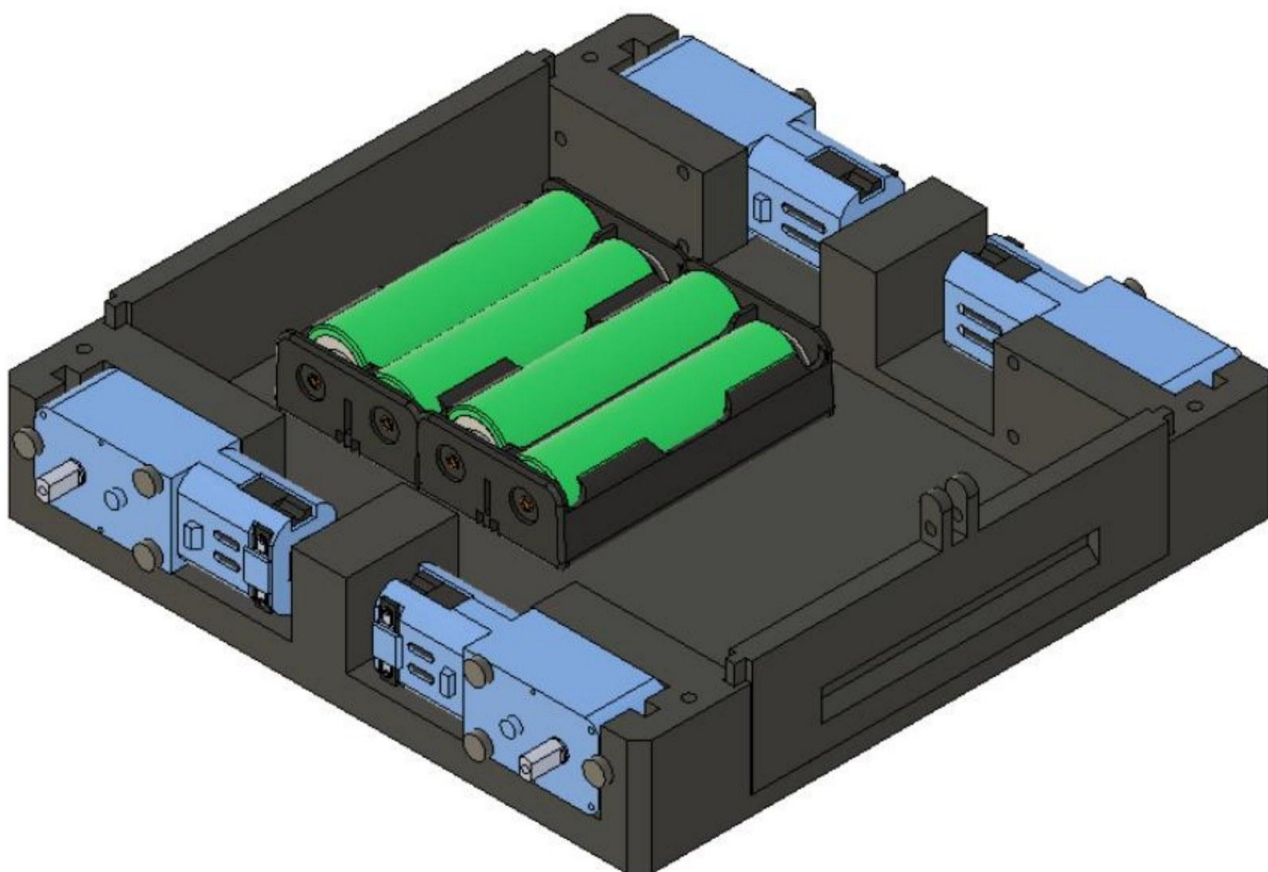


그림 3-8 슬라이드-인 탭 설치 완료 모습

단계 4. 챔버 올리기 및 모터 리드선 정리

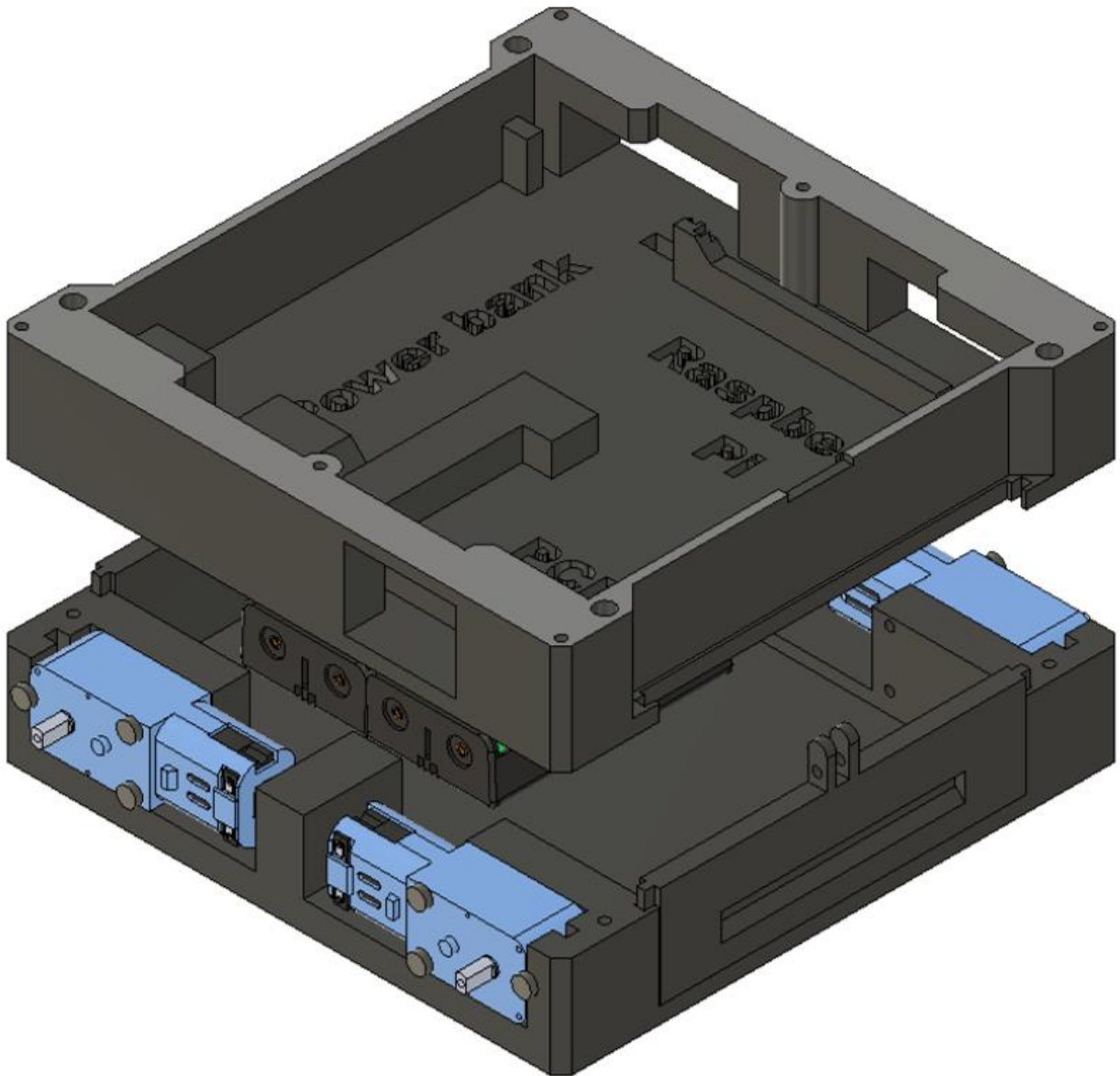


그림 3-9 챔버 올리기

챔버(C)를 완성된 바텀 플레이트 위에 올린다. 챔버 바닥에는 부품 자리가 각인되어 있는데, PCB를 놓는 공간이 앞쪽(슬라이드-인 탭 B 방향)을 향하도록 방향을 맞춘다.

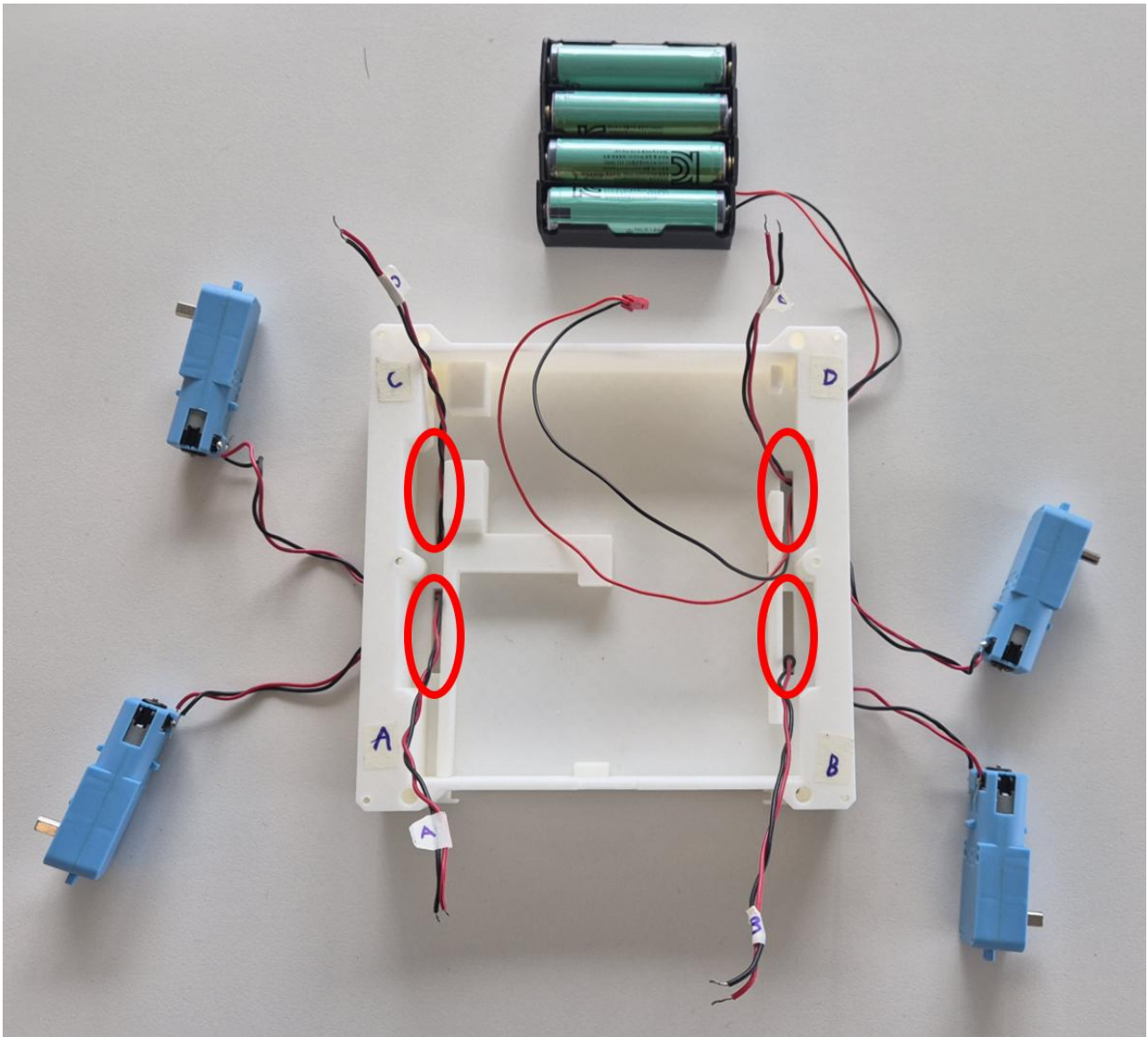


그림 3-10 선 정리 슬롯과 모터 리드선

각 DC 모터의 리드선을 챔버 양옆의 선 정리 슬롯에 통과시켜 위로 빼 둔다. 선 꼬임을 방지하고, 이후 PCB와의 결선을 쉽게 하기 위한 절차다. 어느 모터의 선인지 헷갈리지 않도록 리드선에 위치 (A·B·C·D) 라벨을 붙여 두면 결선 단계가 훨씬 수월해진다.

단계 5. 챔버 고정

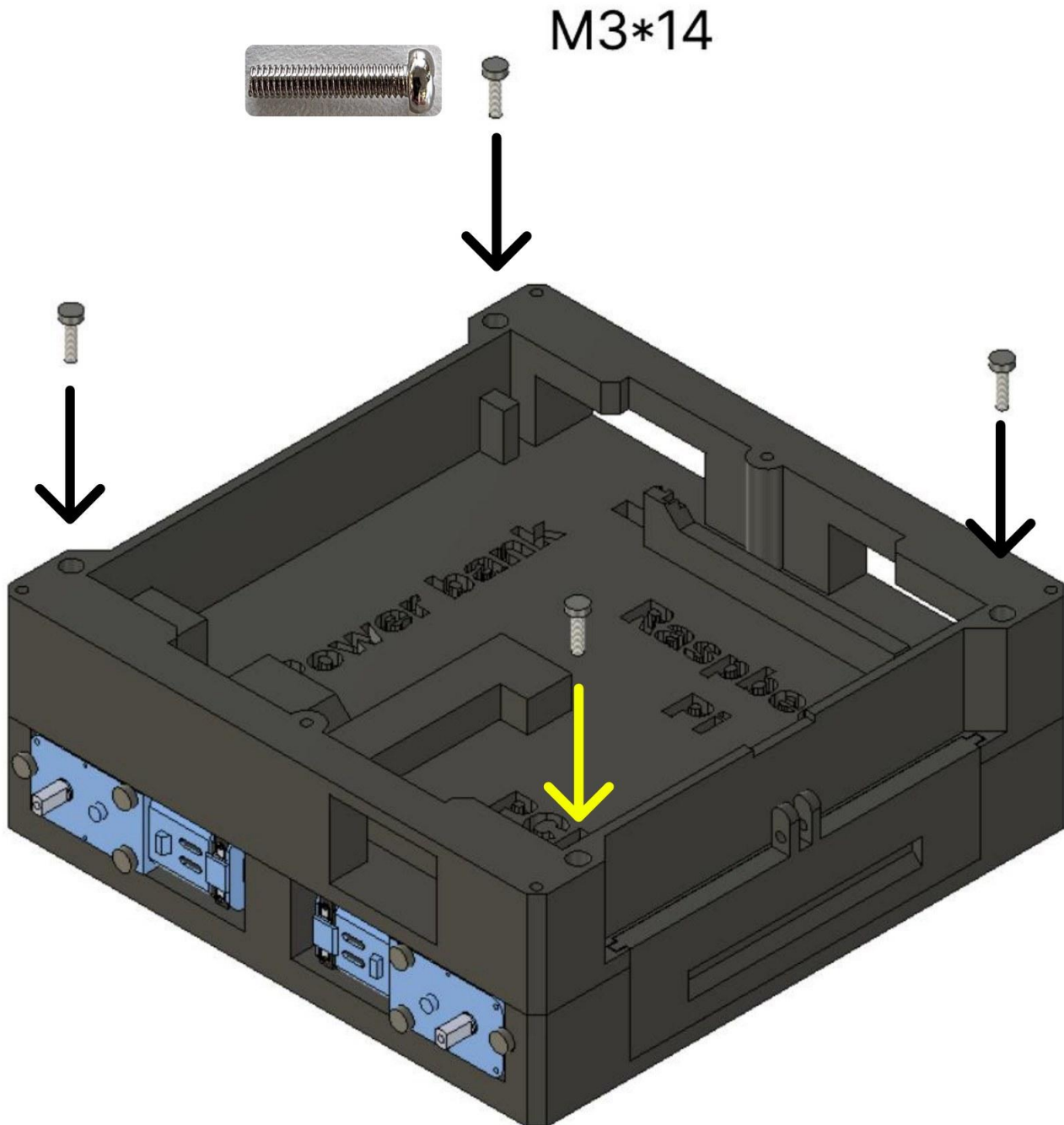


그림 3-11 챔버 고정 볼트(M3×14) 체결

챔버와 바텀 플레이트의 볼트 구멍 위치를 일치시킨 후, M3 볼트(O, M3×14)를 그림에 표시된 위치 (네 모서리와 중앙부)에 체결한다. 볼트가 챔버 전체 높이를 통과해 들어가므로, 드라이버 세트(R)의 길고 얇은 드라이버를 사용해 작업한다.

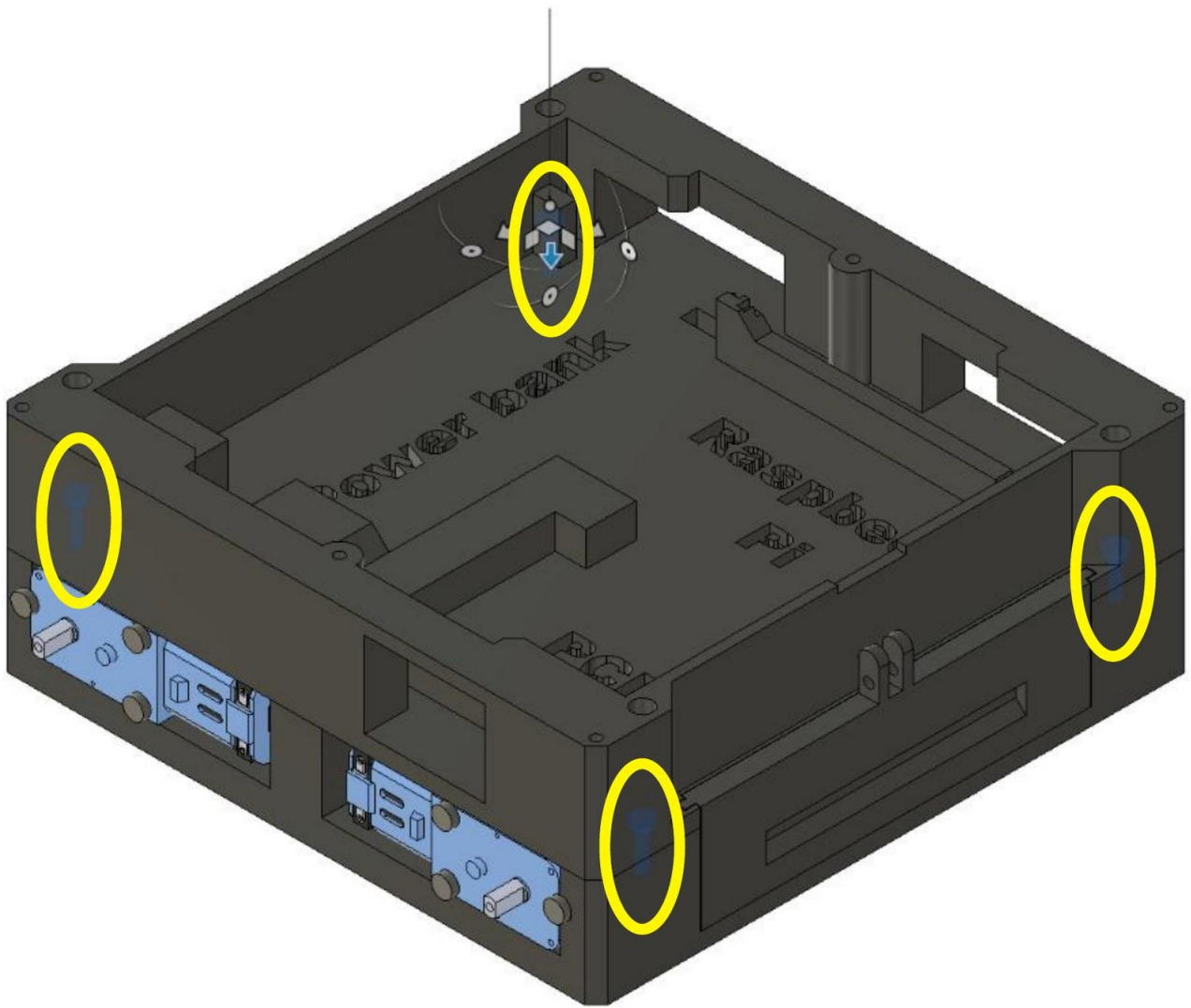


그림 3-12 체결된 볼트의 위치

단계 6. 라즈베리파이 쿨러 장착

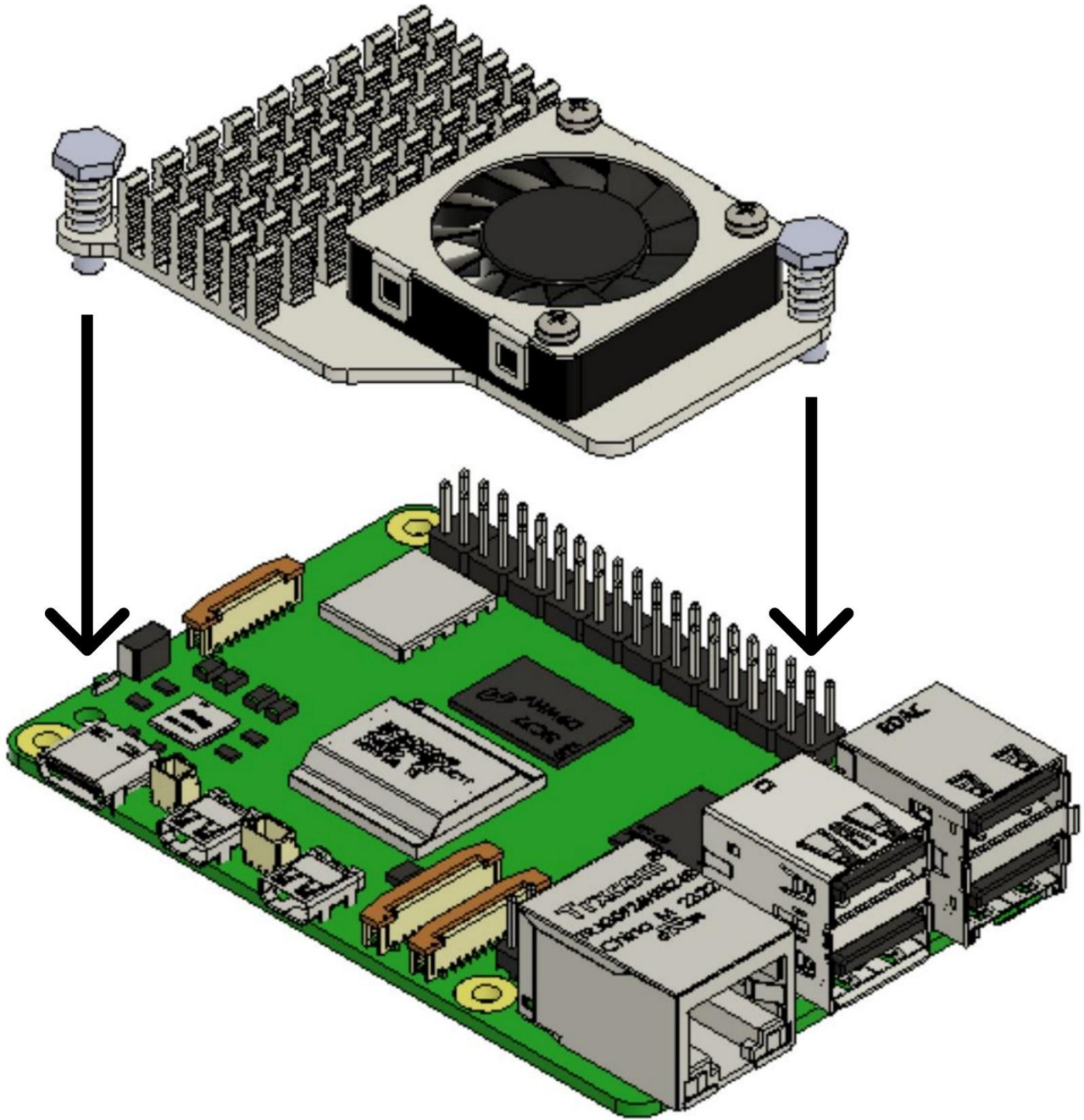


그림 3-13 라즈베리파이5와 쿨러 결합

박스에서 라즈베리파이 5(J)와 라즈베리파이 쿨러(K)를 꺼내 결합한다. 쿨러를 라즈베리파이 위에 올리고, 별도의 볼트 체결 없이 적당한 압력으로 밀어 넣으면 고정된다.

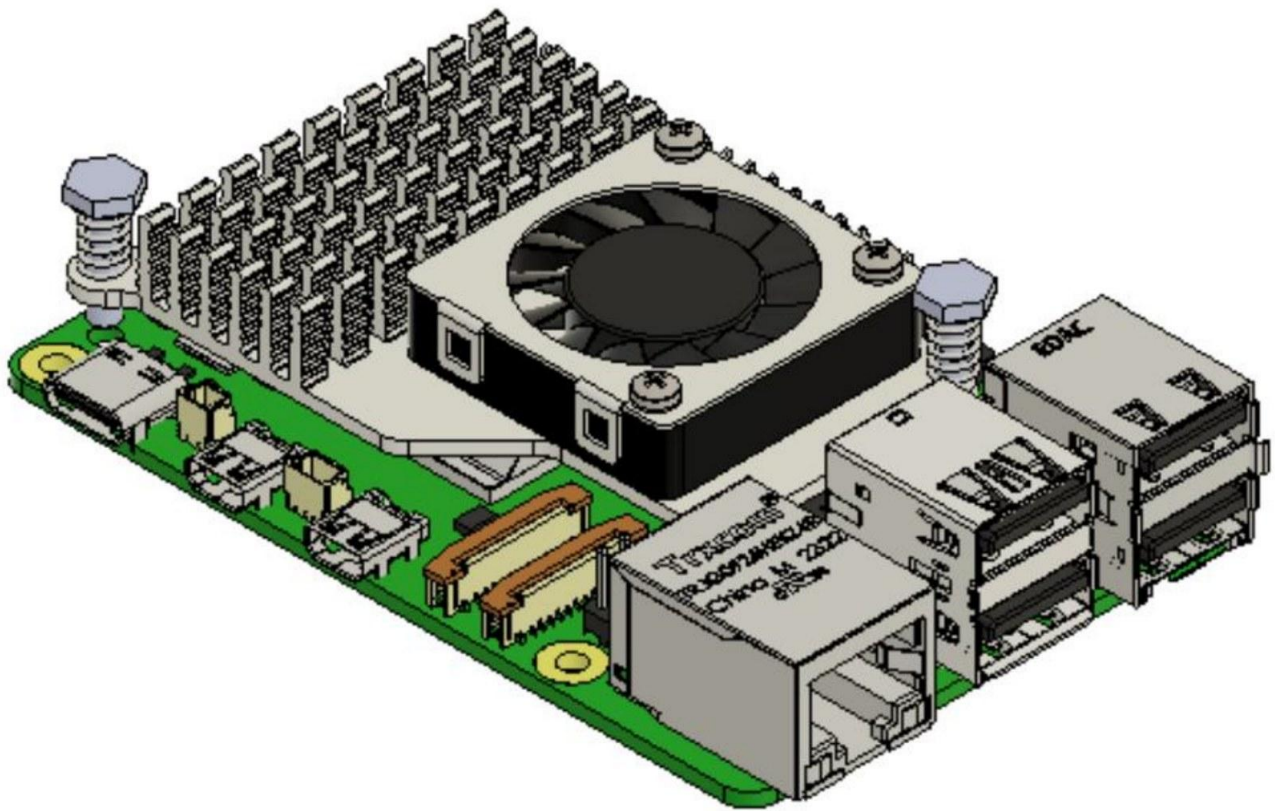


그림 3-14 쿨러 결합 완료 모습

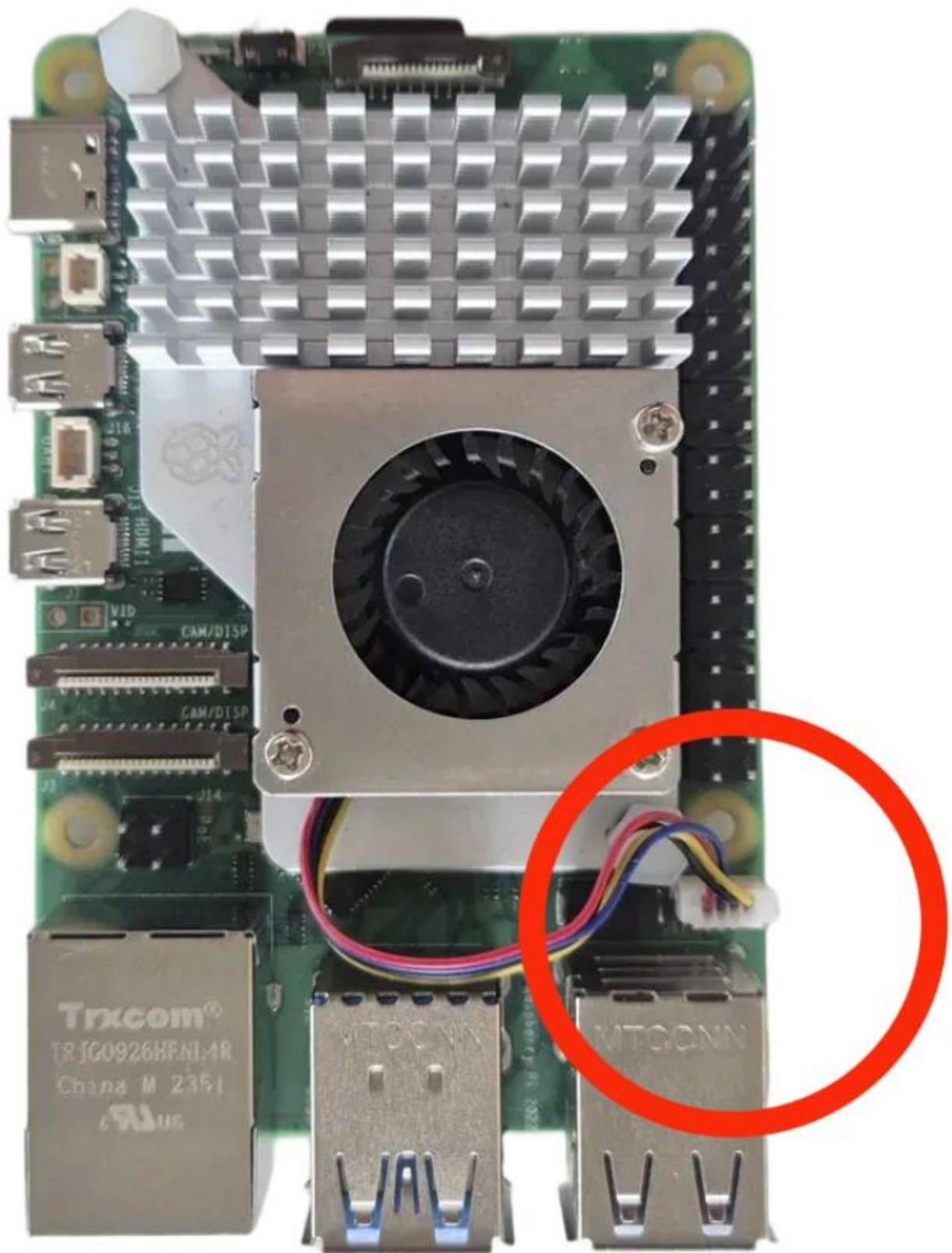


그림 3-15 쿨러 리드선 연결 포트 위치

쿨러의 리드선을 라즈베리파이 5의 쿨러 포트에 연결하면 완성이다. 포트 위치는 위 사진의 표시를 참고한다.

단계 7. 라즈베리파이 5와 PCB 연결

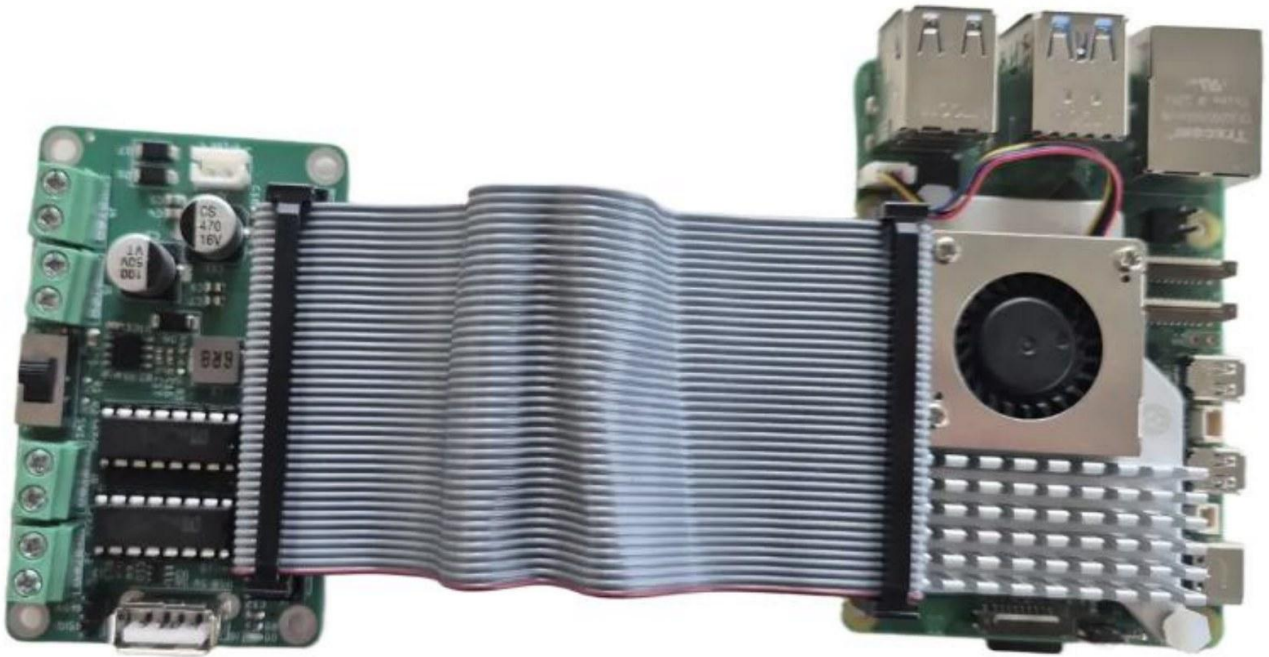


그림 3-16 커넥터 케이블 연결

라즈베리파이 5(J)와 PCB(P)를 커넥터 케이블(V)로 연결한다. 커넥터 케이블의 양 끝을 확인하여 안/밖 방향이 올바르게 꽂히도록 주의한다. 라즈베리파이는 단계 6에서 쿨러(K)를 장착한 상태로 진행한다.

단계 8. 전장부품 챔버 안착

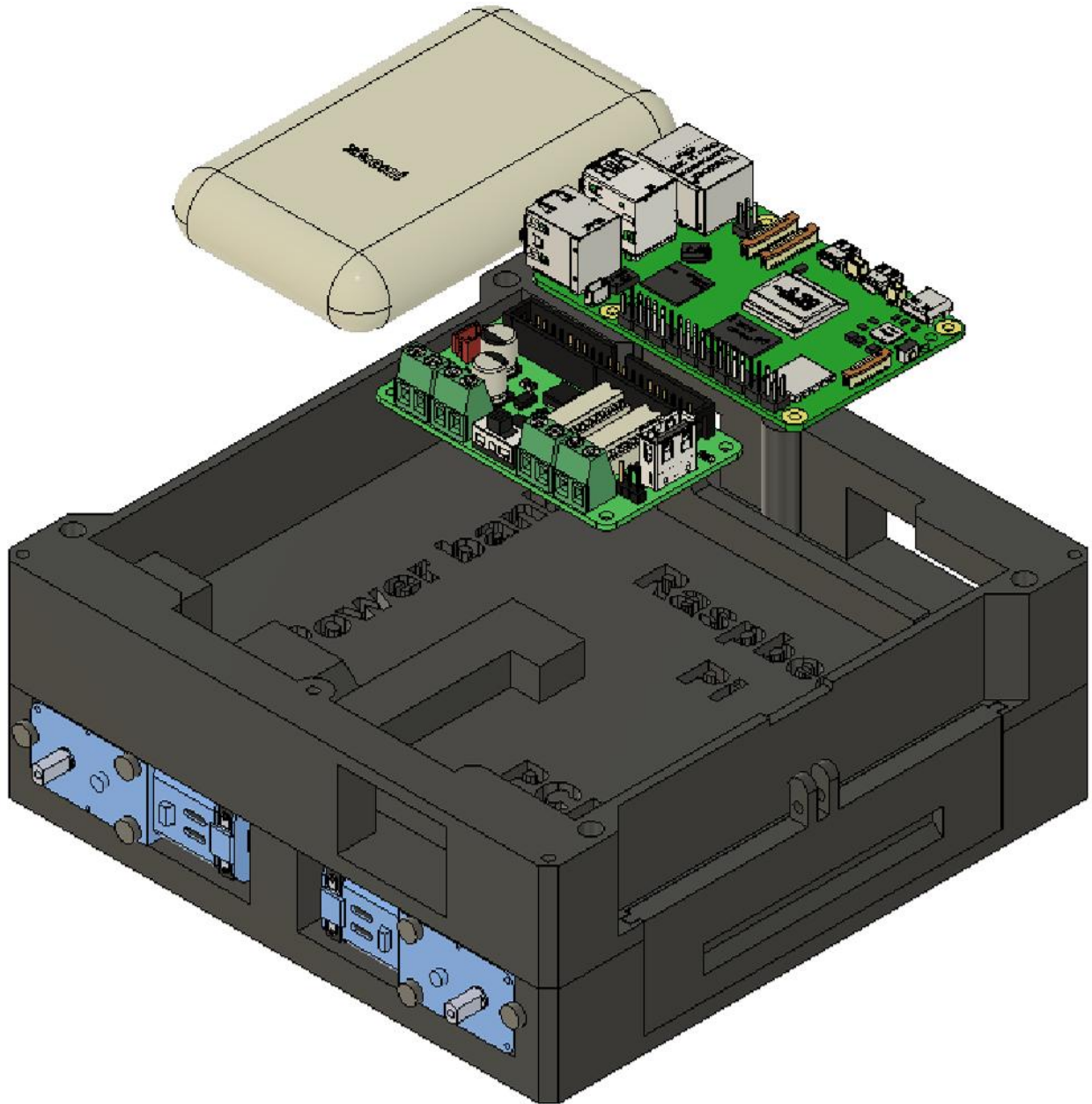


그림 3-17 전장부품 챔버 배치

서로 연결된 라즈베리파이 5와 PCB, 그리고 보조배터리(I)를 챔버 바닥에 각인된 각각의 자리 (Raspberry Pi / PCB / power bank)에 배치한다.

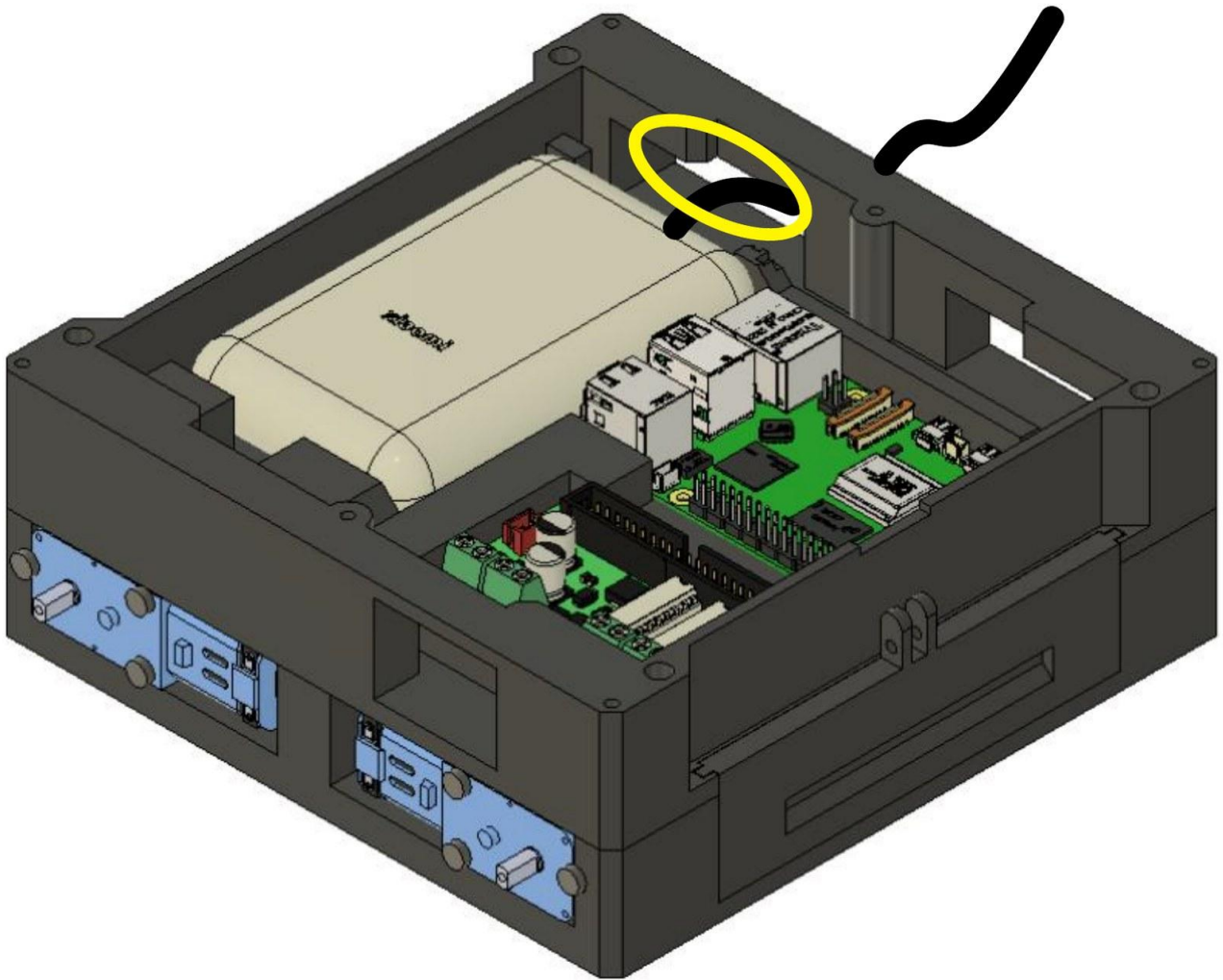


그림 3-18 보조배터리 케이블 인출 슬롯

보조배터리의 내장 케이블은 챔버에 마련된 슬롯을 통해 차체 밖으로 빼 놓는다.

단계 9. DC 모터 리드선 PCB 결선

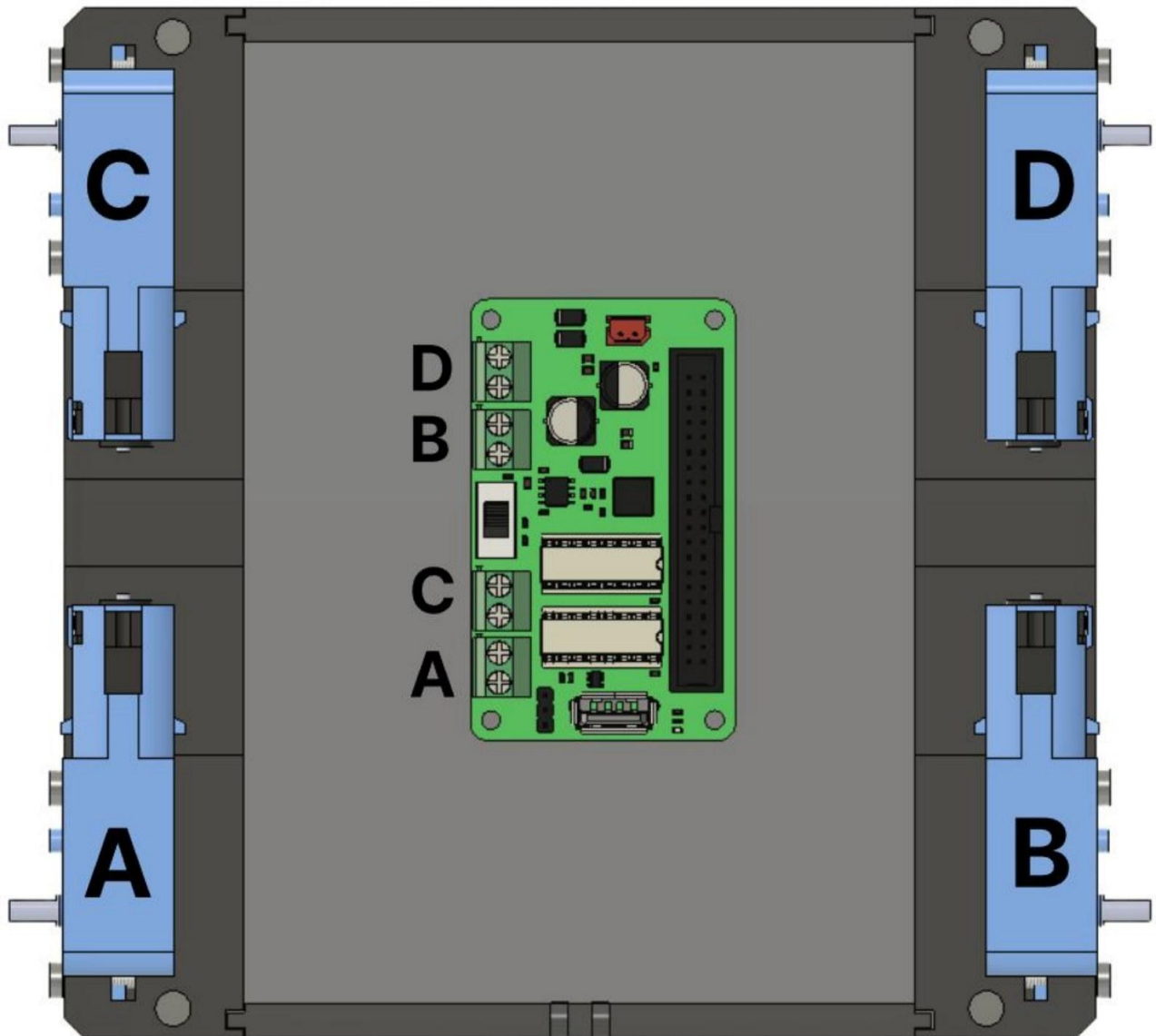


그림 3-19 모터 리드선과 PCB 채널 대응

단계 4에서 선 정리 슬롯으로 정리해 둔 4개 모터의 리드선을, PCB의 채널별 나사식 터미널 (A·B·C·D)에 결선한다. 차체에서의 모터 위치(A·B·C·D)와 PCB 터미널의 채널 표기가 정확히 일치해야 차량 운행 시 오류가 발생하지 않는다.

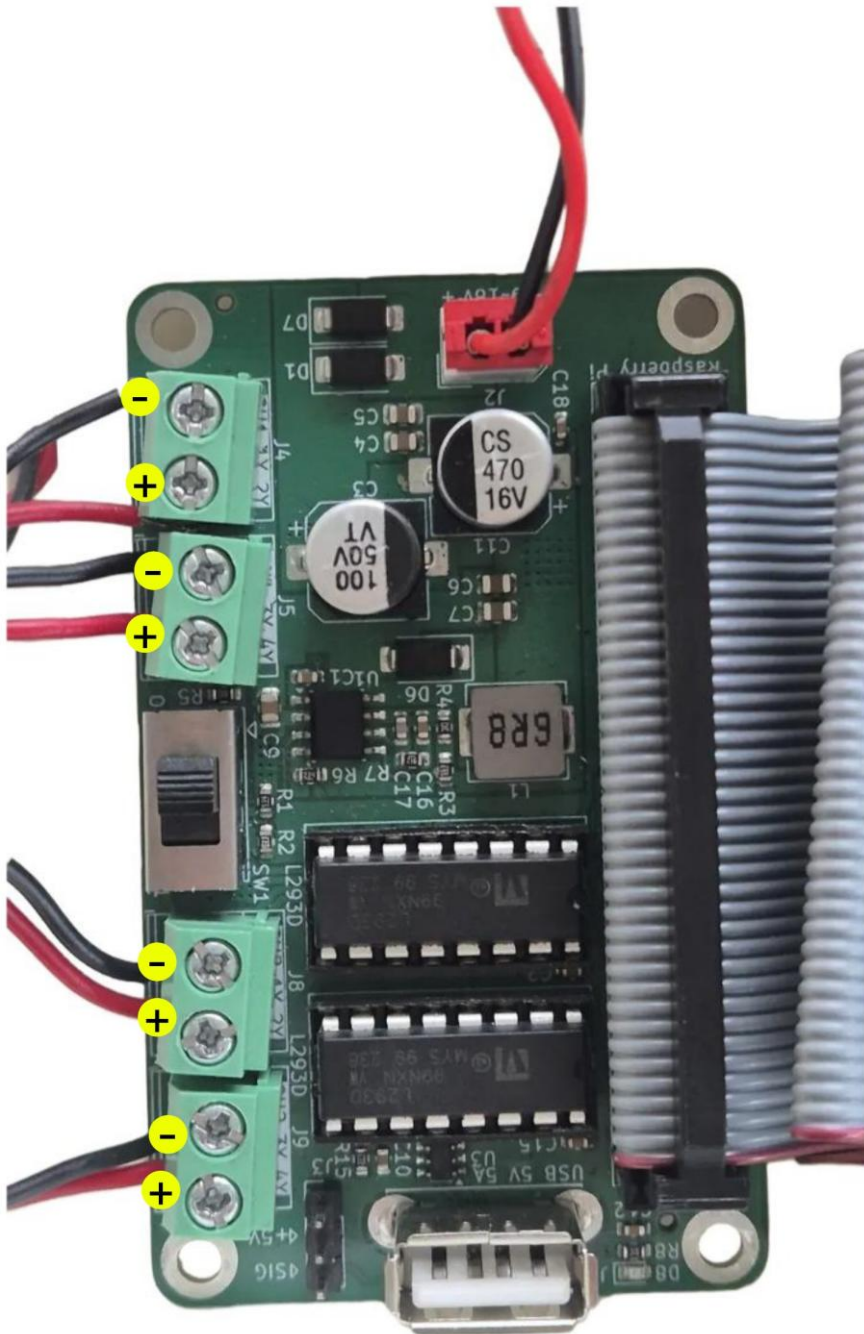


그림 3-20 PCB 터미널 결선

터미널의 나사를 드라이버로 살짝 풀어 연 뒤 리드선을 꽂아 넣고 다시 조인다. 파손의 위험이 있으므로 적당한 저항감이 느껴질 때까지만 조인다.

■ 팁 — 모터가 반대로 움직인다면

제4장 수동 주행 때 특정 바퀴가 키 입력과 반대로 움직인다면, 해당 채널 터미널에서 리드선의 +와 - 위치를 서로 바꿔 끼우면 회전 방향이 바로잡힌다. DC 모터는 전류 방향이 바뀌면 회전 방향도 바뀌기 때문이다.

단계 10. 카메라 조립 및 장착

카메라 모듈(T)과 카메라 케이블(U)을 결합한 뒤 카메라 마운트(D)에 장착하는 단계다. 케이블 방향 실수가 가장 잦은 단계이므로 그림을 보며 천천히 진행한다.



그림 3-21 카메라 모듈과 카메라 케이블

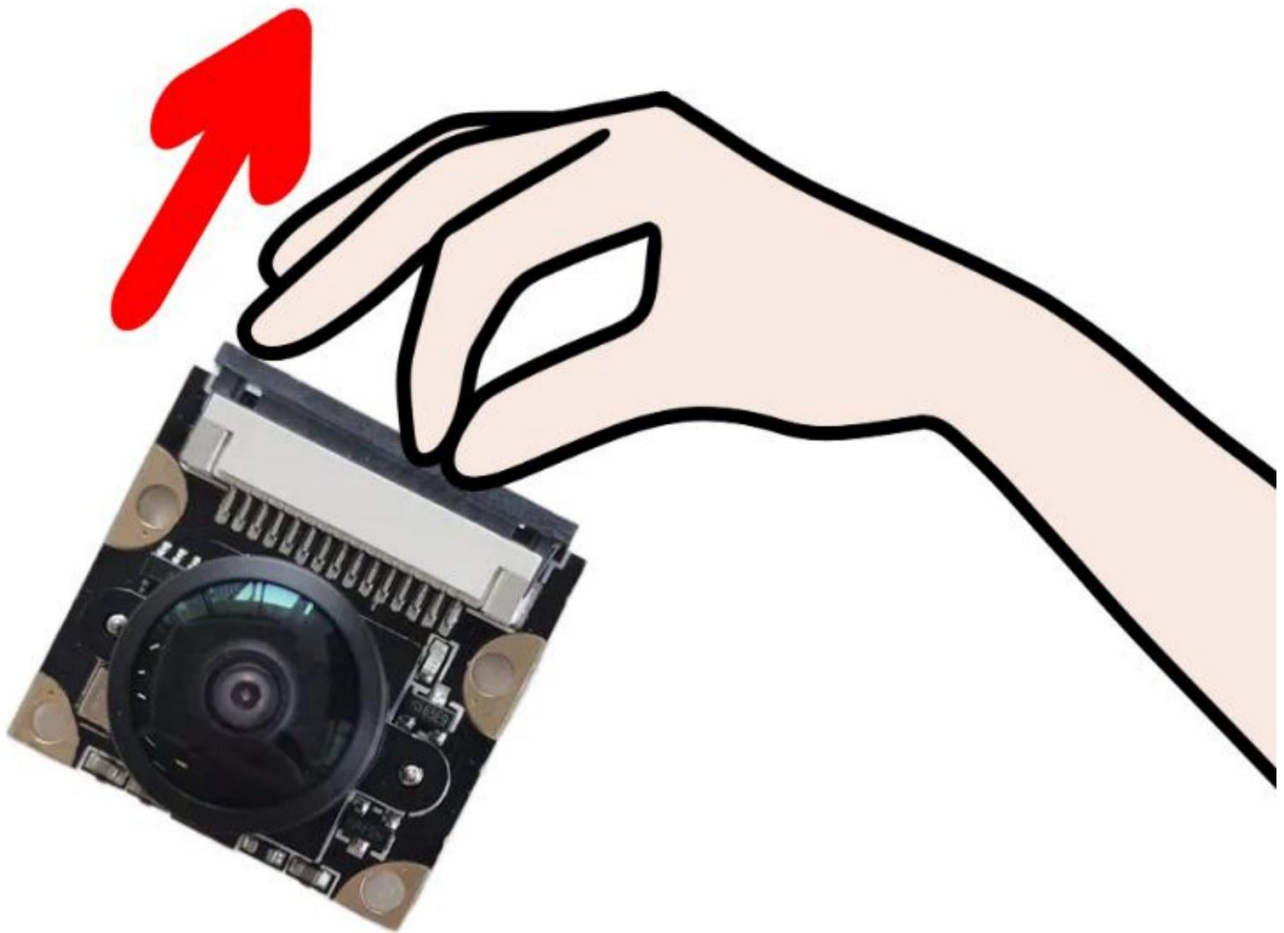


그림 3-22 커넥터 클립 열기

카메라 모듈 위쪽의 커넥터 클립을 바깥 방향으로 살짝 당겨 연다.

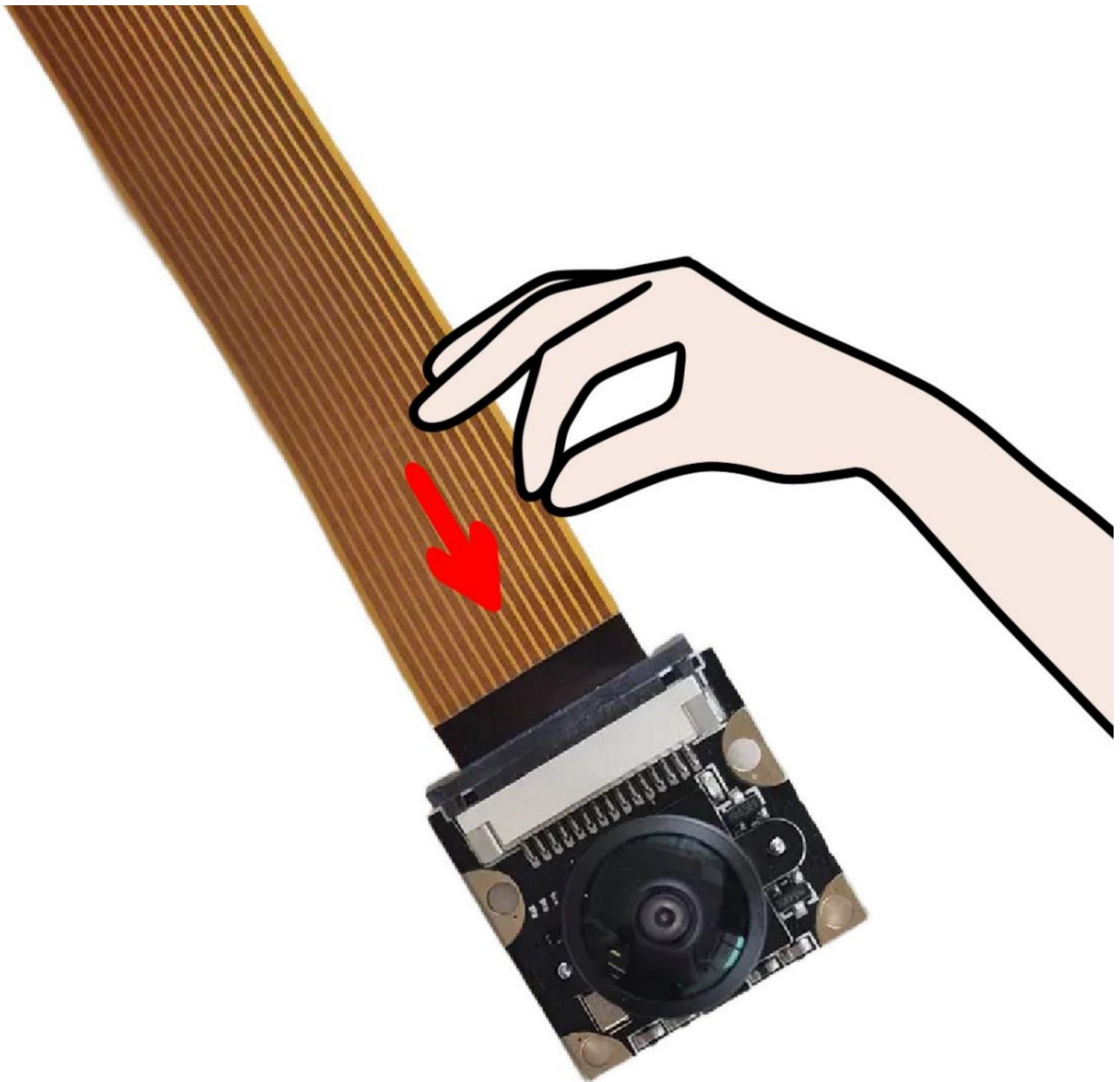


그림 3-23 카메라 케이블 삽입 방향

열린 클립 안쪽으로 카메라 케이블 한쪽 끝을 가능한 한 깊숙이 밀어 넣는다. 이때 케이블의 검정색 면이 카메라 렌즈와 같은 방향을 향해야 한다. 커넥터 쪽에서 금속 핀이 보인다면 케이블을 뒤집어 다시 넣는다. 방향이 반대로 삽입되면 카메라를 인식하지 못한다.

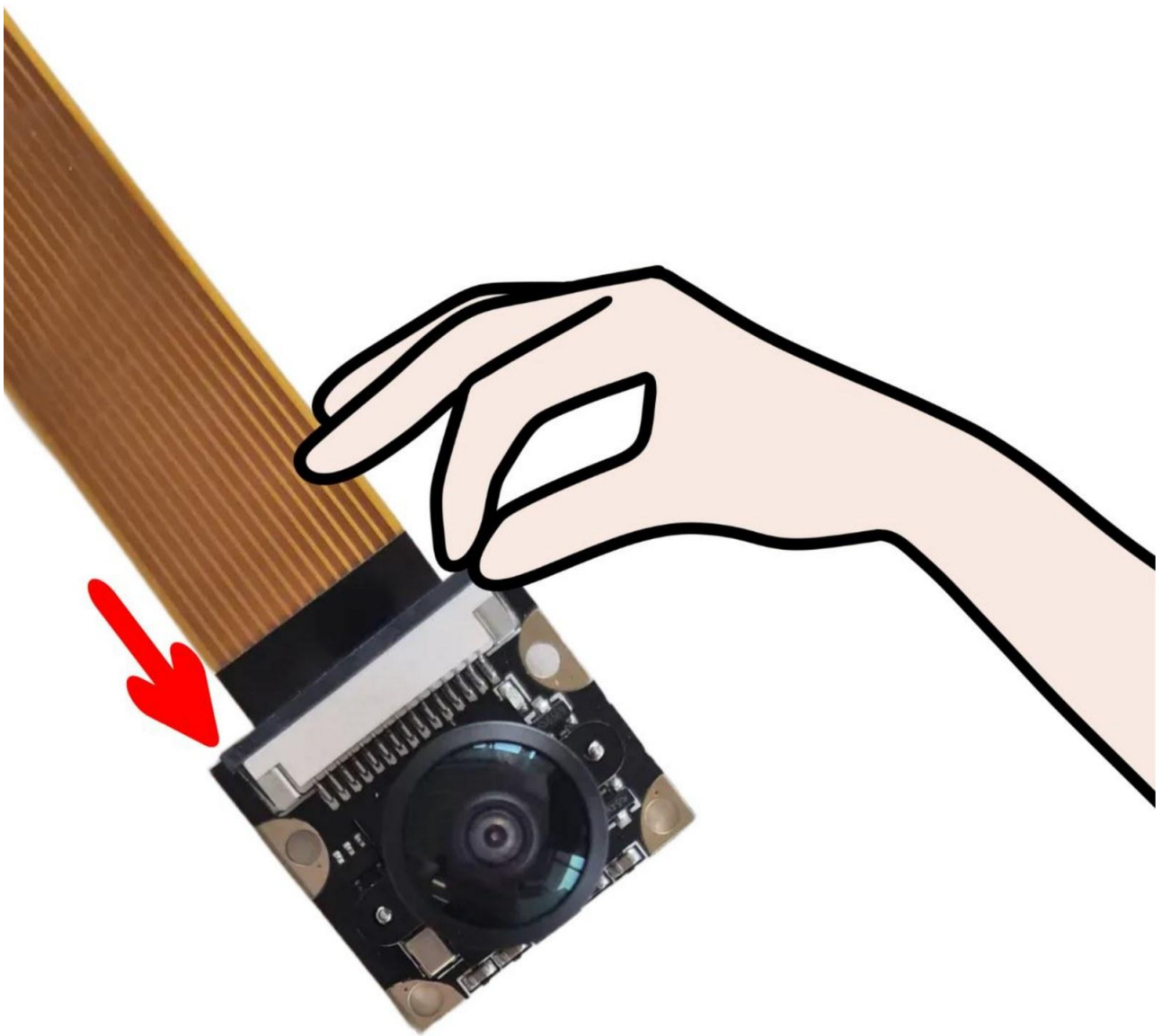


그림 3-24 클립 달아 고정

케이블이 빠지지 않게 누른 상태로 클립을 「딸깍」 소리가 날 때까지 다시 달아 고정한다. (소리가 나지 않더라도 단단히 고정된 느낌이 들면 된다.)

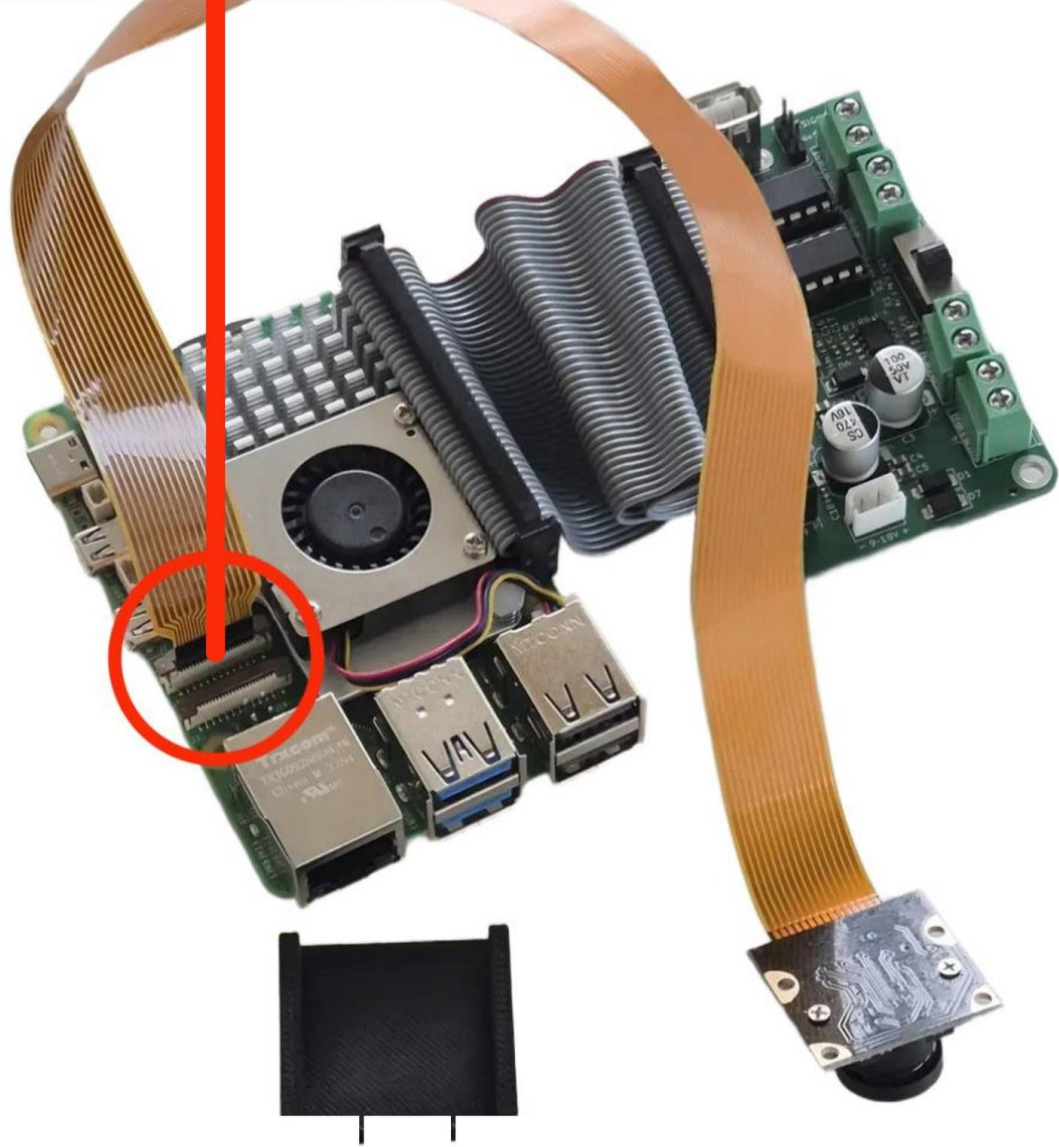


그림 3-25 라즈베리파이5 카메라 포트 연결

케이블의 반대쪽 끝은 라즈베리파이 5의 카메라 입력 포트(CSI)에 같은 방식(클립 열기 → 케이블 삽입 → 클립 닫기)으로 연결한다. 마찬가지로 케이블 접점 방향에 주의한다.

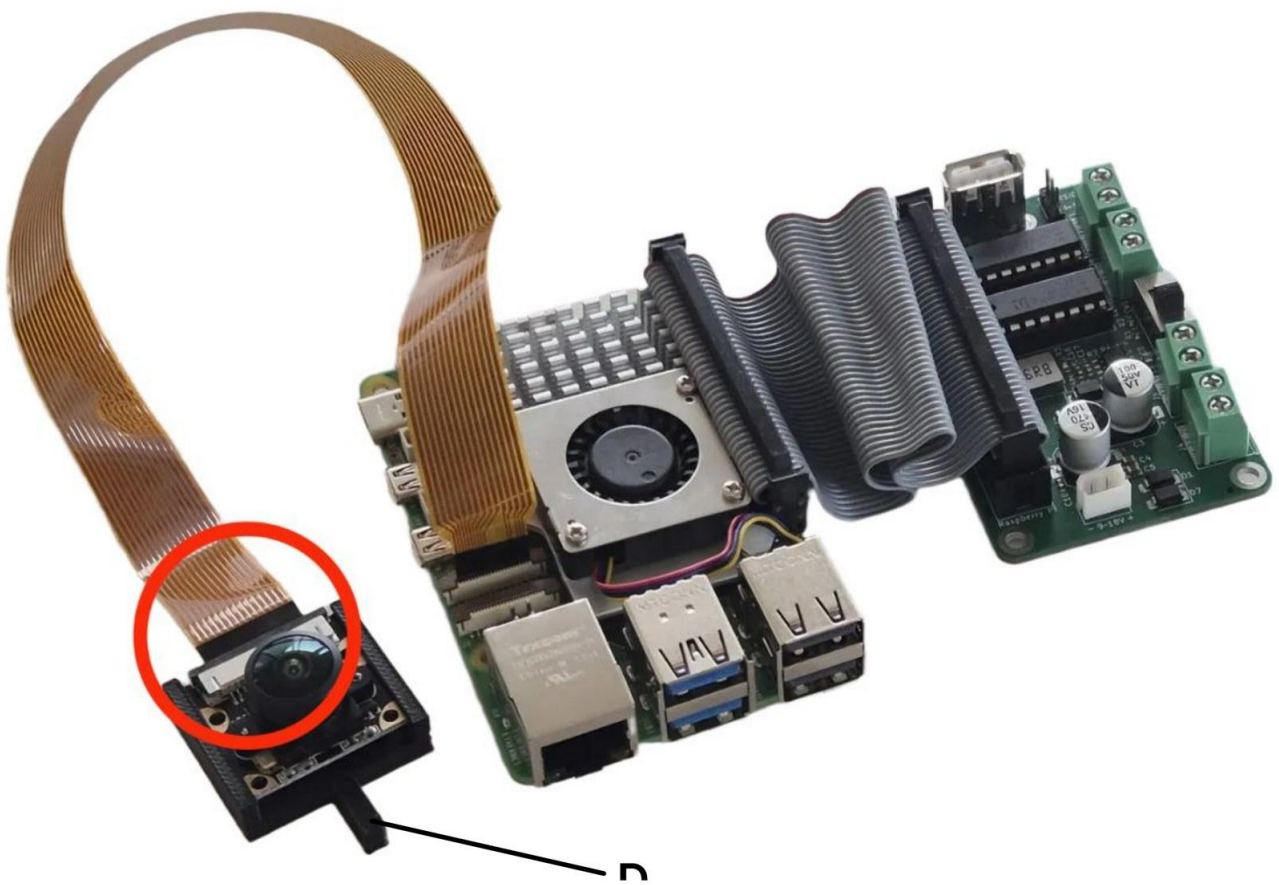
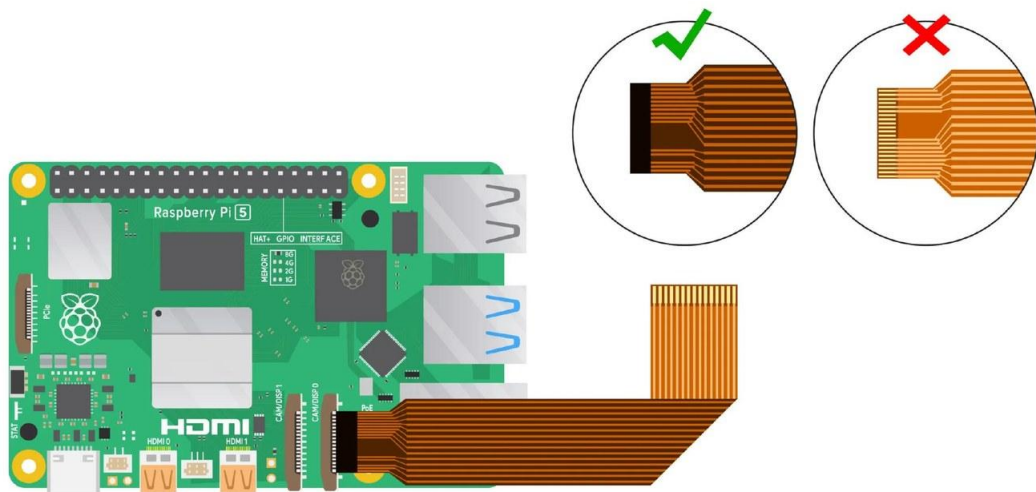


그림 3-26 카메라 마운트에 모듈 삽입

카메라 모듈을 카메라 마운트(D)에 밀어 넣는다. 케이블이 마운트 위쪽을 향하게 놓아야 무리 없이 들어간다.

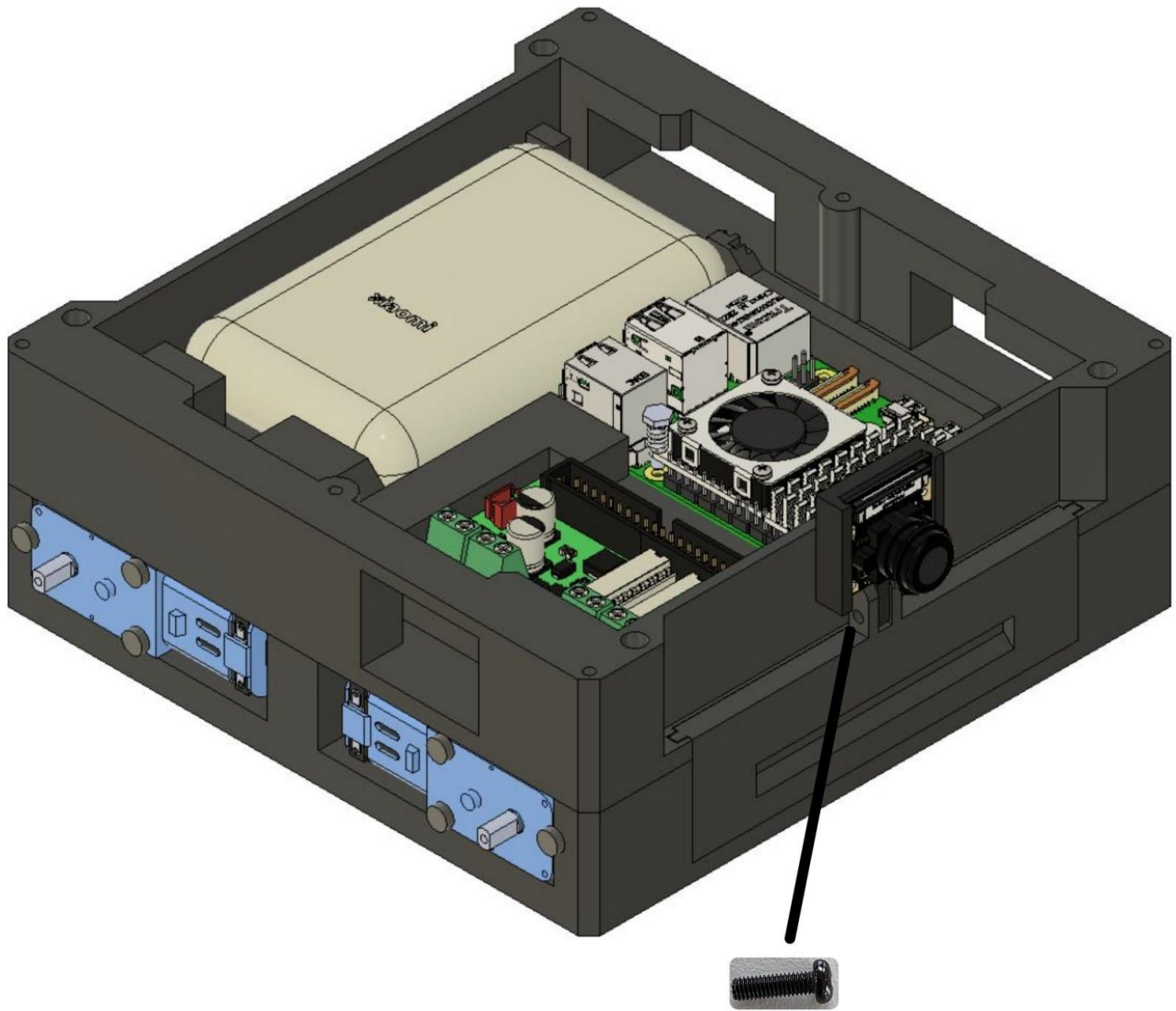


그림 3-27 카메라 마운트 체결

완성된 카메라 마운트를 슬라이드-인 탭 앞(B)의 카메라 마운트 홀드 부분에 위치시키고 M3 볼트 short(O')로 체결한다.

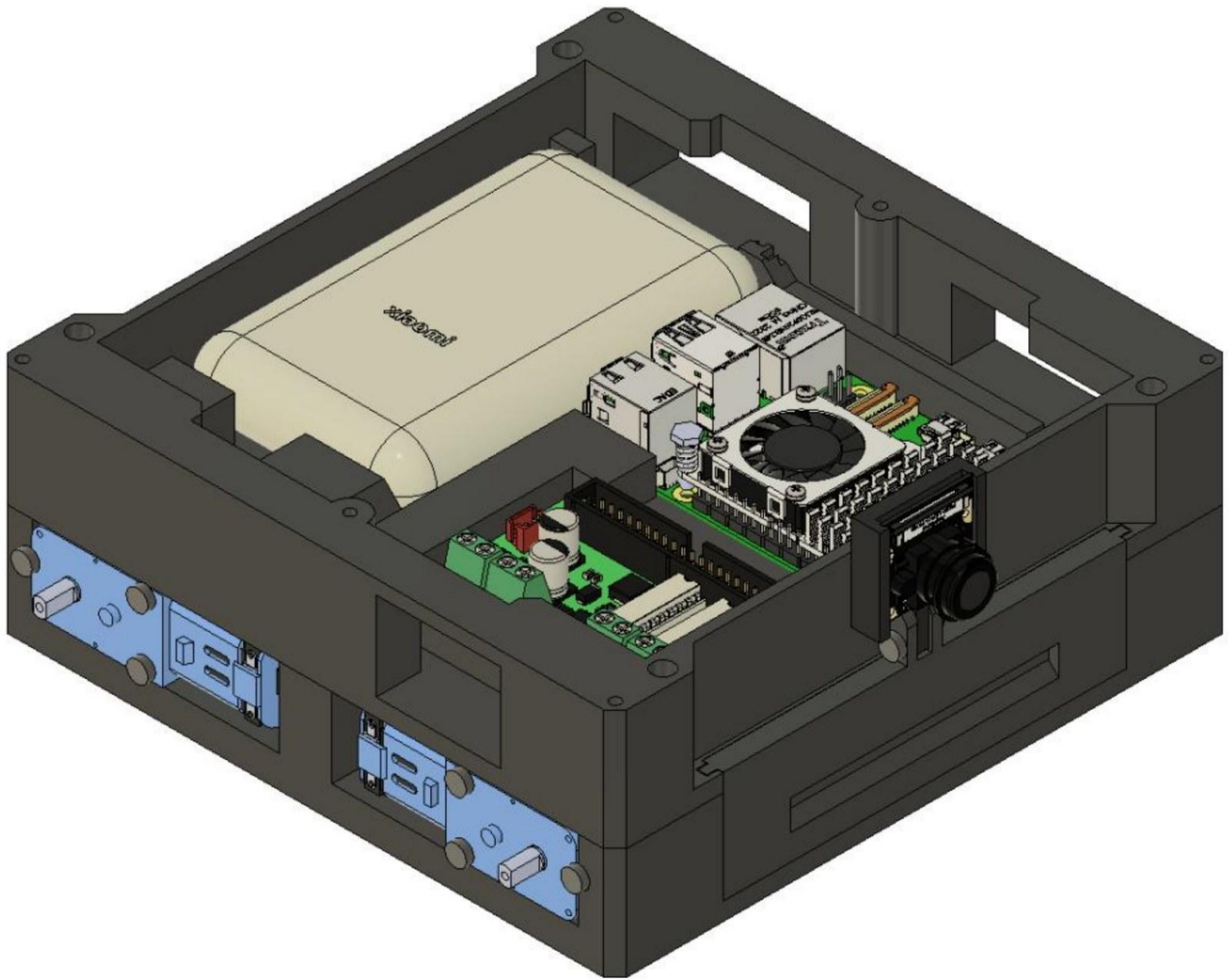


그림 3-28 카메라 장착 완료 모습

단계 11. SD 카드 삽입 및 바스켓 조립

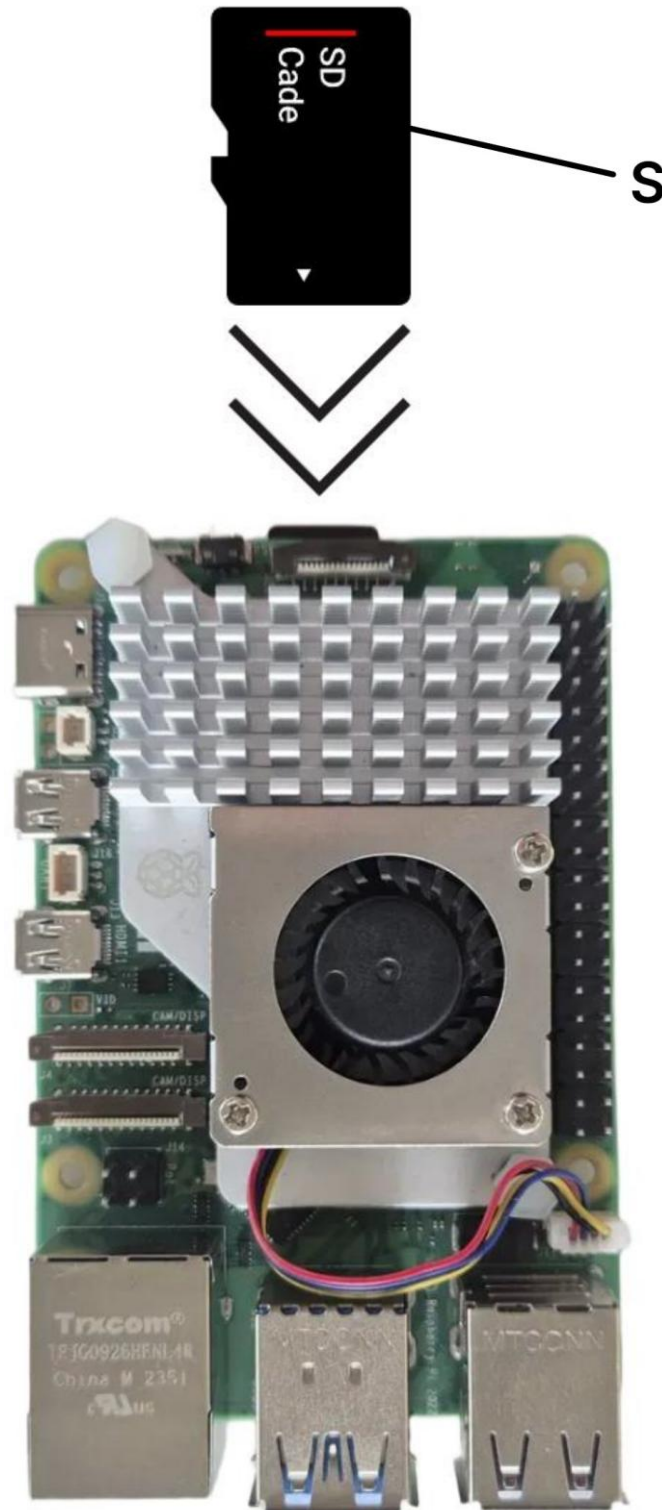


그림 3-29 SD 카드 삽입 방향

동봉된 SD 카드(S)를 라즈베리파이 5의 SD 카드 슬롯에 밀어 넣는다. SD 카드의 윗면(핀이 없는 면)이 쿨러와 같은 방향을 향하게 삽입한다.

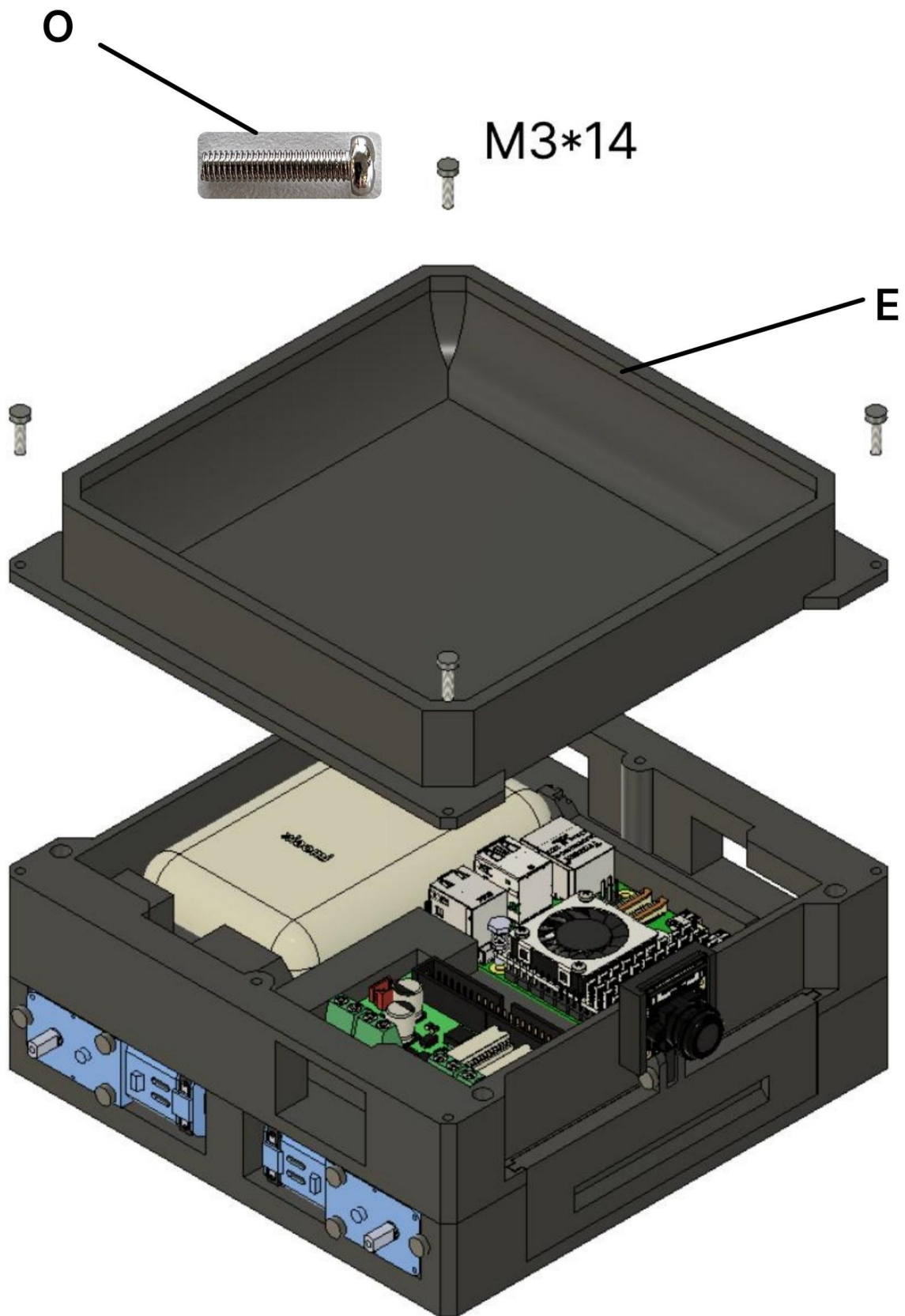


그림 3-30 바스켓 조립

바스켓(E)을 완성된 차체 위에 올린 뒤 M3 볼트(O)를 체결한다.



그림 3-31 바스켓 조립 완료 모습

단계 12. 메카넘 휠 장착 — 최종 완성

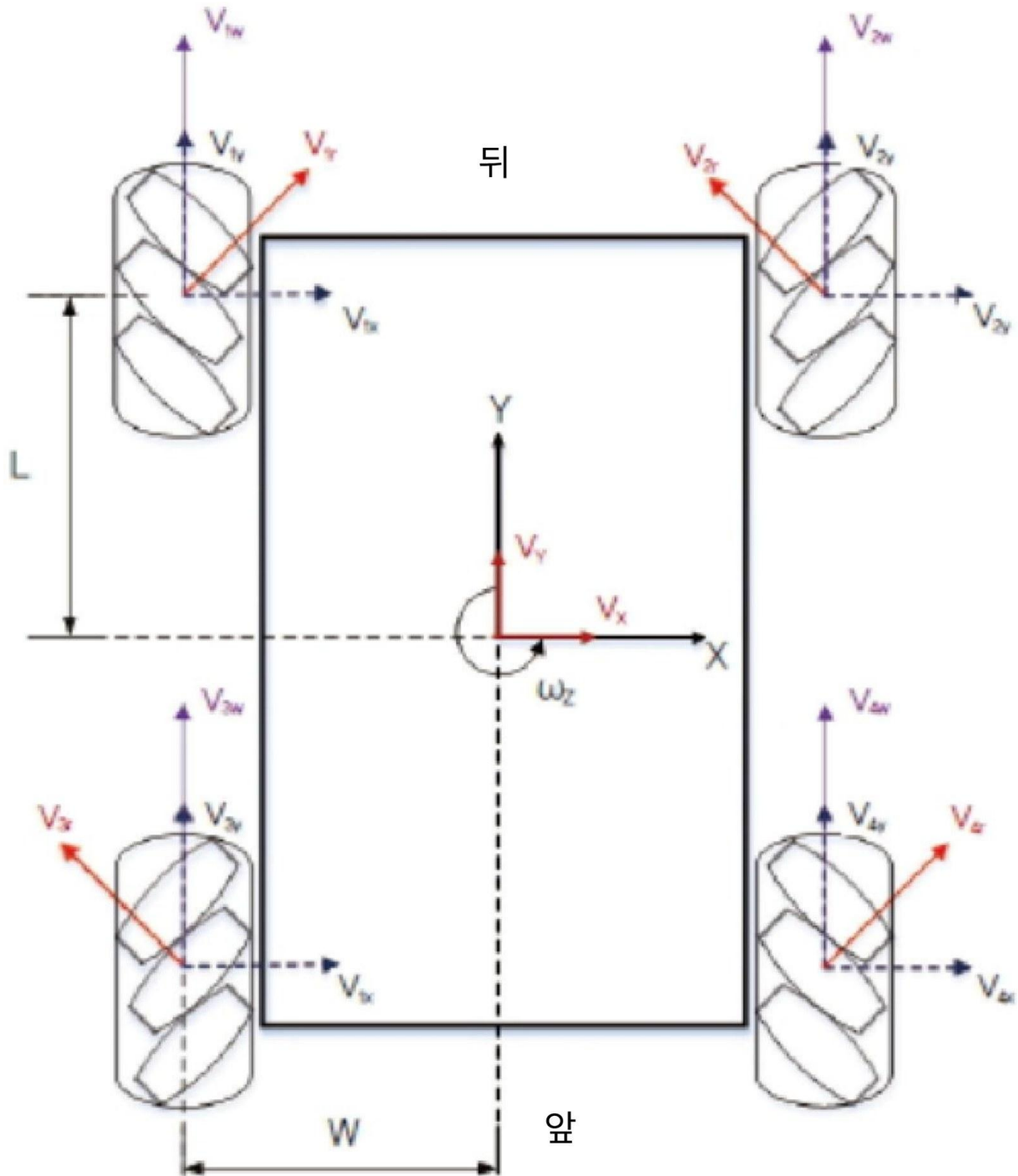


그림 3-32 메카넘 휠 롤러 방향 (위에서 본 시점)

위 도해를 참고하여, 각 위치(전좌·전우·후좌·후우)에 맞는 메카넘 휠(L)을 DC 모터 축에 끼운 후 메카넘 휠 전용 볼트(N)로 체결한다. 좌·우 대칭 휠이 뒤바뀌면 횡이동·제자리 회전이 정상 동작하지 않으므로, 장착 후 위에서 내려다보며 네 바퀴의 롤러 방향이 도해와 일치하는지 최종 확인한다.

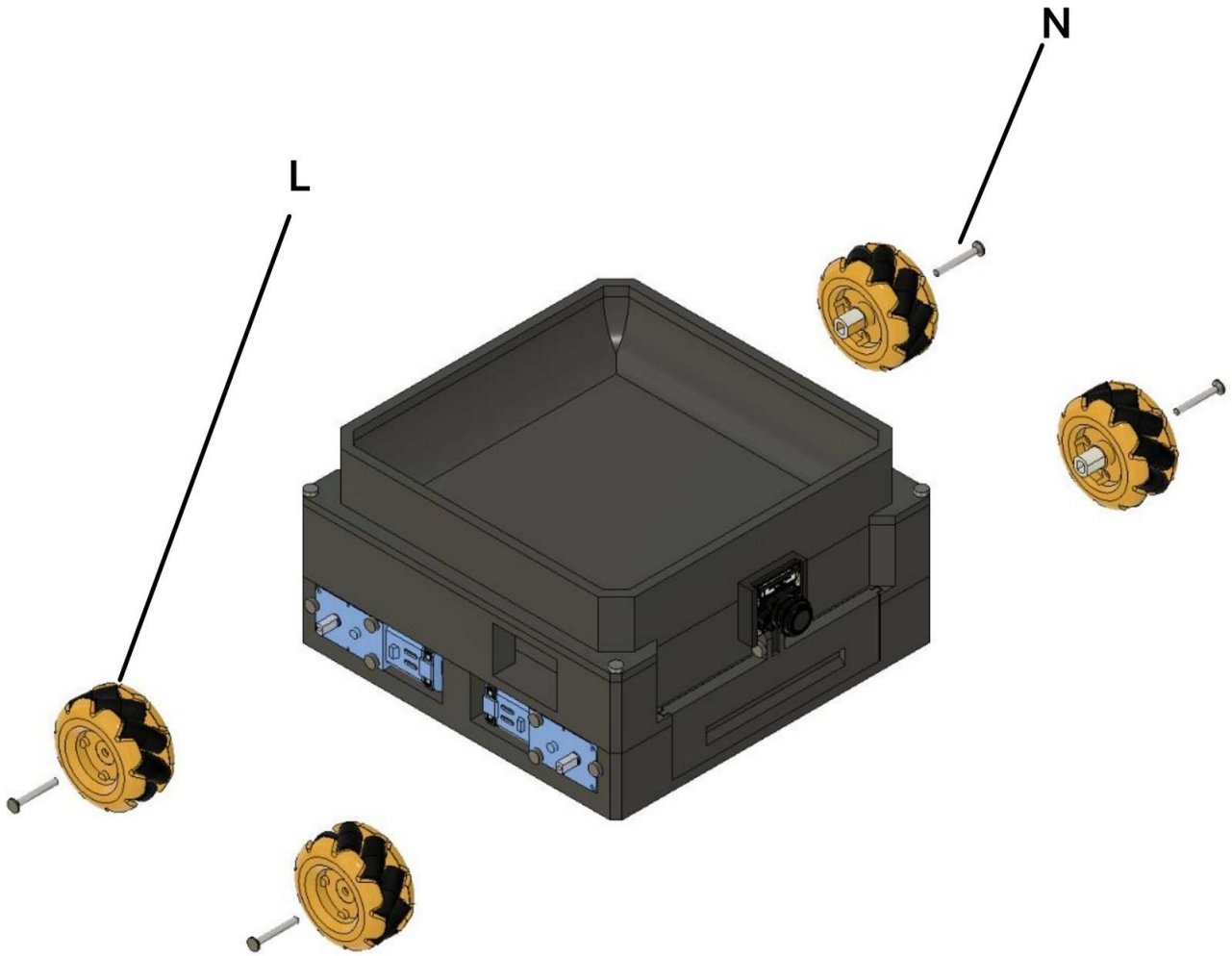


그림 3-33 메카넘 휠 장착

파손을 방지하기 위해 볼트는 적당한 저항감이 느껴질 때까지만 조인다. 휠까지 장착하면 모베드 조립이 완성된다.



그림 3-34 최종 완성된 모베드

3.7 조립·배선 시 안전 체크포인트

△ 전원을 연결하기 전 반드시 확인하자

- 18650 배터리 4 개의 +/- 극성이 배터리 홀더의 슬롯별 표시와 모두 일치하는가?
- 커넥터 케이블(V)의 양 끝 안/밖 방향, 카메라 케이블(U)의 접점 방향(검정색 면 = 렌즈 방향)을 확인하고 체결했는가?
- 4 개 모터의 리드선이 차체 위치와 같은 PCB 채널(A·B·C·D)에 결선되어 있는가?
- 노출된 전선 끝부분이 서로 닿아 합선(쇼트)을 일으킬 가능성은 없는가?
- 터미널 나사·휠 볼트를 과도하게 조이지 않았는가? (적당한 저항감까지만)
- 배선을 변경할 때는 배터리 팩과 보조배터리를 먼저 분리한 뒤 작업했는가?

특히 마지막 항목이 중요하다. 배선을 변경하거나 부품을 추가로 조립할 때는 반드시 전원(배터리 팩·보조배터리)을 먼저 분리한 뒤 작업하고, 모든 배선을 마치고 최종 점검까지 끝난 뒤에 전원을 연결하는 습관을 들이자. 또한 배터리를 홀더에서 뺄 때는 보호 회로 손상 방지를 위해 날카로운 도구를 사용하지 않는다.

3.8 이번 장 실습: 모베드 조립 및 점검표 작성

실습 — 모베드 조립

- 3.5 절의 물품 목록(A~V)과 키트 구성품을 대조하고, 누락·파손 여부를 점검표에 기록한다.
- 3.6 절의 12 단계 순서에 따라 팀별로 모베드를 조립한다. 각 단계를 마칠 때마다 조립 사진을 촬영해 둔다.
- 조립이 끝나면 전원을 연결하기 전, 3.7 절 체크포인트 6 가지를 팀원과 교차 점검한다.
- 체크포인트를 모두 통과했다면 보조배터리 케이블을 라즈베리파이에 연결하고, 라즈베리파이 전원 LED 가 정상적으로 켜지는지 확인한다.
- 조립 완료 상태(부품 고정 상태, 배선·결선 상태, 휠 롤러 방향)를 사진으로 기록하고 점검표에 서명하여 제출한다.
- 실습을 마치면 18650 배터리 팩과 보조배터리를 미리 충전해 둔다(완충까지 약 2 시간). 제 4~5 장의 주행 실습을 원활히 진행하기 위한 준비다.

이번 장 핵심 정리

- 모베드는 몸체(3D 출력물 5 종), 두뇌(라즈베리파이 5+쿨러), 눈(OV5647 160° 카메라), 팔다리(메카넘 휠·DC 모터·PCB), 심장(18650 배터리 팩+보조배터리) 다섯 부품군으로 구성된다.
- 라즈베리파이 5의 40핀 GPIO는 커넥터 케이블로 PCB에 연결되며, PCB 위의 L293D 모터드라이버 2개가 4개 채널(A·B·C·D)로 DC 모터를 PWM 제어한다.
- 전원은 두 갈래다 — 18650 리튬이온 배터리 4개(직렬, 공칭 14.8V)는 PCB를 거쳐 구동부(모터)에, 보조배터리(10000mAh)는 라즈베리파이에 전원을 공급하여 모터 전류로 인한 전압 강하 간섭을 막는다. 두 회로는 커넥터 케이블의 그라운드(GND)로 기준 전위를 공유한다.
- 18650 팩은 완충 시 약 6시간(3시간 실습 2회분) 구동할 수 있고 충전에 약 2시간이 걸리므로, 실습 전 여유 시간에 미리 충전해 둔다.
- DC 모터는 90:1 기어비의 메탈 기어드 모터(3~6V)로, 속도 대신 토크를 얻는 감속 구조다.
- 메카넘 휠(Ø48mm)은 45° 롤러 구조로, 4륜 독립 제어를 통해 전진·후진·횡이동·제자리 회전이 가능하며 좌·우 대칭 휠 위치가 바뀌면 정상 동작하지 않는다.
- 케이블에는 방향이 있다 — 커넥터 케이블의 안/밖, 카메라 케이블의 접점 방향(검정 면=렌즈 방향)이 뒤집히면 인식 불량·보드 손상으로 이어진다.
- 배선 작업은 항상 전원을 분리한 상태에서 진행하고, 최종 점검 후 마지막에 전원을 연결한다. 볼트·터미널은 과조임하지 않는다.

❓ 이해도 점검 질문

❓ 이해도 점검 질문

Q1. 라즈베리파이5의 GPIO와 PCB(L293D)는 모베드에서 각각 어떤 역할을 하는가?

A. GPIO는 라즈베리파이가 외부 전자부품과 신호를 주고받는 40개의 핀으로, 커넥터 케이블을 통해 PCB에 통째로 연결된다. 라즈베리파이는 GPIO로 「전진」, 「후진」, 「속도 조절(PWM)」 신호를 보내고, PCB 위의 L293D 모터드라이버가 이 신호를 받아 배터리 전원으로 실제 DC 모터를 구동한다. 즉 GPIO는 명령의 통로, L293D는 명령을 힘으로 바꾸는 스위치 역할이다.

Q2. 모베드가 방향을 바꾸지 않고 옆으로 이동(횡이동)하려면 어떻게 해야 하는가?

A. 메카넘 휠은 대각선 위치의 바퀴 쌍을 서로 다른 방향으로 회전시키는 조합을 통해, 차체의 정면 방향을 그대로 유지한 채 옆으로 미끄러지듯 이동할 수 있다. 이는 일반 바퀴로는 불가능하며, 바퀴 둘레의 45° 롤러 구조 덕분에 메카넘 휠에서만 가능한 움직임이다. 단, 좌·우 대칭 휠이 지정 위치에 올바르게 장착되어 있어야 한다.

Q3. 수동 주행 테스트에서 한 바퀴가 키 입력과 반대 방향으로 회전한다면 어떻게 해결하는가?

A. 해당 바퀴가 연결된 PCB 채널 터미널에서 리드선의 +와 - 위치를 서로 바꿔 끼우면 된다. DC 모터는 흐르는 전류의 방향에 따라 회전 방향이 결정되기 때문에, 극성을 바꾸면 회전 방향이 반대가 된다. 작업 전에는 반드시 전원을 분리한다.

Q4. 라즈베리파이와 모터의 전원을 분리했는데도 두 회로가 함께 동작할 수 있는 이유는 무엇인가?

A. 라즈베리파이와 PCB를 잇는 커넥터 케이블에 그라운드(GND)가 포함되어 있어 두 회로가 기준 전위를 공유하기 때문이다. 전원(전류 공급원)은 보조배터리와 18650 팩으로 나뉘어 있지만, 기준 전위가 같으므로 GPIO의 제어 신호가 PCB에 안정적으로 전달된다.

✅ 이번 장 점검 체크리스트

- 모베드를 구성하는 다섯 부품군과 각각의 역할을 설명할 수 있다.
- 라즈베리파이 5의 기본 사양(프로세서, GPIO, 카메라 인터페이스 등)과 커넥터 케이블-PCB 연결 구조를 이해했다.
- 구동부·전원부 사양(1:90 기어드 모터, Ø48mm 메카넘 휠, L293D 4 채널, 18650×4 직렬 + 보조배터리 이중 전원)을 설명할 수 있다.
- 메카넘 휠 구동의 원리(대각선 바퀴 조합으로 횡이동·제자리 회전 가능)를 설명할 수 있다.
- 3.6 절의 12 단계 순서에 따라 모베드 조립을 완료했다.
- 전원 인가 전 안전 체크포인트 6 가지를 모두 확인하고 라즈베리파이 전원 LED 점등을 확인했다.
- 물품 점검표·조립 완료 사진·점검표 서명을 제출했다.
- 다음 장 주행 실습을 위해 18650 배터리 팩과 보조배터리를 충전해 두었다.

→ 다음 장 예고 조립을 마친 모베드에 노트북을 Wi-Fi 핫스팟으로 연결하는 방법을 익히고, 처음으로 모베드를 수동 조종하며 카메라 영상을 실시간으로 확인해 본다.