

iAHRS V2 (RB-SDA-v2) 사용설명서 — 배포용

Copyright © 2026 ROBOR Co., Ltd. All rights reserved. — 주식회사 로버

처음 쓰는 분을 위한 설명서입니다. 센서나 프로그램을 다뤄 본 적이 없어도 순서대로 따라 하면 됩니다.

어려운 말은 나올 때마다 풀어서 설명합니다.

이 제품은 **출고할 때 보정(캘리브레이션)**을 마친 상태입니다. 연결만 하면 바로 쓸 수 있습니다.

다만 **방위(나침반)**를 쓰려면 **설치한 자리에서 [지자기 보정]**을 한 번 해 주세요(→ 6 장).

이 설명서는 모니터 프로그램 **AHRS_Monitor.exe (UI 1.21.0)** 와 **펌웨어 2.1.21**(현재 배포본, 2026-10-20) 을 기준으로 씁니다. 펌웨어 2.1.12~2.1.14 가 들어 있는 센서는 [펌웨어 업데이트] 버튼으로 2.1.21 을 넣으세요(→ 11 장).

화면·콘솔 예시에 나오는 펌웨어 번호는 2.1.20 기준입니다(장치 **2.1.20**, 프로그램이 아는 최신 **V2 2.1.20 · V3 3.0.15**). 새 버전이 나오면 그 번호로 바뀌어 보입니다.

화면 그림은 모두 프로그램의 **데모 화면**입니다(UI 1.20.0 에서 2026-10-10 촬영, 기능 카드·CAN 카드 그림은 UI 1.21.0 에서 2026-10-20 다시 촬영, 장치 이름·버전 줄은 V2 2.1.20 응답을 넣어 맞춤). 그림 속 숫자는 실제 측정값이 아닙니다.

Roll·Pitch·Yaw, 영점, 지자기 회전 그림 속 센서는 프로그램 3D 화면에 나오는 것과 같은 **설명용 모형**이라, 실제 V2 케이스(12.1 그림)와 커넥터 모양이 조금 다릅니다.

목차

iAHRS V2 (RB-SDA-v2) 사용설명서 — 배포용.....	1
0. 급하면 이것만 — 3 줄 요약.....	3
1. 이 제품은 무엇인가요?	3
2. 빠른 시작 — 이 순서대로만 하세요.....	6
3. 화면 구성 — 어디에 무엇이 있나	10
4. 처음이라면 이것부터 해 보세요.....	15
5. 자주 쓰는 기능	16
6. 지자계(나침반) 보정과 점검	19
7. 그래프 보기	26
8. 기록과 콘솔	28
9. 기능 (Features) 카드 — 부가 기능	32
10. CAN 으로 쓰기 — V2 의 기능	35
11. 펌웨어 업데이트	38
12. 장착(설치) 가이드	40
13. 문제 해결	44
14. 자주 묻는 질문 (FAQ)	46
부록 A. 용어 사전	47
부록 B. 제품 사양.....	48
부록 C. 프로그램 종류와 영문판	49
부록 D. 안전 · 취급 주의사항.....	51
부록 E. 보증 및 A/S 안내.....	51

0. 급하면 이것만 — 3 줄 요약

1. **USB-C 케이블**로 센서를 PC 에 꽂습니다.
2. **AHRS_Monitor.exe** 를 더블클릭합니다. 설치는 필요 없습니다.
3. 오른쪽 위 **[연결]** 을 누르고, 뜨는 창에서 센서의 **COM 포트**(예: COM3)를 누릅니다.

화면 위쪽 줄에 **정상 수신 · USB @ 115200 bps · HW V2 · FW v2.1.20 ✓** 가 보이고, 3D 모형이 실물과 똑같이 움직이면 정상입니다. 자세한 설명은 **2 장 빠른 시작**부터 읽으세요.

1. 이 제품은 무엇인가요?

iAHRS 는 「지금 이 물건이 어떤 자세로 놓여 있는지」를 재는 센서입니다.

사람으로 치면 **귓속의 평형 감각**과 같습니다. 스스로 움직이지는 않고, 자기가 얼마나 기울었는지, 어느 방향을 보고 있는지를 1 초에 50 번(설정에 따라 최대 100 번) 알려 줍니다.

센서 안에는 세 종류의 부품이 있고, 이 셋을 합쳐서 자세를 계산합니다.

부품	하는 일	쉬운 비유	V2 부품
가속도계	중력이 어느 쪽으로 당기는지 감지	「아래쪽이 어디인지」 아는 감각	관성센서
자이로	얼마나 빠르게 도는지 감지	「방금 얼마나 돌았는지」 아는 감각	관성센서
지자계(나침반)	지구 자기장의 방향 감지	「북쪽이 어디인지」 아는 감각	3축 지자계

이 세 가지를 합치는 계산을 **융합(fusion)** 이라고 부릅니다. 셋을 합치면 하나만 쓸 때보다 훨씬 정확합니다. 이 제품은 **ESKF(칼만필터)** 라는 정밀한 융합 방식이 기본으로 켜져 있습니다.

1.1 제품 세대 — V1 · V2 · V3

하드웨어	제품명	센서	펌웨어 버전
V1	RB-SDA-v1	9축 센서	1.x (기존 양산품)
V2	RB-SDA-v2	관성센서 + 3축 지자계	2.x.y — 이 설명서
V3	RB-SDA-v3	6축 관성센서 + 지자계	3.x.y

펌웨어 앞자리는 하드웨어 세대와 같습니다. V2 보드에는 2.x.y 펌웨어만 들어가고, 기능 추가와 수정은 뒷자리로 올라갑니다. 프로그램은 연결하면 세대를 알아보고(HW V2), 다른 세대의 펌웨어 파일을 고르면 업데이트를 멈춥니다. 프로그램 하나(AHRS_Monitor.exe)로 V2 와 V3 를 모두 볼 수 있습니다. 그래서 창 제목은 연결 전에는 「iAHRS V2 / V3 모니터」이고, V2 장치를 알아보면 「iAHRS V2 모니터」로 바뀝니다.

1.2 Roll · Pitch · Yaw — 이 설명서에 계속 나오는 세 단어

이름	우리말	어떤 움직임인가	예시
Roll	롤 (좌우 기울기)	왼쪽·오른쪽으로 가우똥	자동차가 커브에서 기우는 정도
Pitch	피치 (앞뒤 기울기)	앞으로 숙이거나 뒤로 젖힘	오르막·내리막의 경사
Yaw	요 (방위)	제자리에서 좌우로 돌기	나침반이 가리키는 방향

Roll · Pitch · Yaw — 이 설명서에 계속 나오는 세 가지 각도



Roll · Pitch · Yaw — 그림 속 모형은 프로그램 3D 화면과 같은 설명용 모형입니다

셋 다 단위는 도(°) 입니다. 화면에는 +24.92 처럼 소수점 둘째 자리까지 나옵니다.

q0~q3 (쿼터니언)은 뭔가요?

위의 세 각도를 컴퓨터가 다루기 좋은 방식으로 바꾼 숫자 4 개입니다. 일반 사용자는 신경 쓰지 않아도 됩니다.

1.3 통신 방법 네 가지

V2 는 USB 말고도 **CAN(CANopen)**, **RS-232**, **RS-485** 로 연결할 수 있습니다.

방법	커넥터	언제 쓰나
USB (가상 COM — 보드에 따라 CP2102 또는 CH9102 칩)	USB-C (J3)	PC 연결, 설정, 보정, 펌웨어 업데이트. 전원도 함께 들어감
CAN (CANopen)	4 핀 J2 (<u>1</u> 모델)	PLC·제어기·차량 네트워크에 직결. 50 Hz 데이터
RS-232	4 핀 J2 (기본 모델)	장비 직결
RS-485	4 핀 J2 (<u>2</u> 모델)	긴 배선, 여러 장비 연결

J2 의 2·3 번 핀은 주문한 모델에 따라 RS-232(기본 모델) / CAN(1 모델) / RS-485(2 모델) 중 하나로 만들어집니다. 모델명 끝의 1·2 가 통신 방식을 뜻하며, 어느 모델인지는 주문서로 확인하세요.

펌웨어는 셋을 모두 지원하므로 어느 모델이든 명령과 출력은 같습니다.

지금 어떤 통신으로 연결됐는지는 프로그램 위쪽 상태 줄에 **USB @ 115200 bps** 처럼 나옵니다.

1.4 이 제품으로 할 수 있는 일

- 실시간으로 기울기·방위 보기 (3D 화면 · 계기 · 그래프)
- 지금 자세를 **기준 0 도로 맞추기** (영점)
- 방위를 **지도 기준(진북)으로 맞추기** (편각)
- 측정값을 **CSV 파일(엑셀에서 열림)로 기록**하고, 나중에 **장치 없이 다시 재생**하기
- 그래프를 **그림(PNG)이나 CSV 로 저장**하기
- **CAN 버스로 PLC·제어기에 바로 연결**하기. PC에서는 **[CAN 연결]** 로 USB 없이 보기
- 진동·충격 감지 같은 **부가 기능 켜고 끄기**
- **펌웨어 업데이트** (USB 케이블만으로)
- 연결이 안 될 때 **[연결 진단]** 으로 원인 보기, 진단 파일 저장하기

1.5 성능 수치 읽는 법 — 관찰값 · 필터 추정치 · 표시

이 설명서와 모니터 프로그램에 나오는 '정확도' 관련 숫자는 아래처럼 종류가 다릅니다. 숫자를 제품의 보증 성능으로 읽지 않도록 구분해 두었습니다.

구분	이 제품의 값	뜻
정지 흔들림 (관찰값)	0.01° 이하 (롤/피치, ESKF)	가만히 둔 센서의 자세 값이 흔들리는 폭. 기존 정지 관찰값(→ 13.3, 통신 프로토콜 설명서)으로, 시험 조건(기준기 · 온도 · 측정 시간 · 표본 수 · RMS 여부)이 기재되지 않아 보증값이 아닙니다
외부 기준각 대비 오차	시험 근거 미확인	정밀 회전대 같은 외부 기준기와 비교한 실제 오차. 시험 조건이 기재된 결과가 없어 값을 제시하지 않습니다
필터 추정 1σ	화면 표시 (예: 정확도 $\pm 0.05^\circ$ (1σ))	장치의 ESKF 융합 필터가 스스로 계산한 추정치. 화면 문구는 '정확도'이지만 외부 기준으로 확인한 정확도가 아닙니다
데이터 출력률 (완제품)	시리얼 최대 100 Hz · CAN PDO 50 Hz	PC·장비가 받는 측정값의 횟수. 센서 칩 내부 출력(400 Hz, 부록 B)과 다릅니다

'시험 근거 미확인'은 시험 조건이 기재된 결과가 없다는 뜻이며, 지금 시험이 진행 중이라는 뜻이 아닙니다.

자세한 표는 부록 B, 모델별(V1·V2·V3) 비교는 「iAHRs 성능 데이터시트」를 참고하세요.

2. 빠른 시작 — 이 순서대로만 하세요

빠른 시작 — 이 순서대로만 하면 화면이 움직입니다



센서가 아직 없다면 → [데모] 버튼을 누르면 가상 데이터로 화면을 미리 볼 수 있습니다.

통신속도는 기본 「자동」 그대로 두세요 — 프로그램이 알아서 맞춰 줍니다.

빠른 시작 4 단계 — 아래 ①~⑤ 에서 하나씩 자세히 설명합니다

① USB 케이블로 PC 에 연결

센서의 **USB-C** 단자와 PC 를 연결합니다. **데이터 선이 있는 케이블**을 쓰세요. 충전 전용 케이블로는 PC 가 센서를 찾지 못합니다. 연결하면 Windows 가 센서를 **가상 COM 포트**로 알아봅니다. 장치 관리자의 「포트(COM & LPT)」에 **Silicon Labs CP210x USB to UART Bridge (COM3)** 처럼 보입니다. 보드에 따라 USB 칩이 달라 **CH9102** 가 들어간 이름으로 보일 수도 있습니다.

확인: 켜진 직후 **빨강·파랑이 번갈아 깜빡이는 약 1 초**(자이로 자동 보정) 동안은 **움직이지 마세요**.

그 뒤 파란 LED 가 2 초 켜졌다가 **파란 LED 가 천천히 깜빡이면** 준비가 끝난 것입니다. LED 뜻은 아래 2.1 을 보세요.

② 모니터 프로그램 실행

받은 **AHRS_Monitor.exe** 파일을 **더블클릭**합니다. (영어 화면이 필요하면 **AHRS_Monitor_EN.exe** → 부록 C)

- **설치 과정이 없습니다.** 파일 하나만 있으면 바로 실행됩니다.
- 처음 한 번은 실행 준비 때문에 창이 뜨기까지 조금 걸립니다. **두 번째부터는 약 1 초** 만에 열립니다.
- 처음 실행할 때 파란 경고창(**Windows SmartScreen**)이 뜰 수 있습니다. **[추가 정보] → [실행]** 을 누르세요. 코드 서명 인증서를 붙이기 전 단계라 나오는 경고입니다.

확인: 검은 배경의 프로그램 창이 열리고, 콘솔에 **준비 완료**. 장치를 연결하거나 **[데모]**를 시작하세요. 가 보입니다.

③ [연결] 누르기

화면 **오른쪽** 위의 **[연결]** 버튼을 누릅니다. 옆의 **통신속도**는 **자동** 그대로 둡니다.

④ COM 포트 고르기

「**COM 포트 선택**」 창이 뜨고 PC 에 있는 COM 포트가 버튼으로 나옵니다. 센서 포트(예: **COM3**)를 누르세요.

- 지난번에 쓴 포트는 맨 앞에 **★ 이전 사용** 표시와 함께 나옵니다. 그대로 **Enter** 를 누르면 됩니다.
- 블루투스 포트가 (**블루투스 SPP**) 로 함께 보일 수 있습니다. USB 로 연결했다면 고르지 마세요.

- 어느 것이 센서인지 모르겠으면 케이블을 뽑았다 꽂으면서 장치 관리자에서 생기는 COM 번호를 보세요.

⑤ 연결 확인

프로그램이 통신 속도를 스스로 찾고(115200 부터), 장치를 알아본 뒤 설정을 읽어 옵니다.

이렇게 되면 성공입니다

- 3D 화면의 모형이 **실제 센서를 움직이는 대로 따라 움직입니다.**
- 위쪽 상태 줄의 점이 **초록색**이 되고 정상 수신 · USB @ 115200 bps · 50.0 Hz · HW V2 · FW v2.1.20 ✓ 가 보입니다.
- 제목 아래에 RB-SDA-v2 · IMU + MAG · ESKF 6 축 과 IMU ✓ · MAG ✓ 가 보입니다.
- 콘솔에 장치 식별: RB-SDA-v2 · iAHRS V2 (H/W V2, IMU + MAG) 가 찍히고, 창 제목이 「iAHRS V2 모니터」로 바뀝니다.

제목 아래 제품 줄은 연결 전에는 장치 연결 전, 연결 직후 장치를 알아보는 동안에는 장치 확인 중

- ESKF 6 축 으로 보였다가 곧 위처럼 바뀝니다.

연결 직후 약 7 초 동안 콘솔에 as=1, bb=1, mag=0 ... 같은 줄이 계속 올라옵니다. 장치의 설정을 하나씩 읽어 오는 **설정 동기화**입니다. 그동안에도 3D 와 계기는 이미 움직입니다.

연결에 실패하면 **[연결 진단]** 창이 저절로 열리고 실패 이유와 점검 순서를 보여 줍니다(→ 13.1).

2.1 LED 읽는 법

보드에는 파란 LED와 빨간 LED가 있습니다.

LED 표시 읽는 법 — 색과 깜빡임 횟수

전원을 넣으면 LED가 깜빡입니다. 깜빡이는 색과 횟수로 상태를 알 수 있습니다.



빨간불이 보이면 케이블·전원을 먼저 확인하고, 그래도 같으면 판매처에 문의하세요.

자주 보는 LED 모양 네 가지 — 전체 표는 바로 아래에 있습니다

LED 모양	뜻	할 일
빨강·파랑이 번갈아 빠르게 깜빡	켜진 직후 자이로 자동 보정 중(약 1 초, 준비 완료 Ready 까지 약 1.5 초). 지자기 보정 같은 보정을 하는 동안에도 이렇게 깜빡입니다	움직이지 마세요
파랑 약 2 초 켜짐	보정이 끝남	기다리면 다음 상태로 넘어감
파랑 천천히 깜빡 (1 초에 1 번)	정상. 데이터 전송은 꺼진 대기 상태	프로그램에서 [연결]
파랑 빠르게 깜빡 (1 초에 5 번)	정상. 데이터 전송 중	—
빨강 2 번 깜빡 → 쉼, 반복	가속도·자이로 칩(관성센서)을 찾지 못함	전원을 다시 넣어 보고, 계속되면 판매처 문의
빨강 3 번 깜빡 → 쉼, 반복	지자기 칩(3축 지자기)을 찾지 못함. 방위 없이 6 축으로만 동작	위와 같음
파랑이 깜빡이지 않고 계속 켜짐	펌웨어 업데이트 대기 상태(부트로더)	11 장

켜지는 동안 보드가 흔들리면 자이로 보정을 다시 시도하느라 번갈아 깜빡이는 시간이 길어집니다.

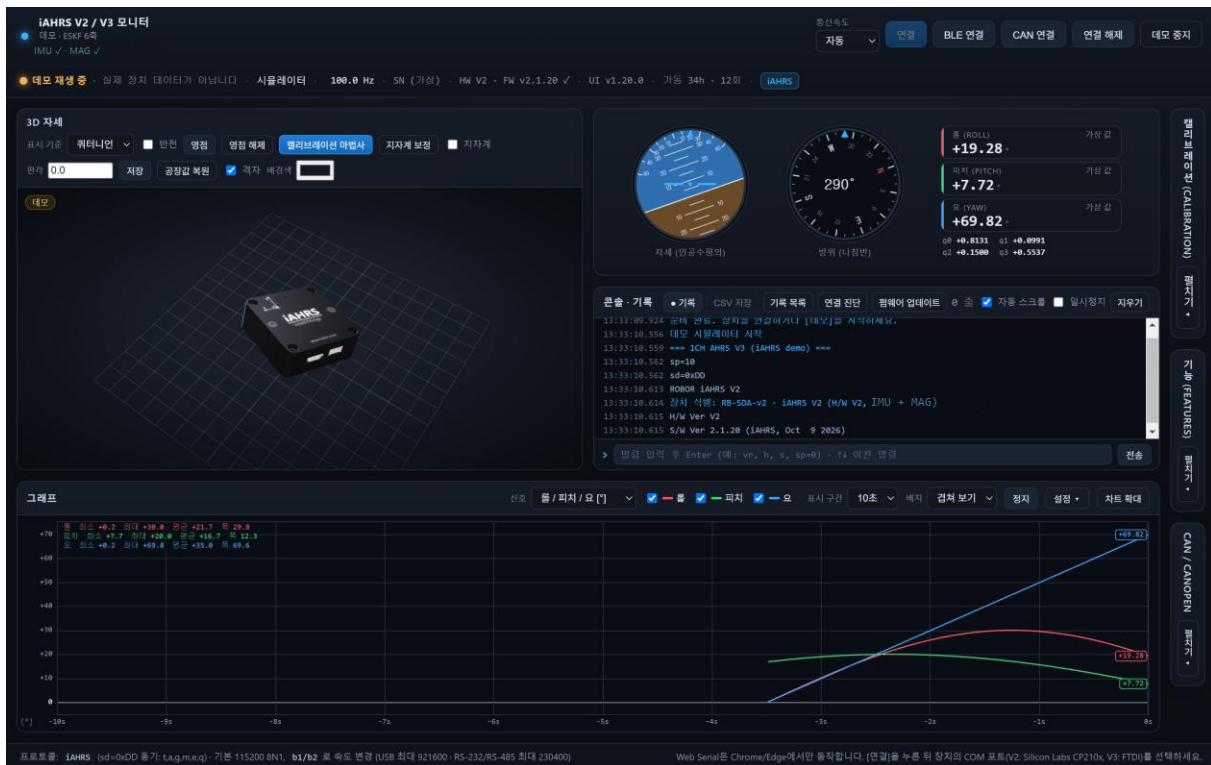
2.2 센서가 아직 없다면 — [데모]

[데모] 버튼을 누르면 가상의 데이터가 흘러나옵니다. 실물 없이 화면 구성과 버튼 위치를 미리 익힐 수 있습니다. 데모 중에는 버튼이 [데모 중지] 로 바뀌고, 상태 줄에 데모 재생 중 · 실제 장치 데이터가 아닙니다, 제목 아래에 데모 · ESKF 6 축 이 보입니다. 데모에서는 명령 입력과 펌웨어 업데이트를 쓸 수 없습니다.

2.3 통신속도는 [자동] 그대로

통신속도는 PC 와 센서가 대화하는 속도입니다. 기본값 자동 그대로 두세요. 자동은 115200 부터 차례로 시도해 센서를 찾습니다. 첫 시도에서 못 찾으면 2 초 뒤 한 번 더 시도합니다. 115200 에서는 1 초에 50 번(50 Hz), 230400 이상에서는 1 초에 100 번 전체 데이터를 받습니다.

3. 화면 구성 — 어디에 무엇이 있나



배포용 프로그램(AHRS_Monitor.exe) 전체 화면 — 데모 화면에 V2 장치 정보를 넣어 찍은 그림(UI 1.20.0 · FW 2.1.20, 숫자는 가상 값, SN 은 「가상」)

위치	영역 이름	하는 일
맨 위 왼쪽	제목과 센서 상태	제품·센서 조합(RB-SDA-v2 · IMU + MAG · ESKF 6 축)과 센서 칩 상태 (→ 3.2)
맨 위 오른쪽	연결 버튼	통신속도 · [연결] · [BLE 연결] · [CAN 연결] · [연결 해제] · [데모]
위 둘째 줄	상태 줄	수신 상태 · 통신 종류와 속도 · Hz · 시리얼번호 · 하드웨어/펌웨어 버전 · 프로그램 버전 · 가동시간 (→ 3.1)
상태 줄 바로 아래	저장 안내 바	평소에는 숨어 있음. 저장하지 않은 변경이 있으면 나타남 (→ 5.3)
왼쪽 큰 칸	3D 자세	3D 모형이 실시간으로 움직임. 영점·지자계 보정·편각·저장 버튼 (→ 5 장)
가운데 위	계기	인공수평의 · 나침반 · 롤/피치/요 숫자 · 쿼터니언 (→ 3.4)
가운데	콘솔 · 기록	기록 · CSV 저장 · 기록 목록 · 연결 진단 · 펌웨어 업데이트, 장치 메시지, 명령 입력줄 (→ 8 장)
아래 전체 폭	그래프	롤·피치·요 등을 시간에 따라 그린 선 그래프 (→ 7 장)
오른쪽 끝	도크(세로 탭)	「캘리브레이션 (Calibration)」 · 「기능 (Features)」 · 「CAN / CANopen」 카드 (→ 3.5)
맨 아래	안내 줄	통신 규약 요약과 COM 포트 고르는 법

[BLE 연결] 은 별도의 BLE 인터페이스 보드(BoT-nLE523)를 함께 쓸 때만 씁니다. BLE 로 연결하면 측정값을 1 초에 10 번(10 Hz) 받습니다. 자세한 사용법은 이 설명서에서 다루지 않습니다.

3.1 상태 줄 읽는 법

상태 줄은 왼쪽부터 아래 순서로 나옵니다.

표시 (예)	의미
● 점 색	초록 = 정상 수신 · 파랑 = 수신 대기, 보정 중, 저장 중, 펌웨어 업데이트 중 · 주황 = 수신 중단, 또는 데모·기록 재생 중 · 회색 = 연결 안 됨
정상 수신 마지막 수신 0.02 초 전	수신 상태 문구. 아래 표 참고
USB @ 115200 bps	지금 쓰는 통신 종류와 속도. 장치가 직접 알려 주는 값이라 RS-232-RS-485 로 연결하면 RS-232 @ 115200 bps 처럼 바뀝니다. CAN 이면 CAN 500 kbit/s · PCAN-USB · Node 1
50.0 Hz	1 초에 몇 번 데이터가 들어오는지. 0 에 가깝거나 심하게 널뛰면 연결 이상
SN 3530...004A	이 센서의 시리얼번호(앞 4 자리...뒤 4 자리). 마우스를 올리면 전체 번호가 보입니다. 데모에서는 SN (가상)

표시 (예)	의미
HW V2 · FW v2.1.20 ✓	하드웨어 세대와 펌웨어 버전. ✓ = 최신. 프로그램이 아는 최신보다 낮으면 최신 v2.1.20 △ 처럼 최신 번호가 붙고 [펌웨어 업데이트] 버튼이 주황색 펌웨어 업데이트 ↑ 로 바뀝니다. 계열 불일치 △ 는 보드 세대와 펌웨어 앞자리가 다르다는 뜻입니다
UI v1.20.0 (b20261010)	이 프로그램의 버전과 빌드 날짜(괄호 안)
가동 34h · 12 회	이 센서의 누적 가동시간과 부팅 횟수. 장치 안에 영구 기록되며 A/S 때 사용 이력 확인에 쓰입니다
iAHRS	통신 규약 이름. 항상 같습니다

연결하기 전에는 버전 자리에 최신 FW V2 2.1.20 · V3 3.0.15 처럼 이 프로그램이 아는 최신 펌웨어가 나옵니다. 숫자는 프로그램을 만든 때의 최신 펌웨어라 프로그램 버전에 따라 다릅니다. 제목 아래 제품 줄은 연결 전에는 장치 연결 전, 장치를 알아보는 동안에는 장치 확인 중 · ESKF 6 축 이고, 알아본 뒤에는 실제 장치(RB-SDA-v2 · IMU + MAG · ...)로 바뀝니다.

수신 상태 문구

문구	뜻	할 일
연결 안 됨	장치와 연결되지 않음	[연결]
연결됨 · 수신 대기 첫 측정값을 기다리는 중	연결 직후	몇 초 기다림
정상 수신 마지막 수신 0.02 초 전	측정값이 잘 들어옴	—
수신 중단 마지막 수신 3.4 초 전	2 초 넘게 새 값이 없음	케이블·전원 확인
수신 없음 연결 후 측정값을 받지 못했습니다	연결은 됐는데 5 초가 지나도 값이 없음	[연결 진단] (→ 13.1)
보정 진행 중	보정 창이 열려 있고 측정값 전송이 잠시 멈춤	정상. 보정이 끝나면 다시 들어옴
장치에 저장 중	CAN 연결에서 [저장]하는 동안 측정값 전송이 1~2 초 멈춤	정상
펌웨어 업데이트 중 펌웨어 write 50%	펌웨어를 쓰는 중	케이블·전원을 건드리지 마세요
데모 재생 중 실제 장치 데이터가 아닙니다	[데모] 실행 중	—
기록 재생 중 저장된 기록입니다	[기록 목록]에서 재생 중 (→ 8.2)	—

3.2 센서 칩 상태 (제목 아래 둘째 줄)

IMU ✓ · MAG ✓ 처럼 **칩별 상태**를 보여 줍니다. 앞쪽이 가속도·자이로 칩, 뒤쪽이 지자계 칩입니다. 값이 안 들어올 때 어느 칩이 문제인지 알려 주는 표시입니다. 문제가 생기면 ▲와 이유가 붙고, 콘솔에도 ▲ 센서 이상: ... 빨간 줄이 남습니다. 다시 정상이 되면 **센서 복구: ...**가 찍힙니다.

표시되는 이유	뜻
인식 실패 (WHO_AM_I=0x...) / 인식 실패 (PROD_ID=0x...)	켜질 때 칩을 찾지 못함
응답 없음 (ID 0x...)	동작 중에 칩이 답하지 않음
읽기 오류 3	칩에서 값을 읽다가 오류가 났음(숫자는 오류 횟수)
샘플 끊김 (mfresh:0)	지자계 칩은 답하지만 새 측정값을 만들지 않음(펌웨어 2.1.12 이상). 이때 장치는 스스로 6 축(자이로 기준)으로 계산해 방위가 엉뚱하게 끌려가지 않게 합니다
셀프테스트 실패: gyro	자가진단에서 실패한 항목
IMU 통신 오류 (상태워드) / 지자계 미인식 (상태워드)	장치의 상태 정보에 오류 표시가 켜짐
데이터 없음 (스트림 켜짐인데 샘플 없음)	전송은 켜져 있는데 측정값이 3 초 넘게 없음

한 번 생겼다가 바로 사라지면 케이블이 흔들린 경우가 많습니다. 계속 남아 있으면 전원을 다시 넣고, 그래도 같으면 판매처에 문의하세요.

▲ 읽기보호 없음 (RDP 0xAA) - 출하 전 잠금 필요 가 보이면

공장 마무리 단계(플래시 잠금)가 빠진 보드에서만 나오는 표시입니다. 사용에는 지장이 없지만, 판매처에 시리얼번호와 함께 알려 주세요.

3.3 3D 자세 화면의 표시

3D 화면 왼쪽 위의 작은 표시(배지)는 지금 보이는 모형이 무엇인지 알려 줍니다.

배지	뜻
미리보기	연결 전. 모형은 그냥 보여 주는 그림입니다
수신 대기	연결 직후 첫 값을 기다리는 중
실측	장치에서 받은 실제 자세
마지막 값	수신이 끊겨 마지막으로 받은 자세에 멈춰 있음
보정 중 / 저장 중 / 업데이트 중	보정·CAN 저장·펌웨어 업데이트로 잠시 멈춤
데모 / 재생	데모 데이터 / 저장된 기록을 재생 중
일시정지	콘솔의 [일시정지]를 켜서 화면만 멈춤

연결 전에는 3D 화면 가운데에 「측정 대기 — 3D 모형은 미리보기입니다」가 나옵니다. 수신이 끊기면 「수신 중단 — 표시값은 N 초 전 측정입니다. 케이블과 전원을 확인하세요」가, 연결 뒤 값이 한 번도 안 오면 「수신 없음 — ... [연결 진단]을 확인하세요」가 나옵니다.

마우스 휠로 3D 화면을 확대·축소할 수 있습니다.

3.4 계기와 숫자 읽는 법

- **자세 (인공수평의)** — 비행기 계기판과 같습니다. 하늘색이 위, 갈색이 아래(땅)입니다.
- **방위 (나침반)** — 지금 향하는 방위를 숫자와 눈금으로 보여 줍니다. 지자계를 켜면 실제 북쪽 기준 방위입니다(→ 6 장).
- **롤 (ROLL) · 피치 (PITCH) · 요 (YAW) 숫자** — 계기가 「느낌」이라면 이 숫자가 **정확한** 값입니다.
- **q0~q3** — 쿼터니언(1.2 참고).

숫자 오른쪽 위의 작은 글씨는 **그 값의 상태**입니다.

문구	뜻
실측	장치에서 받은 실제 값
정확도 $\pm 0.05^\circ$ (1 σ) (롤·피치)	ESKF 융합 필터가 계산한 추정치(1 σ). 작을수록 좋음. 화면 문구는 '정확도'이지만 외부 기준기로 확인한 정확도나 보증값이 아니며, 그림 속 숫자는 예시입니다(→ 1.5)
자이로 기준 (지자계 꺼짐) (요)	지자계를 끈 6 축 상태. 요는 켤 때 방향을 0으로 한 상대 방위
자북 기준 (요)	지자계를 켜. 나침반 북쪽 기준
진북 기준 (요)	지자계를 켜고 편각을 넣음. 지도 북쪽 기준
측정 대기	아직 값이 없음
3.4 초 전 값	수신이 끊겨 예전 값이 보이는 중
잠시 멈춤	보정·저장 중이라 전송이 잠시 멈춤
화면 멈춤	콘솔의 [일시정지]가 켜짐
가상 값 / 기록 값	데모 / 기록 재생 중

3.5 오른쪽 도크 쓰는 법

화면 오른쪽 끝에는 세로 글씨 탭이 있습니다.

탭	내용	언제 보이냐
캘리브레이션 (Calibration)	「보정 품질 점검」 — [지자기 점검 3D] (→ 6.5)	항상
기능 (Features)	부가 기능 켜고 끄기, 동기 데이터 선택, 라이브 값 (→ 9 장)	항상
CAN / CANopen	장치 CAN 상태, PCAN-USB 로 CANopen 다루기 (→ 10.3)	V2 장치를 연결했을 때만

구형 V1 장치(RB-SDA-v1)를 연결하면 캘리브레이션·기능 탭은 숨겨집니다.

- 탭의 [펼치기 ◀] 를 누르면 카드가 옆으로 열리고, 가운데 화면은 그만큼 좁아집니다. 닫을 때는 [접기 ▶].
- 여러 카드를 함께 열 수도 있습니다.
- 열어 둔 상태는 다음 실행 때 기억하지 않습니다. 프로그램을 켜면 모든 카드가 접혀 있습니다.
- 카드를 접어 뒤도 장치와의 설정 동기화는 그대로 됩니다.

3.6 창 크기를 바꾸면

창 폭이 좁아지면(약 1100 픽셀 이하) 칸들이 **위아래로 쌓입니다**: 3D 자세 → 계기 → 콘솔 → 그래프 → 도크 카드 순서. 이때는 화면을 아래로 굴려서 봅니다. 배치만 달라질 뿐 기능은 같습니다.

4. 처음이라면 이것부터 해 보세요

1. 센서를 손에 들고 천천히 기울여 보기 — 3D 모형이 똑같이 따라오는지 확인합니다.
2. 그래프 보기 — 기울일 때 빨강(롤)·초록(피치)·파랑(요) 선이 움직입니다.
3. 제자리에서 한 바퀴 돌려 보기 — 요 값이 $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ 사이에서 바뀝니다.
4. [영점] 눌러 보기 — 지금 자세가 0 도가 됩니다(→ 5.1).
5. [● 기록] → [■ 중지] → [CSV 저장] — 측정값을 파일로 저장합니다(→ 8.1).

주의: 손에 들고 시험할 때 케이블이 보드를 당기거나 흔들지 않게 하세요. 케이블·커넥터가 흔들리면 연결이 끊기거나 보드가 다시 켜질 수 있습니다(→ 13.2).

5. 자주 쓰는 기능

모두 왼쪽 3D 자세 카드 위쪽 버튼 줄에 있습니다.

5.1 [영점] — 지금 자세를 「0 도」로 만들기

센서를 장비에 붙이다 보면 완벽하게 수평으로 붙이기 어렵습니다. 이때 [영점] 을 누르면 지금 자세를 기준(0 도) 으로 다시 잡습니다.

[영점] — 지금 자세를 「0도」로 만들기

센서가 비스듬히 장착돼 있어도, 평소 자세를 기준(0도)으로 다시 잡을 수 있습니다.



기울기가 물리적으로 퍼지는 건 아닙니다 — 「지금 이 자세를 0도로 부르겠다」고 기준만 바꾸는 것입니다.
[저장]을 눌러야 전원을 껐다 켜 뒤에도 이 기준이 유지됩니다.

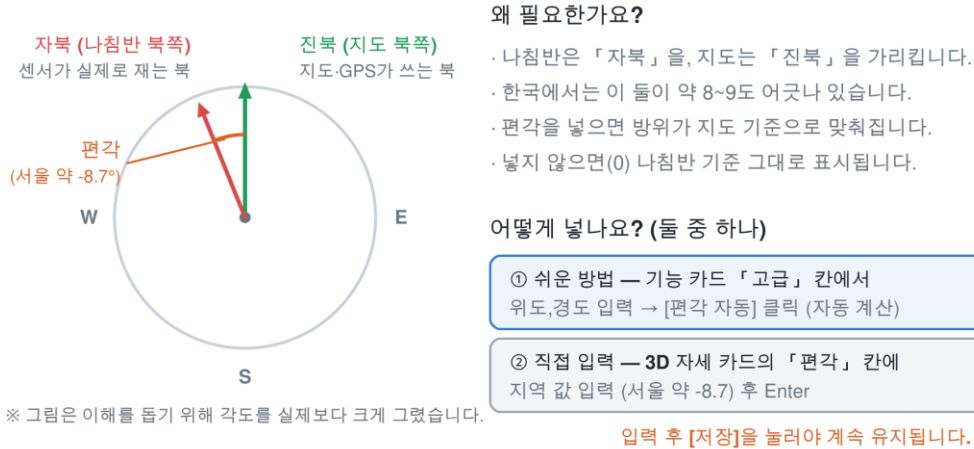
[영점] — 실물은 그대로 두고 「지금 자세 = 0 도」로 기준만 바꿉니다

1. 센서를 장비에 고정하고, 평소 쓰는 자세로 둡니다.
2. 3D 자세 카드의 [영점] 을 누릅니다. 콘솔에 -> za (zero angle) 가 찍힙니다.
3. 롤·피치·요 숫자가 모두 0.00 근처로 바뀝니다.
4. [저장] 을 누릅니다. 이걸 안 누르면 전원을 끄는 순간 사라집니다(→ 5.3).
 - 기준을 없애고 원래대로 돌리려면 [영점 해제].
 - 지자계를 켜 상태에서는 기울기(롤·피치)만 0 이 되고, 방위(요)는 실제 나침반 방향을 유지합니다.
 - [CAN 연결] 로 보고 있을 때도 [영점] · [영점 해제] · [저장] 이 동작합니다(펌웨어 2.0.6 이상).

5.2 편각 — 방위를 지도 기준으로 맞추기

나침반이 가리키는 북쪽(자북)과 지도상의 북쪽(진북)은 조금 다릅니다. 이 각도 차이를 편각이라고 합니다. 서울은 약 -8.7° 입니다. 편각은 지자계를 켜를 때(→ 6.4)만 의미가 있습니다.

편각 — 나침반 북쪽과 지도 북쪽은 다릅니다



편각 — 자북(나침반 북쪽)과 진북(지도 북쪽)의 차이. 그림의 각도는 알아보기 쉽게 크게 그렸습니다

방법 ① 자동 (권장)

1. 오른쪽 도크 기능 (Features) 탭의 [펼치기 <] 를 누릅니다.
2. 고급 칸의 위도,경도 에 지금 위치를 넣습니다. 예: 서울 37.5,127.0
3. [편각 자동] 을 누릅니다. 세계자기모델(WMM2025)로 그 지역 편각이 계산되어 장치에 들어갑니다. 콘솔에 `geo=37.500,127.000 dec=-8.xx inc=... (WMM2025)` 가 찍히고, 3D 자세 카드의 편각 칸도 그 값으로 바로 바뀝니다.
4. [저장] 을 누릅니다.

방법 ② 직접 입력 — 3D 자세 카드의 편각 칸에 값을 넣고(서울 약 -8.7) Enter → [저장].

지자계가 켜져 있을 때 편각이 0 이 아니면 요 옆 상태 문구가 진북 기준 으로 바뀝니다(0 이면 자북 기준).

5.3 [저장] 과 저장 안내 바 — 바꾼 설정을 전원이 꺼져도 남기기

영점, 편각, 지자계 켜기, 기능 카드의 체크 같은 설정은 누르는 즉시 장치에 적용되지만, 저장하기 전에는 전원을 끄면 사라집니다. [저장] 을 누르면 장치 안 플래시 메모리에 기록되어 전원을 꺼도 남습니다. 저장하는 약 1 초 동안 측정값 전송이 잠깐 멈춥니다.

저장 안내 바 — 저장하지 않은 변경이 있으면 상태 줄 바로 아래에 노란 줄이 나타납니다.

안내 바 문구	뜻	할 일
변경 2 건이 장치에 적용됐지만 저장되지 않았습니다. 전원을 끄면 이전 값으로 돌아갑니다: 편각 · 영점	바꾼 것이 아직 저장되지 않음. 뒤에 바뀐 항목 이름이 나열됨	오른쪽 [저장] , 또는 취소하려면 [되돌리기]
저장됨 14:05:31 현재 설정과 보정이 장치에 저장되어 있습니다.	저장이 확인됨(약 6 초 보였다 사라짐)	—
저장 응답이 없습니다. 저장됐는지 확인하지 못했습니다. 다시 저장해 보세요.	5 초 안에 장치의 저장 확인(<code>fw done.</code>)이 오지 않음	연결 상태를 보고 다시 [저장]
저장 실패: 장치가 기록 오류를 알렸습니다 (<code>fw FAILED</code>). ...	장치가 플래시 기록 실패를 알림	다시 시도. 반복되면 진단 파일을 보내 문의 (→ 13.1)

- **[되돌리기]** 는 이번 연결에서 바꾼 설정을 바꾸기 전 값으로 돌립니다. 영점과 보정 결과, 통신 속도는 되돌리지 않습니다.
- 3D 자세 카드의 **[저장]** 버튼 옆에도 저장하지 않은 변경 **건수**가 작은 숫자로 붙습니다.
- 설정 이름 옆의 작은 표시: ● = 바꿨지만 저장 안 함 · ✓ = 저장됨 · ○ = 장치가 저장하지 않는 설정(예: 바이너리스트림)이라 전원을 끄면 원래대로.
- 저장이 잘 되면 콘솔에 `fw done. settings saved (kept after power-off).` 가 찍힙니다.

5.4 [공장값 복원] — 공장 출하 상태로 되돌리기

장치 안에는 **공장에서 보정·저장한 값**이 따로 보관되어 있습니다. **[공장값 복원]** 을 누르면 확인 창(「공장 출하 시 저장된 보정·설정으로 되돌릴까요? ...」)이 뜨고, **[확인]**을 누르면 지금의 사용자 보정·영점·기능 설정을 공장값으로 덮어씹니다(약 1 초).

- 끝나면 콘솔에 `fd done. factory defaults restored.` 가 찍히고, 약 2.5 초 뒤 화면의 설정이 장치 값으로 다시 맞춰집니다.
- `fd FAILED. flash error.` 가 나오면 장치가 메모리에 쓰지 못한 것입니다. 한 번 더 해 보고, 반복되면 문의하세요. `fd FAILED. no factory record stored.` 는 이 장치에 공장값이 들어 있지 않다는 뜻입니다. 시리얼번호와 함께 판매처에 문의하세요.
- 직접 해 본 지자계 보정이나 마법사 보정이 오히려 나빠졌을 때 쓰면 좋습니다.
- 공장값을 복원하면 설치 장소에서 한 **지자계 보정도 공장값으로 돌아갑니다**. 방위를 쓰려면 지자계 보정을 다시 하세요.

저장 버튼 정리: [저장] = 지금 상태를 내 설정으로 기억 · [공장값 복원] = 내 설정을 버리고 공장 출하 상태로 · 보정 창의 [저장하고 닫기 (fw)] = 보정 결과를 [저장]까지 한 번에.

5.5 3D 자세 카드의 버튼과 항목

버튼 / 항목	설명
표시 기준	3D 모형을 돌릴 때 쓰는 데이터. 쿼터니언 (기본, 권장) / 오일러각
반전	3D 모형이 거울처럼 반대로 보일 때 체크
[영점] · [영점 해제]	지금 자세를 0 도로 / 원래 기준으로 (→ 5.1)
[캘리브레이션 마법사]	가속도·자이로 보정 안내 창. 보통은 쓸 필요가 없습니다 (→ 6.6)
[지자계 보정]	설치 장소에서 나침반 보정 (→ 6.2)
지자계	방위 계산에 나침반을 쓸지 컴/끔. 기본은 꺼짐(6 축) . 지자계 보정을 마친 뒤 켜세요 (→ 6.4)
편각	지도 기준 방위로 맞추는 각도 (→ 5.2)
[저장]	영점·편각·기능 설정을 장치에 영구 저장 (→ 5.3)
[공장값 복원]	공장 출하 때의 보정·설정으로 되돌림 (→ 5.4)
격자 · 배경색	3D 바닥 격자 보이기 / 3D 배경 색. 보기용이라 장치와 상관없음

6. 지자계(나침반) 보정과 점검

6.1 언제 하나요?

지자계는 주변 철골·금속·전선 같은 **그 장소의 자기 환경까지 함께 기억합니다**. 그래서 공장 보정과 별도로 **설치한 자리에서** 한 번 보정해야 방위가 정확합니다.

- 처음 설치했을 때
- 설치 장소를 옮겼을 때, 주변에 큰 금속 물체가 생겼을 때
- [지자계 점검 3D] 결과가 **보정 권장** 일 때

방위(요)를 쓰지 않고 기울기(롤·피치)만 쓴다면 지자계 보정은 필요 없습니다.

6.2 [지자기 보정] 하는 순서



지자기 보정 창 — 배포용 프로그램 데모 화면(UI 1.20.0, 창을 연 직후라 점구름은 비어 있음)

cm — 지자기 (30초, 8자를 그리며 모든 방향)



손에 들고 8자를 그리며 각 면이 한 번씩 하늘을 향하게 뒤집어 주세요.
30초 동안 화면의 3D 그래픽에 점이 실시간으로 쌓입니다 — 구(球)가 고르게 채워지면 좋은 상태.

지자기 보정 때 돌리는 법 — 8자를 그리며 각 면이 한 번씩 하늘을 향하게. 장비에 달린 채라면 장비째 돌립니다(모형은 설명용)

1. 센서를 실제로 설치할 자리(또는 그 장비)에 둡니다. 큰 금속·자석·스피커에서 떨어진 곳이 좋습니다.
2. 3D 자세 카드의 [지자기 보정]을 누릅니다. 「지자기 캘리브레이션 (cm)」창이 뜹니다.
3. [시작]을 누르고 30 초 동안 장치를 모든 방향으로 천천히 돌립니다. 8자를 그리며, 각 면이 한 번씩 하늘을 향하도록 뒤집어 주세요.
4. 창 안 3D 그림에 점이 실시간으로 쌓입니다. 점이 공(구) 모양으로 고르게 채워지도록 비어 있는 방향을 더 돌려 줍니다. 그림 아래에 800 점 · 방향 커버리지 8/8 (100%) · 반경 48.0 μT · ... - 양호 ✓ 같은 상태가 나옵니다.
5. 성공하면 완료 ✓ - 아래 [저장하고 닫기]를 누르면 전원을 꺼도 유지됩니다. 와 함께 장치 결과 줄 cm done. off: ... (radius 48.3 uT, fit residual 1.2%) 이 보입니다.
radius(반경)가 25~65 μT 이면 정상입니다.
6. [저장하고 닫기 (fw)]를 누릅니다. 장치가 저장을 확인(fw done.)하면 창이 닫힙니다. 확인이 오지 않으면 창이 닫히지 않고 콘솔에 △ 저장(fw)이 확인되지 않았습니다 - 창을 유지합니다. ... 가 나옵니다. 연결을 확인하고 다시 누르세요.
7. 이어서 지자계를 체크하고 [저장] 합니다(→ 6.4).
 - 보정하는 동안 LED 는 빨강·파랑이 번갈아 깜빡입니다. 지자기 보정 중에도 측정값은 계속 들어오므로 3D 와 점구름을 보면서 돌리면 됩니다.
 - 보정 중에 [닫기]를 눌러도 장치는 30 초 보정을 끝까지 진행합니다. 결과를 저장하지 않으면 전원을 껐다 켤 때 이전 보정으로 돌아갑니다.
 - 별도 프로그램 없이 이 화면에서 다 됩니다.

6.3 보정이 실패했을 때

펌웨어는 회전이 부족하거나 주변 자기장이 이상하면 **성공한 척하지 않고 거부**합니다. 이때 **이전 보정은 그대로 유지**되므로 안심하고 다시 하면 됩니다. 보정 창에는 장치가 이 캘리브레이션을 거부했습니다 (위 사유 참고) - 기존 보정값은 그대로 유지됩니다. 장소/자세를 바꿔 다시 시도하세요. 가 나오고, 그 위에 장치가 보낸 cm FAILED. ... 줄이 보입니다.

장치 메시지 (cm FAILED. 뒤)	뜻	이렇게 하세요
rotation too planar (one axis only?)	한 축으로만 돌렸음	뒤집고 세우며 모든 방향으로
insufficient 3-axis coverage	세 축 방향으로 충분히 돌지 않음	위와 같음
coverage too one-sided	일부 방향만 돌렸음	8자를 그리며 빈 방향을 채움

장치 메시지 (cm FAILED. 뒤)	뜻	이렇게 하세요
coverage concentrated on one side (cap-only rotation?)	한쪽(예: 윗면이 늘 하늘을 보는 상태)으로만 돌렸음 (펌웨어 2.1.12 이상)	바닥면도 하늘을 향하게 완전히 뒤집어 가며 돌림
data does not form an ellipsoid	점이 공 모양을 이루지 않음	천천히, 고르게 다시
poor ellipsoid fit (residual 9.5%)	공 모양에서 많이 벗어남	더 천천히, 금속에서 떨어져서
implausible soft-iron shape (move away from large metal)	주변 금속 영향이 너무 큼	큰 금속에서 떨어진 곳으로
field magnitude out of range (magnetised surroundings?)	자기장 크기가 비정상(정상 범위 8~200 μ T 밖)	자석·자화된 물체를 치움
too few samples	지자계 측정값이 충분히 들어오지 않음	침 상태(→ 3.2)를 보고 다시
fit singular	계산할 수 없는 데이터	다시
aborted (cm re-sent while running)	진행 중에 보정을 다시 시작해 취소됨	30 초가 끝날 때까지 기다림

창에 장치 응답 없음 - 콘솔을 확인하세요 (캘리브레이션이 아직 진행 중일 수 있습니다). 가 나오면 약 40 초 안에 결과가 오지 않은 것입니다. 연결 상태를 확인하세요.

6.4 지자계 켜기

지자계 보정을 마쳤으면 방위 계산에 나침반을 씁니다.

1. 센서를 **평소 기준 자세**로 둡니다.
2. 3D 자세 카드의 **지자계** 를 체크합니다. 콘솔에 -> `mag=1` (9-axis: magnetometer ON) 이 찍히고, 제목 아래가 ... **ESKF 9 축** 으로 바뀝니다.
3. 약 1.5 초 뒤 **영점이 자동으로 다시 잡힙니다**((자동) 영점 재설정 – 지자계 전환 반영).
그래서 1 번에서 기준 자세로 두라고 한 것입니다. 이때 기울기(롤·피치)만 0 이 되고, 요는 나침반 방향을 따릅니다.
4. 요 옆 상태 문구가 **자북 기준** 으로 바뀝니다(편각을 넣었으면 **진북 기준**). 계기의 나침반도 실제 북쪽 기준으로 둡니다.
5. **[저장]** 을 누릅니다.

지자계를 끄면(체크 해제) 다시 6 축이 되고, 요는 켤 때 방향 기준의 상대 방위(자이로 기준 (지자계 꺼짐))가 됩니다.

자이로 영점 자동 맞춤 (bt=1, 기본으로 켜짐)

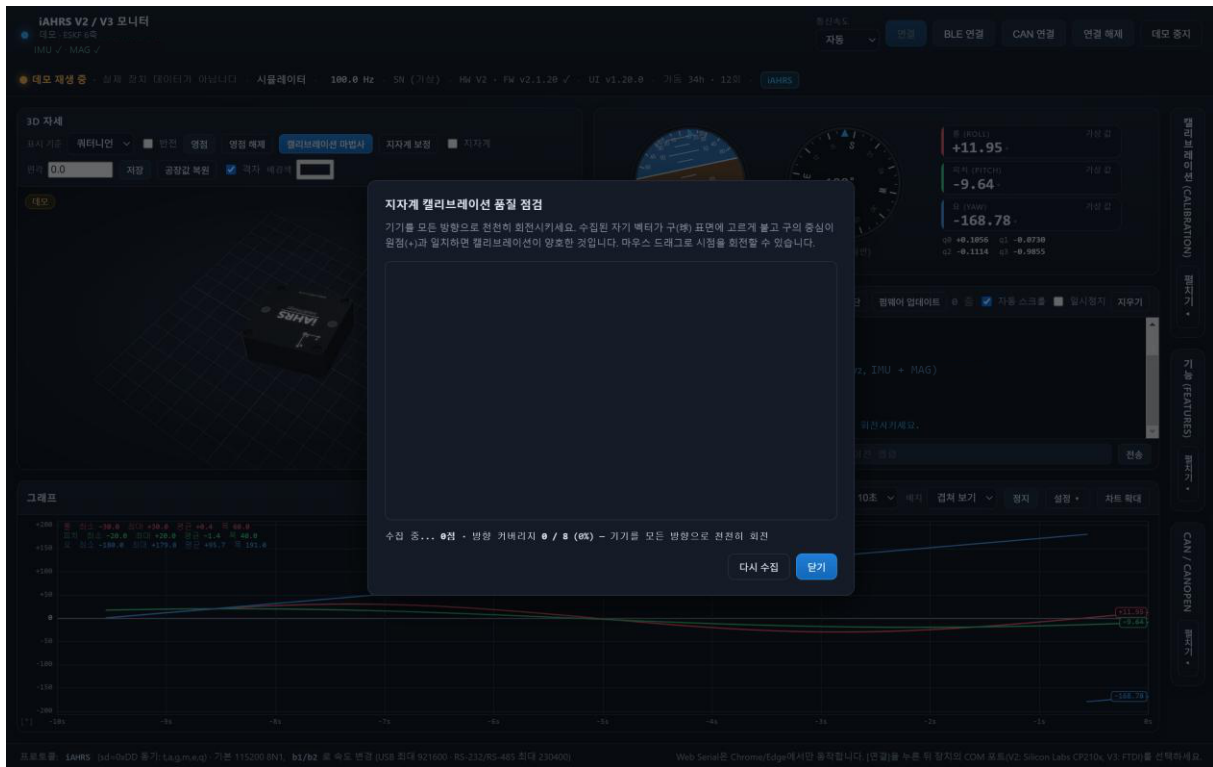
센서는 **가만히 있는 동안에만** 자이로 영점을 스스로 맞춥니다(1 초씩 끊어 보아 흔들림과 기울기 변화가 잡음 수준일 때). 움직이는 동안 들어온 값은 확정하기 전까지 되돌릴 수 있게 따로 보관하므로, 부드럽게 멈추거나 흔들린 뒤에도 멈춰 있는 동안 방향(요)이 흐르지 않습니다.

다만 **지자계를 끈 상태(6 축)** 에서 **아주 느린(초당 0.4° 미만) 일정한 회전**은 영점 변화와 구분할 수 없어, 실제로 돈 만큼 화면에 다 나타나지 않을 수 있습니다.

방향이 중요하면 [지자계 보정]을 한 뒤 **지자계를 켜서(mag=1)** 쓰세요. 기울기(롤·피치)만 쓴다면 신경 쓰지 않아도 됩니다.

공장에서 보정 장비(지그)로 보정할 때는 이 기능이 자동으로 꺼집니다(bt=0).

6.5 [지자계 점검 3D] — 나침반 상태 자가진단



지자계 점검 3D — 배포용 프로그램 데모 화면(UI 1.20.0, 창을 연 직후 상태)

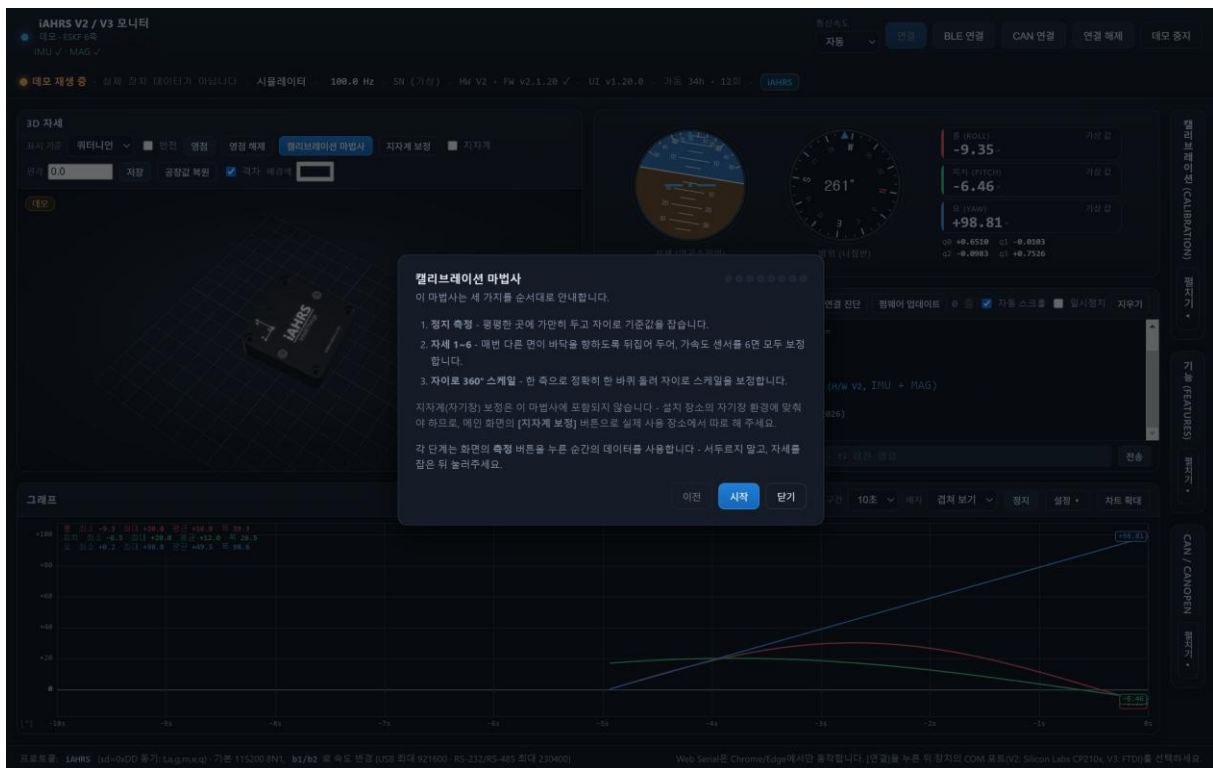
1. 오른쪽 도크 **캘리브레이션 (Calibration)** 탭의 [펼치기 <] 를 누릅니다. 배포용 프로그램에서는 이 카드에 「보정 품질 점검」 하나만 있습니다.
2. [지자계 점검 3D] 를 누르면 「지자계 캘리브레이션 품질 점검」 창이 뜹니다.
3. 기기를 **모든 방향으로 천천히** 돌립니다. 점이 공 표면에 붙으며 쌓입니다. 마우스로 끌면 보는 방향을 돌릴 수 있습니다.
4. 아래 문구를 읽습니다.

- 양호 ✓ (캘리브 상태 좋음) — 공의 중심이 십자(+)에 맞고 모양이 고름. 중심 오프셋 10% 미만, 구형 오차 5% 미만.
- 보정 권장 ([지자기 보정] 후 [저장]) — [지자기 보정] 후 [저장]을 다시 하세요.
- 반경이 200 μT 이상이면 근처에 자석이나 강한 자성체가 있다는 뜻입니다. 위치를 옮기세요.

5. 다시 재려면 [다시 수집], 끝나면 [닫기].

이 점검은 보정을 바꾸지 않습니다. 보기만 합니다.

6.6 [캘리브레이션 마법사] — 보통은 필요 없습니다



캘리브레이션 마법사 첫 화면 — 배포용 프로그램 데모 화면(UI 1.20.0)

가속도와 자이로는 **공장에서 정밀 장비로 보정을 마쳤습니다**. 판매처가 안내한 경우가 아니면 마법사를 돌리지 마세요.

주의: 배포용 프로그램에서 마법사를 끝까지 하고 [저장하고 닫기 (fw)] 를 누르면, 공장 보정 대신 새로 잰 값이 사용자 설정으로 저장됩니다.

손으로 하는 보정은 공장 장비보다 덜 정확할 수 있습니다. 결과가 나빠졌다면 [공장값 복원] (→ 5.4)으로 되돌리세요. 공장값은 따로 보관되어 있어 지워지지 않습니다.

마법사를 쓸 때의 순서(화면 안내를 따르면 됩니다):

1. **[시작] → 1. 정지:** 평평하고 딱딱한 바닥에 두고 손을 떼 뒤 정지 확인됨 (측정 가능) 이
보이면 **[측정 (자이로 기준값)]**.
 2. **2~7. 자세 1/6 ~ 6/6:** 그림과 같은 자세로 매번 다른 면이 바닥을 향하게 놓고 「목표와 일치」
칸이 일치 ✓ 인지 확인한 뒤 **[이 자세 측정]**.
 3. **8. 자이로 스케일:** **[① 기준점 측정 (정지)]** → 바닥에 놓은 채 **정확히 한 바퀴(360°)** 천천히
돌리고 멈춘 뒤 60 초 안에 **[② 360° 후 측정]**.
 4. **완료 → [저장하고 닫기 (fw)].**
 - 지자계 보정은 마법사에 들어 있지 않습니다. [지자계 보정]으로 따로 합니다.
 - 움직임 감지 - 가만히 두세요 가 보이면 측정하지 말고 기다리세요.
 - 목표 면(...) 대신 ... 면이 측정되었습니다 / 면이 등록되지 않았습니다 (자세가 기울어짐) 가
나오면 자세를 바로 놓고 다시 측정합니다.
 - 360° 회전이 인식되지 않았습니다 ... 가 나오면 한 축으로만 정확히 한 바퀴 다시 돌립니다.
 - 6 번째 자세를 켜 뒤 **△ 3x3 행렬 생성 확인(accel 3x3 matrix solved)**을 받지 못했습니다
- 측정을 다시 눌러 주세요. 가 나오면 같은 자세로 **[이 자세 측정]** 을 한 번 더 누릅니다.
가속 3x3 행렬이 생성되지 않았습니다 (피팅 실패) 가 나오면 6 면을 같은 요령으로 다시
잡니다. 이때는 저장되지 않습니다.
 - 완료 화면에는 「자이로 1 축(Z) 스케일 보정을 포함했습니다. 다른 축(X/Y)의 스케일 보정은 이
마법사에 포함되지 않습니다」라는 안내와 지자계 보정 안내가 나옵니다.
 - **[저장하고 닫기 (fw)]** 는 장치의 저장 확인(fw done.)을 받은 뒤 창을 닫습니다. 확인이 오지
않으면 **△ 저장(fw)**이 확인되지 않았습니다 - 응답/연결을 확인하고 다시 누르세요. 가
나오고 창이 그대로 남습니다.
-

7. 그래프 보기

7.1 그래프 카드

화면 아래 **그래프** 카드는 값이 시간에 따라 어떻게 바뀌는지 보여 줍니다. 오른쪽 끝이 지금(0s)입니다.

항목	설명
신호	그릴 값: 롤 / 피치 / 요 [°] · 자이로 X/Y/Z [°/s] · 지자계 X/Y/Z [μT] · 가속도 X/Y/Z [g] · 속도 X/Y/Z [m/s] · 위치 X/Y/Z [m]
선 체크 3 개	선마다 보이기/숨기기. 이름은 신호에 따라 롤·피치·요 또는 X·Y·Z
표시 구간	2 초 · 5 초 · 10 초(기본) · 30 초 · 60 초 · 2 분 · 5 분
배치	겹쳐 보기 (세 선이 한 눈금) / 나뉘어 보기 (선마다 칸과 눈금을 따로 — 작은 변화가 크게 보임)
[정지]	그래프만 멈춰 놓고 살펴봄. 누르면 [다시 시작]으로 바뀜. 멈춘 동안 들어온 값은 그래프에 그려지지 않지만 기록에는 영향 없음
[설정 ▼]	세부 설정 칸을 펼침 (→ 7.2)
[차트 확대]	큰 그래프 창 (→ 7.3)

- 그래프 위에는 보이는 구간의 **최소 · 최대 · 평균 · 폭**이 적힙니다.
- 마우스를 그래프에 올리면 그 시각의 값이 보입니다.
- 수신이 끊기면 카드 제목 줄에 **수신 중단 – 새 데이터 없음** 이 붙습니다.
- 속도·위치처럼 지금 받지 않는 신호를 고르면 이 신호는 현재 수신하지 않습니다 - 기능 카드의 [동기 데이터 선택]에서 켜세요. 가 나옵니다(→ 9.4).
- 그래프 설정은 **다음 실행 때도 그대로** 남습니다.

7.2 [설정 ▼] 칸

묶음	항목	설명
세로 범위	방식 자동 / 수동 · 최소 · 최대	자동은 값에 맞춰 눈금을 정함. 수동은 최소·최대로 고정(신호마다 따로 기억)
세로 범위	값에 맞춰 확대 (기본 켜)	0 주변을 넓게 남기지 않고 값에 딱 맞게 확대. 정지 상태의 0.01° 수준 흔들림까지 보임. 끄면 0 주변 ±30° 를 늘 남김
표시	선 굵기 · 보조 눈금 · 측정점 · 통계 · 커서 값 · 크기	선 굵기(가늘게/보통/굵게), 열린 보조 눈금, 측정값마다 점, 최소·최대 등 통계, 마우스 값 표시, 그래프 높이(보통/크게/아주 크게)

묶음	항목	설명
저장 · 관리	[이미지 저장]	지금 보이는 그래프를 PNG 그림으로 저장 (ahrs_chart_날짜.png)
저장 · 관리	[보이는 구간 CSV]	그래프에 보이는 구간의 값을 CSV 로 저장 (ahrs_chart_rpy_날짜.csv)
저장 · 관리	[그래프 지우기] · [설정 초기화]	쌓인 선을 지우고 새로 그림 / 그래프 설정을 처음 상태로

값에 맞춰 확대가 커져 있으면 가만히 둔 센서의 아주 작은 떨림(0.01° 정도)도 크게 보입니다. 이 정도는 정상입니다.

7.3 [차트 확대] — 큰 창으로 보기



[차트 확대] 창 — 데모 화면(배포용 프로그램)

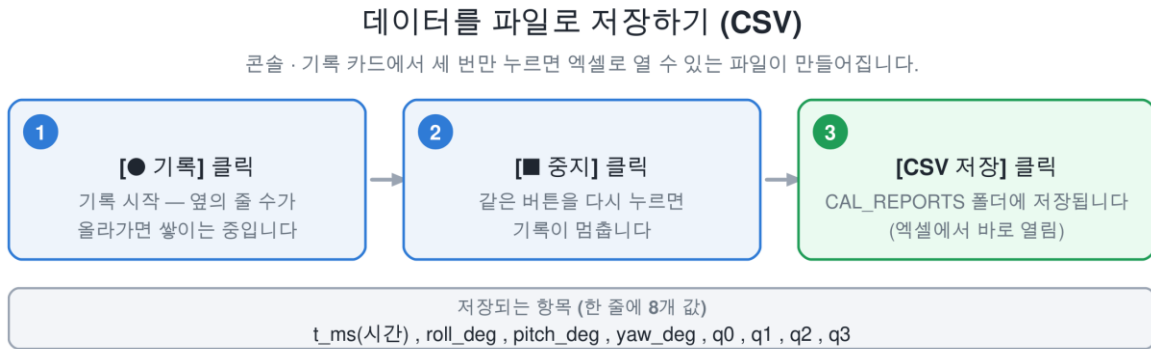
그래프 카드의 [차트 확대] 를 누르면 「차트」 창이 열립니다. 이 창에서는 신호와 표시 구간만 따로 고르고, 나머지 표시 방식(세로 범위, 선 굵기, 통계 등)은 그래프 카드의 [설정 ▼] 값을 그대로 따릅니다. 닫을 때는 [닫기].

7.4 그래프가 위아래로 뒤집혀 보일 때 (짐벌락)

기기를 크게 돌리면 롤·피치·요 선이 $\pm 180^\circ$ 에서 위아래로 넘어갑니다. 또 **피치가 $\pm 90^\circ$ 근처일 때는 롤과 요가 정해지지 않습니다.** 이것을 짐벌락이라고 부르며, 센서 이상이 아니라 오일러각의 수학적 한계입니다. 그래프는 이런 곳에서 선을 끊고, 피치가 $\pm 85^\circ$ 를 넘는 구간을 열린 주황색으로 칠한 뒤 **피치 $\pm 90^\circ$ 근처 – 롤·요 불확정 (짐벌락)** 이라고 적습니다. 이런 자세를 계속 쓰는 장비라면 쿼터니언 출력을 쓰세요.

8. 기록과 콘솔

8.1 측정값을 CSV 로 기록



측정값을 CSV 파일로 저장하는 3 단계

1. 콘솔·기록 카드의 **[● 기록]** 을 누르면 기록이 시작되고 버튼이 **[■ 중지]** 로 바뀝니다. 옆의 120 줄 숫자가 올라가면 쌓이는 중입니다.
2. **[■ 중지]** 를 누르면 기록이 멈춥니다.
3. **[CSV 저장]** 을 누르면 파일로 저장됩니다(→ 8.3). **엑셀에서 바로 열립니다.**

이 버튼으로 저장한 파일은 시간·각도·쿼터니언 8 열입니다. 파일 이름은 저장한 때의 PC 시각으로 `ahrs_2026-10-08T14-12-30.csv` 처럼 붙습니다.

```
t_ms,roll_deg,pitch_deg,yaw_deg,q0,q1,q2,q3
```

8.2 [기록 목록] — 자세한 CSV 와 다시 재생

[● 기록] → [■ 중지] 한 기록은 [기록 목록] 창에도 쌓입니다. 버튼 옆 작은 숫자가 쌓인 개수입니다.

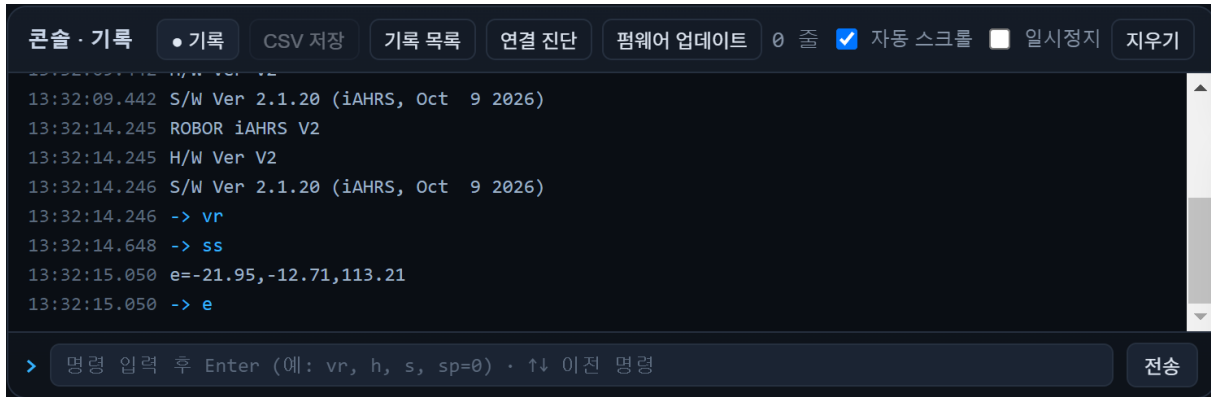
항목	설명
목록 표	기록마다 시작 시각 · 장치(예: V2 ...004A) · 길이 · 줄 수, 그리고 [재생] · [CSV 저장] · [삭제]
가속 · 자이로 · 지자계 · 온도 포함 (기본 켜)	켜면 8 열 뒤에 <code>ax_g, ay_g, az_g, gx_dps, gy_dps, gz_dps, mx_uT, my_uT, mz_uT, temp_C</code> 가 붙은 18 열 CSV
장치 정보 포함 (기본 켜)	파일 맨 앞에 <code># iAHRS record, # start=..., # device=..., # serial=..., # hw_fw=...</code> 같은 # 줄을 적음. # start= 의 시각은 세계 표준시(끝에 Z, 한국 시각에서 9 시간을 뺀 값)입니다. 다른 프로그램이 # 줄을 못 읽으면 끄세요
재생 속도	0.25 배 ~ 4 배 (기본 1 배)
[CSV 불러오기]	전에 저장한 CSV(18 열 또는 8 열)를 목록에 불러와 다시 재생

- 여기의 [CSV 저장] 파일 이름은 기록 시작 시각(PC 시각)으로 `ahrs_2026-10-08T14-12-30.csv` 처럼 붙습니다.
- [재생] 은 장치 없이 3D-계기-그래프를 그때처럼 다시 움직여 봅니다. [연결 해제] 또는 [데모 중지] 상태에서만 됩니다. 기록 중에도 재생할 수 없습니다.
- 재생 중에는 콘솔 카드에 [재생 중지 1200 / 5000] 버튼이 나타납니다. 끝까지 가면 저절로 멈춥니다.
- 목록은 최대 8 개까지 보관되며, 프로그램을 닫으면 사라집니다. 남길 기록은 꼭 [CSV 저장] 하세요.

8.3 저장한 파일은 어디에 있나요?

[CSV 저장], [이미지 저장], [진단 파일 저장] 등으로 저장한 파일은 묻는 창 없이 프로그램(exe)이 있는 폴더 안의 **CAL_REPORTS** 폴더에 저장됩니다. 그 폴더에 쓸 수 없으면 Windows 다운로드 폴더에 저장됩니다. 저장하면 콘솔에 [저장됨] `D:\...\CAL_REPORTS\ahrs_....csv` 처럼 전체 경로가 찍힙니다.

8.4 콘솔과 명령 입력줄



콘솔 · 기록 카드 — 데모 화면. `vr` 을 보낸 뒤 장치 응답 3 줄이 보이고, 입력줄에 다음 명령 `h` 를 치는 중

콘솔에는 장치가 보낸 메시지와 프로그램 안내가 시각과 함께 쌓입니다. 측정값 자체(1 초 50 줄)는 콘솔에 찍지 않습니다.

항목	설명
자동 스크롤	새 줄이 나오면 맨 아래로 이동
일시정지	3D·계기·그래프 화면 갱신만 멈춤. 기록은 계속됨
[지우기]	콘솔 내용을 지움
입력줄 (>) · [전송]	장치에 명령을 그대로 보냄. 명령을 치고 Enter 또는 [전송]. ↑ / ↓ 로 이전 명령

자주 쓰는 명령:

명령	하는 일
<code>vr</code>	버전 보기 (ROBOR iAHRS V2 / H/W Ver V2 / S/W Ver 2.1.20 (iAHRS, ...))
<code>h</code>	명령 목록
<code>s</code>	상태
<code>hp</code>	지금 어느 포트·속도로 연결됐는지 (hp=USB, 115200)
<code>dec</code>	장치에 들어 있는 편각 보기
<code>sp=0 / sp=20</code>	데이터 전송 끄기 / 1 초 50 번으로 다시 켜기
<code>imf</code>	센서 칩 내부 필터 상태 보기 (펌웨어 2.1.14 이상). 정상 예: <code>imf=gsrc:0x5B,asrc:0x36,glpf:0x81,alpf:0x01,odr:400</code> — <code>asrc</code> 는 2 진수로 쓴 맨 아래 두 자리가 10 이면 정상입니다(0x16 으로 보이는 보드도 정상)

명령 전체 목록은 「iAHRS V2 통신 프로토콜 설명서」의 시리얼 장을 보세요. 장치가 연결되지 않았을 때 명령을 치면 먼저 장치를 연결하세요. 가 나옵니다.

8.5 콘솔에 자주 보이는 안내

콘솔 줄	뜻
(auto: device detected at 115200 baud)	통신 속도를 찾았음
(속도 확인 실패 - 2 초 후 한 번 더 시도합니다)	첫 시도가 장치 부팅 중에 걸린 것. 보통 두 번째에 붙음
연결됨 (USB (CP2102 10c4:ea60) @ 115200 bps)	포트가 열림. 괄호 안은 COM 번호가 아니라 USB 칩 이름과 장치 번호입니다(보드에 따라 CH9102 1a86:...)
장치 설정을 동기화하는 중 (gate/beta/mag/bt)...	설정 읽기 시작 (→ 2 장 ⑤)
통신 방식: USB @ 115200 bps (CP2102)	장치가 알려 준 연결 경로. 괄호 안은 보드의 USB 칩 이름(보드에 따라 CH9102)
장치 식별: RB-SDA-v2 · iAHRS V2 (H/W V2, IMU + MAG)	제품을 알아봄
펌웨어가 구버전입니다 (장치 v2.1.12 < 최신 v2.1.20) - ...	업데이트 권장 (→ 11 장)
(자동) 자이로 바이어스 추적 켜 (bt=1) - yaw 드리프트 방지	가만히 있는 동안 자이로 영점을 자동으로 맞추는 기능(bt=1, 기본)이 꺼진 채 저장된 보드라서 프로그램이 다시 켜. 정상 (→ 6.4)
(자동) 영점 재설정 - 지자계 전환 반영	지자계를 켜고 끌 때 자동 영점 (→ 6.4)
fw done. settings saved (kept after power-off).	저장 성공
△ 스트림 무결성 오류 N 건 (체크섬 ... · 숫자 형식 ...) - 해당 레코드는 버림. 마지막: ...	받은 줄의 체크섬(cs=1 일 때)이 틀리거나 숫자가 깨졌습니다(UI 1.20.0+). 그 줄만 버리고 계속 받습니다. 처음 1 건과 50 건마다 한 번 나옵니다. 계속 늘어나면 속도·케이블·전원을 확인하세요(13.2)
[저장됨] ...	파일 저장 위치 (→ 8.3)

9. 기능 (Features) 카드 — 부가 기능



배포용 프로그램의 기능 카드 — 데모 화면(UI 1.20.0 촬영)

오른쪽 도크 기능 (Features) 탭의 [펼치기 <] 를 누르면 열립니다. 체크하면 즉시 장치에 적용되고, 전원을 꺼도 유지하려면 [저장] 을 누르세요(→ 5.3). 연결하면 체크 상태가 장치의 실제 설정으로 자동으로 맞춰집니다. 처음 상태에서는 **ESKF 융합**과 **블랙박스**만 켜져 있습니다. 카드는 위에서부터 융합/강건성 → 파생 출력 → 진단 → 동기 데이터 선택 → 시스템 → 고급 → 라이브 순서입니다.

9.1 융합/강건성 (fusion)

기능	설명
ESKF 융합	정밀 칼만필터 융합. 기본 켜 . 끄면 더 단순한 Madgwick 방식
실험 기능 사용 · GuardedVQF 융합(실험)	검증 중인 실험 융합(algo=2). '실험 기능 사용' 을 켜야 고를 수 있고 실행마다 다시 잠깁니다. 최신 펌웨어(V2 2.1.20+)에서만 켜지며, 일반 사용에서는 꼭 채로(ESKF) 두세요
자기외란제거	주변 금속·자석 때문에 나침반이 흔들릴 때 그 영향을 걸러냄
적응형 게인	ESKF 를 끈 경우에만 동작

9.2 파생 출력 (telemetry)

기능	설명
선형가속	중력을 뺀, 움직여서 생긴 가속도 (g)
진동 RMS	축별 진동 세기
FFT 주파수	가장 강한 진동 주파수(Hz). 모터·팬 이상 감지에 유용
진동 노치	찾아낸 진동 주파수를 자세 계산에서 자동으로 걸러냄
충격/낙하	충격·자유낙하 감지와 최대 충격 세기(피크 G)
속도 *드리프트 · 위치 *드리프트	관성만으로 추정. GPS 가 없어 시간이 지날수록 부정확 — 참고용
만보계	걸음 수

펌웨어 2.1.14 부터는 센서 칩 안의 필터(안티앨리어싱 필터와 약 100 Hz 저역 필터)가 켜져 있습니다. 자세는 더 안정되고, 100 Hz 를 넘는 진동과 몇 ms 짜리 아주 짧은 충격 피크는 작게 측정됩니다.

9.3 진단 (diagnostics)

기능	설명
진동진단	진동 파형 분석(crest factor · kurtosis). 회전기계 베어링 이상 조기 감지
이상감지 AI	평소 패턴을 배운 뒤 벗어나면 점수로 알림

9.4 동기 데이터 선택 (sd)

장치가 1 초에 50 번 보내는 한 줄에 **어떤 값을 넣을지** 고릅니다. 항목: 시간 (Time) · 온도 (Temp) · 가속도 (Accl) · 자이로 (Gyro) · 지자계 (Magn) · 선형가속 (Accl-g) · 오일러각 (Angl) · 쿼터니언 (Quat) · 속도 (Vel) · 위치 (Pos) · 진동 주파수 (Freq) · 진동 (Vibr).

- 기본값은 0x00DD = 시간·가속도·자이로·지자계·오일러각·쿼터니언. **[기본값]** 으로 되돌립니다.

- 빼면 그 값을 쓰는 화면이 비게 됩니다. 이때 수신하지 않는 항목이 있어 다음이 표시되지 않습니다 - ... 경고가 나옵니다.
- 그래프에서 속도·위치를 보려면 여기서 **속도 (Vel)** · **위치 (Pos)** 를 켜고, 9.2 의 속도·위치 기능도 켜세요.
- 이 선택은 **장치에 저장되지 않습니다**. [저장]을 눌러도 전원을 다시 넣으면 기본값 **0x00DD** 로 돌아갑니다. 모니터 프로그램은 연결할 때마다 프로그램 쪽 선택(처음 실행 때는 기본값)을 장치에 다시 보내므로 평소에는 신경 쓸 필요가 없습니다. 로봇에 직결해 다른 값만 받으려면 12.5 를 보세요.

9.5 시스템 (system)

기능	설명
위치독	펌웨어가 멈추면 약 4 초 뒤 자동 재시작. [저장] 후 다음 부팅부터 적용
부팅 자동스트림	전원만 넣으면 프로그램 없이도 데이터 전송 시작. RS-232/RS-485 로 기록 장비에 직결할 때 (→ 12.5)
스트림 체크섬	데이터 각 줄 끝에 오류 검사 코드(*HH)
블랙박스	부팅·충격·낙하 이벤트를 장치 안에 영구 기록. 기본 켜
NMEA 출력	선박·항법 표준 문장(\$HEHDT 방위, \$PASHR 롤·피치·요)으로 출력. 해당 장비와 연동할 때만
바이너리스트림	압축된 이진 형식. 고속 기록 장비용. 장치가 저장하지 않는 설정이라 전원을 끄면 꺼짐
RS-232 속도 (b1) · USB 속도 (b2)	장치에 설정된 두 포트의 속도. 설정 동기화 뒤 자동으로 읽어 옴. [속도 읽기] 로 다시 읽음. 바꾸려면 위쪽 통신속도를 켜

9.6 고급 (advanced)

기능	설명
HI 자동추적	사용 중 생기는 나침반 오차를 서서히 자동 보정
히브(해양)	파도에 의한 위아래 움직임 추정. 해양용
장착 r,p,y → [적용]	센서를 비스듬히 달았을 때 그 각도(예: 0,0,90)를 넣으면 장비 기준 자세 로 출력 (→ 12.2)
위도,경도 → [편각 자동]	편각 자동 계산 (→ 5.2)
[로그 조회]	블랙박스 이력(부팅·충격·낙하)을 콘솔에 표시
[시리얼번호]	이 기기 고유번호를 콘솔에 표시(시리얼번호: ...). 문의·A/S 때 알려 주세요

9.7 라이브 (live) — 지금 값 보기

연결하면 아래 값이 계속 갱신됩니다. 파생 기능 값(선형가속, 진동 RMS, FFT, 속도, 위치, 걸음, 피크 G, 진동 crest/kurt, 이상 score, 히브)은 해당 기능을 켜올 때만 나옵니다.

항목	의미
입력전원 V	지금 들어오는 전원 전압. USB 로만 연결하면 경로 손실 때문에 5 V 보다 조금 낮게, 외부(J2) 5 V 전원은 실제보다 약 0.2 V 높게 읽힙니다. 읽힌 값이 5.45 V 를 넘으면 주황 , 5.7 V 를 넘으면 빨강 (전압이 너무 높음), 4.1 V 아래면 주황 , 3.7 V 아래면 빨강 (전원 부족)으로 표시됩니다
MCU °C	기기 내부 칩 온도. 70 °C 를 넘으면 주황
정확도 1σ°	롤·피치·요에 대해 ESKF 융합 필터가 계산한 추정치(1σ). 작을수록 좋음. ESKF 융합이 켜져 있을 때만 표시되며, 외부 기준으로 확인한 정확도가 아닙니다(→ 1.5)
가동 (부팅/h)	지금까지 켜진 횟수 / 총 가동시간 / 이벤트 수
상태 s	내부 상태 코드와 표시(예: 0x00002040 STREAM STILL). 개발·문의용

9.8 배포용 프로그램에 없는 항목

센서 설정(측정 범위·출력속도·내장 필터)과 [셀프테스트], [로그 삭제], [가동시간 초기화], [딥슬립]은 **양산용 프로그램에만** 있습니다. 공장 보정과 A/S 기록을 지키기 위해 배포용에서는 숨겨 두었습니다. 센서 설정 기본값은 부록 B 사양을 보세요.

10. CAN 으로 쓰기 — V2 의 기능

10.1 장비(PLC·제어기)에 CAN 으로 직결

- 배선: J2 의 2 번 = CAN_H, 3 번 = CAN_L (→ 12.4). 속도 500 kbit/s, CANopen 노드 번호 1 이 기본값입니다. 버스 양 끝에 120 Ω 종단이 필요합니다(보드에는 없음).
- 노드 번호·속도 바꾸기 (펌웨어 2.1.21 이상): USB 로 연결해 기능 카드 → 시스템 → CAN ID 에 1~127, CAN 속도 에 125/250/500/1000 을 고르고 [CAN 적용] → [저장]. 콘솔로는 `cn=3, cb=250, fw`. 장치가 CAN 을 바로 다시 시작하므로 마스터에는 새 부트업이 보이고, 아래 표의 ID 는 노드 N 이면 0x180+N·0x280+N ... 0x700+N 이 됩니다. 한 버스에 여러 대를 달 때는 **대마다 다른 번호**를 주세요.
- 켜지면 **Pre-operational** 상태로 하트비트(ID 0x701)만 보냅니다. 마스터가 **NMT Start**(ID 0x000, 데이터 01 01)를 보내면 아래 5 개 메시지가 각각 50 Hz 로 나옵니다.

ID	내용 (각 8 바이트, int16 리틀엔디언)	환산
0x181	쿼터니언 W X Y Z	÷32767
0x281	롤 피치 요 + 상태워드	각도 ÷100 [°]
0x381	가속도 X Y Z + 온도	÷1000 [g], 온도 ÷100 [°C]
0x481	자이로 X Y Z + 입력전압	÷10 [°/s], 전압 ÷1000 [V]
0x681	지자기 X Y Z + 지자기 상태	÷10 [μT]

전체 규격(SDO 목록, 제어 코드, 예제 바이트)은 「iAHRS V2 통신 프로토콜 설명서」의 CAN 장을 보세요. CANopen 마스터 설정용 EDS·DBC 파일이 필요하면 판매처에 요청하세요.

10.2 PC 에서 USB 없이 보기 — [CAN 연결]

PCAN-USB 어댑터(PEAK)를 PC 에 꽂고 위쪽의 **[CAN 연결]** 을 누르면, USB 케이블 없이도 3D·계기·그래프가 동작합니다. 프로그램이 CAN 브리지를 **자동으로 띄우므로** 따로 실행할 것은 없습니다(PEAK 드라이버는 설치되어 있어야 합니다).

- 연결되면 상태 줄이 **CAN 500 kbit/s · PCAN-USB · Node 1** 처럼 되고(브리지가 듣는 속도·노드), CAN / CANopen 카드가 저절로 펼쳐집니다.
- 장치의 노드 번호나 속도를 바꿨다면 CAN 카드의 **브리지 노드·속도** 를 같은 값으로 고르고 **[브리지 설정]** 을 누른 뒤 **[CAN 연결]** 하세요(1.21.0 이상).
- 속도를 바꾼 뒤에는 **PCAN-USB** 를 한 번 뽑았다 꽂으세요. 그냥 두면 어댑터가 오류 회복 상태에 남아 한동안 수신이 10 Hz 안팎으로 느리고 하트비트를 놓칠 수 있습니다(센서는 정상). 뽑았다 꽂으면 바로 47~50 Hz 로 돌아옵니다.
- USB 로 연결되어 있으면 먼저 **[연결 해제]** 하세요(먼저 **[연결 해제]** 후 **CAN 으로 연결하세요.**).
- 실패하면 콘솔에 **CAN 연결 실패: PCAN-USB 가 연결되지 않았습니다 ...** 처럼 이유가 나옵니다.

항목	USB 연결	CAN 연결
자세 · 가속도 · 자이로 · 지자기 그래프와 3D	O	O
온도 · 입력전압	기능 카드 라이브	CAN 카드에 표시
설정 변경 · 기능 카드 · 보정 창 · 펌웨어 업데이트	O	X (USB 로 하세요)
보정 시작 · 저장 · 공장값 복원	O	CAN 카드의 「제어」로 가능
[영점] · [영점 해제] · [저장] 버튼	O	O (펌웨어 2.0.6 이상. 저장할 때 측정값이 1~2 초 멈춤)

10.3 CAN / CANopen 카드



CAN / CANopen 카드 — 데모 화면(UI 1.21.0 에서 촬영한 모의 브리지 값. 그림의 전압 값도 모의 값이며 V2 전원은 5 V 전용입니다)

V2 장치를 연결하면 오른쪽 도크에 **CAN / CANopen** 탭이 생깁니다. **[펼치기 ◀]** 를 눌러야 값이 갱신되기 시작합니다. 카드는 위에서 아래로 세 칸입니다.

1. **장치 CAN 상태 (USB 'can' 명령, 2 초마다)** — USB 로 연결돼 있을 때 장치가 알려 주는 값: 컨트롤러(동작/정지), 자가진단(PASS/FAIL), NMT 상태, 송신·드롭·버스오프 횟수, 마지막 오류, 수신 오류. 마지막 오류의 **ACK 없음(상대 노드 없음)** 은 버스에 다른 노드가 없을 때 정상입니다.

2. **CANopen 마스터 (브리지)** — PCAN-USB 브리지가 보는 값: 노드 상태, 하트비트, PDO 속도, 롤/피치/요, 쿼터니언, 가속도, 자이로, 지자기, 온도·VIN·상태, 비상 메시지. 버튼 **[▶ Start]** · **[Pre-op]** · **[Stop]** · **[통신 리셋]**.
3. **SDO 읽기 · 보정 제어 (브리지)** — 인덱스(hex)·서브·형식을 넣고 **[읽기]**. **제어 (0x2300)** 목록에서 보정 시작·저장·공장값 복원·영점 등을 골라 **[실행]**. 1~9 는 Pre-operational 에서만, 10·11(영점·영점 해제)은 Operational 에서도 받습니다.
 - PCAN-USB 가 연결되지 않았습니다. 꺾으면 자동으로 켜집니다. 가 보이면 어댑터를 꺾기만 하면 몇 초 안에 켜집니다.
 - CAN 브리지가 아직 시작되지 않았습니다 ... 가 계속 보이면 프로그램을 다시 실행하세요.

11. 펌웨어 업데이트

펌웨어는 센서 안에서 돌아가는 소프트웨어입니다. 새 펌웨어는

AHRS_V2_v2.x.y_날짜_App_signed.bin 이름의 파일로 받습니다. 예: 지금 배포본은

AHRS_V2_v2.1.21_20261020_App_signed.bin 입니다.

펌웨어 업데이트 — USB 케이블만으로

분해하거나 별도 장비를 살 필요가 없습니다. 보정값과 설정은 그대로 남습니다.



펌웨어 업데이트 3 단계 — 자세한 순서는 아래에 있습니다

- **USB 케이블만 있으면 됩니다.** CAN-BLE 연결과 데모에서는 업데이트할 수 없습니다.
- 업데이트해도 **보정값과 설정은 그대로 남습니다.**
- **구버전 알림** — 연결하면 프로그램이 버전을 확인합니다. 구버전이면 콘솔에 펌웨어가 구버전입니다 ... 가 뜨고, 버튼이 주황색 **[펌웨어 업데이트 ↑]** 로 바뀝니다.

업데이트 순서

1. USB 로 연결한 상태에서 콘솔 · 기록 카드의 **[펌웨어 업데이트]** 를 누릅니다.

2. 받은 .bin 파일을 고릅니다. 프로그램이 파일 이름으로 제품을 먼저 확인합니다. V3 파일을 고르면 「이 파일은 V3 제품용 펌웨어입니다. 연결된 장치는 H/W V2 입니다. ...」 창이 뜨고 멈춥니다.
3. 「펌웨어를 업데이트할까요? ... 업데이트 중 전원을 끄지 마세요.」 창에서 **[확인]**.
4. 연결 직후라면 연결 직후 설정 동기화가 끝날 때까지 잠시 기다립니다... 가 나오고 몇 초 뒤 시작합니다.
5. 장치가 업데이트 모드로 다시 켜지고, 약 15 초 동안 콘솔에 펌웨어 write 25% ... 99% 처럼 약 25%마다 진행률이 올라갑니다. 상태 줄은 펌웨어 업데이트 중 · 펌웨어 write 50% 처럼 보입니다.
6. 쓰기가 끝나면 장치가 다시 켜지고 자이로를 보정합니다. 이 동안 최대 20 초쯤 응답이 없을 수 있습니다. 보드를 움직이지 마세요.
7. **펌웨어 업데이트 완료 – 장치가 재시작했습니다 (설정값 유지)**. 가 나오면 끝입니다. 설정을 다시 읽어 오고 상태 줄이 새 버전(예: HW V2 · FW v2.1.20 ✓)으로 바뀝니다.

주의: 업데이트 중에는 USB 를 뽑거나 전원을 끄지 말고, 보드와 케이블을 만지지 마세요.

실패했을 때

콘솔 안내	뜻	할 일
장치는 건드리지 않았습니다 (파일 검사 단계에서 중단). 올바른 파일을 골라 다시 시도하세요.	파일이 맞지 않아 시작 전에 멈춤(예: not a V2 app image ... this file is a V3 firmware)	V2 용 파일로 다시
장치가 부트로더 상태일 수 있습니다 (LED 상시점등, BL1 비콘) – [펌웨어 업데이트]를 다시 하거나 전원을 껐다 켜세요.	쓰는 도중 끊김. 장치는 업데이트 대기 상태(파란 LED 계속 켜짐)	당황하지 말고 올바른 파일로 [펌웨어 업데이트]를 다시 하세요. 부트로더는 항상 남아 있어 다시 시도할 수 있습니다. 그래도 안 되면 판매처 문의

12. 장착(설치) 가이드

12.1 축 방향

센서에는 정해진 앞·옆·위 방향이 있습니다. **X = 앞**(케이스 뒷면에 인쇄된 X 화살표 방향), **Y = 왼쪽**, **Z = 위** 입니다. 커넥터가 있는 면이 뒤(-X)입니다. 반듯하게 달면 롤·피치가 0 근처, 위로 향한 축의 가속도가 +1 g 로 읽힙니다.



케이스 뒷면 라벨의 X 화살표 쪽이 앞(+X), Y 화살표 쪽이 왼쪽(+Y), 라벨 뒷면이 위(+Z)입니다.
커넥터가 있는 면이 뒤(-X)입니다. 수평으로 놓으면 가속도(a)가 0, 0, +1 g 근처로 읽힙니다.

센서 축 정의 — 케이스 뒷면의 X · Y · Z 표시 기준. 커넥터가 있는 면이 뒤(-X)

프로그램 3D 화면의 모형 뒷면에도 같은 X · Y · Z 표시가 있습니다.

방향을 확인하는 쉬운 방법: 프로그램에 연결한 채 센서를 평평하게 두고, 화살표(X) 쪽을 아래로 숙이면 **피치**가, 왼쪽·오른쪽으로 기울이면 **롤**이 바뀝니다. 3D 모형이 실물과 같은 쪽으로 움직이면 방향을 맞게 본 것입니다.

12.2 비스듬히 달 수밖에 없다면

- 기울기만 조금 어긋난 경우 → [영점] (→ 5.1). 가장 간단합니다.
- 각도를 정확히 아는 경우 → 기능 카드 고급 → 장착 r,p,y 에 각도를 넣고 [적용] → [저장] (→ 9.6).

12.3 장착 위치 주의사항

피해야 할 곳	이유
큰 금속 구조물 · 자석 · 스피커 옆 (10 cm 이내)	나침반(요)이 흔들리거나 통째로 틀어짐
모터 · 전원 케이블 바로 옆	자기 간섭
진동이 심한 곳에 헐겁게 고정	자세 값이 떨리고, 켜질 때 자이로 보정이 늦어짐
케이블이 당기는 곳	보드가 흔들려 값이 튀고 커넥터가 상함

- 설치 장소를 정한 뒤에는 그 자리에서 [지자기 보정] 을 하세요(→ 6 장).
- 자기 간섭이 의심되면 [지자기 점검 3D] 로 확인합니다(→ 6.5).
- 진동이 심하면 기능 카드의 **FFT 주파수 + 진동 노치** 를 함께 켜면 자세 떨림이 줄어듭니다.
- 새로 한 보정이 오히려 이상해졌다면 [공장값 복원] 으로 되돌릴 수 있습니다(→ 5.4).

12.4 커넥터

USB-C 와 4 핀 커넥터는 둘 다 케이스 뒷면(-X, 12.1 그림)에 있습니다.

① **USB-C (J3)** — PC 연결과 전원(5 V)을 겸합니다. 일반 USB-C 데이터 케이블을 씁니다.

② **4 핀 (J2, Molex 505567-0471)** — 외부 통신과 전원.

핀	기능
1	VIN — 5 V 전용 (4.75~5.25 V) . 보호 회로가 폴리퓨즈 + 5.6 V 제너 + 5 V TVS 조합이라 12 V 등 높은 전압을 넣으면 보호 소자가 손상됩니다
2	H_A — RS-232 TX(기본 모델) / CAN_H(_1 모델) / RS-485 A(_2 모델)
3	L_B — RS-232 RX(기본 모델) / CAN_L(_1 모델) / RS-485 B(_2 모델)
4	GND

- RS-232·RS-485 통신 설정: **115200 bps, 8N1**. USB-RS-232-RS-485 로 같은 데이터가 동시에 나갑니다.
 - CAN 종단 저항은 **보드에 없습니다**. 버스 양 끝에 120 Ω 을 바깥에 달아 주세요.
 - 어느 인터페이스로 연결됐는지는 상태 줄 또는 콘솔 **hp** 로 확인합니다.
- ③ **5 핀 (J1, 53047-5)** — 프로그래밍·디버그용(SWD: 1 3.3V · 2 SWDIO · 3 SWCLK · 4 NRST · 5 GND). 일반 사용에서는 쓰지 않습니다. **주의: 동작 중 이 커넥터나 여기 꽂힌 케이블을 만지면 리셋 선이 흔들려 보드가 다시 켜질 수 있습니다.**

12.5 로봇·장비에 RS-232 로 직접 연결하기 (RS-232 모델)

PC 없이 로봇 제어기·PLC 의 RS-232 포트에 3 선(TX/RX/GND)으로 직결해서 자세값을 받는 방법입니다. 프로토콜은 USB 와 같고, 전원은 J2 1 번(5 V)으로 함께 넣습니다. **J2 가 RS-232 로 만들어진 기본 모델**에서만 됩니다(CAN 모델(_1)은 10.1, RS-485 모델(_2)은 아래 끝 항목). 모델은 주문서로 확인하세요.

배선 (로봇 쪽 DB9 커넥터 기준)

센서 J2	로봇 DB9	비고
1 번 VIN	—	5 V 전원 (로봇의 5 V 또는 별도 5 V 어댑터)
2 번 H_A = TX (센서→로봇)	2 번 RXD	교차 연결
3 번 L_B = RX (로봇→센서)	3 번 TXD	교차 연결
4 번 GND	5 번 GND	

흐름제어 없음, **115200 bps 8N1**. 로봇 쪽 포트가 RS-232 규격(± 5 V 이상)이면 별도 변환기 없이 바로 됩니다.

센서 설정 ① — PC 에서 한 번만 (저장되어 전원을 꺼도 유지)

모니터 프로그램에 USB 로 연결한 뒤 콘솔 입력줄(→ 8.4)에 아래를 한 줄씩 입력합니다.

```

au=1      ← 전원만 넣으면 자동으로 전송 시작 (10 ms 간격)
mag=1     ← 자북 기준 방위가 필요할 때만 (지자계 보정 후)
fw        ← 저장
  
```

기능 카드에서 **부팅 자동스트림**(→ 9.5)을 체크하고 **[저장]** 해도 같습니다. 이렇게만 해 두면 전원을 넣을 때마다 센서가 **기본 17 개 값**을 한 줄씩 계속 보냅니다(115200 bps 에서는 실제 1 초에 약 50 줄):

```

33718,0.012,-0.004,0.998,0.050,-0.020,0.010,21.40,-3.12,40.55,0.377,-
0.309,0.408,0.999987,0.003291,-0.002694,0.003560
시간 ms | 가속 X,Y,Z [g] | 자이로 X,Y,Z [°/s] | 지자계 X,Y,Z [μT] | 롤,피치,요 [°] |
쿼터니언 q0~q3
  
```

센서 설정 ② — 로봇이 켤 때마다 (저장되지 않음)

보낼 값을 고르는 설정(sd)은 **장치에 저장되지 않습니다**. fw 를 해도, 기능 카드의 **동기 데이터 선택**(→ 9.4)을 고르고 **[저장]**을 눌러도, 전원을 다시 넣으면 기본값 **sd=0xDD**(위의 17 개 값)로 돌아갑니다. 시간 · 롤 · 피치 · 요만 받고 싶으면 **로봇 쪽 프로그램이 센서 전원을 넣은 뒤 매번** 아래 한 줄을 보내게 하세요. 센서가 **Ready ...** 줄을 보낸 뒤(전원을 넣고 약 1.5 초) 보내면 됩니다.

sd=0x41 ← 시간 + 롤/피치/요 만 보내기 (쿼터니언도 필요하면 0xC1)

그다음부터는 10 ms 마다 한 줄씩 이렇게 나옵니다:

```
33718,0.377,-0.309,0.408  
시간 ms | 롤 | 피치 | 요 [°]
```

꼭 알아둘 것

- 기본 설정(sd=0xDD, 17 개 값)은 한 줄이 길어서 115200 bps 에서는 **실제 50 Hz** 까지만 나옵니다. 100 Hz 가 필요하면 위 ②처럼 값을 줄이거나, b1=230400(RS-232-RS-485 속도, USB 는 b2) 후 fw 로 저장하세요(RS-232-RS-485 는 230400 이 최대 — 펌웨어 2.1.17 부터 그 이상은 받지 않습니다. USB b2 는 921600 까지)(통신 속도는 저장됩니다).
- 로봇이 필요할 때만 읽는 방식이면 자동 전송 없이 로봇이 e 뒤에 줄바꿈(\r\n)을 보내면 e=롤, 피치, 요 한 줄이 돌아옵니다. 명령은 120 ms 이상 간격으로 보내세요.
- 선박·항법 장비처럼 NMEA 를 받는 장비면 **NMEA 출력**(→ 9.5)을 켜세요. \$HEHDT(방위)와 \$PASHR(롤/피치/요) 문장으로 나갑니다.
- 로봇 프로그램에서는 줄바꿈 단위로 받아 쉼표로 나누면 됩니다. **숫자로 시작하지 않는 줄**(부팅 안내문, 명령 응답)은 버리세요.
- 전원을 넣은 뒤 약 1 초는 자일로 보정 중이니 **정지 상태**로 두세요(Ready 까지 약 1.5 초).
- **USB 와 J2 의 5 V 를 동시에 넣는 것은 아직 확인 전입니다.** PC(USB)로 모니터·보정을 할 때는 로봇 쪽 5 V 를 빼고 **한쪽 전원만** 쓰세요. PC 에 연결하면 모니터 프로그램이 sd 와 전송 주기를 다시 보내므로, 끝나면 센서 전원을 다시 넣어 로봇 설정으로 돌아가게 하세요.
- RS-485 모델(_2)도 같은 방법입니다(2 번=A, 3 번=B. 반이중이라 센서가 응답하는 동안은 보내지 마세요). CAN 모델(_1)은 10.1 을 보세요.

13. 문제 해결

13.1 먼저 [연결 진단]을 보세요

콘솔 · 기록 카드의 [연결 진단] 을 누르면 「연결 진단」 창이 열립니다. **연결에 실패하면 이 창이 저절로 열립니다.**

창의 칸	내용
연결 단계 5 개	포트 열기 → 속도 탐색 → 장치 식별 → 설정 동기화 → 수신 확인. 단계마다 ✓(완료) · ...(진행 중) · !(실패) 표시와 설명(예: 115200 응답 확인 (0.9 초), ROBOR iAHRs V2 · FW 2.1.20 · 연결 포트 USB (hp), 32 개 항목 읽음, 측정값 50.0 Hz 수신 중)
실패 이유 (빨간 상자)	실패했을 때 이유와 점검 순서 (아래 표)
응답 지연 평균 · 해석 실패 줄 · 수신 간격	통신 품질 숫자
[진단 파일 저장]	연결 단계·장치 정보·설정 값·최근 송수신 내용을 한 파일(iAHRs_diag_날짜_시각.txt)로 저장. 문의할 때 이 파일을 보내주세요

실패 이유	점검 순서
CAN 연결은 되는데 수신 속도가 10 Hz 안팎이고 하트비트가 몇 초에 한 번	CAN 속도(cb)를 바꾼 직후 PCAN 어댑터가 오류 회복 중인 상태입니다. PCAN-USB 를 뽑았다 꽂고 다시 [CAN 연결] 하세요. 센서 문제가 아닙니다(USB 로 연결해 CAN 카드의 송신 수가 초당 약 250 씩 늘면 정상).
포트를 선택하지 않았습니다	[연결]을 누르고 목록에서 COM 포트를 고르세요. 목록이 비어 있으면 케이블과 드라이버 확인
연결 실패: 포트를 열 수 없음	① 같은 포트를 쓰는 다른 프로그램(터미널, 다른 모니터 창)을 닫기 ② 장치 관리자에서 COM 포트가 보이는지 확인 ③ 케이블을 뽑았다 다시 꽂기
연결 실패: 장치 응답 없음	포트는 열렸지만 장치가 답하지 않음. ① 센서 전원(RS-232 커넥터로 연결했다면 전원 핀에 5 V) ② TX/RX 교차 배선 ③ GND 연결 ④ USB 로 연결해 저장된 속도(b1) 확인. 깨진 데이터 줄 이 함께 나오면 속도나 신호 레벨(TTL / RS-232)이 다를 수 있음

13.2 연결이 안 될 때

증상	해결 방법
SmartScreen 경고	[추가 정보] → [실행]. 서명 전 단계라 나오는 경고입니다
포트 선택 창에 센서 포트가 없음	① 충전 전용 케이블이 아닌지 확인 ② USB 칩 드라이버 설치(Silicon Labs CP210x, 또는 보드에 따라 WCH CH9102) ③ 다른 USB 단자
no response at any baud rate (9600..921600, 2 passes)	속도 확인을 2 초 간격으로 두 번 했는데도 응답이 없음. 다른 프로그램이 포트를 쓰고 있거나 케이블·전원 문제. [연결 진단] 확인
연결 직후 연결 해제됨 이 반복되고 [WARN] moving during gyro calibration 이 보임	보드가 다시 켜지는 중입니다. 케이블·SWD 커넥터가 흔들려 리셋되는 경우가 대부분입니다. 케이블을 고정하고 보드를 만지지 마세요
글자가 깨져 보임	통신 속도를 찾는 동안의 잡음. 잠시 기다리면 맞춰집니다
연결은 되는데 화면이 안 움직임	제목 아래 칩 상태를 보세요(→ 3.2). IMU  면 가속도·자이로 칩, MAG  면 지자계 칩 문제(보드 점검·문의). 둘 다 ✓ 인데 Hz 가 0 이면 전송이 꺼진 상태 → 콘솔에 sp=20 입력 또는 다시 연결
상태 줄이 수신 중단	케이블·전원 확인. 계속되면 [연결 해제] 후 다시 [연결]

13.3 측정값이 이상할 때

증상	해결 방법
요(방향)가 조금씩 흐르거나 틀어짐	먼저 펌웨어가 최신(2.1.20)인지 보세요. 2.1.12~2.1.14 는 흔들린 뒤 멈춰 있어도 방향이 계속 도는 결함이 있습니다 → [펌웨어 업데이트](→ 11 장). 센서는 가만히 있는 동안에만 자이로 영점을 맞추므로(bt=1, 기본) 멈춰 있을 때는 방향이 흐르지 않습니다. 지자계를 끈 6 축에서 아주 느린(초당 0.4° 미만) 일정한 회전은 화면에 덜 나타날 수 있습니다. 방향이 중요하면 [지자계 보정] 후 지자계를 켜세요(mag=1) (→ 6.4)
가만히 두었는데 롤·피치가 1 초마다 툭툭 튕(0.1° 이상)	기능 카드의 ESKF 융합 이 꺼져(Madgwick 방식) 있는지 보세요. Madgwick 방식은 가만히 있어도 롤·피치가 0.1~0.4° 씩 흔들리는 특성이 있습니다(방식 자체의 보정 걸음 크기 때문, 프로그램 조회와 무관). ESKF 융합을 켜고 [저장] 하세요(기본 켜, 같은 조건에서 떨림 0.005° 이하). 펌웨어 2.1.4·2.1.5 에도 튕는 결함이 있었으니 펌웨어도 최신으로 넣으세요(→ 11 장). 그래프가 값에 맞춰 확대되므로 0.01° 수준의 작은 떨림은 정상입니다
칩 상태에 MAG  샘플 끊김 (mfresh:0)	지자계가 동작 중에 새 값을 만들지 않음. 장치는 자동으로 6 축(자이로 기준)으로 계산합니다. 케이블·전원을 확인하고 전원을 다시 넣으세요. 계속되면 판매처 문의

증상	해결 방법
방위가 지도와 다름	편각이 안 들어간 상태 → [편각 자동] (→ 5.2)
방위가 흔들리거나 엉뚱함	금속·모터·자석에서 떨어뜨리고 그 자리에서 [지자계 보정] . [지자계 점검 3D] 로 확인
[지자계 보정] 이 cm FAILED 로 끝남	6.3 표를 보세요. 이전 보정은 그대로입니다
지자계 반경이 200 μ T 이상	자석·강자성체가 가까움. 위치를 옮기세요
켜질 때 [WARN] vibration during gyro calibration - approximate bias used	진동 중에 켜짐. 정지 상태에서 전원을 다시 넣으세요
진동이 심한 곳에서 자세가 떨림	FFT 주파수 + 진동 노치 를 켜세요. 펌웨어 2.1.14 이상이면 칩 내부 필터가 켜져 있는지 콘솔 imf 로 확인할 수 있습니다(정상 값은 8.4 표)
속도·위치 값이 계속 커짐	정상(드리프트). 참고용 기능입니다

13.4 설정이 자꾸 사라질 때

[저장]을 누르지 않았기 때문입니다. 바꾼 뒤에는 반드시 **[저장]** 을 누르고, 저장 안내 바에 **저장됨 HH:MM:SS** 가 뜨는지 확인하세요(→ 5.3). 안내 바에 **저장 응답이 없습니다...** 또는 **저장 실패...** 가 뜨면 다시 저장하고, 반복되면 **[진단 파일 저장]** 후 문의하세요.

13.5 낙하·충격이 있었는지 확인하고 싶을 때

기능 카드 고급의 **[로그 조회]** 를 누르면 블랙박스에 기록된 부팅·충격·낙하 이력이 콘솔에 나옵니다.

14. 자주 묻는 질문 (FAQ)

Q. 캘리브레이션(보정)을 해야 하나요? A. 가속도·자이로는 **출고 때 마쳤습니다**. **지자계(나침반)만** 설치한 자리에서 **[지자계 보정]** 을 한 번 해 주세요. 주변 자기장이 장소마다 다르기 때문입니다. **[캘리브레이션 마법사]**는 판매처 안내가 있을 때만 쓰세요(→ 6.6).

Q. USB 없이 전원만 넣고 쓸 수 있나요? A. 네. J2 로 5 V 전원을 넣고 RS-232·CAN·RS-485 중 주문한 모델에 맞는 것으로 받으면 됩니다. 커자마자 데이터를 내보내려면 기능 카드의 **부팅 자동스트림**을 켜고 **[저장]**하세요. CAN 은 마스터가 NMT Start 를 보내면 됩니다.

Q. 여러 대를 한 CAN 버스에 달 수 있나요? A. 네(펌웨어 2.1.21 이상). 대마다 다른 노드 번호를 주면 됩니다 — USB 로 연결해 기능 카드 시스템 그룹의 **CAN ID** 를 1~127 중 하나로 정하고 **[CAN**

적용] → **[저장]**(콘솔 **cn=2**, **fw**). 속도도 같은 자리에서 125/250/500/1000 kbit/s 로 바꿀 수 있습니다(**cb=**). 2.1.20 이하 펌웨어는 노드 1~500 kbit/s 고정입니다.

Q. 프로그램을 설치해야 하나요? 인터넷이 필요한가요? A. 아니요. 파일 하나를 더블클릭하면 되고, 인터넷 없이 동작합니다.

Q. 데이터를 내 프로그램에서 직접 받고 싶습니다. A. 됩니다. 시리얼로는 CSV 한 줄씩(시간, 가속도, 자이로, 지자계, 오일러각, 쿼터니언), CAN 으로는 10.1 의 메시지로 받습니다. 규격은 「iAHRS V2 통신 프로토콜 설명서」를 보세요.

Q. 전원은 어떻게 넣나요? A. USB 로 연결하면 전원도 함께 들어갑니다. 별도 전원을 쓸 때는 J2 1 번 핀에 **5 V(4.75~5.25 V)** 를 넣어야 합니다. 지금 전압은 기능 카드 라이브의 **입력전원 V** 에서 볼 수 있고, 너무 높거나 낮으면 주황·빨강으로 바뀝니다(→ 9.7).

Q. 기록한 데이터를 나중에 화면으로 다시 볼 수 있나요? A. 네. [기록 목록]에서 **[재생]** 하면 장치 없이 3D-계기·그래프가 그때처럼 움직입니다. 저장해 둔 CSV 도 **[CSV 불러오기]** 로 다시 볼 수 있습니다(→ 8.2).

Q. 영어 화면으로 쓸 수 있나요? A. **AHRS_Monitor_EN.exe** 를 실행하세요. 기능은 같습니다(→ 부록 C).

부록 A. 용어 사전

용어	쉬운 뜻
AHRS	자세·방위 기준 장치. 이 제품의 종류 이름
Roll / Pitch / Yaw	좌우 기울기 / 앞뒤 기울기 / 방위
쿼터니언 (q0~q3)	자세를 컴퓨터가 다루기 좋게 표현한 숫자 4 개
캘리브레이션	센서 오차를 재서 바로잡는 보정 작업
융합 / ESKF	세 센서를 합쳐 자세를 계산하는 방법 / 그중 정밀한 칼만필터 방식
6 축 / 9 축	지자계를 끈 계산(가속도+자이로) / 켜 계산(+지자계)
영점 (Tare)	지금 자세를 0 도로 다시 잡는 것
편각	나침반 북쪽과 지도 북쪽의 각도 차이 (서울 약 -8.7°)
자북 / 진북	나침반이 가리키는 북쪽 / 지도상의 북쪽
드리프트	시간이 지나며 오차가 서서히 쌓이는 현상
짐벌락	피치가 ±90° 근처일 때 롤·요가 정해지지 않는 오일러각의 한계
COM 포트	PC 가 센서와 대화하는 통로 이름 (예: COM3)
CAN / CANopen	산업용 통신 버스 / 그 위에서 쓰는 표준 규약. PDO = 주기 데이터, SDO = 값 읽기·쓰기, NMT = 시작·정지 명령

용어	쉬운 뜻
펌웨어 / 부트로더	센서 안에서 돌아가는 소프트웨어 / 펌웨어를 바꿔 넣는 작은 프로그램
블랙박스	부탕·충격 이력을 장치 안에 영구 기록하는 기능
도크	프로그램 오른쪽 끝의 세로 탭 모음 (캘리브레이션 · 기능 · CAN)
자이로 영점 자동 맞춤 (bt)	가만히 있는 동안에만 자이로의 영점을 센서가 스스로 맞추는 기능. 기본 켜짐 (→ 6.4)

부록 B. 제품 사양

항목	값	비고
MCU	STM32G491CEU6 (Cortex-M4F, 170 MHz)	
관성센서 (IMU)	6축 관성센서	기본 자이로 ± 2000 dps · 가속도 ± 4 g · 출력 400 Hz. 펌웨어 2.1.14 부터 칩 내부 안티앨리어싱 필터와 저역 필터(출력의 1/4 = 100 Hz) 켜
지자계	3축 지자계	± 8 G, 18 bit, 100 Hz
융합	ESKF(기본) / Madgwick	6 축 기본 · 지자계 켜면 9 축
통신	USB-C(가상 COM, CP2102 또는 CH9102) 공통 · J2 는 모델별 택 1: RS-232(기본 모델) / CAN 2.0 (CANopen CiA301) — 노드 1~127·125/250/500/1000 kbit/s 설정 가능(펌웨어 2.1.21 이상), 기본 노드 1·500 kbit/s(_1 모델) / RS-485(_2 모델)	시리얼 115200 8N1 기본. USB 최대 921600, RS-232/RS-485 최대 230400
데이터 출력	시리얼 최대 100 Hz (CSV / NMEA / 바이너리) · CAN PDO 50 Hz × 5	
전원	USB 5 V 또는 J2 VIN 5 V 전용 (4.75~5.25 V)	프로그램의 입력전원 표시: 옅힌 값 5.45 V 초과 주황 · 5.7 V 초과 빨강 · 4.1 V 미만 주황 · 3.7 V 미만 빨강 (외부 전원은 약 0.2 V 높게 읽힘)
외형	35 × 35 × 10 mm (케이스)	커넥터 면 = 뒤(−X), 12.1 그림
기기 식별	96 비트 고유 시리얼번호	[시리얼번호], 상태 줄 SN
펌웨어 업데이트	USB 시리얼 부트로더, HMAC-SHA256 서명 검증	

성능 — 정지 관찰값 · 필터 추정치 · 표시 (보증 성능 아님)

항목	값	구분 · 조건
정지 자세 흔들림 (롤/피치, ESKF)	0.01° 이하	관찰값. 기존 정지 관찰(→ 13.3, 통신 프로토콜 설명서)로 기준기 · 온도 · 표본 수 · RMS 여부 미기재 · 보증값 아님
외부 기준각 대비 오차 (롤/피치/요)	시험 근거 미확인	기준기 · 시험 조건이 기재된 시험 결과 없음
자세 정확도(1σ) 표시	화면 표시 (예: ±0.05°)	필터 추정치. 계기 카드 · 라이브 정확도 1σ° 에 표시, 외부 기준기 대비 오차 아님
각도 출력	롤 · 요 ±180° (경계에서 넘어감) · 피치 ±90° 근처 짐벌락	→ 7.4
데이터 출력률 (완제품)	시리얼 최대 100 Hz (115200 bps 에서는 약 50 Hz) · CAN PDO 50 Hz	센서 칩 내부 출력 400 Hz 와 다름(위 표)

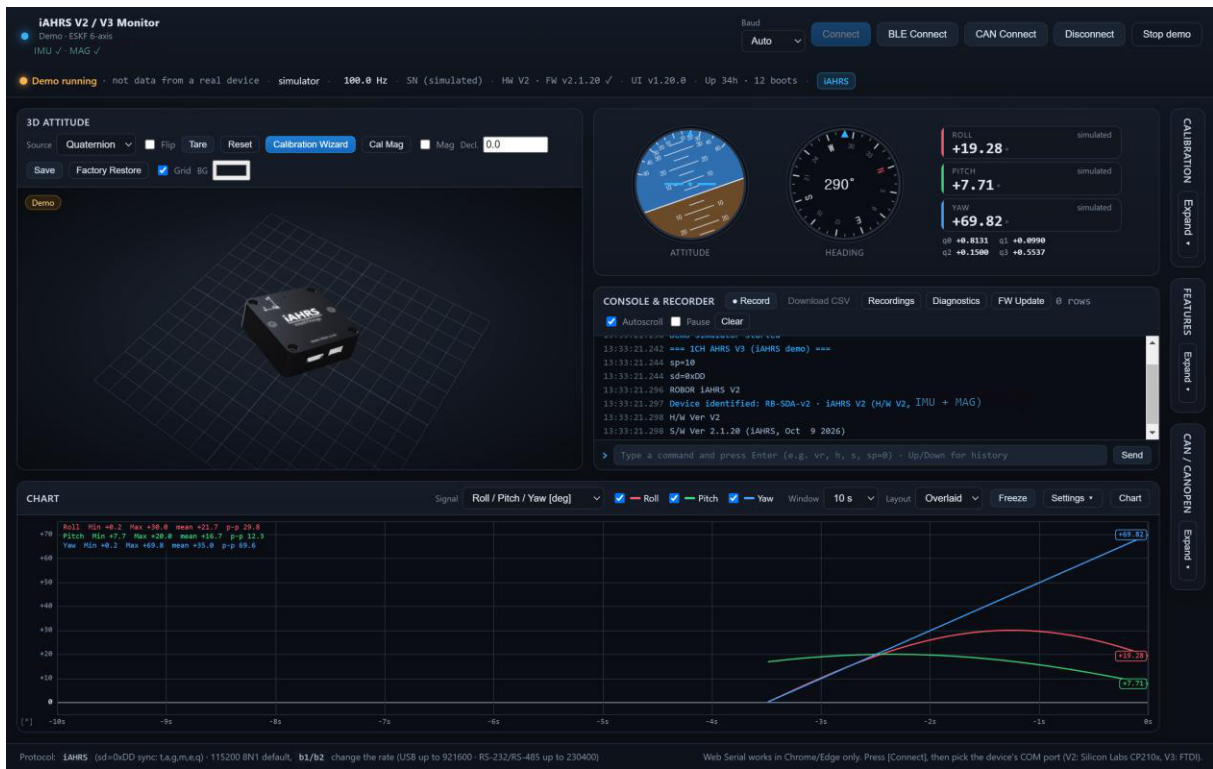
관찰값은 시험 조건이 기재되지 않은 기존 정지 관찰값이며 보증 성능이 아닙니다. 센서마다 편차가 있을 수 있고, 운동 상태의 정확도는 진동·자기 환경(12.3)의 영향을 받습니다.

'시험 근거 미확인'은 시험 조건이 기재된 결과가 없다는 뜻이며 시험이 진행 중이라는 뜻이 아닙니다. 모델별 비교와 용어 정의는 「iAHRS 성능 데이터시트」를 참고하세요.

부록 C. 프로그램 종류와 영문판

파일	화면 언어	용도
AHRS_Monitor.exe	한국어	고객용(배포용). 이 설명서의 기준
AHRS_Monitor_EN.exe	영어	고객용(배포용) 영문판. 기능은 같음

- 둘 다 **설치 없이** 더블클릭으로 실행하고, 3D 모델과 CAN 브리지가 들어 있으며 인터넷 없이 동작합니다.
- 공장에서 쓰는 양산용 프로그램은 보정·공장값 저장 기능이 더 있으며, 이 설명서에서는 다루지 않습니다.



영문판(AHRS_Monitor_EN.exe) 메인 화면 — 데모 화면

한국어 · 영어 화면 이름 대응표

한국어 화면	영문판 화면
통신속도 · 자동	Baud · Auto
[연결] · [BLE 연결] · [CAN 연결] · [연결 해제] · [데모] / [데모 중지]	Connect · BLE Connect · CAN Connect · Disconnect · Demo / Stop demo
3D 자세	3D Attitude
표시 기준 · 반전	Source · Flip
[영점] · [영점 해제]	Tare · Reset
[캘리브레이션 마법사] · [지자계 보정] · 지자계 · 편각	Calibration Wizard · Cal Mag · Mag · Decl.
[저장] · [공장값 복원] · 격자 · 배경색	Save · Factory Restore · Grid · BG
자세 (인공수평의) · 방위 (나침반)	Attitude · Heading
콘솔 · 기록	Console & Recorder
[● 기록] / [■ 중지] · [CSV 저장] · [기록 목록] · [연결 진단] · [펌웨어 업데이트]	● Record / ■ Stop · Download CSV · Recordings · Diagnostics · FW Update
자동 스크롤 · 일시정지 · 지우기 · [전송]	Autoscroll · Pause · Clear · Send
그래프 · 신호 · 표시 구간 · 배치 · [정지] · [설정 ▼] · [차트 확대]	Chart · Signal · Window · Layout · Freeze · Settings ▼ · Chart
캘리브레이션 (Calibration) · 기능 (Features) · CAN / CANopen · [펼치기 ◀] / [접기 ▶]	Calibration · Features · CAN / CANopen · Expand ◀ / Collapse ▶

한국어 화면	영문판 화면
[지자기 점검 3D] · [다시 수집]	Mag check 3D · Collect again
저장 안내 바 [되돌리기] · [저장]	Revert · Save
[진단 파일 저장] · [재생 중지] · [CSV 불러오기]	Save diagnostics · Stop replay · Load CSV
[로그 조회] · [시리얼번호] · [편각 자동] · [적용] · [속도 읽기] · [기본값]	View log · Serial number · Auto declination · Apply · Read rates · Default
정상 수신 · 수신 중단 · 데모 재생 중	Receiving · Stream stopped · Demo running

영문판은 프로그램 화면과 콘솔 안내가 모두 영어로 나옵니다. 다만 [연결] 을 누르면 뜨는 COM 포트 선택 창(Windows 작은 창)의 안내 문구는 한국어로 나옵니다. 포트 이름(예: COM3)을 누르면 됩니다. 장치가 보내는 메시지(cm done., fw done. 등)는 두 판 모두 영어입니다.

부록 D. 안전 · 취급 주의사항

- **정격 전압을 지켜 주세요** — USB 5 V, 외부(J2) 전원은 **5 V 전용**입니다. 12 V 등 높은 전압을 넣으면 보호 소자가 손상되고 제품 파손·화재의 우려가 있습니다. 극성(1 번 VIN, 4 번 GND)을 확인한 뒤 연결하세요.
- 떨어뜨리거나 강한 충격을 주지 마세요 — 관성 센서의 특성이 변할 수 있습니다.
- 케이블을 강하게 당기거나 반복해서 꺾지 마세요. 동작 중 **SWD 커넥터(J1)** 를 만지지 마세요.
- **강한 자기장·서지 발생원**(대형 모터, 용접기 등) 근처를 피하세요. 아주 강한 자석(10,000 G 이상)에 닿으면 지자계가 자화될 수 있습니다. 이때는 지자기 보정을 다시 하세요.
- 주위 온도가 급격히 변하지 않게 하고, 부식성 환경에서 사용하지 마세요.
- 보드가 드러난 상태로 다룰 때는 정전기에 주의하세요.

부록 E. 보증 및 A/S 안내

구분	내용
문의 메일	robor21@naver.com
전화	031-417-8282 (Fax: 0303-0956-0158)
주소	경기도 안산시 상록구 후곡로 23, 401 호
운영 시간	월~금 10:00 ~ 17:00 (점심 11:00~12:30 · 주말/공휴일 휴무)
웹	www.robor.co.kr

문의할 때 [시리얼번호] 로 확인한 고유번호, 상태 줄의 HW V2 · FW v2.x.y 와 UI v1.x.x, 그리고 [연결 진단] → [진단 파일 저장] 으로 만든 파일을 함께 보내 주시면 처리가 빠릅니다.

- 보증 기간은 **구매일 기준**이며, 정상 사용 중 생긴 품질·성능·기능상의 문제는 무상 서비스를 받으실 수 있습니다(구매 내역 확인 필요).
- **구입 후 1주일 이내** 생긴 문제는 초기불량으로 새 제품 교환, 이후에는 수리로 처리합니다(원인에 따라 비용 청구 가능).
- 소비자 과실(낙하·과전압·임의 개조 등)로 인한 고장은 보증 기간 안이라도 유상 처리됩니다.
- 초기불량(7 일 이내)에 한해 왕복 배송비를 지원합니다. 발송은 선불로, 영수증을 동봉해 주세요.

이 설명서는 iAHRS V2 (RB-SDA-v2, 배포용) · 펌웨어 v2.1.21 · 프로그램 UI 1.21.0 (AHRS_Monitor.exe) 기준입니다(2026-10-20). 기능과 버튼 배치는 버전에 따라 달라질 수 있습니다. 버튼 하나하나의 설명은 「iAHRS V2 UI 사용가이드」, 통신 규격은 「iAHRS V2 통신 프로토콜 설명서」를 참고하세요.