

User's Manual (ver.2.0.1)



i

목차

1	IAHRS	1
1.1	iAHRS 센서란?	1
1.2	특징	2
1.2.1	사양	3
1.2.2	축 설정	3
1.3	LED	4
1.3.1	제품구성	5
1.3.2	도면	6
1.3.3	설치방법	7
1.4	센서 정보	8
1.4.1	iAHRS 센서 정보	8
1.4.2	자이로 센서 (ICM-20948)	8
1.4.3	가속도 센서 (ICM-20948)	9
1.4.4	자기 센서 (ICM-20948)	9
2	RB-SDA-V1 통신	10
2.1	USB 연결	10
2.1.1	커넥터	10
2.1.2	연결 설정 (가상 COM 포트)	10
2.2	RS-232 연결	11
2.2.1	커넥터	11
2.2.2	연결 설정	11
3	RB-OD-V1 연결 구성	12
3.1	USB2TTL, OpenLog 연결	12
3.1.1	연결 구성도	12
3.1.2	OpenLog 설정	13
3.1.3	iAHRS 센서 데이터 설정	13
3.2	Bluetooth 모듈 연결 (wireless化)	14
3.2.1	연결구성	14
3.2.2	iAHRS 연결	14
3.3	OpenLog 모듈 연결 (stand-alone化)	18
4	통신	19
4.1.1	센서의 측정값이나 설정값을 읽어올 때	19

4.1.2	센서의 설정값을 쓸 때	19
4.1.3	명령을 실행할 때	19
4.2	오브젝트	20
4.2.1	vr - 제품 ID 및 버전 정보	21
4.2.2	h, hh - 도움말 표시	22
4.2.3	pv - 입력 전압	23
4.2.4	t - 센서 온도	23
4.2.5	a - 센서 좌표계 기준 가속도	23
4.2.6	g - 센서 좌표계 기준 각속도	23
4.2.7	m - 센서 좌표계 기준 지자기	24
4.2.8	e - Euler angle	24
4.2.9	q - Quaternion	24
4.2.10	ag - 중력을 제거한 가속도	24
4.2.11	v - 속도	25
4.2.12	p - 위치	25
4.2.13	f - 진동 주파수와 크기	25
4.2.14	vd - 진동 주파수와 감쇠비, 크기	26
4.2.15	s - 센서 상태	26
4.2.16	c - 센서 명령	27
4.2.17	o - 옵션	27
4.2.18	b1, b2 - 통신 baudrate	27
4.2.19	so - Sync. data 전송 포트	28
4.2.20	sp - Sync. data 전송 주기	29
4.2.21	sd - Sync. data 종류 선택	29
4.2.22	fs - FFT 소스	29
4.2.23	vs - Vibration 소스	30
4.2.24	at - FFT 출력 가속도 크기 임계값	30
4.2.25	gt - FFT 출력 각속도 크기 임계값	30
4.2.26	fw, fd, ca, cm, za, ra, rp, rc, rd - 명령어	30
4.2.27	gs - 자이로 센서 최대 측정 스케일	30
4.2.28	gl - 자이로 센서 내장 Low pass filter 차단 주파수	31
4.2.29	as - 가속도 센서 최대 측정 스케일	31
4.2.30	al - 가속도 센서 내장 Low pass filter 차단 주파수	32
4.2.31	dt - 각속도의 드리프트 감소 필터 임계값	32

4.2.32	dg - 각속도의 드리프트 감소 필터 이득	32
4.2.33	st - 가속도의 스케일 조정 필터 임계값	32
4.2.34	sg - 가속도의 스케일 조정 필터 이득	33
4.2.35	av - 회전 Kalman filter의 자세 보정 분산	33
4.2.36	mv - 회전 Kalman filter의 방위 보정 분산	33
4.2.37	zv - 속도 Kalman filter의 영속도 보정 분산	33
4.3	알고리즘 구조	34
4.3.1	회전각 계산	34
4.3.2	속도, 위치 계산	36
4.3.3	FFT	36
5	사용자 인터페이스	37
5.1	연결	37
5.2	메인 윈도우	37
5.3	AHRS 탭	38
5.4	Frequency 탭	39
5.5	Vibration 탭	40
5.6	Sync. data 탭	41
5.7	설정 탭	42
5.7.1	Device 탭	42
5.7.2	Filter 탭	44
5.7.3	Calibration 탭	46
5.7.4	FFT & Position 탭	47
5.8	Chart 윈도우	48
5.9	Probe 윈도우	49
6	센서 보정	50
6.1	센서 측정값 보정	50
6.1.1	캘리브레이션 대화상자	51
6.2	각속도의 Bias	52
6.2.1	X, Y, Z축 Bias	52
6.3	각속도의 Scale	53
6.3.1	X축 Scale	53
6.3.2	Y축 Scale	54
6.3.3	Z축 Scale	54
6.4	가속도의 Bias와 Scale	55
6.4.1	Z축 Bias와 Scale	55

6.4.2	Y축 Bias와 Scale	56
6.4.3	X축 Bias와 Scale	56
6.5	가속도 센서 칩의 기울어짐	57
6.6	자기 센서의 Bias와 Scale	57
7	주의 및 A/S	59

1 iAHRS

1.1 iAHRS 센서란?

iAHRS(Attitude and Heading Reference System) 센서는 주행 및 이동, 비행체 등의 자세 각도 (heading reference angle)를 측정하고, 모션 정보를 검출하기 위한 관성항법장치(INS: Inertial Navigation System) 입니다.

칼만필터 기반의 총 9DOF (가속도(3DOF) + 자이로(3DOF) + 지자기 센서(3DOF)) 데이터 융합을 통해 X, Y, Z 축의 각속도를 적분, 업데이트하고, 자세(Roll, Pitch)와 방향(Yaw)을 계산합니다. 또한 중력을 제거한 가속도를 적분하여 속도와 위치를 계산합니다. (단시간내 유효한 데이터 출력 가능)

(주)로버의 IntelliThings 제품 라인업 중 하나인 iAHRS 센서는 상기의 주행/이동체 등의 자세와 방향을 검출하는 기능 외에 X, Y, Z 각 축의 가속도와 각속도 정보로부터 FFT(Fast Fourier Transform)를 실행, 진동 주파수 및 크기를 계산합니다.

본 센서 제품과 함께 제공되는 소프트웨어의 데이터 시각화 모듈을 통하여(Probe, Chart) 기능 참조: [Probe 윈도우](#), [Chart 윈도우](#)) 사용자가 쉽고, 현장에서 즉각적인 front-panel을 구성, 데이터를 분석할 수 있는 혁신적인 추가 기능을 제공합니다.

iAHRS센서의 응용:

- **[이동체 - 방향 측정]** 차량 및 주행 로봇의 진행 방향 측정
- **[비행체 - 자세 측정]** 드론 및 항공기의 자세 측정
- **[레일 주행체 - 위치 측정]** 레일 단속구간 이동 시, 충격감지 기반 odometer 정보 검출
- **[로봇 - 모션 측정]** 밸런싱 로봇의 각속도 측정
- **[로봇 - 비고정식 각도 측정]** 로봇 팔의 작업 대상 물체에 대한 회전각 측정
- **[산업용 장비 - 상태/예지정비 모니터링]** 산업용 장비의 가속도 진동 측정
- **[모터드라이버 - 진동 저감 파라미터 산출]** 진동에 대한 input shaping 파라미터
- **[필드형 자동화 시스템 - 모션 측정]** 건설/농업 (자동화)장비의 기울어짐, 자세 등 측정
- **[VR 시스템 - 사용자 모션정보 측정]** VR treadmill 사용자 모션(보행거리/자세정보) 측정
- **[보행 추적 시스템 - 보행자 모션 정보 측정]** 보행 패턴, 이동 거리, 위치 측정
- **[AI, 데이터 분석 - 수집/분석/시각화]** 인공지능 학습을 위한 각속도/가속도 데이터 수집

1.2 특징

[센서 하드웨어 및 알고리즘]

- 3축 자이로스코프, 3축 가속도센서, 3축 지자기센서, 온도 센서 내장
- Roll, Pitch, Yaw 회전각 출력(Z-Y-X 회전) 및 Quaternion 출력
- Kalman filter를 사용한 회전각 적분과 중력 벡터로 roll, pitch각 보정, 지자기로 yaw 보정
- Kalman filter를 사용한 가속도 적분으로 속도, 위치 계산
- 온도에 의한 자이로스코프, 가속도센서, 지자기센서의 바이어스 보정
- GDRF 알고리즘으로 자이로스코프의 동적 드리프트 보정
- ASAF 알고리즘으로 가속도센서의 동적 스케일 보정
- 온도 보정장치 및 3축 짐벌을 사용한 정밀한 센서 캘리브레이션

[번들 소프트웨어 인터페이스]

- AHRS 센서 데이터를 통한 위치, 자세, 방위 정보 출력 (전역좌표 상 센서 정보 제공)
- Frequency 도메인 분석 및 시각화 기능 지원, 『센서 설치 → 호스트(PC) 연결 → 모니터링』 (각 축별 FFT 분석 정보의 실시간 플롯팅 지원 - [Probe](#) [Probe 윈도우](#) 기능 참조, (비전문가 기준) “3분” 내에 데이터 분석 가능)
- Time 도메인 분석 및 시각화 기능 지원 (Euler angle 자세/방위각, 각속도, 지자기 수치, 가속도, 전역좌표계 기준 중력가속도 제외 가속도 수치, 전역좌표계 위치/속도 데이터의 플롯팅 지원 - [Chart](#) [Chart 윈도우](#) 기능 참조)
- 데이터 싱크(CSV 파일 형식 지원), 터미널블럭 인터페이스 기능 지원
- 센서 Fine-tuning/calibration 인터페이스 (필터 파라미터, 스케일 조정 및 bias 조정)
- Damped frequency, damping ratio 측정 (Vibration Suppression(input shaping) 지원 모터 드라이브 호환)

출력 데이터 종류:

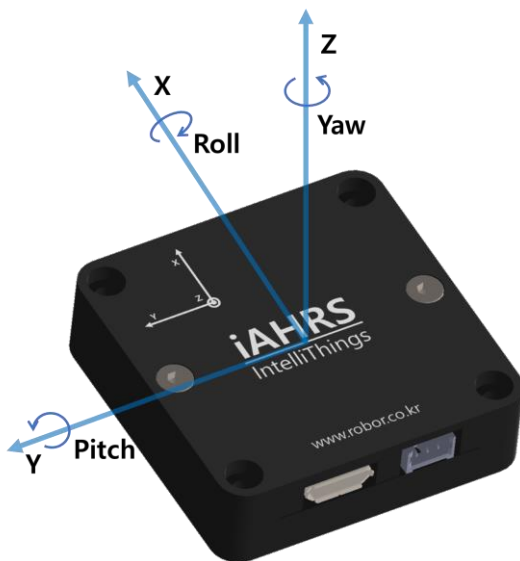
- 각도: Euler angle (roll, pitch, yaw), Quaternion
- 위치: Acceleration (전역 좌표계에서 중력이 제거된), Velocity, Position (단시간 안정성)
- Acceleration raw data, Gyroscope raw data, Magnetometer raw data
- Acceleration, Rotation rate에 대한 FFT 결과: max magnitude and frequency
- Timestamp, Temperature
- 모터드라이버 input shaping 파라미터: damped frequency, damping ratio

1.2.1 사양

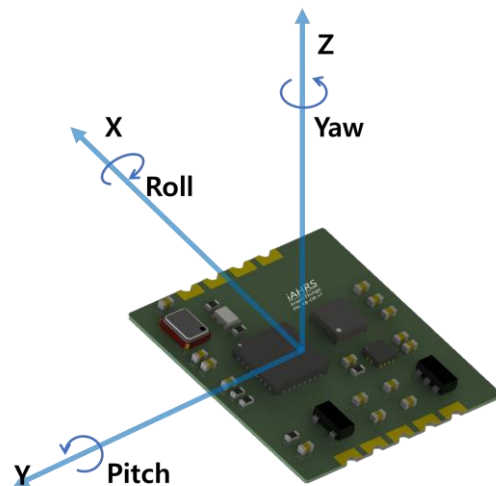
Parameter	Value	Unit
입력 전압	4.2 ~ 12 (Recommend)	V
동작 온도	0 ~ 45 (Recommend), -40 ~ 85 (Max)	°C
소비 전류	50	mA
Gyroscope Range	±2000	dps
Accelerometer Range	±16	g
Magnetometer Range	±4900	μT
규격	35(L) * 35(W) * 10(H)	mm

1.2.2 축 설정

Cartesian coordinate 좌표축(이동) 및 오른손 좌표계(회전)를 사용합니다.

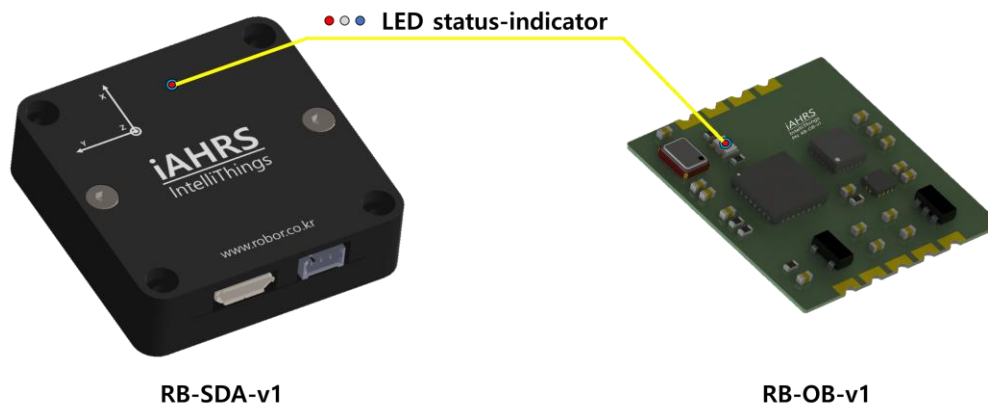


RB-SDA-v1 (housing type)



RB-OB-v1 (single, on-board type)

1.3 LED



LED 상태	설명
Error (빨간색 LED 깜박임)	1번 - 플래쉬 메모리를 읽거나 쓰는 과정에서 오류 발생 2번 - 자이로 또는 가속도 센서 액세스 실패 3번 - 지자기 센서 액세스 실패 4번 - 공장 초기화 파라미터가 구성되지 않음 5번 - 펌웨어 필터 처리시간 초과 (펌웨어 업데이트 필요) 6번 - 내부 센서 읽기 시간 초과 (펌웨어 업데이트 필요)
Warning (빨간색과 파란색 LED 동시 깜박임)	1번 - 캘리브레이션 실패 2번 - 센서에 공급되는 전압이 4.2V ~ 12V 범위를 벗어남 3번 - 센서의 온도가 -40° ~ 85° 범위를 벗어남 4번 - 자이로 센서의 입력 값이 측정 범위를 벗어남 5번 - 가속도 센서의 입력 값이 측정 범위를 벗어남 6번 - 지자기 센서의 입력 값이 주변 자기장에 의해 왜곡됨
Calibration Success (파란색 LED가 길게 2초간 깜박거림)	캘리브레이션이 성공적으로 수행됨
Calibration ongoing (빨간색과 파란색 LED가 교대로 깜박거림)	캘리브레이션 수행 중인 상태
Status (파란색 LED가 깜박거림)	천천히 깜박거림 - 정상 동작 빠르게 깜박거림 - 정상 동작, 동기 데이터 전송 중

1.3.1 제품구성

RB-SDA-v1 제품 구성



센서 (RB-SDA-v1)



1.25 pitch PCB 헤더용 4-pin 케이블
(Molex 053048-0450 규격)



마이크로 USB to USB 케이블
(전원/통신용)

RB-SDA-v1 제품 구성

- ❶ 센서 제품(RB-SDA-v1) 1개
- ❷ 1.25 pitch PCB 헤더용(Molex 053048-0450 규격) 30cm 4-pin 케이블 1개
- ❸ 마이크로USB to USB(전원/통신용 케이블) 1개 (※ 제품 수급상황에 따라 성능 동일 타 제품으로 발송 가능)

※ 동일, 유사 제품 구매: 자사몰 (네이버스토어: <https://smartstore.naver.com/robor>) 참조

RB-OB-v1 제품 구성

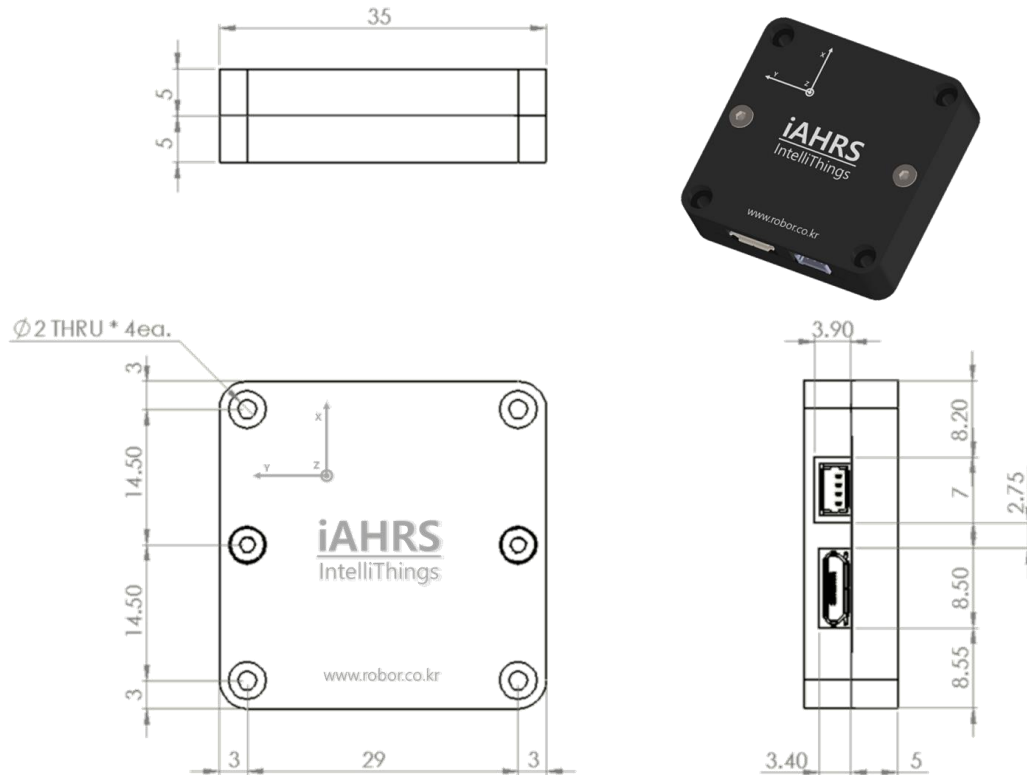


RB-OB-v1 제품 구성

- ❶ 센서 제품(RB-OB-v1) 1개

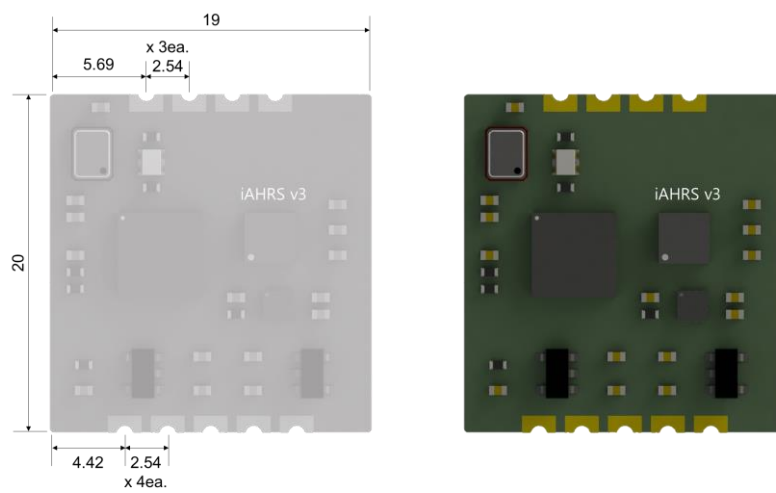
1.3.2 도면

RB-SDA-v1 도면



RB-SDA-v1 제품 도면

RB-OB-v1 도면



RB-OB-v1 제품 도면

1.3.3 설치방법

RB-SDA-v1 설치 방법

iAHRS의 케이스 상단의 4개 $\phi 2$ 홀을 이용하여 다른 기구물에 부착할 수 있습니다.

측정 대상체의 회전중심이나 무게중심에 설치하는 것을 권장합니다. 회전중심에 설치되지 않을 시, 구심가속도의 영향으로 측정되는 각도 정보가 특정 방향으로 편향, 왜곡되어 추출되는 경우가 발생할 수 있습니다.

또한, 진동이 심한 환경에서는 방진패드 등을 사용하여 센서로 전달되는 진동을 최소화하여야 합니다. 그렇지 않은 경우, 센서의 측정데이터 신뢰성이 진동으로 인한 오류로 인해 낮아지는 현상이 발생합니다. (단, 진동 데이터 측정 시 예외)

※ 설치 시 주의사항 ※

iAHRS는 각속도의 적분을 통한 각도 산출, 중력가속도 방향으로의 Roll, Pitch 각도 데이터의 보정을 기반으로 운용되므로, 장착 시 평평한면 혹은 피측정체의 무게중심부/회전중심부에 장착하는 것을 권장합니다. 또한 지자기의 방향으로 Yaw 각도 값을 보정하기 때문에, 모터나 자성체, 금속체 등에 가까이 설치 시에는 데이터 신뢰도와 정밀도에 영향을 받을 수 있습니다.

※ RB-OB-v1 제품은 상기 설치 주의사항을 참조, 사용자 환경에 맞추어 설치 사용 하시면 됩니다.

RB-OD-v1 설치 방법

RB-OD-v1의 경우 PCB Board에 직접 실장 가능하도록 설계된 제품입니다.

위 제품 도면을 참조하시어 PCB에 삽입하시고 납땜 후 사용하시면 됩니다.

최대한 제품 아랫면 쪽에 PCB 패턴이나 VIA홀이 없도록 설계하시길 바랍니다.

Short나 평탄도 문제로 인해 제품이 고장나거나 데이터 값에 오차가 생길수도 있습니다.

1.4 센서 정보

1.4.1 iAHRS 센서 정보

Parameter		Value	Unit
정지 상태 자세(roll, pitch) 정밀도 ²⁾		0.012	deg/h
정지 상태 방향(yaw) 정밀도 (지자기 보정 X) ²⁾		8.6	deg/h
운동 상태 자세(roll, pitch) 정밀도 ³⁾		0.033 / 0.183	deg/h
운동 상태 방향(yaw) 정밀도 ³⁾ (지자기 보정 X)		10.264	deg/h
각도 표시 해상도		0.001	deg
Euler angle 출력 범위	Roll	-180 ~ 180	deg
	Pitch	-90 ~ 90	deg
	Yaw	-180 ~ 180	deg
동기 데이터 전송 주기		1 ~ 60000	ms

- 정지 상태 정의 및 시간당 정밀도 측정 방법 (* 센서마다 편차가 있을 수 있음)
 - 정지상태: iAHRS 센서를 지그에 고정하여 움직이지 않도록 하게 한 상태
 - 측정방법: 측정수량 100개의 시간당 정밀도 오차의 평균을 계산
- 운동 상태 정의 및 시간당 정밀도 측정 방법 (* 센서마다 편차가 있을 수 있음)
 - 운동상태: iAHRS 센서가 Roll, Pitch, Yaw 회전 운동하는 상태
 - 측정방법: 모터회전 중심으로부터 75mm, 100mm 위치에 8개의 센서를 올려 실효수 100개 센서의 시간당 오차 평균을 측정함. (CW → CCW 반복 측정)

1.4.2 자이로 센서 (ICM-20948)

Parameter		Value	Unit
Sensitivity Scale Factor Tolerance (25°C)		±1.5	%
Sensitivity Scale Factor Variation Over Temperature (-40°C to +85°C)		±3	%
Nonlinearity (25°C)		±0.1	%
Cross-Axis Sensitivity		±2	%
Initial ZRO Tolerance		±5	dps
Zero-Rate Output (ZRO)	ZRO Variation Over Temperature	±0.05	dps/°C
	Noise Spectral Density	0.015	dps/√Hz
Gyroscope Noise Performance	Gyroscope Mechanical Frequencies	27k	Hz
	Gyroscope Start-up Time	35	ms
	Maximum Output Data Rate	9k	Hz

1.4.3 가속도 센서 (ICM-20948)

Parameter		Value	Unit
Initial Tolerance (Component-level)		±0.5	%
Sensitivity Change vs. Temperature (-40°C to +85°C)		±0.026	%/°C
Nonlinearity		±0.5	%
Cross-Axis Sensitivity		±2	%
Zero-G Output	Initial Tolerance (Component-level)	±25	mg
	Initial Tolerance (Board-level)	±50	mg
	Zero-G Level Change vs. Temperature (0°C to +85°C)	±0.8	mg/°C
Accelerometer Noise Performance	Noise Spectral Density	230	μg/√Hz
	Accelerometer Startup Time	30	ms
	Output Data Rate	4.5k	Hz

1.4.4 자기 센서 (ICM-20948)

Parameter		Value	Unit
Sensitivity Scale Factor		0.15	μT/LSB
Zero-Field Output	Initial Calibration Tolerance	-2000 ~ +2000	LSB
Other	Output Data Rate	100	Hz

2 RB-SDA-v1 통신

2.1 USB 연결

2.1.1 커넥터



Pin #	기능
1	Vcc (5V)
2	D-
3	D+
4	NC
5	GND

※ Micro USB (5-pin) 통신&전원 연결용 케이블을 사용하시기 바랍니다. 구성품에 동봉된 케이블 사용을 권장하며, 필요시, 자사몰 (네이버스토어: <https://smartstore.naver.com/robor>) 혹은 동일 제품을 구매하여 사용하시기 바랍니다.

2.1.2 연결 설정 (가상 COM 포트)

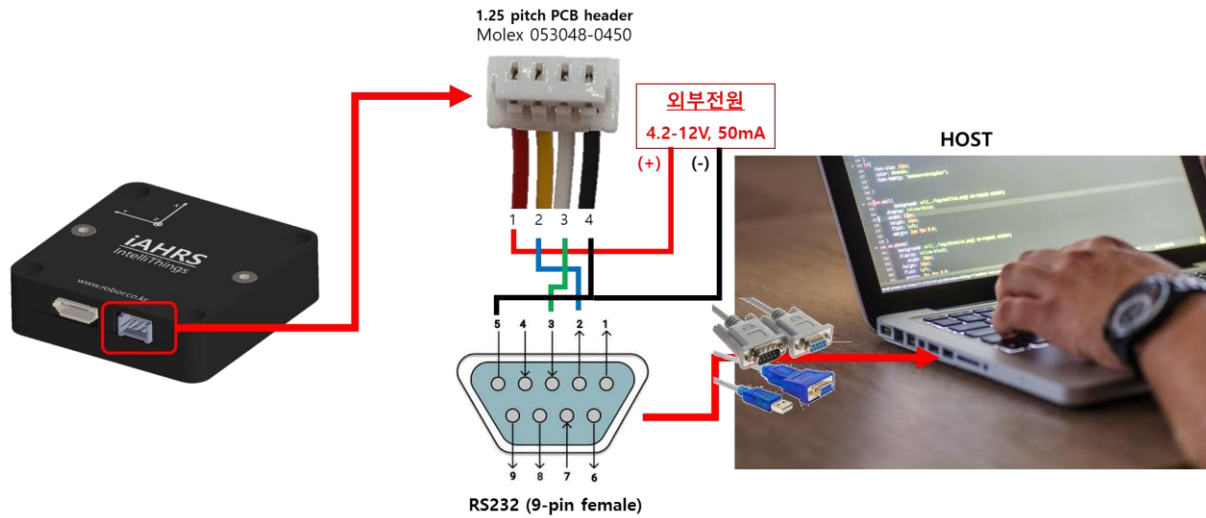
USB의 가상 COM 포트로 시리얼 통신합니다.

설정 항목	설정 값
Baudrate	9600, 19200, 38400, 57600, 115200 , 230400, 460800, 921600 bps
Data Bits	8 bits
Parity	None
Stop Bit	1bit
Flux Control	None

※ 제품 출하 시 기본 통신속도는 115200bps로 설정되어 있습니다.

2.2 RS-232 연결

2.2.1 커넥터



Pin #	기능
1	Vcc (4.2-12V)
2	TXD
3	RXD
4	GND

※ 1.25 pitch PCB 헤더 커넥터용(Molex 053048-0450) 케이블은(약 30cm) 초기 구성품으로 제공해 드립니다. 상기배선 구성예와 같이 외부전원을 인가하고, RS-232 규격 케이블을 구성, 사용하면 됩니다. 필요시, 자사몰 (네이버스토어: <https://smartstore.naver.com/robor>) 혹은 동일 제품을 구매하여 사용하시기 바랍니다.

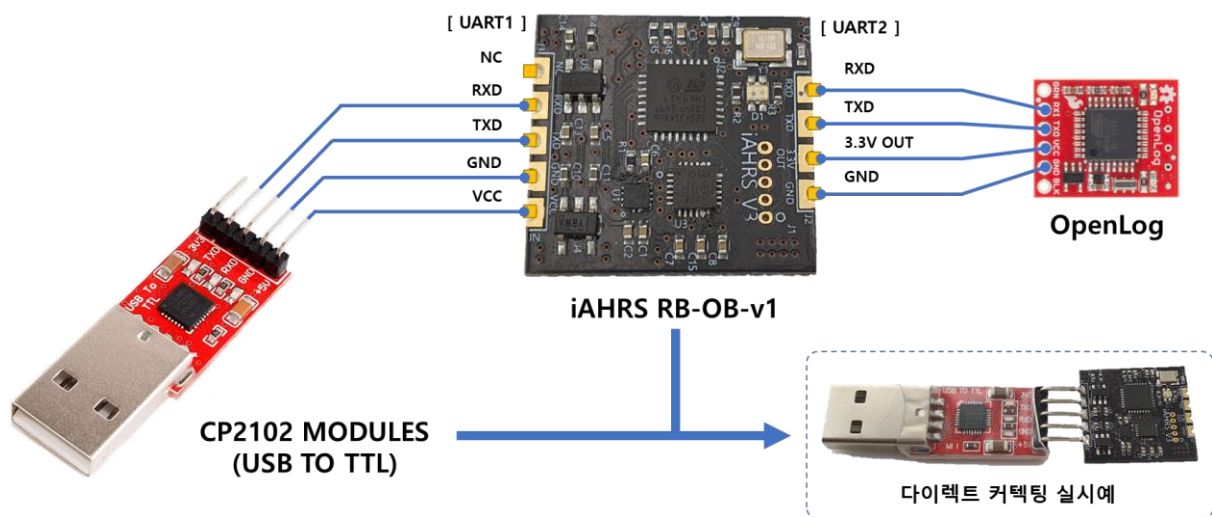
2.2.2 연결 설정

USB와 동일하게 사용가능합니다. '2.1.2 [연결 설정 \(가상 COM 포트\)](#)' 절을 참고합니다.

3 RB-OD-v1 연결 구성

3.1 USB2TTL, OpenLog 연결

3.1.1 연결 구성도



해당 기능은 iAHRS RB-OB-v1 타입에 해당하며, CP2102 모듈 (USB to TTL, 초기 데이터 로깅 셋업 용)과 OpenLog (외부메모리(SD카드) 활용 데이터 저장) 모듈을 연결하여, 센서 데이터 및 연산데이터의 수집과 저장 기능을 지원 받으실 수 있습니다.

※ CP2102, OpenLog 모듈 별매품. 인터넷 (혹은 자사몰: <https://smartstore.naver.com/robor>)에서 구매 가능합니다.

CP2102 module	iAHRS (RB-OB-v1) PIN		OpenLog
	UART1	UART2	
- (3V3)	NC		- (GRN)
TXD	RXD	RXD	RXI
RXD	TXD	TXD	TXO
GND	GND	3.3V OUT	VCC
+5V	VCC	GND	GND
			- (BLK)

3.1.2 OpenLog 설정

- 1) MicroSD 카드를 PC에 연결하여 포맷합니다.
- 2) MicroSD 카드에 "config.txt" 파일을 만들고 다음과 같이 편집합니다.

```
115200,26,3,0,1,1,0  
baud,escape,esc#,mode,verb,echo,ignoreRX
```

※ 설정은 <https://learn.sparkfun.com/tutorials/openlog-hookup-guide/configuration-file> 내용 참조

※ 통신 속도를 "115200"으로 설정하는 것이 중요 (iAHRS의 기본 통신 속도가 "115200"으로 설정됨)

3.1.3 iAHRS 센서 데이터 설정

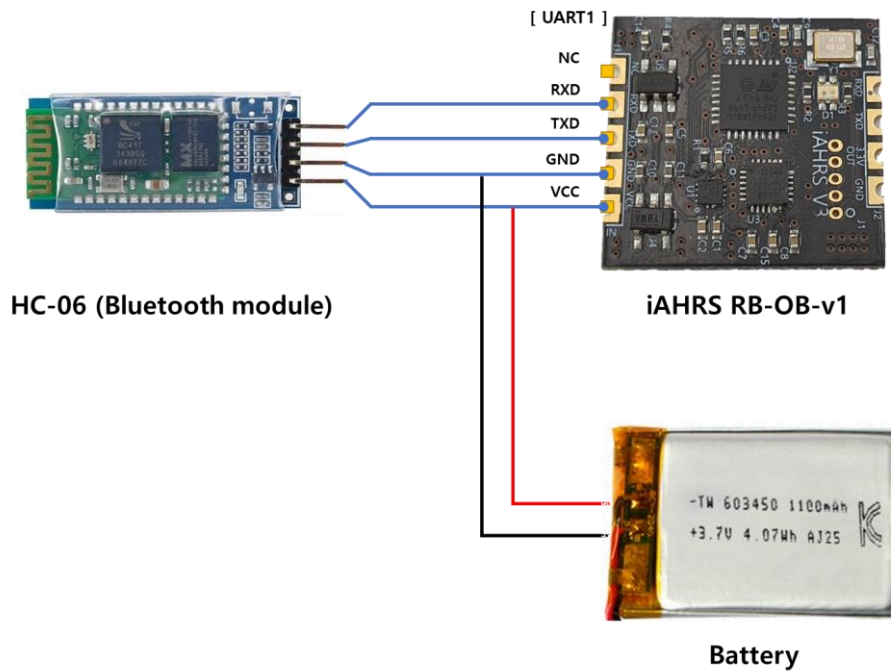
The screenshot shows the 'iAHRS UI' configuration window for 'ROBOR Co., Ltd.'. The window title is 'IntelliThings iAHRS UI - \\W.#COM7 (115200 bps)'. The 'Configuration' tab is selected. Under 'Device information', the Product ID is 'iAHRS (RB-SDA-v1)', Firmware version is '1.02', Hardware version is '1.01', Power in voltage (pv) is '5.09' V, and IMU Temperature (t) is '31.0' °C. In the 'Connection' section, both 'RS-232/UART1 Baudrate (b1)' and 'USB/UART2 Baudrate (b2)' are set to '115200 bps'. A note states: '* USB/RS-232 Baudrate are applied after restarting the device.' In the 'Synchronous data transmission' section, 'Sync. data port (so)' is set to '1 - USB/UART2'. 'Sync. period (sp)' is set to '100' ms (range 1 ~ 60000). 'Sync. data selection (sd)' has checkboxes for Time, Temp, Accl, Gyro, Magn, Accl.-g, Angl, Quat, Vel, Pos, Freq, and Vibr. The 'Time', 'Temp', 'Accl', and 'Gyro' checkboxes are checked. A note below states: '* If the created string is larger than 252bytes, the end of the string is cut off.' In the 'Device options (o)' section, the 'Position _velocity integral' checkbox is unchecked. At the bottom, there are buttons for 'Factory default (fd)', 'Restart device (rd)', and 'Apply & Flash Write'. The status bar at the bottom indicates 'Device is connected.'

iAHRS 센서가 100 ms 주기로 UART2 에 Time, Temp, Accl, Gyro 데이터를 출력하도록 UI 에서 설정합니다. UART2 로 출력되는 데이터는 OpenLog 의 SD 카드에 기록됩니다.

3.2 Bluetooth 모듈 연결 (wireless 化)

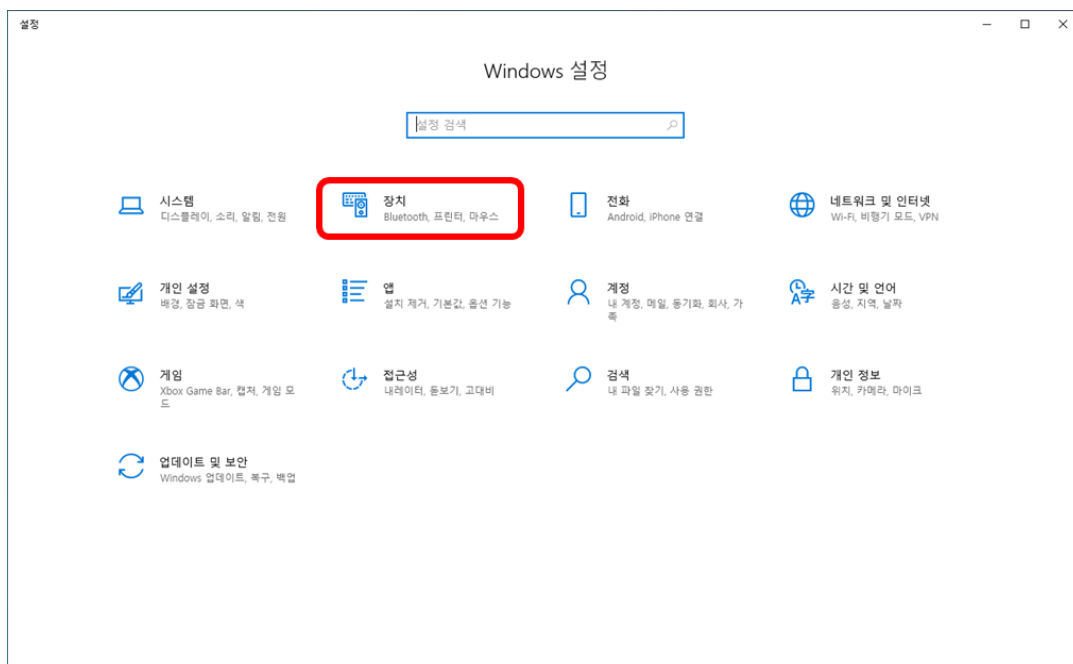
3.2.1 연결구성

무선데이터 수집 - iAHRS + HC-06 (블루투스 모듈) + 배터리 연결

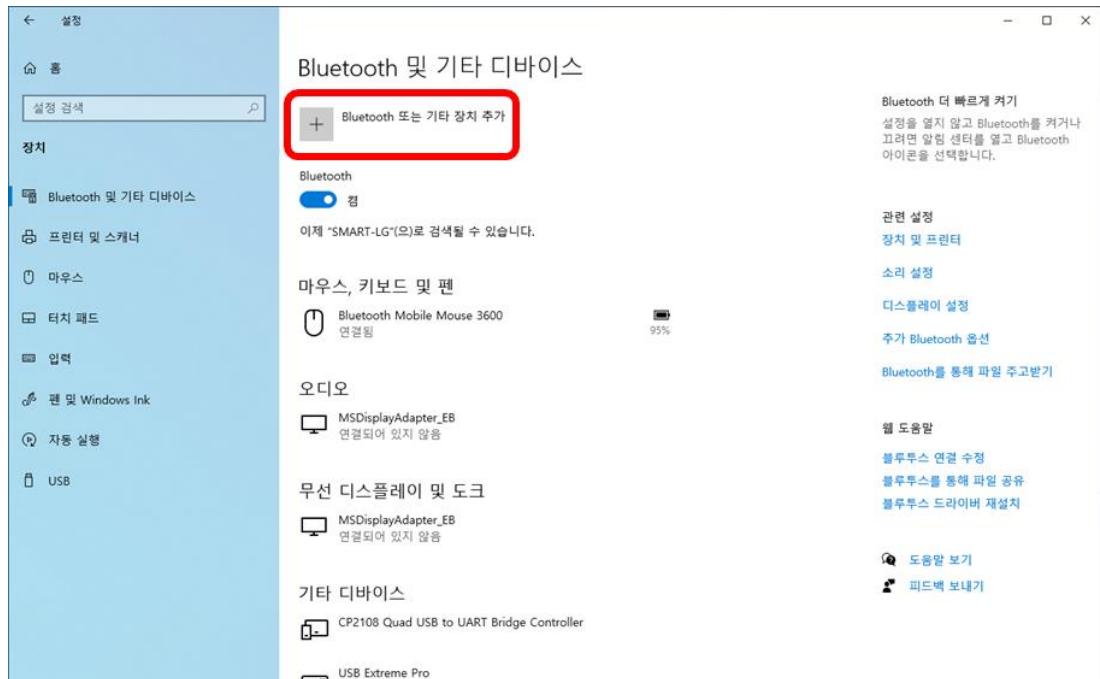


3.2.2 iAHRS 연결

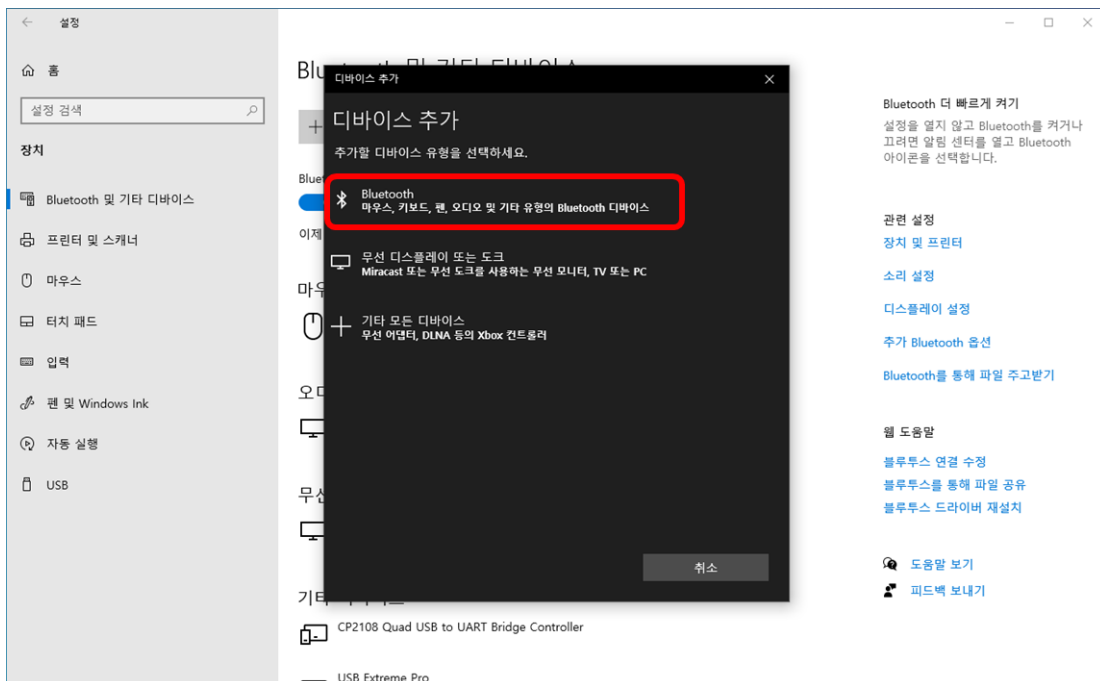
1) Windows 설정창을 열고, “장치” 설정



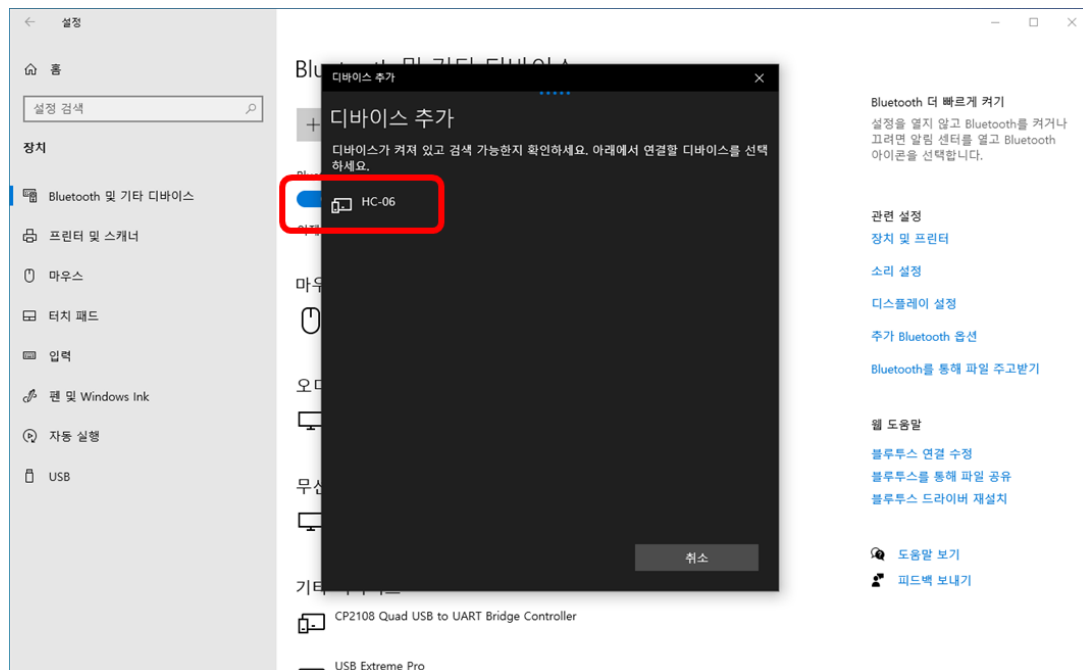
2) "Bluetooth 또는 기타 장치 추가" 실행



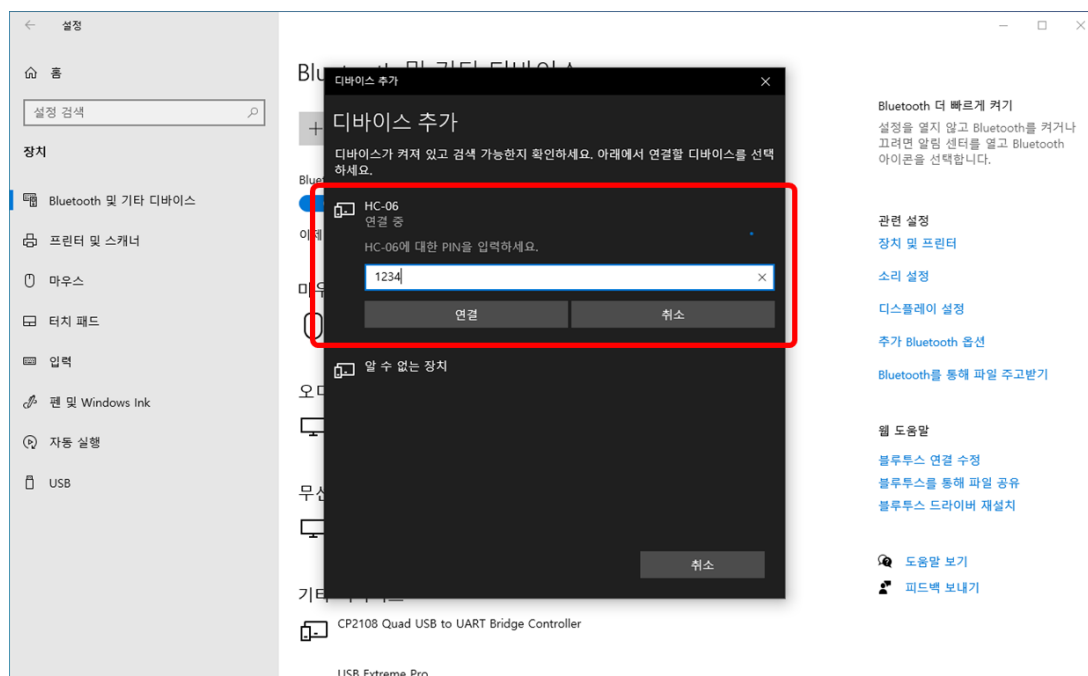
3) "Bluetooth 추가" 실행



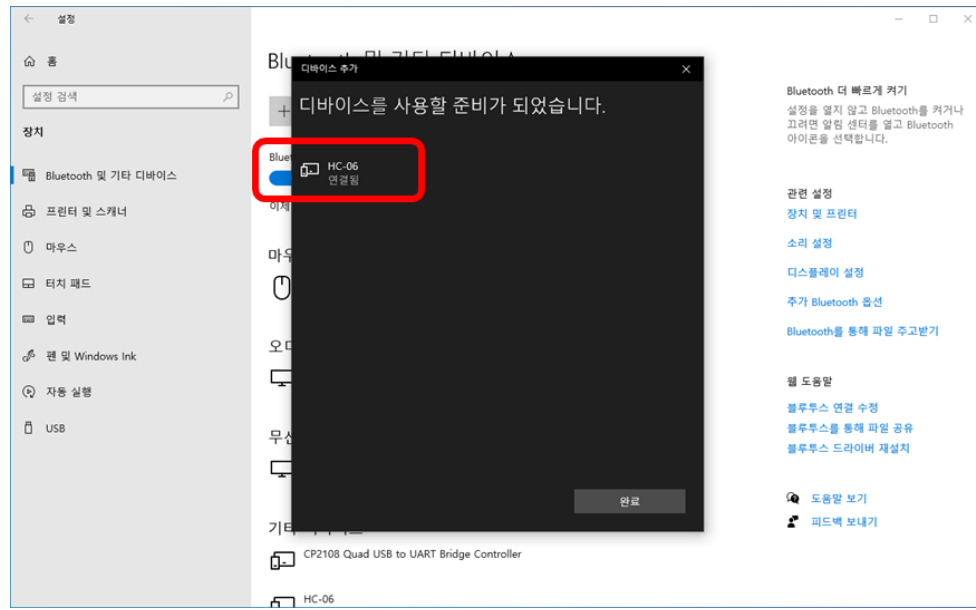
4) "HC-06" 실행



5) PIN 번호 입력 (본 매뉴얼에서는 "1234" 입력)



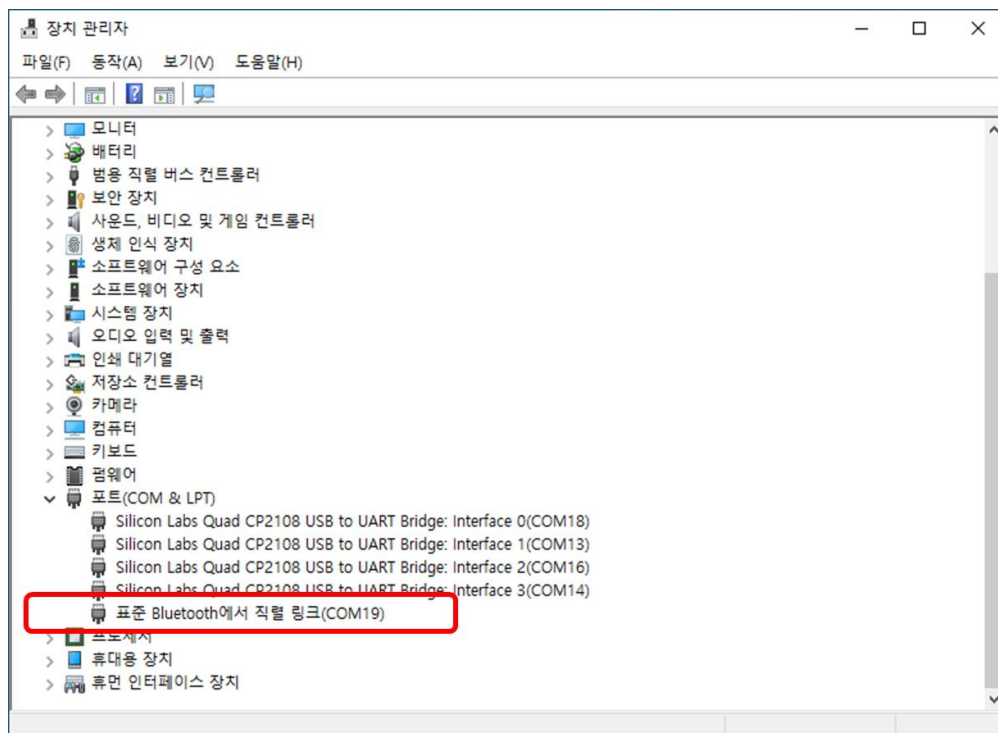
6) “연결됨” 확인 후, 완료 실행



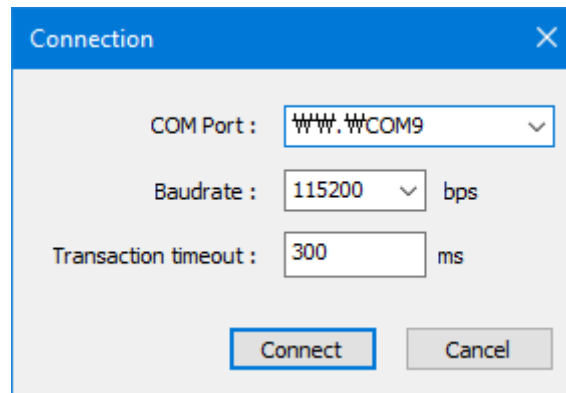
7) 장치관리자에서 연결 점검

※ 검색창에서 장치 관리자 검색 후 실행 포트 항목을 확인하면 표준 Bluetooth에서 직렬 링크가 추가 되었으면 완료

※ 이후 COM??의 숫자를 확인후 Connection창에서 COM Port 설정을 동일하게 변경하 Connect를 하면됨

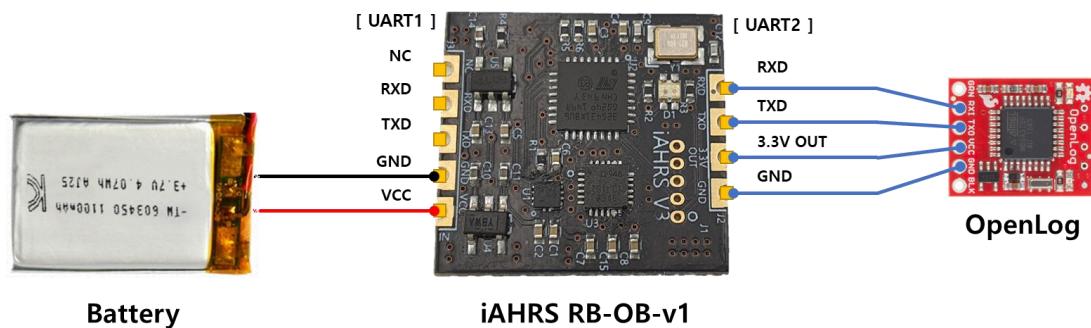


※ 블루투스로 연결시 Transaction timeout 값을 반드시 100ms 이상으로 설정하셔야합니다. 이보다 낮게 설정시 통신이 불안정적으로 동작할 수 있습니다.



3.3 OpenLog 모듈 연결 (stand-alone 化)

외부메모리 (MicroSD) 데이터 direct 저장 – iAHRS + OpenLog + 배터리 연결



※ HC-06, 배터리는 별매품. 인터넷 (혹은 자사몰: <https://smartstore.naver.com/robor>)에서 구매하실 수 있습니다.

4 통신

4.1 프로토콜

4.1.1 센서의 측정값이나 설정값을 읽어올 때

읽고자 하는 센서 값에 대한 이름(오브젝트 Name: t, a, ...)을 입력하고 [Enter] 키를 누릅니다.

```
Ex)
t↓           // 온도를 읽어오는 오브젝트 Name 입력 후 [Enter] 키 누름
t=36.5       // 센서가 온도를 출력
a↓           // 가속도를 읽기위해 a를 입력 후 [Enter] 키 누름
a=-0.022,-0.020,0.999 // 센서가 가속도 값 출력
```

4.1.2 센서의 설정값을 쓸 때

설정해 해당하는 이름(오브젝트 Name: b1, b2, ...)과 '='을 입력하고 값을 할당한 후 [Enter] 키를 누릅니다.

```
Ex)
b1=115200↓   // RS-232 포트의 baudrate를 115200bps로 설정
b2=115200↓   // USB/UART 포트의 baudrate를 115200bps로 설정
```

4.1.3 명령을 실행할 때

명령에 해당하는 이름(오브젝트 Name: fw, fd, ca, ...)을 입력하고 [Enter] 키를 누릅니다.

```
Ex)
fw↓           // 설정 값을 플래쉬 메모리에 저장
rd↓           // 센서 재시작
```


4.2 오브젝트

다음 표는 센서가 가진 오브젝트를 요약한 표입니다. 각각의 오브젝트에는 Name이 할당되어 있으며, 이름으로 센서 내부의 값을 읽거나 설정 값을 바꿀 수 있습니다.

Name	Description	Default	Unit
vr	제품 ID와 버전 정보 표시		
h, hh	도움말 표시		
pv	입력 전압 표시		V
t	센서 온도 표시		°C
a	센서 좌표계 기준 가속도 표시 (a_x, a_y, a_z)		g
g	센서 좌표계 기준 각속도 표시 ($\omega_x, \omega_y, \omega_z$)		deg/s
m	센서 좌표계 기준 지자기 표시 (m_x, m_y, m_z)		μT
e	Euler angle 표시 (roll, pitch, yaw), Z-Y-X 회전		deg
q	Quaternion 표시 (r, v_0, v_1, v_2)		
ag	전역 좌표계 기준 중력을 제거한 가속도 표시 (a_x, a_y, a_z)		m/s ²
v	전역 좌표계 기준 속도 표시 ²⁾ (v_x, v_y, v_z)		m/s
p	전역 좌표계 기준 위치 표시 ²⁾ (p_x, p_y, p_z)		m
f	가속도 또는 각속도의 진동과 크기 표시 ($f_x, m_x, f_y, m_y, f_z, m_z$)		Hz
vd	진동의 주파수와 댐핑 계수, 크기 표시		
s	센서 상태 표시	0x00	
c	센서 제어 명령		
o	센서 옵션 설정	0x00	
b1	RS-232 포트의 baudrate 설정 ¹⁾	115200	bps
b2	USB/UART 포트의 baudrate 설정 ¹⁾	115200	bps
so	Sync. data 전송 포트 (0 – RS-232, 1 – USB/UART)	0	
sp	Sync. data 전송 주기 (1 ~ 60000)	100	ms
sd	Sync. data 종류 선택 (0x000 ~ 0xFFFF)	0x000	
fs	FFT 소스 선택 (0 – none, 1 ~ 4 – Accl. or Gyro. input)	0	
vs	Vibration 소스 선택 (0 – none, 1 ~ 2 – Accl. or Gyro. Input)	0	
at	FFT/Vibration 입력 가속도 크기 임계값 (0 ~ 160)	0.1	m/s
gt	FFT/Vibration 입력 각속도 크기 임계값 (0 ~ 2000)	1.0	deg/s
fw	c=1, 플래시 메모리에 설정값을 저장		
fd	c=2, 제품 출하시 초기 설정값 복구		
ca	c=3, 가속도와 각속도 센서의 바이어스/스케일 보정		
cm	c=4, 지자기 센서의 바이어스와 스케일 보정		

Name	Description	Default	Unit
za	c=5, 현재 Euler angle을 0위치로 설정		
ra	c=7, Euler angle 초기화		
rp	c=8, 위치와 속도 초기화		
rc	c=9, 모든 보정 데이터 초기화		
rd	c=99, 센서 재시작		
gs	자이로 센서 최대 측정 스케일 설정 ¹⁾ (0-250dps, 1-500dps, 2-1000dps, 3-2000dps)	3	
gl	자이로 센서 내장 저역 통과 필터 차단 주파수 설정 ¹⁾ (-1- bypass, 0 ~ 7 - LPF cutoff freq.)	0	
as	가속도 센서 최대 측정 스케일 설정 ¹⁾ (0-2g, 1-4g, 2-8g, 3-16g)	3	
al	가속도 센서 내장 저역 통과 필터 차단 주파수 설정 ¹⁾ (-1- bypass, 0 ~ 7 - LPF cutoff freq.)	0	
dt	각속도의 드리프트 감소 필터 작동 임계값 (0 ~ 360)	1.0	
dg	각속도의 드리프트 감소 필터 오차에 대한 이득 (0 ~ 360)	0.1	
st	가속도의 스케일 조정 필터 작동 임계값 (0 ~ 1)	0.02	
sg	가속도의 스케일 조정 필터 오차에 대한 이득 (0 ~ 1)	0.002	
av	회전 Kalman filter의 자세 보정에 대한 분산(variance) (0.001 ~ 1000; 0-disable)	1.0	
mv	회전 Kalman filter의 방위 보정에 대한 분산 (0.001 ~ 1000; 0-disable)	0.0	
zv	속도 Kalman filter의 영속도(zero velocity) 보정에 대한 분산 (0.001 ~ 1000; 0-disable)	1.0	

3) 센서 재시작 후 적용되는 설정값

4) 단시간 위치와 속도 안정성 보장

4.2.1 vr - 제품 ID 및 버전 정보

제품 ID 및 소프트웨어/하드웨어 버전 정보 표시

```
Ex) vr↓           // 제품 ID 및 버전 정보 읽기 요청
AHRS             // 센서가 출력한 내용
H/W Ver 1.00
S/W Ver 1.10
```

4.2.2 h, hh – 도움말 표시

```
Ex) h↓ // 도움말 표시 요청
h - display help; hh - display help for filters
pv - power in voltage[V]; t - temperature['C]
a - acceleration[g]; g - gyroscope[deg/s]; m - magnetometer[uT]
e - Euler angles(Z->Y->X rotation) [deg]
q - quaternion(r, v0, v1, v2); ag - acceleration-gravity[g]
v - velocity[m/s]; p - position[m]; f - frequency and magnitude
vd - vibration frequency and damping ratio, magnitude
s - status; c = control command; o - system options
b1 - RS-232 baudrate[bps] *; b2 - USB/UART baudrate[bps] *
so - sync. data transfer port (0-RS-232, 1-USB/UART)
sp - sync. data transfer period (1 ~ 60000) [ms]
sd - sync. data selection (0 ~ 0xFFFF)
fs - FFT source; vs - Vibration source
at - FFT/Vibration accel. threshold; gt - FFT/Vibration gyro. threshold
fw - (c=1) save configuration parameters to flash memory
fd - (c=2) reload factory default values
ca - (c=3) calibrate bias&scale of accelerometer&gyroscope
cm - (c=4) calibrate bias of magnetometer
za - (c=5) set current Euler angle data to zero
ra - (c=7) reset Euler angle
rp - (c=8) reset position & velocity
rc - (c=9) reset all calibration data
rd - (c=99) restart device
vr - product and version info.
```

```
Ex) hh↓
h - display help; hh - display help for filters
gs - gyroscope full scale (0-250dps, 1-500dps, 2-1000dps, 3-2000dps) *
gl - gyroscope low-pass filter (-1- bypass, 0 ~ 7 - LPF cutoff freq.) *
as - accelerometer full scale (0-2g, 1-4g, 2-8g, 3-16g) *
al - accelerometer low-pass filter (-1- bypass, 0 ~ 7 - LPF cutoff freq.)
*
dt - gyroscope drift reduction filter threshold (0 ~ 360)
dg - gyroscope drift reduction filter gain (0 ~ 360)
st - acceleration scale adjustment filter threshold (0 ~ 1)
sg - acceleration scale adjustment filter gain (0 ~ 1)
av - Kalman filter variance for accelerometer (0.001 ~ 1000; 0-disable)
mv - Kalman filter variance for magnetometer (0.001 ~ 1000; 0-disable)
zv - Kalman filter variance for zero velocity (0.001 ~ 1000; 0-disable)
(commands marked with * are applied after restart.)
Example:
gs[Enter] - get gyroscope full scale
gs=0[Enter] - set gyroscope full scale to 250dps
```

4.2.3 pv – 입력 전압

센서에 공급되는 전압 표시

```
Ex) pv↓          // 입력 전압 읽기 요청  
pv=4.1          // 센서가 출력한 내용
```

※ USB 연결시 다이오드에 의한 전압 강하로 약 4[V] 표시

4.2.4 t – 센서 온도

센서에서 측정한 온도 표시

```
Ex) t↓  
t=36.5
```

4.2.5 a – 센서 좌표계 기준 가속도

Accelerometer에서 읽은 후 bias와 scale을 보정한 센서 좌표계 기준 가속도 값 표시

```
Ex) a↓  
a=-0.022,-0.020,0.999
```

4.2.6 g – 센서 좌표계 기준 각속도

Gyroscope에서 읽은 후 bias와 scale을 보정한 센서 좌표계 기준 각속도 값 표시

```
Ex) g↓  
g=0.153,-0.347,-0.153
```

4.2.7 m – 센서 좌표계 기준 지자기

Magnetometer에서 읽은 후 bias와 scale을 보정한 센서 좌표계 기준 지자기 값 표시

Ex) m↓
m=2.53, 26.33, -45.25

4.2.8 e – Euler angle

센서의 자세와 방위를 Euler angle로 표시, 내부 각도 연산은 quaternion으로 이루어지며, 출력시 Euler angle로 변환하여 출력함

Ex) e↓
e=-1.349, 0.564, -53.241

※ Euler angle의 회전 순서는 Z-Y-X 축 회전을 따릅니다.

4.2.9 q – Quaternion

센서의 자세와 방위를 Quaternion으로 표시 (r, v_0, v_1, v_2)

Ex) q↓
q=0.893666, 0.010507, -0.448533, -0.448533

4.2.10 ag – 중력을 제거한 가속도

전역 좌표계를 기준으로 중력을 제거한 가속도 표시

```
Ex) ag↓  
ag=0.062,-0.004,-0.085
```

4.2.11 v – 속도

전역 좌표계를 기준으로 속도 표시

가속도를 적분하여 속도를 계산하려면 o=1 로 설정

```
Ex) o=1↓           // 가속도를 적분하도록 시스템 옵션을 켜 (기본 값은 0)  
v↓  
v=-0.183,0.007,-0.006
```

4.2.12 p – 위치

전역 좌표계를 기준으로 위치 표시

속도를 적분하여 위치를 계산하려면 o=1 로 설정

```
Ex) o=1↓           // 가속도를 적분하도록 시스템 옵션을 켜 (기본 값은 0)  
p↓  
p=-0.229,-0.178,-0.010
```

4.2.13 f – 진동 주파수와 크기

가속도 또는 각속도의 진동 주파수와 크기 표시 ($f_x, m_x, f_y, m_y, f_z, m_z$)

먼저 FFT 입력 소스를 선택해야 함: fs = 1 ~ 4

진동 주파수의 단위는 Hz

fs = 1, 3 인 경우 m_x, m_y, m_z 의 단위는 m/s^2

fs = 2, 6 인 경우 m_x, m_y, m_z 의 단위는 deg/s

```
Ex) fs=1↓           // FFT 입력 소스를 선택 (기본 값은 0)
f↓
f=11.0,3.333,11.3,9.200,17.2,0.229
```

4.2.14 vd – 진동 주파수와 감쇠비, 크기

가속도 또는 각속도의 진동 주파수와 감쇠비, 크기 표시

먼저 Vibration 입력 소스를 선택해야 함: vs = 1 ~ 2

진동 주파수의 단위는 Hz

```
Ex) vs=1↓           // Vibration 입력 소스를 선택 (기본 값은 0)
vd↓
vd=6.08,0.004,26.31
```

4.2.15 s – 센서 상태

구분	센서 상태 비트	설명
Status	0x00000001	온도에 대한 센서의 바이어스 보정 진행 중
	0x00000002	자이로와 가속도 센서의 바이어스와 스케일 보정 진행 중
	0x00000004	지자기의 바이어스와 스케일 보정 진행 중
	0x00000008	보정 성공 (2초 정도 표시)
Warning	0x00010000	보정 실패 (2초 정도 표시)
	0x00020000	입력 전압이 허용 범위를 벗어남
	0x00040000	센서의 온도가 허용 범위를 벗어남
	0x00080000	각속도 입력이 센서의 측정 범위를 벗어남 (4초 정도 표시)
	0x00100000	가속도 입력이 센서의 측정 범위를 벗어남 (4초 정도 표시)
	0x00200000	지자기 입력이 주변 환경의 영향으로 왜곡됨
Error	0x01000000	플래쉬 메모리에 설정값을 읽거나 쓰기 실패
	0x02000000	가속도/자이로 센서 액세스 실패
	0x04000000	지자기 센서 액세스 실패

0x08000000	제품 출하시 초기값 저장되어 있지 않음
0x10000000	필터 처리 시간이 정해진 시간을 초과함 (펌웨어 문제)
0x20000000	센서 읽기 시간이 정해진 시간을 초과함 (펌웨어 문제)
나머지 비트들	Probe 와 관련된 비트들

4.2.16 c -센서 명령

명령	설명
c=1, fw	플래시 메모리에 설정값을 저장
c=2, fd	제품 출하시 초기 설정값 복구
c=3, ca	가속도와 자이로 센서의 바이어스/스케일 보정
c=4, cm	지자기 센서의 바이어스와 스케일 보정
c=5, za	현재 Euler angle을 0위치로 설정
c=7, ra	Euler angle 초기화
c=8, rp	위치와 속도 초기화
c=9, rc	모든 보정 데이터 초기화
c=99, rd	센서 재시작

Ex) c=3↓ // 가속도 센서와 자이로 센서의 바이어스와 스케일 보정 명령을 내림
ca↓ // c=3과 동일한 명령

4.2.17 o - 옵션

옵션	설명
o=0	기능 선택 없음
o=1	가속도를 적분하여 위치와 속도 계산, 속도 Kalman filter 동작

4.2.18 b1, b2 - 통신 baudrate

b1 - RS-232 포트의 baudrate 설정

b2 – USB/UART 포트의 baudrate 설정

baudrate	설명
9600	9600 bps
19200	19200 bps
38400	38400 bps
57600	57600 bps
115200	115200 bps
230400	230400 bps
460800	460800 bps
921600	921600 bps

```
Ex) b1=115200↓      // RS-232 포트의 baudrate를 115200bps로 설정
fw↓                // 설정 값을 플래시 메모리에 저장
rd↓                // 센서 재시작
```

※ 설정한 baudrate는 센서를 재시작할 때 적용됩니다.

4.2.19 so – Sync. data 전송 포트

Sync. data는 설정된 시간 주기에 동기되어 클라이언트의 요청이 없을 때도 주기적으로 전송되는 데이터를 의미함

선택한 전송 포트에 사용자 인터페이스가 연결되어 있을 때는 Sync. data는 전송을 일시적으로 보류함 (약 5초 정도)

포트	설명
0	RS-232 포트
1	USB/UART 포트

```
Ex) so=0↓          // RS-232 포트에 Sync. data 전송
sp=1000↓           // 전송 주기를 1000 ms로 설정
sd=0x03↓           // 데이터 종류는 시각(0x01)과 온도(0x02)로 선택
```

4.2.20 sp – Sync. data 전송 주기

Sync. data 전송 주기는 1ms에서 60,000ms까지 선택 가능

선택한 데이터 량이 송신 대역폭을 벗어나는 경우, 전송 주기가 지켜지지 않음

4.2.21 sd – Sync. data 종류 선택

비트	데이터 종류
0x0001	1ms count 값 [ms]
0x0002	온도 [°C]
0x0004	센서 좌표계 가속도 [g]
0x0008	센서 좌표계 각속도 [deg/s]
0x0010	센서 좌표계 지자기 [μT]
0x0020	전역 좌표계 중력 제거 가속도 [m/s ²]
0x0040	Euler angle [deg]
0x0080	Quaternion
0x0100	전역 좌표계 속도 [m/s]
0x0200	전역 좌표계 위치 [m]
0x0400	진동 주파수와 크기 [Hz, m/s or deg/s]

4.2.22 fs – FFT 소스

값	설명
0	FFT 입력 소스 선택 없음
1	Acceleration raw input data (sampling freq. 10kHz)
2	Gyroscope raw input data (sampling freq. 10kHz)
3	Acceleration filtered data (sampling freq. 1kHz)
4	Gyroscope filtered data (sampling freq. 1kHz)

4.2.23 vs – Vibration 소스

0	Vibration 입력 소스 선택 없음
1	Acceleration filtered data
2	Gyroscope filtered data

4.2.24 at – FFT 출력 가속도 크기 임계값

FFT 출력 가속도의 임계값 설정

가속도의 최대 크기가 임계값보다 작을 경우 0으로 취급

4.2.25 gt – FFT 출력 각속도 크기 임계값

FFT 출력 각속도의 임계값 설정

각속도의 최대 크기가 임계값보다 작을 경우 0으로 취급

4.2.26 fw, fd, ca, cm, za, ra, rp, rc, rd – 명령어

'2.3.15 [c -센서 명령](#)' 절 참조

4.2.27 gs - 자이로 센서 최대 측정 스케일

자이로 센서의 최대 측정 스케일을 설정

센서가 빠르게 회전하는 경우 최대 측정 스케일은 큰 값으로 설정해야 하나 측정값의 정밀도는 낮아지게 되며, 반대로 센서가 천천히 회전하는 경우 입력 스케일은 작은 값으로 설정하여 측정값의 정밀도를 높일 수 있음

값	최대 측정 스케일
0	250 dps
1	500 dps
2	1000 dps

3	2000 dps
---	----------

```
Ex) gs=3↓          // 자이로 센서의 최대 측정 스케일을 2000 dps로 변경
fw↓              // 설정 값들을 플래시 메모리로 저장
rd↓              // 센서 재시작 명령
```

※ 설정값 변경 시, 플래시 메모리에 설정을 저장하고 센서 재시작 후 변경값이 적용됩니다.

4.2.28 gl - 자이로 센서 내장 Low pass filter 차단 주파수

자이로 센서의 내장 저역 통과 필터 차단 주파수 설정

값	-3dB Bandwidth
-1	LPF bypass
0	196.6 Hz
1	151.8 Hz
2	119.5 Hz
3	51.2 Hz
4	23.9 Hz
5	11.6 Hz
6	5.7 Hz
7	361.4 Hz

※ 설정값을 변경한 경우, 플래시 메모리에 설정을 저장, 센서 재시작 후 변경값이 적용됩니다.

4.2.29 as - 가속도 센서 최대 측정 스케일

가속도 센서의 최대 측정 스케일을 설정

센서가 빠르게 가감속 하는 경우 입력 스케일을 큰 값으로 설정해야 하나 측정값의 정밀도는 낮아지게 되며, 반대로 센서가 천천히 움직이는 경우 입력 스케일은 작은 값으로 설정하여 측정값의 정밀도를 높일 수 있음

값	최대 측정 스케일
0	2 g
1	4 g
2	8 g
3	16 g

※ 설정값을 변경한 경우, 플래시 메모리에 설정을 저장, 센서 재시작 후 변경값이 적용됩니다.

4.2.30 al - 가속도 센서 내장 Low pass filter 차단 주파수

가속도 센서의 내장 저역 통과 필터 차단 주파수 설정

값	-3dB Bandwidth
-1	LPF bypass
0	246.0 Hz
1	246.0 Hz
2	111.4 Hz
3	50.4 Hz
4	23.9 Hz
5	11.5 Hz
6	5.7 Hz
7	473 Hz

※ 설정값을 변경한 경우, 플래시 메모리에 설정을 저장, 센서 재시작 후 변경값이 적용됩니다.

4.2.31 dt - 각속도의 드리프트 감소 필터 임계값

자이로 센서의 드리프트를 0으로 수렴시키도록 GDRF(Gyroscope Drift Reduction Filter)가 작동

센서 측정값의 0에 대한 오차 범위를 설정, 오차의 절대값이 설정된 임계(threshold)값 내에 있을 때 GDRF가 동작함

4.2.32 dg - 각속도의 드리프트 감소 필터 이득

오차를 적분하여 드리프트를 계산할 때 오차에 곱해지는 이득

4.2.33 st - 가속도의 스케일 조정 필터 임계값

가속도 센서 출력값의 크기가 1g가 되도록 ASAF(Acceleration Scale Adjustment Filter)가 작동

센서 측정값의 크기와 1g간의 오차의 절대값이 설정된 임계(threshold) 값 내에 있을 때 ASAF가 동작함

4.2.34 sg - 가속도의 스케일 조정 필터 이득

오차를 적분하여 스케일을 계산할 때 오차에 곱해지는 이득

4.2.35 av - 회전 Kalman filter 의 자세 보정 분산

회전 각도를 계산하는 Kalman filter에서 자이로 센서와 가속도 센서의 측정 데이터에 대한 정밀도를 상대적으로 설정

분산 값을 0으로 설정한 경우 roll과 pitch 각도 보정 과정을 수행하지 않음. 분산을 크게하면 중력가속도에 의해 보정되는 roll과 pitch 각도의 보정 비율이 작아지고 반대로 작게하면 보정 비율이 커지게 됨

4.2.36 mv - 회전 Kalman filter 의 방위 보정 분산

회전 각도를 계산하는 Kalman filter에서 지자기 센서의 측정 데이터에 대한 정밀도를 상대적으로 설정

분산 값을 0으로 설정한 경우 yaw 각도 보정 과정을 수행하지 않음. 분산을 크게하면 지구 자기장에 의해 보정되는 yaw 각도의 보정 비율이 작아지고 반대로 작게하면 보정 비율이 커지게 됨

4.2.37 zv - 속도 Kalman filter 의 영속도 보정 분산

위치와 속도를 계산하는 Kalman filter에서 영속도(zero velocity)에 대한 정밀도를 상대적으로 설정

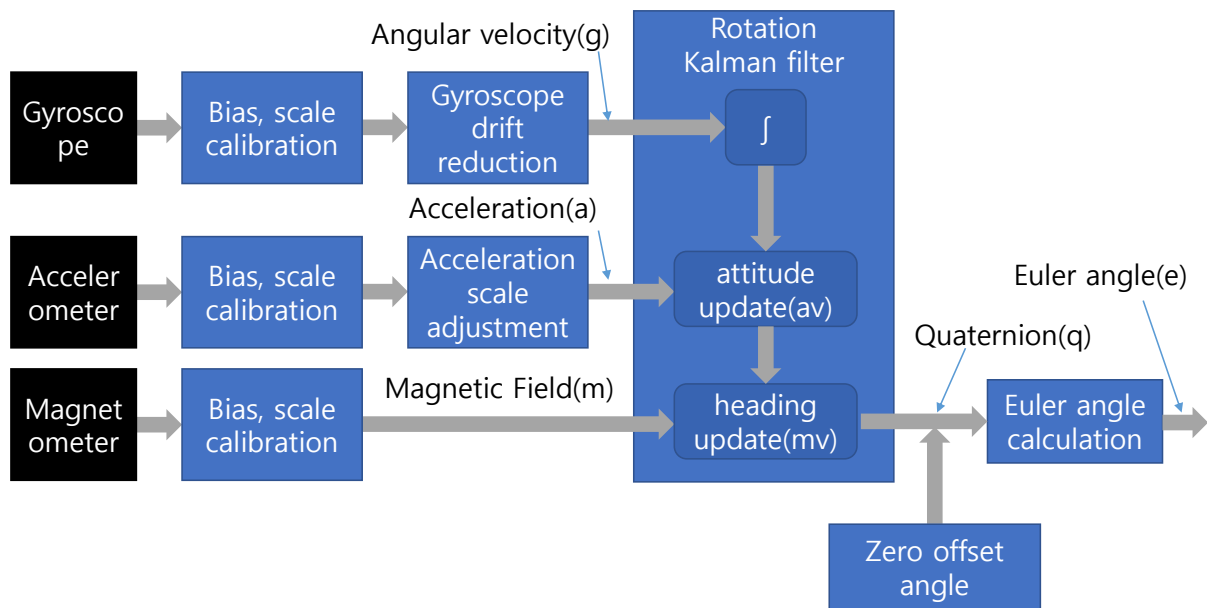
분산 값을 0으로 설정한 경우 영속도 보정 과정을 수행하지 않음. 분산을 크게하면 영속도에 의해 보정되는 속도의 보정 비율이 작아지고 반대로 작게하면 보정 비율이 커지게 됨

4.3 알고리즘 구조

4.3.1 회전각 계산

회전각 계산 알고리즘의 구성

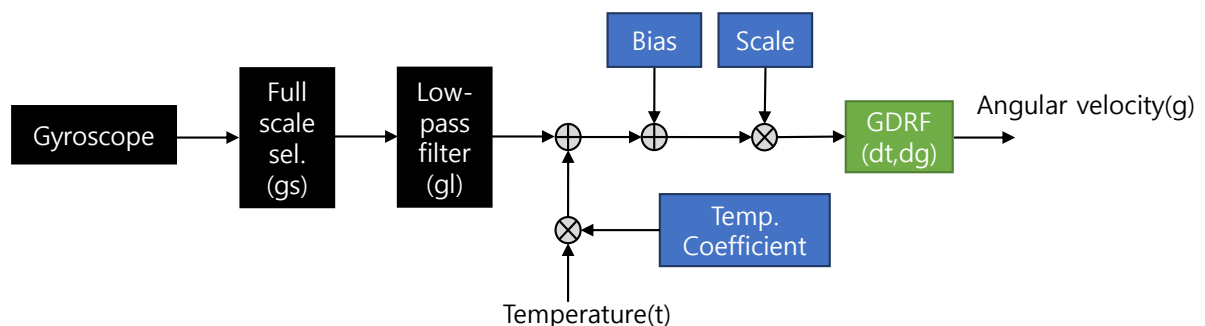
자이로 센서, 가속도 센서와 자기 센서로부터 1kHz 주기로 각속도, 가속도, 그리고 자기 값을 읽어옵니다. 읽은 데이터로부터 센서의 온도 변화에 따른 바이어스를 보정하고 다시 센서의 측정 바이어스를 보정하고 스케일을 조정합니다.



회전에 대한 Kalman filter는 1kHz로 동작하면서 가속도와 각속도, 자기 값을 융합하여 quaternion 값을 업데이트 합니다.

각속도 계산

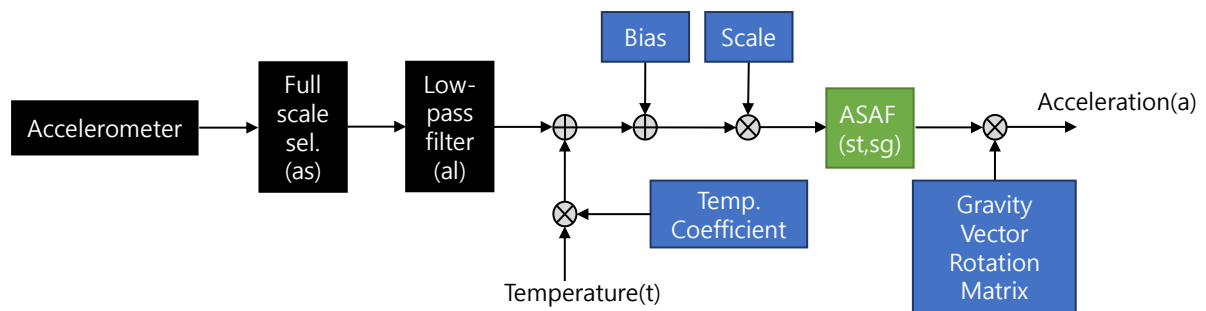
자이로 센서로부터의 측정 값에서 bias와 scale을 보정하더라도 시간이 지남에 따라 미소하게 드리프트가 발생할 수 있습니다. 이는 GDRF(Gyroscope Drift Reduction Filter)에서 보상하게 됩니다.



가속도 계산

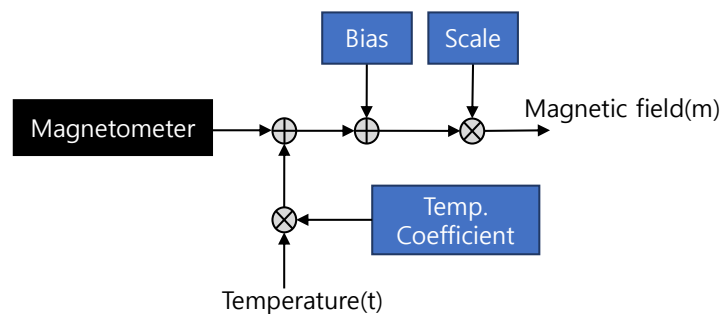
가속도 센서가 PCB에 기울어진 상태로 마운트 되거나 PCB가 케이스에 기울어진 상태로 마운트 되는 경우, 센서가 수평을 유지하더라도 Kalman filter가 계산한 오일러 각은 0° 가 되지 않을 수 있습니다. 이는 중력가속도의 방향이 약간 기울어진 상태에서 각도를 보정하기 때문입니다. 이러한 문제를 방지하기 위해서는 센서가 수평이 되었을 때 가속도 벡터가 $(0, 0, 1)$ 이 되도록 보정하여야 합니다. 이는 Gravity Vector Rotation Matrix를 가속도 벡터에 곱하여 보정하게 됩니다.

가속도 센서도 자이로 센서와 마찬가지로 시간이 지남에 따라 미소하게 스케일이 변할 수 있습니다. 이는 ASAF(Acceleration Scale Adjustment Filter)에서 보상하게 됩니다.



지자기 계산

다음과 같이 자기센서는 단순히 bias와 scale 보정 과정만 거치게 됩니다.

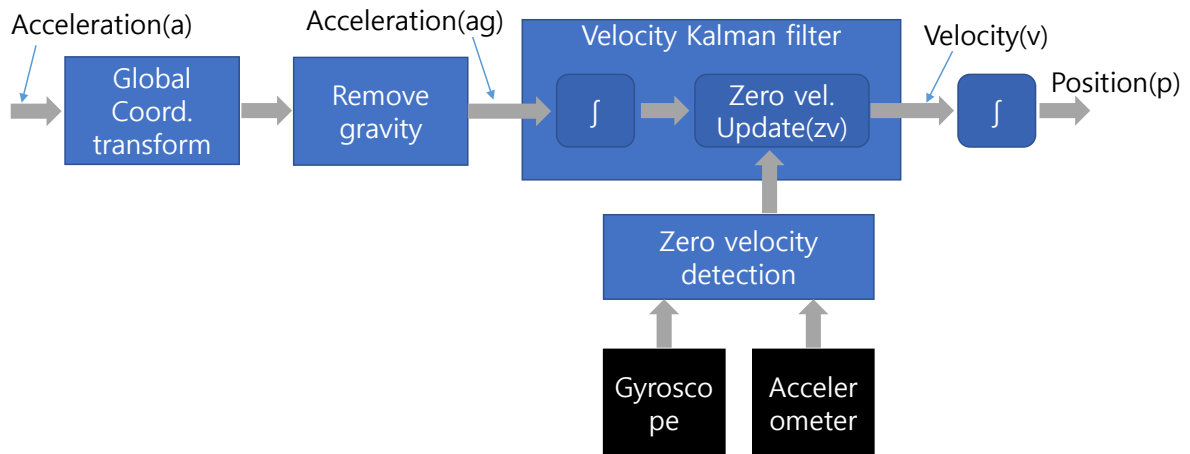


4.3.2 속도, 위치 계산

위치/속도 계산 알고리즘의 구성

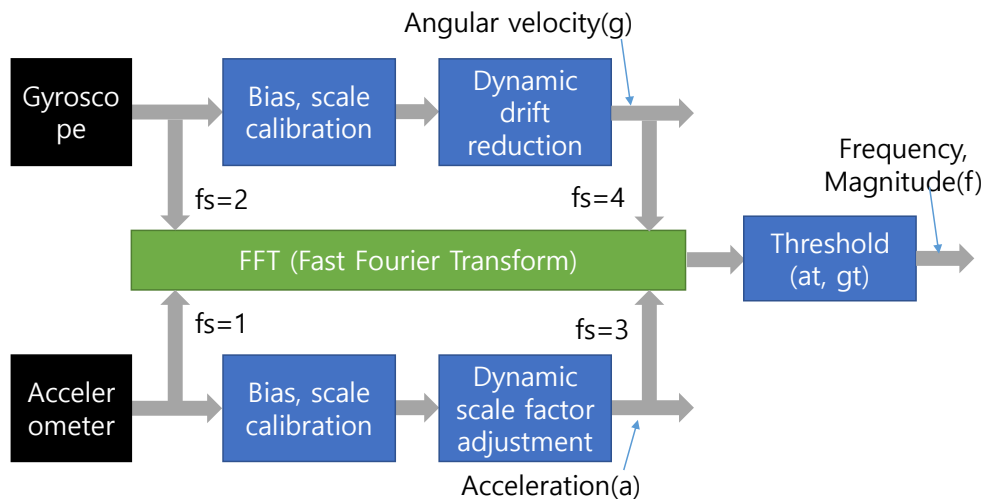
먼저 가속도 센서에서 측정한 가속도를 전역좌표계에서의 가속도로 좌표변환 합니다. 여기서 중력 성분을 제거하여 센서가 움직이지 않는 상태에서 출력이 (0, 0, 0)이 되도록 합니다.

Kalman filter로 가속도를 적분하여 속도를 계산하고 영 속도(zero velocity)를 탐지하여 속도 드리프트를 억제하게 됩니다. 마지막으로 이 속도를 적분하여 위치를 계산합니다.



4.3.3 FFT

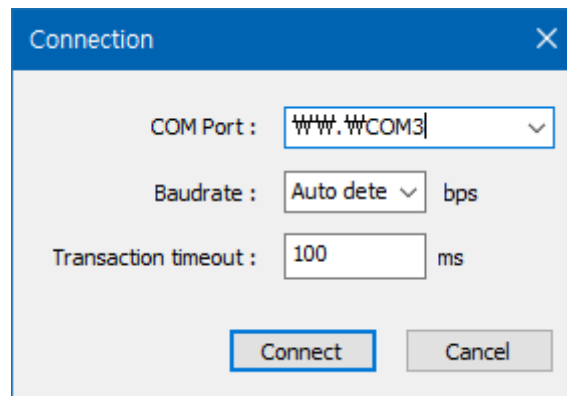
FFT의 입력 소스는 필터를 지나지 않은 또는 필터를 지난 각속도 값과 가속도 값이 됩니다. fs가 1이나 2라면 필터를 지나기 전에 센서 측정값을 10kHz로 수집하게 됩니다. fs가 3이나 4라면 필터를 거친 후의 센서 값을 1kHz로 수집하게 됩니다. 수집된 값은 메모리에 저장된 후 FFT를 실행하여 주파수와 크기를 계산합니다. 최대 크기가 threshold 값 이상이 되면 결과가 출력됩니다.



5 사용자 인터페이스

5.1 연결

메인 화면에서 [Connect]버튼을 누르면 연결 정보를 물어보는 Connection 대화상자가 실행됩니다.



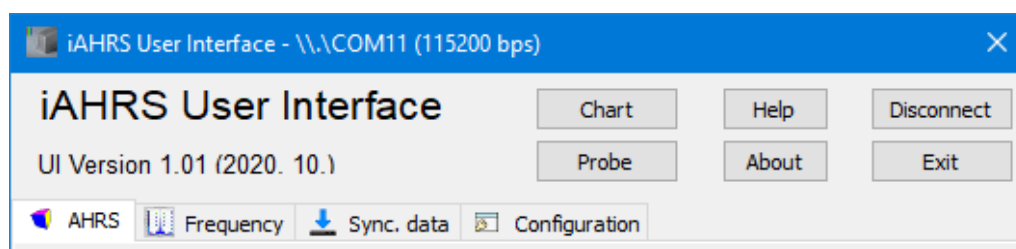
여기서 COM Port와 통신속도(Baudrate), 패킷 송수신 타임아웃(Transaction timeout)을 설정합니다. 그리고 [Connect] 버튼을 누르면 대화상자가 닫히면서 센서와 연결을 시도합니다. 만일 UI 프로그램이 센서와 연결 성공하였다면 [Connect] 버튼은 [Disconnect] 버튼으로 바뀌고 메인 화면에서 각종 데이터가 표시되면서 버튼들이 활성화됩니다.

※ 제품 출하 시 기본 통신속도는 115200bps 로 설정되어 있습니다.

5.2 메인 윈도우

UI 프로그램 명과 버전 정보를 표시하고, 각종 윈도우를 표시하는 버튼이 있습니다.

- [Chart] – Chart 윈도우 표시, 감춤
- [Probe] – Probe 윈도우 표시, 감춤
- [Help] – pdf 도움말 표시
- [About] – UI에 대한 간략한 정보를 보여주는 대화상자 표시
- [Connect/Disconnect] – UI를 센서에 연결, 연결 종료
- [Exit] – UI 프로그램 종료

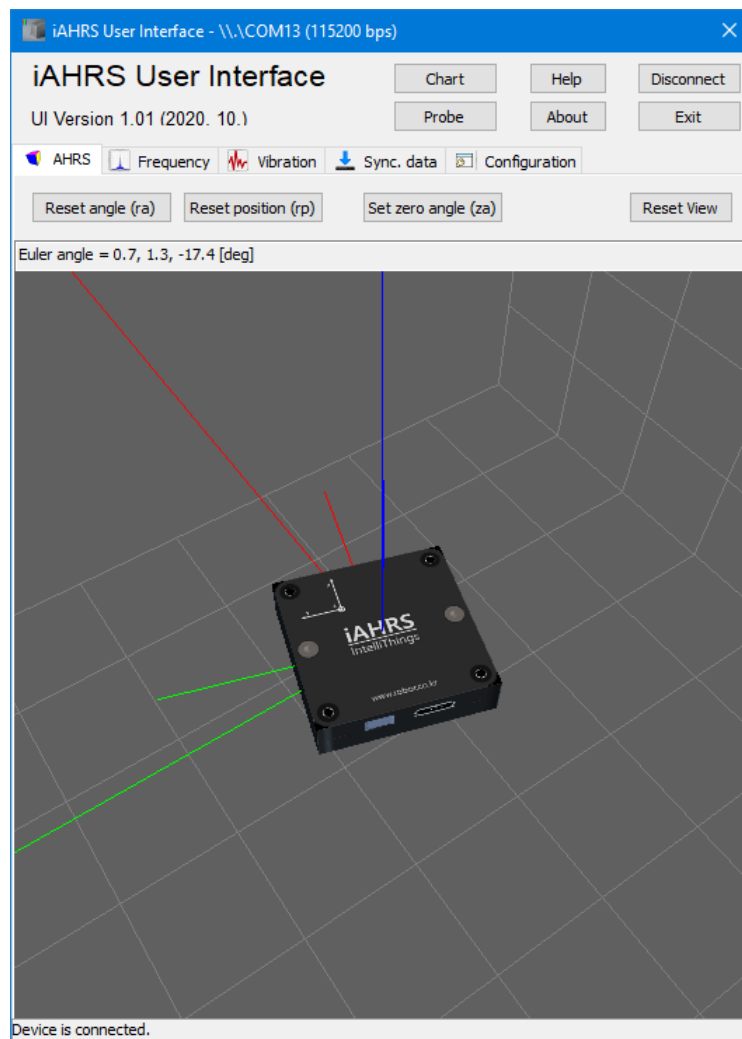


5.3 AHRS 탭

AHRS 탭에서는 센서의 위치와 자세, 방위 등이 표시됩니다.



마우스 좌측 버튼을 누르고 마우스를 움직이면 화면이 전역좌표계 원점을 기준으로 상하 또는 좌우로 회전합니다. 마우스 좌측 버튼을 누르고 마우스를 움직이면 전역좌표계 원점을 상하 또는 좌우로 이동합니다. 마우스 휠을 굴리면 화면을 확대하거나 축소할 수 있습니다.

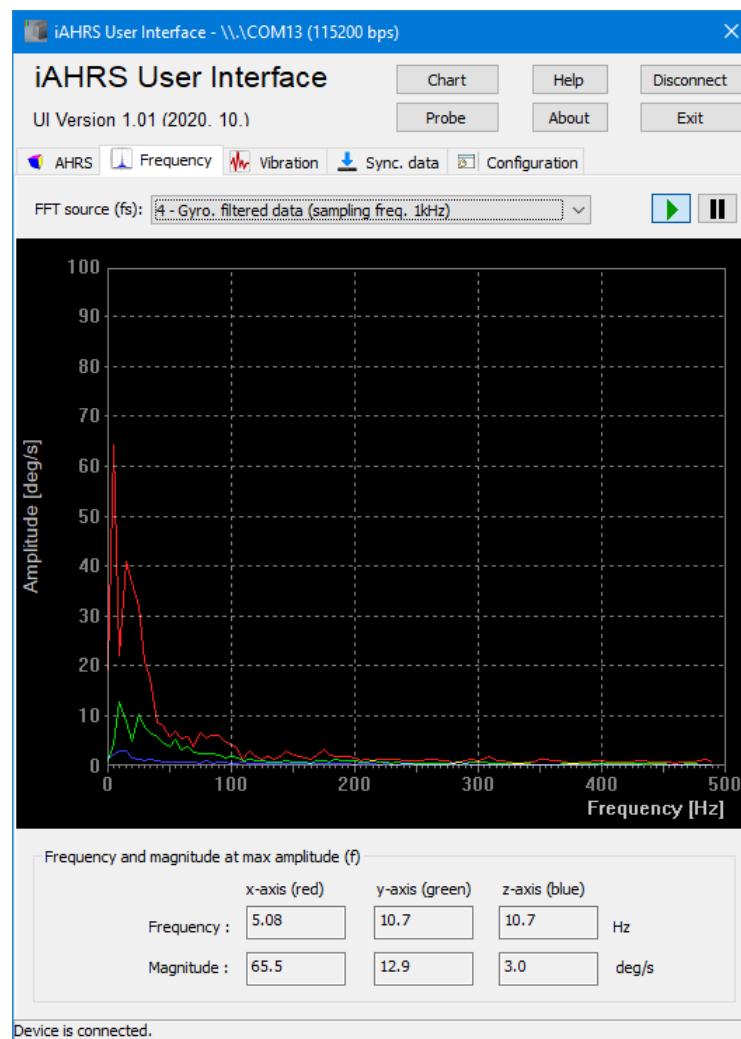
- [Reset angle] – 센서의 Euler angle을 리셋하여 0도로 설정, 만일 회전 Kalman filter의 자세 보정 기능이 켜져 있다면(av 값이 0이 아닐 때) roll과 pitch각은 중력가속도의 방향을 참조하여 복구됨, 만일 회전 Kalman filter의 방위 보정 기능이 켜져 있다면(mv 값이 0이 아닐 때) yaw 각은 자북 방향으로 정렬됨
- [Reset position] – 센서의 위치와 속도를 리셋하여 0으로 설정
- [Set zero angle] – 센서의 현재 자세(roll, pitch)와 방위(yaw)를 0으로 설정
- [Reset view] – 센서의 회전과 위치를 표시하던 화면의 뷰포인트를 UI프로그램 시작시 설정값으로 복구



5.4 Frequency 탭



FFT source에서 선택된 입력 신호를 FFT(Fast Fourier Transform) 하여 신호의 주파수(frequency)에 대한 크기(magnitude)를 표시합니다.

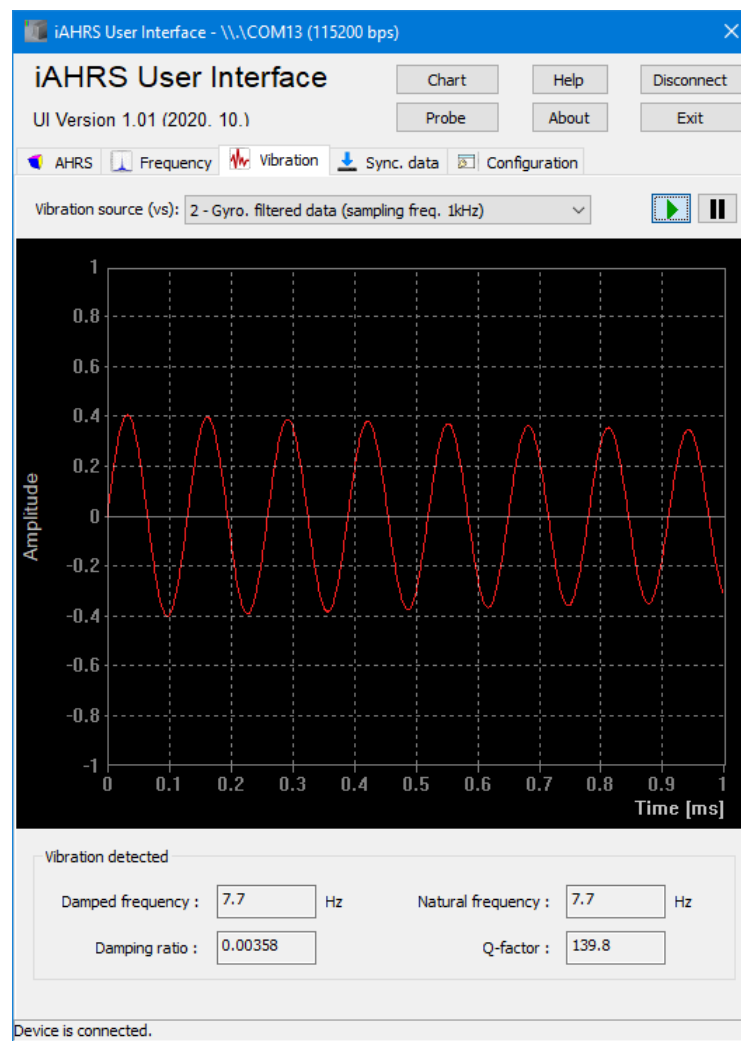
- FFT source - 4가지 FFT 입력 소스 중 하나를 선택
-  - FFT를 수행하고 결과를 화면에 그래프로 표시, FFT 소스가 선택되어 있어야 함
-  - 센서에서 FFT 수행은 계속되나, 화면 표시가 중단됨



5.5 Vibration 탭




Vibration source에서 선택된 입력 신호를 분석하여 신호의 주파수(frequency)와 감쇠비(damping ratio), 크기(magnitude)를 표시합니다.

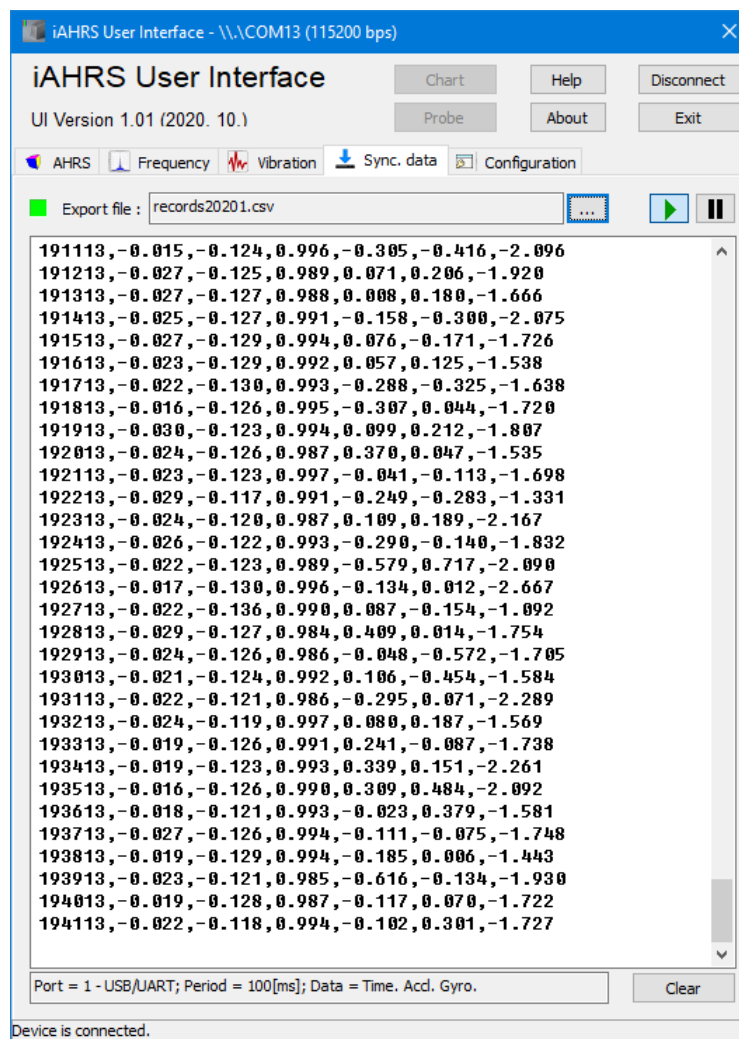
- Vibration source – 2 가지 Vibration 입력 소스 중 하나를 선택
-  - 진동을 탐지하고 결과를 화면에 그래프로 표시함
-  - 센서에서 진동 탐지에 대한 수행은 계속되나, 화면 표시가 중단됨



5.6 Sync. data 탭

Sync. data를 수신하여 화면에 표시하고 csv(comma-separated values) 포맷의 파일로 저장합니다.

-  - Sync. data를 저장할 파일을 선택. 데이터는 CSV 파일 포맷으로 저장되고, Excel과 같은 프로그램을 사용하여 읽기 가능
-  - Sync. data를 수신하여 화면에 표시하고 파일로 저장
-  - Sync data 수신을 중단. 하지만 센서는 Sync. data 전송을 계속함
- [Clear] - 화면에 수신된 데이터를 삭제

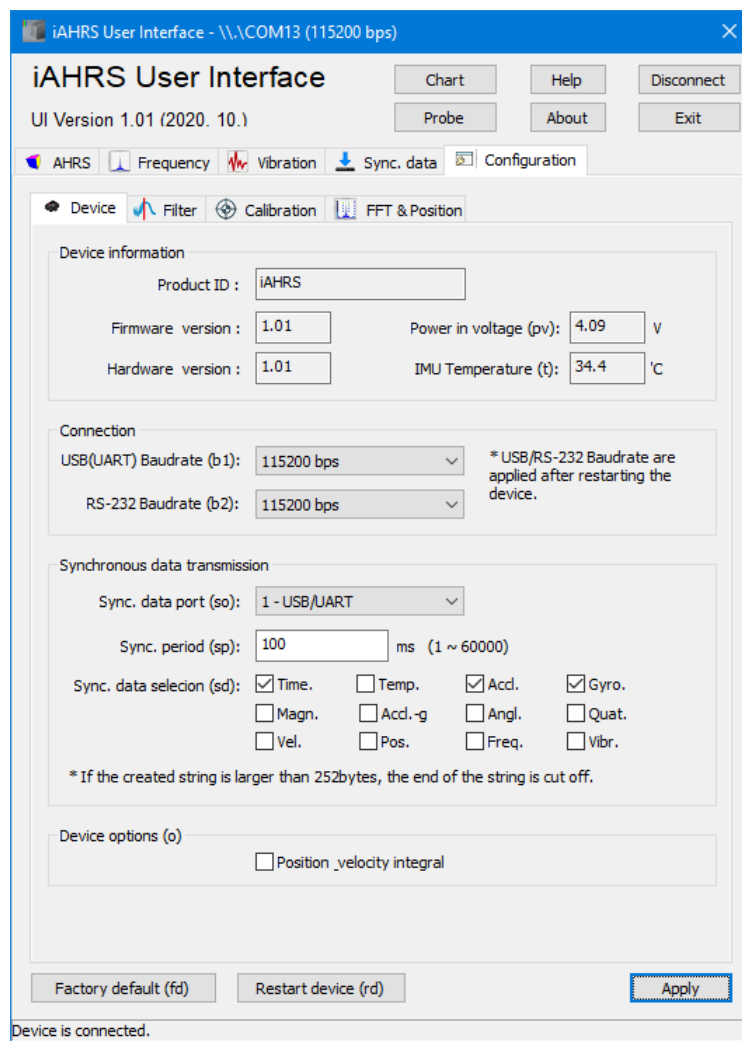


5.7 설정 탭

5.7.1 Device 탭

센서의 버전 정보를 표시하고 통신 속도, Sync. data 전송 관련 설정을 할 수 있습니다.

- [Factory default] – 센서의 모든 파라미터들을 공장출하시 초기 설정 값으로 되돌림
- [Restart device] – 센서를 소프트웨어적으로 재시작
- [Apply] – 변경된 파라미터들을 적용하고 센서 내부의 Flash Memory에 저장



The image shows the 'iAHRS User Interface' configuration window. The title bar indicates the connection to '\\.\COM13 (115200 bps)'. The window has a menu bar with 'Chart', 'Help', 'Disconnect', 'Probe', 'About', and 'Exit'. Below the menu bar is a tabbed interface with 'AHRS', 'Frequency', 'Vibration', 'Sync. data', and 'Configuration'. The 'Configuration' tab is active, showing a 'Device' sub-tab. The 'Device' sub-tab contains several sections: 'Device information' with fields for Product ID (iAHRS), Firmware version (1.01), Hardware version (1.01), Power in voltage (pv) (4.09 V), and IMU Temperature (t) (34.4 °C); 'Connection' with dropdowns for USB(UART) Baudrate (b1) and RS-232 Baudrate (b2), both set to 115200 bps, and a note that these are applied after restarting the device; 'Synchronous data transmission' with a dropdown for Sync. data port (so) set to '1 - USB/UART', a text field for Sync. period (sp) set to 100 ms, and a 'Sync. data selection (sd)' section with checkboxes for Time, Temp, Accd, Gyro, Magn, Accd.-g, Angl, Quat, Vel, Pos, Freq, and Vibr. A note states: '* If the created string is larger than 252bytes, the end of the string is cut off.'; and 'Device options (o)' with a checkbox for 'Position _velocity integral'. At the bottom, there are buttons for 'Factory default (fd)', 'Restart device (rd)', and 'Apply'. A status bar at the very bottom says 'Device is connected.'

Connection 그룹

- USB/UART Baudrate – USB 또는 UART로 연결되는 시리얼 통신 속도 설정
- RS-232 Baudrate – RS-232로 연결되는 시리얼 통신 속도 설정

※ USB/UART Baudrate와 RS-232 Baudrate 설정을 변경한 경우, 변경된 내용을 Flash Memory에 저장하고 센서를 재시작 하여야 변경된 통신 속도가 적용됩니다.

Synchronous data transmission 그룹

Synchronous data transmission 그룹에서는 센서가 시간에 동기되어 주기적으로 전송하는 데이터의 종류 및 전송주기, 전송 포트를 설정합니다.

- Sync. data port – Sync. data를 USB 또는 RS-232 포트 중 어디로 보내는지 선택
- Sync. period –데이터의 전송 주기를 설정. 통신 포트의 대역폭에 비해 데이터 전송량이 많을 경우, 데이터 전송 주기는 지켜지지 않고 느려지게 됨
- Sync. data selection - 전송되는 데이터 종류를 선택

Time – 센서 시작과 함께 밀리초 단위로 카운트되는 카운트 값 [ms]

Temp. – 센서의 온도 [°C]

Accl. – 센서 좌표계 기준 각종 필터를 거쳐 출력되는 가속도 값 [g]

Gyro. – 센서 좌표계 기준 각종 필터를 거쳐 출력되는 각속도 값 [deg/s]

Magn. - 센서 좌표계 기준 각종 필터를 거쳐 출력되는 지자기 값 [μ T]

Accl.-g – 전역 좌표계 기준 센서가 측정한 가속도에서 중력을 제거한 가속도 값 [m/s^2]

Angl. – Euler angle로 변환된 자세와 방위각 [deg]

Quat. – Quaternion 값

Vel. – 전역 좌표계 기준 속도 값 [m/s]

Pos. – 전역 좌표계 기준 위치 값 [m]

Freq. – 가속도나 각속도를 FFT한 주파수와 크기 [Hz, m/s or deg/s]

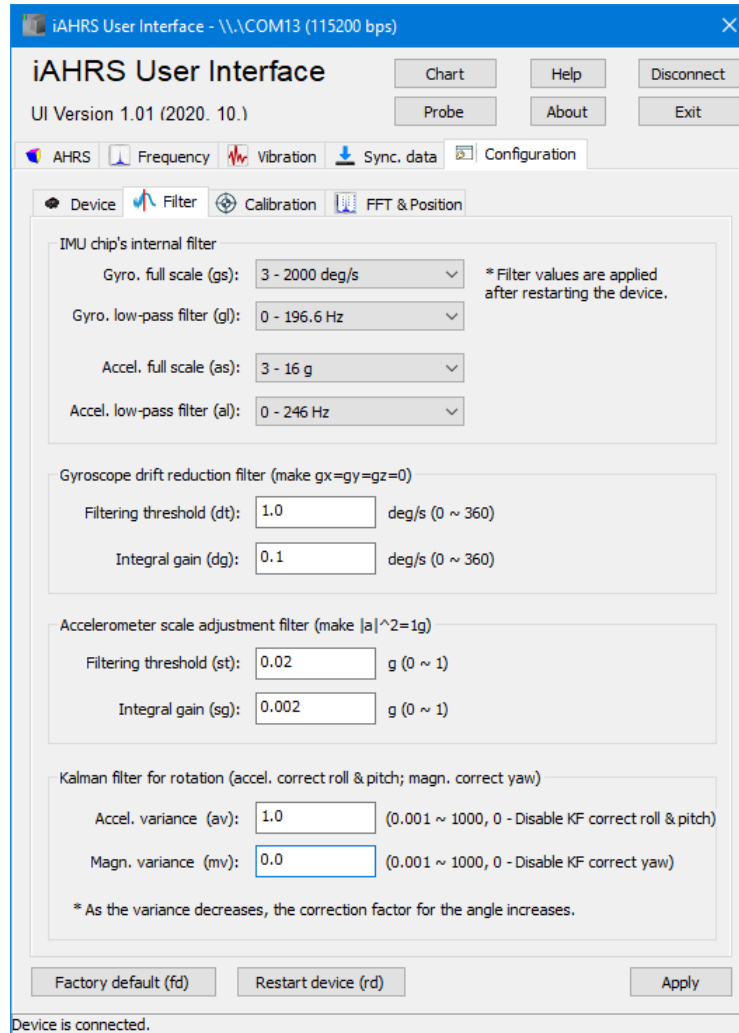
Device options 그룹

- Position velocity integral – 속도 Kalman filter가 실행되어 가속도를 적분하여 속도와 위치를 계산

※ Sync. data를 전송하도록 설정하더라도 UI가 센서와 연결되어 통신하는 동안은 Sync. data가 전송되지 않습니다. UI의 연결이 종료되고 약5초 정도 후에 Sync. data가 전송됩니다.

5.7.2 Filter 탭

Filter 탭에서는 센서 칩이 내부에 가진 저역통과필터(Low-pass filter), 자이로스코프의 드리프트 감소 필터, 가속도의 스케일 조정 필터, 회전 Kalman filter 등의 파라미터를 설정합니다.



IMU chip's internal filter 그룹

자이로 및 가속도 센서의 측정 범위를 설정합니다. 각 센서에 해당하는 측정 범위를 높게 설정하면 더 큰 값의 데이터를 측정할 수 있지만 데이터의 해상도는 떨어집니다. 반대로 측정 범위를 낮게 설정할수록 데이터의 해상도는 높아지지만 측정 범위를 벗어나는 데이터는 잘려나가게 됩니다.

- Gyro full scale – 자이로 센서의 측정 범위를 설정
- Gyro. low-pass filter – 자이로 센서의 저역통과필터 차단 주파수를 설정
- Accel full scale – 가속도 센서의 측정 범위를 설정
- Accel low-pass filter – 가속도 센서의 저역통과필터 차단 주파수를 설정

Gyroscope drift reduction filter 그룹

자이로 센서의 측정 값에서 bias와 scale을 보정하더라도 센서의 여러 조건 변화에 따라 미소한 드리프트가 발생하게 되는데, 자이로 센서의 드리프트를 0으로 수렴시키도록 GD RF(Gyroscope Drift Reduction Filter)가 작동합니다.

- Filtering threshold – 센서 측정값의 0에 대한 오차 범위를 설정, 오차의 절대값이 설정된 threshold보다 작을 때 GD RF가 동작함
- Integral gain –오차를 적분하여 드리프트를 계산할 때 오차에 곱해지는 이득

Acceleration scale adjustment filter 그룹

가속도 센서도 자이로 센서와 마찬가지로 센서의 여러 조건 변화에 따라 미소하게 스케일이 변하게 되는데, 가속도 센서의 크기를 1g가 되도록 AS AF(Acceleration Scale Adjustment Filter)가 작동합니다.

- Filtering threshold –센서 측정값의 1g에 대한 스케일 오차 범위를 설정, 스케일 오차의 절대값이 설정된 threshold보다 작을 때 AS AF가 동작함
- Integral gain –오차를 적분하여 스케일을 계산할 때 오차에 곱해지는 이득

Kalman filter for Rotation 그룹

Kalman Filter for Rotation그룹에서 칼만필터의 데이터 융합과 관련된 보정 비율을 설정합니다.

- Accel. variance – 가속도 센서의 분산 설정, 중력 가속도로 측정한 자세각(roll, pitch)의 보정 비율 설정, 0으로 설정하면 자세각 보정 안함
- Magn. variance – 지자기 센서의 분산 설정, 지자기로 측정한 방위각(yaw)의 보정 비율 설정, 0으로 설정하면 방위각 보정 안함

Accel. variance는 칼만필터에서 사용하는 자이로 센서와 가속도 센서의 측정 데이터에 대한 오차를 상대적으로 설정합니다. 자이로 센서의 분산은 1로 고정되어 있습니다. 그리고 가속도 센서의 분산을 0.001 ~ 1,000 사이의 값으로 조정함으로 상대적인 측정 오차를 설정하게 됩니다. 여기서 분산이 커지게 되면 그만큼 측정데이터에 노이즈를 많이 포함하고 있다는 의미가 됩니다. 가속도 센서의 분산을 크게하면 중력가속도에 의해 보정되는 각도의 비율이 작아집니다. 반대로 작게하면 비율이 커지게 됩니다.

5.7.3 Calibration 탭

	Bias	Scale	Temp. Coef.
Acceleration X :	-0.010996	0.996864	-0.000001
Acceleration Y :	-0.021998	0.997273	-0.000364
Acceleration Z :	-0.012222	0.977931	-0.001634
Gyroscope X :	-0.029119	1.008603	-0.000000
Gyroscope Y :	0.010399	1.001887	-0.000157
Gyroscope Z :	0.009130	1.005755	0.000392
Magnetometer X :	-3.600000	1.831502	0.074872
Magnetometer Y :	11.325000	1.731602	0.432073
Magnetometer Z :	-24.000000	1.841621	-1.138588

	Rx	Ry	Rz	
Gravity Vector Angle :	0.669845	0.408643	0.580877	deg

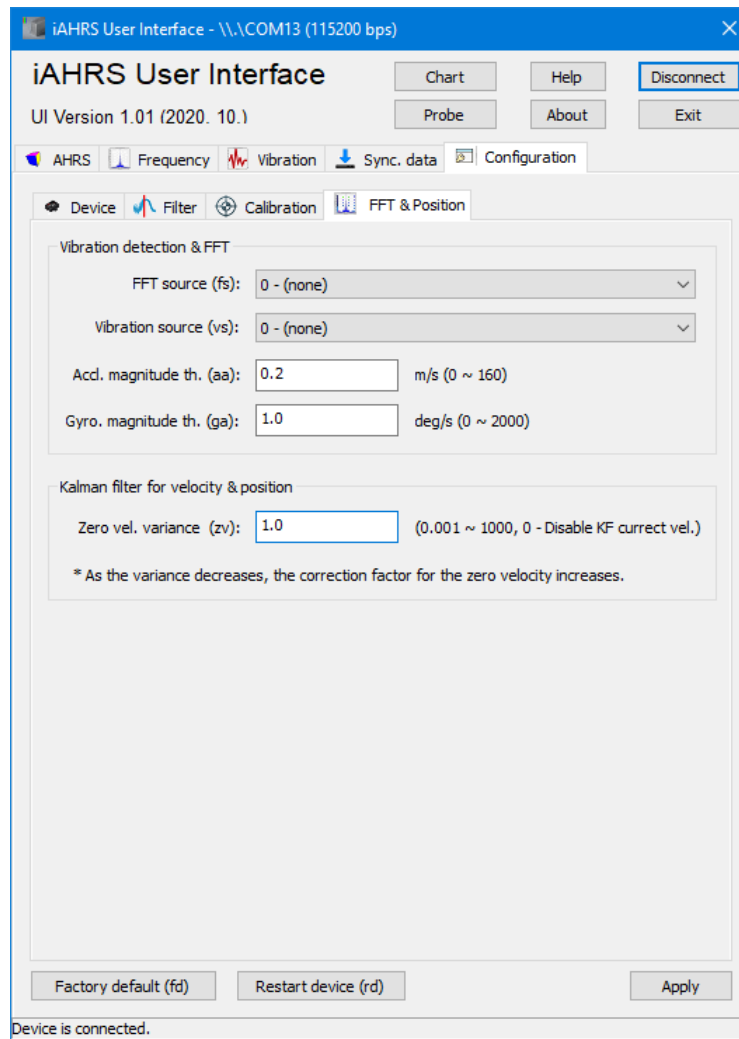
Buttons: Reset calibration data (rc), Calibrate gyro./accel. bias/scale (ca), Calibrate magnetometer (cm), Factory default (fd), Restart device (rd), Apply

Device is connected.

- [Reset calibration data] – 보정 값들을 모두 0 또는 1로 리셋
- [Calibrate gyro./accel bias/scale] – 각속도와 가속도의 bias와 scale에 대한 보정을 시작, 이전 단계의 보정에서 센서의 상태와 현 단계의 보정에서 센서의 상태에 따라 보정 되는 파라미터가 달라짐
- [Calibrate magnetometer] – 지자기의 bias와 scale에 대한 보정을 시작

※ 보정 절차에 관해서는 '4. [센서 보정](#)'장의 내용을 참조하십시오.

5.7.4 FFT & Position 탭



Frequency & magnitude detection 그룹

- FFT source – FFT를 수행할 소스 신호를 선택
- Accl. mangnitude th. - FFT 출력 가속도 크기의 임계값 설정, 가속도의 최대 크기가 임계값보다 작을 경우 0으로 취급
- Gyro. mangnitude th. - FFT 출력 각속도 크기의 임계값 설정, 각속도의 최대 크기가 임계값보다 작을 경우 0으로 취급

Kalman filter for velocity & position 그룹

- Zero vel. variance – 영속도(zero velocity)에 대한 분산 설정, 자이로와 가속도 센서의 입력으로부터 속도가 0이 되었다고 판단하면 칼만 필터가 계산한 현재 속도가 0이 되도록 보정하는데 이 때의 보정 비율을 결정함, 0으로 설정하면 자세각 보정 안함, 값이 작아질수록 보정 비율이 높아지며 값이 커질수록 보정 비율이 낮아짐

5.8 Chart 윈도우

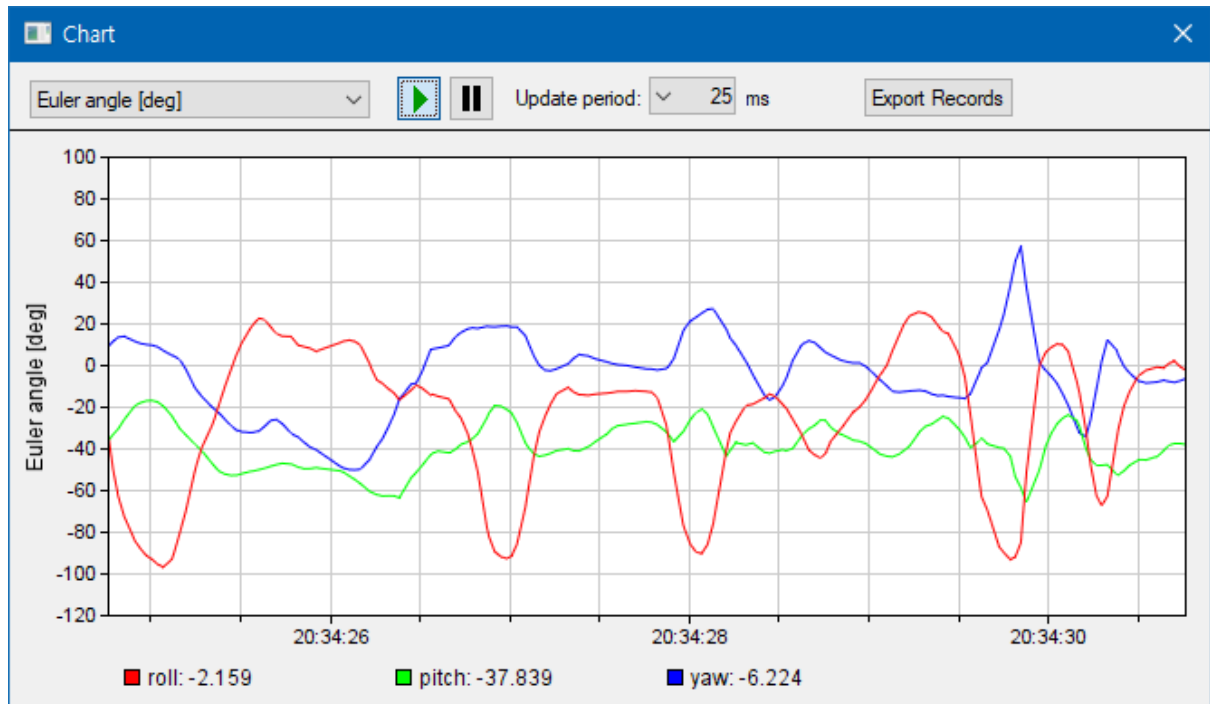
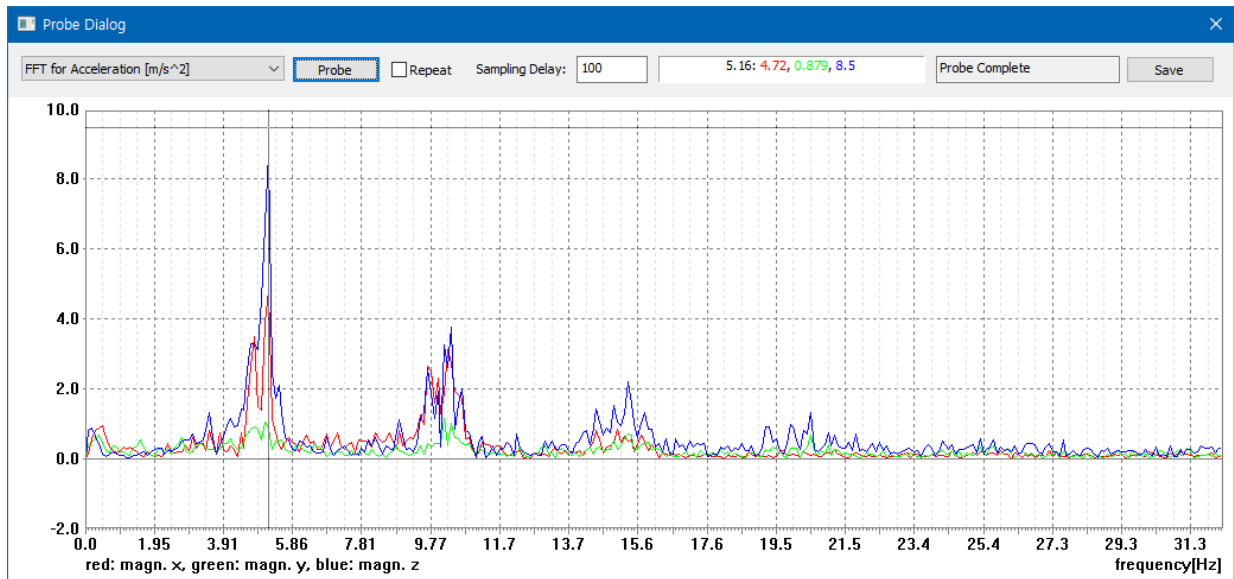


차트 윈도우에서 선택 가능한 차트의 종류:

- Euler angle - Euler angle로 변환된 자세와 방위각
- Rotation rate - 센서 좌표계 기준 각종 필터를 거쳐 출력되는 각속도 값
- Magnetic field - 센서 좌표계 기준 각종 필터를 거쳐 출력되는 지자기 값
- Acceleration - 센서 좌표계 기준 각종 필터를 거쳐 출력되는 가속도 값
- Acceleration – gravity - 전역 좌표계 기준 센서가 측정한 가속도에서 중력을 제거한 가속도 값
- Velocity - 전역 좌표계 기준 속도 값
- Position - 전역 좌표계 기준 위치 값

5.9 Probe 윈도우



센서 내부의 데이터를 모니터링 하기위한 용도로 사용됩니다. 주로 센서의 디버깅에 사용됩니다.

- Internal value selection – 버퍼에 저장할 센서 내부 variable 값 선택
- [Probe] – 센서 내부 variable 값을 버퍼에 저장하고 저장된 값을 읽어옴
- Repeat – 체크된 경우 Probe 과정을 반복함
- Sampling Delay – 값을 수집할 때, 반복 수집 횟수
- Coordinate – 그래프의 x위치에 대한 값 표시
- Status – Probe 상태 표시
- [Save] – 센서에서 읽은 내용을 파일로 저장

6 센서 보정

6.1 센서 측정값 보정

가속도와 자이로, 자기 센서의 출력 값을 읽으면 센서의 고유 특성과 주변 온도 변화 등에 영향을 받아 편향된 값이 측정됩니다. 회전 Kalman filter가 계산하는 각도의 정밀도를 높이기 위해서는 가속도와 각속도 값으로부터 이러한 오차들이 보정되어야 합니다.

AHRS 센서에서 사용하는 보정 파라미터는 다음과 같습니다:

- 1) 가속도와 각속도, 자기 데이터의 temperature coefficient
- 2) 가속도와 각속도, 자기 데이터의 bias와 scale
- 3) 가속도 센서의 중력에 대한 gravity rotation matrix

이 중, 1) 항목의 temperature coefficient는 사용자가 보정할 수 없습니다. 이 값은 제품 생산시 계산되어 고정된 값으로 출하됩니다. 하지만 2)와 3)은 보정(calibration) 명령을 실행하여 사용자가 직접 보정 가능합니다.

가속도 센서, 자기 센서로부터 읽은 값에는 센서의 특성과 주변온도, 마운트된 방향에 따른 에러를 포함하고 있습니다. 제일 먼저 센서 출력값에서 온도에 의한 바이어스를 보정하게 됩니다. 그리고 센서의 특성에 따른 바이어스와 스케일을 보정합니다.

6.1.1 캘리브레이션 대화상자

메인 화면에서 Configuration 탭 – Calibration 탭으로 이동하면 Calibration 대화상자가 실행됩니다.

	Bias	Scale	Temp. Coef.
Acceleration X :	-0.010996	0.996864	-0.000001
Acceleration Y :	-0.021998	0.997273	-0.000364
Acceleration Z :	-0.012222	0.977931	-0.001634
Gyroscope X :	-0.029119	1.008603	-0.000000
Gyroscope Y :	0.010399	1.001887	-0.000157
Gyroscope Z :	0.009130	1.005755	0.000392
Magnetometer X :	-3.600000	1.831502	0.074872
Magnetometer Y :	11.325000	1.731602	0.432073
Magnetometer Z :	-24.000000	1.841621	-1.138588

	Rx	Ry	Rz	
Gravity Vector Angle :	0.669845	0.408643	0.580877	deg

Reset calibration data (rc)

Calibrate gyro./accel. bias/scale (ca)

Calibrate magnetometer (cm)

캘리브레이션 과정을 진행하기 위한 버튼:

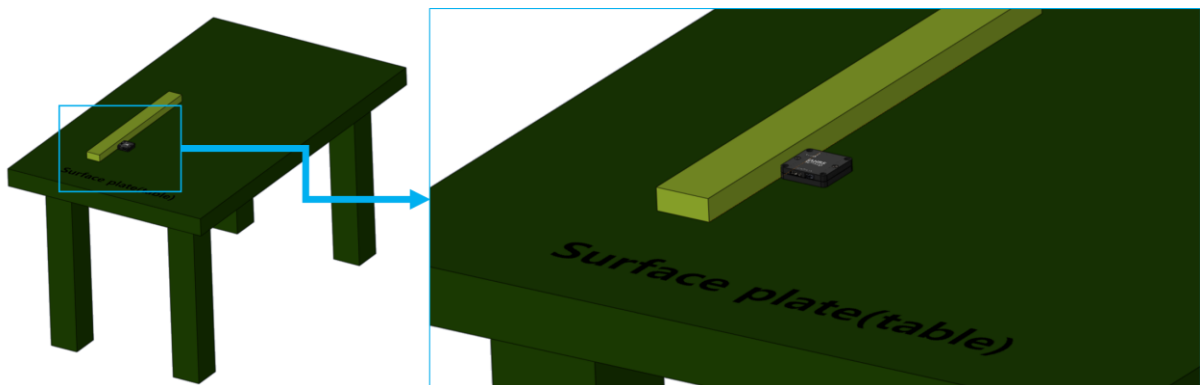
- [Reset calibration data] – 센서의 캘리브레이션 데이터를 모두 초기값으로 리셋
- [Calibrate gyro./accel. bias/scale] – 자이로와 가속도 센서의 바이어스와 스케일을 보정
- [Calibrate magnetometer] – 자기 센서의 바이어스와 스케일을 보정

※ iAHRS 센서는 자이로와 가속도 센서의 스케일과 바이어스가 보정되어 출하됩니다. 그러므로 구입한 센서는 보정과정 없이 바로 사용가능합니다. 만일 새로 보정(calibration)해야할 경우에 보정에 대한 자세한 방법과 절차 등을 숙지하신 상태에서 수행하시기 바랍니다.

6.2 각속도의 Bias

6.2.1 X, Y, Z 축 Bias

각속도의 바이어스를 계산하기 위해서 먼저 iAHRS 센서를 정반과 같이 평평한 곳에 수평을 유지하도록 설치하고 보정이 진행되는 동안 움직이지 않도록 고정합니다. 그리고 Calibration 대화상자의 [Calibrate gyro./accel. bias/scale] 버튼을 누릅니다.



바이어스를 계산하는 과정은 약 3초정도 소요되며, 빨간색과 파란색 LED가 번갈아 빠른 주기로 깜박여서 보정 파라미터를 계산하고 있음을 표시합니다. iAHRS 센서는 2초동안 각속도 센서 출력 데이터를 수집하고 평균을 내어 각속도의 바이어스를 계산합니다. 이 과정 중 센서를 움직여서는 안됩니다. (센서 이동 및 회전 포함)

보정이 완료되면 2초 동안 파란색 LED가 길게 깜박입니다. 실패한 경우 2초 동안 빨간색과 파란색 LED가 동시에 1번씩 깜박입니다.

각속도의 바이어스 보정 과정이 완료되면 Calibration 대화상자에서 다음 그림에서와 같이 보정된 값이 붉은색 글씨로 표시 업데이트 됩니다.

Gyroscope X :	-0.022243	1.000000	0.000000
Gyroscope Y :	0.016784	1.000000	0.000000
Gyroscope Z :	-0.014702	1.000000	0.000000

※ 바이어스 보정 시 주의사항 ※

바이어스 보정 수행 시, iAHRS 센서를 정반(surface plate)과 같이 수평이 보장되는 곳 위에 올려둔 후 진행하여야 하고, 만일 바이어스 보정 중 센서에 미세한 움직임 혹은 진동이 가해진 경우에는 보정작업을 재수행 하시기 바랍니다. 수평, 무진동 환경을 권장합니다.

6.3 각속도의 Scale

6.3.1 X 축 Scale

각속도의 스케일은 iAHRS 센서를 X, Y, Z축으로 각각 360° 회전하였을 때 측정되는 각속도의 적분값을 사용하여 계산합니다. 먼저 X축 각속도 스케일을 보정하기 위해 센서를 아래 그림과 같이 Z축이 위를 향하도록 정반과 같은 평평한 곳에 둡니다. 그리고 Calibration 대화상자의 [Calibrate gyro./accel. bias/scale] 버튼을 눌러 보정작업을 시작합니다. 이때 센서는 Z축으로의 각도 변위에 대한 초기값을 설정합니다.

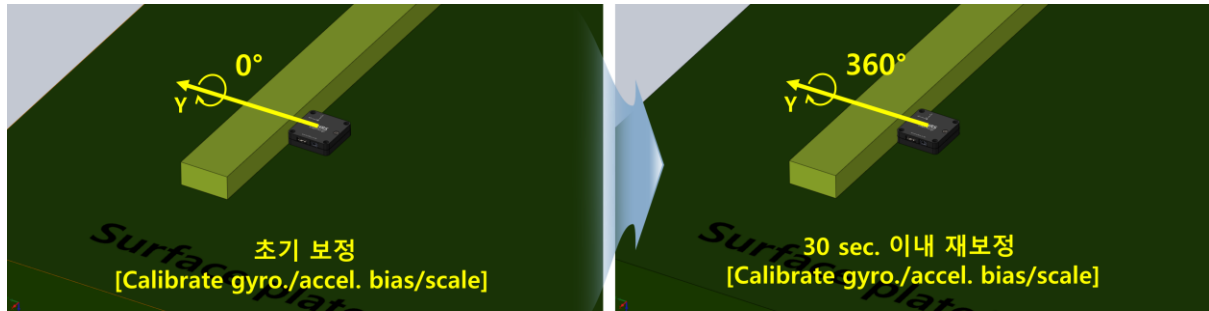


그 후 30초 이내에 X축을 기준으로 360°만큼 천천히 회전합니다(roll 회전). 회전할 때 회전 축이 틀어지지 않도록 주의해야 하며 회전의 방향은 시계 방향이던 반시계 방향이던 무관합니다. 회전이 끝나고 센서를 다시 원위치에 평평하게 고정한 후 [Calibrate gyro./accel. bias/scale] 버튼을 누릅니다. 그러면 센서는 초기값과 현재값을 비교해 x축(roll 회전)의 스케일을 계산합니다. 이 과정은 30초 이내에 수행되어야 합니다.

Gyroscope X :	-0.020337	1.020830	0.000000
Gyroscope Y :	0.015168	1.000000	0.000000
Gyroscope Z :	-0.019453	1.000000	0.000000

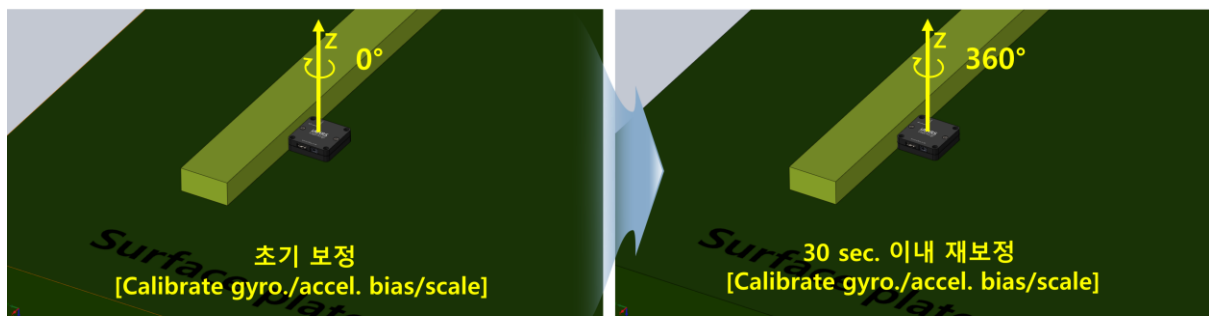
6.3.2 Y 축 Scale

X축과 동일한 방법으로 Y축의 스케일을 보정합니다. 정반과 같은 평평한 곳에 센서를 두고 [Calibrate gyro./accel. bias/scale] 버튼을 눌러 보정을 합니다. 그 후 Y축을 기준으로 360° 회전합니다(pitch 회전). 그리고 다시 [Calibrate gyro./accel. bias/scale] 버튼을 누릅니다. 그러면 센서는 초기값과 현재값 간의 차로부터 Pitch 회전의 스케일을 계산하게 됩니다.



6.3.3 Z 축 Scale

Y축과 동일한 방법으로 Z축의 스케일을 보정합니다. 정반과 같은 평평한 곳에 센서를 두고 [Calibrate gyro./accel. bias/scale] 버튼을 눌러 보정을 합니다. 그 후 z축을 기준으로 360° 회전합니다(Yaw 회전). 그리고 다시 [Calibrate gyro./accel. bias/scale] 버튼을 누릅니다. 그러면 센서는 초기값과 현재값 간의 차로부터 Yaw 회전의 스케일을 계산하게 됩니다.

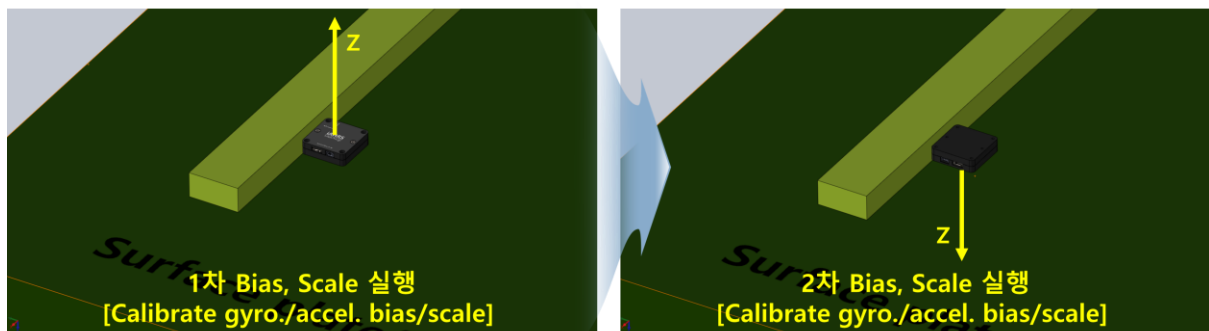


※ 정밀한 센서 스케일 보정을 위하여, 특히, Z축을 기준으로 회전할 때는(Yaw 회전), 상기 그림과 같이 센서 정렬과 360° 회전을 확인할 수 있는 고정 막대를 설치하고 진행하는 것을 권장합니다. (X, Y축 센서 스케일 보정 역시 고정바 설치를 권장합니다.)

6.4 가속도의 Bias와 Scale

6.4.1 Z 축 Bias 와 Scale

가속도의 바이어스와 스케일은 지구 표면의 중력이 1g라는 사실을 활용하여 계산됩니다. 먼저 센서를 +Z축이 위를 향하도록 정반과 같은 평평한 곳에 고정합니다. 그리고 Calibration 대화상자의 [Calibrate gyro./accel. bias/scale] 버튼을 누릅니다. 센서의 빨간색과 파란색 LED는 2초동안 번갈아 빠른 속도로 깜박입니다.

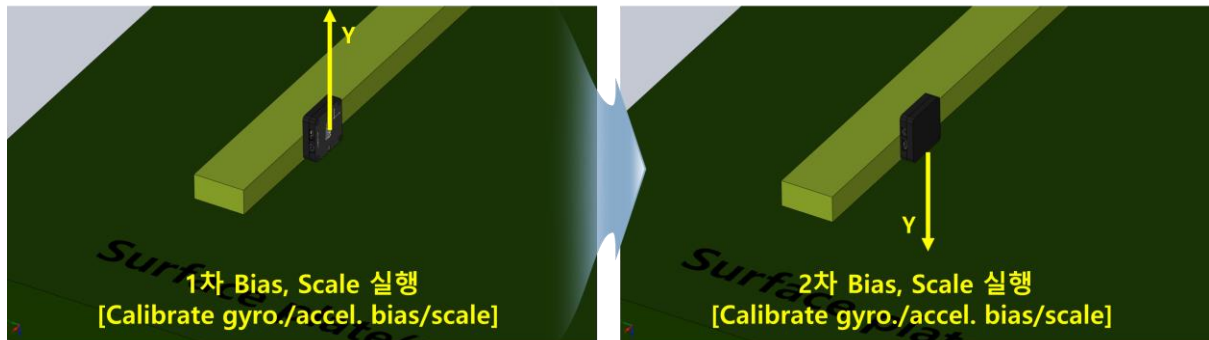


다시 센서의 -Z축이 위를 향하도록 방향을 180°도 회전하여 고정합니다. 그리고 [Calibrate gyro./accel. bias/scale] 버튼을 누릅니다. 이때 센서는 Z축으로 작용하는 중력가속도의 최대값과 최소값을 측정합니다. 그리고 그 측정된 값들로부터 Z축에 대한 가속도 센서의 바이어스와 스케일을 계산합니다.

	Bias	Scale	Temp. Coef.
Acceleration X :	0.000000	1.000000	0.000000
Acceleration Y :	0.000000	1.000000	0.000000
Acceleration Z :	0.007260	0.992792	0.000000

6.4.2 Y 축 Bias 와 Scale

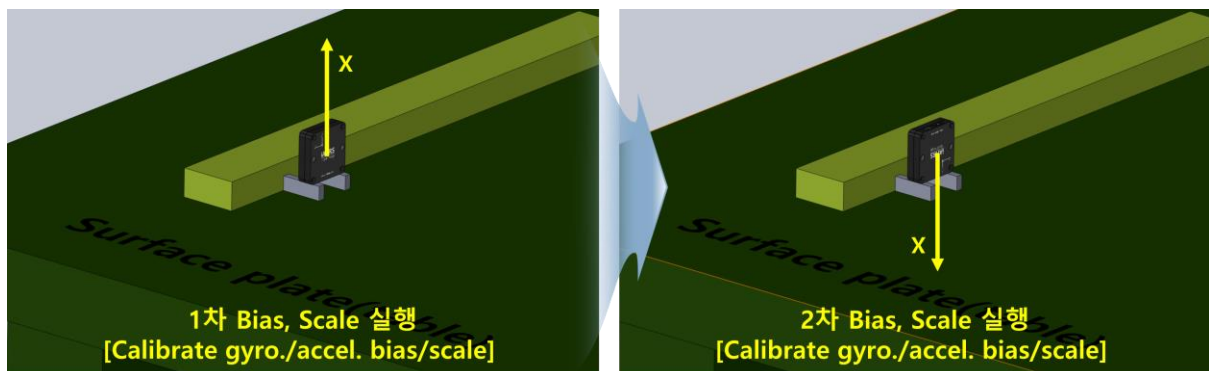
상기와 같은 과정을 +Y축과 -Y축에 대하여 수행합니다.



6.4.3 X 축 Bias 와 Scale

상기와 같은 과정을 +X축과 -X축에 대해서도 실시합니다.

X축 바이어스, 스케일 보정 시에는 케이블 커넥터 간섭을 피할 수 있는 추가적인 기구물 사용을 추천합니다. (아래 그림 참조)



6.5 가속도 센서 칩의 기울어짐

가속도 센서 칩의 기울어진 각도 보상은 (PCB 보드 칩 실장 상 오차 보정) 가속도의 scale 계산과 동시에 수행됩니다. 단, 가속도 센서 칩의 기울어짐을 올바르게 계산 및 보정 환산하기 위하여, 앞 절(6.4 [가속도의 Bias와 Scale](#))에서 설명한 보정 작업을 선행하십시오. 동일한 방법으로 한 번 더 보정 작업을 수행하게 되면, iAHRS 센서 내 가속도 센서 칩의 기울어진 각도를 계산하고 올바른 보정 작업이 마무리됩니다.

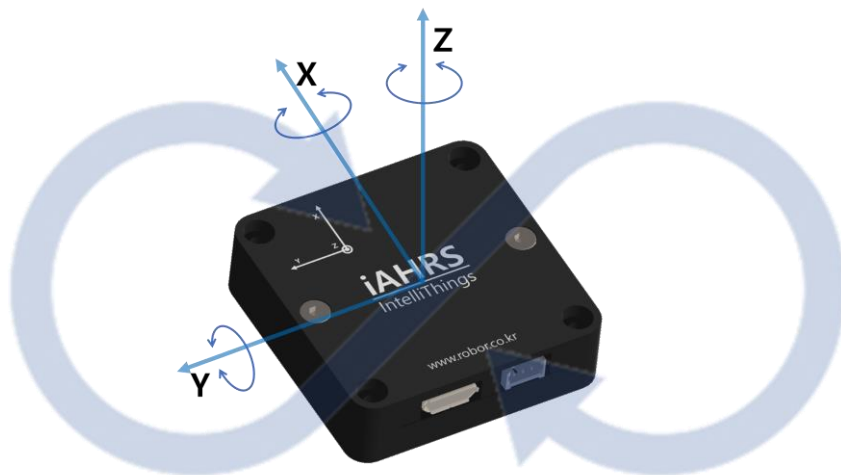
다음 그림은 가속도 센서 칩의 기울어짐을 Z+축 기준으로 측정하여 Roll, Pitch 각의 계산이 완료되었을 때의 Calibration 대화상자에 표시되는 내용입니다. 이 과정은 『Z-축 → Y+축 → Y-축 → X+축 → X-축』 순으로 수행되어야 합니다.

	Rx	Ry	Rz	
Gravity Vector Angle :	<input type="text" value="-0.634396"/>	<input type="text" value="-1.441715"/>	<input type="text" value="0.000000"/>	deg

6.6 자기 센서의 Bias와 Scale

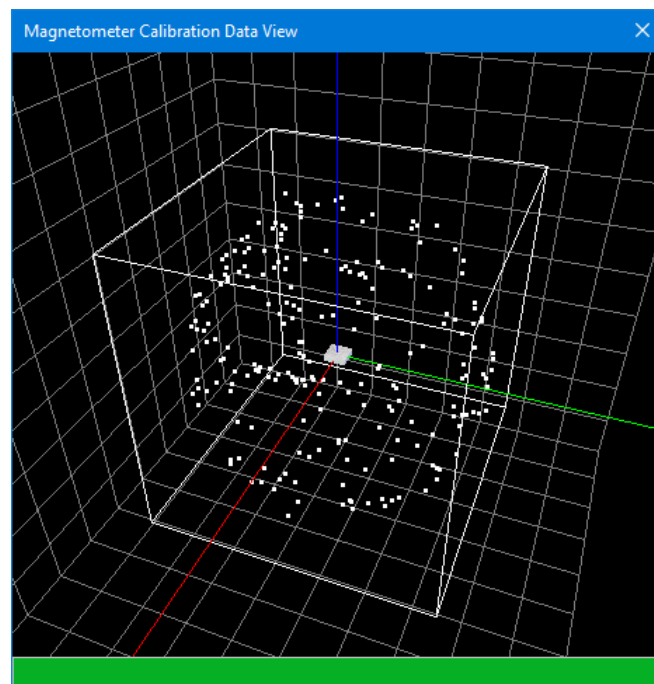
전 세계 지구 자기장의 크기는 약 $20\ \mu\text{T} \sim 80\ \mu\text{T}$ 이며, 한국의 경우 $50\ \mu\text{T}$ 입니다 (iAHRS 자기센서의 보정출력 기준). 자기 센서의 바이어스와 스케일은 지구 자기장의 크기와 방향으로 보정이 이루어지기 때문에 모터나 자석, 철제 프레임 등이 있는 장소에서는 올바른 보정이 어렵습니다.

따라서, 자기센서의 신뢰도 높은 데이터 획득을 위하여 가급적 지구 자기장의 오염, 방향 왜곡 현상 등이 발생되지 않는 빈 공간에서 다음의 절차에 따라 보정 작업을 수행하십시오.



센서를 빈 공간에서 손으로 들고 Calibration 대화상자의 [Calibrate Magnetometer] 버튼을 누릅니다. 센서의 LED는 60초동안 빠른 속도로 깜박이면서 지구자기 데이터 수집 중임을 표시합니다. 이때, 모든 방향의 자기장을 수집하여야 함으로 손으로 잡고 있는 센서를 여러 방향으로 향하도록 이리저리 돌려줍니다. 60초 후 수집된 데이터로부터 각 축의 바이어스와 스케일을 계산합니다.

Magnetometer X :	-4.950001	1.019368	0.000000
Magnetometer Y :	9.375000	1.030397	0.000000
Magnetometer Z :	-22.349998	0.936330	0.000000



7 주의 및 A/S

에러 대처 (1.3 [LED](#) 참조)

- 1) 전원이 공급되고 기기가 동작 중이라면 파란색 또는 빨간색 LED가 항상 깜박입니다. LED가 꺼져 있다면 USB 케이블 또는 RS-232 포트를 통해 전원이 공급되는지 확인하십시오.
- 2) 빨간색 또는 파란색 LED가 항상 켜진 상태라면 기기의 펌웨어가 올바르게 동작하지 않는 상태입니다. 제품 판매처에 문의하십시오.
- 3) 기기의 LED는 깜박이지만 USB 또는 RS-232 통신이 되지 않는 경우 다음을 확인하십시오.
 - USB로 연결한 경우, 장치 관리자에서 가상 COM 포트 드라이버가 올바르게 등록되었는지 확인
 - 규격의 USB 케이블을 사용하였는지 확인, 충전용 USB 케이블이 아닌지 확인
 - RS-232로 연결한 경우, PC측 RS-232 포트의 Rx, Tx를 연결하여 에코가 들어오는지 확인
- 4) UI 하단의 상태바에서 다음 에러를 표시할 수 있습니다:

Device is disconnected	기기와 연결을 끊은 상태, [Connect] 버튼으로 재연결
Communication bus error	USB 단자가 빠진 경우, USB 케이블 접속 상태 확인
Device is not responding	기기와 통신이 되지 않는 상태, USB 또는 RS-232 연결 케이블 접속 상태 확인
Calibration failed	캘리브레이션 도중 진동이나 움직임에 의해 실패한 경우
Voltage exceeds rated range	기기에 입력되는 전원의 허용 전압 범위를 벗어난 경우
Temperature exceeds rated range	기기의 온도가 허용 온도 범위를 벗어난 경우
Gyroscope exceeds full scale	각속도 센서의 입력 값이 너무 큰 경우, Configuration-Filter 탭에서 Gyro. full scale을 높은 값으로 선택
Acceleration exceeds full scale	가속도 센서의 입력 값이 너무 큰 경우, Configuration-Filter 탭에서 Accel. full scale을 높은 값으로 선택
Earth's magnetic field is interfered	지자기 센서의 입력 데이터가 주변 자기장에 의해 오염되어 크기가 50uT를 벗어난 경우, Configuration-Calibration 탭에서 [Calibrate magnetometer] 버튼을 실행하여 지자기 센서 보정
Flash access error	Flash에 설정값 저장 실패, 판매처 문의
Accl&&Gyro sensor error	가속도&각속도 센서 읽기 실패, 판매처 문의
Magn sensor error	지자기 센서 읽기 실패, 전원을 껐다 켜
Factory default error	공장 초기 설정값이 기록되어 있지 않음, 판매처 문의
Filter exec. time overflow	필터 수행시간 초과, 판매처 문의
Sensor exec. time overflow	센서 읽기 시간 초과, 판매처 문의

전기적 주의사항

- 1) 정격압력 이상을 인가하지 마십시오. 제품 파손의 우려가 있습니다.
- 2) 반드시 사양 범위에서 사용하여 주십시오. 제품의 수명이 단축되는 원인이 되며 화재의 우려가 있습니다.
- 3) 본 제품의 내부로 먼지나 배선찌꺼기가 유입되지 않도록 하여 주십시오. 제품 소손의 우려가 있습니다.
- 4) 측정 단자의 극성을 확인한 후 배선을 정확하게 연결하십시오. 제품 소손의 우려가 있습니다.
- 5) 부식성 매체에 사용하지 마십시오. 제품 수명이 단축되는 원인이 되며 파손의 우려가 있습니다.
 - PC USB포트 자체전원(5V)이나 RS232용 커넥터 전원 중 한 곳으로만 전원 입력을 권장드립니다.
 - 제공해 드리는 통신 및 전원 공급용 케이블을 사용할 것을 권장합니다. 케이블 커넥터 조립 및 배선의 잘못된 장착 등은 하드웨어의 성능에 영향을 미칠 수 있고 이로 인해 전기전자 칩셋의 결함 및 측정 데이터의 성능저하로 이어질 수 있습니다.

취급 주의사항

- 1) 취급 및 설치
 - A. 떨어뜨리거나, 부딪히거나, 과도한 충격을 가하지 마십시오.
고장, 오동작의 원인이 됩니다.
 - B. 케이블을 강하게 잡아당기지 마십시오.
고장, 오동작의 원인이 됩니다.
 - C. 통신포트에 바늘 등과 같이 뾰족한 것을 넣지 마십시오.
고장, 오동작의 원인이 됩니다.
- 2) 배선
 - A. 케이블을 반복해 굽히거나 당기거나 무거운 것을 싣거나 힘이 가해지지 않도록 하십시오.
케이블 단선의 원인이 됩니다.
 - B. 배선 작업을 전기가 통하고 있는 중에 하지 마십시오.
고장, 오동작의 원인이 됩니다.

3) 사용환경

- A. 서지 발생원이 있는 장소에서는 사용하지 말아 주십시오.

압력센서 주변에 큰 서지를 발생시키는 장치 또는 번개서지가 있는 경우 압력센서 내부 회로소자의 열화 또는 파괴를 일으킬 우려가 있으므로 발생원의 서지대책을 고려함과 동시에 라인의 접촉을 피해 주십시오.

- B. 강한 고주파 노이즈가 발생하는 기기 근처에서 사용하지 마십시오.

강한 고주파 노이즈가 발생하는 기기(고주파 용접기, 고주파 미싱기, 대용량 SCR 콘트롤러 등)의 노이즈가 압력센서 신호라인에 유입되어 오동작할 우려가 있습니다.

- C. 주위온도가 갑자기 변하지 않도록 하여 주십시오.

주위온도가 갑자기 변화하면 정밀도가 나빠지므로 급격한 주위온도 변화는 피해 주십시오. (권장 운용온도: -20 ~ 80°C)

4) 보수점검

- A. 보수점검은 공급전원을 차단한 후 실시해 주십시오.

고장, 오동작의 원인이 됩니다.

- B. 보수점검은 정기적으로 실시해 주십시오.

센서의 오동작으로 시스템구성 기기의 의도치 않은 오동작을 일으킬 가능성이 있습니다.

A/S 정보

ROBOR
CUSTOMER SERVICE



A/S 관련 문의 메일 robocokr@gmail.com

고객센터 문의 전화 031-417-8282 (Fax: 0303-0956-0158)

고객센터 주소 경기도 안산시 상록구 후곡로23, 402호

고객센터 운영시간 월~금요일 (주말, 공휴일 휴무), 10:00 ~ 17:00시 (점심시간: 11:00 ~ 12:30)

[무상 서비스]

제품의 보증기간은 구매일로부터 적용되며, 정상적인 사용 및 상태에서 발생한 품질, 성능, 기능상의 문제에 대해 무상서비스를 받으실 수 있습니다.

[유상 서비스 및 A/S 불가 사항]

당사의 판매 제품에 대한 무상 보증 기간은 구매일 기준을 적용됩니다. (단, 수기영수증 적용 불가)

구입일로부터 1주일 이내에 제품에 문제가 발생한 경우, 초기불량*으로 인정되어 새 제품으로 교환되며, AS 업무 상 TEST 후 출고되므로 상품이 개봉된 상태로 출고될 수 있습니다.

※ 초기불량: 구매일로부터 1주 이내 기간 내에 발생한 제품의 문제는 당사의 귀속으로 처리, 서비스 규정에 의거 후속 처리 진행해 EMFLQSLEK. (단, 구매영수증, 내역을 반드시 확인할 수 있어야 하며, 수기영수증은 효력이 없습니다.)

구매일 기준 1주 이후 제품의 문제가 발생한 경우, 교체가 아닌 수리처리 되며, 소정의 비용이 청구될 수 있습니다.

보증기간 이내에 제품의 단조로 인해 수리 또는 교체가 불가능한 경우 동급의 제품 또는 상위 제품으로 교환 처리됩니다.

※ 당사와 별도의 계약에 의해 납품된 제품(OEM 등)의 대한 보증기간은 계약서에 고시된 내용을 기준으로 합니다.

우편 및 택배접수

- 구매일로부터 7일 안에 발생한 초기불량 건에 대해서만 왕복배송비를 지원합니다.
- 초기불량 제품 발송 시, 영수증을 꼭 동봉해 주십시오. 영수증이 없으시면, 당사와 공동부담 합니다.
- 선불 발송 시, 당사도 선불로 발송해 드리며, 착불 발송시, 당사도 착불로 발송해 드립니다. 가급적 선불로 발송해 주십시오.
- 무상보증 기간 내이지만, 소비자의 명백한 과실일 경우, 배송비 전액을 소비자가 부담합니다.
- 무상 기간이 지난 제품 및 오토바이, 쿼배송에 한해서는 배송비 전액 소비자 부담입니다.
- 택배 서비스는 지정택배사 (우체국 택배)를 이용하셔야 하며, 다른 택배사 이용 시 고객센터에서 착불로 발송되는 점을 숙지해 주십시오.
- 지정택배(우체국 택배) 이용시에는 무상 기간내에 1회 선불 적용

제품의 상세 설명 및 외형 구성은 개선을 위하여 예고없이 변경될 수 있습니다.

제품 구매 전 구매하려는 시스템이 호환되는지 꼭 확인 후, 구매하십시오.

제품 설명 중 하드웨어 및 기타 장치가 세팅된 이미지는 제품의 이해를 돕기 해 삽입 연출된 것으로 제품에 기본 제공되지 않습니다.

제품 정보의 저작권은 ㈜로버에 있으며 무단 도용 시, 법적 처벌을 받을 수 있습니다

Copyright© 2020 ROBOR Co., Ltd. All rights reserved.