

MS-RA1xM Data Sheet

Model Number: MS-RA1xM (RA11M/RA12M/RA32M)

Description: Data Sheet of MS Series Radar Modules

Document Number: MS-RA1xM/3xM_Doc2020_v1.6

MS-Series



Radar Sensor Module

목차

1.	제품 개요 (Product Outline)	3
2.	특징 (Features)	6
3.	Pin 설명 (Pin Description)	7
4.	전기 규격 (Electrical Characteristics)	.10
5.	안테나 특성 (Antenna Characteristics)	.12
6.	외관 규격 (Mechanical Outlines)	.17
7.	GUI Software	.19
8	성능평가	23



1. 제품 개요 (Product Outline)

MS-RA1xM (MS-RA11M/12M/14M)과 MS-RA3xM (MS-RA32M) 레이더 모듈 제품들은 물체의 움직임, 속도 및 방향을 검출하는 모션 센서로 24GHz 대역의 ISM 밴드에서 동작하는 CW(Continuous Wave)를 이용한 도플러(Doppler)방식의 레이더 센서 모듈(Radar Sensor Module)입니다.

RA1xM/3xM 시리즈 모듈은 안테나의 수에 따라 MS-RA11M/MS-RA12M/MS-RA14M 제품 군과 진동감지 센서가 내장된 MS-RA32M으로 구성되어 있습니다. 각 모듈 별 동작 범위는 RCS 1m² (성인 인체)를 기준으로 약 5 ~ 8m (RA11M), 7 ~ 10m (RA12M/32M), 8 ~ 15m (RA14M) 정도입니다. 위에서 제시된 거리는 측정 환경과 모듈에 내장된 Digital AMP 의 Gain 에 의해서 조절이 가능합니다.

MS-RA11M 은 가장 간단한 구조로 되어있는 모듈로 측정 물체의 움직임과 속도를 측정하는 기능을 지원합니다. MS-RA12M/RA14M 은 측정 물체의 움직임, 속도 및 진행 방향을 검출하는 기능을 지원합니다. 진행방향 검출은 물체가 센서로 다가오는 방향인지 멀어지는 방향인지를 측정하는 기능입니다.

MS-RA3xM 시리즈는 MS-RA12M의 기능에 진동 감지 센서를 내장하여 레이더 센서의 가해지는 충격에 의해 발생하는 감지 오류를 보상하는 기능이 있는 제품입니다.

MS-RA1xM/RA3xM 모듈은 레이더 전용 트랜시버 IC (Transceiver IC)와 32Bit 신호처리용 MCU 를 내장하여 외부 보조 회로가 없이 단독으로 동작이 가능하고, 디지털 신호처리를 하여 우수한 동작 특성이 보장되고 다양한 기능 구현이 가능합니다.

사용된 레이더 전용 IC는 One chip으로 구성되어 24GHz의 고주파에서도 공차가 거의 없고 특히 IC 의 내부에 온도 보상회로를 내장하여 외부 환경의 변화에도 편차가 거의 없는 성능을 구현하였습니다.

내장된 32bit 신호처리 MCU 는 CortexM0+를 사용하여 디지털 증폭기, FFT 신호 처리기, 신호 비교기 등의 기능을 구현하여 감지 범위의 미세 조정(50 단계), 감지 물체의 속도(KM/H), 2 단계 접근 감지 범위 설정, 물체의 방향과 진동에 의한 오류방지 기능 등을 지원합니다. 이러한 기능은 외부 추가 회로 없이 모듈 단독으로 동작이 가능하며, 외부 콘트롤러가 있는 경우 시리얼 통신 포트를 통해서 실시간 설정 및 조절이 가능합니다.

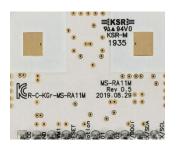




기존의 개별 구품으로 구성된 5G/10G 밴드에서 사용하는 레이더 모듈은 저가형 공조기를 사용하여 발진 및 복조를 하여 편차가 크고 신호처리부가 내장되어 있지 않습니다. 이러한 저가형 공조기는 생산 편차가 커서 일정한 품질을 유지하기가 어려운 점이 있습니다. 기존에 판매되는 5G/10G 밴드 제품은 자체 신호처리 부를 내장하고 있지 않아서 외부에 별도의 신호처리 회로를 추가하여 사용을 하여야 합니다. 많은 경우 추가 회로로 단순한 아날로그비교기를 사용하여 간단한 물체 움직임의 여부만을 검출하는 방식을 사용하므로 복합적인 판단이 어렵고 많은 오류가 발생합니다. 당사의 MS-RA1xM/3xM 모듈은 신호의 특성 및 판단을 위해 디지털 신호처리를 사용하여 기존의 레이더 모듈과는 기능적으로 완전히 차별화된 제품입니다.

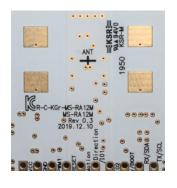
MS-RA1xM/3xM 모듈을 사용하여 응용 제품을 개발 시 사용자가 레이더 모듈의 성능과 기능을 쉽게 평가하고 목표로 하는 성능 구현을 위해 자체 시험이 가능한 PC 용 GUI 소프트웨어를 제공하고 있습니다. 이러한 PC 소프트웨어를 통해서 제품 개발 전에 충분한 시험을 하여 원하는 제품을 쉽고 빠르게 개발하는 것이 가능합니다.

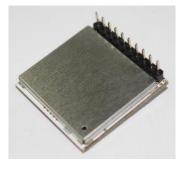
MS-RA11M





MS-RA12M/MS-RA32M



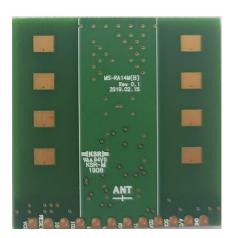








MS-RA14M





2. 특징 (Features)

- ➤ 물체의 움직임, 속도 및 방향 검출이 가능한 24.05GHz ~ 24.25GHz K-Band 레이더 모듈 (실내외 사용 가능 / 방향 검출 기능은 RA12M/14M/32M 전용)
- > 5m ~ 15m 까지 다양한 검출 범위를 가지는 제품 군 (검출범위는 Human's motion 기준이고 제시된 최대 검출 범위는 내장된 digital amp 와 와 gain controller 를 이용하여 미세 조정이 가능)
- ▶ 다양한 동작 범위를 가지는 PCB 패치 안테나 (Patch Antenna)
- ▶ 소형 (22x18mm/22x22.5mm/33x32mm), 저전력 모듈(65mA)
- ▶ 32bit 디지털 신호처리 기능 내장
 - ✓ 4 단계 digital amp
 - ✓ 움직임 검출을 위한 50 단계 Threshold Level 설정
 - ✓ 20 stage moving average 검출
 - ✓ 물체 방향성 검출 (MS-RA12M/14M 전용)
 - ✓ 256 FFT 를 이용한 물체의 속도 검출 (KM/H)
 - ✔ 최고/최대 속도 검출 기능 (Min/Max Velocity)
- ▶ 진동 감지 기능 (RA32M 전용)
 - ✓ 10 단계 (0.1G) 단위의 진동 및 충격 감지 범위 설정
 - ✓ 진동 감지 별도 출력 설정
- ▶ 모듈의 동작 평가가 간단하고 개발이 용이한 평가보드 및 GUI 소프트웨어 제공
- > 전용 소프트웨어 개발을 위한 SDK 제공 (신호처리 라이브러리 포함)
- > 온도 보상회로로 주변 환경의 변화에 관계 없이 일정한 동작 특성의 보장
- ➤ 주변 신호 잡음, 특히 통신 잡음의 간섭 방지를 위한 보호 필터 내장 (2.4GHz WiFi Noise Immunity)
- ▶ 잡음 제거용 IIR 필터 내장
- ▶ 가장 일반적인 3.3V 단일 전원 동작
- ▶ 모든 모듈이 동일 interface pins 을 사용하여 호환 가능



3. Pin 설명 (Pin Descriptions)

PIN PIN NAME NUMBER		PIN NAME	PIN NAME	DESCRIPTION	
	MS-RA11M		MS-RA32M		
1	VCC	VCC	VCC	3.3V (Typical) (Note1)	
2	GND	GND	GND		
3	PWM	PWM	PWM	User definition I/O (Note2)	
4	nRESET	nRESET	nRESET	Module Reset	
5	Motion out	Motion out	Motion out	Motion detection signal output	
6	IO1	Approaching	Approaching	Direction of object / User definition I/O (Note3)	
7	IO2	Departing	Departing	Direction of object / User definition I/O (Note3)	
8	Velocity Out	Velocity Out	Vibration Out	Velocity or Vibration Output/ User definition I/O (Note3)	
9	RX	RX	RX	Command Control Port	
10 TX		TX	TX	Command Control Port	

표 3 Pin 설명

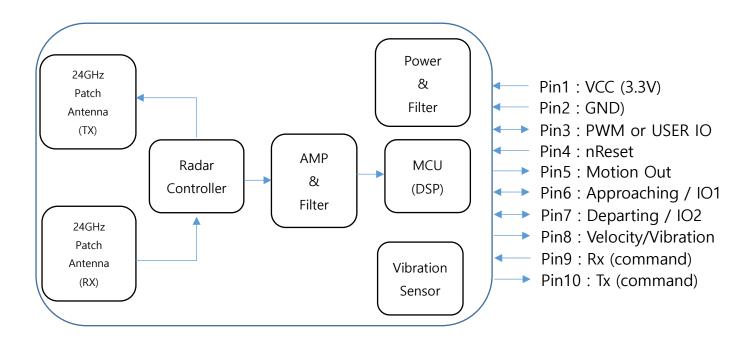
Note1: MS-RA11M 모듈은 정밀한 아날로그 회로를 가지고 동작을 하기 때문에 잡음이 없는 전원을 공급하는 경우에 규정된 동작특성이 구현됩니다. 정확한 동작을 위해서는 필터를 사용하여 시스템이나 전원부의 잡음이 제거된 전원을 공급해야 합니다.

Note2: PWM Pin 은 사용자의 목적에 맞게 Input/Output programming 이 가능한 general purpose I/O signal 입니다. 추가적으로 PWM Pin 은 내부 MCU의 H/W PWM block 과 연계되어 있어서 조명 control 에 사용이 가능합니다.





Note3: I/O Pin 은 사용자의 목적에 맞게 Input/Output programming 이 가능한 general purpose I/O signal 입니다. 추가적으로 I/O Pin 은 내부 MCU의 A/D convertor block 과 연계되어 있어서 아날로그 입력으로 사용이 가능합니다.



Pin 1: VCC

3.3V 동작 전원으로 레이더의 아날로그 동작을 위해 전원 잡음을 최대한 제거 후에 사용되어야합니다.

Pin 2: GND

Pin 3: PWM or User I/O

PWM 은 내장된 MCU 의 전용 PWM port 와 연결되어 있어서 LED lighting 과 같은 전원의 dimming control port 로 사용이 가능 합니다. PWM port 로 사용하지 않을 경우 General purpose I/O 로 사용이 가능합니다.

Pin 4: nReset

Low Active Reset Signal



Pin 5: Motion Out

레이더에 의해서 검출된 Motion Detection Signal Output. 사용자에 의해서 설정된 움직임 감지범위에 의해서 움직임이 검출되면 Motion Output signal 이 출력 됩니다.

Pin 6, 7: I/O1, I/O2 (RA11M)

Pin 6, 7: Approaching, Departing (RA12M, RA32M)

Pin6 과 Pin7 은 RA11M의 경우 General Purpose I/O interface signal 입니다. 이 I/O interface 는 A/D convertor input 으로 설정이 가능하여 analog signal interface 에도 사용될 수 있습니다. 예를 들어 Thermistor 와 같은 analog device 를 이용한 온도 측정용으로 사용이 가능합니다.

RA12M/14M/RA32M 의 경우 기본적으로 측정 물체의 방향을 출력 Pin 으로 설정이 되어 있습니다. 물체가 레이더 센서를 향해서 다가올 경우 Approaching 출력이 'H'로 되고 멀어질 경우 Departing 출력이 'H'로 됩니다. 또한 필요에 따라서 RA11M 과 같이 General Purpose I/O interface pin 으로 설정 사용 가능합니다.

Pin 8: Velocity Out (RA11M, RA12M, RA14M)

Pin 8: Vibration Out (RA32M)

Velocity out 은 레이더에 의해서 검출된 물체의 속도가 설정된 속도 범위에 해당되면 신호가 출력 됩니다. 속도 범위의 설정은 제공되는 GUI Interface 에 의해서 변경이 가능합니다. 기본 설정 값은 0.1KM/H~20KM/H입니다.

MS-RA32M 의 경우 Velocity out 대신에 Vibration out 이 출력 됩니다. 사용자에 의해서 설정된 10 단계 진동 감지 범위에 진동이 감지 되면 Vibration out pin 으로 출력이 됩니다.

Pin 9/ Pin 10: Tx/Rx (Command Control Interface)

MS series module 은 serial communication 을 통해서 외부의 MCU 와 여러 가지 정보를 interface 하는 것이 가능 합니다. Pin9/10 은 이를 위한 interface signal 입니다. 외부의 MCU 에서 검출되는 물체의 움직임 정보와 속도 등에 관한 정보를 실시간으로 받을 수 있고움직임의 검출 범위와 속도의 검출 범위도 실시간으로 설정이 가능합니다.



4. 전기 규격 (Electrical Characteristics)

PARAMETER CONDITIONS		SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS			
RADAR									
Transmit Frequency	KR-frequency @ 25° C	fc	24.050	24.125	24.250	GHz			
Tx Output Power (Note1)									
RA11M	@ 25° C	Pout	5	9	13	dBm			
RA12M/RA32M	@ 25° C	Pout	7	11	15	dBm			
RA14M	@ 25° C	Pout	9	13	17	dBm			
SENSOR									
Detection distance for p	erson working (RCS 1	lm²) (Note2	2)						
RA11M				5	7	m			
RA12M/RA32M				7	10				
RA14M				10	15				
Detection speed range (Note3)			0.3	30	100	Km/h			
Detection angle for pers	on working (@ -3dB f	or RCS 1m ²)	(Note3)						
RA11M		Horizontal		±70		0			
		Vertical		±50		0			
RA12M/RA32M		Horizontal		±60		٥			
		Vertical		±35		٥			
RA14M		Horizontal		±55		0			
		Vertical		±25		٥			
POWER SUPPLY									
Supply voltage		Vcc	3.2	3.3	3.4	V			
Supply current (Note4)		lcc		70	75	mA			
OPERATION									
Start-up time	After power on	Ts		10		msec			





Interface signal	Digital Signal	I/O	3.2	3.3	3.4	V	
ENVIRONMENT							
Operation temperature			-30		60	° C	
Storage temperature			-40		80	° C	

표 1 전기규격

Note1: Tx Output Power는 사용된 Radar IC의 출력과 해당 모델의 실측 안테나 이득을 더한 이론상의 수치 입니다.

Note2: 검출 거리는 시험 환경과 검출 목표에 따라 많은 변화가 있을 수 있으며 내장된 Gain Controller 의 값을 변화 시켜서 검출 거리의 축소 및 확장이 가능하다.

Note3: 속도 검출은 신호처리용 MCU 의 성능과 관계가 있음. 자료의 max 기준치는 A31G11140MHz 동작을 기준으로 한 것임. 현재 EVB 의 최대 검출 속도는 30km/h 이므로 변경이 필요하면 당사 기술 부분에 문의 바랍니다.

Note4: 검출 범위는 -3dB 기준으로 평균치를 계산한 값입니다. 실제 검출은 더 넓은 범위에서 발생 합니다. 특히 내장된 Digital AMP 의 gain 을 증가 시키면 검출 범위가 확대 됩니다. 표의 검출 범위는 Gain = 1 로 설정 후 측정한 값입니다. 상세한 사항은 안테나 특성과 성능 시험 부분을 참조 하기 바랍니다.



5. 안테나 특성 (Antenna Characteristics)

MS series 레이더 모듈은 약 1dBi ~ 8dBi 의 Peak gain 을 가지는 1T1R PCB 패치 안테나를 각모듈 별로 1 - 4 개까지의 array 를 이루고 있습니다. 안테나의 Array component 가 늘어 날수록 안테나 에너지가 전방으로 집중되어서 전방으로 검출 범위는 증가하고 수평/수직 방향의 반경은 줄어 듭니다. MS-RA1xM 레이더 모듈의 이러한 안테나 특성을 잘 이해하고 실제 응용에 어떻게 배치를 하는가에 따라서 더 좋은 성능과 효과를 얻을 수 있습니다. 모듈에 내장된 패치 안테나는 수평 /수직 방향에 따른 안테나 빔 폭이 다르기 때문에 정확한 배치를 필요로 합니다. 아래 그림과 같이 수평 방향의 빔 폭이 수직 방향의 빔 폭보다 넓기 때문에 제품에 따라 안테나의 방향을 고려하여 적절하게 배치를 하여야 합니다.

그림 1 은 MS-RA11/12(32)/14 의 안테나 위치에 따른 방향성을 나타내고 있다. 표 1 의 안테나 이득과 빔 폭은 그림 1의 방향성을 기준으로 작성된 것이다.

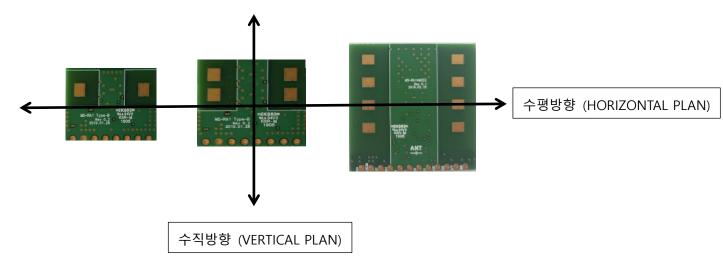


그림 1 안테나의 방향성

Note1: Horizontal Plan 은 안테나 시스템에서 Azimuth direction, Vertical Plan 은 Elevation direction 을 의미 합니다.



MODEL	PARAMETER	HORIZONTAL PLAN	VERTICAL PLAN
RA11M	Peak Gain @ 24.15GHz	2.91 dBi	3.47 dBi
	Beam width @ -3.0 dB	78°	70°
	Beam width @ -10.0 dB	160°	140°
RA12M/RA32M	Peak Gain @ 24.15GHz	4.07 dBi	4.07 dBi
	Beam width @ -3.0 dB	80°	38°
	Beam width @ -10.0 dB	150°	90°
RA14M	Peak Gain @ 24.15GHz	6.94 dBi	6.74 dBi
	Beam width @ -3.0 dB	75°	24°
	Beam width @ -10.0 dB	140°	50°

표 2 안테나 이득 및 방향성

Note1: 각 안테나의 gain은 측정 시 사용된 cable loss 약 2.5dB가 포함된 수치입니다.

Note2 : 각 안테나의 gain 은 별도의 안테나 장비에 의해서 측정된 값으로 실제 동작 특성과 차이가 발생 할 수 있습니다.



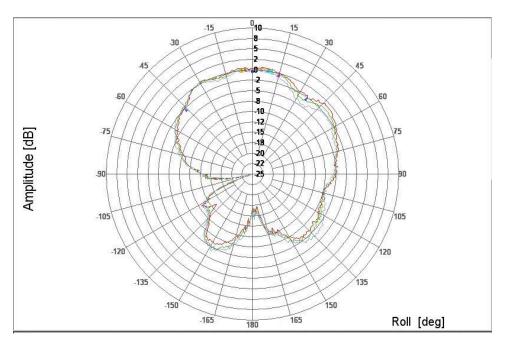


그림 2 MS-RA11M 방사패턴 (수평방향)

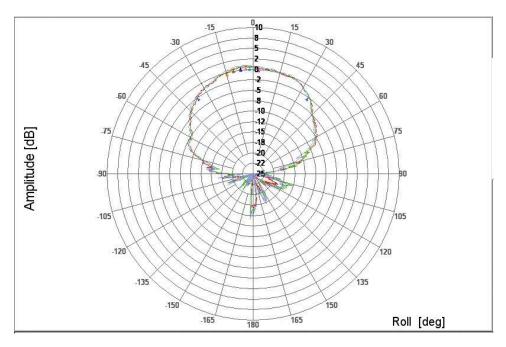


그림 3 MS-RA11M 방사패턴 (수직방향)



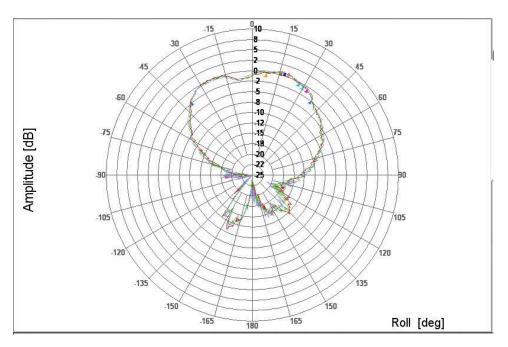


그림 4 MS-RA12M/MS-RA32M 방사패턴 (수평방향)

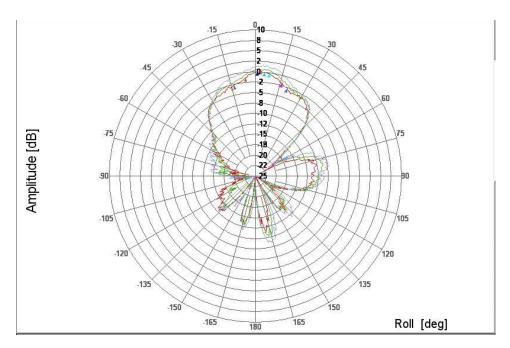


그림 5 MS-RA12M/MS-RA32M 방사패턴 (수직방향)



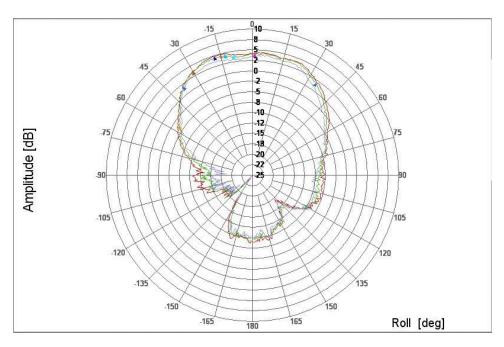


그림 6 MS-RA14M 방사패턴 (수평방향)

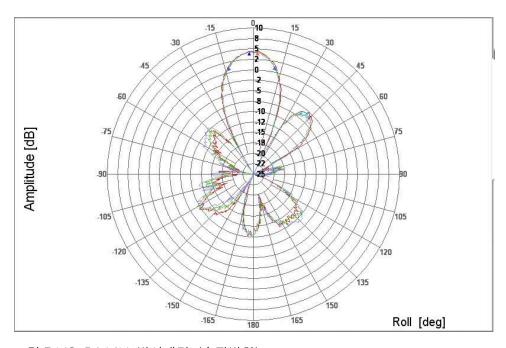


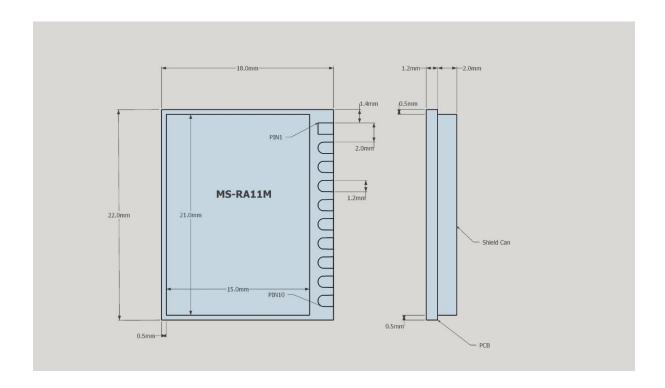
그림 7 MS-RA14M 방사패턴 (수직방향)

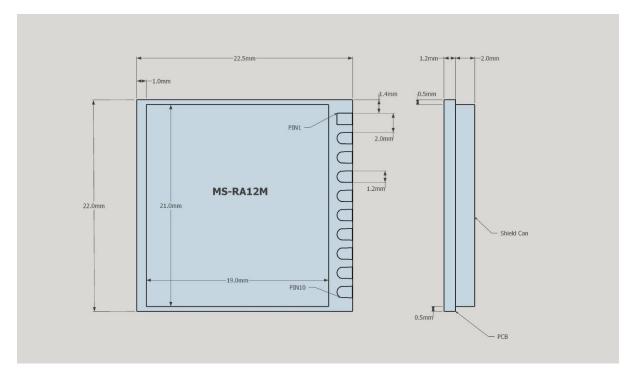
Note 1 : 안테나 방사 패턴은 실측 시 Cable Loss 및 측정 시스템과의 miss matching 에 의한 편차로 실제 동작 특성과 차이가 발생 합니다.

Note 2: Back side 방사 패턴은 실제 모듈에서는 shield can 에 의해서 제한 되어 집니다.



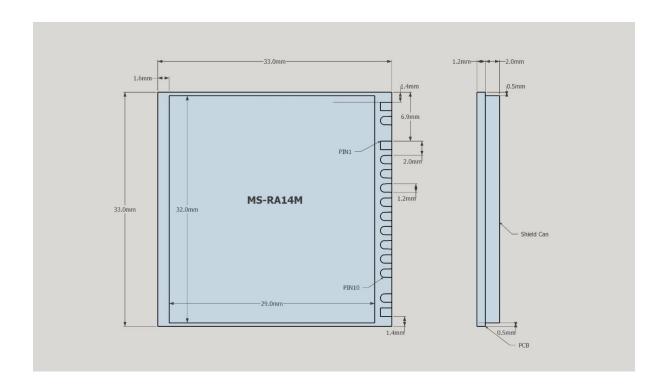
6. 외관 규격 (Mechanical Outlines)





Note 1: MS-RA32M은 MS-RA12과 동일한 기구적인 규격을 가집니다.







7. GUI Software

MS-RA1xM/3xM 레이더 모듈은 자체적인 신호처리 칩을 내장하고 있습니다. 내장된 신호처리 기능을 이용하여 사용자는 여러 가지 원하는 기능을 설정 하는 것이 가능합니다. 레이더 모듈에 내장된 기능을 사용자가 직관적이고 쉽게 사용하게 하기 위해서 사용자 인터페이스를 지원하는 GUI(Graphic User Interface) Tool 을 지원합니다.

GUI Tool 은 Pc 에서 동작하며 당사가 제공하는 EVB (Evaluation Board)의 USB 를 통해서 연결이 됩니다. 제공되는 GUI Tool 은 각 모듈의 특성에 맞게 화면 구성이 자동으로 변경되어 사용자가쉽게 사용하는 것이 가능합니다. GUI Tool 에서 지원되는 모듈 별 기능은 다음과 같습니다.

- 1. MS-RA11M (그림 8)
 - 1) 감지 신호의 검출 범위 조절
 - 2) 감지 신호의 속도 검출
- 2. MS-RA12M/MS-RA14M (그림 9)
 - 1) MS-RA11M 기본 기능
 - 2) 감지 신호의 방향성 구분 (approaching and departing)
- 3. MS-RA32M (그림 10)
 - 1) MS-RA12M 기본 기능
 - 2) 진동 감지 기능 (10 단계의 X, Y, Z 축의 진동 감지)

상기의 기능을 이용하여 사용자는 레이더 모듈을 직접적으로 조절하여 원하는 결과를 얻을 수 있습니다. 이렇게 GUI 를 이용하여 시험하고 확정된 설정 값을 GUI 에서 모듈내부로 전송하여 모듈 단독으로 동일한 성능을 가진 동작이 가능합니다.

상세한 동작 및 기능은 평가보드 사용자 설명서를 참조 하시기 바랍니다.





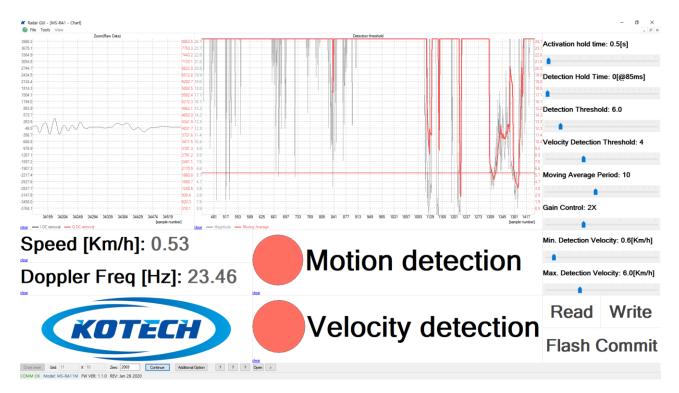


그림 8 GUI Software for RA11M

그림 8 은 RA11M GUI 로 중앙에 붉은 선 그래프는 물체의 움직임을 보여주며 이 붉은 선이 설정된 기준 값을 넘어서면 움직임 검출로 인식하여 신호 검출 결과 (Motion detection) 과 속도 검출 결과 (Velocity detection) 결과를 보여준다. 검출 기준선은 좌측의 Detection Threshold Bar 를 조절하여 변경이 가능하다. 이러한 방식으로 사용자가 설정 값을 변경 가능하게, 우측에 신호처리를 위한 여러 가지 parameter 를 설정하는 BAR 가 있다. 이러한 방식으로 시험을 하고 결정된 레이더 설정 값을 모듈에 Write 하는 버튼이 우측 하단에 있다.





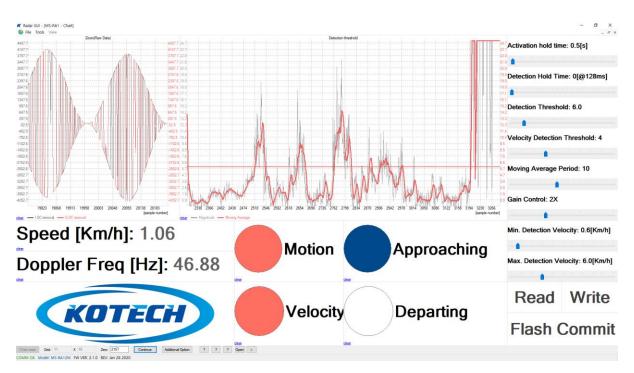


그림 9 GUI Software for RA12M/14M

그림 9 는 그림 8 의 GUI에 부가적으로 Approaching 과 Departing Flag 가 있어서 물체가 레이더센서로 다가오면 Approaching 이 activation 되고 멀어지면 Departing 이 activation 된다.

다른 기능은 RA11M GUI와 동일하다.



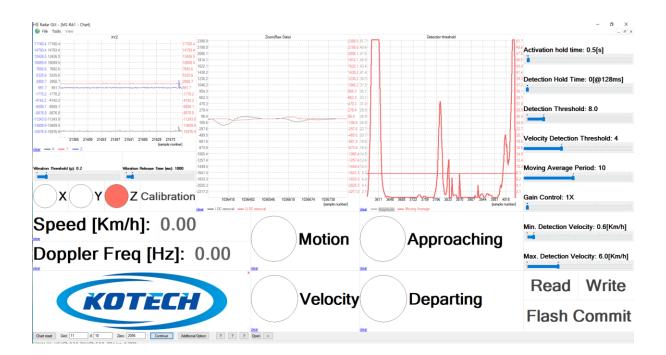


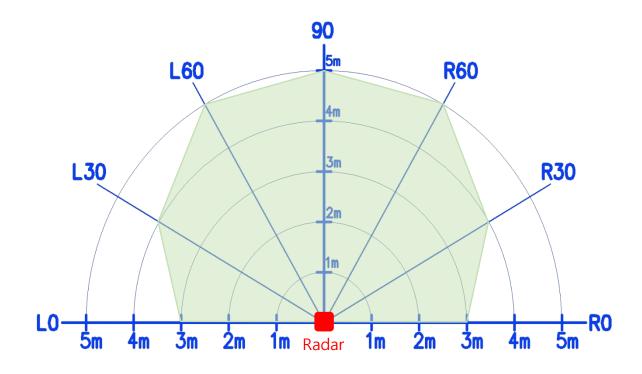
그림 10 GUI Software for RA32M

그림 10 은 RA32M GUI 로 RA12M GUI 에 진동 감지 기능이 추가되어 있다. GUI 를 좌측 상단에 있는 그래프는 3 가지 색의 그래프로 구성되어 있으며 각 X,Y,Z 축의 진동의 세기를 보여 준다. 진동의 세기는 총 1G (중력가속도)만큼 검출이 가능하여 0.1G 단위로 설정하여 10 단로 조절이 가능하다. 설정된 진동의 세기가 검출이 되면 진동 그래프 하단의 X,Y,Z flag 가 activation 된다.



8. 성능 시험 (Performance Test)

아래의 그림은 MS-RA11M 의 검출 성능을 시험한 결과이며 목표 물체의 크기는 RCS 1m²를 기준으로 측정되었습니다. 이러한 결과는 실험 환경에 따라 많은 차이가 날 수 있으며, Amp Gain, Control Threshold value 등에 의해서 확장과 축소가 가능합니다. 아래의 시험은 Amp Gain = 1, Control Threshold = 6을 기준으로 측정된 값 입니다.

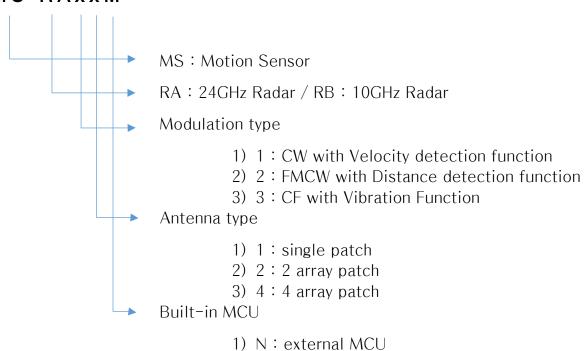


Angle /Distance	L-0°	L- 30°	L- 60°	F-90°	R-60°	R-30°	R−0°
5m	X	X	0	0	0	X	X
4m	X	0	0	0	Ο	Ο	X
3m	0	0	0	0	0	0	Ο
2m	0	0	O	Ο	О	O	О
1m	0	0	0	0	Ο	Ο	Ο



Model Number Naming Rule

MS-RAXXM



2) M: built-in MCU