



MS-RA1M Evaluation Board Manual

Model Number : MS-RA1M EVB

**Description : User Manual of MS-RA1M Evaluation Board
for MS-RA11M/RA12M/RA14M Radar module**

Document Number : MS-RA1M_EVB_Doc2019_v1.2.0



1. 개요

MS-RA1xM (MS-RA11M/RA12M/RA14)은 24GHz 대역의 ISM 밴드에서 동작하는 도플러(Doppler) 방식의 레이더 센서 모듈이다. MS-RA1M EVB(Evaluation Board)는 MS-RA1xM 시리즈 레이더 모듈의 성능을 평가하고 제품 회로 개발 및 응용 소프트웨어 개발을 지원하기 위한 평가 보드이다. 사용자는 EVB 와 같이 제공되는 PC software (GUI Program)를 이용하여 레이더 신호의 특성을 이해하고 관찰 할 수 있으며, 사용자가 원하는 레이더의 감지 범위 및 특성에 대하여 평가 및 개발 응용이 가능하다.

EVB 는 MS-RA1xM 레이더 모듈의 출력을 PC 상의 GUI 와 연결하는 기능을 수행하며 기본적으로 PC 상의 GUI program 의 기능은 모듈에 내장된 기능과 동일하다. GUI 에서 시험된 레이더 설정 값은 GUI 로부터 모듈로 전송되어 모듈 단독으로 동일한 동작을 수행하게 된다.

EVB 상에서 MS-RA1xM 시리즈 레이더 모듈의 성능 평가 및 제품 응용을 위한 여러 가지 시험이 가능하며 GUI program 을 이용하여 쉽고 빠르게 자체 회로 및 응용 소프트웨어 개발이 가능하다.

2. 특징

- MS-RA1M 시리즈 레이더 모듈의 성능 평가 및 개발을 위해 구성된 평가 보드 세트
- 구성품 : EVB(Evaluation Board), MS-RA1xM 레이더 모듈, PC software
- EVB 및 GUI program 을 이용하여 간편히 개발 가능
- GUI Program 서 구현된 모든 기능을 모듈에서 동일 기능 및 성능 구현 가능
- 32bit 디지털 신호처리 기능 내장
 - ✓ 8 단계 digital amp
 - ✓ 50 단계 gain controller
 - ✓ 검출 범위 조정 및 미세 움직임 검출 기증 (8 단계 digital amp 와 30 단계 gain controller 를 결합하여 400 단계 미세 조정 가능)
 - ✓ 256 FFT 를 이용한 물체의 속도 검출 (KM/H)
 - ✓ 최고/최대 속도 검출 기능 (Min/Max Velocity)
 - ✓ 2 단계 접근 감지 기능
 - ✓ 진동 오류 감지 기능 (Vibration Error Detection)
- USB 5V 전원 동작
- Motion detection LED, Velocity detection LED
- I/O signal interface 지원

3. EVB H/W 구성 및 동작

그림 1 은 레이더 MS-RA1xM 시리즈 레이더 모듈과 EVB 의 간단한 Block Diagram 이다. MS-RA1xM 모듈은 신호처리 MCU 를 내장하고 있으므로 EVB 의 기능은 PC 와 연결된 USB 로부터 전원을 받아서 모듈에 전원을 공급하고 모듈의 UART 에서 나온 레이더 데이터를 USB 데이터로 변환을 시키는 역할을 수행한다.

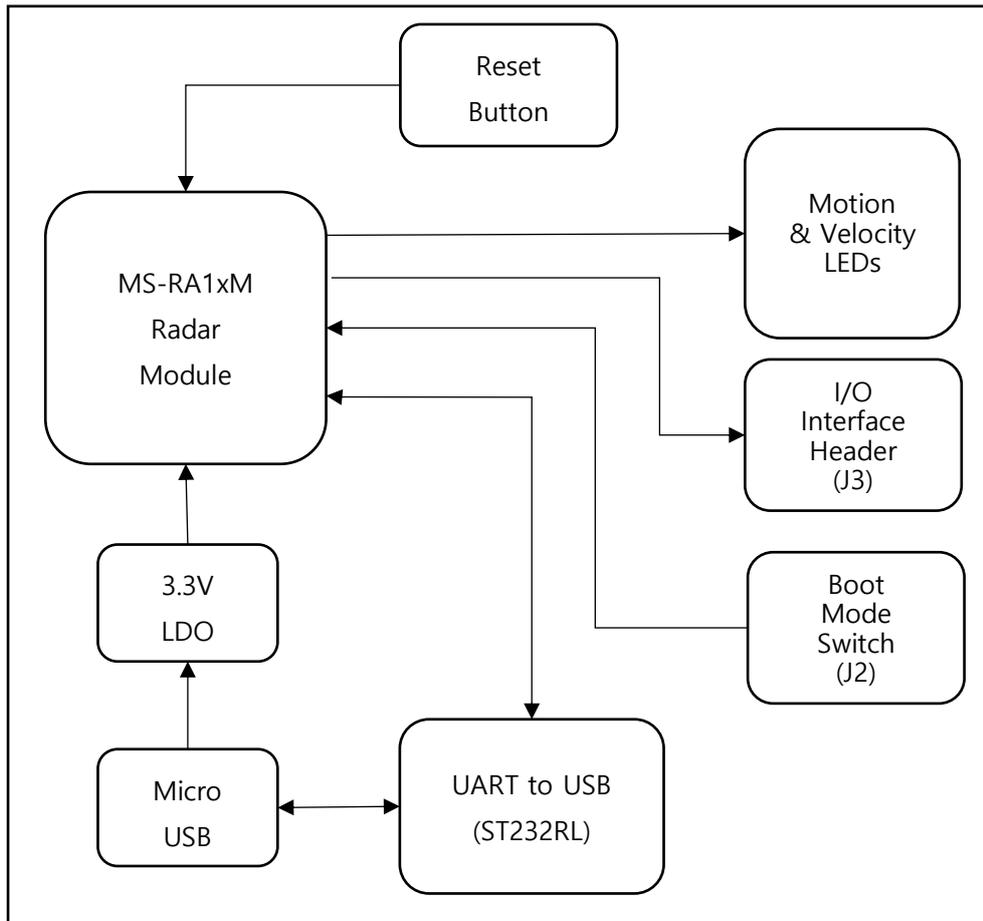


그림 1 EVB Block Diagram

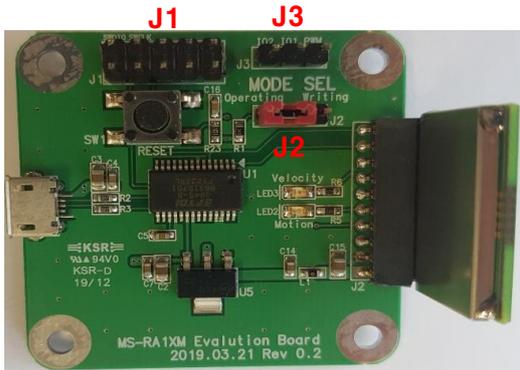


그림 2 모듈 및 EVB 사진

그림 2의 MODE SEL 헤더핀(J2)은 모듈의 software 갱신을 위한 boot mode 선택 스위치이다. GUI program interface 시는 default로 사용한다. 2개의 LED는 Motion 및 Velocity Detection 상태를 반영하는 LED이다. LED 동작에 관한 자세한 내용은 4.3 GUI Menu의 15) LED Enable 항목을 참조 바랍니다. J3 헤더는 모듈의 여분의 I/O interface 신호를 연결 헤더이다.

모듈 연결은 10pin interface로 구성되어 있으며 MS-RA1xM 모든 모듈과 호환이 된다.

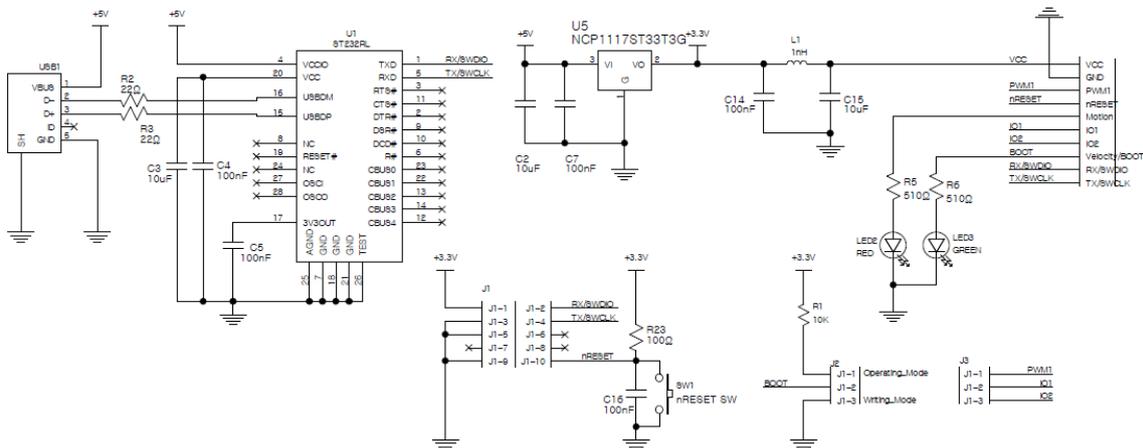


그림 3 EVB 회로도

4. GUI program

MS-RA1xM 시리즈 레이더 모듈은 도플러 레이더 원리를 이용하여 물체의 움직임과 속도를 검출하는 기능을 가지고 있다. 목표하는 물체의 움직임 검출은 물체의 운동 특성과 사용 환경에 따라 다양한 방법을 필요로 한다.

레이더를 이용하여 물체의 움직임을 검출하는 여러 가지 방법이 있다. 가장 단순한 방법은 물체의 움직임이 감지되면 인식을 하는 것이다. 이러한 방법은 여러 가지 오류를 발생 시키는데 가장 많은 오류가 레이더 모듈이 설치된 기구의 진동으로 인해서 오류를 발생시키는 것이다. 이러한 오류를 방지하려면 단순히 물체의 움직임의 크기 만을 가지고 동작 감지를 판단하는 것이 아니고, 물체의 속도 등을 종합적으로 판단해서 특성을 검출하는 것이 레이더의 성능을 최대한 활용하는 방법이다. 이러한 방식으로 사용환경에 따라 레이더 신호를 처리하여 원하는 결과를 도출해야 하므로 신호처리 소프트웨어가 복잡하고 개발에 많은 시간이 소요된다. 당사가 제공하는 GUI program 은 이러한 소프트웨어 개발 과정 없이 GUI 를 통해 레이더의 원하는 감도를 설정하고 성능을 평가가 가능하다. GUI program 에서 개발된 기능과 설정 값은 모듈 내부로 전송되어 모듈 단독으로 동작 가능하다.

4.1 GUI Program 연결

MS-RA1M EVB 의 Micro USB 단자에 PC USB cable 을 연결하면 EVB 에 전원이 공급되고 제공된 GUI program 을 실행시키면 그림 4 와 같이 자동으로 MS-RA1M EVB 와 연결이 되어 사용 가능 상태가 된다.

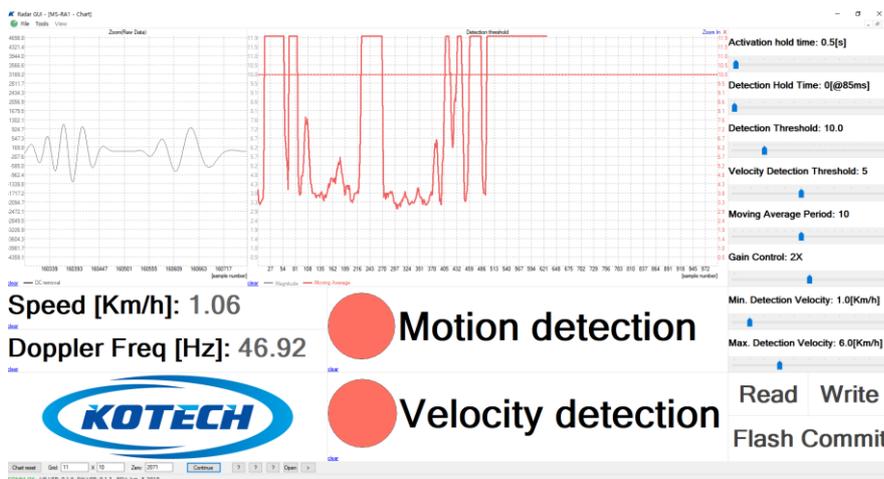


그림 4 GUI program

자동으로 연결이 되지 않거나 아래 그림 5 와 같이 통신 에러가 발생한 경우 아래와 같은 방법으로 설정을 변경한다.

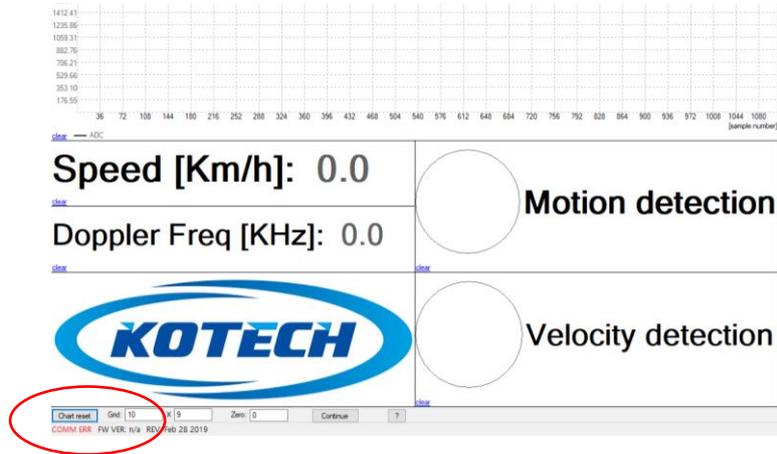


그림 5 통신 에러

GUI program 의 메뉴에서 Tools->UART Config... 을 클릭하면 그림 6 과 같이 COM Port Configuration 창이 활성화된다.

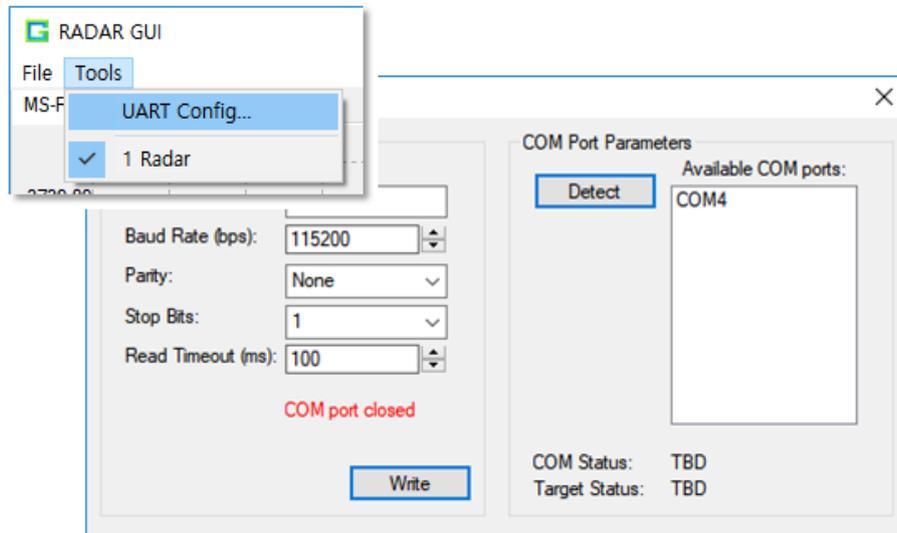


그림 6 COM port configuration

사용하고자 하는 COM Port 를 선택하여 “COM port open” 메시지가 출력되면 COM Port 설정이 완료된다. (그림 7)

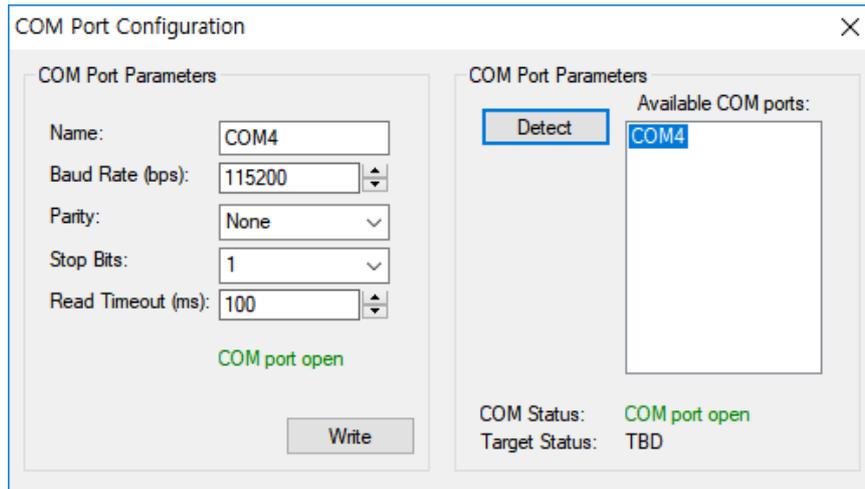


그림 7 통신 포트 설정

COM Port Configuration 창을 닫고 GUI program 화면에서 반드시 Read 버튼을 클릭하여 MS-RA1 Evaluation Board와의 통신을 시작하여야 Program이 동작을 시작한다.

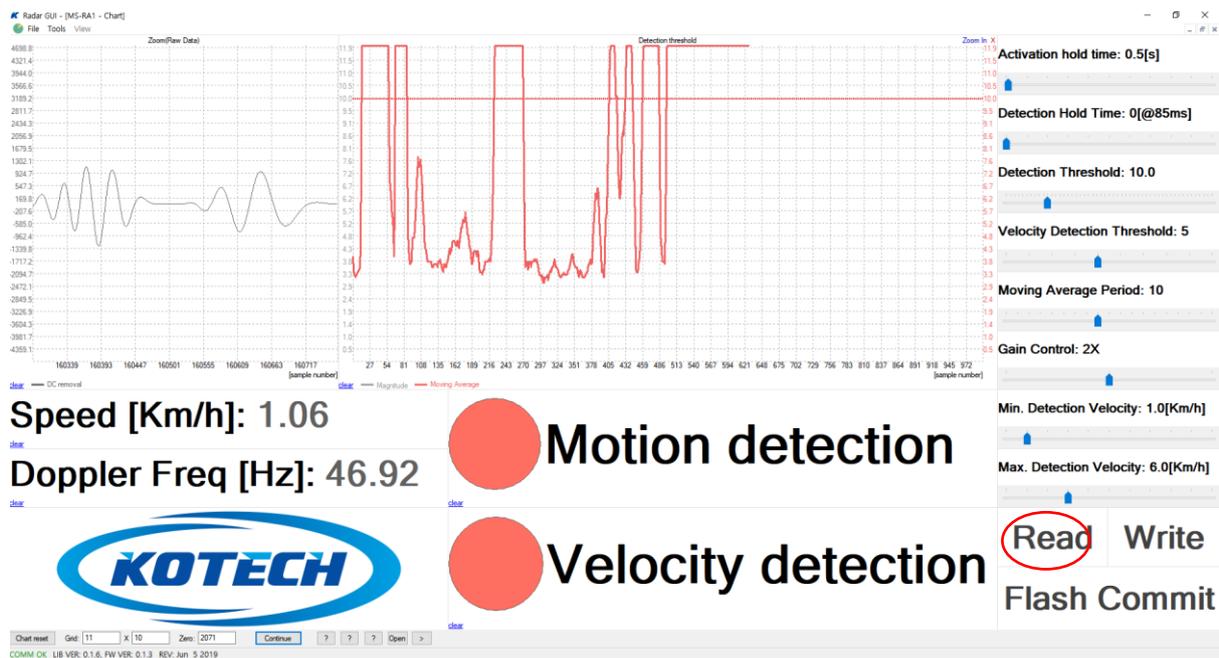


그림 8 Read Button

4.2 신호처리 흐름도

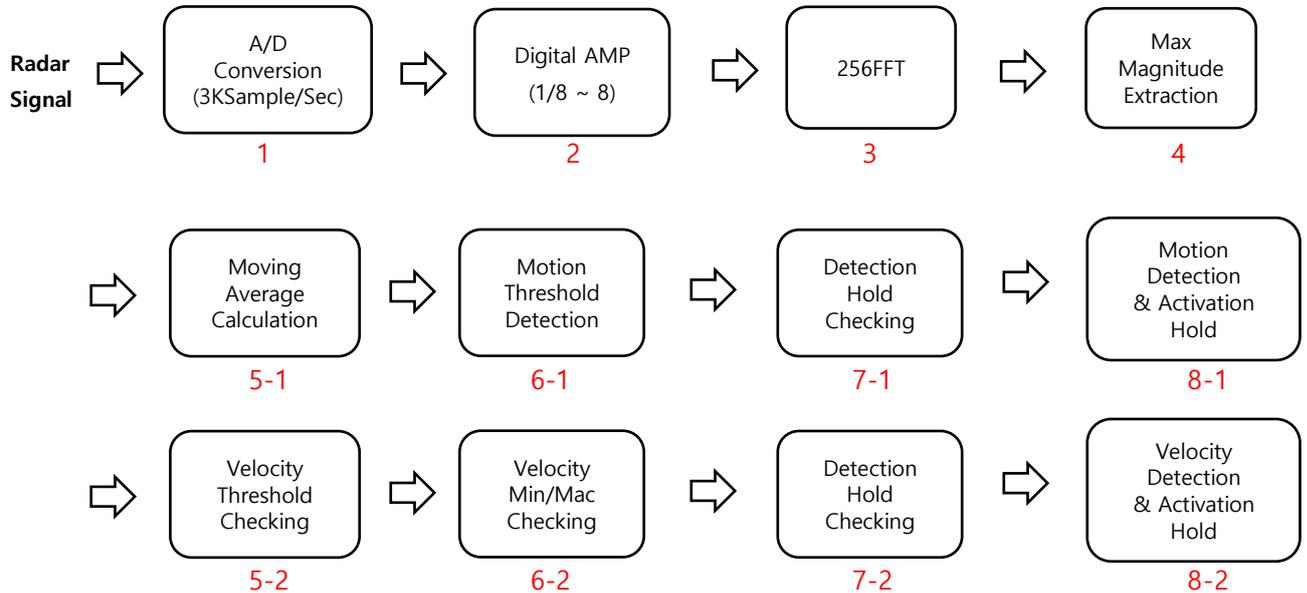


그림 9 신호 처리 흐름도

그림 9 는 RA1xM 모듈에 내장된 MCU 의 레이더 신호처리 흐름도이다. 1~4 는 입력된 레이더 신호의 기본 처리 과정이고 5-1 ~ 8-1 과정은 Motion Detection 을 위한 신호처리 흐름도 이며 5-2 ~ 8-2 과정은 Velocity Detection 을 위한 신호처리 흐름도이다.

기본처리 과정에서는 입력된 레이더 신호를 A/D 변화하고 신호의 Gain 을 조절한 후 256FFT 신호처리를 통해서 입력된 신호의 최대 주파수 성분을 추출한다. Motion Detection 신호처리 부는 추출된 주파수 성분의 크기의 이동 평균을 계산하여 사용자가 지정한 Detection Threshold Value 와 비교를 한 후 Motion Detection 결과치를 출력한다. Velocity Detection 처리부는 4 번에서 추출된 주파수 성분의 크기를 Velocity Detection Threshold Value 와 비교를 한 후 사용자가 설정한 최대/최소 속도와 비교를 하여 Velocity Detection 결과를 출력한다.

Motion Detection 처리부와 Velocity Detection 처리 부는 동시에 신호처리가 이루어지며 실시간 처리를 위한 신호처리 한 주기는 약 85msec 이다. 따라서 모든 검출 결과는 85msec 단위로 update 된다. 각 신호처리 부에 필요한 사용자 설정 값과 결과값을 GUI Program 을 통해서 입력하고 확인하는 것이 가능하다.

해당되는 각 신호처리부의 자세한 특성과 사용방법은 4.3 Program Menu 및 기능설명을 참조 하기 바랍니다.

4.3 Program Menu 및 기능 설명

GUI Program 이 성공적으로 EVB 와 연결이 되고 레이더 모듈의 전면에 물체의 움직임이 있으면 GUI 의 ADC window 에 레이더 출력 신호가 나타난다. 이후 GUI program menu 의 각 부분을 조절하여 원하는 감지 감도 및 범위를 설정한다. 상세한 GUI menu 는 다음과 같다.

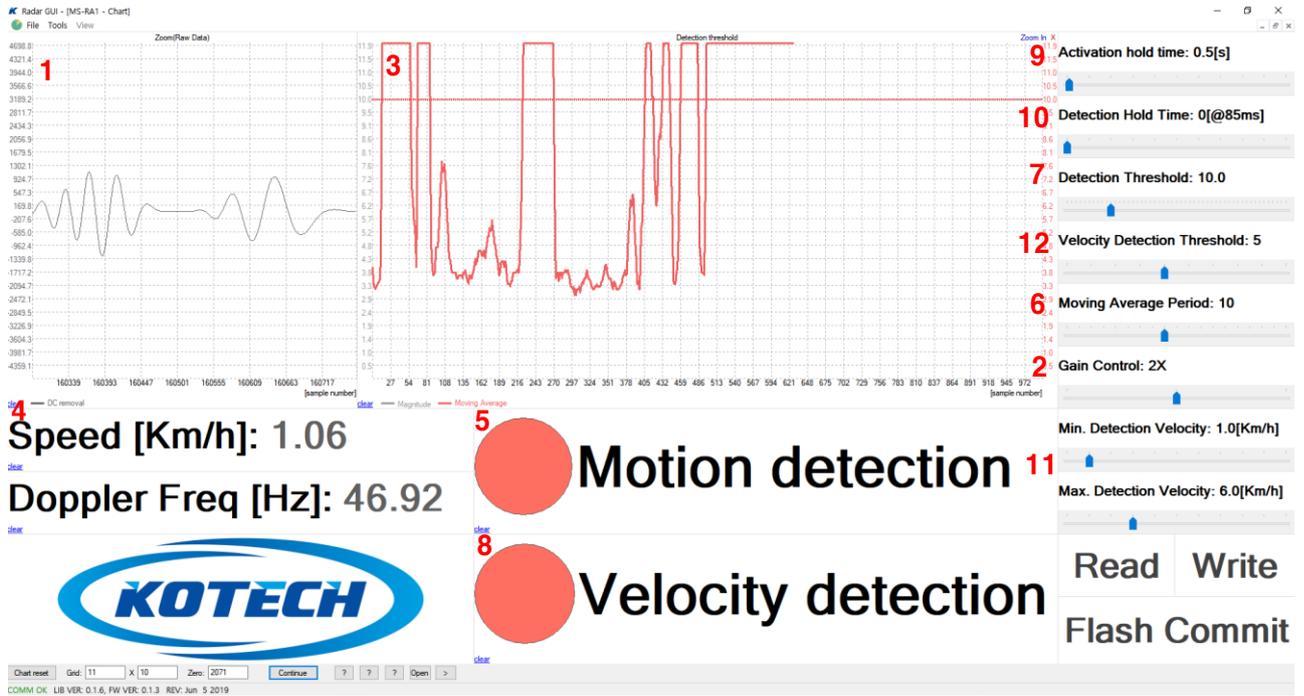


그림 10 GUI Program Menu

1) GUI 요약

Signal Window (그림 10 - 1) : 검출된 도플러 신호를 보여주는 윈도우

Gain Control Bar(그림 10 - 2) : 검출된 도플러 신호의 증폭률을 설정

Motion Window(그림 10 - 3) : 도플러 신호로부터 추출한 물체의 움직임을 보여주는 윈도우

Speed & Doppler Frequency(그림 10 - 4) : 물체의 속도와 도플러 주파수

Motion Detection Icon(그림 10 - 5) : 설정된 범위 안에서 물체의 움직임 검출을 표시

Moving Average Period(그림 10 - 6) : 3 번 Motion Window 상의 움직임의 평균값 설정

Detection Threshold Control Bar(그림 10 – 7) : 검출 범위 설정

Velocity Detection Icon(그림 10 – 8) : 설정된 범위 안에서 물체의 속도 검출을 표시

Activation Hold Time Control Bar(그림 10 – 9) : 검출된 신호를 유지하는 시간

Detection Hold Time Control Bar(그림 10 – 10) : 검출 지속 시간 설정

Min/Max Velocity Detection Control Bar(그림 10 – 11) : 속도 검출 조건 설정

Velocity Detection Threshold Control Bar(그림 10 – 12) : 속도 검출 시 신호의 크기 설정

2) Signal Window & Gain Control Bar

RA1xM 레이더 모듈은 검출된 레이더 신호를 내장된 MCU 에서 A/D 변환을 한 후에 움직임과 속도 등 원하는 데이터 검출을 위한 디지털 신호 처리를 수행한다.

모듈에서 검출된 도플러 레이더 신호는 목표 물체의 크기와 거리에 비례하여 신호의 진폭이 변경되며, 물체의 속도에 따라 신호의 주파수가 증가하는 특성을 가지고 있으며 그림 10 1 번 Signal window 신호를 관찰하여 이러한 특성을 확인하고 검출 목표 물체 신호의 대략적인 크기를 관측하는 것이 가능하다.

Module 의 디지털 신호 처리의 두 번째 단계는 A/D 변환된 신호를 적절하게 증폭/감쇄를 시키는 작업이다. 사용자는 그림 10 2 번 Gain control bar 를 통해서 신호의 진폭을 원하는 크기로 조절을 하며 조절된 결과 신호를 그림 10 1 번 Signal Window 를 통해서 관찰이 가능하다.

Gain Control Bar 를 이용한 신호의 조절 가능한 범위는 1 ~ 4 배이다. Gain Control 을 이용하여 입력된 신호의 크기를 조절하여 레이더의 목표 물체에 대한 감지 범위를 조절하는 것이 가능하다. 기준치 보다 더 큰 감지 범위를 원하면 증폭을 하고 반대의 경우 감쇄를 하여 레이더 전체의 감지 범위 조절이 가능하다. 그러나 너무 큰 값은 레이더 신호 이외에 잡음도 증폭을 하여 오 동작의 원인이 되므로 실험을 통해서 적절한 값으로 설정은 한다. 기본 값은 2 로 되어 있다.

3) Motion Window

그림 10 3 번 motion window 는 목표 물체의 크기와 거리에 반비례하여 변하는 max magnitude 값을 시간 축으로 출력하는 바 차트 윈도우이다. 각 Bar 는 85msec 마다 갱신되는 신호의 최대 주파수 성분을 표시하는 것이다. 이를 이용하여 물체의 움직임 검출한다. window 에는 목표의 움직임에 대한 시간상의 변화와 민감도 조절을 위한 검출 한계치(detection threshold)가 표시(붉은색 실선)된다. 검출 한계치는 그림 10 의 7 번 detection threshold control bar 를 움직여서 원하는 한계점을 설정할 수 있다.

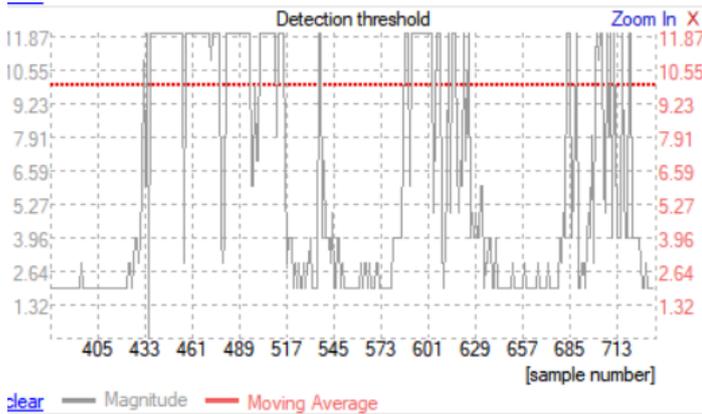


그림 11 Motion window (only magnitude display)

그림 11 의 Magnitude window 에서 알 수 있듯이 실제 동작 환경에서 물체의 움직임이 일정하지 않기 때문에 표기되는 선 차트의 변동이 심하게 된다. 이러한 경우 적절한 검출 한계치를 설정하는 것이 용이하지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 GUI program 은 magnitude 값의 이동 평균 그래프(moving average)를 제공 하고 있다.

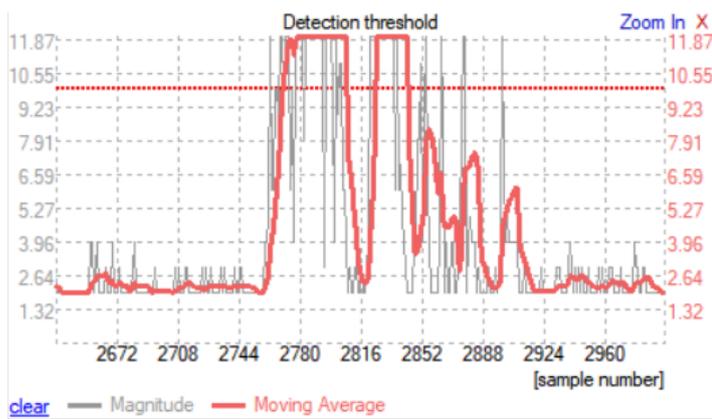


그림 12 Motion window (moving average & magnitude)

그림 12 에서 magnitude 는 black line 이고 이에 대한 이동평균은 red line 으로 표시된다. 이동평균을 이용하면 변동폭이 심한 magnitude 보다 물체의 이동 특성의 파악이 쉽고 검출

한계치 설정도 쉽게 판단이 가능하다. 이동평균을 사용 할 것인지 사용 할 경우 이동평균의 기준 값을 사용자가 설정 할 수 있다. 각 성분은 display 는 해당 window 의 하단에 각 성분에 대한 이름을 click 하여 on/off 가 가능하다.

4) Moving Average Control Bar

Motion window 의 움직임 검출을 위한 이동 평균값은 그림 10 의 6 번 moving average period 에서 최소 2 개에서 20 개까지 원하는 이동평균 주기를 설정할 수 있다. 이동평균 주기가 길어질수록 부드러운 곡선이 되며 변화에 둔감하게 된다. 이동평균 주기는 검출을 원하는 목표 물체의 이동 특성에 맞추어서 적절히 선택을 하는 것이 중요하다. 초기값은 이동평균 사용으로 되어 있고 이동평균 주기 값은 10 으로 설정되어 있다.

5) Detection Threshold control bar

그림 10 의 7 번 detection threshold control bar 는 물체의 움직임 (motion detection) 감지의 민감도를 설정하는 값이며 범위는 1.0 ~ 50.0 이다. 이 값은 그림 10 의 3 번 Motion window 에 붉은색 실선으로 표기되며 값을 변화시키면 표시선이 이동한다. 큰 값을 설정할수록 움직임에 대한 검출 감도가 줄어든다. 이 값을 설정하기 전에 목표 물체의 움직임에 따른 신호의 크기 및 이동평균 값을 관찰하여 설정하여야 한다. 설정 값은 소수점 1 자리까지 변경이 가능하므로 미세하게 조절이 가능하다. 초기값은 10.0 으로 설정되어 있다.

6) Doppler Frequency 와 Velocity

MS-RA1xM 모듈은 도플러 방식의 레이더 모듈이고, 목표 물체의 속도는 도플러 주파수 변이로 발생된다. 검출된 레이더 신호는 모듈에서 256 FFT 를 통해서 주파수 성분 분석이 이루어지고 신호 중 가장 큰 크기를 가진 주파수 성분을 이용하여 물체의 속도를 계산한다.

그림 10 의 4 번에는 검출된 주파수 성분과 이를 이용하여 계산된 목표 물체의 속도가 동시에 표기 된다. 256FFT 신호처리의 단위가 85msec 이므로 표시되는 주파수와 속도 데이터도 85msec 단위로 갱신이 이루어진다.

7) Motion Detection 상태 표시

Detection Threshold Control Bar 에 의해서 설정된 값에 레이더 신호가 도달하게 되면 그림 10 의 5 번 Motion Detection 상태 표시가 오렌지색으로 활성화되어 사용자에게 움직임 검출을 알려주게 된다. Motion detection 활성화는 detection threshold 조건과 그림 10 의 10 번 detection hold time 의 조건 만족 시 발생 한다. Detection hold time 은 순간적인 잡음에 의한 검출 오류를 줄이기 위해서 사용을 한다. 상세한 사용 방법은 아래 detection hold time 항목을 참조 바랍니다.

8) Activation Hold Time Control Bar

Detection threshold 나 Velocity control 에 의해서 물체의 움직임이나 속도 감지 조건이 만족되면 Motion Detection 과 Velocity Detection icon 들이 활성화된다. 해당 icon 의 활성화 상태는 물체의 움직임이 지속적으로 발생하면 계속 유지가 된다. 이후 물체의 움직임이 멈추게 되면 해당 icon 도 비 활성화되지만 비활성화까지 Activation hold time 에서 설정한 시간만큼 지연되어 활성화 상태를 유지한다. 그림 10 의 9 번 Activation Hold Time control bar 를 이용하여 시간 설정이 가능하며 시간 범위는 0 ~ 50 초이다. 초기값은 0.5 초로 설정되어 있다. 실제 사람의 움직임에서는 1.5 ~ 2.0 초 정도를 유지하는 것이 동작 감지에 적절하다.

9) Detection Hold Time control bar

레이더 모듈을 이용하여 검출 하고자 하는 많은 응용제품의 경우 움직임의 대상은 자연계의 물체이다. 자연계의 물체의 이동 특성은 일정한 움직임을 가지는 것이 아니고 많은 특성 변화를 가지고 이동하게 된다. 특히 사람의 경우 이동하면서 팔이나 다리 등의 움직임에 의해서 부가적인 잡음이 발생하게 된다. 이러한 순간적인 잡음에 의한 오류를 방지하기 위해서 그림 10 의 10 번 Detection Hold Time 을 사용한다.

레이더 모듈에서 움직임이나 속도가 설정된 한계치에 도달하더라도 activation icon 이 즉시 활성화 되지 않고 Detection Hold time 에서 설정된 값만큼 연속적으로 threshold 를 넘어야지만 activation icon 을 활성화한다. 예를 들어서 3 으로 설정되어 있는 경우 움직임이 3 회 연속 threshold 를 넘어야 해당 성분의 activation icon 이 활성화된다. 움직임의 기본 측정단위가 약 85msec 이므로 3 으로 설정을 하면 약 255msec 동안 연속해서 물체의 움직임이 설정된 한계치를 넘어야 해당 activation icon 이 활성화된다. 기본 설정 값은 0 이며 설정 범위는 0 ~ 10 이다.

10) Velocity Detection 상태 표시

Motion detection 은 목표 물체의 움직임을 검출하는 방식이다. 이러한 방식은 물체의 속도와 무관하고 물체의 크기에 비례하고 및 거리에 반비례해서 동작하게 된다. 이러한 방식의 움직임 검출은 설정과 사용이 간단 하지만 중요한 오류의 요소를 가지고 있다. 예를 들어서 센서가 설치된 부분의 진동이 발생하면 실제 물체의 움직임이 없어도 Motion Detection 이 활성화 될 수 있다. 이러한 진동의 경우 움직임 값은 발생을 해도 실제 물체가 없으므로 속도는 아주 낮은 값으로 검출이 된다. 따라서 물체의 움직임과 속도를 같이 검출을 하면 실제 물체의 움직임인지 진동에 의한 움직임인지 판단이 가능하다. 이러한 목적 이외에도 물체의 속도를 검출하는 여러 응용 제품에 활용이 가능하다. RA1xM 레이더 모듈은 사용자가 원하는 물체의 속도 범위를 설정하는 것이 가능하고 설정 범위에 들어오면 그림 10 의 8 번 Velocity Detection icon 상태가 활성화된다. 계산된 물체의 순간 속도의 크기가 그림 10 의 12 번 Velocity Detection Threshold 범위를 넘어서고 그림 10 의 11 번 Minimum velocity 와 Maximum velocity 의 두 조건과 10 번 detection hold time 조건을 만족하면 상태표시가 활성화된다. 활성화 시 오렌지색으로 변한다.

GUI software 에서는 개발자의 편의성과 성능 검증을 위해서 motion detection 과 velocity detection 을 분리 하였으나, 제품의 응용 시 2가지 조건을 적절히 혼합하여 사용하는 것이 더 효율적이다.

11) Velocity Detection Threshold Control Bar

도플러 레이더 센서를 이용하여 물체의 속도를 검출하는 방식은 수신된 레이더 신호가 움직이는 물체에 의해서 발생한 주파수 성분을 검출하여 속도를 알아내는 방식이다. 수신된 레이더 신호에는 두 가지 주파수 성분이 존재하게 된다. 하나는 실제로 움직이는 물체에 의해서 발생한 주파수 성분과 시스템의 잡음이나 진동 등에 의해서 발생한 주파수 성분이다. 이러한 경우 잡음에 의해서 발생된 주파수 성분을 제거해야만 원하는 물체의 속도 검출이 가능하다. 이러한 잡음에 의해 발생된 주파수 성분을 제거 하기 위한 기능이 그림 10 의 12 번 Velocity Detection Threshold control bar 이다. 잡음에 의해서 발생된 주파수 성분은 신호의 magnitude 가 작기 때문에 Velocity Detection Threshold 에서 적절한 magnitude 를 설정하면 잡음에 의한 주파수 성분으로 인해서 오류가 발생하는 것을 방지 할 수 있다. 설정 범위는 1 ~ 10 이고 기본 값은 5 로 되어 있다.

12) Minimum / Maximum Velocity Detection control bar

그림 10 의 11 번 Min/Max Velocity Detection control bar 를 이용하여 사용자는 원하는 속도 검출 범위를 설정 할 수 있다.

Velocity detection 감지의 최저 속도 범위를 설정하는 값이다. 설정된 값보다 높은 속도에서 모션을 인식한다. 설정 범위는 0~10(Km/h) 이며 기본값은 1 이다.

Velocity detection 감지의 최대 속도 범위를 설정하는 값이다. 설정된 값보다 낮은 속도에서 모션을 인식한다. 설정 범위는 0~20(Km/h) 이며 기본값은 6 이다.

13) Read / Write/Flash Commit

Read : EVB 에 연결되어 있는 RA1xM 모듈에 설정되어 있는 Setting 값을 PC GUI program 으로 read 하는 버튼. program 을 시작하고 EVB 와 연결이 되었을 때 Read button 을 반드시 click 하여 값을 가져와야만 program 이 동작을 시작한다.

Write : PC GUI program 에서 설정된 값을 RA1xM 모듈에 전송하는 버튼. 이후 모듈을 Reset 하면 모듈 단독으로 동작한다. Write 동작은 GUI program 의 사용자 설정 값을 모듈 내장 MCU 의 SRAM 에 저장을 하므로 모듈에 전원이 제거되면 저장된 값은 삭제된다.

Flash Commit : Write 버튼에 의해서 MS-RAx1M 모듈에 저장되어 있던 값을 모듈의 Flash memory 에 저장하는 버튼. 이후 모듈의 전원이 제거되어도 설정된 값은 유지가 된다.