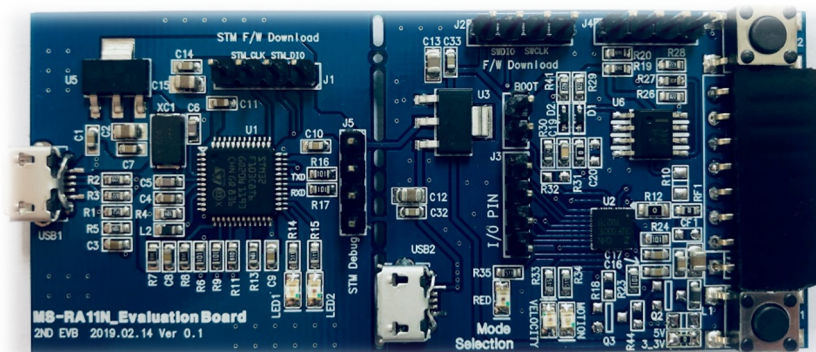


MS-RA11N Evaluation Board Manual

Model Number : MS-RA11N EVB

Description : User Manual of MS-RA11N Evaluation Board

Document Number : MS-RA11N_EVB_Doc2019_v1.0.4





MS-RA11N EVB

Radar Sensor Evaluation Board

Document Revision History

Version	History	Date	Editor
Doc2018_v0.9.0	최초 작성	2018. 11	DH Lee
Doc2019_v0.9.1	EVB image revision	2019. 01	DH Lee
Doc2019_v0.9.2	GUI revision	2019. 02	DH Lee
Doc2019_v1.0.0	First Final Version	2019. 02	DH Lee
Doc2019_v1.0.4	GUI 2 nd revision	2019. 02	HD CHOI

목차

1. 개요	--- 4
2. 특징	--- 6
3. 구성 및 동작모드	--- 7
3.1 PC 모드	
3.2 MCU 모드	
3.3 Comparator 모드	
3.4 보드 구성	
4. GUI Program	--- 11
4.1 GUI 연결	
4.2 GUI Menu	
5. 회로도	--- 18

1. 개요

MS-RA11N 은 24GHz 에서 동작하는 도플러(Doppler) 방식의 CW(Continuous Wave) 레이더 센서 모듈이다. MS-RA11N EVB(Evaluation Board)는 MS-RA11N 레이더 모듈의 성능을 평가하고 제품 적용을 위한 회로 및 소프트웨어 개발을 지원하기 위한 개발 키트이다. 사용자는 EVB 와 같이 제공되는 PC software(GUI Program)를 이용하여 레이더 신호의 특성을 이해하고 관찰 할 수 있으며, 응용 제품에서 요구되는 감지 범위 및 특성을 입력하여 레이더 모듈의 동작 특성에 대한 평가 및 개발 응용이 가능하다. EVB 를 이용하여 사용자가 전용 어플리케이션 소프트웨어 개발이 가능하며 이를 위해 SDK 가 제공된다.

MS-RA11N 레이더 모듈의 출력은 EVB 의 Cortex M0 MCU 에 있는 12bit A/D convertor 에 의해서 디지털 신호로 변환 후 PC 에서 동작하는 GUI program 으로 전달 된다. 사용자는 GUI program 을 통해서 MS-RA11N 에서 출력되는 레이더 신호 파형을 관찰하고 원하는 신호 크기의 한계를 선택하여 동작 감지 감도를 조절 할 수 있다. 신호의 크기를 가지고 감지 감도를 조절 하는 것 이외에 물체의 속도를 검출하고 이를 기준으로 물체의 움직임을 감지하는 것도 가능하다. 이러한 기능 구현이 PC GUI 상에서 구현이 되며 이를 PC 모드라 한다.

EVB 는 MS-RA11N 모듈이 PC 가 없는 전용 보드에서 동작하는 것을 목표로 제작 되었기 때문에 PC 없이 EVB 상의 MCU 만으로 GUI program 과 동일하게 동작을 구현하는 것이 가능하며 이를 MCU 모드라 한다. MCU 모드를 위해 EVB 상의 MCU 에는 PC 모드의 GUI program 과 동일한 기능의 program 이 내장되어 있다. 사용자는 PC 모드에서 원하는 성능을 설정한 후 GUI program 에서 설정된 데이터를 EVB 의 MCU 로 전송이 가능하고 MCU 에서 PC 와 동일한 설정 값을 가지는 동일 기능의 구현이 가능하다. (MCU 모드)

위의 두 가지 동작 기능은 기본적으로 당사에서 제공하는 MCU 를 사용하도록 설계되어 있으며 이러한 동작을 위한 사용자 전용 소프트웨어 개발을 위해 SDK 와 레이더 응용 라이브러리가 제공이 된다. 사용자는 이러한 SDK 를 이용하여 쉽고 간단히 자신의 전용 회로 및 소프트웨어 개발이 가능하다.

이러한 구성 이외에 간단하게 물체의 On/Off 움직임 검출만을 원하는 사용자를 위해 EVB 상에서 OPAMP 를 사용한 comparator 회로가 구현되어 있다. Comparator 출력을 이용하여 목표 물체의 움직임의 유무를 판단하는 것이 가능하며 comparator 회로의 기준 저항 값을 수정하여 동작 감도를 조절 할 수 있다. 이러한 경우 PC 모드는 동작하지 않는다. (Comparator 모드)



MS-RA11N EVB

Radar Sensor Evaluation Board

위와 같이 EVB 상에서 MS-RA11N 레이더 모듈의 성능 평가 및 제품 응용을 위한 여러 가지 평가와 시험이 가능하며 MCU 사용시 당사가 제공하는 소프트웨어 개발 KIT 를 사용하여 쉽게 자체 회로 및 응용 소프트웨어 개발이 가능하다.

2. 특징

- MS-RA11N 24GHz K-band Rader Module 의 성능 평가 및 개발을 위해 구성된 평가 보드 세트
- 구성품 : EVB(Evaluation Board), MS-RA11N 레이더 모듈, PC software
- 동작 모드 : PC 모드, MCU 모드, Comparator 모드
- PC 상에서 동작하는 개발 GUI program 을 이용하여 간편히 개발 가능
- PC 와 연결 없이 EVB 자체 보드의 MCU 를 이용하여 동작 및 개발 가능
- GUI Program 서 구현된 모든 기능을 EVB 상의 MCU 에서 동일 기능 및 성능 구현 가능
- MCU 를 사용하지 않는 Comparator 동작 시험 가능
- EVB 상의 MCU 에서 독자적인 Software 개발 가능 (별도의 SDK 제공)
- MCU 에서 지원되는 신호 처리
 - ✓ Detection threshold
 - ✓ Min/Max Velocity
 - ✓ Detection hold time
 - ✓ Activation hold time
- USB power, Motion detection LED, Velocity detection LED

3. 구성 및 동작 모드

그림 1 은 EVB 의 간단한 Block Diagram 이다. Block Diagram 에서 EVB 는 두 개의 block 으로 구성되어 있으며, 두 개의 block 은 MS-RA11N sensor 와 연결되어 동작을 하는 operation block 과 레이더 신호를 USB 를 통해서 PC 에 전달하기 위한 USB interface block 이다. Operation block 은 cortex M0 40MHz 로 동작하는 MCU 로 구성되어 있으며 MS-RA11N 레이더 모듈의 데이터를 받아서 A/D 변환을 수행하고 감도 및 속도 검출 데이터 처리를 담당한다.

Interface block 은 operation block 과 PC 사이의 USB 연결을 지원하기 위한 block 으로 실제 레이더의 동작에 관여 하지 않는다.

MS-RA11N EVB 는 3 개의 동작 모드로 동작된다. 3 가지 모드는 PC 모드, MCU 모드, Comparator 모드이다. 각 모드에 대한 상세 설명은 아래와 같다.

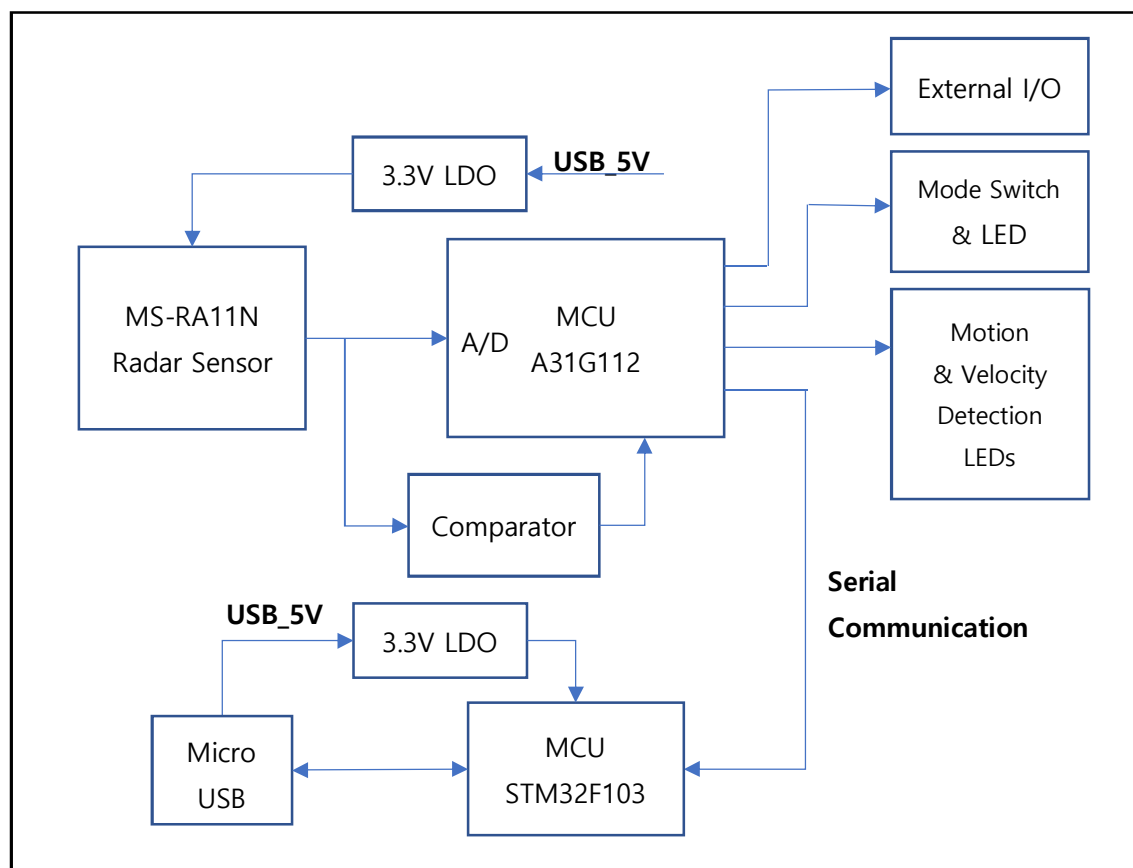


그림 1 EVB Block Diagram

3.1 PC 모드

처음 레이더 센서를 이용해서 응용 제품을 개발하고자 하는 경우 레이더의 특성과 조절에 대한 이해가 부족하여 개발에 많은 시간을 필요로 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 레이더의 특성과 조절이 PC에서 동작하는 GUI program에 의해서 관찰되고 시험이 가능하게 EVB를 동작시킬 수 있는 모드이다. 레이더 모듈을 평가하기 위한 가장 사용이 간단한 모드이다. 레이더 모듈에서 출력된 신호는 레이더 신호는 operation block 의 MCU에서 A/D 변환된 후에 PC로 전송이되고 PC상에서 동작하는 GUI program 에서 신호 처리되어 목표 물체의 움직임과 속도가 표시되며, 사용자는 GUI program을 통해서 응용 제품에서 검출하고자 하는 목표 물체의 감지 거리, 속도 등의 값을 변경하며 실험을 진행하고 원하는 검출 감도의 조정이 가능하다. 적절한 동작 감도 설정을 위한 GUI program 의 상세한 동작 설명은 GUI program menu 설명을 참조하기 바랍니다.

3.2 MCU 모드

PC 모드는 MS-RA11N 모듈의 동작 모드를 설정을 위한 단계이고 사용자는 전용 시스템 개발을 위해 MCU에서 레이더 감지 기능을 구현하여야 한다. 이러한 전용 시스템 개발을 위해 MCU 모드는 PC 모드에서 동작하는 여러 가지 레이더 관련 소프트웨어 기능을 EVB 상의 MCU에서 동일하게 구현하여 시험을 하는 모드이다. EVB의 operation block 의 cortex MCU에는 이미 PC 상에서 동작하는 GUI program 과 동일한 소프트웨어가 내장되어 있다. PC 모드에서 시험을 통해서 적절하게 설정된 여러 가지 레이더 조절 데이터는 MCU 모드의 동작을 위해서 EVB의 MCU로 전달이 된다. 이후 EVB 상에서 동작 모드를 PC 모드에서 MCU 모드로 전환하면 PC 상에서 동작하는 것과 동일한 기능으로 동작된다. GUI 상에서 구현된 Motion 및 Velocity activation icon은 EVB 상의 LED를 통해서 확인이 가능하다.

소프트웨어 개발을 위해 EVB와 같이 제공되는 SDK에는 EVB상의 MCU (A31G112)에서 동작하는 소프트웨어 라이브러리가 제공된다. 사용자가 응용 회로를 개발 시 추가되는 응용 소프트웨어의 크기에 따라 MCU 선택하여 사용하는 것이 가능하다. A31G111과 A31G112는 Pin compatible 하며 내장 Flash memory 크기만 차이가 나서 개발 및 변경이 용이하다.

3.3 Comparator 모드

위의 두 동작 모드는 당사가 제공하는 M0 Cortex MCU 를 기반으로 동작하게 되어있다. 이러한 구성 이외에 간단하게 목표 물체의 On/Off 검출만을 원하는 사용자나 기존 사용하고 MCU 의

변경이 불가한 경우를 위해 간단한 Comparator 회로를 이용하여 움직임 검출이 가능하다. EVB 상에서 OPAMP 를 사용한 간단한 comparator 회로가 구현되어 있다. Comparator 출력은 디지털 출력으로 설정되어 있으며 회로의 기준 저항 값을 수정하여 동작 감도를 조절 할 수 있다.

3.4 보드 구성

그림 2 는 제공되는 EVB 그림이다. MS-RA11N 모듈이 장착되어 있으며 기본 동작 범위는 성인의 인체 기준으로 정면으로부터 약 5M 정도이다. 초기 PC 모드로 설정되어 있으며 PC 연결 후 GUI program 을 동작시키면 자동으로 연결이 된다. 연결 후 레이더 모듈의 정면에서 물체를 움직이면 GUI 화면에 ADC 원도에 레이더 신호가 출력되면 정상 동작을 하는 것이다. 상세 동작은 GUI program 의 menu 를 참조하며, EVB 각 부분의 구성은 다음과 같다.

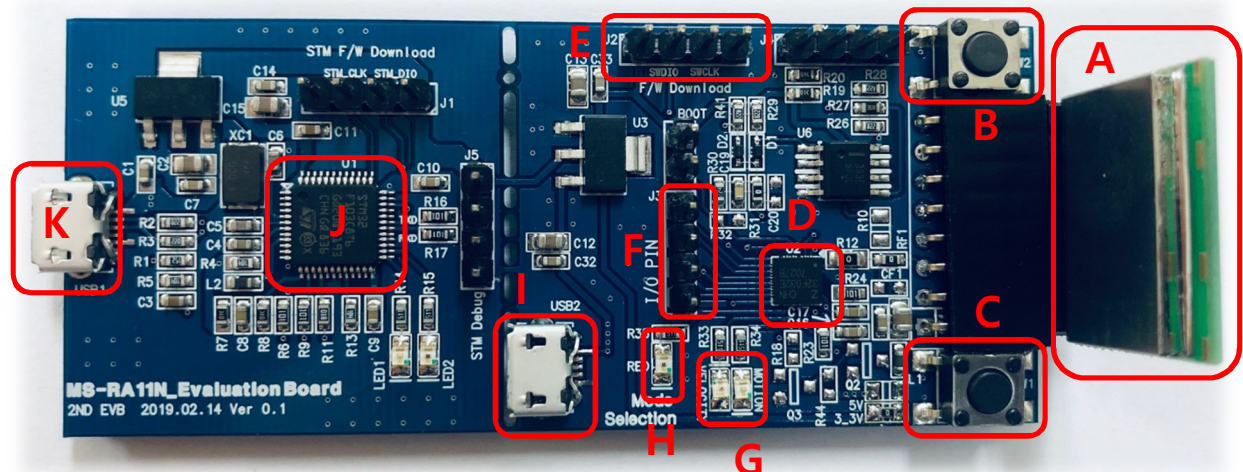


그림 2 EVB Board

A : MS-RA11N 레이더 모듈

B : Reset Button

C : Mode Select Button (MCU 모드와 Comparator 모드 선택 버튼으로 Toggle 동작을 한다.)

D : operation MCU (Cortex M0 A31G112 이며, low cost version 인 A31G111 과 pin to pin 호환이 가능하다.)

E : MCU debug connector (Cortex M0 를 단독으로 개발하는 경우 사용되는 debug & firmware download port)

F : MCU I/O pin (MCU 에 추가적인 소프트웨어 개발 시험을 위한 I/O port)



MS-RA11N EVB

Radar Sensor Evaluation Board

G : Motion & Velocity LED (motion 과 속도 조건이 맞을 경우 LED 점등. GUI program 의 motion detection icon 과 velocity detection icon 와 일치하게 동작함. 상세 동작 설명은 GUI menu 를 참조하시기 바랍니다)

H : Mode LED (PC Mode 시 LED off, MCU Mode 시 LED on, Comparator Mode 시 LED Blink)

I : MCU 모드 전원 USB (사용하지 않음)

J : Interface MCU (USB interface 를 위한 MCU)

K : Micro USB (PC 연결용 USB connector)

4. GUI program

MS-RA11N 은 도플러 레이더 원리를 이용하여 물체의 움직임과 속도를 검출하는 기능을 가지고 있다. 목표하는 물체의 움직임의 검출은 물체의 운동 특성과 사용 환경에 따라 복잡한 특성을 가진다. 이러한 사용 환경에 따라 레이더 신호를 적절히 처리하여 원하는 동작 특성을 가지도록 조절할 필요가 있다.

목표 물체 특성을 검출하는데 있어서 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. 이러한 방식으로 GUI program 에서 개발된 기능은 저가의 전용 MCU 로 쉽게 이전되어 시스템 설계에 이용이 가능하다. EVB 와 GUI program 의 연결 및 GUI 동작은 아래와 같다.

4.1 GUI Program 연결

MS-RA11N EVB 의 Micro USB 단자에 PC USB cable 을 연결하면 EVB 에 전원이 연결되고 제공된 GUI program 을 실행시키면 그림 3 과 같이 자동으로 MS-RA11N EVB 와 연결이 되어 사용 가능 상태가 된다.

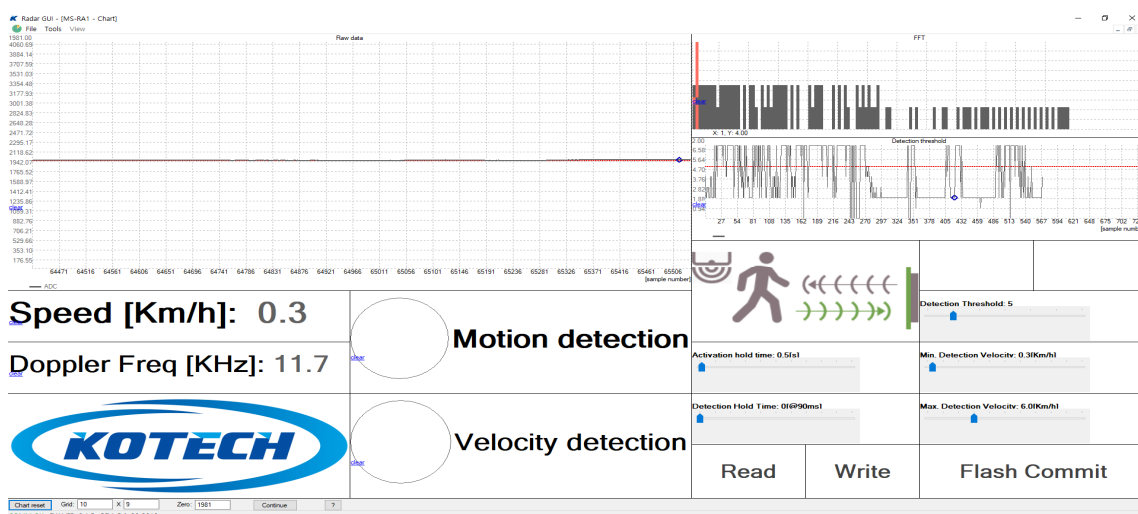


그림 3 GUI program

자동으로 연결이 되지 않거나 아래 그림 4 과 같이 COMM ERR 이 발생한 경우 아래와 같은 방법으로 설정을 변경한다.

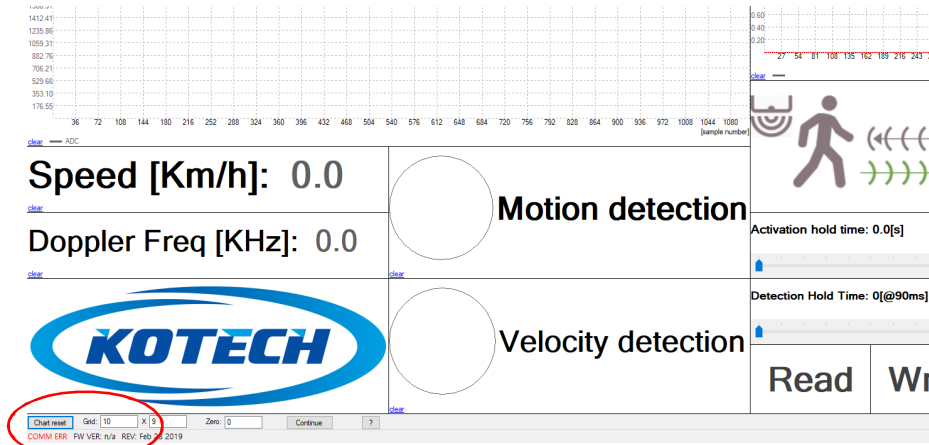


그림 4 통신 에러

GUI program 의 메뉴에서 Tools->UART Config... 을 클릭하면 그림 5 와 같이 COM Port Configuration 창이 활성화된다.

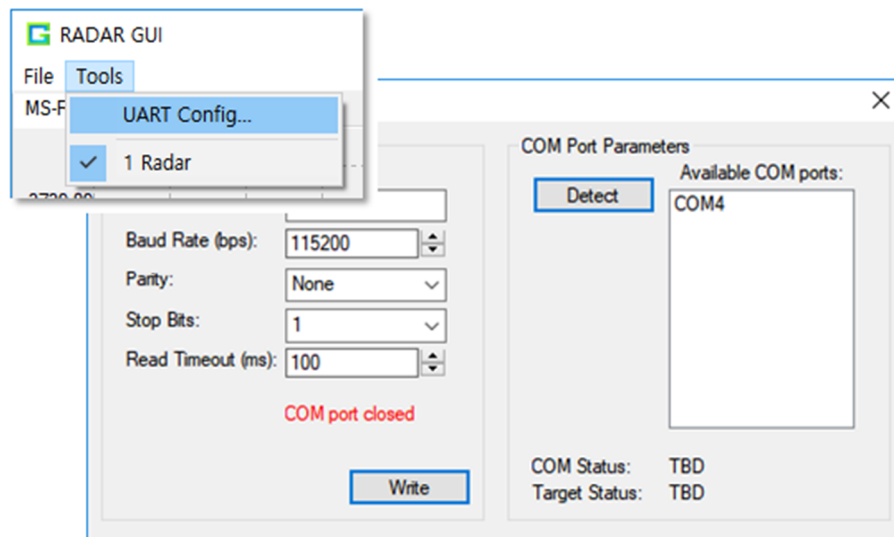


그림 5 COM port configuration

사용하고자 하는 COM Port 를 선택하여 “COM port open” 메시지가 출력되면 COM Port 설정이 완료된다. (그림 6)

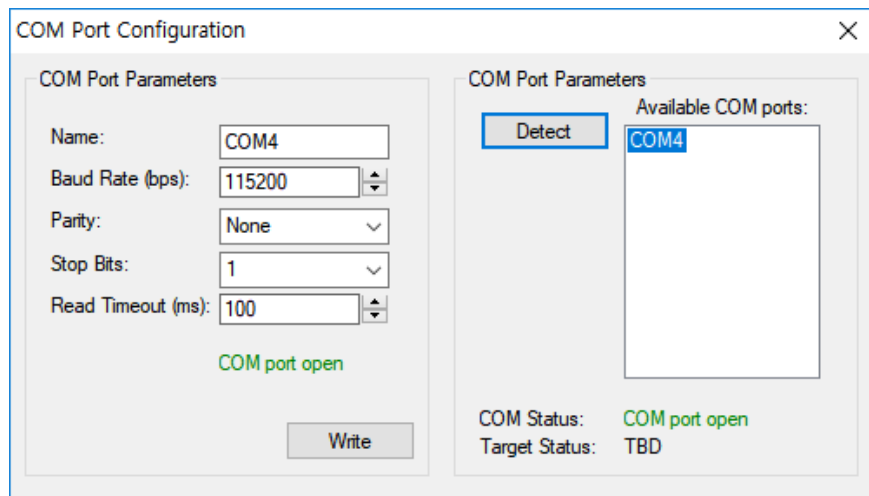


그림 6 통신 포트 설정

COM Port Configuration 창을 닫고 GUI program 화면에서 Read 버튼을 클릭하여 MS-RA1 Evaluation Board의 통신 모드를 변경한다

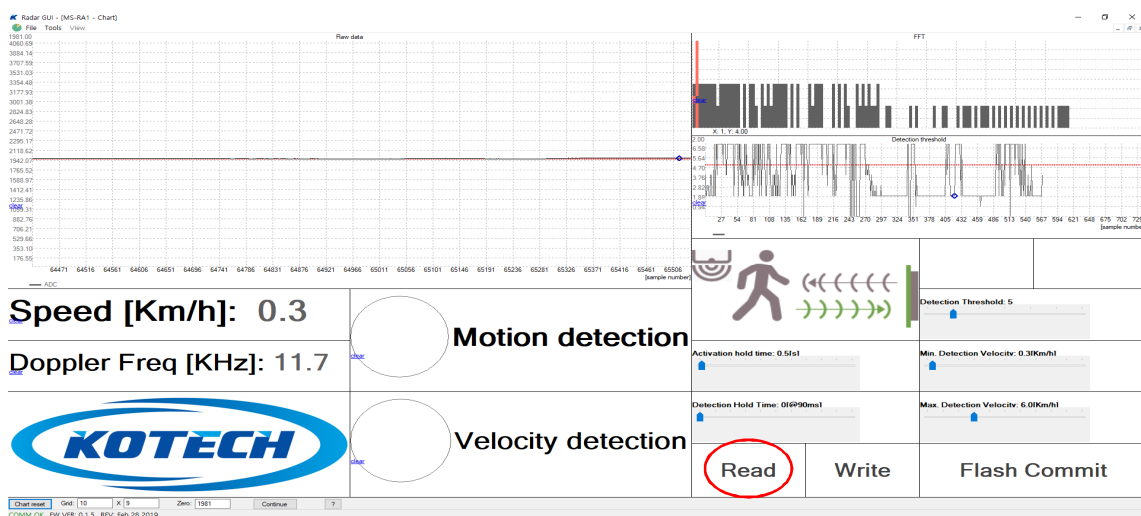


그림 7 Read Button

4.2 GUI 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 8 GUI Program Menu

① ADC window

MS-RA11N 모듈의 IF(Analog Signal Output) 신호를 출력하는 윈도우로 레이더의 출력 신호를 직접 확인할 수 있어서 목표 물체의 움직임에 따른 신호의 변화를 관측하는 것이 가능하다. 목표 물체의 크기와 거리에 비례하여 신호의 진폭이 변경되며 거리가 멀어지면 신호의 크기가 급격히 감소하여 ADC window 상에서 관측이 어려워진다. 레이더 신호의 크기가 미세 할수록 SNR(Signal to Noise Ratio, 신호 대 잡음비)이 중요한 역할을 한다. 잡음 개선의 가장 중요한 부분은 레이더와 MCU 전원의 잡음이다. 전원의 잡음이 심하게 되면 원거리에서 레이더 모듈의 성능이 급격히 감소하게 된다. MS-RA11N 의 기본적인 동작범위는 인체를 기준으로 약 5M 이다. 따라서, 5M 이격을 가지고 인체의 움직임이 있을 경우 동작특성을 확인해 보면 제작된 시스템의 SNR 특성을 확인할 수 있다. ADC window 의 가로축은 시간 축이고 세로축은 신호의 크기이다.

② FFT frequency window

도플러 레이더는 움직임의 속도에 비례해서 주파수 편이가 발생하는 원리를 이용하는 장치이다. 따라서, 레이더 출력신호의 주파수 특성을 분석을 하면 목표 물체의 속도를 검출하는 것이 가능하다. 주파수 특성분석을 위해 GUI program 은 256 FFT (Fast Fourier Transform)을 사용한다. 2 번 FFT 윈도우는 ADC 윈도우에 나타나는 레이더 모듈의 출력을 A/D 변환 후 Sampling 하여 256 FFT 처리한 결과를 출력하는 윈도우이다. 가로축은 움직이는 목표의 속도에 비례하는 주파수 축이고 세로축은 움직임의 속도에 따른 주파수의 크기이다. 목표 물체의 속도가 1KM/H 의 경우 주파수 편이는 44Hz 이다.

실제 동작 환경에서는 목표 물체의 움직임이 단순한지 않아서 레이더 신호에는 여러 가지 잡음 발생하며 이러한 잡음으로 출력 신호에는 다양한 주파수가 발생한다. 이러한 특성을 고려하여 GUI 신호처리 소프트웨어는 다양한 주파수 중에서 가장 큰 신호를 목표 물체의 주파수로 선택을 하여 처리 한다. 선택된 목표 물체의 주파수는 붉은색 바로 표시된다.

③ FFT magnitude window

도플러 주파수를 이용한 신호처리는 목표 물체의 크기와 거리에 반비례하여 신호의 세기 (magnitude) 가 변하고 목표 물체의 속도에 비례하여 주파수(frequency)가 변하게 된다. FFT magnitude window 는 목표 물체의 크기와 거리에 반비례하여 변하는 max magnitude 값을 시간 축으로 출력하는 선 차트 윈도우이다. 이 신호의 특성은 물체의 속도와 관계 없이 크기와 거리만을 사용하여 움직임의 특성을 검출하는 것이다. window 에는 목표의 움직임에 대한 시간상의 변화와 민감도 조절을 위한 검출 한계치(detection threshold)가 표시(붉은색 실선)된다. 검출 한계치는 8 번 detection threshold control bar 를 움직여서 원하는 한계점을 설정할 수 있다. 목표 물체의 속도와 무관하게 단순한 움직임을 검출하고자 하면 이러한 특성을 활용하는 것이 가능하다.

GUI program 에서는 FFT max magnitude 가 detection threshold 를 초과하고, detection hold time 조건에 만족하면 motion detection icon 이 오렌지색으로 활성화된다.

④ Velocity

MS-RA11N 은 도플러 방식의 레이더 모듈이고, 목표 물체의 속도는 도플러 주파수 변이로 발생된다. 출력된 레이더 신호는 GUI program 에서 256 FFT 를 통해서 도플러 주파수를 계산하고 속도를 산출한다.

⑤ Doppler Frequency

물체의 속도에 의해 발생된 도플러 주파수 변이를 표시한다. 256 FFT 수행 시 최대 진폭을 가진 주파수를 표기한다.

⑥ Motion Detection 상태 표시

레이더 신호의 크기는 목표 물체의 크기 비례하고 거리에 반비례하여 속도와 관계 있는 주파수와는 무관하다. Motion Detection 은 이러한 신호의 특성을 이용해서 물체의 움직임을 검출한다. 신호 검출 조건이 만족이 되면 icon 이 오렌지색으로 활성화된다. 활성화 이후 추가적인 움직임이 없어도 activation hold time 만큼 활성화를 유지한다. Motion detection 활성화 조건은 8 번 detection threshold 와 12 번 detection hold time 의 조건 만족 시 발생 한다.

⑦ Velocity Detection 상태 표시

Motion detection 과 반대로 목표 물체의 속도만을 가지고 움직임을 검출하는 방식이다. 물체의 속도가 지정된 속도 범위에 들어오면 상태가 활성화된다. FFT 를 통해서 계산된 물체의 순간 속도가 9 번 Minimum velocity 와 10 번 Maximum velocity 의 두 조건을 만족하고, 12 번 detection hold time 조건을 만족하면 상태표시가 활성화된다. 활성화 시 오렌지색으로 변한다.

GUI 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.

⑧ Detection Threshold control bar

Motion detection 감지의 민감도를 설정하는 값이며 범위는 4~10 이다. 이 값을 조정하면 3번 FFT magnitude window 의 threshold 표시선이 이동한다. 크기가 커질수록 검출 감도가 줄어 들게 된다. 최대 민감도를 원하면 4 로 설정을 한다.

⑨ Minimum Detection Velocity control bar

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

⑩ Maximum Detection Velocity control bar

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

⑪ Activation Hold Time control bar

Detection threshold 나 Velocity control 에 의해서 모션이 감지 조건이 만족되면 두 개의 activation icon 들이 활성화된다. 활성화 상태는 물체의 움직임이 지속적으로 발생하면 계속 유지가 된다. 이후 물체의 움직임이 검출이 되지 않아도 비활성화까지 Activation hold time 에서 설정한 시간만큼 활성화 상태를 유지한다. 시간 범위는 0~50(sec)

⑫ Detection Hold Time control bar

모션 감지 시 설정된 값만큼 연속적으로 모션 동작이 발생하여야만 모션이 감지된 것으로 인식한다. 범위는 1~10 이며, 각 단위의 측정 시간은 약 90msec 이다. 5 로 설정을 하면 약 450msec 동안 물체의 움직임이 연속적으로 발생해야 모션 동작으로 인식을 한다. 레이더 센서가 실제 물체의 움직임 이외에 순간적인 잡음으로 인해서 오동작 하는 것을 방지하는 기능을 한다.

⑬ Read 버튼

MS-RA11N EVB 에 설정되어 있는 Setting 값을 읽어오는 버튼. EVB 상의 MCU 모드에서 동작하던 설정 값을 PC 모드로 가져오는 기능을 하는 버튼

⑭ Write 버튼

PC 모드에서 설정된 Setting 값을 MS-RA11N EVB 에 전송하는 버튼. 이후 MCU 모드로 동작을 하면 PC 모드와 동일한 동작을 한다. 이 write 값은 RAM 에 저장되어서 Reset 이나 전원 OFF 시 유지되지 않는다.

⑮ Flash commit 버튼

MS-RA11N EVB 에 설정되어 있는 Setting 값을 Flash memory 에 저장하는 버튼

5. EVB 회로도

