存在检测与分区解决方案

采用 XENSIV™ BGT60TR13C 雷达和 CYW55913 Wi-Fi Bluetooth® MCU

关于本文档

范围和目的

本应用笔记介绍了一种嵌入式平台的概念验证（PoC）方案，该平台将用于实现稳健的人体存在检测和分区的 60 GHz 雷达传感器与基于 Wi-Fi & Bluetooth® LE 的连接型 MCU 相结合。该平台由安装在英飞凌 AIROC™ CYW55913 Wi-Fi & Bluetooth® LE 评估套件（EVK）上的 XENSIV™ BGT60TR13C 60 GHz 雷达传感器扩展板组成。此外，Android 移动应用 Infineon Presence Sensing and Zoning 可用于配置雷达分区算法，并查看其返回的存在检测信息。该方案减少了为雷达处理和连接功能分别单独配备 MCU 的需求，从而进一步节省了电路板空间与物料清单（BoM）成本。

目标读者

本文档面向电子系统的设计工程师、技术人员和开发人员，适用于希望在智能门铃、安防摄像机等物联网（IoT）设备中集成雷达传感器以实现存在检测的用户，也可扩展应用于智能家居照明和智能电视等智能家居场景。

本应用笔记的原文使用英文撰写。为方便起见，英飞凌提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，英飞凌不保证译文的准确性。为确认准确性，请务必访问 infineon.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

目录

关于本文档 1
目录 2
1 简介 4
1.1 系统概述 4
1.2 XENSIV™ BGT60TR13C 雷达 5
1.3 XENSIV™ 雷达适配器板 5
1.4 AIROC™ CYW55913 Wi-Fi & Bluetooth® LE 连接型 MCU 6
1.5 AIROC™ CYW955913EVK-01 评估套件 7
1.6 Android 移动应用 Infineon Presence Sensing and Zoning 7
2 硬件 8
2.1 前提条件 8
2.2 接线说明和引脚配置 8
2.2.1 电路板准备 9
2.2.2 系统搭建 10
3 软件 12
3.1 前提条件 12
3.2 软件流程图 12
3.3 雷达算法 13
3.3.1 波形配置 13
3.3.2 内存占用与性能 13
3.4 GATT 配置（ModusToolbox™） 13
3.4.1 Bluetooth® 设备拓扑结构 14
3.4.2 GATT 描述 14
3.4.3 GATT 设置 15
3.5 MQTT 16
3.5.1 MQTT 客户端与消息 16
3.5.2 MQTT 代理 17
4 固件烧录 18
5 Android 移动应用 Infineon Presence Sensing and Zoning 20
5.1 软件要求 20
5.2 硬件要求 20
5.3 安装 20
5.4 应用 UI 说明 21
5.4.1 导航栏 21
5.4.2 Hub 界面 21
5.4.3 Radar 界面 24
5.4.3.1 距离和角度（Range Angle）信息 25
5.4.4 Activity 界面 26
5.4.5 Settings 界面 27
5.4.5.1 雷达设置 27
5.4.5.2 雷达区域选择 29
5.4.5.3 Wi-Fi 设置 31
5.5 操作 32

6 MQTT Python 订阅端示例 34
6.1 要求 34
6.2 运行 MQTT Python 订阅端示例 34
7 测试与观察 36
7.1 室外测试 38
7.1.1 测试设置 38
7.1.2 测试观察结果 39
7.1.2.1 ZONE_RADIAL_WALK 测试 39
7.1.2.2 杂波抑制测试 40
8 未来升级与功能 44
参考文献 45
修订记录 46
免责声明 ..... Error! Bookmark not defined.

1 简介

1.1 系统概述

存在检测与分区应用提供了雷达存在检测和分区功能的示例，集成了英飞凌 XENSIV™ BGT60TR13C 调频连续波（FMCW）雷达传感器 [1] 与英飞凌 AIROC™ CYW55913 Wi-Fi & Bluetooth® LE 连接型 MCU [2]。该解决方案包含 Android 移动应用 Infineon Presence Sensing and Zoning（以 *.apk* 文件形式发布在固件发布包中），用于配置雷达分区算法参数、查看雷达存在检测/分区结果，并执行 Wi-Fi 配网引导。

被动红外（PIR）传感器是存在检测的主流解决方案。在安防摄像机或智能门铃等应用中，存在检测传感器会触发系统启动视频录制，以捕捉存在证据。PIR 传感器虽然成本较低，但存在诸多问题，例如：

- 误报——当运动物体或动物进入视场（FoV）时，PIR 传感器容易发生误报。频繁的误报会导致功耗增加，并降低用户对系统可靠性的信任度。
- 多硬件需求——现有解决方案需要一个专用的传感器集线器 MCU 来执行雷达通信和存在检测，还需要另一个 MCU 来控制 Wi-Fi & Bluetooth® LE 连接功能。

为解决这些问题，英飞凌推出了 AIROC™ CYW55913 MCU，集 Wi-Fi & Bluetooth® LE 连接功能于一体，内核适用于应用开发。除了连接功能外，它还配备了一个额外的可用于自定义用户应用的 Arm® Cortex® M33 内核，在本方案中用于开发雷达分区算法。XENSIV™ BGT60TR13C 雷达传感器配合强大的分区算法，可在 ±60°（总计 120°）的 FoV 内，实现 8 m 范围的精准人体存在检测。该解决方案无需单独配备传感器集线器 MCU 来处理 Wi-Fi & Bluetooth® LE 功能以及雷达数据，从而降低了总体成本并缩短了产品上市时间。

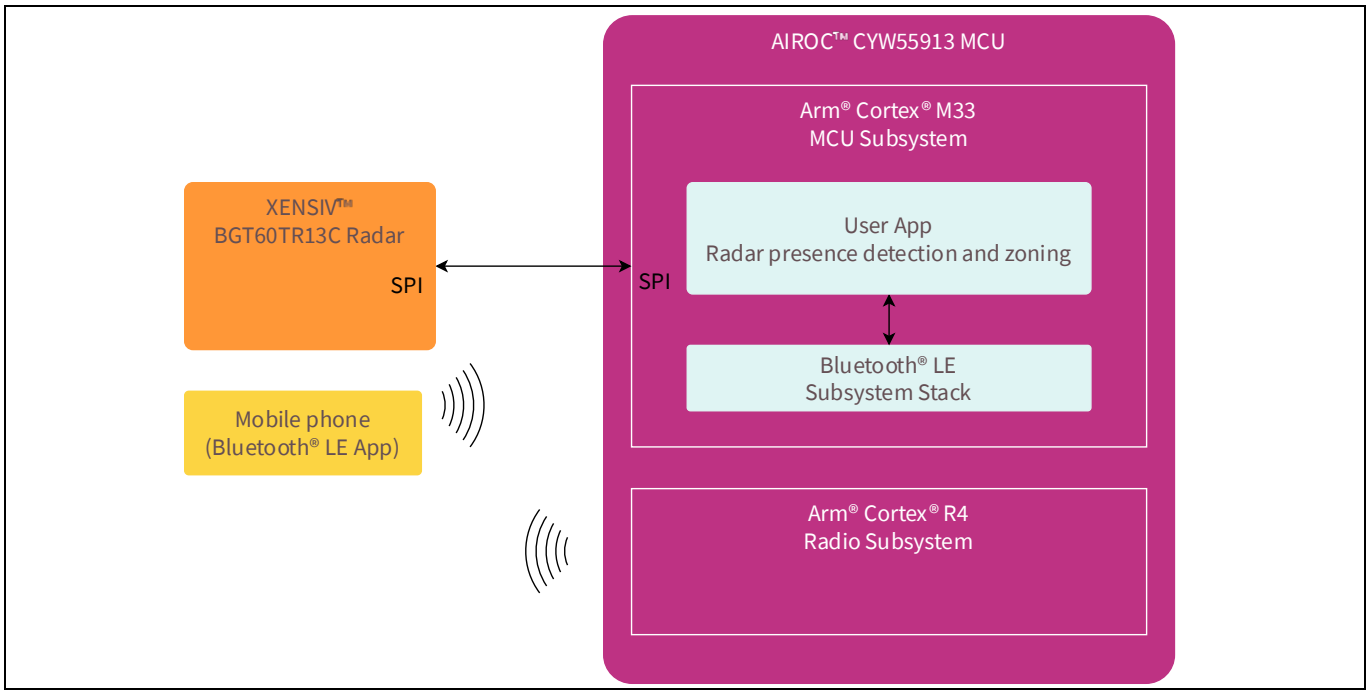


Figure 1 系统框图

1.2 XENSIV™ BGT60TR13C 雷达

XENSIV™ BGT60TR13C MMIC [1] 是一款 60 GHz FMCW 雷达，采用封装天线（AIP）技术，内置一个发射（Tx）天线和三个接收（Rx）天线，FoV 为 ±60°。此外，它集成了用于低功耗和实时运行的状态机，具备 5.2 GHz 超宽带宽，支持高分辨率 FMCW 工作模式。

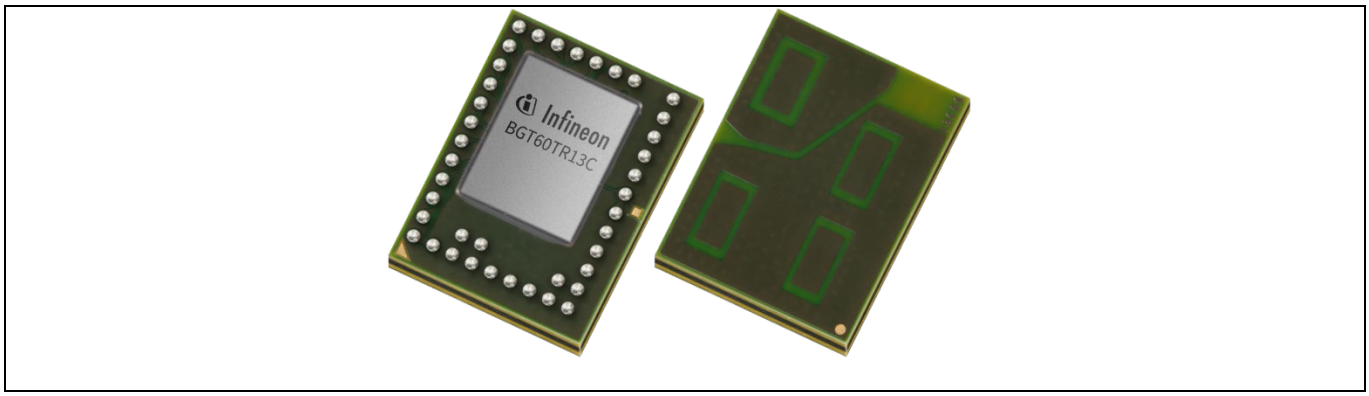


Figure 2 采用 AIP 的 BGT60TR13C 雷达芯片

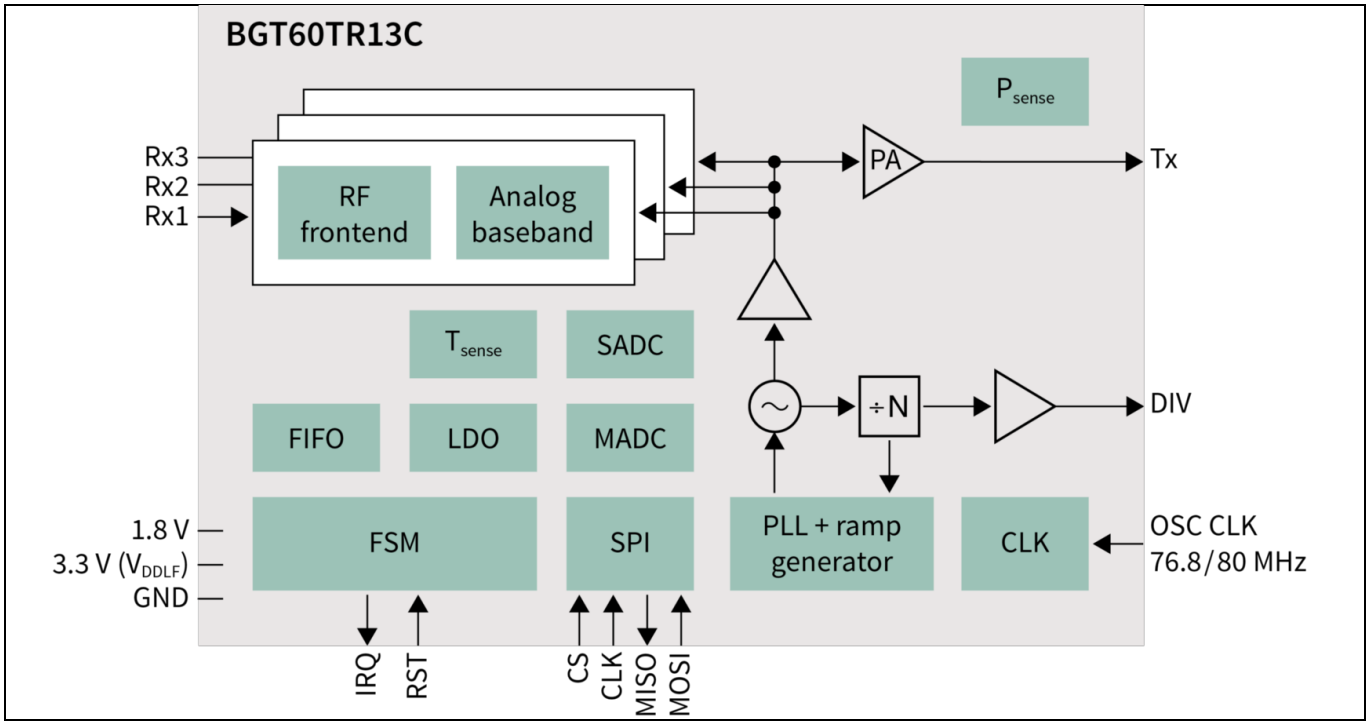


Figure 3 BGT60TR13C 系统框图

1.3 XENSIV™ 雷达适配器板

为了与 BGT60TR13C 雷达扩展板 [3] 对接，使用了 XENSIV™ 雷达适配器板 [4]。该适配器板可将 60 GHz 雷达扩展板（例如英飞凌演示平台上常用的 BGT60TR13C (1 Tx，3 Rx) 或 BGT60LTR11AIP (1 Tx，1 Rx)）连接到任意系统。XENSIV™ 雷达适配器板基于 Adafruit Feather 引脚规范，提供了将雷达与任意平台对接所需的引脚。

该板包含：

- 用于控制雷达的串行外设接口（SPI）引脚和各种通用输入输出（GPIO）引脚
- 用于将 3.3 V MCU 逻辑电平转换为雷达的 1.8 V 逻辑电平的电平转换器，以及用于生成所需 3.3 V 和 1.8 V 电源轨的 LDO。

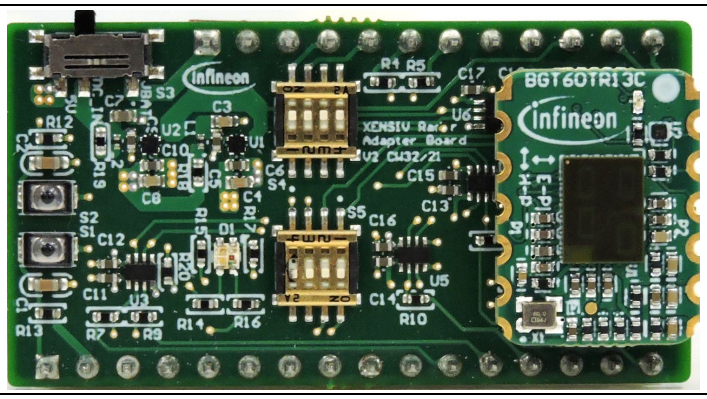


Figure 4　　连接 BGT60TR13C 扩展板的 XENSIV™ 雷达适配器板

1.4　　AIROC™ CYW55913 Wi-Fi & Bluetooth® LE 连接型 MCU

特性：

- 超低功耗单芯片连接型 MCU
- 支持 1x1 2.4+5+6 GHz Wi-Fi 6E、Bluetooth® Low Energy 5.4 及 Matter
- 专为智能家居、工业及便携式设备等 IoT 场景优化，既可独立使用，也可用于主处理器连接卸载任务

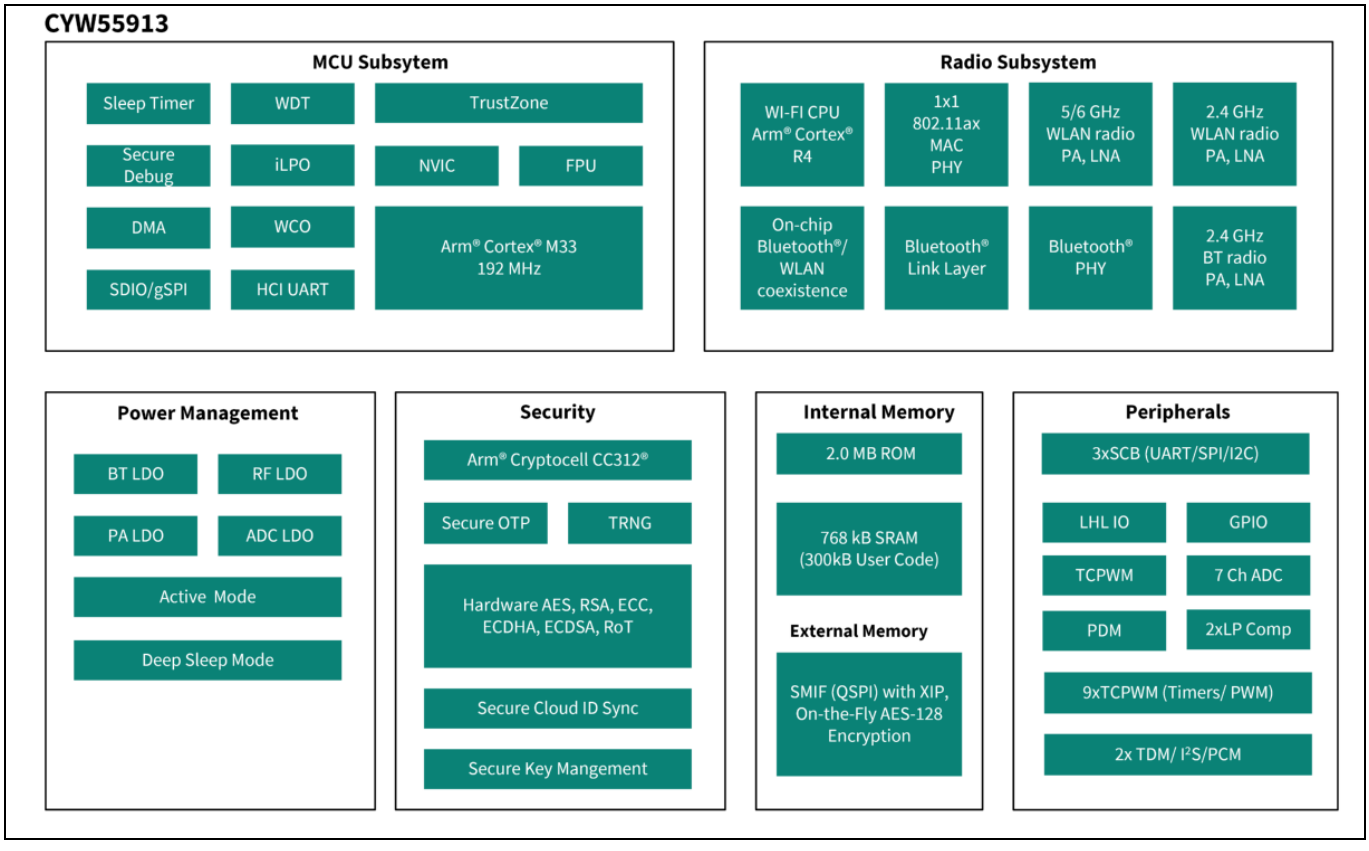


Figure 5　　CYW55913 MCU 子系统图

1.5 AIROC™ CYW955913EVK-01 评估套件

本应用采用 CYW955913EVK-01 评估套件[5] [6] 作为底板。该套件包含一个用于连接 CYW55913 MCU 的 M.2 插槽，以及多个便于访问不同 I/O 的接头。

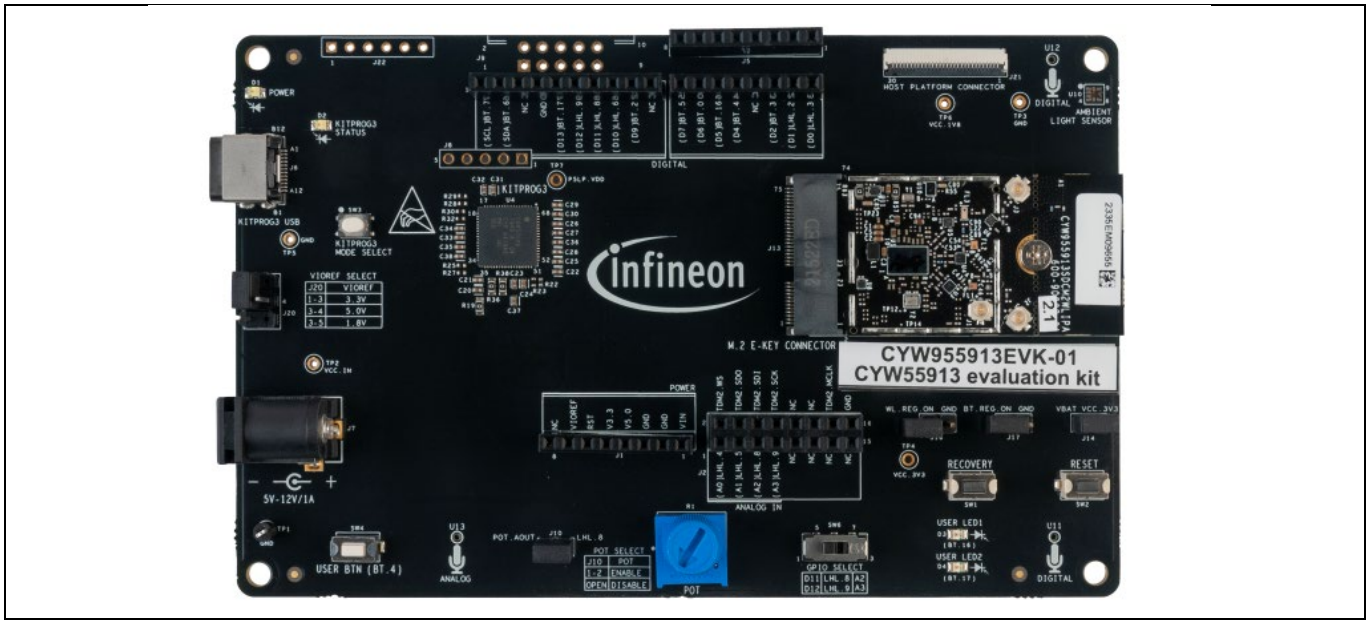


Figure 6 AIROC™ CYW955913EVK-01 评估套件

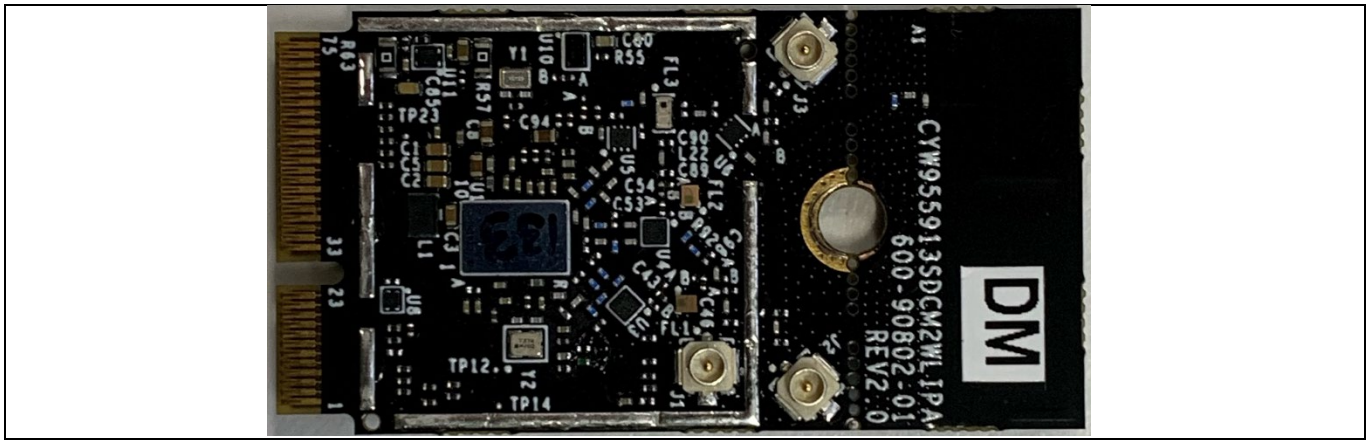


Figure 7 CYW955913SDCM2WLIPA 模块 [1]

1.6 Android 移动应用 Infineon Presence Sensing and Zoning

该 Android 移动应用可用于查看来自 CYW955913EVK-01 系统的人体存在信息，也可配置雷达服务特征（表 3）。

更多信息可参见第 5 节。

[1] 不单独销售，仅作为 CYW955913EVK-01 套件的一部分提供。

2 硬件

2.1 前提条件

CYW55913 需要以下硬件组件：

- AIROC™ CYW955913EVK-01 评估套件 [5] [6]
- AIROC™ CYW55913 Wi-Fi/Bluetooth® MCU 插入式模块
- XENSIV™ BGT60TR13C 雷达扩展板 [3]
- XENSIV™ 雷达适配器板

按照以下步骤连接硬件：

1. 将 XENSIV™ BGT60TR13C 雷达扩展板连接到适配器板上的连接器（P1 和 P2）。
2. 确保扩展板和适配器板左上角的圆孔标记对齐，如 图 8 所示。

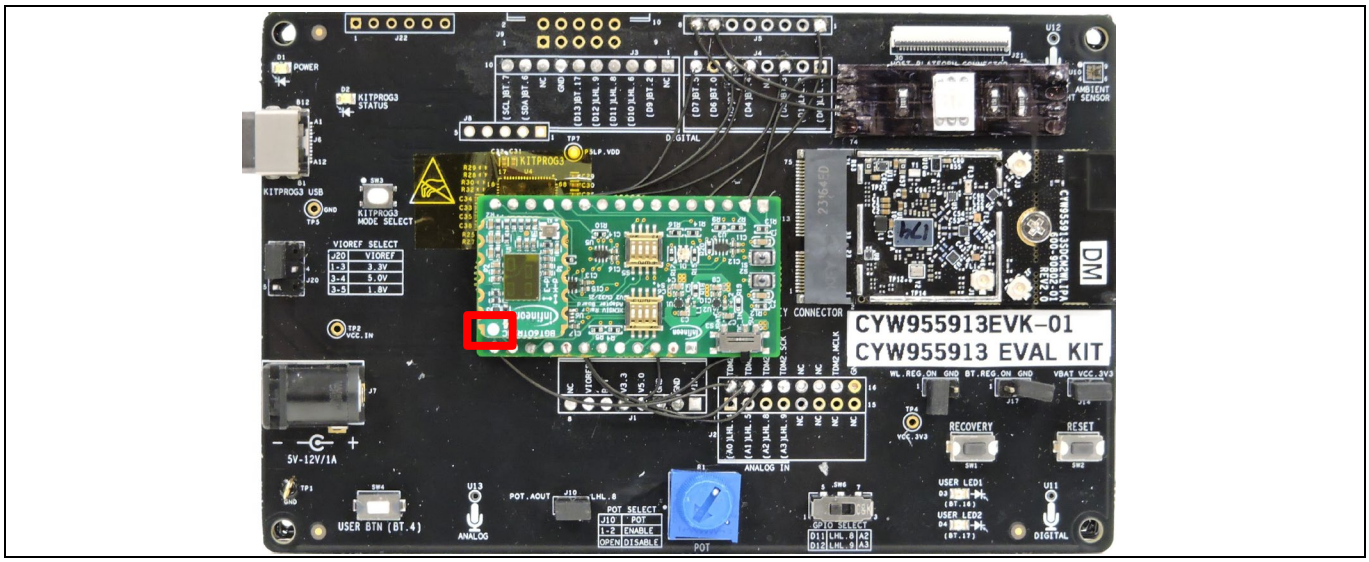


Figure 8 连接 BGT60TR13C 雷达扩展板的 CYW955913EVK-01

2.2 接线说明和引脚配置

可以使用 CYW955913EVK-01 底板、BGT60TR13C 适配器板和扩展板来配置和搭建自定义系统。

Note: AIROC™ CYW955913EVK-01 评估套件需要经过快速准备过程才能实现图 8 所示的系统配置。

2.2.1 电路板准备

1. 为确保布线整洁，移除以下接头（可通过 CYW955913EVK-01 底板上的元件标识和丝印标记确认）：

- POWER，J1（1x8，单排）
- ANALOG IN，J2（2×8，双排）
- DIGITAL，J3（1x10，单排）
- DIGITAL，J4（1x8，单排）
- J5（1x8，单排）

表 1 列出了 CYW955913EVK-01 与雷达适配器板之间的引脚连接。

Table 1 雷达适配器板与 CYW955913EVK-01 连接指南

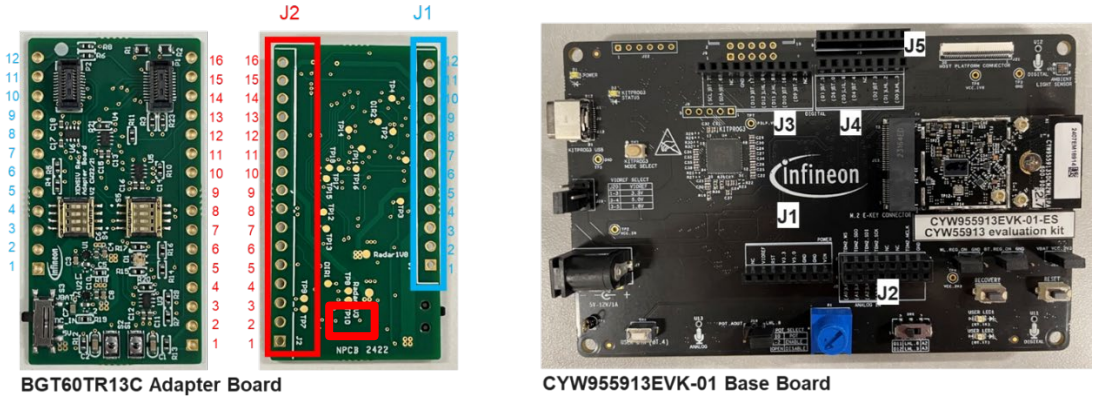
CYW955913EVK-01 信号			雷达适配器板信号		描述
连接器 ID	引脚	板载	连接器 ID	引脚	
J4.6	LHL_GPIO_6	D5[BT.16]	J2.11	SPI_CLK_Feather[1]	雷达 SPI 时钟 [2]
J2.4	TDM2_DO	TDM2_SDO	J2.12	SPI_MOSI_Feather[1]	雷达 SPI MOSI
J2.6	TDM2_DI	TDM2_SDI	J2.13	SPI_MISO_Feather[1]	雷达 SPI MISO
J2.2	TDM2_WS	TDM2_WS	J2.16	SPI_CSN_Feather[1]	雷达 SPI 片选
J4.5	BT_GPIO_2	D4[BT.4]	J1.10	en_LDO_Radar[1]	雷达 LDO 使能
J4.3	BT_GPIO_3	D2[BT.3]	J1.6	RST_Feather[1]	雷达复位
J4.8	BT_GPIO_5	D7[BT.5]	J1.7	IRQ_Feather[1]	雷达 IRQ
J1.3	–	GND	J2.4	GND[1]	接地连接
J1.4	–	V5.0	J1.3	5 V[1]	5 V 电源
J1.5	–	V3.3	J2.2	3V3[1]	3.3 V 电源

[1] 信号命名规范遵循电路原理图中的网络名称；适配器板上没有单独的丝印标识。

[2] 在底板的 Rev. 2 版本中，J3.3（LHL_GPIO_6）与 J4.6（BT_GPIO_16）的位置互换。在固件中，SPI CLK 被设置为 LHL_GPIO_6，但实际应将其连接至 J4.6 上的 BT_GPIO_16。

2.2.2 系统搭建

1. 所有板卡准备完成后，按照 表 1 以及 图 9 中的接线说明搭建系统。



- Connect J1-3 (5V) of the BGT60TR13C adapter board to J1-4 of CYW955913EVK-01 base board (5V)
- Connect J1-6 (RESET) of BGT60TR13C adapter board to J4-3 of CYW955913EVK-01 base board (D2[BT.3])
- Connect J1-7 (INT) of the BGT60TR13C adapter board to J4-8 of CYW955913EVK-01 base board (D7[BT.5])
- Connect J1-10 (LDO_EN) of the BGT60TR13C adapter board to J4-5 of CYW955913EVK-01 base board (D4[BT.4])
- Connect J2-2 (3.3V) of the BGT60TR13C adapter board to J1-5 of CYW955913EVK-01 base board (3.3V)
- Connect J2-4 (GND) of the BGT60TR13C adapter board to J1-2 of CYW955913EVK-01 base board (GND)
- Connect J2-11 (SCLK) of the BGT60TR13C adapter board to J4-6 of CYW955913EVK-01 base board (D5[BT.16])
- Connect J2-12 (MOSI) of the BGT60TR13C adapter board to J2-4 of CYW955913EVK-01 base board (TDM2_SDO)
- Connect J2-13 (MISO) of the BGT60TR13C adapter board to J2-6 of CYW955913EVK-01 base board (TDM2_SDI)
- Connect J2-16 (CS) of the BGT60TR13C adapter board to J2-2 of CYW955913EVK-01 base board (TDM2_WS)

Figure 9 BGT60TR13C 适配板和雷达扩展板的 CYW955913EVK-01 接线说明

2. 为检测存在与不存在状态，将 RGB LED 灯带连接至 CYW955913EVK-01 底板上原 J5 所在位置的指定连接点/GPIO（图 10）。
3. 确保以下连接正确：

- 将 RGB LED 灯带的“+”焊盘连接至适配器板上的 J2.2（3V3）
- 将 RGB LED 灯带的“G”焊盘连接至 CYW955913EVK-01 上的 J5-7（板载 TDM1.DO）
- 将 RGB LED 灯带的“R”焊盘连接至 CYW955913EVK-01 上的 J5-8（板载 TDM1.WS）

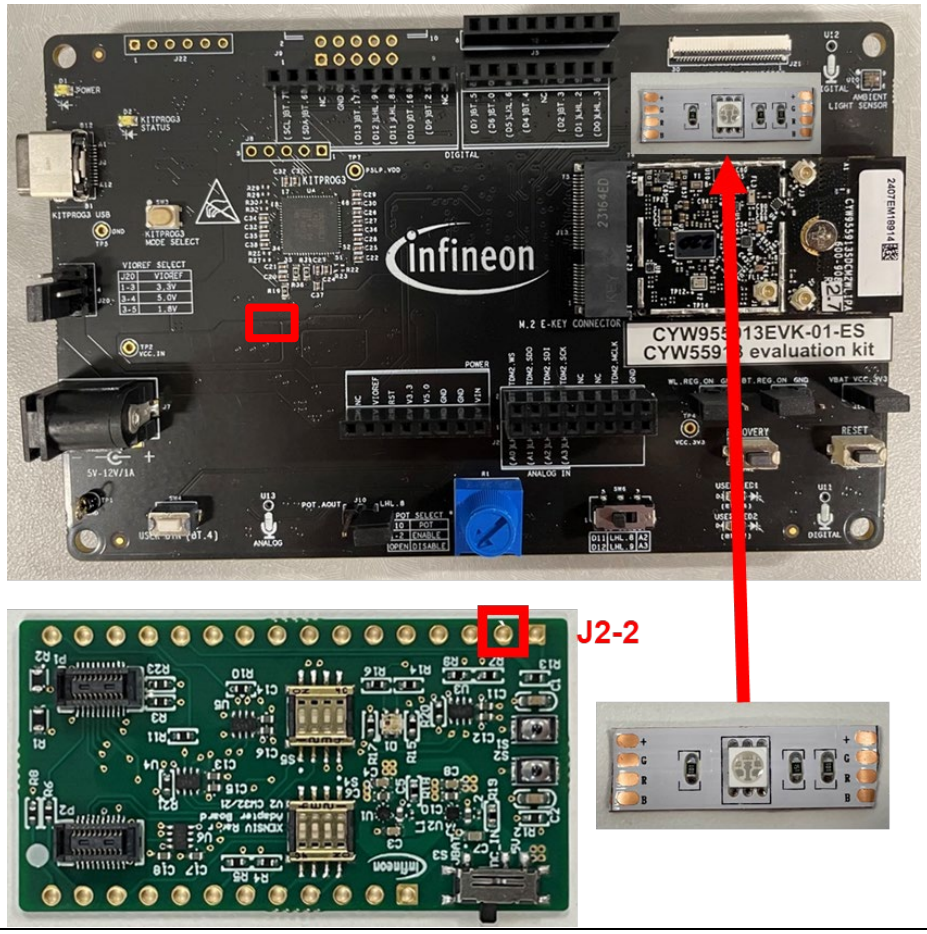


Figure 10 将 RGB LED 灯带接入 CYW955913EVK-01 底板，用于存在/不存在状态的可视化

3 软件

3.1 前提条件

本应用需要以下软件组件：

- ***Infineon_BGT60TR13C_CYW55913_Presence_detection_zoning_Release_Rev0.0.3.zip***
  发布包包含以下内容：
  - 固件 *.hex* 文件及烧录固件所需的支持文件
  - Infineon Presence Sensing and Zoning *.apk* 文件，用于在 Android 设备上安装应用（参见第 5 节）
  - 适用于 Windows 电脑的 Python MQTT 订阅端示例（参见第 6 节）

3.2 软件流程图

初次启动期间，系统初始化并启动 Bluetooth® Low Energy 协议栈。初始化完成后，启动两个雷达任务：

- 雷达采集任务
- 雷达处理任务

当接收到指示数据就绪的中断信号时，雷达采集任务会从 FIFO 缓冲区读取雷达数据，并通知雷达处理任务。随后，雷达处理任务将帧数据发送给分区算法。检测到目标时，Bluetooth® Low Energy 协议栈 API 向 Android 移动应用以及通过 Wi-Fi 连接的 MQTT 代理发送检测到存在的通知。

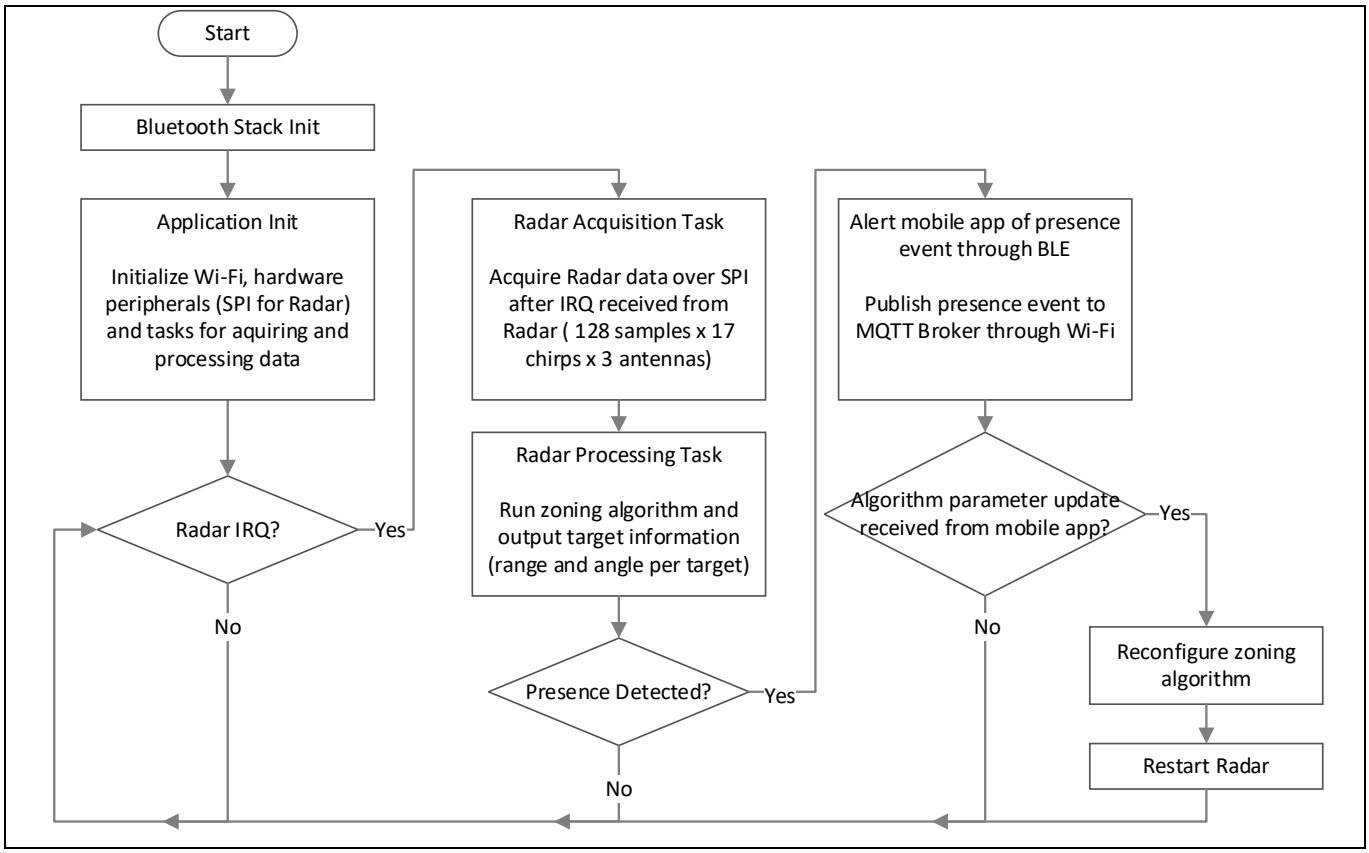


Figure 11 软件流程图

3.3 雷达算法

本设计中使用的雷达算法基于英飞凌的分区算法。该算法从 BGT60TR13C 获取输入雷达数据，并估算 FoV 内移动目标的距离多普勒谱和入射角（AoA）。此外，还实现了增强功能，例如利用多普勒掩蔽技术滤除非目标干扰（如植物、风扇等无生命运动物体）。

该算法要求帧大小为 6528 个采样点（每个 chirp 包含 128 个采样点，共 17 个 chirp，使用 3 根天线）。该算法的输出包括以下内容：

- 检测到的目标数量
- 每个目标的距离
- 每个目标的角度

3.3.1 波形配置

表 2 列出了本应用中使用的雷达波形配置：

Table 2 波形配置

参数	值
模式	距离多普勒（RD）
每个 chirp 的采样点数	128
每帧 chirp 数	17
Rx 天线数量	3
帧重复时间	100 ms（10 帧/秒）
chirp 重复时间	650 µs
总帧大小	128 × 17 × 3 = 6528 个采样点

3.3.2 内存占用与性能

结合第 3.3.1 节中的雷达波形，该算法的内存占用和性能分析如下：

- **Flash**：650 KB
- **RAM**：157 KB
- **处理时间**：在 Arm® Cortex® M33 上，系统时钟频率为 192 MHz 时，处理时间为 22 ms 至 25 ms

Note: 由于雷达以 10 fps（每帧 100 ms）的速度运行，Arm® Cortex® M33 CPU 的活跃时间仅占 25%。因此，Arm® Cortex® M33 可在剩余时间内处于睡眠模式。

3.4 GATT 配置（ModusToolbox™）

通用属性配置文件（GATT）定义了两个设备（本例中为移动应用和 CYW955913EVK-01）之间通信和交换数据的方式。本节介绍 Bluetooth® 设备拓扑结构以及 GATT 的使用方法。

3.4.1 Bluetooth® 设备拓扑结构

Bluetooth® Low Energy 是 Bluetooth® Classic 通信协议的一个轻量级子集，作为 Bluetooth® 4.0 核心规范的组成部分引入。它专为无需处理大量数据的应用设计，广泛应用于家庭自动化和健康追踪等领域。

为了实现设备间数据传输，Bluetooth® Low Energy 设备必须首先使用通用访问配置文件（GAP）建立通信通道，GAP 是一种定义了设备间交互方式的框架。两个设备通过 GAP 连接并通信时，其中一个必须担任**中心设备（Central）**角色，另一个则担任**外围设备（Peripheral）**角色。

中心设备会扫描附近的外围设备，而外围设备则通过广播数据包来宣告其存在。外围设备一旦与中心设备建立连接，将停止向其他中心设备广播数据，并保持与接受连接请求的设备连接。在此示例中，中心设备是移动应用，外围设备是 CYW955913EVK-01。

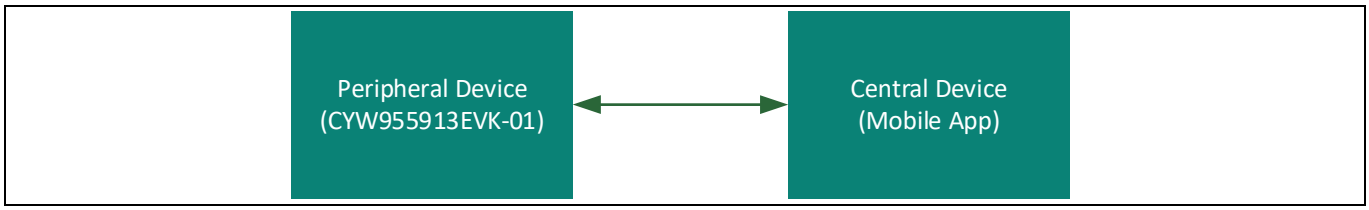


Figure 12 Bluetooth® 设备拓扑结构

3.4.2 GATT 描述

外围设备若要与中心设备交换数据，需建立一个数据库，其中包含称为“服务（Service）”和“特征（Characteristic）”的多项设置。

服务用于将数据组织成不同逻辑块，可类比为面向对象编程（OOP）中的“类”，而特征则可类比为“类变量”。特征是服务内的数据点，与特定设置或变量相关联。每个特征都具有权限属性：读、写或通知。

从 GATT 的角度来看，当两台设备建立连接时，分别承担以下两种角色之一：

- **GATT 服务器：**包含特征数据库的外围设备，GATT 客户端会访问该数据库
- **GATT 客户端：**用于从 GATT 服务器读取数据或向其写入数据的中心设备。所有事务均由 GATT 客户端发起，并由 GATT 服务器响应并返回

3.4.3 GATT 设置

雷达服务（Radar Service）用于存在检测和分区应用，包含以下特征：

Table 3 雷达服务特征

特征	单位	支持值	默认值	权限	描述
Motion sensitivity	–	LOW, MEDIUM, HIGH	MEDIUM	Read/Write	存在检测的灵敏度。HIGH = 高灵敏度。
Minimum range	[m]	0.5 to 9	0.5	Read/Write	存在检测的最小距离。低于此距离下限的目标将被过滤。
Maximum range	[m]	2 to 10	10	Read/Write	存在检测的最大距离。超出此距离上限的目标将被过滤。
Doppler mask	–	0 (Deselected: mask on), 1 (Selected: mask off)	1,1,1,1,1,1,1,1, 1,1,1,1,1,1,1,1 Mask off	Read/Write	通过过滤配置多普勒网格中的目标实现杂波抑制。每个网格对应 0.23 m/s 的多普勒速度分辨率。
Mode	–	Range Doppler (RD)	RD	Read/Write	自定义算法模式。RD 提供目标数量、距离和角度。
Re-trigger time	[s]	0 to 60	0	Read/Write	检测到存在事件后，雷达处于非活动状态的时间。
Zone selection	–	0 (Deselected) 1 (Selected)	All zones selected	Read/Write	通过选择区域来配置雷达 FoV。仅显示选定区域内的目标，其余目标将被过滤。
Range angle info	[m], Degrees	0.5 to 10, -60 to 60	–	Read/Notify	从分区算法中获取距离和角度信息。

3.5 MQTT

MQTT（MQ 遥测传输）是一种轻量级互联网消息传输协议，旨在最大限度地减少网络带宽和设备资源需求。它是一种发布/订阅协议，常用于 M2M（机器对机器）和 IoT（物联网）应用。

MQTT 由 MQTT 客户端（Client）和 MQTT 代理（Broker）组成。MQTT 客户端可以向 MQTT 代理发布消息，或从 MQTT 代理接收消息。MQTT 代理充当消息枢纽，接收来自 MQTT 客户端发布的消息，并根据接收端 MQTT 客户端订阅的消息主题（topic）分发消息。

CYW955913EVK-01 通过 Wi-Fi 连接到 MQTT，通过 Bluetooth® LE 配网，由 Android 移动应用发送 Wi-Fi SSID 和密码（配网步骤可参见第 5.4.5.3 节）。CYW955913EVK-01 作为客户端，将雷达算法生成的检测事件发布至 AWS IoT Core 消息代理。在 Windows 电脑上运行的 MQTT 订阅端示例作为另一客户端，从 AWS IoT Core 消息代理订阅上述检测事件。

3.5.1 MQTT 客户端与消息

CYW955913EVK-01 以“CYW955913-client-”为前缀的唯一客户端 ID 连接到 MQTT 代理。每当雷达算法发生新的检测事件时，它就会向“CYW955913EVK-01 RADAR EVENT”主题发布消息。由 CYW955913EVK-01 发布的消息包含客户端 ID、时间戳、检测状态以及包含最多两个已检测到的雷达目标的数组。每个目标均包含 Range、Range Zone 和 Angle Zone 字段。有关 JSON 格式的详细信息，可参见 表 4；有关在 AWS 测试客户端中显示的 MQTT 消息示例，可参见 图 13。

Range Zone 和 Angle Zone 与移动应用中的 Radar 界面相对应，详情可参见第 5.4.3 节。

Table 4 发布到“CYW955913EVK-01 RADAR EVENT”主题的 MQTT 消息的 JSON 格式

名称	单位	支持的值	类型	描述
Client ID	–	-	String	固件中生成的唯一 MQTT 客户端 ID 编号，设备通过该 ID（前缀为“CYW955913EVK-01-client-”）连接至 MQTT。
Message ID	–	–	Uint32	用于追踪 MQTT 消息的 ID，当 CYW955913EVK-01 尝试发布消息时，该 ID 会递增
Timestamp ms	ms	–	UInt32	自设备启动以来的时间戳，单位为 ms
Detection	–	PRESENCE, ABSENCE	String	雷达算法检测状态
Targets	–	–	–	已检测到的雷达目标数组（最多 2 个目标），每个目标包含 Range、Range Zone 和 Angle Zone 字段
Range	meters		Float	检测目标的距离，单位为米
Range Zone	–	1-15	Uint8	检测目标的距离分区
Angle Zone	–	0-5	Uint8	检测目标的角度分区

MQTT Python 订阅端示例 小节中的 MQTT Python 订阅端示例也是一个 MQTT 客户端，连接到同一个 MQTT 代理。它订阅了“CYW955913EVK-01 RADAR EVENT”主题，可接收 MQTT 代理从 CYW955913EVK-01 收到的 MQTT 消息。

3.5.2 MQTT 代理

本应用使用 AWS IoT Core 服务作为 MQTT 代理，AWS IoT（Amazon Web Services Internet of Things）为 IoT 服务提供云服务和设备支持，并通过安全证书和策略管理连接到 MQTT 代理的设备，以确保连接安全性。

AWS IoT Core 入门指南可在线获取。AWS IoT Core 还提供其他服务，例如 MQTT 测试客户端和设备管理。

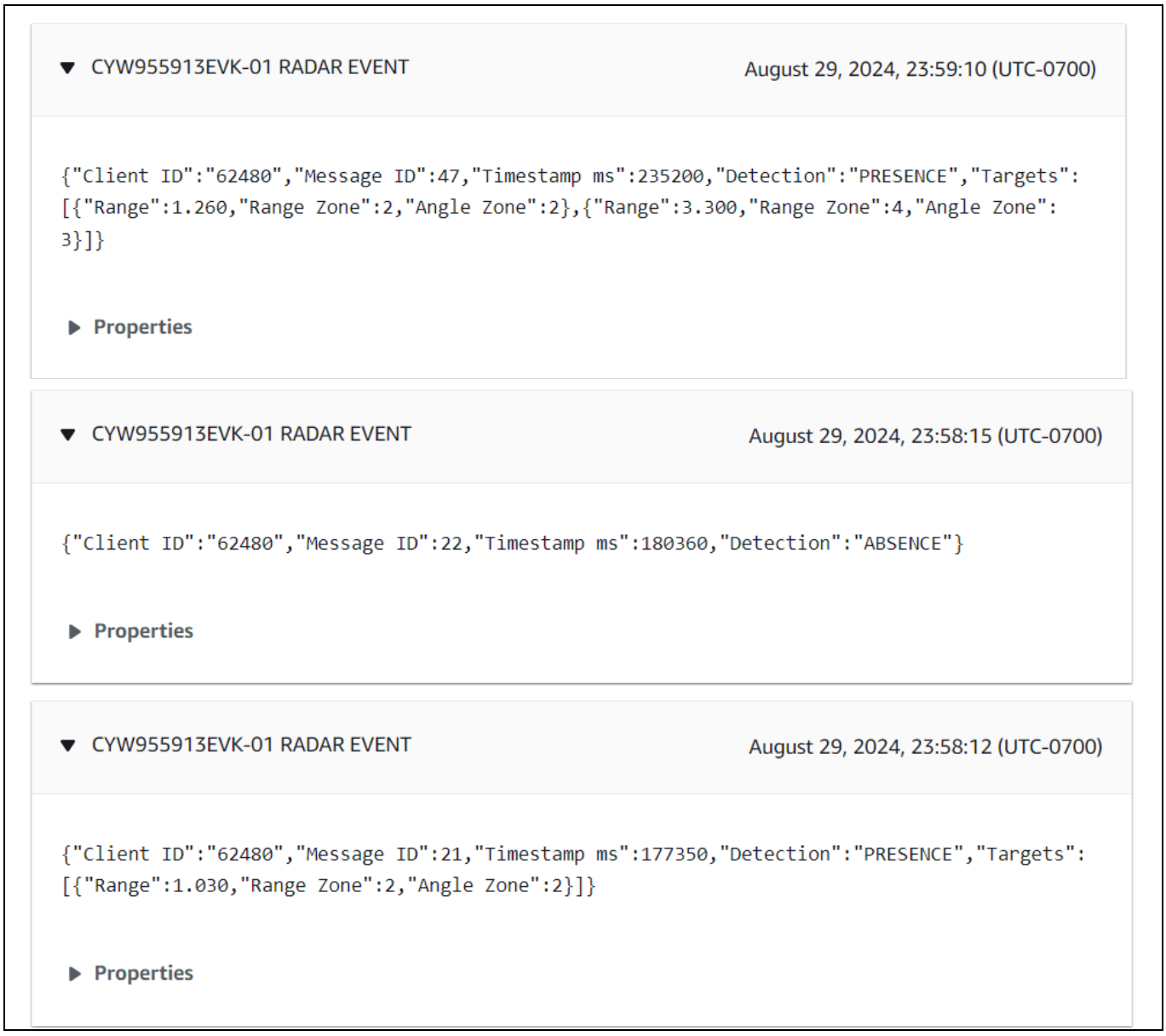


Figure 13 AWS IoT Core 的 MQTT 测试客户端中显示的 MQTT JSON 消息示例

4 固件烧录

按照以下步骤烧录固件。

1. 从 Presence detection and zoning solution using XENSIV BGT60TR13C radar 页面下载并解压固件包 *Infineon_BGT60TR13C_CYW55913_Presence_detection_zoning_Release_Rev0.0.3.zip*。
2. 通过标有 KITPROG3 USB 的 USB-C 连接器将 EVK 连接到电脑。参见 图 14。

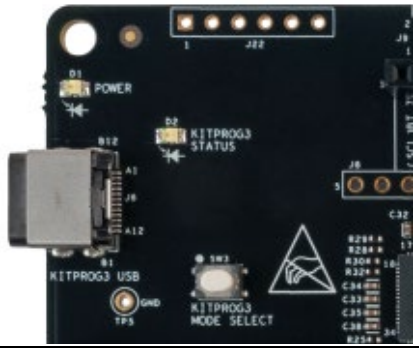


Figure 14 CYW955913EVK-01 评估底板上的 KITPROG3 USB

3. 在 Windows 系统中，进入 **Device Manager** > **Ports** 识别相应的 COM 端口号。
4. 按住 EVK 上的 **Recovery** 按钮，然后按下 **Reset** 按钮。1 秒后松开 **Reset** 按钮，随后松开 **Recovery** 按钮。

此时 EVK 已准备好进行固件烧录。参见 图 15。



Figure 15 Recovery 和 Reset 按钮

5. 打开 **Command Prompt**，导航至解压后的文件夹/FW_v0.0.3，执行以下命令：

   将 ***xyz*** 替换为 COM 端口号，并将 *<firmware hex file>* 替换为待烧录的 *hex* 文件名。*FW_v0.0.3* 文件夹中已提供本应用的预编译 hex 文件。

代码示例 1 固件烧录

```
flash_firmware.bat COM<xyz> <firmware hex file>
```

```
C:\Users\ [redacted] \Desktop\CYW955913EVK_BGT60TR13C_ZONING_ALGORITHM>flash_firmware.bat COM82 TR13C_17Chirps.hex

C:\Users\ [redacted] \Desktop\CYW955913EVK_BGT60TR13C_ZONING_ALGORITHM>set arg1=COM82

C:\Users\ [redacted] \Desktop\CYW955913EVK_BGT60TR13C_ZONING_ALGORITHM>set arg2=TR13C_17Chirps.hex

C:\Users\ [redacted] \Desktop\CYW955913EVK_BGT60TR13C_ZONING_ALGORITHM>ChipLoad.exe -BLUETOOLMODE -ENTERDOWNLOADMODE -
PORT COM82 -LAUNCHADDRESS 0x00000000 -BAUDRATE 115200 -NOVERIFY -MINIDRIVER minidriver.hex -BTP h1cp.btp -CONFIG TR13C
_17Chirps.hex -DL_TIMEOUT_MULTIPLIER 16
Download minidriver successfully had written 240 bytes to address 0x00300400
Download minidriver successfully had written 240 bytes to address 0x003004F0
Download minidriver successfully had written 240 bytes to address 0x003005E0
```

Figure 16 固件烧录：开始

```
25 BB 85 1B 9D B1 71 37 C1 AE 42 FC 82 E0 E9 C5 9B F9 41 1C 4B 01 E6 B0 D0
Download config successfully had written 180 bytes to address 0x006AFC40:  81 A0 C4 E9 05 23 C3 BE 02 F2 75 DC 75 9C B4
70 09 68 8B F4 40 7F 4A 16 79 6D 47 9F 14 B2 76 44 82 55 2F 82 AF 69 08 06 42 CF FA 7E F4 AB 3E FA B4 EF 6D 88 52 36 9B
05 99 10 FF 6E D0 C9 B6 88 83 25 4D FA E7 6D 84 D9 AD 60 78 4B 67 91 F9 E7 0D 53 FA BB E6 AB 61 C1 66 4A 3F 71 31 99 BD
5C 91 7F 16 92 BD FF 80 62 5D FE E6 F1 F1 19 46 71 6E 06 BA E2 81 12 18 7D E2 92 D2 16 8A 60 75 7F 1F A8 77 B6 ED B1 8F
B5 BC 16 57 3D 65 2F 93 11 0F 6B A4 4C 1B 6A 54 28 C5 DE E0 9E E3 92 0E E4 F5 E0 89 06 BE A9 C3 A1 FF FF FF FF FC D4 00
00 00 00 00 00
Chip reset to address 0x00000000 succeeded
Downloaded 0 code bytes ( 0.0%) and 195542 data bytes (100.0%). Verified 0 code bytes ( 0.0%) and 0 data bytes ( 0.0%).
  Current state: Completed successfully


A total of 4 contiguous memory areas were filled:
[00000000..0000002F] DATA (48 bytes)
[00600000..00600041] DATA (66 bytes)
[00680000..006AE06F] DATA (188528 bytes)
[006AE200..006AFCF3] DATA (6900 bytes)
Total execution time: 29.27 seconds     Net downloading time: 29.27 seconds
```

Figure 17 固件烧录：完成

5 Android 移动应用 Infineon Presence Sensing and Zoning

Android 移动应用 Infineon Presence Sensing and Zoning 通过 Bluetooth® 与 CYW955913EVK-01 通信，并提供配置雷达服务特征的选项（表 3）。

Note: *此 Android 应用未上架 Google Play 商店，而是作为 .apk 文件包含在固件发布包中。使用该应用前，请确保固件已烧录到 CYW955913EVK-01。*

5.1 软件要求

- **Android 操作系统：**最低支持版本为 12（API level 32），推荐使用最新版本

5.2 硬件要求

- 配备 Bluetooth® 4.0 或更高版本的 Android 设备

5.3 安装

1. 使用 USB 数据线将 Android 设备连接到电脑。
2. 将发布包中的 *.apk* 文件复制并粘贴到 Android 设备中。
3. 点击该 *.apk* 文件并安装。

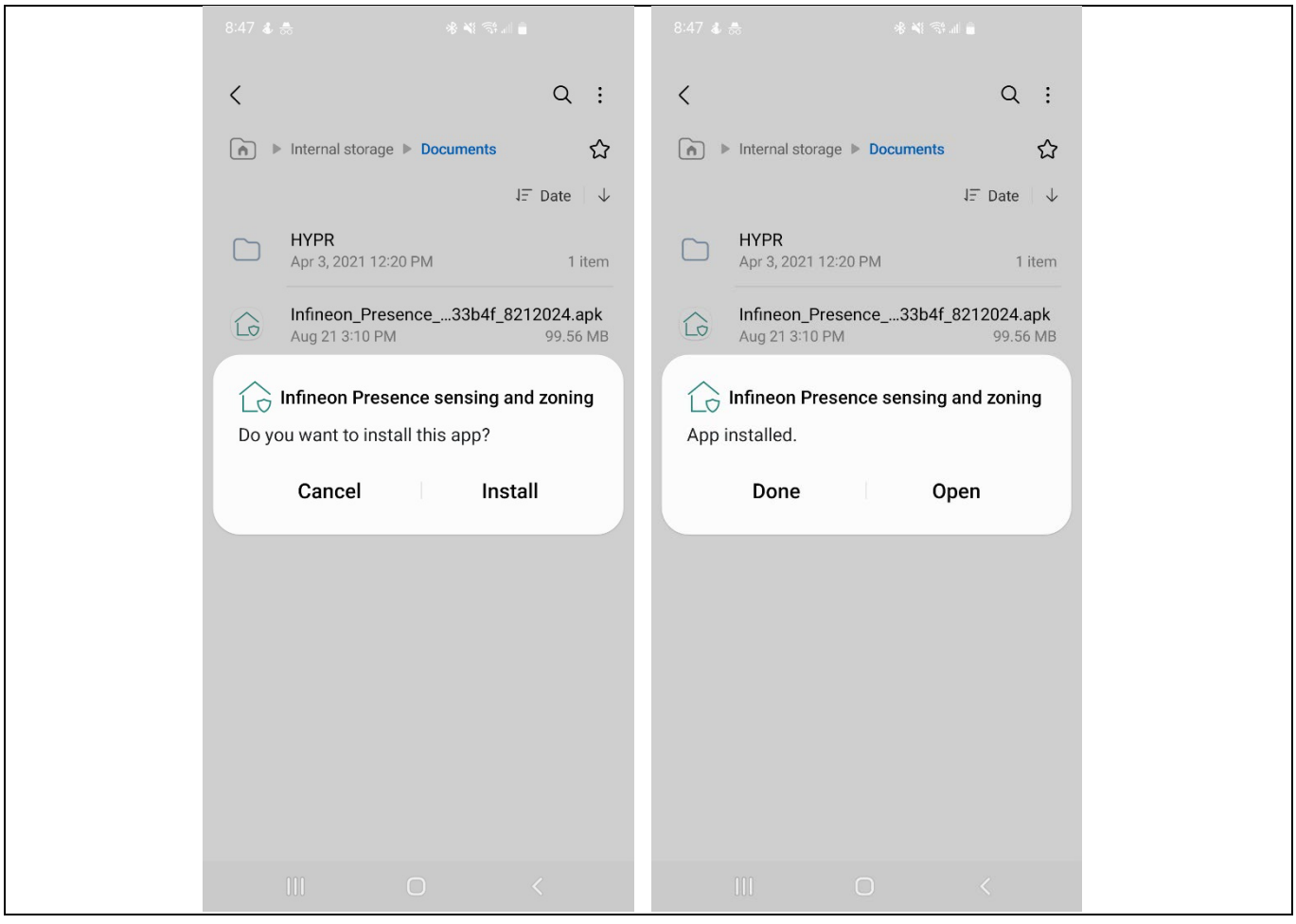


Figure 18 应用安装

5.4 应用 UI 说明

本节介绍应用界面布局、各项工具及其功能。

5.4.1 导航栏

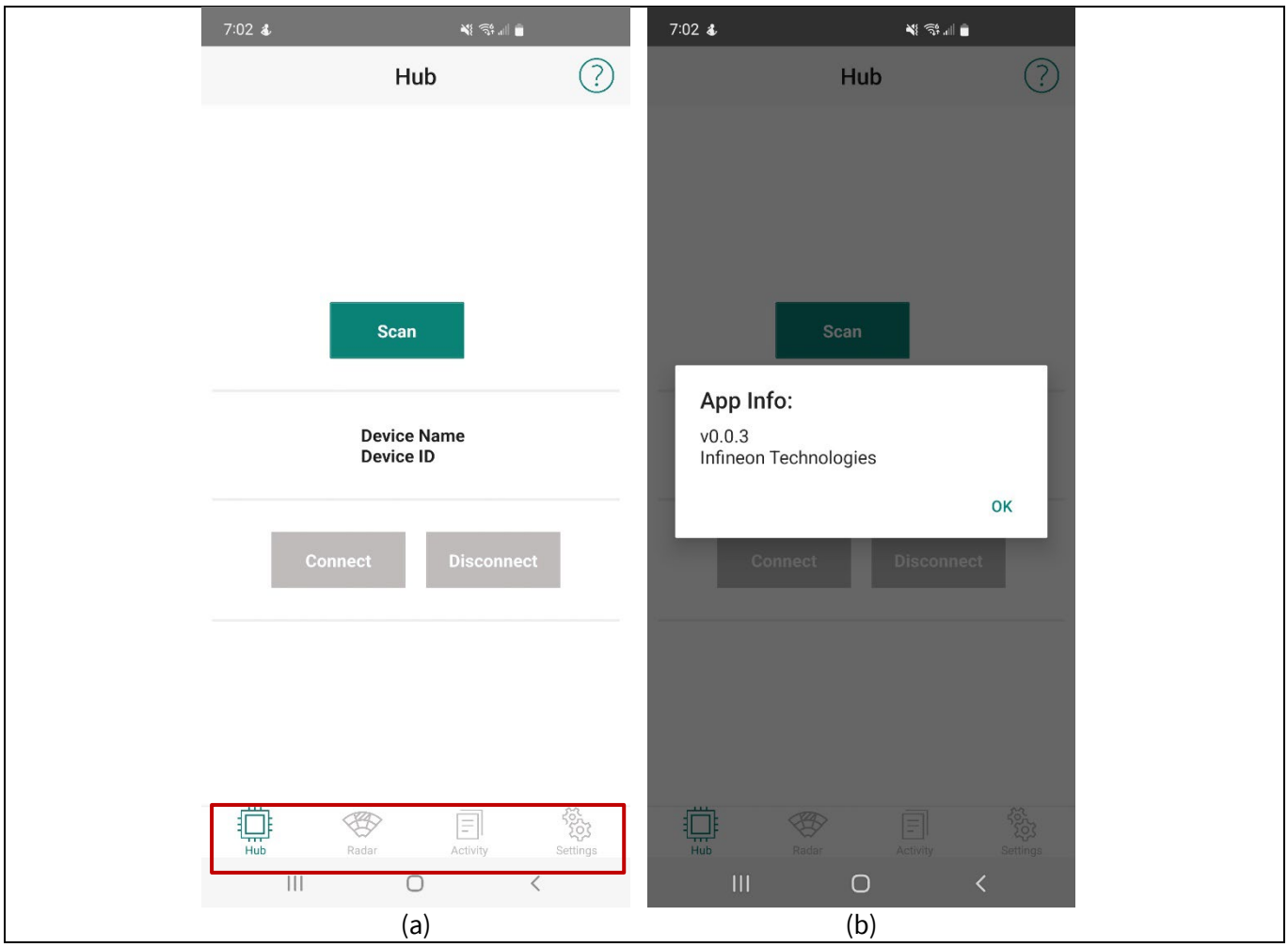


Figure 19 (a) 导航栏和 (b) 应用信息窗口

导航栏包含以下功能入口：

- **Hub 界面：**提供扫描、连接、断开连接的选项
- **Radar 界面：**提供读取雷达服务特征的选项（表 3）
- **Activity 界面：**显示各界面的操作日志
- **Settings 界面：**提供雷达服务特征配置（表 3）和在 CYW955913EVK-01 上进行 Wi-Fi 配网的选项

5.4.2 Hub 界面

1. 按下 EVK 上的 **Reset** 按钮以启动固件。
2. 按下 **Scan** 按钮，扫描附近的 Bluetooth® LE 设备（包括 EVK）。扫描持续 10 秒。
3. 请在系统提示时授权。

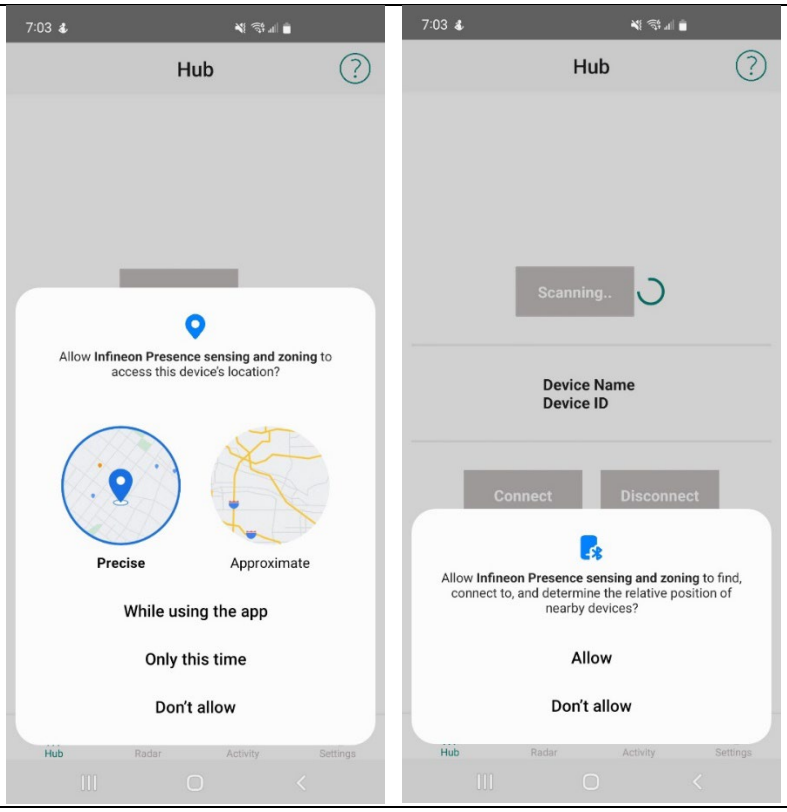


Figure 20　　用户权限

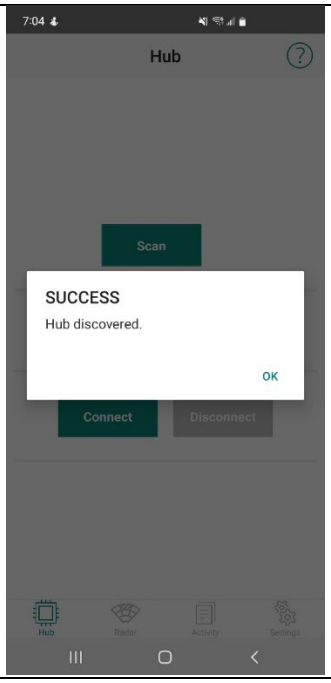


Figure 21　　成功发现设备

4. 发现 EVK 后，界面将显示提示信息，**Connect** 按钮可用。

Note:　　如果未能发现设备，请重复扫描操作。

5. EVK 将在 120 秒后关闭 BLE 广播。请确保在按下 Reset 按钮后立即开始扫描。
6. 点击 **Connect** 与 EVK 建立连接。若连接成功，界面将显示提示信息。若连接失败，请重复此步骤。

Note: *此时，**Connect** 按钮被禁用，而**Disconnect** 按钮可用。如果在成功连接后强制关闭并重新打开应用，已扫描和已连接设备的信息将不会被保留；必须从重置 EVK 开始重复整个过程。*

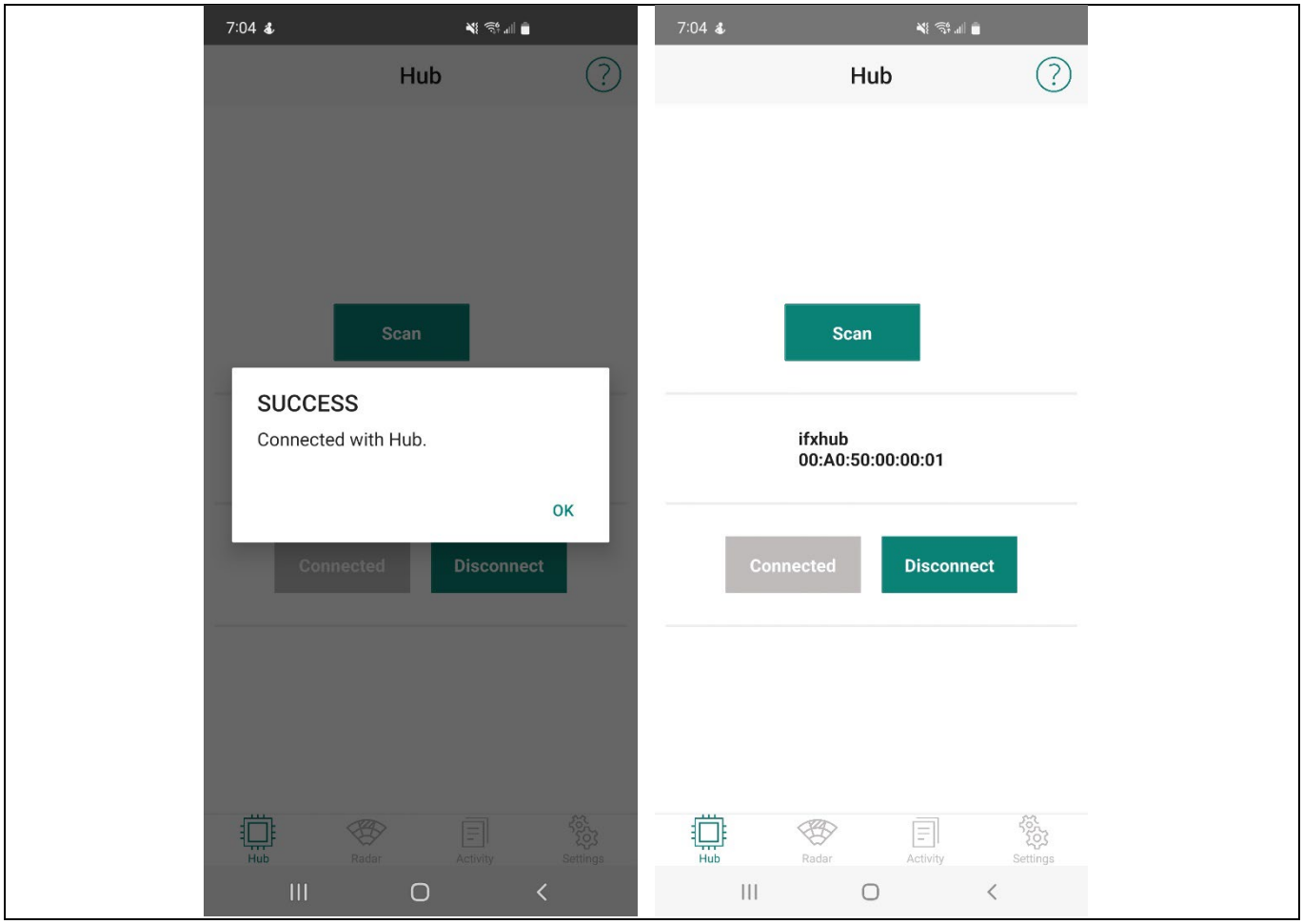


Figure 22 连接成功

Note: *应用在任何给定时间只能连接到单台 EVK。如需连接其他 EVK，请先断开当前的 EVK 连接。*

5.4.3 Radar 界面

Radar 界面提供了一个下拉列表，可用于读取雷达服务的特征（表 3）。

1. 要读取特征，请选择相应设置，并点击 **Read**。

   如果操作成功，设置值将显示在文本框中，并弹出一条提示消息。

Note: ***Read** 按钮默认禁用；只有当 EVK 成功连接时，该按钮才会启用。*

此外，该界面还显示雷达 FoV 区域。雷达区域选择中配置的区域会在界面中显示（图 29），每个区域代表 1 米的距离分辨率和 ±10° 的角度分辨率。最左侧的区域代表 60°，而最右侧的区域代表 -60°。

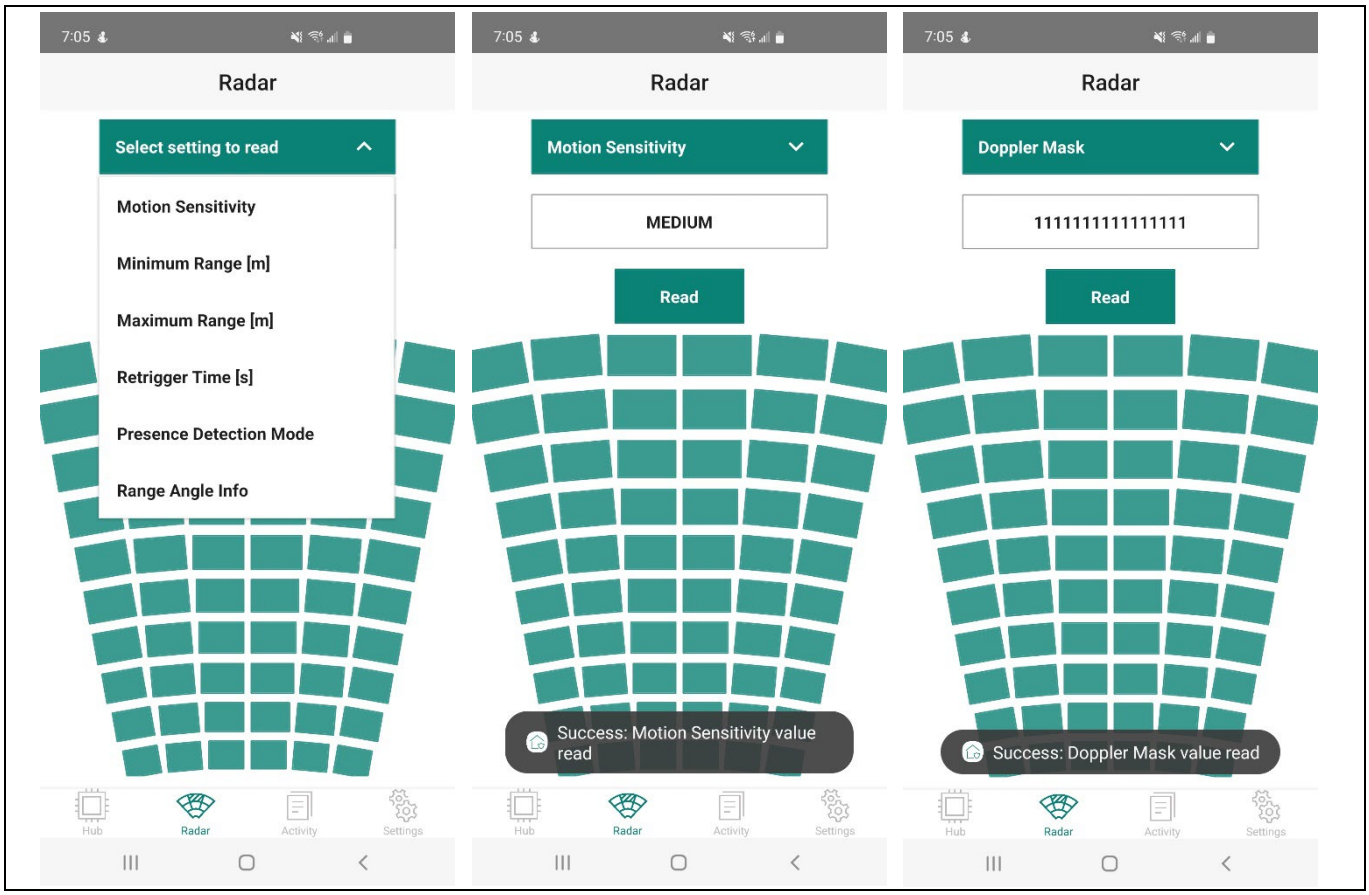


Figure 23 成功读取特征值

5.4.3.1 距离和角度（Range Angle）信息

雷达 FoV 内目标的距离和角度信息每秒接收一次，并显示在文本框中。此外，检测到目标存在时，相应区域的颜色会变化以高亮显示。数据采集将持续进行，直到按下 **Stop** 按钮为止。EVK 固件支持最多两个目标的距离和角度信息。

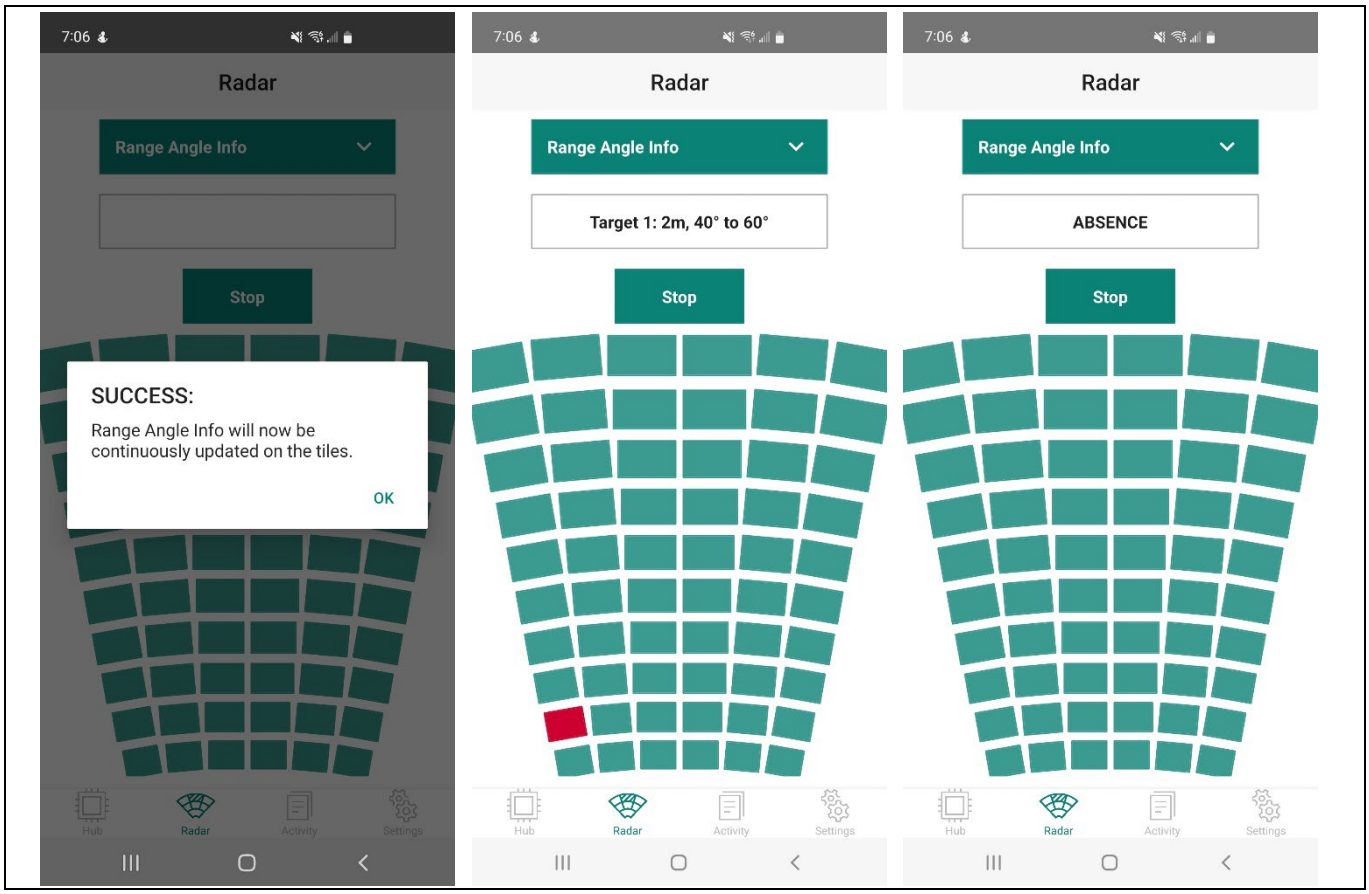


Figure 24 距离和角度信息采集

Note:

1. *由于数据每秒持续接收，按钮等用户界面组件可能会出现无响应的情况。此时，请按下* ***Stop*** *按钮。*
2. *应用可能会在几秒的延迟后才能成功终止。此时，请重新启动采集。*

5.4.4 Activity 界面

Activity 界面会记录移动应用上执行的每项操作（如按钮点击、滑块移动等）的日志及其执行时间戳。日志按从最新到最旧的顺序显示。

Activity 界面显示的日志格式如下：

1. 界面名称
2. 成功/错误消息
3. 操作时间戳（本地区域格式）

可通过 **Clear all** 按钮清除所有日志。

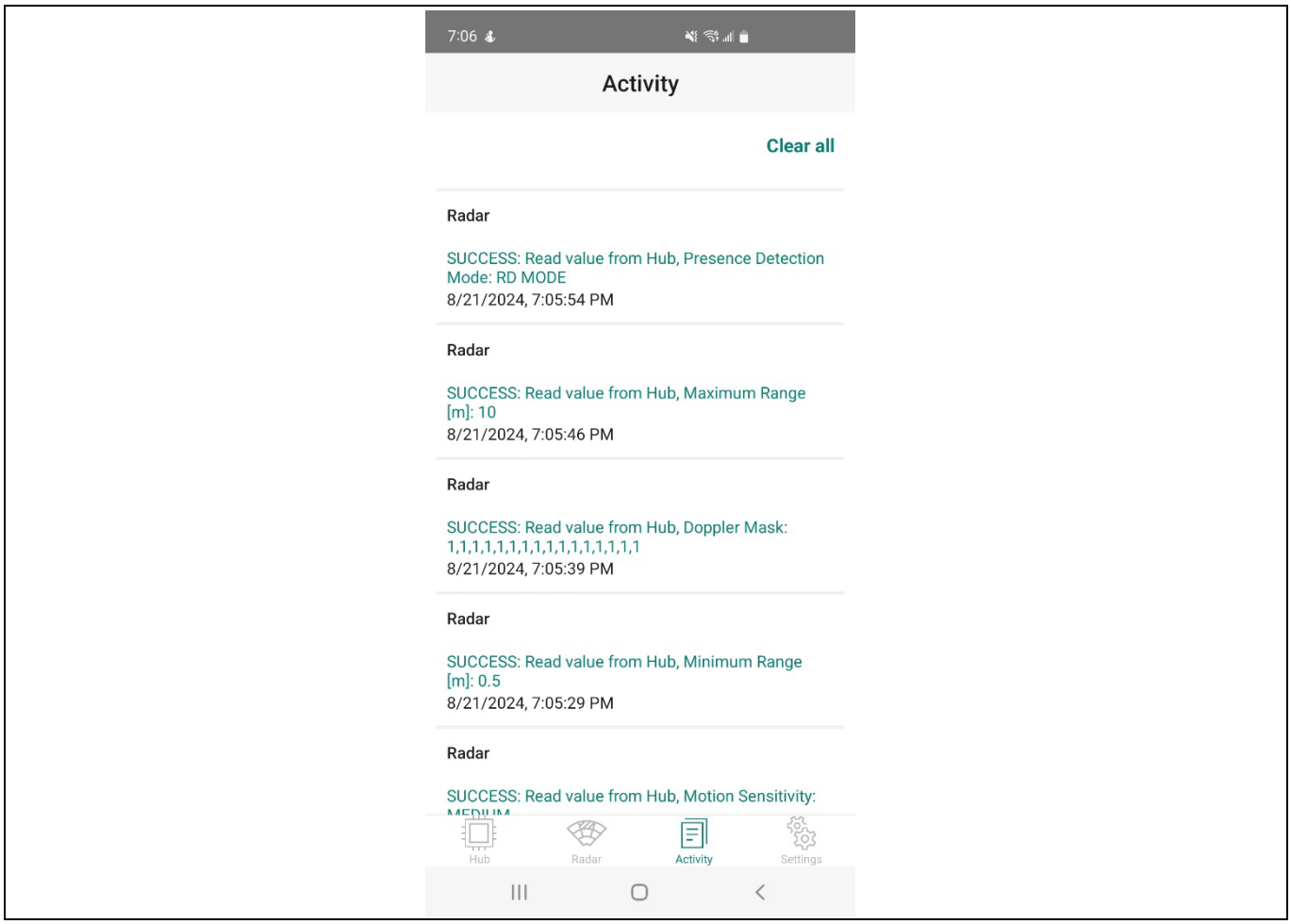


Figure 25 Activity 界面：日志

Note: 每当 EVK 断开连接时，Activity 界面上的日志都会被清除。

5.4.5 Settings 界面

Settings 界面提供了配置雷达服务特征的选项。

5.4.5.1 雷达设置

各项设置只能在 EVK 连接成功后逐一配置。

Note: *在以下情况下，当前版本的应用不会恢复雷达设置的值：*
a. 应用关闭后重新打开。
b. 点击返回（<）按钮。
c. 重新打开雷达设置界面。

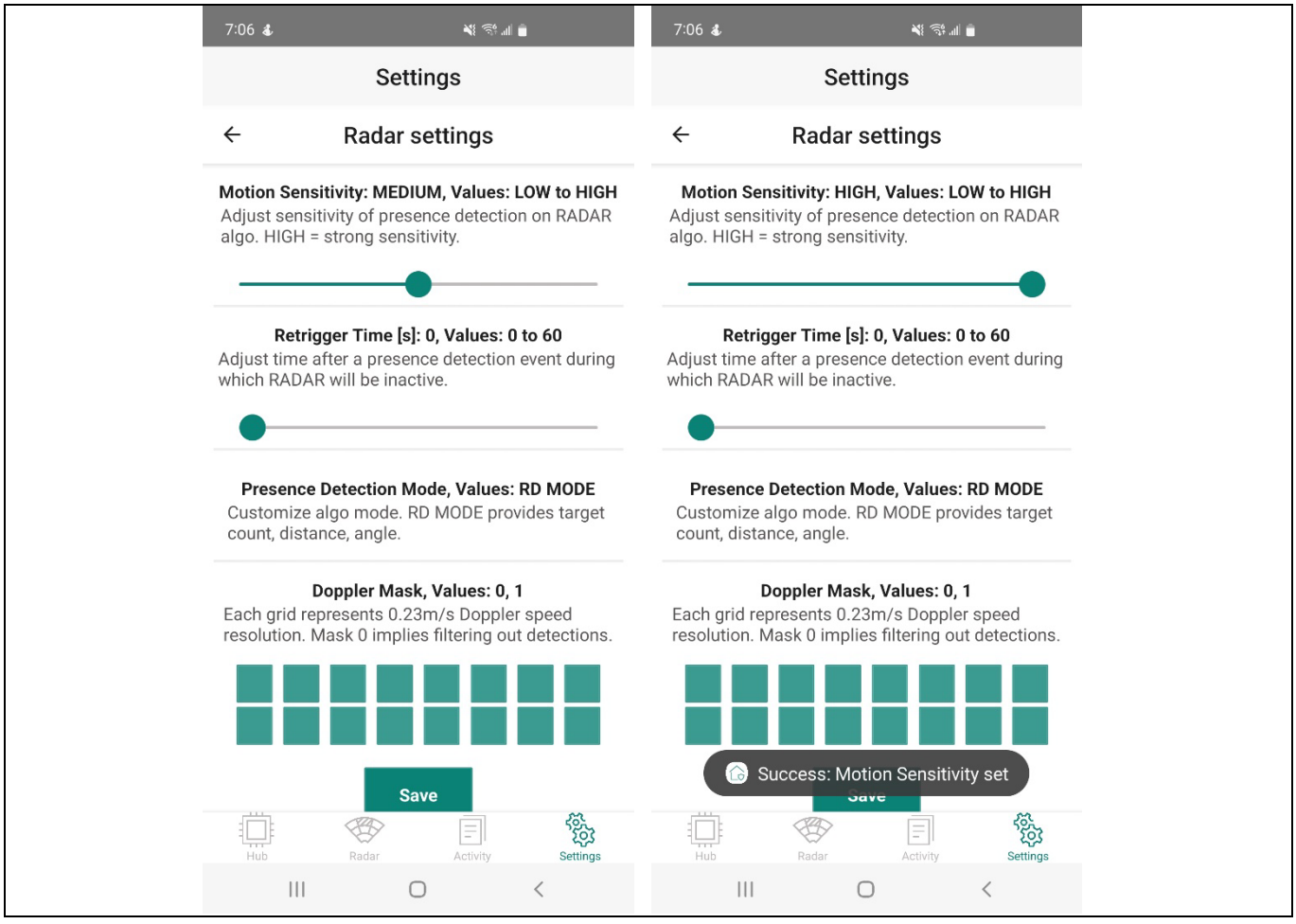


Figure 26 雷达设置配置成功

应用提供如下设置：

- **运动灵敏度（Motion Sensitivity）、重触发时间（Retrigger time）：** 拖动滑块选择所需数值。
- **模式（Mode）：** 选择所需模式后点击 **Save**。当前版本仅支持距离多普勒模式（RD）。
- **多普勒掩蔽（Doppler Mask）：** 选择相应的多普勒网格后点击 **Save**。根据所选网格，显示内容变化如下：

- **所选网格显示为绿色：**掩蔽关闭（Mask Off），表示所选多普勒网格已启用，杂波抑制功能已禁用。
- **所选网格显示为灰色：**掩蔽启用（Mask On），表示所选多普勒网格已禁用，对应网格的杂波抑制功能已启用。
- 每个网格基于约 0.23 m/s 的多普勒速度分辨率，该分辨率由 chirp 数量和脉冲重复时间计算得出。
- 每个网格根据多普勒速度（m/s）进行如下过滤：1.8838（起始网格，左上角）、1.6484、1.4129、1.774、0.9419、0.7064、0.4710、0.2355、0、-0.2355、-0.4710、-0.7064、-0.9419、-1.774、-1.4129、-1.6484（结束网格，右下角）。

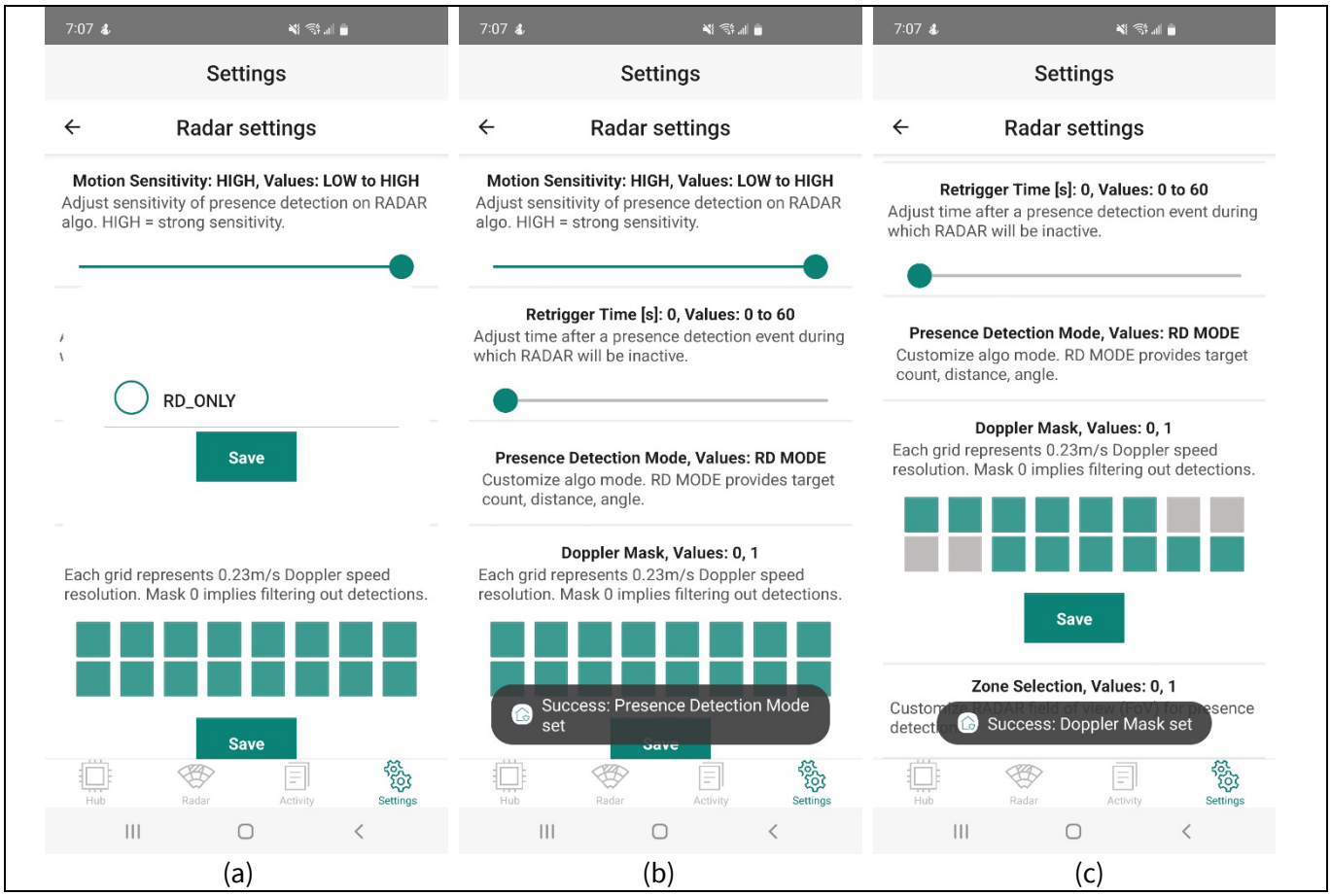


Figure 27　　(a) 模式选择；(b) 存在检测模式；(c) 多普勒掩蔽配置成功

5.4.5.2 雷达区域选择

雷达区域选择设置通过选择区域以及配置最小和最大距离来配置雷达 FoV。可拖动滑块设置数值，以调整雷达 FoV，并点击 **Save** 按钮保存设置值。

Note: *最小距离（Minimum Range）必须小于最大距离（Maximum Range）。*
*示例：如果最大距离设置为 4 m，则在 EVK 固件中将配置为 4 m，但如果用户点击 **Back** 按钮返回雷达设置界面后再回到本设置，或者应用被强制关闭后重新打开，应用中的最大距离将重置为默认值。如果未发生电源复位，固件中的设置值仍为 4 m。这同样适用于最小距离和区域选择。*

- 如 图 29 所示，已选中的区域显示为绿色，未选中的区域显示为灰色。
- 默认情况下，配置距离时所有区域均被选中（绿色）。点击 **Reset zones** 可清除选择。
- 无法保存空选择。必须选择至少一个区域，否则将显示如 图 30 所示的错误提示。

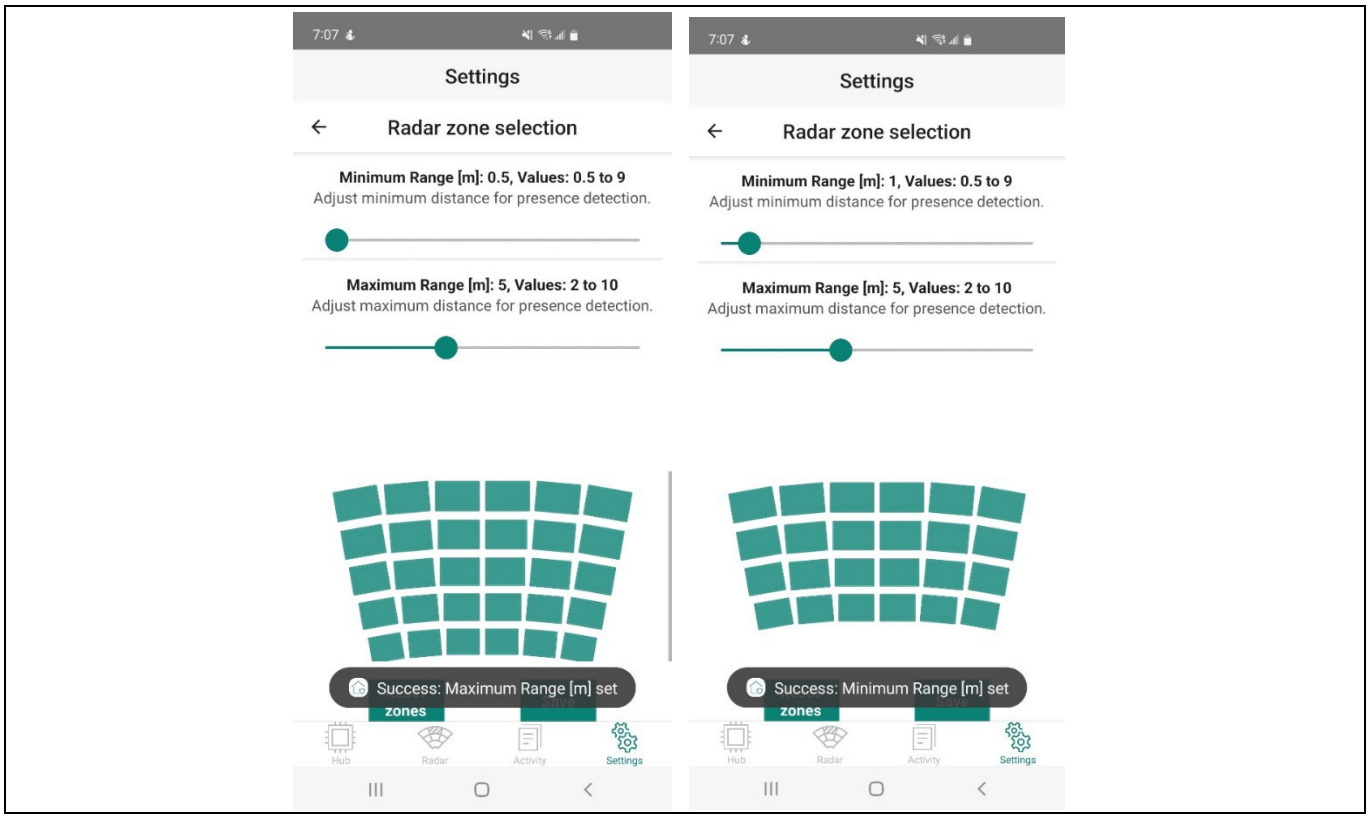


Figure 28 最小和最大距离配置成功

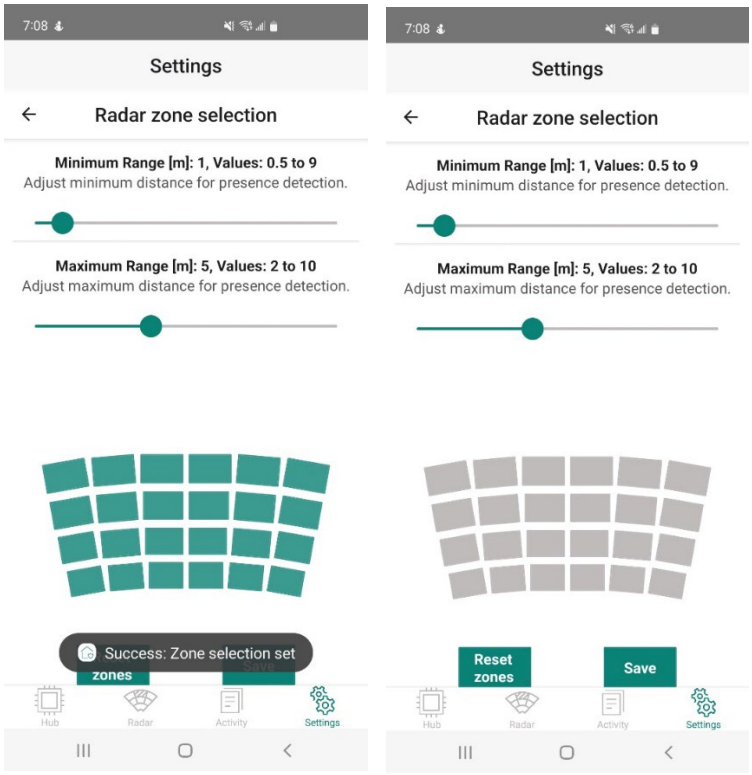


Figure 29 区域设置与重置

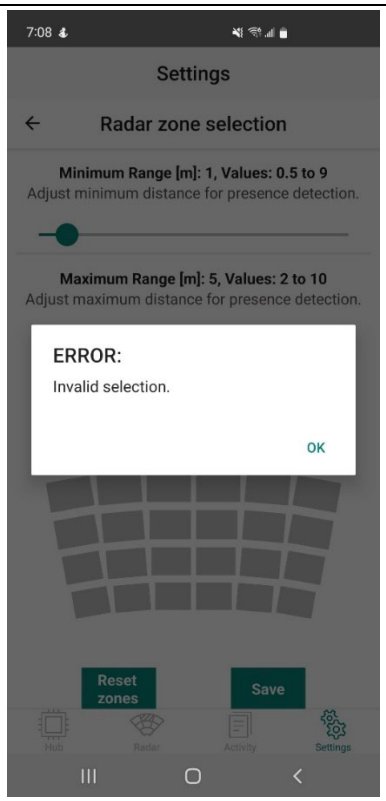


Figure 30 空选择报错

5.4.5.3 Wi-Fi 设置

Wi-Fi 设置界面用于执行 Wi-Fi 配网。该界面包含将 Wi-Fi 接入点（AP）的 SSID 和密码发送至 EVK 的选项，以及用于连接到 AP 或断开与 AP 连接的命令。

按照以下步骤进行 Wi-Fi 配网。

1. EVK 连接成功后，进入 **Wi-Fi settings** 界面。如果使用热点，请确保热点已开启。
2. 输入 SSID 和密码后点击 **Connect**。传输过程将弹出消息提示。SSID 为空将导致错误。

固件先连接到 AP，随后连接到 MQTT 代理（AWS IoT Core）以执行 MQTT 发布操作并更新连接状态。

3. 从下拉菜单中选择一个选项读取。成功连接到 AP 和 MQTT 代理可能需要几秒钟时间。MQTT 客户端标识符用于通过 MQTT 客户端 ID 识别不同的设备，该 ID 由固件生成。

固件将 MQTT 客户端 ID、消息 ID、时间戳，检测结果、以及两个目标的距离和角度信息发布到 MQTT 主题中。

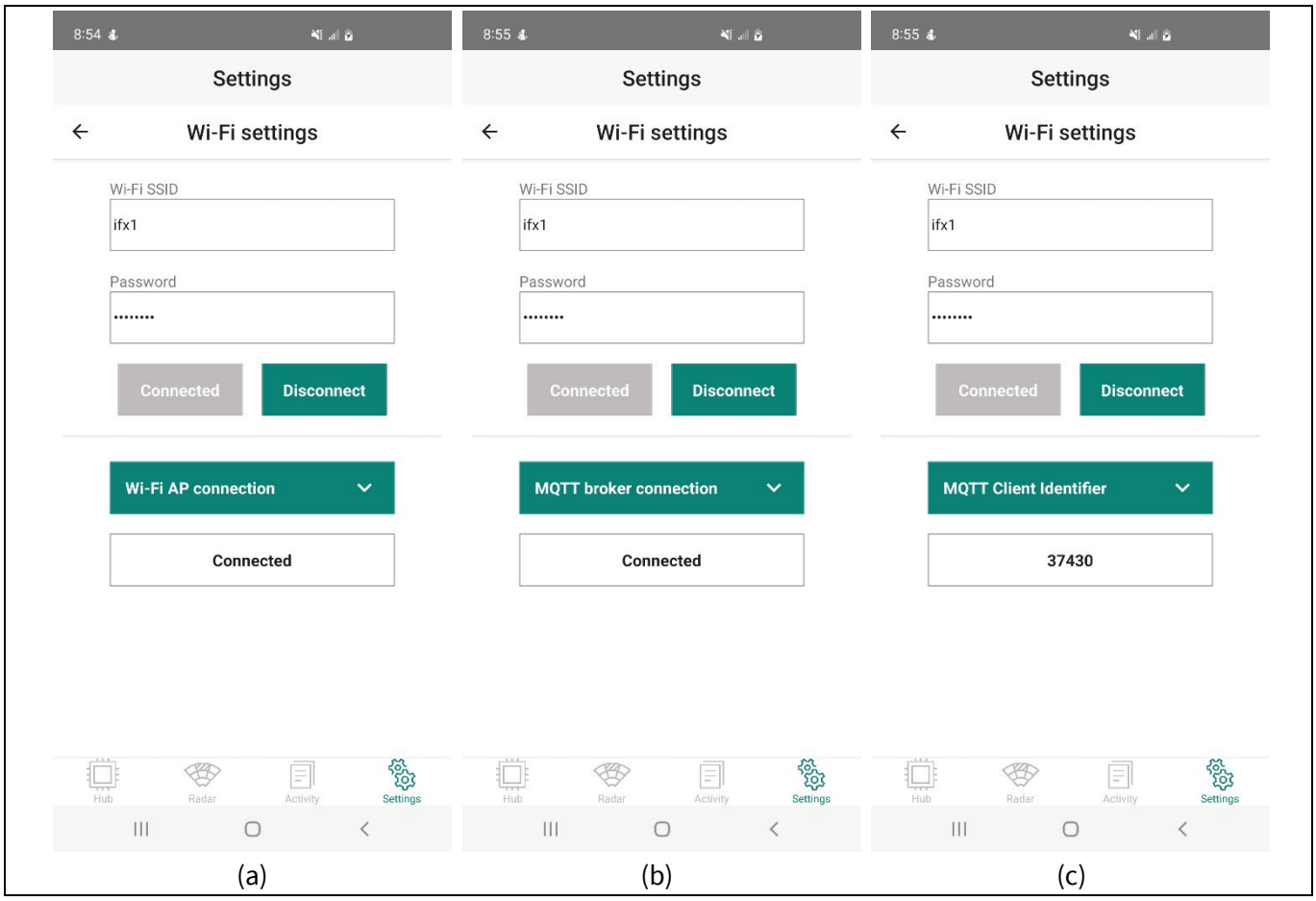


Figure 31 Wi-Fi 设置：(a) 成功连接到 AP，(b) MQTT 代理，以及 (c) MQTT 客户端标识符显示

一旦应用成功将 SSID、密码和连接命令传输至 EVK，**Connect** 按钮立即禁用，而 **Disconnect** 按钮可用。但连接成功可能仍需几秒钟时间，因此建议读取状态以确认连接是否成功。同理，一旦应用成功将断开连接命令传输至 EVK，**Disconnect** 按钮立即禁用，而 **Connect** 按钮可用。

Note: *如果用户点击 **Back** 按钮返回设置界面后再回到本设置，或者应用被强制关闭后重新打开，Wi-Fi 设置界面的数值将不会恢复。在这种情况下，需要重启 EVK 固件及其与应用的连接。*

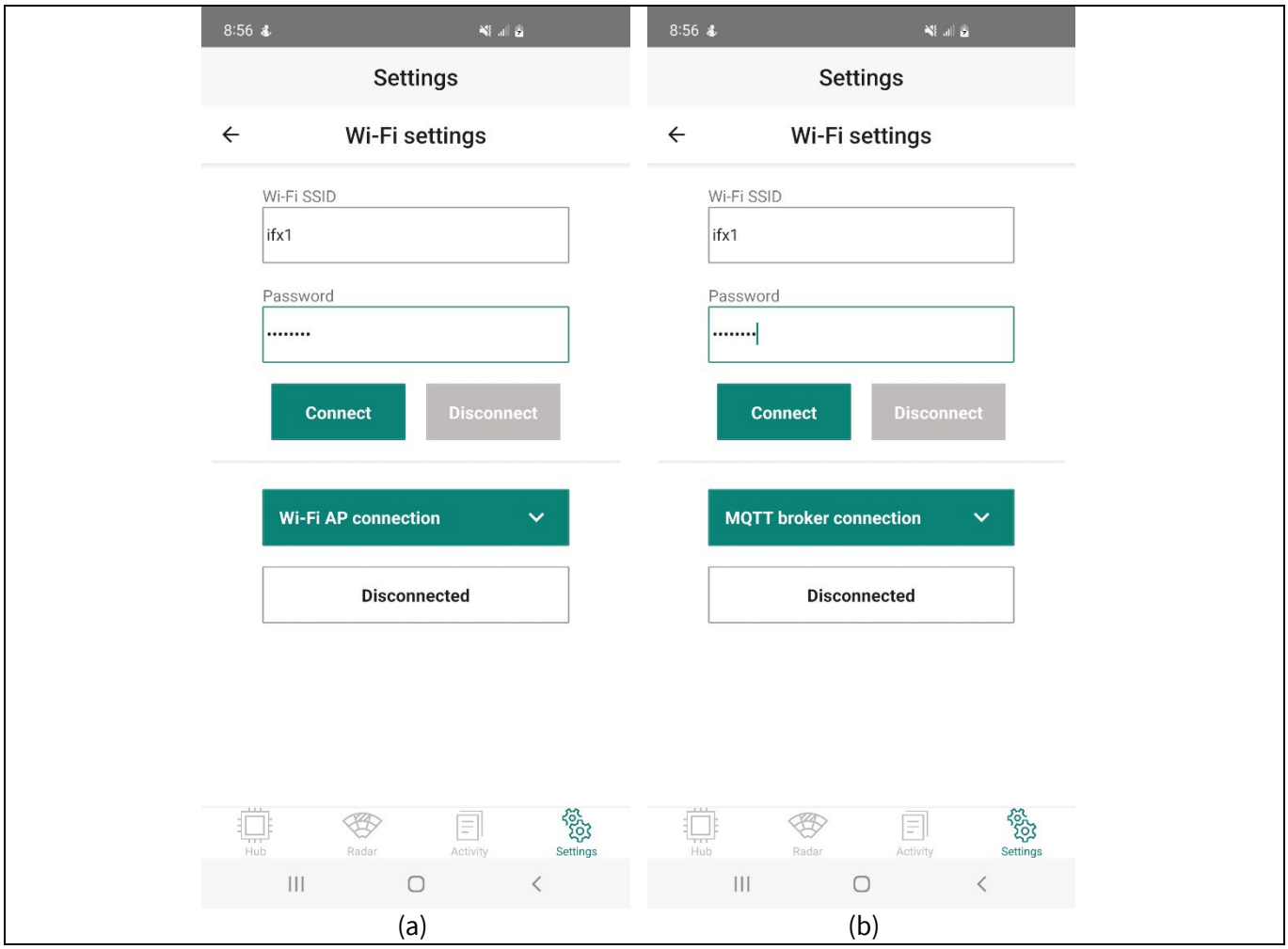


Figure 32 **成功与 (a) AP 和 (b) MQTT 代理断开连接**

5.5 操作

本节介绍了 CYW955913EVK-01 配合移动应用在 FoV 内查看目标信息时的重要操作和故障排除步骤。

1. 在移动设备上打开移动应用，显示 Hub 界面。
2. 按下板上的 **Reset** 按钮，重启 CYW955913EVK-01。
   有关发现和连接 CYW955913EVK-01 的说明，可参见第 5.4.2 节。
3. 连接成功后，如有需要，可在 **Settings** 界面根据前几节所述的设置调整对系统进行配置。
   有关系统配置的说明，可参见第 5.4.5 节。
4. 配置完成后，进入 **Radar** 界面。

5. 从下拉菜单中验证所有已配置的设置，然后点击 **Read** 按钮。
6. 所有设置验证完成后，从下拉菜单中选择 **Range Angle Info** 选项，然后点击 **Read** 按钮。

此时，系统应与移动应用建立通信，并在 FoV 内检测到目标后发送目标信息。有关目标信息显示方式的详细信息，可参见第 5.4.3.1 节。

6 MQTT Python 订阅端示例

MQTT Python 订阅端示例是一个简单的电脑端 Python 示例，可用于读取 CYW955913EVK-01 发布到 MQTT 代理的 MQTT 消息中的雷达存在事件。

本示例中使用 AWS IoT Core 服务作为 MQTT 代理，用于订阅该代理的证书已包含在发布包中。该示例包含证书、Python 源文件（*CYW955913EVK-01_MQTT_Subscriber.py*）以及用于安装和运行示例的批处理脚本文件。安装批处理文件会创建虚拟环境并安装 AWS IoT SDK。运行批处理文件会激活该虚拟环境并运行 Python 源代码。

该订阅端示例订阅了 CYW955913EVK-01 设备发布 MQTT 消息所用的“CYW955913EVK-01 RADAR EVENT”主题。它会解析接收到的 JSON 消息，其格式如第 3.5.1 节所述。该示例将根据 MQTT 消息中的客户端 ID 来判断是否打印输出，使用户仅查看由特定设备发布的消息。

该订阅端示例的输出同样采用 JSON 格式，包含与 MQTT 消息相同的数据，并额外添加了 Detected Range 和 Detected Angle 字段。Detected Range 和 Detected Angle 是人类可读的消息，基于 MQTT 消息中的 Range Zone 和 Range Angle 值指示检测发生的位置。

6.1 要求

- Android 移动应用 Infineon Presence Sensing and Zoning
- Python 3.7 或更高版本

6.2 运行 MQTT Python 订阅端示例

1. 使用 Android 移动应用通过 Bluetooth® 连接到 CYW955913EVK-01（参见第 5.4.2 节）。
2. 使用移动应用连接到 Wi-Fi 网络（参见第 5.4.5.3 节）。
3. 在终端输入“ping a1dnj2fqder36q-ats.iot.us-east-1.amazonaws.com”，检查电脑上 MQTT 代理端点的连接状态。如果没有响应，可能需要更改 Wi-Fi 设置或网络配置。
4. 点击 **CYW955913EVK-01_MQTT_Installer.bat** 安装。系统将创建一个 *.venv* 文件夹。
5. 点击 **CYW955913EVK-01_MQTT_Run.bat** 运行示例程序，从 Android 移动应用中读取 MQTT 客户端标识符（参见第 5.4.5.3 节），并在系统提示时将该 ID 输入到订阅端示例中。

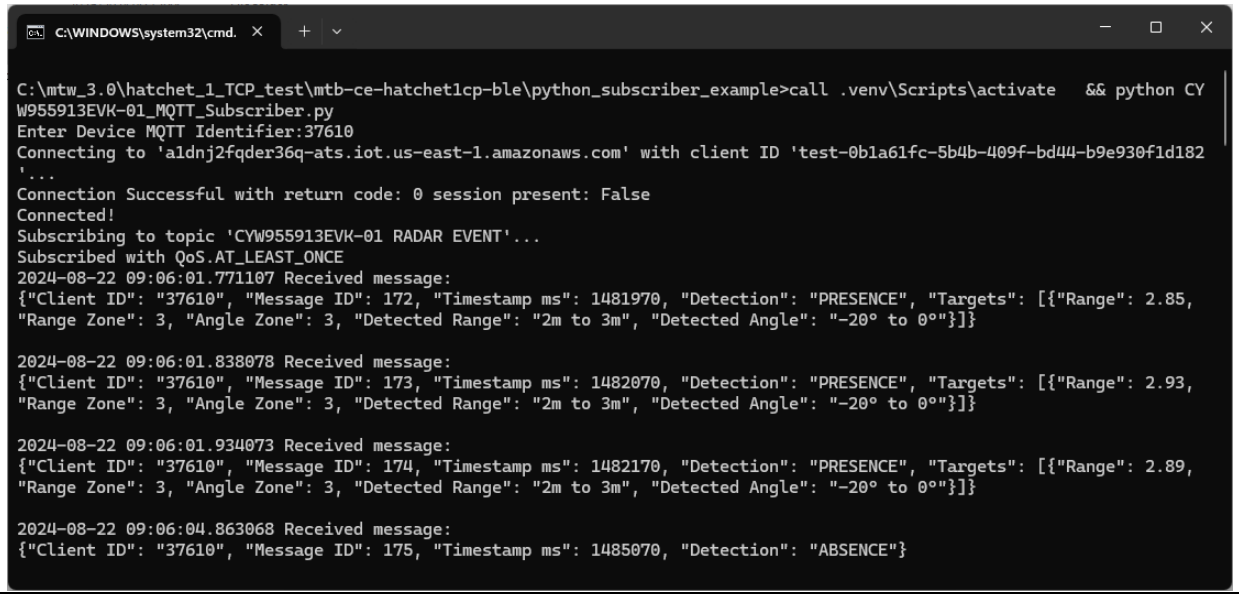


Figure 33 MQTT Python 订阅端示例及输出结果

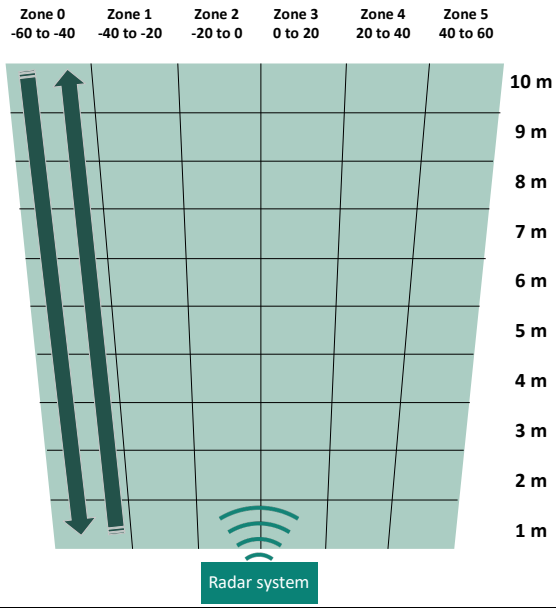
7 测试与观察

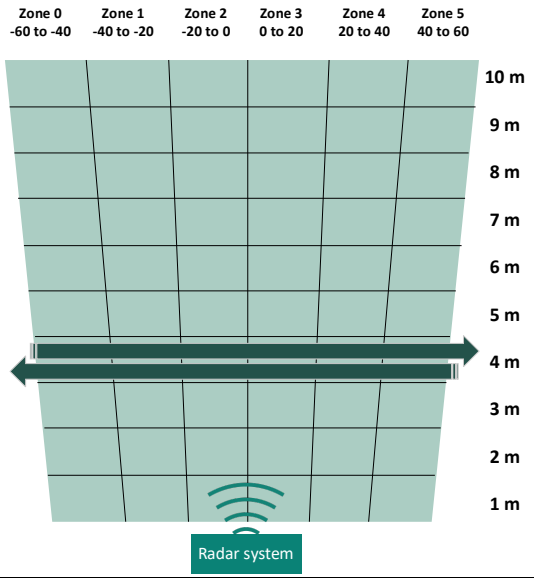
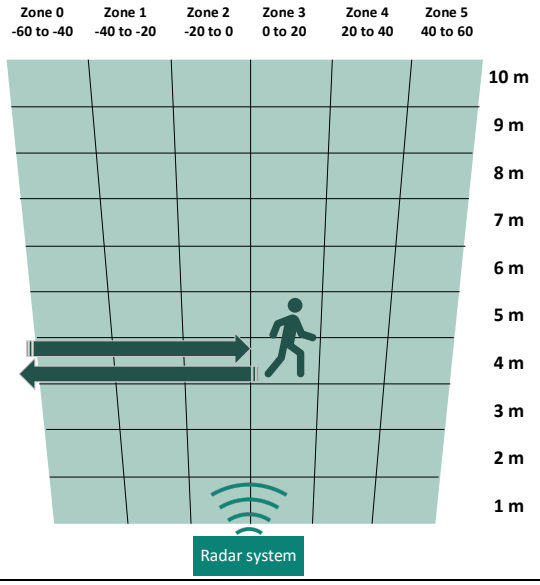
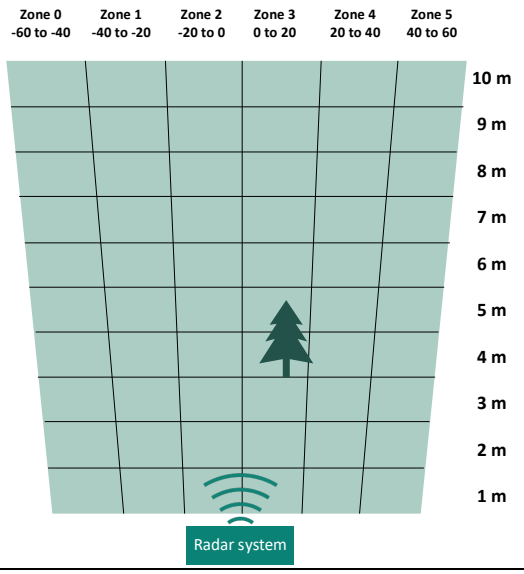
在以下参数条件下进行了室外系统测试：

- 算法参数
  - **最小距离：**0.5 m
  - **最大距离：**10 m
  - **运动灵敏度：**MEDIUM
- 系统参数
  - **雷达安装高度：**距地面 1.2 m
  - **雷达朝向：**正前方
  - **倾斜角度：**无

预定义测试用例

Table 5 测试用例

类型	图	描述
ZONE_RADIAL_WALK		• 测试人员从**区域 N** 的 10 m 处进入 FoV，并向前行走至 1 m 处。 • 该人员转身走回 10 m 处，并离开 FoV。 • 对全部六个区域重复上述操作。

类型	图	描述
CROSS_WALK		• 测试人员从区域 0 的 x m 处进入 FoV，走到区域 5 的 x m 处（x 代表 1 m 至 10 m）。 • 该人员转身沿原路返回，并离开 FoV。 • 对所有距离（x m）重复上述操作。
MAJOR_MOTION		• 测试人员从**区域 M 的 x m 处**进入 FoV（M 代表 区域 0 至 5，x 代表 1 m 至 10 m），并站在所选区域内。进行约 15 秒的大幅动作，例如摆动手臂。 • 该人员沿原路返回并离开 FoV。
CLUTTER_REJECTION		FoV 内的“杂波”或非目标干扰物（如室内植物、清洁机器人或窗帘）被置于选定区域中。

7.1 室外测试

7.1.1 测试设置



Figure 34 室外 FoV ±60°（总 FoV 120°），最远距离 10 m



Figure 35 室外测试：使用植物进行稳健性（杂波抑制）测试

7.1.2 测试观察结果

7.1.2.1 ZONE_RADIAL_WALK 测试

以下测试结果来自 ZONE_RADIAL_WALK 测试，该测试中测试人员从 10 m 至 1 m 处的每个区域内行走，然后返回 10 m 处。观测结果如下：

- 所有测试均能检测到人体存在；但存在检测的响应速度存在波动。
- 部分区域的检测距离可达 10 m，而部分区域的检测距离仅在 7-8 m 左右（表 6）。各区域的最大检测距离可参见 图 36。

Table 6 室外测试结果

测试编号	测试目标	类型	迭代次数	预期结果	实际结果	判定	备注
1	单目标存在：区域 0	ZONE_RADIAL_WALK: Zone 0	2	Presence, then absence	Presence, then absence	PASS	最大检测距离为 8 m（灵敏度随距离增加而降低）
2	单目标存在：区域 1	ZONE_RADIAL_WALK: Zone 1	2	Presence, then absence	Presence, then absence	PASS	最大检测距离为 8 m
3	单目标存在：区域 2	ZONE_RADIAL_WALK: Zone 2	2	Presence, then absence	Presence, then absence	PASS	最大检测距离为 8 m
4	单目标存在：区域 3	ZONE_RADIAL_WALK: Zone 3	2	Presence, then absence	Presence, then absence	PASS	最大检测距离为 10 m
5	单目标存在：区域 4	ZONE_RADIAL_WALK: Zone 4	2	Presence, then absence	Presence, then absence	PASS	最大检测距离为 10 m
6	单目标存在：区域 5	ZONE_RADIAL_WALK: Zone 5	2	Presence, then absence	Presence, then absence	PASS	最大检测距离为 7 m

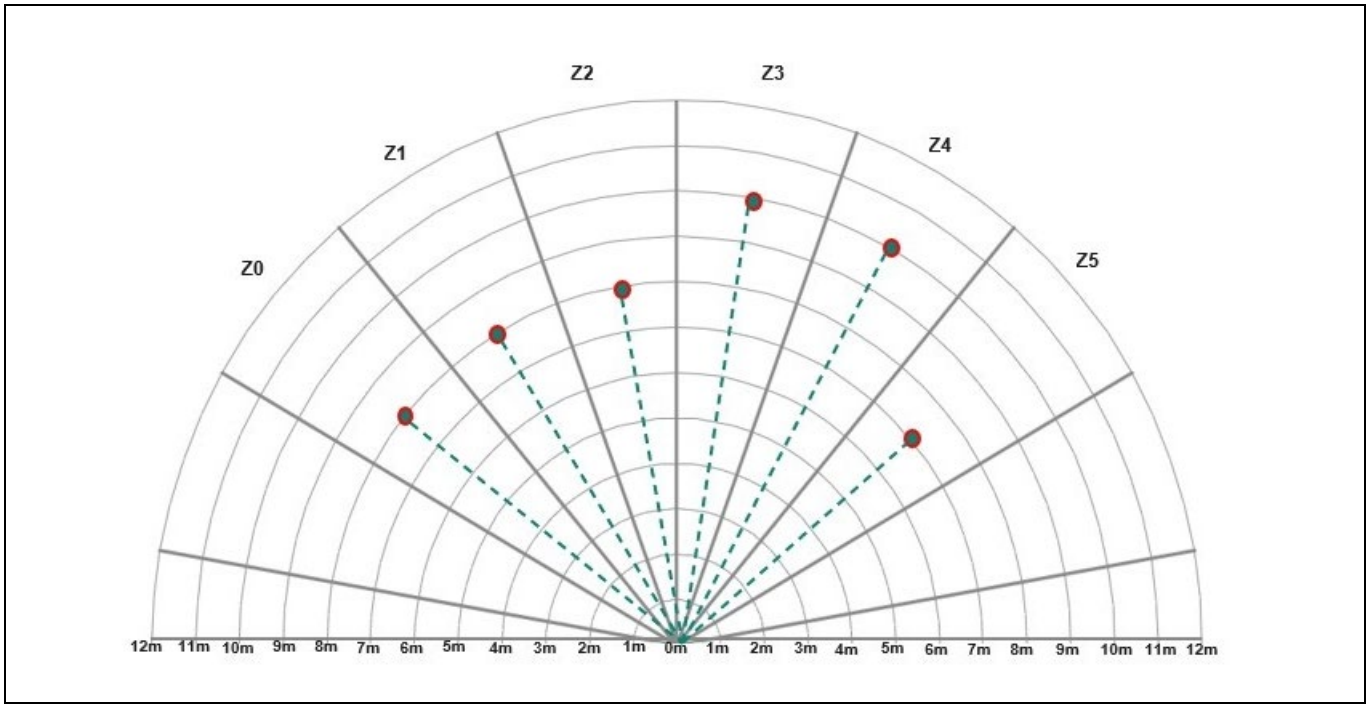


Figure 36　　各区域的最大检测距离

7.1.2.2　　杂波抑制测试

以下室外测试仅用于评估“杂波抑制”性能。

测试准备：

将一株室内植物放置在表 7 所述区域，并分别在高、中、低三种灵敏度等级下测试。在植物上系上一根绳子以强制其产生运动，从而模拟背景中移动的非人体目标，例如因风摆动的树枝。在植物持续运动 30 秒后，让人体目标从另一个区域进入 FoV，以确认植物在其区域被排除，但人体目标仍能被成功检测。

必须更新多普勒掩蔽设置，以在特定多普勒值下抑制杂波。

- 多普勒掩蔽设置：1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1
- 数字“0”表示滤除多普勒值预估在 1.15 m/s 至 2.76 m/s 之间的目标

测试观察结果：

当植物被成功过滤时，测试通过。当植物未被过滤且被算法检测为目标时，测试失败。

总体而言，测试结果表明，室内植物在所有情况下均未被检测到，它被视为“杂波”并从算法目标输出中滤除，且在高灵敏度等级和中等灵敏度等级下，人体目标仍能被检测到。在低灵敏度等级下，植物和人体目标均未被检测到，但本次测试的通过标准为滤除植物。参见表 7。

Table 7　　室外稳健性（杂波抑制）测试结果

测试编号	灵敏度等级	类型	迭代次数	预期结果	实际结果	判定	备注
001	High	CLUTTER_REJECTION: Zone 0, 1 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
002	High	CLUTTER_REJECTION: Zone 3, 1 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
003	High	CLUTTER_REJECTION: Zone 5, 1 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
004	High	CLUTTER_REJECTION: Zone 0, 3 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
005	High	CLUTTER_REJECTION: Zone 3, 3 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
006	High	CLUTTER_REJECTION: Zone 5, 3 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
007	High	CLUTTER_REJECTION: Zone 0, 8 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
008	High	CLUTTER_REJECTION: Zone 3, 8 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
009	High	CLUTTER_REJECTION: Zone 5, 8 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
010	Medium	CLUTTER_REJECTION: Zone 0, 1 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
011	Medium	CLUTTER_REJECTION: Zone 3, 1 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
012	Medium	CLUTTER_REJECTION: Zone 8, 1 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。

测试编号	灵敏度等级	类型	迭代次数	预期结果	实际结果	判定	备注
013	Medium	CLUTTER_REJECTION: Zone 0, 3 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
014	Medium	CLUTTER_REJECTION: Zone 3, 3 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
015	Medium	CLUTTER_REJECTION: Zone 8, 3 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
016	Medium	CLUTTER_REJECTION: Zone 0, 8 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
017	Medium	CLUTTER_REJECTION: Zone 3, 8 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
018	Medium	CLUTTER_REJECTION: Zone 5, 8 m	1	Absence	Absence	PASS	人体目标进入 FoV 后即被检测到。
019	Low	CLUTTER_REJECTION: Zone 0, 1 m	1	Absence	Absence	PASS	植物已成功滤除，但因灵敏度阈值过低，未检测到人体目标。
020	Low	CLUTTER_REJECTION: Zone 3, 1 m	1	Absence	Absence	PASS	植物已成功滤除，但因灵敏度阈值过低，未检测到人体目标。
021	Low	CLUTTER_REJECTION: Zone 5, 1 m	1	Absence	Absence	PASS	植物已成功滤除，但因灵敏度阈值过低，未检测到人体目标。
022	Low	CLUTTER_REJECTION: Zone 0, 3 m	1	Absence	Absence	PASS	植物已成功滤除，但因灵敏度阈值过低，未检测到人体目标。
023	Low	CLUTTER_REJECTION: Zone 3, 3 m	1	Absence	Absence	PASS	植物已成功滤除，但因灵敏度阈值过低，未检测到人体目标。

测试编号	灵敏度等级	类型	迭代次数	预期结果	实际结果	判定	备注
024	Low	CLUTTER_REJECTION: Zone 5, 3 m	1	Absence	Absence	PASS	植物已成功滤除，但因灵敏度阈值过低，未检测到人体目标。
025	Low	CLUTTER_REJECTION: Zone 0, 8 m	1	Absence	Absence	PASS	植物已成功滤除，但因灵敏度阈值过低，未检测到人体目标。
026	Low	CLUTTER_REJECTION: Zone 3, 8 m	1	Absence	Absence	PASS	植物已成功滤除，但因灵敏度阈值过低，未检测到人体目标。
027	Low	CLUTTER_REJECTION: Zone 5, 8 m	1	Absence	Absence	PASS	植物已成功滤除，但因灵敏度阈值过低，未检测到人体目标。

8 未来升级与功能

未来升级将进一步降低系统整体功耗。在初步测试中，观察到系统处于空闲状态（即系统未处理数据且正在等待新雷达数据准备就绪）时，电流消耗有所增加。通常，在 RTOS 环境中，应充分利用这些空闲状态使 CPU 进入睡眠模式，以降低整体功耗。增强型功耗优化技术正在开发中，并将在后续版本中实现。

由于本模块是一款 Wi-Fi/Bluetooth® 组合型 MCU，未来版本将重点致力于摄像头模块集成，并利用 Wi-Fi 核心将摄像头视频直接从 MCU 流式传输至云服务。英飞凌目前正在探索这款功能强大的 MCU 所能实现的多种可能性。

移动应用的未来升级将侧重于在扫描过程中发现并列出多个 EVK（如存在），从而为随时连接其中任意一个 EVK 提供可能。

参考文献

[1] Infineon Technologies AG: *XENSIV™ BGT60TR13C 60 GHz radar sensor*; Available online

[2] Infineon Technologies AG: *AIROC™ CYW55913 Wi-Fi & Bluetooth® LE Connected MCU*; Available online

[3] Infineon Technologies AG: *XENSIV™ BGT60TR13C 60 GHz radar shield;* Available online

[4] Infineon Technologies AG: *XENSIV™ radar adapter board;* Available upon request

[5] Infineon Technologies AG: *CYW955913EVK-01 Evaluation Kit user guide*; Available online

[6] Infineon Technologies AG: *CYW955913EVK-01 Evaluation Kit;* Available online

修订记录

Document revision	Date	Description of changes
1.00	2024-09-30	Initial release

Trademarks
All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2024-09-30

Published by

Infineon Technologies AG

81726 Munich, Germany

© 2024 Infineon Technologies AG. All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?

Email: erratum@infineon.com

Document reference

AN003623

Important notice

The information contained in this application note is given as a hint for the implementation of the product only and shall in no event be regarded as a description or warranty of a certain functionality, condition or quality of the product. Before implementation of the product, the recipient of this application note must verify any function and other technical information given herein in the real application. Infineon Technologies hereby disclaims any and all warranties and liabilities of any kind (including without limitation warranties of non-infringement of intellectual property rights of any third party) with respect to any and all information given in this application note.

The data contained in this document is exclusively intended for technically trained staff. It is the responsibility of customer's technical departments to evaluate the suitability of the product for the intended application and the completeness of the product information given in this document with respect to such application.

Warnings

Due to technical requirements products may contain dangerous substances. For information on the types in question please contact your nearest Infineon Technologies office.

Except as otherwise explicitly approved by Infineon Technologies in a written document signed by authorized representatives of Infineon Technologies, Infineon Technologies' products may not be used in any applications where a failure of the product or any consequences of the use thereof can reasonably be expected to result in personal injury.

免责声明

请注意，本文件的原文使用英文撰写，为方便客户浏览英飞凌提供了中文译文。该中文译文仅供参考，并不可作为任何论点之依据。
由于翻译过程中可能使用了自动化程序，以及语言翻译和转换过程中的差异，最后的中文译文与最新的英文版本原文含义可能存在不尽相同之处。
因此，我们同时提供该中文译文版本的最新英文原文供您阅读，请参见 http://www.infineon.com
英文原文和中文译文版本之间若存有任何歧异，以最新的英文版本为准，并且仅认可英文版本为正式文件。
您如果使用本文件，即表示您同意并理解上述说明。英飞凌不对因翻译过程中可能存在的任何不完整或不准确信息而产生的任何直接或间接损失或损害负责。英飞凌不承担中文译文版本的完整性和准确性责任。如果您不同意上述说明，请不要使用本文件。

Trademarks
All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

版本 **2026-09-03**

Infineon Technologies AG 出版，
德国 **Neubiberg 85579**

版权 © **2026 Infineon Technologies AG** 及其关联公司。
保留所有权利。

Do you have a question about this document?

Email:

erratum@infineon.com

重要通知

Infineon Technologies AG 及其关联公司（以下简称 "英飞凌"）销售或提供和交付的产品（可能也包括样品，且可能由硬件或软件或两者组成）（以下简称 "产品"），应遵守客户与英飞凌签订的框架供应合同或其他书面协议的条款和条件，如无上述合同或其他书面协议，则应遵守适用的英飞凌销售条件。只有在英飞凌明确书面同意的情况下，客户的一般条款和条件或对适用的英飞凌销售条件的偏离才对英飞凌具有约束力。

为避免疑义，英飞凌不承担不侵犯第三方权利的所有保证和默示保证，例如对特定用途/目的的适用性或适销性的保证。

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文档中给出的任何示例或典型值概不负责。

本文件中包含的数据仅供具有技术资格和技能的客户代表使用。客户有责任评估产品对预期应用和客户特定用途的适用性，并在预期应用和客户特定用途中验证本文件中包含的所有相关技术数据。客户有责任正确设计、编程和测试预期应用的功能性和安全性，并遵守与其使用相关的法律要求。

除非英飞凌另行明确批准，否则产品不得用于任何因产品故障或使用产品的任何后果可合理预期会导致人身伤害的应用。但是，上述规定并不妨碍客户在英飞凌明确设计和销售的使用领域中使用任何产品，但是客户对应用负有全部责任。

英飞凌明确保留根据适用法律，如《德国版权法》（UrhG）第 44b 条，将其内容用于商业资料和数据探勘（TDM）的权利。

如果产品包含安全功能：
由于任何计算设备都不可能绝对安全，尽管产品采取了安全措施，但英飞凌不保证产品不会被入侵、数据不会被盗或遗失，或不会发生其他漏洞（以下简称"安全漏洞"），英飞凌对任何安全漏洞不承担任何责任。

如果本文档包含或引用软件：
根据美国、德国和世界其他国家的知识产权法律和条约，该软件归英飞凌所有。英飞凌保留所有权利。因此，您只能按照软件附带的软件授权协议的规定使用本软件。

如果没有适用的软件授权协议，英飞凌特此授予您个人的、非排他性的、不可转让的软件知识产权授权（无权转授权）：(a) 对于以源代码形式提供的软件，仅在贵组织内部修改和复制该软件用于英飞凌硬件产品；及 (b) 对于以二进制代码(binary code)形式对外向终端用户分发该软件，仅得用于英飞凌硬件产品。禁止对本软件进行任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。有关产品、技术、交货条款和条件以及价格的详细信息，请联系离您最近的英飞凌办公室或访问 **https://www.infineon.com**。