



マルチパス伝搬の影響を反映した振幅および位相の変化を用いる「CSIセンシング」

ESP32のWi-Fi電波で侵入検知! AIエッジ・デバイスの開発

第3回

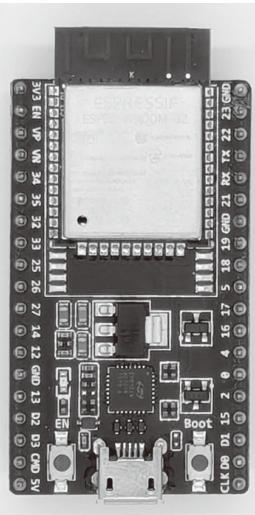
取得するCSIデータの振幅/位相の可視化とノイズ除去

ご購入はこちら

小池 誠



(a) ESP32-C5-WROOM-1
(2.4/5GHzのデュアル
バンド対応)



(b) ESP32-WROOM-32E(深層学習モデルの実行に使用)

写真1 本連載でやること…Wi-Fi電波で侵入者検知
使うのはESP32-C5-WROOM-1とESP32-WROOM-32E

本連載では、Wi-Fiを搭載した低コストで省電力なIoT向けデバイスであるESP32モジュール(Espressif Systems、写真1)を使用した侵入者検知AIエッジ・デバイスを作ります。Wi-Fiにおけるチャネル状態情報(以降、CSI)に基づくWi-Fiセンシング技術と深層学習を活用し、Wi-Fi電波で侵入者検知を行う仕組みや実装方法について解説します。

CSIは電波環境の変化を細かく観測できる重要なデータですが、多くの無線モジュールでは取得できません。ESP32シリーズは、ユーザがCSIを取得できる

数少ないデバイスであり、Espressif Systemsが提供するESP-CSIライブラリを用いることで、比較的容易に開発を始められます。

● トライすること

今回は、ESP32-C5で取得したCSIのログを用いてCSIデータの構造を解説するとともに、振幅および位相の算出や位相アンラップとCPE(Common Phase Error:共通位相誤差)除去による位相補正を行います。

CSIログとデータ構造

● 取得ログの見方

2.4GHz帯でチャネル幅20MHzの設定で取得したログをリスト1に示します。各データ項目の詳細を表1に示します。ここでは、端末リセット後からの経過時間を表すlocal_timestampと、CSIデータであるdataの項目を、これ以降の処理の対象とします。

● CSIデータは複素数で表現される

CSIデータは、サブキャリアごとの振幅変化と位相変化を含むため、複素数で表現されます。data項目から取得できる[]内の値は、

[虚数部、実数部、虚数部、実数部、…]

の順に並んでいます。ESP32-C5の場合は、次のようなデータを取得できます⁽¹⁾。

▶ チャネル幅20MHzの場合

インデックス-28～+28の計57のサブキャリアで構成されています。従って、

[−28の虚数部、−28の実数部、−27の虚数部、
−27実数部、…、+28の虚数部、+28の実数部]

リスト1 CSIログの例

```
type,id,mac,rssi,rate,noisy_floor,fft_gain,agc_gain,channel,local_timestamp,sig_len,rx_state,len,first_word,data
CSI_DATA,29427,1a:00:00:00:00,-52,11,-98,30,36,11,20817433,47,0,114,0,
"[-18,10,-17,8,-17,7,-20,5,-19,2,-22,0,-22,0,-23,0,-23,-1,-22,-4,-23,-4,-25,-6,-26,-6,-26,-8,-27,-9,-28,-8,-25,
-9,-27,-11,-27,-10,-24,-8,-28,-10,-28,-12,-29,-12,-32,-13,-28,-14,-31,-16,-30,-19,-30,-20,0,0,-24,-21,-26,-21,
-26,-18,-23,-19,-21,-19,-22,-20,-20,-17,-18,-20,-15,-20,-16,-18,-17,-15,-18,-16,-15,-14,-15,-14,-14,-13,
-15,-13,-13,-13,-12,-14,-13,-12,-12,-14,-12,-13,-13,-15,-10,-15,-7,-16,-4,-17,-4,-17]"
```