

スマートフォンによる受信電波強度を利用した BLE 機器の把握支援システムの開発

Development of a support system for identifying BLE devices using received signal strength indicator by mobile phones

稲葉 亮太[†]谷口 義明^{‡,§}

Ryota Inaba

Yoshiaki Taniguchi

1. はじめに

IoT 機器の普及に伴い、実生活の中でも様々な機器が利用されている。その中でも、無線通信技術のひとつである Bluetooth を用いた機器が増えている。特に、Bluetooth 4.0 から低消費電力の通信モードである BLE (Bluetooth Low Energy) が追加されている。BLE を搭載した IoT 機器 (以下、BLE 機器) には、ウェアラブルデバイス、センサー、忘れ物防止タグなどが存在し、広く活用されている。

しかし、家庭などの小規模組織では適切に BLE 機器が管理されていない場合がある。その場合、セキュリティ対策に不備がある BLE 機器を悪用される恐れがある。例えば、BLE 機器の接続が容易な点を利用し、被害者の BLE 機器に成りすました機器に接続させることでデータを盗み出す攻撃などが存在する [1]。また、無断で BLE 機器を取り付け、取得した位置情報を悪用するような事例もある。これらのセキュリティ対策のために、周囲の BLE 機器を把握し管理することが必要である。BLE 機器を管理することで、不審な BLE 機器の把握や不要な BLE 機器の撤去などの対策を講じることが出来る。

そこで本研究では、スマートフォンを用いた簡便な BLE 機器の把握と管理を目的に、受信電波強度 (以下、RSSI) を利用した BLE 機器の把握支援システムを開発する。RSSI は、無線通信において受信した信号の強度を示す値であり、送信元から受信元までの距離や信号の品質を評価するために使用される。近年では、コロナウイルス接触確認アプリ等でも使われており、2つの機器間の距離を測定することが出来る [2]。これを利用し、スマートフォンを BLE 機器の近くにかざすことでその BLE 機器のアドレス等の情報と実際の機器を対応付ける。本システムにより、周囲の BLE 機器の把握と管理を支援することができる。

2. 関連研究

江川らは無線 LAN 機器を対象として機器の把握を支援するシステムを提案している [3]。このシステムはノート PC 上で動作し、機器から送信される無線フレームの RSSI を利用して、観測されたアドレスと、そのアドレスを持つ機器の位置の把握を支援する。また、小林らは BLE 機器を対象として、江川らのシステムを拡張したシステムを提案している [4]。しか

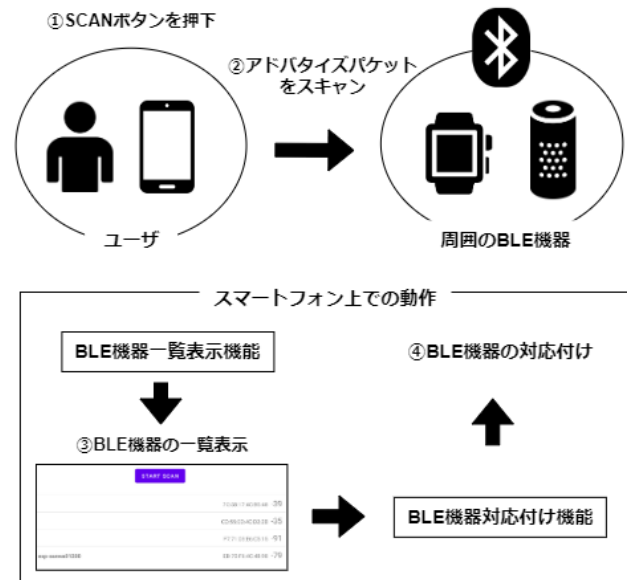


図1 システム概要

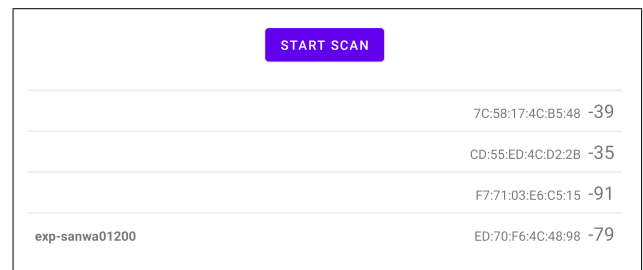


図2 システムの GUI

しながら、これらのシステムでは機器が隣接して設置されている場合の機器位置の把握については想定していない。一方、本研究では、スマートフォンを用いることで、機器が隣接して置かれている場合でも、機器位置の把握ができるように改良を加えている。

3. BLE 機器の把握支援システム

本システムの概要を図1に、GUIを図2に示す。本システムは1台の計測スマートフォン上で動作する。本システムの主な機能として BLE 機器一覧表示機能と BLE 機器対応付け機能がある。ユーザはまず、BLE 機器一覧表示機能を利用する。本機能を利用すると、本システムは、周囲の BLE 機器を検出するためのスキャンを実行する。BLE 機器は、アダプティブパケットと呼ばれる無線信号をブロードキャストで定期的発信しており、スマートフォンでそれらのアダプティブパケットを受信することにより、周囲の BLE 機器の RSSI 値や MAC

[†] 近畿大学大学院総合理工学研究科, Graduate School of Science and Engineering, Kindai University

[‡] 近畿大学情報学部情報学科, Faculty of Informatics (KDIX), Kindai University

[§] 近畿大学情報学研究所, Cyber Informatics Research Institute, Kindai University

アドレスの情報を取得できる。本機能はこのようにして得られた周囲の BLE 機器の名前、MAC アドレス、RSSI 値をスマートフォンの画面上に一覧表示する。続いて、ユーザは BLE 機器対応付け機能を用いて、対応付けしたい BLE 機器に計測スマートフォンをかざす。BLE 機器対応付け機能は、RSSI の変化等から、スマートフォンをかざした BLE 機器の特定を行う。このことにより、アドレスなどの情報と実際の BLE 機器を対応付けが行える。以下、本システムの機能の詳細について述べる。

3.1 BLE 機器一覧表示機能

本機能は、周囲の BLE 機器の名称と MAC アドレス、RSSI 値を図 2 のように一覧表示する機能である。BLE 機器の名称や MAC アドレスはアドバタイズパケットに含まれており、それを表示する。ただし、BLE 機器によっては名称が含まれていない場合もある。また、RSSI はアドバタイジングパケット受信時に取得できる。

利用者が START SCAN ボタンを押下することで、本システムは周囲の BLE 機器のスキャンを開始する。スキャン中に、本システムは BLE 機器が発するアドバタイズパケットを受信する。このアドバタイズパケットから RSSI 値、MAC アドレスの情報を読み取り、GUI に一覧表示する。スキャンは 10 秒間実行され、スキャン中に RSSI 値もリアルタイムで表示される。本機能により、周囲の BLE 機器のアドレス一覧を可視化することができる。

3.2 BLE 機器対応付け機能

本機能は、RSSI を用いて実際の BLE 機器と一覧表示された MAC アドレス、機器名称等の情報を対応付ける機能である。本機能を使用中、ユーザは計測スマートフォンでアドバタイズパケットをスキャンしながら、対応付けたい BLE 機器にスマートフォンをかざす。本機能は、そのときの RSSI 値の変化を計測し、アドレス一覧の中からスマートフォンをかざした BLE 機器のアドレスを推定し、ユーザに知らせる。その後、ユーザは対応付けた BLE 機器の名称や設置位置などをシステムに記入することで、BLE 機器の把握を完了する。この動作を繰り返すことで、所在不明な BLE 機器や不審な BLE 機器を特定することができ、セキュリティ対策を講じることが可能になる。

4. 基礎評価

本システムで検討した BLE 機器対応付け機能の基礎評価実験を行った。実験には、計測スマートフォン (SHARP SH - M12) と 2 種類の BLE ビーコン (SANWA Supply MM-BLEBC1、丸紅情報システムズ BlueBeacon Tag SE) を使用した。計測スマートフォンを用いて、BLE ビーコンの RSSI 値を一分間計測し記録する。また、計測スマートフォンと BLE ビーコンの距離を、図 3 のように隣接した位置から 2 m の位置で変化させて RSSI 値から対応付けが可能か確認した。

図 4、図 5 は、それぞれ BLE ビーコン MM-BLEBC1 および BLE ビーコン BlueBeacon Tag SE から送信されるパケットの RSSI 値の推移である。これらの結果より、BLE 機器と計測スマートフォンが隣接したときに最も RSSI 値は高くなることがわかる。また、隣接した場合と距離を 10 cm 以上離れた場

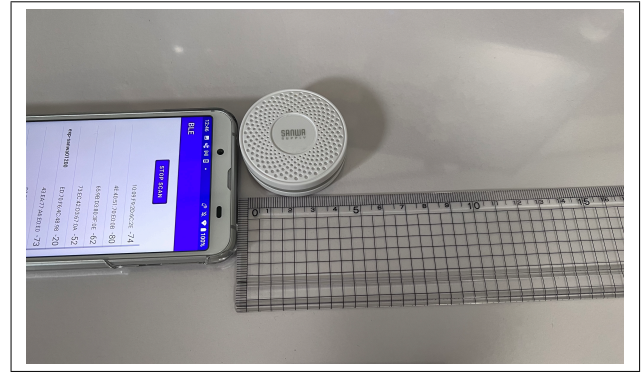


図 3 実験環境

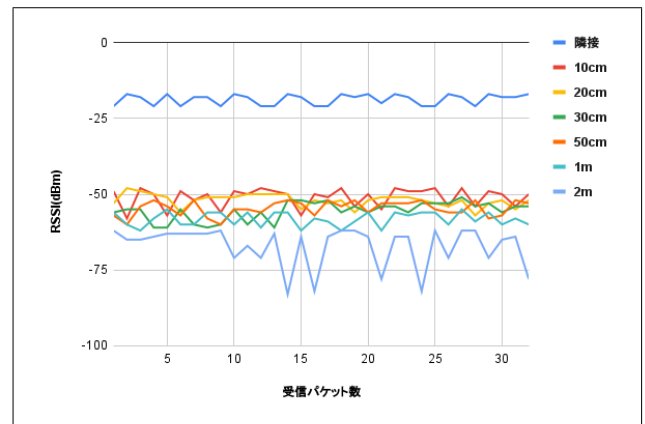


図 4 距離ごとの RSSI 値の結果 (MM-BLEBC1)

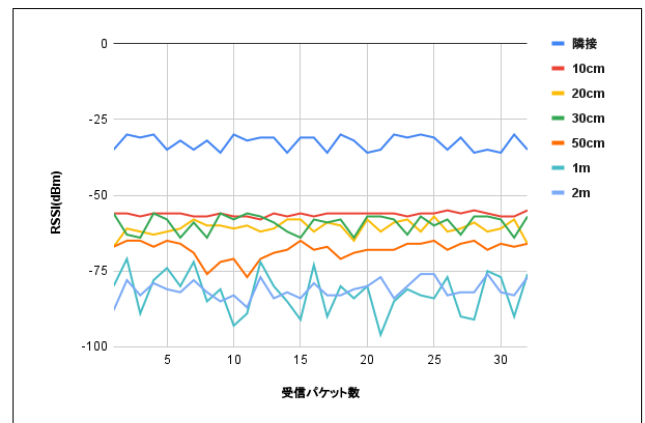


図 5 距離ごとの RSSI 値の結果 (BlueBeacon Tag SE)

合とで大きく RSSI 値が異なることがわかる。このことから、BLE 機器同士が 10 cm 以上離れていれば、スマートフォンを BLE 機器に隣接させることでその BLE 機器からのパケットを区別できる、すなわち BLE 機器の対応付けを行えることがわかる。一方、本評価においては 2 種類の BLE 機器しか使用していない。BLE 機器によってはパケットの送信電力を変更できる場合があることや物理的な構成が異なることから、さらに多くの BLE 機器を用いた場合に機器の対応付けが可能かどうかを評価する必要がある、今後の課題である。

続いて、BLE 機器が複数隣接して固定されている場合を想定して実験を行った。2 つの BLE ビーコンを計測スマートフォンに隣接させ、1 つの BLE 機器は手で覆い隠した状態で RSSI

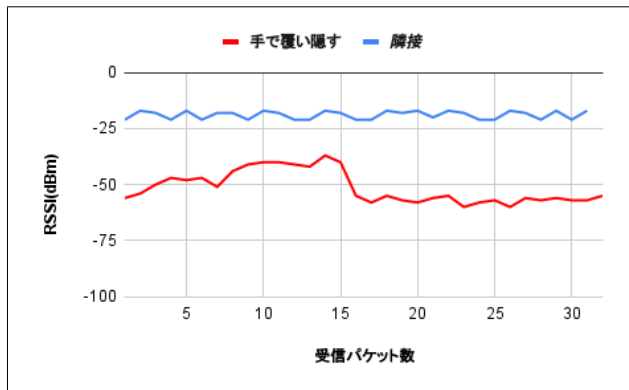


図6 隣接位置のRSSI値の結果

を計測した。図6は、手で覆い隠したBLE機器と覆い隠さなかったBLE機器のRSSI値の推移である。図より、BLE機器を手で覆い隠すことでRSSI値は大きく下がることが分かる。RSSI値は、伝播の途中でマルチパスの影響や人体による遮断の影響を受けて値が変動する[5]。このことから、BLE機器が隣接して固定されている状況でBLE機器対応付け機能を使用する場合は、対応付けたいBLE機器以外を手で覆い隠すなどの動作をすることで、対応付けが可能である。

5. まとめと今後の課題

本研究では、スマートフォンによるRSSIを利用したBLE機器の把握支援システムを開発し、基礎評価を行った。本システムを利用することで、不審なBLE機器や不要なBLE機器等を特定することができ、セキュリティ対策を講じることが可能になる。

今後の課題として、本システムのより現実的なシナリオにおける評価が必要である。また、所在不明のBLE機器を把握した後にそのBLE機器の場所を発見するナビゲーション機能の実装や、RSSIの計測において位置関係・環境の変化を考慮し最適な対応付けを可能にすることが挙げられる。

謝辞

本研究の一部は科学研究費(課題番号19K11934, 23K11091)の補助を受けている。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] A. Barua, M. A. Al Alamin, M. S. Hossain, and E. Hossain, "Security and privacy threats for Bluetooth Low Energy in IoT and wearable devices: A comprehensive survey," *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 3, pp. 251–281, 2022.
- [2] D. J. Leith, S. Farrell, "Coronavirus contact tracing: evaluating the potential of using Bluetooth received signal strength for proximity detection," *SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 50, pp. 66–74, Oct. 2020.
- [3] 江川悠斗, 谷口義明, 井口信和, "無線フレームの観測に基づくIoT機器の把握支援システム," *情報処理学会論文誌*, vol. 62, no. 5, pp. 1298–1306, May 2021.

- [4] 小林佑太郎, 谷口義明, "BLEパケット観測に基づくIoT機器の把握支援システム," *情報処理学会第85回全国大会講演論文集*, vol. 3, pp. 397–398, Mar. 2023.
- [5] B. Etzlinger, B. Nußbaumüller, P. Peterseil, and K. A. Hummel, "Distance Estimation for BLE-based Contact Tracing – A Measurement Study," *IFIP Wireless Days*, 2021.