

## IoT 機器一覧表示システムにおける機器位置特定のためのナビゲーション機能の開発

## A function for navigating to device location in an IoT device visualization system

江川 悠斗<sup>†</sup> 谷口 義明<sup>‡,§</sup> 井口 信和<sup>‡,§</sup>  
 Yuto Egawa Yoshiaki Taniguchi Nobukazu Iguchi

## 1. はじめに

企業や家庭などさまざまな組織では、Wi-Fi ネットワークを介して様々な IoT 機器が使用されている [1]。その中で、小規模な企業や家庭では専門知識のあるネットワーク管理者がいないなどの理由により、IoT 機器が管理されておらず、その結果、十分なセキュリティ対策が行われていない場合がある。そのような機器はサイバー攻撃を受けるだけでなく、他の機器に危害を加える可能性がある [2]。これを防ぐためには、無線 LAN に接続されている IoT 機器の一覧を把握することが重要である。Wi-Fi アクセスポイント（以下、AP）には通常、接続された機器のアドレスの一覧を表示する機能があるが、中小規模の企業や家庭では、スキルや専門知識、権限がないなどの理由により AP を操作できない場合がある。企業では様々な IoT 機器管理システムが開発されている [3,4] が、これらの製品は高価であり、また比較的規模の大きな無線 LAN を前提としており、家庭や小規模企業での運用には適していない。

我々はこれまでに無線 LAN 内の IoT 機器の把握を支援するための IoT 機器一覧表示システム [5-7]（以下、既存システム）を開発してきた。既存システムはノート PC 上で動作し、無線 LAN 内の無線フレームをキャプチャ、解析することにより、同じ無線 LAN 内にある IoT 機器を推定し、そのアドレス一覧を表示する [5]。また、一覧に表示されたアドレスと実際の IoT 機器の対応付けを行うために、ユーザが場所を把握している IoT 機器と一覧に表示されたアドレスとの対応付けを行う表示アドレス対応付け補助機能と、一覧に表示されているアドレスの中で所在が不明な IoT 機器の場所にユーザを誘導するナビゲーション機能を検討してきた [6,7]。しかし、これまでの検討のうち特にナビゲーション機能については、実現可能性を示すのみであり、具体的なナビゲーションの手順やナビゲーション機能の評価は行われていない。

そこで、本稿では、既存システムにナビゲーション機能を導入する。ナビゲーション機能では、IoT 機器の送信した無線フレームをノート PC で受信した際の受信電波強度（以下、RSSI）を利用する。また、ナビゲーション機能を使って実際に IoT 機器を発見できるかどうかの評価を行う。

## 2. IoT 機器一覧表示システム

図 1 に、既存システム [5-7] の概要を示す。既存システムはノート PC で動作し、IoT 機器が送信する無線フレームをキャ

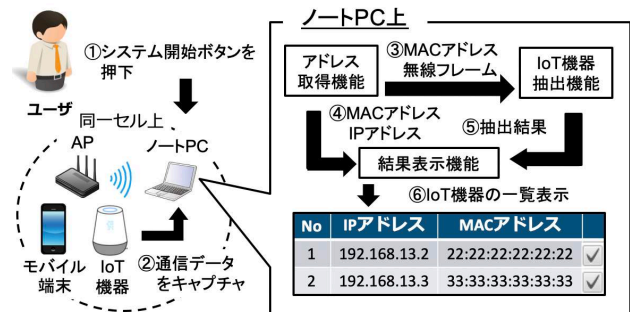


図 1 IoT 機器一覧表示システムの概要 [5]

プチャ、分析することにより IoT 機器のアドレス一覧を取得する。既存システムを使用することにより、特定の AP に接続された IoT 機器のアドレスの一覧が GUI 上に自動的に表示され、無線 LAN 内の IoT 機器アドレスリストの把握が可能となる。

しかし、IoT 機器の管理を行うためには、ユーザは表示された全てのアドレスに対して、実際の IoT 機器との対応付けを行う必要がある。ここで、設置されている IoT 機器がどこにあるか分からない場合、対応づけは困難となる。そこで、我々はこれまでにユーザが場所を把握している IoT 機器と一覧に表示されたアドレスとの対応付けを行う表示アドレス対応付け補助機能と、一覧に表示されているアドレスの中で所在が不明な IoT 機器の場所にユーザを誘導するナビゲーション機能を検討してきた [6,7]。しかし、これまでの検討においては、特にナビゲーション機能については、実現可能性を示すのみであった。そこで、本稿では、ナビゲーション機能の開発を行い、ナビゲーション機能の評価を行う。

## 3. ナビゲーション機能

ナビゲーション機能は、ユーザが把握していない IoT 機器の場所にユーザを誘導する機能である。本機能の使用例を図 2 に示す。以下、本機能の利用方法を説明する。

1. ユーザまず調査対象の IoT 機器のアドレス（以下、対象 IoT 機器アドレス）をシステムに表示されるアドレス一覧から選択する（図 4(a)）。図の例では、ユーザは MAC アドレス ee:ee:ee:ee:ee:ee を持つ IoT 機器 E を調査対象としている。ユーザの選択が完了すると、システムは対象の IoT 機器の IP アドレスに対して 250 ミリ秒間隔で ping パケットを送信する。このことにより、対象 IoT 機器が定期的に無線フレームを送信するようにする。
2. 次に、対象 IoT 機器の方向を推定するために、ユーザはその場でゆっくりと 1 回転する（図 2(b)）。本機能では、対象の IoT 機器とノート PC の間にユーザが割り込むと RSSI

<sup>†</sup> 近畿大学大学院総合理工学研究科, Kindai University, Graduate School of Science and Engineering

<sup>‡</sup> 近畿大学理工学部, Kindai University, Faculty of Science and Engineering

<sup>§</sup> 近畿大学情報学研究所, Kindai University, Cyber Informatics Research Institute

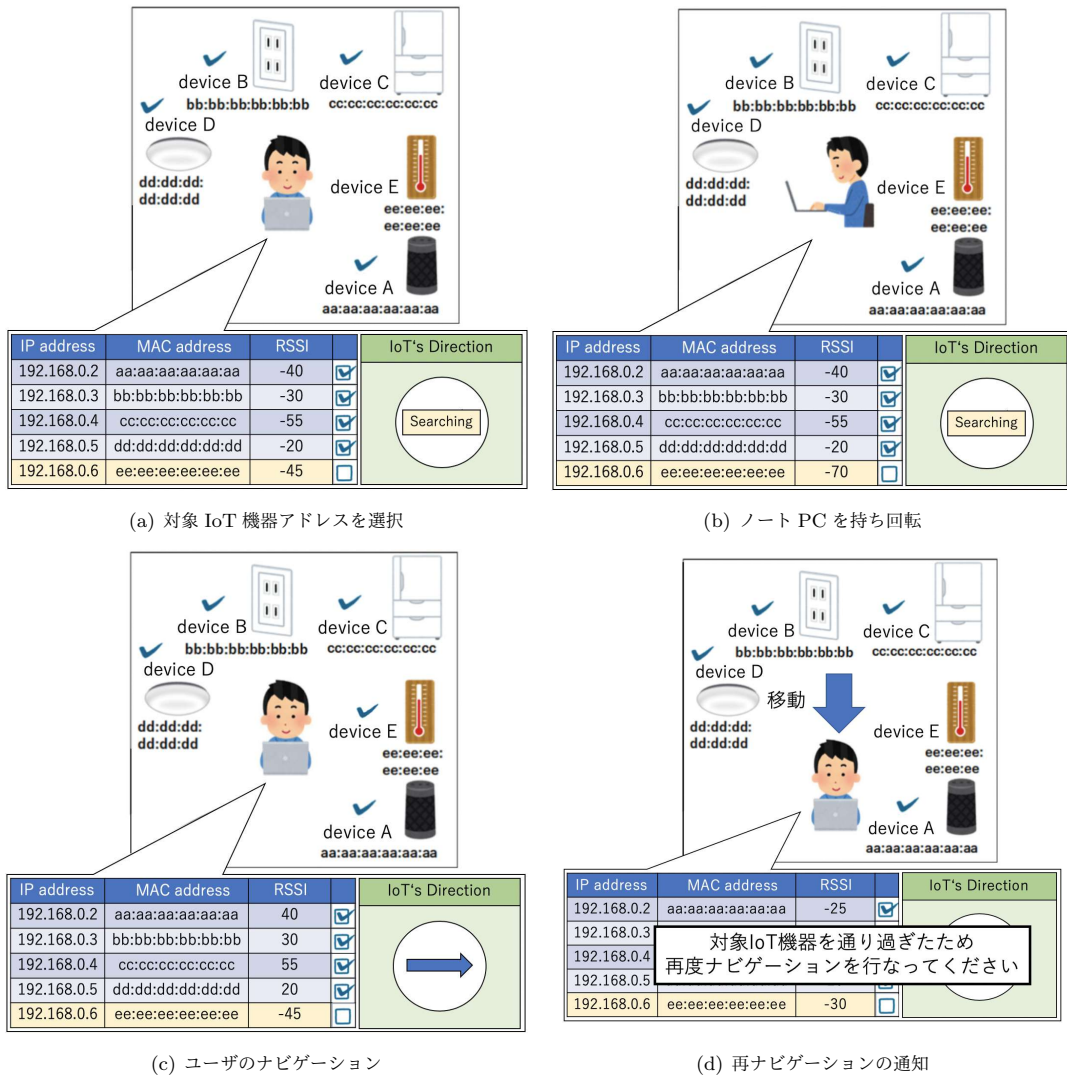


図 2 ナビゲーション機能の概要

値が低くなることを利用する。図 2(b) の例では、ユーザが IoT 機器 E と逆の方向を向いたときに、IoT 機器 E から受信したフレームの RSSI 値が低下している。システムは、最も RSSI 値が低くなったときにユーザが向いていた方向と逆の方向を IoT 機器の方向として推定する。システムは、ユーザの回転終了後に対象 IoT 機器の推定方向を 8 方向のいずれかで表示する (図 2(c))。

- その後、ユーザは指定された方向に向かって移動する。対象 IoT 機器を発見した場合には、アドレス一覧に表示される対象のアドレスに発見済みのチェックを入れる。
- システムは、ユーザの移動中も対象 IoT 機器に対して ping パケットを送信する。ユーザが対象 IoT 機器を通り過ぎた場合は、対象 IoT 機器から送信されるフレームの RSSI 値が低くなる。システムは、3 秒間連続して RSSI 値が減少した場合、再度ナビゲーションを行うようにユーザに通知を行う (図 2(d))。その場合、ユーザはその場で停止し、再度ナビゲーション機能の操作を行う。なお、ユーザは壁など移動不可能な場所に到達した場合も、同様にその地点で再度ナビゲーション機能の操作を行う。

なお、キャプチャした無線フレームの RSSI 値には、外れ値が含まれる場合がある。本稿では、得られた RSSI 値に 5 [dBm] 以上変化があった場合は、その値を外れ値として除去する。

#### 4. 評価実験

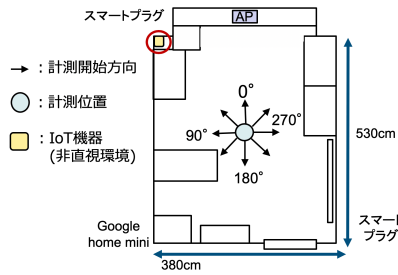
本稿で開発したナビゲーション機能を評価するための実験を行った。

##### 4.1 実験環境

実験は近畿大学東大阪キャンパス 38 号館 3 階の N306 と N317 で行った。N317 は N306 の 2 倍の大きさの部屋である。実験を行ったそれぞれの部屋のレイアウトと IoT 機器設置場所、計測箇所を図 3、図 4 に示す。以降、それぞれの環境を実験環境 1、実験環境 2 と表記する。本システムの動作するノート PC として MacBook Air、無線フレームのキャプチャおよび受信電波強度の測定には tshark を用いた。また、IoT 機器としてはスマートプラグを使用した。

##### 4.2 実験環境 1 における実験結果

まず、図 3 に示される実験環境 1 の計測位置において、実験者がナビゲーション機能を用いて非直視環境にあるスマートプラグの方向を正しく推定できるかどうかを確認する実験を行っ



(a) レイアウト

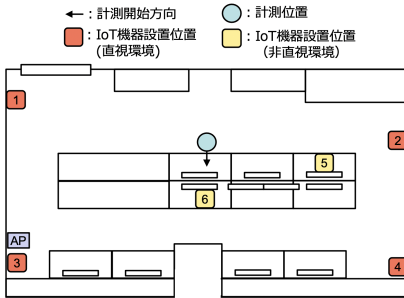


(b) 写真



(c) 設置したスマートプラグ

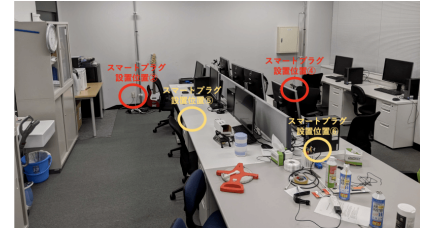
図3 実験環境 1



(a) レイアウト



(b) 写真 (右側)



(c) 写真 (左側)



(d) 地点5 に設置したスマートプラグ



(e) 地点6 に設置したスマートプラグ

図4 実験環境 2

た。実験では、実験者が図に示される8方向(0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°)のうちの1つを初期方向として、ノートPCを持ったまま一回転し、非直視環境に設置したスマートプラグの方向の推定を行った。この実験を、初期方向を変えながら12回実施した。

実験の結果、12回中11回、スマートプラグのある方向を正しく推定できた。一方、一度だけスマートプラグの方向推定を誤った場合があった。これは初期方向を225°としてナビゲーション機能を使った際に、正しい方向が後ろであるのに対して、推定方向は右後ろと提示された。この場合、実験者は図5に示されるよう壁際まで移動、壁際で再度ナビゲーション機能を利用し、2回目のナビゲーションによりスマートプラグの方向を正しく推定することができた。これらの結果から、ナビゲーション機能を用いることにより対象のIoT機器の方向を推定可能であることがわかる。

#### 4.3 実験環境 2 における実験結果

続いて、図4に示される実験環境2において、実験者の初期計測位置と初期計測方向を固定した状態でナビゲーション機能を利用し、地点1から地点6に設置された各スマートプラグの方向を正しく推定できるか、実験者をスマートプラグの位置に誘導できるかを確認する実験を行った。なお、地点1から地点

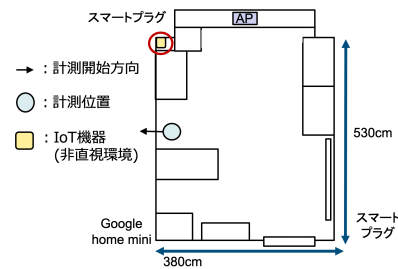


図5 1回目の推定方向が誤っていた場合に2回目のナビゲーションを実施した位置

4のスマートプラグは壁際のコネクタに接続しており直視環境にある。地点5、地点6のスマートプラグは机の下に設置しており、非直視環境となる。

表1は、ナビゲーションの結果である。直視環境下にある地点1から地点4のスマートプラグに対しては、それぞれ1回ナビゲーション機能を利用するだけで正しい方向が推定された。一方、非直視環境下にある地点5、地点6のスマートプラグに対しては、1回ナビゲーション機能を用いるだけでは正しい方向が推定されなかったが、ナビゲーション機能を2回用いることにより正しい方向を推定することができた。

表 1 実験環境 2 における方向推定結果

IoT 機器位置	1 回目の推定方向	2 回目の推定方向
1	右	—
2	左	—
3	右前	—
4	左前	—
5	左	右前
6	前	後ろ

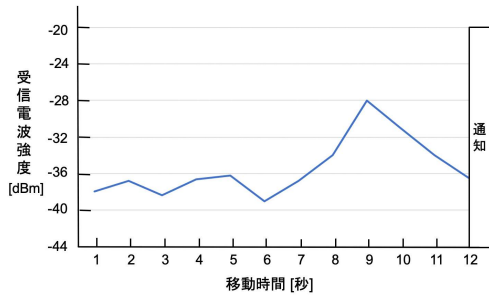


図 6 地点 5 のスマートプラグに対して 1 回目のナビゲーション結果に基づき移動した際の RSSI の変化

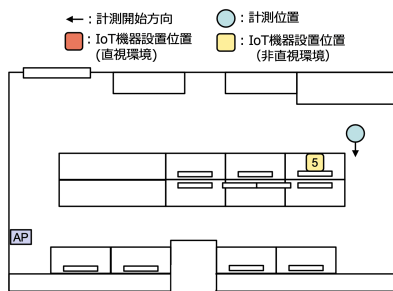


図 7 地点 5 のスマートプラグに対して 2 回目のナビゲーションを実施した位置

以下、地点 5、地点 6 におけるナビゲーションの様子を説明する。地点 5 のスマートプラグに対する 1 回目の方向推定結果は左であり、実験者は左に移動した。実験者が移動中の RSSI 値の変化を図 6 に示す。図に示されるように、実験者の移動中に対象 IoT 機器から送信されるフレームの RSSI が減少したため、システムから再ナビゲーションを促す通知が表示された。そのため、実験者は図 7 に示される地点で再度ナビゲーション機能を利用した。2 回目の方向推定結果は右前であった。これは、地点 5 のスマートプラグの方向と同一であり、正しい方向が表示されたと言える。

一方、地点 6 のスマートプラグに対する 1 回目の方向推定結果は前であった。実験者は、図 8 に示されるよう壁際まで移動し、壁際で再度ナビゲーション機能を利用した。2 回目の方向推定結果は後ろであった。これは、地点 6 のスマートプラグの方向と同一であり、正しい方向が表示されたと言える。これらの結果より、ナビゲーション機能を用いることにより、対象 IoT 機器の位置にユーザを誘導できるといえる。

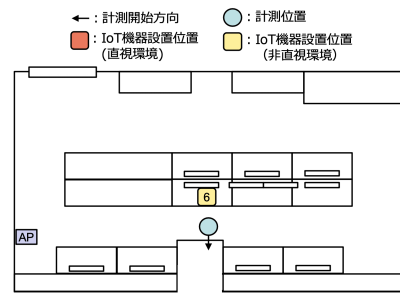


図 8 地点 6 のスマートプラグに対して 2 回目のナビゲーションを実施した位置

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、我々がこれまでに検討してきた IoT 機器一覧表示システムにおいて、機器の位置の特定を補助するためのナビゲーション機能の開発を行った。また、実環境におかれた IoT 機器を用いてナビゲーション機能の評価を行った。その結果、ナビゲーション機能を用いることにより、対象 IoT 機器の位置にユーザを誘導できることを示した。

今後の課題として、IoT 機器の方向を推定するのみでなく、より詳細な位置の推定を行えるようにする必要がある。さらに、IoT 機器をいくつかのカテゴリに自動的に分類するようシステムを拡張することを検討している。

## 謝辞

本研究の一部は科学研究費 (19K11934) および令和 2 年度近畿大学学内研究助成金 (SR08) の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] 総務省, “IoT 化する情報通信産業,” 平成 29 年版情報通信白書, pp. 125–142, 2017. <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/pdf/n3300000.pdf>.
- [2] 半田富己男, 矢野義博, “IoT エッジ端末をボットネット化から防ぐ認証プラットフォームの提案,” 情報処理学会研究報告, pp. 1–3, Feb. 2017.
- [3] 株式会社ソリトンシステムズ, “Counter-ACT,” <https://www.soliton.co.jp/products/counteract/agentless.html>.
- [4] 日本電気株式会社, “IoT device security manager,” <https://jpn.nec.com/iot/platform/security/whitelist/index.html>.
- [5] Y. Egawa, Y. Taniguchi, N. Iguchi, “A system for visualizing IoT device list based on captured frames in wireless LAN,” Proceedings of ICCE-TW 2019, Sep. 2019.
- [6] Y. Egawa, Y. Taniguchi, N. Iguchi, “A study on function for grasping location of device in an IoT device list visualization system,” Proceedings of ICIT 2019, Dec. 2019.
- [7] 江川悠斗, 谷口義明, 井口信和, “IoT 機器一覧表示システムにおける表示アドレスと実際の機器との対応付けを補助する機能の検討,” 情報処理学会第 82 回全国大会講演論文集, vol. 3, pp. 289–290, Mar. 2020.