2ZC-05

チャネル状態情報を用いたIoT機器の管理支援システムの開発

稲葉亮太† 谷口義明†‡ 井口信和†‡
近畿大学理工学部情報学科† 近畿大学情報学研究所‡

1. 序論

IoT機器の普及に伴い様々なものがWiFiを介してネットワークに繋がるようになった．しかし小規模組織等ではIoT機器が適切に管理されていない場合がある．またセキュリティ対策に不備がある IoT機器がマルウェアに感染するとサイバー攻撃に悪用される恐れがある．その場合，サイバー攻撃の被害を受けるだけでなく他の IoT機器に危害を加える可能性がある[1)]．

IoT 機器を把握・管理することで，ファームウェア更新や不要な IoT機器撤去などの対策を講じることができると考えられる．江川らは受信電波強度(以下，RSSI)を利用して IoT機器の把握を支援するシステムを開発している[2)]．このシステムでは，アドレスと IoT機器の対応付けを行うために IoT機器に向かって移動する動作が必要である．しかし IoT機器の設置位置によっては移動が難しい場合がある．

そこで本研究では，より簡便な IoT機器の把握と管理を目的に，WiFi チャネル状態情報(以下，CSI)を用いた IoT 機器の管理支援システム(以下，本システム)を開発する．CSI は，反射や回折などのマルチパスの影響により変化する WiFi 電波の振幅と位相を複素数で表したものである．本システムは，IoT 機器を一覧表示しアドレスや場所などの情報と実際の IoT機器を対応付ける．この際，CSI を用いることで，人の単純な動作によりアドレスと IoT機器の対応付けを行う．本システムにより，無線 LAN内にある IoT機器の把握と管理を支援できる．

2. 開発システム

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 PC 上で動作する．本システムを利用する場合，ユーザははじめに計測

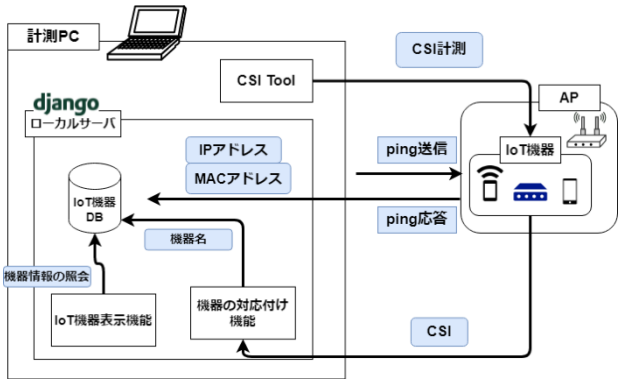

図 1:システム概要

図 2:本システムの GUI

PC を IoT 機器が接続されている無線 LAN に接続する．次に機器更新ボタンを押下する．押下すると，IoT機器表示機能により GUI 上に LAN内に接続された IoT機器の MAC アドレスと IP アドレスの一覧が表示される．続いてユーザは，IoT機器対応付け機能を使って，対応付けしたい IoT機器の側で手をかざすといった動作をすることにより，アドレスと実際の IoT 機器の対応付けを行う．以下，本システムの機能の詳細について述べる．

2.1. IoT機器表示機能

本機能は，LAN内 IoT機器の MAC アドレスと IP アドレス・機器名・メモ情報を一覧表示する機能である．本機能では，計測 PC から LAN 内に ping コマンドを送信し，応答があった IoT機器の MAC アドレスと IP アドレスを取得し IoT 機器 DB に追加する．その後，IoT 機器 DB に登録された MAC アドレスと IP アドレスを IoT機器表示画面に表示する．IoT 機器表示画面では，MAC アドレスと IP アドレス以外に機器名とメモの入力欄があ

Development of a Management Support System for IoT Devices Using Channel State Information
†Ryota INABA, Yoshiaki TANIGUCHI, Nobukazu IGUCHI, Department of Informatics, Faculty of Science and Engineering, Kindai University
‡Yoshiaki TANIGUCHI, Nobukazu IGUCHI, Cyber Informatics Research Institute, Kindai University

Copyright ©2022 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

る．IoT 機器を追加した段階では空欄になっている．後述する IoT 機器対応付け機能により，実際の IoT 機器と MAC アドレス・IP アドレスを対応付けることで，機器名の記述とメモ欄に設置場所などを記述する．本機能により，LAN 内に接続された IoT 機器を可視化することができる．

2.2. CSI を用いた IoT 機器対応付け機能

本機能は，CSI を用いて実際の IoT 機器と一覧表示されたアドレスを対応付ける機能である．CSI の計測には CSI Tool を使用する．本機能では，一覧表示された IP アドレス全てに ping コマンドを実行することで CSI を計測する．ユーザは，対応付けしたい IoT 機器の側で数秒間手をかざすといった単純な動作を CSI 計測中に実行する．その後，本機能は，計測した CSI の中で異常値が最も大きかったものを対応付けしたい IoT 機器として特定し，その結果を GUI 上に表示する．ユーザは機器名と，メモ欄に設置場所等を記述し IoT 機器の把握を完了する．この動作を繰り返し実行することで，LAN 内の IoT 機器と一覧表示された情報が対応付けされる．対応付けされなかった IoT 機器は，所在不明な IoT 機器となる．本機能により，一覧表示されたアドレスと IoT 機器との対応付けが単純な動作で実行できる．

なお本稿では，具体的に以下のような計測を行った．まず一覧表示された IP アドレスに対して計測 PC から 10 秒間で 100 パケットの ping パケットを送信する．その際に，対応付けしたい IoT 機器の側で手をかざすなどの CSI が変動する動作を実行する．異常値の検出には k 近傍法を利用する．何もしていない状態の CSI をテストデータとして入力することで，手をかざす動作から異常値を検出する．最も異常値の平均が大きかったアドレスを対応付けしたい IoT 機器と判定する．一部の処理はユーザが手動により実行するものとしているが，将来的には一連の処理を自動化する予定である．

3. 実験・考察

CSI を用いて，機器と一覧表示されたアドレスが正しく対応付けできるか確認した．部屋に Amazon Echo・iPhone8・iPad の 3 台の機器と計測 PC（Let's Note CF-B・NIC:Intel 5300）を正方形の 4 隅に配置し，機器間の距離を 210 cm から 10 cm の範囲で変化させて対応付けを行った．それぞれの条件において 10 回ずつ対応付けを行い，対応付けに成功した機器台数を記録した．また各 30 回の対応付けのうち成功した割合を正解率として求めた．実験の結果は表 1 の通りである．結果から，機器間の距離が大きくなるほど，正しい対応付けが実行できることがわかる．

表 1:対応付け成功回数と正解率

	機器間の距離				
対応付け成功台数	210 cm	160 cm	110 cm	60 cm	10 cm
3 台	2 回	3 回	1 回	0 回	0 回
2 台	5 回	2 回	3 回	3 回	3 回
1 台	3 回	4 回	4 回	2 回	3 回
正解率 (%)	63.3	63.3	36.6	26.6	30.0

一方，距離が 110 cm 以下の場合，対応付けの正解率が 50%を下回った．これは，対応付け機能に採用した機械学習手法が理由だと考えられる．手をかざすといった動作だけでも CSI の値は大きく変動するが，近い距離にある機器同士だと，利用者の動作がいずれの CSI にも大きく影響を与える．本稿では，k 近傍法を用いた異常検知といったシンプルなものを使用しており，近い距離で機器が隣接している場合，対応付けが困難であると考えられる．今後の改善点として，機械学習手法の見直しが挙げられる．

4. 結論

本研究では，CSI を用いた IoT 機器の管理支援システムを開発した．本システムは，LAN 内の IoT 機器の MAC アドレスと IP アドレスを表示する．また機器の対応付け機能を用いることで IP アドレスといった情報と実際の IoT 機器を対応付けて IoT 機器の管理を支援することができる．

今後は，隣接した IoT 機器の対応付けを可能にするために，機械学習手法の見直しや RSSI と CSI を組み合わせた対応付け機能の拡張等を行う必要がある．CSI を用いた関連研究として，3 次元 CNN を利用したジェスチャ認識やローパスフィルターなどのフィルタリング処理を利用したもの[3]があり，このような処理を施すことで，隣接した IoT 機器の対応付け精度の向上が期待できる．

参考文献

1) 中澤祐樹，佐々木良一，猪俣敦夫：野良IoTの地域特性の調査と分析，マルチメディア,分散協調とモバイルシンポジウム2017論文集，No.2017，pp.1138-1144，2017.
2) 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.
3) 宮代理弘，宮下芳明：3次元CNNを利用したWi Fi CSIによるジェスチャ認識，情報処理学会研究報告，Vol.2019-HCI-182，No.29，pp.1-8，2019.

Copyright ©2022 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.