

[招待講演] 置くだけIoTに向けたCSIによるIoT機器グループ化と実環境における課題

石田 繁巳[†]

[†] 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 〒041-8655 北海道函館市亀田中野町 116-2

E-mail: fish@fun.ac.jp

あらまし 筆者らは、IoTシステムの導入を簡単化するため、設置するだけで初期設定が半自動的に完了するIoTシステムである「置くだけIoT」の実現を目指している。置くだけIoTの実現に向けて、設置場所に基づくIoT機器のグループ化手法の研究をこれまでに行ってきた。本稿では、教師なし学習によるIoT機器のグループ化手法のこれまでの取り組みを概説するとともに、実環境における課題とその解決に向けた取り組みの一部について示す。

キーワード Internet of Things (IoT), 機器位置情報, 教師なし学習, 独立成分分析

[Invited Talk] CSI-Based IoT Device Grouping Toward Put-and-Play IoT System and Practical Challenges

Shigemi ISHIDA[†]

[†] School of Systems Information Science, Future University Hakodate,
116-2 Kamedanakano-cho, Hakodate-shi, Hokkaido, JAPAN 041-8655

E-mail: fish@fun.ac.jp

Abstract We are conducting researches on *Put-and-Play (PnP) Internet of Things (IoT) system*, which is the IoT system that semi-automatically completes installation setup, to simplify the IoT system installation. To realize a PnP IoT system, we have presented IoT device grouping based on the installed location in our previous papers. In this paper, we outline the IoT device grouping using unsupervised learning and show challenges in a practical environment as well as one of the approaches we have made.

Key words Internet of Things (IoT), device location information, unsupervised machine learning, independent component analysis (ICA).

1. はじめに

情報通信技術の進展とともに、Internet of Things (IoT) システムの利用が進みつつある。自動販売機の遠隔在庫管理や自動温度管理、農場センシングやスマート工場など、IoTシステムの利用例は多く報告されており、一般家庭にもスマートハウスという形で導入が進んでいる。

一方で、多数のIoT機器を扱う必要がある場合にはIoTシステムの設定コストが大きな導入障壁となっている。Zeroconf、自律設定、自動プロビジョニングなど、自動設定機能を有するIoTシステムが提案され、半自動的なネットワーク構成やMixed Reality (MR) 技術を用いたIoT機器の連携支援など、IoTシステム設定を支援する研究も行われているが、「IoT機器をどこに設置したか」というIoT機器の位置情報設定は依然として手動で行う必要がある。位置推定技術によってIoT機器の

位置を推定すれば位置情報設定コストを削減できるが、屋内の場合には事前学習や参照ノードの設置などの事前準備が必要となり、特にスマートハウスなどに向けては現実的でない。

このような問題に対し、筆者らは、IoT機器を設置するだけで初期設定が半自動的に完了して利用可能となる「置くだけIoT」システムの実現を目指している。IoT機器を設置すると半自動的に無線LANネットワークに接続され、機器を利用しているうちに自動的に位置を認識して位置情報設定を行う。その上で、IoT機器の利用履歴や位置情報に基づいたIoT機器連携などのスマートサービスを推薦し、IoT機器連携設定を施す。

IOTシステムの初期設定のうち、ネットワーク設定と機器連携設定に関しては多くの研究が行われていることから、筆者らは半自動的なIoT機器の位置情報設定に取り組んできた。これまでに、無線LAN通信の伝搬路情報 (Channel State Information: CSI) を用いてIoT機器を設置されている部屋ごとに教師なし

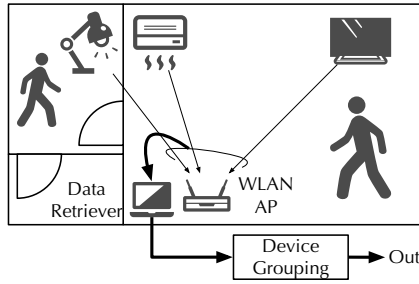


図 1 CSI を用いた IoT 機器の部屋単位グループ化の概要 [2]

学習でグループ化する手法を報告した [1]。IoT 機器を部屋ごとにグループ化し、各グループ内の IoT 機器が使用される際にユーザにたずねるなどして「設置されている部屋の名前」などの位置設定情報を得ることで位置情報設定を完了する。

本稿では、IoT 機器グループ化に関する筆者らのこれまでの取り組みを紹介するとともに、実環境における課題を示し、その解決に向けた取り組みの一端を紹介する。

本稿の構成は以下の通りである。2. では半自動的に IoT 機器の位置情報を設定するための IoT 機器グループ化手法を概説する。3. では実環境における課題と、その解決に向けた取り組みの一端として文献 [2] で示した手法を紹介し、最後に 4. でまとめとする。

2. CSI を用いた IoT 機器グループ化

本節では、文献 [1] で示した IoT 機器グループ化手法の概要を示す。詳細については元の文献を参照されたい。

図 1 に、IoT 機器グループ化手法の概要を示す。本手法は、データ収集ブロック (Data Retriever) 及びグループ化ブロック (Device Grouping) の 2 つのブロックで構成される。無線 LAN 通信から得られる伝搬路情報である CSI (Channel State Information) を用いて、教師なし学習により IoT 機器を設置されている部屋単位にグループ化する。

データ収集ブロックでは、IoT 機器が無線 LAN アクセスポイント (AP) と通信する際に送出される CSI を収集する。本手法では、IEEE 802.11ac 圧縮 CSI を利用する。CSI データとして各サブキャリアについて ϕ_{ij} , ψ_{ij} の 2 種類の CSI 角度情報が得られるが、本手法では ψ_{ij} のみを利用する。

グループ化ブロックでは、CSI 角度 ψ_{ij} から特徴量を抽出し、教師なし学習、すなわちクラスタリングによって IoT 機器を部屋ごとにグループ化する。各サブキャリアの ψ_{ij} を時系列順に並べて固定時間長ウィンドウで区切り、各ウィンドウで標準偏差、ピークピーク値、四分位範囲を計算して並べた「CSI 特徴量行列」を得る。CSI 特徴量行列からランダムにいくつかのウィンドウの特徴量を取り出し、1 行に並べて特徴量ベクトルを計算する。各 IoT 機器について計算した特徴量ベクトルを用いて、クラスタリングにより IoT 機器をグループ化する。

3. 実環境における課題と解決に向けた取り組み

3. で示した IoT 機器グループ化手法 [1] は、人間の活動が無線 LAN に与える影響を用いて IoT 機器をグループ化しており、実環境では性能が大きく低下する [2]。実環境においては人間が

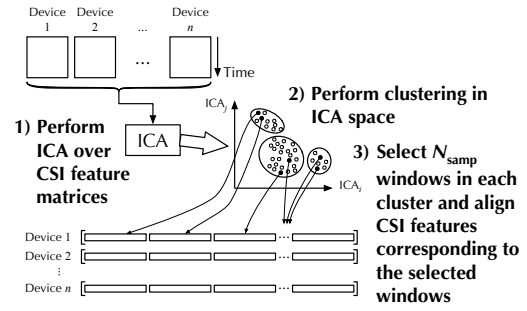


図 2 独立成分分析 (ICA) を用いた CSI データ選択手法の概要 [2]

滞在している場所には時間的な偏りがあり、一部の機器は大きな影響を受け、一部の機器はほとんど影響を受けない、などが起こり得る。3. で示した手法では膨大な CSI データからランダムに取り出したデータを用いて IoT 機器をグループ化しているが、実環境での滞在場所の偏りを考慮する必要がある。

これに対し、筆者らは、全ての機器の影響を取り出すために、CSI データを解析した上で取り出す CSI を選択する CSI サンプリング手法を提案している。図 2 に、ICA を用いた CSI データ選択手法の概要を示す。ICA を用いた CSI データ選択手法は、1) 独立成分分析 (ICA)、2) ICA クラスタリング、3) 特徴量ベクトル生成という 3 つのステップで構成される。1) では複数の IoT 機器について 2. で示した IoT 機器グループ化手法で CSI 特徴量行列を計算し、全てを連結して独立成分分析する。2) では、得られた独立成分空間上でクラスタリングを実施し、独立成分が類似しているウィンドウのクラスタを得る。3) では各クラスタから一定数 (図 2 では N_{samp} 個) のウィンドウを選択する。各機器について選択したウィンドウに対応する CSI 特徴量行列の行から特徴量ベクトルを得る。特徴量ベクトルを得た後は 2. で示した手法で IoT 機器をグループ化する。

本 CSI サンプリング手法によって、IoT 機器グループ化性能を最大で 44.4% 改善できることを確認している。評価の詳細は元の論文を参照されたい。

4. おわりに

本稿では、筆者らが実現を目指している設置するだけで初期設定が半自動的に完了する IoT システムである「置くだけ IoT」について示した。その上で、置くだけ IoT の実現に向けたこれまでの取り組みとして、IoT 機器グループ化手法を概説し、実環境における課題及びその解決に向けた取り組みの一端を紹介した。手法の詳細は筆者らの発表している元論文を参照されたい。

謝辞

本稿の研究の一部は、JSPS 科研費 (JP19KK0257) の助成で行われた。

文 献

- [1] S. Ishida, T. Murakami, and S. Otsuki, "Room-by-room device grouping for Put-and-Play IoT system," IEEE GLOBECOM, pp.4293–4298, Dec. 2022.
- [2] 石田繁巳, 村上友規, 大槻信也, "置くだけ IoT の実現に向けた IoT 機器グループ化における実環境向け CSI サンプリング手法の提案," 信学技報, CS 研究会, 第 122 巻, pp.123–128, March 2023.