

LPWA を用いた IoT アプリケーション向けエージェント フレームワークの設計と実装

高橋 大夢^{†1} 伊藤 優樹^{†1} 阿部 亨^{†1,†2} 菅沼 拓夫^{†1,†2}

^{†1} 東北大学大学院情報科学研究科 ^{†2} 東北大学サイバーサイエンスセンター

1 はじめに

近年様々なセンサを搭載したスマートフォンの普及やセンシングデバイスの小型化・低廉化・高性能化により、様々な分野で IoT アプリケーションの実用化が進んでいる。既存の IoT アプリケーションの分類は、活用されている業種や IoT アプリケーションを構成するアーキテクチャによる分類が殆どであるが、本研究では、新しく下記の2つの軸を用いた分類を行う。

一つ目は、地域性の強弱の軸である。これは、IoT デバイスが設置・所持されている場所と IoT デバイスから生成されたデータの利用者との位置関係に関する軸である。二つ目は、利用者と提供者の関係の軸である。これは、IoT デバイスから生成されるデータを提供する人とそのデータを利用する人の互惠に関する軸である。上記の二軸を基に行った IoT アプリケーションの分類を図1に示す。楕円内の上段が実際のアプリケーション例、下段がアプリケーションを実現する上で適するアーキテクチャを示している。図1右下に位置する、利用者と提供者の関係が弱く、地域性が弱い IoT アプリケーションの例として、移動先の混雑状況の把握、市内で空いている駐車場の把握、災害時に避難所の様子を把握するなど複数の IoT アプリケーションが想定される。これらをまとめて近隣情報把握 IoT アプリケーションとし、数分後に移動できる距離で、その場所の情報を把握する IoT アプリケーションと定義する。しかし、この近隣情報把握 IoT アプリケーションに適するアーキテクチャはまだ存在していない。

そこで本研究では、この近隣情報把握 IoT アプリケーションに対して有効なプラットフォームを提案する。ここでは、地域性が強く、かつ利用者と提供者の関係性が弱い IoT アプリケーション向けの機能要件を満たす必要がある。そこで本研究では、低消費電力で長距離伝送が可能な LPWA の P2P 通信を利用し、マルチエージェントの協調プロトコルを適用することで、本研究の対象とする、予め連携が想定されていないセンサを活用した地産地消型 IoT アプリケーションを実現する。本発表では、提案プラットフォームの設計と実装について述べる。

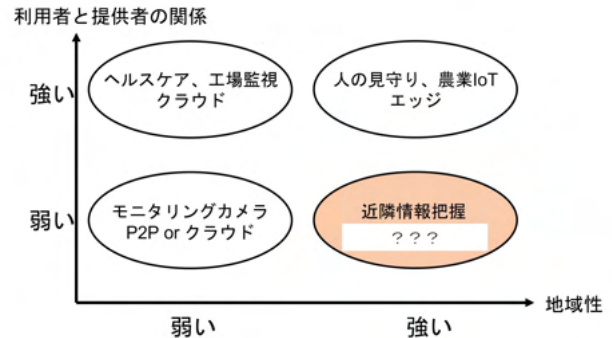


図1: IoT アプリケーションの分類

2 関連研究と課題

本章では、地域性の強い IoT アプリケーションに関する既存研究を2つ示す。

まずは、地産地消型アーキテクチャによるセンサネットワークデータのプライバシー保護 [1] に関する研究である。ここでは、追跡アプリケーションにおけるプライバシーデータの保護を目的としており、クラウドコンピューティングでは、垂直統合型のアーキテクチャである為、本来の目的に関わらない大量のプライバシーデータが収集されてしまう問題を指摘している。そこで提案として、被センシング対象者の近傍にあるセンサデータのみを集約し、その場でデータの処理を行うことで、アプリケーションの目的に関係ないデータ集約を不要にする LPLC アーキテクチャと呼ばれる地産地消型のアーキテクチャを提案している。

次に、IoT データ流を実時間で分散処理するための IoT デバイス向け共通ミドルウェアの設計と評価 [2] に関する研究である。ここでは、既存のクラウド・極集中型のアーキテクチャでは、通信帯域の逼迫やクラウド側の計算・蓄積資源が枯渇してしまう問題の根本的な解決を目的としている。また、エッジコンピューティングやフォグコンピューティングはクラウドコンピューティングの延長となる技術である為、エッジサーバを利用する IoT デバイス数が想定を超えた場合に、同様の問題が発生する可能性があることも指摘している。そこで提案として、地域で生成された IoT データ流を地域で処理して利活用する：地産地処をコンセプトとした IFoT を提案している。

関連研究の課題としては、地域性の強い IoT アプリケーションに関する研究が殆どであり、データの

Design and Implementation of Agent Framework for IoT Applications using LPWA

Hiromu TAKAHASHI^{†1}, Yuki ITO^{†1}, Toru ABE^{†1,†2}, and Takuo SUGANUMA^{†1,†2}

^{†1} Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

^{†2} Cyberscience Center, Tohoku University

処理は地域で行われているが、IoT アプリケーションはクラウド側やエッジ型のアーキテクチャで実装が行われている点、利用者と提供者の関係性が弱い場合については未考慮という点が挙げられる。その為、本研究で対象とする連携が想定されていないセンサを活用した地産地消型 IoT アプリケーションには不向きであると言える。

3 提案手法

はじめに本研究の要件定義を行う。まず、地域性の強い(地産地消型)IoT アプリケーション向けの機能としては、対象地域をカバーする通信が必要である。次に、利用者と提供者の関係性が弱い IoT アプリケーション向けの機能としては、ユーザ間でデータ流通に関する高度な交渉に加えて、特定のサービスへの登録も要求しないことが必要である。

そこで本研究では、アンライセンス系 LPWA である PrivateLoRa の P2P 通信を利用し、マルチエージェントの協調プロトコルを適用することで本研究の対象とする連携が想定されていないセンサを活用した地産地消型 IoT アプリケーションを実現する。提案の概要図を図 2 に示す。

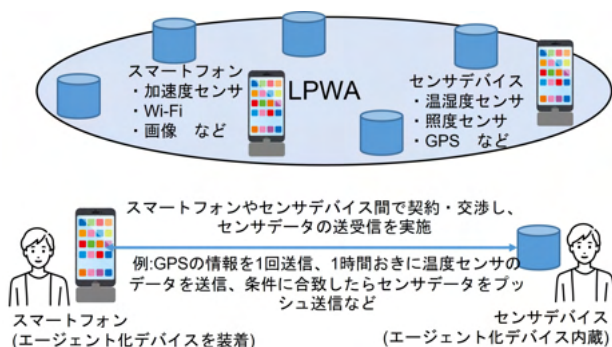


図 2: 提案の概要図

LPWA の通信範囲内にあるユーザの所有するスマートフォンやセンサデバイスにエージェント化デバイスを接続することで、エージェント間で契約・交渉を行い、センサデータの送受信を行う仕組みを実現する。実際には、GPS の情報を 1 回送信、1 時間おきに温度センサのデータを送信、条件に合致した場合のみセンサデータをプッシュ送信などが想定される。エージェント化デバイスは、Raspberry Pi 3 をベースとし、LoRa モジュール (ES920LR2) で構成される。また実装環境としては Python を採用し、実装フレームワークとしては Python Agent Development を採用する。実装機能としてはセンサデータの送受信に加えて、エージェント間協調のためのエージェント間通信機能、センサデータ通信とエージェント間通信の優先度制御、輻輳制御を実装する。

4 実装・実験

作製した試作機を図 3 右に示す。今回は試作機の為サイズが大きくなっているが、小型化を検討中

でスマートフォンに接続しても邪魔にならない程度のサイズを目指して改良を行う。次に作成した試作機 2 台を用いて LPWA を介したコントラクトネットプロトコルの動作確認実験を実施した。動作詳細を図 3 左に、実験結果を図 4 に示す。

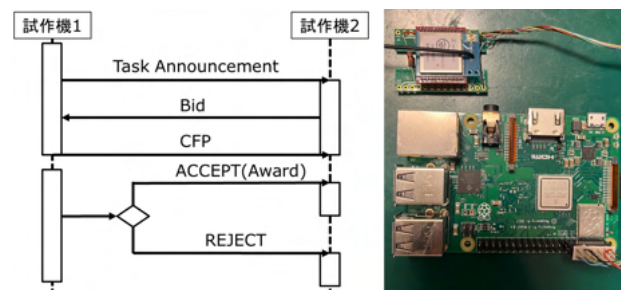


図 3: 試作機について (左: 動作詳細, 右: 外観図)

```
145.0
[agent_participant_0002@localhost:30733] 16/11/2021 21:15:52.337 --> CFP message received
CFP responses received [#####] 100.0%
[agent_initiator_2000@localhost:2000] 16/11/2021 21:15:52.750 --> PROPOSE message received
[agent_initiator_2000@localhost:2000] 16/11/2021 21:15:52.750 --> Analyzing proposals...
[agent_initiator_2000@localhost:2000] 16/11/2021 21:15:52.751 --> Analyzing proposal 1
[agent_initiator_2000@localhost:2000] 16/11/2021 21:15:52.751 --> Power Offered: 145.0
[agent_initiator_2000@localhost:2000] 16/11/2021 21:15:52.752 --> The best proposal was: 145.0 VA
[agent_initiator_2000@localhost:2000] 16/11/2021 21:15:52.752 --> Sending ACCEPT_PROPOSAL answer...
[agent_participant_0002@localhost:30733] 16/11/2021 21:15:52.767 --> ACCEPT_PROPOSE message received
[agent_initiator_2000@localhost:2000] 16/11/2021 21:15:52.981 --> INFORM message received

11110001TASKANNOUNCE

[mvagent_1800@localhost:1800] 16/11/2021 21:15:43.599 --> Other auction participated
[mvagent_1800@localhost:1800] 16/11/2021 21:15:52.473 --> CFP message received
[mvagent_1800@localhost:1800] 16/11/2021 21:15:52.937 --> ACCEPT message received
```

図 4: 実験結果-抜粋 (上: 試作機 1, 下: 試作機 2)

図 4 より、LPWA を介してコントラクトネットプロトコルの処理が実施されていることを確認できた。今後はデバイスの改良を行い、実フィールドで複数台のデバイスを用いた実証実験を行う。

5 おわりに

本稿では連携が想定されていないセンサを活用した地産地消型 IoT アプリケーションの効果的な実現を目的として、連携が想定されていないセンサを活用した地産地消型 IoT アプリケーションを実現する為のプラットフォームが未整備という課題を解決するために、マルチエージェントに基づく地産地消型アプリケーション向けの IoT アプリケーションを提案した。また、作製した装着型デバイスの試作品を用いた基礎実験を実施した。今後はデバイス数増加に伴う通信レイヤの効率化に関する検討を実施し、提案手法を用いて IoT アプリケーションが構成・動作するかの動作検証実験、および性能実験を実施していく。

参考文献

- [1] 中村優吾他: IoT データ流を実時間で分散処理するための IoT デバイス向け共通ミドルウェアの設計と評価 (知的環境とセンサネットワーク), 信学技報, Vol.116, No.509, pp.247-254 (2017).
- [2] 干川尚人他: 地産地消型アーキテクチャによるセンサネットワークデータのプライバシー保護, 情報学論, Vol.59, No.12, pp.2180-2190 (2018).