

エージェント型 IoT システムの自律適応制御手法

横山 真悟[†] 加藤 匠[‡] 高橋 秀幸[‡] 木下 哲男[‡]

[†] 東北大学工学部電気情報理工学科 [‡] 東北大学電気通信研究所

1 はじめに

インターネットに接続可能な機器の種類や量の増加により、機器の相互接続による自動制御、遠隔監視・計測、生活支援など幅広い分野への応用が期待されている。本研究では、Internet of Things (IoT)において、センサ、機器・装置、ロボットなどの IoT デバイスのインテリジェント化を行うことにより、人・モノ・データの有機的な連携の実現を目指し、エージェント型 IoT のためのシステム構築基盤の開発に取り組んでいる。本稿では、事前に動作環境の想定が困難な環境下で、マルチエージェントとして動作する複数の IoT デバイスが周囲の状況を把握しつつ、適応的にタスク処理を行う分散協調型制御機構の設計について述べる。具体的には、周囲の環境情報と動作中の IoT デバイスの行動に応じて動作を変更するための制御機構と協調機構の基本設計について述べる。

2 関連研究と技術的課題

IoT 環境では、センサ、機器・装置、ロボットなどの多様なデバイスを組み合わせることで、様々なサービスの提供が可能となる。そこで、機器の組み合わせによる相互接続や制御を行う際、ユーザによる煩雑なデバイスの設定や操作を可能な限り少なくし、適切なサービスを状況に応じて自律的に提供することが求められる。例えば、ロボット技術の発展により、性質の異なるロボット群によるガイダンスシステムの研究 [1]、複数の Unmanned Aerial Vehicle(UAV)による経路プランニングに関する研究 [2] など、自律走行(飛行)するロボットの協調に関する研究がある。また、エージェントによるデバイスの協調形態を適応的に変更するメカニズムの研究 [3] がある。IoT デバイスとして様々なロボット、センサが動的に連携しながらサービスを提供するためには、効果的にタスクを処理するための柔軟でロバスタな制御が必要となる。事前に動作環境や相互接続先を想定することが難しい IoT 環境では、以下の技術的課題を解決する必要がある。

(P1)状況に応じた動作および設定の変更が困難

IoT デバイスを取り巻く状況の変化によって、実行中のタスクを処理することが困難となる場合がある。しかし、状況が変化するたびにユーザの判断によってシステム全体の動作を調整することは利便性を著しく低下させるため、タスクの内容と状況に応じて、動的に行動ポリシーの変更を行うことが可能な制御機構が必要となる。

(P2)多種多様な IoT デバイス群の柔軟な連携が困難

IoT 環境では、多数のデバイスがそれぞれに割り当てられたタスクを処理する。タスクの種類によっては、複数のデバイスで協調した方が良い場合や、競合により悪影響を及ぼし合う可能性がある。そのため、多種多様な

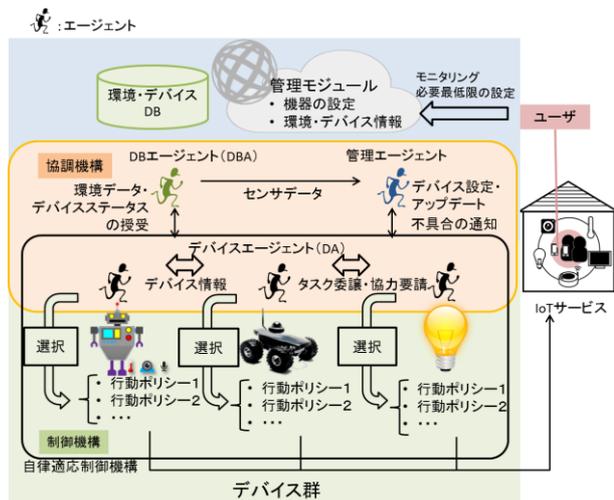


図 1: AIoT フレームワークに基づく自律適応制御機構

IoT デバイスが周囲の状況を考慮しながら適応的に協調形態の変更を行う仕組みが必要となる。上述の技術的課題を解決するため、エージェント型 IoT(AIoT)フレームワークに基づく自律適応制御手法を提案する。具体的には、エージェントが環境情報に基づき動的に行動ポリシーを変更するための制御機構と、行動ポリシーに応じて適応的に他のエージェントと連携するための協調機構から構成される自律適応制御機構を提案する。

3 IoT デバイスの自律適応制御

図 1 に AIoT フレームワークに基づく自律適応制御機構の概要を示す。本フレームワーク上では、多種多様なセンサ・デバイス・データを管理する各エージェントが自律的に協調し、柔軟な IoT サービスを提供する。本機構は管理モジュール、環境・デバイス DB、デバイス群から構成され、管理エージェントは、センサから収集した環境情報、各デバイスの稼働状況を管理する。ユーザは、管理エージェントを介してデバイス群の最低限の設定だけを行い、動作中の制御はエージェントが自律的に行う。環境・デバイス DB は、デバイス群から送信される環境データとデバイスステータス(DS)を収集し、管理エージェントに通知する。デバイスエージェント群は、他のエージェントとタスク処理および行動ポリシーの調整を行う。

3.1 AIoT の制御機構

各デバイスエージェント(DA)は、処理可能なタスクの情報と複数の行動ポリシーを持つ。DA は知識ベースにそれぞれの行動ポリシーについての変更条件を持っており、環境や自デバイスのステータスが変更条件を満たしたとき、リアルタイムで行動ポリシーの変更を行う。この制御機構によって P1 を解決する。

3.2 AIoT の協調機構

DA が環境の変化に合わせて柔軟に行動ポリシーの変更を行うためには、他のエージェントとの協調によって

Autonomous Adaptive Control Method for Agent-Based IoT System
Shingo Yokoyama[†], Takumi Kato[‡], Hideyuki Takahashi[‡], Tetsuo Kinoshita[‡]

[†]Department of Electrical, Information and Physics Engineering, Tohoku University

[‡]Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

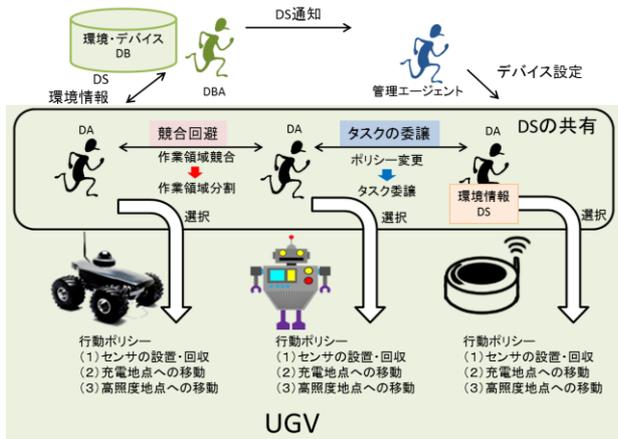


図 2: エージェントの構成

状況を把握する必要がある。DA は、DB エージェント (DBA) や他 DA との間で情報環境と DS を相互にやりとりし、行動ポリシーを選択する。タスクを単独で処理するのが困難な場合は、他の DA への協力要請を行う。しかし、DA が行動ポリシーの変更を行った結果、完遂されていないタスクが放置されたり、タスクの競合が起これてしまったりする可能性がある。そこで、DA は行動ポリシーの変更を行う際、自デバイスと関連デバイスの DS を照合し、他デバイスへのタスク委譲を行う。この協調機構によって P2 を解決する。

4 実験

AIoT フレームワークに基づき自律適応制御機構の制御機構と協調機構の初期実装を行った。具体的には、自律移動型ロボット、Unmanned Ground Vehicle (UGV) を管理する DA の設計を行い、人の介入が困難な未知環境を想定し、環境センサの設置と回収を行う UGV の動作シミュレーションを行った。シミュレーション環境およびエージェントの構成を図 2 に示す。DA には、周辺のマップと自身の位置を自律的に同定する機能が実装されており、収集した情報および自身のステータスは DBA に送られる。DBA は DA から送られたデータを収集し、管理エージェントに通知する。DA は、環境情報を持った DBA と他の DA の DS から行動ポリシーを選択する。

4.1 実験環境

図 3 にシミュレーション実験の様子を示す。本実験で使用する UGV は位置同定が可能であり、動作開始時に周囲を巡回することで、周辺マップと自身の座標を得ることができる。本実験で用いる UGV は、カメラを搭載しており、障害物や物体を認識できる。また、充電が可能な太陽光パネルを備える。UGV の DA は、周辺環境のセンシングや、充電による活動維持など、柔軟に探索を行うための複数の行動ポリシーを持つ。また、動作中に競合回避やタスク委譲を行う。シミュレーションの実行環境には Unity 5.1.3 を使い、DA の開発には、エージェントプログラミング環境 DASH の統合開発環境である IDEA を用いた。各エージェントは IDEA 上で行動ポリシー選択を行い、Unity 上で移動・タスク処理を行う。

4.2 Device Agent の行動ポリシー

DA は、状況に応じて適応的に走路を選択する。今回 DA が持つ行動ポリシーは、(1)センサの設置・回収(2)充

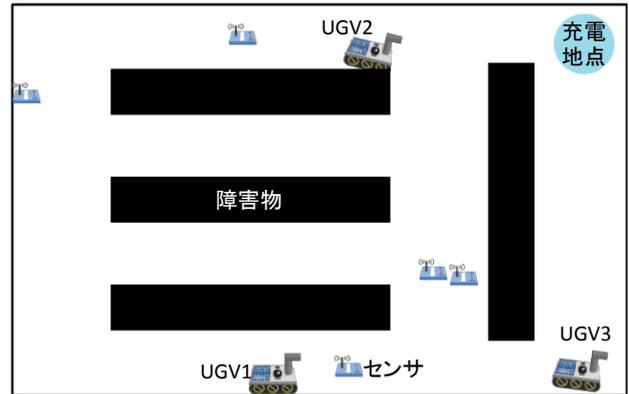


図 3: UGV による未知環境の探索シミュレーション

電地点への移動(3)高照度地点への移動の 3 種類である。DA は自デバイスのバッテリー残量を把握しており、残量が十分であれば(1)によって走路を選択し、残量が不足していれば(2)によって充電を行う。また、充電地点での充電が困難であると判断した場合は(3)により照度の高い地点に向かい、太陽光パネルによる充電を行う。

4.3 結果

シミュレーションによる動作確認を行った。DA が情報交換を行うことにより、各 UGV は環境上に存在する他の UGV を認識し、領域の分割を行い、センサの設置・回収を開始した。タスク処理中に新たな UGV が加わった場合は、再び領域分割が行われ、競合回避を行った。バッテリーの残量が少なくなった場合は、行動ポリシーを充電地点への移動に変更した後、他の UGV にタスク委譲を行った。環境上から充電地点を削除した場合は、太陽光パネルによる充電を行った。以上の結果から、シミュレーション上で提案する自律適応制御手法が正しく動作し、UGV が協調しながら柔軟で適応的な IoT サービスを提供したことを確認できた。

5 おわりに

本稿では AIoT フレームワークに基づく自律適応制御機構について述べた。また、未知環境を想定した複数の UGV によるシミュレーション実験を行った。実験結果より、エージェント同士の協調によって柔軟な IoT サービスが提供できることを確認できた。今後は、実環境上において UGV を用いた実験を行い、自律適応制御機構の有用性を検証する予定である。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 25730052, 15J06341 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] P. Khandelwal, S. Barrett and P. Stone, "Leading the Way: An Efficient Multi-robot Guidance System." Proc. of the 14th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS), pp.1625-1633, 2015.
- [2] D. Thakur, M. Likhachev, J. Keller, V. Kumar, V. Dobrokhodov, K. Jones, J. Wurz and I. Kamner, "Planning for Opportunistic Surveillance with Multiple Robots," 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp.3-7, 2013.
- [3] 布施太章, 篠田孝祐, 諏訪博彦, 栗原聡, "マルチエージェントプランニングにおける協調形態の変更メカニズムの検討," データ指向構成マイニングとシミュレーション研究会(DOCMAS), B302, Mar. 2014.