

マルチエージェントに基づく異種センサ連携フレームワークの設計

Design of Multiagent-based Cooperative Framework for Heterogeneous Sensor

栗田 泰洋[†] 伊藤 大視[†] 高橋 秀幸^{†,††} 笹井 一人^{†,††} 北形 元^{†,††} 木下 哲男^{†,††}
 Yasuhiro Kurita Taishi Ito Hideyuki Takahashi Kazuto Sasai Gen Kitagata Tetsuo Kinoshita

1 はじめに

家電や携帯端末、センサ機器の高度化により室内の家電や様々なセンサの連携によって、コンテキストウェアサービスを提供するための研究が盛んに行われている。本研究では高度なコンテキストウェアサービスの提供を支援する異種センサ連携フレームワークを提案する。本フレームワークは、家電やセンサなどから構成される種々の構成要素をエージェントとしてモデル化し、異種センサ間の用途に応じた連携機能、センサの即興的な追加や削除への対応を実現する。本稿では、マルチエージェントに基づく異種センサ連携フレームワークの概要と異種センサの検出機能、データの表現形式や協調・連携プロトコルなどを含む連携機能の設計、試作システムについて述べる。

2 関連研究と技術的課題

これまで、様々な種類や規格、形式から構成されるセンサ同士の柔軟な連携に関する研究が行われてきた。例えば、コンテキストウェアサービスの構築支援に関する研究 [1] や多種多様なセンサを抽象化し、センサを利用するアプリケーションに対して統一的なインタフェースを提供する研究 [2], センサの追加・削除をエージェントの移動により行う研究 [3], モバイルエージェントを用いたセンサネットワークの通信量削減に関する研究 [4] がある。また、センサのデータを基に、コンテキストを導出する研究 [5] 等がある。これらの研究に対して、より高度なコンテキストウェアサービスを提供するためには、以下の 2 つの技術的課題が挙げられる。

(P1) 異種センサ間の用途に応じた連携が困難

(P2) センサの即興的な追加・削除への対応が困難

本研究では上記の課題を解決するため、マルチエージェントに基づく異種センサ連携フレームワークを提案する。具体的には、

(R1) 異種センサ間の連携を可能にする構成要素のエージェント化

(R2) センサの動的な変更に対応可能な連携機能について述べる。

3 異種センサ連携フレームワーク

異種センサ連携フレームワークは、センサの種類や規格、形式といった多種多様な違いを吸収し、センサ同士の用途に応じた自律的な連携、利用者の移動や使用する機器・環境の変化に応じてセンサの即興的な追加・削除を行う統一的な基盤である。本フレームワークの実現のためには、各センサの仕様や用途によって発生する様々な違いを吸収し統一的にセンサデータを扱う仕組みおよ

びセンサの発見や削除などの動的変更に対応するための仕組みが必要となる。そこで我々は、エージェントの自律性、協調性などの特徴を基本としたマルチエージェントに基づくフレームワークを提案する。本稿では、本フレームワークの根幹となる構成要素のエージェント化とデータの表現形式 (R1), 異種センサの検出機能と協調・連携機能 (R2) について述べる。

(R1) 構成要素のエージェント化

エージェント化とは構成要素 (センサやアクチュエータ等) に対して知識を付加することで、自律的・協調的な動作を可能にすることである。エージェントとして動作するために必要な枠組みと様々な値のセンサデータを統一的に扱うためのデータ形式を設計する。エージェント間通信言語 (ACL) に基づく Object-Attribute-Value (OAV) のデータ形式によりデータの送受信を行う。具体的にデータは次のような形式で表現される。

(SensorData :location W302 :light 300 :RFID "...")

"location" は、センサが設置されている場所、"light" は照度を正規化した物理量を表す。この例では、W302 において照度センサが 300、RFID リーダが "... " という値を取得したことを表している。センサの場所や種類に着目することで様々なデータの統一的な扱いや管理が可能となる。図 1 にセンサが設置されている実環境への適用例を示す。まず W302, W303 は場所を表す。W302, W303 には複数のセンサが設置されており、それぞれのセンサを扱うエージェントがある。例えば、図 1 の吹き出しにおいて Light Sensor は W302 で照度が 300 という値を取得し、Force Sensor は W303 で圧力 200 という値を取得している。ここでは Light Agent, Force Agent から OAV 形式により正規化されたセンサデータを Sensor Application1 が受信することにより、異なるセンサ同士の相互連携が可能となり、照度と圧力のセンサデータを利用したサービスが提供される。

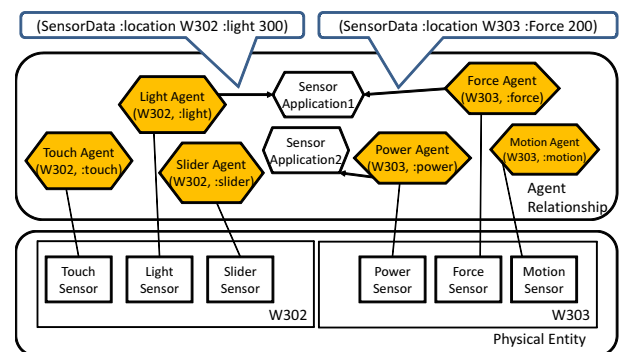


図 1 構成要素のエージェント化と実環境への適用例

(R2) センサの動的な変更に対応可能な連携機能

センサの動的な追加・削除に対応可能な連携機能を実現する協調・連携プロトコルを設計する。図 2 に協調・連携プロトコルを示す。まずブロードキャストによるセンサの検出を行う。次に各センサの基本情報の登録を行

[†] 東北大学大学院情報科学研究科, Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

^{††} 東北大学電気通信研究所, Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

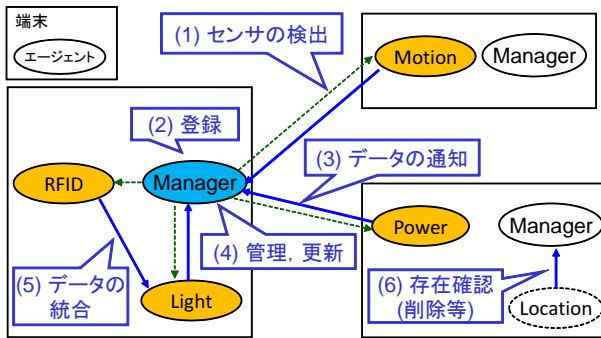


図 2 協調・連携プロトコルの例

い、サービスの要求、資源状況に応じたデータの通知を行う。またやり取りされるデータの統合および他のエージェントへの通知、定期的なポーリングによるセンサの存在確認を行い、これらの動作によりセンサの動的な変更への対応を可能にする。

4 実装と予備実験

異種センサ連携フレームワークの構成要素のエージェント化とセンサの動的変更への対応を可能にする連携機能の確認を行うために、2つの試作システムを実装した。実装には、Java SE 6、エージェントの実装には ADIPS/DASH[6]を用いた。センサには Phidget 社の Phidgets、エンベデッド・システム社の e!NODE、およびクロスボー社の MOTE を使用した。それぞれ、室内の在室状況に応じてエアコンの電源の制御を行うエアコン制御 (実験 1)、在室状況と湿度によって、加湿機能のみの加湿器の給電制御を行う加湿器制御 (実験 2) への応用を想定した試作システムを実装した。

実験 1: 実験の目的はセンサの値に基づき、機器の連携・制御が可能かどうかを確認することである。照度センサ、サーボとこれらをエージェント化した Light, Servo, Manager から構成される。Manager は Light から照度データを受け取ると、制御アルゴリズムにより室内の在室状況の判断を行い、エアコン制御に必要な回転角を Servo へ通知する。動作例を図 3 に示す。室内の照度から在室と判断し、エアコンの電源が入っている (A)。次に人が照明を消灯し退出する。一定時間以上照度が低い状態が続くと、人が不在であると判断してエアコンの電源が切れた (B)。再び入室を照度から判断するとエアコンの電源が入った (C)。

実験 2: 実験の目的は、複数の異種センサの連携およびセンサの追加・削除が可能かどうかを確認することである。照度センサ、RFID タグを付けた湿度センサ、RFID、給電制御を行う SSR ユニットと、これらをエージェント化した Light, Humidity, RFID, Manager, SSR から構成される。まず照度のみで在室状況の判断を行い、加湿器の制御を行う。次に RFID リーダに RFID タグの付いた湿度センサを検出することによって位置情報を持つ湿度センサが追加され、在室状況と湿度に応じた加湿器の給電制御を行う。動作例を図 4 に示す。照明が消灯している状態のとき、照度から不在と判断し加湿器は停止している (A)。次に照明が点灯し、在室を判断して加湿器が動作した (B)。さらに RFID リーダに RFID タグの付いた湿度センサを検出することによって位置情報を持つ湿度センサが追加され (C)、照度による在室状況と室内の湿度から加湿器の給電を判断し、制御を行った。在室かつ湿度が一定以上になると加湿が不要と判断して加湿

器の給電を停止 (D) し、在室かつ湿度が一定以下になると加湿が必要と判断して再び加湿器の給電を行った (E)。照明が消灯すると照度から不在と判断して加湿器の給電を停止した (F)。

以上の予備実験により、OAV データ形式による表現形式と ACL によるデータの送受信によって異種センサ間の用途に応じた連携が可能になった。またセンサの動的な変更への対応を可能にする連携プロトコルによって、センサの即興的な追加・削除への対応が可能となった。

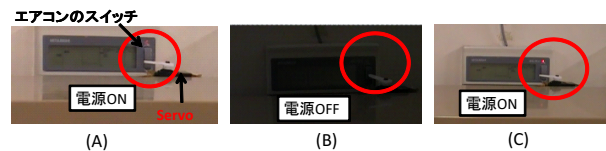


図 3 実験 1: エアコン制御の動作例

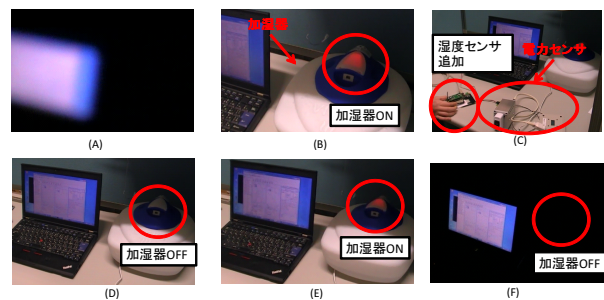


図 4 実験 2: 加湿器制御の動作例

5 おわりに

本稿では高度なコンテキストウェアサービスの提供が可能なる異種センサ連携フレームワークを提案した。構成要素のエージェント化とセンサの動的変更への対応機能の設計と試作システムの実装を行い、実験により動作を確認した。今後はセンサデータの収集・蓄積機能の設計、センサフュージョンによるセンサデータ処理機能の設計を行う。

謝辞

本研究の一部は、科研費 (23700069) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] G.D. Abowd, A.K. Dey, and D. Salber, "A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications", *HCI*, Vol.16, pp. 97-166, 2001.
- [2] 松浦 知子, 田頭 茂明, 北須賀 輝明, 中西 恒夫, 福田 晃, "ホームネットワークのためのセンサ連携を支援するイベント駆動フレームワーク", *電子情報通信学会論文誌. B, 通信 J92-B(7)*, 2009.
- [3] 梅澤 猛, 佐藤 一郎, 安西 祐一郎, "モバイルエージェントを用いたセンサネットワーク向けフレームワーク", *情報処理学会論文誌*, Vol. 44, No. 3, pp. 779-788, 2003.
- [4] 義久 智樹, 神崎 映光, 原 隆浩, 石 芳正, 寺西 裕一, 下條 真司, "複数拠点統合型センサネットワークのためのモバイルエージェントを用いたデータ収集システム", *信学技報. USN, ユビキタス・センサネットワーク 109(131)*, pp. 147-151, 2009.
- [5] V. Degeler, and A. Lazovik, "Interpretation of inconsistencies via context consistency diagrams", *Proc. of the IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (Per-Com2011)*, pp. 20-27, 2011.
- [6] T. Uchiya, T. Maemura, H. Hara, K. Sugawara, and T. Kinoshita, "Interactive Design Method of Agent System for Symbiotic Computing", *International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence*, Vol. 3, No. 1, pp. 57-74, 2008.