

情報家電エージェント協調のための位置情報管理

Location Information Management for Cooperation among Information Appliance Agents

岩井 隆伸^{*1}
Takanobu Iwai

平尾 郁実^{*1}
Ikumi Hirao

飯島 正^{*2}
Tadashi Iijima

^{*1} 慶應義塾大学大学院 理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University

^{*2} 慶應義塾大学 理工学部
Faculty of Science and Technology, Keio University

Information appliances are wide spreading because of developing of IT. In this paper we describe an implementation of the context management service, which stores inhabitants' location accumulatively and provides inferred situational information surrounding the inhabitants. The location of inhabitants is tracked by an optical motion capturing system in our experiments. We focus on the inhabitant's operation before users operating the appliances. Agents deployed in the appliances use the context management service to estimate the user condition and realize cooperation among appliances. We implemented the context management service, which is the foundation for context-aware application, on JADE, a multi-agent platform compliant with agent standards of FIPA, and confirm its feasibility.

1. はじめに

近年の家電機器の高性能化・高機能化, パソコン等情報機器の家庭内への進出, インターネットや家庭内ネットワークの普及に伴い, 家電機器のネットワーク化は家庭の情報化の流れとして自然なものである. 現在流通しているほとんどの家電機器は, 基本的に単独の利用でしか考えられておらず, ネットワークを利用して全く関係ない機器同士が連携するといったことはできない. これらの家電機器の協調動作, もしくは外部ネットワークからの遠隔操作が可能となれば, 提供できるサービスの幅は大きく広がる.

しかし, 利用者が望むサービスは, サービス提供時の利用者の状況によって大きく異なる. したがって, 家電機器に組み込まれた協調エージェントが, 利用者にとって有用性の高いサービスを提供するには, 提供時の利用者の状況を把握し, 更に, どのような状況時にどのようなサービスを利用者が望むのかといった個人的な嗜好を取り扱えねばならない.

本稿では, 利用者にとっての有用性を更に向上させるため, 利用者の状況に応じた適切なサービスを提供することを目指す. 本稿で取り上げる利用者状況は, 利用者の位置情報, その利用者に影響を及ぼしうる家電機器の集合, 及び, その利用者の嗜好等の属性情報である. 本稿の目的は, 以下の二つの機能を組み込んだ情報家電エージェント間協調基盤を構築することである.

- [1] 屋内の生活環境の中で, 協調エージェントを組み込んだ情報家電機器と, 利用者の位置情報をリアルタイムに取得し, その情報を協調動作に活用する機能.
- [2] 利用者の望むサービスを実現させるため, 嗜好や過去の履歴などの情報を, 協調動作に活用する機能.

本報告では, 2 節に提案するアーキテクチャの概要を述べる. 3 節ではコンテキスト管理サービスについて述べる. 4 節ではコンテキスト管理の設計, 5 節で評価実験に関して述べる.

2. 情報家電のためのエージェント間協調

情報家電で協調動作を行うために, 本稿では FIPA[1]の仕

連絡先: 岩井隆伸, 慶應義塾大学大学院 理工学研究科,
E-mail: t_iwai@ae.keio.ac.jp

様に基づくエージェントを家電機器に配置することを想定する.

2.1 節において, 協調動作の概要を述べる. 2.2 節では, 家電間協調アーキテクチャの概要に関して述べる.

2.1 家電間の協調動作

本稿における情報家電間の利用者状況が必要となる“協調”動作とは主に次のようなものを指す.

- ① 複数の機器が, 機器間での競合を解消するために, 機器間でのリソースを分け合う動作
- ② ある機器が自分の目的を達成するために他機器の協力を要請して行う動作

①にあたる例としては, 次のようなものがある. 例えば, 電話機で通話する場合, 近くにあるテレビやステレオ機器等が発する音が大きくと相手の声が聞き取りづらい等の問題が起こる. そのような場合に, 機器同士の協調により, テレビやステレオ機器等が自身の音量を下げるといったことが考えられる. 電力の場合でも, 足りない電力を他機器が分け与えることにより補い合うといったことが考えられる.

②にあたる例としては, ビープ音などでしかユーザに作業完了等を通知できない機器が, 利用者の見ているテレビなどの画面表示を用いてメッセージを通知するなどといったことが挙げられる.

以上のような協調動作を扱うために, 本稿ではエージェント技術の標準化団体である FIPA の仕様準じたエージェントを各家電機器上に配置し, エージェントにその機器を制御させる方式を用いることにする. 各エージェントは, あらかじめ定められている相互作用プロトコルにしたがって対話を行い, 機器間の協調動作を行うことを図る.

2.2 家電協調アーキテクチャの概要

本稿で考案するアーキテクチャは, 各情報家電機器に配置されたエージェントや, センサから得た情報を扱うエージェントなどで構成されている. また, 本アーキテクチャが有用性の高い家電協調を実現するために必要となる要素を以下に示す.

- ・タスク管理サービス
- ・コンテキスト管理サービス
- ・シミュレーションサービス

タスク管理サービスとは, 協調動作のタスクに関して, プランを立案する要素である. コンテキスト管理サービスとは, 利用者

の状況に基づき協調を支援するサービスである。シミュレーションサービスとは、与えられた環境における最適な情報家電サービスの構成を選択するサービスである。そして、これらのサービスを含めたアーキテクチャの概要図を図1に示す。

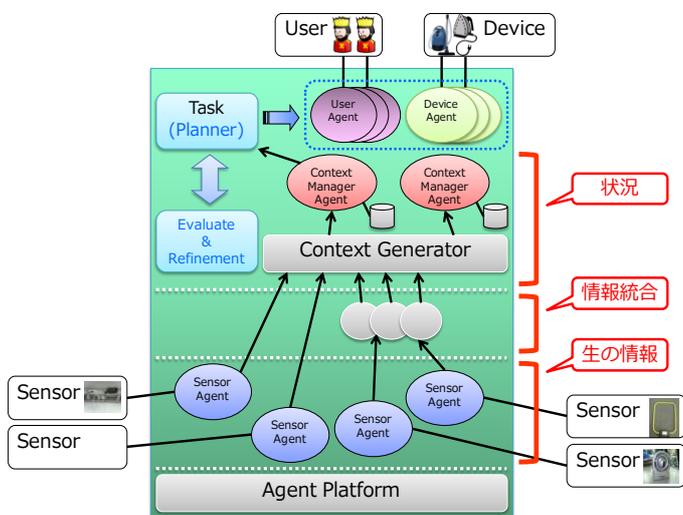


図1 アーキテクチャの概要図

本稿では、上記アーキテクチャにおいて1章でとりあげた【1】【2】の機能を組み込むために、上記で挙げたコンテキスト管理サービスの実現を目的とする。

3. コンテキスト管理サービス

コンテキスト管理サービスを実現するためには、「情報の取得」・「情報の統合」・「状況の判断」の大きく3つのフェーズに分けられ、以下それらに関して述べていく。

3.1 センサからの情報取得

情報家電機器エージェントが利用者の状況を取得し、何かしらの協調動作を行う場合には、機器間で協調を行うための知識を共有しなければならない。機器が共有すべき知識には、利用者のいる部屋、機器のある部屋、利用者の現在の状況などがあげられる。これらの知識を家電機器が扱うために、最初にすべきことが、センサから「生の情報」を取得することである。取得する「生の情報」が以下の(1), (2)である。

- (1) 部屋間の移動情報
- (2) 部屋の中の利用者の位置情報

(1) 部屋間の移動情報

利用者や機器の移動を認識する手段として、利用者と家電機器に RFID タグを装着し、部屋の出入り口に RFID タグを認識できる RFID リーダを設置し、実験を行っている。

(2) 部屋の中の利用者の位置情報

部屋の中で、利用者の状況を把握するための手段として、光学式モーションキャプチャを利用する。本来は、スポーツ選手の身体の動きのデータ収集やゲームにおけるキャラクタの人間らしい動きの再現などに使われることの多いモーションキャプチャだが、今回は、部屋の中での利用者の位置座標を取得するために利用する。なお他に、モーションキャプチャで取得できる情報として、利用者の頭のリアルタイム座標がある。

3.2 情報の統合

上記したように、情報家電機器エージェントが何かしらの協調動作を行う場合には、機器間で協調動作を行うための知識を共有しなければならない。言い換えれば、センサから得られた生の情報に、ラベル付け(意味付け)し、その意味付けされた知識を共有して、エージェントが協調動作を行う。

(1)に関しては、タグが RFID リーダの前を通過する際に、タグから取得できる ID とそのタグを持つ利用者とを対応付けることで、「誰が」通過したという情報と、隣接している部屋をあらかじめ定義しておくことで、どの部屋からどの部屋に移動したかを判別できるようにした。

(2)に関しては、利用者の身長から、直立状態、座位状態、椅子に座位状態、横たわり状態の4つに分類する。また、利用者の位置に関して、機器からの相対位置を言葉で表現する。テレビの近くにいれば「Near_TV」、椅子に座っていれば「On_Chair」などで定義する。これにより、エージェントが部屋の中での利用者の意味をもった位置を理解できる。相対位置の範囲は、各機器が保持しているものとする。

また、ラベルを別のラベルとの組み合わせとして表現することも可能であるので、柔軟な表現も期待できる。

3.3 状況の判断

センサからの情報を取得し、情報の統合を行うことにより、現在の利用者の状態を家電機器エージェントに通知する。これらの知識を利用して、家電機器エージェントが利用者の状況を推定する。

状況を推定するためには、何かしらの状況推定のための知識が必要となる。知識は、あらかじめ決められたものではなく、利用者が行動するたびに随時追加され、またその知識の正当性も考慮しなければならない。

状況を推定する際の大きな問題点として、以下に示す問題点が挙げられる。

- 協調動作を目的とした、状況推定の知識をどうやって収集するか
- 状況推定の知識体系をどう表現するか

これらの問題を解決するために、「利用者が機器を操作する前の行動は、その操作を行うための行動である」とし、その瞬間を状況推定の知識獲得のトリガーの一つとして判断する。そこで、その意図をもった行動を取り出す手段として、機器が操作された瞬間以前の、連続した数個の状態遷移系列(シーケンス)を取り出す。これにより、機器の操作を目的としたと考えられる利用者の状態履歴を取得することが可能となる。以後、このシーケンスに従って状況推定を行う。

シーケンスは、利用者が行動(機器を操作)するたびに、状態遷移系列 DB と呼ばれるデータベースに随時格納される。図2にシーケンスの取得概要を示す。このシーケンスを扱うエージェントをシーケンスエージェントと呼ぶ。このシーケンスエージェントは、家電機器エージェントと、利用者の状態履歴を保持しているヒューマンエージェントとのメッセージ交換を行うことによって、シーケンスそのものの取得や、状態遷移系列 DB の更新・管理を行うエージェントである。

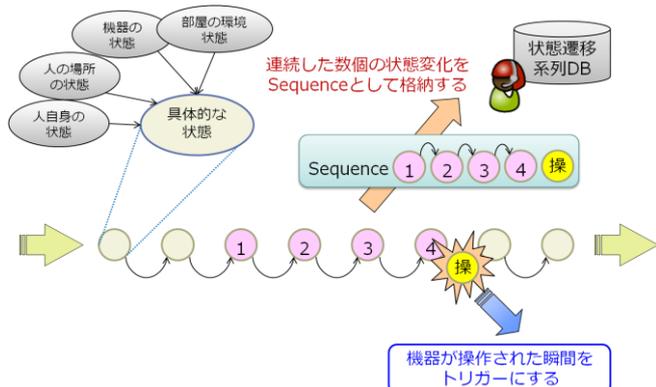


図2 シーケンスの取得概要

3.4 シーケンスの重み付け

利用者は部屋の中で様々な行動をし、様々な家電機器を操作する。つまり、ある家電機器の操作(たとえば、[TV の電源: ON]など)一つをとっても、他の機器が操作された後に操作されることも十分に考えられる。こういった理由から、図2に示すシーケンスの1, 2, 3, 4が機器の操作に本当に影響を及ぼしているかどうかの判断をしなくてはならない。したがって、本稿では、ある操作におけるシーケンスの正当性を評価するために、シーケンス自体に重要度の重み付けを行う。重み付けの方法としては、「機器の機能が操作される前のシーケンスを状態遷移系列 DB に格納」、「以前取得されたシーケンスであれば、シーケンスの出現頻度を増加」、「信頼性の高いと判断したシーケンスの組を出力する」の順で行っていく。

3.5 状況推定

シーケンスを利用することにより、機器の操作を目的とした状況(状態履歴)を取得できるようになる。また部屋の中で、利用者が感知できるリソース(音、照度など)を変化させず機器との間で競合しない操作(テレビのチャンネルの切り替えなど)は、リソースを意識せず独立に行われる。そこで部屋の中で、このような操作を行う頻度が高い場所は、その利用者が機器を利用する「使用頻度の高い場所」と考えることができると判断し、その情報を抽出する。

利用者の操作や機器の種類を、リソースに関して体系化し、利用者に快適な部屋環境を属性としてもたせることで、競合リソースを利用者の嗜好に合わせて制御するように、複数の情報家電機器に協調動作を行わせる。新しい機器が導入された場合や、利用者の新しい操作を定義した場合には、利用者が意識せず、それらを利用した協調動作が可能となる。

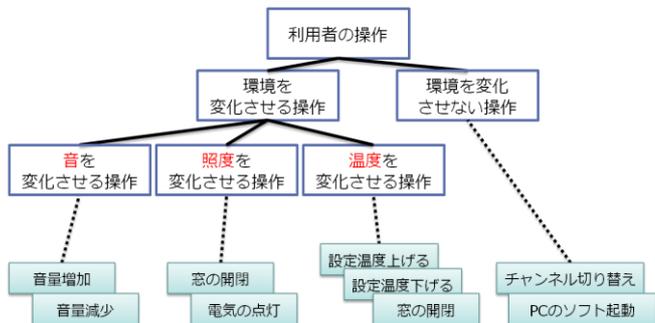


図3 利用者の機器操作の分類

4. コンテキスト管理の設計

機器間の協調においてコンテキスト管理サービスが利用される場面を示す。また、コンテキスト管理サービスを構成するエー

ジェントの概要や仕様に関して述べる。なお、モーションキャプチャを担当しているエーエージェントをセンサエーエージェントと呼び、そのエーエージェントは利用者 ID を持っているものとする。

4.1 ラベル付与

ヒューマンエーエージェントがトリガーとなり、他エーエージェントとの対話を行うことで、ラベル付けを行う。

1. ヒューマンエーエージェントが、センサエーエージェントに利用者の位置はどこかを問い合わせ、センサエーエージェントは、その情報を三次元座標値で返す。
2. ヒューマンエーエージェントが、ルームエーエージェントに自身の位置を教えることで、自身の部屋にあるすべてのデバイスエーエージェントの情報を取得する。
3. ヒューマンエーエージェントは、これらすべてのデバイスエーエージェントに問い合わせ、機器がプロパティとして持っているラベルの有効範囲内に、利用者が入っていた場合、ラベルを戻り値として受け取る。

4.2 シーケンス取得

シーケンスを取得するのは、シーケンスエーエージェントと呼ばれるエーエージェントであり、このシーケンスエーエージェントは、家電機器エーエージェントと、利用者の状態履歴を保持しているヒューマンエーエージェントとのメッセージ交換を行う。

1. デバイスエーエージェントは、機器が利用者に操作されると「機器の機能名」をシーケンスエーエージェントに渡す。
2. シーケンスエーエージェントに「利用者の状態履歴」を取得させるため、ヒューマンエーエージェントにメッセージを送信し、ヒューマンエーエージェントは、シーケンスエーエージェントに「状態履歴」を送信する。
3. 機器の機能名とシーケンスを受け取ったシーケンスエーエージェントは、状態遷移系列 DB の更新を行う。更新する際に、DB には、機能に対する「シーケンス」と「出現頻度」が格納されており、機能に対して等しいシーケンスを取得した場合には、出現頻度を増加、異なる場合は追加する。また、シーケンスエーエージェントは、格納されているシーケンスの中で信頼性を持つかどうかを判断するために、信頼性の高いシーケンスを出力する機能を持つ。

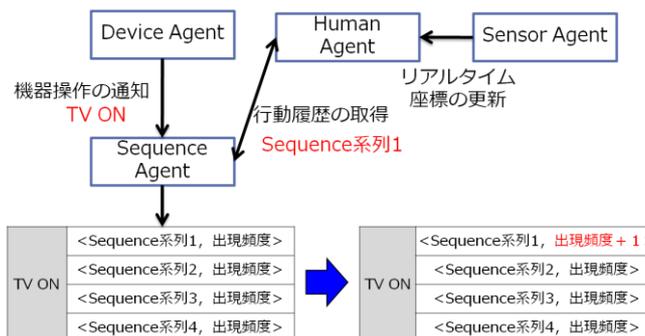


図4 シーケンスの取得フロー

4.3 状況推定

実際に協調動作を行う際に、利用者がどういう状態なのか(テレビやステレオの操作を頻繁に行っている場所はどこか)を知ることができれば、さらに充実したサービスを提供できる。ここでは、利用者の状況推定を目的とした、コンテキストエーエージェントを定義する。

1. デバイスエーエージェントがコンテキストエーエージェントに利用者の状況について問い合わせを行い、コンテキストエーエ

- ントはその他のデバイスエージェントに、現在の状態(ON, OFF)を問い合わせる
- 現在の状態が ON になっている機器があれば、シーケンスエージェントから、その機器の操作を頻繁に行っている場所を取得し、その場所と、現在の利用者の場所が等しければ、現在その利用者は、入力として与えた機器を利用する場合の、「使用頻度の高い場所」にいると推定する。

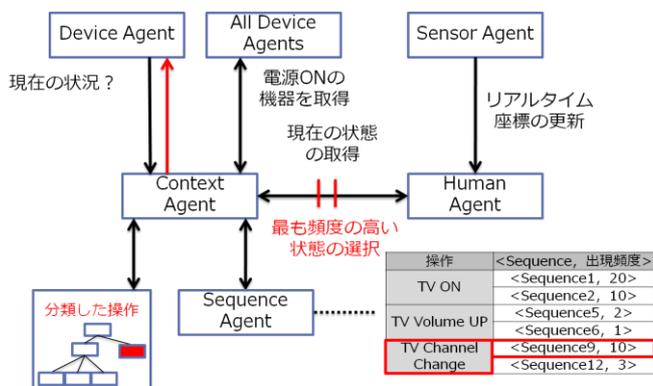


図5 コンテキストエージェントを介した状況判断フロー

5. 評価実験

2 節で述べたアーキテクチャの実現可能性を調べるため、標準規格 FIPA 準拠のマルチエージェントプラットフォーム JADE 上に、協調エージェント基盤である、コンテキスト管理サービスを構築した。提案した「情報の統合・状況の推定」方式を評価するために、研究室内に光学式モーションキャプチャを設置し、仮想的に部屋空間を想定した実験環境を構築した。なお、モーションキャプチャで座標を取得するにあたり、図6のような内部に LED を仕込み、発光させたピンポン玉をマーカーとし、それを帽子に取り付けることで利用者の位置情報、それに加えマーカーの高さによって、その人の状態(直立状態など)を特定した。また利用者 ID に関しては、RFID タグを持った利用者が、RFID リーダの前を通過することで判別できるものと想定する。



図6 モーションキャプチャでの実験道具

5.1 試作システムの概要

試作システムでは、センサエージェント、シーケンスエージェント、コンテキストエージェント、機器エージェントをコンピュータ上で作成し、実際の家電間の協調において想定されるシナリオのうち、いくつかを試した。

エージェントは、FIPA 仕様に準拠したエージェントフレームワークである JADE[2]にて作成した。

5.2 協調タスク

機器間の協調動作に関しては、機器エージェント内にタスクを直接記述した。記述した例を次に示す。なお、協調タスクはプランに沿って、協調プロトコルを用いて行われる。

- 携帯情報端末のスケジュールを参照して、他機器を借りて予定を伝える。その際に、利用者の状況を推定して適切な機器で伝える。

- 机の前に座れば、スタンドの電源がつく。逆に離れれば消える。
- 電話の着信時に、誰からの着信かを伝える。現在行っている内容と電話のどちらかを優先するかを利用者に選択させ、利用者が受話器に向かう行動を起こせば、他機器の音量を下げる。利用者が動かなければ、着信音量を変える。

5.3 考察

構築した実験環境で、これらのタスクを実行した結果、以下の協調動作に基づくサービスに関しては、想定したサービスが必要とする精度での位置情報が把握でき、情報家電サービスへの有用性が確認できた。

- 利用者の状況を判断し、それに基づいて機器からのメッセージ内容を、適切な他の機器を用いて通知する。

また、これから本研究を発展させるにあたり、以下の2点に関して取り組んでいかなければならない。

- ① 状況推定に関する精度の向上
- ② 複数利用者への対応

①に関してだが、本稿で述べたようなシーケンスの重み付けで、過去の頻度に基づいて、利用者が次に行うであろう機器操作を支援することは困難である。したがって、シーケンスを取得した際に、単に同じシーケンスの場合だけ出現頻度を増加させるのではなく、データベースに格納されているシーケンスから特徴を抽出し、行動支援に役立たせるような分析手法の検討が必要となる。

②に関してだが、本稿の提案では、利用者を一人に絞ってシステムを実装した。しかしながら、実際には、複数の利用者が部屋の中にいる状況も十分に想定できる。その場合に、「誰が」その機器の操作をしたかというのが非常に重要なコンテキストとなる。したがって複数人に対応するためには、他のセンサを導入したりすることで、もう一段階精度を上げた状況把握が必要となる。

6. おわりに

本稿ではモーションキャプチャと RFID を利用した、利用者の位置情報管理と、利用者の機器操作からの状況把握を行い、想定したサービスが必要とする精度で、機器間での協調を行えることが確認できた。またアーキテクチャの基本的な有用性を確認できたと言える。さらに、モーションキャプチャがどの程度、部屋の中の位置情報を取得可能かという、モーションキャプチャの限界に関しても十分に確認できた。

しかし、実装する過程、および基盤システム実装後に、いくつか課題も発見された。今後、利用者の望むサービスを実現するために、本稿で挙げた2つの問題点を解決し、協調動作の幅を広げていく必要がある。

参考文献

- [1] FIPA - The Foundation for Intelligent Physical Agents (<http://www.fipa.org/>)
- [2] JADE - Java Agent Development framework (<http://jade.cse.it/>)
- [3] 本位田真一, 飯島正, 大須賀昭彦:「エージェント技術」, 共立出版, 1999