

機関番号：32612
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20500101
 研究課題名（和文） 生活環境におけるユビキタスサービス連携のためのポリシー自動調整と分散協同作成支援
 研究課題名（英文） Policy Adjustment and Coauthoring Support Environment for Ubiquitous Service Coordination in Living Space
 研究代表者
 飯島 正（IIJIMA TADASHI）
 慶應義塾大学・理工学部・講師
 研究者番号：20245608

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は、生活環境に存在する多様な機器、家具、設備などに、いわゆる知的エージェントを埋め込み、それらが連携協力して、生活者が複数同時に持っている複数の潜在的な目標の達成を支援することである。そのため、サービスポリシー記述言語とその共同執筆環境、ポリシーのトリガーとなるイベントをセンサーによって取得する利用者の状況把握と行動予測、そして、競合するポリシーを自動調整して遂行する実行系の構築を行った。

研究成果の概要（英文）：

The objective of this research project is realization of habitant-support system, which achieves potential goals of habitants in daily life. Our approach is so-called multi-agent-system, in which agents have intelligence and embedded into household appliances, furniture, and/or equipments. For that purpose, the object-oriented petri-net based service policy description language and its co-authoring system, habitant-status sensing and activity prediction system, and policy-based control system with automatic policy conflict resolution mechanism have been developed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、メディア情報学・データベース

キーワード：Web サービス、ポリシー調整

1. 研究開始当初の背景

本研究の開始当初は、インターネット上に Web サービス(Web API)が展開され、利用が盛んになるとともに、センサーネットワーク技術や情報家電ネットワークが注目されていた。本研究では、そうした流れを踏まえ、従来の Web API の枠を広げて、家庭内の情

報家電の適応的かつ協調的な連携利用、建物の中での設備サービスの自動化、街や交通機関等の公共の場での情報サービスと連携していくことなどを目標に設定した。当時、情報家電の研究開発は、Ambient Intelligence と冠された研究がオランダのフィリップス研究所を拠点の一つとしてヨーロッパで中

心に行われていたが、国内では、AV 情報機器が中心的な対象であり、生活の中での環境的な快適性（幅広い環境と聴きにまたがった総合的なサービス満足度向上）に視野を定めたものは少なく、そこからの発展が大きく期待されていた。そこで、生活環境の中で、各種センサー（RFID、画像、距離画像、床圧力センサー）による情報取得と、それに基づいた生活者の意図推定/行動予測、さらには支援計画を立案した上で、複数の家電機器によるフィードバックとしての生活支援を行う、という研究目標を設定し、具体的な副目標に展開して研究計画として構成した。

2. 研究の目的

本研究では、生活環境に存在する多様な機器、家具、設備などに、いわゆる知的エージェントを埋め込み、それらが連携協力して、生活者が複数同時に持っている複数の潜在的な目標の達成を支援することを大きな目的とする。

しかし、生活者の持つ潜在的な目標を、センサーで得られた情報から推定することは決して簡単ではない。そこで、生活者の日々の生活から収集された生活情報から機械学習手法を用いてマイニングすることも試みるが、それと同時に、それをヒントとして、そのヒントを手直しする形で一種のルールとして生活者のもつポリシーを抽出し明確化していく共同執筆支援環境を構築し、各種センサーによって生活者の行動系列を情報として取得し、競合し合うポリシーを自動調整する機能のもとで生活支援機能を運用していくことを具体的な目標に設定した。

3. 研究の方法

本研究では、全体を以下の5つのサブテーマに分けて実施した。(1) ユビキタス・サービス向けサービスポリシー記述言語の設計（構文と意味）と解析系、(2) サービスならびに利用者やデバイス状況を記述するオントロジーの構築と状況取得、(3) ポリシー自動調整機能の実現、(4) ポリシー協同執筆支援サーバの構築、(5) 別途、研究開発を進めているユビキタス・サービス基盤との統合、および実証実験、である。但し、このうちの(5)は当初より本研究期間中に完全に実施完了することは考えておらず、本研究期間後に本格的に取り組むための目途を付けるところまでを目標に設定した。以降、(5)を除き、各サブテーマごとに研究方法について述べる((5)については(2)で少し触れる)。

(1) ユビキタス・サービス向けサービスポリシー記述言語の設計と解析系

ポリシー記述言語に関しては、セキュリティポリシー記述のための XACML(eXtensible

Access Control Markup Language)を参考に、テキスト的な表現と実行アーキテクチャを構成した。まず、元々のXACMLの対象である、電子カルテを題材にしたアクセス権限を対象としたシナリオから初めて、緊急時など、利用者の状況に応じて認証強度のレベルを変化させたり、上位権限保有者の許可を求めるといった「義務ポリシー」を取り扱えるように施策検討を進めた。その上で、文書へのアクセス権限を対象としたセキュリティポリシーを、生活環境内で利用できる各種のサービスの利用権限へと拡大したシナリオに取り組むとこととした。それとともに、Net-within-net 意味論を採用したオブジェクト指向ペトリネットに基づくネットワーク指向図的言語を構築し、それによって文脈を考慮したポリシー表現を試みた。

(2) サービスならびに利用者やデバイス状況を記述するオントロジーの構築と状況取得

状況把握は部屋間と部屋内に分けて行うものとし、部屋間の移動は、生活者が携行するRFIDタグ(ICタグ)を使ったゲート認証によって行った。ゲート認証とは、部屋の入口にアンテナを設置し、その前を通過する人物のIDを特定するものである。部屋内では、天井や壁、床などに設置する環境埋め込み型センサーと、生活者自身が身に付けた装着型センサーの両方を用い、それぞれにエージェントを配備してそれを介したエージェント間通信による相互作用を可能とすることを試みた。その通信においては、センサーによる生の計測値を通信し合うレベルに加え、複数段階のレベルの異なるエージェントの階層間で情報を集約し、別途、構築する生活者の状況を表す生活状況オントロジー群のもとで、状態（属性属性値リスト）と、イベントのレベルに意味づけして取り扱うことを行った。人の姿勢、状況をタグ付けするラベルのために、ドメイン別の生活状況オントロジーを構築する。

環境埋め込み型センサーには、天井に設置した全周カメラ(Omni Camera)や複数のWebカメラ、距離画像センサー、床圧力センサー、人感センサー、マイクロフォン等の他、生活環境自体を計測対象とする温度センサー、明るさセンサーなどがある。一方、装着型センサーとしては、生活者自身が身体に装備した加速度センサー、地磁気センサー、マイクロフォン等がある。これら複数のセンサーの組み合わせによって、人の認証や位置（頭部）追跡や姿勢/ジェスチャの把握を試みた。この一部は、本計画外で以前から進めきたユビキタス・サービス基盤の研究開発の一環として得られた成果をつかっており、本計画期間後に本格実施する、(5)の統合実験の可能性

検討の一部ともいえる。

(3) ポリシー自動調整機能の実現

「ポリシーに基づく制御」のためのポリシー（ルール）の間の競合関係を分類し、ポリシー間の優先順位に基づいて各ポリシーのトリガーイベントの通知を制御することで調整を行う方法を提案し、その適用範囲を検討した。これは、(1)で開発したオブジェクト指向ペトリネットに基づくポリシー記述言語をベースに実施した。

初期段階において、オブジェクト指向ペトリネットによって、並行性（や自律性）を含む一種のワークフローを記述するものにとらえ、その表現力の拡充を図るとともに、モデル検査ツール SPIN の入力言語 Promela へ変換することで、生活者支援のための機器制御などへ応用する際に、必要なサービスがブロックされることはないかといった性質を検証することを試みた。さらに、その結果を踏まえて、サービス起動の抑制ないし強化をペトリネットへの変換操作によって行う方法を提案し、その性質を調べつつ、自動調整機能をチューニングするという方法で進めた。

(4) ポリシー協同執筆支援サーバの構築

当初は、ポリシー記述言語として XML によるテキスト表現だけを想定して、Java JSP/Servlet に基づく Wiki サーバの改良として実現することを想定して準備を進めた。が、(1)(3)で述べたように、オブジェクト指向ペトリネットを拡張したネットワーク指向の図的言語をポリシー記述言語として構築する方針へ転換したため、そのための編集系（テキストエディタではなく、図形エディタ）と実行系をまず Java(+ JGraphX ライブラリ)で構築し、その上で、改めて共同執筆支援サーバを構築することとした。共同執筆支援サーバは、Java で開発するが、そのクライアント(PC や携帯端末)には、Adobe Flash を採用し、Flex / ActionScript を用いて開発することとした。

4. 研究成果

研究成果についても、上述のサブテーマ毎に報告する。

(1) コビキタス・サービス向けサービスポリシー記述言語の設計と解析系

まず、XACML の構文と実行アーキテクチャを参考に、それを拡張する形で、制御ポリシーのための記述言語と実行系を構築した。最初は、元々の XACML の記述対象であるアクセス権限を題材として電子カルテを対象に、義務ポリシーによって利用者の状況に応じて変化する動的アクセス制御を実現するところから始めた。この成果は、学会発表[3]と

[1]において口頭発表した。さらにそれを、生活環境の中でのサービス利用権限に拡張する研究を行い、義務ポリシーによるサービスの制御シナリオを実現した。この成果は、本報告時点では未発表である。

また、文脈を考慮したポリシー記述とその調整のために、オブジェクト指向ペトリネットに基づくネットワーク指向の図的言語を提案し、そのための（編集系と）実行系を構築した。

(2) サービスならびに利用者やデバイス状況を記述するオントロジーの構築と状況取得

状況把握は部屋間と部屋内に分けて行う。

部屋間の移動を RFID(IC)タグによって認識する技術を構築し、学会発表[2]の一部として発表した。学会発表[2]は、利用者（とその携行物）に RFID タグを付けておき、ゲート認証することで、その人物（ないし携行物）が部屋間を移動したことを検知し、その移動先の部屋に適した内容に適應するように、家電機器操作リモコン（液晶タッチパネルを備えた携帯端末）の操作パネルを変化させるものである。これによって利用者状況（所在している部屋）に応じた適應制御の一事例として検討したものである。さらに、同発表では、その状況適應型リモコンを通して行われた操作履歴を記録しておき、そこから利用者の嗜好や傾向を抽出し、リモコンのパネルに反映させることも試みた。しかし、この実験では1名の操作履歴からのマイニングを試みることになり、どうしてもマイニングに必要なだけのデータを蓄積することが難しかった。逆に同傾向の複数の（たとえば全国の）利用者の情報を適應型リモコンを介して収集し集約できれば、それをもとにフィードバックすることも可能であるという感触は得られた。

部屋内での利用者情報の収集には、装着型センサーとして SunSPOT（加速度など）、環境埋め込み型のセンサーとして、複数台のカメラ、距離画像センサー、床圧力センサーなどの利用を試みた。装着型の加速度センサーによる簡単な身体動作/ジェスチャー（頭部と腕に装着）の取得と、複数の通常のカメラと、天井に設置した全周カメラ（Omni Camera）といった異種カメラの併用によって、人物（頭部）の位置追跡を実現した。複数カメラを利用しても死角が発生しうる隠蔽(occlusion)問題に対し、魚眼レンズを備えた全周カメラを併用し particle filter 手法の下で情報統合する手法を採用した。その結果、単一人物の直立移動に限るが、隠蔽領域の縮小に貢献できることを確認できた。この位置把握サブシステムは分散システムとして設計したが、現状では、実験用 PC の資源制約のため他の

状況取得手法とのマルチエージェントシステムとしての統合は見送っており、完全な統合実験には至っていない。そのため、この成果も未発表段階である。床圧力センサーについては、足跡情報からの個人識別を試みたが十分な成功に至っていない。これは、他のセンサーとの連携利用において効力を発揮しうるデバイスと考えている。その意味では、マルチエージェントに基づく情報統合の実現を急がねばならない。本研究計画では、まだ汎用性は乏しいが、そのための一部のプロトタイプを構築できたと考えている。生活者の状況を表現するための、ドメイン別オントロジもごく一部ではあるが構築してきたので、今後、これをより整備・充実させ、エージェント間の協調連携に発展させていけるものと期待している。

(3) ポリシー自動調整機能の実現

ポリシー記述言語としては、オブジェクト指向ペトリネットに基づくネットワーク指向の図的言語を採用することとして、その言語処理系の開発をサブテーマ(1)で行った。そのポリシー記述言語を対象に、ネットワークへの操作の形で、競合し合うポリシー群の制御を取り扱うことを試みた。研究成果としては、幾つかの操作パターンを見つけ出したことと、そのパターンを適用する変換系を試作したことである。ただ、この変換系は、サブテーマ(4)の共同執筆編集系や実行系と統合するに至っていない。また、見出されているパターンの集合は決して完全なものではないので、そのカタログをより充実させる更なる研究が必要である。但し、先だって、拡張オブジェクト指向ペトリネット記述の各種性質を既存のモデル検査ツール(spin)を利用して検証するための枠組みを試作した(学会発表[4])ため、これを操作パターンの性質を調べるために、役立てることができる。

(4) 「ポリシー協同執筆支援サーバの構築」

オブジェクト指向ペトリネットの編集系(単純なレベルには留まっているが共同執筆支援機能を含む)をJava(JSP/Servlet)でのサーバ実装とFlex/ActionScriptでのクライアント実装の組み合わせで実現した。Flex/ActionScriptの採用により、FlashPlayerが実行可能であれば、PCだけでなく、携帯端末でも実行できることを確認した。ただ、編集系にはどうしても使い易さが求められるが、まだそれは十分に得られていない。そこで、その向上を図った後、オープンソースソフトウェアとして公開することも視野に入れて、より洗練化を図ることを、後継の計画として既に進めている。

以上をもって、各サブテーマである要素技

術を一部制約付きとはいえ実現することができたことを報告した。サブテーマ(5)の統合実験は、当初より、別途、進行中のユビキタス・サービス環境開発と歩調を合わせる計画であり、今後の課題と位置付けている(2011年度から台所など、比較的明確なタスク遂行の意図をもつ生活環境を対象に、複数のタスク遂行が絡み合った状況で、センサーによる意図取得や行動予測が可能かどうかといった実証実験を行う予定である)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計4件)

[1] 雨宮美奈帆, 飯島正: 電子的に流通する構造化情報へアクセス制御ポリシーを定義するための利用者指向インタフェース, 第6回情報システム学会全国大会・研究発表大会, 2010年11月28日, 東京都.

[2] 高塚洋平, 飯島正: 情報家電のための利用者状況適応型リモコン, 第5回情報システム学会全国大会・研究発表大会, 2009年12月6日, 東京都.

[3] 山本由香理, 飯島正: 電子カルテのためのポリシーに基づく動的アクセス制御, 第5回情報システム学会 全国大会・研究発表大会, 2009年12月6日, 東京都.

[4] 孫騰涛, 塚原浩太, 飯島正: オブジェクト指向ペトリネットによるワークフローのモデル化と分析, 第5回情報システム学会全国大会・研究発表大会, 2009年12月6日, 東京都.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飯島 正 (IIJIMA TADASHI)
慶應義塾大学・理工学部・講師
研究者番号: 20245608

(2) 研究分担者

()
研究者番号:

(3) 連携研究者

()
研究者番号: