

論文の内容の要旨

論文題目 異種センサ配置住居環境における人間行動計測支援ネットワークミドルウェア

氏名 野口博史

将来的な住居環境を考えた場合、異種のセンサが分散配置されると予想される。そのセンサの多種性や分散性などのために、センサ群を利用した人間行動計測および応用プログラムを構築することは困難である。そのような異種センサ群からのデータ取得プログラムと応用プログラムの仲立ちをすることで、プログラム作成時の困難さおよび負担を軽減するミドルウェアの構築を目的とした研究である。

ミドルウェアの特徴は、各センサのデータ取得や複雑なセンサデータ統合処理なども含むすべてのセンサ処理を統一的なコンポーネントのネットワーク上における自動的な連結によって実現することである。その特徴に基づき、環境内の異種センサに対するセンサ処理の依存性の軽減および、センサ処理の共有化を実現し、それらを通じて住居内センサ群に基づいた居住者支援システムの構築の支援が可能となるものである。

以下に論文の各章の内容に沿って、その概要を述べる。

第1章：緒論

本研究の対象である異種センサ住居環境における人間行動計測の背景について述べる。従来の住居内の埋め込みセンサ群を利用した居住者支援研究について、そのセンサ構成およびプログラム構築の観点から整理を行う。それをもとに、本論文の目的であるミドルウェアの構築について述べる。

第2章：人間行動計測支援ネットワークミドルウェアの構成法

本章では、本研究の対象となる住居内における異種センサおよび、センサを利用した人間行動計測における問題として多種性や環境依存性などを取り上げ整理する。また、その整理した問題点から共有性や再利用性などの必要機能を整理する。その必要機能を満たすべきミドルウェアの構成方法のアイデアおよび、その構成要素について述べる。さらに、従来研究および他の構成法との比較から構成法の特徴について論じる。

その構成方法のアイデアとしては、実センサからのデータ取得および、センサデータ処理のプログラムを同一のコンポーネント化し、ネットワーク上においてそれらをセンサ情報記述と呼ばれるセンサ特性の記述をもとに、自動的に連結させるものである。

その構成法を実現するための要素機能は、

- 1) コンポーネントの手がかり情報とするためのセンサの性質のモデリングおよび記述
- 2) センサ特性および空間情報に基づくセンサ処理コンポーネントの管理機能
- 3) センサ特性の条件照合に基づくコンポーネントの自動連結機能

である。以降の章では、実験環境であるセンシングルームおよび各要素機能について詳細を述べる。

第3章：日常人間行動計測環境センシングルームの構築

本章では、本研究で対象とするような異種センサ配置住居環境のテストベッド環境としてセンシングルームを構築したことについて述べる。センシングルームでは、圧力センサやスイッチセンサを中心に 500 個強からなるセンサを埋め込んだ部屋である。その密なセンサ群と居住者に対する非拘束性から、ロバストに長期間に渡り居住者の行動を計測することが可能である。また、他のプロトタイプ住居環境と異なり、そのセンサ数もさることながら、居住者位置や操作情報のみならず RFID タグセンサを利用した対物行動計測が実現できることも特徴的である。以下の章におけるミドルウェア検証のための環境として用いるものである。

第4章：RDF を利用した付属物体に着目するセンサ情報の記述

本章では、人間行動計測プログラムの要素となるセンサ処理コンポーネントを特徴付けるために利用されるセンサ情報記述の方法について述べる。記述には、Web 分野の技術として利用が広まっている RDF (Resource Description Framework) および、それを拡張した OWL (Web Ontology Language) を用いて記述する。RDF を利用することで、情報の追加などの記述内容の変更に柔軟に対応できるだけでなく、他の知識情報と連携が可能となる。OWL によりセンサに関する性質の記述だけでなく、それらの構造についても規定することが可能となる。

センサの情報の記述としては、センサ関連知識の整理として、センサ情報、センサ付属物体、人間行動についての知識記述もミドルウェア側で用意する。その知識情報を利用して、ミドルウェア利用者は、コンポーネントと関連付けられるセンサの情報の記述および、本ミドルウェアの対象である人間行動に関して記述する。特徴的なのは、センサ集合との付属物体、また、付属物体の機能と人間行動が密な関係を持つことに着目し、センサ付属物体を仲立ちとして、個別のセンサから人間行動までの包括的な記述を実現していることに特徴がある。その包括的な記述により、センサから最終的な応用プログラムまでの関係を明示的に表現することができるため、自動的なコンポーネント処理に役立つ。

記述方法の特徴を示す例として、記述とセンサデータ可視化用情報との組み合わせによるセンサデータの自動可視化プログラムを作成し、それを通じて RDF を利用することがセンサ情報の記述に適することを示した。

第5章：センサ特性および付属物体空間情報に基づくコンポーネントの管理

ネットワーク上に分散して配置されるセンサ処理コンポーネントの構成方法として、分散オブジェクト技術を利用することについて述べる。分散オブジェクト技術により、ネットワーク透過性を実現できるだけでなく、各センサデータ取得およびデータ処理のためのプログラムをコンポーネント化可能である。

それらのネットワーク上のコンポーネントの名前解決機構としての管理サーバの構築法についても述べる。管理サーバでは、コンポーネントの管理および検索の機能を持つ。管理時には、センサ処理コンポーネント毎にセンサ記述および付属物体の位置空間情報を保持する。ソフトウェア的な性質だけでなく、付属物体位置情報を管理することで、実住居空間内に存在するセンサの空間的構成をも管理するところに特徴がある。実センサデータはもしくはセンサ処理後のデータを取得したい際は、ミドルウェアの利用者は、それらの情報に基づきコンポーネントの検索を実現し、そのコンポーネントを通じてデータを取得可能である。具体的には、センサ情報記述ではセンサの性質に対する一致条件だけでなく、センサに関連する知識に基づいた検索が可能である。また、空間情報に関しては、包含体積の干渉計算に基づいた範囲検索が可能である。また、コンポーネントは一元的に常時管理される。そのことにより、住居内におけるセンサやプログラム変更などに対する動的な対応が実現される。

管理サーバの機能検証として、空間情報および住居内物体機能に基づくコンポーネントの検索について実験すると共に、その際のコンポーネント検索や登録・削除などの性能についての実験を行い、ミドルウェアでの利用可能性を確認した。

第6章：センサ特性の条件照合に基づくコンポーネントの自動連結

本章では管理サーバにて管理されるセンサ処理コンポーネントの自動連結の方法について述べる。コンポーネントでは単一のプログラムインターフェイスを通じてセンサデータを Pull 型もしくは Push 型の通信でやり取りすることでセンサ処理を行う。それらのセンサデータの取得対象のコンポーネントは、各コンポーネントごとに決定する。その決定方法として、管理サーバに対するコンポーネントの問い合わせ条件を利用する。すなわち、各コンポーネントでは、センサ処理に必要なセンサデータを出力するコンポーネントの特徴となる情報を条件として保持する。その条件を管理サーバに照合して必要なコンポーネントを探し出し自動的に連結する。

また、同様の仕組みとして、条件照合とセンサ情報の記述に基づいてコンポーネントを自動生成する仕組みについても作成した。自動生成は条件照合に基づく処理対象プログラムの自動選択、元となるプログラムの複製、センサ情報の記述に基づいたセンサデータの自動選択プログラムの付加により実現されるものである。この機能により、必要なコンポーネントを住居環境内のコンポーネントに合わせて自動生成されるため、コンポーネント作成の手間を軽減される。これらの自動連結および生成は他のコンポーネントベースのミ

ドルウエアには見られない特徴である。さらに、これらの機能は管理サーバのコンポーネント管理機構と連動し、コンポーネントの増減や付属物体の移動に動的に応じて、コンポーネントの連結状態を変化させることで対応可能である。

センシングルームにおいて、その連結生成の機能および性能に関する実験を行った。実験対象とするためのプログラムとして、各センサの出力状態から居住者の接触状態および位置を獲得し、それを元に居住者姿勢を推定するプログラム、人間行動記述に基づいてその記述と適合する行動の出力を検知するプログラムを作成した。それらのプログラムにおいて、住居内のセンサの増減、あるいは他環境でのセンサ構成時において、コンポーネントを新規に追加し、動的にコンポーネントの連結を変化させ、作成したプログラムの変更が必要ないことを示した。また、その実験時および仮想的な環境における処理時間の計測を通じて、コンポーネントの通信におけるミドルウエアのオーバヘッドが軽微であることを確認し、プログラム作成には影響がないことを示した。

第7章：結論

各章述べた内容をまとめて、本ミドルウエアの構成法を総括する。また、本研究の発展方向および将来展望について述べる。