

# センサ群の自律的形成と協調による データ信頼度向上システムの構築

丸山 大佑<sup>1</sup> 青木 俊<sup>2</sup> 高汐 一紀<sup>3</sup> 徳田 英幸<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学 総合政策学部 <sup>2</sup> 慶應義塾大学 環境情報学部 <sup>3</sup> 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

## 1 研究の背景

近年、デバイスの処理能力、通信機能などが向上し、人間の活動の支援を目的としたユビキタスコンピューティング環境が実現しつつある。ユビキタスコンピューティング環境では、計算機が存在を意識することなく情報環境を利用可能にしたり、これまで計算機が載っていなかったものに計算機やセンサを埋め込むといった特徴がある。ユビキタスコンピューティング環境では人間の活動を支援するための位置情報や温度情報といった実世界の環境情報を利用するので、多数のセンサを利用して実世界の情報を取得することが必要である。

そのようなセンサが多数存在する環境で、センサデータの処理を全てPCや家電などの機器で行うと、センサの増加に伴い機器側の物理的、情報処理的負担が大きくなる。処理能力の点から、一台の機器に接続できるセンサ数には限度があり、多数のセンサが存在するユビキタスコンピューティング環境においてはシステムの構築が困難になる。ネットワーク接続のような特定の情報処理のみのためにPCを接続するとその処理に使われない他の機能が無駄になる。情報処理をする機器が物理的にスペースを占有してしまう、というような問題が生じる。

このような問題点を解決するために、センサにはネットワークインタフェース、センサ自身の移動・回転、複数のセンサの協調のような情報処理能力が必要になる。

多数のセンサが存在するユビキタスコンピューティング環境では、一度に扱うセンサの種類や数がかつて以上に増えることが考えられる。複数のセンサデータを組み合わせて利用する機器やアプリケーションが増え、その計算処理の負担を減らすための複数センサの協調は特に重要となる。

## 2 研究の目的と概要

ある一点を集中して計測したいときや、計測対象物・対象位置が1つに決まっている場合は、1つのセンサを作りこむことによって精度を上げることができる。しかし、ある部屋や地域といった空間的な広がりをもって計測したい場合には、扱う範囲が広がるほど1つのセンサでカバーすることが困難になる。そこで、空間的に広がりをもって計測する場合には、複数のセンサを用いて空間の情報を計測することになる。現在では同じ種類の情報を取得するセンサを複数利用する場合でも、センサデータを利用する機器がそのセンサデータを収集し処理している。そのため、センサの数が増えるにつれて機器の負担も増える。これを解決するために本研究では複数のセンサの協調を実現する。

A system for improving data reliability through autonomous formation of a sensor group and coordination of sensors  
Daisuke Maruyama<sup>1</sup>, Shun Aoki<sup>2</sup>, Kazunori Takashio<sup>3</sup>, Hideyuki Tokuda<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Policy Management, Keio University

<sup>2</sup>Faculty of Environmental Information, Keio University

<sup>3</sup>Graduate School of Media and Governance, Keio University  
E-Mail: marudai@ht.sfc.keio.ac.jp

本研究では機器がこのような複数のセンサデータを扱う際の負担を減らすために、“群れ”を提案する。“群れ”は、一定の範囲内に存在する複数の同種センサをまとめたグループである。群れを構成する範囲はセンサデータを利用する機器が測定の対象とする範囲に応じて決定する。群れは機器の要求が変化することに対応して、動的に拡大・縮小することが可能である。群れでは計測したい空間内にあるすべての同種センサのセンサデータを各センサが把握し、群れの中で必要な処理を行い、機器やネットワークにセンサデータを提供する。これを群れ代表値とする。群れが提供可能なセンサデータは最高・低値、合計値、平均値など及び、最高・低値を示すセンサの識別子等の付加情報である。群れが各センサから得たセンサデータを処理することで、空間的広がりを一単位として扱うことができるので、1つの情報を得るためにアプリケーションが多くセンサデータを処理する必要がない。

群れを利用すると次のようなことが可能になる。

- これからその部屋に入る人から見ると、部屋の温度とはその部屋にいて感じる温度、目安となる温度であり、部屋全体のセンサで群れを構成し、温度を把握することでエアコンや入り口の前、日向などで取得されるような特殊な値になることを避けて平均などの情報が得られる。  
逆に部屋の中で稼動している暖房はその部屋を均一に設定温度に暖めたいので、もっとも温度の低いところから順に温風を送りたい。センサが群れを成すことで部屋のどこが暖かいかがわかる。
- 部屋に一人しかいなかった状態でその人の周りに絞って温度管理をしていた状態から、更に人が入室し、部屋全体の温度を管理する状態に変更するように、状況の変化に伴って計測範囲を変更したい場合に群れを拡大することができる。逆に群れを縮小することもできる。

## 3 群れの構築

本研究では、群れの構築、群れ内の協調、情報を利用する機器との通信を可能とするモジュールを構築する。以下に、本モジュールにおける機能要件、ハードウェア構成、データの流れを示す。

### 3.1 機能要件

群れは多数のセンサデータを利用する機器の負担軽減を目的とする。そのため、群れを構成するモジュールには以下のような機能が必要となる。

#### センサデータの取得

群れは空間のセンサデータを協調させて機器に提供する。そのため、群れ内に存在する各モジュールは各々のセンサデータを取得する必要がある。

#### 計算処理

群れの中でセンサデータの協調として比較、平均などの計算処理を行い機器にセンサデータを提供するため、モジュールには計算処理機能が必要となる。

## 自己情報の把握

群れはセンサデータを利用する機器からの範囲とセンサの種類を元に構築するため、モジュールの位置とセンサの種類の情報が必要になる。しかし、群れではセンサデータを扱う機器は空間的広がりを一単位として扱う必要があること、群れの目的は機器の負担を減らすことであり、要求範囲とモジュール位置の対応付けという処理による機器の負担を減らす必要があることから、群れを構成するモジュール自身がそれらの情報を取得・保持する機能が必要である。

## 通信機能

モジュールが自身の位置情報を位置情報取得システムから得るため、機器と群れとの間で要求やセンサデータを通信するため、群れ内で協調しセンサデータを通信するためにモジュールには通信機能が必要となる。

次に、以上の要件を実現するために、モジュールが備えるハードウェア構成を説明する

### 3.2 ハードウェア構成

モジュールは自身のセンサデータの取得、自身の位置及びセンサ種類の情報の取得・保持、群れ内での通信、収集したセンサデータの計算処理とセンサデータを利用する機器との通信を行っている。モジュールは以上のことを1つの回路上で行うために、センサ、マイクロコンピュータ、位置情報取得システム、ネットワークインタフェースで構築される。また、群れを構成することによって、機器が空間的広がりを一単位としてセンサデータを扱うことができるようにするため、群れを代表して機器とのインタフェースの役割を果たすモジュールが必要になる。これを親機とし、群れ内の親機以外のセンサデータを取得するモジュールを子機とする。しかし、機器の要求の変化に対応して群れは動的に拡大・縮小するので、全てのモジュールは親機にも子機にもなりえなければならない。そのため、全てのモジュールを同じ構造とし、状況に応じて親機としても子機としても振舞うことを可能とする。

### 3.3 群れ構築の流れ

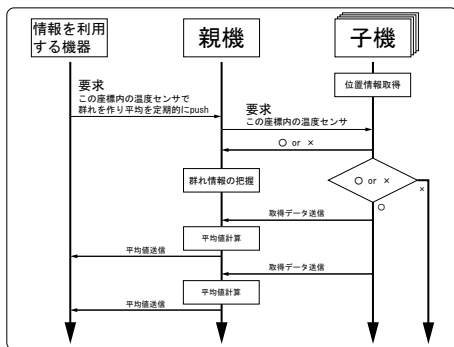


図 1: 群れ構築の流れ

図 1 において群れを構築するためのデータの流れを示す。群れはセンサデータを利用する機器の要求によって構築される。機器は任意のモジュールに群れの構築を要求し、要求を受けたモジュールが親機となる。機器は自分の利用したいセンサの種類と座標による範囲、平均や最大最小などの計算方法、計算形式という要求を親機に対して行う。親機となったモジュールは、その他の

全てのモジュールにセンサの種類と範囲の要求を送信する。要求を受けたモジュールは自分がその要求に合っているかを親機に返す。親機はその返信によって群れを把握する。要求に合っているモジュールは子機となる。子機はセンサデータを取得し、親機に送信する。

機器の要求が変化すると機器は再び群れの構築を任意のモジュールに要求し、群れが再構築される。

空間に新たにモジュールが追加された場合、追加されたモジュールは追加されたことを他のモジュールに通知する。新たなセンサの追加情報を受信すると、親機は再び群れの構築を行う。

## 4 実装

本研究のモジュールのプロトタイプ実装を温度センサとマイコンを利用して行った。

## 5 関連研究

本研究では複数のセンサデータを利用する機器の情報処理の負担を軽減するという目的のために、群れという概念を用いたセンサのまとまりを構築し、センサ同士を協調させることで解決する。同様に複数のセンサのまとまりを構築し、ネットワークを築く研究としては mote[3] や pushpin computing[4]、スイス連邦工科大学 ETH (Eidg. Techn. Hochschule) の Smart-Its[?] があげられる。mote はネットワークを構築する際にユーザーがその都度プログラミングする必要がある。pushpin computing は赤外線通信を用いて隣接するモジュール通信することでまとまりを構築する。Smart-Its は加速度計を用いて、同じ動き方をするモジュールを1つのまとまりとして構築する。いずれもまとまりを構築する際に位置情報がいないため、位置情報とセンサデータが密接に関連した利用をするためには、まとまりで扱う対象のセンサとして位置情報を取得可能なセンサを使うことなどが必要となる。本研究の群れでは、センサデータを利用する機器の座標指定を元にまとまりを構築することで、センサデータを位置情報と共に利用するアプリケーションの要求に対応することができる。

## 6 まとめと今後の課題

本稿では群れという概念を用いた同種センサの協調システムを提案した。群れを用いることで、機器の要求に応じて空間的広がりをもった範囲を一単位として扱うことが可能となる。これにより、多数のセンサデータを利用する機器の負担を減らすことができる。しかし、群れを構築する際の各モジュールの位置情報取得のために位置情報提供のためのサーバを用意しなければならない。計算負荷の分散ができていない部分もある。また、非常に多くのモジュールが存在する空間では機器の要求の衝突が起こることが予想され、今後解決する必要がある。

## 参考文献

- [1] MICROCHIP: PIC Microcontrollers , <http://www.microchip.com/1000/pline/picmicro/index.htm>
- [2] TriState: PICNIC , <http://www.tristate.ne.jp/>
- [3] Hill, J., and Culler, D.: A wireless embedded sensor architecture for system-level optimization. In U.C. Berkeley Technical Report(2002) ,
- [4] Joshua Lifton: pushpin computing , <http://web.media.mit.edu/lifton/Pushpin/>