

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 7日現在

機関番号：21201

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700079

研究課題名（和文） 大量のセンサデータに対する知的情報処理手法に関する研究

研究課題名（英文） An intelligent information processing method for large amounts of sensor data

研究代表者

今井 信太郎（IMAI SHINTARO）

岩手県立大学・ソフトウェア情報学部・講師

研究者番号：50510260

研究成果の概要（和文）：

本研究は、大量のセンサデータが発生する環境下における、ネットワークの負荷軽減と高度なセンサデータ解析・処理の両立を目的とした、センサノードの近傍に存在するホスト（中間ホスト）においてセンサデータを解析・処理する手法を提案した。また、センサデータを解析・処理するための知識の共有方式も合わせて提案した。そして、評価実験から、提案手法によりネットワーク・端末の負荷軽減と高度なセンサデータ解析・処理の両立が実現されることを確認した。

研究成果の概要（英文）：

In this research, I proposed the method for sensor data analysis and processing using a host computer that located in the neighborhood of sensors (neighborhood host). This method aimed at achieving a good balance between reducing network load and advanced sensor data analysis and processing. Additionally, I proposed a method to share sensor data analysis and processing knowledge. I performed some experiments using a prototype system. From the results of the experiments, I concluded that achieving a good balance between reducing network load and advanced sensor data analysis and processing, by the proposed scheme would be realized.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，計算機システム・ネットワーク

キーワード：ユビキタスコンピューティング，センサ情報処理，エージェント，スマートセンサ情報システム

## 1. 研究開始当初の背景

近年、小型のセンサノードを用いて、実空間に存在する人間や物体をリアルタイムに観測し、その結果に基づき様々なサービスを

提供するシステムが提案されている。このようなサービスの中には、複数のセンサノードで取得した大量のデータを家庭・組織内のPCなどの中間ホストに一度送信し、その後、外

部ネットワークを通じてホストに送信するものがある。具体的には、家庭内でのセンサを用いた見守りサービスなどがこれに該当し、利用者が身に付けたセンサから得られた加速度や位置、脈拍などのデータは、家庭内の PC を経由して医療機関などのホストに送信される。

このような環境下においては、センサノードが取得したデータを未処理のまま全て外部ホストに送信し、外部ホストにおいて処理を行う手法は、外部ネットワークに大きな負荷をかけることになる。

また、複数のセンサから大量のデータが送られてくる環境においては、そのデータを用いた様々なサービスが期待されるため、システムは様々なサービスの要求に対応したデータ処理を行う必要がある。また、センサノードでも柔軟にデータの取得間隔などを変更できることが求められる。すなわち、センサシステムには、柔軟にデータ処理などの設定を変更できることが求められる。しかし、様々なサービスに対応する設定を、利用者やシステム開発者が全て行うことは困難である。

## 2. 研究の目的

背景から、本研究は、大量のセンサデータが発生する環境下における、ネットワークの負荷軽減と高度なセンサデータ解析・処理の両立を目的とする。この目的を達成するため、センサノードの近傍に存在するホスト（中間ホスト）においてセンサデータを解析・処理する手法、およびセンサデータを解析・処理するための知識の共有方式を提案する。

本研究では、ネットワークを内部ネットワークと外部ネットワークに区別する。内部ネットワークは、センサデータやセンサノードへの設定変更指示などのようなセンサシステムに関係した通信以外を考慮する必要のないネットワークであり、具体的には、センサノード間やセンサノードとインターネットや LAN への入り口となる基地局との間のネットワークである。外部ネットワークは、センサノードから見て基地局から先のネットワークであり、具体的には、インターネットや一般的な LAN などである。ホストコンピュータは外部ネットワークに存在し、本研究ではこのホストを外部ホストと呼ぶ。外部ホストは、利用者からのサービス要求に基づきセンサノードから必要となる情報を取得する。センサノードは内部ネットワークに存在し、外部ホストに対して取得したデータを送信する。例えば、一般的な住宅内にいる観測対象者のセンサデータを住宅内に設置された PC 経由で取得し、利用者に見守りサービスを提供するシステムの場合は、センサノードか

ら住宅内に設置された PC までの部分が内部ネットワークとなる。

## 3. 研究の方法

本研究の目的を達成するためには、システムは以下の機能を有する必要がある。

(1) 外部ネットワークに対する通信量の削減：センサノードの場合、1 ノードあたりの送信データ量は小さくとも、ノードが大量に存在する、データの送信周期が短い、外部ネットワークの帯域が狭いといったような場合には、外部ネットワークに大きな影響を与えることになる。このため、外部ネットワークにデータを送信する前の段階で、データ量を削減することが必要である。

(2) センサノードの設定の動的な変更：必要以上に大量のセンサデータを取得した場合、センサノードとホストの双方に必要以上の負荷がかかる。特に、センサノードは簡単に充電可能な環境にあるとは限らないため、電力消費の大きい送信処理を抑えることが求められる。このため、サービスや環境に応じてセンサノードの設定を柔軟に変更する必要がある。例えば、動作推定において単に観測対象者が何らかの動作を行っているという情報だけが必要な場合であれば、加速度センサのサンプリング周期を長くし、詳細な動作の内容を必要とするサービスの場合はサンプリング周期を短くすることが考えられる。

(3) 高度なデータ解析・処理：多様なサービスが必要とする形式に大量のデータを加工するためには、パターン認識などの高度なデータ解析・処理が必要となる場合がある。一例として、Support vector machine を用いた観測対象の動作推定が挙げられる。このようなデータ解析・処理に対応するために、システムは高度なデータ解析・処理能力を持つ必要がある。また、様々なサービスに対応するためのセンサデータの解析・処理方針の設定を、利用者やシステム開発者が全て行うことは困難であるため、これらに必要な知識をシステムが自律的に獲得・変更する機能が必要である。

これら機能要件を満たすため、本研究では、センサノードの近傍に存在するホスト（中間ホスト）によるセンサデータ解析・処理手法とセンサデータを解析・処理するための知識の共有方式を提案する。提案手法の概要を図 1 に示す。

中間ホストによるセンサデータ処理では、センサノードから送られてくるデータは中間ホストに集められ、利用者へ提供するサービスに必要な解析・処理が行われる。これにより、外部ネットワークに対する通信量の削減と高度なデータ解析・処理を両立させるこ

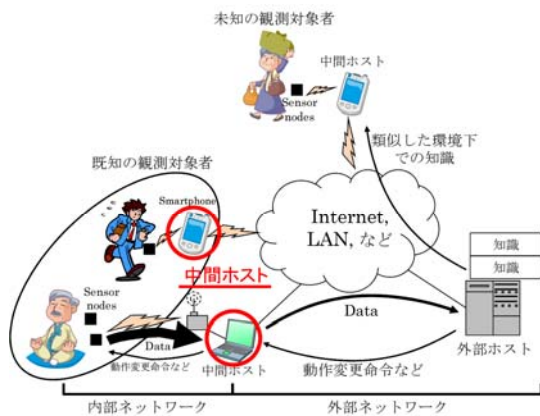


図1 提案手法の概要

とが可能になる。また、中間ホストからセンサデータ解析・処理に基づきセンサノードに設定変更を指示することにより、センサノードの設定の動的な変更も実現される。中間ホストによるセンサデータ解析・処理は、基本動作とセンサノードの設定変更、知識の共有処理の3種類からなる。

**基本動作：**中間ホストは、センサノードから所定の間隔で送信されてくるデータを受信し、外部ホストからの要求に基づくデータ解析・処理と外部ホストへのデータ送信を行う。

**センサノードの設定変更：**中間ホストは、センサデータの解析結果があらかじめ決められている条件を満たした場合に、センサノードの設定変更を指示する。

**知識の共有処理：**中間ホストはセンサデータを処理しつつ、その結果をその時の観測対象の環境と紐付ける。そして、その結果を外部ホストに蓄積する。外部ホストは、その知識が必要となった場合に必要場所（中間ホスト）に配置する。

以下で、システムの動作設計について述べる。

(1) **事前準備：**中間ホストは、外部ホストからの要求に基づきデータ解析・処理のための知識を用意する。この知識は、外部ホストから与えられる場合もあるが、中間ホストが用意しなければならない場合もある。未知の環境でデータ処理が必要となった場合には、中間ホストは、その処理の属性情報を外部ホストに送信する。また、事前になんらかのセンサデータを取得できる場合にはそれを取得する。一例として、観測対象者の動作推定の場合、この属性情報としては、観測対象者の年齢や性別、健康状態といった情報が考えられる。また、取得できる情報としては、加速度データや位置情報、動画などを用いた動作の特徴に関する情報などが考えられる。これを受信した外部ホストは、自身の持つデータ処理の履歴と新たに必要とされるデータ処

理の類似性を判断し、類似したデータ処理の履歴を決定する。そして、この履歴からデータ処理に用いる知識を作成する。外部ホストは、この知識を中間ホストに通知する。そして、この方針に基づき、必要であればセンサノードに設定変更を指示する。

(2) **基本動作：**基本動作は、必要なセンサデータを取得し、データ解析・処理を行った上で外部ホストに対して送信する動作であり、サービスの終了まで繰り返される動作である。

① **センサノードによるデータ取得・送信：**センサノードは中間ホストから指示された設定に基づき観測対象者の加速度データを取得し、中間ホストにデータを送信する。

② **中間ホストによるデータ解析・処理：**中間ホストは、事前準備で用意される知識を用いてセンサデータを解析・処理し、必要であれば外部ホストに対して動作推定の結果や処理したセンサデータを送信する。

(3) **センサノードの設定変更：**センサノードの設定変更は、事前準備や基本動作におけるデータ解析・処理の結果、中間ホストがセンサノードの設定変更が必要であると判断した場合に行う動作である。

① **センサノードへの設定変更指示：**中間ホストは、センサノードの設定変更の条件が満たされた場合に、センサノードに対して設定変更の指示を送信する。

② **センサノードにおける設定変更：**センサノードは、中間ホストからの指示に基づき、自身の設定を変更する。

(4) **新たな知識の作成と共有：**中間ホストは、データ解析・処理を行いつつ、その結果を蓄積する。そして、結果が新たな知識の作成に必要なだけ蓄積されると、中間ホストはその環境に対応したデータ解析・処理のための知識を作成する。この機能には、処理結果を蓄積するための記憶容量と知識の作成処理を行うための計算資源が必要となるが、中間ホストはある程度の性能を有している想定であるため、問題はないと考えられる。中間ホストの性能が不十分である場合は、外部ホストと連携しての処理も考えられる。また、中間ホストは、作成した新たな知識を共有のために外部ホストに送信する。

以上の処理の流れを図2に示す。

#### 4. 研究成果

本研究では、観測対象者の動作推定を題材として、提案手法の評価を行った。

実験環境を図3に示す。センサノードとしては、Oracle社のSun SPOTを用いた。本実験では、観測対象者の腰部にSun SPOTを同一の向きで固定した状態で実験を行った。Sun SPOTは、一定間隔毎に自身に組み込まれ

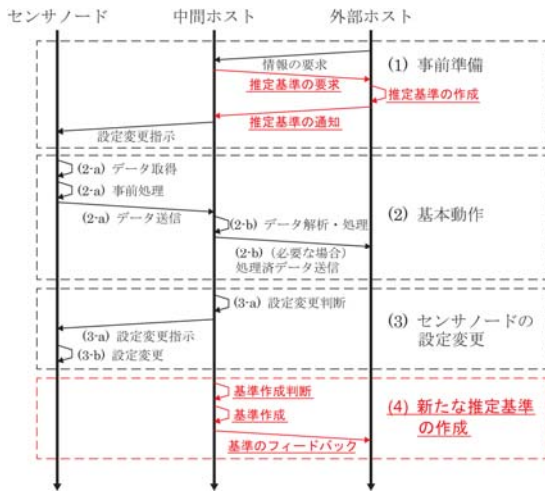


図 2 提案手法の処理の流れ

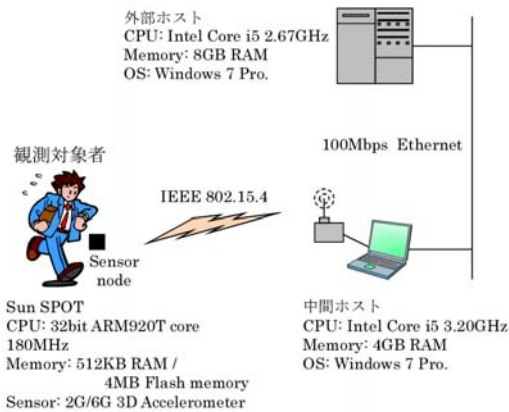


図 3 実験環境

た 3 軸加速度センサの値を取得する。

実験 1 では、機能要件のひとつである外部ネットワークに対する通信量の削減の観点から、提案手法の導入による効果を検証するため、動作推定処理を外部ホストと中間ホストで行った場合の内部ネットワーク、外部ネットワークに対するデータ送信回数を比較した。観測対象者は、階段上り、階段下り、停止、歩行の各動作を約 30 秒間ずつ行う。システムは、これらの動作を Support vector machine (SVM) を用いて推定する。

実験シナリオを以下に示す。

- (1) センサノードは 100ms 間隔で観測対象者の加速度データを取得する。
- (2) システムは①と②のそれぞれの条件でデータ解析・処理を行う。
  - ① 外部ホストでデータ解析・処理を行う場合、センサノードは取得したデータをそのつど基地局（中間ホスト）に送信する。中間ホストも同様に受信したデータをそのつど外部ホストに送信する。外部ホストは受信したデータから観測対象者の状態を推定する。
  - ② 中間ホストでデータ解析・処理を行う場

合、センサノードは取得したデータをそのつど中間ホストに送信する。中間ホストは、観測対象者の状態が遷移したと推定した場合のみ外部ホストにデータを送信する。

実験結果を図 4 と表 1 に示す。

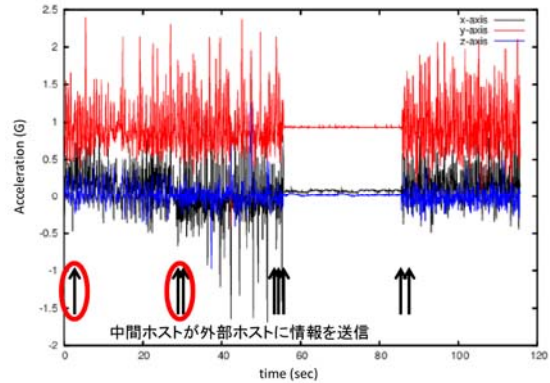


図 4 動作推定と送信タイミング例(実験 1)

表 1 ネットワークへの平均データ送信回数(実験 1)

	内部ネットワークへの送信回数	外部ネットワークへの送信回数
外部ホストで処理	1157 回	1157 回
内部ホストで処理	1175 回	8 回

図 4 は、中間ホストでデータ解析・処理を行った場合の加速度データと外部ホストへのデータ送信タイミングの対応を、実験のうちの 1 回を例として示したものである。表 1 の結果から、中間ホストにおいてデータ解析・処理を行った場合に外部ネットワークへのデータ送信回数が大きく減少していることが読み取れる。すなわち、機能要件である外部ネットワークに対する通信量の削減が実現されている。

実験 2 では、機能要件のひとつであるセンサノードの設定の動的な変更の観点から、提案手法の導入による効果を検証する。この実験では、中間ホストにおいて動作推定処理を行い、その結果に基づきセンサノードのデータ取得間隔を変更した場合と、一定の取得間隔でデータを取得した場合の、10 分間充電したセンサノードの稼働時間をシミュレーションにより比較した。観測対象者は、階段上り、階段下り、停止、歩行の各動作を約 30 秒間ずつ行い、これを繰り返すものとした。

実験シナリオを以下に示す。

- (1) センサノードは 100ms 間隔で観測対象者の加速度データを取得する。
- (2) システムは①と②のそれぞれの条件でデータ解析・処理を行う。
  - ① センサノードの設定を動的に変更しない

場合、実験1同様に、中間ホストにおいてデータの解析・処理を行い、その結果に基づき外部ホストにデータを送信する。

② センサノードの設定を動的に変更する場合、中間ホストにおいてデータの解析・処理を行い、その結果に基づき外部ホストにデータを送信するとともにセンサノードにデータ取得間隔の変更を指示する。本実験では、階段上り・下り状態と推定した場合は100ms、歩行状態と推定した場合は200ms、静止状態と推定した場合は5000msの取得間隔を指示する。実験結果を表2に示す。

表2 センサノードの稼働時間 (実験2)

	センサノードの稼働時間
データ取得間隔一定	46.21分
データ取得間隔変更	54.96分

表2の実験結果から、提案手法により約19%電力消費が抑えられていることが読み取れる。また、取得間隔を変更した場合でも動作推定の精度の低下は3%程度であり、提案手法が実現するセンサノードの設定の動的な変更は有効であると言える。

実験3では、機能要件のひとつである高度なデータ解析・処理の観点から、提案手法の導入による効果を検証するため、新たな観測対象者に対して、類似した観測対象者群から作成した動作推定基準を用いた場合と、全ての観測対象者から作成した動作推定基準を用いた場合の推定の正解率を比較した。本実験における観測対象者は、男性6名、女性5名の計11名である。実験では、まず類似した観測対象者群を、年齢から観測対象者A, B, C, D, E, Fの6名のグループとそれ以外の5名のグループの2グループに分割した。本実験では、このグループと歩行時の加速度データを用いて類似した観測対象者群を判定した。動作推定の基準を作成するために、実験前に11名の観測対象者から加速度データを取得し、11名の観測対象者の歩行、階段上り、階段下りの各動作に対し、類似した観測対象者群から作成した動作推定基準を用いた場合と、全ての観測対象者から作成した動作推定基準を用いた場合の推定正解率を比較した。例えば、Aが未知の観測対象者であり、B, D, Gと歩行時の加速度データが類似していた場合、類似した観測対象者群は年齢によるグループを加味してBとDの2名となり、この2名の加速度データから、動作推定基準が作成される。実験結果を表3に示す。

実験結果から、類似した観測対象者の基準を使用する、すなわちセンサデータ解析・処理に用いる知識の共有は、システムの動作にある程度効果的であることが確認された。

表3 動作推定の正解率 (実験3)

	正解率
類似した観測対象者の基準を使用	67%
全観測対象者の基準を使用	49%
自身の基準を使用 (参考値)	83%

以上の3実験から、本研究の提案手法である、センサノードの近傍に存在するホスト(中間ホスト)においてセンサデータを解析・処理する手法、およびセンサデータを解析・処理するための知識の共有方式は、大量のセンサデータが発生する環境下における、ネットワークの負荷軽減と高度なセンサデータ解析・処理の両立に有効であるという結論が得られた。

今後の課題として、全てのデータ解析・処理を中間ホストで行うのではなく、サービスやデータの種類・形式、ネットワークやセンサノードなどの端末のスペックや状況を考慮したデータ処理場所の決定などを考慮する必要がある。

## 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8件)

- ① Shintaro Imai, Mariko Miyamoto, Yoshikazu Arai, Toshimitsu Inomata, Sensor Data Processing Method Based on Observed Person's Similarity for Motion Estimation, Proc. of the 27th IEEE Int. Conf. on Advanced Information Networking and Application Workshops, 査読有, 2013, pp. 601 - 606.
- ② 今井信太郎, 宮本真梨子, 新井義和, 猪股俊光, 観測対象者の類似性を利用した動作推定のためのセンサデータ処理手法の一検討, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ2012 論文集, 査読有, Vol. 2012, 2012, pp. 162 - 168.
- ③ Shintaro Imai, Mariko Miyamoto, Yoshikazu Arai, Toshimitsu Inomata, A Data Processing Method for Motion Estimation Considering Network and Sensor Node Loads, Proc. of the 11th IEEE Int. Conf. on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI\*CC 2012), 査読有, 2012, pp. 356 - 362.
- ④ 今井信太郎, 新井義和, 猪股俊光, 加速度センサを用いた動作推定のためのデータ処理手法の一検討, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 2011

論文集, 査読有, Vol. 2011, 2011, pp.  
140 - 146.

〔学会発表〕 (計 8 件)

- ① Shintaro Imai, Sensor Data Processing Method Based on Observed Person's Similarity for Motion Estimation, The 27th IEEE Int. Conf. on Advanced Information Networking and Application Workshops, 2013 年 3 月 28 日, バルセロナ (スペイン) .
- ② 今井信太郎, 観測対象者の類似性を利用した動作推定のためのセンサデータ処理手法の一検討, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 2012, 2012 年 10 月 18 日, 松山.
- ③ Shintaro Imai, A Data Processing Method for Motion Estimation Considering Network and Sensor Node Loads, The 11th IEEE Int. Conf. on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI\*CC 2012), 2012 年 8 月 23 日, 京都.
- ④ 今井信太郎, 加速度センサを用いた動作推定のためのデータ処理手法の一検討, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 2011, 2011 年 10 月 6 日, 十和田.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

今井 信太郎 (IMAI SHINTARO)  
岩手県立大学・ソフトウェア情報学部・講師  
研究者番号 : 5 0 5 1 0 2 6 0