

高齢者見守りネットワークのための 宅内センサデータ処理手法の設計と実装

新村 正明^{1,a)} 中正 和久² 和崎 克己^{1,b)} 下井 信浩³

概要：誰もが安心して住み続けることができる地域社会を実現するために、高齢者等の見守りネットワークの構築が急務となっている。著者らは、高齢者等見守りネットワークを目的とした「複合センサを用いた地域型独居高齢者生活サポートシステムの研究開発」において、就寝時見守りを目的としたベッドモニタ・枕センサの開発や動体検知センサ、リモコン等のトリガー情報などとの組み合わせによる見守りシステムの提案・開発を行っている。この見守りシステムでは、宅内端末において、枕の揺動による緊急通報動作の検知、ベッドモニタ・枕センサ データからの対象者の状態推定、中央サーバへのログ情報の送信等の処理を行うこととなっている。しかし、研究の進行により、収集するデータや、宅内端末での処理の増加が見込まれる。そこで本稿では、見守りシステムの開発において、必要とするデータの粒度・量の異なるデータ処理群に対し、センサーからのデータをそれぞれの処理に適切に供給する汎用的なデータ処理プラットフォームの提案と実装を行った。

Design and Implementation of Information Processing Method for In-home Sensor in The Elderly Monitoring Network

NIIMURA MASAAKI^{1,a)} NAKASHO KAZUHISA² WASAKI KATSUMI^{1,b)} SHIMOI NOBUHIRO³

1. はじめに

誰もが安心して住み続けることができる地域社会を実現のため、高齢者等の見守りネットワークの構築に関する様々な研究開発 [1], [2], [3], [4] が行われている。

著者らは、「複合センサを用いた地域型独居高齢者生活サポートシステムの研究開発」として、就寝時見守りを目的としたベッドモニタ・枕センサの開発 [5], [6] や、宅内センサ・エージェント MaMoRu-Kun の提案・開発 [7] などにより高齢者等見守りネットワークシステムの構築に関する研究を行っている。このシステムの概要を図 1 に示す。

このシステムでは、宅内に設置されたセンサ群からの

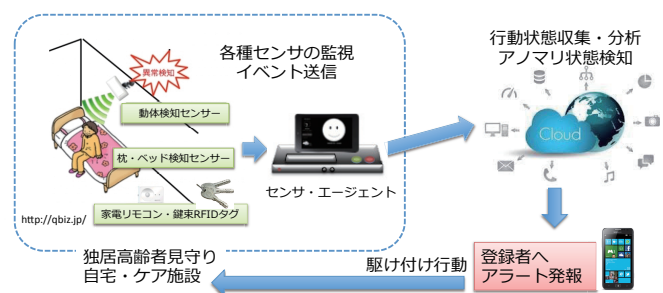


図 1 見守りネットワークの概要

Fig. 1 Information processing flow in In-home Agent

データを宅内エージェントが一時処理し、このデータを受信したクラウド上に設置された監視サーバが、対象者の行動状態収集・分析と異常状態検知を行い、必要に応じてアラート発報を行う構成となっている。

宅内エージェントが一時処理は、センサからの生データをクラウド上のサーバに直接送るにはデータ量や頻度が多すぎるなどから、行動状態収集・分析と異常状態検知

¹ 信州大学
Shinshu University, Nagano, Nagano 380-8553, Japan
² 大阪大学
Osaka University
³ 秋田県立大学
Akita Prefectural University
a) niimura@cs.shinshu-u.ac.jp
b) wasaki@cs.shinshu-u.ac.jp

に必要な質・量に変換して、サーバにデータを送信するために行っている。

このようなシステム構成は、IoT 技術によるセンサデータ収集では一般的な方法である。しかし、研究の進展や実運用にむけた量産化の検討においてセンサの種類や数が変更されることや、行動状態収集・分析と異常状態検知において必要とされるデータの種類の質・量が増えることが大いに考えられる。

そこで本研究では、センサ群からの生データの一時処理を行う汎用的なデータ処理プラットフォームの構築を行った。

2. 研究・開発の目的

本研究の見守りシステムでは、観測項目として (1) 就寝・起床の別, (2) 在宅・外出の別, (3) テレビ・エアコンなどの操作・使用状況, (4) 宅内で移動している頻度, (5) 寝たきり状態で無いことの確認, (6) 緊急通報の有無 を設定し、これらの観測のために、枕センサ、ベッドセンサ、PIR 動体センサ、家電用リモコン赤外線データ受信モジュール、鍵タグセンサを使用している。

また、見守りシステムからの出力としては、緊急通報時の即時アラート発報、平時の生活パターンからの逸脱に対する駆け付け対応のための通報がある。これらの実現するために、緊急通報時については、その緊急性から宅内エージェントで検知を行うが、平時の生活パターンからの逸脱の検知については監視サーバ側で判定するものとし、判定に必要なデータを監視サーバに送信している。

これらの処理の関係を図 2 に示す。センサ群のデータは、PIR 赤外線動体センサ、家電リモコンの赤外線データ受信モジュールのように、センサでの感知がそのまま意味のあるデータとして利用できるものと、枕センサやベッドセンサのように生データでは情報量が多すぎることから簡単な判定処理を経なければ利用できないデータがある。

さらに、各処理については、緊急通報については枕の揺動をリアルタイムで監視すること、就寝・起床判定については、枕・ベッドセンサからの直近 1 秒のデータを用いること、サーバへの送信は、インターネット経由での送信のオーバーヘッドを考慮した送信間隔でまとめて送信するなど、処理毎に必要なとさせるデータ蓄積量が異なっている。

上記の例は現時点での宅内エージェントの処理であり、今後の研究の進展によっては、処理内容の変更に伴うデータ数・種類の変更や、新規のセンサ・処理の追加が見込まれる。したがって、センサからのデータとその処理の組み合わせによりシステム構築を行う方式では、システム構成が煩雑となるほか、修正や機能追加によっては新たな組み合わせの処理が必要となり、変化への追従することが困難になると予想される。

そこで、見守りシステムの宅内エージェントにおいて、

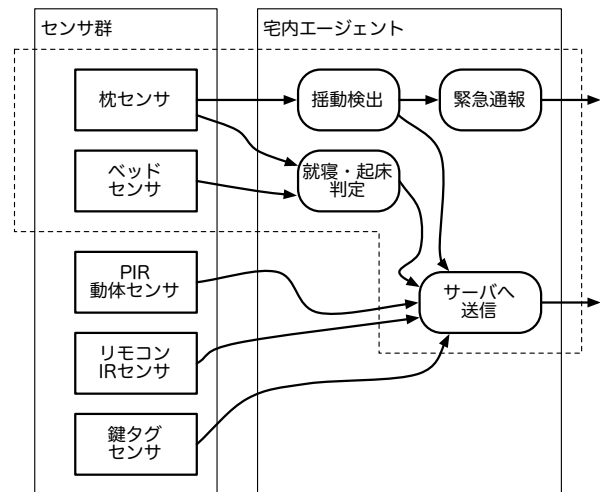


図 2 宅内エージェント内のデータ処理

Fig. 2 Information processing flow in In-home Agent

センサからのデータとその処理を汎用的に行うフレームワークの開発を行うこととした。

3. 提案

前章で述べた、宅内エージェント内のデータ処理についての要件を一般化すると、以下の通りとなる。

- (R1) 1つのセンサのデータが複数の処理に用いられる
- (R2) 1つの処理に複数のセンサからのデータが用いられる
- (R3) 処理毎に必要なとされる過去のデータ量が異なる
- (R4) センサが追加される場合がある
- (R5) 処理が追加される場合がある

この要件を満たすシステム構成を以下に提案する。図 3 に、そのシステム構成を示す。

3.1 処理プロセスの分離

先の要件を満たすために、まず、センサからのデータ受信と、データ処理を分離し、かつ、センサ毎・データ処理毎に処理プロセスを分離することとする。このように、各々の処理を別プロセスで行うことで、センサの追加や処理の追加にも柔軟に対応することができ、要件 (R4) (R5) を満たすことができる。また、センサからのデータを、必要に応じて複数のデータ処理に振り分けることで、要件 (R1) を満たすことができる。

ここで、センサからのデータ受信については、センサとのデータ通信方法に依存することになる。すなわち、センサ=コンピュータ間が I2C 等のシリアル通信で行われる場合には、シリアル通信処理プログラムをベースとしたデータ受信プロセスが必要とある。このため、データ受信プロセスは、センサ毎ではなく、センサとのデータ通信方法毎のプロセスとして実装されることになる。

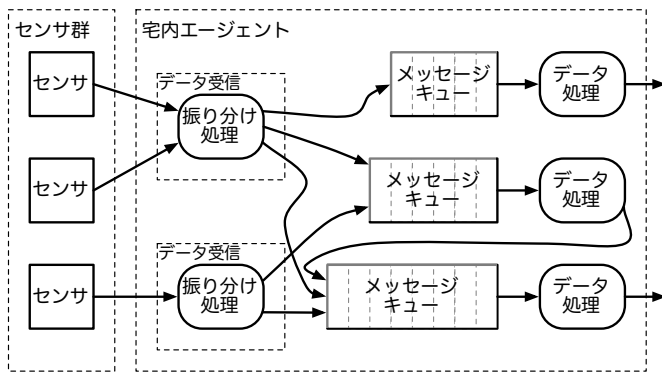


図 3 データ処理手法の提案

Fig. 3 Proposal Method of the Information Processing

3.2 メッセージキューの設置

前節で、データ受信とデータ処理を別プロセスにするよう提案したことから、プロセス間でのデータのやりとりが必要となる。そこで、各データ処理の前に、そのデータ処理に必要な長さをもつプロセス間通信用のメッセージキューを配置することとする。

このメッセージキューも独立したプロセスとし、複数のプロセスからデータの受け入れが出来るようにすることで、要件 (R2) を満足することができる。

さらに、データ処理毎にメッセージキューの長さを変えることで、要件 (R3) を満たすことができる。

たとえば枕の揺動検知による緊急通報処理の場合、リアルタイム性が要求されることから、検知に必要なデータが貯まる都度、検知処理を行う必要がある。そこで、メッセージキューの長さを、検知に必要なデータ量とすることで、必要最低限のデータ蓄積が実現できる。同様に、サーバへのデータ送信についても、インターネット経由での送信オーバーヘッドを考慮した通信間隔に基づいてメッセージキューの長さを指定することで、必要最低限のデータ蓄積が実現できる。このように、メッセージキューに必要なデータが蓄積される都度に処理を行うという方式でデータ処理プロセスを構成することができるようになるため、データ処理プロセスのプログラム構成を簡略化することも可能となる。

以上により、本提案で要件をすべて満足することが可能となった。

4. 試作

本提案に基づき、見守りシステムの宅内エージェント内データ処理の実装を行った。要件 R1,R2,R3 が満足しているかの判定を行うため、図 2 の破線部を実装の範囲とした。図 4 に実験機器の構成を示す。

今回の試作では、先行研究で開発された宅内エージェントと並列する形で、別のコンピュータシステムにより実装を行った。試作後は、先行研究の宅内エージェントに統合



図 4 試験の機器構成

Fig. 4 Equipments of Experiment

する予定である。

試作に用いた処理用コンピュータシステムには RaspberryPi 3 Model B を使用した。現時点では、センサからは 50Hz で 10 点のデータが送られてくる程度であり処理能力には余裕がある。

4.1 処理プロセスの分離

処理プロセスの分離については、データ処理用コンピュータにマルチタスク機能を持つ OS を利用し、OS 機能により多プロセスの同時実行を管理させることとした。

そこで、マルチタスク OS として Linux を用いることとし、RaspberryPi 用の Linux ディストリビューションの 1 つである Raspbian Jessie を用いた。

この Linux 上で、各処理を別々のプログラムとして開発し、同時に実行することで並列処理を実現した。

4.2 メッセージキュー

メッセージキューについては、オープンソースソフトウェアである Redis を使用した。

Redis はデータベースサーバの一種であるが、文字列のリストを保持する機能を有しており、このリストを先入れ先出しで扱うことでメッセージキューとして利用することができる。また、データベースサーバであることから、プロセス間通信もしくはネットワーク通信でのデータ送受信をサポートしているほか、メモリ上でデータ管理を行うよう設計されており、本提案で必要とされる高速・少量のプロセス間データ送受信が容易に実現できる。

さらに、Redis を扱うためのライブラリが、多くのプログラミング言語で用意されており、データ受信やデータ処理の各プロセスを、それぞれ別のプログラミング言語で記述することが可能となる。このように、多くのプログラミング言語がサポートされていることにより、各プロセスの

処理に最適なプログラミング言語を選択することができ、開発効率の向上にもつながる。

4.3 データ受信

データ受信に関しては、前章で述べたとおり、センサとのデータ通信方式に依存した実装となる。今回の実装では、先行研究 [7] で用いた ZigBee によるセンサとのデータ通信についての実装を行った。

図 4 内の説明に示すように、データは ZigBee 経由で受信する。図中のセンサは枕用 3 軸加速度センサであり、20ms 毎に各軸の加速度が送信される。また、この他に 5 チャンネルの加重センサの値も、20ms 毎に同じ ZigBee 経由で送信される。

ZigBee についてはシリアル通信のサポートレイヤが Linux にあることから、通常のプログラミング言語での実装が可能である。今回は Perl による実装を行った。

4.4 データ処理

データ処理については図 2 に示した、揺動検知、就寝・起床判定、サーバへの送信の 3 つの処理を実装した。

枕の揺動検知については、加速度データから FFT により特定の周波数を検出することで行うこととし、Perl により実装した。また、メッセージキューの長さは FFT に必要なデータ長を設定した。

就寝・起床判定については、枕およびベッドのセンサから人の動きによる振動を検出し、ベッドの上にいるかどうかの判定を行う処理を実装した。この処理には 1 秒分のデータが必要になることから、バッファの余裕をみて、2 秒分のデータの蓄積が可能な長さのメッセージキューを用意した。この実装には、動き検知のプログラム作成実績のある Python を用いた。

サーバへの送信については、各処理での判定結果をインターネット経由でサーバに送信する処理であるが、サービスのクラウド化を考慮し、サーバ接続での実績の多い HTTP でのデータ送信を行うこととした。このため、HTTP クライアントを基とした処理を行うこととし、Perl により実装した。また送信間隔は、HTTP によるデータ送信のオーバーヘッドと、サーバ側でのデータ受信の遅延を航路し、5 秒毎にデータをまとめて送信することとした。これにより、メッセージキューも 5 秒分のデータが蓄積可能な長さに設定した。

4.5 動作確認

サーバ側で、受信した結果を簡易的に可視化するプログラムを作成し、試作したシステムの動作確認を行った。図 5 にデータ収集結果を示す。

図中の BED PIL は、それぞれベッド、枕センサからのデータの分析結果を時間毎に示している。青はセンサは動

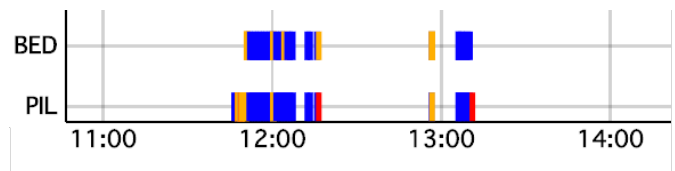


図 5 データ収集結果

Fig. 5 Result of Data Collection

作しているが動きの検知がない状態を、黄色は動きの検知を表している。また枕に関しては、赤で揺動の検知（緊急通報）を表している。

このように、それぞれ独立して開発したデータ受信・データ処理プロセスが連携して動作することが確認された。

5. おわりに

本研究では、見守りシステムの宅内エージェントにおいて、センサからのデータ受信とその処理を汎用的に行うフレームワークとして、処理プロセスの分離と、プロセス間の連結と必要とされるデータ用の差の吸収のためのメッセージキューの導入を提案した。また、この提案に基づくシステムの試作を行い実現可能性の検証を行った。

今後は、WiFi をよるセンサとのデータ通信などの追加により、本提案の有効性を検証している予定である。

謝辞 本研究は、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) 152302001 によって実施された。

参考文献

- [1] 小川充洋, 田村俊世, 戸川達男: 在宅健康モニタリングのための生体パラメータの自動計測システム:1 ヶ月連続測定実験, 信学技法 (MBE), 98(95), 2328 (1998).
- [2] 田村俊世, 小川充洋, 依田美紀子, 戸川達男: 在宅での健康モニタリングのための完全自動計測法の開発とその評価, 電学論 (C), 118(7), 993998 (1998).
- [3] 関弘和, 堀 洋一: 高齢者モニタリングのためのカメラ画像を用いた異常動作検出, 電学論 (D), 112(2), 182188 (2002).
- [4] 国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (AMED) ロボット介護機器開発・導入促進事業, <http://robotcare.jp/>
- [5] 下井信浩, 間所洋和: 3 軸加速度計とピエゾ荷重センサを用いたベッドモニタリングシステムに関する研究, 計測自動制御学会論文 集 49(12), 10921100 (2013).
- [6] 間所洋和, 下井信浩, 佐藤和人: 非拘束性と QOL を考慮した離床予測センサシステムの開発, 信学論, J96-D(12), 30553067 (2013).
- [7] 和崎克己, 新村正明, 下井信浩: 高齢者見守りネットワークに用いる宅内センサ・エージェントの機能と設計, 第 32 回ライフサポート学会大会, 3P1-D05, 562565 (2016).