

設置が容易なワイヤレスセンサネットワークのための インターフェースと異常検知手法の提案

Prototyping and evaluation of a wireless sensor network that aims easy installation
and Interface for Easy Programming

大塚 孝信*¹
Takanobu Otsuka

Kwai-Jay Lin*²
Kwai-Jay Lin

伊藤 孝行*³
Takayuki Ito

*¹名古屋工業大学大学院 情報工学専攻

Department of Computer Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology

*²カリフォルニア大学 アーバイン校

University of California, Irvine

*³名古屋工業大学大学院 産業戦略工学専攻

Master of Techno-Business Administration, Nagoya Institute of Technology

The existing wireless sensor networks (WSNs) require specialized knowledge and skills to install the sensor devices in environments such as houses and buildings, and also to operate the software to manage the entire WSNs. We have developed a flexible WSN hardware based on small sensor devices that can be easily installed. In this paper, we focus on software development for flexible WSNs. As like the sensor devices, the existing WSNs software require specialized knowledge and skills to manage and use. Generally, the existing WSNs can not be connected to the other products or environment of wireless standards. Therefore, we integrate WuKong (M2M framework of GUI programmer and manage WSN node) with easy installation WSNs. This paper proposes some of the integration designs that make the software be more flexible and can be usable for users.

1. はじめに

近年, M2M やワイヤレスセンサネットワークに代表される, 遠隔地や大量のセンサ情報を統合することでホームネットワーク機器の協調動作や, スマートホームの制御に適用する研究や製品が広く存在する. しかし, 従来の環境では特定の機器や環境向けにカスタマイズされていることが多く, 異なるセンサの接続や類似した機器を用いていてもソフトウェアの更新が不可能であることが多い. 我々は, 一般ユーザーでも容易に構築可能なセンサプラットフォームの開発を行っている. また, 身近な問題である高齢化社会を題材として一般ユーザーにも設置が簡単に行え, かつ運用も容易に行うことが出来る高齢者みまもり用途のワイヤレスセンサネットワークを開発した. そして, 開発したワイヤレスセンサネットワークを研究室内で稼働させ, 通常の行動とは異なる異常を検出する研究を行っている. 我々は, ベイジアンネットワークを用いた提案手法により実際には実現不可能な移動パターンををノイズデータと定義することで, 高い精度で異常検知を行うことができるシステムの試作を行っている [8].

一般ユーザーがワイヤレスセンサネットワークを容易に扱うための課題として, プログラミングが必要であることが挙げられる. 我々は, GUI ベースで容易にプログラミング可能であるとともに, 同一センサネットワークに接続したノード情報を自動識別し, ワイヤレスでノードに書き込まれたアプリケーションをアップデートすることで多様なセンサの接続とネットワーク内のセンサ情報を自由に選択できる WuKong[1] と我々の開発したセンサノードの統合を行っている. 我々が開発した, 置くだけで設置が完了するセンサノードと統合することで一般ユーザーでも容易に運用が出来ると考えている.

本稿の構成を以下に示す. まず, 2 章で本研究と関連する先

行研究を紹介し, 本研究の位置づけを示す. そして, 3 章で試作したセンサネットワークについて述べる. その後, 4 章においてセンサネットワークのプログラム容易化の必要性和 WuKong システムについて説明し, 5 章において WuKong との統合について述べる. そして最後に, 6 章で本稿のまとめと今後の課題を示す.

2. 関連研究

2.1 センサネットワークと異常検知

防犯分野で異常を検知するシステムは多く提供されている. 代表的なのがセコム株式会社の提供するセコム・ホームセキュリティシステム [3] である. 以上のシステムは主に侵入経路と生活空間に設置された人感センサ, 窓や玄関などに設置された開閉センサ, 警備会社への通報ユニットで構成されている. 高齢者見守りの分野でも多くのサービスや研究があり, 高齢者宅に設置された電気ポットを用いて電気ポットがいつ使われたかといった情報を親族に通知するサービス [2], 人感センサを用いて高齢者の行動パターンを分析し, 異常時に通報を送るシステム [4], などがある. 以上のサービス・研究の問題点として専用品を用いているため一般的にコストが高く, 設置には専門的な知識を必要とするため, 一般ユーザーが気軽に導入できるものは少ない. また, センサを用いてセンシングしたデータやクレジットカードの使用履歴など様々なデータを解析することにより異常検出を行う Anomaly Detection[6] と呼ばれる研究が多く研究されている. 実際に運用されているシステムとしては, コンピュータ・ネットワーク上のハッキングされたコンピュータが不正に機密データを送信していることを意味する異常なトラフィックパターンの検出 [7] などが研究されている. 以上の研究の特徴として異常状態と正常状態の定義がしやすいことが挙げられる. 一方, 我々は独居高齢者における異常は通常の生活パターンの中での異常を検知することを目標としている. そのため, 通常の生活の中における境界が決定しづらい状況

連絡先: 大塚孝信, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市昭和区御器所町, otsuka.takanobu@nitech.ac.jp

の中で異常と正常の境界を設定する必要がある。本研究では、単純な人感センサのデータによる異常検知を行うため、SVMを用いることとした。更に、ノイズデータをベイジアンネットワークを用いた手法により除去することで、異常検知精度が向上することを確認している [8]。

3. 運用が容易なセンサネットワークの開発

我々は、一般ユーザーでも容易に運用できるシステムを目指し、独自にワイヤレスセンサネットワークシステムの設計・開発を行った。センサユニットは電池駆動、無線通信が可能で人感センサを搭載し、置くだけで設置が完了する。受信ユニットには、マイクロプロセッサを内蔵しており、センサ ID と検知時刻を統合してサーバーへ送信する。以上により、センサユニットに関しては置くだけで設置が完了するワイヤレスセンサネットワークシステムを開発した。

受信ユニットはセンサユニットから送信される情報と ZigBee モジュールが個々に持つ 64bit アドレスをサーバへ送信する。サーバは受信したデータを web ページを通して表示し、ユーザがセンシング状況を閲覧することを可能としている。

システムの概要を図 1 に示す。

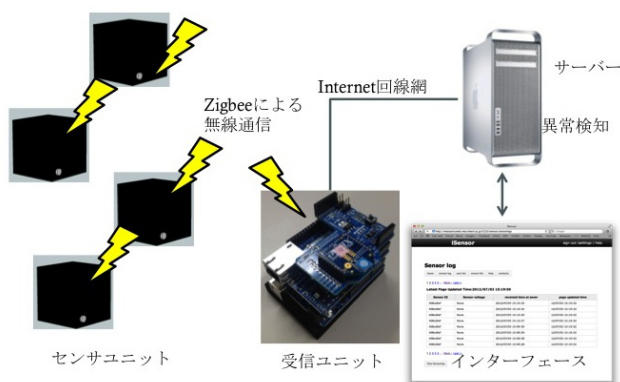


図 1: システム概要図

また実際にセンサユニットを設置する際には回路基板を筐体に格納して設置を行う。使用する筐体も事前実験での知見 [5] からアクリル製 75mm 角の黒い立方体を用いて設置が容易な構造としている。筐体の外観と内部の写真を図 2 に示す。

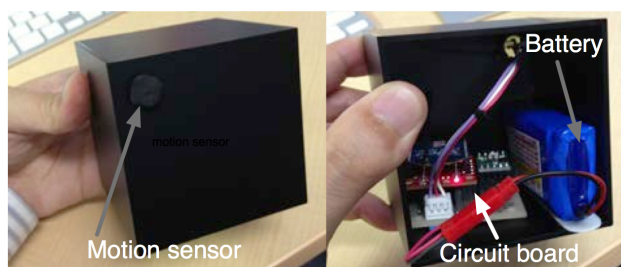


図 2: センサユニット筐体外観図, 内部図

センサユニットの構成を以下に示す。

- Zigbee モジュール (Digi Corp. Xbee S2B)

- Motion センサ (Panasonic Corp. Motionsensor Napion シリーズ)
- DC-DC コンバータ (Linear Technology Corp. LTC3105)
- Li-バッテリー (S.T.L Japan Corp. LI-3400SP 3.7V4000mAh)

現在はユニバーサル基板に実装しているため回路基板が大きく、それに比例して筐体サイズが大きくなっている。我々は専用の回路基板を設計することで更なる小型化を目指している。また、低消費電力の DC-DC コンバータを用いることで低消費電力を実現している、これによりバッテリーでの稼働時間を延ばすことができた。本 DC-DC コンバータは 250mv と超低電圧からの入力が可能となっており、主に環境発電 (エナジーハーベスト) や太陽光発電モジュール向けに設計されている。具体的には、振動発電や小型の太陽光発電モジュールからの超低電圧の入力にも耐える製品であるため、将来的には内蔵バッテリーだけでなく微小な振動発電装置や太陽光発電モジュールなどのユニットとのハイブリッド構造とすることで稼働時間を延ばせるよう採用している。

更に、センサユニットは通常スリープ状態になっておりセンサからの入力により起動し受信ユニットへセンシング情報を送信している。この機能も低消費電力を実現するために実装している。これらの機能を実装することで現時点では 2ヶ月の連続動作が可能となっているが、最低でも 1 年間の連続稼働を目指し Zigbee の低消費電力設定に加え太陽光パネル等の発電装置とのハイブリッドモデルを計画している。

4. WSN 管理容易化のためのインターフェース

4.1 ワイヤレスセンサネットワークのプログラム

ワイヤレスセンサネットワークにおける設置の問題については我々の開発したセンサネットワークを用いることで、解決できると考える。しかし、異なるセンサを接続する場合や、異なるサーバへセンシングデータを送信する場合、受信ユニットに用いている Arduino プロセッサのプログラムを書き換える必要がある。Arduino に用いられているプログラムは C 言語により記述されており、一般ユーザが容易に書き換えることは困難である。

Arduino 開発環境にて記述されたソフトウェアは、Arduino ボードと USB もしくはシリアルケーブルにて接続され、内蔵されたマイクロプロセッサのプログラムを変更することができる。しかし、センサの種類の設定や特定のセンサ情報により電源を入れる等の制御の変更は全てプログラムの書換えが必要であるため、機器を追加するたびにプログラムの書換えが必要のため、大規模なセンサネットワークのプログラムには高度な技術が必要とされる。そこで、我々はカリフォルニア大学アーバイン校と共同で GUI ベースで容易にプログラミング可能であるとともに、同一センサネットワークに接続したノード情報を自動識別し、ワイヤレスでノードに書き込まれたアプリケーションをアップデートすることで多様なセンサの接続とネットワーク内のセンサ情報を自由に選択できる WuKong (ウーコン) を用いてワイヤレスセンサネットワークの再プログラミングを容易に実現できるシステムの開発を進めている。また、WuKong に使用される WuDevice だけではなく我々の開発したセンサノードを接続することで、多数のセンサノードからの情報を容易に扱うことのできる環境を目指している。

4.2 フローベースプログラミング環境ソフトウェア WuKong

WuKong の最大の特徴は、GUI によるプログラミングが可能なることにより、センサノード及び制御ユニットに用いる WuDevice を用いることでワイアレスでのプログラムのインストールや接続したセンサの情報簡単に得ることが出来る [1]。WuKong のシステムは VM 上に構築されており、GUI 環境においてセンサネットワークのプログラムを行う Flow Based Programming IDE (FBP プログラマ) と FBP プログラマの情報により WuDevice に適したコードを生成する Code Generation モジュールから成っている。FBP プログラマと Code Generation モジュールからの情報は Master モジュールに送信され、WuDevice 上で実行される。WuDevice は ZWave 通信モジュールによって Device 間の無線通信を可能としており、計算機に接続されたマスターノードより子ノードへのプログラムが可能である。また、子ノードに接続されたセンサ情報はネットワーク内に存在するノード全てが利用可能である。WuKong のシステムを図 3 に示す。

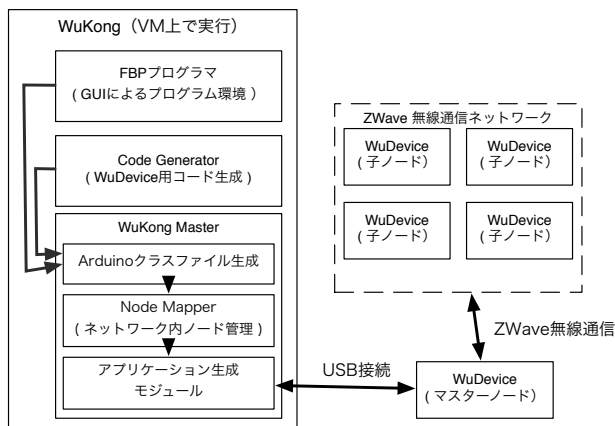


図 3: WuKong のフレームワーク

FBP プログラマでは GUI を用いてセンサや制御プログラムのブロックをノードで接続することにより各種設定が可能となっている。FBP プログラマによるプログラム例を図 4 に示す。本プログラム例では WuDevice に接続された光センサを用いて電灯を入切させるプログラムを示している。光センサからの情報は Threshold モジュールにパラメータとして入力され、Numeric Controller により光センサの情報を値として Threshold モジュールで制御させている。Threshold モジュールは光センサの入力により電源を入れる、切る動作の選択と動作遅延等の制御情報をプログラムできる。Threshold モジュールにより処理された信号で Light Actuator (リレー出力) をコントロールすることで電灯の入切を制御している。また、本図では 1 つの Device 内での処理を表しているが、同一ネットワークに接続された他のデバイスのセンサ情報を読み込むことで、隣の部屋にある光センサの情報によって light Actuator を動作させるといったことも容易に実現可能である。また、現状では光センサと温度センサ及び、湿度センサを接続可能であるが、今後はより多くのセンサに適したプロファイルを実装していく。

以上のように、センサノード機器の設置容易化だけでなく、センサネットワークのプログラムを WuKong により容易化する

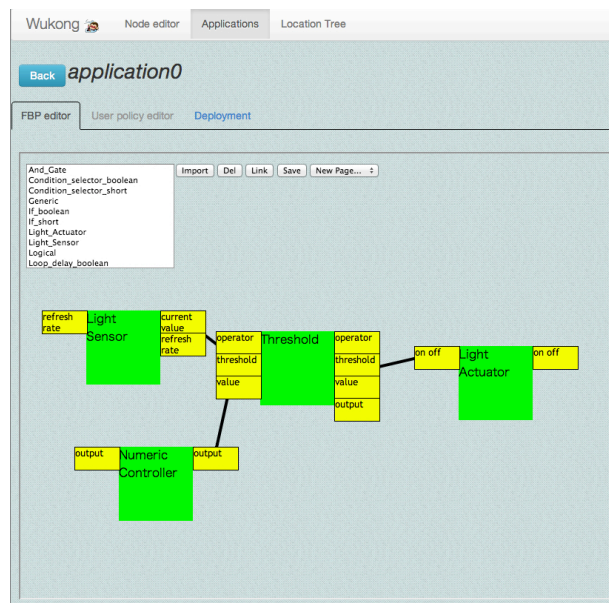


図 4: FBP プログラマのインターフェース

ることによって、一般ユーザーでも容易に運用可能なワイアレスセンサネットワークが実現できる。

また、WuDevice に接続されたセンサ情報だけでなく、我々の開発したセンサノードの情報も統合することで、センサノード群の大規模化を容易に行えるよう共同研究を進めている。

5. WuKong との統合

我々は、WuKong と他センサプラットフォームへの統合を実現を目標として、我々のセンサネットワークと WuKong の統合を行っている。まず、現在の WuDevice は ZWave 通信形式のみのサポートのため、Zigbee 通信環境を追加する。そして、我々のセンサシステムと WuKong を統合する。我々の開発したセンサノードは電源の設置も不要であり、小型であることから設置の制約が少なく、センサノードの大規模化を容易に実現できる。WuKong と Zigbee センサノードを統合することで以下の利点が得られる。

- センサノードの大規模化が容易
- センサノードの追加や削除といった管理が容易
- センサネットワークに必要なプログラム工数の削減

以上のように、WuKong との統合を行うことによりセンサネットワークの管理や運用に必要な労力を減らすことが出来る。

現状、2つの案があり、A 案は我々のセンサネットワークの構成はそのままに、マスターノードに設定された WuDevice と受信ユニットをシリアル通信にて接続して接続する方法、B 案は、マスターノードに設定された WuDevice に Xbee 通信モジュールを搭載することで、直接センサノード群に接続された情報の利用や、必要な時にのみセンサ情報を読み込む等の制御を可能にするものである。各案のシステム構成図を A 案については図 5 に、B 案については図 6 に示す。

A 案の特徴としては、既存のセンサネットワークを変更せずとも WuKong フレームワークでの情報の利用が可能となる

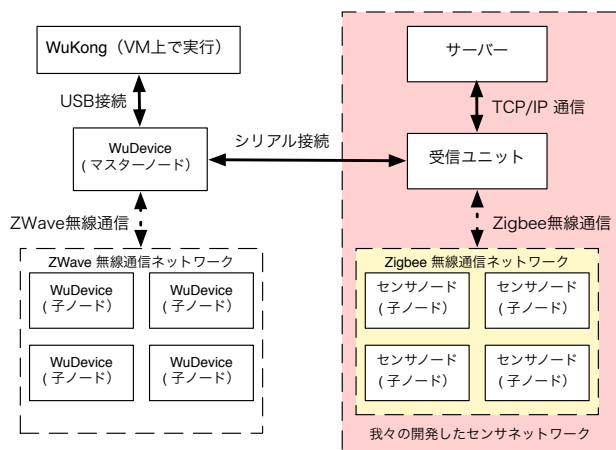


図 5: 他プラットフォームとの接続を目的とした構成 (A 案)

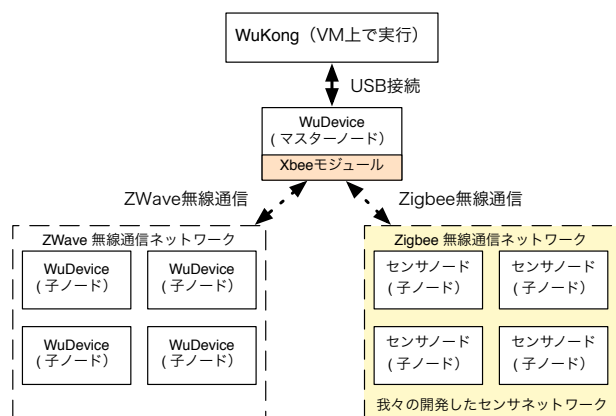


図 6: Zigbee センサノードの制御を目的とした構成 (B 案)

ため、我々のセンサネットワークだけではなく、他製品などとの連携が容易に行えることにある。本案を実現すれば多くの製品に搭載されている動作確認用のシリアルポートに接続することで有線や無線を問わず、センサデータを利用する目的のみであれば問題ない。B 案の特徴としては Zigbee を利用したセンサ群の情報の利用と制御が可能である点である。WuDevice に直接 Xbee モジュールを搭載することで、Zigbee を用いたセンサネットワーク群を比較的簡単に統合出来る。また、接続したセンサ群の情報を WuKong で利用するだけではなく、WuKong フレームワーク上から制御することを目標としている、具体的には、WuKong フレームワークから直接、無線通信を利用して Xbee の設定を書き換えることで他のセンサを接続した際の設定作業を行う、必要な時のみセンサノードを遠隔操作によりスリープから解除させることで電池消費量を削減させるなどの実現を目標としている。これらを実現することにより、現状の固定されたネットワークと比較してノードの追加や削除を自由に行うことが出来る、柔軟なワイアレスセンサネットワーク環境が実現できる。

6. まとめと今後の課題

本論文ではワイアレスセンサネットワークの運用を容易化するために、ワイアレスセンサネットワークの機器の試作というハードウェア側のアプローチだけではなく、GUI ベースで容易にプログラミング可能であるとともに、同一センサネットワークに接続したノード情報を自動識別し、ワイアレスでノードに書き込まれたアプリケーションをアップデートすることで多様なセンサの接続とネットワーク内のセンサ情報を自由に選択できる WuKong を紹介した。現状では、電源の必要な WuDevice によるセンサ情報のみを利用可能であるが我々の開発したセンサノードを接続することで、より多くのセンサ情報を利用可能とすることで大規模なセンサネットワークを構築することとしている。機器とプログラム環境を更に容易化することにより、一般ユーザーが自由に扱うことの出来るホームオートメーション機器やスマートハウスへの適用。更に、独居高齢者のみまもりなどの分野への応用を目指している。

謝辞

本研究の一部は、内閣府の先端研究助成基金助成金（最先端・次世代研究開発プログラム）により助成を受けている。

参考文献

- [1] Reijers, Niels, Kwei-Jay Lin, Yu-Chung Wang, Chi-Sheng Shih, Jane Y. Hsu., "DESIGN OF AN INTELLIGENT MIDDLEWARE FOR FLEXIBLE SENSOR CONFIGURATION IN M2M SYSTEMS." SENSOR-NETS 2013 : 2nd International Conference on Sensor Networks, 2013.
- [2] 象印マホービン株式会社, "みまもりホットライン"
- [3] セコム株式会社. "セコム・ホームセキュリティシステム"
- [4] 青木 茂樹, 大西 正輝, 小島 篤博, 福永 邦雄, "独居高齢者の行動パターンに注目した非日常状態の検出", 電気学会論文誌 (E), vol.125-E, no.6, pp.259-265, June 2005
- [5] Takanobu Otsuka, Tatsunosuke Tsuboi, Takayuki Ito, "Prototyping and evaluation of a wireless sensor network that aims easy installation", THE 26TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL, ENGINEERING & OTHER APPLICATIONS OF APPLIED INTELLIGENT SYSTEMS, 2013.
- [6] Varun Chandola, Arindam Banerjee, and Vipin Kumar, "Anomaly Detection: A Survey," Technical Report, Department of Computer Science and Engineering University of Minnesota, TR- 07-017, 2007.
- [7] Kumar, V. 2005. Parallel and distributed computing for cybersecurity. Distributed Systems Online, IEEE 6, 2010.
- [8] Takanobu Otsuka, Tatsunosuke Tsuboi, Takayuki Ito, "A Bayesian Network based Method for Reducing Noise-data for Anomaly Detection in Flexible Wireless Sensor Networks", The 1st International Workshop on Multiagent-based Societal Systems, 2013.