

スマートホームにおける IoT デバイス管理の一考察

馬場 伸一

第一工科大学 情報・AI・データサイエンス学科 (〒 899-4395 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2)

A study on IoT device management for smart home environment

Shinichi Baba

Department of Information, Artificial Intelligence and Data Science, Daiichi Institute of Technology

Abstract : With Internet of Things (IoT), many innovative services have been created and are going to be created. This benefit is not only for a big company but also for a home and a small office. A smart home with IoT can provide a comfortable and efficient life of people. Currently, IoT platform is usually prepared as a cloud service, which is not easy to configure for a home use and raises a security concern of uploading local data. In this paper, we have demonstrated IoT server based on open source softwares aiming an usage of on-premise type for a home or a small office user to create a local IoT system effectively. As a popular monitoring software is used as a core of the server, it shows good features of both IoT data processing and IoT device management.

Key words : Internet of Things (IoT), Smart home, Smart Office, IoT server, Monitoring software, Zabbix, MQTT

1. はじめに

スマートデバイスに代表される ICT 技術の進展により、各分野で利便性、生産性の向上が進んでいる。このような ICT の拡がりには、人を対象としたサービスにだけでなく、モノを対象にしたサービスへも、モノのインターネット (Internet of Things, IoT) として、拡がりつつある。スマートフォンやスマートウォッチがユーザの歩数や体温、運動量などを自動で測定・記録・蓄積し、分析し、対策を検討している。また、建設機械にセンサを取り付け、製造しているメーカーにおいてお客様の使用現場での状態や稼働状況の情報を収集し、把握、故障時の原因推定や修理対応の迅速化を実現する仕組みが実用化されている。IoT では、このようなことがあらゆる領域で発生する。それは公共事業や大企業のような大規模な組織や事業だけの話ではなく、家庭や小規模事業所もそ

の恩恵を活用することで、より快適で、効率的な環境を実現できる。例えば、日常の生活場面において、これまでの家電製品のデジタル化、自動化により家事がより便利になり、効率向上が図られてきたことを考えると、更にそれらが適応的に動作し、相互に連携することを可能にする IoT のもたらすメリットは大きいと考えられる。家電がネットワークにつながり、連携したり遠隔から制御できるシステムが開発されており、このような機能をそなえた住まいはスマートホームと呼ばれ、注目されている。しかし、現在の IoT プラットフォーム [1][2] [3] は、クラウドサービスとして構築されているものが主流である。このため、スマートホーム、特に既存の施設に IoT システムを後付けするスマートホームの多くは、このクラウド型 IoT プラットフォームを利用し、センサが測定したデータを家庭内無線 LAN あるいは有

線 LAN 経由でクラウドに送っている。クラウド上の IoT プラットフォームでは、収集したデータを解析してサービスを提供したり、利用者からの操作をクラウドで中継して家庭内のセンサを操作するなどを行う。IoT のコア機能を担うサーバとして、クラウドを用いることにより、センサの設置と設定を容易にしたり、外部からの制御を容易にすることができる。一方で、家庭内で測定した情報が全て家庭外のサーバに保存されるセキュリティ上の懸念や、IoT デバイスの開発者が専用のクラウドを設けるため、異なる会社の製品間での連携は限られるなどの課題もある。小規模事業所においても、これらの課題は同様である。その解決への指針を得るため、今回、スマートホーム向けオンプレミス型の IoT サーバの設計・開発を試みた。予算が限定的な家庭や小規模事業所（スモールオフィス）での導入を容易にするため、ソフトウェアの使用料が不要なオープンソースで構築した。本稿では、その成果について、報告する。

以下、第2章では IoT サーバへの要求条件と IoT アーキテクチャについて述べ、第3章で、今回構築したシステムと IoT サーバについて詳述する。第4章では、実験の結果を示し、考察を行い、最後に第5章でまとめる。

2. IoT システムアーキテクチャ

本章では、IoT サーバ設計の前提とした IoT サーバへの要求条件と IoT システムについて述べる。

IoT サーバの機能は、例えば Guth ら [1] も論じているようにデータの収集・解析がコアとなる。つまりデータベースがそのコアとなる。オープンソースのデータベースは多く開発されているが、データベースだけではデータの分析や可視化のためにプログラミングが必要となる。この点について、統合管理・監視ソフトウェアは、システムやネットワークの稼働状況を監視しつつ、異常を発見するために、データ分析や表示機能も備えたデータベースとなっており、優れている。例えば、統合管理ソフトウェアとして普及しているオープ

ンソース Zabbix は、データを収集し保存、グラフ表示まで機能を備えているが、IoT デバイスを活用した監視システムとしても利用される。藤原、長尾 [5] は、学校内に設置されている温湿度・二酸化炭素 (CO₂) 濃度を測定できる Raspberry Pi モジュールを用い、モジュール自体にエージェントをインストールしておき、このモジュールが収集した温湿度・CO₂ 濃度のデータを学校サーバに予めインストールした Zabbix サーバに収集後、テキストファイルで保存し、そのデータを Web 上にグラフ化し、表示する IoT システムを構築している。また、統合管理・監視ソフトウェアを IoT システムのコアとして使う場合の利点として、本来の機能として IoT デバイスの稼働状況の監視や異常検出を行うことができることも挙げられる。つまり IoT デバイスの管理とデータ処理を1つのサーバで実現でき、システムとしての信頼性向上が見込める。そこで、本稿では、使用するオープンソースとして Zabbix を選択し、スマートホームやスマートオフィスに適用可能なオンプレミス型 IoT サーバ構築を試みる。

図1に、IoT システムの構成図を示す。ルータを介してインターネット接続を持つ LAN に IoT サーバを設置する。センサを備えたマイコン（センサマイコン）で構成された IoT デバイスは、同じ LAN に接続されたアクセスポイント（AP）と無線 LAN で接続されている。これにより、IoT デバイスが測定したデータは、AP を経由して、IoT サーバに伝送される。IoT サーバは、データを保存するとともに、必要に応じて分析し、結果に応じて必要な通知やサービスを行う。これは、ホームネットワークなどと同様で、かつ基本的な構成になる。家庭の場合、インターネットと接続するための光回線サービスが、家庭内に設置される Wi-Fi ルータに接続され、スマートフォンなどの端末は、Wi-Fi で Wi-Fi ルータに接続し、家庭内の他の機器や、インターネットのサイトに接続している。従って、Wi-Fi ルータが図1中のルータ+LAN の役割をしている。スモールオフィスや工場、農場なども同様の構成をとる場合が多い

ため、このアーキテクチャで機能するIoTサーバが重要である。また、主にローカルに閉じているネットワーク内で機能するIoTシステムであるため、通信のセキュリティやIoTサーバのセキュリティについては、無線LAN部分の暗号化やIoTサーバへの侵入防止など最低限の機能装備が良いと考えられる。

3. IoTサーバ及びシステム開発

IoTサーバは、ネットワーク機器の統合管理・監視で使用していたZabbixで構築した。Zabbixは家庭では使われていないが、統合管理・監視用のオープンソフトウェアとして普及しており、データの収集と保存、条件を設定することにより、データが異常値を示した場合の警報表示などの機能も持つ。さらにトリガによるスクリプトや外部サービスの起動などの機能も持ち、IoT用途にも拡張しやすい。例えば、IoTでよく使われる通信プロトコルのMQTT (Message Queuing Telemetry Transport) もサポートされた。MQTTは軽量なプロトコルで、計算能力の低いマイコンでも処理が可能のため使用している。ただし、MQTTは、Publish-Subscribeタイプと呼ばれる通信プロトコルであり、送信者と受信者が直接データをやり取りせずに、間にブローカと呼ばれる機能を介してデータをやり取りする。ZabbixはMQTTプロトコルに対応したが、受信者としての機能のみを装備し、ブローカ機能は備えていない。このため、IoTサーバには別途ブローカ

機能としてオープンソフトウェアのMosquittoをインストールした。IoTデバイスは、IoTサーバのMosquittoが提供するMQTTブローカ機能に測定したデータを送信し、ZabbixがそのデータをMosquittoから読取り受信することで、Zabbixが管理するデータベースにデータが格納されるとともに、その値がZabbixダッシュボードに表示される。ダッシュボードは、図2に示すような、システムの稼働状況を一覧できるように、表やグラフ、数値で表示する機能である。図2では、左サイドの中段にIoTデバイスが測定している照度(Lux)が表示されている。また、Zabbixはデータ保存・読出しの管理にSQLデータベースソフトを利用し、ダッシュボード表示のためにWebサーバソフトを利用している。図3に開発したIoTサーバの構成を、表1にIoTサーバに使用したアプリケーションソフトウェアのリストを示す。これらは全てオープンソースとして提供されている。



図2 IoTサーバダッシュボード

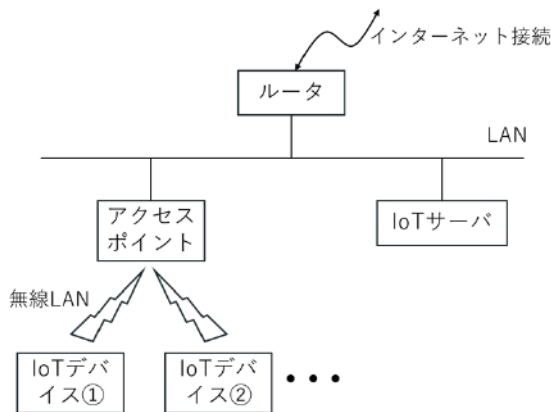


図1 スマートホームのIoTシステムの基本構成

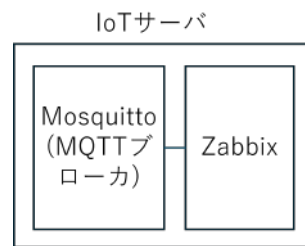


図3 IoTサーバ構成

表1 IoTサーバ ソフトウェア構成

ソフトウェア名	役割
Ubuntu 22.04 LTS	オペレーティングシステム
Zabbix 6.0 LTS	統合管理ソフトウェア
Apache	Webサーバ
MariaDB	データベース
Mosquitto	MQTTブローカ

IoT デバイスは、図 4 に示すようにマイコンにセンサを接続して構成されている。マイコンは、M5Stack 社の ATOM S3 を使用した。これは、小型で ESP32-S3 コントローラを搭載し、更に表示用液晶、Wi-Fi、加速度センサを備える。これに照度センサを接続した。測定された照度はマイコンから Wi-Fi 経由で、IoT サーバに転送される。この IoT デバイスは、岩原らが IoT 実験のために開発したデバイスで、4 日間連続しての照度データ送信の実績がある [6]。図 5 に豆苗の成長と照度の関係を測定した実験の様子と測定された照度データの例を示す。



図 4 IoT デバイスの構成 (左：構成図、右：照度計を備えたマイコン外観)

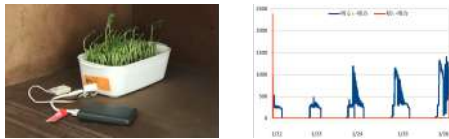


図 5 IoT デバイスによる照度測定実験 (左 照度測定の様子、右 4 日間測定の照度データ [青線])

4. 実験と考察

構築した IoT サーバを含むシステムで、データ収集実験を実施した。実験により IoT デバイスが測定した照度データが、IoT サーバに伝送され、図 2 で示されたようにダッシュボードに表示されると同時に、図 6 に示されるように Zabbix のデータベースに保存されることを確認した。Zabbix に保存されたデータは、その機能により図 7 のように可視化するなどの加工が容易である。なお、図 6 に示されているタイムスタンプは、Zabbix においてデータを読み取ったタイミング、つまり記録時間である。読取りは、IoT デバイスでのデータ測定、送信とは非同期に行っており、この記録時間は、照度データに測定した時のタイムスタンプとは数～数十秒ずれている。IoT デバ

イスで測定時のタイムスタンプを付して、データを送信することにより、データの正確な測定日時が記録できる。



図 6 IoT サーバに保存された照度データ (左列：タイムスタンプ、右列：照度)



図 7 照度データの可視化

以上のように、サーバやネットワークの状況を把握するためのオープンソースの統合監視ソフトを用いて、IoT サーバとして活用できることを示した。また、今後、確認すべき項目として、以下が挙げられる。

○ ホームやスモールオフィスでは、スマートフォンのような小さな画面しか持たない端末でも効果的に状況を表示できるダッシュボード機能の拡張が有効である。スマートフォンは、オフィスや家の中でも持ち回ることが多く、どこでもデータを確認することができ、パーソナルなサービスの端末として重要である。Zabbix は、ダッシュボードを Web ページとして表示することで、表示画面の大きさの違いにフレキシブルに対応しているが、スマートフォン用の表示は対応していないため、小さな画面では、全体を表示すると文字などが小さくて見づらいし、通常サイズの表示を行うと左右上下に動かしながら見なければならな

い。この点については、スマートフォンアプリでの対応が考えられ、或いは、Web ページ表示での解決法でも、効率的にフレキシブルな対応が可能と考えられる。

○ 今回は、データの収集・表示を実現したが、IoT によるサービスの提供を考えると、データの高度な分析が必要になる。例えば、Beshley ら [8] が行っているように AI による分析とサービスとの連携は重要と考える。Zabbix では、外部スクリプトの実行や、プラグインの開発により、その機能を拡張することができるので、複雑なデータ処理を行い有効なサービスを提供する AI プログラムを取り込み、または協調することが可能である。AI プログラムの場合、常時学習しプログラム自身を更新するなど、データとの密な関係が重要なため、それを効率的に実現するための適用方法はさらに研究が進められると考えられる。

○ 本 IoT サーバ構築で、オープンソースで IoT サーバに必要な部品となるプログラムが揃っていることは示された。しかし、複数のプログラムをそれぞれインストールし、それらを連携させる設定を行う必要があり、これらは IT 技術者のいない家庭やスモールオフィスで導入するには、簡単な作業ではない。これをパッケージ化し、ほぼ自動でインストールできる環境の提供が必要であり、さらにインストールや運用時のトラブルについての対応情報や、支援するコミュニティの構築も重要である。

○ IoT サーバに用いた Zabbix は、統合管理・監視ソフトウェアであり、本来の機能として IoT デバイスの稼働状況の監視や異常検出を行うことができる。IoT デバイスがネットワーク管理で標準的な SNMP (Simple Network Management Protocol) による管理を実装していれば、詳細なデバイス監視・管理が可能であるし、そうでない場合でも Ping 機能を用いた通信機能の監視や Web ページを用いた管理など、多様なデバイス監視・

管理を提供できる。従って、データが受信されなくなった場合の原因究明や切り分けの支援や自動化が可能であり、回復までの時間短縮が可能になる。これを 1 つのサーバで実現できることは、効率的であり、IoT システムとしての信頼性向上が見込める。

○ 今回の設計で、セキュリティについては最低限の対応としたが、各ソフトウェアは証明書認証や暗号化などに対応する機能を備えており、家庭やスモールオフィスの要求に応じたセキュリティ設計・設定が可能と考える。特に、今回想定しているシステムよりも外部、つまりインターネット側から IoT サーバのダッシュボードの確認や、異常時などの対応を行う場合、セキュリティの設計が大変重要となる。

5. さいごに

家庭やスモールオフィスで安価・簡易に IoT システムを構築するための、オープンソースを用いたオンプレミス型 IoT サーバを設計、構築し、その動作を確認した。統合管理・監視ソフトウェアを IoT システムのコアとして選択することにより、IoT デバイスの管理とデータ処理の両方を実現でき、システムとしての信頼性向上が見込める。また、広く普及し、コミュニティが大きなオープンソースを選ぶことにより、関連情報が豊富で、ソフトウェアの使用料が不要な IoT サーバを実現することができ、これはスマートホームやスマートオフィスに有効と考える。

参考文献

- [1] J. Guth, et al. "A detailed analysis of IoT platform architectures: concepts, similarities, and differences." Internet of everything: algorithms, methodologies, technologies and perspectives, 81-101, 2018
- [2] D. Happ, et al. Meeting IoT platform requirements with open pub/sub solutions. Annals of Telecommunications, 72: 41-52, 2017
- [3] S. Lucero, et al. "IoT platforms: en-

abling the Internet of Things.” White paper, cdn.ihs.com, 2016

- [4] 竹内 純人「OSS を活用したグラフィカルなセンサデータ監視システムの構築」電気通信大学紀要 31 巻第 1 号 pp.1-10, 2019
- [5] 藤原 巧未, 長尾 和彦「IoT デバイスの活用による教室環境の評価」FIT2022(第 21 回情報科学技術フォーラム), 2022
- [6] 岩原 巧暉, 倉津 晃樹「デバイス連携制御機能を備える IoT プラットフォームの研究」第一工科大学 卒業研究報告, 2024
- [7] 鮫島 利希, 茶円 優輝「IoT と Zabbix を活用した企業の生産性向上の研究」第一工科大学 卒業研究報告, 2024
- [8] M. Beshley, Y. Shkoropad, J. Smettan, O. Kochan and H. Beshley, ”AI-Based IoT System for Temperature Forecasting,” 2023 IEEE 5th International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT), pp. 92-96, 2023