

オープンプロトコルによる IoT デバイスの開発

吉木 大司*

Development of IoT Devices using Open Protocols Daiji Yoshiki

従来の BEMS (Building Energy Management System) や FEMS (Factory Energy Management System) は、主に設備管理を中心として各社がシステムを独自に開発しており、他社製品との連携や新たな機能の追加が困難である。そこで、異なるメーカーの設備やこれらに未対応の古い設備を所有する中小企業においても、BEMS などの IoT (Internet of Things) システムを導入し易くするため、オープンな国際標準規格である IEEE1888 を用いた「IoT プラットフォーム」と、そのプラットフォームに対応する「IoT デバイス」を開発し、実証システムを山口県産業技術センター内に設置して動作確認するとともに、近距離無線や LPWA (Low Power Wide Area) の評価を行った。

1. 緒 言

近年、IoT への注目が高まっており、未来の産業・社会に多大な影響を及ぼすと言われている。しかし、技術的には実現可能な IoT システムが県内企業や社会に普及しているとは言いがたい。この一因として、IoT システムの導入を検討している企業が、実際のメリットが見えにくい中で、システム利用料やデータ通信費が必要となる IoT システムを利用することをためらっている点が挙げられる。また、ベンダーが独自に開発した IoT システムを利用した場合、ベンダーによって制約が課せられてしまう点も、懸念材料とされている。

そこで、オープンな国際標準規格である IEEE1888 を用いて、IoT 導入を検討している企業内のネットワーク環境 (= ローカル) に構築でき、将来に向けてクラウド上にもシステムを移行できる「IoT プラットフォーム」と、そのプラットフォームに対応する「IoT デバイス」の開発を行い、実証システムを山口県産業技術センター (以下、産技センター) 内に設置して動作確認するとともに、IoT デバイスに搭載する近距離無線通信や LPWA の評価を行う。

2. オープンプロトコルによる IoT システム

2・1 オープンプロトコル IEEE1888

IEEE1888 は、BEMS やスマートグリッド向けに、東京大学グリーン ICT プロジェクト¹⁾で開発され、2011 年に国際標準化されたオープンな通信プロトコルである。2015 年には、ISO/IEC の国際標準としても承認されており、国内のみならず、中国やインドなど海外においても利用されている。従来の BEMS や FEMS は、主に設備管理を中心として各社がシステムを独自に開発しているが、IEEE1888 はエネルギー管理を中心に据えた運用を主眼に開発されているため、設備やセンサーからの情報をオンライン化するだけではなく、BEMS などに関する様々な情報システムをベンダーの枠を超えて連携可能にすることも目的の一つとなっている。また、データ保管 (共有) 機能が提供できるように設計されて

いるため、ユーザー自身で IoT システムのプラットフォームを構築することも容易である。

図 1 に示すように、IEEE1888 で構成される IoT システムは、ゲートウェイ、ストレージ、アプリケーションと呼ばれる機能部品で構成され、これらの部品間は HTTP と XML による通信で情報を交換する。それぞれの機能部品は次のような役割を果たす。

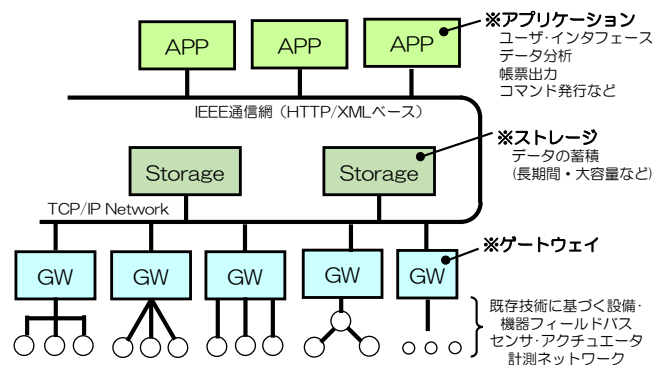


図 1 IEEE1888 を用いた IoT システムの概要²⁾

【ゲートウェイ】

センサーやアクチュエータを搭載した IoT デバイスや IoT 化された既存設備に接続し、取得データのストレージへの送信やアプリケーションから送信されるコマンドの発行などを行う。TCP/IP ネットワークに接続され、IEEE1888 の通信インターフェースを提供する。

【ストレージ】

ゲートウェイから送信されたデータの蓄積やアプリケーションからの問い合わせに応じたデータの送信などを行う。様々なアプリケーションとのデータ共有プラットフォームとして用いられ、データ分析などの計算処理は、通常、他のアプリケーションで行う。

【アプリケーション】

ストレージからデータを読み出し、データ分析や画面表示を行うなど、ユーザーに必要な機能を提供する。ゲートウェイに対してコマンドの発行やデータ分析後にストレージに対してデータの書き込みなども行う。

* 企業支援部設計制御グループ

このように、IEEE1888 はデータ連携を中心に据えたアーキテクチャーを採用していることから、マルチベンダー化やユーザーによるシステム構築が容易である。

2・2 ストレージサーバーの構築

前述した通り、IEEE1888 はデータ蓄積を中心としたアーキテクチャーであるため、東京大学グリーン ICT プロジェクトが公開している技術情報³⁾を基に、実証システム向けストレージサーバーを構築した。

通常、IEEE1888 ストレージはサーバー機や PC 上に構築するが、産技センターに設置する実証システムにおいては、SSD を内蔵させたシングルボードコンピュータ Raspberry Pi 上に構築した。図 2 に構築したストレージサーバーを、表 1 に仕様及びソフトウェア構成を示す。



図 2 ストレージサーバー

表 1 ストレージサーバーの仕様

ハードウェア	Raspberry Pi 3 Model B (ラズベリーパイ財団)
	Pi Desktop (Elements14)
	CPU: ARM Cortex-A 1.2GHz, SSD: 60GB
OS	Raspbian GNU/Linux 9.1 Linux Version 4.9.59
主要ソフトウェア	FIAPStorage2 (20170406)
	Oracle java8 (version 1.8.0)
	Apache2 (version 2.4.25)
	Tomcat8 (version 8.5.14)
	Axis2 (version 1.7.7)
	PostgreSQL 9.6 (version 9.6.6)
	PHP7 (version 7.0.19)

ストレージサーバーは、データを蓄積するだけでなく、ウェブサーバーとしても機能し、習得したデータのグラフ表示やデータ分析をウェブアプリケーションで行うことができる。

2・3 ゲートウェイ

ゲートウェイは、センサーからデータを習得し、ストレージに送信するため、ネットワークインターフェースを必要とする。ネットワークインターフェースをワンチップマイクロコンピュータ上に実装することも可能であるが、実証システムでは様々な無線ネットワークの評価を行うことを目的としたことから、ストレージサーバーと同様に Raspberry Pi を用いて開発した(図 3)。

開発したゲートウェイは、搭載する無線モジュールを変更することで、XBee や TWELITE、LoRa など各種無線通信に

対応する。図 4 に、TWELITE の無線モジュールを搭載したゲートウェイを示す。後述の IoT デバイスから送信されたデータを受信したゲートウェイは、Python スクリプトでストレージにデータを IEEE1888 プロトコルで送信する。

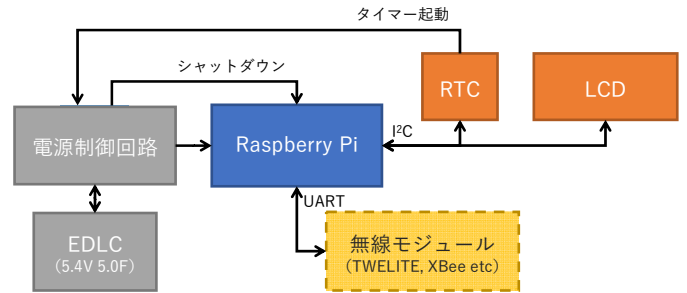


図 3 ゲートウェイの構成

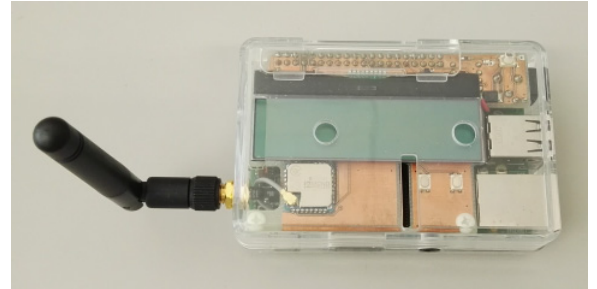


図 4 ゲートウェイ (TWELITE)

3. IEEE1888 対応 IoT デバイス

3・1 温湿度 IoT デバイス

温湿度 IoT デバイスは、近距離無線通信の評価を行うため、無線モジュールの異なる 3 機種を開発した。いずれも 2.4GHz 帯の無線モジュールで、①最も普及している Wi-Fi、②産業用途において多く用いられている XBee(Digi International 製)、③省電力動作を特徴とする TWELITE(モノワイヤレス製)を選定した。Wi-Fi を搭載した IoT デバイスは、ゲートウェイ機能を内蔵しており直接ストレージに温湿度情報を書き込むが、XBee、TWELITE を搭載した IoT デバイスは前述のゲートウェイを経由してストレージに温湿度情報を書き込む。図 5 に温湿度 IoT デバイスの構成を、図 6 に外観と内部を示す。

使用した無線モジュールは、Espressif Systems 製 ESP8266(Wi-Fi 内蔵マイコン)、Digi International 製 XBee

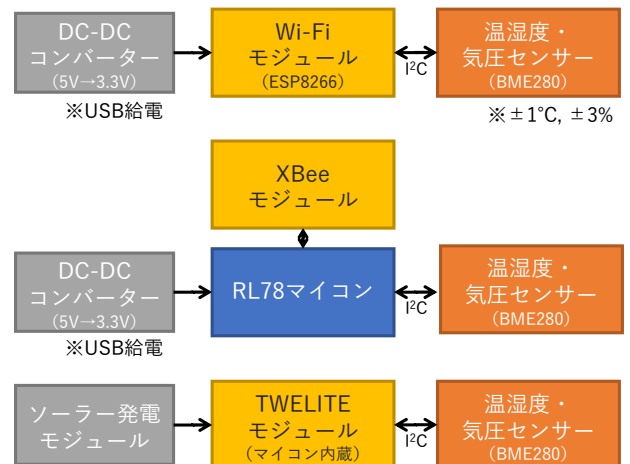


図 5 温湿度 IoT デバイスの構成



図6 温湿度 IoT デバイス

S2C, モノワイヤレス製 TWELITE (BLUE) の 3 種類で, Wi-Fi 及び XBee はパターンアンテナ, TWELITE はダイポールアンテナ (一部, ワイヤアンテナ) を組み合わせたモデルを開発した. なお, TWELITE を搭載した IoT デバイスは, 太陽光発電で得られた電力を電解二重層コンデンサーに蓄電・使用し, 24 時間動作を実現している.

3・2 GPS トラッカー

低消費電力で広範囲 (長距離) の無線通信が可能となる LPWA のうち, 利用者の自由度が比較的高く, 使いやすいプライベート LoRa を用いて, 通信距離の評価を行うため, GPS トラッカーを開発した. 図 7 に GPS トラッカーの構成を, 図 8 に外観を示す. GPS トラッカーで得られた位置情報は, プライベート LoRa 無線モジュールを搭載したゲートウェイ (簡易基地局) に送信され, ゲートウェイからストレージに書き込まれる. LoRa 無線モジュールには, EASEL 製 ES920LR を同社製外付けダイポールアンテナと組み合わせて使用した.

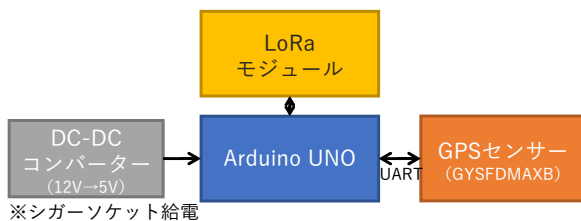


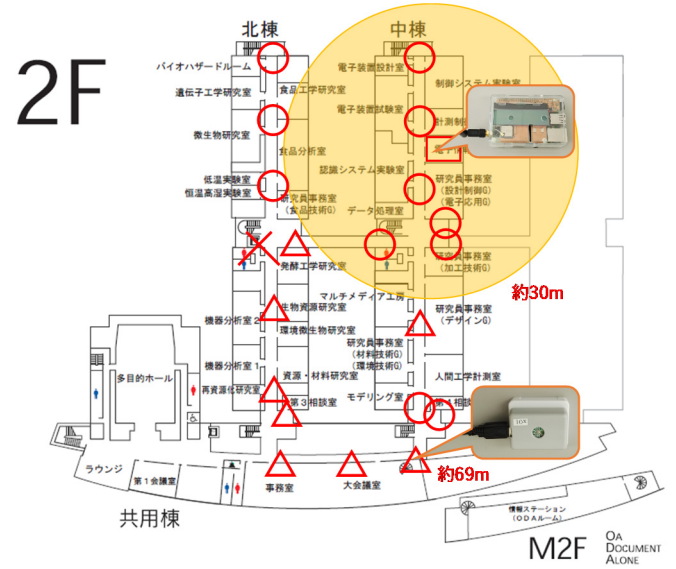
図7 GPS トラッカーの構成



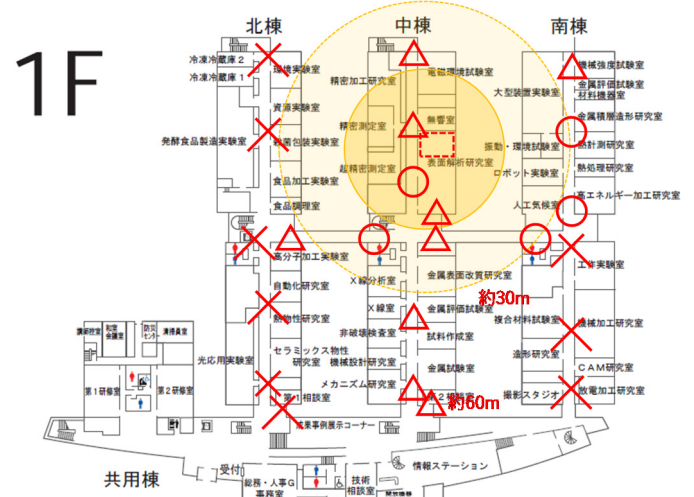
図8 GPS トラッカー

4. 評価

開発した温湿度 IoT デバイスを産技センター内に設置し, 近距離無線通信の評価を行った. また, GPS トラッカーは, 公用車に設置し, 拡散率の違いによる通信距離への影響を確認した.



(a) 通信状況 (2 階)



(b) 通信状況 (1 階)

図9 XBee の通信状況

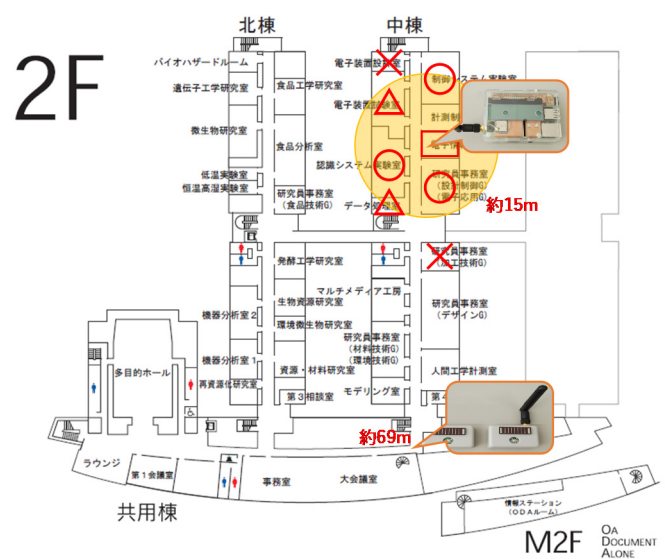
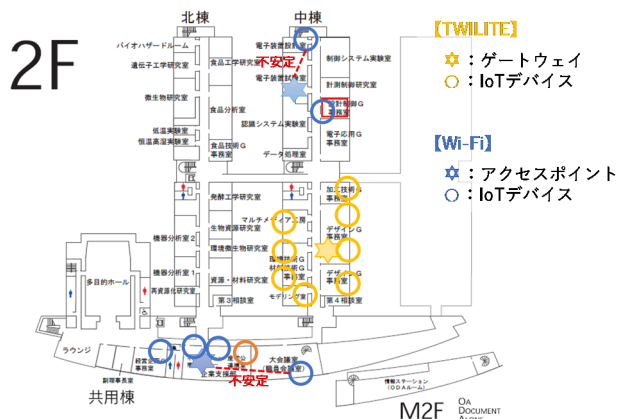


図10 TWELITE の通信状況

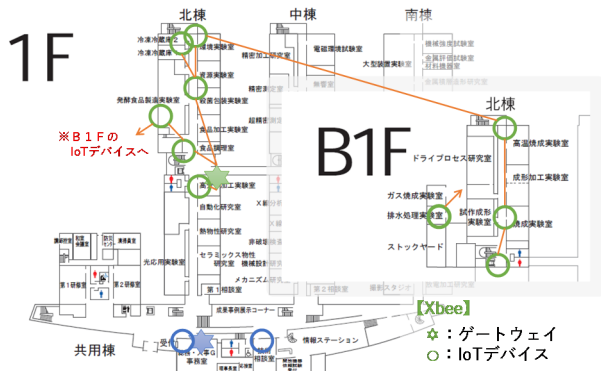
4・1 近距離無線通信

近距離無線通信の評価を行うため、XBee 及び TWELITE を搭載した温湿度 IoT デバイスを産技センター内に配置し、通信状況を確認した結果を図 9, 10 に示す。XBee S2C の通信距離は、公称「室内／アーバンレンジ：60m」となっているが、設置環境では、壁などの遮蔽部があるため、約 30m が安定して通信できる範囲である。上下方向に置いても、遮蔽物が少なければ、通信可能である。TWELITE の通信距離は、約 15m が安定して通信できる範囲である。上下方向は、通信できなかった。

これらの状況を踏まえて、産技センター内に 26 台の温湿度 IoT デバイスを設置(図 11 参照)し、約 2 年間安定して温湿度情報を収集している(現在も継続中)。



(a) 2 階 (TWELITE, Wi-Fi)



(b) 1 階及び B1 階 (XBee)

図 11 IoT デバイスの配置(実証時)

4・2 LPWA

GPS トラッカーは公用車のダッシュボード上に設置し、運行中の位置情報を産技センター屋内に設置したゲートウェイ(簡易基地局)に送信する。動作試験においては、通信距離に影響する帯域幅と拡散率を変更し、通信状況を確認した。代表的な例として、帯域幅 125kHz、拡散率 7、12 とした際の結果を図 12 に示す。拡散率 12 では見通しの良い方角では通信距離が長くなり、見通しが良ければ最大で 15km 程度の通信が可能である。しかし、山陰に当たる方角(北や西)では、拡散率の違いによる通信距離の違いは見られず、いずれも通信できない。今回の動作試験で、地形や建物などの影響は受けるが、ある程度見通しが良い市街地であれば、3km 程度は通信できることが確認できた。



(a) 帯域幅 125kHz, 拡散率 7



(b) 帯域幅 125kHz, 拡散率 12

図 12 GPS トラッカーの軌跡

5. 結 論

オープンプロトコルである IEEE1888 を用いた IoT プラットフォームの実証システムを構築し、IoT デバイスの開発及び無線通信の評価を行った。

- (1) 国際標準規格 IEEE1888 を用いた IoT 実証システムを構築し、IEEE1888 対応ゲートウェイ及び IoT デバイスを開発した。
- (2) Wi-Fi, XBee, TWELITE の 3 種類の無線モジュールを評価し、室内では約 30m が安定した通信状況を得るための目安となることを確認した。
- (3) LPWA の一つであるプライベート LoRa の通信試験を行った。帯域幅及び拡散率を調整することで、最大 15km 程度(見通し)の通信が可能である。

参考文献

- 1) 東大グリーン ICT プロジェクト, <https://www.gutp.jp/>.
- 2) 落合秀也, 江崎浩: スマートグリッド対応 IEEE1888 プロトコル教科書, インプレス, (2012).
- 3) IEEE1888 ソフトウェア配布ページ, <http://fiap-develop.gutp.ic.i.u-tokyo.ac.jp/dist/>.