

IoT 共通基盤技術の確立・実証（課題Ⅱ）
効率的かつ安定的な IoT デバイス接続・
エリアネットワーク運用管理技術の確立に関わる研究開発

Establishment and Demonstration of Common IoT Platform Technologies (Program II)
Research and development on management technologies for IoT devices and area networks to
enable easily installation and efficient operations

研究代表者

高橋英一郎 富士通株式会社
Eiichiro Takahashi Fujitsu Limited

研究分担者

松倉隆一[†] 近藤晴彦^{††} 丹康雄^{†††}
Ryuichi Matsukura[†] Haruhiko Kondo^{††} Yasuo Tan^{†††}
[†]富士通株式会社 ^{††}SMK 株式会社 ^{†††}北陸先端科学技術大学院大学
[†]Fujitsu Limited ^{††}SMK Corporation ^{†††}Japan Advanced Institute of Science and Technology

研究期間 平成 28 年度～平成 30 年度

概要

2020 年代には膨大な数の IoT 機器がネットワークに接続され、そこから得られるビッグデータにより、新しいサービス創出が期待される。しかし、IoT 機器の多様なインタフェースへの対応は手間がかかり、無線通信が安定せずトラブルも多い。本課題では、IoT 機器を共通インタフェース(Web of Things)でクラウドからアクセス可能とし、ネットワークの見える化を実現した。使用する通信規格については国際標準化を行い、住宅、工場(3 か所)での実証で得られた経験を踏まえ、普及を促進する実装ガイドライン等の整備を進めている。

1. まえがき

2020 年代には本格的な IoT 社会の到来により、500 億台の機器の接続や、現在の 1000 倍を超える通信量が予測されている。多様な IoT サービスを創出し、我が国経済の持続的発展に資するためには、膨大で多様な IoT 機器や多様なサービスの接続ニーズに対応可能なネットワークの構築が喫緊の課題となっている。また、ドイツのインダストリー 4.0 のように主要国では IoT の研究開発に産学官で取り組んでおり、我が国でも本施策を早急に実施する必要がある。このため、膨大な数の IoT 機器を迅速かつ効率的に接続する技術、異なる無線規格の IoT 機器や複数のサービスを効率的に統合する技術等について、具体的な実証を進めながら、多様な IoT サービス創出に貢献する共通基盤技術の確立及び研究成果に関する国際標準の獲得等による我が国の国際競争力向上に寄与することを政策目標とする。さらに、これらの研究開発を広く成果展開する観点から、当該技術開発に係る国内及び海外の動向を調査し、実用化及び国際標準化を目指した取組を実施した。

2. 研究開発内容及び成果

2.1 研究開発概要

【研究開発目標】

本課題では、膨大で多様な IoT 機器を簡単かつ安定的に接続する技術を開発するうえで、既に勧告化済みの IoT アーキテクチャ ITU-T Y.4409(旧 Y.2070)を利用することを基本方針とした。図 1 に本課題の全体像を示す。実証で対象とした住宅や工場では、センサ、家電、エネルギー機器、自動車、製造装置等の様々な機器が接続される。各機器が持つインタフェースは様々であり、無線・有線の複数の通信メディアが混在して使われる。これをゲートウェイ(GW)で集約し、インターネットを経由してクラウドに接続される。Y.4409 はこの基本的な概念を記載すると同時

に、GW やクラウドの役割、機器のインタフェース構成を規定している。しかし、クラウドに接続することから Web インタフェース化は必須であり、機器のインタフェースをどのように変換するかが具体化されていない。また、運用管理の観点からみて、コアネットワークに比較して十分な監視ができていないエリアネットワーク(GW と機器との間のネットワーク)の運用技術は早急な解決が必要である。そこで、本課題では以下の 2 つの課題を設定した。
(ア) Web 技術を利用した IoT デバイス通信共通化技術
(イ) エリアネットワーク運用管理技術

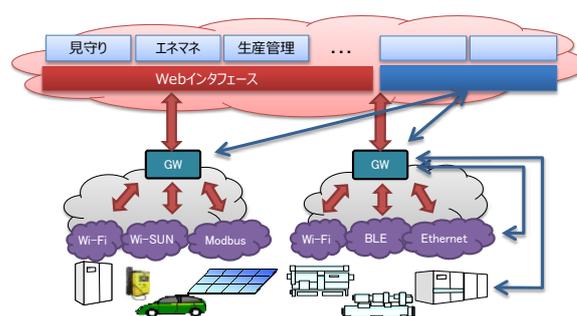


図 1. 本課題の全体像

本課題では、図 1 に示すように、エリアネットワークに接続されるデバイスが、GW を経由してクラウド上の Web インタフェースからアクセス、または制御されるアーキテクチャを基本として考えている。図 2 は Y.4409 に記載されるアーキテクチャである。右側のデバイスは、デバイスのインタフェースの特徴により複数の方法でホームゲートウェイ(HGW)に接続される。デバイスのインタフェースはここで仮定化され、IP ネットワーク(インターネット)を通じて管理プラットフォーム(MPF)に接続され、仮定化されたインタフェースが Web インタフェースとしてアプ

リケーションに開示されるようになっており、図 2 に示すアーキテクチャに対応したものである。

Web による共通のインタフェースで IoT デバイスを制御可能にする Web of Things(WoT)については、World Wide Web Consortium(W3C)にて 2016 年 12 月より勧告化作業が開始された。我々は WoT が Y.4409 と同じアーキテクチャになるように積極的に提案を行い、2019 年 8 月段階ではほぼ認められて勧告候補文書 (Candidate Recommendation) となっている。

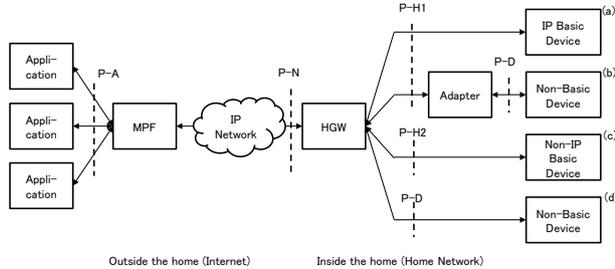


図 2. Y.4409 アーキテクチャ

【研究開発成果】

3 年間の研究期間を通じて、当初の開発目標は達成できた。最終年度には、W3C WoT 文書についてはほぼ勧告候補文書として合意され、この文書に基づいた実装による相互接続が行われた。また、プラグフェストで利用したソフトウェアを利用して、住宅、工場、WoT プラグフェスト等で様々なデバイスを接続し、30 種類のデバイス接続を確認した(課題ア-1)。また、大量のデバイスが接続される環境についても実証を行い、1 台のゲートウェイで 200 台のデバイスが接続されることを実験住宅 iHouse で検証すると同時に、昨年度と同様に StarBED を利用したシミュレーション環境での 1,000 台のゲートウェイを接続したシミュレーションでの確認を行った(課題ア-2)。また、今後新規に開発される IoT デバイス向けのプラットフォームとして、今年度は Wi-Fi の通信モジュールに WoT や G.9973 のスタックを搭載することによって、WoT 準拠のゲートウェイと直接接続可能なプラットフォームの開発を行っている(課題ア-3)。一方、運用管理管理については、IP で接続されることが前提であった G.9973 については、非 IP/非 Ethernet での接続を可能として、対応範囲を拡大した。また、IEEE 802 系の通信規格に対しては、IEEE 802.1CF において非 IP/非 Ethernet への対応方法について規格化を行い、G.9973 での対応方法について TTC レポートとして整理している(課題イ-1)。最後に、課題イ-1 で実現した運用管理技術によって収集された運用情報に関して、無線通信における障害検出、IoT デバイスの障害検出について機械学習を利用した分析手法について検討し、一部の障害を検出する方法を開発した(課題イ-2)。これらの開発技術により、IoT サービスが効率的に開発され、安定的に運用される環境が整備されると考えている。以下、成果の詳細について説明する。

2.2 Web 技術を利用した IoT デバイス通信共通化技術(課題ア)

(1) 課題ア-1: デバイス表現共通化技術

【開発目標】

IoT デバイスの接続は、無線通信方式(Wi-Fi、Bluetooth、Wi-SUN 等)、有線通信方式(Ethernet、PLC、シリアル等)の計 5 方式以上に対応することを目標とする。また、住宅、工場等で実証を行い、センサや装置等 35 種類以上の

IoT デバイスの接続を目標とする。

【国際標準化】

IoT が導入される住宅や工場等の現場では、様々な通信メディア(無線、有線)やプロトコル(HTTP、ECHONET Lite 等)が使われている。そのため、Y.4409 ではアプリケーションは直接デバイスにアクセスするのではなく、ゲートウェイにてプロトコル変換を行い、共通の Web インタフェースをアプリケーションに提供している。W3C WoT-WG における活動として、Y.4409 のアーキテクチャを意識しながら、アプリケーションインタフェースの規格化を進めた。2019 年 5 月には勧告候補文書として、アーキテクチャ文書とインタフェースを規定する情報モデル(Thing Description : TD)文書が承認され、2019 年中に勧告化される見込みである。情報モデルは、デバイスの機能を抽象化したもので、この抽象的な機能へのアクセス方法がインタフェースとして規定される。アーキテクチャの基本的な構成は、(a)アプリケーションとデバイスからなる最小の構成と、(b)アプリケーションとデバイスとの間にプロキシが存在する構成である(図 3)。このうち、プロキシはデバイス管理機能を持つため、大規模化に必要な機能である。Y.4409 に記載されるように、エリアネットワークとインターネットの双方に配置して相互接続することで、ファイアウォールや NAT 超えの機能をプロキシ間で隠蔽することも可能である。

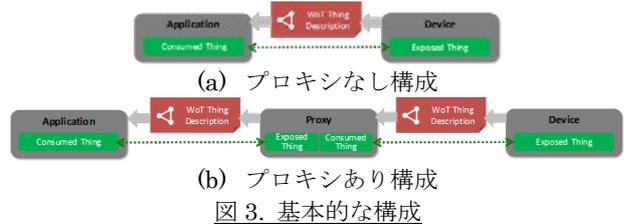


図 3. 基本的な構成

富士通は、アーキテクチャと情報モデル文書に関して、エディタとして参画し、規格化に貢献している。

【既存デバイスの接続実証】

WoT に準拠した GW(WoT-GW)を開発し、住宅と工場において実証実験を行うと同時に、WoT-WG で開催される WoT プラグフェストにて他社デバイスとの接続を大々している。この結果、5 つの通信方式に対応し、合計 32 種類 350 個のデバイスの接続を確認した。

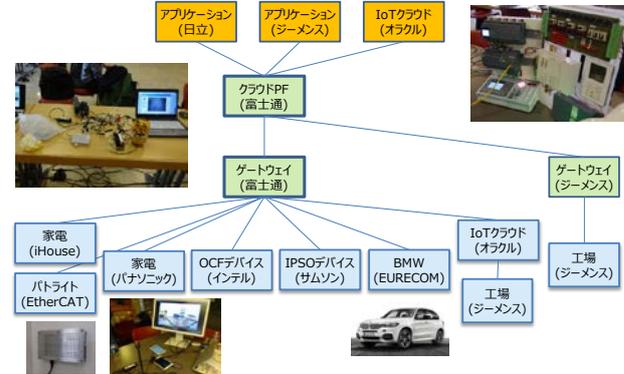


図 4. プラグフェストでの接続構成

WoT プラグフェストに関しては、2017 年 7 月のデュッセルドルフ会議で、クラウド、GW を経由した実際の利用に近い構成での実施を提案し、合意が得られた。この結果、富士通がモデレータとしてプラグフェストをリードすることとなり、本課題で開発した GW とクラウドプラットフォーム(PF)をメンバーに開放して、メンバーのデバイス

とアプリケーションを接続できるようにした。2018年4月のプラハ会議では、実際に7社のデバイスと、3社のアプリケーションを接続し、相互に通信できることを確認している。ここで接続されたデバイスは、住宅、ビル、工場、自動車に関連する約30個のデバイスで、以下の10種類のインタフェースをサポートしている(図4)。ECHONET Lite、KNX、BACNet、EtherCAT、Modbus/TCP、OCF、SmartThings、IPSO(現在はOMA)、LemonBeat(独スマートメータ規格)、VISS(自動車)。

住宅と工場の実証環境に関しては、石川県能美市の実験住宅 iHouse と、SMK 富山工場(富山県富山市)、富士通アイソテック伊達工場(福島県伊達市)、富士通テレコムネットワーク小山工場(栃木県小山市)の3工場で実施した(図5)。iHouse は2010年に建築された木造住宅であり、200個を超える家電、エネルギー設備(太陽光パネル、蓄電池)、住宅設備(電動カーテン、電動窓)、センサ(温度、湿度、電力等)が接続されている。ここにWoT-GWを設置し、上記のデバイスを接続した。一方、工場では、センサを中心に設置している。伊達工場では、電波信号と製造装置の稼働音をモニタするセンサを各1台設置した。電波信号センサは、機械ノイズ等の無線通信に影響を及ぼしうる電波信号の計測を行った。また、小山工場では環境情報を収集する目的で、温度、湿度、気圧、ほこりセンサを40台設置している。このセンサはWi-Fiを利用しており、センサデータを収集する際の電波強度を同時に取得している。電波強度は課題イの運用管理機能として実現している。また、センサの構成については課題ア-3で詳しく述べる。



図5. 実証施設

(2) 課題ア-2: WoT インタフェース技術

【開発目標】

クラウド上のプラットフォームでは、様々なデバイスが、様々な通信方式で接続されるエリアネットワークの構成に依存することなく、共通のWebインタフェースによりアクセス・制御できるインタフェースを実現する。

本アーキテクチャに基づき、多数のIoTデバイスエリアネットワークに接続される大規模なシステムにおいて、WebインタフェースからIoTデバイスへのアクセスが効率的に行われることをシミュレーションにより確認する。

【インタフェース相互接続】

課題ア-1で述べた通り、WoTプラグフェストで10種類の規格に対応したデバイスとの接続を確認した。しかし、接続されたデバイスは、各社が独自にWoTで規定されるインタフェースに変換を行っており、異なる規格間のインタオペラビリティを確保するには、既存の規格とWoTとの間で相互に変換する機能が必要となる。

Y.4409では、デバイスインタフェースとしてECHONET

Lite といくつかの規格を参考にしてアーキテクチャを構成する要素を決めている。多くのデバイスでは、デバイスの機能を抽象化した情報モデルを内部に持っており、その情報モデルを参照、変更することでデバイスの操作を実現する。規格間で異なるのは、情報モデルの表現方法、情報モデルを操作するプロトコルである。情報モデルは、最近ではJSONやXMLが利用されているが、それ以前ではバイナリ形式になっていることが多く、どのバイトがどのような意味を持つかは外部の仕様書を参照するしかない。また、プロトコルについては、HTTPやSOAP、ソケット、シリアル通信が良く使われるが、基本的には情報モデルの参照(READ)と更新(WRITE)を実現している点で共通である。Y.4409では機能アーキテクチャとして、情報モデルを表現、変換するレイヤと操作プロトコルを実現するレイヤに分かれている。ちなみに、最下層の管理レイヤは課題イの運用管理を実現するレイヤになる。これらのレイヤに対応するWoTの規格は、情報モデルはThing Description文書に、操作プロトコルはProtocol Binding文書に対応する。ただし、Protocol Bindingは勧告には含まれず、参考文書(W3C Note)となっている。

本課題での目標は、既存デバイスをWoTデバイスとして扱えるようにすることで、相互接続を実現することである。そのため、GWに対して既存規格とWoTとの変換機能を実現した。図6にGWのソフトウェア構成を示す。WoTコアがGWの中心モジュールである。プロキシサーバはWoTでデバイスとアプリケーションを中継する機能を提供する。TDディレクトリはこのプロキシに接続されているデバイスのTDを管理し、アプリケーションから必要なデバイスの検索ができる。運用管理機能は課題イの機能である。WoTコアでは、情報モデルはJSONで記述されており、既存のデバイスとの接続には、情報モデルの形式変換と操作プロトコルの変換が必要になる。レガシーデバイスプラグインはこの変換を実現するモジュールであり、既存デバイスの規格毎に必要な。WoTプラグインは、操作プロトコルをHTTP(REST)で実現している。

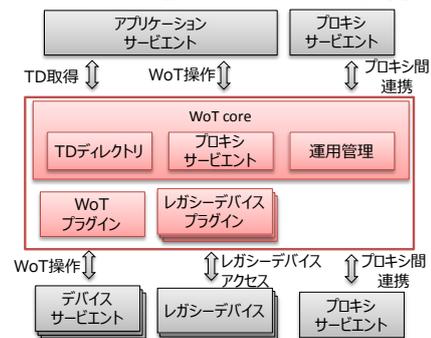


図6. WoT プロキシの構成

【シミュレータ】

ITU-T Y.4409でモデル化されている、IoTシステムの各機能要素に対するシミュレーションモジュールを開発し、StarBEDでの検証を行った。StarBEDは大規模な並列計算システムで実現される仮想環境であり、この上にY.4409を構成する各ノード(実際のシステムで実行されるプログラム)とモジュール間を接続するネットワーク(シミュレータ)を実現した。

図7はシミュレータの構成である。実際に構築したのは、1,000戸の住宅で、1戸あたり10台のデバイスが接続される環境を想定した。WoTサーバとWANシミュレータは1つずつだが、WoT-GW、WoTデバイス(10台)とこれらを接続するエリアネットワークエミュレータをセット

として1,000戸分を用意した。2018年度の実験では、26戸分のシミュレータを1サーバに搭載し、39サーバで1,014戸を実現した。

このシミュレータの特徴は、WoTサーバやWoT-GWを開発したソフトウェアを仮想マシン上で実行できること。WoT-GWやデバイスの数は自由に設定できるため、工場や他の状況での設定に合わせて構成を決めることができる。また、ネットワーク部分は、パケットロス、遅延、ジッタや無線特有の現象を発生させられるため、実際にサーバやPCで動作させる部分はプログフェストや実証で使用しているソフトウェアで、ネットワーク部分を実際には発生させにくい状況を作り出して、その環境で全体動作を確認することが可能になっている。

ネットワークシミュレータに関しては、複数の有線通信方式、無線通信方式に対応したクラウド型プラットフォーム向けシミュレータの開発を行った。特にエリアネットワークに関しては、適用分野や通信方式により通信状況が大きく変化することから、より詳細な通信特性を再現することのできるネットワークエミュレーション技術を開発した。本課題では、家庭向けおよび工場向けにそれぞれについて典型的と考えられるエリアネットワークに対するシミュレータを構築し、その挙動に関する評価が行える環境であることを示した。また、エリアネットワーク内で障害が生じた際の影響を評価する仕組みを実現した。

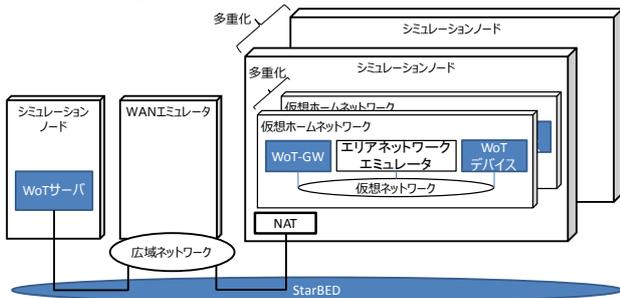


図7. シミュレータ全体構成

(3) 課題アー3: WoTデバイス基盤技術

【開発目標】

WoT インタフェースを備えるデバイスの共通機能を規定し、ハードウェアを含めて基盤技術として整備する。また、接続から運用までをゼロコンフィギュレーションで接続できるように、周辺の技術を整備して組み込む。

【デバイスプラットフォーム】

IoTが本格化するにつれて、新しくIoTデバイスを開発する動きが活発である。Raspberry Pi等の様々な用途に利用できるハードウェアが安価に提供されるようになってきたため、これらのハードウェアで動作可能なWoT環境を用意することでWoT準拠のデバイスを簡単に開発することが可能となる。本課題では、当初、オープンハードウェアとしてのCHIRIMENを利用した開発を行ったが、その後、CHIRIMENはハードウェアをRaspberry Piに変更しソフトウェアのみを提供するようになったため、本課題でも汎用ハードウェアを対象に変更している。

図8は、工場実証向けに開発したセンサーデバイスである。このデバイスでは、MPUを内蔵するWi-Fi通信モジュールを利用している。このMPUはセンサを接続する汎用インタフェース(I2C, GPIO等)を持っているため、この通信モジュールにWoTスタックを搭載することで、WoTデバイスを開発するための共通ハードウェア基盤とすることができる。今回は安価で入手可能なESP32を利用して共通基盤を開発した。この基盤には課題イの運用管理機

能も実装されている。

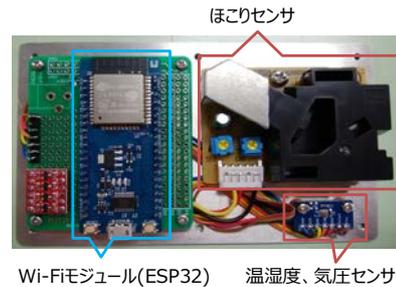


図8. 工場で使用するセンサ

課題アー1で述べたように、WoTではデバイス機能をTDで表現しているが、デバイスのネットワーク接続時にこのTDを通知することで、このデバイスを利用するための設定を自動化(ゼロコンフィギュレーション)することができる。BluetoothやZigbee、USB等ではネットワーク設定を自動的に行う機能が提供されるが、WoTではアプリケーションレベルの設定が可能になる。図9は共通基盤で開発したWoTデバイスを利用し、Nord-REDで簡単なIoT環境を開発するためのPoCツールキットである。ここでは、WoTデバイスは接続時にデバイスのTDをWoT-GWに通知する仕組みを持ち、このTDは図6のディレクトリに登録される。今回、このTDをNode-REDのNodeとして自動的に登録可能な機能を実現したため、例えば、工場における温度、湿度等の環境を見える化する場合にはNode-RED上に自動追加されたセンサとグラフを作成するアプリを線で結ぶことにより環境センサの見える化サービスをすぐに実現可能である。

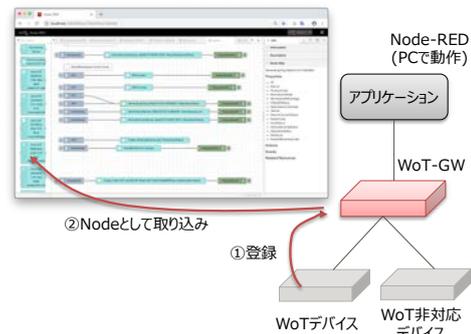


図9. ゼロコンフィギュレーション

2.3 エリアネットワーク運用管理技術

(1) 課題イー1: 管理情報収集技術

【開発目標】

IoTデバイスやエリアネットワークにおける障害検出や原因分析に必要な運用情報を、IoTデバイスとネットワーク機器から取得し、ゲートウェイ装置に集約する技術を開発する。エリアネットワークは単一ネットワークではなく、複数の方式を組み合わせたネットワークとし、有線・無線を組み合わせて3方式以上によるネットワークで実施する。また、エリアネットワーク運用管理を普及させるために、必要なソフトウェアのOSS化を行い、実装ガイドライン等の文書を作成する。

【ゲートウェイでの運用情報集約】

HTIPは、エリアネットワークに接続されるデバイス、ネットワーク機器の接続構成(トポロジー)を取得することを目的に開発された通信プロトコルであり、2011年にG.9973として勧告化されている。G.9973ではEthernetを前提としており、ネットワークで隣接する機器情報をLLDPで集めることで、全体のトポロジーを知ることができ

る。この集約する機能を HTIP マネージャと呼ぶ。このプロトコルの拡張をして、デバイス、ネットワーク機器の運用情報(CPU 負荷、メモリ使用量、う等)を収集し、エリアネットワーク内で発生する障害の検出とその原因の分析を行うことを考えた。

基本的なアイデアは、本課題メンバーが中心となり議論しており、基本方式については技術レポート(TR-1053/57)として発行されている。また、Ethernet 以外の通信方式への対応可能になるように、非 Ethernet/非 IP の通信方式への対応を検討し、G.9973 の改定を行った。この結果、2017 年に G.9973(第 2 版)として勧告化されている(国内の規格としては、JJ-300.00 第 3 版)。これらの方式に基づいて、WoT-GW に運用情報を集約できるようにしており、図 6 に示す運用管理機能がこれにあたる。

【工場実証及び相互接続】

HTIP では、トポロジ情報・運用情報を発信するエージェントと収集するマネージャからなる。本課題では、Ethernet 以外のインタフェースを持つ通信モジュールへのエージェントの実装とゲートウェイもしくはゲートウェイに中継する装置にマネージャを実装することで、Ethernet 以外の機器への対応を行う。また、Bluetooth からゲートウェイを介して Ethernet に転送される場合には、ゲートウェイにおいてエージェントとマネージャをつなぐことで、複数の異種ネットワークを接続する形態も可能である。

本課題のなかで、富士通、SMK、JAIST はそれぞれ独自に HTIP エージェントとマネージャの実装を行い、相互接続を行うとともに、分担して非 Ethernet への対応を進めた。富士通は、Wi-Fi、BLE、シリアルケーブルの機器に対してエージェントの実装を行い、各通信メディアのマネージャをゲートウェイに実装した。このうち、Wi-Fi については 40 台のセンサ端末を開発し、富士通小山工場での実証を行っている。SMK は、自社が販売する通信モジュールへの実装を進めた。Wi-Fi、920MHz 無線、BLE、PLC への実装を行い、その動作を確認している。この一部は SMK 富山工場にて実証を行った。通信モジュールへの実装を行うことで、このモジュールを利用したセンサ装置等が HTIP 対応となり、運用管理に対応した機器の普及につながると考えられる。

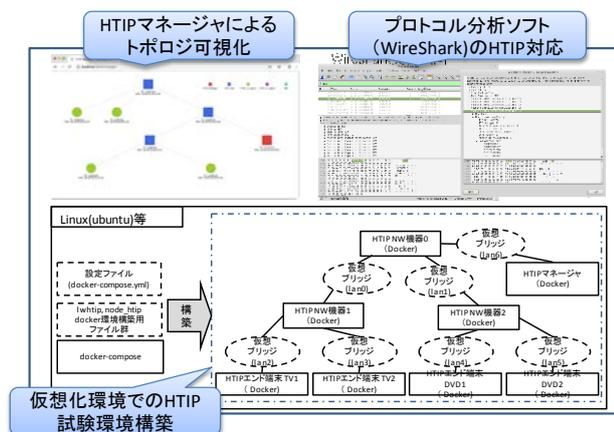


図 10. 開発したオープンソフトウェア

JAIST は、HTIP エージェントとマネージャの OSS 開発を行い、GitHub にて公開した。また、HTIP で収集したデータからトポロジ可視化を行うソフトウェアや、パケット分析を行うためのキャプチャツール(Wireshark)等の整備を行い、HTIP の利用を促進するソフトウェアの整備を進めている(図 10)。HTIP エージェントは通信モジュール

ルに組み込むことで、簡単に運用管理可能な IoT デバイスになることから、広く普及することが期待される。こうした活動内容を広めるために、2017 年に 3 者は共同でコミュニティを TTC に設立(エリアネットワークワーキングパーティ)し、本課題メンバー以外に対しても、情報公開を進めた。

(2) 課題イー2：障害原因分析技術

【開発目標】

実証環境で発生する運用情報を分析し、発生する障害のうち半分以上の原因を特定する技術を開発する。また、障害発生により増加する運用情報のトラフィックを一定以下に抑制する機能を実現する。

【障害検出】

エリアネットワークで発生する障害に関しては、TTC TR-1057 に障害分類があるが、本課題では表 1 のように再整理して、評価を行った。障害には、デバイス原因のもの、ネットワーク原因のものがあるため、まずはそれぞれについて情報取得を行い、G.9973 による情報により実際に障害検出や原因分析が可能であることを示した。

表 1. 障害原因分類と評価結果

大分類	中分類	大分類	障害原因	復旧方法
デバイス	デバイス一般	ハード障害	電源(枯渇、発電不足等) 電源以外(部品故障等)	バッテリー交換(もしくは充電) ハード交換
		ソフト障害	設定ミス バグ	再設定 ソフト更新、定期的に再起動
	GW	過負荷	通信/CPU処理過多	トラフィック削減等
		ノイズ	電子レンジ、工場設備等	ネットワーク、設置位置変更
ネットワーク	干渉(無線)	混信	同じ周波数帯を利用する通信	使用チャンネル変更等
	遮蔽(無線)	電波強度低下	電波未到達、遮蔽物	ネットワーク、設置位置変更
	有線	ケーブル	断線	ケーブル交換
	その他	機器故障	ネットワーク機器故障	機器交換

デバイス障害の検出については、組み立て工場におけるマウンタ(プリント基板に部品を搭載する装置)の故障検出を行った。ここでは、センサとしてマイクを設置し、稼働音を運用情報として収集した(図 11)。現場の作業者は稼働音の微妙な変化から故障を認識している。そこで、今回は、WoT-GW に収集した稼働音をフーリエ変換し、特定の周波数成分の変化をもとに検出が可能であることが分かった。課題ア-1 方式の有効性が示された。

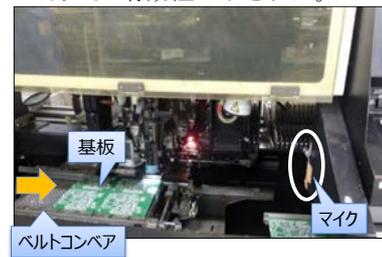


図 11. デバイス障害の検出

一方でネットワークの障害検出については、デバイス及び Wi-Fi AP からの無線信号強度(RSSI)を取得する方式を実験した。図 12 に示すように、無線通信に影響するいくつかの障害要因が考えられる。工場実証で使用するセンサ(図 8)では、まずは無線信号強度の情報を収集し、これを分析することで図 12 に示した要因の切り分けができないかを確認することとしている。この結果、機械ノイズから発生する電波や他の Wi-Fi 通信の影響があることが確認された。しかし、信号レベルはいずれも低く、大きな障害につながらないことから、継続的に監視をすることとしている。

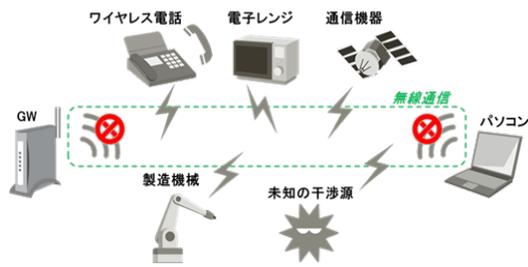


図 12. 無線障害

デバイス、ネットワーク機器の障害検出については、運用情報をゲートウェイに集約し、機械学習によって実現している。機械学習の手法については、一般に普及しているツール scikit-learn を利用して、Python で実装している。ゲートウェイでは WoT により運用管理情報を取得するインタフェースは WebAPI となっており、Python との親和性が高い。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取組

【研究成果の展開】

(1) WoT 標準化・WoT 基盤事業化

WoT の標準化活動は、参加する企業・団体が多く、仕様調整のために長期化したが、2019 年中には勧告化の見込みである。第 1 版では、アーキテクチャと情報モデルの基本部分のみの記載であったため、情報モデルの記述と操作に関する仕様の拡充を今後も図る予定。

WoT 標準化に準拠したソフトウェアの製品化を行う。2019 年 6 月に富士通より Virtuora MX としてドラフトに準拠した製品化。今後、勧告化に合わせて改定を行う。また、この製品を利用し、事業化につながる PoC を実施予定である。

(2) HTIP 対応モジュール

HTIP の国際勧告化(G.9973)は研究期間内に完了しており、規格に準拠したクライアントとエージェントの OSS は公開中である。HTIP は Ethernet/IP 通信が前提のため、非 Ethernet、非 IP インタフェースの機器に対する対応方法については、技術レポート(TR-1075)として発行する予定。また、この技術レポートに沿った通信モジュールの開発を行っており、今後 HTIP の普及・採算性を考慮し事業化を判断する予定。

【成果波及に向けた取組み】

(1) Web of Things : Web 技術 IoT デバイス接続共通化

IoT デバイスに関しては、住宅、ビル、工場等で規格が乱立しているが、共通要素は情報モデルとその操作プロトコルである。WoT は、JSON と HTTP を使用し、Web 技術者から最も多く使われている技術をベースにしている。異分野連携では、情報モデルの変換が必須であるが、WoT は中立的な規格であり多くのエコシステムを相互に接続できる可能性があり、今後も引き続き活動に貢献する。

(2) HTIP による運用管理の普及

HTIP により、全てのデバイスを対象にして運用情報の収集が可能となった。IoT デバイス、ネットワーク機器等が対応することで、ゼロコンフィギュレーションや運用自動化など運用面でのトラブルは激減し、IoT 導入が容易になるため普及につながる。WoT と HTIP は、Society5.0 を推進する必要な基盤技術であり、引き続き普及に向けた活動を継続する。

4. むすび

本格的な IoT 社会を実現するには、これまで個別作られ

てきたエコシステムを相互に接続し、アプリケーションから異分野のデバイスに接続されるだけでなく、障害等のトラブルが発生せずに安心して利用できる環境が必要になる。この目的においては、標準規格を作り、社会全体で協調していく部分を作りながら、競争することが可能な枠組みが必要である。本課題では、W3C Web of Things と ITU-T G.9973 の国際標準に基づいた IoT 基盤を用いて、住宅、工場における実証を行った。また、シミュレーションにより全体でデバイス 1 万台規模の動作を確認しており、大規模な社会実装にも対応可能であることを確認した。一方で、運用管理に関しては、運用情報を集めるだけでは不十分であり、実際の環境で収集した情報をもとに具体的な障害検出・原因分析の手法を確立する必要がある。

本課題を通じて策定した規格については、実装ガイドライン等を作成して具体的な適用方法についても紹介していく予定である。また、課題開発した一部のソフトウェアは OSS として公開しており、今後も更新を続ける予定である。これ以外の成果についても製品化等を通じて、利用できるように整備する予定である。関心のある方は、是非ご連絡頂きたい。

最後にプロジェクトを進めるにあたり、W3C Web of Things Working Group、TTC エリアネットワーク専門委員会、スマート IoT 推進フォーラム技術標準化分科会、総務省をはじめとして、多くの方のご支援頂いた。皆さまに深く感謝申し上げます。

【査読付発表論文リスト】

- [1]Yuki Nishiguchi, Ai Yano, Takeshi Ohtani, Ryuichi Matsukura, "IoT Fault Management Platform with Device Virtualization", The 2018 IEEE 4th World Forum on Internet of Things (WF-IOT 2018), (2018.2.5-8)
- [2]Takahisa Suzuki, Masayuki Fukui, Ryuichi Matsukura, "A device virtualization gateway for Web of Things", IoT Enabling Sensing/Network/AI and Photonics Conference 2019 (IoT-SNAP 2019), (2019.4.22-26)
- [3]Ryuichi Matsukura, Takehisa Suzuki, Takuki Kamiya, "A WoT gateway with legacy devices virtualization", Second W3C Workshop on the Web of Things, (2019.6.3-5)

【取得特許リスト】

12 件出願中。

【国際標準提案・獲得リスト】

- [1]ITU-T, G.9973, Protocol for identifying home network topology, 2017.8
- [2]IEEE, 802.1CF-2019, Network Reference Model and Functional Description of IEEE 802 Access Network, 2019.3
- [3]W3C, Web of Things Architecture, 2019.5(CR)

【受賞リスト】

- [1]松倉隆一、角田潤、矢野愛、高橋英一郎、長谷川一知、情報処理学会業績賞、“多種多様なデバイスをクラウドに接続する IoT 基盤技術の研究開発と実用化・標準化”、2017.6.2
- [2]松倉隆一、情報通信技術賞 TTC 会長表彰、“IoT エリアネットワーク向けサービスプラットフォームに関する標準化及び普及にかかわる功績”、2017.6.20
- [3]松倉隆一、角田潤、矢野愛、電気科学技術奨励賞、“様々な分野に対応可能な IoT デバイス接続技術の開発”、2017.11.27