

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

代表研究責任者 高橋英一郎 富士通株式会社

研究開発期間 平成 28 年度～平成 30 年度

【Abstract】

A huge number of devices will be connected to realize a IoT-based society with the digital twin, which can collect data from everywhere including homes, buildings, factories, etc., and make people's lives and work safer and more effective. There are already various devices such as sensors and facilities in various areas, and we now face a big problem is how to connect them to the network and to the cloud stably. This digital twins enable many companies and engineers to create new services to realize a better society through the cloud.

The common IoT platform was composed of two main outputs. The first is the Web of Things platform technology that allows devices with various interfaces to be accessed and controlled by a unique Web interface. We've joined the W3C WoT-WG and much contributed to the architecture and the information model. We've also extended gateway functions to connect existing devices. The second is to establish a technology of operation managements for area networks based on THIP (G.9973). This technology enables to show the topology of the network frequently changed and to detect the point troubles occur. These technologies have been applied to actual factories and worked effectively for about year.

1 研究開発体制

- 代表研究責任者 高橋英一郎（富士通株式会社）
- 研究分担者 松倉隆一（富士通株式会社）
近藤晴彦（SMK 株式会社）
丹 康雄（北陸先端科学技術大学院大学）
- 総合ビジネスプロデューサ 中村秀治（三菱総合研究所）
- ビジネスプロデューサ 小林裕介（富士通株式会社）
相澤梨恵（SMK 株式会社）
Sioutis Marios（北陸先端科学技術大学院大学）

- **研究開発期間** 平成 28 年度～平成 30 年度
- **研究開発予算** 総額 279 百万円

(内訳)

平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度
97	87	95

2 研究開発課題の目的および意義

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する。

3 研究開発成果（アウトプット）

本課題では、既に勧告化した IoT アーキテクチャ勧告 ITU-T Y. 4409 (旧 Y. 2070) のインタフェース標準化を行い、IP/非 IP 通信で接続される様々なデバイスを統一された Web インタフェースによって効率的にアプリケーションが開発される環境を実現する。一方で、IoT が普及するにつれて、エリアネットワークの安定した運用が必須であるため、エリアネットワークに接続されるデバイスや使用する無線ネットワークの状態を監視し、障害発生時には収集された情報により最小限の作業で復旧する運用管理機能を実現する。今後、IoT の普及に向けて解決すべき以下の 2 課題について取り組んだ。

課題ア：Web 技術を利用した IoT デバイス通信共通化技術

課題イ：エリアネットワーク運用管理技術

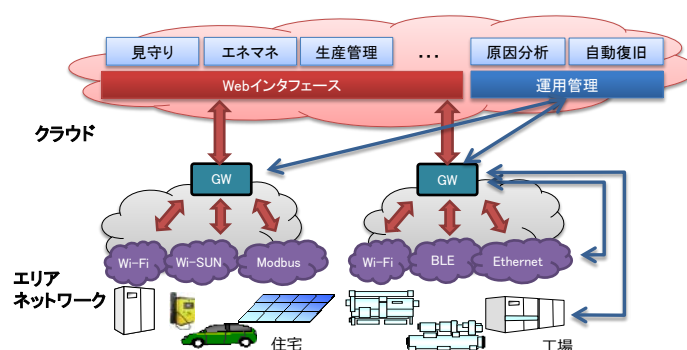


図 1. 本課題の全体像

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、ゲートウェイ (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 に示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想化され、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、仮想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 1 に示すアーキテクチャに対応したものである。

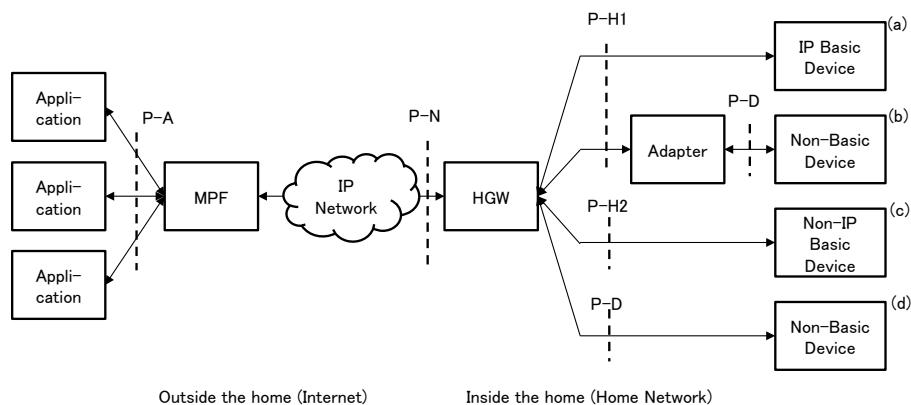


図 2. Y. 4409 アーキテクチャ

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) にて平成 28 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、令和元年 5 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。したがって、Y. 4409 で規格化できなかったインタフェース仕様が WoT で標準化されことになる。

3 年間の研究基幹を通じて、当初の開発目標は達成した。今年度は、W3C の WoT 標準化については勧告候補文書まで合意し、この文書に基づいた実装による相互接続が行われている。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 (iHouse)、工場、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 (課題アー 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 (課題アー 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 (課題アー 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、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 (課題イー 1)。最後に、課題イー 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 (課題イー 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则认为している。以下、成果の詳細について説明する。

3. 1 Web 技術を利用した IoT デバイス通信共通化技術

課題アー 1：デバイス表現共通化技術（富士通）

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。

【標準化、既存デバイスとの接続】

IoT が導入される住宅や工場等の現場では、実に様々な媒体(無線、有線)やプロトコル(HTTP、ECHONET Lite 等)がある。Y. 4409 ではこれらのデバイスをアプリケーションが直接コントロールするのではなく、ゲートウェイにてプロトコル変換を行い、アプリケーションに対して共通の Web インタフェースを提供する。本課題では、W3C WoT-WG における活動として、Y. 4409 をアーキテクチャとして取り込みながら、具体的なアプリケーションインタフェースの規格化を進めた。平成 31 年 3 月末段階では、アーキテクチャと情報モデル(Thing Description)が勧告化文書となることが合意されている(令和元年 5 月に Candidate Recommendation として承認、7 月に勧告化完了見込み)。インタフェースは、接続されるデバイスの抽象表現方法としての情報モデルにて規定されている。また、この情報モデルを生成するデバイス、もしくは既存インタフェースを情報モデルに変換するゲートウェイ、さらに情報モデルを利用するアプリケーションの構成等についてはアーキテクチャ文書に記載されている。富士通は、この 2 文書のそれぞれの共同エディタとして議論をリードした。

WoT-WG では平成 29 年 7 月に最初のワーキング文書を公開しているが、プラグフェストはこの文書に基づいて行われていた。平成 29 年 11 月のプラグフェストからは、クラウドアプリケーションからエリアネットワークに接続されるデバイスへの接続がスコープに入り、途中にファイアウォールや NAT が存在する実際の環境での接続も行われている。これらの結果に基づいて、アーキテクチャ文書の作成が加速された。

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。このうち、プロキシは複数のプロキシを接続して利用することが可能で、Y. 2070 のようにインターネットとエリアネットワークの双方において、ファイアウォールや NAT 超えをプロキシ間で隠蔽してしまうことも可能である。また、実際のユースケースからそれぞれのエンティティが持つべき機能について整理され、アプリケーションとデバイスとの間で、デバイスの機能を抽象的な情報モデルとして記述する言語(Thing Description)として定義された。

アーキテクチャ文書は、こうした基本的な構成から、各エンティティの持つ機能を規定し、実際のシステムを構築するための構成例について記載された。富士通は、Y. 4409 に準拠した実装を行い、ここで得られたアーキテクチャについて提案を行った。具体的には、ユースケース、技術要件、抽象アーキテクチャ、具体的な構成、大規模化に向けた構成(プロキシ多段構成による)等の一通りの記述の提案を行い、ほぼ承認されている。

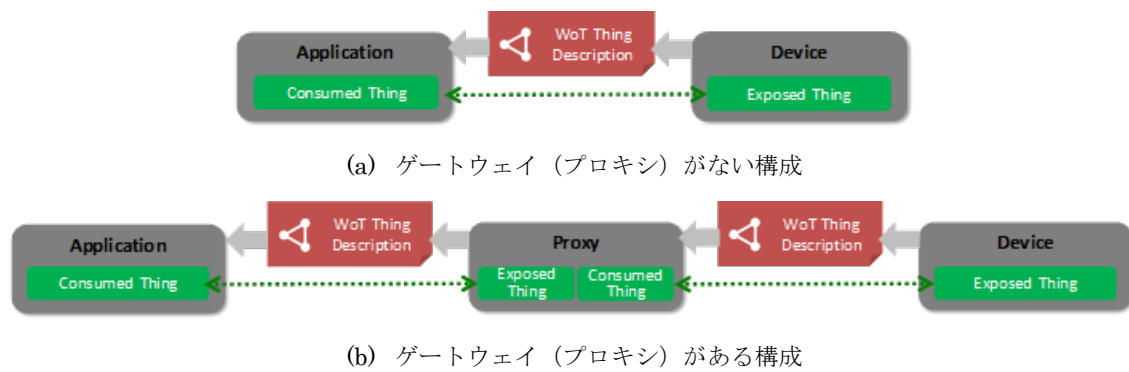


図 3. 実装したシステム構成

【実証】

開発したゲートウェイ (WoT-GW) は、定期的に行われる WoT-GW 会議でのプラグフェストで他社デバイスとの接続を行うと同時に、住宅と工場において実証実験を行った。

プラグフェストに関しては、平成 29 年 7 月の会議で、クラウド、ゲートウェイを経由した実際の利用に近い構成での実施を提案し、モデレータとしてプラグフェストをリードすると同時に、本課題で開発した WoT-GW を会場に持ち込み、クラウド上の WoT-GW と連携する環境をメンバーに提供した。平成 30 年 4 月のプラハ会議では 7 社のデバイスを WoT-GW に接続し、3 社のアプリケーションがクラウド経由で接続した。この時の接続デバイスは、住宅、ビル、工場、自動車に関連する、10 種類のインタフェース、約 30 個のデバイスが接続された。接続が確認されたプロトコルは次の 10 種類: ECHONET Lite、KNX、BACNet、EtherCAT、Modbus/TCP、OCF、SmartThings、IPSO、LemonBeat、VISS である。

住宅と工場における実験に関しては、石川県能美市の iHouse と、富士通アイソテック (FIT)、富士通テレコムネットワーク (FTN) の 2 工場で実施した。iHouse は 2010 年に実験を目的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、これらのデバイスを全て接続している。工場では、複数のセンサを設置している。FIT 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設置した。ここでは、Wi-Fi 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、FTN 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。このセンサーは Wi-Fi で通信するものであり、メッセージを受信する毎に得られる受信信号強度 (Received Signal Strength Indicator) を記録する。実験はほぼ 8 か月にわたり実施し、運用情報から障害の検出と原因分析を行っている。(3.5 節)

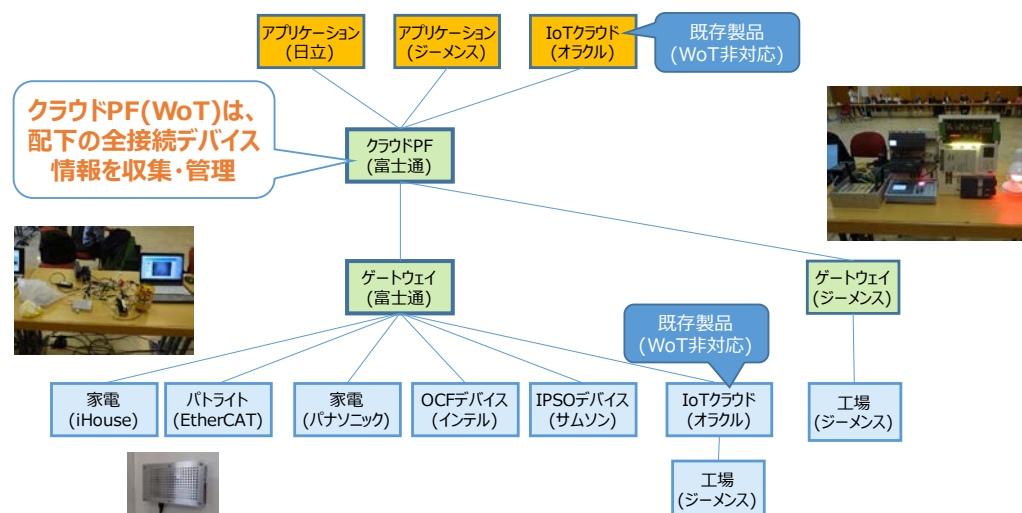


図 4. WoT-WG で開催されプラグフェストの接続構成図

3. 2 課題アー 2 : WoT インタフェース技術 (富士通、JAIST)

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。

平成 29 年 9 月に公開された WoT-WG の最初のドラフト文書に基づき、プラグフェストが実施された。大きな課題としては、既に存在するデバイスをいかに WoT の枠組みで扱えるようにするかであり、この部分に関しては WoT-WG 内でも Protocol Binding タスクフォースの中で議論された。基本的な考え方は、Thing Description で規定されるデバイスの情報モデルの表現方法と、その情報モデルへのアクセス方法 (READ/WRITE 等の操作) の抽象的な表現に対して、ECHONET 等の IoT デバイスの規格の情報モデル、アクセス方法の具体的な仕様との対応付け (Binding) することである。この考えに基づいて本課題で設計したソフトウェア構成を図 5 に示す。WoT コアのプロキシサービスが、WoT で規定される抽象的な情報モデルとアクセス方法であり、そこに具体的な情報モデルの表現とプロトコルを対応付けるのが WoT 用プラグインやレガシーデバイス用プラグインになる。WoT 用プラグインでは、情報モデルは JSON で共通であるが、プロトコルは、HTTP、WebSocket、MQTT 等から選択可能である。一方で、レガシーデバイスに関しては、各規格で規定される情報モデル及びプロトコルとの対応付けを行うためのプラグインを個別に開発することになる。また、明確な情報モデルを持たない規格に対しては、レガシーデバイス内に、WoT コアでの表現に対応した情報モデルを生成し、その情報モデルとデバイスが持つインタフェースとの変換を実現する。

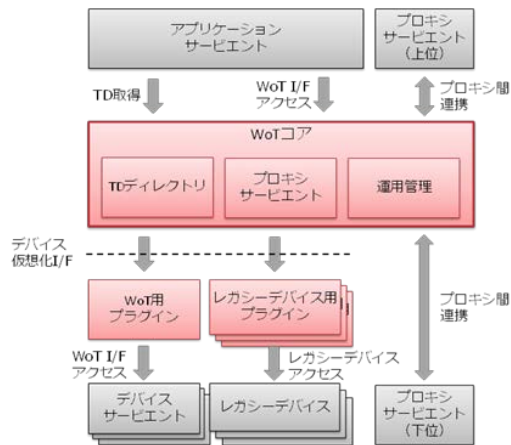


図 5 WoT プロキシの構成

多くの規格では、アーキテクチャ、トランスポート(アクセス方法)、データモデル(情報モデル)が規定されている。情報モデルについては、WoT で規定される Thing Description との相互の変換が可能なものが多い。また、アクセス方法についても、基本的な通信がデバイスの機能に対する READ/WRITE で実現されており、WoT で規定されるアクセス方法との対応が容易である。実際に、WoT-WG プラグフェストでは、住宅、ビル、工場、自動車で利用される 10 種類の規格に対応したデバイスが持ち込まれ、相互接続が確認されている。

【シミュレータ】

平成 28 年度に ITU-T Y. 2070 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. 2070 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。

具体的には、Y. 2070 に対応するモジュールとして、

- アプリケーションサーバーシミュレーションモジュール
- サービスプラットフォームシミュレーションモジュール
- ゲートウェイデバイスシミュレーションモジュール
- エンドデバイスシミュレーションモジュール

とこれらを結び、

• エリアネットワークシミュレーションモジュール・インターネットシミュレーションモジュールである。これらには、全モジュールを含んだシミュレータとして稼働させるための制御機能が実装され、時刻同期を行いつつ稼働させることが可能である。エリアネットワークおよび広域ネットワークの実現には、既存のネットワークエミュレータ技術を活用し、今後の要求に応えることでフレームワークを構築した。

平成 29 年度に、平成 28 年度開発した各シミュレーションモジュールの基本部分を基に、IoT システムシミュレータを構築した。本シミュレータは ITU Y. 2070 モデルに即した設計となっている。構築したシミュレータは様々な仮想化技術を利用することでクラウド型 Web of Things プラットフォームのシミュレータとして動作する。本シミュレータではセンサの数や種類の変更や、センサデータの取得頻度が異なるアプリケーションを実行することが容易であり、家庭向けや工場向けのシミュレータとして利用

可能な設計となっている。また、広域ネットワークを模擬するために WAN エミュレータを利用する。

構築したシミュレータは 1000 世帯以上の規模の実用的なシステムからなり、スケーラビリティの検証も含むシステム全体の評価を行うことが可能な実装となっている。また、ゲートウェイとデバイスの間は仮想ネットワークで接続されており、実際のフレームが送受信されるため、その挙動の評価を行うことも可能である。さらに、WAN エミュレータによって模擬された広域ネットワークシミュレータにより、トラフィックや障害発生時のシステムの挙動も評価可能なシミュレータとなっている。

平成 30 年度に、平成 29 年度開発した IoT システムシミュレータを基に、より現実的な評価を実施可能とするため、エリアネットワークとして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。

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用い、有線通信と無線通信のエリアネットワークシミュレータを実現することで、現実的な構成のエリアネットワークを構成可能なエリアネットワークシミュレータを実現し、クラウド型プラットフォーム向けシミュレータと統合することでより現実的な環境を模擬するシミュレーションが可能となった。

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しくみを実現した。

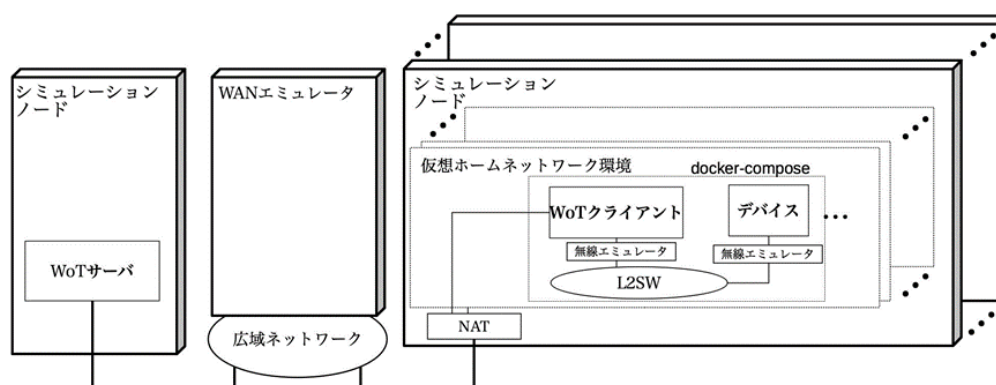


図 6. シミュレータの全体構成

3. 3 課題アー 3 : WoT デバイス基盤技術（富士通）

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。

本課題では、今後開発が期待される WoT インタフェース対応デバイスの基盤技術（ハードウェアを含む基盤）を開発した。IoT デバイスとしては、何らかの通信機能を持つことから、マイクロプロセッサ (MPU) と Wi-Fi や Bluetooth 等の通信モジュールからなるハードウェアに対して、WoT インタフェースを実現するプロトコルスタックを搭載して、センサ等の機能ハードウェアを接続することになる。平成 28 年度にはオープンハードウェアであった CHIRIMEN を利用していたが、Raspberry Pi3 で動作するソフトウェアとして供給されるようになったため、汎用ハードウェア上で動作するソフトウェアとして開発した。

図 6 右下は工場で使用しているセンサーデバイスであり、MPU を内蔵する Wi-Fi 通信モジュールに複数のセンサを接続している。MPU には WoT スタックの他、HTTP スタックを搭載しており、WoT で規定される

デバイスの情報モデル(TD)や HTIP で規定される運用情報をスタック内に登録されている。この例では、温度、湿度、気圧、ほこりセンサが接続されているが、各センサドライバを通じて得られるデータを WoT/HTIP スタックを通じて通信するアプリケーションを作成することでデバイス開発が完了する。

3.2 で述べたように、開発した WoT スタックは追加機能があり、インストール時のゼロコンフィギュレーションを実現している。デバイス基盤の WoT スタックでは、接続時に TD を WoT-GW に登録する機能がある。TD にはデバイスの ID、アドレス、持っている機能(プロパティ)等が記載されており、接続と同時に WoT-GW にデバイス情報が登録される。したがって、WoT-GW では追加機能として、ディレクトリ機能を持っており、ゲートウェイに接続される全てのデバイス情報を取得することができる。このデバイス情報を Node-RED のようなソフトウェアで取得して、アプリケーション開発を行うことで、PoC が簡単に実現できるようになる。このセットは、今後接続可能なデバイスを増やしていく予定である。

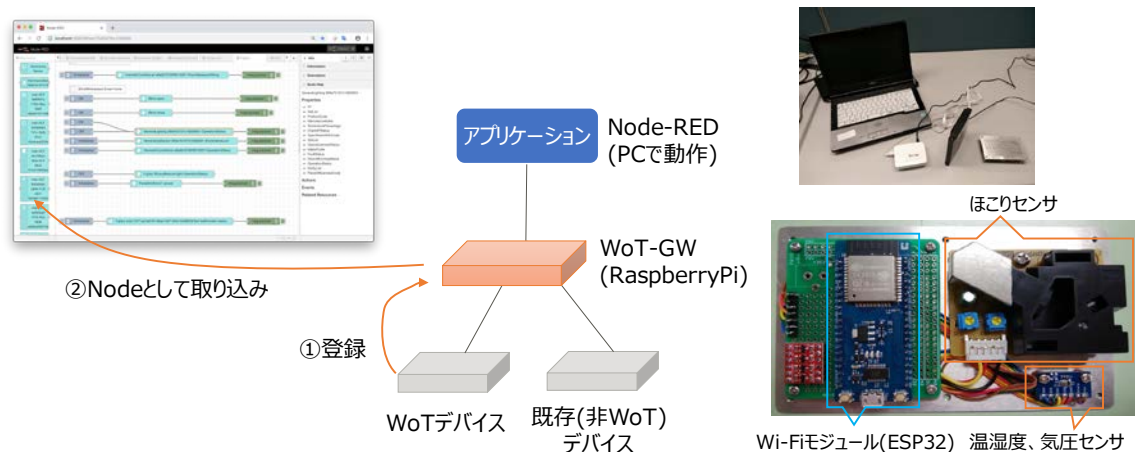


図 7. 開発した WoT デバイス基盤のソフトウェア構成と試作した WoT デバイス

3. 4 エリアネットワーク運用管理技術

課題イー 1 : 管理情報収集技術 (富士通、SMK、JAIST)

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・無線を組み合わせる 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。

TTC を中心に議論され、G. 9973 として勧告化された HTIP を利用した運用管理情報の収集に関して、IoT デバイスやネットワーク機器、ゲートウェイ装置で具備すべき機能について検討、実証を行った。G. 9973 は Ethernet、IP で接続されたデバイスやネットワーク機器のトポロジを検出するプロトコルであるが、トポロジ情報以外にデバイスやネットワーク機器の運用情報を転送可能とした。また、Bluetooth 等の近距離無線を含む非 Ethernet、非 IP での通信機器においても、トポロジ情報や運用情報を通知可能な仕様の拡張を行い、その実装ガイドラインについてもスマート IoT 推進フォーラム等の協力を得ながら開発を行った。

HTIP 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、非 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 33 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。

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、平成 30 年度に採択された PRISM では、Wi-Fi と BLE の通信モジュールへの HTIP エージェントの実装を行い、その動作を検証した。IoT デバイスの通信モジュールとしてこれらを採用することにより、簡単に運用管理可能なデバイスになることにより、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、平成 29 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。

3. 5 課題イー 2 : 障害原因分析技術 (富士通)

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ヒックを一定以下に抑制する機能を実現する。

本課題では 2 つの実験評価を行っている。一つはデバイスの故障検出、もう一つはネットワークにおける障害検出である。図 7 はデバイスとして、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)の故障検出の様子である。マウンタには運用管理情報を取得するインタフェースが存在しないため、センサを設置して取得するようにしている。この実験では、マイクを設置して稼働音を運用情報として取得するようにしている。

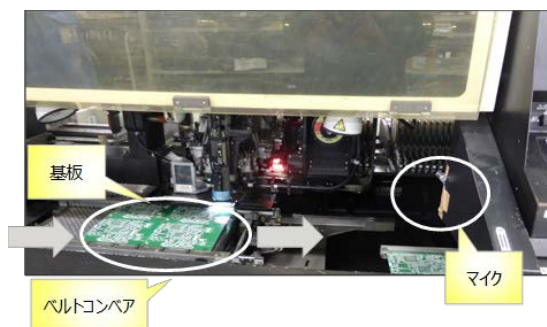


図 8 組立工場における製造装置の故障検出

一方の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の情報を取得するようにしている。今回、工場での実証では、課題ア-3 で開発したセンサーデバイスを利用しており、センサーデバイスで通信しているときの無線信号の強度を運用情報として通知している。Wi-Fi AP でも同様の機能を持っており、AP とデバイスで通信されるメッセージで無線強度を知ることによって、無線環境をリアルタイムに知ることができる。無線環境で発生しうる課題については、図 8 に示した。

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。

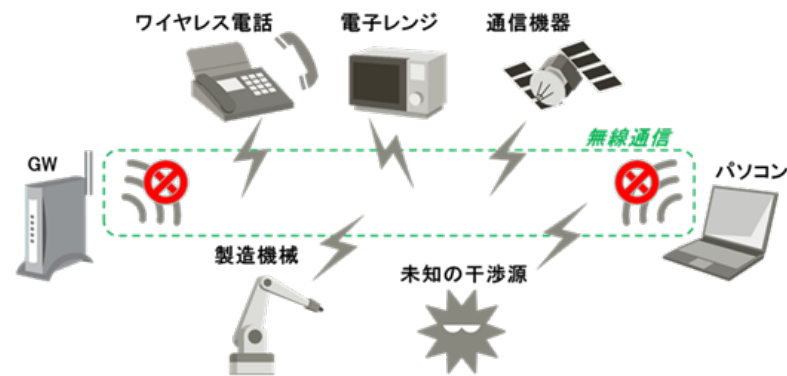


図 9. エリアネットワークにおける無線障害の検出

表 1 に工場で実施した障害検出に関する評価結果を示す。①はデバイスの故障検出、②はエリアネットワークにおける無線障害に関する結果である。限定された範囲での実験ではあるが、一部の障害に関してはかなりの精度で検出できることが分かった。

表 1 障害検出の評価結果

大分類	中分類	小分類	障害原因	復旧方法
デバイス	デバイス一般 (NW機器やGWも含む)	ハード障害	電源(枯渇、発電不足)	バッテリー交換(もしくは充電)
			電源以外(部品故障等)	ハード交換(全体、部品) ②:100%
		ソフト障害	設定ミス	再設定
			バグ	ソフト遠隔更新、定期的に再起動
	GWのみ	過負荷	通信/CPU処理過多	トラフィックを絞る
ネットワーク	干渉 (無線NW)	ノイズ	電子レンジ、工場装置等	NW変更、設置位置変更 ①:100%
		他の無線通信	同じ周波数帯を利用する無線	チャンネル、NW変更、設置位置変更 ①:60%以上
	遮蔽 (無線NW)	電波強度低下	電波未到達、遮蔽物	NW変更、設置位置変更
	有線NW	NW装置	装置故障、ポート故障	装置交換
		ケーブル	断線	ケーブル交換

4 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた取組みの実施状況

(1) WoT ソリューション、及びプラットフォーム事業化

W3C Web of Things 標準化：

当初計画より標準化期間が 1 年延長となり、勧告化目標が令和元年 7 月勧告化完了見込みとなった。勧告化文書は、アーキテクチャと情報モデル(Thing Description)である。

勧告化候補文書(CR)は令和元年 5 月 17 日承認。

ソリューション事業化：

平成 30 年 3 月末現在、1 社と PoC を実施する計画があり、実現に向けて内容を詰めている状況。

プラットフォーム事業化：

WoT 標準化に合わせて製品化を予定しており、令和元年度中に実施予定。

(2) HTIP 対応通信モジュール事業化

ITU-T G.9973 標準化：

2017 年 8 月勧告化済み

有線 LAN モジュール：

本課題の研究期間内に試作済み。工場での実証を行った。製品化については、令和 2 年 3 月を目標。

920MHz 無線モジュール：

本課題の研究期間内に試作済み。工場での実証を行った。製品化については、令和 3 年 3 月を目標。

(3) HTIP オープンソフトウェア化、及び開発ガイドライン作成

HTIP OSS 化：

平成 29 年度に HTIP エージェントとマネージャを公開済み。平成 30 年度にアップデート済みである。

開発ガイドライン：

TR-1072 としてスマート IoT 推進フォーラム技術標準化分科会にて議論中。令和元年度前半での発行が目標。

5 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた計画

(1) WoT ソリューション、及びプラットフォーム事業化

W3C Web of Things 標準化：

勧告化候補文書(CR)は令和元年 5 月 17 日承認されており、7 月中の勧告化の見込み。

ソリューション事業化：

まずは PoC を実施し、実運用に移行する形でソリューション事業化を目指す。令和元年度中に 1 件の事業化を目指す。

プラットフォーム事業化：

WoT 標準化に合わせて製品化を予定しており、令和元年度中に実施予定。

(2) HTIP 対応通信モジュール事業化

ITU-T G.9973 標準化：

平成 29 年 8 月勧告化済み

有線 LAN モジュール：

本課題での実証のなかで見つかった課題、顧客からのニーズへの対応を行い、製品化時期については HTIP の普及進捗を見極めて判断したい。令和 2 年 3 月のリリースを目標としている。

920MHz 無線モジュール：

本課題での実証のなかで見つかった課題、顧客からのニーズへの対応を行い、製品化時期については HTIP の普及進捗を見極めて判断したい。令和 3 年 3 月のリリースを目標としている。

通信方式によらないアーキテクチャとしたので、どの通信方式を採用するかは、その時点でのニーズを判断して対応する予定である。

(3) HTIP オープンソフトウェア化、及び開発ガイドライン作成

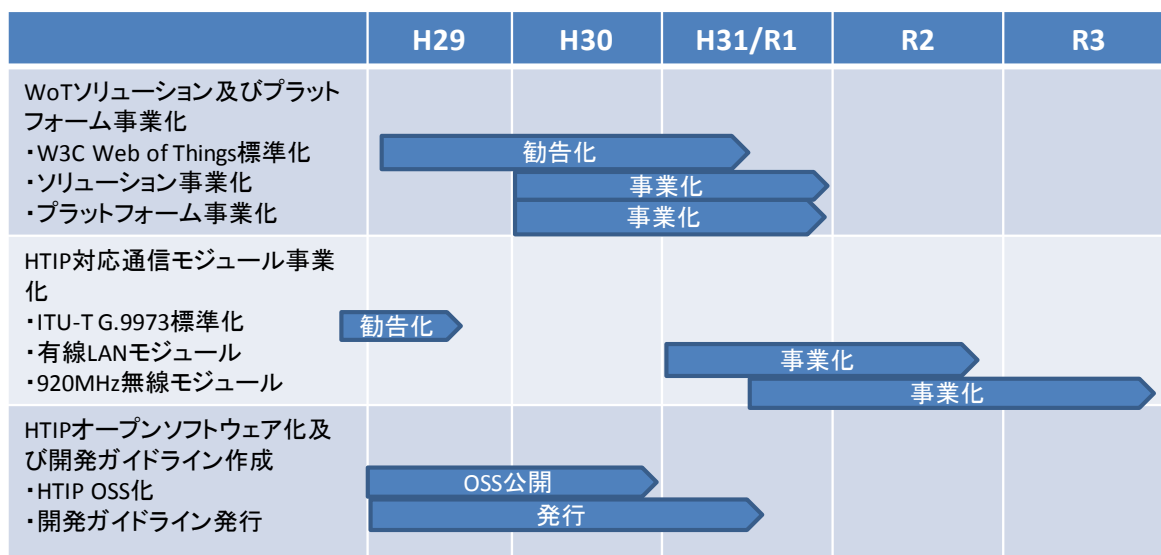
HTIP OSS 化：

アウトカム目標としては研究期間内に達成した。今後、HTIP 普及につながるような改良を行う。

開発ガイドライン：

TR-1073 としてスマート IoT 推進フォーラム技術標準化分科会にて議論中。令和元年度前半での発行が目標。発行後は、HTIP 普及につながるように必要な改定を行う予定。

以下に、研究開発終了後のアウトカム目標に対する計画と指標について示す。



アウトカム指標	目標年度	数値目標等	調査方法	終了条件
WoT事業化 W3C WoT勧告化	平成31年	勧告1件	国際標準化機関 Webページ等	数値目標を達成した時点
WoTソリューション事業化	平成31年	製品リリース1件	Webページ、パンフレット等	数値目標を達成した時点
WoTプラットフォーム事業化	平成31年	製品リリース1件	Webページ、パンフレット等	数値目標を達成した時点
HTIP通信モジュール 有線LAN	令和2年	製品リリース1件	Webページ、パンフレット等	数値目標を達成した時点
920MHz無線	令和3年	製品リリース1件	Webページ、パンフレット等	数値目標を達成した時点
HTIP開発ガイドライン	平成31年	ガイドライン発行1回	ガイドライン出版	数値目標を達成した時点

6 査読付き誌上発表論文リスト

なし

7 査読付き口頭発表論文（印刷物を含む）リスト

[1]Yuki Nishiguchi, Ai Yano, Takeshi Ohtani and 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)

8 その他の誌上発表リスト

なし

9 口頭発表リスト

[1]Ryuchi Matsukura, Smart City Implementations with Web of Things, Japan-EU forum（千葉市）（2017年10月6日）

[2]松倉隆一、Web of Things と IoT エリアネットワーク運用管理の動向、CIAJ ホームネットワーク接続 WG（東京都港区）（2017年3月6日）

[3]松倉隆一、知的環境を支える IoT フィールドエリアネットワーク、2017 年ソサイエティ大会 BI-8-4、(岐阜県岐阜市)（2017年9月13日）

[4]松倉隆一、WoT と標準化団体との連携、マルチメディア推進フォーラム（東京都渋谷区）（2017年10月17日）

[5]シウティス マリオス、リム勇仁、丹康雄、”A monitoring and troubleshooting solution for the home network using Home-network Topology Identification Protocol”、2018 年情報処理学会ユビキタスコンピューティング研究会（東京都千代田区）（2018年2月26日）

[6]北村竜之介、リム勇仁、丹康雄、“家庭内ネットワークにおける管理運用情報の統合システムの設計”、2018 年情報処理学会ユビキタスコンピューティング研究会（東京都千代田区）（2018年2月26日）

[7]藤巻伶緒†、リム勇仁†、丹康雄†（†:北陸先端科学技術大学院大学）、“ホームネットワークにおける HTIP に基づくネットワークトポロジ検出システム”、2018 年情報処理学会ユビキタスコンピューティング研究会（東京都千代田区）（2018年2月26日）

[8]岡田崇、Sioutis Marios、牧野義樹、丹康雄、“ホームネットワークのトポロジ検出と障害検知を実現する HTP の実装とその活用”、2018 年情報処理学会ユビキタスコンピューティング研究会（東京都千代田区）（2018年2月26日）

[9]福田茂紀、矢野愛、角田潤、松倉隆一、“IoT エリアネットワークの運用管理技術の開発”、2018 年電子情報通信学会総合大会（東京都足立区）（2018年3月23日）

[10]松倉隆一、“エリアネットワークのアーキテクチャと標準化動向”、CIAJ ホームネットワーク接続 WG（東京都港区）（2018年3月14日）

- [11]松倉隆一、“IT 企業の重電産業分野への IoT 技術の適用について”、日本電機工業会（東京都千代田区）（2018 年 12 月 10 日）
- [12]松倉隆一、“多様なデバイスが接続可能な IoT 共通基盤～Web of Things とその関連技術～”、スマート IoT 推進フォーラム テストベッド分科会（東京都千代田区）（2018 年 12 月 21 日）
- [13]Ryuichi Matsukura, “WoT and Smart Agriculture”, W3C WoT-WG (Princeton, USA), (2019 年 1 月 30 日)
- [14]牧野義樹（北陸先端科学技術大学院大学）、“Hands-on Training: IoT Devices using ECHONET”, Workshop on Holistic Independent Living with Dependable Network Operation and Management for Smart Homes（ペナン，マレーシア）（2018 年 7 月 17 日）
- [15]牧野義樹（北陸先端科学技術大学院大学）、“Hands-on Training: Network Topology Management using ITU-T G.9973 (HTIP)”, Workshop on Holistic Independent Living with Dependable Network Operation and Management for Smart Homes（ペナン，マレーシア）（2018 年 7 月 18 日）
- [16]近藤晴彦、大谷武、IoT 共通基盤の確立・実証の概要、日本建材・住宅設備産業協会（東京都中央区）（2019 年 1 月 15 日）

【展示会】

- [1]スマート IoT 推進フォーラム（2017 年 3 月）
- [2]ワイヤレス・テクノロジー・パーク(WTP) 2017（2017 年 5 月）
- [3]Interop Tokyo 2017（富士通ブース）（2017 年 6 月）
- [4]Interop Tokyo 2017（W3C ブース）（2017 年 6 月）
- [5]スマート IoT 推進フォーラム（2018 年 3 月）
- [6]富士通フォーラム（2018 年 5 月）
- [7]Interop Tokyo 2018（富士通ブース）（2018 年 6 月）
- [8]Interop Tokyo 2018（W3C ブース）（2018 年 6 月）
- [9]Network Virtualization & SDN Asia 2018（2018 年 9 月）
- [10]SMK 先行開発展（2018 年 10 月）

10 出願特許リスト

- [1]大谷武、中川格、通信装置、通信システム、通信制御方法、及びプログラム、日本/米国、特願 2017-048740、2017 年 3 月 14 日
- [2]佐野健、大谷武、角田潤、通信制御装置、通信制御システム、通信制御方法及び通信制御プログラム、特願 2017-071403、2017 年 3 月 31 日
- [3]西口侑希、矢野愛、福田茂紀、角田潤、畠添菜美、松倉隆一、通信装置、通信システム、通信制御方法、及び通信制御プログラム、日本/米国、特願 2017-169568、2017 年 9 月 4 日
- [4]金準脩他、ネットワークシステム、特願 2017-210445、2017 年 10 月 31 日
- [5]金準脩他、トポロジマッピングプログラム、特願 2018-054595、2018 年 3 月 22 日
- [6]矢野愛、大谷武、松倉隆一、角田潤、異常検出方法、異常検出プログラム、及び異常検出装置、日本/米国、特願 2018-067459、2018 年 3 月 30 日
- [7]矢野愛、角田潤、松倉隆一、情報処理装置、情報処理プログラム及び情報処理方法、日本、特願 2018-131787、

2018 年 7 月 11 日

[8]金準脩他、トポロジマッピングプログラム、特願 2018-197803、2018 年 10 月 19 日

[9]佐野健、松倉隆一、福田茂紀、中継装置、中継方法、データ構造、ゲートウェイ装置、及び中継システム、日本/米国、特願 2018-024744、2018 年 2 月 15 日

[10]矢野愛、大谷武、情報処理方法及び情報処理装置、日本/米国、2019 年 3 月 27 日、特願 2019-061473

[11]矢野愛、大谷武、運用管理装置、運用管理システム、および運用管理方法、日本/米国、特願 2019-063280、2019 年 3 月 28 日

[12]西口侑希、川上健太郎、松倉隆一、デバイス機能制限方法、日本、出願手続き中（社内承認済）

1 1 取得特許リスト

現時点では登録されたものではありません

1 2 国際標準提案・獲得リスト

【提案リスト】

[1]ITU-T・SG15 会合、SG15-C84、Proposal on draft new Recommendation: Generic architecture of home networks for energy management、2017 年 6 月 3 日

[2]ITU-T・SG15 会合、SG15-C156、Proposal to start the work for the revision of G.9973、2017 年 6 月 5 日

[3]ITU-T・SG15 会合、SG15-C583、Proposal on draft new Recommendation: Generic architecture of home networks for energy management、2018 年 1 月 16 日

[4]W3C WoT-WG 大阪会合、Synchronization of WoT Servients、2017 年 5 月 17 日

[5]W3C WoT-WG デュッセルドルフ会合、Some requirements of WoT Plugfest、2017 年 7 月 12 日

[6]W3C WoT-WG in TPAC 2017、Plugfest result in TPAC、2017 年 11 月 7 日

[7]W3C WoT-WG ブラハ会合、Synchronization of Servients、2018 年 3 月 27 日

[8]W3C WoT-WG ブンダン会合、Plugfest diagram and Architecture document、2018 年 7 月 3 日

[9]W3C WoT-WG プリンストン会合、Technical Requirements for architecture document、2018 年 2 月 1 日

[10]W3C WoT-WG プリンストン会合、WoT Servient Architecture for architecture document、2018 年 2 月 1 日

[11]W3C WoT-WG プリンストン会合、Deployment scenarios for architecture document、2018 年 2 月 1 日

【獲得リスト】

[1] G.9973 : Protocol for identifying home network topology (2017 年 8 月)

[2] IEEE 802.1CF-2019 Network Reference Model and Functional Description of IEEE 802 Access Network (2019 年 3 月)

1 3 参加国際標準会議リスト

[1]W3C TPAC2016/WoT-WG、リスボン（ポルトガル）、2016 年 9 月 19-23 日

[2]W3C WoT-WG、サンタクララ（米国）、2017 年 2 月 6-9 日

- [3]W3C WoT-WG、大阪（日本）、2017年5月15-19日
- [4]ITU-T SG15/Q18、ジュネーブ（スイス）、2017年6月21-28日
- [5]W3C WoT-WG、デュッセルドルフ（ドイツ）、2017年7月9-13日
- [6]W3C TPAC2017/WoT-WG、サンフランシスコ（米国）、2017年11月4-10日
- [7]W3C WoT-WG、プラハ（チェコ）、2018年3月24-29日
- [8]W3C WoT-WG、ブンダン（韓国）、2018年6月30日-7月5日
- [7]W3C TPAC2018/WoT-WG、リヨン（フランス）、2018年10月20-26日
- [8]W3C WoT-WG、プリンストン（米国）、2019年1月28日-2月2日

1 4 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年6月2日
- [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年6月20日
- [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年11月27日

1 5 報道発表リスト

なし

研究開発による成果数

	平成 28 年度	平成 29 年度
査読付き誌上発表論文数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)
その他の誌上発表数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
口 頭 発 表 数	2 件 (0 件)	8 件 (0 件)
特 許 出 願 数	2 件 (0 件)	4 件 (0 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 提 案 数	4 件 (0 件)	3 件 (0 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)
受 賞 数	0 件 (0 件)	3 件 (0 件)
報 道 発 表 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
報 道 掲 載 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)

	平成 30 年度	合計
査読付き誌上発表論文数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	1 件 (0 件)	2 件 (0 件)
その他の誌上発表数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
口 頭 発 表 数	6 件 (0 件)	16 件 (0 件)
特 許 出 願 数	5 件 (0 件)	11 件 (0 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 提 案 数	4 件 (0 件)	11 件 (0 件)
国 際 標 準 獲 得 数	1 件 (0 件)	2 件 (0 件)
受 賞 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
報 道 発 表 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
報 道 掲 載 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)

注 1 : 各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読 (peer-review (論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの))のある出版物に掲載され

た論文等（Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む）を計上する。

注3：「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集（電子媒体含む）に掲載された論文等（ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。）を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等（電子情報通信学会技術研究報告など）は、「口頭発表数」に分類する。

注4：「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等（査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む）を計上する。

注5：PCT 国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。（何カ国への出願でも1件として計上）。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しないこと。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しないこと。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。