

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

実施研究機関：富士通（株）、SMK（株）、北陸先端科学技術大学院大学

研究開発期間：H28年度～H30年度

研究開発費：H28年0.86億円、H29年0.87億円、H30年0.95億円 計2.68億円

担当課室名：国際戦略局 通信規格課

1. 研究開発概要（1/2）

1. 目的

本格的な IoT (Internet of Things) 社会の到来を見据え、多様な IoT サービスを創出するため、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まとめて効率的かつ安全にネットワークに接続・収容する技術等の研究開発を実施し、産学官連携による実証により IoT 共通基盤技術を確立することにより国際標準化を推進する。

2. 政策的位置付け

- 「『日本再興戦略』改訂 2015」(H27.6.30 閣議決定)において、未来社会を見据えた、新たな時代を支える共通基盤技術 (IoT、ビッグデータ、人工知能、センサー、素材、ナノテク等) に関して重点的に取り組むべき課題等や推進方策について、平成 28 年度から研究開発等を実施するとされている。
- 「経済財政運営と改革の基本方針 2015」(H27.6.30 閣議決定)において、AI、ビッグデータ、IoT の進化等により全ての産業で産業構造の変革が生じる可能性がある中、データを活用した新たなビジネスモデルの創出など社会変革を促すことが必要とされている。
- 「科学技術イノベーション総合戦略 2015」(H27.6.19 閣議決定)において、我が国の強みを活かし IoT、ビッグデータ等を駆使した新産業の育成として、IoT やビッグデータ、AI、ロボット技術等の開発を行い、これらの ICT を活用して、人と人、現場と現場 (マーケティング、企画、設計、調達、生産、品質管理等) を繋ぎ、人と IT が協調するサプライチェーンのプラットフォームを開発するとされている。
- 「知的財産推進計画 2015」(H27.6.19 知的財産戦略本部)において、膨大なビッグデータ等を活用して新たな価値が創造される IoT の進展等に対応し、関連する技術分野において戦略的に国際標準化を推進することが必要とされている。

1. 研究開発概要 (2/2)

3. 目標

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。

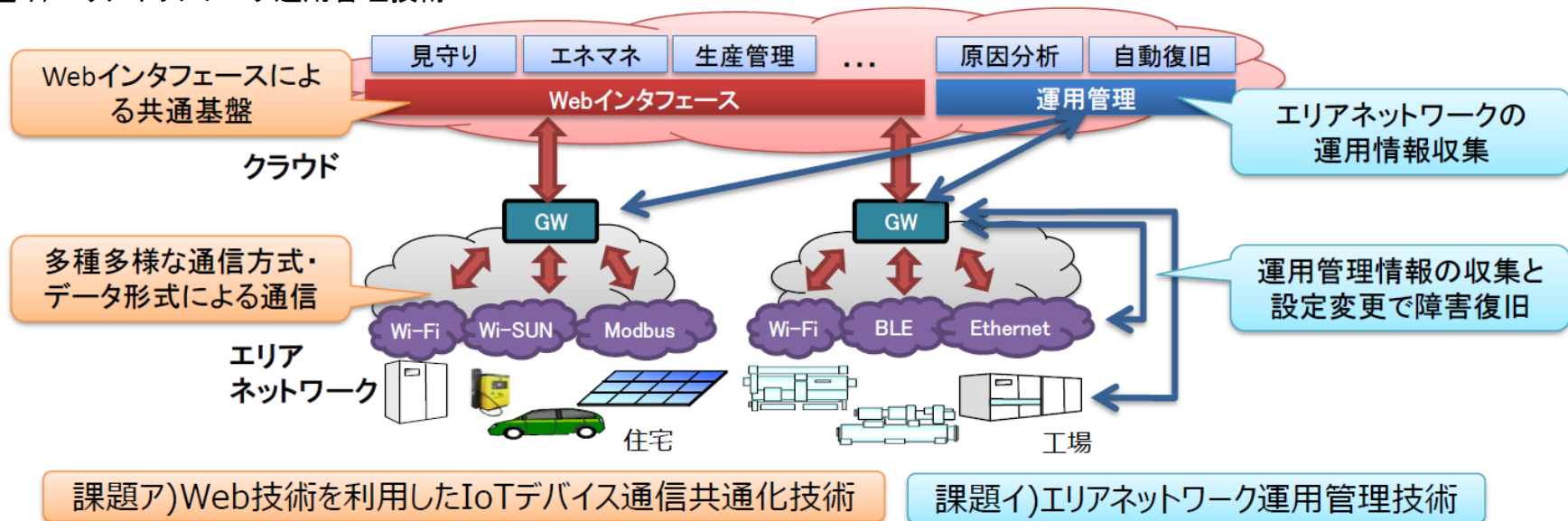
このため、膨大な数のIoT機器を迅速かつ効率的に接続する技術及び異なる無線規格のIoT機器や複数のサービスをまとめて効率的かつ安全にネットワークに接続・収容する技術等について、産学官連携による実証を推進し、多様なIoTサービス創出に貢献する共通基盤技術の確立及び研究成果に関する国際標準の獲得等による我が国の国際競争力向上への寄与を政策目標とする。

本目標を踏まえ、課題IIIにおいて以下の技術を開発することを目標とする。

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

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



2. 研究開発成果概要 (1/2)

課題ア: Web技術を利用したIoTデバイス通信共通化技術

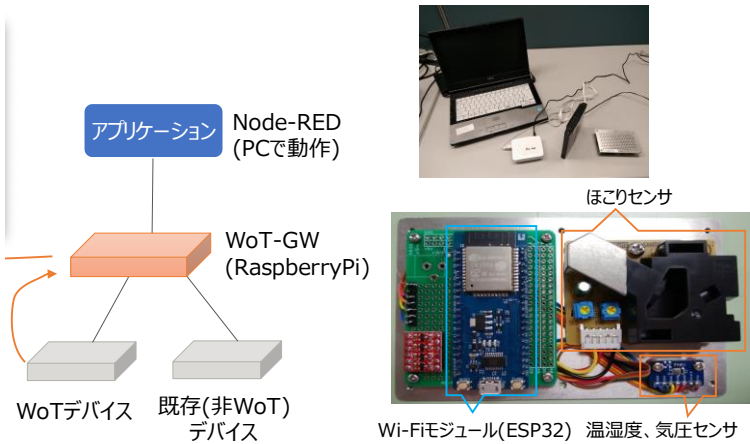
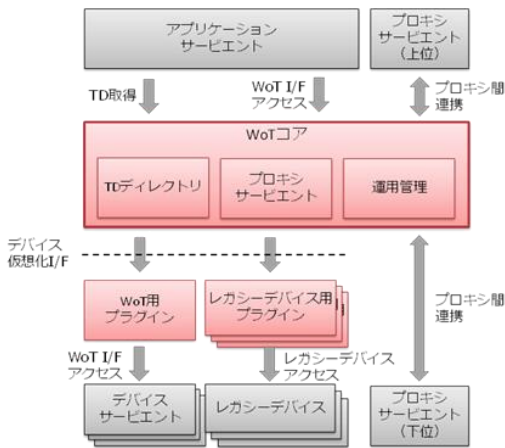
個別課題	実施内容	主な成果
課題アー1 デバイス表現共通化技術	・住宅、工場等で実証を行い、センサや装置等30種類以上のIoTデバイスを接続 ・IoTデバイス通信共通化技術に関して国際標準化を実施	・住宅、工場にて実証実験を行い、32種類350個のデバイスを接続し、通信基盤の動作確認 ・W3C Web of Things(WoT)にて、本アーキテクチャを提案し、採用された
課題アー2 WoTインタフェース技術	・様々なデバイスを共通のWebインタフェースによりアクセス・制御できるインタフェース(情報モデル)を実現	・WoTドラフトに準拠したゲートウェイを、WoTプラグフェストで動作確認。シーメンス等の海外企業と連携。 ・住宅1,000軒の大規模シミュレーションをStarBED上に実現し、必要なリソース、ネットワークの影響を検証。
課題アー3 WoTデバイス基盤技術	・IoTデバイスやネットワーク機器から運用情報をゲートウェイに集約する技術を開発 ・エリアネットワーク運用管理の普及に必要なソフトウェアをOSSを開発。	・無線LAN、BLE、シリアルで接続される3種類のデバイスをゲートウェイに接続し、デバイス、ネットワークの運用情報をHTIPで収集。 ・HTIPエージェント(デバイス側)とHTIPマネージャ(ゲートウェイ側)のソフトウェアをGithubで公開した。

実証実験 (実験住宅、3工場)



住宅には家電、センサ等220個、工場にはセンサを中心に150個接続

WoTプロキシでの共通インタフェース インタフェースアダプタ (プラグイン) による変換



2. 研究開発成果概要 (2/2)

課題イ: エリアネットワーク運用管理技術

個別課題	実施内容	成果
課題イー1 管理情報収集技術	・3種類以上の通信方式によるIoTデバイス運用情報の収集技術の確立 ・エリアネットワーク運用管理の普及に必要なソフトウェアをOSS化	・無線LAN、BLE、シリアルで接続される3種類のデバイスをゲートウェイに接続し、デバイス、ネットワークの運用情報をHTIPで収集。 ・HTIPエージェント(デバイス側)とHTIPマネージャ(ゲートウェイ側)のソフトウェアをGithubで公開。
課題イー2 障害原因分析技術	・実証実験で発生する運用情報を分析し、発生する障害特定する技術の開発 ・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の開発	・TTC TR-1057に記載される障害原因の半数を検出可能なアルゴリズムを開発 ・運用情報として取得されるCPU負荷、トラフィック量等を監視し、ゲートウェイから抑制指示する方式を開発

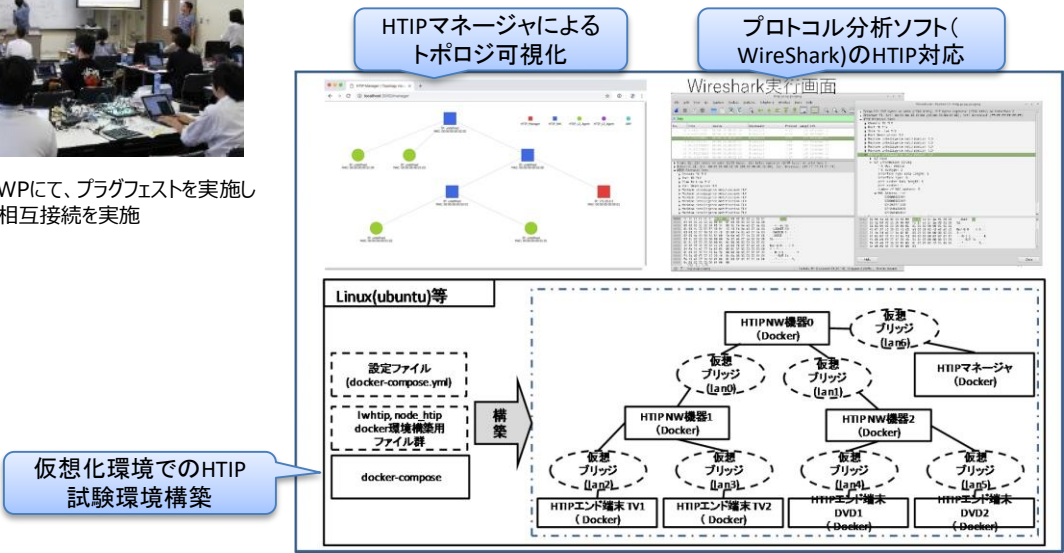
多様な通信方式へのHTIP対応



TTCエリアネットワークWPにて、プラグフェストを実施し複数の通信方式での相互接続を実施

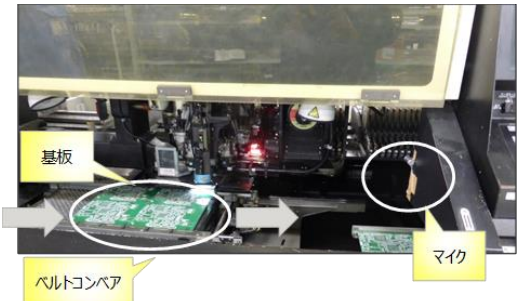
HTIP普及に向けたOSS開発

デバイス、ゲートウェイ等に搭載するHTIPスタック、及び開発ツールなどをOSS化。Githubで公開。HTIPの採用企業を後押しした。

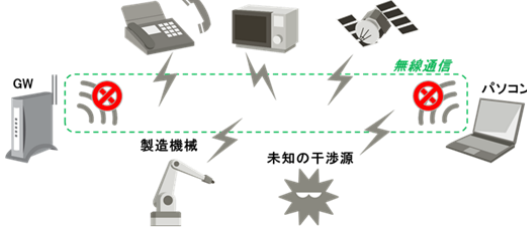


デバイス、ネットワークの障害検出

装置が停止し、ネットワークが切断される前に、検出可能な予兆を運用情報から検出し、実際に発生する現象と紐づけすることによって障害検出を実現



プリント板に部品を実装する装置の稼働音を運用情報として収集
ワイヤレス電話 電子レンジ 通信機器



無線LANで通信するセンサとゲートウェイで通信する際の、受信信号強度を運用情報として収集

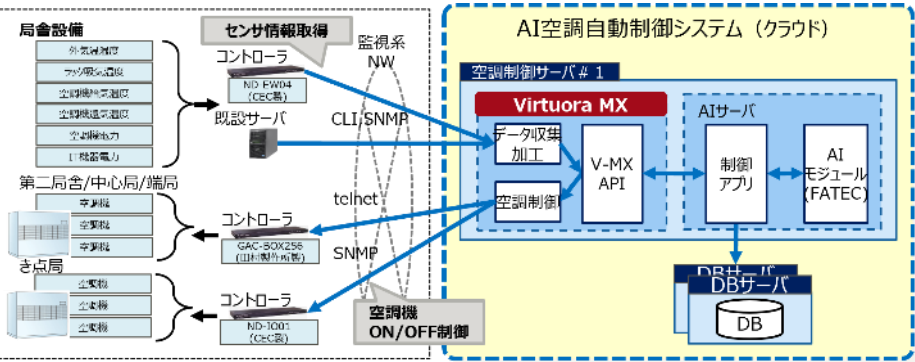
3. 政策目標の達成状況（経済的・社会的な効果）等（1/2）

<政策目標(アウトカム目標)の達成状況>

	指標	現在の進捗状況	達成状況 (数値目標等)
①	W3C WoT勧告化	2020年4月 Architecture、Thing Description文書の勧告化V1.0完了 2023年12月 V1.1の勧告化完了。V1.1に対応した実装完了。 WoT全仕様書のうち7文書を策定に関与、うち3文書のエディタとして活動。	2件(1件)
②	WoTソリューション事業化	ネットワーク事業者が所有する各地域に分散するデータセンターの空調機を統合制御するソリューションに適用。様々なメーカーの空調機に対する通信共通化に有効性を確認	1件(1件)
③	WoTプラットフォーム事業化	富士通よりクラウド、ゲートウェイのソフトウェアとしてVirtuora MXとして製品化。 ゲートウェイ製品はHTIPをサポート。	1件(1件)

WoTソリューション事業化

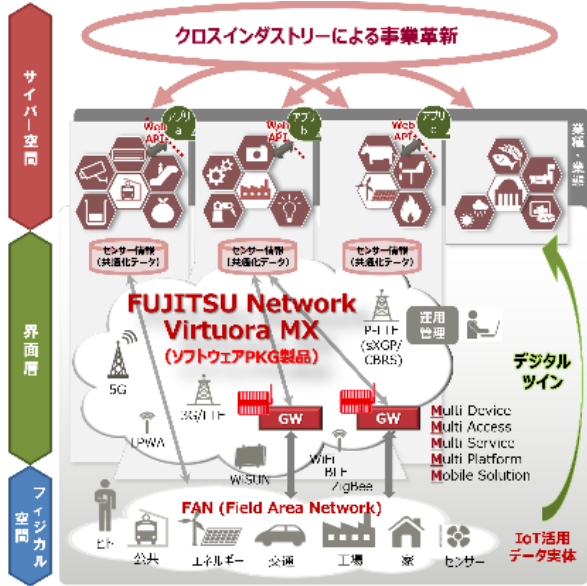
通信事業者の局舎内に設置されるデータセンターの空調制御システムをソリューション提供。複数の異なるインタフェースの空調機をクラウドからAI制御する。



空調機毎に異なる情報モデルを変換する機構により、共通のWebインタフェースを実現。

WoTプラットフォーム事業化

クラウド、ゲートウェイのソフトウェアとして製品化。情報モデルの変換機構を持ち、Web of Things規格に準拠。HTIPにも対応し、運用情報を含めてクラウドで管理可能。



3. 政策目標の達成状況（経済的・社会的な効果）等（1/2）

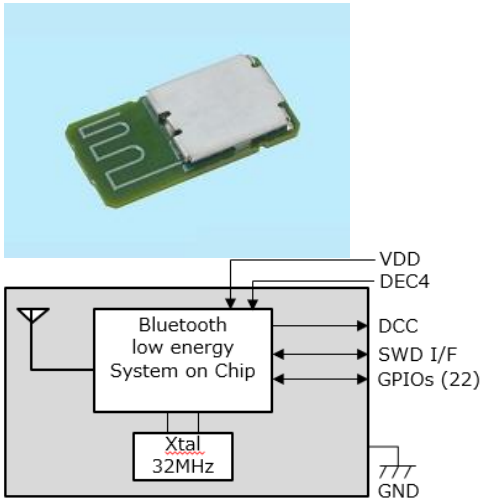
<政策目標(アウトカム目標)の達成状況>

	指標	現在の進捗状況	達成状況 (数値目標等)
④	HTIP通信モジュール製品化 (有線LAN)	IoTデバイスの接続では、有線LANよりシリアル通信が多く、現時点での市場性が低いことから有線方式は一旦中止(2種類の無線方式に対応することで、⑤に統合)。	0件 (1→0件)
⑤	HTIP通信モジュール製品化 (920MHz)	市場ニーズの変化に合わせ、BLE及び特小無線の2方式の通信モジュールに変更。HTIPを実装し、製品化完了。	2件(1→2件)
⑥	HTIP開発ガイドライン	スマートIoT推進フォーラム、TTC等でHTIP実装におけるガイドラインの議論を行い、TTC TR-1073(令和3年4月)、1092、1093として発行(令和4年3月)。	1件(1件)

HTIP通信モジュール(SMK)

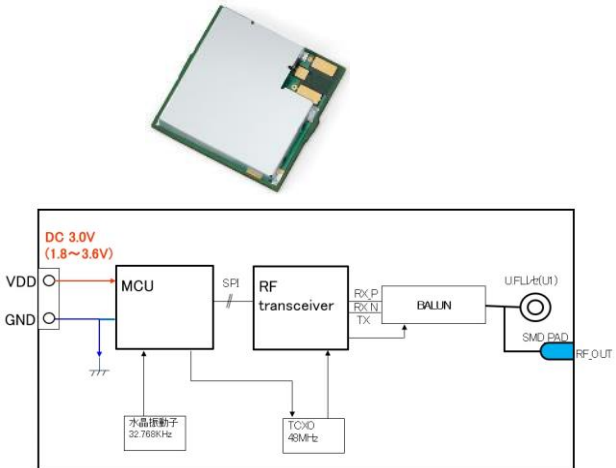
有線方式については、LANより旧来のシリアル通信が多いため開発中止。無線通信モジュール製品化に注力

Bluetooth Low Energy (BLE) 通信モジュール



通信モジュール上のMPUでHTIP動作
センサ等を組み込むライブラリで、様
々な装置に組み込み可能

Bluetooth Low Energy (BLE) 通信モジュール



実装ガイドライン(北陸先端大、他)

HTIP実装ガイドラインとして、3件の
技術レポートを発行。



3. 政策目標の達成状況（経済的・社会的な効果）等（3/3）

＜新たな市場の形成、売上げの発生（GDP等増大）、国民生活水準の向上＞

・計画した事業化については終了時点で全て完了。

・WoTプラットフォームについて、早期から事業化展開を進め、IoTデバイスを接続するエリアネットワークとインターネットを接続するゲートウェイと、クラウドからIoTデバイスへアクセス・制御するプラットフォーム製品の事業化からスタート。各地に点在するデータセンターにおける空調制御のソリューション化など具体的な適用を行った。

・デバイスに搭載する通信モジュールについては製品化し、一部ビル漏水検知に適用されている。異なるフロアに点在するセンサーを1台のゲートウェイで集約可能であり、漏水センサのように異なるテナントであっても、ビル共通で設置しなければならないシステムへの適用が可能になる。また、工場でも大型の製造機械等の影響を受けずに通信可能であり、安定した通信を確保可能である。

・市場形成について、当時は、IoTへの期待感が非常に高まった時期があったが、現実には生じるコストや投資に対する費用効果が大きくないことから、市場がなかなか拡大しない状況。一方で、ニーズは着実に出てきており、領域ごとにいかに投資を最適化できるかがポイントになってきている。

・本プロジェクトでは、IoTデバイスとしてはセンサ、主にネットワーク部分に着目し、共通の基盤技術を整備してきたが、事業全体をカバーする基盤化が必要となる。

＜知財や国際標準獲得等の推進＞

○WoTの標準化

・2019年には、第2回WoTワークショップ（主催：シーメンス、ミュンヘン）に参加し、本プロジェクトで開発した基盤の発表とデモを実施。

・また、2019年に福岡で開催されたW3C総会にて、WoT-WGメンバーによる連携デモを展示し、様々な分野のデバイスが同じ基盤の上で動作することを示した。農業ユースケース等もWoTの標準文書に記載済み。

・2020年に勧告化（v1.0）、2023年に改訂（v1.1）を行った。

・プラグフェストに積極的に参加し、今回開発したゲートウェイ、クラウドの基盤が、WoT-WGメンバーの機器、アプリケーションと接続可能なことを検証。

○HTIP関連の標準化・人材育成

・ITU-T G.9973については、2018年にSG13にて勧告化（改訂）完了。

・当該規格を実装するためのガイドライン文書をTTC（情報通信技術委員会）の技術レポートとして作成し、発行。

・本内容について、TTCセミナー等を通じて、広報。

・HTIPのOSSをWeb公開し、これを利用するためのインターン教育等を実施。

・TTCにおけるHTIP関連のレポートを9件作成。

4. 研究開発成果（アウトプット目標）から生み出された科学的・技術的な効果

＜新たな科学技術開発の誘引＞

IoTのニーズが高まる中、既存の装置・デバイスを接続をいかに接続するかが大きな課題となっている。工場に注目しても、複数の規格が存在し、しかも20年以上使用される装置も多いことから、新旧の規格をサポートすることが要求される。本研究開発を通じて、WoTやHTIPは規格を共通化指針を示すとともに、事業化、実証実験を通じて、新たな研究開発が生まれた。

【多種多様なデバイスインタフェースへの対応】

○データセンターの空調制御システム（富士通）

通信事業者におけるデータセンターは、局舎など設置されるため分散される傾向にある。通信機器は共通化されるが、空調機は局舎の規模、導入された時期によって、製造業者が異なるほか、長期にわたり稼働するため空調機のインタフェースは旧来から最新まで様々である。こうした様々なケースに対応できるように、局舎内、クラウドでデータモデル変換できる本システムの有効性が確認された。

○ビルにおける漏水検知システム（SMK）

ビル管理で漏水を短時間に検出するニーズが高まっている。920MHzの特性を生かして、異なるフロアに点在するセンサーを1台のゲートウェイで集約可能で、漏水センサのように異なるテナントであっても、ビル共通で設置しなければならないシステムへの適用が可能な本技術の有効性が確認された。また、本技術を活用することで工場でも大型の製造機械等の影響を受けずに通信可能であり、安定した通信を確保できることが期待される。

【新しい通信方式へのHTIP適用】（PRISMと連携）

IoTエリアネットワークで採用が広がる新規格と新しいユースケースへの対応について、TTC等での議論を進めることになった。

○Wi-Fi HaLow/Single Pare Ethernet（SPE）

TTC IoTエリアネットワーク専門委員会では、従来のイーサネットに電源供給可能なSPEや長距離通信可能な920MHzのWi-FiをIoTエリアネットワークで利用する際の、HTIP適用の議論を行っている。

○新しいユースケースへの適用

スマートIoT推進フォーラムのエリアネットワークOAMタスクフォースでは、さらに広い農地や集落におけるIoTエリアネットワークへのHTIP適用について議論している。これらの議論は、本プロジェクトの参加メンバー（富士通、北陸先端大、ワイズシステム）が中心となってリードした。

○運用管理情報のトラフィックの理論的考察

エリアネットワークで利用するネットワーク方式やセンサの接続台数、中継方式（トポロジー）によって、エリアネットワーク自体の通信容量の限界があり、この理論的な限界を明らかにした。

5. 副次的な波及効果

＜副次的な波及効果＞

IoTのニーズが高まるにつれて、接続すべき装置・デバイスの多様化が進んでいる。各業界や標準化団体で規格化が進んでおり、本事業で開発した情報モデルの変換機構はこれらに対応可能なデバイスの情報モデルが開発された。

【様々な環境に対応したセンサーによる新しい領域創出】

○離島スマートグリッド(富士通)

離島では、電力を島だけで自給自足する必要がある、時々刻々と変化する電力需要に対応する電力供給を実現する必要がある。発電は高コストのディーゼル発電がベースになるが、自然エネルギーと蓄電池を最適に組み合わせることにより、全体コストを抑えることが目的。この達成のために、スマートメータで需要計測するほか、発電・蓄電量を計測すると同時に制御するネットワークを実現し、サーバで最適制御を計算する。

○ビルにおける漏水検知(SMK)

920MHzの特性を生かして、異なるフロアに点在するセンサーを1台のゲートウェイで集約可能。

【HTIPと運用管理】

○ゲートウェイへのHTIP組み込み及びWoTによる通信(富士通)

ゲートウェイにてHTIPをサポートすることにより、HTIP対応デバイスやネットワークルータにより、デバイスが接続されるネットワークのトポロジを自動把握することが可能となった。また、デバイス自身の運用情報(動作内部情報、電力情報など)を取得し、機器を含めた運用管理基盤としても利用可能となった。



ビル漏水検知システム(SMK)

漏水センサー

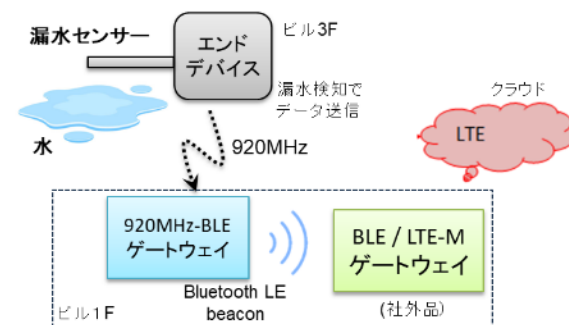


ゲートウェイ



BLE(920MHz)を利用し、漏水センサとゲートウェイを接続。フロアをまたいで配線なしでシステム構築可能。

◆漏水検知後のデータの流れ



6. アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況等

＜アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況＞（PRISMと共通）

○ビジネスプロデューサによる多方面との連携拡大

ビジネスプロデューサを設置して取りまとめを行う体制としたことで、受託者はそれぞれの課題に集中しながらも常に出口を意識し、全体で一貫性のある研究活動を実施した。

＜周知広報活動の実績＞（PRISMと共通）

○標準化活動を軸にした周知広報活動（富士通、北陸先端大、ワイズシステム）

W3C Web of Things Working Group (WoT-WG)において標準化を推進。農業実証に関しては、WoTのユースケースとしてドキュメントにインプット。具体的な内容は、2019年に開催された2nd workshop on Web of Thingsで発表。同時に開発したIoT共通基盤のデモを実施した。

HTIPについては、日本標準のJJ-300.00の改訂を行うと同時に、対応する国際標準ITU-T G.9973の改訂を行った。また、TTCで実装ガイドラインの策定を行うと同時に、利用可能なOSSの開発・公開を進めている。また、北陸先端大においてはインターン教育のなかで実装体験などを実施。また、HTIPの状況については、TTCで開催されるセミナーにて毎年講演を行った。

＜その他の特記事項に係る履行状況＞（研究開発終了後も行うべきものについて）

○人材育成（北陸先端大）

大学における教育カリキュラムに一部組み入れられ、学生だけでなく、リカレント教育としても参加可能な形になりつつある。このカリキュラムの中では、本事業で開発されたOSSを活用するなど、IoTの実際に触れられるようになっている。

7. 政策へのフィードバック

<国家プロジェクトとしての妥当性、プロジェクト設定の妥当性>

○本事業の開始当初は、IoTへの期待は高まりつつも、複数分野の企業連携が必要であり、成功事例を作ることに苦勞していた時期であった。また、主要国ではIoTの研究開発に産学官で取り組んでおり、我が国でとしても本プロジェクトを早急に実施する必要がある、国家プロジェクトとして妥当であると考える。

また、IoTデバイスである様々な装置、デバイスを接続ネットワーク、クラウドへ接続するための中継装置やビルや工場の高効率化の技術を開発する企業など、IoTの様々な関係者が連携するフォーラム等の機会や場が設けられたことは有益であった。

<プロジェクトの企画立案、実施支援、成果展開への取組み等に関する今後の政策へのフィードバック>

○事業者間連携におけるルール作り

IoT共通基盤における成果は、これまでコストのかかっていたIoTデバイス接続に1つの方向性を示したものであり、業界の協力によって全体のコスト低減につながるものである。本事業の成果により、研究開発後に様々な実証実験が進められ、実証実験の段階では事業のコンセプトも理解された。他方で、実際の事業化においては、発生する設置・開発コストがデバイスやネットワーク事業者に一方向的に押し付けられる事業構造になりやすく、実証実験止まりとなる事業が多い。市場のニーズを踏まえ更なる標準化・共通化を図ることが今後の課題となる。