

先進的ICT国際標準化推進事業

(スマートコミュニティにおけるエネルギーマネジメント通信技術)

担当課室名：国際戦略局 通信規格課

実施研究機関：富士通(株)、沖電気工業(株)、北陸先端科学技術大学院大学、日本大学

研究開発期間：H24年度～H26年度

研究開発費：H24年2.2億円、H25年2.2億円、H26年1.6億円 計6.0億円

1. 研究開発概要

【目的】

- 「スマートコミュニティ」実現のためには、地域のエネルギー情報集約拠点において、地域内のエネルギー需給状況に応じ、快適な住環境を保ちつつ個々の建物のエネルギー消費量を遠隔で最適制御する技術が必要となる。本プロジェクトでは、導入が遅れている住宅や店舗等のエネルギー消費量を遠隔から最適に制御するための通信プラットフォーム技術や、当該制御に用いられる装置間をシームレスに接続するための通信規格を開発する。

【政策的位置付け】

- スマートグリッド等の統合的システムの構築や保守、運用までを含めた一体的なサービスの提供に向けた実証実験や国際標準化、海外展開の促進(「第4期科学技術基本計画」(H23.8.19閣議決定))
- 幅広い分野における効果的な活用・新市場創出の検討・実施、情報通信基盤の環境整備等推進(「日本再生のための戦略に向けて」(H23.8.5閣議決定)) 等

【目標】

- 東日本大震災以降、エネルギー利用の効率化が求められており、総合科学技術会議では地域レベルでの最適なエネルギーマネジメントの実現が議論され、国際電気通信連合(ITU)においては、スマートグリッドに関する情報通信技術の標準化に係る新たな検討体制が設立された。国内外で本分野に関する議論が行われる中、本プロジェクトで得られた技術について、国際標準化の推進、関連技術の実用化促進、我が国の情報通信産業の国際競争力の強化を図る。
- 当初設定した到達目標は以下の通り。
 - 課題ア)遠隔制御通信プラットフォーム技術
 - ・建物内のゲートウェイにおいて、家電、エネルギー機器等のデバイスを10種類以上接続
 - ・当該プラットフォームにより実現されるスマートコミュニティにおいて、生活の質を維持しつつ電力消費量を2割以上削減
 - 課題イ)装置間シームレス制御技術
 - ・5戸程度の住宅とクラウドに実現されるエネルギー情報集約拠点と接続を実現
 - ・集約拠点からの指示に基づき、デバイスが1秒以内に動作開始することを実証

2. 研究開発成果概要

- 課題ア)遠隔制御通信プラットフォーム技術に関する主な成果
 - ・WAN側のアーキテクチャを中心に検討し、今後主流となるWebインタフェースの提供とWAN通信部分の効率化を実現
 - ・実際に全体で27施設(住宅16戸、店舗3店、学校8校)に28種類820個のデバイスを接続して検証を実施
 - ・スマートコミュニティにおける消費エネルギー量の削減量算出を実施。開発した実証フィールドにおける実験とシミュレーションにより評価を行い、全体で20.9%が削減可能であることを検証
- 課題イ)装置間シームレス制御技術に関する主な成果
 - ・住宅をはじめ店舗やオフィス等に設置される様々な通信規格の各種デバイスをシームレスに接続するための共通規格・変換技術を開発
 - ・920MHz無線をスマートハウス等でのデバイスの接続通信メディアとして普及させるために、ECHONET Liteの下位レイヤ規定(JJ-300.10)、6LoWPAN仕様共通化、電波干渉低減化技術を開発
 - ・デバイスに抽象的なデータモデルを持つことを想定し、多様なデバイス接続を3方式に簡素化
 - ・データモデルの共通化を行い、住宅以外にも同じアーキテクチャを適用可能とした。またこの共通化により一部アプリケーションのHGWでの動作を可能とするとともに、1秒以内での動作開始が可能なることを確認した。さらに、当該データモデルを利用して、遠隔からの障害状況の把握や障害原因の切分け機能について検証を実施。
- 対外活動・広報
 - ・情報通信技術委員会(TTC)/新世代ネットワーク推進フォーラムを中心に、プラットフォーム/920MHz無線共通機能に関する議論を継続し、企業技術者への浸透を図った(プレスリリース:2件、展示会:4件、口頭発表:52件)
- 成果利用促進
 - ・世田谷区教育委員会と連携し、学校データの収集を実施、区内の学校が省エネ行動計画を策定する際の基礎データとして活用。
 - ・コミュニティシミュレータをオープンソースとして公開予定
 - ・汎用サーバで動作可能で、IT専門家でなくても利用できるようにドキュメントの提供を実施

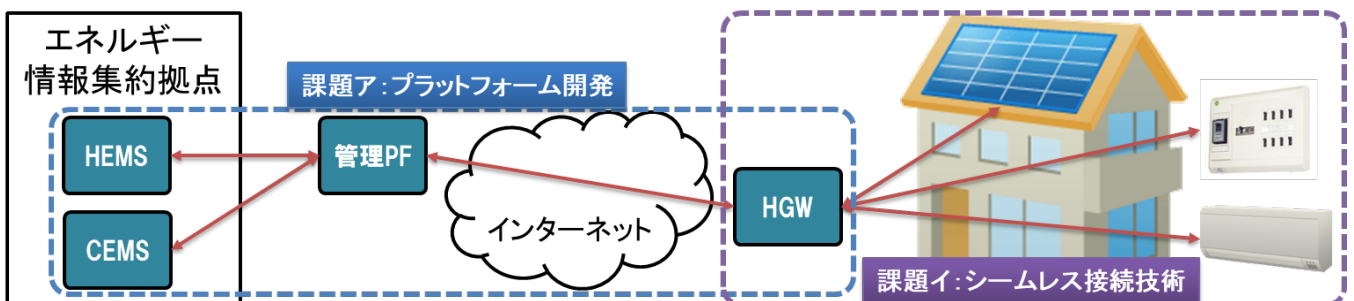
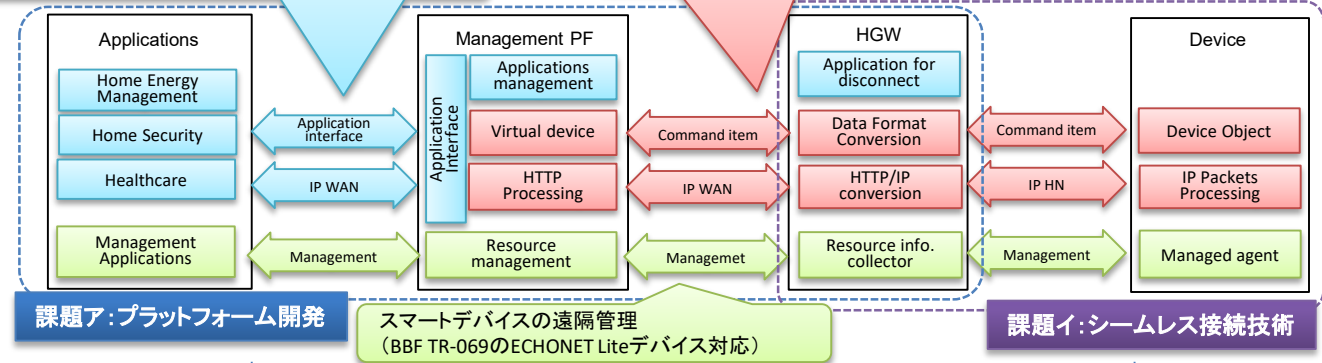


図1: 本研究課題の全体像

Webインタフェース (HTML5) 実現
他サービスとの融合容易に (W3C連携)

ハイブリッド通信方式により、通信効率4倍以上
(データ通信はWebSocket化)



ITU-T Y.2070のスコープ Webインタフェースについては、Web of Things Interest Groupにて継続議論

図2: サービスプラットフォームのアーキテクチャ

3. 成果から生み出された経済的・社会的な効果

<成果の社会展開に向けた取組状況>

○成果の社会展開に向けて、主に標準化とビジネス化を推進

	標準化に関する取組状況	ビジネス化に関する取組状況
平成27年度 (2015年度)	<ul style="list-style-type: none"> 期間中に作成した勧告ITU-T Y.2070について、さらに詳細の規格化を継続。 ITU-T Supplement G.sup57「Smart home profiles for 6LoWPAN devices」(6LoWPANデバイス向け共通プロファイル)の制定(2015.7) 	<ul style="list-style-type: none"> 既存製品「SSPF」のY.2070一部準拠リリース(富士通) クラウドBEMS「Enetune BEMS」に適用(富士通) HEMSコントローラをノートPC(FMV)搭載(富士通) 920MHz帯マルチホップ無線 SmartHop MHシリーズを商品化(OKI)
平成28年度 (2016年度)	<ul style="list-style-type: none"> IEEE802.15.10「IEEE Recommended Practice for Routing Packets in IEEE 802.15.4™ Dynamically Changing Wireless Networks」を策定(2017.2) 	<ul style="list-style-type: none"> クラウドHEMSとOpenADR連携による太陽光発電出力制御実証実験-実証主体である東京電力様に協力(富士通)
平成29年度 (2017年度)	<ul style="list-style-type: none"> ITU-T勧告 G.9958「Generic architecture of home networks for energy management」(Bルートを含むHEMSネットワークアーキテクチャ)の制定(2018.3) ITU-T勧告 G.9973「Protocol for identifying home network topology」(ホームネットワークトポロジを識別するプロトコル)の制定(2017.8) 	<ul style="list-style-type: none"> 浄水場プラントに適用(富士通) 920MHz帯マルチホップ無線「SmartHop®」の省電力機能を強化をプレス発表(OKI) インフラ構造物の健全度を遠隔監視するSmartHop®対応「無線加速度センサーシステム」を販売開始をプレス発表(OKI)
平成30年度 (2018年度)	<ul style="list-style-type: none"> WoTプラグフェストを富士通がモデレートし本格化(Y.2070準拠ゲートウェイをWoT対応、7社と接続確認) 	<ul style="list-style-type: none"> 宮古島・離島型スマートコミュニティ(VPP)適用(富士通)
令和元年度 (2019年度)	<ul style="list-style-type: none"> IEEE802.15.10a「Amendment 1: Fully Defined Use of Addressing and Route Information Currently in IEEE Standard 802.15.10」を策定(2019.2) IEEE勧告 802.1CF「Practice for Network Reference Model and Functional Description of IEEE 802(R) Access Network」(IEEE 802アクセスネットワークの参照モデルと機能記述)の制定(2019.3) ITU-T Supplement Y.sup57「Implementation guidelines to Recommendation ITU-T Y.4409/Y.2070」(Y.2070の実装ガイドライン)の制定(2019.12) 	<ul style="list-style-type: none"> プラットフォーム製品「Virtuora MX」出荷(Y.2070、G.9973、WoTドラフト準拠製品)(富士通) データセンター空調制御に適用(富士通)
令和2年度 (2020年度)	<ul style="list-style-type: none"> W3C Web of Things Architecture/Thing Descriptionの2文書を勧告化(2020.4) 	

<新たな市場の形成、売上げの発生、国民生活水準の向上>

- 本プロジェクトの成果は、エネルギー管理に限定されず、IoT全般への適用が可能。従来、人手で行っていたインフラ等の検査や監視、僻地や危険を伴う場所等での調査などへのソリューションとして、様々な装置をネットワークを介してIoTプラットフォームに接続する商用サービスを提供。
- IoTは、国民生活に密接にかかわる住宅やオフィス、公共施設等を支える技術であり、本プロジェクトで開発した技術・規格はその中核の1つであり、国民の生活水準の向上に寄与。
- 具体的なソリューション化事例

プラットフォーム技術のソリューション化(富士通)

本プロジェクトで開発した技術を、既存のプラットフォーム製品「SSPF」に適用し、HEMS/BEMSへの適用の他、浄水場プラント監視、空調制御等の施設管理等へ領域を拡大。

無線通信技術のソリューション化(OKI)

OKIの「SmartHop」シリーズマルチホップ無線通信技術を適用した製品は、ビル、工場、プラント、社会インフラ等の産業界における設備管理や遠隔モニタリング分野に適用され、IoT市場の形成に貢献。

<知財や国際標準獲得等の推進>

○国際標準化に関しては、主に以下の文書を制定した。

- ・プラットフォームのアーキテクチャに関するITU-T勧告の策定(Y.2070) (現在はY.4409に番号変更)
- ・Y.2070の応用として障害検出/原因切分けガイドラインの策定(TTC TR-1053/1057) 他3件

○以下は、当初計画外で、研究開発期間後に獲得。

- ・スマートメータブルトを含むHEMSネットワークアーキテクチャ(ITU-T G.9958 (2018.3))
- ・IoTのWeb API、運用管理、無線方式に関する標準化(W3C Web of Things Architecture/Thing Description (2020.4.8))他5件

研究開発実施期間中

(終了評価会時点)

出願特許: 10件(取得特許0件)、国際標準提案: 50件(獲得3件)、国内標準化提案34件(採択2件)

研究開発実施後

出願特許: 8件(取得特許11件)、国際標準提案: 65件(獲得8件)、国内標準化提案40件(採択11件)

4. 成果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>

【デジタルツインとシミュレーションから物理世界を測るCPS(Cyber Physical Systems)の実現】

- 本プロジェクトで開発したプラットフォームでは、実際の装置が持つ機能を抽象化した仮想デバイスとして表現している。これはいわゆるデジタルツインの一つの実現法で、この仮想デバイスを共通のWeb APIで表現することで、Web APIによる仮想世界を実現。
- W3C Web of Thingsにおいても、抽象表現とその操作(物理世界における装置の制御)のインターフェースに対する仕様化が開始。業界を跨ぐシステムが必要となることから、これらのインターフェース規格が共通のWeb APIで表現されることは重要視されており、この規格化が進行中。
- 現場に設置された装置が安定してネットワークにアクセスでき、また制御できるよう、運用管理に関する技術要件を整理して、国際標準規格の制定と規格に準拠したオープンソースが整備。

【長時間バッテリー駆動マルチホップ技術】(OKI)

- 本プロジェクトで検討した920MHz帯マルチホップ無線方式の事業展開において、屋外の広域モニタリング等でマルチホップ無線ネットワークを電池で長期間駆動させるニーズが顕在化したことから、本プロジェクトとは別に、従来は困難だった無線中継器を含む全ての無線ノードで省電力のスリープ動作を可能とする方式を開発。
- 開発した技術を「SmartHop」シリーズ製品に搭載し発売(2017)し、並行してIEEEへ標準化提案を行い、IEEE802.15.10(Layer 2 Routing: L2R)を制定(2017)

【コミュニティシミュレータ技術】(北陸先端大)

- 本研究成果のひとつであるコミュニティシミュレータ技術の応用にあたり、電力システムの最適化の研究を行なっているコミュニティとの交流が形成。従来は主にオペレーションズ・リサーチ的手法を用いていた研究コミュニティにおいて、エミュレーションに基づくシミュレータの利用という新たな手法が導入。

5. 副次的な波及効果

<副次的な波及効果>

【プラットフォーム技術】(富士通)

- 本プロジェクトで開発したプラットフォーム技術は、HEMSに限らず、BEMSや蓄電池、デマンドレスポンス、マイクログリッド等に発展。
- HEMSに関しては、電力会社、大学等と連携し、開発したシステムと連携したデマンドレスポンスやマイクログリッド等の実験に参加。
- その他のエネルギーマネジメントでは、テナントビルの電力使用量の監視や、分散するデータセンターの空調機制御等で商業化。
- エネルギーマネジメント以外では、プラント設備監視、鉄道設備監視等の施設監視への適用が可能であることを確認。実際に、上水道の浄水場プラントの監視システムで商用化。
- 運用管理技術についてはTTCにて議論を行い、TR-1053/57/61の3文書を発行。具体的な仕様をJJ-300.00に反映し、ITU-T G.9973として勧告化。また、デバイスで採用される通信規格IEEE 802に対して、共通の運用管理規定をIEEE 802.1CFで勧告化。

【マルチホップ無線通信技術】(OKI)

- IoTでは適用分野が異なると、センサーを組み合わせたIoTシステムの構築が困難な場合があったが、OKIのSmartHop無線モジュールを搭載したセンサー機器では相互接続が可能となり、種々の分野で計100機種以上の対応商品が発売中。
- マルチベンダーによるIoTソリューションが構築されており、このパートナーシップは、さまざまな産業におけるIoTの普及推進に貢献している。920MHz帯マルチホップ無線技術を応用して、社会インフラ長寿命化へ向けたモニタリングシステムの検討を開始。
- スマートIoT推進フォーラム 技術・標準化分科会(分科会長: JAIST丹教授)にインフラモニタリングTF(リーダーOKI)を設置し、建設、道路管理などの異業種間で議論中。また、この活動は、阪大とOKIが共同提案し現在実施中の総務省戦略的情報通信研究開発推進事業(国際標準獲得型) 日米共同研究「IoTを活用した社会インフラ維持管理」に発展。

【エネルギーマネジメントにおけるICT活用効果】(日本大学)

- 世田谷区教育委員会との連携で詳細な学校データ収集を行い、区内の学校が省エネ行動計画を策定する際の基礎データとして活用。汎用サーバで動作可能で、IT専門家でなくても利用できるようにドキュメントを提供し、知見の一部は、他県の小学校においても「教室環境見える化」に取り入れられた。(青森県横浜町小学校)。
- 「快適性を損なわない省エネ制御(HEMS)に関する実証試験」の成果を発展させ、住宅における温熱許容域の提示による冷暖房省エネ化に繋がる研究を継続し、空気調和・衛生工学会大会学術講演や日本建築学会の論文発表を実施。

【エネルギー研究コミュニティとの連携】(北陸先端大)

- 電力を中心としたエネルギーの研究コミュニティと情報通信コミュニティの連携が促進され、TTC TR-1072「電力需給調整サービス用ネットワークに求められる要件とこれに適した通信サービスおよび代表的なネットワーク構成について」の発行に至り、我が国のVirtual Power Plant実現のための情報通信技術利活用に資する成果を上げている。
- 早稲田大学・スマート社会技術融合研究機構を事務局とする「超分散5Gridsデジタル社会研究会(座長: JAIST丹)」が2020年に発足。現在、50社を超える企業が参加中。

6. その他研究開発終了後に実施した事項等

<周知広報活動の実績>

- 標準化団体だけでなく、様々なIoT関連団体、学会等での口頭発表（講演）を積極的に実施。他に、企業等が発行する定期刊行物での成果発表、標準化やオープンソース、開発技術の紹介を目的とした展示会への出展を実施。
- 建築家の立場から、ICTによるエネルギー教育学会・全国大会に2回、出前授業に関する報告を実施。教室に設置したセンサーを継続的に取得して、授業でデータ解析の基礎データとして利用。

研究開発実施期間中 (終了評価会時点)

査読付き口頭発表1件、口頭発表:52件、その他誌上発表:2件、報道発表:5件

研究開発実施後

査読付き口頭発表8件、口頭発表:20件、その他誌上発表:4件、報道発表:5件

<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)

【人材の確保・育成】

- 本プロジェクトで開発した技術について、事業化を通じて社内技術者、SE、事業企画部門等との連携が進み、各業種に向けた相互理解と人材育成が促進。また、採用ベンダーやパートナーとのIoTビジネス展開により、業界全体の人材確保やIoT普及に寄与。
- 企業内や企業をまたがるアイデアソンやハッカソンにおいて、情報提供やサンプル提供を行い、異業種連携や人材育成に寄与。
- W3C Web of Things等でのプラグフェストに若手を積極的に参加させるなど、協調領域におけるコラボレーションのあり方の直接体験を通じて、オープン時代に必要となる人材の育成を推進。

【普及啓発活動】

- プラットフォーム普及促進に向けた課題が明確になってきたため、以下の取り組みを実施。
 - ・従来からICTで扱われていたコンピュータや通信機器のほかに、これまで個別に接続され、専用システムが構築されたビル設備、工場における生産装置などの非ICT系の装置を扱うことが必要。
 - ・IoTの本格的な普及に向けて、本プロジェクトでは対象とならなかった、障害検知等の運用管理技術や、取得されるパーソナルデータ利用におけるプライバシーやセキュリティ技術への配慮が必要であり、これらへの対応を実施。特に運用管理技術については、既に国際規格となっていたITU-T G.9973を拡張して、対応するオープンソースを公開。
 - ・IoTシステムの普及に向けて、プラットフォームを実現するICT技術だけでなく、プラットフォームを利用する対象のサービス事業者との連携が欠かせない。エネルギー管理システムの普及の観点から、この分野の専門家である電気学会と連携して、スマートグリッド実現に向けたICT技術課題を議論するタスクフォースをTTC内に設置し、技術レポート(TR-1072)を発行。

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>

- 本プロジェクトの開始当初はIoTの黎明期にあたり、共通基盤となるプラットフォームや無線通信技術の開発及び国際標準化のプログラムの実施は民間では難しいものがあった。一方で、東日本大震災の後でエネルギー管理への関心が高まってきていた時期でもあり、国家プロジェクトとして実施することが妥当であって、かつ時宜を捉えたテーマであったと考えられる。
- IoT市場は、コンピュータや携帯電話のネットワークのように水平統合化（オープン化）すべき分野であるが、現状、接続される装置のインターフェースは分野ごとに千差万別であるため、領域を絞って進める必要があった。スマートコミュニティという設定は、技術検討の起点としては適当な設定であったと認識している。

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

- 家電メーカ、住宅産業との連携について検討を行ったところ、ビジネスモデルの構築は比較的容易だが高コスト化する傾向にあり、また、ビジネスオーナーとなる企業においては利益追求の意味合いが強くなるため、国が推進するプロジェクトとしては適当ではないという結論に至った。
- 本プロジェクトでは、ECHONET Liteのモデルに合わせて、家電・住宅以外の設備の接続を実施した。この結果、W3Cが進める全てのモノをWeb APIで扱えるようにするWeb of Thingsの方向性と合致し、プロジェクト終了後における当該分野の標準化の活性化を促進した。同様に、スマートメーターやスマートホームでの活用を目指したマルチホップ無線の研究開発についても、プロジェクト終了後、ビル、工場等の他分野での適用が進んでおり、本プロジェクトが水平統合化を強く意識したことが結果につながっていると考える。
- 本プロジェクトにおいて、ICTに関連する企業や大学だけでなく、建築の専門家を入れた体制を構築したことは特筆すべきことであり、その結果、居住者の快適性を科学的に分析し、これに基づいたエネルギー管理を考慮したIoTプラットフォームとすることができた。
- 研究開発成果を具現化した製品の実現、事業展開、拡販活動を通じて、電力エネルギーに限らず水資源など環境管理系全般、さらに人やモノの行動データ全般に対し、データ利活用の市場要求が拡大し、クラウドサービスとしての市場形成に繋がったことは、当該研究成果からの継続的な効果・効用である。
- 多種多様なクラウドサービスの展開において、マネタイズやビジネスモデル形成、エコシステムの構築が難しい現実があり、市場の複雑化が進む中、新たなマーケティング技法の研究が求められる。さらにIoTやスマートコミュニティ分野は、ICT業界、利用者業界におけるステークホルダーや、所轄省庁が複数存在し、また今後はデジタルツインなどの導入のため、より複数の業界・学術分野が関与することが推測される。このため、この分野の研究開発と事業化を促進するには、国が先行投資を行い、異分野を含む産学官連携の場を立ち上げたうえ、競争領域と協調領域を定義し、協調領域を具体化するための標準化や実証等の施策を行うことが有効である。本プロジェクトを通じて、WoTやG.9973等の新しい国際規格が誕生し、また、開発されたプラットフォームがスマートホーム以外の領域にも適用されたことが、その証左である。
- 本プロジェクトでは、居住環境の快適さを定義し、この指標に基づいてエネルギー制御を行うことにより、居住者に我慢を強いることなく、建築物の特性を生かした省エネを実現できることを示した。また、大学を核として、地域の小・中・高校生を含む6歳から25歳までの若年層を協力者に引き込み、学校という教育の場で実践しながら研究が推進できたことは、将来のICT活用によるSDG実現や環境配慮（省エネやCO2削減）に大きく寄与したと考えられる。