

IoT 共通基盤技術の確立・実証
課題 I 高効率かつセキュアな IoT データ収集・配信ネットワーク制御技術の確立
(Establishment and demonstration of common IoT platform technologies)

代表研究責任者 津村聡一 日本電気株式会社

研究開発期間 平成 28 年度～平成 30 年度

【Abstract】

In the 2020's, IoT technology will cover our entire society everywhere, and it is estimated that more 50 billion of devices are connected to the network and 1000 times more traffic will come into the network. Thus in this research project, we aimed at improving technical competitiveness by not only engaged in the research for establishing common IoT platform technologies to connect a huge number of and a variety of IoT devices and services, but also technology demonstrations by industry, government and academia association, and activities for international standardization.

In this research project, we have established and demonstrated common IoT platform technologies for highly efficient and secure IoT data collection and delivery. Our research include five related technologies; network traffic volume reduction technologies for IoT data analysis, data collection control technology for IoT gateways, traffic isolation technology through IoT traffic modelling, real-time monitoring and prediction technology using public sensor network, and network optimization technology using public sensor data.

1 研究開発体制

- **代表研究責任者** 津村聡一 (日本電気株式会社)
- **研究分担者** 中尾彰宏 † (東京大学 †)
山田智広 † † (日本電信電話株式会社 † †)
佐藤拓朗 † † † (早稲田大学 † † †)
- **総合ビジネスプロデューサ** 中村秀治 (株式会社三菱総合研究所)
- **ビジネスプロデューサ** 田中淳裕 † (日本電気株式会社 †)
中尾彰宏 † † (東京大学 † †)
山田智広 † † † (日本電信電話株式会社 † † †)
柴田巧一 † † † † (株式会社 S k e e d † † † †)
- **研究開発期間** 平成 28 年度～平成 30 年度
- **研究開発予算** 総額 405 百万円

(内訳)

平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度
154 百万円	139 百万円	110 百万円

2 研究開発課題の目的および意義

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。

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。

本研究開発では、膨大な数の IoT 機器を迅速かつ効率的に接続する技術の開発や、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・収容する技術等の開発を推進するため、高効率かつセキュアな IoT データ収集・配信ネットワーク制御技術を確立する。

3 研究開発成果 (アウトプット)

3. 1 IoT データ分析処理に伴うネットワークトラフィックの削減技術

公共センサーデータを用いて、それぞれの要件に沿った分析・制御アプリケーションについて、アプリケーションが達成したい目標 (要件) を満たしつつ、ネットワークのデータ転送量を一桁以上削減することを目標とする。

本研究開発では IoT サービスが同時に活用され、社会全体の課題解決に寄与することを目指しており、そのためには環境変化に対して限りある資源を最適に分配し、各サービスを最適に実行することが課題になる。本研究開発では当課題を解決するためにクラウドとエッジにデータ処理を分散して効率よく実行する基盤を提供する。このため、IoT データの分析・制御アプリケーションを配備する際に、アプリケーション要件などから構成ならびに配備手順を設計する技術を開発した。

要件から構成を設計する技術では、分析・制御アプリケーションを構成する各モジュールの外部観測情報を元に、要件を満たすリソースサイジングを実現する。具体的には、モジュールに入出力されたトラフィックタイプ毎 (例: 動画、音声、Web アクセス、等) のトラフィック量の履歴情報と、モジュールのリソースの消費量 (例: CPU・RAM・IOPS・ネットワーク I/O 等) の履歴情報を解析してトラフィック量とリソース量の関係をモデル化することにより、任意のトラフィック量における最適リソース量を算出する。一方、システムの構成変更手順を設計する技術では、システム構成変更前状態と変更後状態の差分から変更手順候補を作成し、システムを構成するコンポーネント間での依存関係を整理した上でシステム停止や性能劣化が発生する変更手順候補を刈り取っていくことにより、安定的な手順を算出する。

本開発技術により IoT システムにおいてシステムの停止や性能劣化などを引き起こさないよう、安定的かつ自動的にアプリケーション構成を変更することが可能となり、アプリケーションが達成したい目標 (要件) を満たしつつ、システムの構成をダイナミックに変動させることが可能となった。この結果、環境などシステム外部の変動に対して柔軟にシステムを構成し、クラウドからエッジにアプリケーショ

ンを移動させることによりネットワークのデータ転送量を 1/10 に削減することが可能な技術を確立した。

上記の到達目標達成に加え、本技術開発成果のスマートシティ向け IoT 基盤としての社会展開を目指し、IoT システムにおいてアプリケーション変更に伴うシステム構成のコストが問題であることを IoT システムの調査・社内ヒアリングを通して明らかにし、本課題の解決に貢献できることを、デモ開発を通して実証した。

本研究開発の評価にあたっては、高い費用対効果を目指し、評価システムの一部に受託企業、大学が保有する設備を活用した。特に IoT システムを想定した環境で評価を実施するため、物理的に広域分散し、専用網で接続された複数の拠点が必要となったが、保有施設と設備を活用し費用を抑えて実験を行うことができた。一方で、評価で得られた結果を技術開発にフィードバックし、アジャイルに研究開発を行うことにより効率的に技術改善を図ることができた。

3. 2 IoT ゲートウェイのデータ収集制御技術

公共センサーデータを用いて、それぞれの要件に沿った分析・制御アプリケーションを想定し、上記のア)と連携して、アプリケーションが達成したい目標（要件）を満たし、通信環境の変化、データ発生量の急増といった不測の変動に対しても、ダイナミックに必要な情報の優先度を判定するデータ収集制御技術の実現を目標とする。

IoT ゲートウェイでは ア) のシステム構成設計技術で設計したシステムでデータの取得・処理を完了する。しかしながら通信環境の変化、データ発生量の急増といった、ア) の最適化技術によりアプリケーションを配分したときに予測できない変動の発生に対し、重要な分析に必要なデータの取りこぼしを防ぐ必要がある。ア) の全体最適技術では、数万個といったデバイスを管理するために個別のデバイスの状況に応じた迅速な対処は困難であり、IoT ゲートウェイが自律的に動作する事が必要である。

このため、本研究開発では、ある IoT ゲートウェイ上で動作するアプリケーションが、その IoT ゲートウェイにおける許容量を超える量のデータを IoT デバイスから収集した際に、優先度の高いアプリケーションの処理継続を優先するために、優先度の低いアプリケーションの動作を抑制する手法を開発した。

IoT ゲートウェイのリソースが枯渇した状態で優先度の高いアプリケーションを維持するためには、優先度の低いアプリケーションの動作の入力となるデータを抑制することや、アプリケーションの動作そのものを抑制することで IoT ゲートウェイのリソースに空きを作り、優先度の高いアプリケーションの動作を継続する。次に周辺にある IoT ゲートウェイで動作する、抑制したアプリケーションよりも優先度の低いアプリケーションを停止するなどの方法で、抑制したアプリケーションを起動し処理を再開する。これらの制御は突発的な状況に対応するために IoT ゲートウェイが自律的に行うことで、突発的な変動におけるアプリケーションの動作への影響を最小とする。アプリケーションの動作を継続するために必要となる制御を行う、IoT ゲートウェイ収集制御基盤を構築した。

上記の到達目標達成に加え、本技術開発成果のスマートシティ向け IoT 基盤としての社会展開を目指し、IoT システムにおいてアプリケーション変更に伴うシステム構成のコストが問題であることを IoT システムの調査・社内ヒアリングを通して明らかにし、本課題の解決に貢献できることを、デモ開発を通して実証した。

本研究開発の評価にあたっては、高い費用対効果を目指し、評価システムの一部に受託企業が保有する設備を活用した。一方で、研究初期段階において、複数考えられた制御方法の得られる効果を評価し、

制御方法を絞り込むことにより、効率的に技術開発を行うことができた。

また、上記目標に加え、IoT ゲートウェイと端末間の通信で多様なアプリケーションのニーズを満たすためには、通信の信頼性を確保しつつ大容量の通信を実現する必要もあるが、現状の IoT 通信では信頼性を向上されるために確認応答 (ACK) を用いると、無線送信回数が増加してしまうため、信頼性と大規模性の両立は困難であった。

このため、本研究課題では IoT ゲートウェイにて多数の端末への ACK を集約送信することで、ACK による無線資源消費を大幅に抑制するマルチユーザ ACK 集約技術を開発した。提案方式ではアプリケーションデータとパケットヘッダにそれぞれ別の暗号化を使用し、端末の通信の秘密を保持し、安全な運用も可能とした。また、提案方式は ACK を待ち受けるスケジューリングも変更し、従来方式と同様な低消費電力動作が可能である。

我々は、提案方式を NEC 製品の IoT ゲートウェイ (LoRaWAN ネットワークサーバ) と試験端末を用いて試作し、東京大学のキャンパス内にてその動作を確認した。解析評価、シミュレーション評価および実機評価により、従来の ACK を用いる通信と比較すると収容できる端末数を 2~30 倍ほど増大できることを確認した。このように、提案方式により、LoRaWAN システムの大規模性を損なわず、高信頼通信が可能となった。

本研究開発の評価にあたっては、高い費用対効果と、今後の事業化を目指し、NEC 製品を活用し、試作をした。解析評価、シミュレーション評価を活用することで提案方式の特性を明らかにしつつ実機試作の機能検討をすることで効率的に技術開発を行うことができた。

3. 3 IoT トラヒックのモデル化に基づくスライシング技術

IoT ゲートウェイにより収集することが想定される異なる複数のデータのうち、利用可能な数種のデータ (例えば気象データ、公共インフラ監視データなど) のトラヒックデータ分析を行いモデル化・定式化を行う。その結果、センサーデータを画一的に転送・処理せず、スライスに分割することで効率良く処理する最適化手法を確立する。また、網内処理を可能とするプログラマブルネットワークノードを用いて、想定される複数のセンサーデータを少なくとも 10 種類以上分類しスライスに収容し効率良く処理可能な基盤技術を確立する。

IoT デバイスは数とともに種類も増え、IoT デバイスにより発生する通信トラヒックの特徴も異なり、また要求品質も異なる。データ量の増大に対しては、エッジ/クラウド連携によりネットワークに転送されるデータ量を削減する技術の開発を行う一方で、ネットワーク内で転送される IoT トラヒックも種別に応じて重要性や品質あるいはセキュリティの度合いが異なるため、種別に応じたトラヒック制御の必要性があると考えられる。

本研究開発では、トラヒック分類では各種トラヒックデータ分析とモデル化する手法を目指し、特徴量の抽出を行った。しかし、モデルの普遍性とスケーラビリティの観点から、センサーデータごとの特徴量抽出の代わりに、IoT デバイスおよび端末にクライアントソフト・インストールし、送信パケットに Trailer バイトを付加して、データ情報を明示的に Trailer バイトに書き込み、ネットワーク内のノードで Trailer バイトを読み取り、その情報に基づき種別ごとにトラヒックアイソレーションしスライスに収容し、ソフトウェア制御により収容効率の最適化を行う方式が有効と判断した。そこで、網内処理を可能とするプログラマブルネットワークノードを用いて、目標の 10 種類以上のトラヒック分類し、スライスに収容する機能を実現し実験実証により目標を達成した。

また、トラヒック種別が、目標値より増えた場合にも対応可能な基盤技術の拡張手法や IoT デバイス・

トラヒックに Trailer が付加できない場合にも、今後のソフトウェア開発による機械学習でトラヒックパターン検出する機能追加により、トラヒック分類可能とする拡張性の高い基盤技術の研究開発を行うことができた。

3. 4 公共センサーネットワークを活用したリアルタイム監視・予測技術

公共センサーネットワークを活用した防災・減災技術として開発したリアルタイム監視・予測技術が、上記のア)、イ)、ウ) の成果となる IoT 共通基盤技術を活用し、かつ防災・減災に必要なリアルタイム性、異常時に発生するデータ処理量の増大、トラヒックの増大に対して対応できることを検証する。また、自治体等の協力のもと、実フィールドを想定した実証実験を実施し、技術の有用性を検証する。

日本の河川は、欧米に比べると低い治水容量のため、氾濫危険箇所が多く、予測すべき地点を絞りきることはできない。精密だがコストの高い予測手法のみでは氾濫危険箇所を全てカバーすることは困難なので、より低いコストで、防災に役立つ程度の精度を持つ水位予測手法が求められている。本研究開発では、気象庁の雨量データ、国土交通省や自治体が観測し公開している河川水位や気象情報、対象地域に独自に設置されたリアルタイム気象センサーの情報等、様々な計測間隔を持つデータから、高額な地質調査や地形モデリングを行うことなく、避難に役立つ 10 分から 30 分後の河川の水位を予測する技術を開発した。

重回帰予測をベースとして、メッシュデータの様な地理的な関係を持つ膨大な時系列の入力データを扱うために、データ間の 2 次元の関係性を考慮して予測に有効な回帰係数を決めていく手法により、計測間隔がそろっていないデータを統合して精度の高い予測を実現した。また、IoT 共通基盤上で、連続的に予測を行うためのアルゴリズムを提案し、実際に基盤上で、データ収集モジュール、予測モジュール、学習モジュールを実データにより準リアルタイムに動作させ、河川水位の予測が可能であることを確認した。

上記の検証により IoT 共通基盤の機能を用いて、クラウドへの通信トラヒック量を 1/10 以下に削減できることを確認したが、予測に有効な回帰係数に対応したデータのみをデータ収集モジュールから予測、学習モジュールに送ることで、精度に影響を与えずに、さらに 75% 程度のデータ量の削減が可能であることを明らかにした。

実験に用いたリアルタイム気象センサーは、10 秒間隔での降雨強度を計測することができ、予測地点の近傍に設置されている場合に予測精度を高めるが、比較的高価であるため、これが利用できない地域へのビジネス展開の障害になりかねない。このため、リアルタイムの実測値を除いた、気象庁のメッシュ状の気象データと国土交通省や自治体による水位・気象データのみでの水位予測も評価し、実用になる事も確認した。

3. 5 公共センサーデータを応用活用したネットワーク最適化技術

実証環境として、限られた地域に多く人が集まる場所に、高解像度カメラ、気象情報等を取得するセンサーを設置してコンテンツ指向ネットワークによって接続し、これらのセンサーに相互に同期してアクセスでき、場所・時間・コンテンツやデータの Naming をすることで、移動通信環境においても自由に利用可能なデータとして提供できることを検証する。

また、これらのセンサー情報に基づき、人の集中を予測・検知するとともに、コンテンツ指向ネット

ワークによって、動画像の視聴要求を、適切なノードのキャッシュ機能に蓄積したデータに誘導する制御を行うことで、混雑時でも 4K/8K 高精細度動画のリアルタイムのスムーズな動画像視聴が可能であることを検証する。

ネットワークノードへ名前を付した、コンテンツ指向ネットワーク (Named Node Network:3N) を開発し、早稲田大学の研究室に設置した 4K 高解像度カメラと気象センサーを設置し、ユーザが移動しながら映像情報、気象情報の要求コンテンツ名を送信することで、自由にコンテンツを取得できることの実証試験を行い、公共センサーデータを応用活用したネットワーク最適化技術を確立した。また、データセンターが、4K 高解像度カメラの設置した場所とカメラの周囲に集まっている人の数と動画コンテンツを要求し、カメラが計測した人数とリアルタイムでの撮影映像をデータセンターへ送信する技術を確立した。また、東京都にある西早稲田キャンパスと横浜市横須賀市 YRP 横須賀リサーチパークにある、早稲田の研究室にそれぞれ 3N コンテンツ指向ネットワークを設置し、双方に設置した 4K 高解像度カメラと気象センサーでも相互の接続実験を実施し、3N コンテンツ指向ネットワークのスケラビリティを保証する技術を確立した。到達目標を超えて、YRP 横須賀リサーチパークにゲートウェイを設置し、技術課題エ) 公共センサーネットワークを活用したリアルタイム監視・予測技術の河川氾濫情報を西早稲田キャンパスに設置した 3N コンテンツ指向ネットワークで予測情報を取得し、公共ネットワークとの相互接続技術を確立した。

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

本研究開発では、2020 年代には本格的な IoT 社会が到来し、500 億台の機器の接続、現在の 1000 倍を超える通信量が予想されることを踏まえ、膨大で多様な IoT 機器や多様なサービスの接続に対応可能なネットワークを含む ICT 基盤技術の確立に取り組むと共に、産官学連携による技術実証、国際標準化の活動を通じて競争力の向上につなげることをアウトカム目標としている。

この目標の達成に向けた社会実装を確立するために、実用化・製品化推進活動を進めている。この活動をより効果的に行うため、各研究機関においてビジネスプロデューサ、さらに外部の専門性を有する機関より総合ビジネスプロデューサを以下の通り配置した。

【体制】

○総合ビジネスプロデューサ

中村 秀治	株式会社 三菱総合研究所 政策・公共部門 副部門長
-------	---------------------------

○ビジネスプロデューサ

田中 淳裕	日本電気株式会社 事業イノベーション戦略本部 本部長代理
山田 智広	日本電信電話株式会社 サービスエボリューション研究所 企画担当
中尾 彰宏	東京大学 大学院情報学環 教授
柴田 巧一	株式会社 S k e e d 技術開発本部 IoT 室 室長

以下では、実用化・事業化、標準化、知財確保、成果の普及周知活動に向けた活動、についてそれぞれ記載する。

4. 1 実用化・事業化

4. 1. 1 日本電気株式会社

製品化・事業化に向けての活動として、膨大なデータ収集のため IoT ゲートウェイとクラウド基盤を必要とする分析・制御アプリケーションとして、自治体に IoT 基盤ソリューションを提供するパブリックセーフティ事業部門、および、事業者に対してプラットフォーム製品提供を行う IoT プラットフォーム製品部門と共に、早期実用化に向けた討議を進めている。特に、IoT ミドルウェアのオープン実装である FIWARE と本研究開発成果との連携により、スマートシティプロジェクトへの適用についての検討を進めている。当該事業部門との議論の結果、スマートシティプロジェクトにおいては機能強化・セキュリティ強化を目的とした頻繁な更新があり、また、安全にコンポーネントを更新するための手順は更新内容に依存するということが分かった。安全確実な更新手順の検証にかかる多大なコストが将来的に課題になると見られる。今後、スマートシティー向けシステム構成変更の自動化について検討を行い、社会展開に向けた活動を強化していく。

さらに、本研究開発成果の一部であるシステム構成変更の自動化技術については、クラウドと IoT ゲートウェイにまたがるシステムを自動で迅速に構築・運用するための基盤として、システムインテグレーション事業に対して成果を展開中である。スマートシティー、工場 IoT、企業 NW などの構築・運用を対象とし、周辺技術を拡充しつつ事業化(SI ツール/サービス)へ向けた企画と製品化に向けた開発を推進中である。

また、トラフィック量削減技術を LPWA を活用した広域センサーソリューションへと展開を検討中であり、開発した技術を LoRaWAN ネットワークサーバ製品上に試作し事業化を検討中である。

4. 1. 2 東京大学

IoT 関連技術は、将来サービスとしてさらに発展が期待されるため、トラフィック量増加が予測され効率的なトラフィックのネットワーク収容とともに、トラフィック分類を行い分類されたトラフィック毎に通信品質が制御可能な基盤技術の必要性が高まると見込まれる。本研究開発した技術は、プログラマブル通信ノードのデータ・プレーンでのソフトウェア実装のため、今後のソフトウェア開発により、機能改善、機能拡張あるいは高機能化が可能である。したがって、開発した技術を基盤に、実ネットワークで必要となる運用技術等の周辺技術と合わせて、商用化レベルの技術として、さらに発展させることが可能と考えている。そこで、現在、サービス・プラットフォームを提供する企業と連携し、実用化を目指した実証実験を実施している。

4. 1. 3 日本電信電話株式会社

公共センサーネットワークを活用したリアルタイム監視・予測技術の研究開発成果を適用した IoT ビジネスの展開について、NTT グループ会社と継続的に議論を行い、主に全国の自治体向けの防災ソリューションに組み込む形で製品化・事業化(平成 32 年度～予定)を目指している。例えば、あるグループ会社では、IP 告知システムを自治体に提供しており、防災情報をはじめ各種の生活関連情報を配信している。このデータチャンネルの一つとして、河川水位の予測値の提供を検討中である。治水工事が進行するも、洪水の被害は減る傾向にはなく、近年被害は拡大する方向で、自治体からも高いニーズが見込まれる。数多くある情報チャンネルの 1 つにどれだけ予算がかけられるかが、問題で、安価に提供することができるかどうか、広く展開できるかの鍵になると思われる。

4. 1. 4 早稲田大学

本研究開発活動を通して 3N コンテンツ指向ネットワークのプロトコルを完成した。3N の特徴であるリアルタイム特性や高密度環境での通信トラフィックの抑制などの特徴を生かして、コネクティッドカーの自動運転での周囲の車との距離制御などに効果があり実用化に向けた取り組みを進めている。平成 30 年度では本研究課題で開発した 3N コンテンツ指向ネットワークを、総務省平成 28 年度補正予算 IoT サービス創出支援事業「**止まらない通信網**」を活用した命をつなぐ減災推進事業」に活用し実環境での評価を行った。

4. 2 標準化

ITU-T SG13Q15 での Date-Aware Networking in future networks の国際標準化活動を通してコンテンツ指向ネットワークの標準化を推進した。SG13Q15 では、2017 年 10 月、11 月での東京会合での審議を経て、本研究開発で検討した次世代インターネットである DAN の要求事項と性能に関する標準化勧告を目指した活動を行った。従来の DAN の議論では、コンテンツのダウンロード性能に関する内容を中心に議論を進めてきたが、今回の高効率かつセキュアな IoT データ収集・配信ネットワーク制御技術の確立では、IoT 端末のモビリティやコンテンツを提供するプロバイダーのモビリティを含める必要があり、勧告内容にモビリティ機能を盛り込むことを提案し、勧告 ITU-T Y.3071 Data aware networking (information centric networking) - Requirement and capabilities として勧告化を行った。また、DAN での標準化活動と高効率かつセキュアな IoT データ収集・配信ネットワーク制御技術の確立を通して早稲田で開発した 3N(Named Node Network)を 2018 年 9 月で開催された米国の UCLA の NDN community Meeting のポスターで発表し紹介した。

4. 3 知財確保

知財権獲得に関しては、本研究開発の成果を含むコア技術ならびに周辺技術について国際競争力を確保するため特許出願を中心として権利化に注力し、国内出願、国際出願ともに当初計画通り 11 件の特許出願を行った。

4. 4 成果の普及周知活動

メディア掲載としては、4 社共同での実証実験について、“NEC、東京大学、NTT、早稲田大学 IoT 機器からクラウド環境への通信量を大幅に削減する実証実験を開始”と題する報道発表を実施し、本研究開発活動の対外アピールを行った。本発表は各社・各大学からそれぞれリリースを行っただけでなく、各種ニュースメディアでも紹介された。

論文発表・口頭発表として当初目標を大幅に上回る 37 件の発表を行い、特に、招待講演やセミナーなど注目度が高く聴講者が多く集まる場所にて本活動のアピールを実施

5 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた計画

5. 1 実用化・事業化に向けた活動

5. 1. 1 日本電気株式会社

FIWARE と連携したスマートシティプロジェクト、システム構成変更の自動化技術を活用したシステムインテグレーション事業、トラフィック量削減技術を活用した LoRaWAN ネットワークサーバ製品など、上記 4. 1. 1 で記載した製品化活動・事業化活動を今後も継続して行っていく予定である。

また、本研究開発成果を今後のプロジェクトで活用していくことで、さらなる成果展開を図っていく予定であり、特に、本研究開発成果を活用したシステム構成変更自動化技術については、総務省革新的 AI ネットワーク統合基盤技術の研究開発(H30-32)等を活用してさらなる研究開発を進めていく予定である。

5. 1. 2 東京大学

上記 4. 1. 2 で記載したように実用化の可能性を検証するための実証実験を 2019 年度も継続実施する。さらに、開発技術はソフトウェア・ベースのネットワーク装置基盤であるため、AI 技術の取り込みが容易であり、本研究開発でも、機械学習によりトラフィックパターン特徴抽出結果を取り込めるような実装を行って

いるため、現在研究中の AI によるトラフィック種別識別技術やトラフィック変動予測技術と組み合わせることにより、新しいネットワーク技術の研究開発に寄与する予定である

5. 1. 3 日本電信電話株式会社

4. 1. 3に記載した防災ソリューションに関しては、まずは NTT グループ内での事業にコンタクトしていくが、その先は、NTT グループ外のソリューションへの情報提供サービスの様なビジネス形態も考えられる。

また、河川水位の予測技術は、防災・減災以外にも、さらに広い分野での適用が考えられる。空間に設置されたセンサーデータからのみの予測技術なので、例えば農業等に関する今後の研究において、河川の水位だけでなく、作物の生育等への応用も目指す。

5. 1. 4 早稲田大学

3N コンテンツ指向ネットワークを用いた監視システムの実施化を目指して事業化への取り組みを進めている。また、開発した 3N の実装システムとして ITS、防災システムを企業と連携して実システムへ適用することを行っていく予定である。

5. 2 標準化

ITU-T SG13Q15 での DAN: Date-Aware Networking in future networks の標準化は、2017 年より新しい課題として ITU-T SG13Q22 で Upcoming network technologies for IMT-2020 and future networks として引き継がれた。早稲田大学は引き続きエディターを引き受けて標準化活動を推進している。

5. 3 知財確保

今後は特に出願済み特許の権利化に注力し、実機期間終了後も 11 件の登録を目指す。

5. 4 期待される波及効果

5. 4. 1 日本電気株式会社

本開発技術によって、今回実証を行った水位予測のような単一サービスの実現だけでなく、多種多様な IoT サービスが同時に活用され、社会全体の課題解決に寄与する社会を目指していくことができるようになる。例えば、スマートシティにおいては、水位予測や、不審人物監視、交通管理などの様々な IoT アプリケーションによって都市全体が最適に管理されている社会である。

また、開発したシステム構成変更自動化技術は、IoT 共通基盤だけでなく、企業 IT や通信キャリア SDN システムなど一般的な IT システムへも適用可能であり、広い領域への波及効果が期待される。

5. 4. 2 東京大学

開発技術はネットワークソフトウェア化、ネットワーク・スライシング技術を用いているため、5G モバイルネットワークをはじめ次世代のソフトウェア・ベースのネットワーク技術への波及が期待される。さらに、開発技術は AI によるネットワーク制御の対応も図ったため、次世代の AI 技術を用いてネットワーク技術にも波及効果がある。

5. 4. 3 日本電信電話株式会社

本研究は、AI 的なアプローチを踏襲しつつ、処理の説明性を失わない予測法式を扱ったものである。近年盛んになっている、AI による社会課題の解決を図る研究において、データの選別や前処理に利用することも考えられ、今後の組み合わせ技術の後続研究の展開にも期待が持てる。

5. 4. 4 早稲田大学

本研究は、次世代のインターネット技術として位置づけられ、4K, 8K など高精細度画像伝送などの大容量伝送トラヒックネットワークにおいても高効率な伝送を可能とするネットワークの実現を可能とする。また、コンテンツやネットワークのセキュリティなどの解決も期待でき今後の展開に期待が持てる。

6 査読付き誌上発表論文リスト

[1] 鈴木一哉、森本昌治、岩井孝法、”IoT 技術の最新動向”、電子通信情報学会通信ソサイエティマガジン B-plus 2018 秋号, No. 46, pp12-20(2018. 9. 1)

[2] Takuya Kuwahara, Takayuki Kuroda, Manabu Nakanoya, Yutaka Yakuwa, Hideyuki Shimonishi, “Scalable State Space Search with Structural-bottleneck Heuristics for Declarative IT System Update Automation”, IEICE Journal, Apr. 2019(2019. 3. 1)

[3] Xin QI, Keping YU, Zheng WEN, Qiaozhi HUA, Takuro SATO, “Real-time Video Stream System Based on Named Node Network,” JAIST, 2019(2019. 3. 7)

※以下実施期間終了後

[4] Xin QI, Zheng WEN, Keping YU, Kazunori MURATA, Kouichi SHIBATA, Takuro SATO, “Content-Oriented Disaster Network Utilizing Named Node Routing and Field Experiment Evaluation,” IEICE Trans. Vol.E102-D, No. 5, pp.988-997, (2019. 5. 1)

[5] Keping YU, Suyong EUM, Toshihiko KURITA, Takuro SATO, Hidenori NAKAZATO, Tohru ASAMI, Ved P. KAFLE, “Information Centric Networking - Research and Standardization Status,” IEEE Access, (2019. 5. 31)

[6] Xin QI, Keping YU, Qiaozhi HUA, Zheng WEN, Jairo LOPEZ, Takuro SATO, “Design and Performance Evaluation of Content-Oriented Communication System for IoT Network: A Case Study of Named Node Networking for Real-time Video Streaming System,” IEEE Access, (2019. 5. 31)

7 査読付き口頭発表論文（印刷物を含む）リスト

[1] Keping Yu, Qiaozhi Hua, Quang N. Nguyen, Rungrot Sukjaimuk, Cutifa Safitri and Takuro Sato, “Standardization Activities for Future Networks in ITU-T: A Case Study from Y.3071: Data Aware Networking (Information Centric Networking) - Requirements and Capabilities”, IEEE ICC 2017, Chengdu, China(2017. 12. 13)

[2] Toru Mochida, Mr. Daichi Nozaki, Mr. Koki Okamoto, Mr. Xin Qi, Mr. Zheng Wen, Takuro Sato and Dr. Keping Yu, “Naming Scheme Using NLP Machine Learning Method for Network Weather Monitoring System Based on ICN,” International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC), (2017. 12. 18)

[3] Xin Qi, Zheng Wen, Takuro Sato, “Content-Oriented Surveillance System Based on Node Name Routing”, 日本シミュレーション学会, Hokkaido, Japan, (2018. 9. 19)

[4] Takuya Kuwahara, Takayuki Kuroda, Manabu Nakanoya, Yutaka Yakuwa, “Scalable Declarative IT System Update Automation by A* Search with Critical-element Heuristics”, CloudNet2018(2018. 10. 22)

[5] Takamitsu Iwai, Akihiro Iwai, “Demystifying Myths of MEC: Rethinking and Exploring Benefits of Multi-Access/Mobile Edge Computing”, IEEE CloudNet 2018, (2018. 10. 23)

[6] Koki Okamoto, Takuro Sato, etc., "Content-Oriented Surveillance System Based on ICN in Disaster Scenarios," WPMC(2018.12.20)

[7] Florian Beye, Yusuke Shinohara, Hideyuki Shimonishi, "Towards Accurate and Scalable Performance Prediction for Automated Service Design in NFV", CCNC 2019(2019.1.12)

[8] Takuya Kuwahara, Takayuki Kuroda, Manabu Nakanoya, Yutaka Yakuwa, Yoichi Sato, Yasuhiko Matsunaga, "Automated Planning of System Rollback in Declarative IT System Update", IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM2019) (2019.4.9)

※以下実施期間終了後

[9] Yohei Hasegawa, Kazuya Suzuki, "A Multi-User ACK-Aggregation Method for Large-Scale Reliable LoRaWAN Service", IEEE International Communications Conference 2019(2019.5.23 予定)

[10] Zheng Wen, Xin Qi, Takuro Sato, "Content-aware Common IoT Platform for Emergency Management Scenarios," Globecom, WS-01, RAFNET, 12. (2019.12.10 予定)

8 その他の誌上発表リスト

[1] 高嶋洋一、湯口昌宏、"4 者で IoT 機器と共通基盤間における重要通信保護に関する実証実験を実施," ビジネスコミュニケーション 2019 年 3 月号, 2019 Vol.56 No.3, (2019.3.8)

9 口頭発表リスト

[1] Akihiro Nakao, "Application Driven Network Softwarization and Network Slicing", APNOMS2016: Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (Kanazawa, Japan), パネル講演、(2016.10.7)

[2] 蒲池恒彦、"IoT 共通基盤技術の確立・実証 課題 I 高効率かつセキュアな IoT データ収集・配信ネットワーク制御"、スマートシティプロジェクト (第 1 回)・技術・標準化分科会 (第 6 回)・通信プロトコルスクワース (第 6 回)、(2016.12.20)

[3] 山本周、桐葉佳明、中尾彰宏、" ネットワーク仮想化によるネットワーク・スライシング技術とその応用"、電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会(沖縄)(2017.3.3)

[4] 野崎大地、岡本航輝、持田透、文鄭、佐藤拓朗、"機械学習を用いたコンテンツネーミング方法によるカメラ端末制御方法の検討"、電子情報通信学会総合大会(2017.3.25)

[5] 持田透、佐藤拓朗、文鄭、岡本航輝、野崎大地、"機械学習を用いたコンテンツネーミング方法の検討"、電子情報通信学会総合大会(2017.3.25)

[6] 岡本航輝、持田透、野崎大地、文鄭、佐藤拓朗、"機械学習コンテンツネーミング方法を適用したコンテンツ指向ネットワークへの適用実験"、電子情報通信学会総合大会(2017.3.25)

[7] 田澤亮一朗、斉欣、ハイローロペス、佐藤拓朗、"3N(Named Node Network)の実装報告"、電子情報通信学会総合大会(2017.3.25)

[8] DU Yingshuang, "Motion Detection Oriented Surveillance System Based on Information-Centric Network", 電子情報通信学会総合大会(2017.3.25)

[9] Yoshiaki Kiriha, "Challenges and Issues for 5G E2E Slicing and its Orchestration", IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM2017), Panel Session, (リスポン) (2017.5.9)

[10] Jairo Eduardo Lopez, "How Node Named Networks (3N) led us to Specialized Distributed IPC Facilities", RINA consortium, Barcelona, Spain, (2018.5.23)

- [11] 長谷川洋平、鈴木一哉、登内敏夫、”LoRaWAN 通信のためのマルチユーザ確認応答フレーム集約方式”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会 (2018. 7. 13)
- [12] Akihiro Nakao, “In-network Data Analytics and Machine Learning Empowered With Data-Plane Innovations”、ACM SIGCOMM 2018, (ブダペスト) (2018. 8. 20)
- [13] 小池義昌、高嶋洋一、嶋村海人、”メッシュ状雨量データを活用した河川水位予測,” 映像情報メディア学会 2018 年次大会(金沢), (2018. 8. 31)
- [14] 山本周、桐葉佳明、中尾彰宏、” パケット・トレーラによる多様デバイスのトラフィック制御法”、電子情報通信学会ソサエティ大会(金沢) (2018. 9. 14)
- [15] 高嶋洋一、小池義昌、”IoT・AI 時代のデータ利活用のあり方 (パネルディスカッションパネリスト),” スマート IoT 推進フォーラム技術戦略検討部会第 5 回テストベツト分科会(東京) (2018. 9. 14)
- [16] Keping Yu, Xin Qi, Quang Ngoc Nguyen, Zheng Wen, Kenji Kanai and Takuro Sato, ”ICN-related projects and field experiments at Waseda University”, Named Data Networking Community Meeting 2018, Gaithersburg, USA, (2018. 9. 19-20)
- [17] 下西英之、伊藤暢彦、黒田貴之、” モバイルネットワークにおける超低遅延アプリケーションのためのエッジコンピューティングの応用”、センサ・アクチュエータ・マイクロナノ/ウィーク 2018 次世代センサ総合シンポジウム(2018. 9. 28)
- [18] 下西英之、伊藤暢彦、黒田貴之、” モバイルネットワークにおける超低遅延アプリケーションのためのエッジコンピューティングの応用”、情報処理学会連続セミナー2018 第 4 回(2018. 10. 3)
- [19] 下西英之、桑原拓也、黒田貴之、” ネットワーク運用管理自動化に向けた設計・構築の自動化技術と AI/ML の活用”、情報通信技術委員会 (TTC) (2019. 1. 21)
- [20] 八鍬豊、福田達也、黒田貴之、佐藤陽一、” システム構成変更自動化技術 Theater によるネットワーク構築実験のご紹介 ”、日本ネットワーク・オペレーターズ・グループ JANOG43(2019. 1. 24)
- [21] 高嶋洋一、小池義昌、”IoT 共通基盤技術におけるメッシュ状雨量データを活用した河川水位予測,”、電子情報通信学会 LOIS 研究会 LOIS2018-50(鹿児島) (2019. 1. 24)
- [22] 下西英之、桑原拓也、黒田貴之、中野谷学、丸山貴志、” ネットワーク設計構築の自動化と機械学習の活用”、電子情報通信学会第 35 回 NSIN ワークショップ(2019. 3. 4)
- [23] 中野谷学、” 強化学習の探索結果を活用した自動構築モジュール間の依存性検出”、電子情報通信学会情報通信マネジメント研究会 (ICM) (2019. 3. 8)
- [24] 山本周、桐葉佳明、中尾彰宏、” パケット・トレーラによる IoT トラフィック QoS 制御の検討”、2019 年電子情報通信学会総合大会、B-7-12 (東京) (2019. 3. 20)
- [25] 山本周、中尾彰宏 ”プログラマブル・データプレーンを使用したトラフィック優先制御”、電子情報通信学会 NS 研究会、(鹿児島) (2019. 4. 18)

10 出願特許リスト

- [1] 小泉清一、他、「サービス構成設計システム、サービス構成設計方法、サービス構成設計用プログラム」、日本、2017. 3. 24 出願
- [2] 山崎智史、他、「変更手順生成装置、変更手順生成方法および変更手順生成プログラム」、日本、2017. 6. 14 出願
- [3] バイエ・フロリアン、他、「THROUGHPUT ESTIMATION DEVICE AND THROUGHPUT ESTIMATION SYSTEM」、PCT、2017. 11. 10 出願

- [4] 小泉清一、他、「サービス構成設計装置、およびサービス構成設計方法」、PCT、2018. 1. 29 出願
- [5] 山崎智史、他、「変更手順生成装置、変更手順生成方法および変更手順生成プログラム」、PCT、2018. 5. 31 出願
- [6] 篠原悠介、他、「データ制御装置、データ制御方法、およびプログラム」、日本、2018. 6. 14 出願
- [7] 中野谷学、他、「依存関係検出装置、依存関係検出方法および依存関係検出プログラム」、日本、2019. 2. 6 出願
- [8] 高嶋洋一、湯口昌宏、山田智広、「データ予測装置、データ予測方法、及びデータ予測プログラム」、日本、2019. 3. 13 出願
- [9] 高嶋洋一、湯口昌宏、山田智広「データ予測装置、データ予測方法、及びデータ予測プログラム」、日本、2019. 3. 13 出願
- [10] 長谷川洋平、他、「情報処理装置、データ収集システム、通信設定方法、及びプログラム」、日本、2019. 3. 15 出願

1 1 取得特許リスト

2019. 5. 15 現在は登録特許なし。

1 2 国際標準提案リスト

- [1] “Further modification of interface requirement for Y.DAN-req-arch”, ITU-T SG13Q15 interim meeting, Tokyo, Japan, November 2016 (2016.11.4)

1 3 参加国際標準会議リスト

- [1] ITU-T SG13Q15、東京、2016 年 10 月
- [2] ITU-T SG13Q15、東京、2016 年 11 月
- [3] ITU-T SG13Q15、東京、2017 年 3 月

1 4 受賞リスト

2019. 5. 15 現在は受賞なし。

1 5 報道発表リスト

- [1] “NEC、東京大学、NTT、早稲田大学 IoT 機器からクラウド環境への通信量を大幅に削減する実証実験を開始”，平成 31 年 1 月 23 日

1 6 ホームページによる情報提供

NEC : https://jpn.nec.com/press/201901/20190123_02.html (ヒット数 1186)

東京大学 : <http://www.iii.u-tokyo.ac.jp/news/201901239404>

NTT : <http://www.ntt.co.jp/news2019/1901/190123a.html> (ヒット数 1739)

早稲田大学 : <https://www.waseda.jp/top/news/62881>

掲載の概要：日本電気株式会社、国立大学法人 東京大学 大学院情報学環中尾研究室、日本電信電話株式会社、学校法人 早稲田大学は、IoT 共通基盤を共同で開発し、IoT 機器と共通基盤間における重要通信保護に関する実証実験を 2018 年 12 月中旬から中国地方で開始した。

研究開発による成果数

	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度
査読付き誌上発表論文数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	3 件 (2 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0 件 (0 件)	2 件 (2 件)	6 件 (6 件)
その他の誌上発表数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)
口 頭 発 表 数	8 件 (1 件)	1 件 (1 件)	1 6 件 (3 件)
特 許 出 願 数	0 件 (0 件)	2 件 (1 件)	8 件 (2 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 提 案 数	1 件 (1 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
受 賞 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
報 道 発 表 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	4 件 (0 件)
報 道 掲 載 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)

	実施期間終了後	合計
査読付き誌上発表論文数	3 件 (3 件)	6 件 (5 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	2 件 (2 件)	1 0 件 (1 0 件)
その他の誌上発表数	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)
口 頭 発 表 数	0 件 (0 件)	2 5 件 (5 件)
特 許 出 願 数	0 件 (0 件)	1 0 件 (3 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 提 案 数	0 件 (0 件)	1 件 (1 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
受 賞 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
報 道 発 表 数	0 件 (0 件)	4 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。