

# 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

### 研究代表者

津村聡一 日本電気株式会社  
Soichi Tsumura, NEC Corp.

### 研究分担者

下西英之<sup>†</sup> 中野谷学<sup>†</sup> 逸身勇人<sup>†</sup> 福田達也<sup>†</sup> バイエフロリアン<sup>†</sup> 藤若雅也<sup>†</sup> グプタアシルワード<sup>†</sup>  
長谷川洋平<sup>†</sup> 篠原悠介<sup>†</sup> 八鍬豊<sup>†</sup> 中尾彰宏<sup>††</sup> 山本周<sup>††</sup> 桐葉佳明<sup>††</sup> プラタマプトラ<sup>††</sup>  
山田智広<sup>†††</sup> 高嶋洋一<sup>†††</sup> 佐藤拓朗<sup>††††</sup> 甲藤二郎<sup>††††</sup> 中里秀則<sup>††††</sup>  
Hideyuki Shimonishi<sup>†</sup> Manabu Nakanoya<sup>†</sup> Hayato Itsumi<sup>†</sup> Tatsuya Fukuda<sup>†</sup> Florian Beye<sup>†</sup>  
Masaya Fujiwaka<sup>†</sup> Ashirwad Gupta<sup>†</sup> Yohei Hasegawa<sup>†</sup> Yusuke Shinohara<sup>†</sup> Yutaka Yakuwa<sup>†</sup>  
Akihiro Nakao<sup>††</sup> Shu Yamamoto<sup>††</sup> Yoshiaki Kiriha<sup>††</sup> Pratama Putra<sup>††</sup> Tomohiro Yamada<sup>†††</sup>  
Yoichi Takashima<sup>†††</sup> Takuro Sato<sup>†††</sup> Jiro Katto<sup>†††</sup> Hidenori Nakazato<sup>†††</sup>  
<sup>†</sup>日本電気株式会社 <sup>††</sup>東京大学大学院情報学環 <sup>†††</sup>日本電信電話株式会社  
<sup>††††</sup>早稲田大学基幹理工学科  
<sup>†</sup>NEC Corp. <sup>††</sup>Nippon Telegraph and Telephone Corporation <sup>†††</sup>University of Tokyo  
<sup>††††</sup>Waseda University

研究期間 平成 28 年度～平成 30 年度

### 概要

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。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した。

### 1. まえがき

各種公共インフラに各用途に応じて大量のセンサーを配備し、様々なセンサー情報をリアルタイムに集め、多様なデータサイエンス技術を駆使してインフラの状態分析や状態予測を行い、さらに適切な制御を行うことで、インフラの長寿命化、安全性向上、インフラ運用の効率化（エネルギーコスト削減等）を実現し、安全で住みやすい街づくりが求められている。しかしながら、これらのセンサーデータをすべてクラウドに集めて分析する現在の解析モデルでは、蓄積されたセンサーデータ量が今後増々増加していくため、当該データを伝送するネットワークには高速かつ大容量化が、データ処理を行うコンピュータには高速化が一層求められる。そのため、非常に高コスト化してしまう懸念や、リアルタイム性が求められるサービスに対応できなくなるなどの課題が想定される。これらの課題を解決するためには、センサーにより近い場所で安定した高度なデータ収集・処理を可能とする機能（IoT ゲートウェイ）を確立することが必要になる。

本研究開発では、IoT 機器から発生する膨大なデータ量の削減によるネットワークの費用対効果の向上、及び IoT サービスのリアルタイム性の高い制御の実現に取り組む。この実現には、IoT ゲートウェイでのデータ収集・処理機能、IoT ゲートウェイとクラウドの間の分析・制御機能のダイナミックな分担が必要である。またリアルタイム性の高い制御の実現のためには、IoT データの種類毎に異なる重要度を有する IoT トラフィックを分類し、互いの干渉が起らないように制御する技術の確立が必要となる。加えて、防災・減災、安心・安全に資する公共インフラの監視及び予防保全のアプリケーション実現のための技術開発を行い、実フィールドの実証実験を実施することで、開発

した技術の有用性及び実用性を検証するとともに、公共インフラとしての社会的な価値の有用性を明らかにする。さらに、公共センサーデータの応用活用に向けた技術開発も行う。センサーデータの応用活用の実現には、多数のアプリケーションプロバイダが、多種多様なセンサーに効率的にアクセスする技術が必要となる。このため、センサーへのアクセスをコンテンツ名に基づいて行うことで、ネットワーク内部でのデータキャッシュやコピーを容易にするアプローチで効率化を実現する技術の開発に取り組むとともに、実環境に即した実証実験を通じて有用性及び実用性を検証する。

### 2. 研究開発内容及び成果

本研究開発では、図 1 に示す通り、5 つの技術課題に分けて研究開発を遂行した。以下では、各課題についてその研究開発内容と成果について述べる。

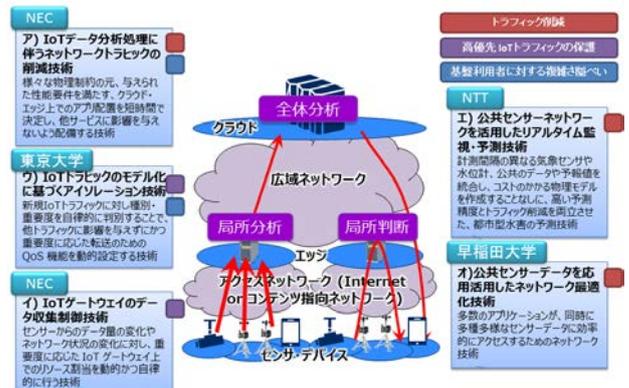


図 1 本研究開発における各課題

## 2.1 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

IoT 基盤は、IoT ゲートウェイ、クラウド、それらを接続するネットワークを含み、その上で IoT データを活用した分析アプリケーションの実行基盤を提供する。IoT データを活用した分析アプリケーションの要件(分析にかかる時間等の性能要件等)を満たしつつ、ネットワークトラフィックを削減するには、IoT を活用したアプリケーションを構成する様々な処理を、クラウド、IoT ゲートウェイに適切に配置し、クラウド、IoT ゲートウェイに配置した処理に対して必要な ICT 資源を割り当てる制御を行う必要がある。また、IoT デバイスの増減、センサーデータ量や処理負荷の増減といった状況変化に対してダイナミックに対応しなければならない。

このため、IoT データを分析するアプリケーションの内部構造と要件及び利用可能な ICT リソースを分析し、分析アプリケーションが達成したい目標(要件)を満たす、サービスの最適構成を自動導出すると共に、その最適構成への移行手順の自動生成を実現した。これによって、IoT デバイスの増減、センサーデータ量や処理負荷の増減状況変化に対しても常に ICT リソース利用効率を最大化し、データ転送量削減を維持し続けることが可能となる。そのためには、以下のようなシステム構成設計技術および構成変更手順生成技術でシステムの停止・性能劣化を回避しつつシステム構成を変更できることが必要である。

- ・ 所望の性能・処理負荷を満たすための構成を自動的に導出する手法を開発した。本技術では、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なリソース量のサイジングを実現する。このモデル化手法はソースコード等の詳細情報が不要なため、マルチベンダのネットワーク機能モジュール、サーバ機能モジュールのモデリングを行う。
- ・ 導出された最適構成へと、サービスを停止せずに構成変更する更手順の導出を行う手法を開発した。構成変更中であっても、ユーザから IoT 基盤上で提供されているサービスへのネットワークが途切れないように構成変更する手順を導出する。

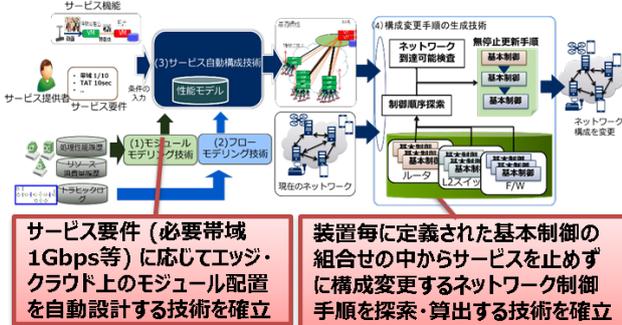


図2 課題ア システム設計技術

広域環境における評価では IoT ゲートウェイの定常的な CPU、メモリ使用量が 80%を下回るように構成変更できること、構成変更の際にシステムの停止を発生させないことを確認した。これにより、システム構成設計技術および

構成変更手順生成技術でシステムの停止・性能劣化を回避しつつシステム構成を変更できることを確認した。

## 2.2 IoT ゲートウェイのデータ収集制御技術

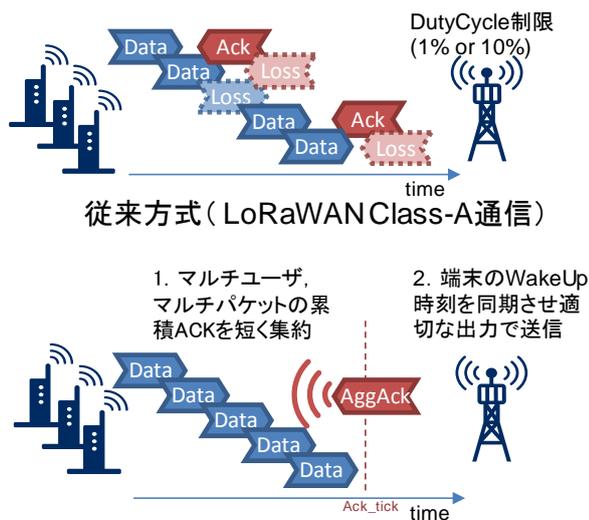
IoT ゲートウェイでは、前節で開発した技術で決定した、IoT ゲートウェイで分担するデータ分析処理とデータ転送の優先度に基づき、必要なデータを IoT センサーから取得し、それぞれのデータの取得・分析に関する時間的制約(頻度、期限)に基づいて、データの取得・処理を完了する必要がある。しかし、数万個といった個別のデバイスの状況に応じた迅速な対処は困難であり、前節の技術で決定した要件に従い、各 IoT ゲートウェイが自律的に動作する事が必要である。

本研究開発では、上記課題を鑑みて、IoT デバイスから取得したデータやアプリケーションを制御し、IoT ゲートウェイ上のアプリケーションの継続実行を可能とする、IoT ゲートウェイのデータ収集制御技術を実現した。具体的にはそ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。本手法ではボトルネックとなるリソースについて影響の大きい低優先度アプリケーションを優先的に停止またはトラフィック入力を停止させることにより負荷増大の影響を軽微にする。

本手法について広域環境において評価を行った結果、一時的な過負荷状態を発生しても、高優先度アプリケーションを停止させることなく、瞬時的な CPU、メモリ消費を 90%に抑えることを確認した。その後、低優先アプリケーションが適切な IoT ゲートウェイで再稼働可能であり、その後の各 IoT ゲートウェイの負荷状況が安定していることを確認した。結果として、高優先アプリケーションが安定して稼働できることを確認できた。

これに加え IoT ゲートウェイとセンサデバイス間の通信高信頼化のために確認応答(ACK)を使用した通信において ACK トラフィック量を大幅に削減し通信スループットを改善する方式を開発した。我々は、920MHz アンライセンスバンドに課せられる送信量制限下における低消費電力通信ネットワーク LoRaWAN の通信スループットを分析し、通信高信頼化のために確認応答(ACK)を使用した場合の通信スループットを改善する方式を提案した。提案方式ではユーザノードからアップロードされたデータに対して、サーバは複数のユーザノードへの ACK を集約して送信する。複数のユーザノードはデータ送信後に ACK 受信待ちをするタイミングを自律的にクロックに同期させ、集約 ACK を受信すると自分宛の ACK が含まれるかを判定する。これにより、提案方式は ACK トラフィックを少なくし、ごく限られた通信帯域であり、その上に厳しい法的な送信量制限が課されるアンライセンス帯を用いても効率的な高信頼通信を実現する。性能解析およびシミュレーション実験により提案方式が確認応答を用いた通信においても LoRaWAN によるサービスの大規模性を損なうことなく、提案方式を用いない場合と比較するとデータ到達率を 2~30 倍ほど改善できることを示した。また、我々は本提案方式を、NEC 製の IoT ゲートウェイ製品上に試作した。東京大学本郷キャンパスにて実施した試験では、端末を 10 箇所以上に設置し、99.5%の確率で集約 ACK を受信できることを確認した。これにより、実環境においてもシミュレーション評価と同様の動作が得られ、提案方式が有効に動作することが確認できた。

問題1. 通信帯域が小さいので、ACKを使うとかえってパケットロス率が悪化。  
 問題2. GWにも課されるDuty Cycle制限(1%)のため、GWから端末へACKを送信できない。



### 提案方式(マルチユーザACK集約技術)

図3: 従来の課題と提案方式の概要。

### 2.3 IoT トラフィックのモデル化に基づくスライシング技術

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フィ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により課題解決を行う一方で、ネットワーク内で転送される IoT トラフィ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、種別に応じたトラフィック制御が必要と考えられる。

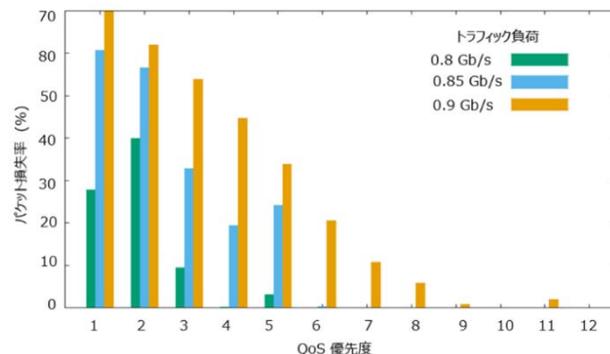
本研究項目では、先ずトラフィック分類のため各種トラフィックデータ分析とモデル化による特徴量の抽出を検討した。しかし、モデルの普遍性と多種多様トラフィックを扱う上でのスケーラビリティの点から、センサーデータごとの特徴量抽出の代わりに、IoT デバイス、端末にクライアント・ソフトをインストールし、送信パケットに Trailer バイトを付加して、データ情報を明示的に Trailer バイトに書き込むことで、ネットワーク内で Trailer バイト検出し、センサーデータ種別を識別可能とする手法を開発することにした。さらに、本手法によりトラフィック種別の分類後、スライシングによりトラフィック・アイソレーションを実現し、個別のトラフィック制御を可能とする技術の開発を行った。

開発では、ネットワーク仮想化技術によりスライシングを行い、目的とする機能を実現するためプログラマブルなネットワークノードを用いた。実装では、Trailer バイト手法によるトラフィック種別の分類と、種別ごとのスライス収容機能と、各スライスのトラフィックに対し、要求品質レベルに応じた優先制御機能を実現した。

図4は、実装した機能の性能評価結果である。評価実験では、64 バイトのショートパケットを使用し、100 フロー毎の12種類トラフィックに対し、スライシングとQoS優先制御の過負荷試験を行った。パケット品質としてトラフィック負荷増大時のパケット損失率を測定した。優先制御により、優先度の高いトラフィックに対し、トラフィック負荷増大に対しパケット損失の低減が図れることを示している。

図4 トラフィック・スライシングによるQoS優先制御

本開発により、トラフィック分類でスライシングされたトラフィックに対し、個別制御を可能とする技術を実現した。トラフィック制御としてQoS優先制御の他に、帯域制御および経路制御についても実装と実験実証を行った。さらに、トラフィック種別の数が増えた時の拡張方法やTrailer付加方式以外にパケットレベルでトラフィックパタ



ーン検出のための、パケット情報収集機能の実装を行い、実 IoT トラフィックデータの収集と、収集データを教師データとして機械学習によりトラフィック分類を推定するアルゴリズムとの統合を可能とする実装を行った。

### 2.4 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、2.1-2.3章に記載の技術(図2 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・減災に必要とするリアルタイム性、異常時に発生するデータ処理量の増大、トラフィックの増大に対して対応できることを検証した。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した。

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フィック量を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。

入力データとして、リアルタイム気象センサーを用いる場合は、10秒間隔での降雨強度を計測することができた

め、予測に必要な場所に設置すれば、予測精度を高める効果がある。一方で、このセンサーは比較的高価であるため、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。

### 2.5 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

多くのセンサーで収集したデータをデータセンターへ転送したり、データセンターから各センサーに対して指示したりして大量のデータを取得するには、既存の TCP/IP ネットワークではネットワーク負荷が増大しネットワークの輻輳問題が発生する。この課題を解決する新たなネットワークとして ICN (コンテンツ指向ネットワーク) を用いた IoT データ収集・配信ネットワーク制御技術の実証を行い、有効性を明らかにした。

既存の TCP/IP ネットワークはサーバを用いることから、ネットワークのノードに付した IP アドレスを用いてルーティングを行う。IoT データの増大に伴い、サーバに至るまでのノード間で遅延が発生する。この問題を解決する方法として分散ネットワークを基礎とした ICN の研究が進められてきた。今まで、名前付けされたコンテンツ名を用いてルーティングを行う NDN (Named Node Network) が評価されてきたが、IoT データの場合は、センサーからデータセンターや任意の場所へデータ伝送することが必要なことからコンテンツ名だけではなく、各ノードに名前を付す新たな ICN である 3N (Named Node Network) を開発し、本研究課題へ適用し実証試験を行った。

開発した 3N は、IoT 端末で測定したデータやカメラ映像データを指定したデータセンターやノードの送信するブッシュ機能の開発、IoT 端末が移動したり送信先のノードは移動したりした場合でもネットワークで送信先のルートを自動的にルーティングするハンドオフ機能、監視カメラの映像データのリアルタイム伝送機能を有している。今回の実証試験において、IoT 端末は 4K カメラ、気象センサーを IoT 端末として早稲田大学 (西早稲田キャンパスシルマンホール 8F) と YRP 横須賀リサーチパーク (1号館 3F) のそれぞれに設置し、双方のエリアに 3N ネットワークを構成した。エリア間はゲートウェイを介して IP 網で相互に接続した。YRP ではゲートウェイを設置し、広島サーバと接続し 3N を用いたシステムを構成した。全体システム構成を図 5 に示す。

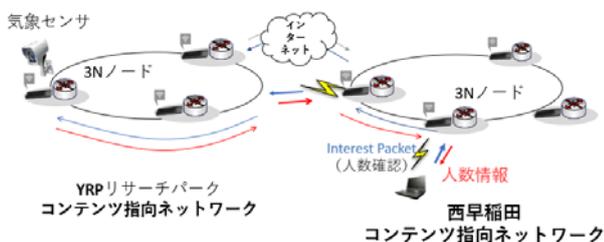


図5 3Nを用いたネットワーク構成

研究は4つの手法で進めた。A) 公共センターデータを活用した人流の検知・予測では、3N内に設置した4Kカメラを用いて、カメラに映る人数を計測し、合わせて被災者を模した人の流れを自動計測してデータセンターへブッシュすることができることを明らかにした。B) 利用者の位置情報を意識した配信経路の最適化では、TCP/IPと3Nのノード数、クライアント数に対するスループット特性を比較評価し、3Nはいずれに対しても、高いスループット特性と、ノード・クライアント数に依存することなく一定のス

ループットを維持することを明らかにした。C) リアルタイム性を確保するためのキャッシュの優先制御とルーティングでは、4K映像のリアルタイム伝送とIoT端末の移動性においてスムーズにハンドオフすることを明らかにした。D) コンテンツの名前付け方式の共通化では、災害を火災、地震、津波に分類して、映像写真からAI技術を用いて自動的にコンテンツ名を付す方法を開発し、映像とコンテンツ名とのマッチング率が80%を達成したことを明らかにした。

最後にYRPに設置した広島サーバとのゲートウェイを介して、河川の水位予測情報を西早稲田から要求し西早稲田のクライアントへデータ伝送する実験を実証した。

### 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

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の目標としている。本目標を達成するため、本研究開発に携わる各社・各大学は以下のような活動を行っている。

#### 3.1 IoTデータ分析処理に伴うネットワークトラヒックの削減技術、及びIoTゲートウェイのデータ収集制御技術

本研究開発成果の社会実装に向けては、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をターゲットとして、IoTミドルウェアのオープン実装である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、トラヒ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への成果展開を図って行く予定である。

また、さらなる波及効果の拡大に向け、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こと目指していく。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。

#### 3.2 IoTトラヒックのモデル化に基づくスライシング技術

IoT技術は、センサデバイスからのデータ収集を始め、機器制御や画像・映像監視など多種多様なデバイスにより広い分野で利用されることが予想される、そのため、トラヒック量や要求品質が大きく異なるIoTトラヒックに対し夫々に適した制御が個別に可能となる本研究で開発したネットワーク・スライシング技術が不可欠になってきている。

IoTトラヒック今後さらに増大が見込まれているが、限られたネットワーク・リソースの有効活用の点では、リソース使用が最小化され各種IoTトラヒックの要求品質の確保との両立を図るためのトラヒック制御が重要になってくる。また、IoT機器のトラヒック収容では、通信事業者のセルラー通信による無線アクセス技術に加えLoRaを

始めとする LPWA などの無線技術を用いた 1 次産業への IoT 導入に向けた地域自営ネットワークにも使用され、無線技術を統合した有無線ネットワークへの対応が考えられる。このため、現在、電波資源有効利用を目的とした総務省受託研究で進められている「IoT 機器増大に対応した有無線最適制御型電波有効利用基盤技術の研究開発」において、具体的なネットワーク・インフラを前提としたネットワーク・リソースを有効活用するスライス技術への本研究開発技術の応用が考えられる。

次に、本研究で開発したスライシング技術は、プログラマブル通信ノードを使用し、コントロールプレーンに加えデータプレーンでのソフトウェア実装を行った成果にも注目する必要がある。SDN 技術の発展により、次世代ネットワークでは、ネットワークソフトウェア化がさらに進むと考えられ、コントロールプレーンに加えてデータプレーンのソフトウェア化により、さらにプログラマブルなネットワークが実現される。本開発技術は、その流れに沿って行っているため、ソフトウェア実装の特徴であるアジャイルな機能実装と複雑な運用をソフトウェアで吸収し自動化を可能にするネットワーク・アーキテクチャへの対応を容易にしている。すなわち開発技術は、オープンインターフェースで提供される SDN コントロールで自動運用が期待されるソフトウェア・ベースのネットワーク・フレームワークの基盤に接続可能な South Bound Interface (SBI) の API を開発することで統合が図れる。

また、ソフトウェアによる機能実装では、トラヒック計測情報にもとづく学習機能をサービス層の NBI のネットワーク制御に取り込むことが可能になる。このため、データプレーンで実装したトラヒックパターン検出機能からトラヒックデータを収集し、オフラインでの機械学習によりトラヒックパターン特徴抽出が実現できる。収集データに基づくトラヒック・エンジニアリングや、あるいは機械学習および AI によるトラヒック種別識別技術と組み合わせ、トラヒック変動予測にもとづくネットワーク運用情報を、SDN コントロールと組み合わせたネットワーク制御技術へと発展させることで、次世代の AI を使用したソフトウェア・ベースのネットワーク技術の研究への貢献が期待される。

### 3.3 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（令和 2 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。

### 3.4 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

本研究開発活動を通してコンテンツ指向ネットワーク 3N 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ヒ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」（徳島県美波町）にて実環境での評価を行った。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。

## 4. むすび

本研究開発では、IoT 機器から発生する膨大なデータ量の削減によるネットワークの費用対効果の向上、IoT サービスのリアルタイム性の高い制御の実現に向け、センサーにより近い場所で安定した高度なデータ収集・処理を可能とする機能 (IoT ゲートウェイ) に関連する技術確立を行った。

本稿では、IoT データ分析処理に伴うネットワークトラヒックの削減技術、IoT ゲートウェイのデータ収集制御技術、IoT トラヒックのモデル化に基づくアイソレーション技術、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、公共センサーデータを応用活用したネットワーク最適化技術、の 5 つの研究課題に対して、各課題についてその研究開発内容と成果について述べた。そして、今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出へむけた各社・各大学の取組について述べた。

### 【査読付発表論文リスト】

- [1] Zheng WEN, Nonmember, Di ZHANG, Keping YU, and Takuro SATO, “Node Name Routing in Information Centric Ad-Hoc Network,” IEICE Trans. Vol.E100-A, No.02, Feb. 2017.
- [2] Takamitsu Iwai and Akihiro Nakao, “Demystifying Myths of MEC: Rethinking and Exploring Benefits of Multi-Access/Mobile Edge Computing,” IEEE International Conference on Cloud Networking (CloudNet), Oct. 2018.
- [3] 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)

### 【国際標準提案・獲得リスト】

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

### 【報道掲載リスト】

- [1] “NEC、東京大学、NTT、早稲田大学の 4 者、IoT 機器からクラウドへの通信量を削減する実証実験を開始”、クラウド Watch、2019 年 1 月 23 日

### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

- [https://jpn.nec.com/press/201901/20190123\\_02.html](https://jpn.nec.com/press/201901/20190123_02.html)  
<http://www.iii.u-tokyo.ac.jp/news/201901239404>  
<http://www.ntt.co.jp/news/2019/1901/190123a.html>  
<https://www.waseda.jp/top/news/62881>