

令和元年6月14日現在

機関番号：82636

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16052

研究課題名（和文）SDNによるIoTトラフィックエンジニアリングに関する研究

研究課題名（英文）Research on IoT Traffic Engineering using SDN

研究代表者

山中 広明 (Yamanaka, Hiroaki)

国立研究開発法人情報通信研究機構・総合テストベッド研究開発推進センターテストベッド研究開発運用室・研究員

研究者番号：60614518

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：ネットワークに接続しているIoTセンサデバイスの帯域需要予測、パス割当てをSDN（Software-Defined Networking）技術を用いて実現した。シミュレーションにより、個々のIoTセンサごとに通信が発生する度にフローを設定する従来手法に比べて、ネットワーク上のスイッチ全体のフローエントリ数、および制御メッセージ数の抑制を確認した。さらに、センサデータの収集を実現するインフラとして注目されている、エッジコンピューティング環境に着目して、システム開発を行った。動作検証により、センサデータ収集におけるトラフィックエンジニアリングに適用可能であることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で提案したパス割当て手法は、今後普及が期待されるIoTにおいて、多数のデバイスからのデータ収集において、効率的なネットワークインフラ資源の利用に寄与する。インフラ資源の新規投資および膨大な運用コスト抑制の効果が期待できる。

研究成果の概要（英文）：This research realizes prediction of the data traffic volume in a network from IoT sensor devices, and methods of path allocation and flow entry setting using SDN. From the simulation results, the number of flow entries and the number of control messages for flow setting are reduced, compared to the conventional method that sets flow entries for each communication of each device. Furthermore, we develop a prototype system considering the edge computing environment that is suitable for sensor data collection. The operation verification shows that the system can be applied to traffic engineering for sensor data collection.

研究分野：ネットワーク仮想化

キーワード：SDN IoT センサーデータ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、スマートメータ、環境センサ、交通量モニタリングセンサなどのセンサデバイスを利用したIoTサービスが多く提案されている。今後さらに普及して、多数配置されることが予想される。IoT環境では、多数のセンサデバイスからデータを遠隔地のデータセンタに収集して、分析を行いサービスに利用する。多数のセンサデバイスからのトラフィックを扱うため、広域ネットワークの帯域資源を効率的に利用する必要がある。

### 2. 研究の目的

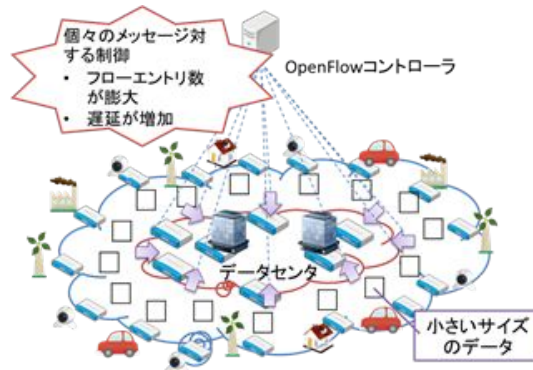


図1：センサデータ収集におけるSDNによるトラフィックエンジニアリング

広域ネットワークの帯域資源を効率的に利用するため、帯域割当て管理に基づく、パケット転送経路の動的な設定を行う。SDN技術を用いることで、ネットワーク全体のパケットの転送経路を一括管理可能である。このため、帯域割当て管理に基づくトラフィックエンジニアリング(TE)を容易に行える。

しかし、図1に示すように、IoT環境では、多数のデバイスが通信を行うため、必要なフローエントリ(パケット転送ルール)数は膨大である。広域ネットワーク上のスイッチに設定できるフローエントリ数は、ハードウェアの性能により限られるため、全て同時に設定することはできない。デバイスからの通信発生時に、オンデマンドにフローエントリを設定することで、設定するフローエントリ数を最小限にすることも考えられる。しかし、OpenFlowによるフローエントリ設定にかかる遅延が、デバイスによる短時間の通信に対して相対的に大きく、従来のセンサデータ通信の遅延より大幅に大きくなるという問題がある。また、多数のデバイスの通信発生時にフローエントリ設定を行うため、デバイス数に対するスケーラビリティにも限界がある。

そこで、本研究では、多数のデバイスの通信を集約した帯域需要に基づき、多数の通信を包含するパス割当てを行い、少ない数のフローエントリによるTEを実現する。

### 3. 研究の方法

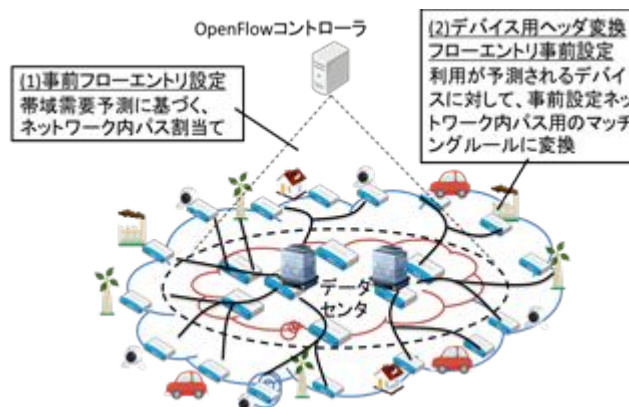


図2：提案の概要

図2に示すように、広域ネットワーク上でデバイス接続スイッチとデータセンタ拠点間の通信量を集約して、帯域需要を予測する。IoTサービスにおけるデバイスの通信には、一般に周期性がある特徴を用いることで、帯域需要予測を行う。帯域需要予測結果を用いたパス割当てにより、帯域資源利用効率化を行う。帯域需要予測に基づき通信経路のパス割当て、フローエントリの事前設定を行う。デバイス接続拠点のスイッチには、デバイスが送信するデータパケットヘッダを事前設定したフローエントリのマッチングルールに変換するため、別のフローエントリを設定する。そして、これら機能を実現するシステムを、近年普及が進んでいるエッジコンピューティング環境を想定して、設計する。

#### 4. 研究成果

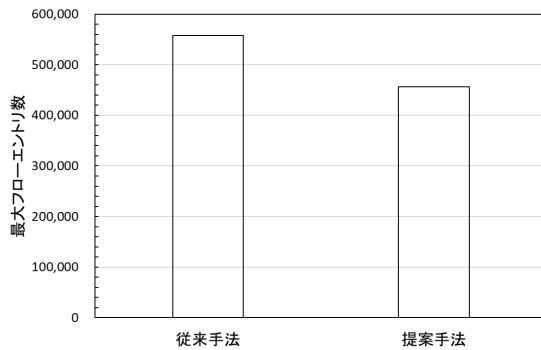


図3：フローエントリ数評価

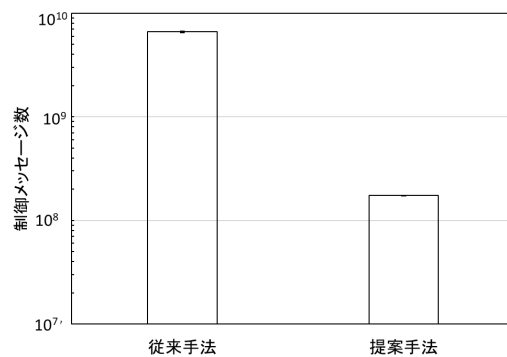


図4：制御メッセージ数評価

ネットワークに接続している IoT センサデバイスの帯域需要予測、デバイス通信時刻予測手法、パス割当ておよびフローエントリ設定手法を SDN のシステムを用いて実現した。具体的には、個々のセンサデバイスの利用帯域を基に、センサデバイスごとにパスを割当てる。複数のセンサデバイスのパスについて、共通区間では同一のフローエントリでパケット転送できるようにする。共通区間を持つパスを割当てられたセンサデータについては、フローエントリを同一のマッチングルールで定義する。定義したマッチングルールに合致するように、センサデバイスが接続しているスイッチにおいて、パケットヘッダを書き換える。これにより、全体では必要なフローエントリ数を抑制する。また、フローエントリ数を抑制することで、コントローラとスイッチ間の制御メッセージ数も抑制する。地域ネットワークに接続している各センサデバイスより、地域クラウドにデータを送信するシナリオを想定したシミュレーションにより、評価した。個々の IoT センサごとに通信が発生する度にフローを設定する従来手法に比べて、ネットワーク上のスイッチ全体のフローエントリ数は最大で 18% 削減 (図 3)、制御メッセージ数はおよそ 3% 程度に抑制 (図 4) した。

さらに、IoT センサデータの収集を実現するインフラとして注目されているエッジコンピューティング環境に着目して、システム開発を行い、システムパフォーマンスとオーバーヘッドを評価した。開発したシステムにより、コンテナ型仮想サーバの生成およびフローの設定を動的に行い、センサデバイスとの通信を実現できることを確認した。実機での動作検証により、提案したシステムは、エッジコンピューティング環境におけるセンサデータ収集におけるトラフィックエンジニアリングに適用可能であることを確認した。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

Keichi Takahashi, Susumu Date, Dashdavaa Khureltulga, Yoshiyuki Kido, Hiroaki Yamanaka, Eiji Kawai, Shinji Shimojo, "UnisonFlow: A Software-Defined Coordination Mechanism for Message-Passing Communication and Computation," IEEE Access, vol. 6, pp. 23372-23382, 2018.

Hiroaki Yamanaka, Eiji Kawai, Shinji Shimojo, AutoVFlow: Virtualization of large-scale wide-area OpenFlow networks, Computer Communications, 2017.

Kohei Ichikawa, Pongsakorn U-Chupala, Che Huang, Chawanat Nakasan, Te-Lung Liu, Jo-Yu Chang, Li-Chi Ku, Whey-Fone Tsai, Jason Haga, Hiroaki Yamanaka, Eiji Kawai, Yoshiyuki Kido, Susumu Date, Shinji Shimojo, Philip Papadopoulos, Mauricio Tsugawa, Matthew Collins, Kyuho Jeong, Renato Figueiredo, Jose Fortes, "PRAGMA-ENT: An International SDN testbed for cyberinfrastructure in the Pacific Rim," Concurrency and Computation: Practice and Experience, vol. 29, pp. e4138-e4138, DOI: 10.1002/cpe.4138, 2017.

〔学会発表〕(計 5 件)

山中 広明, 河合 栄治, 寺西 裕一, 原井 洋明, "エッジコンピューティングにおけるモビリティ対応機能の検討," 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会, 2018.

山中 広明, 河合 栄治, 寺西 裕一, 原井 洋明, "エッジコンピューティングにおけるモビリティを考慮したサーバ仮想化の考察," 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会, 2018.

Yuuichi Teranishi, Takashi Kimata, Hiroaki Yamanaka, Eiji Kawai, Hiroaki Harai, "Supporting k-Nearest Service Discoveries for Large-Scale Edge Computing Environments," 2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 2018.

Hiroaki Yamanaka, Eiji Kawai, Yuuichi Teranishi, and Hiroaki Harai,

“ Proximity-aware IaaS for Edge Computing Environment, ” in Proc. 26th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN 2017), 2017.

山中 広明, “ IoT センサデータトラフィックに対する SDN による細粒度な制御方式の検討, ” 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会, 2017.

[ 図書 ] ( 計 0 件 )

[ 産業財産権 ] ( 計 0 件 )

[ その他 ] ( 計 0 件 )

## 6 . 研究組織

(1) 研究分担者 ( なし )

(2) 研究協力者 ( なし )

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。