

IoT の通信性能を考慮した異種間無線網における
OpenFlow を用いた QoS 制御法の提案
Proposal of QoS controls by using OpenFlow for
Heterogeneous Wireless Networks considered with the IoT Traffic Performance

中野 寛二[†] 内田 法彦[‡]
Kanji Nakano Noriki Uchida

1. はじめに

近年 IoT (Internet of Things) デバイスの数は急増しており、2020 年には 200 億台を超えるとも予想されている[1]. そのため ISP 内の帯域を逼迫し、パケットの遅延や欠落が生じる可能性があり、インターネット全体としての QoS 制御を今後考慮していく必要がある[2].

そこで、本研究では、IoT の通信性能を考慮した SDN、無線メッシュネットワーク (WMN : Wireless Mesh Network)、IoT ネットワークの異種間無線網における OpenFlow を用いた QoS 制御システムの提案、プロトタイプシステムの実装及び評価をしていく。

2. 本研究で想定するアーキテクチャ

本研究で想定するネットワーク構成は図 1 のようなアーキテクチャを想定している。まず、コアネットワーク層は ISP 内のバックボーン回線や Google などのクラウドサービスから構成され、IoT デバイスのタイプを判別する機能は、ISP 内の OpenFlow コントローラと監視ツールである Zabbix、そして Google のクラウドサービスで検出し、LAN (メッシュネットワーク) 層では、企業や家庭などのネットワークで有線 LAN や無線 LAN で構成している無線メッシュネットワークを想定している。また、IoT ネットワーク層では IoT 通信である Bluetooth や LoRa, Zigbee といった IoT デバイスから構成されるネットワーク網を想定している[3]. そして、IoT デバイスでは、スマートホーム家電や、温度や湿度といったセンサー類の他、IoT デバイスを操作するためのパソコンやスマートフォン、スマートスピーカーから成る。

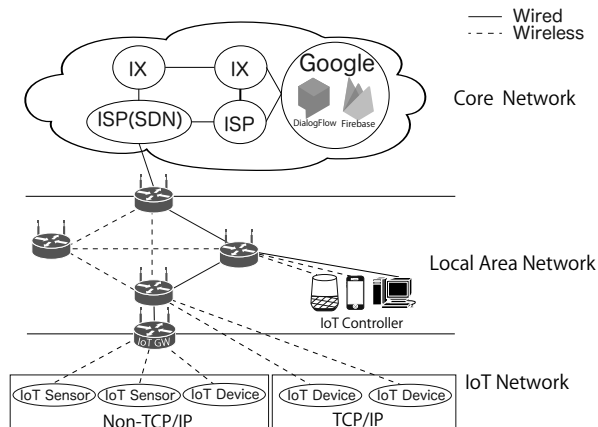


図 1 本研究で想定するアーキテクチャ

[†] 福岡工業大学 大学院 Graduate School of Engineering, Fukuoka Institute of Technology

[‡] 福岡工業大学 Fukuoka Institute of Technology

3. 異種間無線網による QoS 制御システム

3.1 ポリシーベースによる経路制御

第一に IoT トラフィックパターンに応じて、イベントドリブン型、ストリーミング型、センサ型の 3 つのパターンに分類し、それらを SDN 技術の OpenFlow で認識し、その結果に応じて経路変更を行う。そしてポリシーはイベントドリブン型とストリーミング型をポリシー①、Keepalive など死活監視用のパケットをポリシー②に、そしてセンサ型 IoT をポリシー③に設定した。

3.2 ネットワーク性能によるスッチング制御

また、トラフィックが一つの経路に集中し、スループットの低下や輻輳といった問題が発生した場合を考慮し、経路内のトラフィックの監視を行い経路内の負荷を監視ツールの Zabbix を用いて検出し、スッチング制御を行なっていく。具体的に、スッチング制御は以下の流れで行う。

(1). ポリシーID が①の経路内が式(1)の状態に移行したらポリシーID が②の経路にストリーミング型のトラフィックを送信するフローエントリを追加する。

(2). ポリシーID が①の経路内が式(2)の状態に移行したら追加したフローエントリを削除して元の状態に戻す。

$$Th(\max) \geq 80\% \quad (1)$$

$$Th(\max) \leq 50\% \quad (2)$$

$Th(\max)$: 最大トラフィック

4. プロトタイプシステム

本研究で想定するアーキテクチャを元に図 2 のプロトタイプシステムを構成した。コアネットワーク層は、ISP 内のバックボーンを想定したネットワークを PC(CPU : Core i9-9900K, RAM : 32GB, GPU : NVIDIA GeForce GTX 1060 6GB, NIC1 : Intel I219-V, NIC2 : ASIX AX88179)で VirtualBox を用いて構築した。この構築したネットワークは経路が 3 経路あり経路 1 が 1Gbps, 経路 2 が 100Mbps, 経路 3 が 10Mbps としている。それから、LAN 層は WMN の Google Wi-Fi を用いた。そして、IoT ネットワーク層は、イベントドリブン型とストリーミング型、センサ型の IoT デバイスで構成した。イベントドリブン型は、スマートホーム家電の照明である Philips Hue を使用し、ストリーミング型は、スマート TV の Google Chromecast を用いた。それから、センサ型は、LoRa を想定したパケットを送信するデバイスを Raspberry Pi 3B 用いて作成した。

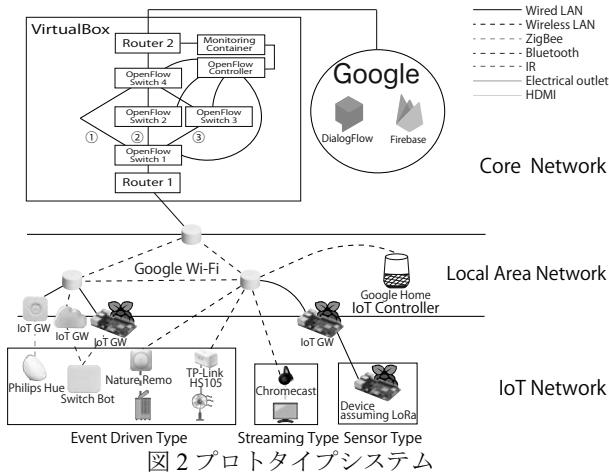


図 2 プロトタイプシステム

5. 実験

プロトタイプシステムを用いて、提案システムのポリシーベースの経路制御とネットワーク性能によるスイッチング制御に関して評価を行う。

まず、ポリシーベースの経路制御の評価方法は、センサ型を想定したパケットを送信し、それからイベントドリブン型の IoT デバイスを動作させ、最後にストリーミング型の IoT デバイスを動作させる。このとき、提案したポリシー通りに経路制御が行えているか評価を行う。それから、ネットワーク性能によるスイッチング制御の評価方法は、iperf を用いて経路に負荷を掛けた際にスイッチングが正常に動作し負荷分散ができていないか評価を行った。

6. 結果

図 4 では、IoT デバイスのトラフィックがポリシーによって経路制御をしてトラフィックが分散していることが分かる。それから、ZABBIX 上でのトラフィック量の最大値はセンサ型で 420bps となり、イベントドリブン型で DialogFlow を用いた場合 82.17kbps, DialogFlow を用いない場合 90.92kbps, ストリーミング型は、2.39Mbps となった。また、図 5 と図 6 は、Router2 で ifstat を使用してイベントドリブン型のトラフィックを取得したグラフである。DialogFlow を用いた場合は、トラフィックが 2 回に分散しており、トラフィックの最大値は 431.49kbps であった。DialogFlow を用いない場合のトラフィックの最大値が 521.20kbps と DialogFlow を用いた方が良い結果となった。それから、図 7 より経路内の負荷を検知してスイッチング制御によりトラフィックの負荷分散が行えていることが分かる。このとき、切り替えに要した時間は 15 秒であり、zabbix が OpenFlow コントローラに経路内トラフィック量を取得する間隔が 15 秒だったためと考えられる。

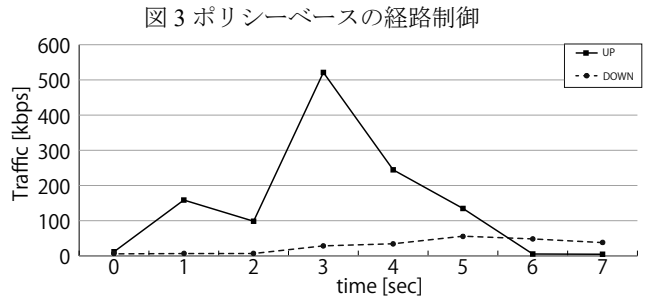
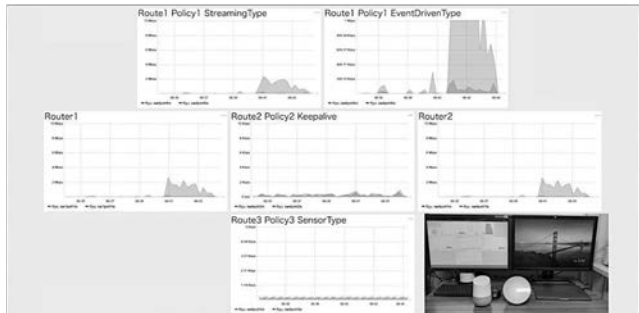


図 3 ポリシーベースの経路制御

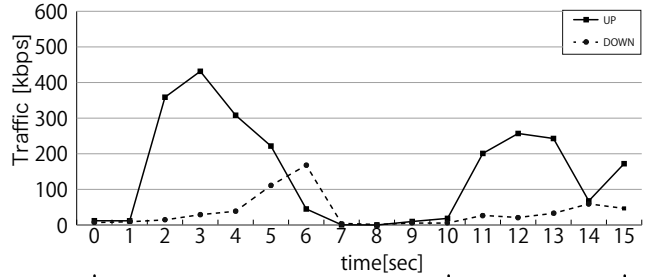


図 4 DialogFlow を使用しない場合の結果

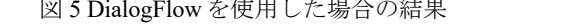


図 5 DialogFlow を使用した場合の結果

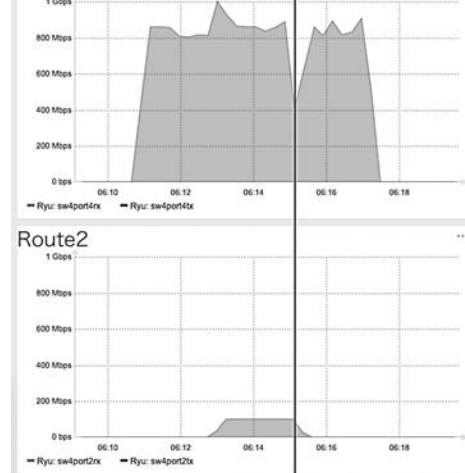


図 6 ネットワーク性能によるスイッチング制御の結果

7. まとめ

本項では、SDN, WMN, IoT ネットワークの異種間無線網における OpenFlow を用いた QoS 制御システムの提案と評価を行なった。そして、実験結果から、異種間無線網における QoS 制御システムが有効であると評価できた。今後は、OSPF のような多ノード時の動的経路制御アルゴリズムの拡張の検討と IoT デバイスが増加した場合の経路制御の評価を行う。

参考文献

[1] 加島ほか, “IoT 利用拡大期におけるホームネットワークのセキュリティ要件検討と機能実装”, 信学技報, ICSS2017-59 (2018-03).
 [2] 橋ほか, “データ量と通信品質を考慮した IoT 向け優先度制御手法の実装と評価”, DICOMO, p1100 – p1107 (2016).
 [3] QUSAY F. HASSAN: Internet of Things A to Z: Technologies and Applications, Wiley-IEEE Press (2018).