

SDN を用いた D2D 型無線ネットワーク制御方式の一考察

甚野 和成^{†1} 生出 拓馬^{†2,†3} 和泉 諭^{†4} 阿部 亨^{†1,†2,†4} 菅沼 拓夫^{†1,†2,†4}

^{†1} 東北大学工学部情報知能システム総合学科 ^{†2} 東北大学大学院情報科学研究科

^{†3} 日本学術振興会特別研究員 DC ^{†4} 東北大学サイバーサイエンスセンター

1 はじめに

地理的に近傍に位置するスマートフォン等のデバイス同士で直接通信を行う Device to Device (D2D) 型の無線ネットワークが注目を集めている。D2D 型無線ネットワークは、キャリア網の帯域を圧迫せず、広帯域な近距離通信を実現可能であり、遅延も小さいことから、リアルタイムビデオストリーミング等の用途での活用が期待されている。一方でネットワーク構成や通信品質調整の柔軟性が低く、一般に資源の乏しい無線ネットワーク環境で想定される多様な通信環境やアプリケーションごとに要求される通信特性への対応が困難となっている。

これに対し、Software Defined Network (SDN) 技術を用いることでこの課題の解決を図る試みがなされている。しかし、既存研究の多くはアーキテクチャの提案とシミュレーション実験に留まっており、実環境における検討が十分にされていない。本稿では既存研究 [1] のアーキテクチャを Android 端末上へ実装し、初期実験を通じて、当該アーキテクチャの実現可能性について考察する。

2 関連研究と課題

論文 [1] では、SDN を用いた無線ネットワークのアーキテクチャを提案している。当該アーキテクチャでは、各ノードに OpenFlow スイッチとしての機能を持たせることで、柔軟性の高いネットワークを実現している。また、一般的なスマートフォンのように各ノードが無線インタフェースを複数所持していることを前提としており、コントローラとの通信には 3G/LTE 等、ノード間の通信には Wi-Fi 等を使用することで、Wi-Fi による ad hoc ネットワークの構成をコントローラから制御することを可能としている。しかし論文 [1] における評価はシミュレーション実験にとどまっておらず、実環境における実現可能性、実用性の検討が十分にされていない。

一方、スマートフォンによる ad hoc ネットワー

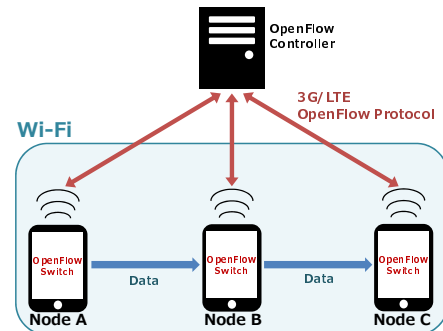


図1 SDN を用いた D2D 型無線ネットワークの概要

クを対象として SDN を実装した研究例として、論文 [2] がある。この研究では、提案アーキテクチャのプロトタイプ上でテキストメッセージの転送実験を行っている。しかし、このプロトタイプはアプリケーション層での実装でありオーバーヘッドによる遅延が大きく、また、下位層で Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) を利用しての実装であり、SDN としての通信性能測定は行えない。以上から、既存研究 [1] の実現可能性の検討材料としては不十分であるため、既存研究のアーキテクチャを独自に実装し評価する必要がある。

3 SDN を用いた D2D 型無線ネットワーク制御の実装

図 1 に本研究で実装するアーキテクチャの概要を示す。ネットワークに参加するノードはスマートフォンを想定し、ノード間は Wi-Fi (802.11)、ノードとコントローラ間は 3G/LTE で通信を行う。コントローラはノード間の通信状況に応じて、通信経路や帯域を制御するなどネットワーク全体の管理を行う。この時、各ノードで OpenFlow スイッチを動作させ、コントローラから OpenFlow プロトコルを用いて制御を行う。

本稿では、上記で示したアーキテクチャの実現に向けてスマートフォンに OpenFlow スイッチを実装し、Wi-Fi によるマルチホップ通信を実現した。スマートフォンには Android 端末 (Nexus 5, Android 4.4.4) を使用し、OpenFlow スイッチには Open vSwitch (OvS) を使用した。

今回対象の Android 端末への実装においては、

A study on Device to Device wireless network control based on SDN

Kazunari Jinno^{†1}, Takuma Oide^{†2,†3}, Satoru Izumi^{†4}, Toru Abe^{†1,†2,†4} and Takuo Suganuma^{†1,†2,†4}

^{†1}Department of Information and Intelligent Systems, School of Engineering, Tohoku University

^{†2}Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

^{†3}Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science

^{†4}Cyberscience Center, Tohoku University

以下の3つの考慮すべき点がある。

1. Wi-Fi アドホックネットワークに関する制約: Android OS 標準の無線 LAN ソフトウェアは ad hoc モードに対応しておらず, ad hoc ネットワークを構築できない。
2. Wi-Fi と 3G/LTE の同時使用に関する制約: Android OS では, 複数ネットワークインタフェースが利用できる状態のとき, 接続優先度の低いネットワークインタフェースを停止するため, 同時使用ができない。
3. Open vSwitch の導入に関する制約: OvS を移植する必要がある。また, OvS のカーネルモジュールを動的にロードするために, Linux カーネルを再設定する必要がある。

本実装では, 上記に対して以下の方法を採用した。

1. Android 向けに wireless tools を移植し, iwconfig を通して無線インタフェースの設定を行った。
2. Android OS から, 優先度の低いインタフェースをダウンする機能を削除した。
3. OvS のカーネルモジュールとユーザ空間のユーティリティを移植した。また, OvS が動作するように Linux カーネルを再設定した。

4 実験

前章で述べた実装を行ったスマートフォンによるマルチホップ通信に関する初期実験を実施した。具体的には, 実用性検証のために, スマートフォンの転送性能と CPU 負荷について実験を行った。なお, 実験で利用した伝送規格は 802.11n である。

まず, スマートフォンを十分狭い範囲に3台直列に配置し, 片端のスマートフォン(送信元端末)からのトラフィックを中央のスマートフォン(中継端末)がもう片端のスマートフォン(送信先端末)に中継するように OpenFlow のフローテーブルを設定する。ノード間の通信については, トラフィックの最終的な宛先を IP アドレスで指定し, ネクストホップを MAC アドレスで指定する。また IP アドレスは静的なものとし, MAC アドレスとの対応は ARP テーブルを直接記述する。以上の環境において, Iperf を用いて UDP トラフィックを2分間流し, 両端の端末間のスループットを測定した。加えて, 中央の中継端末で vmstat を用いて CPU 使用率を測定した。

両端末間でのスループットの平均値を図2に, 中継端末においてアイドル時の CPU 使用率を除いた転送中の CPU 使用率の平均値を図3に示す。図2の結果から, 両端の端末間のスループットは最大で約 32Mbps となっている。事前実験として, 今回の環境下で端末2台が同時にデータを送出した場合, 合計のスループットは最大で約 65Mbps であることを確認している。従って, ボトルネックとなっているのは無線通信帯域であり, 端末の転送の性能によるものではないといえる。

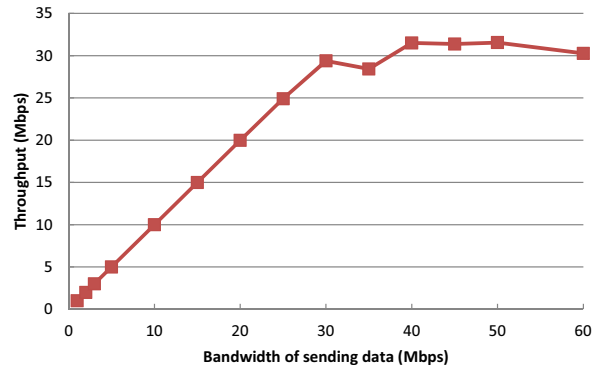


図2 両端の端末間のスループット

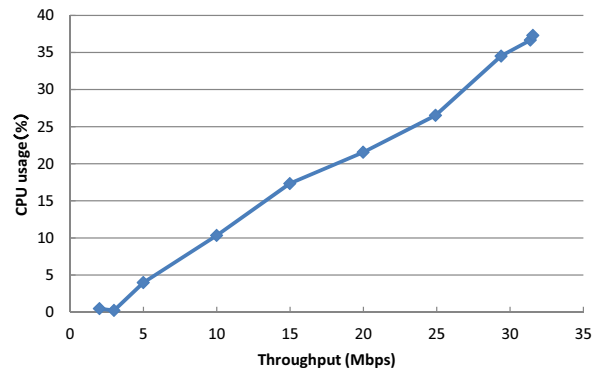


図3 中継端末の転送時の CPU 使用率

また, 図3の結果から, 転送により CPU 使用率が増加することが確認された。ただし, 同時通信する端末が増えることで利用可能な帯域は狭まることに加え, 複数中継端末が存在する場合, SDN 技術により負荷分散を行えるので, CPU 使用率の増加は抑えられると考えられる。

以上の結果より, 端末の転送性能は当該アーキテクチャにおける通信性能上のボトルネックにはならず, 実用上問題はないと考えられる。

5 おわりに

本稿では, Android 端末上に SDN 環境を実装し, 初期実験により当該アーキテクチャの実現可能性を示した。今後の予定はコントローラからのネットワーク制御について実装を行い, 複数ホップを介した場合の通信性能の検証を行う。

参考文献

- [1] Ku, I., et al.: Software-Defined Mobile Cloud: Architecture, Services and Use Cases, *International Wireless Communications and Mobile Computing Conference*, pp.1–6 (2014).
- [2] Baskett, P., et al.: SDNAN: Software-Defined Networking in Ad hoc Networks of Smartphones, *IEEE Consumer Communications and Networking Conference*, pp.861–862 (2013).