

ブロードキャストの伝播を最小化する 中・大規模無線 LAN ネットワーク構成の検討

A Study of Wireless Local Area Network Structure to Minimize Spreading Broadcast Frame

入江 智和[†]
Tomokazu Irie

1. はじめに

近年の無線 LAN の通信速度の向上は顕著であり、今後もさらに高速な規格の標準化が期待される。一方で、高速な無線 LAN 規格を使用しているにもかかわらず、期待した通信速度が得られないこともよくある。その原因の一つにブロードキャストの通信が挙げられる。無線 LAN において、ブロードキャストの通信は最も遅い通信速度 (Basic Rate) でアクセスポイント (Access Point: AP) から送信される。これは、同じ AP 配下の全ての無線端末で受信可能にするためである。最高通信速度が 54Mbps の IEEE802.11a の場合、既定の Basic Rate は 6Mbps である。すなわち、Basic Rate で行われる通信は最高通信速度比でおよそ 9 倍の影響があることになる。

ブロードキャストの通信そのものは通信の成立のために必要であり、皆無にすることはできない。しかし、結果的に AP 配下では無意味なブロードキャストの通信、例えば有線側の機器の IP アドレスを解決するための ARP 要求等が、AP を介して有線側から流入してくることもある。また、インフラストラクチャ方式においては AP 配下の無線端末が送信したブロードキャストの通信は、一度 AP 宛にユニキャストされ、その後 AP からその配下にブロードキャストされることになる。AP 配下で発生したブロードキャストの通信も、結果的には AP 配下では無意味なことも多い。このような状況から、ブロードキャストの通信を可能な限り抑制することができれば、さらに高速に通信を行える機会を確保することにつながり、通信資源の有効活用を実現できる。

本研究では以上の背景に基づき、中・大規模無線 LAN 環境においてブロードキャストの伝播を最小化するネットワーク構成を提案している[1]。提案構成はローカルブロードキャストがルータを超えて伝播しないというシンプルな原理に基づいたものであり、AP にルータ型を活用することに特徴がある。提案構成により、高速な規格がその高速性をいかんなく発揮することの助長を目指している。文献[1] (以後単に前回とする) において提案構成の通信実験について報告したが、今回はその際に挙げたいくつかの課題に取り組んだ結果を報告する。

2. 提案構成

提案構成の例を図 1 に示す。提案構成では AP にルータ型を用いるため、各 AP の有線側から無線側にブロードキャストが流入することはない。また、各 AP ではいわゆるプライバシーセパレータを有効にし、無線端末同士の通信を禁止することで、AP がその配下で発生したブロードキ

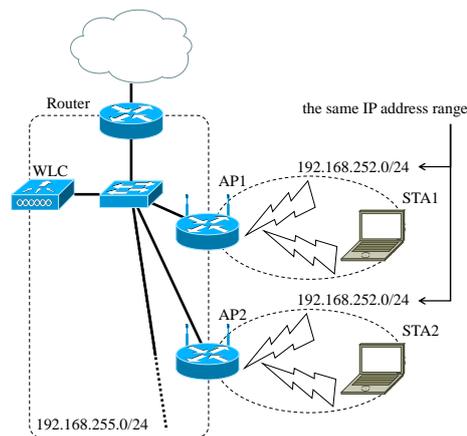


図 1 提案ネットワーク構成の例

ャストを配下に送信することがなくなる。以上により、ブロードキャストの伝播の最小化を実現する。

一方、これだけでは無線端末が複数の AP 間を移動する際に同一の IP アドレスを継続使用することができないため、提案構成では全ての AP 配下で同一の IP アドレス体系を取り、ルータ型 AP で DHCP リレーエージェントを動作させ、有線側で動作する DHCP サーバで AP 配下の無線端末に割り当てる IP アドレスを一元的に管理し、AP 間を移動しても無線端末が同一の IP アドレスを継続使用できるようにしている。さらに、無線端末にはサブネットマスクを 32 ビットとして通知し、全ての IP アドレスとの通信にデフォルトルータの中継が必要と認識させる[2]。これにより、プライバシーセパレータにより禁止されている無線端末同士の通信も IP レベルのユニキャストでは可能になる。ただし、このままではある無線端末の IP アドレスがどの AP 配下で使用されているか把握できなくなるため、各ルータ型 AP や有線側の上位ルータ等では無線端末の IP アドレスに対するホストルートを設定する必要があり、それを無線端末の AP 間移動の際にも適切な状態に更新していく必要がある。

3. 前回課題

前回、提案構成の通信実験について報告したが、その際にいくつかの課題を挙げた。それらの課題の内、結果によって提案構成の有効性を損ない得るものとして、プライバシーセパレータを有効にした状態での通信実験が行えなかったことと、トランスポート層以上での通信継続の可否を確認できていなかったことがある。今回はこの二つの課題と、さらに、各 AP 配下でデフォルトルータの MAC アドレスを同一にできることも確認できたので、それらの結果を報告する。

前回、プライバシーセパレータを有効にした状態での通信実験が行えなかった理由は、任意にその機能を制御する

[†] 独立行政法人国立高等専門学校機構 鹿児島工業高等専門学校, National Institute of Technology, Kagoshima College

方法が見出せなかったためであった。今回は AP に Raspbian Jessie Lite をセットアップした Raspberry Pi 3B を使用し、AP 機能は hostapd v2.3 で実現した。Raspberry Pi 3B は無線 LAN アダプタを標準搭載しており、さらに PoE で給電可能なため、規模を拡大した実証実験を行う際に活用したかったためである。しかし、Raspbian のバージョンを変えても、OS に Ubuntu MATE 16.04 を使用しても、プライバシーセパレータを有効にすることはできなかった。そこで、Raspberry Pi の活用を見送り、Ubuntu Server 16.04 をセットアップした x64 ベースの小型 PC と BUFFALO 社製 USB 接続型無線 LAN アダプタ WLI-UC-G301N を使用して、hostapd v2.4 で同様の AP を構築したところ、期待通りのプライバシーセパレータの動作が得られた。その状態で前回同様の通信実験を行ったところ、前回同様の結果が得られ、プライバシーセパレータを有効にした状態でも提案構成の有効性が損なわれないことを確認し、同状態における AP 配下でのブロードキャスト削減効果も確認できた。

中・大規模無線 LAN システムは複数の AP で構成されているため、無線端末が AP 間を移動する際にトランスポート層以上の通信継続が可能であることは利用者の利便性のために重要である。近年ではアプリケーションレベルでセッションを回復する機能を有するものも見受けられるが、アプリケーション側の対応を期待できない伝統的なプロトコルもあるため、アプリケーションに因らず通信継続が可能なのが望ましい。今回は ping の結果からインターネット層では切断が認識されないことを確認したが、トランスポート層で切断が認識されるようなことがあれば、アプリケーション側でも切断が認識されるため、利用者の利便性を大きく損なってしまう。今回は、二つの AP 間を移動する無線端末 (Windows 10 Pro x64 1803) から有線区間に設置した telnet サーバに telnet でログインし、一定の時間間隔で文字列を表示するコマンド (今回はループバックアドレスに 2 秒間隔で ping を送信) を実行しながら、telnet 接続の様子を確認した。この時、無線端末上の telnet 仮想端末の様子から主な部分を抜粋したものを図 2 に、並行して無線端末から移動前の AP の有線側の IP アドレスに対して ping を行う様子から主な部分を抜粋したものを図 3 に、それぞれ省いた部分を「…」に置き換えて示す。これらはほぼ同時に開始し、ほぼ同時に終了させた。図 3 から、TTL が 64 の間は移動前の AP に、63 の間は移動後の AP に、再びの 64 の間は異動前の AP に、それぞれ接続した状態であり、無線端末が二つの AP 間を移動していることがわかる。AP 間を移動している最中は telnet 仮想端末において文字列の表示が滞ったが、移動が完了した際に滞った分の表示もまとめて行われ、接続が切断されることはなかった。今回アプリケーションとして telnet を使用した理由は、アプリケーションレベルで接続を回復する機能を持たず、かつ、実験で容易に使用できたためである。今回の結果から、提案構成において無線端末が AP 間を移動してもトランスポート層以上の通信継続が可能であることを確認でき、この点においても提案構成の有効性が損なわれないことを確認した。

最後の、各 AP 配下でデフォルトルータの MAC アドレスを同一にすることは、無線端末側のネットワーク接続を管理する機能と同じネットワークに接続していると認識させるために行う。各 AP において無線 LAN アダプタに無線側

```

Telnet 192.168.255.1
Ubuntu 16.04.2 LTS
ubuntu203 login:
Password:
Last login: Tue Jun  5 16:32:02 JST 2018 from 192.168.252.132 on pts/5
Welcome to Ubuntu 16.04.2 LTS (GNU/Linux 4.4.0-83-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

169 packages can be updated.
84 updates are security updates.

ubuntu203:~$ ping -i 2 127.0.0.1
PING 127.0.0.1 (127.0.0.1) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 127.0.0.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.064 ms
64 bytes from 127.0.0.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.052 ms
...
64 bytes from 127.0.0.1: icmp_seq=26 ttl=64 time=0.042 ms
64 bytes from 127.0.0.1: icmp_seq=27 ttl=64 time=0.042 ms
^C
--- 127.0.0.1 ping statistics ---
27 packets transmitted, 27 received, 0% packet loss, time 5199ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.040/0.047/0.070/0.008 ms
ubuntu203:~$

```

図 2 telnet における仮想端末の様子 (一部抜粋)

```

Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

PS C:\Users\Y&gt; ping -t 192.168.255.250

192.168.255.250 に ping を送信しています 32 バイトのデータ:
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=2ms TTL=64
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=4ms TTL=64
...
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=5ms TTL=64
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=4ms TTL=64
...
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=5ms TTL=63
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=5ms TTL=63
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=1161ms TTL=63
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=8ms TTL=63
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=5ms TTL=63
...
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=7ms TTL=64
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=3ms TTL=64
...
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=6ms TTL=64
192.168.255.250 からの応答: バイト数=32 時間=3ms TTL=64

192.168.255.250 の ping 統計:
   パケット数: 送信 = 41, 受信 = 37, 損失 = 4 (9% の損失)、
   ラウンドトリップの概算時間 (ミリ秒):
     最小 = 2ms, 最大 = 1161ms, 平均 = 36ms
Ctrl+C
PS C:\Users\Y&gt;

```

図 3 無線端末における ping の実行結果 (一部抜粋)

の IP アドレスを設定するのではなく、任意だが全 AP で同一の MAC アドレスを設定したブリッジデバイスを AP 機能の起動前に準備しておき、無線側の IP アドレスはそのブリッジデバイスに設定することで実現できた。ただし、この方法を採用すると、モニターモードで観測したデータを Wireshark で復号できなかった。

4. おわりに

今回は、その結果如何によっては提案構成の有効性を損ない得る前回課題に取り組んだ結果を報告した。結果として、それらによって提案構成の有効性が損なわれないことを確認し、今回は確認できていなかった AP 配下の無線側で発生したブロードキャストの削減も実現できることも確認した。

参考文献

- [1] 入江 智和, “ブロードキャストの伝播を最小化する中・大規模無線 LAN ネットワーク構成の検討”, IOTS2017, pp. 58-64 (2017).
- [2] 齊藤 明紀, 樹田 秀夫, “ルータ上のパケットフィルタで端末間通信を処理するための DHCP サーバ構成法”, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.4, pp. 1025-1034 (2005).