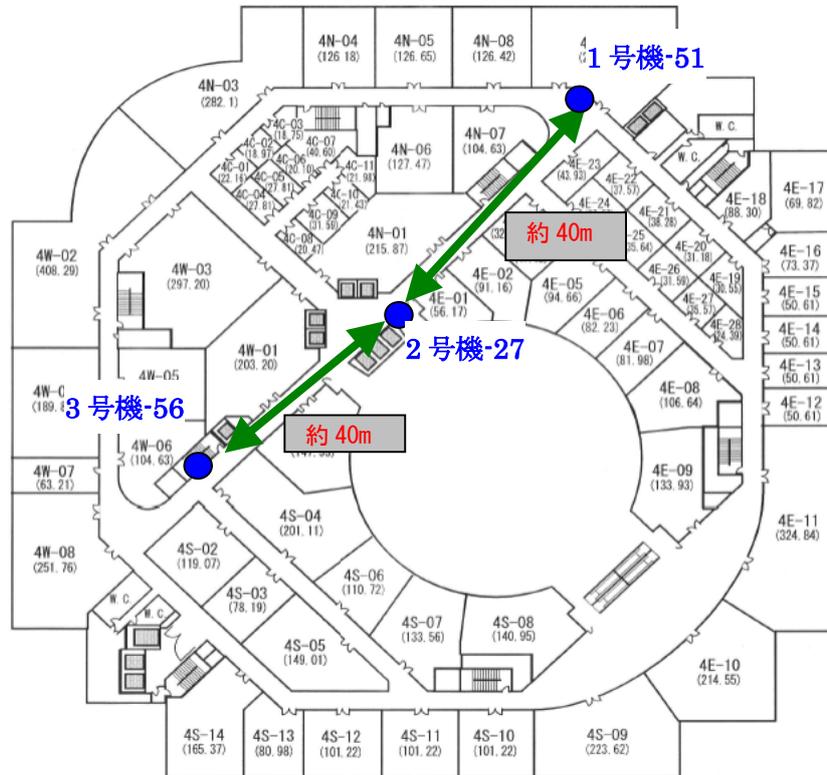


## 1. 実験環境

- 実験場所：神戸ファッションマート 4F
- 構成：RMR9000 一体型ユニット 3台



## 2. 2ホップ 経路変更検証の手順

上記の3台構成において、2ホップでの通信を実行中に、様々な方法で中央に位置する中継ノードの送信受信能力を一時的に変更し、経路変更に関わる測定を行った。MeshCruzerの“優先接続機能”については「RMR ユーザーズガイド 6章 無線リンク設定」を参照。

- ① 1号機から3号機へ直接転送する1ホップ経路と1号機から2号機経由で3号機への2ホップ経路の2つの経路が存在
- ② MeshCruzerの“優先接続機能”を用いて適切な「しきい値」を設定することで、上述の2経路のうち後者の2ホップ経路をRMRは選択（不安定な1ホップ経路は選択せず安定し伝送速度も速い2ホップ経路を“優先的”に選択）
- ③ この状態で、2号機の状態を以下の3つの方法で変化させ、経路選択への影響を確認。“優先経路”が消失した場合の、“非優先経路”への切替えに要する時間を計測。

- テスト1： 中継ノード（2号機）の電波出力を徐々に低下、再び上昇。
- テスト2： 中継ノード（2号機）において”reboot”コマンドを実行し再起動
- テスト3： 中継ノード（2号機）の電源をオフした後、再起動

### 3. 検証結果

3.1. テスト1：中継ノード（2号機）の電波出力（TXP）を徐々に低下、再び上昇（電波環境の“ゆらぎ”を実験的にエミュレートし、その際の経路変更を検証）

#### ● 実験手順

- ① 3台のRMR9000においてlink\_pref\_rssi 30 \*1 と設定し2ホップ構成を実現する。
  - 10.0.1.51 と 10.0.1.27の間は C2 リンク（詳細はユーザーズガイド参照）
  - 10.0.1.27 と 10.0.1.56の間は C2 リンク
  - 10.0.1.51 と 10.0.1.56の間は C1 リンク
- ② 中継の27号機にログインして 送信出力（TXP）を徐々に下げていく。
  - 10.0.1.51と10.0.1.56 が最初は2ホップであるが27号機のTXPを十分低下させると1ホップに変わる。この状態遷移の確認と遷移時のパケット損失を確認する。
- ③ 中継の27号機にログインして 送信出力（TXP）を徐々にあげていく。
  - 10.0.1.51と10.0.1.56 が最初は1ホップであるが27号機のTXPを十分上昇せると2ホップに変わる。この状態遷移の確認と遷移時のパケット損失を確認する。

#### ● 中継機における送信出力（TXP）の変更方法

以下コマンドを実行して TXP を徐々に変化させる。

--->徐々に送信電波出力を低下させる。（2，3秒間隔ごと）

```
iwconfig wlan0 txp 18
iwconfig wlan1 txp 18
iwconfig wlan1 txp 16
iwconfig wlan0 txp 16
iwconfig wlan0 txp 14
iwconfig wlan1 txp 14
iwconfig wlan1 txp 12
iwconfig wlan0 txp 12
iwconfig wlan0 txp 10
iwconfig wlan1 txp 10
iwconfig wlan1 txp 8
iwconfig wlan0 txp 8
iwconfig wlan0 txp 5
iwconfig wlan1 txp 5
```

--->暫く間をおいて徐々に送信電波出力を復元させる。

```
iwconfig wlan1 txp 12
iwconfig wlan0 txp 12
iwconfig wlan0 txp 15
iwconfig wlan1 txp 15
iwconfig wlan0 txp 18
```

#### ● 実験結果

まず、51-27-56の2ホップ経路を確認。

```
root@RMR-Box1:~# ping -R 10.0.1.56
PING 10.0.1.56 (10.0.1.56) 56(124) bytes of data.
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=1 ttl=63 time=8.46 ms
RR:   10.0.1.51
      10.0.1.27
      10.0.1.56
      10.0.1.56
      10.0.1.27
      10.0.1.51
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=2 ttl=63 time=31.6 ms (same route)
...
```

<sup>1</sup> RMRユーザーズガイド 6章 MeshCruzer設定→無線リンク設定→受信電波強度・優先接続しきい値

実験開始と共に TXP 設定 低下開始。

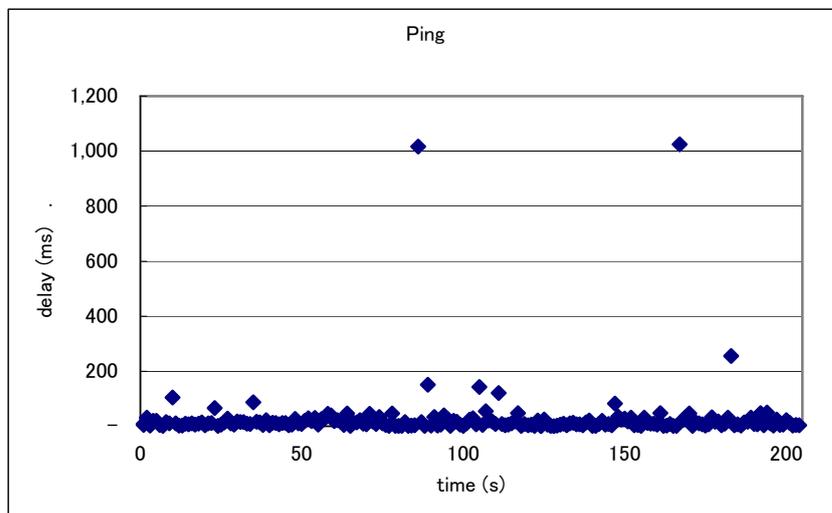
TXPを 8(dBm)に低下させたタイミングで 1 ホップへ経路変更、この経路変更に伴うパケット損失なし。

```
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=76 ttl=63 time=4.13 ms      (same route)
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=77 ttl=63 time=1.07 ms
RR:   10.0.1.51
      10.0.1.56
      10.0.1.56
      10.0.1.27
      10.0.1.51
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=78 ttl=63 time=46.4 ms    (same route)
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=79 ttl=64 time=1.31 ms
RR:   10.0.1.51
      10.0.1.56
      10.0.1.56
      10.0.1.51
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=80 ttl=64 time=1.22 ms    (same route)
...
```

その後、暫くしてからTXPを徐々に上昇させる。 その結果、中継機経由の経路が「安定経路」として認識されるに到り、経路が 2 ホップに戻る。この経路変更に伴うパケット損失なし。

```
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=166 ttl=64 time=0.932 ms  (same route)
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=167 ttl=64 time=1025 ms
RR:   10.0.1.51
      10.0.1.27
      10.0.1.56
      10.0.1.56
      10.0.1.51
.....
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=184 ttl=64 time=3.48 ms   (same route)
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=185 ttl=63 time=7.03 ms
RR:   10.0.1.51
      10.0.1.27
      10.0.1.56
      10.0.1.56
      10.0.1.27
      10.0.1.51
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=186 ttl=63 time=2.80 ms  (same route)
.....
```

下記のチャートでは経路切り替えにより発生する ping 応答時間の変化を示す。経路変更時に、パケットは一時的に送信保留されることがあり、今回のケースでは約 1 秒の遅延が発生している。



### 3.2. テスト2 : 中継ノード (2号機) において”reboot “コマンドを実行し再起動

まず、51-27-56 の2ホップ経路を確認。

```
# ping -R 10.0.1.56
PING 10.0.1.56 (10.0.1.56) 56(124) bytes of data.
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=1 ttl=62 time=4.61 ms
RR:   192.168.51.245
      10.0.1.51
      10.0.1.27
      10.0.1.56
      10.0.1.56
      10.0.1.27
      192.168.51.1
      192.168.51.245
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=2 ttl=62 time=2.70 ms (same route)
...
```

この状態で、2号機で reboot コマンドを実行し再起動開始。約13秒後に(以下195~209)経路は51-56の1ホップに変化。良好なリンク状態にあった中継ノードが突然ダウンするという急激な状態変化に伴う代替経路確立はもっとも時間のかかるケースでもある。

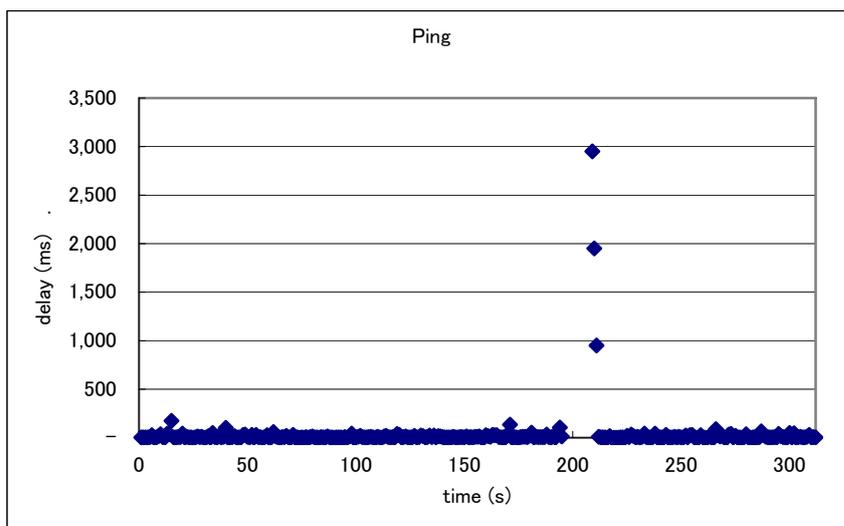
注: MeshCruzer 起動パラメータを設定によりこの「13秒」はチューニング可能。

```
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=195 ttl=62 time=14.4 ms (same route)
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=209 ttl=63 time=2951 ms
RR:   192.168.51.245
      10.0.1.51
      10.0.1.56
      10.0.1.56
      192.168.51.1
      192.168.51.245
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=210 ttl=63 time=1951 ms (same route)
...
```

2号機の再起動が完了した時点で、往路が2ホップで、数秒後に復路も2ホップになる。パケット損失や遅延が発生しない。

```
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=273 ttl=63 time=38.2 ms (same route)
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=274 ttl=63 time=4.89 ms
RR:   192.168.51.245
      10.0.1.51
      10.0.1.27
      10.0.1.56
      10.0.1.56
      192.168.51.1
      192.168.51.245
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=275 ttl=63 time=20.6 ms (same route)
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=276 ttl=63 time=2.73 ms (same route)
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=277 ttl=63 time=1.66 ms (same route)
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=278 ttl=63 time=1.14 ms (same route)
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=279 ttl=62 time=5.64 ms
RR:   192.168.51.245
      10.0.1.51
      10.0.1.27
      10.0.1.56
      10.0.1.56
      10.0.1.27
      192.168.51.1
      192.168.51.245
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=280 ttl=62 time=35.7 ms (same route)...
```

下記のチャートでは経路切り替えにより発生する遅延を示す。



### 3.3. テスト3： 中継ノード（2号機）の電源をオフした後、再起動

まず、51-27-56の2ホップ経路を確認。

```
# ping -R 10.0.1.56
PING 10.0.1.56 (10.0.1.56) 56(124) bytes of data.
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=1 ttl=62 time=10.8 ms
RR:   192.168.51.245
      10.0.1.51
      10.0.1.27
      10.0.1.56
      10.0.1.56
      10.0.1.27
      192.168.51.1
      192.168.51.245
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=2 ttl=62 time=27.8 ms (same route)
...
```

この状態で、2号機の電源を落とす。14秒後に（以下 77~99）経路は51-56の1ホップに変化。14秒という長い時間を要している廃棄された。良好なリンク状態にあった中継ノードが突然ダウンするという急激な状態変化に伴う代替経路確立はもっとも時間のかかるケースでもある。

註： MeshCruzer 起動パラメータを設定によりこの「14秒」はチューニング可能。

```
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=77 ttl=62 time=2.87 ms (same route)
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=92 ttl=63 time=3935 ms
RR:   192.168.51.245
      10.0.1.51
      10.0.1.56
      10.0.1.56
      192.168.51.1
      192.168.51.245
64 bytes from 10.0.1.56: icmp_seq=93 ttl=63 time=2930 ms (same route)
...
```