KAME実装でのマルチホームのテスト
Test of multi-homing with KAME implementation

塚田 学 †
Manabu Tsukada

概 要

本研究の目的は、マルチホームな環境で、既存の仕様がどのように振る舞うかを確認することである。本研究では、既存の仕様に基づき振る舞いの仮説を立て、KAME実装を用い仮説検証および動作確認を行うという手法をとった。その結果、1) 一つのルータで複数の ISP に接続する際、ルータはソースアドレスに基づき各々の ISP に転送仕分ける必要があるが、その仕組みがない。2) 異なる ISP に接続した複数の default router が存在する場合に、ホストが ICMP redirect によって経路を更新しても、同じ source address を利用し続ける。このパケットは、該当 ISP で filter out される。という 2 つの問題点が明らかになった。

1. 研究背景

インターネットの普及により、二つやそれ以上の ISP に接続することが、容易になってきた。それによってマルチホームな環境を使うことができる場面が増える。マルチホームは通信に冗長性を持たせることができるメリットや、ポリシールーティングできるメリット、ロードシェアリングできるというメリットがある。そのため、自動車などで PHS や、携帯電話、ホットスポットなどを同時に使うことで、シームレスかつ冗長性のある通信が可能になる。しかし、現在、マルチホームな環境に適応した仕様はないので、マルチホームを実現するのは困難である。

2. 目的と手法

本研究の目的はマルチホームを実現するため、マルチホームな環境で、既存の仕様がどのように振る舞うかを確認することであるテスト環境には NetBSD1.6.1 の 2003 年 5 月 5 日の KAME の snapshot を利用した。また、マルチホームには様々な形態があるので次の 3 つのパターンに分けて実験を行った。 3 つのパターンとは、

- ケース 1:ホストの default router が複数
- ケース 2:ホストの IP アドレスが複数
- ケース 3:ホストの default router と IP アドレスが複数

である。

Multi-Homing Issues in Network Mobility[1] で述べられているマルチホームの分類は、8 種類である。MR の単復、HA の単復、mobile network の単復に注目する分類で、$2 \times 2 \times 2 = 8$ パターンである。今回の実験では移動は考慮していないので、HA を分類から省いた MR の単復、mobile network の単復の $2 \times 2 = 4$ パターンの分類ができる。このうち MR 一つ、mobile network 一つの場合はマルチホームではないので、テストしない。以上が上記の 3 つのパターンを選んだ理由である。

このテストは最初に RFC から動作の仮説をたてて、それを実験で検証する形で行った。前の 3 つのパターンで、障害が起こったと想定する場所を変えた 5 つの実験を行った。

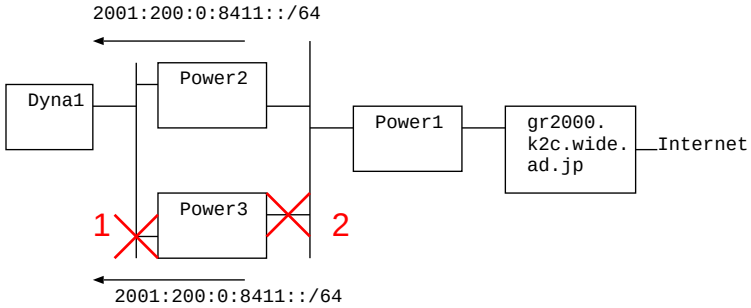

図 1: ケース 1 : 2 default router & 1 network prefix

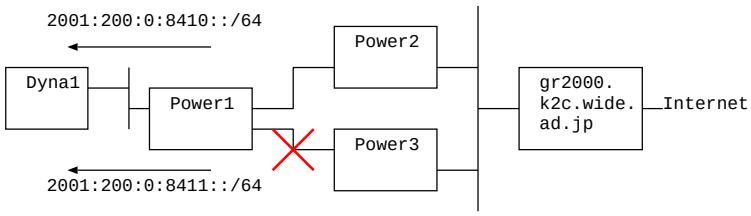

図 2: ケース 2 : 1 default router & 2 network prefix

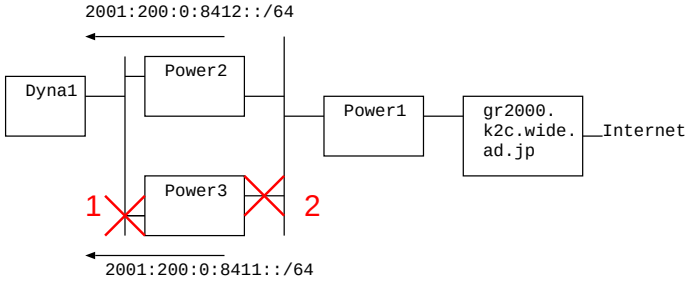

図 3: ケース 3 : 2 default router & 2 network prefix

動作の仮説をたてるため以下の RFC を参照した。
RFC3484, RFC2461, RFC2740, RFC2080, RFC2463。
（参考文献）

3. マルチホーミングの問題点

この後、動作の仮説と実験での検証結果が違っていたものや、問題が発生したテストなどを記述していく。ここでは述べない実験結果は tu-ka のホームページ [2] に詳しい。

3.1 ケース 2-1:ホストの IP アドレスが複数

3.1.1 動作の仮説

本実験のトポロジは図 2 である。本実験では Power2 と Power3 を二つの ISP に見立てる。よって、実際の ISP がセキュリティの目的で行なっている Reverse Path Filtering を Power2 と Power3 は行なっている。実験は Dyna1 から gr2000 に ping6 コマンドを実行することで行う。

Dyna1 は二つの IP アドレス A、B を持つ。A をソース IP アドレスとする時は Power2 を通り、B をソースアドレスにする時は Power3 を通る。Reverse Path Filtering によって、ソースアドレスに IP アドレス A を使って Power3 を通ることはできない。通信に障害が起きた時、Power1 は経路を切替えて通信を続けることができると考えられる。

3.1.2 実験での検証結果

Power1、Power2、Power3、gr2000 は動的な経路制御を行なっている。

Power1 が default router として Power2 を選んだ時は Dyna1 は IP アドレス A を選ばなければ通信はできないのだが、実際には IP アドレス A、B のどちらを選ぶかはランダムなので、1/2 の確率で通信できない。

また、通信できる方か選ばれたとしても、Power1 - Power2 間で通信の障害が起こり、経路が変更されたとき、Dyna1 は経路変更のことを関知できず、正しいソースアドレスに変えることができない。

このことから二つの問題があることがわかる。第一に Power1 がどちらの経路を使うのかあらかじめ Dyna1 が知らなければ、ソースアドレスを選べないという問題だ。第二に Dyna1 が経路変更した時に、それを Dyna1 に伝えなければならないという問題がある。

いずれの問題も、Power1 の経路を Dyna1 に知らせる仕組みが必要なことを示唆している。

3.2 ケース 3-2:ホストのデフォルトルータが複数、IP アドレスが複数

3.2.1 動作の仮説

本実験のトポロジは図 3 である。Dyna1 が Power1 を通ってインターネットに接続するとき、まず、Power2,Power3 のいずれかを通るだろう。どちらを通るかはランダムだ。そのソースアドレスは選んだルータからの RA からつくった IP アドレスになるはずだ。

最初に選んだルータが Power2 だったとする。Power2 - Power1 間で通信に障害が起こった時 (図 3 の 2)、Power2 はは RA を流し続けるため、Dyna1 は経路変更はできない。よって、Power2 - Power1 間で通信に障害が起きた時、通信はできないと考えられる。

3.2.2 実験の検証結果

この実験は図 3 のように、Power2,Power3 のルータが別種類の RA をながすので、Dyna1 は 2 つの IP アドレスと 2 つ defalt router を持つ。また、Power1,Power2,Power3 の間は OSPF で動的に経路制御されている。実験は Dyna1 から gr2000 に ping6 コマンドを実行することで行なった。

ping6 のパケットが Power3 を通っている状態で、図 3 の 2 で通信に障害が起こったとき、仮説通り、通信はできなくなった。

そこで解決策として、Power2 と Power3 の下流側のインターフェイスでも経路を交換し、Power2 がより良い経路として Power3 があることを認識させることによって、最適な経路 (Power3 経由) での通信を行わることにした。

結果は、Power2 が ICMP リダイレクトを Dyna1 に送ることで Dyna1 は Power3 経由でデータをインターネットに送ることができた。

しかし、echo リプライで問題が発生した。これは、ICMP リダイレクトを受け取った Dyna1 が Power2 経由で通信をするのにもかかわらず、ソースアドレスに Power2 の RA から生成する IP アドレスを使うことが問題である。

4. まとめ

本研究は将来のマルチホーム環境の実現のために、現在の実装 (KAME) で 2 つの問題を発見した。

一つは 1 default router & 2 network prefix の時にホスト正しいソースアドレスを選ぶためにはが上流の経路表を知る必要があるが、その仕組みがまだないことだ。

もう一つは ICMP リダイレクトによって、最適な経路を知ったホストが、同じ内容を最適な経路に送り直すが、その時にソースアドレスを変えることを忘れているという問題です。

今後の展開として、これらの問題の解決方法の提案や解決方法の実装をしていきたいと考えています。

参考文献

[1] *draft-ng-nemo-multihoming-issues-01*

[2] 塚田 学 *KAME* 実装でのマルチホームのテスト http://www.sfc.wide.ad.jp/~tu-ka/TermProWeb/report_ja.html

[3] *RFC3484:Default Address Selection for Internet Protocol version 6*

[4] *RFC2461:Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)*

[5] *RFC2740:OSPF for IPv6*

[6] *RFC2080:RIPng for IPv6*

[7] *RFC2463: Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification*