

インターネットのグローバルルーティングシステムにおける 多重ルーティング技術に関する研究開発 (0231018)

Study of the Multiplex Routing Technology in Global Scale Routing System on the Internet

江崎 浩 東京大学 大学院 情報理工学系研究科

Hiroshi Esaki Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo

中川 郁夫† 永見 健一† 近藤 邦昭†

Ikuo Nakagawa† Kenichi Nagami† Kuniaki Kondo†

† インテック・ネットコア

† Intec Netcore

研究期間 平成 14 年度～平成 16 年度

概要

本研究開発では、インターネットのルーティングシステムにおいて到達性情報 (reachability information) と経路選択制御 (route selection) を分離する多重ルーティングのアーキテクチャを提案・設計し、そのプロトタイプシステムを開発した。また同実装を用い実証実験を行うことで、提案アーキテクチャの有効性を検証した。さらにシステムに必要となる複数のプロトコルについて標準化の提案を行った。

Abstract

We have designed and implemented the architecture of multiplex routing system that can separate reachability information from a route selection function in a routing system of the Internet. We also have examined our architecture using the implementation on the Internet. Furthermore, we have proposed some protocols and protocol extensions to the IETF, which are used in our architecture

インターネットは急激に拡大を遂げ、現在では、情報通信における社会基盤の 1 つとなっている。このように成長したインターネットにおいては、接続されるネットワークの重要度も様々である。重要度の高いネットワークにおいては、接続回線の障害や輻輳などによるサーバへの到達性の喪失などの問題を回避するために、複数の接続事業者 (ISP) 等と複数の回線で接続するマルチホーム接続が広く利用されている。

現在のマルチホーム技術は、サーバがおかれているネットワークに対する経路を、経路制御技術を駆使して制御することにより実現するものが一般的である。マルチホーム接続を行なうネットワークは、そのアドレス空間を、経路制御プロトコルを用いることでグローバルインターネットに広報する。グローバルインターネットから該当ネットワーク宛のパケットは、この経路情報に基づき、マルチホーム接続のいずれかの接続を介して該当ネットワークへ到達する。

マルチホーム接続の要求の増加にともない、このような方式に基づいたマルチホーム接続では、次に挙げるような問題点が表面化しつつある。

- グローバルインターネット上の経路情報の増加
- 複数接続の有効利用の難しさ
- マルチホーム接続ネットワークの運用の難しさ

本研究開発では上記の問題に対し、経路情報の増加の抑制、複数接続の有効利用、簡易な運用などの要求を満たすマルチホームのアーキテクチャを提案した。提案アーキテクチャを図 1 に示す。提案アーキテクチャでは、バックボーン上に同アーキテクチャのための多重ルーティング用経路選択機構として DR (Distribution Router) を導入する。DR は、インターネット上の 1 箇所以上の複数の任意の位置に配置される。図中では DR1 および DR2 である。マルチホーム接続する利用者ネットワークには、UR (User Router) が設置され、DR と UR はトンネルなどを用いた仮想接続によって接続される。利用者ネットワークで利用するアドレス空間は、DR に割り当てられた CIDR ブロックから割り当てられ、その経路情報は DR で経路集約されたうえでグローバルインターネットに広告される。これによりグローバルルーティングシステムに対する経路数の増加を大幅に押さえられる。

DR と UR の間は、マルチホーム接続毎にトンネルを用いて接続する。例えば、2 つの ISP (ISP-A, ISP-B) を用いてマルチホーム接続する利用者ネットワークは、2 種類 (ISP-A 経由および ISP-B 経由) のトンネルで DR と結ばれることとなる。このトンネルの利用者ネットワーク側の端点アドレスは、接続する各 ISP から割り当てられたアドレスとなる。つまり、ISP-A 側のリンクに割り当てられたアドレス、および、ISP-B 側のリンクに割り当てられたアドレスである。このように ISP-A および ISP-B からみると利用者ネットワークは、それぞれの ISP のアドレスを使っているように見え、それぞれの ISP からグローバルインターネットには、マルチホームの利用者ネットワークのアドレスを広告する必要がなく、それぞれの ISP のアドレスのみを経路情報として広告される。このため、マルチホーム利用者が増えた場合にも、グローバルインターネットの経路情報は増加しない。

DR は、利用者からの要求にもとづいて、利用者ネットワーク宛のパケットをどのトンネルを用いて転送すべきかをパケットの特性から判断し送出する。DR では、宛先アドレスのみに基づいた一般的な経路制御時の経路選択手法だけに限らず、より詳細なパケットの特性まで解析し経路を選択することが可能である。例えば、インターネット電話やゲームのようなインターラクティブ性があり、遅延が少ないことが重要なアプリケーションの場合は、遅延が少ないネットワークを経路選択することができる。また、利用者がマルチホームとして利用している 2 つのリンクのそれぞれのトラフィック

クを同等にする場合もある。

また DR は、マルチホーム接続の一部切断時に接続性を維持するために、DR と UR を接続するトンネルの状態を常時監視する。例えば、マルチホーム接続の一部 ISP-A との接続性が失われると、DR と UR の間の ISP-A 経由のトンネルの接続性が失われる。DR では、この状態変化を検出し、ISP-A 経由のトンネルを利用しない経路選択へと動的に経路選択ルールを変更することで、障害のある経路をパケット転送に用いなくなり、UR への接続性は維持される。

提案アーキテクチャでは、利用者ネットワークへのパケットは、常に DR を経由して転送される。DR は、インターネットのバックボーン上に配置されるため、パケットが DR を経由することにより増加する利用者ネットワークへのパケット到達に要する時間は微々たるもので済むと考えられる。また、複数の DR をインターネット上に分散配置することで、DR の"single point of failure" (当該要素の故障によりシステム全体が動作しなくなる箇所) 化を防ぐ。

本研究開発では、このようなアーキテクチャのプロトタイプ実装を開発し、提案アーキテクチャがインターネットの経路制御にインパクトを与えず、要求されるマルチホーム環境を実現可能であることを実証した。

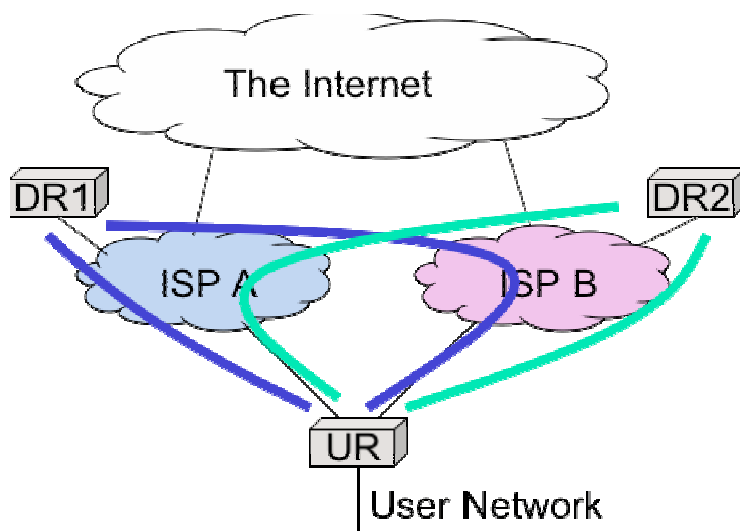


図 1. 提案アーキテクチャ

本研究開発に関連して、以下 4 種、合計 15 件の標準化提案文書を提出した。上記 4 種のうち (a) および (d) の 2 種については IETF においてワーキンググループドラフトとして採択され、標準化トラックで標準化が進められている。

- (a) 2003/10, 2004/2: Glenn M. Keeni, Kenichi Nagami and Kazuhide Koide Sri Gundavelli
The Mobile IPv6 MIB,
draft-ietf-mip6-mipv6-mib-00,01,02,03,04,05,06,07.txt
- (b) 2003/9: Ryuji Wakikawa, Keisuke Uehara, Thierry Ernst, Kenichi Nagami
Multiple Care-of Addresses Registration,
draft-wakikawa-mobileip-multiplecoa-02,03.txt
- (c) Multi-homing for small scale fixed network Using Mobile IP and NEMO
Feb 21, 2005,
Kenichi Nagami, Satoshi Uda, Nobuo Ogashiwa, Ryuji Wakikawa, Hiroshi Esaki, Hiroyuki Ohnishi,
draft-nagami-mip6-nemo-multihome-fixed-network-03.txt
- (d) NEMO Management Information Base
October 16, 2004, Sri Gundavelli, Glenn M. Keeni, Kazuhide Koide, Kenichi Nagami,
draft-ietf-nemo-mib-00.txt

誌上发表リスト

- [1] 宇多仁、小柏伸夫、永見健一、近藤邦昭、中川郁夫、篠田 陽一、江崎浩、 ” 多重ルーティング型マルチホームアーキテクチャの提案”、電子情報通信論文誌、第 10 号、J87-B、pp1564-1573、2004 年 10 月
(同論文は、平成 15 年度は投稿中の状態であったが、平成 16 年度に採録、掲載された)
- [2] 江崎浩、 ” 誘導経路情報を用いたインターネットパス制御アーキテクチャ”、電子情報通信学会 (投稿中)

申請特許リスト

- [1] 永見健一、中川郁夫、ルータ装置及びパケット転送制御方式、日本、2003 年 2 月 19 日、特願 2003-41858
- [2] 永見健一、中川郁夫、ルータ装置及びパケット転送制御方式、日本、2003 年 9 月 16 日、特願 2003-323610
- [3] 永見健一、中川郁夫、ルータ装置及びパケット転送制御方式、日本、2003 年 9 月 16 日、特願 2003-323667