

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21700073

研究課題名（和文）

動的ポリシールーティングを用いたユーザトラフィックの詳細かつ容易な制御

研究課題名（英文）

Detailed but Easy Control of User Traffic with Dynamic Policy Routing

研究代表者

大平 健司 (OHIRA KENJI)

名古屋大学・情報連携統括本部・助教

研究者番号：40515326

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、「経路フィルタリング情報」の広告機能により広告された経路フィルタリング情報をどう解釈し自ノードのポリシールーティング設定に反映させるかについて検討し、実装を行った。実験ネットワーク上で流入フィルタリング条件設定を随時変更し、送信元アドレス依存の経路制御情報の広告に従ってユーザトラフィックの輸送経路が変更されることを確認した。本研究の成果を用いて IPv6 による安定的なインターネット接続環境を提供することで、IPv6 導入の促進を図ることができるものとする。

研究成果の概要（英文）：In this project, the representative has studied about a way to interpret route filtering information generated by 'route filtering information' advertising system and has implemented to reflect it to policy routing configurations of each router. The representative has verified that a path of user traffic changed according to an advertisement of source address dependent routing information when an ingress filtering configuration changed. With products of this project, we can provide stable connectivity to the Internet with IPv6. This can encourage deployment of IPv6.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：ネットワークプロトコル、インターネット、IPv6、サイトマルチホーミング、経路制御

1. 研究開始当初の背景

インターネット上での住所を意味する IPv4 アドレスの枯渇問題が間近に迫る一方、平成20年3月にNTTグループが商用サービスを開始した NGN (Next Generation Network) などにより、IP に基づいた通信をしようとする端末は今後ますます増えていくことが予想さ

れている。このような状況の中で、次世代インターネットプロトコル IPv6 を使用する局面は急速に増えるものと考えられる。

現在の IPv4 と比べると、IPv6 ではアドレス空間が広くなり、1ホストが複数の IP アドレスを持つことができるようになった。一方でセキュリティ上の問題から、ISP (インター

ネット接続事業者)は、顧客側から来るトラフィックに対して自組織が顧客に対して配布したアドレス以外のアドレスを送信元とすることはないという仮定を置き、その仮定に反するトラフィックを捨てるような運用をすることが多い。この結果、到達すべき相手にトラフィックを送付できない問題が起こる可能性が高まっている。

研究代表者はこれまでサイトマルチホーミング(家庭ネットワーク等のインターネットへの接続性を頑強化する方式)について研究し、複数のISPと契約することでネットワークに対して複数のIPアドレス空間が与えられる際に、ネットワーク内の各ホストが送信元IPアドレスをRFC 3484のような基準で選択し、ネットワーク内では選択された送信元IPアドレスごとに適切な隣接ノードに転送することを提案した。これにより、この顧客の収容のために接続事業者特別な設定やセキュリティレベルの低下を強いることなく、顧客は各接続事業者の回線を使用できるようになる。しかしながら、上記提案では「送信元IPアドレスごとに適切な隣接ノードに転送する」設定をネットワーク内のルータに個別に行う必要があり、経路循環を起こさないなど、その設定の妥当性を維持するためには多大な管理コストが必要であった。

家庭などのネットワークが複数のサービス(インターネット接続サービス、IP電話などの個別アプリケーションサービスなど)を受けており、それぞれでIPアドレスの配布を受けるような状況について考える。各サービスの提供者は顧客が他のサービスを受けていることを関知することはなく、自らの提供するサービスへのアクセス制限も独自に行っていると考えるのが妥当である。当該顧客が自らの加入しているサービスにアクセスするためには自らが適格者であることをサービス提供者に伝える必要がある。言い換えれば、あるサービスを受けるためには自らはいくつか持っているIPアドレスのうち特定のものを使わなければならないという状況が発生しうる。そしてネットワーク内部ではその送信元IPアドレスに応じて適切な経路にトラフィックを転送する必要がある。

2. 研究の目的

研究代表者は、これまでに、アドレスフィルタリングが施されているネットワークにおいてフィルタリングを行う者がフィルタリング情報を広告する機構を提案した。

本研究の第1の目的は、ネットワーク内の各ルータが、この機構により広告されるフィルタリング情報を用いて、各自のポリシーリング規則を自動的に変更する機構を構築し、ユーザトラフィックをその制限情報に

沿った経路に流すようにすることである。広告されるフィルタリング情報を用いて各ノードが内部のポリシーリング設定を変更する際、ノード毎にその設定反映のタイミングは異なる。このことがユーザトラフィックのループを引き起こしたり、フィルタリング情報をネットワーク全体に行きわたらなくしてしまう可能性がある。本研究ではこのような問題を起こさないような設計・実装を行う。

第2の目的は、上記機構を導入したネットワークにおいてユーザトラフィックの輸送経路がどのように変更され、ネットワーク全体の安定性にどのような影響を与えるか調査することである。経路変更の結果、非常に広帯域のトラフィックが不十分な帯域のリンクに集中してしまったり、低遅延が求められるトラフィックが遅延の大きいリンクを通過させられる可能性がある。本研究では経路変更がユーザトラフィックにどの程度の影響を与えるのか調査し、出来る限りユーザトラフィックの要求要件を満たすような設計・実装を行う。

これらを達成した後、最終的に、あるトラフィックに対してどのような経路制御をすることにより伝送の頑健化が図れるか、そのような経路制御を行うためにはローカルネットワークが対外接続を複数持つ場合にどのような基準で対外接続先を選定すべきかという問題に対する知見を得たいと考えている。

現状ではアドレスフィルタリング規則は個々のルータにおいて個別に静的に設定する必要がある。時々状況に応じて動的に設定内容を変更することは想定されておらず、設定変更を行った時などにはその設定内容に齟齬が発生する可能性が少なからず存在する。またその変更内容によってはトラフィックが循環し、ネットワーク全体を機能不全にしてしまう可能性もある。本研究では、フィルタリング設定構成を自動化させることにより、上述の問題を排除しようとするものである。

1ホストが複数のIPアドレスを持ち、その複数アドレスのそれぞれの使い方に関する情報がネットワークから与えられるようになれば、あるユーザが加入するサービスごとにIPアドレスを配るといったような展開の可能性もある。このことは事業者がコンテンツやサービスへのアクセスを管理するにあたり、IPアドレスベースで行いやすくなることを意味する。本研究は、このようなアプリケーションサービスごとのアドレス割り当てを促進させ、ネットワークユーザが多種多様なサービスを受けやすくする基盤作りをしようとするものである。また、グローバルIPアドレスを配布しているもののインターネ

ットへの到達性のない IPv6 網の中で提供されるサービスと、インターネット接続サービスとの混在も容易になるものと期待される。

3. 研究の方法

研究代表者のこれまでの研究成果により、IP 電話などの個別アプリケーションサービス、インターネット接続サービスといった各種サービスの提供者が実施するアドレスフィルタリングの内容を、家庭などのネットワークの内部に広告する方式が提供される。本研究ではその方式を適用したネットワーク上で、ネットワーク内の全ルータがそのフィルタリング条件に沿って経路制御できるようにし、「経路フィルタリング情報」の広告によりユーザトラフィックの輸送経路がどのように変更されるか調査を行う。まず図 1, 2 に示すような実験ネットワークを仮想化技術による仮想ホスト及び仮想ネットワークを用いて構築する。

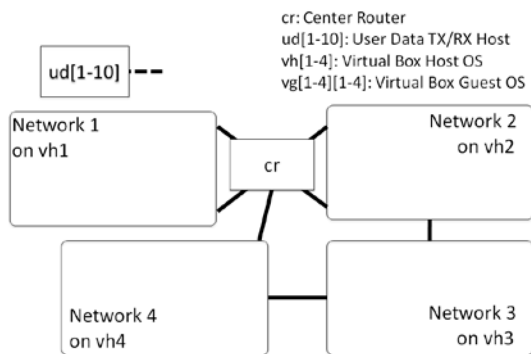


図 1 実験ネットワーク (全体・初期)

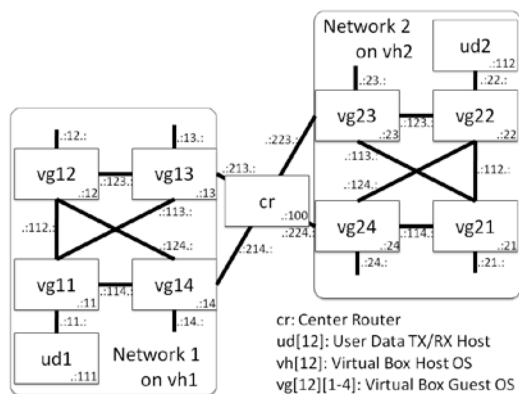


図 2 実験ネットワーク (部分詳細・初期)

図 1 に示す cr でのフィルタリング条件を変更することにより、それがどのようなフィルタリング情報広告、各ノードでのポリシールーティング設定変更を招き、結果的にユーザトラフィックの輸送経路がどのように変化するかを調査する。

なお、本課題で構築するネットワーク上を流れるユーザトラフィックの生成・受取には多

数の端末、多種にわたる OS が必要と考えられる。本課題で構築するネットワークをそれだけで閉じさせず、外部入出力用のネットワークインターフェースを用意し、ユーザトラフィック生成・受取用の端末をそこに接続させる形式を採ることで、モジュールラブルに多くの実験を並行して行うことが可能になる。

4. 研究成果

【研究の主な成果】

平成 21 年度には実験ネットワークを仮想化技術による仮想ホスト及び仮想ネットワークを用いて構築した。構築されたネットワーク内の全ルータに、研究代表者のこれまでの研究成果による「経路フィルタリング情報」の広告機能を導入した。広告機能により広告された経路フィルタリング情報をどう解釈し自ノードのポリシールーティング設定に反映させるかについて検討し、実装を行った。平成 22 年度には、平成 21 年度に構築した実験ネットワークを図 3 のように拡張し、そのネットワーク上で流入フィルタリング条件設定を随時変更し、これに伴う経路制御情報の広告状況及び輸送経路の変更状況を調査した。送信元アドレス依存の経路制御情報の広告に従って、ユーザトラフィックの輸送経路が変更されることを確認した。

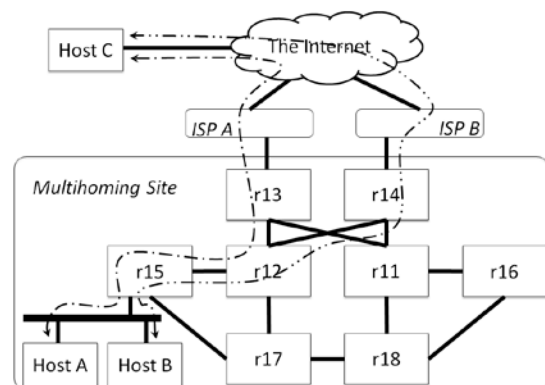


図 3 実験ネットワーク (部分詳細・中後期)

平成 23 年度には、これまで PC ルータ (OS : Linux、経路制御ソフト : Quagga) 上でのみの実現にとどまっていた広告解釈プログラムの実装を商用ルータである Cisco IOS 上においても実現した。また、図 3 に示すネットワークを従来の PC ルータ上での実装と今回の Cisco IOS 上での実装を混在させた構成にした場合においても広告機構は問題なく動作し、相互運用性について確認が出来た。

【得られた成果の国内外における位置づけとインパクト】

インターネット上での住所を意味する IPv4 アドレスの IANA 在庫が枯渇し、次世代インターネットプロトコル IPv6 を使用する局面

は急速に増えるものと考えられる。IPv6 では 1 ホストが複数の IP アドレスを持つことができるようになったこともあり、インターネット接続の頑健性向上などの理由で複数の IP アドレスを付与する運用形態も考えられる。一方でセキュリティ上の問題から、ISP（インターネット接続事業者）は、顧客側から来るトラフィックに対して自組織が顧客に対して配布したアドレス以外のアドレスを送信元とすることはないという仮定を置き、その仮定に反するトラフィックを捨てるような運用をすることが多い。この結果、到達すべき相手にトラフィックを送付できない問題が起こる可能性が高まっている。

本研究は、アプリケーションサービスごとのアドレス割り当てを促進させ、ネットワークユーザが多様なサービスを受けやすくする基盤作りをしようとするものである。また、グローバル IP アドレスを配布しているもののインターネットへの到達性のない IPv6 網の中で提供されるサービスと、インターネット接続サービスとの混在も容易になるものと期待される。商用サービスを支える経路制御インフラとして Cisco 社製ルータが一般的に用いられており、この機材の上で動作する実装を実現できたことは本提案の実用的な意味での実現可能性を飛躍的に向上させたものと考えられる。

【今後の展望】

本研究の成果を用いて IPv6 による安定的なインターネット接続環境を提供することで、IPv6 導入の促進を図ることができるものとする。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

① 大平健司, 岡部寿男, 複数 PA アドレス型マルチホーミングサイトにおける送信元アドレス依存動的経路制御, システム制御情報学会論文誌, 査読有, 第 25 巻第 10 号, 2012 年 10 月 (採録決定) .

[学会発表] (計 2 件)

① Kenji Ohira, Yasuo Okabe, Host-Centric Site-Exit Router Selection in IPv6 Site Multihoming Environment, 1st International Workshop on Protocols and Applications with Multi-Homing Support (PAMS 2011), Singapore, pp. 696-703, March 22, 2011.

② Kenji Ohira, Source Address Dependent Site External Route Advertisement for IPv6

Multihoming Site, The 14th JSPS/NRF Core University Program Seminar on Next Generation Internet, Hokkaido, January 25, 2010.

[その他]

ホームページ等

<http://www.net.ist.i.kyoto-u.ac.jp/ja/index.php?%CF%CO%CA%B8>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大平 健司 (OHIRA KENJI)

名古屋大学・情報連携統括本部情報戦略室・特任助教

研究者番号：40515326

(2) 研究分担者

なし ()

研究者番号：

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号：