

プライベートなインターネットエクステンジを実現する 経路制御手法の提案

今野 幸典, 樋地 正浩
東北インターネット協議会

概要: インターネット利用者層の拡大により, これらの利用者によって構成されるコミュニティ内の情報流通を円滑にすることはますます重要になってくる. このような情報交換の場を実現する1つの方法は, コミュニティ内のトラフィックをそのコミュニティ内に閉じ込め, コミュニティ内だけで情報の交換が可能なプロバイダ間の Local IX を構築することである. しかし, 実際にこのような Local IX を構築する上では, コストや技術面で種々の問題がある.

本論文では, 既存のインターネットを活用し, その上で Local IX を利用するための経路制御方法について提案する.

Propose a Routing Method for Local Internet Exchange

Yukinori KONNO, Masahiro HIJI

Tohoku internet Association

Abstract : With the widespread of the Internet users, the importance of a smooth communication in various communities which consist of these users is increasing. A means to construct such a communication environment is a local internet exchange. The local internet exchange connects among internet service provider which member of community use, encloses traffic of these member in local internet exchange. In case we really construct local internet exchange, there is some problems such as cost and technical level.

In this paper, we propose a routing method to construct local internet exchange easily and flexibly on the Internet.

1 はじめに

インターネットの普及とその利用者層の拡大により、インターネットは、人々間の新たな情報交換の一つの手段になってきている。さらに、その利用方法も従来の電子メールや WWW (World Wide Web) に加えて、Multicast 技術によるリアルタイムな音声・動画像を利用した地域のイベントの中継や公開講座の開催等へ多様化してきている。この新たな情報交換手段が、今後も広く一般の人々に普及していくためには、さまざまなコミュニティ・地域コミュニティや特定の研究テーマに関するコミュニティ等に参加している人々の情報交換がスムーズに行われることが求められる。

インターネットを利用するためには、そこに接続するアクセスポイントを提供するプロバイダが必要になる。プロバイダは、数多く存在し、利用者はそれらのプロバイダの中から自らの利用目的、費用など、自分自身の利用方法に応じて自由に選択することができる。その一方、現状では、これらのプロバイダ間を相互に接続する接続ポイントは、数ヶ所に限られており、この接続ポイントに対するトラフィックの集中、増加により、プロバイダ間の情報交換がスムーズに行われないうことも多い。今後、各地域コミュニティで重要な役割を果たしている自治体、小中高校、図書館等の公共団体・施設が、この新たな情報交換手段を利用するにつれ、現状の接続ポイントには、一層多くのトラフィックが集中することになり、プロバイダ間の情報交換、しいてはそれを利用する利用者間の情報交換がスムーズに行われないう可能性が大きくなる。

コミュニティのスムーズな情報交換の場を実現する1つの方法は、コミュニティ内のトラフィックをそのコミュニティ内に閉じ込め、コミュニティ内だけで情報の交換が可能なプロバイダ間の相互接続ネットワーク (Local Internet Exchange: Local IX) を構築することである。このような個々のコミュニティごとに構築される相互接続ネットワークは、それぞれのコミュニティの情報ハブになり得る。特に、地域コミュニティにおいては、このような地域情報ハブを構築し、地域内での情報交流の促進に寄与することは、今後の地域情報化の発展の上で必要不可欠である。また、このような場を提供することより、コミュニティ内の新

たな情報交換方法やそのためのアプリケーションプログラムを生み出すことが期待できる。さらに、このような相互接続ネットワークの構築、運用を通して、ネットワーク技術の移転や各プロバイダ間の技術者に技術交流の場を提供することもできる。

その一方で、実際にこのような Local IX を構築する場合、そこに規模の小さなコミュニティやプロバイダも参加できるためには、Local IX への接続・運用のコストをできるだけ小さくすることが望まれる。特に、地域のイベントや公開講座の中継と言った利用方法では、それらのイベントや公開講座が開催されている期間が短いことを考えれば、それらが開催されている期間だけ Local IX に接続し、利用するという要望も当然生じることが予想される。その際、従来のように Local IX への回線の敷設から行うことは、現実的ではない。このような場合、既存のインターネット接続を前提として、容易に Local IX へ接続することが必要になる。我々は、このような背景を踏まえ、Local IX の利用技術に加え、Local IX の構築・運用を容易にするための技術の確立を目的に研究を進めている。[1] [2] [3]

本論文では、既存のインターネットを活用し、その上で Local IX を利用するための経路制御方法について提案する。

2 提案方式

2.1 適用環境

本提案では Local IX へ新たに回線を増設しなくとも既存の回線を利用して容易に Local IX への最短経路を確保出来ることを目標とする。

図1のようなネットワークがある。ISP-1 および ISP-2 はそれぞれ Internet へのバックボーンとして ISP-A および ISP-B への回線を持っている。コミュニティの形成に伴い必要に応じて ISP-1, ISP-2 は Local IX 接続点への回線を確保している。ISP-1 および ISP-2 間のトラフィックは Local IX を経由して行う構成である。

ここで、コミュニティ的に近い存在の ISP-3 が Local IX 参加組織である ISP-1 および ISP-2 との間でトラフィックを交換する場合 ISP-1 に関してはパッ

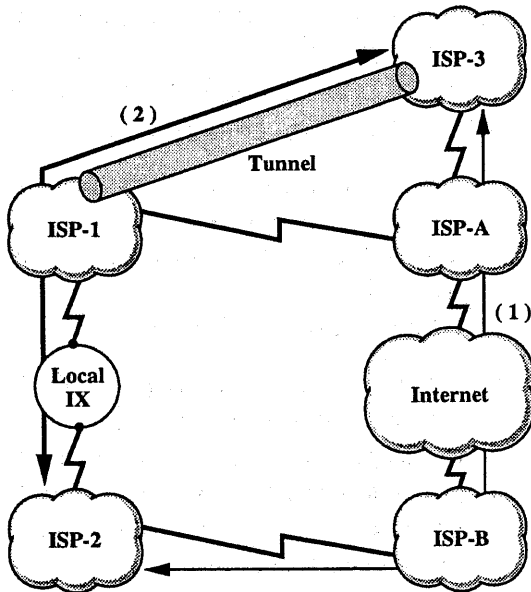


図 1: 通信路のモデル

クーポンである ISP-A を経由するだけであるが, ISP-2 とのトラフィック交換には ISP-A より先の Internet を経由することになり比較的遠距離の通信となる (図 1(1)).

これを回避し ISP-3 が Local IX 接続組織である ISP-2 と比較的近距离での通信を行うには ISP-3 が Local IX の接続点へ回線を用意して接続するのが好ましい事になる。しかし、様々な理由により ISP-3 が Local IX 接続点への物理的な回線を用意することが困難な場合が存在する。

本提案はこのような状況において Local IX への接続性を確保するための新たな回線を設けず、既存のバックボーンを活かしつつ Local IX への接続性を確保することを可能とする。

2.2 仮想的な回線

図 1 では、ISP-3 が Local IX への接続性を確保するため新たな物理回線を用意する代わりに Local IX への仮想的な回線 (Virtual Private Line) を ISP-3 と Local IX 間で形成することにより通信路を確保することを指している (図 1(2)).

仮想的な回線 (Virtual Private Line) は、両端に TR (Tunnel Router) を設置し、バックボーンネットワー

ク上に IP Tunnel Packet を通すことにより作成する。IP Tunnel は一般的に Internet バックボーンを経由して VPN (Virtual Private Network) を形成するための手法の一つとして用いられている IP Tunneling 技術を利用している。

現在利用可能な IP Tunneling 技術としては以下のものがあげられる。

- IP in IP Tunneling¹
 実装としては WIDE の VT²
 Tun device³ を用いた ipip
 IP Multicast traffic の伝送には未対応
- GRE Tunnel⁴
 Multi Protocol 対応
 実装としては Cisco 社の IOS
 IP Multicast traffic の伝送にも対応
- DVMRP Tunnel⁵
 IP Multicast トラフィックの伝送で利用
 IP Unicast traffic の伝送に未対応

Tunneling 技術としては今後の IP Multicast への対応も考慮すると GRE Tunnel が現状では有利だが Cisco 社の IOS での実装しかない。このため広く実験を行う際には原理的に近い IP in IP と DVMRP Tunnel を一緒にした形での実装を作成し利用するのが効果的であると思われる。

しかし、現時点では Cisco 社の Router を利用したテストが可能と思われるため GRE Tunnel を利用して実験をすることになるとと思われる。

いずれにせよ、上記の Tunneling 技術を利用した TR を ISP-3 へ設置、さらに Local IX への接続性を確保している ISP から ISP-3 との間でネットワーク的に近いポイントにある ISP-1 へ対向の TR を設置し、ISP-1 と ISP-3 の間に仮想的な回線 (IP Tunnel) を形成することが可能になる。

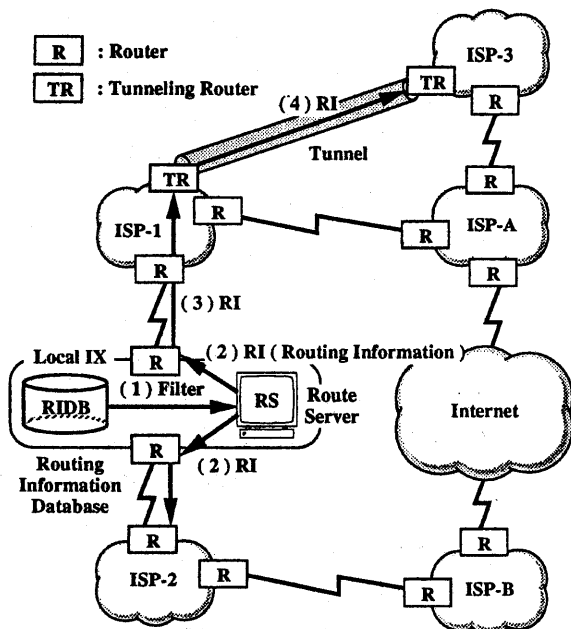


図 2: Local IX から ISP-3 への経路の流れ

2.3 経路制御

回線を確保しただけではトラフィックは交換されない。TR の両端の ISP ならびに Local IX 側での経路制御を行う事によりはじめてトラフィックの交換が行われる。

経路情報には ISP-3 側のネットワーク情報を Local IX へ伝搬させる方向と Local IX 参加組織の経路情報を ISP-3 へ伝搬させる方向が存在する。

各所の Router や RS での経路情報の取扱には BGP⁶ を用いる事を想定しているが Router によっては BGP を解釈できない場合があるため IGP での置き換えに柔軟に対応する事が望まれる。この場合 BGP を利用するところでは個々の ISP を一つの AS として位置付け Private AS 番号を Local IX 側で割り当てる。BGP を利用できないところでは IGP にて経路情報

の交換を行い最終的に RS にて RIDB からの情報を元に BGP へ変換する。

まず Local IX 参加組織の経路情報が ISP-3 の TR へ伝搬する情報の流れは、次のようになる (図 2)。

- Routing Information Data Base(RIDB) へあらかじめ各 ISP の経路情報を登録
登録する情報には IP network number と ISP 毎の識別番号が登録される。
RIDB には RADB⁷ の形式を利用する。
- 図 2(1) RIDB より Route Server(RS) へ経路情報の Filter を生成, RS へ提供する。
RS は各 Local IX 接続組織の Router(R) より動的に経路情報を入力するが, 入手した経路情報の妥当性のチェックやアナウンス時の filter として RIDB の情報を利用する。
- 図 2(2) RS から Local IX 接続用 Router(R) に各 ISP 向けに構成された経路情報を伝搬。
これには EBGP を利用。
- 図 2(3) 各 IPS の Local IX 接続用 Router(R) は RS から受け取った経路情報を自組織内の IGP へ伝搬。
同時に ISP-3 向けの経路として TR へも経路を伝搬。
これには IBGP を利用。
- 図 2(4) ISP-1 の TR は Local IX からの経路情報を ISP-3 の TR へ伝搬。
これには EBGP を利用。

以上の経路で経路情報の伝搬が行われる。

逆に ISP-3 の経路情報が Local IX までの伝搬する情報の流れは、次のようになる (図 3)。

- ISP-3 の TR から ISP-3 の経路情報を ISP-1 へ送る。
これには EBGP を利用。
- ISP-1 の TR から Local IX の Router(R) へ ISP-3 の経路情報を送る。
これには IBGP を利用。

¹IP in IP RFC1853, IP-within-IP RFC2003

²LUNA OS や SunOS 4.1.x で利用可能

³FreeBSD や Linux で利用可能

⁴Generic Routing Encapsulation Tunnel RFC1701, RFC1702

⁵Distance Vector Multicast Routing Protocol RFC1075

⁶BGP4 RFC1771

⁷URL://www.ra.net/

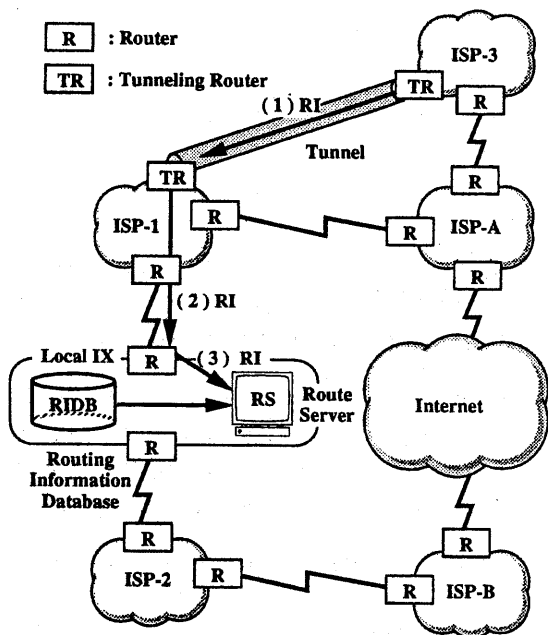


図 3: ISP-3 から Local IX への経路の流れ

- Router(R) から RS へ ISP-1 の経路情報と一緒に ISP-3 の経路情報を送る。
これには EBGP を利用。
ISP-3 の経路情報は ISP-1 をトランジットしたものとして扱う。
- RS から他の ISP の Router(R) へ経路情報を送る。
これには EBGP を利用。

それぞれの Router 間で障害が発生した場合には、障害箇所両端で経路情報の交換が出来なくなるため Local IX から障害箇所以遠の ISP への経路ならびに Local IX から ISP への経路は消滅し、通常のインターネットバックボーン経由の通信にて代用される事になる。

例えば、図 3(1)RI 経路上の仮想回線がなんらかの理由により途絶した場合 ISP-1 と ISP-3 の TR 間で交換されていた経路情報の交換も停止するため使用している経路制御手順である EBGP によって当該回線を経由していた経路が削除され ISP-3 と ISP-2 間のトラフィックは通常どおり ISP-A と ISP-B を経由して行われる。

2.4 TR と経路制御

TR 同士の通信を確保するには TR と ISP-1 および ISP-3 のバックボーンへの Router では以下の手順の経路制御を行う必要がある。

- ISP-1 と ISP-3 のバックボーンへの Router は TR を経由する経路を設定してはならない
- TR はそれぞれの ISP 内の IP address を local LAN 側の I/F と Tunnel 側の I/F で個別の IP address を持たなければならない
- TR は対向の TR へのホスト経路を明示的にバックボーン Router へと向けなければならない

TR 上で稼働する経路制御手順である BGP は TR の Tunnel I/F 側の IP address 同士で経路制御情報の交換を行うように設定を行う。

これにより Tunnel I/F 間のトラフィックは TR の local LAN I/F の IP address 間で IP カプセル化された状態でバックボーンへ送られ対向の TR へ到達し Tunnel I/F を経由して復元される。

3 提案方式の検討

3.1 利点

- Local IX への参加を容易にできる
新たに物理的な回線を用意する必要がない
- ISP だけでなくユーザーへの応用も考えられる
直接 Local IX へ接続できる可能性が持てる
- 比較的古くからある技術を利用しており実装が容易である

3.2 問題点

- ネットワークの構成管理が複雑になる可能性がある
仮想回線を考慮したネットワーク管理ツールが必要になる
- TR を持った ISP では内部の経路制御が複雑になる可能性がある
これは、ISP 内部に他組織の経路情報が通過することになるためである

- ISP-1 は接続が増えると TR の Tunnel I/F の管理が複雑になる可能性がある
これは、複数の Tunnel I/F を管理する手法が無い
ためである

3.3 課題

- ISP-1 側の TR の設置場所は ISP-1 内と Local IX の Router(R) の場所が考えられる。
ISP-3 の経路情報が ISP-1 内を通過しないよう
に変更する事により ISP-1 内部の経路情報を単
純化出来る可能性がある
また、ISP-3 向けの経路情報を Local IX 側で管
理できる可能性がある
- TR において Tunnel I/F の管理を容易にする必
要がある
そのため、動的に Tunnel I/F を管理する手法を
考慮する必要がある
- IP Tunnel のセキュリティ対策の必要がある
実装が容易なため IP Tunnel packet の偽造が簡
単にできる。偽造された packet の侵入を防ぐ手
立が必要である。

4 おわりに

本稿では、Local IX への参加を容易にするための技術として、仮想回線を利用した経路制御手法を提案した。提案した手法には、実装が単純という特徴を持つ。このことからさらなる応用も期待できる。今後、提案した手法に基づく実利用をとおして、実用上問題がないかを明らかにして行くことになる。そのための実験環境を TRIX に構築することを検討している。TRIX は提案した手法が実利用可能な ISP が既に接続している Local IX であり、RADB ベースの RIDB と RS 実装することにより、実験に必要な要件を満たすことになる。この環境での実験を通して、提案手法の実用性を明らかにしていく予定である。

Local IX 実現には、National IX で用いられているような BGP 4 を用いた経路制御技術にとらわれることなく、本提案のような方法も考えられる。本提案も BGP 以外の経路制御も視野に入れつつ研究を進める予定である。

謝辞

東北インターネット協議会、東北地域内インターネット相互接続研究会において日頃ご議論いただいている関係者の方々に感謝する。

参考文献

- [1] 菅野 浩徳, 樋地 正浩, 布川 博士, “コミュニティーインターネットの相互接続実験”, 情報処理学会研究会報告 97-DMS-6(1997), pp.19-24.
- [2] 菅野 浩徳, 樋地 正浩, 布川 博士, “東北地域内インターネット相互接続ネットワーク (TRIX) トラフィック分析 (1)”, 平成 9 年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集 2I10 (1997), pp.311.
- [3] 今野 幸典, 樋地 正浩, 曾根 秀昭, “東北地域内インターネット相互接続実験: TRIX”, 平成 9 年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集 2H12 (1997), pp.273.
- [4] W. Simpson, IP in IP Tunneling, RFC1853, October 1995
- [5] C. Perkins, IP Encapsulation within IP, RFC2003, October 1996
- [6] S. Hanks, T. Li, D. Farinacci, P. Traina, Generic Routing Encapsulation (GRE), RFC1701, October 1994
- [7] S. Hanks, T. Li, D. Farinacci, P. Traina, Generic Routing Encapsulation over IPv4 networks, RFC1702, October 1994
- [8] D. Waitzman, C. Partridge, S.E. Deering, Distance Vector Multicast Routing Protocol, RFC1075, Nov-01-1988
- [9] Y. Rekhter, T. Li, A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4), RFC1771, March 1995