

IPv6 トンネルブローカ実現のための一方式について

3 F - 4

米沢 敏夫
通信・放送機構

山本 秀樹 中川 聡
沖電気工業株式会社

1. はじめに

携帯電話や PC の爆発的普及などにより、IPv4 アドレス枯渇の問題はますます深刻になろうとしている。今や IPv4 から IPv6 への移行の流れは明確である。そこで、総務省・文部科学両省の主導により進められている学校インターネットの研究においても、次世代のインターネットプロトコル IPv6 への円滑な移行を行なうために、複数の IPv6 および IPv4 ネットワークの環境を構築し、その上で各種トラフィック特性下における相互運用検証と、動画配信、テレビ会議における適用性の研究開発を行なっている。その一環として、本研究では IPv4 上の IPv6 トンネリング技術に関する IPv6 トンネルブローカ[1]をベースとして、複数のトンネル候補から経路の実測値を基に評価・選択し、最適なトンネルを自動的に設定する方式を開発・試作した。本稿では、この方式や試作結果について報告する。

2. 現状のトンネリング技術

トンネリング機構は幾つかの機構が提案されている。それらの中で、6to4 トンネリング機構[2]は簡単で適用範囲が広い機構であるが、個々の IPv6 ホストへの適用には向かない。

一方、トンネルブローカは、IPv4 ネットワーク上の孤立したホストへの適用に向いており、6to4 トンネリング機構と補完的な位置付けにある。

トンネルブローカは、ユーザからのトンネル要求を自動的に管理するための専用のサーバ(トンネルブローカと呼ばれる)の提供に基づいたトンネル設定の機構である(図 1 参照)。クライアントはトンネルブローカにトンネル要求を出すだけで、相手となる適切なトンネル終端の自動的な設定とクライアントのトンネル設定に必要な情報を入手できる。このため、従来手作業で行っていたトンネル設定作業

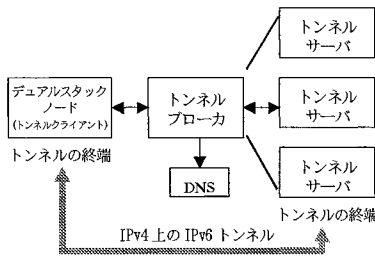


図1 トンネルブローカのモデル

の負荷を大いに軽減できる。

3. トンネルブローカへの要求

文献[1]、[3]では、複数のトンネル候補から最適なものを選択する方式について述べているが、学校インターネットに必要な以下はあまり考慮されていない。

- ①使用者のトンネルに対する品質要求の反映
- ②使用者や運用者の負荷の軽減

学校インターネットでは、web ホームページの参照も多いが、動画伝送のためのストリーミングやテレビ会議などの使用も徐々に増加しつつある。これらの使用時にネットワークに要求される品質には、遅延時間が短いことや帯域が十分確保されていることなどがある。従って、ネットワークに対する個々の品質要求に応じたトンネルの設定が求められる。

また、トンネルの使用者やトンネルの運用者の運用時の負荷を可能な限り減少させることが必要である。

4. 改良型トンネルブローカ方式について

4.1 位置付け

トンネルブローカ方式をベースに、前節で挙げた要求を反映するように方式の改良を図った。また、トンネルクライアントの形態は、①トンネルクライアントがルータの場合、②トンネルクライアントが送信元ホストの場合の2種類を想定した。

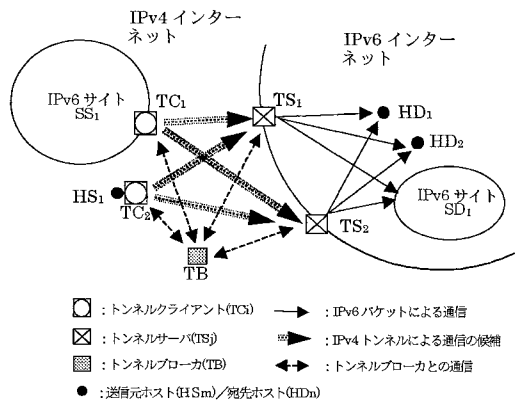


図2 トンネルブローカ使用時のネットワーク形態

On a Method for Implementation of IPv6 Tunnel Broker

Toshio Yonezawa(ipv6@central.schoolnet.gr.jp)
Telecommunications Advanced Organization of Japan

Hideki Yamamoto(yamamoto436@oki.co.jp)
Satoshi Nakagawa(nakagawa@kansai.oki.co.jp)
Oki Electric Industry Co., Ltd.

4.2 改良型トンネルブローカ方式の概要

トンネルクライアントの運用者の指定など何らかの事象を契機として、トンネル設定処理を開始する。トンネル設定処理は、トンネルクライアントのトンネル設定および経路制御表への設定を含めて、自動的に実行し完了する。トンネル設定処理には、過去のトンネルの使用状況データと

運用者のトンネル設定の指示データを合わせて用いる。トンネルクライアントの要求に従って、トンネルブローカは、管理対象範囲の複数のトンネルサーバと連携して、選択可能なトンネルサーバを経由した経路の測定とその結果を基に設定すべきトンネルを選択し、トンネルサーバの設定を行なう。続いて、トンネルクライアントに接続元トンネルの設定に必要な情報(トンネル接続先アドレス、送信元を使用する IPv6 アドレスプレフィックス)を返し、これにより、トンネルクライアントがトンネル接続元のトンネル設定を行なうことで、トンネル設定処理が完了する。図3に自動的なトンネル設定処理の概要の例を示す。

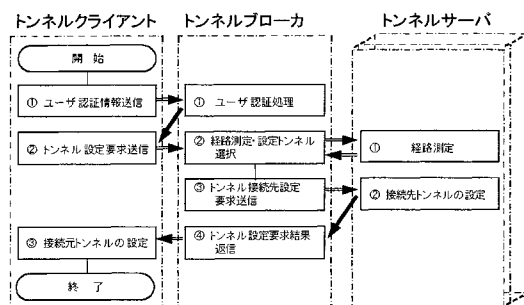


図3 自動的なトンネル設定処理の概要の例

(1) 経路の測定

トンネルの選択は、トンネルの使用状況データを基に経路の品質を実測し、その結果の評価に基づき実施する。これより、運用中の適切な時点でトンネルの設定変更を繰り返し行なうことで、利用実態に応じた最適なトンネル設定を常に維持することが可能となる。

トンネル候補を含む経路の品質測定は、トンネル接続元のトンネルクライアントから宛先ホストまでである。測定に使用するメトリクスには、トンネル設定指示データで指定された品質メトリクス(例えば、遅延時間や帯域など)を用いる。

この測定はトンネルクライアントでも可能であるが、トンネルサーバが実施するほうが都合がよい。その理由は、トンネルサーバがトンネルクライアントと宛先ホストの経路上の中間に位置するトンネル終点であるため、経路全体の測定が可能であり、経路の重複部分(トンネルクライアント→トンネルサーバ間)の測定が1回でよいことである。さらに、コストを要するトンネル構成を実施する必要もない。

また、実環境における測定には、時間を要することやネットワークに負荷を与えることが予測されるので、測定対象の宛先は通信頻度上位の宛先に限定したり、AS 毎にまとめて行なうなど測定範囲を絞り込むことを考慮する。

(2) トンネルの選定

トンネルブローカの管理対象範囲のすべてのトンネルサーバの経路に関する測定結果を基に品質メトリクスに応じてトンネルを選択する。この時、トンネルクライアントの形態によって、次の二つのトンネルの選択・設定方法を使い分ける。

① トンネルクライアントがルータの場合

通信の宛先毎にトンネルを設定する。また、通信頻度の低い宛先のためにデフォルトのトンネルを併用する。

② トンネルクライアントが送信元ホストの場合

クライアント毎に1つのトンネルを設定する。トンネルの評価には、測定値の通信頻度の加重平均値を用いる[3]。

(3) IPv6 アドレスプレフィックスの付与とアドレス変換

戻り方向と行き方向のパケットが同等のトンネルを使用するようにするためには、行き方向パケットの IPv6 送信元アドレスが重要となる。そこで、トンネルブローカがトンネルクライアントに与える IPv6 アドレスプレフィックスを選択したトンネルに応じて変える。実際のトンネリングにおいて、トンネルクライアントがルータの場合はトンネルクライアントがアドレス変換を実施して対応するが、送信元ホストの場合は送信元ホストがそのプレフィックスのアドレスを直接使用する。

5. 試作とその結果

上述のアルゴリズムをトンネルブローカ上に実装し、トンネルブローカ TB、宛先ホスト、トンネルクライアント TC を実際のインターネット上に設置した。TC から3つの宛先ホストへ表1の通信頻度のパケットを送信した場合に、TB が3つのトンネルサーバTSから収集した測定値を表1に示す。トンネルクライアントがルータの場合、本TBは、この結果から宛先ホスト1にはTS3、それ以外はデフォルトとしてTS1という結果を返した。文献[3]の方式と比較するとTS3の使用により性能が向上した。

※ 単位: msec

	TS1	TS2	TS3	通信頻度
宛先ホスト1	34.7+20.7	35.2+25.1	51.9+0.1	70%
宛先ホスト2	34.7+0.5	85.2+0.1	51.9+25.1	20%
宛先ホスト3	34.7+0.1	35.2+0.5	51.9+20.7	10%

表1 TC から各宛先ホストまでの遅延時間(往復)の測定値

6. まとめ

IPv6 トンネルブローカをベースとして、複数のトンネル候補から経路の実測値を基に評価・選択し、最適なトンネルを自動的に設定する方式を開発・試作した。この方式により、月日と共に変化するネットワークの接続形態、通信品質、および通信量や通信先などのトンネルの使用状況ならびに利用者のニーズに応じた最適なトンネル設定を小さな運用負荷で維持することが可能となる。

7. 謝辞

本研究は通信・放送機構(TAO)の「学校における新たな高速アクセス網活用型インターネットに関する研究開発」の一環として実施しているものである。関係各位の支援と助言に感謝する。

参考文献

- [1] A. Durand, et al, "IPv6 Tunnel Broker", RFC3063, 2001.
- [2] Carpenter, B, Moore, K., "Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds", RFC3066, 2001.
- [3] 忍頂寺毅 他, "IPv6 ユーザネットワークのための通信先へのアクセス頻度を利用したトンネル接続方法", 情全大第59回, pp3-457-3-458, 1999.