

複数通信相手への経路の通信品質を考慮した IPv6 トンネルリンク選択方法¹

忍頂寺 毅² 山下 高生³NTT 情報流通プラットフォーム研究所⁴

1 はじめに

近年のインターネットの急速な発展から、インターネットプロトコル IPv4 の限界が指摘され、次世代の IPv6 が実運用に向けて研究開発されている。IPv4 から IPv6 へと移行する現在、IPv6 ネットワークの構築にはネイティブリンクとトンネルリンクの二つが用いられる。IPv6 ネットワーク中のアクセスネットワークでは、ユーザネットワークが ISP と接続を行う。しかし、全ての ISP が IPv6 接続を提供するには時間がかかると考えられる。このため、アクセスネットワークの構築には、IPv4 による通信を利用して IPv6 接続を行うトンネルリンクが重要となる。

本報告では、小規模ユーザネットワークがトンネルリンクを用いて移行する際、単一のプロバイダと接続するシングルホームと、複数のプロバイダと接続するマルチホームを想定する。最初にシングルホームおよびマルチホームにおいて通信品質の劣化が発生する要因について説明する。次に、問題の解決として、複数の通信相手への通信品質を考慮したアクセスネットワーク構築方法を提案し、最後にその実装と評価について述べる。

2 問題点

2.1 シングルホームにおけるエンド-エンド間経路の部分的評価に基づくトンネルリンク選択による問題

この問題を図1を用いて説明する。図1では、ユーザネットワーク S は、トンネルサーバ T1 および T2 をトンネル接続先候補として、シングルホームを行う。T1 および T2 から通信相手 D1 と D2 までの経路は、それぞれ点線及び一点鎖線で表されている。現在、主に用いられる選択方法は次の2つである。

- (1) トンネルサーバの負荷が平均化されるように選択
- (2) 最も近い接続先を選択

(1)の場合、図1の T1 と T2 を比較すると、既設トンネル本数が少ない T1 とトンネル接続を行うことになる。しかし、D2 を優先するユーザにとっては T2 経由のほうが良好な通信品質を得られるため、T1 との接続は却って品質の劣化を招く。また、(2)の方法で T1 と T2 を比較した場合、遅延時間が短い T1 と接続を行うことになる。この場合も、D2 を優先するユーザにとっては通信品質の劣化につながる。

2.2 マルチホームにおけるトンネルリンクによるネットワーク的距離の隠蔽による問題

この問題を図2を用いて説明する。図2にあるユーザネットワーク S は、プロバイダ A のトンネルサーバ T1 およびプロバイダ B のトンネルサーバ T2 とトンネル接続し、マルチホームの状態にある。H1 から H3、および H4 から H6 までは、それぞれ、IPv4 インターネットおよび IPv6 インターネットで経由するルータである。S が D1 と通信を行うとき、IPv6 のルーティングプロトコル BGP4+ は、T1 経由の D1 への経路を、その AS Path

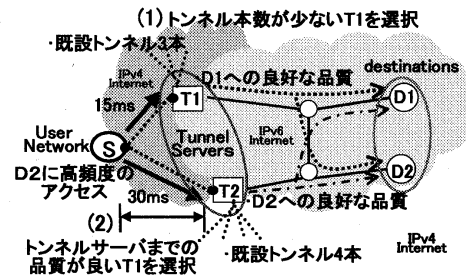


図1 単一トンネルリンクの選択

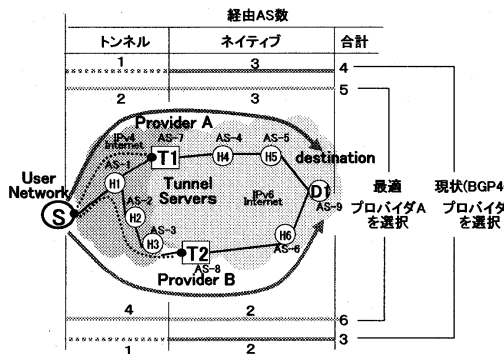


図2 トンネルリンクにおけるネットワーク的距離の隠蔽

(7 4 5 9) の長さ4として評価する、また、T2 経由の D1 への経路を同様に(8 6 9)の3として評価する。これらの長さの比較から T2 経由を選択する。

しかし、各トンネルサーバまでに通過する IPv4 インターネットを考慮すると、T1 経由では(1 7 4 5 9)の5、T2 経由では(1 2 3 8 6 9)の6となり、T2 経由の経路が最短経路にはならない。このように、BGP4+ではトンネルリンク内で実際に通過するリンクが隠蔽され、ネットワークの距離を反映した最短経路が選択されない。よって、この例にある D1 へ重点的にアクセスするユーザにとっては、通信品質の劣化を招くことになる。

3 解決方法

3.1 複数の通信相手への平均的通信品質を考慮した単一トンネルリンク選択

前述のようにシングルホームでは、「エンド-エンド間経路の部分的評価に基づくトンネルリンク選択による問題」から、通信相手によっては通信品質が劣化する状況が発生する。そのため、本手法では、複数の通信相手に対する平均的な通信品質を考慮したトンネルリンク選択を提案する。ここでは、多くアクセスする通信相手への経路の通信品質をより重視する。そこで、(i)ユーザネットワークからの通信相手とそのアクセス頻度を分析し、(ii)複数の通信相手に至るエンド-エンド間の経路の品質を実測し、(iii)複数の通信相手に対して実測した品質とアクセス頻度とから各トンネルリンクの品質を求め、各トンネルリンクの品質に基づいて最適なトンネルリンクを決定する、こと

¹ How to select IPv6 tunnel provider to improve quality of communication with multi destinations

² Takashi NINJOUJI

³ Takao YAMASHITA

⁴ NTT Information Sharing Platform Laboratories

で解決する。

まず、(i)でユーザネットワークからの送出パケットをモニタリングすることで通信相手の抽出とそのアクセス頻度を測定する。次に(ii)で測定するエンド-エンド間の通信品質を経路比較メトリックと呼ぶ。これは、帯域を反映する伝送遅延とネットワークの地理的距離を反映した伝搬遅延との和とする。また、このメトリックをユーザネットワークのみからの実測で得るため、往復の遅延時間(RTT)で代用する。実測方法は、pathchar[1]のアルゴリズムで用いられているように、あるサイズの packets を複数回送出し、その最小遅延時間を用いる。最後に、(iii)で、各トンネルリンクについて、そこを経由した時の経路比較メトリックに対して各通信相手へのアクセス頻度による重み付けから加重平均値を求める。これをトンネル比較メトリックと呼ぶ。そして、このトンネル比較メトリックが小さくなるトンネルリンクを選択する。

3.2 実測による通信品質に基づくトンネルリンク選択的利用

前述のようにマルチホームでは、"トンネルリンクによるネットワークの距離の隠蔽の問題"から通信相手によっては最短経路が選択できない場合がある。本手法では、個々の通信相手について通信品質を実測し、その結果に応じてトンネルリンクを使い分けることを提案する。まず、シングルホームにおけるアプローチと同様に(i)と(ii)による実測結果から通信相手毎に経路比較メトリックを得る。これにより、(iv)通信相手毎に経路比較メトリックが小さくなるトンネルリンクを、ユーザネットワークの外部との接続を行うルータの経路表に加える。これにより、最適なトンネルリンクを選択的に利用することで解決する。

4 実験と評価

4.1 実験環境

第3章で提案した手法について評価を行った。ユーザネットワークには複数のプロバイダとトンネル接続を行うユーザ端末を想定し、FreeBSD2.2.8にKAMEパッチを当ててIPv4/IPv6の両プロトコルに対応した端末を用意した。この端末上で(i)から(iv)の各手法を実装した。トンネル接続は世界的IPv6実験ネットワークである6boneにおいてトンネルサーバを運用している CSELT、NTTV6net-pTLA(以下pTLA)およびNTTV6net-NLA(以下NLA)を行った。NLAはWIDEに接続されているため、pTLAとは異なる外部経路で6boneへと到達する。通信相手は、IPv6で閲覧可能なWWWサーバとした。また、経路比較メトリックを測定するためのパケットサイズは、OCN-to-SINET間におけるhttpトラフィックの平均パケットサイズから600バイトとした[2]。

4.2 評価

まず、3.1節で述べた単一トンネルリンク選択の評価を述べる。ここで、ユーザのアクセス傾向として、Type1, Type2, Type3の3つを定義した。図3上にあるように、Type1は日本で運用されているWWWサーバへのアクセスが多く、Type2はヨーロッパが多く、Type3はすべてのWWWサーバに対してほぼ均等にアクセスする場合である。

各通信相手への経路比較メトリックを図3下に、この結果を元に得たトンネル比較メトリックを表1に示す。すべてのタイプでpTLAが最も良いプロバイダとなった。また、CSELTとNLAを比べた場合、Type1ではNLAが、Type2ではCSELTが最適トンネルリンクとなった。ユーザのアクセス頻度によりトンネルリンクから得られる平均的な品質に差が生じることから、本手法が有効であることがわかった。

次に、3.2節で述べたトンネルリンク選択的利用の評価結果を示す。BGP4+のAS Path長による最適トンネルリンクと、各プロバイダからの経路比較メトリックによる最適トンネルリンクを表2に示す。両者の結果には差があり、ルーティングプロトコルだけでは十分な最適経路選択ができていないことから、本手法が有効であることがわかった。

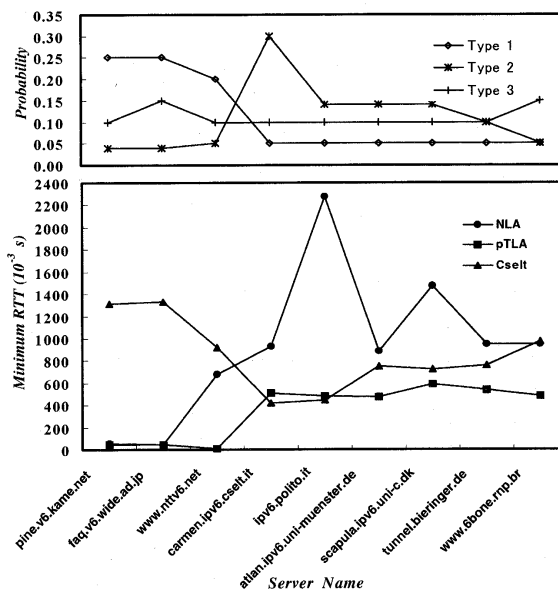


図3 アクセス頻度(上)と経路比較メトリック(下)

表1 トンネル比較メトリック(ms)

	Type 1	Type 2	Type 3
pTLA	177.53	440.24	342.02
NLA	531.89	1104.61	870.86
CSELT	1044.52	669.17	875.81

表2 AS Path 長と経路比較メトリックの比較

	AS Path長	経路比較メトリック
pine.v6.kame.net	NLA	pTLA
faq.v6.wide.ad.jp	NLA	pTLA
www.nttv6.net	pTLA	pTLA
carmen.ipv6.cselet.it	CSELT	CSELT
ipv6.polito.it	CSELT	CSELT
atlan.ipv6.uni-muenster.de	CSELT	pTLA
scapula.ipv6.uni-c.dk	pTLA	pTLA
tunnel.bieringer.de	CSELT	pTLA
www.6bone.rnp.br	CSELT	pTLA

5 今後の課題

今後は、各機能の連携と自動化を進め、ツールとしての利便性を高めていく。また、IPv6における経路制御との統合を図り、ユーザサイトにおける運用性を向上させていく。

参考文献

- [1] Jacobson Van, "Pathchar - a tool to infer characteristics of Internet paths", <ftp://ftp.ee.lbl.gov/pathchar/msri-talk.pdf>
- [2] 川原等, "インターネットバックボーントラフィック測定分析", 信学技報(SSE99-63), 1999.5