

HTTP 通信における IPv4 と IPv6 のネットワーク環境比較

平野 紘大

Kodai HIRANO

1. はじめに

インターネットの世界的な普及により、IPv4 アドレスの国際的な在庫 (IANA Pool) が、2011 年 2 月 3 日に枯渇した。また、2011 年 4 月 15 日には、アジア太平洋地域の RIR (APNIC) の在庫も枯渇した。

現在は、未使用アドレスの再利用や、NAPT などによって対応している。アドレスの価格も上昇しており [1]、インターネットの発展を妨げている。

この問題を解決するためには、IPv4 の後継規格である IPv6 を推進することが必要である。現状の IPv4 でのネットワーク環境を、IPv6 で引き継ぐためには、IPv4 と同等以上の性能が求められる。

本研究では、エンドユーザーから見た IPv6 ネットワークの現状を把握するため、IPv4 との通信品質の比較という観点でのネットワーク計測を実施し、通信遅延と帯域幅をもとに、得られた結果を分析する。

2. 既存研究

2.1 RTT による比較

[2] で北口らは、同一クライアントからの、IPv4 と IPv6 による HTTP 通信を比較し、ネットワーク品質を評価している。

TCP コネクションの確立時に送受信される、SYN+ACK パケットと ACK パケットの応答時間 (RTT) によって、サーバ・クライアント間のネットワーク通信遅延を求めている。

2009 年 6 月から 2010 年 6 月までの、1 年間のデータを分析している。IPv4 アドレスを基に、ユーザを特定し、ユーザ毎の通信遅延の中央値を算出して、用いている。地域毎の、IPv6 トンネル接続とネイティ

ブ接続の比率の推移も示している。地域毎に、IPv4 と IPv6 の RTT の比率の推移を示している。日本にサーバを設置したため、ARIN 地域 (北アメリカ) や RIPE 地域 (ヨーロッパ, 中東, 中央アジア) では、オーバーヘッドが大きく、IPv4 と IPv6 の遅延差が評価しにくい。APNIC 地域 (アジア, 太平洋地域) のユーザーに焦点を当てて、分析している。

IPv6 の通信遅延は、ネイティブ接続はトンネル接続に比べると、IPv4 に近い品質であるものの、IPv6 の遅延が大きいという調査結果となっている。

2.2 MSS と TTL によるネットワークの推定

[3] で北口らは、HTTP 通信の観測によって、IPv4 と IPv6 のネットワーク環境の比較をしている。

TCP での MSS (Max Segment Size) 値と、IP における TTL (Time To Live) 値 (IPv6 の場合には Hop Limit 値) で、通信路とホップ数を推定し、IPv6 ネットワークの展開状況を、推測している。

MSS は、TCP 通信で送受信できる、最大のパケット長である。この MSS は、TCP 通信の開始時に、ユーザー側が、サーバ側に対して宣言するもので、MSS 値を観測することで、通信路がどのようなものを推測することができる。MSS 値により、ヘッダの長さを求めて、通信路の形態 (PPPoE など) を推測する。

TTL は、IP ヘッダに設定されている値で、パケットがルータを経由できる最大値を示す。ルータを経由するたびに、1 ずつ減算されるので、デフォルト値とサーバ到着時の値を用いて、ホップ数を割り出している。

地域毎の通信路の特徴を分析している。IPv4 と IPv6 のホップ数を比較することで、トポロジがどれくらい違うのかを推測している。

2.3 先行研究との違い

[3] では、ネットワーク環境を推定するにとどまっているので、ネットワーク環境の推定手法を借りて、品質の比較まで行う。また,[2] では、通信遅延のみを品質として評価していたが、本研究では、帯域幅も計測し、評価する。

3. 計測手法

HTTP GET/POST による通信を用いる。

帯域幅を計測するために、10G の NIC を用いて、サーバー側がボトルネックにならないようにする。IPv6 ネットワークの現状を知りたいので、特定の機器との通信ではなくあらゆるユーザークライアントとの通信を測定する。

ダウンロードの速度計測では、1MByte のデータを 15 秒間ダウンロードし続け、帯域値を計測し、平均値を求める。

アップロードの速度計測では、HTTP のヘッダのみのデータを、HTTP POST により 15 秒間転送し続けて、帯域値を計測し、平均値を求める。

他に取得し、保存する情報として IP アドレス、時刻、RTT, Jitter, 位置情報などがある。

3.1 残タスク

目標の計測環境を整えるための残タスクをまとめる。

3.1.1 デュアルスタック

サーバーを IPv4 と IPv6 の両方に対応させる。

また、IPv4 の計測完了後、ユーザーのネットワークが IPv6 に対応していた場合、可能であれば、自動的に IPv6 での計測を始める。逆に IPv6 の計測から始めた場合も同様に、自動的に IPv4 での計測を始める

3.1.2 ユーザー同定

本研究の目的は、IPv4 と IPv6 の通信状況の比較である。したがって、同一のユーザーからの IPv4 と IPv6 の通信を比較、評価する必要がある。

北口らの研究 [2] では、url パラメータに、userId を持たせて、同じユーザーからの通信を識別している。これは [3] でも利用されている。

また、大量のアクセスが同じユーザー（ヘビーユーザー）からあった場合、その影響を考慮する必要がある。IPv4 アドレスを基にユーザーを特定する。

また、Route Views Project [4] が公開している BGP のフルルート情報を用いて、AS 情報を求める。

3.1.3 PPPoE や IPoE など通信路の形態の推定

[2] では、AS 番号が IPv4 と IPv6 で異なるとき

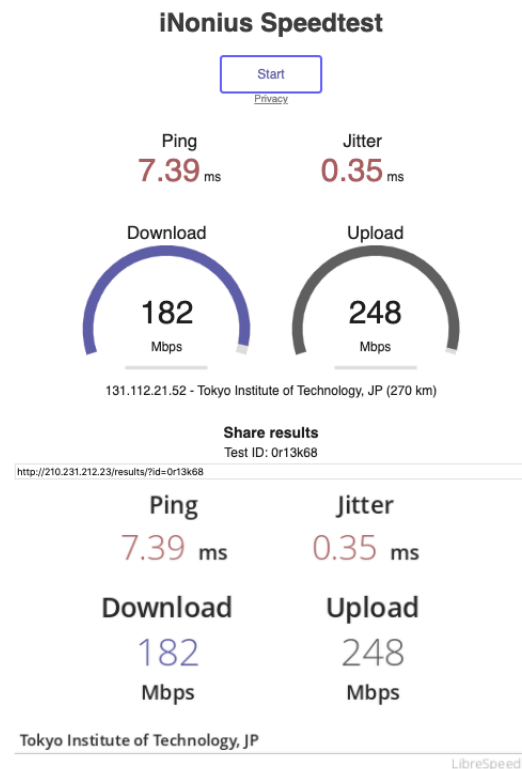


図 1 現状のサイト (<http://210.231.212.23/>)

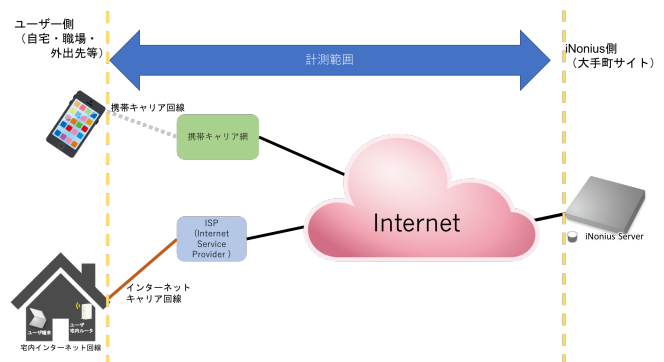


図 2 システム構成

- IPv4 と IPv6 でそれぞれ別の AS 経由でネイティブ接続している
- IPv4 over IPv6(IPv6 はネイティブ)

のパターンは少ないと仮定し、IPv6 はトンネル接続として、AS 番号が同じならば、IPv6 はネイティブであるとしている。

[3] では、MSS 値により、ヘッダの長さを求めて、通信路を推定している。また、[1] での推定方法との比較をして、上記の仮定を否定している。

本研究でも、MSS と TTL を計測したいと考えている。

3.1.4 UI/UX

4. 計測結果の分析

ユーザーを通信路の形態とホップ数で分類し、その通信遅延、帯域幅の分布をとり、IPv4 と IPv6 で比較して、その傾向を分析するつもりである。

文 献

- [1] IPv4.GLOBAL,<https://auctions.ipv4.global/prior-sales>
- [2] 北口 善明, 伊波 源太, 永見 健一, “HTTP 通信からみた IPv4 と IPv6 通信遅延の比較評価” ,IEICE Technical Report, IA2010-37(2010-9)
- [3] 北口 善明, 伊波 源太, 永見 健一, “HTTP 通信を利用した IPv4 と IPv6 のネットワーク環境比較” ,IPSJ SIG Technical Report, vol.2011-IOT-12 No.16
- [4] University of Oregon Route Views Project, <http://www.routeviews.org/>, January 2005.
- [5] iNonius Project, <https://inonius.net/>