

## 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、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、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する。

### 2. 既存研究

#### 2.1 RTT による比較

[1] 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

[2] 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

[2] 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、[1] では、通信遅延のみを品質として評価していたが、帯域幅も計測し、評価する。

## 3. 計測手法

基本的には [4] と同じ

HTTP GET/POST による通信を用いて計測  
ダウンロードの速度計測

1MByte のデータを 15 秒間ダウンロードし続け、その際の帯域値を計測し平均値を求めます。200m 秒毎に計算し、画面上のメーターに表示します。

アップロードの速度計測

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ます。200m 秒毎に計算し、画面上のメーターに表示します。

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。

取得する情報:IP アドレス, 時刻, Upload, Download, 遅延, Jitter, 位置情報

### 3.1 残タスク

目標の計測まで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。IPv4/6 の計測完了後、ユーザーのネットワークが IPv6/4 に対応していた場合、自動的に IPv6/4 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 [1] 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 [2] 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ので、IPv4 アドレスを基にユーザを特定する。

また、Route Views Project [3] が公開している BGP のフルルート情報を用いて、AS 情報を求めている。

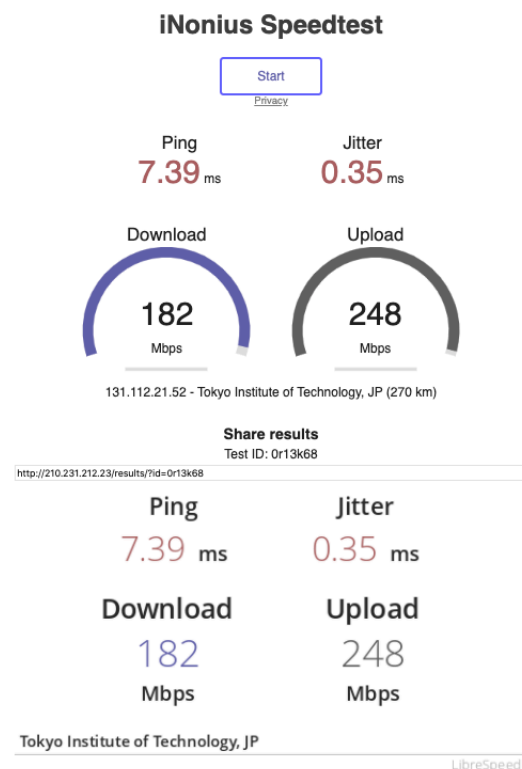


図 1 現状のサイト (<http://210.231.212.23/>)

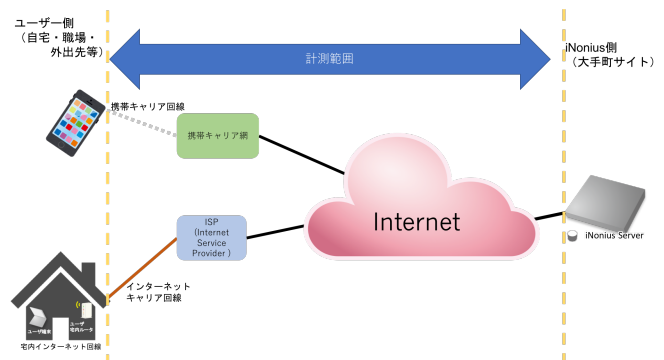


図 2 ネットワーク構成

### 3.1.3 UI/UX

## 4. 計測結果の分析

### 4.1 PPPoE や IPoE など通信路の形態の推定

[1] では、AS 番号が IPv4 と IPv6 で異なるとき

- IPv4 と IPv6 でそれぞれ別の AS 経路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。

[2] 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。

[2] の MSS による推定方法の問題点としては、通信路の形態が一意に定まらない可能性があることがあげられる。

#### 文 献

- [1] 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)
- [2] 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
- [3] University of Oregon Route Views Project, <http://www.routeviews.org/>, January 2005.
- [4] iNonius Project, <https://inonius.net/>