

エンドユーザからのトラフィック計測システムについて

山森 雅文[†] 伊藤誠志 小野泰司 近藤 邦昭 江崎 浩[‡]

[†] 情報通信研究機構大手町 JGNII リサーチセンター 〒100-0004 東京都千代田区大手町 1-8-1

[‡] 東京大学大学院情報理工学系研究科 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

E-mail: [†] m-yamamori@nict.go.jp, [‡] hiroshi@wide.ad.jp

あらまし 近年、インターネット全体に係わる測定が研究されているが、これらの多くは、特定ネットワーク内に設置された測定装置間や、特定の区間に行われているのが現実である。しかし、インターネットの利用者の視点で品質測定を考慮するためには、利用者が接続している ADSL や FTTH なども含めた形で測定することが望ましい。そこで本研究では、ユーザの端末から特定のサイトに対してエンドツーエンドで、インターネットの品質を測定できるソフトウェア(Inetq)のトラフィック計測について紹介する

キーワード インターネット、品質、測定、Inetq

About the traffic measurement system from an end-user

Masafumi YAMAMORI[†] Seishi ITO Yasushi ONO

Kuniaki KONDO and Hiroshi ESAKI[‡]

[†] National Institute of Information and Communication Technology,

1-8-1 Ohtemachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-0004, Japan

[‡] Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo,

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan

E-mail: [†] m-yamamori@nict.go.jp, [‡] hiroshi@wide.ad.jp

Abstract Recently, being done to between weighing devices set up in a specific network and the specific section is a reality in many of these though the measurement related to the entire Internet is researched. However, it is preferable to measure it in shape including ADSL and FTTH, etc. that the user connects to consider the quality measurement by the aspect of the user of the Internet. There, the trough of software (Inetq) that can measure the quality of the Internet from user's terminal end-to-end compared with a specific site in this research.

Keyword Internet, quality, measurement, Inetq

1. 背景

総務省発表の「情報通信白書」によると、インターネットユーザ数は、2003 年度末で約 8000 万人、国内人口に占める割合は 60% に達しているとの発表があった。このような利用者数の急伸は広帯域で固定料金ブロードバンドサービスの展開などによって加速度的に広まり、エンドユーザへのアクセス網が ADSL などによる数 Mbps から光ファイバー接続による 100Mbps までになっており、現在ではバックボーン回線の容量も 10Gbps を超える必要があるようになってきた。また、インターネットが社会経済でのインフラストラクチャとして利用されるようになり、ネットワーク利用時のサービス保証のために QoS の要求も強まっている。QoS では現在利用可能な資源の情報を正確に把握し、経路の選択やフローコントロールを実施しなければ

ならない。その時必要となるパラメータとして、ネットワークの帯域や遅延のゆれ（ジッタ）の情報が挙げられ、それらを正確に計測することが重要である。

また、品質の高いネットワークを構築するためには、ネットワーク特性を十分に把握した上で、それに基づいたアプリケーション制御、アプリケーションシステム設計が必要になる。特に、従来のネットワーク設計手法論が単一キャリアを前提にした、閉じたものであったのに対して、インターネットにおいてはオープンな環境におけるネットワーク設計論が必要になっている。

現在、現状のインターネット環境において品質の測定をいろいろな形で行われてきたが、いずれもある特定の地点間においての測定であり、インターネットの利用者の視点を考慮した場合、品質の測定は利用者が

接続されている ADSL や FTTH や、地域 IP 網の網内品質なども含めた区間で計測することが望ましい。

そこで、次世代 IX 研究会(Distix)のワーキンググループの1つである計測ワーキンググループ活動(Resilient Project)において、ユーザの端末から特定のサイトに対してエンドツーエンドで、インターネット品質を測定できるソフトウェア(Inetq)を開発した。

2. システムの概要

本計測システムは、計測情報配布サーバが測定の対象となる被計測サーバ、ポート数、ペイロードなどを一括管理し、各被計測サーバに対して行きの片方向遅延、帰りの片方向遅延、RTT、更に行きの TTL、帰りの TTL により経路変化を取得して、経路を取得することができる。計測の対象となる区間は、ユーザの PC から計測対象となる被計測サーバまでの区間であり、ユーザがアプリケーションなどの使用時にネットワーク状況の把握をすることができる。

また、IPv4 だけではなく、IPv6 についても同時に計測をすることができるオプションもある。現在 IPv4 アドレスがあと数年で枯渇するのではないかと危惧されており、IPv6 の経路測定や IPv4,IPv6 アドレスでの経路の違いなどについて測定することが出来ることにより、将来 IPv4,IPv6 のデュアルなネットワークアプリケーションが登場した際に、最適な IP パージョンを選択することにも役立つことにも期待できる。

2.1. 計測システムの構成

本計測システムは、図 1 のように一般のインターネットユーザに本計測システムの計測クライアントソフトウェアをインストールした計測クライアントと、計測対象として協力してもらっている被計測サーバ、更には計測データを収集するサーバと計測情報を配布するサーバで構成されている。

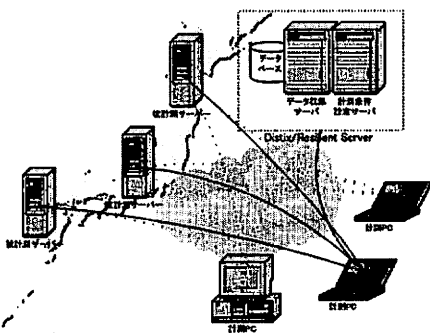


Fig.1 計測システムの構成概念図

計測クライアントソフトウェアは、Windows と FreeBSD の 2 つの OS に対応し、非計測サーバソフトウェアは FreeBSD のみの対応となっている。

計測クライアントソフトウェアは FreeBSD 版ではデーモンとして実行し、Windows 版もバックグラウンドで実行される。また、被計測サーバソフトウェアはデーモンとして実行する。

以下の図 2 は、計測クライアントソフトウェアのモジュール構成である。

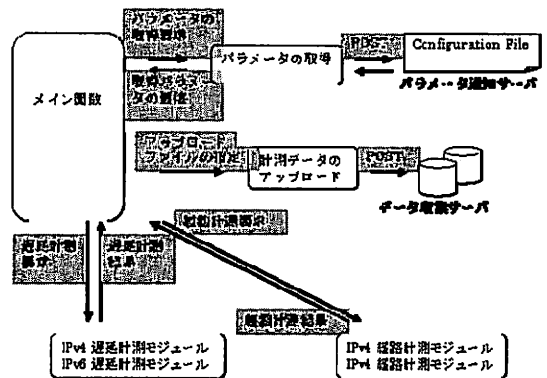


Fig.2 ソフトウェア機能構成図

計測に必要な情報(測定するパケットサイズ(複数指定可)、対象ポート番号(複数指定可)、1度の測定での計測回数、計測パケットのタイムアウト時間、計測パケットの送出間隔、TTLの大きさ、計測対象となる被計測サーバの IPv4,IPv6 アドレス)を起動時に計測情報配布サーバに問い合わせを行う機能、計測結果を計測データ収集サーバにアップロードする機能、IPv4,IPv6 についての遅延計測を行う機能と、IPv4,IPv6 についての経路計測を行う機能に大きくモジュールを分けることができる。

2.2. 計測内容

本計測システムでの目的とする計測項目は以下となる。

- ◆ パケットロス
- ◆ 片方向遅延(行き)
- ◆ 片方向遅延(帰り)
- ◆ RTT
- ◆ TTL(行き)
- ◆ TTL(帰り)
- ◆ 通信経路

計測の区間は、計測クライアントソフトウェアがインストールされている計測 PC から、あらかじめ設置してある特定の被計測サーバ(全国の主要な拠点に複数配置予定)間であり、測定容は、行きのパケット遅延、帰りのパケット遅延、RTT、行きの TTL、帰りの TTL、

そしてパケットロス率である。

2.3. 計測の種類

1) UDP 遅延計測

計測クライアントより被計測サーバに対して UDP パケットのメッセージを送信する。被計測サーバでは、受信したメッセージに受信時刻情報を追加して計測クライアントに返送する。計測クライアントでは、受信した時刻を記録して、行き方向、帰り方向、RTT の遅延時間を導き出す。

計測に利用するパケットサイズは、ショートパケット(100byte 以下)および、ロングパケット(1000byte 以上)などから適宜選び計測を行う。

計測パケットは、パラメータにより設定された送信回数分送付し、その応答結果より、最小遅延、最大遅延、平均遅延、パケットロス率などを求め蓄積する。

以下の図 3 は遅延計測で用いられるパケットの構成図である。IP ヘッダ部、UDP ヘッダ部、ペイロード部で構成されていて、ペイロード部には、本計測システム用のパケットである識別子、シーケンス番号、行きの TTL、被計測サーバでパケットを受信した時間、計測クライアントのグローバル IPv4 アドレスが構成されている。

なお、IPv6 用の遅延計測パケットは、IPv4 ヘッダ部が IPv6 ヘッダに置き換わった構成となり、ペイロード部の計測クライアントのグローバル IPv4 アドレスの要素は padding される。

IPv4 delay measurement's packet

0	34	78	112	1516	1920	2324	2728	31
+0	Version	Header Length	Type of Service	Total Packet Length				
+4	Identification		Fragment Offset					
+8	Time to Live	Protocol	Header Checksum					
+12	Source IP Address			Destination IP Address				
+16	Source Port			Destination Port				
+20	Length			Checksum				
+24								
+28	Application Identification[64]							
+32	Sequence Number[32]							
+36	TTL[32]							
+40	time(sec)[32]							
+44	time(usec)[32]							
+48	global IPv4 address							
+52	global IPv4 address							
+56	Dummy data[Variable-length]							

Fig.3 遅延計測パケット

2) パス測定

計測クライアントと被計測サーバとの間のパス情報を取得することで、ネットワークの関連性を遅延と組み合わせて蓄積する。これにより、計測結果とネットワークの関連性を表現することが出来る。方法は、traceroute の概念を利用して、被計測サーバあてに対し

て TTL を 1 ずつ増やしていき、被計測サーバに到達するまでに通過するノードを取得する。

以下の図 4 は経路計測で用いられるパケットの構成図である。IP ヘッダ部、UDP ヘッダ部で構成されていて、traceroute と同様に戻りの ICMP パケットで判断する。

IPv4 route measurement's packet

0	34	78	112	1516	1920	2324	2728	31
+0	Version	Header Length	Type of Service	Total Packet Length				
+4	Identification		Fragment Offset					
+8	Time to Live	Protocol	Header Checksum					
+12	Source IP Address			Destination IP Address				
+16	Source Port			Destination Port				
+20	Length			Checksum				
+24								

Fig.4 経路計測パケット

3. 計測結果例

図 5、6 では、実際に本ソフトウェアを使用しその結果をグラフ化してみたものである。図 5 は実験室内の閉じたネットワーク空間における測定結果である。RTT はほぼ一定の遅延時間(約 700 μs あたり)で推移していることがわかる。また、行きの遅延時間・帰りの遅延時間の 11 時のあたりでクロスして遅延時間が行きと帰りで反転している。これは PC 内で保持している時間が NTP へ接続し時間が調整されたからではないかと考えられる。このように μs の時間レベルでは OS の持つ時間に大きく影響を受けてしまう問題もある。

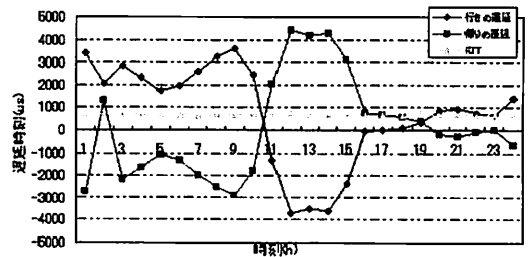


Fig.5 実験室内での遅延計測

ここで、実験室内での測定の精度について考えてみる。測定で使ったパケットサイズ 1000byte であったことを元に、ping の RTT との比較により評価してみると、計算値と実測値は以下になる。

ping パケット 64byte の往復にかかった時間は約 225 μs であったのに対して、測定で使った 1000byte のパケットを往復するのににかかった時間は約 670 μs であった。ping データよりも伝送速度が速かったことになる。

次の図 6 は実験室に設置した被計測サーバに対して、実験室の外部で用意した計測クライアント間での計測

結果である。計測結果からも見て取れるように朝 4 時から 11 時までの間はそれほどトラフィックの遅延に変化はない。しかし、その後単調増加ではないが徐々に増え始め、18 時頃には日中の平均 RTT が 2 倍に増えているのがわかる。また 20 時あたりからは徐々に増え始め日をまたぐ頃には遅延時間は日中の 4 倍にまで大きくなっている。この結果は総務省が発表した ISP のトラフィック調査の結果と似たような結果が得られたことより、この計測システムが信頼できるものであるといえる。

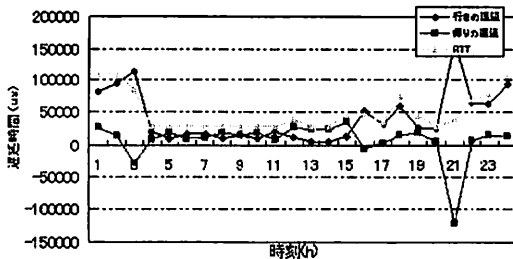


Fig. 6 実ネットワークにおける遅延計測

4. 課題

計測で重要なことに時間の精度という問題がある。現在一般的に利用されている PC(AT 互換機)では、自身の時間保持の為に水晶発振子による内部時計を持っている。しかし、水晶発振子の精度は低く毎秒 $10\mu s$ 程度のゆれを持っている。そこで、時刻同期をとることが重要になってくるが、まだまだ一般ユーザで可能な精度を上げることは難しい。

また現在、本計測は Distix 内部でのみ行っているが、今後公開するに当たり、被計測サーバや計測データを収集するサーバと計測情報を配布するサーバの負荷状況などにも考慮する必要があると考えられる。

5. まとめ

エンドユーザとネットワークコア、つまり ISP ネットワークの中心からエンドユーザが利用する ADSL/FTTP などのご家庭ネットワークまでの遅延を広範囲に測定し、ネットワーク全体のパフォーマンスを測定するソフトウェアを作成した。この IPv4、IPv6 のデュアルでインターネットの品質測定システムを多くのインターネット利用者に利用していただき、IPv4 だけではなく、IPv6 についてもインターネット品質を計ることのできるツールとして評価して頂くと共に、可視化なども含めた今後の要望に対応していきたい。

6. ツールの配布情報

現在は検証機器の評価を行っているため、次世代 IX

研究会(Distix)内部だけにツールの公開を行っている。今後、負荷試験などの評価を終了し、一般公開の際には、以下のアドレスで公開する予定である。

<https://web2.resilient.jp/UserMeasure/>

文 献

- [1] 村山公保、「基礎から分かる TCP/IP ネットワーク実験プログラミング」、株式会社オーム社、2001年
- [2] 小高知宏、「基礎から分かる TCP/IP アナライザ作成とパケット解析」、株式会社オーム社、2002年
- [3] 荻野純一郎、「IPv6 ネットワークプログラミング」、株式会社アスキー、2003
- [4] マスタリングTCP/IP SIP編 Henry Sinnreich・Alan B.Johnston (2002/10)オーム社
- [5] Postel, J., "Internet Control Message Protocol", RFC 792, Internet Engineering Task Force (IETF), September 1981.
- [6] J. Abley, B. Black, V.Gill "Goals for IPv6 Site-multihoming Architectures", RFC 3582, Internet Engineering Task Force (IETF), August 2003.
- [7] A.Conta, S. Deering, "Internet Control Message Protocol for the Internet Protocol Version 6", RFC 2463, Internet Engineering Task Force (IETF), December 1998.
- [8] Postel, J. Reynolds.J, "FILE Transfer Protocol", RFC 959, Internet Engineering Task Force (IETF), October, 1985.
- [9] Postel, J., "Internet Protocol", RFC 791/STD 7, Internet Engineering Task Force (IETF), September 1981.