

## ユーザの視点に基づいた ネットワーク性能評価に関する考察

牧兼充

慶應義塾大学環境情報学部  
kanetaka@sfc.wide.ad.jp

石橋啓一郎

慶應義塾大学政策・メディア研究科  
ishbash@sfc.wide.ad.jp

本研究ではユーザの視点に基づいたネットワークの性能評価の基準を提案する。ユーザが最も良く使うアプリケーションとして、WWW サービスを選び、測定対象となるネットワークから複数の地理的に分散された URL に対するアクセス時間を測定し、それに基づく総合的なネットワークの性能評価の基準を定める。その際に、時間およびネットワークの場所による性能の変化を考慮する。ユーザの視点に基づいた際に最も重要となるデータ転送時間を評価基準とし、これを“UPM: User-oriented Performance Metrics”と呼ぶ。

### UPM: User-oriented Performance Metrics

MAKI, Kanetaka

Keio University, Faculty of Environmental Information  
kanetaka@sfc.wide.ad.jp

ISHIBASHI, Keiichirou

Keio University, Graduate School of Media and Governance  
ishbash@sfc.wide.ad.jp

This paper proposes User-oriented Performance Metrics, UPM. UPM is a network performance metric from user's point of view. UPM uses WWW service, the most frequently used service of the Internet users. UPM is calculated from access time to multiple geographically distributed URLs. The changes of performance according to time and network topology are considered. UPM is based on data transfer time of WWW pages, which is the most important parameter for evaluation of the network from user's point of view.

## 1 はじめに

現在、インターネット・ユーザの多くは、インターネット・サービス・プロバイダ (以下 ISP と略す) を介してインターネットを利用している。現状では、その選択は、価格、サポート体制、回線容量などに基づいている。しかし、インターネットを利用する際にユーザが感じる「ネットワーク接続の快適さ」は、ISP との接続速度だけではなく、その時のネットワークの込み具合、パケット損失率、利用したいサービスまでの距離など、さまざまな要因によって決まる。ISP からユーザが実際に得られるサービスの品質を客観的に評価する手法があれば、ISP を選択の際の基準とすることができる。

本研究では、ユーザが ISP を選択する際に参考となる、ユーザの視点に基づいたネットワークの性能評価基準、“UPM: User Oriented Performance Metrics” を提案する。

## 2 既存のネットワーク性能評価の手法

ネットワークの性能評価の手法は数多く存在する。性能評価の基準は、大きく分けて、理論的な数値と測定によって得られる実測値がある。

理論値の例としては、バックボーンや対外リンクの帯域がある。しかし、この基準では、動的に変化するネットワークの状況が考慮されないという欠点がある。ネットワークの状況は提供されるサービスの品質を大きく左右する。

実測値による評価の手法として、ping、traceroute などのツールによる測定がある。ping は、ICMP ECHO/REPLY メッセージを用いて、リモートホストとの間の RTT(round trip time) を測定する。traceroute は、2 ホスト間の経路上のルータの発見と各ルータまでの RTT の測定を行なう。

現在行なわれている研究として、米国 Advanced Network & Services 社 [1] が中心となり進められている IPPM(Internet Protocol Performance Metrics)[2] がある。これは、インターネットの正確な性能や信頼性を測定する手法を提供するものであり、IETF の IPPM-WG で活動が進められている。Advanced Network & Services 社が中心となり、30 以上の大学やその他の機関と共同で、ソフトウェア、測定手法などの開発および測定が行なわれている。同期している時計を持つ 2 点間のパケット遅延とパケット損失率を測定するものであり、結果は WWW にて公開されている。

以上の実測値による手法は、主にネットワーク上の特定の 2 地点間の性能を評価するためのものである。したがって、ユーザがネットワークから受けるサービスの総合的な評価基準として直接利用することはできない。

雑誌などを中心に、ISP の性能を評価しようという試みも多い。文献 [3] では、ユーザの視点に基づき、ユーザを対象としたアンケート調査により ISP の評価を行なっている。つながりやすさ、接続スピード、ユーザサポート、ホームページサービス、料金の 5 項目を 5 段階で評価している。この評価手法は、ユーザの視点を重視するという意味では価値があるが、アンケート対象がそれぞれの ISP ごとに異なるため、ISP 同士を客観的に比較することができない。またアンケートに基づいているため、客観的な実測値ではない。

文献 [4] では、「ダイアルアップ IP 接続アセスメント別回線話中度調査」のグラフが掲載されている。この評価方法は、客観的な実測値であるが、ユーザがネットワークから受けるサービスの基準を総合的に示したものではない。

### 3 性能評価手法の提案

UPM は、ユーザがネットワーク利用の際に受けるサービスの品質を数値化したものであり、以下の点を考慮する必要がある。

- 利用するアプリケーションによる相違

ネットワークの性能評価基準には、スループット、遅延、パケット損失率、スループットや遅延の揺らぎなどがあるが、利用するアプリケーションによって、どの要素が重要となるかが異なる。例えば、telnet は遅延がないことが重要であるが、WWW はスループットとサーバの負荷が重要である。

- 場所による相違

ネットワーク上の位置が異なると、同じサービスを受ける場合でも品質が異なる。

- 時間帯による相違

NSPIXP2 のトラフィックデータ [5] に示されている通り、ユーザの利用時間帯には偏りがある。特に午前 12 時前後および午後 11 時以降の時間帯は利用が増える傾向にある。特定の時間帯における利用の増加により、その時間帯のネットワークの性能が劣化することも考えられる。このため、ユーザがどの時間帯にネットワークを利用するかによって品質が異なることを考慮する必要がある。

- ユーザによる相違

ユーザにより、インターネットの利用の傾向が異なる。利用するアプリケーションが違いうというだけではなく、同じアプリケーションを使っている、学生のニーズの高い WWW ページと社会人のニーズの高い WWW ページは異なる。このため、ユーザの利用傾向を考慮する必要がある。

本研究では、上記の点のうち特に場所による相違に着目して評価基準を提案する。

あるユーザにとってのネットワークの評価は、そのユーザがネットワークに何を求めているかにより異なる。ここでは、単純化のため、「一般的な」日本人インターネットユーザの利用傾向を仮定し、その利用傾向に基づいてネットワークを利用した際の性能を測定することにする。

ユーザがインターネットを利用する際のアプリケーションとしては、WWW、電子メール、FTP、telnet、VOD(ストリーム系アプリケーション) などがあるが、本研究では、WWW を選び、WWW の性能をそのネットワークの性能とする。その理由は、文献 [6] に示される通り、WWW がネットワークで最も多く利用されているアプリケーションであるからである。

UPM では、ユーザの視点に基づいた測定を行なうため、WWW ページの転送時間を用いる。つまり、ここでは一般的なユーザが利用する WWW ページを取得する際にどの程度の時間がかかるかを測定することで、その地点からのネットワークの性能評価を行なうこととする。

### 4 提案した手法による測定実験

UPM では、複数の URL からの WWW データの転送時間を測り、その測定結果をもとに評価値を算出する。UPM により算出する数値の妥当性を証明するために測定実験を行なった。測定対象となる URL を選出する際には、ユーザの最も利用頻度の高い URL が適切であると考え、利用頻度順上位 100 URL リストを作成した。

#### 4.1 利用頻度順上位 100 URL リストの作成

リストの作成の際には、WIDE Project[7] の分科会である W4C(Wide World Wide Web

表 1: 測定の条件	
測定時間	8月24日(月) 午前7時から 8月25日(火) 午前7時
測定内容	ping による rtt (10分間隔) WWW ページの取得時間 (10分間隔)
測定箇所	ホスト A、ホスト B の2箇所

表 2: ホストの性能比較		
	ホスト A	ホスト B
接続形態	OCN エコノミー (最大 128Kbps, 常時接続)	専用線/WIDE インターネット 藤沢 NOC
OS	FreeBSD2.2.6	FreeBSD2.2.6
CPU	Pentium Pro	Pentium 166Mhz
memory	10MB	32MB

Cache) 分科会において運用されている、WWW cache の記録を用いた。この WWW Cache は、分散キャッシュシステムである squid を用いて実現されている。この実験に参加する WIDE インターネットの組織は大学が多く含まれているため、ユーザの傾向という観点からは、学生の利用が多い。

## 4.2 測定手順

表 1、表 2 の条件に基づき、リストの URL からの WWW データの転送時間を測定した。ping は利用頻度上位 100 URL リスト中の、頻度の高い 10 WWW サーバに対して行なった。html、gif、jpg、class ファイルを WWW データと定義した。

## 5 結果

図 1 は、24 時間を 1 時間ごとに区切り、単位時間ごとに WWW データの取得時間の平均を求めてグラフにしたものである。

ホスト A、ホスト B 両方の傾向として、午後 11 時以降および午前 0 時前後の性能が落ちている。この事実から、同じネットワークにおいて

も、時間によって性能が大きく変化することが分かる。そのため総合評価を行なう際には、時間による重み付けが必要である。これは、ISP の総合的な評価基準を算出する際に、ユーザが多く利用する時間帯の性能の方が、ユーザがあまり利用しない時間帯の性能よりも重要度が高いからである。

図 2 は、24 時間を 1 時間ごとに区切り、単位時間ごとのエラー率をグラフにまとめたものである。ここでいうエラーとは、文献 [8] において定められた http の “cannot-open”、“forbidden” などのことである。

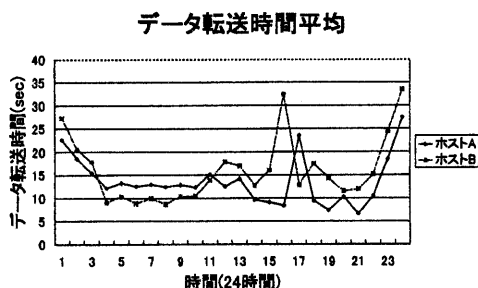


図 1: データ転送時間平均

リストの URL ごとに対する測定値にも傾向が見られる。このことから、リストのホストごとに応じて、利用頻度に基づいた重みづけが必要である。

それぞれのホストにおける測定値の平均を求めた。結果は、ホスト A が、12.9 秒、ホスト B が 9.32 秒であった。

図 1、図 2、平均値より、2 箇所のホストの測定結果に差が見られる。

測定結果に基づき、評価基準案 UPM を以下のように定める。

$$\sum_{i=0}^{100} \sum_{k=1}^{24} T(i) \times \alpha(i) \times \beta(k)$$

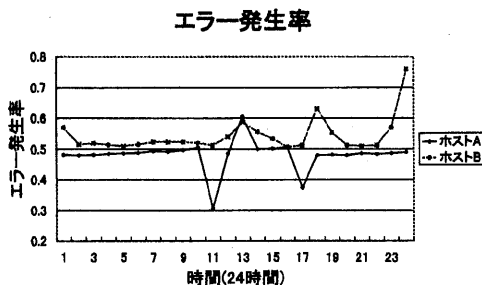


図 2: エラー発生率

WWW(i) のデータ  
 転送時間  $T(i)$   
 URLi の利用頻度  $\alpha(i)$   
 時間帯の  
 利用頻度  $\beta(k)$

測定したある時間のある URL からのデータ転送時間に、測定した時間帯および URL の利用頻度に基づいた重みづけを行ない、その結果の総和を測定の基準とする。

今回は、時間帯およびホストに利用頻度の重みづけの手法が確立していないため、測定結果に基づく計算は行なわない。

今回の測定では、利用頻度順上位 100 URL を選択し、測定時間は 24 時間とした。しかし、この条件において得られたサンプル数が、ISP の評価を決定する際に適切な数であるかどうかは今後検討が必要である。

## 6 評価

評価基準の評価を行なう際の比較対象として ping の RTT を測定した。図 3、図 4 はこの結果をプロットしたものである。

ping の RTT は、ネットワークの性能評価を行なうための基準である。しかし、WWW を

利用するというユーザの視点に基づいた場合には、RTT 自体は基準にはならない。

インターネット関連の雑誌で、取り上げられている ISP 評価は、主観によるアンケート調査に基づいているので、客観的な値ではないことに問題がある。

UPM は、ユーザの視点に基づいて測定された実測値により算出されているので、ISP 間の比較に用いることのできる客観的な数値である。

他の測定ツールの多くは、2 点間の性能の測定を行なう際に、2 箇所に測定ツールを設置する必要がある。一方、UPM は測定するホスト 1 箇所に測定ツールを設置することで測定を行うことが可能である。

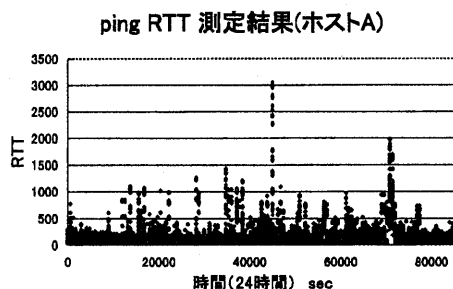


図 3: ping RTT 測定結果 (ホスト A)

## 7 今後の課題

本研究では、WWW を利用するユーザの視点に基づいたネットワーク性能評価を提案した。今後も課題は多い。

ツールという観点からは、今回は WWW のみの評価基準であったが、その他 telnet、電子メールなどのツールの利用頻度も少なくはなく、考慮する必要がある。時間という観点からは、

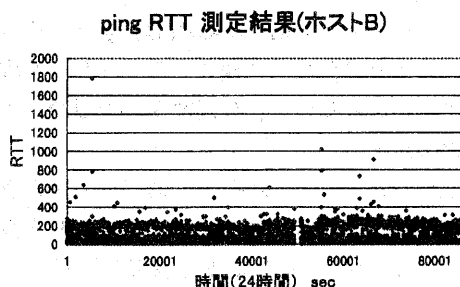


図 4: ping RTT 測定結果 (ホスト B)

今回は 24 時間の測定のみであり、サンプル数が適切であるかという検討が必要である。場所という観点からは、今回は 2 箇所のみでの測定であったが、サンプル数が適切であるかどうかの検討が必要である。

WWW の利用という観点からは、利用瀬出度上位 100 URL リストの作成方法や、100 URL がサンプル数として適切であるかという検討が必要である。また http のエラー処理の際、今回は全てのエラーを同列に扱った。エラー別の分析に基づいた評価手法を検討する必要がある。

最終的な値の算出に関しては、時間帯および利用頻度の重みづけの手法を検討する必要がある。

## 8 謝辞

本研究において、慶應義塾大学 SFC 研究所新美誠氏、慶應義塾大学政策・メディア研究科中根正雅氏、慶應義塾大学環境情報学部藤田桂氏、前田大氏に協力を頂いたことに感謝する。論文の執筆にあたっては、慶應義塾大学環境情報学部助教授楠本博之氏に指導して頂いたことに感謝する。

## 参考文献

- [1] <http://www.advanced.org/>
- [2] <http://www.advanced.org/IPPM/>
- [3] “特集 98 年選択の新基準がわかる! 失敗しないプロバイダー選び”、日経ネットナビ、98 年 7 月、pp.48-73
- [4] “ダイヤルアップ IP 接続アクセスポイント別回線話中度調査”、インターネットマガジン、98 年 9 月、pp.508-519
- [5] <http://www.sfc.wide.ad.jp/~kato/>
- [6] Kevin Thompson, Gregory J. Miller, and Rick Wilder (MCI Telecommunications Corporation), “Wide-Area Internet Traffic Patterns and Characteristics”, IEEE Network, November/December 1997, pp.10-23
- [7] 村井純、“特集:生きたインターネット研究への取り組みと成果 1:WIDE Project とその活動”、情報処理、1998 年 5 月 (39 巻 5 号)、pp.400-428
- [8] T. Berners-Lee, R. Fielding, and H. Frystyk, RFC1945 “Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.0”, May 1996