

地域IX(Y-NIX)の運用とネットワーク特性

八代一浩¹, 笹本正樹², 平川寛之³, 山本芳彦⁴, 林英輔⁵

¹ 山梨県立女子短期大学 ² ニスカ株式会社 ³ 山梨県富士工業技術センター
⁴ サンテックノカレッジ ⁵ 流通経済大学流通情報学部

概要

地域IXには大きく2つの目的がある。1つはNational IXと同様にネットワークの階層化によるトラフィックの分散である。もう1つは地域IXを経由したエンドシステム間に最短経路を提供することである。1997年12月より、山梨情報ネットワーク相互接続機構(Yamanashi Network Information eXchange:Y-NIX)の運用を行っている。本稿では、Y-NIXの運用および評価実験について紹介する。その結果、地域IXがジッタ、遅延、パケット損失に関して優れた特性を持つネットワーク環境を提供できることを実証的に示す。

Operation of a Regional IX(Y-NIX) and Network Characteristics

Kazuhiro YATSUSHIRO¹, Masaki SASAMOTO², Hiroyuki HIRAKAWA³, Yoshihiko YAMAMOTO⁴,
Eisuke HAYASHI⁵

¹Yamanashi Women's Junior College ²NISCA Corporation
³Yamanashi Prefectural Fuji Industrial Technology Center ⁴SUN Techno College
⁵Ryutsu Keizai University

Abstract

Yamanashi Network Information eXchange:Y-NIX has been operated since Dec 1997. One of the purpose of Regional IX is to dispatch the traffic of the Internet as same as National IX. Regional IX, however, have another role. This paper introduce the operation of the Y-NIX and reports the evaluate experience for Y-NIX. As results, Regional IX can distribute the network environment with low jitters, delay, and packet loss.

1 はじめに

地域IXの役割をネットワーク全体の視点からとらえた場合、ネットワークの階層化によるトラフィック分散があげられる。National IXが、International IXに集中するトラフィックを分散させる目的を持つと同様に、地域IXもさらに階層化された構造の中でトラフィック分散効果が期待できる。

一方、地域IXを利用するユーザの視点から考えた場合、エンドシステム間を最短にする役割がある。経路が短いことから、伝搬速度の改善および機器の減少から伝搬遅延の改善が期待できる。

1997年12月より、山梨情報ネットワーク相互接続機構(Yamanashi Network Information eXchange:Y-NIX)の運用を行っている[1]。また、Y-NIXの特徴を活かした利用例としてネットワーク中継システムの運用も行っている[2]。本稿では、これらの運用を通じて、地域IXの2つの目的、トラフィックの分散、最短経路の提供について地域IXがどの程度効果があるか検討を行う。トラフィックの分

散については、これまで約1年間の運用データを分析し議論する。また、最短経路の提供については、Y-NIXを経由した場合とそうでない場合について評価実験を行い、その結果について議論する。

2 運用

1997年11月5日に最初のISPが接続を行った。その後1997年12月22日に5組織による接続が完了し、正式稼働日としている。現在(1999年4月18日)接続組織数は5、Y-NIX全体に流れる経路数は56である。

以下に1998年5月1日から1999年3月31日までの運用を示す。計測はY-NIXを流れるトラフィックに対して15分毎にMIB(Management Information Base)[3]変数ifInOctets(メディアから受信した総オクテット数)、およびifOutOctets(メディアから送信した総オクテット数)の値を収集している。ここでは、ifInOctetsとifOutOctetsの合計を表示している。

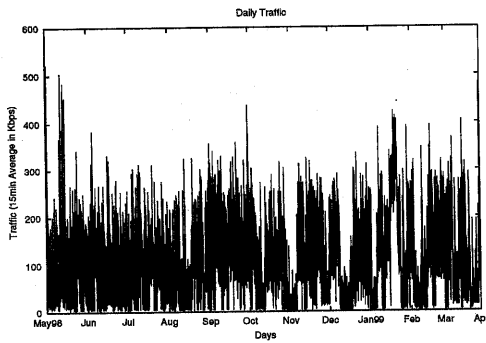


図 1: 日別のトラフィック

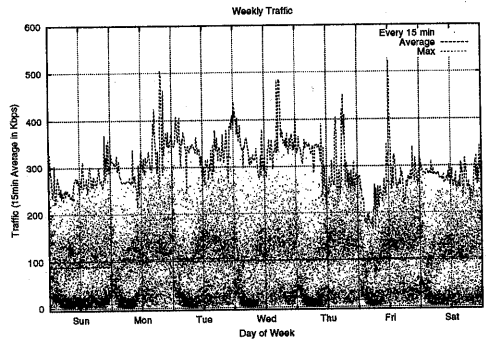


図 3: 曜日別のトラフィック

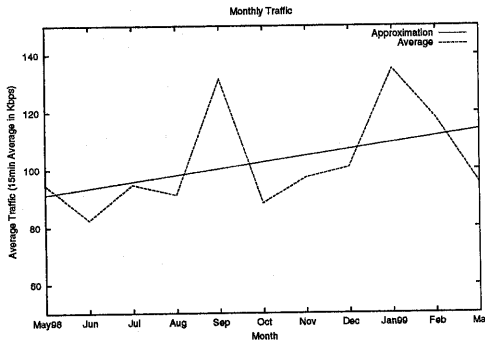


図 2: 月別のトラフィック

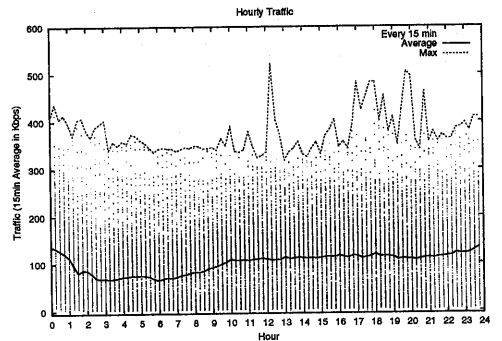


図 4: 時間帯別のトラフィック

2.1 日別

図 1 に日別のトラフィック推移を示す。全体として大きな特徴はない。Y-NIX に流れるトラフィックがさほど大きくないために個々の利用状況が全体にも現れている場合がある。

2.2 月別

図 2 に月別平均を示す。図中に回帰直線も同時に示す。ここで、直線の回帰係数は 2.26、切片は 86.7 である。この結果わずかではあるが上昇していることが示される。

2.3 曜日別

図 3 に曜日別のトラフィックを示す。ここで、直線は 15 分当りの流量を曜日別に平均したものである。それぞれの数量を表 1 に示す。

全体に曜日による変化は少なく、日曜日がわずかに少な

い程度である。

2.4 時間帯別

図 4 に時間帯別のトラフィックをプロットする。また、同時に最大値と平均値も示す。Y-NIX を経由して News システムのデータ配送を行っている組織があるために全体的に平均してデータが流れている。時間帯では就業開始時刻(10:00 時付近) から上昇して、22:00 時付近まではほぼ一定の流量がある。そして、23:00 時以降から深夜 1:00 時付近では流量が増加する。

表 1: 曜日別平均

	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
bps	89	104	105	101	101	103	104

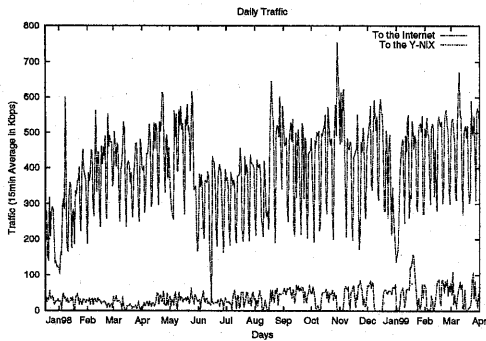


図 5: 日別のトラフィック

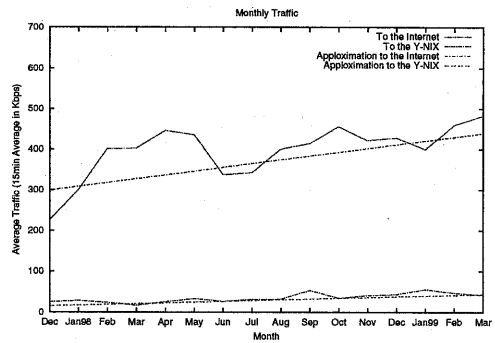


図 6: 月別のトラフィック

2.5 地域IX 接続組織のトラフィック

Y-NIX に接続する ISP(Internet Service Provider) は Y-NIX 以外に Internet への経路を他に持たなくてはならない。各 ISP では、Y-NIX に接続することにより、バックボーンに流れるトラフィックの軽減が期待できる。ここでは、Y-NIX に接続する YACC(山梨地域インターネット協会)の運用データから、トラフィックの分散効果について分析する。YACC は Y-NIX へは 128kbps, インターネットへは 1.5Mbps の専用回線を用いて接続を行っている。

YACC のデータは Internet に接続するルータと Y-NIX に接続するルータの MIB 変数 (ifInOctets, ifOutOctets) の値を 15 分毎に収集している。ここでは、ifInOctets と ifOutOctets の合計を表示する。

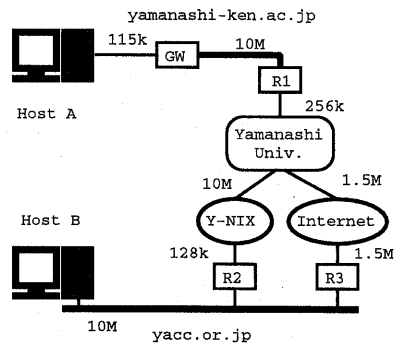


図 7: 測定実験網

2.5.1 トラフィック推移

図 5 に日別に Internet 側と Y-NIX 側に流れるトラフィックの推移を示す。

インターネット側へのトラフィックでは 1998 年 1 月より増加傾向にある。しかし、1998 年 6 月から 8 月までのトラフィックが低くなっている。これは Internet 側のルータの処理能力が限界を越えたために大幅な減少となった。1998 年 8 月にルータを変更してからは大きな変化はない。

Y-NIX 側へのトラフィックは 1998 年 8 月より大幅に増加している。これは、それまで 64kbps だった帯域を 128kbps に変更したためである。現在は流量に大きな変化はないが、ほぼ論理限界に近いところで推移している。

図 6 に月別の平均を示す。ここで、直線は回帰直線である。回帰分析した結果、Internet 側への回帰係数は 9.33, 切片は 299.35 である。同様に Y-NIX 側では回帰係数は 1.87, 切片は 15.69 である。

平均では、Internet に対して約 10% のトラフィックが Y-NIX で交換されている。

3 評価実験および評価

地域 IX には経路を短くする効果がある。ここでは、ネットワーク特性のうち、遅延、RTT(RoundTrip Time), ジッタ(本稿ではパケットの到着間隔のゆらぎと定義)、パケット損失、ファイル転送速度について評価実験を行った。

これらの実験から地域 IX が利用者に対してどのようなネットワーク特性を持つ経路を提供できるか評価を行う。

3.1 実験環境

特性を測定する実験網を図 7 に示す。

実験のための Host A(FreeBSD-2.1.7) を山梨県立女子短期大学(yamanashi-ken.ac.jp)に Host B(FreeBSD-2.2.1) を山梨地域インターネット協会(yacc.or.jp)内にそれぞれ配置した。実験では Host B から Host A に対しての測定を行う。これら Host での観測以外に、経路上に存在するルータ R1, R2, R3 においてもパケット流量の観測を行う。これら一連の観測に使うホスト、ルータは NTP(Network Time Protocol) を用いて同期している。

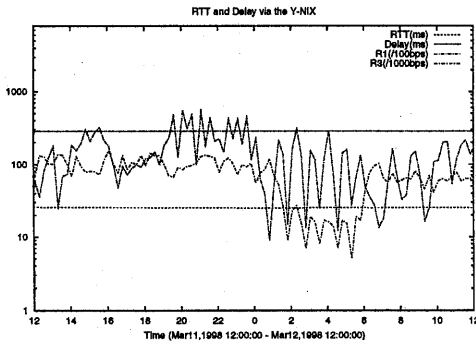


図 8: Y-NIX 経由の遅延と RTT の計測

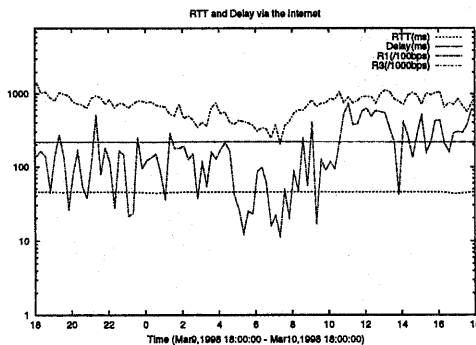


図 9: Internet 経由の遅延と RTT の計測

Y-NIX 経由と Internet 経由の経路を作るために山梨大学 (Yamanashi Univ.) 内部に設置したルータで経路制御を行う。

3.2 RTT, 遅延の測定

遅延, RTT の測定には Van Jacobson による pathchar[4] を用いて測定を行った。pathchar の測定は図 7 のホスト B からホスト A の間で行った。pathchar は UDP (User Datagram Protocol) パケットを用いて、各ゲートウェイ間の実行帯域、遅延、パケットロスを推測することができる。推測を行うためにゲートウェイ間で UDP パケットのサイズを変化させて複数回の測定を行う。今回の測定では 64 バイトから 1500 バイトまでを 44 バイトづつ増加させ、それぞれ 32 回の測定を行った。RTT および遅延について、Y-NIX 経由の測定結果を図 8 に Internet 経由の測定結果を図 9 に示す。それぞれの図の中には、同時間の観測点 R1, R2, R3 のパケット流量の平均も時間軸を合わせて示す。観測点を通過したパケットは 15 分毎の平均通過ビット数を表わしている。

また、それぞれの計測値の平均を表 2 にまとめる。

3.3 遅延, RTT の測定結果に関する考察

まず、pathchar の測定結果ではほぼ同じ値を示していることがわかる。

計測結果から比較すると Y-NIX 経由のネットワークは Internet 経由のネットワークに対して、遅延に関しては 19.84 ms (40.1%) の改善が見られる。一方 RTT に関しては逆に 67.38 ms (30.1%) の劣化となっている。

Internet 経由の場合、YACC から Internet までの経路が比較的高速な回線 (1.5Mbps) があるのに対し、Y-NIX 経由の場合は Host B から Yamanashi Univ. までが低速な回線 (128kbps) であり、RTT に関して十分なスループットが得られていないものと考えられる。

遅延に関しては Y-NIX 経由の方が 19.84 ms (40.1%) の改善が見られる。これは間に入るネットワーク機器の数が少なく、通信距離が短いためであり、Internet 側に十分高速な回線を用意しても論理的な限界がある。

3.4 ジッタ, パケット損失の測定

本稿ではジッタをパケットの到着間隔のゆらぎと定義する。図 7 において Host B をパケット発信機とし、Host A をパケット収集機とする。Host B から Host A に対して 1 秒間隔でシーケンシャル番号を付与した UDP (User Datagram Protocol) パケットを送信する。これを Host A で収集し、シーケンシャル番号の確認とパケットの到着間隔を測定する。UDP パケットのサイズは 10 バイトと 1024 バイトとし、パケット長が与える影響についても考慮する。測定はそれぞれ 1 週間行った。

それぞれの条件下での測定結果は以下の通りである。

- Y-NIX 経由 (10byte パケット長) 図 10
- Y-NIX 経由 (1024byte パケット長) 図 11
- Internet 経由 (10byte パケット長) 図 12
- Internet 経由 (1024byte パケット長) 図 13

それぞれの計測値の平均および標準偏差を表 3 にまとめる。

また、パケット損失についても表 4 にまとめる。ここで、到着パケット数は実際に届いたパケット数であり、論理的な到着数ではない。また、パケット損失も到着したパケットの中で、シーケンシャル番号の欠番となったものの数を示している。

表 2: 遅延, RTT の計測値

	平均遅延 (ms)	平均 RTT (ms)
Y-NIX 経由	25.25	286.15
Internet 経由	45.09	218.77

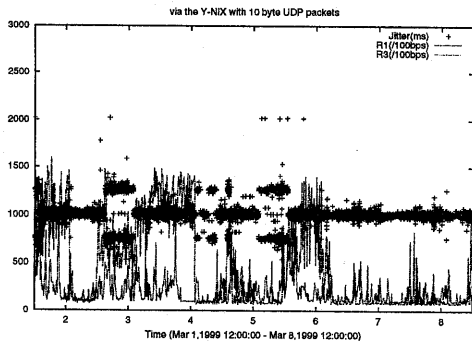


図 10: Y-NIX 経由 (10byte パケット長)

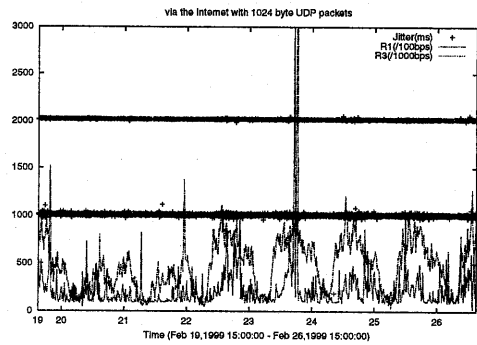


図 13: Internet 経由 (1024byte パケット長)

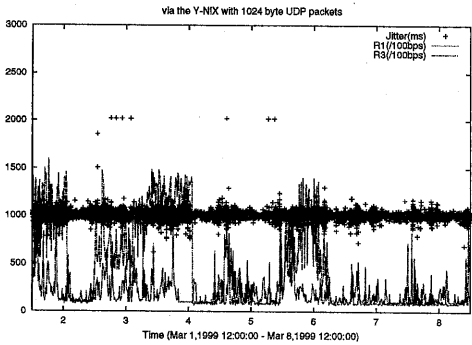


図 11: Y-NIX 経由 (1024byte パケット長)

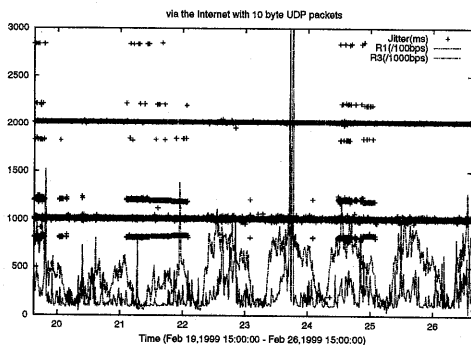


図 12: Internet 経由 (10byte パケット長)

3.5 ジッタ、パケット損失の測定結果に関する考察

ジッタの計測では理想的な環境では、パケットの平均到着時間間隔は 1000ms となる。しかし、Internet 経由の場合には、経路の途中の状態に影響を受けるために平均到着時間間隔も Y-NIX 経由に比較すると約 4%の遅れがある。ジッタを到着間隔のゆらぎ（ばらつき）と定義した場合には、標準偏差がジッタを表す 1 つの指標となる。Y-NIX 経由と Internet 経由を比較したとき、100%以上の改善が見られる。

パケット損失に関しては、計測値から Y-NIX 経由の場合には、0.01%程度の損失であるのに対して、Internet 経由の場合には 4%を超える値が計測された。また、図 12, 13 から、2000ms 付近に直線が表れている。これは、パケット損失の発生により、次のパケットの到着時間が 1000ms 後、つまり 2000ms になるためである。

パケット長による比較ではパケット長が長い (1024byte) 方がジッタ、パケット損失ともに特性がよい。

3.6 ファイル転送速度の測定

TCP(Transmission Control Protocol) を利用したファイルの転送速度を計測するために ftp を利用した。実験は図 7 の Host B に 1Mbyte のファイルを設置する。この時、yacc と Y-NIX 間の回線速度が 128kbps であるため、

表 3: ジッタの計測値

	平均 (ms)	標準偏差
Y-NIX 経由 10byte	1010.07	107.43
Y-NIX 経由 1024byte	1010.06	14.64
Internet 経由 10byte	1054.56	233.92
Internet 経由 1024byte	1051.17	215.92

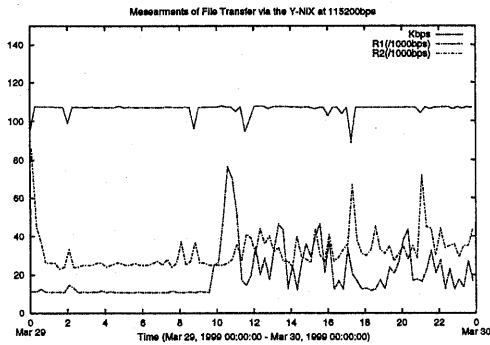


図 14: Y-NIX 経由 (115.2kbps)

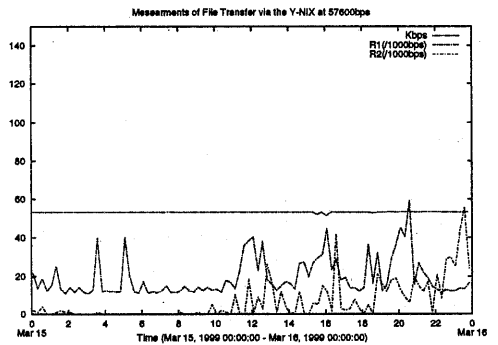


図 15: Y-NIX 経由 (57.6kbps)

Host A と GW(Gate Way) の間で回線速度を調整(シェーピング)する。本実験では 115200bps(115.2kbps) および 57600bps(57.6kbps) で実験を行った。ftp を利用したファイル転送は 15 分に一度 Host A から Host B に行うようにし、これをそれぞれ 24 時間計測した。また、R1, R2, R3 でのトラヒックも同時に計測する。

それぞれの条件下での測定結果は以下の通りである。

- Y-NIX 経由
 - 115.2kbps にシェーピングした経路 図 14
 - 57.6kbps にシェーピングした経路 図 15
- Internet 経由
 - 115.2kbps にシェーピングした経路 図 16
 - 57.6kbps にシェーピングした経路 図 17

また、測定値を表 5 に示す。ここで、平均は転送速度 (kbyte/sec) の平均を示している。

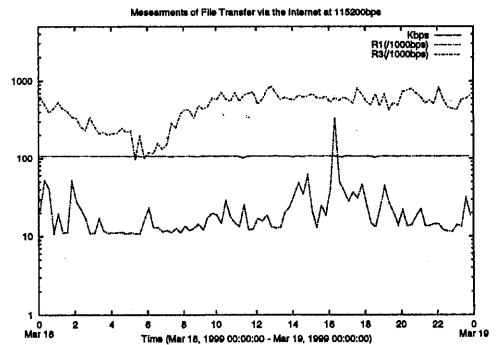


図 16: Internet 経由 (115.2kbps)

3.7 ファイル転送速度の測定の結果に関する考察

57.6kbps にシェーピングした場合、毎回の測定はほぼ同じ値を示し、Y-NIX 経由、Internet 経由ではほぼ同様の結果である。yacc,Y-NIX 間の回線速度 128kbps に対して

表 4: パケット損失

	到着数	損失数	率
Y-NIX 経由 10byte	598770	48	0.01%
Y-NIX 経由 1024byte	598776	43	0.01%
Internet 経由 10byte	573513	25305	4.41%
Internet 経由 1024byte	575362	23455	4.08%

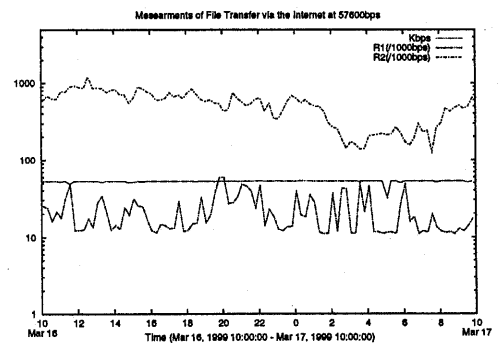


図 17: Internet 経由 (57.6kbps)

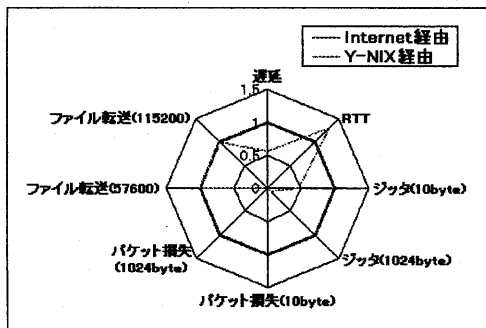


図 18: ネットワーク特性の比較

十分なスループットが得られている場合には、TCP を利用したファイル転送には差が生じていない。115.2kbps にシェーピングした場合には十分なスループットが得られないために、Y-NIX 経由の場合には多少ばらつきが生じている。しかし、標準偏差はさほど大きなものではない。

現在のインターネット利用者の多くは 128kbps 以下の速度で接続している。また、利用者の多くが WWW 環境でのファイル転送を行っている。このような環境環境において、地域 IX を経由しても十分な速度が得られることが明らかになった。

4 評価

運用の結果は NSPIX2[3] や JPIX[4] で示される統計と比較すると、全体に流れる量が少ないために、個々の利用状況が全体に反映している。しかしながら、平均値をとることによって特徴を見ることができた。これらの傾向は National IX と基本的には同じであり、地域 IX 以外の地域に対してトラフィックの分散効果があると考えられる。

ネットワーク特性について、Internet 経由と Y-NIX 経由を比較して表 6 および図 18 にまとめる。

表 6 において比率は Internet 経由の値を 1 とした場合の値である。

表 6 および図 18 より、RTT 以外のネットワーク特性は Y-NIX 経由の方が優れた値を示している。RTT の値は Y-NIX への接続回線に依存している。地域 IX への接

表 5: ファイル転送

	平均	標準偏差
Y-NIX 経由 57.6kbps	5.33	0.02
Y-NIX 経由 115.2kbyte	10.63	0.29
Internet 経由 57.6kbps	5.27	0.22
Internet 経由 115.2kbps	10.67	0.11

続に十分な帯域を持つ回線を用意できないと Internet 経由の方が速い結果になる。一方で地域 IX へのアクセスに対する通信コストが ISP の経営規模に比較して高いという社会的な問題もある。

RTT 以外のパラメータに関しては大きな改善が見られた。特に遅延、ジッタ、パケット損失の少ない環境は IP 電話、電子会議システムなどの双方向リアルタイムアプリケーションのを利用する上で必要な要件である。

5 おわりに

これまでの Y-NIX の運用から地域 IX が、International IX, National IX, 地域 IX と階層化された中で、National IX と同様にトラフィックの分散効果があることを実証的に示した。

また、Y-NIX 上での評価実験から、地域 IX が短い経路を提供できることから遅延、ジッタ、パケット損失に関してよりよい環境を提供できることも示した。

謝辞:

本研究に際しては Y-NIX 参加 ISP の技術者の方々から多くの意見、協力を頂いている。山梨地域インターネット協会 (YACC) の方々にはサーバの設置、統計データの集計などさまざまな協力を頂いている。また、Y-NIX の設立および運営には山梨県の援助協力を受けている。これら関係者の方々に深く感謝する。

参考文献

- [1] 八代一浩, 笹本正樹, 平川寛之, 山本芳彦, 林英輔: 地域 IX 技術の運用と地域情報化への適用, 情報処理学会 分散システム運用技術シンポジウム'98, 平成 10 年 2 月, pp.11-18(1998).
- [2] 八代一浩, 笹本正樹, 平川寛之, 山本芳彦, 林英輔: 地域 IX を基盤とするネットワーク中継, 情報処理学会 分散システム運用技術研究報告 No.10, 98-DSM-10, pp.49-54(1998).

表 6: 測定値の比較

	Internet	Y-NIX	比率
遅延	45.09	25.25	0.56
RTT	218.77	286.15	1.31
ジッタ (10byte)	233.92	107.43	0.46
ジッタ (1024byte)	215.92	14.64	0.07
パケット損失 (10byte)	25305	48	0.002
パケット損失 (1024byte)	23455	43	0.002
ファイル転送 (57.6k)	5.27	5.33	1.01
ファイル転送 (115.2k)	10.67	10.63	1.00

- [3] J. Case, M. Fedor, M. Schoffstall, J. Davin: A Simple Network Management Protocol, Request for Comments 1157, Internic Directory Services, May (1990)
- [4] Van Jacobson:
[http://www.caida.org/Pathchar/\(1998\).](http://www.caida.org/Pathchar/(1998).)
- [5] A. Kato: NSPIX2 Traffic,
<http://xroads.sfc.wide.ad.jp/kato/>
- [6] JPIX: Traffic volume,
http://www.jpix.co.jp/traffic_volume.htm