地域IX(Y-NIX)の実装と運用

八代一浩
kaz@yamanashi-ken.ac.jp*

平成11 年 2 月 26 日

概要

インターネットの成長に伴い、トラヒックが急増している。これを緩和する方法として、IX(Internet eXchange) 技術がある。国内には国のレベルで情報交換する National IX や地域のレベルで行う Regional(地域)IX がある。National IX ではすでに商用の IX サービスが始まっている。しかし、地域 IX の構築には National IX とは違った目的もある．

山梨地域においては，1997 年から地域 IX である山梨情報ネットワーク相互接続機構 Y-NIX(Yamanashi Network Information eXchenge) が運用されている．

本稿では地域 IX としての Y-NIX の設計および実装について紹介するとともに，これまでの運用についても報告する．さらに，Y-NIX が構築された事による地域情報化への適用も示し, 技術ばかりでなく社会環境としての地域 IX の役割についても報告する.

1 はじめに

Internet の普及に伴い，トラヒックも急激に増加している．トラヒックの分散を行うためには，複数個所での ISP(Internet Service Provider) 同士のネットワーク接続が必要となる．相互接続を行うためにはこれまで 1 点で相互に接続する方法が用いられ，階層化された相互接続機構をそれぞれ，International IX(Internet eXchenge)，National IX， Regional IX(地域 IX) と呼んでいる．日本では WIDE Project による National IX，NSPIXP[1] が運用されていたが，現在では商用 IX も含めた複数の National IX が運用されている．

これら National IX は東京をはじめ大都市が中心となっているためすべてのトラヒックが大都市に依存する形となっている．また，技術的な側面以外にも技術者の大都市集中や地域でのネットワークに対する決定権の損失といった社会環境も含めた問題もある．これらの問題点を解決する方法としてより地域的な場所で相互接続を行う地域 IX が着目され，各地で設立，また構想が提案されている [2] ~ [6]．

また，地域 IX では National IX のようにトラヒックの分散を計る目的とは別に、地域にあって IX の運用技術を身につける場を提供し，技術者のコミニティを育成するという社会的な役割もある [7]．さらに，経路が短かく，しかも他に依存しない経路を作ることができることから様々なアプリケーションの利用環境も構築することができる．

---

*山梨県立女子短期大学 (http://www.yamanashi-ken.ac.jp/)

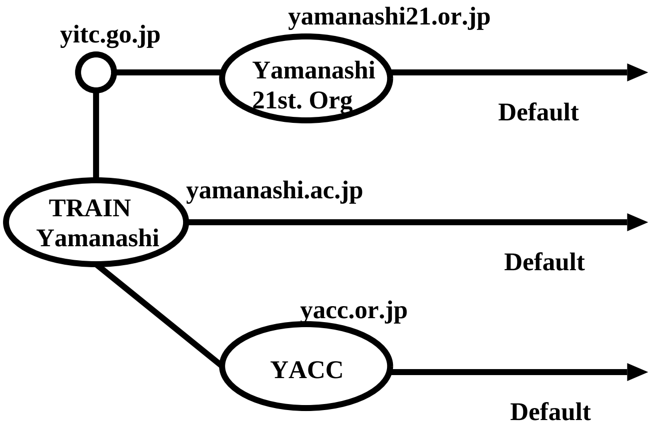

図 1: 1996 年の山梨地域のネットワーク接続図

2 Y-NIX 以前

山梨地域では1994年10月にTRAIN(東京地区アカデミックネットワーク)のサブセットで山梨大学を中心とした学術系のネットワーク『TRAIN山梨』と地域の民間企業が中心となったネットワーク『YACC(山梨地域インターネット協会)』が相互接続を行っている. この2つのネットワークは, 一方ではそれぞれがTransitの供給先を他に持ち, 他方ではショートカットとして相互接続を行っていた. その後,1996年1月からは商工指導団体のネットワークとの接続も行われYACC,TRAIN山梨, 山梨21世紀産業開発機構のネットワークが相互に接続されている. (図1参照) また, これら3つのネットワークを接続するために4つの組織 (山梨大学, 山梨県工業技術センター, 山梨21世紀産業開発機構, 山梨地域インターネット協会) が運用に携わっていた[8][9]. このように複数の中継点を持つモデルは, 今までの運用において次のような問題点が議論されている.

- 相互接続されたネットワークの規模に起因する問題
  ネットワークの接続が複数にわたるため, 全体としての規模が大きくなる. そのためにネットワークを複数経由することから生じる遅延, ホップ数の増加といった問題がある. 同時にネットワークに対するセキュリティも多数の所で注意が必要となり, 全体としての安全性も下がることになる.

- 中継点のネットワーク運営に依存
  間に入るネットワークが電源工事などで停止するような場合には, 複数箇所で接続する接続の場合, 全体に影響を及ぼすことになる. また, ネットワーク間に低速な回線が存在したり混雑した回線が存在する場合にも, ここでの速度がボトルネックとなり, 全体の運営に多大な影響を与えることになる. 実際,TRAIN山梨とYACC間の回線は64kbpsで接続され, しかも, ネットニュースの配送を行っていたために, 論理的な利用上限に近いトラヒックが常に流れる環境にあった.

- ネットワークポリシーの問題
  YACCと山梨21世紀産業開発機構は商用ネットワークであるが,TRAIN山梨は学術ネットワークである. そのために全体としての商用目的のネットワーク利用が行えなかった. これは, 今後のネットワーク利用を考えた場合には大きな障害となる.

- ネットワーク利用の不公平感
  TRAIN 山梨の NOC(Network Operation Center) は山梨大学にあり, 山梨大学の対外セグメントでパケット交換を行っていた. 当初はマルチポートトランシーバを利用しての接続であったために, TRAIN 山梨以外のパケットがこのセグメントの混雑を招く場合もあった. ある意味において, 本来の目的とは別のトラヒックによる混雑はネットワーク利用に不公平感を招くことにもなりかねない.

これらの問題の多くは接続形態によるものである．つまり，IX のような一点で接続する形態をとることによって，多くの問題は解決する．一方，上記の問題以外に地域 IX を作る場合には，以下のような問題もある．

- 技術者不足
  多くの ISP が都市に集中しているため，技術者も都市に集中している．地域の ISP では初期導入を都市の技術者に依存し，運営を地域の技術者が行う場合が多い．しかし，稼働しているシステムに対して変更を加える事に消極的にならざるをえず，結局経路制御に関する部分に対して理解する機会を失っていることが多い．

- 経営規模
  地域においては経営規模の小さな ISP も多い．このような ISP では，トランジットの購入のみしか行えない場合も多い．また，通信コストの高さも ISP の活動を妨げる原因となっている．

- National ISP の参加
  各地で地域 IX が構築された場合に，そこに参加する National ISP の技術者の業務量もその数に比例して多くなる．National ISP においてもルータの設定に熟達した技術者は少なく，それら技術者の負担増につながる地域 IX の構築は好ましくない．

3 Y-NIX の設計

これまでの議論から，必要な要件を以下にまとめることができる．

- 自動化，省力化
  技術者が少ない負担で地域 IX が運用されるようにしなければならない．これにより，地域の ISP も National ISP も参加しやすくなる．また，運営の一部を技術者でないものでも運用できるようになるとさらに参加しやすい環境を作ることができる．

- 導入の容易さ
  多くの ISP にとっては地域 IX に参加することの障害は運用コストとスキルの問題である．これらを低く押えることによって，地域 IX への参加を容易にすることができる．

- 技術者の育成
  技術者の育成とともに技術者が実験できる環境を整える必要がある．

これら地域 IX を構築するうえでの必要要件を考慮し，以下のような設計を行った．

3.1 自働化，省力化への考慮

- ルートサーバの導入
- ルーティングレジストリサーバの導入

IX において ISP の相互接続のためのプロトコルとして BGP4(以下 BGP)[10] を用いることが多い．IX の参加者はすべての ISP との間で経路交換を行う必要がある．しかし，参加者の数が増えると技術者の作業量やルータでの経路情報の構築に負荷がかかる．これらの問題を解決する方法としてルートサーバを用いた運用方法がある [12]．ルートサーバの導入により，BGP を用いたフルメッシュ構造をとらなくても済む．これにより，新規の参加者は，ルートサーバとのみ BGP セッションを作ることによって，他の ISP と経路情報の交換が行える．また，受け入れる各 ISP はルーティングレジストリでフィルタリングを行うか，自分のルータでフィルタリングをするだけで，参加者を迎えることができる．

ルーティングレジストリサーバへ経路やフィルタリング情報などを登録するには電子メールを利用する．つまりルータなどの設定作業を抽象化することができる．これにより，ルータの細かい設定を知らない技術者でも参加することができる．また，設定作業の抽象化により，特定の機器に依存しないで運用することも可能である．

さらにルートサーバとルーティングレジストリを組み合わせる事により，登録した経路と実際に受け取る情報との違いから，オペレーションのミスを発見することもできる．

3.2 導入のしやすさへの考慮

導入のしやすさのために代理店 (エージェンシ) 方式を提案する．エージェンシはネットワーク的には，RIP2 によるセグメントを供給し，そこに接続する ISP の経路を 1 つの AS にまとめて，他の ISP と BGP を用いて経路情報の交換を行う．さらに，エージェンシに接続する ISP に対して技術援助を行うという社会的な役割も持っている．エージェンシの導入により経済的な負担と運用の負担を下げ，さらに自律した運用形態に移行するための技術的なバックアップも行うことができる．

- 技術面でのサポート
  エージェンシは他の ISP に対しては基本的には 1 つの AS を構成して，BGP を用いて経路情報の交換を行う．しかし，ISP 相互での接続協定によって，接続が行えない場合には AS を別立てする．
- 経済負担の減少化
  エージェンシ内部に一つのセグメントを設ける．このセグメント内での経路制御は RIP2 を用いる．これにより，機器のコストと技術面の負担を押えることができる．
- インキュベータの役割
  地域の ISP が BGP ルータを介して経路情報に触れたり，また，ルータの設定を実際に見たりすることによって，IX 技術に接する機会を与えることになる．これは技術者にとってのインキュベータの役割を担っていることになる．

図 2 にエージェンシを持つ地域 IX の構成を示す．

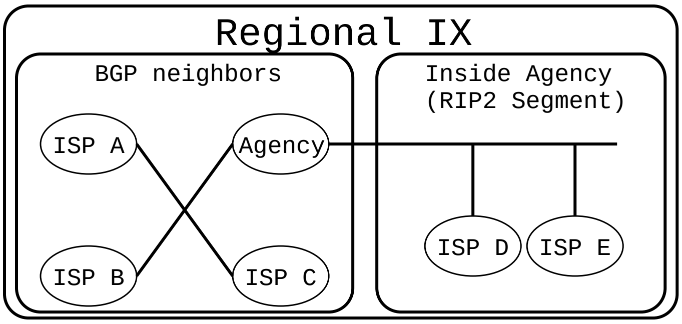

図 2: エージェンシを持つ地域 IX の構造

3.3 技術者の育成

エージェンシ内のネットワークや機器を公開することにより，技術者が実際に稼働している IX に触れる環境を整えられる．また，IX のネットワークを 2 重化し，その一つを実験ネットワークとすることにより，新らたな技術にも対応できる実験環境を整えることができる．また、エージェンシによるセグメントは各 ISP に対して等距離をもつネットワークになるため、各種のサーバを配置し実験を行うのにも適している．

4 Y-NIX の実装

地域 IX の一つのモデルとして，Y-NIX では以下のような実装を行った．

- ルートサーバ
  Merit/ISI による Routing Arbiter Project による RSd V1.3[4]．
- ルーティングレジストリサーバ
  Routing Arbiter Project による RADB[5]．

Route Server は 4 時間に 1 回， Data Base に問い合わせを行う．この問い合わせに対する情報をもとに，経路およびフィルタリングに関する情報 (コンフィグレーションファイルの作成) を再構築する．コンフィグレーションファイルの作成には，Routing Arbiter Project の RTConfig を利用する [14]．

IX の運用の信頼性の確保と実験ネットワークの構築のため，図 3 のように Route Server の 2 重化を行う．2 重化されている LAN では各 ISP がそれぞれの方法で，Primary セグメントの優先度を上げている．このため，通常は Secondary セグメントには経路情報のみが交換されている．

ここで，各 Route Server の仕様を表 1 に示す．

BGP を使って相互接続する際には AS 番号を用いる．AS 番号はレジストラによって管理される有限なネットワーク資源でもある．また，Y-NIX では Naional IX で経路情報を交換する Naional ISP が参加する．そのためオペレーションのミスから Y-NIX での経路情報が大域に流出する危険性がある．これらの問題を考慮して各 ISP はローカル AS を用いて Y-NIX に接続を行っている．

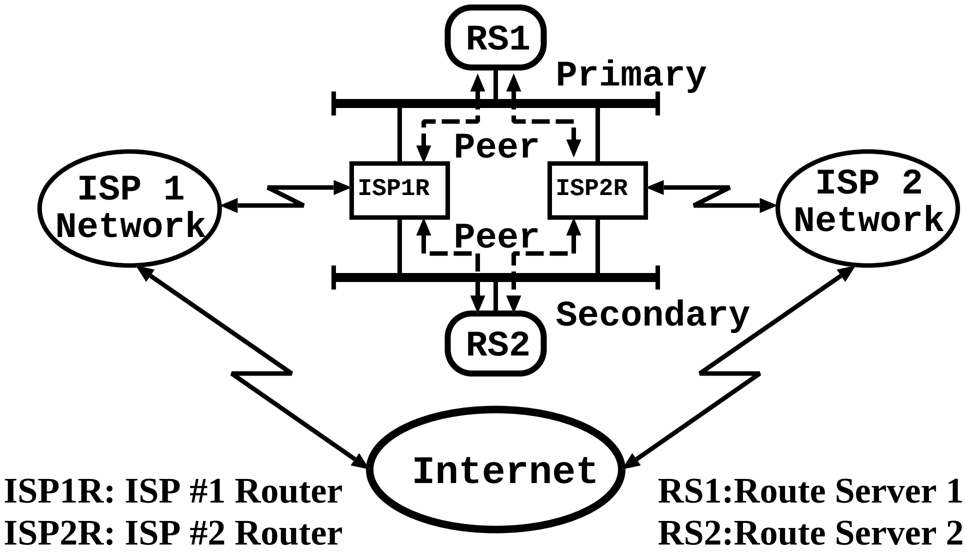

図 3: 構造

5　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 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 2 月 11 日までの計測結果を示す．計測は Primary Segment を構成するスイッチに対して 15 分毎に mib 変数 (ifInOctets， ifOutOctets) 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 4 に X 軸を日別にした場合の結果を示す．全体として大きな特徴はない．Y-NIX に流れるトラヒ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．

図 5 に月別に平均した結果を示す．わずかではあるが，全体としては増加の傾向にあることがわかる．

図 6 に 1 週間に並べかえた結果を示す．全体に休日よりも平日の方が利用者が多い．そして，休日には大きなピークがないのも特徴である．

表 1: Route Server の仕様

	Route Server A	Route Server B
OS	Solaris 2.5.1	FreeBSD Release-2.2.5
CPU	UltraSPARC	Pentium Pro
Clock	167MHz	200MHz
Memory	256Mb	256Mb
Route Server	RSd v1.3	RSd v1.3

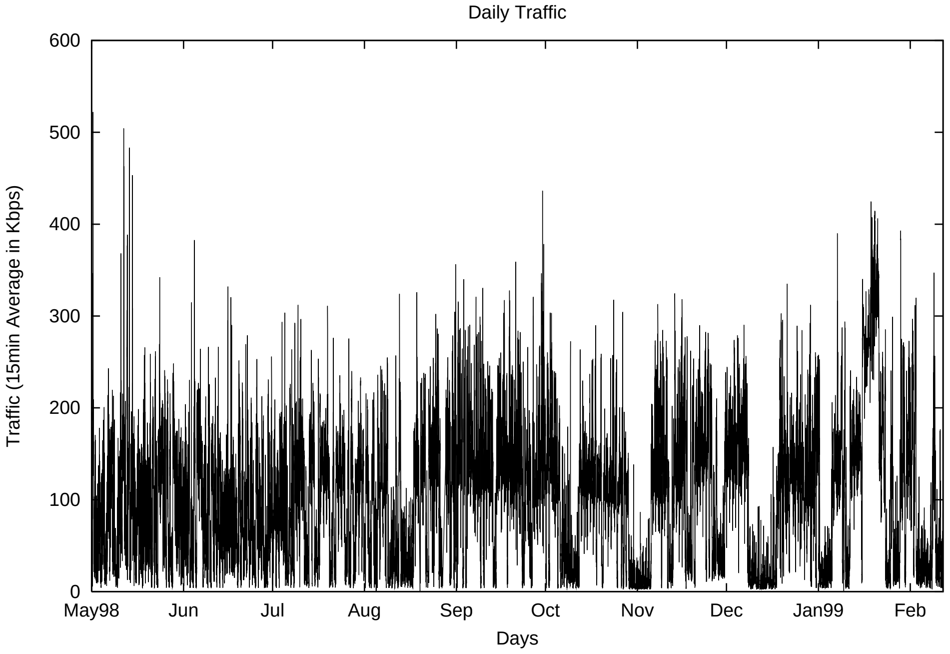

図 4: 日別のトラヒック

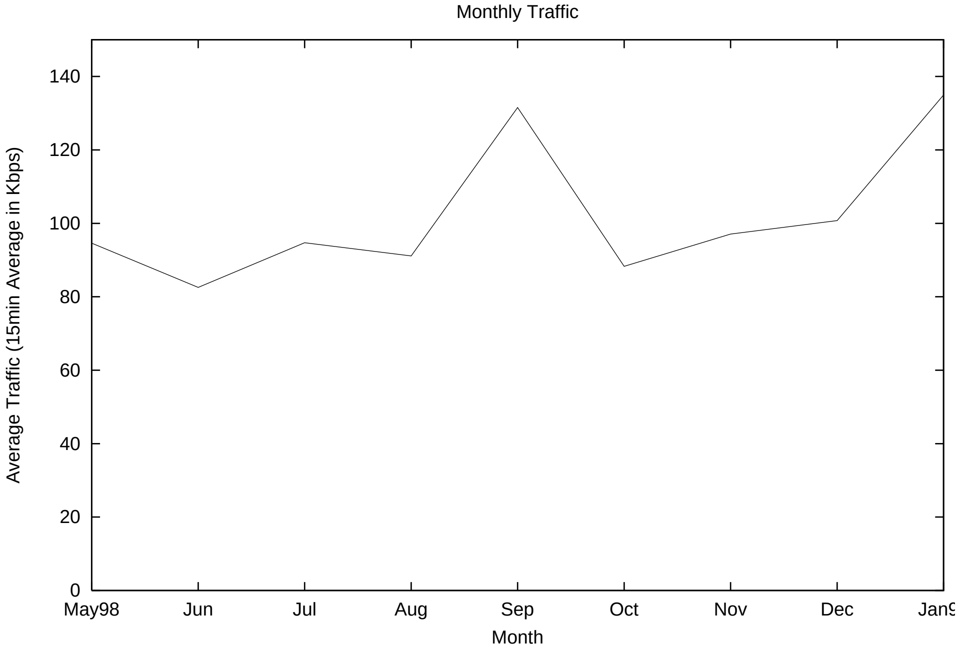

図 5: 月別のトラヒック

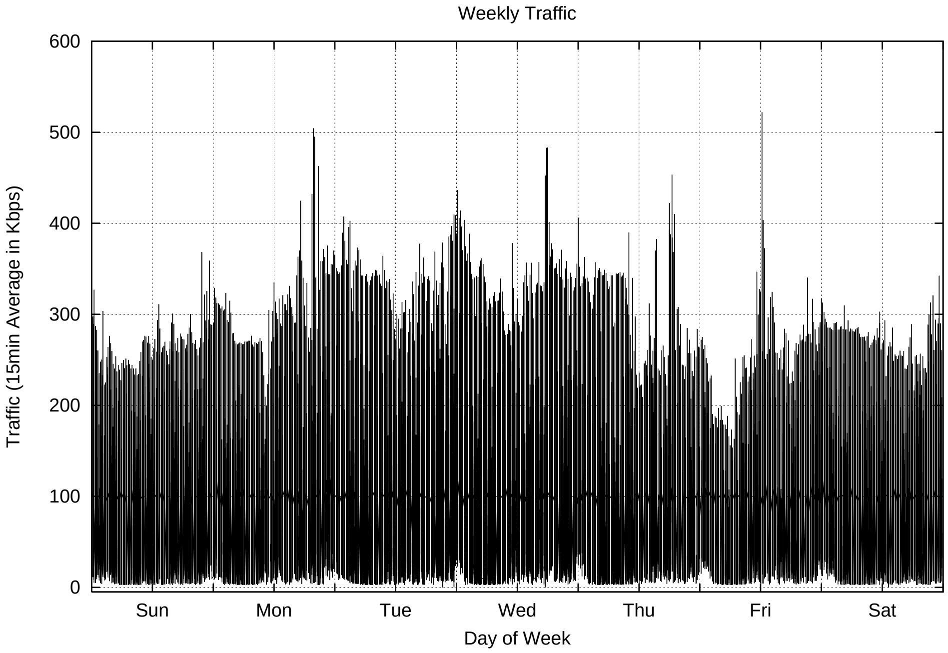

図 6: 曜日別のトラヒック

図7に1日に並べかえた結果をプロットし，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．

これらの結果は NSPIXP2[15] や JPIX[16] 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．そのために全体としての傾向の特徴を見るには至っていない．しかしながら，曜日や時間帯ではわずかながら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る．全体ではトラヒックが増加の傾向にあるので，今後の経時的な測定によって，地域 IX での特徴が出てくると思われる．

また、各 Route Server の運用状況は表2の通りである．

表 2: Route Server の運用

	RSd on Solaris	RSd on FreeBSD
CPU 時間割合	0%	0%
メモリ占有率	4.0%	0.5%
仮想記憶割当サイズ	10560 Kbyte	940 Kbyte
プロセス常駐サイズ	10216 Kbyte	1264 Kbyte

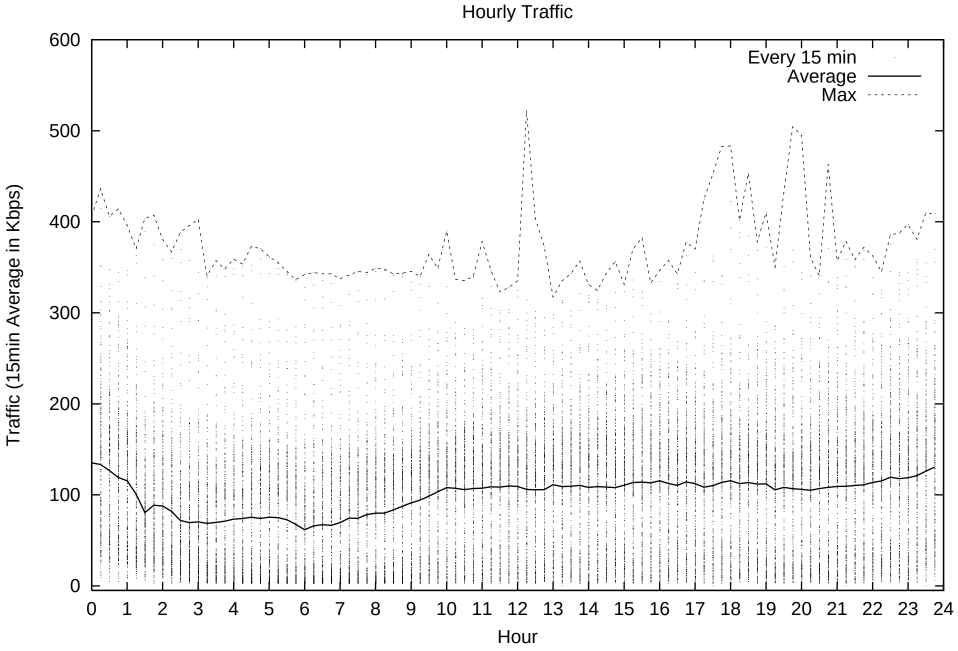

図 7: 時間帯別のトラヒック

6 地域情報化

Y-NIX 設立の背景や社会的な効果などについては, 林により報告されている [6].

ここでは, 設立後の組織運営と検討されているプロジェクトなどについて報告し, Regional IX と地域情報化との関係を示す.

Y-NIX では,NOC に直接接続している会員を A 会員, 直接は接続していない会員を B 会員としている. 現在 (1998 年 1 月)Y-NIX に参加している A 会員は 6 組織,B 会員は 13 組織である. インターネットは相互協調により成り立っているにもかかわらず,1996 年に設立準備総会が開催されるまで ISP が集まる機会はなかった. 今回,Y-NIX の設立により, 組織自体に実体が伴うことになり求心力は高まっている.

Y-NIX の組織は A 会員による技術運用委員会が決議機関として組織されている. ネットワークの運営は山梨県内の技術者のボランティアを中心に行われている. また, 接続を行っている技術者によって構成される, 技術ワーキンググループが組織され, 様々な技術的問題の解決を行っている. 組織の事務局運営は特別会員である山梨県が担当している. 図 8 に Y-NIX の組織図を示す.

Y-NIX の利用環境として以下のような協力が検討されている. この中の一部はすでに運営が始まっている ものもある. ここでは, アプリケーションレベルでの協調のみならず, 社会活動も含まれている. これらはエリア内の経路に対する自律が確保されていることが大きな要因となっている.

- ネットワークニュース配送の効率化
- NTP サーバの運用

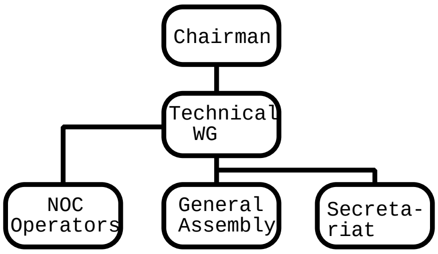

図 8: Y-NIX 組織図

- 地域活動のメーリングリスト
- アプリケーション層での協力 (キャッシュサーバの設置)
- JPNIC 地域ドメイン割り当て委託業務の窓口および DNS の運用
- 災害訓練
- 教育活動への参加
- セミナー, 講演などネットワーク中継の相互協力 [17]
- 医療情報の相互利用
- 電子商取引の実験

7 おわりに

本稿では,National IX などとは違った,Regional IX における各種問題点を明確にし, その問題点を解決するためのモデルの提案を行った.RIP2 を利用する事による導入時の障壁の軽減,Layer 3 での 2 重化による信頼性の確保,Route Server および Routing Registory Data Base の導入により運用の自動化が行える事を示した. また,Regional IX が技術的な存在ばかりでなく, 社会活動にも影響を与えるものであることにも言及した. 今後の課題として, 以下のようなことがあげられる.

- Route Server の検討
  Y-NIX では,Routing Arbiter Project の RSd v1.3 を利用している. 現在は経路の供給とフィルタ処理を行っているが, 今後は経路のチェックや各地域 IX で, Routing Registory Data Base が共有できないか検討する必要がある. 特に Y-NIX では,2 重化された系のうちの 1 つを用いて,radix, zebra[18] などの Route Server の利用を検証していきたい.
- 負荷分散
  現在は,2 重化されている系のうち, 片側のみが利用されている. これを積極的に利用して, 負荷分散させる方法も考えられる. これを行うためには,Route Server 同士がそれぞれのセグメントのトラヒックのモニタを行い, 協調して運用する必要がある.

- 他の媒体との融合
  CATV や無線 LAN などのローカルな通信業者をシームレスに相互接続を行う実験が検討されている. この中では, 音声や画像などのデータのやりとりがスムーズに行える環境も整えていく必要がある.

尚,Y-NIX に関する情報は下記から得ることができる.

http://www.y-nix.or.jp

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．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] WIDE Project: WIDE/NSPIXP Home Page,
http://xroads.sfc.wide.ad.jp/NSPIXP/.

[2] 中川郁夫，米田正明，安宅彰隆:”国内における地域 IX の動向，情報処理学会 分散システム運用技術研究報告 No.7, 97-DSM-7, pp.1-6(1997)

[3] TRIX: 東北地域内インターネット相互接続研究会,
http://www.tia.ad.jp/trix/.

[4] TKiX: 東海地域ハブ,
http://www.tkix.net/.

[5] OKIX: 岡山情報ハイウエイネットワーク,
http://www.okix.or.jp/.

[6] 林英輔:地域 IX の試み–山梨県の Y-NIX 構想,
日本インターネット協会 IAJ NEWS Vol.4, No.1, pp.20-27(1997).

[7] 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，

[8] 林英輔，本多弘樹，吉川雅修，八代一浩，山本芳彦: TRAIN-Yamanashi の NOC 運用と山梨インターネット YACC，「地域ネットワークの新しい展開と県域ネットワーク」東京大学大型計算機センター 研究論文集 pp.49-53(1994).

[9] 林英輔，八代一浩，本多弘樹，吉川雅修，山本芳彦: 地域内インターネット相互接続機構の技術と運用，情報処理学会 分散システム運用技術研究報告 No.1, 96-DSM-1, pp.41-48(1996).

[10] Y.Rekhter， T.Li.:A Border Gateway Protocol 4(BGP-4)，Request for Comments 1771， Internic Directory Services， March (1995).

[11] G.Malkin:RIP Version 2 Carring Additional Information，Request for Comments 1723， Internic Directory Services， November (1994).

[12] Routing Arbiter Project: The Route Server Daemon,
http://www.isi.edu/div7/ra/RSd/

[13] Routing Arbiter Project: Routing Arbiter Database,
http://www.ra.net/RADB.tools.docs/

[14] Routing Arbiter Project: Routing Arbiter Tools,
http://www.ra.net/tools/

[15] A.Kato:NSPIXP2 Traffic，
http://xroads.sfc.wide.ad.jp/ kato/

[16] JPIX:Traffic_volume,
http://www.jpix.co.jp/traffic_volume.htm

[17] 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).

[18] The ZEBRA Distributed Software:GNU Zebra,
http://www.zebra.org/