

## Local IX のトラフィック解析に基づく接続組織の利用特性

武井 洋介†、太田 耕平§、今野 幸典‡、樋地 正浩‡

加藤 寧†、Glenn Mansfield§、曾根 秀昭†、根元 義章†

† 東北大学、‡ 東北インターネット協議会、§ サイバー・ソリューションズ

概要：近年、地域的なコミュニティの活動が盛んになるにつれて、Internet 上でこれらを支援する Local IX (Internet eXchange) が注目を集めている。現在東北地方における地域ネットワーク TRIX(Tohoku Regional Internet eXchange)を Local IX として構築し、地域コミュニティ内のネットワーク利用実験を行っている。Local IX を効率的に運用するための指標を得るため、TRIX に対して長期間データ収集を行い、その利用状況を分析した。また、このようなトラフィック計測は将来の高速・スイッチングネットワークにおいても必要であると考えられ、データ転送量増加に伴うトラフィック分析処理の増加や、スイッチングネットワークでは集中型観測が適用できない状況が想定され、現在の情報収集システムのみでは観測が困難になると考えられる。そこで本稿では、TRIX のトラフィックの分析結果を示すとともに、新たなトラフィック観測手法を提案する。

キーワード：コンピュータネットワーク、Local IX、トラフィック解析、相関係数、トラフィックパターン

## The usage characteristics of Local IX based on traffic analysis

Yohsuke TAKEI†, Kohei OHTA§, Yukinori KONNO‡, Masahiro HIJI‡

Nei KATO†, Glenn Mansfield§, Hideaki SONE†, Yoshiaki NEMOTO†

† Tohoku University, ‡ Tohoku internet Association, § Cyber Solutions Inc

abstract :As activities of local community become prospered recently, the local IX(Internet eXchange) has taken notice on Internet. We has collected traffic data of Local IX for a long time, and analyzed the usage characteristics to verify the efficiency of Local IX. Although this kind of analysis is indispensable, the conventional analysis method may be not applicable for high-band switching network environment in future where packet dump is difficult because of the process time, also we can't measure all packet at one point. In this paper, we propose the distributed measurement and verified the validity of this method by using collected data of Local IX.

key word: computer network, Local IX, traffic analysis, correlation coefficient ,traffic pattern

## 1. はじめに

インターネット利用者の増加に伴い、インターネットに対する要求が多様化している。その一つとして、地域内における情報交流（地域コミュニティ）を目的としたサービスが挙げられる。地域コミュニティ内の情報はそのコミュニティ内に閉じて通信が可能となるネットワーク Local IX (Internet eXchange)を構築することにより、地域外のネットワークに負荷をかけない効率のよい通信が可能となる。東北地方における地域コミュニティの活動を支援するため、地域ネットワーク TRIX(Tohoku Regional Internet eXchange)(図1)を Local IX として構築し、地域コミュニティ内のネットワーク利用実験を行っている<sup>1)2)3)</sup>。

本稿では、TRIX を対象として、長期に渡ってデータ収集を行い Local IX の利用状況を分析すると共に、このようなトラフィック計測を将来的に実現される超高速スイッチングネットワークに適用する手法を提案し、基礎的な評価実験を行う。

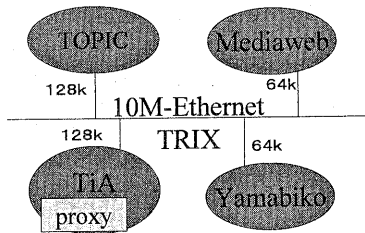


図 1 TRIX の構造

## 2. ネットワーク利用状況分析の必要性

ネットワークを管理する上で重要な要素として、ネットワークの利用状況の分析がある。その理由として以下の2つの項目が挙げられる。

- ボトルネックの発見・解消
- ネットワーク構成の効率化

これらを効率的に行うために、管理するネットワークのトラフィック利用状況を知る手段が必要となる。

## 3. TRIX の利用状況

現在、TRIX のネットワークには1つの学術ネット(TOPIC<sup>1)</sup>)と3つの商用インターネットサービ

<sup>1</sup> TOPIC(東北学術研究インターネットコミュニティ)  
http://www.topic.ad.jp/

スプロバイダ(TiA<sup>2</sup>, Mediaweb<sup>3</sup>, Yamabiko<sup>4</sup>)が接続されている。このような異なる目的を持つネットワークが地域内でどのように利用されているかを次の観点から分析する。

- ・各アプリケーションのネットワーク占有率
- ・接続されたノード別による Local IX の利用特性
- ・時間別による Local IX 利用状況

### 3.1. 分析結果

まず、接続ノード別にトラフィックを分析した結果を示す。各接続ノード間に流れたパケット数を、図 2.1 は1日間単位で、図 2.2 は1時間単位で表している。TOPIC と他の3つのネットワークとの通信が全トラフィックの半分以上を占めていることから、学術ネットから商用プロバイダへのトラフィックが多いことがわかる。また、TiA へのトラフィックが多いのは、TiA 内に設置されているプロキシサーバの影響と考えられる。

またアプリケーション別のトラフィック状況を図 2.3 に示す。TRIX を流れるトラフィックのうち、約40%が News を配信するために使われており、WWW に関するトラフィックは全体の約30%程度に収まっている。その他のトラフィックとしては、smtp や pop3 等のメール関係、ftp のデータとコントロール、ntp, domain, bgp, who 等のシステムやネットワーク関係が観測された。また、図 2.2 と図 2.3 より、深夜よりも日中にネットワークが

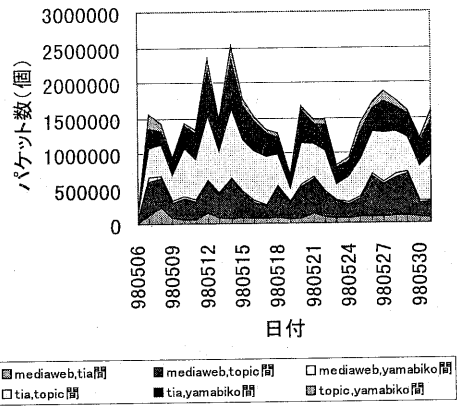


図 2.1 接続ノード別トラフィック状況  
(日単位)

<sup>2</sup> TiA(東北インターネット協議会)

http://www.tia.ad.jp/

<sup>3</sup> Mediaweb((株)富士通東北システムエンジニアリング)

http://www.mediaweb.ad.jp/

<sup>4</sup> Yamabiko((株)S R A東北)

http://www.yamabiko.ne.jp/

多く利用されていることが確認できる。このことから日中はオンライントラフィックを中心に、

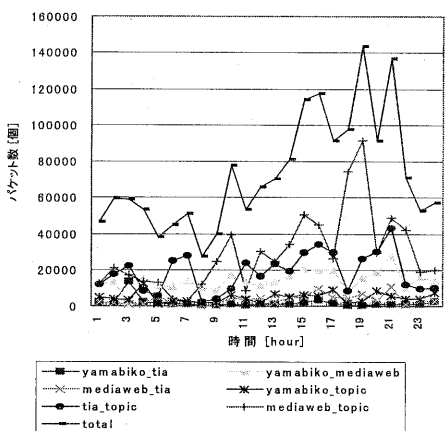


図 2.2 接続ノード別トラフィック状況  
(時間単位)  
平成10年5月28日のトラフィック

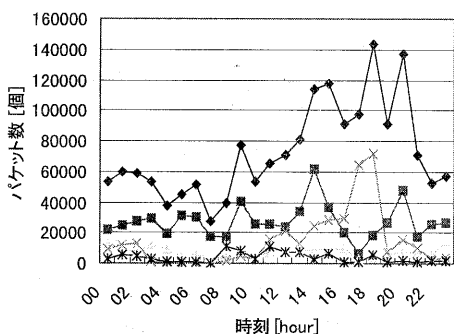


図 2.3 アプリケーション別トラフィック解析

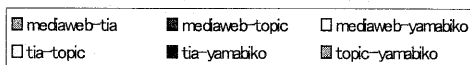
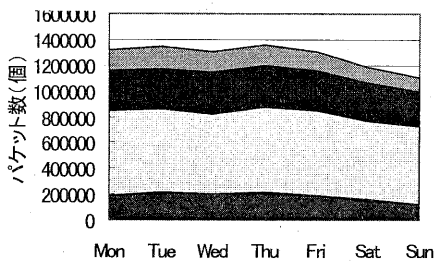


図 2.4 曜日別の利用状況

リアルタイム性を必要としない news などのデータは利用率の低い早朝などに転送することによってより効率的なネットワーク利用が可能となる。

更に、平日と週末の利用状況の違いを分析するために曜日別のトラフィック状況を観測した結果を図 2.4 に示す。土日のトラフィックが平日よりも若干少ないが、全体的には均等にトラフィックが生じていることがわかる。

#### 4. トラフィックの分析手法の提案

2. で述べたようなデータ収集と解析はネットワークを効率的に運用・構築していくためには不可欠なものである。しかし、今後普及すると考えられる高速・スイッチングネットワークでは分析に要する処理量が増加するため、現在の情報収集システムのみでは得られる情報に限界がある。また、ネットワーク構造の面で、トラフィック観測の一元管理が困難であることから、新たなトラフィック観測、解析システムが必要と考えられる<sup>[4]</sup>。そこで本稿では、高速なスイッチングネットワークのトラフィック観測における問題点を指摘するとともに、手法を新たに提案する。

##### 4.1. ネットワークの高速化に伴うネットワーク利用状況把握の問題点

近年の通信技術の発達により、ネットワークの高速化が進んでいる。高速ネットワークでは、往来するパケットの数が増大し、パケット1つ1つを解析することが処理能力の観点から困難とされる。更に、従来のブロードキャスト型からスイッチを用いたネットワークが導入されるようになり、ネットワーク全体の詳細なトラフィック分析が困難になっている。具体的な問題点として、

- 通信速度が非常に高速なため、分析にかかる処理量が膨大になる。
- 1 個所で全パケットを観測することができないため、パケットが持つ情報の相互の関連付けが難しい<sup>[5]</sup>。

等が挙げられる。これらの解決方法として、

- 処理量を減らすため、パケットの数のみを観測する。
- 各接続点においてパケット数を観測し、その情報を 1 個所に集めて統合することにより全体の特性を解析する。

等が考えられる。

##### 4.2. トラフィックパターンの比較によるトラフィック解析手法の提案

ネットワークにおいてトラフィックが発生した 2 点間を観測すると、パケット数の時間的変化量が

類似している。ネットワークでは様々な利用が行われるため、そのトラフィック変動も常に特徴を持っている。図 3.1 は 98 年 5 月 28 日の 19 時 36 分 40 秒から 100 秒間に各ノードからネットワークに流入したパケット数とネットワークから各ノードに流出したパケット数を表したものである。TOPIC と Mediaweb のトラフィックがパースト的であるのに対し、Yamabiko と TiA では、小さな変動で長時間トラフィックが生じている。

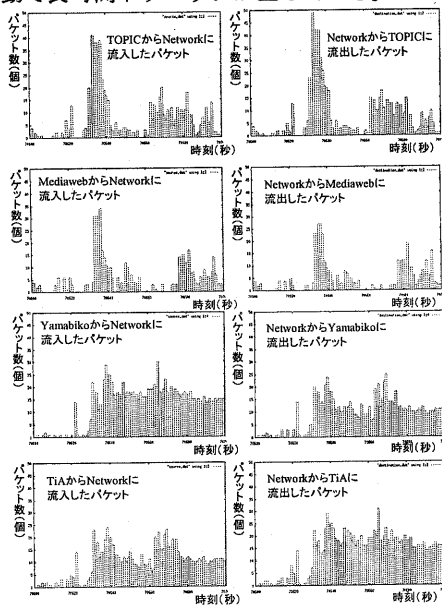


図 3.1 TRIX のトラフィック状況

このように、パケット数観測によって、対象とするネットワークに流入するトラフィックとネットワークから流出するトラフィックにおいて、同時刻間でパケット数の変化に同じような特徴が見ることができる。よって、ある一定時間幅で各観測点においてスイッチに流入する側とスイッチから流出する側のパケット数を比較し、その変化の特徴が類似している場合は、その時間において 2 点間にトラフィックが発生したと考えることができる。即ちトラフィックパターンを比較することによってトラフィック流量の概略を知ることが可能と考える。

そこで本稿では、高速なネットワークにおけるトラフィック状況の観測手法として、各観測点において得られるトラフィックの変化量に対して相関関数を用いたトラフィックパターンの比較を適用することにより、スイッチングネットワーク全体のトラフィック状況を得る手法を提案する。この手法の特徴は、用いている情報がパケット数のみであることと、分散型のトラフィック観測を行うことである。但し、観測するネットワークではトラフィック

が飽和しない状態を想定している。

### 4.3. アルゴリズム

相関関数を用いたトラフィック特性整合のアルゴリズムを示す。

まず、本手法を説明するためのモデルを図 3.2 に、概要を図 3.3 に示す。

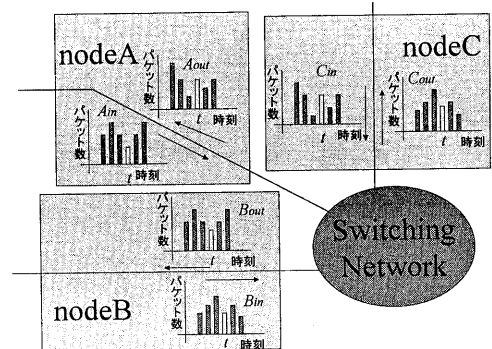


図 3.2 本手法のモデル

@node=("Ain,Bout", "Ain,Cout", "Bin,Aout", "Bin,Cout", "Cin,Aout", "Cin,Bout")

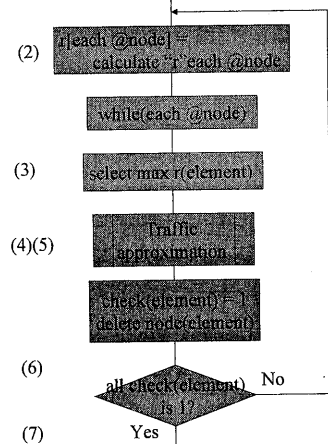


図 3.3 アルゴリズムの概要

- 1 各ノードにおいて、一定の間隔（タイムスロット）毎に、ネットワークに流入するパケット数と流出するパケット数をカウントする。
- 2 ノード A からネットワークへの流入パケット数  $A_{in}$  とネットワークからノード B へ流出するパケット数  $B_{out}$  のデータに対して、時刻  $t$  におけるパケット数を  $A_{in}(t)$ 、 $B_{out}(t)$  とする。

$$(A_{in}(t-n), B_{out}(t-n)), (A_{in}(t-n+1), B_{out}(t-n+1)), \dots, (A_{in}(t), B_{out}(t)), \dots, (A_{in}(t+n), B_{out}(t+n))$$

の $(2n+1)$ 個の組み合わせ(サンプル)から次式を用いて相関係数  $r$  を求める。

$$r(A_{in}, B_{out}) = \frac{1}{ns_{in}s_{out}} \sum_{i=-n}^n (A_{in}(t+i) - \bar{A}_{in})(B_{out}(t+i) - \bar{B}_{out})$$

$$s_{in} = \sqrt{\frac{1}{2n+1} \sum_{i=-n}^n (A_{in}(t+i) - \bar{A}_{in})^2}$$

$$s_{out} = \sqrt{\frac{1}{2n+1} \sum_{i=-n}^n (B_{out}(t+i) - \bar{B}_{out})^2}$$

$r$  の値が 1 に近いほど、その 2 点間でのデータが類似していることを表す。同様に  $A_{in}$  と  $C_{out}$ 、 $B_{in}$  と  $A_{out}$ 、 $B_{in}$  と  $C_{out}$ 、 $C_{in}$  と  $A_{out}$ 、 $C_{in}$  と  $B_{out}$  の相関係数  $r$  を求める。

- 求めた相関係数の中で最大の相関係数を持つ 2 点間のトラフィックを推測する。例として、図 3.4 のように各相関係数が求まったとする。求めた  $r$  の値の内、最大の相関係数を持つのは  $A_{in}$ 、 $C_{out}$  間であるから、 $A_{in}$  と  $C_{out}$  からこの 2 点間のトラフィックを推測する。
- 時刻  $t$  における  $A_{in}(t)$  と  $C_{out}(t)$  を比較すると、 $C_{out}(t)$  の方が小さい。実際に  $A$  から  $C$  に流れたパケット数が小さい方の値を上回ることではないため、 $A$  から  $C$  へ流れたトラフィックはこの場合  $C_{out}(t)$  の値とする。
- $A_{in}$  のトラフィックには  $C$  以外に流れたパケットも含まれていることを考慮し、 $A_{in}$  から  $C_{out}$  の値を差し引く。
- $A_{in}$  と  $C_{out}$  のトラフィックを近似したとして、チェックビットを立て、次にチェックビットの立っていないノード間について 3.1 から繰り返す。
- チェックビットがすべてのノード間に立てられた時点で時刻  $t$  におけるトラフィックの近似は終了する。

これにより、時刻  $t$  において、トラフィックが発生したと思われるノード間に対するトラフィックの近似が可能となり、これを全時刻に適用すること

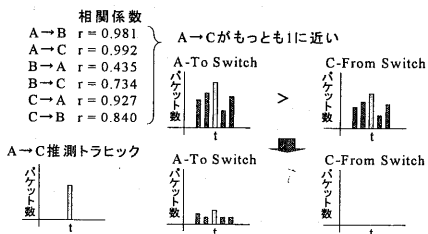


図 3.4 トラフィックの近似

によって、全体のトラフィックを近似する。

#### 4.4. TRIX データへの適用実験

本手法によるトラフィックの測定方法の信頼性について検討する必要がある。そこで TRIX のネットワークを一つのスイッチングネットワークとみなし(図 3.5)、パケットの数からトラフィックを推測した結果と、実際のトラフィックを比較することによって検討する。TRIX のデータについてそれぞれ接続ノード毎に分類し、更にネットワークに入力したパケットとネットワークから流出したパケットに分類して、一定時間毎にパケット数をまとめることにより、本手法に適用するデータを作成した。

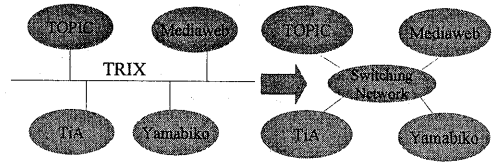


図 3.5 仮想的な Switching Network

#### 4.5. 解析結果

TRIX のデータに本手法を適用した結果を示す。今回は TRIX のデータの中で最大のトラフィック量を観測した平成 10 年 5 月 28 日のデータを用いた。タイムスロットを 1 秒、サンプル数を 9 個、相関係数に対する閾値を最大値  $\times 0.97$  とした時の解析結果の一部を図 3.6 に示す。棒線が実際のトラフィック、点線の折れ線が本手法を用いて得られた近似されたトラフィックである。70715 秒から 70740 秒付近は実際のトラフィックに非常に近い結果が得られた。しかし、70700 秒付近は多少の誤差が生じている。解析した結果全体に対しても同様の事

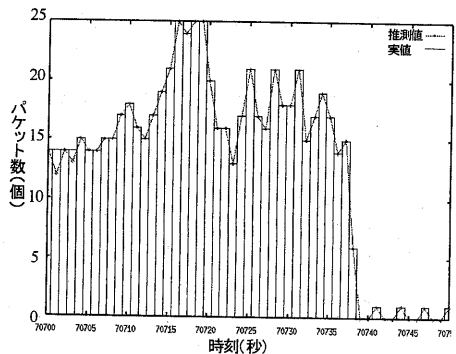


図 3.6 推測値と実値のトラフィック比較

が言えるが、一部において実際にはトラフィックが発生しているにもかかわらず近似値では発生していないと判断されている。

次に推測値から実値を差し引いた誤差分布を図3.7に示す。これは平成10年5月28日の全データについて解析を行った結果得られた全ノード間の近似値と実値の誤差分布である。誤差が±2秒の中に全データの95%が含まれている。

これより本手法を用いた場合、多少の誤差を含むが、実際のトラフィックを近似することが可能であることが示された。

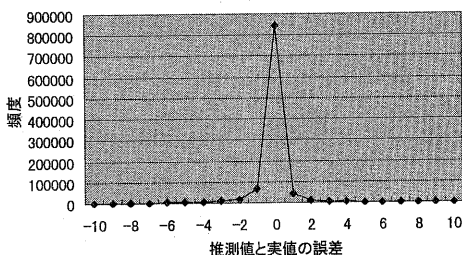


図 3.7 推測値と実値の誤差分布

#### 4.6. 課題

今回提案した本手法において今後検討すべき問題としてタイムスロットの設定が挙げられる。本手法を適用する際、1タイムスロット内に複数のトラフィックが重複して起こる<sup>[6]</sup>と相関係数が似た値になる可能性が生じ、誤認識する可能性がある。TRIXのデータにおいてタイムスロットを変化させたとき、1スロット内でトラフィックが重複した割合を表1に示す。現在は実際に測定可能なタイムスロットとして1秒に設定しているが、この場合は全体のおよそ25%で1スロット内にトラフィックが重複していることがわかる。より正確に推測するにはタイムスロットを小さくする必要があるが、あまり小さすぎると1スロット内に通過するパケット数が少ないため、トラフィック全体に特徴が現れなくなる。

表 1 1スロット内にトラフィックが重複した割合 (平成10年5月28日のデータ)

タイム スロット	source		destination	
	単独	重複	単独	重複
0.01 sec	98.9%	1.1%	99.4%	0.6%
0.1 sec	93.5%	6.5%	93.2%	6.8%
1 sec	74.1%	25.9%	69.5%	30.5%
10 sec	32.3%	67.7%	10.7%	89.3%

また、今回は結果として示した部分において相

関関数を求めるサンプル数を経験的に設定したが、これを最適に定める方法を検討する必要がある。

この手法をより長期のデータに適用し評価することも必要であり、更に高速なスイッチングネットワークに適用した実験も必要である。

#### 5. おわりに

Local IX の利用特性を分析するため、TRIX のトラフィックを測定し、利用状況把握を行い、ネットワーク有効利用への資料を得た。また本稿では、トラフィックが飽和していない高速なスイッチングネットワークのトラフィックを測定する方法について提案した。本手法を用いた結果、相関関数を用いることによって、パケットダンプすることなく実際のトラフィックに非常に近い近似ができることがわかった。今後は、本手法をより長い時間に適用し、その結果を評価するとともに、TRIX 以外のネットワークのデータへの適用を行うことによって、接続されたノードが多くなった場合についても検討していく。

#### 参考文献

- [1] 菅野 浩徳, 樋地 正浩, 布川 博士, “コミュニティインターネットの相互接続実験”, 情報処理学会研究会報告 97-DMS-6(1997)
- [2] 菅野 浩徳, 樋地 正浩, 布川 博士, “東北地域内インターネット相互接続ネットワーク(TRIX)トラフィック分析 (1)”, 平成9年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集 2I10(1997), pp.311
- [3] 今野 幸典, 樋地 正浩, 曽根 秀昭, “東北地域内インターネット相互接続実験:TRIX”, 平成9年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集 2H12(1997), pp.273
- [4] Guru Parulkar, Douglas Schmidt, et al., “An Architecture for Monitoring, Visualization, and Control of Gigabit Networks”, IEEE Network September/October 1997 pp.34
- [5] 伊香 智広, 太田 耕平, 加藤 寧, グレン・マンズフィールド, 根元義章, “分散ネットワーク障害管理における Event Correlation 手法”, 信学技報, IN97-167, pp.51-56(1998-02)
- [6] K.Ohta, T.Mori, et al., “Divide and Conquer Technique for Network Fault Management”, The Fifth IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management, 12-16 May 1997