

IMnet におけるトラフィックオペレーションについて

小松原 重之 鈴木 亮一 三上 博英
comacie@slab.ntt.jp

日本電信電話株式会社 ソフトウェア研究所 広域コンピューティング研究部

研究学術用ネットワークである IMnet において運用している、トラフィック収集・解析のしくみについて述べ、そこで得たトラフィックデータの特徴について説明する。使われるパケットサイズと、24時間の周期的な振舞いに関して考察を行う。考察にあたって、カオスの手法によるインターネットトラフィック予測システムの、実装・評価についても報告する。

“The Traffic Operation in IMnet.”

Shigeyuki KOMATSUBARA, Ryoichi SUZUKI, Hirohide MIKAMI

NTT Software Laboratories

The method of traffic-data collection and its analysis on Inter-Ministry research information Network is explained. Then, we mention about some features of the traffic-data, and we analyze the packets-size, and the periodical behavior. At last, we show the implementation and evaluation of the prospecting system of the Internet-traffic based on chaotic attractor model.

1. はじめに

1.1. 省際研究情報ネットワーク

省際研究情報ネットワーク (Inter Ministry research information Network; 以下 IMnet) は、科学技術振興調整費により運営される NSP (Network Service Provider) である。各省庁の国立研究所・大学等をネットワーク的に接続、運用するとともに、利用基盤技術について調査研究することを目的としている¹⁾。

平成 6 年 11 月より実験的運用を開始し、2 年後の平成 8 年 10 月には、89 機関の接続を実現している。AS (Autonomous System) 2513 として自律システムを構成している。また、平成 8 年 3 月以降はエリア 40 として DEC-net プロトコルの運用も行ってい

る。本稿では、インターネットの通信基盤としての重要性を鑑み、IP に関するトラフィックオペレーションを取上げる。ここでいうトラフィックオペレーションとは、トラフィックデータに基づき設備へのフィードバックを行おうとするエンジニアリングの総称とする。

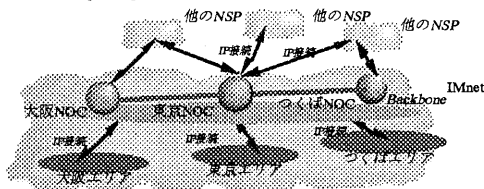
1.2. 目的

IMnet のトラフィックオペレーションは、NSP として設備の利用状況を把握しフィードバックを図ることと、NSP 運用上の未知の現象についてトラフィックデータによる解析を試みることを目的としている。以下、そのための仕組みから述べて行く。

2. IMnet のトラフィックデータ

2.1. IMnet の構成

平成 8 年 10 月における、IMnet の構成を図 1 に示す。



[図 1 IMnet の構成]

東京、大阪、つくばの 3 地点に NOC (Network Operation Center) を持ち、東京 NOC ~大阪 NOC 間、東京 NOC ~つくば NOC 間に物理的接続を持つ。IMnet への接続機関及び他の NSP は、これらの任意の NOC と接続する。また、一つの接続機関あるいは NSP が、複数の NOC と接続する形態もある。

2.2. トラフィック収集の方法

バックボーン上において、以下の 2 つの方法でトラフィックの収集を行っている。

2.2.1 ルータ MIB 値を利用する方法

全てのルータのポートに対して、MIB (Management Information Base) の値を収集する。収集は 10 分間隔を基本として、SNMP (Simple Network Management Protocol) を用いて行う。単位時間当りに正常転送された平均パケット数とそのデータ量を求める。また MIB に定められる、ユニキャスト / 非ユニキャスト毎の通信量、out/in 毎の Discard 量、エラー量なども収集する。これらのデータは広域に収集できるので、幅そうやエラーの伝搬に関するネットワークの広域的な挙動を知るために用いる。

2.2.2 IP ヘッダ情報を利用する方法

プローブと集計専用マシンを、東京 NOC の LAN 上に配置し、IP ヘッダ内の情報を分析し

てトラフィック統計を算出している。http、news、ftp など 13 種類のアプリケーションに関して 1 日当りの総転送パケット数と、それらのデータ量の合計値を収集している。バックボーンにおける多重化が最も顕著な場所の一つであるため、IMnet 全体の傾向を代表する統計として、このデータを解析に用いている。

2.3. トラフィックデータベース

前節の方法により収集したデータについて、データベース上に統合し、一元的に管理している。このデータベースは、ルータの「ポートの MIB 値」を用いて、「NOC 間のトラフィックを示す値」を仮想的に求める⁴⁾。具体的には以下の手順によって処理を行う。

- (1) 対向するポート間の MIB 値について検証し、誤差の補正を行う
- (2) 連続する MIB 値に対して時系列を検証し、誤差の補正を行う
- (3) MIB 値の論理的リンクへの写像を計算

これらの処理を行ったものを、バックボーンのマップ上に再構成する。これを IMnet の論理的トラフィックと呼び、ポートのトラフィック値とは陽に区別して扱う。

また CGI を用いて、www ブラウザをフロントエンドとした検索をサポートしている。これにより簡易な操作性と GUI、多くのプラットフォームへの対応を実現している。

3. トラフィックの特徴

3.1. 長期的推移

IMnet のバックボーン設備は、リンクの速度によって 4 つの世代 (図 2) に分類できる。これらの速度は、各世代において発生していたトラフィックの特徴を表しており、その増加

に合わせてバックボーンが強化されてきたことが分かる。

【第1期；平成6年11月～7年6月】

IMnet Backbone



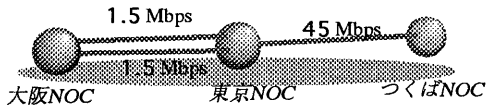
【第2期；平成7年7月～7年9月】

IMnet Backbone



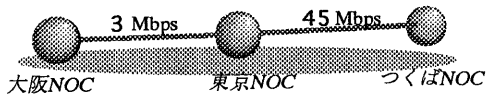
【第3期；平成7年10月～8年3月】

IMnet Backbone



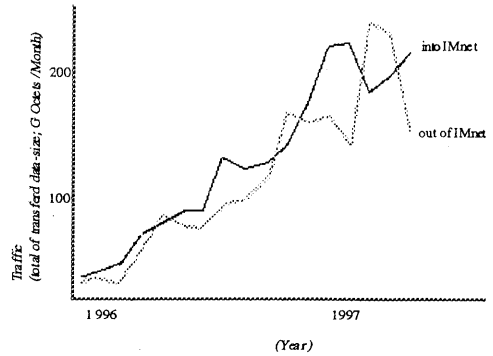
【第4期；平成8年4月以降】

IMnet Backbone



【図2 IMnetバックボーンの変遷】

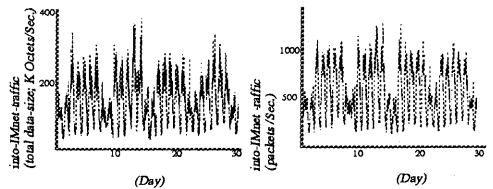
図3は、近年のIMnet内外へのデータ転送量推移である。出方向、入方向ともに1年間で10倍以上に増加している。インターネットにおいて、このような劇的な変化は稀ではない。急激な需要変動を解析・予測し、ネットワークの構成へ反映してゆくことが、NSPの運用技術として求められている。



【図3 IMnetトラフィックの長期的推移】

3.2. 短期的傾向

平成8年6月にIMnet内へ運ばれたトラフィックの状況を、図4に示す。



【図4 平成8年6月の推移】

データの収集間隔は10分間隔であり、データ転送量の推移(左)と、パケット数の推移(右)をそれぞれ示している。この収集間隔において、ネットワークの利用状況が激しく変化していることが分かる。

また、以下の特徴が明らかとなった。

- (1) 転送パケット数とデータ量の相関
- (2) トラフィックの周期的振舞い

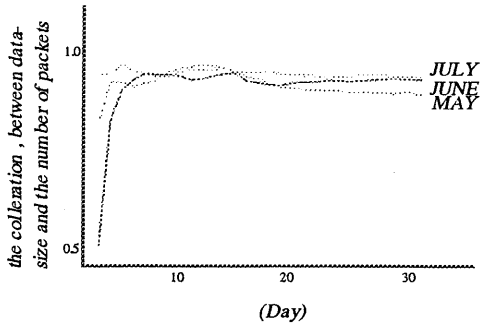
この特徴について以下、4節・5節で考察を行う。

4. パケットサイズに関する考察

4.1. IMnetにおける測定結果

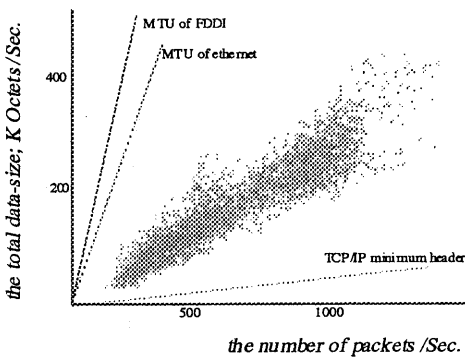
転送パケット数とデータ量の相関を図5に

示す。バケット数とデータ量の間には、高い相関があることが分かる。



[図5 転送バケット数とデータ量の相関]

一般に、転送バケット数とデータ転送量から、使われるバケットサイズの傾向が求められる。十分に短い時間でこれを評価した場合、転送バケット数・転送データ量レシオ(バケットサイズの特性)は、ある分布に従うことが考えられる。ここで、IMnetにおけるプロットとして図6を得た。

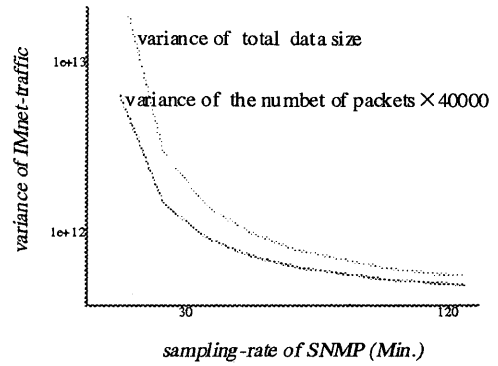


[図6 バケットサイズの特性]

ethernet、FDDI に対する MTU (Maximum Transfer Unit) と、TCP/IP ヘッダのデータ長を並記している。実測値はこの線分について、離散的な広がりを持っておらず、その分布は別の要因で、決定すると推定される。

4.2. 分散を決定する要因

データ収集の間隔を長く変更した場合の分散の推移を図7に示す。



[図7 収集間隔の分散への影響]

データ収集の間隔を長くすることにより平均化の影響が顕著になり、分散が抑えられることが分かる。

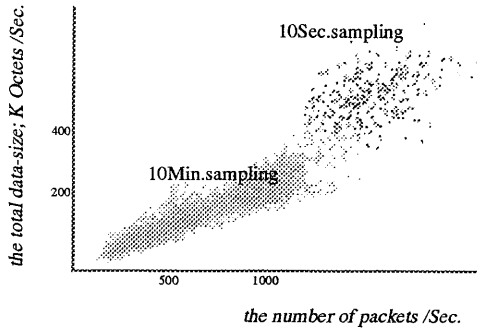
4.3. 離散的挙動の観測

データ収集の間隔を十分に小さく取ることによってこの影響を回避できる可能性に着目し、1秒と10秒の2通りの収集間隔で測定を行った。

収集間隔を1秒としてMIB値を利用した場合、データの時系列に著しい誤差が生じ、評価が困難となった。この原因として以下2点を挙げておく。

- (1) MIB 値収集のバケット自身が、ネットワークの影響を受け時系列信頼性が低下
- (2) SNMP の実装により短時間に多数の MIB 値を収集すると、時系列信頼性が低下

図8に、収集間隔を10秒とした場合の結果を示す。



[図8 収集間隔による分布の違い]

この図から、間隔を10秒間としても、統計的な圧縮効果を回避出来ないことが分かる。これはIMnetのような中規模クラスNSPのバックボーンにおいては、数秒という間隔であっても相当数のユーザの通信が多重化されているため、得られる値が統計的なものになるためと推定される。

5. 周期的な振舞いに関する考察

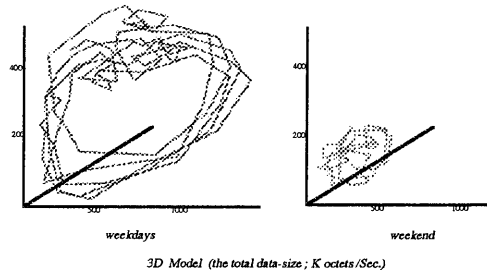
5.1. カオス的アプローチ

IMnetで見られるトラフィックの振舞いは、複雑な要因により決定されるインターネットトラフィックの特徴を表わしている。カオス的な振舞いを見せる系について、Takensらの提案した理論⁹⁾に基づく解析が、いくつかの産業分野¹⁰⁾で報告されている。我々は、この方法によるインターネットトラフィックの解析を試みるとともに、予測値算出によって解析法としての性能を評価した。

5.2. IMnetトラフィックの振舞い

図9(左)に、平成8年6月のIMnetへのトラフィックを3次元空間へ埋込み処理した結果を示す(ただし、土曜・日曜のデータは除き、

データの収集間隔は60分間である)。また、図9(右)に、同条件の土曜・日曜の場合を示す。



[図9 IMnetのアトラクタモデル]

週日は、昼勤時間帯に不安定な挙動をとり、土曜・日曜に比べると高い周期性を示している。一方、土曜・日曜はトラフィックが少なく、挙動も不安定であることが分かる。

5.3. トラフィック予測システム

カオス的な系の特徴として、短期的予測可能性があげられる。この性質を利用し、アトラクタモデルの軌跡から、近未来トラフィックの予測を行うシステムを開発した。

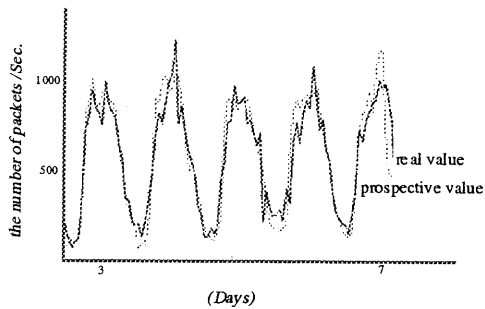
以下は実装する際に用いた、予測値算出に関するアルゴリズムである。

- (1) 埋込み多次元空間において、現在状態の最近傍に存在する状態を見つける
- (2) (1)で求めた最近傍状態の1単位時間後の状態から、推移ベクトル(予測値変化量)を求める
- (3) 推移ベクトルと現在の状態から、単位時間後の状態を予測する

5.4. 予測システムの評価

図10は、IMnetへ流入するトラフィック量の予測を行った結果である。実行条件は3次元深さの埋込みと、使用履歴500時間、予測単位時間を10分とし、平成8年6月のデータ

から土曜・日曜を除いたものを用いている。



[図 10 予測値と実測値]

この結果、平均誤差率 13.2 % の予測精度を得た。実行条件の最適化については今後の課題であるが、対象とする系の複雑な振舞いを勘案すれば、カオス的アプローチによる解析法は、インターネットの予測技術として、高い性能を持つことが明らかになった。

6. おわりに

以上、IMnet におけるトラフィックオペレーションについて、しくみ、特徴、考察を述べた。今後は、これらの予測技術の集成を進める。同時に、error 値や discard 値などの、他の MIB 値へ応用を検討する。これによって IMnet バックボーンの queuing size の最適化などを行い、トラフィックオペレーションの高度化を図る計画である。

謝辞

本研究に対し、多くの貢献をいただいた北海道大学井上澄氏に、深く感謝いたします。

参考文献

- [1] URL=" <http://www.sta.go.jp/IMnet/>"
- [2] 小松原重之, 鈴木亮一, 三上博英, "インターネットトラフィック解析法の研究", 第 52 回情報処理学会全国大会 3Aa-7, Jan 1996
- [3] F.Takens, "Detecting Strange Attractors in Turbulence, In Dynamical Systems and Turbulence" (eds. D.A.Rand and L.S.Young), Springer-Verlag Berlin 1981
- [4] 中川善富, 塚本健一, 山田雅之, 世木博久, 伊藤英則, "カオスの手法を用いた交通量解析", 第 52 回情報処理学会全国大会 1Z-2, Jan 1996
- [5] K.C.Claffy, H.Braun, and G.C.Plyzous, "Tracking Long-Term Growth of the NSFNET", CACM Vol.37 No.8 1994