

## L-5 トラフィック予測による IP 網運用システムの提案 Proposal of IP network transport management system using traffic estimation

木下 成宏† 戸上 康弘 †† 岸本 了造†  
Masahiro Kinoshita Yasuhiro Togami Ryozo Kishimoto

### 1. はじめに

現在、IP 網に対して、運用制御においても帯域を考慮するという研究が盛んに行われている。もっとも盛んであるのが、Diffserv を基幹網に適用しようとするものである。しかし、これは単一のサービスに対しての帯域を保証するものであるため、網全体の帯域を考慮していない。[1]

インターネットに対して、運用制御を行う際、その網全体の信頼性や安全性を考慮する必要がある。今後、動画や音声などの様々なマルチメディアサービスの融合が予想されるなかで、その網全体を効率よく、経済的に運用制御を行う事が重要になってくる。[2][3][4]

本論文では、広域 IP 網の安定的な運用を行うため、トラフィック予測を用いた IP 網運用システムを提案する。

### 2. トラフィックを考慮した IP 網経路制御の提案

#### 2.1. IP 網経路制御の概要

日々、IP 網を安定的に運用するためには、常時トラフィックを監視し、網全体の動態を把握することが重要である。図 1 に、あるリンクの 24 時間の IP 網トラフィックの一例を示す。図 1 から明らかなように、トラフィックは常時変動しており、それらに起因するパケットの廃棄や遅延が生じないように対策を施す必要がある。

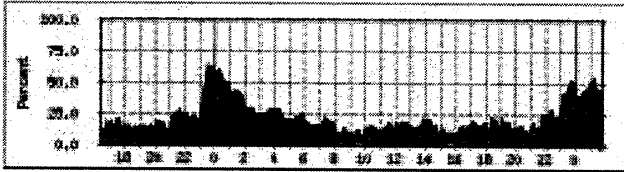


図 1 24 時間の IP 網トラフィック変動

IP 網の運用にあたっては、主なトラフィック変動要因と、その要因が生じるタイムスパンを分析し、その対策を施すことが重要である。ここでは、トラフィック変動要因が生じるタイムスパンを長期（月～年単位）、中期（日～月単位）、短期（秒～分単位）に分類し、それぞれに見合った全体の信頼性を確保する。特に、本論文では、秒～分単位のタイムスパンで発生するトラフィック変動に対するネットワーク運用アルゴリズムを提案する。短期スパンでは、下記のようなトラフィック変動が考えられる。

- ケーブル断や装置故障によるトラフィック断
- イベント開催等による急激なトラフィック増

#### 2.2. 短期スパンに対する NW 運用アルゴリズム

短期タイムスパンで発生するトラフィック変動に対するネットワーク運用アルゴリズムのフローを以下に提案する。

† 立命館大学 理工学研究科

†† NTT ソフトウェア

IP 網は、まず、ユーザの要求に応じて経路が初期設定されている。定常的なトラフィックならば問題はないが、一部の経路にトラフィック異常が増加した場合、その経路の経路コスト (Metric) を変更して、経路の再設定を行い、別のリンクに経路を振り分ける。図 2 において、トラフィックを予測して、急激なトラフィック増に対して、経路の再設定を行っている。

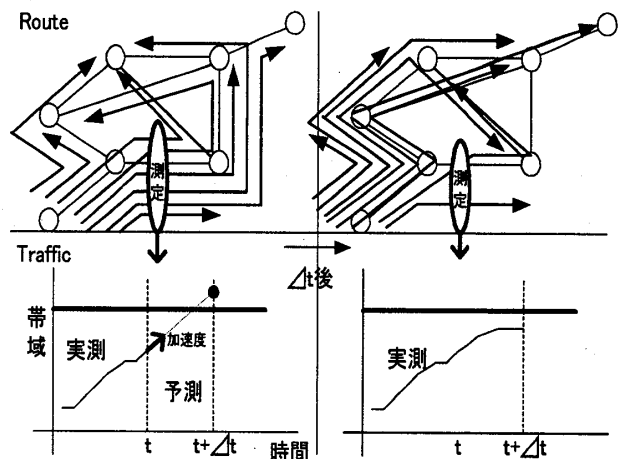


図 2 トラフィック予測と経路再設定

### 3. トラフィック加速度を用いたトラフィック予測と経路変更アルゴリズムの提案

まず、図 2 に示すように、ルータが各リンクのトラフィックの変動を一定時間間隔で監視し、計測で得られた現在 (t) のトラフィック量と前回計測したトラフィック量から加速度を計算する。加速度と現在のトラフィック量から (t+Δt) 時のトラフィック量の予測を計算する。実際には、ルータには各経路に対応したポートがあり、ポート対応のトラフィックを個別に計測し、1つのリンクに収容されている。複数の経路トラフィックを予測の対象とする。

次に、計算により予測されたトラフィック量がリンクにおいて使用可能な帯域と比較する。比較の結果、予測トラフィックがリンクの使用帯域を越えると予測される場合、Δt 秒以内リンクに収容されている複数の経路の数を減らす。その場合、リンクのコストを高くして、リンクに収容されている経路本数を減少させることとする。

### 4. IP 網における提案アルゴリズムの検証実験

#### 4.1. IP 網の実験システム

短期タイムスパンにおける IP 網運用のための、加速度を用いたトラフィック予測と、IP 網の経路再設定アルゴリズムを検証するため、IP 実験網を構築し、検証した。

IP 網の実験システムでは、図 4 に示すように、FreeBSD を実装した PC7 台と FastEthernet から構成されている。PC はルータとして利用し、その PC に GateD を実装している。[5][6]

#### 4.2. トラフィック予測実験

IP 実験網では、ランダムパケットを送信することでトラフィックを発生させ、時々刻々と変化するトラフィック量に対して  $\Delta t$  秒後のトラフィックを予測していく。  $\Delta t$  は 2 秒後とし、トラフィック測定の間隔は 1 秒としてトラフィック予測の実験を行った。経路本数の測定には UNIX コマンドである traceroute を用い、トラフィック量の測定には ttb を用いた。

トラフィックの予測結果を図 3 に示す。実線は予測したトラフィック量を帯域で表している。点線は実際に計測によりえられたトラフィック量である。計測の結果、予測と実際のトラフィックは、完全に一致ということにはいたらなかったが、トラフィックの上昇についてその傾向を把握することが可能であることが判明した。

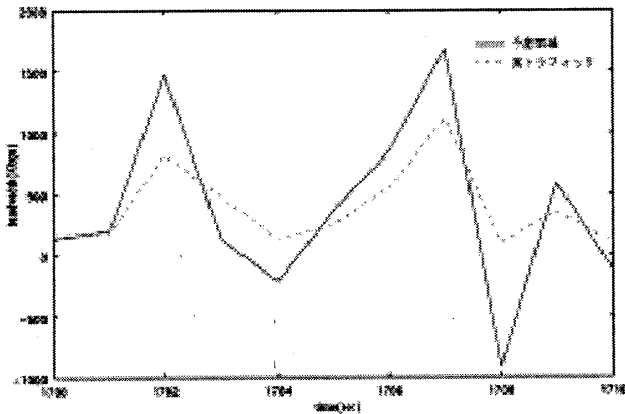


図 3 加速度を用いたトラフィックの予測

#### 4.3. 経路変更実験

GateD による OSPF を利用した経路変更の実験は、OSPF のインターフェースコストを増加変更することによる経路本数を減少させた。インターフェースコスト変更を行ったルータは図の中で塗りつぶしている。

測定結果を以下の図 4 に示す。図に示している経路の本数は、図 1 に示す全ルータからの経路の中で各リンクを経由している部分の経路本数を抽出している。矢印は経路の方向を示す。計測リンクでは、13 本通過していた経路が 5 本に減少している。減少分の経路は、他のリンクをたどって目的のルータへと経路を張っている。他のリンクをたどって経路が張られていることは、図 3 に示す計測リンク以外の経路本数の増加により明らかである。これにより他の経路への張替えを確認することができた。

図 5 に対象リンクのトラフィック量の変化を示す。リンクを通過する経路本数の減少、つまりサービスの迂回効果により、トラフィックの減少を測定することができた。本論文では、ルータにおけるインターフェースコストの変更時間を 4.00sec の時点で行っている。トラフィックの減少は 0.8 から 0.26 へと減少している。

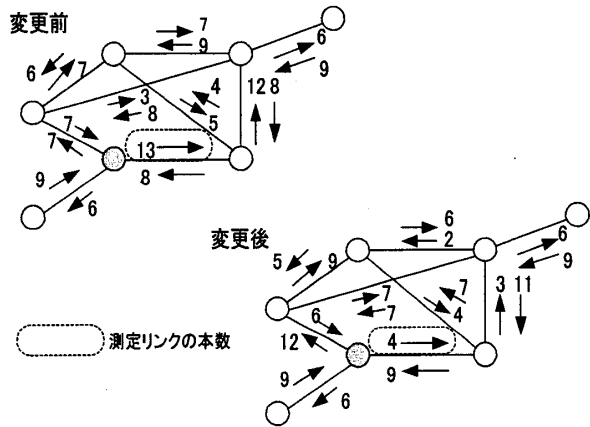


図 4 測定リンクにおける経路本数の減少効果

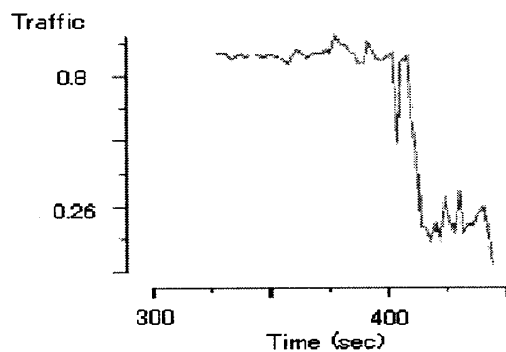


図 5 経路の張替えによるトラフィックの減少効果

### 5. まとめ

本論文では、広域 IP 網を安定的に運用するため、トラフィック予測を用いた IP 網運用システムを提案した。今後、より実際の網を運用して、その実験データの収集を努める。

#### 参考文献

- [1] Floyd, S., and Jacobson, V., Link-sharing and Resource Management Models for Packet Networks. IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.3, No.4, pp.365-386, August 1995.
- [2] 湊賢治, 奥村康行, 岸本了造, "分散強調マルチエージェントモデルによる通信網の複数回線設定制御", 信学論, Nov. 1991.
- [3] 岸本了造, "エージェント通信トランスポートネットワーク", 信学論(B-1), Vol.J79-B-1, No.5, pp/238-250, May 1996.
- [4] 戸上康弘, 岸本了造, "帯域, トラフィックを考慮にいられた GateD の運用法の考察", 信学技報 IN99-181, March 2000.
- [5] GateD Consortium <http://www.gated.org/>
- [6] OSPF: Version2, J.Moy, RFC 2328, April 1998