

ベイズ推定を用いた負荷分散ルーティングに関する研究

Load Balancing Routing with Bayesian Estimation

寺本 翼¹

Tsubasa Teramoto

原 元司¹

Motoshi Hara

1. はじめに

近年、インターネット資源を有効活用するための負荷分散ルーティング手法が多く提案されている [1]-[3]。しかし、その多くは技術的な問題や適合性の問題を抱えており、現実のインターネットに適用可能な手法は限られているのが現状である。

一方、現在最も実用化に近い負荷分散ルーティングプロトコルの一つに OMP(Optimized Multipath)がある。しかし、この手法では負荷の急激な変動に追従できず、収束に時間がかかるという欠点が知られている。そこで、本研究では OMP に強化アルゴリズムによる学習機能を導入し、収束速度の改善を試みた。

2. OSPF と負荷分散機能

動的に経路情報を交換しルーティングを行うプロトコルはいくつかあるが、その一つに OSPF(Open Shortest Path First)がある。OSPFは、リンクステート型のルーティングプロトコルであり、各ノードがネットワーク全体の情報を共有することで柔軟な経路制御を行う。また、OSPFはそれ自体が ECMP(Equal Cost MultiPath)による負荷分散機能を持っている。しかし、ECMPはコストの面で等価な最短経路が複数存在する場合のみ負荷分散を行うため、負荷分散機能としては不十分である。この OSPF の欠点を改善し、負荷分散性能の向上を図ったのが OMP である。

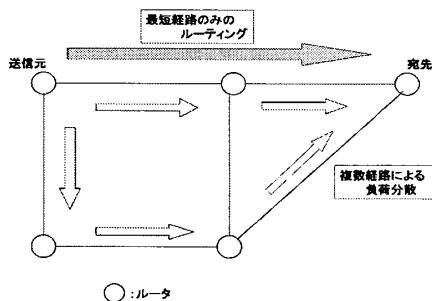


図 1: 負荷分散ルーティング手法の概念図

OMPは、OSPFをベースにして一定の許容範囲内のメトリックを持つ複数の経路にトラフィックを分散することにより、最短経路にのみトラフィックが集中するのを防ぎ、ネットワーク資源を有効に利用することができる(図1)。しかし、OMPでは、トラフィックに急激な変動があった場合でも徐々にトラフィック量の調節が行われるため、収束に時間がかかるという欠点がある [2]。また、負荷分散を行うパスの決定法に関しても研究の余

地が残されており、OMPはまだ実用段階には無い [3]。ただ、OSPFの拡張によって実装されることから、現在のインターネットへの適用が容易であるというメリットがある。

3. β -OMP

本研究では、OMP環境下の各ルータがベイズ推定器(以下、BEと記す)により独自にリンク情報の学習(推定)を行うことで、収束速度の改善を目指す β -OMPの提案を行う。BEとは、ある確率分布に従う数値列が与えられたとき、予め用意した確率分布のモデルのどれが一番近いかを推定する手法である。本研究では、各リンクが持つリンク利用率の期待値を推定する目的で利用する(図2)。 β -OMPでは、各リンク利用率の推定値に基

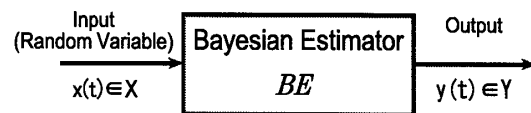


図 2: 一般的なベイズ推定器

づいてトラフィックを分散する経路を決定する。

4. シミュレーションモデル

提案手法についての有効性を検証するために、OSPF、OMP、 β -OMPそれぞれのプロトコルについて、簡易シミュレータによる性能評価を行った。

4.1 ネットワーク構成

ネットワークの構成として、2つの小規模なネットワークを2本のリンクで接続するような構成とした(図3)。

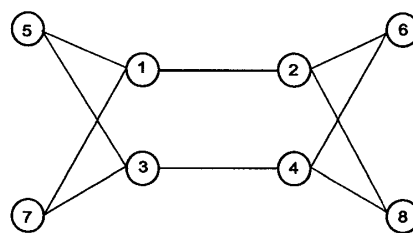


図 3: ネットワーク構成図

各ノード間を接続するリンクは、ノード1-2間を800Mb/s、ノード3-4間を400Mb/sの帯域幅とし、その他のリンクは全て500Mb/sの帯域幅とした。

¹松江工業高等専門学校

4.2 発生トラフィック

表1で示されるトラフィック特性から、フローの到着率 λ を次のように定義した。

$$\lambda = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}}$$

表 1: トラフィック特性

| | |
|-----------------|-------------------------------|
| 要求帯域 | 500 Kb/s(一定) |
| T_{on} (発生時間) | 平均180秒の指数分布 |
| T_{off} | 平均 $(180/\lambda)$ -180秒の指数分布 |

宛て先ノードは、送信元ノード以外の全てのノードからランダムに選択される。その上で、ある特定の送信元ノードから宛て先ノードまでのトラフィックが、通常の1000~2000倍になるような負荷変動を与えた際の影響を調べた。なお、本シミュレータではリンクの遅延時間、バッファ溢れによるパケットの損失、およびTCPのふくそう制御等については考慮していない。

4.3 経路探索アルゴリズム

本研究で扱う OSPF, OMP, β -OMP は、メトリックとしてリンク利用率

$$\text{リンク利用率} = \frac{\text{リンク間トラフィック [Mb/s]}}{\text{リンク帯域 [Mb/s]}}$$

を用いた。全ノードはネットワークのトポロジ情報とリンク利用率から Dijkstra 法によってルーティングテーブルを生成する。

4.4 評価指標

今回のシミュレーションでは、以下の2つを評価指標とした。

1. 平均リンク利用率

シミュレーションに用いたネットワーク構成ではノード1-2間とノード3-4間のリンクがボトルネックとなっているため、トラフィックがこの2つのリンクに集中し、負荷変動の影響を受けやすい。そこで、これらのリンクの平均利用率を測定した。

2. リンク利用率の分散

それぞれのプロトコルに対して、ネットワーク全体のリンク利用率についての分散を求めた。この値が低ければ、全てのリンクにバランスよくトラフィックを分散させていることになる。

5. 実験結果

前章の条件に基づきシミュレーションを行った結果を図4, 5に示す。この結果から、OSPFは他のプロトコルに比べ平均リンク利用率、分散ともに高くなっていることがわかる。特に分散については、その違いが顕著である。また、平均リンク利用率については、各プロトコルともに最終的にある一定の値で収束した。しかし、OSPF, OMPは初めのうち変動が激しく、回数を重ねるにつれて徐々に収束していくのに対し、 β -OMPは初めからほ

ぼ一定である。 β -OMPはリンクの利用度を推定するため、急激なトラフィックの増加には追従しない。このため、目先の変動に追われずに、迅速に適切なトラフィック量の調整が行うことができると考えられる。

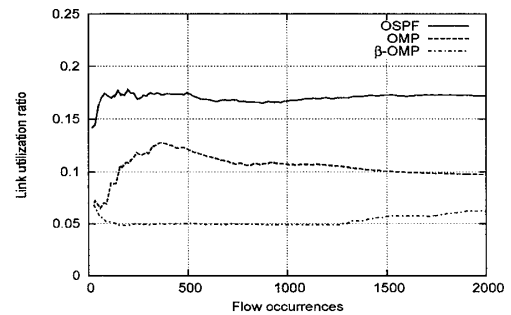


図 4: 平均リンク利用率の比較

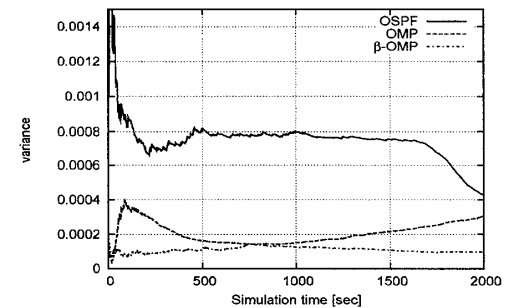


図 5: 各プロトコルでの分散の比較

6. おわりに

今回シミュレーションによって、OSPF, OMP, β -OMPそれぞれについての性能評価を行った。その結果、急激なトラフィックの増加が発生し、それが一定期間持続するようなネットワークにおいて、 β -OMPを用いることで効率的にトラフィックを分散できることがわかった。現在は、トラフィック量が周期的に増大する場合や、瞬時的に増大する場合などにおいて OMP, β -OMP についての性能評価を行っている。また、今後はより現実のネットワークに則した環境で性能評価を行いたいと考えている。

参考文献

- [1] 山口直彦, 棟朝雅晴, 赤間清, 佐藤義治: "リンク負荷メトリックに基づく遺伝的アルゴリズムによる負荷分散ルーティング", 情報処理学会論文誌, vol43, No.7, pp.2359-2367(2002).
- [2] G.Micheal Schneider, Tamas Nemeth: "A simulation study of the OSPF-OMP routing algorithm", Computer Networks, vol39, No4, pp.457-468(2002).
- [3] 磯崎義記: "複数経路表を持つ分散型経路制御を用いた負荷分散手法に関する研究", 九州工業大学修士学位論文(2003).