

リンク利用率のベイズ推定による負荷分散ルーティング Load Balancing Routing with Bayesian Estimation of Link Utilization Ratio

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],[2]}。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、この手法はネットワーク上の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知られている。そこで、本研究では OMP にベイズ推定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。

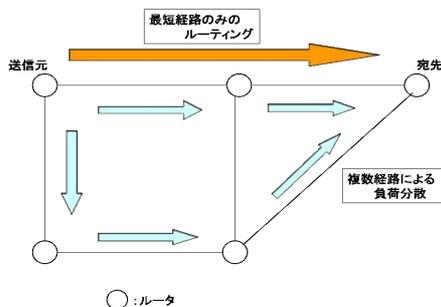


図1: 負荷分散ルーティング手法の概念図

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。このことにより、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研究

の余地が残されており、OMP はまだ実用段階には無い。しかし、OMP は 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考えられる。

3. -OMP

以上の背景を踏まえ、本研究では、OMP 環境下の各ルータが文献^[3]で提案されたベイズ推定器(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 -OMP の提案を行う。

具体的には、各ルータに接続するすべてのリンクに BE を一つずつ対応付け、各リンクの BE によってリンク利用率の推定を行う。-OMP では、この推定値をメトリックとして用いて、最短経路だけでなく許容範囲内の複数経路にトラフィックを分散する機能を実現した。



図2: 一般的なベイズ推定器

4. シミュレーションモデル

これまでに、さまざまなトラフィックモデルを用いて OMP と -OMP の比較シミュレーションを行っており^[4]、いずれの場合においても -OMP が OMP に比べて有効に機能することを確認している。これらの結果は、-OMP が与えられたトラフィックモデルの期待値を素早く推定できていることを示している。そこで、今回はトラフィック量の変動が不規則で、期待値の推定が容易ではないような環境でのシミュレーションを行った。

4.1 発生トラフィック

トラフィックモデルとして、図3,4に示すような2つの変動を与えた。図からわかるように、基本的には正弦波状の変動を行うが、その平均値が頻繁に変化するようなモデルである。今回のシミュレーションでは、平均値の変化の頻度が異なる2つのモデルを用意した。

なお、本シミュレーションにおいては宛先ノードは、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。また、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。

4.2 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5)。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

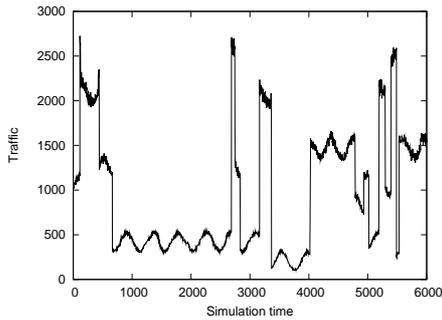


図 3: 平均値の変化の多いモデル (data1)

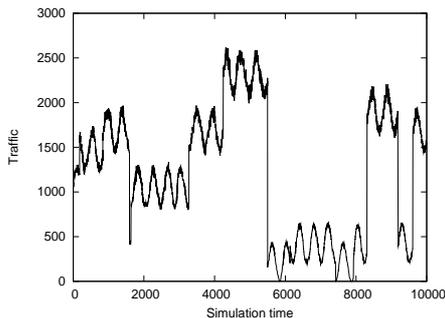


図 4: 平均値の変化の少ないモデル (data2)

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

シミュレーションの評価指標は, 以下の 2 つとした.

指標 1 ノード 1-2, 3-4 間の平均リンク利用率

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.

指標 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 (指標 1) を図 6 に示す.

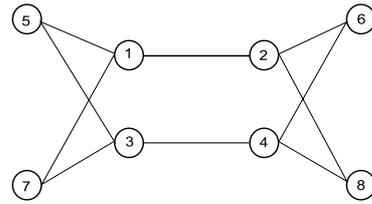


図 5: ネットワーク構成図

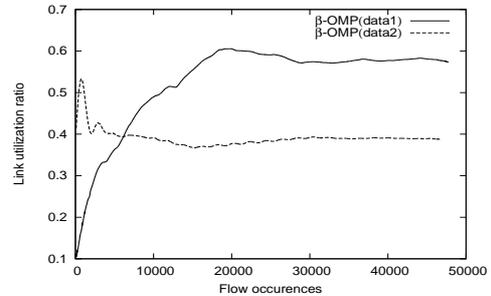


図 6: 1-2 間の平均リンク利用率の比較

この図から, 平均値の変化が少ないモデル (data2) の場合, リンク利用率の値がすぐに収束し一定の値を保っているのに対し, 平均値の変化が多いモデル (data1) を与えた場合は, リンク利用率が上昇を続け収束するのに時間がかかっていることがわかる. また, 最終的な収束値も, data1 の値は data2 の値よりも高くなっている. どちらの値も最終的には収束しているため, β -OMP はこのように不規則な変化を行う環境でも一定の効果を挙げられることが予想できる. しかし, トラフィックの変動の仕方によってはルーティングの効率が落ちることが今回のシミュレーションによって確認できた.

6. おわりに

今回, シミュレーションとして, 不規則な変化を行うトラフィックモデルを与えた環境下での β -OMP の評価実験を行った. その結果, そのような環境においては β -OMP のルーティング効率が落ちることが確認できた. 現実に近いトラフィックモデル下での β -OMP の特性評価を行うことが今後の課題である.

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] 原 元司, 阿部 健一: "確率的ネットワークにおける最短経路問題への分散学習オートマタアプローチ", 電子情報通信学会論文誌, vol.J76-D-, No.9, pp.2116-2125(1993).
- [4] 寺本翼, 原元司: "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", 第9回情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.4, pp.187-188(2010).