

動的負荷分散機構を有する分散型経路制御アルゴリズム

山口直彦¹, 棟朝雅晴², 佐藤義治³

1,3:北海道大学大学院 工学研究科 数理情報工学講座 情報解析学分野

2:北海道大学 情報メディア教育研究総合センター 情報メディアシステム分野

1 はじめに

現在のネットワークでは、基本的に最適と思われる経路のみを用いて通信を行っており、同一メトリックでの通信パケットの分配を行う機構は存在するものの、代替経路間での動的な負荷分散は行われていない。本論文では、混雑するトラフィックの改善を目指すという観点から、動的負荷分散機構を有する経路制御アルゴリズムを提案する。

2 進化的手法による適応ルーティング

ネットワークの複雑なトラフィックに適応し、特定の経路への負荷の集中を防ぐために進化的手法を用いたアルゴリズムが提案されている [1][2]。

各ノードは図1のようなルーティングテーブルを持つ。目的地 (dest) ごとに経路パス (route) があり、各経路について評価値 (value)、通信パケット送信時に選択する確率 (weight) が与えられる。

初期状態では、ルーティングテーブルは空であり、ルーティングテーブルに存在しない目的地へパケットを送る必要が生じた場合、トポロジー情報に基づき Dijkstra のアルゴリズムにより最短経路を求める。通信パケットは始点制御ルーティングにより、目的地までの経路情報を与えられて送信される。

ある経路に対して一定数の通信パケットを送るごとに、経路評価パケットを送信して経路評価を行う。また、一定数の経路評価パケットの送信ごとに代替経路を生成を行い、負荷分散を実現

¹Distributed Routing Algorithm with Dynamic Load Balancing by Naohiko Yamaguchi, Masaharu Munetomo, Yoshiharu Sato, Information and Data Analysis, Graduate School of Engineering, Hokkaido University

する。

dest	route	value	weight
2	(1 3 2)	50	0.7
	(1 3 4 2)	60	0.2
	(1 3 4 5 2)	70	0.1
6	(1 8 6)	100	0.4
	(1 10 11 6)	105	0.6
8	(1 8)	40	0.5
	(1 7 8)	40	0.5

図 1: ルーティングテーブル

2.1 代替経路の生成と制限

代替経路の生成には、遺伝的アルゴリズムにおける、突然変異 (mutation)、交叉 (crossover) の二つの手法を用いる。突然変異では、適用する経路中から始点、終点以外の一つのノードをランダムに選び、そこから隣接するノードを再びランダムで選んで、これを mutation node とする。この mutation node から始点、終点への最短経路を求め、二つの経路を繋げることにより mutation node を通るという条件を満たす代替経路が生成される。

交叉では、適用する経路と、同一の目的ノードを持つもう一つの経路との間で行う。二つの経路に共通するノードの中からランダムに交叉するノードを選択し、そこから後ろの経路を互いに交換する。

代替経路を生成によるルーティングテーブルの肥大化を防ぐための制限として、遺伝的アルゴリズムにおける選択 (selection) を用いる。選択では、ルーティングテーブル全体のサイズと目的ノードごとの経路のサイズの二つに制限を設け、それぞれ一定のサイズを超えた場合に経路の除去を行う。

2.2 経路の評価

経路の評価は、一定数の通信パケットを送るごとに送出される経路評価パケットによって行う。

一般に、リンクの負荷と応答時間の関係は図2のようになる。

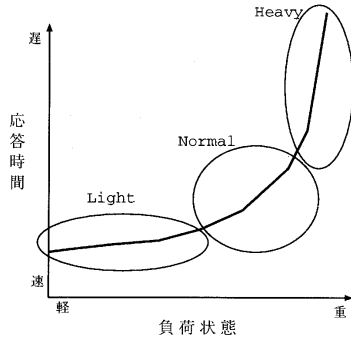


図 2: リンク負荷と応答時間の関係

動的負荷分散アルゴリズムによく用いられる threshold policy[3] に従い、経路の評価を低負荷状態 (light)、過負荷状態 (heavy)、その中間の状態 (normal) の三段階に分け、それぞれに相対的な評価値を割り当てる。経路評価パケットは、目的ノードまでの往路中に各リンクの待ち行列中のパケットサイズ/帯域幅を求め、その値を保持する。経路評価パケットが送信元へ戻ってくると、その値を基に各リンクを light, normal, heavy のいずれかに分類し、決められた評価値の合計をその経路の評価値とする。

2.3 確率重みによる負荷分散

経路の評価値が求まると、同一目的ノードへの重みは次の式により求める。

$$w_i = \frac{1/v_i}{\sum_{j \in S} 1/v_j} \quad (1)$$

このとき、 d_i は i 番目の経路に設定された経路評価値、 S は同一目的ノードを持つ経路の集合を表している。この重み w の値は遺伝的操作における適応度 (fitness) の値として用いる。再計算された重み確率 w に従った通信パケットの分散をすることによって、ネットワークの負荷状態に適応するような経路選択が可能となる。

3 代替経路に関する改良

ネットワークの負荷分散を効率的に達成するために、少しでも混雑の少ない代替経路を生成、使用することが重要である。そこで、代替経路生成の改良として、評価パケットの情報から、混雑していると考えられるリンクの一つ手前のノードを決定し、そこに隣接するノードを mutation node とした突然変異を行う。これにより、効果的な代替経路の生成を目指す。

また、従来手法では常に確率重みに従って経路決定をしていたため、ネットワーク全体が低負荷の場合でも冗長な経路を使用してしまうという問題があった。そこで、代替経路群が全て低負荷と判断される場合には、重み確率をそのまま使用せず、ホップカウントに基づく経路選択を採用することで冗長な経路の選択を避ける。

4 おわりに

本論文では、代替経路間での負荷分散を実現する経路制御アルゴリズムの改良を提案した。

今後の課題としては、経路評価を行う頻度とそのネットワークに与える影響の調査、シミュレーション実験による有効性の検証があげられる。

参考文献

- [1] 棟朝雅晴, 高井昌彰, 佐藤義治: “遺伝的アルゴリズムによる負荷分散機構を有する適応型ルーティング”, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.2, pp.219-227(1998)
- [2] 山口直彦, 棟朝雅晴, 佐藤義治: “進化的手法を用いた AS 間経路制御”, 情報処理学会研究報告, 99-DPS-95, pp.97-102(1999)
- [3] Niranjana G. Shivaratri, Phillip Krueger, and Mukesh Singhal: “Load Distributing for Locally Distributed Systems”, *IEEE COMPUTER*(1992)
- [4] Goldberg, D.E: *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison-Wesley (1989)