

遺伝的操作を用いた経路選択問題の解法

3H-5

天野美樹 高井昌彰 佐藤義治
(北海道大学 工学部)

1 はじめに

通信網管理の分野においては、時間に関して変化する需要や環境に応じて資源を再配分する問題を動的資源割り当て問題として定義することができる[1]。本論文では、まずここで扱う通信網経路選択問題を設定し、通信の際の高速かつ安定した経路供給を目標とし、遺伝的操作による経路学習を導入した解法を紹介する。

経路選択問題を解く際に注意しなければならないのは、ネットワークの負荷が動的に変化する点と、伝送要求が発生してから経路選択するまでの時間に制約があるという点である。これらの問題点を解決するために、本論文では各ノードがエージェントとなり、伝送要求に対して目的ノードまでの経路を自律的に選択する分散方式に着目する。

遺伝的アルゴリズムは(1) 遺伝子を集団で保持しているため多様性が確保できる、(2) 生物が進化し環境に適應する過程をアルゴリズム化しているという点により、環境変化への適應能力が高いと考えられる[2]。すでに我々はこの遺伝的アルゴリズムをベースとした適應型ルーティング法を提案している[3]。同手法では経路候補を遺伝子として表現し、経路候補に遺伝的操作を施すことにより負荷変化に対応した経路の学習を行なう。しかし、同手法は問題解決の性能に与える負荷情報交換のための通信量の影響が問題となっていた。そこで本論文では、より少ない通信量で多くの負荷情報を得られるように負荷情報交換の方式に改良を加えた。

2 通信網経路選択問題

本論文で取り扱う通信網経路選択問題の設定条件を定義する。

- ・ ネットワーク内のノードでパケット伝送要求が発生する。
- ・ 各ノードは他ノードへの経路候補が登録された経路リストを持つ。
- ・ 各ノードは伝送要求に対して経路リストの中から目的ノードまでの経路を1つ選択する。

- ・ 伝送要求発生頻度は時間と共に変化する、ノードによって異なる。
- ・ リンクの容量以上のパケット伝送要求を割り当てた場合、あふれたパケットは待ち行列に入る。
- ・ ネットワーク全体におけるパケットの平均伝送遅延の最小化を全体の目標とする。

本論文ではノードがエージェントとなり、各エージェントは目的ノード別に複数の経路候補が登録可能な経路リストを持つ。各経路候補には通信により得られた負荷情報から計算された予想遅延時間(評価値)が割り当てられ、エージェントは伝送要求に対して経路リストから制約条件を満たす中で適当な経路候補を1つ選択する。

3 遺伝的操作による経路学習

本論文では経路候補を遺伝子とし、エージェント間の情報交換により得られた遅延情報を用いて遺伝的操作による経路の学習を行なう。遺伝的アルゴリズムで重要な操作である Crossover については、部分経路交換可能な場合が限定され、その構成が困難であることにより導入しなかった。

3.1 Mutation

Mutation は新しい経路生成の手段として用いる。

Mutation の対象となる経路候補から始点と終点をランダムに選択し、始点に隣接するノードから迂回ノードを1つ選ぶ(図1)。次に、迂回ノードから終点までの最短経路を Dijkstra のアルゴリズムより決定し、新たな部分経路とする。Mutation を行なうことにより、伝送要求発生頻度の高いノードへの経路候補が多くなり、特定リンクへの負荷集中を回避することができる。

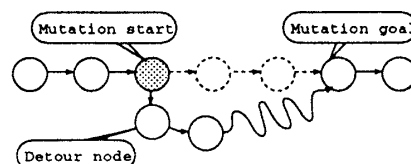


図1: Mutation による新しい経路の生成

3.2 Selection

Mutation を繰り返し行なうと、経路候補の増加によるメモリの圧迫を招く。そこで、2種類の Selection を行なうことにより経路リストの増大を防ぐ。

- Selection I あるノードへの経路候補数が上限に達した場合、評価値の最も悪い経路を削除する。
- Selection II 経路リスト全体で経路候補数が上限に達した場合、前回 Selection II を実施してからの送信パケット数の最も少ないノードに対する経路候補群を削除する。

3.3 Evaluation

ネットワークの負荷状態を知るためにはエージェント間での情報交換が不可欠である。その頻度が高いほど正確な情報収集が可能となり、より正確な経路選択を行なうことができる。しかし、情報交換のための通信もネットワークの負荷に影響を与えるため、少ない通信で多くの負荷情報を得る方法が重要となる。

これまでの手法では目的ノードがパケットを一定数受けとった場合に必ず評価パケットを送り返していたが、それではネットワークが過負荷状態になる程評価パケット数が増加し、評価パケット自体の到着が遅れることが問題となっていた。

そこで本論文では次の2つの場合にのみ評価パケットを送ることで負荷情報交換を実現する。

- (1) パケットのヘッダにリンク内生時間の上限をのせ、1つのリンク待ち行列内での生存時間が閾値を越えたらそのリンクが過負荷状態であるという情報を発信元へ送り返す。
- (2) 実際のパケット伝送遅延と利用経路の予想伝送遅延の差が閾値を越えた場合、その経路の予想遅延時間が実際の値と大きく異なるという情報を発信元へ送り返す。

エージェントは(1)の評価パケットを受けとった場合、該当リンクを含む経路候補の評価値にペナルティを付加し、(2)の評価パケットを受けとった場合は経路候補の予想伝送遅延を更新する。

4 実験

Dijkstra アルゴリズムによる最短経路のみの静的ルーティング法と一定数のデータパケットを受信後評価パケットを送り返す手法 (Genetic I) 及び本論文で提案した手法 (Genetic II) の3つの比較実験を行なった。

実験はノード数8、リンク数12のネットワークを対象とした(図2)。各エージェントの伝送要求はランダム

に発生し、シミュレーション時間100~300の間、ノード0とノード5の発生頻度を5倍に高くして過負荷状態を作り、負荷変化への追従の様子を調べた(図3)。

グラフより、静的ルーティングが過負荷時に全く対応できていないのに比べ、遺伝的操作を採り入れた手法はどちらも過負荷リンクを回避する経路生成に成功している。さらに本論文で改良した負荷情報交換方法では負荷変化への対応が速く、平均遅延時間の増加を著しく低下させている。

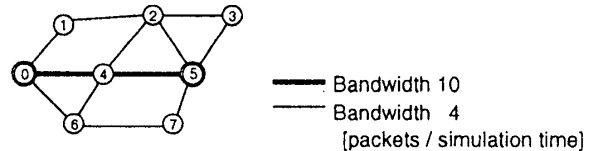


図2: ネットワーク

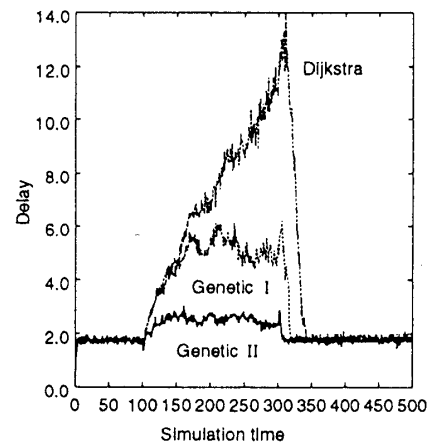


図3: 平均遅延時間の推移

5 まとめ

本論文では遺伝的操作を導入した経路選択問題の解法を提案した。今後の課題として、実際の大規模ネットワークへの適用があげられる。

参考文献

- [1] 桑原和宏、石田亨：分散資源割当における共生的アプローチ：通信網の資源管理を目指して、電子情報通信学会技術研究報告 [人工知能と知識処理], AI92-67, 1992
- [2] David E. Goldberg : *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison Wesley, 1989.
- [3] 天野美樹、日高東潮、高井昌彰、佐藤義治：遺伝的操作を用いた適応型ルーティング、情報処理学会第48回全国大会講演論文集(2), pp.229-230, 1994