

F-047

分散グラフ色塗り問題によるモバイルエージェント通信の実験的評価

Experimental Evaluation of Mobile Agent Communication by Distributed Graph-Coloring Problem

遠藤 博人[†]
Hiroto Endo

能登 正人^{†‡}
Masato Noto

豊嶋 久道^{†‡}
Hisamichi Toyoshima

1. はじめに

近年、ネットワーク技術の進歩によりネットワークの分散化が進んでいる。また、通信インフラのブロードバンド化に伴い、VoIP やストリーミングなどを用いて、音声や映像を IP 網で扱うようになり、データそのもののサイズが大きくなっている。利用者の増加、データサイズの増加によりネットワークに要求されるトラフィック容量も加速度的に増大し、計算機間の通信トラフィックの通信遅延も分散システムの性能上、大きな問題となっている。

このような背景のもと、通信トラフィックの負荷を軽減することが期待されるモバイルエージェントの研究が盛んに行われている。本論文では、文献 [1] をもとに分散制約充足問題にモバイルエージェントを導入し、ネットワーク上のトラフィックをいかにして軽減するかということを目的とした実験を行った。特に、負荷を考慮し特定ノードに負荷がかからないようなエージェントの移動条件を考え、実験により本研究の有効性を示す。

2. モバイルエージェント

モバイルエージェントはネットワークを通じてホスト間を移動しながらタスク処理を行うことができる。また、ホスト間を移動し処理を行うことにより、ホスト間通信をホスト内通信に局所化することができ、通信コストを削減できる。モバイルエージェント技術を利用することで、利用者は煩雑なネットワーク上の処理をエージェントに任せることができる。実行環境間通信を実行環境内のプログラム間通信に局所化することによって、通信の遅延などのボトルネックをもつネットワーク通信の回数を削減することができる。

通信元の計算機との通信が必要ないため、クライアント/サーバ型ネットワークのようにホスト間が常時接続しなければならないネットワークにおいてはプログラムをホストに局所化し処理させ、エージェントが動くときにだけコネクションを確立すればよいので、負荷の軽減が可能である。

3. 提案アルゴリズム

エージェント間で交換するメッセージ 1 つあたりのサイズを 1 とする。エージェント i について、隣接するエージェント数を N_i 、隣接エージェント j とのメッセージ量を q_{ij} とし、総メッセージ量を $Q_i = \sum_j q_{ij}$ とする。このとき各エージェントの通信負荷 T_i は $T_i = \frac{1}{N_i} \sum_1^{N_i} Q_i$ で表す。さらに、メッセージとエージェントの移動に要した通信量 (総通信量) を C_i 、しきい値を t_i でそれぞれ

れ表し、初期値の設定は、 $q_{ij} \leftarrow 0$, $Q_i \leftarrow 0$, $C_i \leftarrow 0$, $t_i \leftarrow$ エージェントサイズとする。エージェントサイズとはエージェントが移動した際にかかる通信量のことである。

1. $q_{ij} \leftarrow q_{ij} + \text{メッセージサイズ}$;
2. $Q_i \leftarrow Q_i + \text{メッセージサイズ}$;
3. $C_i \leftarrow C_i + \text{メッセージサイズ}$;
4. もし $Q_i > T_i$ ならば (4.1~4.4) の処理をする;
 - 4.1 $j \leftarrow \max_j \{q_{ij}\}$ を与える j ;
 - 4.2 エージェント j のいるホストへ移動する;
 - 4.3 $C_i \leftarrow C_i + \text{エージェントサイズ}$;
 - 4.4 $t_i \leftarrow 2t_i$;
5. 分散制約充足の処理;

4. シミュレーション実験

4.1 実験条件

分散制約充足問題の代表的な例として分散グラフ色塗り問題があり、本研究ではこれを用いる。グラフ色塗り問題とは、任意のグラフと色数が与えられ、グラフ上の隣あうノードを異なる色に塗るものである。エージェントの移動が通信量に与える効果について評価するため、エージェントは通信量、計算負荷により移動するシミュレーションをグラフ色塗り問題を用いて評価する。

実験は 3 色のグラフ色塗り問題に対して、パラメータは領域 3 (色)、エージェント数 n (個)、リンク数 m (本) を $m = n \times 1$, $m = n \times 2$, $m = n \times 2.7$ を含み、問題が解けるリンク数の最大値付近までを ($n = 60, 90, 120$ について) とる。 m のパラメータについてだが、 $m = n \times 2$ は制約間密度が疎な問題、 $m = n \times 2.7$ は中間的な難しい問題であり、 n に掛ける数値が大きくなると密な問題になっていく。また、エージェントが他の場所へ移動した際の通信量は 10~500 で設定し、エージェント間で行うメッセージ通信の 1 回にかかる通信量は 1 とする。各試行におけるエージェントの初期値 (色) は乱数によって決め、分散 breakout アルゴリズム [3] によって問題を解き、それぞれの場合で 100 回ずつ試行し、その平均値をとる。通信量による移動、計算負荷による移動の実験結果をエージェントが移動しなかった場合の実験結果と比較、検討する。

4.2 結果・考察

シミュレーション実験の結果の一部としてエージェント数が 60 のときを示す (図 1, 図 2)。

図より、最も通信量が大きくなっているのが制約間密度が中間で難しい問題である。エージェントが動かない

[†] 神奈川大学工学部電気電子情報工学科, Department of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

[‡] 神奈川大学ハイテクリサーチセンター, High-Tech Research Center, Kanagawa University

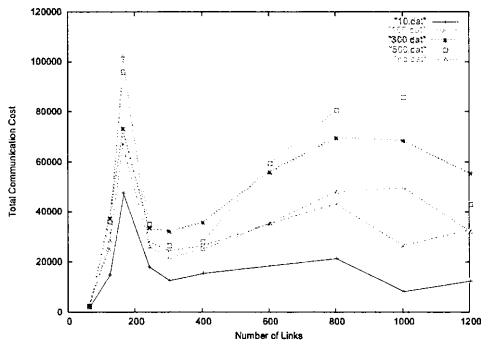


図 1: 通信量による移動 (エージェント数: 60)

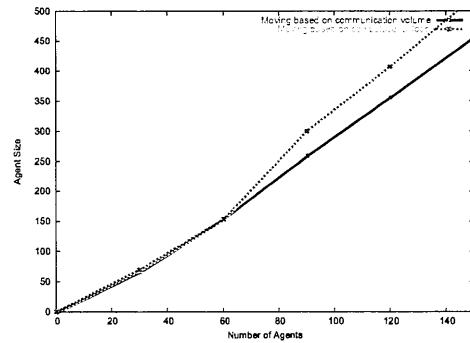


図 3: モバイルエージェントが有効な領域

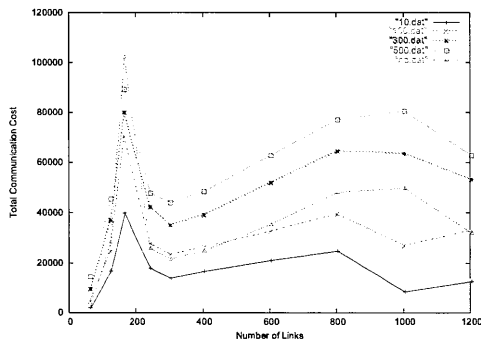


図 2: 通信負荷による移動 (エージェント数: 60)

場合、従来の手法よりも本手法の通信量そのものが抑えられているのがわかる。また、制約が密な問題に対しては、密度が高くなるにつれて、本手法の通信量が最も通信量を抑制できている。これより高密度なネットワーク下においても本提案の有効性が示された。また、クリティカルな状態でエージェントの移動が有効ということを示せたが、リンク数が増え、エージェントサイズが大きくなると、エージェントの移動により通信量がかかってしまい移動する有効性がなくなってしまった。

そこで、リンク数、エージェントサイズにより、エージェントの移動の有効性が変わるので、その効果の有無の境界を求める。境界は、あるエージェント n 、リンク数 l に対する移動なしの場合の通信量 $Q_{n,\infty}(l)$ と、あるエージェントサイズ s における通信量 $q_{n,s}(l)$ の差の積分値の絶対値が最小のときのエージェントサイズと定義する。式に示すと境界のエージェントサイズ $R_{n,s}$ は

$$R_{n,s} = \frac{1}{L} \sum_{\ell=1}^L [q_{n,s}(\ell) - Q_{n,\infty}(\ell)]$$

と表せる。ここでの L はリンク数 l における最大リンク数 $L = n(n-1)/2$ である。通信量による移動と、計算負荷による移動の $R_{n,s}$ の計算値を求め、図 3 に示す。

図 3 において、エージェントの移動が有効であるのは直線の下側のときとなる。文献 [1] の手法である通信量による移動と、本研究の手法である通信負荷による移動を比較すると、エージェント数が少ない状態では通信負荷が特定ノードにかからなかったため、通信量による移動

と変わらない結果になったと考えられる。しかし、エージェント数が増えると問題を解くまでに時間がかかり、結果として特定ノードに負荷がかかってしまう。計算負荷によるエージェントの移動の有効である境界線が通信量による移動よりも上に来ていることから、計算負荷による移動が有効であることがわかる。

5. おわりに

本研究はエージェントの移動が通信量の削減に有効であるかを目的とし、ネットワークを想定した分散制約充足モデルにモバイルエージェントを導入した。その中でも、エージェントの移動に関する実験、特に「通信量による移動」、「計算負荷による移動」の 2 通りのケースでシミュレーション実験を行い、両者ともエージェント間制約が中間的な難しい問題においては、エージェントの移動が非常に有効的であるということを示せた。また、リンク数、エージェントサイズによるが、エージェントサイズがある程度の大きさならばエージェントの移動が有効であることが示せた。今後は動的にネットワークポロジが変化するような、より現実的なモデルなどへモバイルエージェントを導入することを考えている。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省ハイテクリサーチセンター整備事業の助成によって行われた。

参考文献

- [1] 能登正人, 沼澤政信, 栗原正仁: エージェントの移動性を考慮したエージェント間通信のトラフィック量に関する実験と評価, 電気学会論文誌 C, Vol. 124, No. 3, pp. 904-911 (2004).
- [2] S. Minton, M. D. Johnston, A. B. Philips and P. Laird Minimizing Conflicts: A Heuristic Repair Method for Constraint Satisfaction and Scheduling Problems, Artificial Intelligence, Vol. 58, No. 1-3, pp. 161-205 (1992).
- [3] M. Yokoo and K. Hirayama: Distributed Break-out Algorithm for Solving Distributed Constraint Satisfaction Problems, Proc. Second International Conference on Multi-Agent Systems, pp. 401-408 (1996).