

波及型探索における通信戦略について

3P-4

寺西憲一 北村泰彦 辰巳昭治 奥本隆昭
大阪市立大学 工学部

1 はじめに

分散問題解決の一手法である波及型探索 [1] において、エージェント(問題解決器)は探索可能な範囲でその部分経路を求め、残りの経路を探索可能な他のエージェントに依頼して協調的に探索を行う。ここで探索依頼を多くすれば探索が分担して実行され、探索の並列性を高める。しかし、過剰な依頼は通信オーバーヘッドを招き、探索性能を悪化させてしまう。従って、このトレードオフの問題に対し、探索依頼により生じる通信量を適切に調整し、探索性能を最適にする通信戦略が重要となる。本研究では、通信量を制限するために同時依頼の上限数を固定する通信戦略と、メッセージのターンアラウンドタイムを基に同時依頼の上限数を自動調整する通信戦略を提案し、波及型探索の性能についての評価を行う。

2 波及型探索と通信制御

分散問題解決は状態空間グラフにおける分散探索として定式化される [1]。波及型探索は、初期ノードを持つエージェントから他のエージェントへ探索を徐々に波及させて大域的な解を求める分散探索の一手法である。探索の依頼はエージェント間の通信により行われ、探索を各エージェントへ分担させることにより、OR 並列性を高める。しかし、過剰な依頼は通信オーバーヘッドを招き、逆に探索性能を悪化させてしまう。このトレードオフの関係に対し、探索の並列性と通信オーバーヘッドのバランスを取りながら、探索性能を最適にする通信戦略が波及型探索の重要な課題の一つである。

まず、各エージェントの同時依頼の上限数を無制限としている従来の波及型探索アルゴリズムに対し、同時依頼の上限数を抑えることにより、通信量を制限する手法について提案する。各エージェントには同時依頼の上限数を示すカウンタ RQ_C を設けており、エージェントは探索を依頼するとそのカウンタを1増やし、探索の終了を示す END メッセージが返ってくると、1減らす。そして、このカウンタの上限値を定数で抑えることにより同時依頼の上限数を制限している。すなわち、エージェントの RQ_C が上限値を越えている時には、新たに生成した探索依頼メッセージは送信せず RQ キューに入れて

おく。そして、END メッセージを受信し、RQ_C が上限値を下回った時、エージェントは RQ キューから上限値を越えない範囲で、探索依頼メッセージを取り出して送信する。

ただしこの手法では、通信路の混雑の変化に対して十分に対応できる手法とはいえない。そこで、通信路の混雑状況に応じて同時依頼の上限数を自律的に調整する手法を次に提案する。すなわち、通信路が混雑している場合は同時依頼の上限数を抑え、空いているときは同時依頼の上限数を上げるようにすれば、通信路の状況にかかわらず性能が向上すると予想される。ここでは通信路の混雑を測る尺度としてメッセージのターンアラウンドタイム(エージェントがメッセージを送信し、それに対応する ACK メッセージを受信するまでの時間)を用いることにする。

3 評価実験

提案した通信制御戦略を評価するために迷路探索を用いた評価実験について述べる。

3.1 評価モデル

評価問題として格子状迷路において入口から出口までの経路を求める迷路探索問題 [2] を取り上げる。迷路探索問題は (x,y) 座標をノード、座標間の移動をオペレータ、入口を初期ノード、出口を目標ノードと見なすことにより、格子状グラフにおける経路探索問題と見なせる。ただし、オペレータとしては上下左右のみの移動を許し、斜めには移動できないとする。また移動不可能なノードをランダムに発生し、障害物としている。本稿の評価モデルは、初期ノード $(1,1)$ 、目標ノード $(120,120)$ 、障害物の比率 30%とする 120×120 の格子状グラフを用いている。格子状グラフは、 15×15 の部分グラフに格子状に分割され、64 台のエージェントにより協調的に探索される。なお、状態を1つ展開するのに、1単位時間かかると仮定している。探索戦略としては状態の評価値として、目標状態までの対角線距離である $f(x,y) = \sqrt{(x_g - x)^2 + (y_g - y)^2}$ を用いている。ただし、目標状態を (x_g, y_g) とする。

各エージェントは1本の共有通信路により接続されていると仮定する。すなわち、各エージェントで送信されるメッセージは1本のキューに入れられ、通信コストのパラメータにより定められる時間毎にメッセージが取り出され、受信エージェントに渡される。従ってこの通信

Communication Strategy in Diffusing Search
Ken-ichi Teranishi, Yasuhiko Kitamura, Shoji Tatsumi and
Takaaki Okumoto
Osaka City University
3-3-138, Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka, 558, Japan

モデルにおいては、エージェントで送信されるメッセージが増えるとキューが長くなり、メッセージの送信から受信までの通信遅延が大きくなる。

3.2 実験 1: 同時依頼の上限数の固定

同時依頼の上限数を固定した通信戦略の結果を図 1(a) に示す。また、RQ キューを評価値 $f(x, y)$ に従ってソートした結果を図 1(b) に示す。これらの図は、横軸を通信コスト、縦軸を探索時間とし、同時依頼の上限数を 1, 2, 4, 8, inf(無制限) と変化させたものである。

3.3 実験 2: 同時依頼の上限数の自動調整

同時依頼の上限数の固定 (ソートあり) の結果を参考にして、ターンアラウンドタイムが 0 ~ 0.2, 0.3 ~ 0.9, 1.0 ~ 1.4, 1.5 ~ 2.1, 2.2 ~ 22.5, 22.6 ~ ∞ である時、これに対応する同時依頼の上限数をそれぞれ 11, 9, 5, 3, 2, 1 となるようにした。なお、初期値は 1 としている。同時依頼の上限数の自動調整の結果を図 1(b)(auto) に加えている。

3.4 考察

同時依頼の上限数を固定した場合、RQ キューのソートにかかわらず、通信コストが小さいときは同時依頼の上限数を大きくした方がよく、コストが大きくなるにつれ上限数を小さくした方がよくなるという結果が得られている。

次に、ソート無し (図 1(a)) とソート有り (図 1(b)) を比較すると、上限数が小さい場合にはソートする手法の探索性能の方が良くなっている。しかし、上限数が大きくなると性能はほぼ同じになっていく。これは、上限数が小さい場合には、RQ キューが長くなり、ソートにより多くの探索依頼メッセージの中で評価値の良いものから順に送信できるためである。しかも通信コストが大きくなるほど RQ キューも長くなるので、性能の悪化を抑える効果が大きくなる。しかし、上限数が大きくなると RQ キューは短くなり、RQ キューをソートしてもしなくても、探索依頼メッセージの取り出し方の違いが少なくなるため探索性能がほぼ同じになっている。

同時依頼の上限数を自動調整した場合は、通信コストが小さい間は良い性能を示すが、通信コストが大きくなると性能が大きく悪化する。この理由は、通信路が混雑しない探索の初期段階で探索がすでに多くのエージェントに広がってしまい、個々のエージェントの同時依頼の上限数を抑えても、全体として通信量が増大するためである。従って、システム全体で通信量をいかに減らすかが新たな課題となる。

4 まとめ

本稿では、波及型探索において、各エージェントが同時依頼の上限数を制限、あるいは自動調整する通信戦略

を提案し、迷路探索問題を用いてその評価をおこなった。同時依頼の上限数を自動調整する場合、通信コストが小さい間は良い結果が得られたが、通信コストが大きくなると性能が悪化した。このため、個々のエージェントの通信調整だけでなく、全体的な通信量をいかに減らすかが今後の課題となった。また、自動調整のためのターンアラウンドタイムに応じた上限数の決定もアドホックな手法に基づいており、さらに考察を深める必要がある。

参考文献

- [1] Y. Kitamura and T. Okumoto. Diffusing Inference: An Inference Method for Distributed Problem Solving. In *Cooperating Knowledge Based Systems 1990*. pp.79-94. Springer-Verlag, 1991.
- [2] T. Ishida and R. E. Korf. Moving target search, In *Proc. of IJCAI-91*, pp. 204-210, 1991.

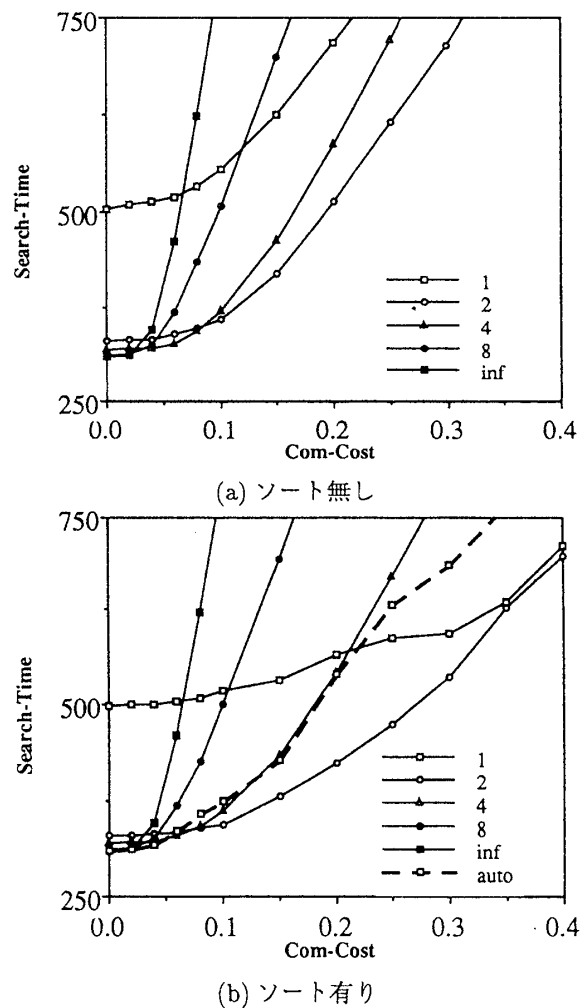


図 1: シミュレーション結果