

## 波及型探索における大局的通信制御手法

4N-7

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は、初期状態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局的な解を求める手法である。各エージェントが並行依頼を多くすれば、探索の並列性が向上するが、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制御が波及型探索の重要な課題の一つである。この課題に対し、通信路の混雑状況に応じてエージェントが自律的に並行依頼数を調整する局所的な手法を提案した [1,2]。しかし、局所的な手法では、一旦探索が多くのエージェントに波及すると、各エージェントが個別に並行依頼数を抑制してもシステム全体として通信量を十分に抑制しきれないため、通信総量を規制する手法が必要とされる。

そこで本研究では、探索依頼を許可するトークンを用い、並行依頼総数の上限数と同数のトークンをシステムに分散させることで大局的な通信制御を行う。エージェントは所有するトークン数以内に並行依頼を抑えることで、システム全体の通信量を抑制する静的な手法と、各エージェントは所有するトークン数に通信路の混雑状況に応じて変化するインフレ率を乗じる動的な手法を提案し、波及型探索の性能についての評価を行う。

## 2 大局的通信制御手法

本方式では、システム全体の並行依頼総数を分散的に制限するために探索依頼を許可するトークンを用い、並行依頼総数の上限数と同数のトークンをシステム全体に分散させて大局的な通信制御を行う。最初、全てのトークンは探索開始エージェントに集められており、探索の波及と共にシステム全体に分散してゆく。すなわち、エージェントは所有するトークン数  $N_{token}$  以内に並行依頼を抑えることで、システム全体の通信量を抑制する。

トークンの導入に伴い、トークンをいかにして適切なエージェントに分散させるかが新たな課題となる。そのため、分配率と呼ばれるパラメータ  $d(0 < d \leq 1)$  を用いて、探索依頼と共にトークンを1個以上分配する。す

なわち、トークンの分配は、 $[d \cdot N_{token}]$  個のトークンを相手側エージェントへ探索依頼と共に分配する。

以上の手法は静的な手法であり、通信路の混雑の変化に全く対応できない。しかし、各エージェントが通信路の混雑状況に対応するためにはトークン数を変化させて通信量を調整することが必要であるが、トークンがシステム全体に分散されているため実現は困難である。なぜなら、通信路の混雑状況に応じて変化する並行依頼総数の最適な上限数がたとえ判明したとしても、どのエージェントがどれだけトークン数を変化させるかを決定することが困難であるからである。従って、トークン数を実際に変えることなく、通信量を調整する手法が課題となる。

そこで次に、インフレ率と呼ばれるパラメータ  $i(i > 0)$  を用い、各エージェントは  $[i \cdot N_{token}]$  以内に並行依頼を抑えることで、通信量を調整する動的な手法を提案する。この手法において、各エージェントは、通信路の混雑状況に応じてトークン数を変えることなく、インフレ率を変えるだけで、自律的に並行依頼数を調整できる。すなわち、通信路が混雑している場合はインフレ率を下げ、空いている場合はインフレ率を上げて並行依頼数を増やすことで、通信路の状況にかかわらず性能が向上すると考えられる。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、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

提案した大局的通信制御手法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

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（移動不可能なノード）の比率 30%とする  $120 \times 120$  の格子状グラフにおける迷路探索問題を取り上げる [1]。格子状グラフは、 $15 \times 15$  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を用いている。

各エージェントは1本の共有通信路により接続されており、通信コストで定められた時間毎にこの通信路からメッセージが一つ取り出されると仮定する。このため、

Global Communication Control Scheme 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

システム内で通信されるメッセージ量が増えると、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: 静的な手法

トークン数を変化させた評価実験の結果 (分配率 50%) を図 1(a) に示す。図 1 は、横軸を通信コスト、縦軸を探索時間としている。次に、分配率を変化させた評価実験の結果 (トークン数 50) を図 1(b) に示す。

3.3 実験 2: 動的な手法

インフレ率を変化させた評価実験の結果 (トークン数 10, 分配率 50%) を図 1(c) に示す。この結果を基に、ターンアラウンドタイムが 0 ~ 0.7, 0.8 ~ 7.5, 7.6 ~ 9.9, 10.0 ~ 21.9, 22.0 ~ 49.9, 50.0 ~ ∞ の時、これに対応するインフレ率はそれぞれ 10, 4, 2, 0.8, 0.4, 0.2 となるようにした。インフレ率の初期値は、0.2 とする。インフレ率を用いた並行依頼数の自律的な調整の結果を同じく図 1(c)(auto) に示す。

3.4 考察

トークン数については通信コストが小さい場合トークン数を多くし、大きい場合トークン数を少なくすれば、良い結果が得られる。局所的な手法 [1](local) と比較すると、通信コストが大きくなると、明らかに大局的な手法が優れている。分配率については通信コストが小さい場合、分配率が大きくても、小さくても良い性能が得られない。これは分配率が大きすぎると探索は速く前線へ波及するが、後方での探索が行われなため探索が後戻りしやすくなり、性能が低下する。逆に小さすぎると探索の波及が遅くなってしまふからだと考えられる。通信コストが大きい場合、探索があまり広がらないように分配率を高くすると良い結果が得られる。

インフレ率については、通信コストが小さい場合インフレ率を大きくし、大きい場合インフレ率を小さくすれば、良い結果が得られる。インフレ率により自律的に並行依頼数を調整する手法は、通信コストが変化しても良い結果が得られる。

4 まとめ

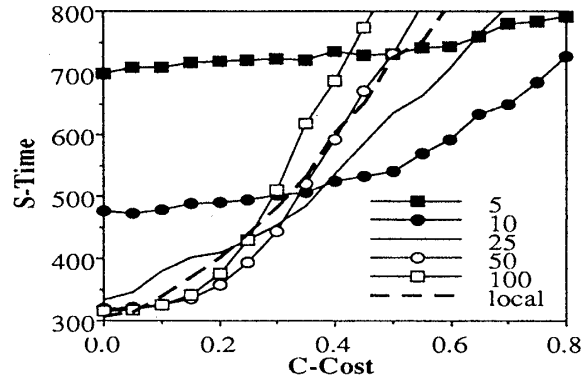
本稿では波及型探索における通信総量規制手法として、分散したエージェントがトークン制御に基づいて並行依頼数を抑制、あるいは自律的に調整する手法を提案し、迷路探索問題を用いてその評価を行った。大局的な手法は通信コストが大きい通信路において十分な効果を示した。また、トークンの分配率が探索性能に密接に関係していることが示された。インフレ率を用いて、トークン数を実際に変えることなく、自律的に並行依頼数を調整する手法は、通信コストに関係なく良い性能を得られた。

今後の課題として、トークンの分配は分配率により一定の割合で行われているが、より適切なエージェントに

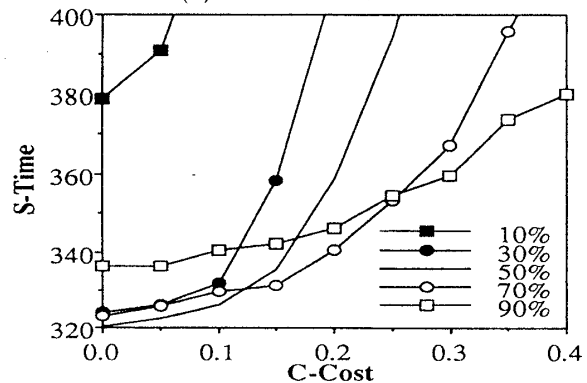
分配する手法が必要である。また、ターンアラウンドタイムに応じたインフレ率の決定もアドホックな手法に基づいており、さらに考察を深める必要がある。

参考文献

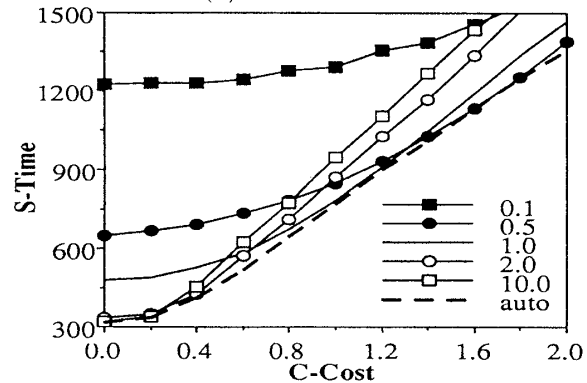
- [1] 寺西憲一, 北村泰彦, 辰巳昭治, 奥本隆昭. 波及型探索における通信戦略について. 情報処理学会第 47 回全国大会, 3P-4, 1993.
- [2] 北村泰彦, 寺西憲一, 辰巳昭治, 奥本隆昭. 分散探索における通信制御. 情報処理学会人工知能研究会, 89-5, 1993.



(a) トークン数を変化



(b) 分配率を変化



(c) インフレ率を変化

図 1: シミュレーション結果