

分散資源配分問題における計算量削減を目的とした交渉型確率的解法

Negotiated Stochastic Algorithm for Reducing Computational Complexity
in Distributed Resource Allocation Problem長谷川 和平[†]

Kazuhei HASEGAWA

能登 正人[†]

Masato NOTO

1. はじめに

近年、分散処理の研究が盛んに行われ、実社会を想定したマルチエージェントシミュレーションが実問題を解決するための有効的な手段となっている。特に分散制約最適化問題 (DCOP) の一つである、分散資源配分問題が電力網のシミュレーションとして注目されている [1]。分散資源配分問題は、グラフ空間にソースノードとシンクノードを配置し、空間全体に資源を最適に配分する問題である。分散資源配分問題の厳密解法として、疑似木を用いた解法が提案されている。しかしながら、エージェント間の通信量増加をはじめとする問題の複雑化により、厳密解法の適用は必ずしも実用的ではない。そのため複雑な問題に対しても、高い精度を持つ近似解法が必要とされている。

本研究では、分散資源配分問題のために DCOP の近似解法である Distributed Stochastic Algorithm (DSA) に注目した。DSA は確率的な分散アルゴリズムであり、少ないメッセージ通信で近似解を得ることが可能である。本稿では、実社会との関連が多く考えられる、分散資源配分問題に対し、ソースノード同士の協調行動が可能になるよう DSA を改良し、計算量の増加を抑えつつ解精度を高める手法を提案する。

2. 分散資源配分問題

分散資源配分問題は、以下の複数の変数からなる問題として定義される。エージェントの集合 A 、リンクの集合 L 、資源集合 R 、コスト関数の集合 V からなる問題である。資源の割り当てを行うソースノードと、資源要求

を行うシンクノードが状態空間上に存在し、各々をエージェントとして扱う。分散資源配分問題は、分散型電源を持つ電力ネットワークのシミュレーションとして定形化可能であることから、注目を集めている。この問題を解くために、多くの厳密解法が提案されているが、厳密解法は複雑かつ大規模な問題において、計算量増加が顕著であるため必ずしも現実的ではない。そのため、エージェント間通信を少なくしつつ解の精度を維持する必要がある。

3. 従来手法

3.1 疑似木に基づく解法

分散制約最適化問題の厳密解法として多く用いられる手法に、疑似木を用いた解法がある。これらはボトムアップに疑似木を生成する。疑似木における親ノードがトップダウンにコスト関数が最適になるよう、数値の決定を行う。これらの手法は、問題が大規模になると木の後退辺が増加することで計算量が増大し、現実的時間で解が求められなくなる。

3.2 DSA

DSA は、局所探索を行いつつ大域的最適解を求める手法である。局所探索を行うため、局所解に陥るという問題があるが、状態遷移を確率的に行い、局所解からの脱出が可能とする方法が考えられている。DSA では直接リンクでつながったノードにのみメッセージ通信を行う。DSA はエージェント自らの値を変更する際に確率的に遷移させるため、解の保証は無いが、厳密解法のようにトップダウン的な木構造を作り出さないため、計算量の増加を抑制出来る。そのため、アルゴリズムの高速さを維持しつつ解精度の保証を得るための研究が進めら

[†]神奈川大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻, Graduate School of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

れている [2].

4. 提案手法

分散資源配分問題を解くためには、擬似的な木構造、あるいは階層構造が必要となる。木構造を作るにはあるノードから近傍ノードに対して、メッセージ通信を行い親から末端までの各ノードを決定する。なお、各ノードが所属する親は一つのみであり、階層空間の生成時に所属を決定する。分散資源配分問題では、ソースノードが親となり通信を開始し、階層構造を経由し末端まで確認メッセージを送る。そして階層構造の末端から要求資源量と評価値をメッセージ通信として返す。

従来の解法では、親が得た情報をトップダウンに計算し、資源配分を行っていたが、トップダウンな計算を行うと、計算量の増加は問題の大規模化に従って顕著になる。そのため提案手法では、資源配分を近傍のノードのみに可能とし、各ノードの持つ評価に応じて資源配分を行うとする。配分を制限することで計算量が少なく近似解を求めることができる。

しかし、近傍ノードのみでは親が最適な資源配分を行ったところで、大域的最適解になる保証はない。階層構造での要求資源量と調整し、解を改善するために最適ではない解に対して、確率的遷移を許すことで、最適解に近づくといえる。以下に提案手法の概略を示す。

Step 0 状態空間の生成、各種パラメータの設定

Step 1 ソースノードから階層構造の協調空間を生成

Step 2 近傍のノードに対し資源配分の値を通信

Step 3 末端から親ノードまでメッセージの集計

Step 4 得たメッセージを元に資源割り当ての決定

Step 5 ソースノードから資源配分を開始

Step 6 資源割り当て後、資源要求メッセージの通信

Step 7 ソースノードに供給不可ノードの情報メッセージ

Step 8 供給ノードの確率的変更

Step 9 終了条件に達していれば終了、達していなければ **Step 2** に戻る

5. 評価実験

本提案手法では、局所探索手法 DSA に基づいたアルゴリズムであり、階層的通信を可能としたものである。メッセージ送受信回数の増加は明らかであり、計算時間もそれに伴い増加する。シミュレーション実験では、本提案手法による、計算量評価と解最適性について考察するとともに、アルゴリズム中のメッセージ量を制限することで、局所的探索と大域的協調行動のバランスを調整し、最適なエージェント行動の割合を調査する。

パラメータ設定は、ソースノード数、シンクノード数、および次数を変化させる。小規模から大規模までの状態空間を生成し、アルゴリズムの最適性調査を行う。なお問題簡略のためリンクの容量は十分に大きいものとし、実験を行い、状態空間の増加に対する、解精度、収束速度の変化について考察する。

6. おわりに

本研究では、DSA を階層型に改良し、協調行動を導入した手法として交渉型確率的解法を提案した。提案手法では、近似解法として十分な結果を得ることが可能である。今後は、厳密解法と組み合わせ、高精度かつ高速になるよう手法の改良が必要である。そして、実問題に対しても本手法の考え方が有効かを実際にシミュレーションすることで提案手法の有効性を確認する。

参考文献

- [1] Kumar, A., Faltings, B. and Petcu, A.: Distributed Constraint Optimization with Structured Resource Constraints, *Proceedings of The 8th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, pp. 923–930 (2009).
- [2] Iizuka, Y.: An Approximate Algorithm for DCOP with Optimal Solution Attainment Rate of 0.99, *Proceedings of 2012 13th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel Distributed Computing*, pp. 413–419 (2012).