

地球規模を指向した大規模マルチエージェントシミュレーションの実現

森下仙一¹, 蟻川浩², 前田太陽², 村田忠彦^{1,2}

¹関西大学大学院 総合情報学研究科, ²関西大学 政策グリッドコンピューティング実験センター
[smorishi, hiro-ari, maeda, murata]@pglab.kansai-u.ac.jp

概要: 有害化学物質による生態系への影響が懸念されており, マルチエージェントシミュレーションによる影響の予測が試みられている. しかし, 地球規模のシミュレーションを実施する場合, エージェント数, 環境それぞれが膨大な情報となる. 本稿は, マルチエージェントシミュレーションによる地球規模の環境変動シミュレーションを実施する際の課題と実現方法を明確にし, 次世代スーパーコンピュータを利用した大規模マルチエージェントシミュレーションの実現について論じる.

1 はじめに

近年, ダイオキシンなどの有害化学物質が生物および生態系に及ぼす影響が懸念されており, その対策について国際的に注目されている. このとき, 生物および生態系の伝搬が及ぼす影響を議論するための予測方法として, マルチエージェントシミュレーション(MAS)が考えられる. 本稿は西崎らが提案した環境改善資金調達モデル[1]を取り上げる.

環境改善資金調達モデルは環境空間を正方形型のセルの集合で表現しており, 空間上には, エージェント, 資源, 排出される有害化学物質が配置されている. 一般的に Sugarscape と呼ばれるモデルによって表現している. エージェントは資源収集のためにセルを移動する. また, 資源収集後すぐに有害化学物質を排出する. 全エージェントが意思決定を行い, 環境空間に変更を加えることを 1 ステップとする. 任意のステップ数繰り返すことでシミュレーション結果を得る.

地球規模の MAS を実施する場合, エージェントを人間と定義すれば, 世界の人口が基準となる. また, 地球の表面積に適した環境の情報が基準となる. これらの値を用いてシミュレーションを実施する場合, 膨大なデータを記憶するための記憶領域確保と演算量の削減を達成する必要がある.

我々は大規模 MAS に適した手法について, グリッドコンピューティング技術を駆使して大規模計算を行うための方法論について研究してきた[2][3]. その結果, ペタフロップス級の計算機システムを利用することで, 地球規模を指向したシミュレーションの予測精度の向上が可能になることを見出した. 本稿は, これまでの知見に基づき, 大規模 MAS を次世代スーパーコンピュータに適用する方法とそれによる効果を示す.

2 大規模 MAS の実施要件

Sugarscape による地球規模の大規模 MAS を想定した場合, それに見合った環境空間およびエージェントの情報(シミュレーション情報)を記憶領域に確保する. このとき, セル数を C , 各セルの情報量を I_{cell} , エージェントの情報量を I_{agent} とすると, シミュレーションに必要な記憶容量 M は式(1)のように定義される.

$$M = CI_{cell} + 2CI_{agent} + \alpha \quad (1)$$

式(1)から, より精細なシミュレーションを実施するためにはセル数を増加する必要がある. それに伴い, エージェント意思決定処理数も増加する. 結果として, セル数がシミュレーション実行時間に影響を及ぼす.

3 スーパーコンピュータを利用した大規模 MAS の実現

Sugarscape による MAS の大規模化において, 我々は文献[3]で「環境空間情報の分散配置」, 「エージェントおよびセルの演算処理の並列化」が必要であることを見出し, 図 1 に示すモデルを提案した.

提案手法は, 大規模な環境空間情報を扱うために, 複数のプロセッサで分割し, 分散配置させる. 環境空間情報を持つプロセッサをマスタプロセッサと呼ぶ. マスタプロセッサ間はメッセージパッシングにより境界部分の情報を交換する. マスタプロセッサの増設により, より大きな環境空間情報を表現できるよう配慮した. 次に, マスタプロセッサの演算処理の高速化を実現するために, 遠隔手続き呼び出し(RPC)により, 複数のプロセッサに対してエージェント意思決定処理を並列実行する. エージェント意思決定処理を担当するプロセッサをワーカプロセッサと呼ぶ. エージェント数の増加によるマスタプロセッサの演算負荷に対応すべくワーカプロセッサ数で調整するように配慮した.

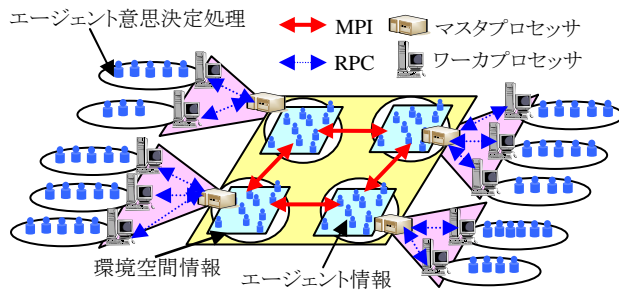


図1 提案手法

提案手法の有効性について、2種類のPCクラスタを用いて予備実験を行った。マスタープロセッサ側は、Intel社1.70GHz Celeronプロセッサ、256MByteのメモリ、100BASE-TXのEthernetカードを搭載した16ノードのPCクラスタを利用した。また、ワーカプロセッサ側はIntel社3.0EGHz Pentium 4プロセッサ、2GByteのメモリ、1000BASE-TのEthernetカードを搭載した40ノードのPCクラスタを利用した(なお、ワーカプロセッサ側のPCクラスタではHyper Threading Technologyを有効にしているため、各ノードは擬似的にデュアルプロセッサ構成となっている。従って最大80プロセスまで並列実行可能である)。これらのPCクラスタは同一のネットワークに接続した。予備実験において用いたシミュレーションプログラムについて、マスタープロセッサ間はMPIライブラリ(MPICH)を用いて通信を行い、マスタープロセッサとワーカプロセッサ間の通信はGridRPCライブラリ(Ninf-G)を用いて実装した。

図2に環境空間セル数を4410000(2100×2100)としたときのシミュレーション実行時間の結果を示す。横軸はワーカプロセッサの総数を示している。また、縦軸はシミュレーション実行時間を示している。予備実験では、マスタープロセッサの台数を4台および9台使用している。4台使用した実験では、エージェントの負荷集中するマスタープロセッサに対して、ワーカプロセッサを多く割り当てた場合(balanced)と均等に割り当てた場合(unbalanced)の結果を併せて示す。

図2より、マスタープロセッサを4台より9台に変更することで、マスタープロセッサ全体にかかる演算負荷を削減できるため、実行時間の短縮が図れることがわかった。このことから、セル数の増加に対してもマスタープロセッサの変更で柔軟に対応できることがわかる。よって、より具体的な値によるエージェントシミュレーションが実現できる。また、ワーカプロセッサの追加により実行時間の短縮が図れることが確認できた。本稿での実験では、マスタープロセッサの通信速度がワーカプロセッサのそれに比べて十分な通信速度が得られていないものの、シミュレーション全体に占める通信負荷

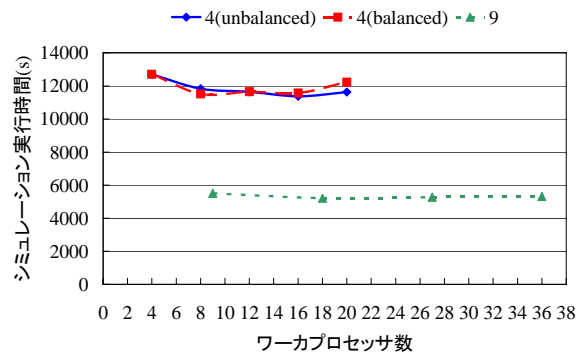


図2 シミュレーション実行時間

の割合は2.6%であることを確認しており、通信速度には影響しない。従って、マスタープロセッサにかかる負荷に対して適切なワーカプロセッサ数を割り当てることで負荷分散が可能である。次世代スパコンのように大量のプロセッサを利用できる計算機環境では高速化が期待できる。そのためには、マスタープロセッサにかかる演算負荷に応じてワーカプロセッサの数を柔軟に変更できるための条件を見出すことが課題である。

4 まとめ

Sugarscapeによる地球規模の大規模MASを次世代スーパーコンピュータに適用するための方法を示した。また、シミュレーション結果から大規模MASを実施する際に考えられる課題と次世代スパコンによる実現可能性について示した。

提案手法はマスタープロセッサの演算をベクトル型プロセッサ環境で、ワーカプロセッサの演算をスカラ型プロセッサ環境で実行することで、大規模シミュレーション実施時の演算時間短縮に期待できる。また、次世代スパコンの利用により、マイクロレベルでのより現実的に即した値でのシミュレーション実施が期待できる。

参考文献

- [1] 西崎 一郎, 上田 良文, 佐々木 智彦, 慈善くじによるグローバル・コモンズの保全のための資金調達と人口社会モデルを用いたシミュレーション分析, システム制御情報学会論文誌, Vol.17, No.7, pp.288-296(2004).
- [2] Tadahiko Murata, Hiroshi Arikawa, Sen-ichi Morishita, Taihyo Maeda, "A Design of Problem Solving Environments for Policy Making Assistance Using MAS-Based Social Simulation," Proc. of 3rd Int'l Conf. on e-Science and Grid Computing, pp. 521-528, 2007.
- [3] Hiroshi Arikawa, Sen-ichi Morishita, Tadahiko Murata, "Performance Improvement of GridRPC-based Multi-Agent Simulation Software," PG Lab Discussion Paper Series, No.20, October, 2007.