

多ゴールが非同期に発生する環境下における 実時間リアクティブプランニング法の研究

Real-time Reactive Planning for Multi-Goals in Dynamic Environment

本田誠一*1 森山甲一*2 沼尾正行*2 栗原聡*2
Seiichi Honda Koichi Moriyama Masayuki Numao Satoshi Kurihara

*1 大阪大学大学院 情報科学研究科 情報数理学専攻

Department of Information and Physical Sciences, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

*2 大阪大学産業科学研究所

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

The multiagent plan coordination problem arises whenever multiple agents plan to achieve their individual goals independently. Especially in a dynamic environment, the coordination process is required to respond reactively to environmental changes. In this paper, we introduce a novel multiagent planning coordination using shared memory architecture. In this architecture, each agent can plan asynchronously by indirect communication between each other via the shared memory.

1. はじめに

複数ゴールへのプランニングを行う場合、ゴールごとにその実現を担当する複数の Agent から成るマルチエージェントシステム (MAS) を用いることが多い。そして MAS では、各 Agent 間のプランニングに矛盾や干渉が起きないように何らかの協調機構が必要となる。MAS における協調をテーマとした従来研究 [Cox 06, Dimopoulos 06] は、Agent 間の結びつきが強く、協調動作が完了して初めてプランを生成できるものが多い。しかし、実環境のように動的な環境ではこの方法では即応性が低下し正しく動作しない可能性が高い。そこで本研究では、複数の Agent が共有メモリを介して間接的に協調を行うことで Agent 間の独立性を高め、動的環境下でも効果的に動作するプランニング法を提案する。

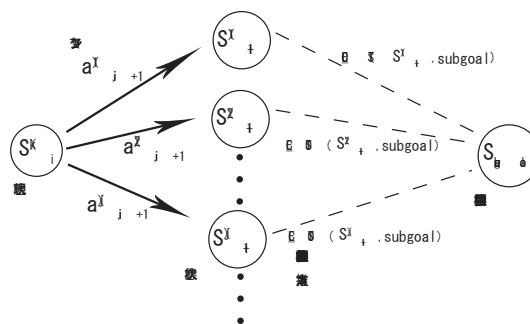


図 1: 状態空間と Action Value

$$= \text{COST}(S_i^{(k)}, S_{i+1}^{(j)}) + E\text{-COST}(S_{i+1}^{(j)}, \text{subgoal})$$

2. Action Value 更新による時間制約下での 間接的協調

2.1 Action Value の導入

Action Value は状態空間グラフ (図 1) 上のアクションの重要性であり、その値はそのアクションを選択し中間目標状態まで遷移する場合の推定コストと代替アクションを選択し中間目標状態まで遷移する場合の推定コストを比較して以下のように定義する。

$$\text{ActionValue}(i, j) = \begin{cases} 1 & (n = 1) \\ \frac{\sum_{l=1}^n \text{TotalCost}(i, l) - \text{TotalCost}(i, j)}{(n-1) \sum_{l=1}^n \text{TotalCost}(i, l)} & (n > 1) \end{cases}$$

ここで

$$\text{TotalCost}(i, j)$$

連絡先: 本田誠一, 大阪大学
産業科学研究所沼尾研究室,
〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1,
Tel:06-6879-8426 Fax:06-6879-8428
E-mail:hs1023@ai.sanken.osaka-u.ac.jp

このように 0 から 1 の Action Value を定義することで、プランの協調時にどちらのアクションを実行すべきかという判断基準を得ることができる。すなわち、Action Value が 1 のアクションは代替案が存在しないためプラン実行に必須のアクション、高 Action Value のアクションは代替案が非効率的であるため競合する他のアクションよりも優先すべきアクションといった判断が可能となる。

2.2 システム構成と動作プロセス

各ゴールを担当する複数の Personal Agent は他の Personal Agent と直接情報を交換するのではなく、Shared Memory を介して間接的に情報の共有を図る (図 2)。Personal Agent はプランを生成する Planner とプランを実行する Executor から成り、Washington R. によるプランニングと実行の統合モデル [Washington 95] に従って動作する。

Planner は RTA*等のアルゴリズムを用いて中間目標状態 $S_{subgoal}$ までのプラン及び初期 Action Value を求め Shared Memory に渡す。そして Executor からのプラン実行失敗通知や Personal Agent からの干渉発生通知を受けない限り、未展開ノード (Open Nodes) 中の各状態から $S_{subgoal}$ までの推定コストの計算を繰り返し行う (図 3)。

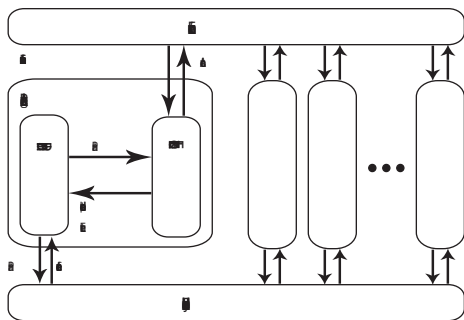


図 2: システム構成

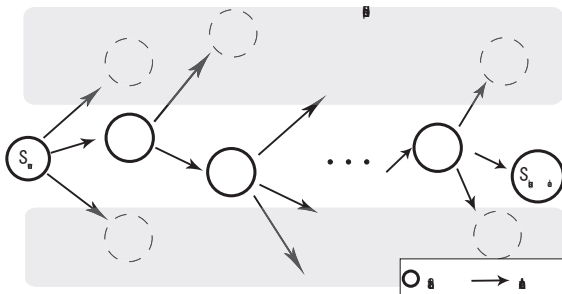


図 3: プランニング過程

Personal Agent は Shared Memory に置いたプランと他の Personal Agent のプランを常にモニタしている。干渉が発生した場合、つまり自身のアクションが他者のアクションの効果（または前提条件）を否定するような場合、2.1 節で述べたように Action Value を用いて判断を行う。この際実行すべきでないプランを渡した Personal Agent が再プランを行うが $S_{subgoal}$ までの最善の代替案を準備しているためその影響は最小限に留まる。

3. 検証実験

3.1 検証方法

本シミュレータは、人々 (People)、目的地 (Goal)、リスク (Risk)、家具 (Table 等)、壁 (Wall) から構成される (図 4)。このシミュレータ上で、人々をリスクから回避させつつ目的地まで誘導するために必要な壁操作のプランニングを行う。各人をサポートする Personal Agent の壁操作は場合によっては他の Personal Agent と干渉する*1 こともあるため適切に協調を行う必要がある。

3.2 結果と考察

リスク数と壁生成に必要なリードタイムの二つのパラメータを変化させ、100 人が移動を行った際の目的地到達率を測定した結果を図 5 に示す。提案手法から協調機構を除いた Planning_A と比較した場合、干渉が少ない状況では両者に差がないものの、干渉が多発する状況では提案手法側で協調による到達率の向上が確認できる。

*1 生成した壁により他者が通路を移動できなくなる、撤去したため他者が必要なタイミングに壁を生成できなくなる等の例が挙げられる。

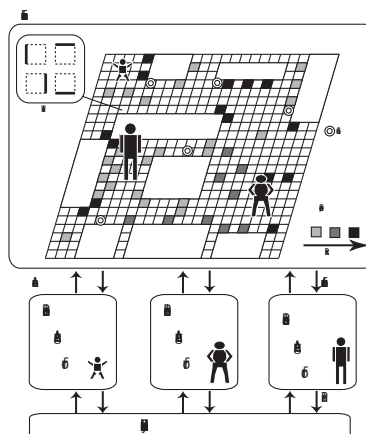


図 4: シミュレータ

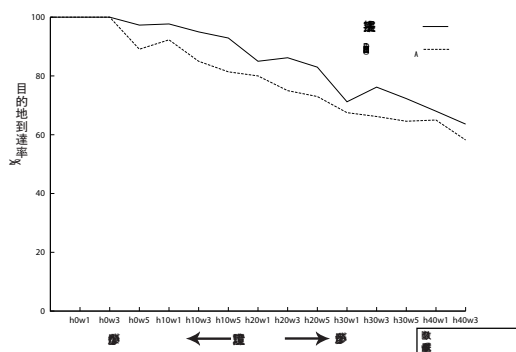


図 5: 目的地到達率

4. まとめ

本研究では、Action Value 更新による間接的協調により即応性のある協調機構を提案した。今後ユビキタスホームのように動的環境下で、複数のタスクに対処する様々なシステムへの適用が考えられる。

謝辞

本研究は、戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) の「インターユビキタスネットワーク情報基盤の研究」の支援の下に行われたものである。

参考文献

[Cox 06] Cox, J. S. and Durfee, E. H.: An Efficient Algorithm for Multiagent Plan Coordination, in *Fifth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS-06)* (2006)

[Dimopoulos 06] Dimopoulos, Y. and Moraitis, P.: Multi-Agent Coordination and Cooperation through Classical Planning, in *IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT'06)* (2006)

[Washington 95] Washington, R.: Incremental planning for truly integrated planning and reaction, in *Fifth Scandinavian Conference on Artificial Intelligence (SCAI 1995)* (1995)