

無線センサネットワークの利用を前提とした 複数ロボットの協調に関する研究

平山 孔一[†] 宇谷 明秀[‡] 山本 尚生[‡]

東京都市大学大学院工学研究科[†] 東京都市大学知識工学部[‡]

1. はじめに

ユビキタス情報社会を進展させる重要なネットワーク技術として、無線センサネットワークが注目を集めている [1]-[3]。また近年では、無線センサネットワークと自律移動ロボットを融合させた高度なネットワーク・サービスへの期待も高まっている。自律移動ロボットの分野では、複雑かつ動的な環境の中での適応的な行動獲得法として強化学習が着目されている。本研究では、無線センサネットワークの利用を前提とした複数ロボットの協調システムを提案し、その有効性を検証する。

2. 提案システム

本研究では、一般的な工場での荷物の配送問題を対象とする。提案システムにおいて、センサネットワークは荷物の要求の検知、情報伝達、また要求位置までの経路の形成を担う。自律移動ロボットは通信機能を有しており、センサネットワークからの情報と自身の状態から状況を判断し、学習によって最適な行動を選択する。

2. 1 前提条件

対象領域を $[n \times n]$ の格子状に分割し、各分割点にセンサノードが配置される。また、自律移動ロボットが倉庫に到着した場合、積み込める限界まで荷物が補充される。各移動ロボットは経験強化型の代表的な強化学習法である Profit Sharing plan によって学習が行われる [4]。

2. 2 システムの概要

提案システムはセンサノードによる [経路形成]、自律移動ロボットの [状況判断]、[行動選択]、[動作] の 4 つから成り立っている。以下、各モードについて説明する。

1) 経路形成

センシング領域内からの荷物要求を検知したセ

ンサノード(要求ノード)はフラッディングによって、自律移動ロボットへ荷物情報を通知する。この時、各センサノードは要求ノードからのホップ数を取得する。自律移動ロボットは、各センサノードが有するホップ数を目安に移動を行う。よって、対象領域内でどの方向に向かうかという移動方向の学習をする必要がない。これにより提案システムでは、状態数を減少させ、学習時間の短縮を実現することができる。また、障害物がフィールド内に存在したとしても、センサネットワークからの情報を利用することで、迂回経路の学習をする必要はない。

2) 状況判断

本研究では、状況判断要因として、[要求ノード数]、[配送可能な要求ノードの存在]、[ロボット間の通信の有無] の 3 つを考える。配送可能な要求ノードとはロボットが持っている荷物の量が要求量を上回っている要求ノードのことである。ロボット間の通信では、[荷物に関する情報]、[位置に関する情報]、[荷物と位置を含む全情報] の 3 パターンを考慮し、ロボット間の通信でどのパターンが選択されたかを調べる。[荷物に関する情報] を通信した場合、ロボットの荷物量は通信対象との合計量とする。[位置に関する情報] を通信した場合、最寄り要求ノードが一致するかどうか調べられる。これらの状況判断要因から、各移動ロボットは自身の置かれている状況を判断する。

3) 行動選択

ロボットの行動は

- ① 近くの要求ノードに向かう / 遠くの要求ノードに向かう / 倉庫へ向かう / ロボット間の通信を行う
- ② 配送可能な要求ノードへ向かう / 配送不可能なノードに向かう / 倉庫へ向かう / ロボット間の通信を行う
- ③ 要求ノードへ向かう / 倉庫へ向かう / ロボット間の通信を行う

の 3 つの行動群から選択される。要求ノードが複数あり、すべての要求ノードに配送可能(不可能)な場合は①の行動群、一部の要求ノードに配送可能な場合は②の行動群、要求ノードが 1 つの場合

A study on the coupling of autonomous mobile robots and a wireless sensor network

[†] Kouichi HIRAYAMA, Graduate School of Engineering, Tokyo City University

[‡] Akihide UTANI and Hisao YAMAMOTO, Faculty of Knowledge Engineering, Tokyo City University

は③の行動群から行動が選択される。

4) ロボットの動作

ロボットは移動の際、隣接するセンサノードにアクセスし、移動方向を決定する。ロボットは上下左右 1 セルずつ移動し、斜め方向には移動しないものとする。また、ロボット間で通信を行った場合は、ロボットは移動せず、情報のやり取りだけを行うものとする。すべてのロボットが行動を終えるまでを 1 ステップとする。

3. シミュレーション実験

3. 1 実験設定

ロボット数を 2 台とし、荷物を限界まで搭載した状態で実験領域内に投入した。また、要求ノード数は 2 つとし、それらは学習の過程でランダムに選択されるものとした。自律移動ロボットは要求ノードの要求を満たしたときに報酬が与えられる。また、配送不可能な状態から配送可能な状態になったときにも(サブゴールとしての)報酬が与えられるものとした。シミュレーションの設定値を表 1 に示す。

表 1 実験の設定値

Simulation size	50m × 50m
The number of sensor nodes	5 × 5
The number of the max load possession	50
The number of episode	500
sub reward	100000
reward	600000

3. 1 実験結果及び考察

図 1 は学習曲線であり、要求ノードの要求数の合計と初期状態での配送可能な要求ノード数によって分類された計 6 パターンの結果が示されている。表 2 には各パターンの要求数の合計と初期状態での配送可能な要求ノード数が示されている。

表 2 各パターン

	要救数の合計	配送可能ノード数
Pattern1	0~50	2
Pattern2	51~100	2
Pattern3	51~100	1
Pattern4	101~150	1
Pattern5	101~150	0
Pattern6	151~	

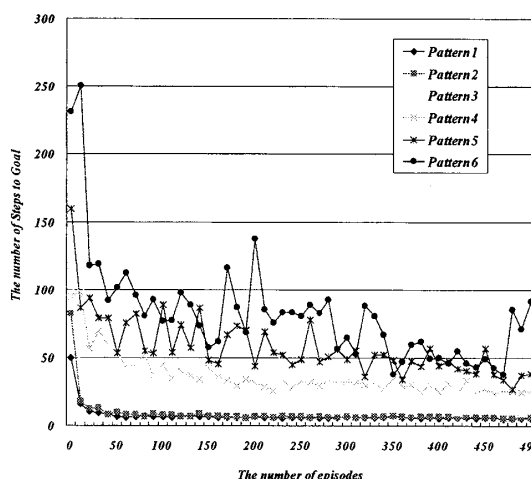


図 1 学習曲線

結果を考察すると、パターン 1 ~ 5 に関しては 500 エピソードの学習で学習が完了している(十分に収束している)ことを確認することができる。このことから無線センサネットワークを用いることで、Profit Sharing plan による一般的な学習でも学習時間の短縮を実現できたと言える。

4. おわりに

本研究では、無線センサネットワークの利用を前提とした複数ロボットの協調システムを提案し、シミュレーション実験を通してその有効性を検証した。今後の課題としては

- 1) 状況変化に対する柔軟性の評価
- 2) 要求ノード数や移動ロボット数に対する評価、及び提案システムの高度化などを考えている。

文 献

- [1] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramanian, and E. Cayirci, "Wireless sensor networks: A survey," *Computer Networks Journal* (Elsevier), vol.38, no.4, pp.393-422, 2002.
- [2] H. Nakano, A. Utani, A. Miyauchi, and H. Yamamoto, "Data gathering scheme using chaotic pulse-coupled neural networks for wireless sensor networks," *IEICE Trans. Fundamentals*, vol.E92-A, no.2, pp.459-466, 2009.
- [3] 織戸英佑, 宇谷明秀, 山本尚生, "複数のシンクを有する無線センサネットワークにおけるノードの負荷分散を考慮した Pheromone-Oriented Routing プロトコル," *日本知能情報ファジィ学会誌*, vol.21, no.1, pp.56-68, 2009.
- [4] 宮崎和光, 木村元, 小林重信, "Profit Sharing に基づく強化学習の理論と応用," *人工知能学会誌*, vol.14, no.5, pp. 800-807, 1999.