

無線センサネットワークと自律移動ロボットによる オブジェクトの状態観測

松本 翔[†] 宇谷 明秀[‡] 山本 尚生[‡]

武蔵工業大学大学院工学研究科[†] 武蔵工業大学知識工学部[‡]

1. はじめに

自然環境観測、希少生物の生態観測などのアプリケーションを実現するための手段として、無線センサネットワークへの期待が高まっている[1]–[5]。大規模無線センサネットワークは、一般に安価で低機能(観測ポイントや観測対象に対する簡単なセンシング機能、限られた情報処理機能、及び簡単な無線送受信機能)なノード群で構成され、バッテリーなどの電源容量に制約のあるリソースで動作する。本研究では、無線センサネットワークと自律移動ロボットで構成されるネットワークロボットシステム(N-R システム)を提案し、オブジェクトの詳細な状態観測を実現することを目的とする。

2. Network-Robot システム

N-R システムは、無線センサネットワークと自律移動ロボットを融合した群知能システムである。無線センサネットワークがオブジェクトの出現位置(とその頻度)を学習し、自律移動ロボットが出現頻度の高い位置で待ち伏せして、オブジェクトの詳細な状態観測を実現する。

2. 1 前提条件

本研究では、自然環境の中で活動するオブジェクト(例えば希少生物)を詳細に観測することを目的としている。各センサノードに高性能カメラ機能を搭載できるならば、本研究の目的は十分に達成できる。しかし、各センサノードの高コスト化は避けられない。また、高い電力消費によって、ネットワークの長期間運用が困難になることが考えられる。本研究では、安価なセンサノード群で構成される無線センサネットワークを前提とし、現実的なコストでオブジェクトの状態観測を実現する。

2. 2 システム概要

センサノードはオブジェクトがセンシング領域に入ったことを検知できる機能を持ち、オブジェクトを発見したことを周囲のノードに知らせる。自律移動ロボットはオブジェクトの詳細情報を取得するための機能(高性能カメラ機能)、及び通信機能を有している。このシステムにおいて、自律移動ロボットは、センサノードの保有情報にアクセスして、オブジェクトの出現頻度の高い位置に移動し、オブジェクトの観測を実行する。

オブジェクトの状態観測は、以下の[学習モード]と[観測モード]によって実現される。

(1) 学習モード

学習モードでは、センサネットワークがオブジェクトの出現頻度の高いポイントを学習する。以下にその概要を示す[6]。

- 1) センサノードは、オブジェクトを検知すると発見情報を数値化する(これを出現価値と呼ぶ)。そして、自身が(過去において獲得した)出現価値にこの値を加える。なお、この出現価値は時間の経過とともに一定の割合で減衰する。
- 2) 次に、この出現価値にホップによる減衰率を乗じた値をローカルブロードキャストする。この値を受信した各隣接ノードは、自身が有する出現価値にこの値を加える。

このプロセスを設定された期間繰り返すことで、オブジェクトの出現頻度の高いポイントが学習される。

(2) 観測モード

観測モードでは、自律移動ロボットが学習モードで得られた学習結果にアクセスして、出現価値の高い位置に移動し、オブジェクトの(詳細な)状態観測を実行する。本研究では学習結果の取得(とそれに基づく移動)に関して、次の2パターンを検討した。

- 1) 全ノードから出現価値を取得し、最も出現価値の高い位置へ移動して、オブジェクトの出現を待つ。
- 2) 隣接ノードへの問い合わせを繰り返しながら、出現価値の高い位置へ移動する。移動した位置のセンサノードが保有する出現価値が、その隣接ノードが保有する価値よりも高い場合に移動を停止し、その位置でオブジェクトの出現を待つ。

3. 実験結果と考察

シミュレーションの設定値を表1に示す。センサノードの配置はランダムとした。図1にはオブジェクトの活動エリアが示されている。オブジェクトは Random Way Point モデルに従って、オブジェクト活動エリア内を移動する。本実験では、学習モードにおいて、図1中の(a)～(c)の活動エリアをランダムに選択し、選択したエリアでオブジェクトを移動させている。なお、自律移動ロボットは1台とした。

表1 シミュレーションの設定値

Simulation size	400m × 400m
The number of sensor nodes	1000
Sensing Range	10m
Range of radio wave	25m
Random Way Width	100m
Evaluation Decrease by hops	0.5
Evaluation Decrease by Time	0.99/step

A study on object observation by wireless sensor network and autonomous mobile robot

[†]Kakeru MATSUMOTO, Graduate School of Engineering, Musashi Institute of Technology

[‡]Akihide UTANI and Hisao YAMAMOTO, Faculty of Knowledge Engineering, Musashi Institute of Technology

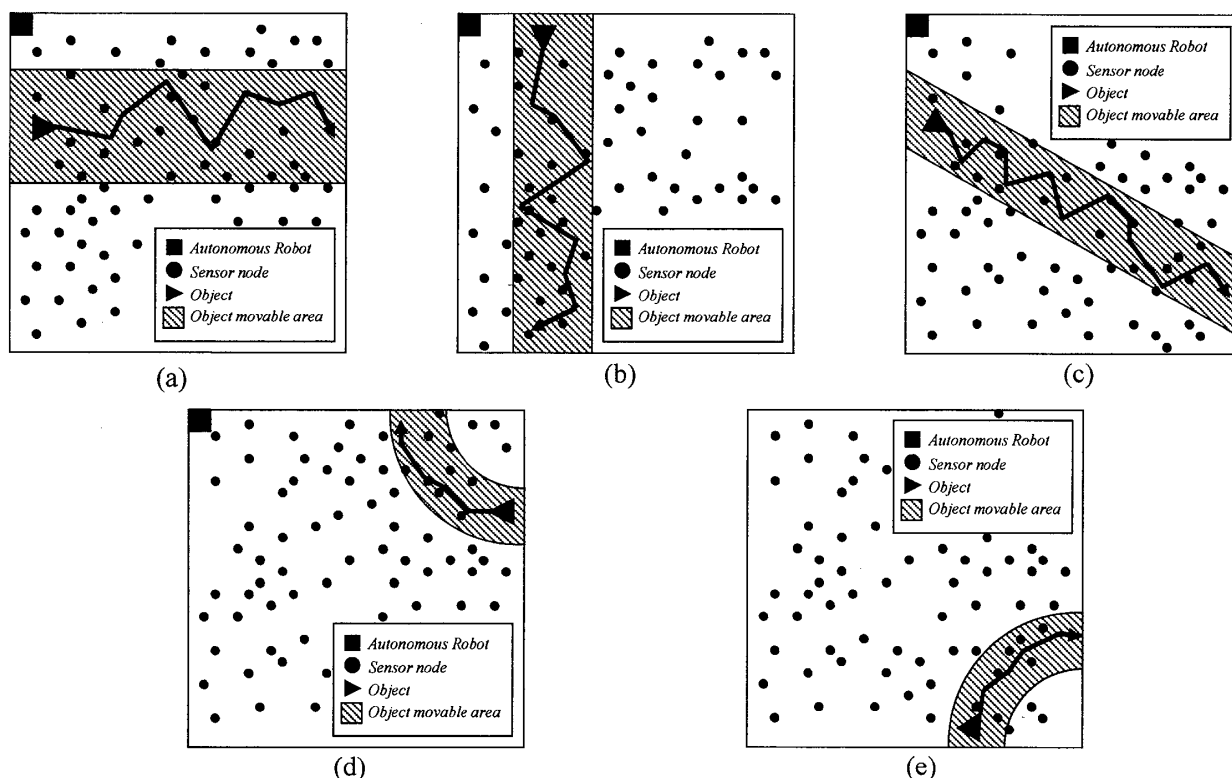


図1 観測領域とオブジェクト活動エリア

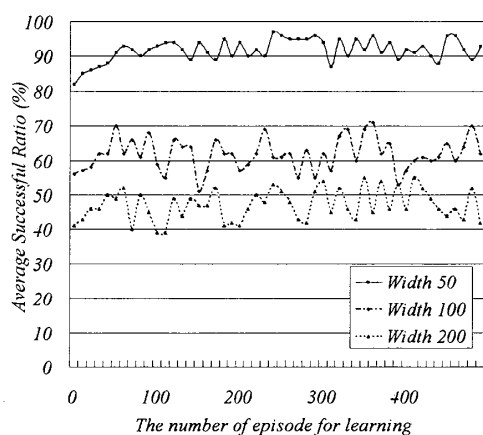


図2 パターン1における観測成功率

図2は結果の一例であり、観測モードにおいてパターン1を用いた場合の観測成功率である(パターン2に関する結果は紙面の関係上割愛する)。図中の[Width50]等は、図1(a)~(e)におけるオブジェクト活動エリアの幅を表す。Width50の場合、学習モードの期間に関わらず、約90%の高い観測成功率を得ることができた。しかし、オブジェクト活動エリアの幅が[100m]を超えると観測成功率は急激に低下している。今後の課題としたい。

4. おわりに

本研究では、無線センサネットワークと自律移動ロボットによるオブジェクトの状態観測システム(Network-Robot システム)を提案した。また、シミュレーション実

験を通してその適用性と有効性を検証した。今後の課題として

- 1) 減衰率等のパラメータの影響
- 2) 自律移動ロボットの学習結果の取得、及び利用方法の影響

等について詳細に評価し、提案システムを発展させて行きたいと考えている。

参考文献

- [1] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci : Wireless sensor networks: A survey, Computer Networks Journal, vol.38, no.4, pp.393-422, 2002.
- [2] 田村, 戸辺 : マルチホップ無線センサネットワーク, 人工知能学会誌, vol.19, no.4, pp.441-446, 2004.
- [3] Y. Xu, J. Winter, and W. C. Lee : Prediction-based strategies for energy saving in object tracking sensor networks, Proc. 2004 IEEE International Conference on Mobile Data Management, pp.346-357, 2004.
- [4] 川端 : レスキュー用知的データキャリアを用いた被災者探索システムの構築, 電子情報通信学会, 第5回アドホックネットワーク・ワークショップ, pp.3-1~3-8, 2006.
- [5] V. S. Tseng, K. W. Lin, and M. H. Hsieh : Energy efficient object tracking in sensor networks by mining temporal moving patterns, Proc. 2008 IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing, pp.170-176, 2008.
- [6] A. Utani, E. Orito, A. Kumamoto, and H. Yamamoto : An advanced ant-based routing algorithm for large scale mobile ad-hoc sensor networks, Trans. SICE, vol.44, no.4, pp.351-360, 2008.