

探索問題におけるスワームロボットネットワークの連結性に関する実機検証

○西口晃央 片田喜章 森脇和也 渡壁亮介 (摂南大)

概要

マルチホップによる無線通信ネットワークを用いた場合、その情報を中継するためにはターゲットを発見したロボットから基地局までの無線通信ネットワークが連結されている必要がある。

そこで本研究では、我々の研究グループで行っている数値実験によって得られた、連結性を維持するのに必要な条件を実機実験によって検証する。

キーワード: スワームロボティクス、自律ロボット、無線通信、連結性

1 はじめに

マルチロボットの中でも特に、スワームロボティクス(SR)とよばれる分野¹⁾が近年、急速に注目を集めようになってきている。その中でも Sahin ら²⁾は単一ロボットでは問題解決が困難もしくは非効率なタスクに対して、構造が簡単で安価に構築でき制御器を含めて完全に均質な自律ロボット(シミュレーションではなく実機)を多数(最低でも 10-20 台)用いて解決策を提示するというアプローチをとっている。このアプローチでは大域的情報を収集して各ロボットに指示を出す監督的なエージェントの存在を前提としないため、結果として、スワームの群れ行動は各ロボットの局所的相互作用から必ず創発的に生成されることになる。上述の設計理念に従うと、制御器を含めて均質であることが望ましい。均質でありながら、個々のロボットに多様な、時として役割分担的な振舞いを示すことが要求される。

無線ネットワークによって通信可能な複数ロボットを用いてターゲットの探索を行い、その情報を基地局に送信するタスクを考えた場合、ターゲットを検出したロボットから基地局までは無線ネットワークによって「連結」されている必要がある。そこで我々の研究グループは、連結性を保証するロボットの台数と無線の通信距離を数値実験により算出した⁴⁾。文献⁴⁾の結果に従うと、シミュレーションでは連結性がよく保たれることができ確認されている。そこで、本稿では上述の SR により構成される無線ネットワーク(以降、SR ネットワークとよぶ)の実機による連結性の実証実験について述べる。

2 実験

2.1 目的

無線通信では一般的に、無線機の移動や時間経過によって受信できる電波の強さに強弱が生じる現象やノイズの影響を受ける。これらの現象は連結性に影響を与える可能性がある。しかし数値実験ではこれらの影響の全ては考慮できない。文献⁴⁾で得られた結果を検証するために実機実験を行う。

2.2 タスク

本稿ではタスクとしてターゲット探索を扱う。ただし、本稿では連結性のみ焦点を当てて結果を示す。ロボットは実験中、障害物回避行動をとりつづける。動作のフローチャートを Fig.1 に示す。まず、タイマがスタートして 2 秒間、ロボットはその場で 360 度回転す

る。タイマが 7 秒以上 の時にはタイマを 0 にセットする。つぎにタイマが 2 秒以上、7 秒未満の時にはロボットは前進する。さらに障害物を発見した時には回転してからロボットは、進行方向を入れ替える。以上の動きを繰り返す。

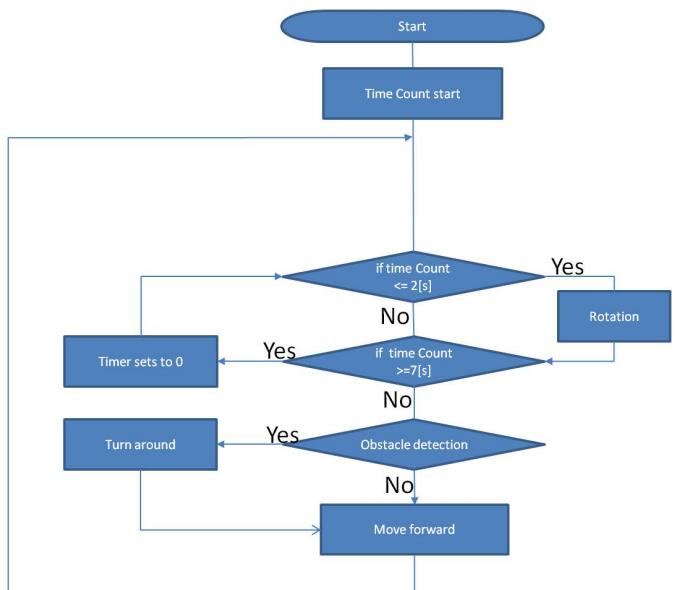


Fig. 1: Flowchart for number of connected robots without immediate return to the previous position

2.3 実機設定

文献⁵⁾を参考に、Fig.3 に示す小型車輪型移動ロボットに無線通信装置を実装した。この無線装置はマルチホップが可能で見通し通信距離が約 70m である Zigbee 規格を用いた XBee PRO S2B である。また壁などの障害物を回避するための PSD 測距センサを前後左右に 4 個実装した。

本研究ではターゲット探索を想定している。そこでロボットは障害物回避をする必要があり、同時に SR ネットワークの連結性も保たれなければならない。近傍のロボットとの距離が増大し、ネットワークから外れた時に、SR ネットワークへ復帰する行動をとる場合のフローチャートを Fig.2 に示す。復帰する行動をとる場合は Fig.1 に加えて、近傍のロボットと通信できなくなった時にその場で 180 度回転する。その後、基地局との通信が回復するまで障害物回避を繰り返す。

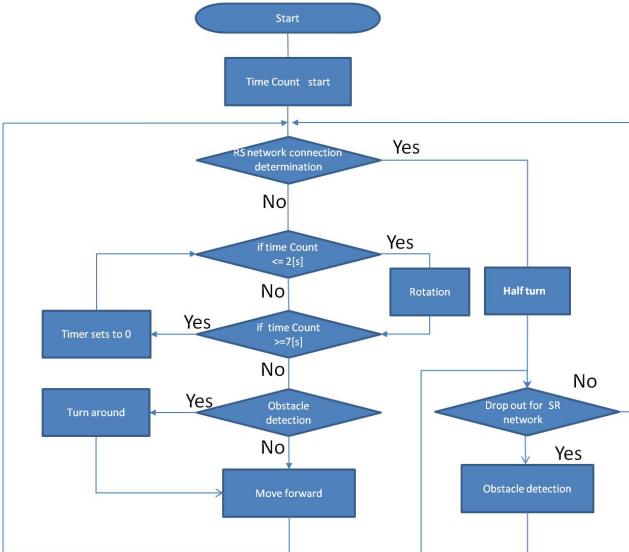


Fig. 2: Flowchart of number of connected robots with immediate return to the previous position

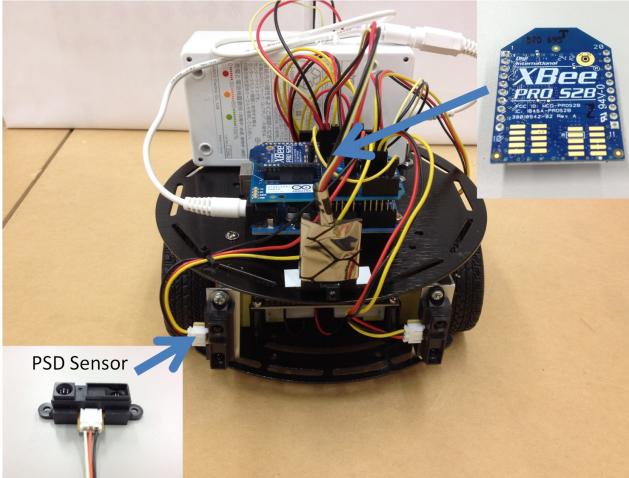


Fig. 3: Setup for a robot

2.4 実験条件

実験環境は Fig.4 のような鉄筋コンクリート製建物内部に各ロボットと同じ通信可能距離をもつ基地局を設置し (Fig.5), 基地局と各ロボットの連結性を調べる。なお, Fig.5 は Fig.4 の模式図であり, 基地局の位置とロボット配置の一例を示す。

文献⁴⁾の結果を参考にしてロボットの台数は 10 台とした。ロボットの初期位置はランダムとした。連結性を確認する方法として, 2 秒間隔で各ロボットに基地局からパケットを送信して応答があった台数を記録する。これを 5 分間実行する。ロボットの初期位置を変えて 10 試行行った。

2.5 実験結果

復帰行動をとらない場合と, とる場合について, SR ネットワークに連結しているロボットの台数を Fig.6, 7 にそれぞれ示す。復帰行動をとらなかった場合は, 連結しているロボット台数は実験中多くの時間でほぼ 10 台となり, 全ロボットがネットワークで連結していることがわかる。一方, 復帰行動をとる場合の結果は, と



Fig. 4: Experimental environment

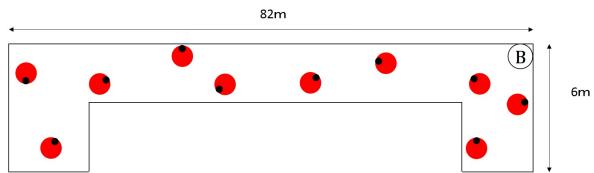


Fig. 5: Illustration of experiment environment (B : base station, ●: robot)

らない場合の結果よりも連結性が低下した。これは SR ネットワークへ復帰するために設定した行動が適切ではなかったことを示す。

3 考察

復帰行動をとらない場合は, 連結しているロボット台数はほぼ 10 台となり, 数値計算とほぼ一致した。実機実験によって連結性を保つことができると示せた。復帰行動をとらせた場合では, 十分に連結性が保てるこことを示せなかった。この一因としてロボットを一様に分布出来なかったことがあげられる。

4 まとめ

本稿では, SR ネットワークの連結性の検証を目的として障害物回避に焦点を当てて実験を行った。その結果, 復帰行動をとらせない場合には連結性を保つことを示せた。しかし復帰行動をとらせた場合には, 十分に連結性を保つことを示せなかった。

5 今後の予定

今後の課題は, 復帰行動のパターンを変化させて, 復帰行動を取った場合の連結性に対する影響を調べる予定である。また, 文献⁴⁾は環境の形状を正方形で考えているので文献⁴⁾の適用方法を考える必要がある。

参考文献

- 1) Trianni, Vito : "Evolutionary Swarm Robotics", Springer-Verlag (2008).
- 2) E. Sahin, "Swarm Robotics: From Sources of Inspiration to Domains of Application," Lecture Notes in Computer Science, Volume 3342/2005, pp.10-20, 2005.

- 3) M. Brambilla, E. Ferrante, M. Birattari, M. Dorigo, Swarm Robotics: A Review from the Swarm Engineering Perspective, *Swarm Intelligence*, Vol.7, No.1, pp.1–41, 2013.
- 4) 西口, 片田：“パーコレーション理論を用いたスワームロボットネットワークの連結性”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 2014, 講演論文集, 2A2-X06, 2014.
- 5) 西口, 片田：“スワームロボティクスによるターゲット探索における実機実装の検討”, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2013, 講演論文集, p. 311-312, 2013.

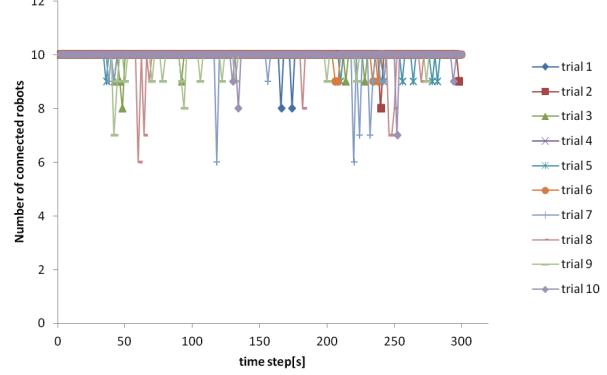


Fig. 6: Number of connected robots without immediate return to the previous position

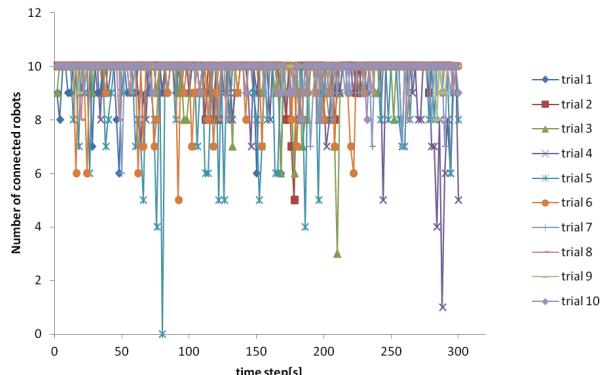


Fig. 7: Number of connected robots with immediate return to the previous position