

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

○西口晃央 片田喜章（摂南大学）

概要 ロボット群の相互通信に、無線通信を用いた場合、障害物などで通信環境が悪化し、通信が切断されることがある。この問題の解決に GPS といった外部のシステムに頼らずに、ロボット群を動的に再配置することによって、ロボット同士の通信が再接続されるシステムを目指す。本稿では、自律的に通信可能範囲に移動するターゲット探索ロボットの実機実装の検討を行った。

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

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、急速に注目を集めるようになってきている。これは、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しようというものである。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。

SR では、これまでに分散協調的な探索、搬送、囲い込み、形態形成、隊列の形成・維持といったタスクが取り扱われてきた²⁾が、本稿では協調探索に分類される、ターゲット探索をタスクとして取り扱う。本タスクでは SR のもつ特徴が最大限活かされると考えられる。また、災害時の行方不明者探索・マイクロロボットによる体内異物探索・水中ロボットによる海底資源の無人探査など、有望な適用先をもつ³⁾。

ターゲット探索では、ターゲットを発見した場合に無線通信を用い、基地局にその情報を伝達する状況が考えられる。このとき、SR の「構造が簡単で安価」という概念から、各ロボットに搭載する無線通信装置の通信範囲がターゲットと基地局全体を直接覆うほど広いことは想定できない。そこで、ロボット群が相互通信を行い、基地局にターゲット発見の情報を伝達する必要がある。しかし、無線通信の際に障害物などで通信環境が悪化し、通信が切断されることがある。この問題の解決に GPS といった外部のシステムに頼らずに、ロボット群を動的に再配置することによって、ロボット同士の通信を再接続し、ターゲット探索を遂行するシステムを目指す。以上の目標の初期段階として本稿では、自律的に通信可能範囲に移動するターゲット探索ロボットの実機実装の検討を行った。以下、第 2 節において実機実装の検討について述べ、第 3 節において、実験方法について述べ、第 4 節で結論について述べる。

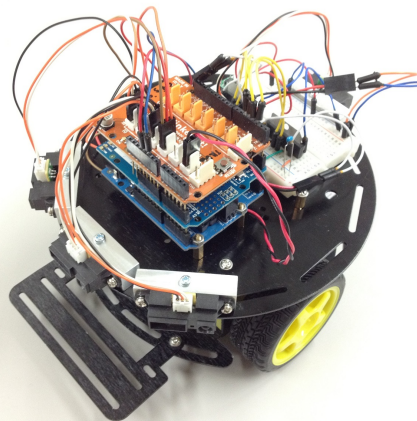


Fig. 1: Robot appearance

2 仕様設定

2.1 タスク設定

ロボットは障害物を回避しつつターゲットとなる白色 LED 光源を探索する。探索の結果、ターゲットを発見した場合には、発見した情報を基地局に伝達することを目指す。ロボットの初期位置は基地局の近傍とし、探索開始の命令によって展開しターゲットの探索を実行する。また障害物などで通信環境が悪化した場合には、自律的に通信可能範囲にロボットが移動する。なお、ターゲットを発見した情報はロボットに搭載した無線通信装置によって基地局に伝達される。Fig.1 にロボットの外観を示す。また Fig.2 にモジュールの接続関係を示す。

2.2 測距モジュール

前節で記述したターゲット探索問題において、他ロボットおよび障害物までの距離を測定する必要がある。このセンサとして、以下に述べる測距モジュールを採用する。この測距モジュールはシャープ株式会社製の GP2Y0A21YK0F でこのセンサは 10cm から 80cm までの距離を測定することができるセンサである。このセンサは他の測距センサと比較して安価で精度が良いという特長があり、シンプルで扱いやすい。したがって、はじめに述べた安価で単純な構造をもつ SR に適していると考えられる。本稿で使用した測距モジュールは Fig.3 である。ロボットの前面に 3 台、後方に 1 台取り付けられた。

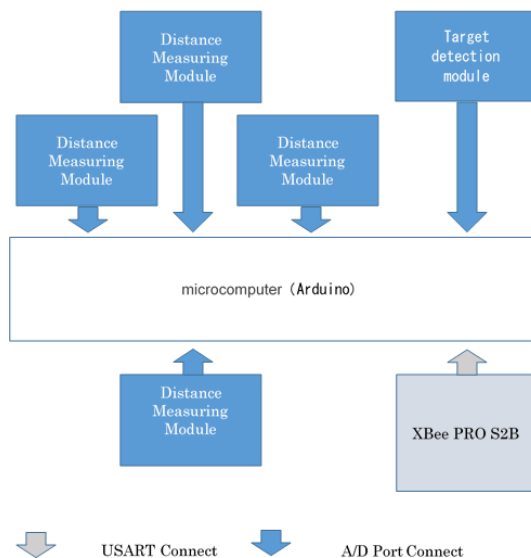


Fig. 2: Module connection diagram

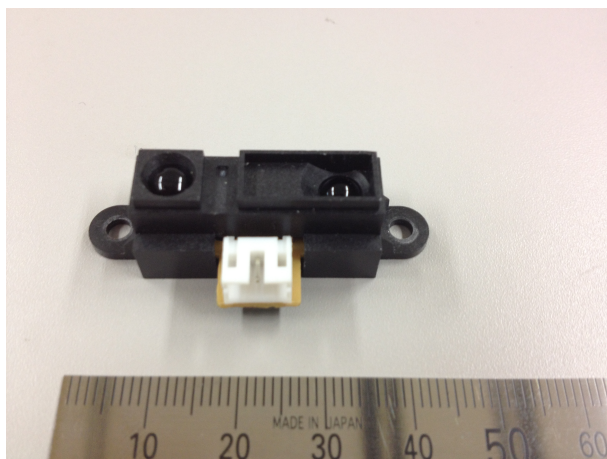


Fig. 3: Distance Measuring Module

2.3 ターゲット検出モジュール

前節で記述したターゲット探索問題において、ターゲットを発見するセンサが必要である。ターゲットとした白色 LED の検出に用いるセンサとして以下に述べるターゲット探索モジュールを採用する。ターゲット探索モジュールは2つの CDS セルからなるモジュールで、片方の CDS セルは環境の光量を測定し、その値をターゲット検出するための閾値として用いる。これはターゲット以外の光によって外乱を受けることを防止するためである。さらにもう片方の CDS セルは筒状のフードがかぶせてありターゲットとなる光源を正面から捉えられるように工夫してある。またこのモジュールの特長として安価であり、はじめに述べた SR に適していると考えられる。ロボットの前面に一台取り付けた。

2.4 無線通信装置

前節で述べたように、各ロボットに搭載する無線通信装置は広範囲にわたって通信を行うことができない。したがって見通し距離外で通信するには情報を中継して伝達する機能が求められる。そこで小型で省消費電力であり、なおかつマルチホップによって直接通信するよりも少ない消費電力ではるかに広い範囲で通信をすることのできる Zigbee 規格を採用した。本稿では、Zigbee 規格を用いた製品のディジ インターナショナル株式会社製 XBee PRO S2B を使用した。

3 探索実験

実験の設定は、ある一定のエリア（屋内、屋外）に各ロボットが自律的に展開してエリア内に設置したターゲットの白色 LED 光源を探索することである。白色 LED を検出するためには前述のターゲット探索モジュールを用いる。またエリア内にはロボットの走行を妨げる障害物が点在しており、これらの障害物を回避しタスクを遂行するために障害物を検出する測距モジュールを用いる。さらに、エリア内には鉄筋コンクリート製の壁などの無線通信の妨げとなる物が存在し、見通し距離での通信が困難な場所が存在する。以上が実験の設定である。

実験方法は、前に述べた設定のエリア内でサブ・サンプリング・アーキテクチャ(SSA)⁴⁾ をコントローラに用いた自律ロボットにターゲット探索を実行させる。評価方法はターゲットを発見したときに基地局に発見の情報を伝達できるかで評価する。

4 結論

本稿では SR を用いたターゲット探索ロボットの実機の検討を行なった。その結果、障害物を検出して回避行動を取りつつターゲット探索を行わせることができた。しかしながら無線接続が切断した時に自律的に通信可能範囲に移動する動作を行わせることが出来なかった。これは、Zigbee から何回クライアントを中継したかという情報がブラックボックスになっており、通常的手段では取り出すことができなかったからである。このためロボットの位置を推定することが出来なかった。本研究によって解明できた点は必ずしも多くはないが、若干なりとも寄与できたと思われる。しかしながら、無線通信切断時にロボット群の動的に再配置を行なう動作は今後の課題としたい。

参考文献

- 1) Ester Martinez Martin: Swarm Robotics from Biology to Robotics, InTech (2010)
- 2) Trianni, Vito : Evolutionary Swarm Robotics, Springer-Verlag (2008).
- 3) 杉山・辻岡・村田: ネットワーク化された群ロボットにおける被災者発見システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 7, pp.1777-1788 (2005)
- 4) Brooks, R. : A robust layered control system for a mobile robot, IEEE Journal of Robotics and Automation, 2(1):pp.14-23 (1986)