

J-015

群ロボットにおける赤外線と ZigBee を用いた経路探索手法の開発
 Development of a Route Search Technique using Infrared and ZigBee Communications in Swarm Robots

高山 大地†
 Daichi Koyama

千葉 慎二†
 Shinji Chiba

1. はじめに

近年、仕事を一台の高性能なロボットで行うのではなく、比較的low機能なロボット集団の協調動作によって行う群ロボットに関する研究が注目されている[1]。群ロボットは協調動作をするために情報交換を行うのだが、その通信手法として局所的通信がよく用いられる。局所的通信は、限られた範囲で通信を行う通信方式であり、分散的な協調処理に適している[2]。これまで我々は、局所的通信によって作成した経路情報を用いる群ロボットの探索活動手法を提案し、コンピュータシミュレーションを通して提案手法の解析・評価を行ってきた[3]。提案した探索手法はロボットが通信を中継することで作られる通信経路を辿り移動を行う方式であったが、ロボット間の通信に指向性を考慮しない通信方式であったため、特定の状況下でロボットの移動が滞ってしまうという問題点があった。本研究では、シミュレーションによって検討された提案手法を実装するための探索用ロボットを開発し、提案手法の実装・評価を行うと共に、指向性を持つ赤外線通信と、比較的高い通信速度と信頼性を持つ Zigbee 通信の2種類の通信方式を併用する事で提案手法の改良を試みた。

2. 開発ロボット

実験には株式会社北斗電子と共同開発した図1(左)のロボットを利用する。このロボットには、通信装置として図1(右)のように配置された8方向の赤外線通信装置と、ZigBeeを用いた無線通信装置を搭載している。

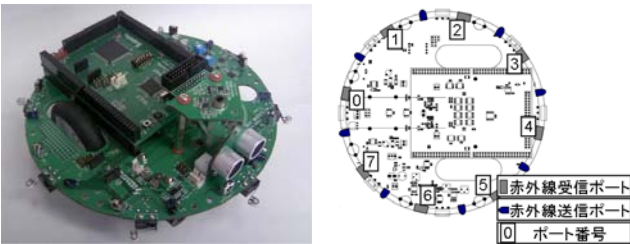


図1 ロボット概観(左)送受信ポート配置図(右)

ロボットの移動にはエンコーダーを搭載した3輪(補助1輪)のモータを用いる。周囲の認識にはタッチセンサを用いる。ロボットには制御モジュールとして CPLD(Altera MAXII)と MCU(Renesas M16)が搭載されており、CPLD-MCU間には SPI 通信という3線シリアル通信を用いてデータの送受信を行っている。各モジュールは図2のように制御モジュールへと接続されている。CPLD側で赤外線通信の制御を行なう事で、8方向からの赤外線送受信処理を、ロボットの移動等の動作と並行して実行する事が出来る。

† 仙台電波工業高等専門学校 Sendai National College of Technology

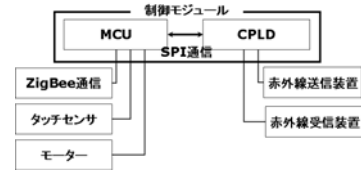


図2 制御モジュール接続図

3. 群ロボットの探索活動概要

本研究で想定する探索活動の概要を説明する。群ロボットが探索を行うフィールドには、

- 探索活動を行うロボット
- 全てのロボットのスタート地点である基地
- 探索対象である目的物
- ロボットの移動と通信を遮断する障害物

が存在する。ロボットはそれぞれ固有の ID を持ち、本研究での実験における目的物と基地は特定の ID を持つロボットとする。本研究で探索活動を行う群ロボットの目的は、基地から目的物までの経路を形成する事と、形成した目的物までの経路情報を用いて目的物までの移動を行なう事の2つである。本研究では、前者を探索・経路形成フェイズ、後者を移動フェイズと呼ぶ。探索・経路形成フェイズでは、ロボットは移動と通信を行い、図3のようにロボットを赤外線通信の中継点とすることで、基地から目的物までの経路を形成する。ロボット同士の経路情報は、ZigBee の Broadcast モードを用いてやり取りされる。経路情報とは、基地からロボットまでの経路データのことであり、中継点となっているロボットの固有 ID や台数がデータに含まれる。目的物への経路形成後は移動フェイズへと移行、経路に含まれているロボットはその場に停止することで経路を維持する。経路に含まれないロボットは目的物までの経路情報(図3では ID0-1-3-4-5-7)を活用して目的物へと移動を行う。

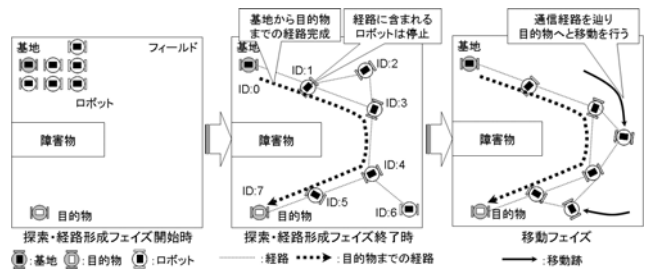


図3 ロボットの探索の流れ

4. 探索手法

本項では、本研究で用いられる2種類のフェイズについての概要を述べる。

4.1 探索・経路形成フェイズ

探索・経路形成フェイズでは赤外線通信と ZigBee 通信を用いる事で、目的物までの通信経路を作成する。

4.1.1 ロボットの基本行動

- ①全てのロボットは基地から行動を開始
- ②ロボットは通信を行いながらランダムに行動

4.1.2 赤外線通信

- ①基地, ロボット, 目的物は, 赤外線通信で自らの ID を送信し, 周囲のロボットへ自身の存在を知らせる。
- ②ランダムな間隔で通信を行なう事で, 赤外線通信の衝突確率を低くしている。
- ③信号を受信したロボットは, 受信した方向に送信側のロボットとの通信経路が確立されたとみなす。
- ④あるロボットからの赤外線信号が一定時間受信されない場合, そのロボットとの通信経路は切断されたとみなす。

4.1.3 ZigBee 通信

- ①基地からは一定間隔でビーコン (情報の新旧を示すビーコン ID) を Broadcast モードで送信する。
- ② ZigBee で通信する情報は, “[ビーコン ID | 発見 ID] + {ロボット ID}” から構成される経路情報である。
- ③ロボットは赤外線通信で通信経路が確立していない基地, ロボット, 目的物からの受信信号は破棄する。
- ④赤外線通信で通信経路が確立している場合, 受信した経路情報のビーコン ID が自身の保持する経路情報のビーコン ID よりも新しい場合, 受信経路情報に自身の ID を追加した経路情報で保持情報を更新し, その経路情報を Broadcast モードで送信する。

4.1.4 目的物発見時

- ①ロボットが目的物を発見した場合, 自身が保持している経路情報のビーコン ID を発見 ID に入れ替える。
(この経路情報が目的物までの経路情報となる)
- ②目的物までの経路情報を全てのロボットに伝達する。
- ③目的物までの経路情報に自身の ID が含まれるロボットは, その場に停止することで経路の形成と維持を行う。

4.2 移動フェイズ

目的物までの経路情報に含まれないロボットは, 目的物までの経路情報と赤外線通信の指向性を用いる事で, 効率的に目的物へと移動を行なう (図4参照)。

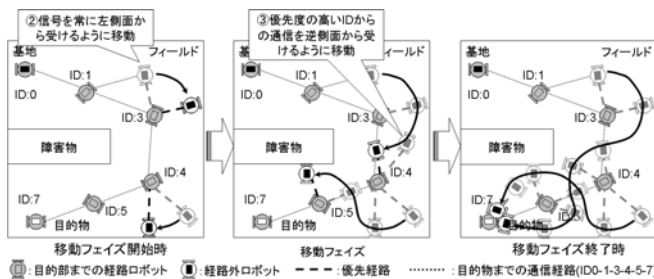


図4 移動フェイズの流れ

- ①目的物までの経路情報内で, 目的物に近い順にロボット ID に優先度を付ける。
- ②優先度のより高い ID の赤外線信号を, 左右どちらかの側面のポートに常に受信し続けるように移動する。

- ③経路から外れてしまった (ID 信号が受信できなくなった) 場合は, その ID 信号を受信し続けていたポートの方向へと戻る。
- ④上記の行動を継続することで, 最終的に目的物に到達する。

5. 移動フェイズ動作実験

5.1 実験内容

移動フェイズの基本動作である, 移動するロボットの一方の側面に, 経路上のロボットからの赤外線信号を常に受信しながら移動するプログラムを作成した。プログラムの動作検証のため, 図5のようにあらかじめ2台のロボット (ID1,2) で経路を作成し, 経路上のロボットと赤外線通信をしながら, 優先度の高いロボットの方へ移動を行うロボット (ID3) の動作実験を行った。なお優先順位は ID2 の方を ID1 よりも高く設定した。

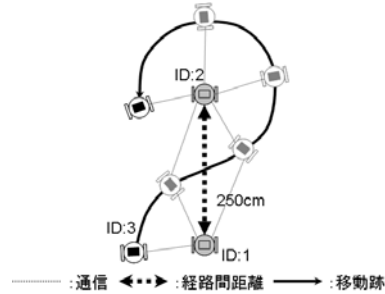


図5 移動フェイズ動作実験内容

5.2 実験結果

実験時のロボットの移動経路は図6のようになり, ロボットが優先度の高いロボットからの信号を受信しながら, 経路を辿り移動を行うことを確認した。



図6 移動フェイズ動作実験結果

6. まとめ

シミュレータによって検討された協調行動アルゴリズムを, 赤外線, ZigBee の2種類の通信方法を用いるように改良し, 移動フェイズにおける基本動作の検証を行った。今後は探索・経路形成フェイズ, 移動フェイズの実装を行い, 探索活動アルゴリズムの実験・評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 菅原研, “群れロボットの協調と群知能”, 数理化, No.431, pp.69-75(1999).
- [2] 吉田英一, 新井民夫, 大田順, “多数の移動ロボットの局所的通信システムの性能評価 (大域的通信との比較)”, 日本機械学会論文集(C編), Vol.64, No.619, pp.966-971(1998).
- [3] 鈴木昌和, 千葉慎二, “局所的通信による群ロボットの探索活動手法の提案と評価”, 平成 20 年度電気関係学会北陸支部連合大会予稿集, F-56 (2008).