

M_041

赤外線通信ロボット群を用いた協調行動システムの開発 Development of a Cooperative Multiple Robots System Using Infrared Communication

梶川 哲広†
Tetsuhiro Kajikawa

千葉 慎二‡
Shinji Chiba

1. まえがき

ロボット研究には、単体で高度な処理を行うロボットを目指すもの^[1]、単体では比較的低機能であるが、集団になることで高度な処理を行うロボットを目指すものがある^{[2],[3]}。特に後者については、低機能なロボットでも集団（ロボット群）で協調的に行動することで、より高度な作業が可能となる^[3]。協調的行動を行うためには、ロボット間の通信が重要であり、その通信方式は大域的通信と局所的通信の2つに大別される。大域的通信の場合、広範囲に情報を伝達することは可能であるが、たくさんの情報が行き交うため混信が多くなる。局所的通信の場合、近くのロボットにしか情報を伝達することはできないが、混信が少なくなる。特に局所的通信においては、分散的な協調処理に適しているという報告があり^[4]、また赤外線による局所的通信がロボット間通信や障害物検出に有効であることが示されている^[5]。

我々は、ロボット群の局所的通信による協調的探索行動の研究を行っている。これまでに、ロボットには赤外線による局所的通信を想定し、コンピュータシミュレーションによって通信プロトコルやロボットの行動を決定する意思決定アルゴリズムの検討を行った^[6]。本研究では、シミュレータで検討した探索行動を実世界で検証するためのロボットを開発した。ロボットの赤外線通信処理はCPLDを用いてハードウェアで実装し、ロボットの行動プログラムとは並列で動作させることを試みた。開発したロボットの赤外線通信処理の特性について動作検証を行い、ロボット群への応用を検討した。

2. ロボット群による探索実験環境

本研究ではロボット群による探索行動を研究するため、次のような環境を考える。

- フィールド：ロボットが動き回る場所
- ベース：ロボットの出発地点・定期的にロボットに信号を送る
- 目的物：ロボットに探させるもの
- 障害物：ロボットの進路を阻み、通信を遮断する
また、ロボットには次の動作を持たせる。
- 探索：目的物を発見するために移動
- 衝突回避：障害物やロボットを避ける
- 通信：ロボット同士で情報を伝達する

図1に示すように、ベースから出発したロボットは、互いに通信しあいながら目的物を探索する。ロボット群が協調動作を行うことで、ロボット一台一台が現在の探索状況を把握しながら、広範囲に探索することができる。また、相互通信を行っているため、目的物を発見した際にはいち

早くベースに発見したことを知らせることが可能である。通信可能な距離は制限されているため、通信を行う際、ロボットが中継の役割をする。出発から発見までの最適な経路を発見するためには、どのような通信を行い、何台のロボットが必要なのかを研究する。

我々は上記のような環境を計算機シミュレーションで実現し、ロボット群による協調行動解析を行っている^[6]。本研究では、実際のロボット群を用いて実験を行うためのロボット開発を行った。

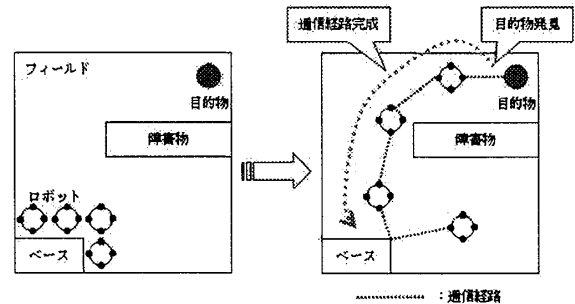


図1 経路完成までの流れ

3. ロボットの赤外線通信処理について

本研究では、2章のような環境で実験を行うために、実際のロボットを製作する。開発のベースとなるロボットには、電気通信大学で開発されたSR-37を使用する^[7]。このロボットには8方向のタッチセンサ、ロボットを駆動する2個のモータが備えられている。また、AVR^[8]と呼ばれるワンチップマイクロコンピュータにプログラムを書き込むことで動作する。本研究では4方向対応の赤外線通信処理が可能な送受信基板を新たに製作し、このロボットに取り付けたものを使用する。

通信処理をハードウェア化したのは、他のロボットからの信号を4方向の各受信機で確実に受信するためには、ロボットに搭載されたAVRによる順次処理では困難なためである。通信制御部はXILINX製のCPLD(CX9572)で実現する。送受信基板とロボット間は図2に示す様に、8ビットのデータバスで接続する。

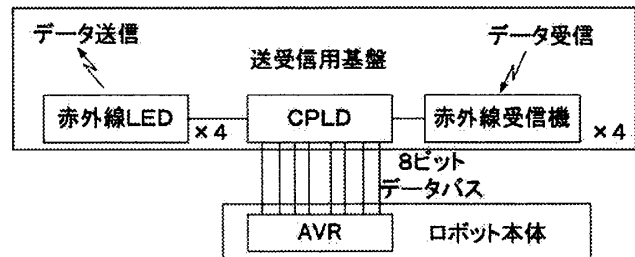


図2 ロボット送受信部のブロック図

†仙台電波工業高等専門学校, 情報システム工学専攻
‡仙台電波工業高等専門学校, 情報工学科

4. 通信プロトコルについて

本研究では赤外線による PWM 方式の通信を考える。これは送受信信号の“0”と“1”によって、赤外線 LED の ON, OFF の長さを変えて信号を識別するものである (図 3)。送受信信号はリーダ部とデータ部に分かれている。リーダ部は、これ以降が伝えたいデータであることを知らせると同時に、受信側との同期を取る役目を持つ。データ部は、ON, OFF の長さの違いにより“1”か“0”を示す。

このような送受信信号を処理するための回路を CPLD で製作した。送信処理では、AVR からデータバスを介して入力した送信信号を PWM 方式のシリアルデータに変調し、さらに AM 変調して赤外線 LED へ出力する。受信処理では、赤外線受信機で受信した PWM 信号を復調して受信信号を抽出し、それをデータバスを介して AVR へ出力する。製作した送受信機用基盤の回路図を図 4 に示す。

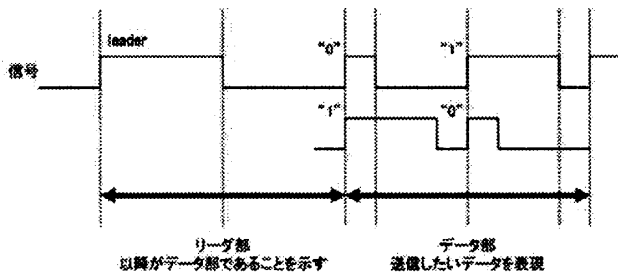


図 3 通信信号フォーマット

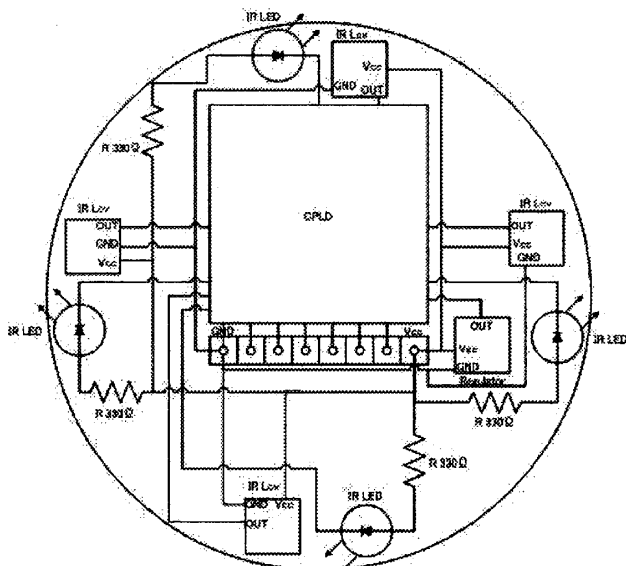


図 4 送受信機用基盤回路図

5. 実験結果

CPLD 内の送受信制御を Verilog-HDL で記述し、図 4 に示す送受信機用基盤を設計、製作し、それについて動作実験を行った。実験方法は、製作した基盤を搭載したロボットを 2 台用意し、お互いに通信を行うというものである。図 5 は、一方のロボットが生成、送信した信号を、他方が受信している様子をオシロスコープで測定したものである。図 5 は信号“00”を受信しているところであるが、赤外線受信機の特長から、ハイとローが反転されて受信されて

いる。幅の広い“01”部分はリーダ部を表し、その後の短い“0”と長めの“1”が 2 回連続で受信しているのが、信号“00”が設計通り、受信されていることがわかる。

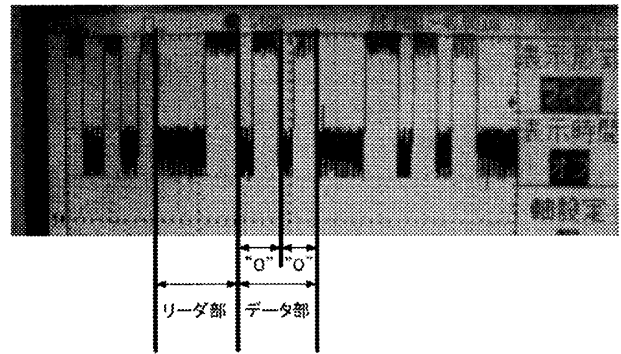


図 5 実験結果 (データ“00”を受信した場合)

6. まとめ

赤外線通信を用いたロボット群による協調行動研究のためのロボットを製作した。ロボットの通信処理は CPLD を用いてハードウェアで実現し、2 台のロボット間での赤外線通信機能の動作確認を行った。

今後は実験環境を整え、計算機シミュレーションと製作したロボット群による実験を行うことによって、探索行動における効果的な協調行動の研究を行う予定である。

7. 参考文献

- [1]高橋良彦：教育用 2 足歩行ロボットキットの開発．日本ロボット学会誌 Vol.24, No.1, pp.16-19, 2006
- [2]レスキューロボットコンテスト： <http://www.rescue-robot-contest.org/>
- [3]菅原研：群れロボットの協調と群知能．数理科学, No.431, pp.69-75, 1999.
- [4]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.
- [5]鈴木昭二，新井義和，琴坂信哉，浅間一，嘉悦早人，遠藤勲：マルチ移動ロボット環境における衝突回避のための局所的な通信を利用したセンサシステムの開発．日本機械学会論文集(C 編), Vol.62, No.602, pp.3752-3758, 1996.
- [6]酒井 美由紀，千葉 慎二：ロボット群の探索行動のための局所的通信による協調動作に関する研究．第 4 回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp.225-226, 2005.
- [7]Ken Sugawara, Toshiya Kazama, Toshinori Watanabe : Foraging Behavior of Interacting Robots with Virtual Pheromone. Intelligent Robots and Systems, Vol.3, pp.3074-3079, 2004.
- [8]Atmel Corporation : <http://www.atmel.com/products/AVR/>