

# 無線アドホックネットワークを維持するための ロボット間協調制御方式

王 彪<sup>†</sup> 大坐島 智<sup>†</sup> 川島 幸之助<sup>†</sup>

<sup>†</sup>東京農工大学 工学部 情報コミュニケーション工学科

## 1 はじめに

近年の無線デバイス及び携帯端末の高性能化と普及により，その場にある端末が即座にネットワークを構成する無線アドホックネットワークが注目されている．監視用及び災害時などの人間による探査活動が困難な環境においては，無線アドホックロボットネットワークシステムが有用である[1]．そこで本稿では，指定された監視ルートに沿ってロボット同士が自動的にアドホックネットワークの構成，通信の維持，および目的地に到着するためのロボット間協調制御方式の提案をし，Java プログラムを用いてER1[2](米国 EvolutionRobotics 社が開発したパーソナルロボットのプラットフォームキット)への実装，評価を行う．

## 2 ロボット間協調制御方式

### 2.1 提案方式の概要

ロボットの通信範囲を広げるため，無線 LAN 利用してアドホックネットワークを構成し，ロボットからの動画を受信するセンターPC から指定された目的地に移動する．(図1参照)目的地までの距離などの情報から，ロボットは接続する順番を自動的に選択する．各ロボットは自分の親ロボットと子ロボットの IP アドレス及び座標情報を持ち，親ロボットとのリンクを確認しながら目的地まで移動する．そして到達してから，RTP を用いて目的地の動画像をセンターPC に転送する．

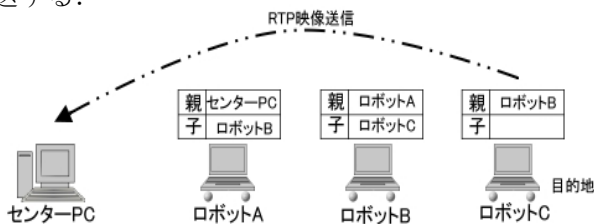


図1 ネットワークの構成

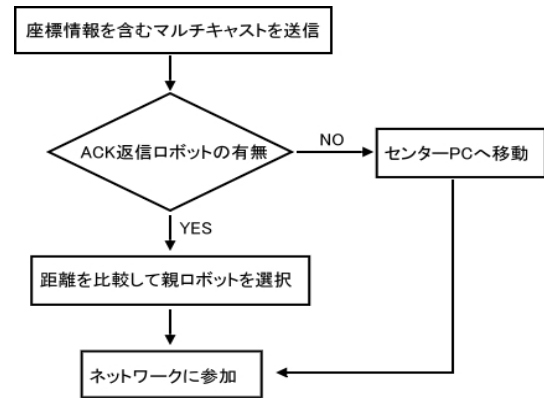


図2 ネットワーク構成アルゴリズム

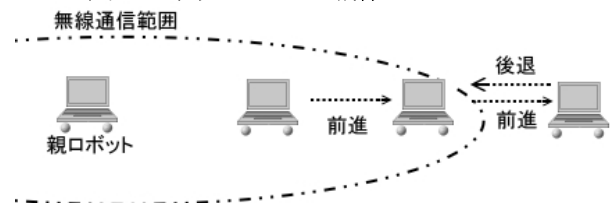


図3 リンク回復のための移動パターン

### 2.2 提案するネットワーク構成アルゴリズム

ネットワークの構成アルゴリズムを図2に示す．すべてのロボットはあらかじめ同一のマルチキャストグループに所属しており，個々のロボットはネットワークに参加するために，自らの位置座標及び IP 情報をマルチキャストグループに対して送信する．受信したロボットは位置座標と IP 情報を返信する．ロボットからの返信がないとき，座標情報が固定である情報受信センターPC へ向かって移動する．そしてネットワークに参加しているほかのロボットの座標情報を得ることにより，ネットワークに参加する．

現場の動画をセンターPC に転送するため，ロボット間の親子関係を築き，親ロボットはデータを中継する．同様に，親ロボットの親はさらにデータを中継することにより，最終的にデータはセンターPC に到達する．

図3のようにロボットの一定距離を移動したら，親ロボットとのリンク接続性をソケット通信を用いてチェックする．リンクが繋がっている場合は，目的地へ向け移動を継続する．もし，リンクが切れた場合，ロボットの進行したルー

A Multi-Robot Cooperation Control Method for Maintaining Connectivity in Wireless Ad Hoc Networks

Biao Wang, Satoshi Ohzahata, Konosuke Kawashima  
Department of Computer, Information and Communication Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

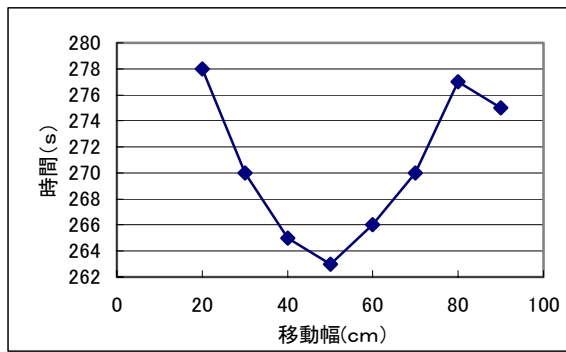


図4 移動幅と最大通信範囲に到達するまでの時間

表1 パケットロス率

	最大通信範囲地	11Mb/s のとき
パケットロス率	3.13%	0.0625%

トから一定の距離を後退してから、リンクを再チェックする。この動作はリンクが回復するまで続ける。同様に、情報を中継するときも、ある一定間隔でリンクのチェックを行い、リンクの接続性を維持する。

### 3 実験

#### 3.1 実験の概要

Java を用いて、提案方式を無線 LAN カードが搭載する ER1 ロボットキットに実装する。実験ネットワークはセンターPC1 台、ロボット 2 台で行った。そして構成した無線アドホックネットワークの最大通信範囲と所要時間、送信する映像パケットのロス率、パケット遅延及びパケットジッタの評価を行う。

#### 3.2 実験結果

##### ①最大通信範囲

ロボット間リンクが繋がっているとき前進し、切れたら後退する。前進と後退の幅は等しく、リンクが回復する時点で最大通信範囲となる。2 台のロボットでの最大通信範囲はセンターPC から約 40m であり、移動最高速度は 18cm/s である。図 4 はロボットの前進と後退の幅 (20cm ~ 90cm) によって最大通信範囲に到達するまでの平均所要時間 (3 回の試行) を示す。

##### ②情報転送

表 1 は 10 分間映像を流した場合のパケットロス率である。このときの映像の平均ビットレートは平均 965kb/s、フレームレートは 15f/s であった。映像送信は RTP のみを用いたため、通信品質の保証などは行われていない。最大通信範囲地での 3.13% のパケットロス率は現場情報を正確に伝達するには影響がないといえる。

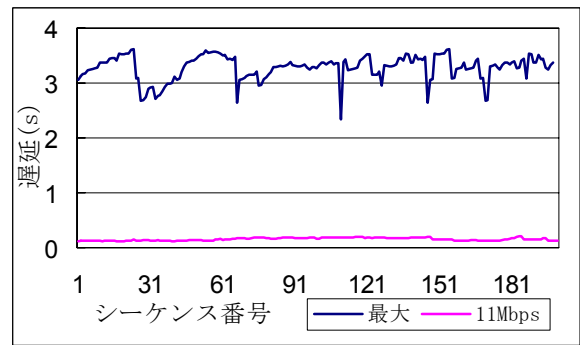


図5 パケット遅延

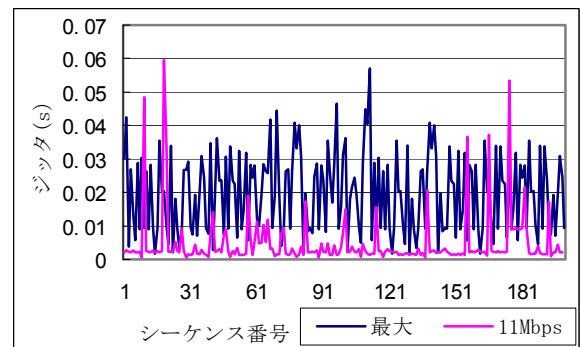


図6 ジッタ

図 5, 6 は最大通信範囲地からの場合と常に 11Mb/s (シグナルが最良のとき) のリンクがある場合の各 200 パケットを取り、パケットの遅延及びジッタをそれぞれ比較したものである。最大通信範囲でのシグナルが弱くなっているため、パケットロスによる MAC メディアでの再送が起こり、3 秒ほどの遅延が生じ、ジッタも再送のため大きくなっている。リアルタイム性は多少損なわれているが、監視活動には大きな影響はないといえる。

### 4 おわりに

本研究では、ロボットを利用して情報を伝達するため無線アドホックネットワークを構成するときのロボット間の協調制御方式を提案し、実装、性能評価を行った。今後はさらにロボットの台数を増やし、カメラによるオブジェクトの認識、及びセンサによる障害物の回避機能の拡張、無線リンクの通信品質の情報を用いた制御を行い、効果についての評価を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] 篠田孝祐, 野田五十樹, 國藤進, “人の繋がりを利用したアドホックネットワーク環境を用いた災害時情報支援,” DICOM02003 論文集, pp. 45-48, 2003.
- [2] 米国 EvolutionRobotics, <http://www.evolution.com/>.