

# WSNのための評価値型 Ant-Based Routing アルゴリズム におけるノード移動時の経路テーブル局所修復法

織戸 英佑<sup>†</sup> 宇谷 明秀<sup>‡</sup> 山本 尚生<sup>‡</sup>

武蔵工業大学大学院工学研究科<sup>†</sup> 武蔵工業大学知識工学部<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

大規模無線センサネットワーク (Wireless Sensor Networks; WSN) の活用に伴い、その適用領域を拡大して行く上では、以下の 1)~4) の要件を満たす経路制御方式(またはデータ収集機構)が必要となる。

- 1) 経路制御やデータ収集の効率性
- 2) 各ノードの通信処理負荷の分散性
- 3) ネットワークの構成変化への適応性
- 4) ネットワーク規模の拡大への拡張性

近年、これらの要件に適応する経路制御方式として、Ant-based Routing algorithmsが見直され再評価されてきている [1], [2]。しかし、ネットワークの構成変化への適応性に関してはさらなる改善が必要である。本稿では移動ノードを含む WSN の動的経路制御方式を提案し、シミュレーション実験を通してその有効性を検証する。

## 2. 関連研究

一般に、Ant-based Routing algorithms (AR) は経験強化型の強化学習アルゴリズムをネットワークの経路制御に応用した方式であり、その本質はシンクノードからの経路コストに基づく逐次的蓄積による経路強化にある。言い換えれば蓄積型のソフトステート制御を実現する。しかし、各ノードのリソースに制約があり、ネットワークの構成変化を考慮しなければならない WSN への適用を前提とした場合、これら蓄積型の経路制御方式 [1] には限界があると考えられる。これに対し近年、ネットワークの構成変化への適応性に優れた評価値型の経路制御方式 [2] が注目を集めている。

評価値型の最新方式として、我々の提案した文献 [2] の方式を概観する。この方式は CM (アリ) 間で情報を共有し、効率的に経路の学習を行う方式である。蓄積型の方式と比較して、各ノードの通信処理負荷の抑制、ノードの新規参入や移動によってネットワークの構成が変化する場合の適応性向上を実現している。本稿ではこの方式を Advanced Ant-based Routing algorithms (AAR) と呼ぶ。

各ノードはシンクノード (DN<sub>i</sub>) と次ノード候補 (NH<sub>j</sub>)、及びそれらのメトリクスとなる接続評価値  $v_{ij}$  で構成される経路テーブルをもつ。各シンクノードは各ノードの経路テーブルを更新するために、ノード ID と「自身への価値」からなる CM をランダムに選択した隣接ノードに定期的に出す。この CM を受信したノードでは、この「自身への価値」にホップによる減衰率を乗じた値を経路テ-

ーブルに格納する。以下、これと同様な処理を繰り返すことになるが、AAR における CM はその周遊過程で別の CM によってもたらされた経路評価値をも含めた各ノードにおける CM 処理時の最新の価値を伝えていく。よって、MUA と比較して、より少ない CM 数、より短い CM 周遊期間で、各シンクノードへのデータ転送効率を向上させることができる。各ノードの負荷は大幅に軽減される。また、AAR では蓄積型の方式のように、メンバーを固定した次ノード候補の中での相対的な価値の更新を行わないため、次ノード候補群に変化が生じて経路テーブルの更新を最初からやり直す必要がない。よって、やり直しを繰り返すことに起因する経路制御の効率低下やデータ転送効率の悪化もない。AAR はアリの採餌行動に立脚した方式に期待されている環境変化への適用能力を備えている。

## 3. 提案方式

評価値型の最新方式である AAR はその適用領域を拡大して行く上で本質的な優位性を有している。しかし、ネットワークの構成変化への適応性に関しては、さらなる改善の余地がある。本研究では、移動ノード (自律移動ロボット) を含む WSN を想定し、AAR に着想を得た経路制御方式を提案する。

### 3.1 データ収集環境の構築

初期状態において各シンクノードは自身の ID と「自身への価値」からなる Pheromone Message (PM) をローカルブロードキャストする。この PM を受信した各ノードでは以下の処理を行い、新たな PM をローカルブロードキャストする。

- 1) PM を受信したあるノード  $l$  では、まず経路テーブル内の転送元のフィールドに、受信したフェロモン値を格納する。

- 2) その後、ノード  $l$  は PM をローカルブロードキャストする直前に、経路テーブル内のフェロモン値の最大値  $v_{max}$  を採取し、ノード  $l$  自身のフェロモン値  $v_l$  を

$$v_l = v_{max} \times dr_{hop} \quad (0 \leq dr_{hop} \leq 1) \quad (1)$$

によって算出する。ここで、 $dr_{hop}$  はホップに伴うフェロモン値の減衰率を表す。そして、ノード ID ( $l$ ) とこの  $v_l$  からなる新たな PM をローカルブロードキャストする。

### 3.2 経路テーブルの局所修復

本研究で想定する自律移動ロボットは、固有のタスクを処理しながら移動を続けるものとする。具体的には目的地において一定時間タスク処理を行った後、新たな目的地に移動する。提案方式では、自律移動ロボットの移動開始時及び終了時において、局所的にノードの経路テーブルを更新する。以下に、この経路テーブルの局所修復の処理手順を示す。

An adaptive and efficient routing algorithm for mobile ad-hoc sensor networks

<sup>†</sup>Eisuke ORITO, Graduate School of Engineering, Musashi Institute of Technology

<sup>‡</sup>Akihito UTANI and Hisao YAMAMOTO, Faculty of Knowledge Engineering, Musashi Institute of Technology

### (1) 移動開始時の処理

- 1) 自律移動ロボットは移動開始時、隣接ノードが有するこの自律移動ロボットのフェロモン値を削除するためのデリートメッセージ(DM)をローカルブロードキャストする。それと同時に、自律移動ロボットは自身の経路テーブルを初期化する。
- 2) このDMを受信した隣接ノードの中で、フェロモン値の最大値が変化したノードは、新たなフェロモン値の最大値から自身のフェロモン値の更新値を算出し、隣接ノードにローカルブロードキャストする。この処理はフェロモン値の最大値が変化する全てのノードで実行される。

### (2) 移動終了時の処理

- 1) 自律移動ロボットは、隣接ノードにフェロモン値の送信要求を出す。
- 2) この送信要求を受け取った隣接ノードは、自身のフェロモン値をユニキャストで自律移動ロボットに送り返す。
- 3) 自律移動ロボットは、受信したフェロモン値を経路テーブルに格納する。その後、自身のフェロモン値を算出し、これを隣接ノードにローカルブロードキャストする。
- 4) 自律移動ロボットからのフェロモン値によってフェロモン値の最大値が変化したノードは、自身のフェロモン値の更新値を算出し、隣接ノードにローカルブロードキャストする。この処理はフェロモン値の最大値が変化する全てのノードで実行される。

## 4. シミュレーション実験

既往の方式との比較を考慮して、以下の実験設定で提案方式の有効性を評価した。

表1 シミュレーションの設定値

Simulation size	2,400 m × 2,400 m
The number of sensor nodes	1,000
Range of radio wave	150 m
The number of sink nodes	2

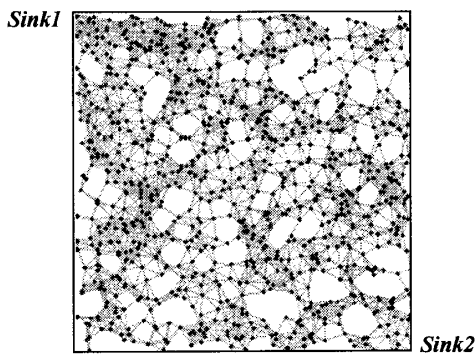


図1 ネットワーク構成

自律移動ロボットはタスク処理の間、他の固定センサノードと同様に、センシングとデータ転送は行うものとする。各自律移動ロボットは、図1に示すシミュレーション領域内に目的地を設定して、0.1m~1.0m/秒の速度で移動する。目的地に到着後は、300秒間タスク処理を行い、

終了次第新たな目的地を目指す。

図2は全ノードからシンクノード1へのデータ配送率を比較したグラフであり、図3はシンクノード1からの最短ホップ数ごとの各ノードの制御通信負荷(消費電力)を比較したグラフである。結果から、提案方式の優れた効果を確認することができる。

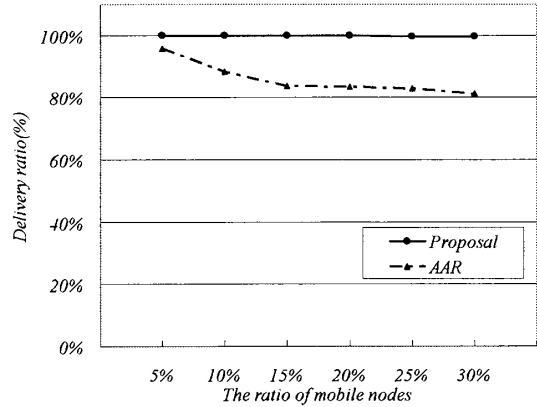


図2 配送率の比較

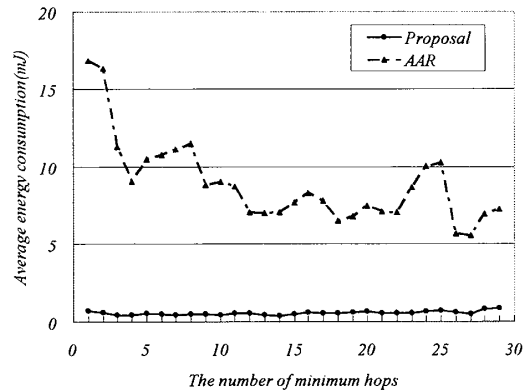


図3 各ノードの制御通信負荷の比較

## 5. おわりに

本稿では移動ノードを含む無線センサネットワークに対する適応的で効率的な動的経路制御方式を提案した。この提案方式は、自律移動ロボットの移動に応じて、経路テーブルが変化するノード(の経路テーブル)のみを局所修復する新しい方式であり、シミュレーション実験を通してその有効性を検証した。シミュレーション実験では既往のARにおける評価値型の最新方式(AAR)と比較を通して、提案方式の優位性を実証した。今後は、高度なアプリケーションに対する無線センサネットワークと自律移動ロボットの利用法とそれを実現する通信プロトコルの研究を進めていく予定である。

### 参考文献

- [1] Y. Ohtaki, N. Wakamiya, M. Murata, and M. Imase : Scalable and efficient ant-based routing algorithm for ad-hoc networks, IEICE Trans. Commun., vol.E89-B, no.4, pp.1231-1238, 2006.
- [2] A. Utani, E. Orito, A. Kumamoto, and H. Yamamoto : An advanced ant-based routing algorithm for large scale mobile ad-hoc sensor networks, Trans. SICE, vol.44, no.4, pp.351-360, 2008.