

Artificial Bee Colony アルゴリズムを用いた 無線センサネットワークにおけるシンクノードの最適配置手法

後藤 典[†]能登 正人[†]神奈川大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻[‡]

1 はじめに

近年、ユビキタス情報化社会を進展させる重要なネットワーク技術として、無線センサネットワーク (WSN: Wireless Sensor Networks) に注目が集まっている。WSN は、大規模数のセンサノードを用いて広範囲をセンシングすることが可能であり、環境のモニタリングや災害救助活動の支援など、様々なシステムへの利用が期待される。WSN 実現のための重要な課題の1つとして、シンクノードの配置問題がある [1]。WSN では、大規模数のセンサノードを用いて広範囲のセンシングを行う。フィールドに配置されたセンサノードは、自身が取得した情報をシンクノードに向けて送信するため、シンクノード付近のセンサノードに通信負荷が集中する。そのため、シンクノードを適切に配置することができれば、ネットワークの長期間運用が期待できる。

本研究では、シンクノードの配置決定のために、群知能アルゴリズムの一種である Artificial Bee Colony (ABC) アルゴリズムに注目した [2]。ABC アルゴリズムは、多変数関数や多峰性関数の最適化に用いられており、制御パラメータ数が非常に少ないという特徴を有している。本稿では、ABC アルゴリズムを複数の許容解を求めることができるように改良し、シンクノードの最適な配置位置を求める手法を提案する。

2 Artificial Bee Colony (ABC) アルゴリズム

ABC アルゴリズムは、蜜蜂の群れによる採餌行動に着想を得た群知能アルゴリズムであり、食物源と3種類の蜜蜂群が基本要素となる。

Employed Bees: 各 Employed Bee は、1つの食物源と関係づけられており、その近傍を記憶しより評価の高い食物源を探索する。

Onlooker Bees: 各 Onlooker Bee は、Employed Bee が記憶した食物源の情報から、相対的に評価の高い食物源の近傍を探索する。

Scout Bees: 各 Scout Bee は、新たな食物源の発見のためランダムに探索する。

また食物源の位置は、対象問題の解候補を表しており、その数は Employed Bees と等しい。また蜜蜂の総数は Employed Bees と Onlooker Bees の数を加えた値である。以下に、ABC アルゴリズムを関数最適化問題へ適用し、目的関数に対する最適解を探索する方法を述べる。

Effective Sink Node Deployment Method in Wireless Sensor Networks using Artificial Bee Colony Algorithm

[†]Tsukasa Goto and Masato Noto

[‡]Graduate School of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

$$\mathbf{v}_{ij}^k = \mathbf{x}_{ij}^k + \phi_{ij}^k (\mathbf{x}_{ij}^k - \mathbf{x}_{mj}^k) \quad (1)$$

$$P_i^k = \text{fit}_i^k / \sum_{n=1}^{SN} \text{fit}_n^k \quad (2)$$

ここで i と m は解候補の番号、 j は目的関数の次元数、 k は反復回数を表す。ただし m はランダムに決定され i とは異なる値を持つ。

式 (1) は、Employed Bees の位置更新式であり、すべての解候補 \mathbf{x}_{ij}^k に対して、それらすべての更新候補点 \mathbf{v}_{ij}^k の計算を行う。この更新候補点 \mathbf{v}_{ij}^k と元の解候補 \mathbf{x}_{ij}^k を比べ解候補の更新を行う。また、 ϕ_{ij}^k は $[-1, 1]$ の一様乱数を表している。式 (2) は、Onlooker Bees のための選択確率決定式であり、各解候補 \mathbf{x}_{ij}^k の目的関数から各解候補の適応度 fit_i^k を計算する。そして、適応度 fit_i^k から各解候補 \mathbf{x}_{ij}^k の選択確率 P_i^k を計算する。選択確率 P_i^k に基づくルーレット選択で解候補 \mathbf{x}_c^k を選択し、この選択された解候補についてのみ、新たな解候補を式 (1) に従って生成し、適応度 fit_i^k を算出する。なお、 c は選択された解候補の番号を表す。ここで求めた新たな解候補である \mathbf{v}_c^k も Employed Bees の場合と同様に解候補の更新を行う。

また、Employed Bees による探索において規定回、解候補の更新が行われなかった場合、その解候補を担当していた Employed Bee は Scout となり、この解候補を解探索領域内に乱数によって生成した解候補と交換する。

3 提案手法

1つの最適解ではなく複数の許容解を効率的に探索することを目的とした ABC アルゴリズムの発展手法の処理の流れを説明し、WSN への適用法について述べる。

ABC アルゴリズムでは、解探索の際に Onlooker Bees がルーレット選択によって適応度の高い解候補を優先的に探索させるが、提案手法では、1つの求めた解が収束を始めたときと判断した場合、その解候補近傍を専属的に探索する Onlooker Bee_{ex} とその解候補を除いた他のエリアを探索させる通常の Onlooker Bees に、役割を分化させることで複数の許容解の探索を行わせる。専属化させる Onlooker Bee_{ex} の数は必要な許容解数 $m-1$ の数となる。

以下に提案手法の流れを示す。

Step 1. 目的関数の解候補をランダムに生成し、初期状態における最良解 $best^1$ を決定する。

Step 2. Employed Bees による探索を行い、新たな解候補 \mathbf{x}_{ij}^k の適応度 fit_i^k を算出し、更新候補点を求

める。解の更新の可否を決定し、さらに選択確率 P_i^k を求める。

Step 3. Onlooker Bees により、選択確率 P_i^k に基づくルーレット選択によって新たな解候補を生成し、解の更新の可否を決定する。このとき最良解の収束状況を判定し、収束が確認されなければ Step 5 へ進む。

Step 4. 最良解の収束による評価値の改善が確認されれば、その解候補に Onlooker Bee_{ex} を設定し、以後専属で探索を行わせる。

Step 5. Employed Bees による探索の間に規定回、解の更新が行われなかった解候補があり、その解の選択確率 P_i^k の優先度が、必要な許容解数 m よりも低い順位の場合、その解候補を担当する Employed Bee を Scout Bee に変化させ探索を行わせる。

Step 6. 最良解 $best^k$ の更新を行い、 k が最大反復回数であれば探索を終了する。そうでなければ、Step 2 へ戻る。

4 シミュレーション実験

WSN の長期間運用を実現するために、WSN のシンクノード配置問題に提案手法を応用し、その有効性を評価する。

4.1 実験環境

本研究では、固定のセンサノードをフィールドに多数配置し、センシングした情報を定期的にシンクノードに向かって送信を行う、データ収集型の WSN を想定する。送信先シンクノードの決定方法は、あらかじめ各シンクノードからホップカウントパケットを定期的にフラッディングすることで、各センサノードは自身に最も近いシンクノードへ向けてデータ送信する方式をとる。シミュレーションパラメータを表 1 に示す。

表 1: シミュレーションパラメータ

フィールドサイズ [m]	500×500
センサノード数	1000
シンクノード数	5
通信半径 [m]	25

また、本実験ではネットワーク全体での総ホップ数を評価し、その目的関数を以下の式 (3) に示す。

$$f(x) = \sum_{i=1}^s hops(sn_i) \quad (3)$$

ここで sn_i はシンクノードの配置座標、 s はフィールドに配置するシンクノードの数、 $hops(sn_i)$ は、シンクノード i を最も近いシンクノードとする全センサノードから送信されたデータパケットが、シンクノード i に到達するまでの総ホップ数である。

4.2 実験結果及び考察

本実験では、センサノードがランダムに配置されたフィールド内に、シンクノードを規則的に配置した場合と、提案手法により得られた場所に配置した場合とで、データ転送率の推移を比較する。比較した図が図 1 である。図 2 の結果より、規則的にシンクノードを配置

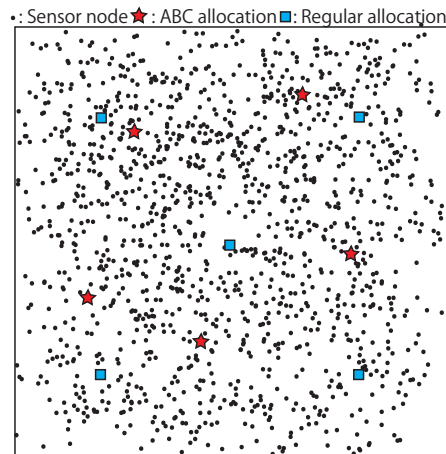


図 1: シンクノードの配置状況

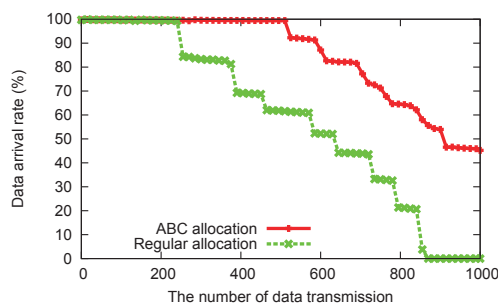


図 2: データ転送率の推移

する手法では、シンクノードに隣接するセンサノードへ通信負荷の偏りが生じることで、ネットワークから早期に離脱してしまうセンサノードが生じている。一方提案手法では、適切な位置にシンクノードを配置することができているため、通信負荷の偏りを抑えることができている、効率の良い通信を行えていることがわかる。

5 おわりに

本稿では、WSN におけるランダムなセンサノード配置の環境において、改良型 ABC アルゴリズムを用いることで複数のシンクノードの最適な配置位置を提供し、WSN の有効運用期間を延長させる手法を提案した。今後は、他の進化的アルゴリズムを用いた場合との比較や、実環境をよりの確に表現することのできる目的関数の検討を行い、提案手法の実現性を高めていく。

参考文献

- [1] 宇谷明秀, 山本尚生: 複数の許容解を探索する Particle Swarm Optimization とその複数シンク無線センサネットワークにおけるシンクノード配置問題への適用, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J93-D, No. 5, pp. 555-567 (2010).
- [2] Karaboga, D. and Basturk, B.: On the Performance of Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm, *Applied Soft Computing*, Vol. 8, No. 1, pp. 687-697 (2008).