

大規模 WSN 構築における受信機位置最適化手法の提案

辻 侑也[†] 大塚 孝信[‡]名古屋工業大学[†] 名古屋工業大学大学院[‡]

1 はじめに

無線センサネットワーク (Wireless Sensor Network: WSN) は災害対策や農業など多くの分野に適用されている。一般的には、免許不要な無線モジュールを搭載したノードが複数存在し、受信局により複数ノードの情報を集約してサーバへ送信する。通信モジュールは規格によって通信距離が異なる。受信局を多く設置すればそれだけ広い範囲を確保できるが導入、運用のコストが高くなる。そのため、可能な限り少ない受信局で多くのノードを確保することが求められる。なるべく広い範囲を少ない機器で計測するためには機器の配置が重要であるが、制約が多いため、人間による設置位置の最適化は困難である。本研究では、遺伝的アルゴリズムを利用することで、設置コストや通信距離等の制約を満たす設置位置提案手法を構築する。また本研究では、実際の設置に関する応用先として、見守りプラス[1]を想定している。見守りプラスは認知症高齢者を対象とし、BLE ビーコンを用いて行動を観測するシステムである。手法としては、対象者が所持する BLE ビーコンからの信号を電柱等に設置した受信局により受信し、サーバーを経由してアプリケーションなどで確認する。BLE ビーコンは小型、省電力であるという点で優れているが、通信距離が短い規格である。通信範囲の確保のためには、固定受信機の効率的な配置が重要である。

2 提案手法

2.1 配置最適化の概要

本研究では、通信範囲など複数の制約を最大限満たす配置を求める。最適化に関して空調管理や配電系統拡張などの研究があり、制約充足を遺伝的アルゴリズムで解く研究が多く行われている。本研究では、多くのパラメータを持つ遺伝的ア

ルゴリズムを用いた多目的最適化問題として受信局配置の最適化を行う。取得した対象範囲の道路リンクのデータから初期個体集合を生成し、個体の評価、選択、交叉、突然変異の遺伝操作を繰り返し行うことにより近似解を求める。最終的な結果は緯度、経度の座標で出力する。

2.2 最適化アルゴリズムの実装

初期個体集合生成について、OSMから取得した道路データにより制作した設置位置の候補からランダム選択により生成する。個体の構成に関して、各個体は受信局の配置を表しておりそれぞれ全ての受信局座標が格納されている。

選択について、Deb らの NSGA-ii [2]の選択アルゴリズムを適用する。NSGA-ii の選択アルゴリズムは、非優越ソートと混雑度距離を用いた選択手法である。非優越ソートはパレート優越に基づいてランク付けを行う手法で、よりパレート最適に近い解を選択することができる。混雑度距離とはある個体と隣接する個体間の距離を計算したもので、距離が小さいほど個体が密集しているとする。混雑度距離に基づきトーナメント選択を行う。トーナメント選択とは個体集合の中から一定数を取り出し、その中から最も適応度の高い個体を選択していく手法である。ここでは適応度として混雑度距離を用いている。

交叉について、N Hitomi ら[3]を参考に、1点交叉と Simulated Binary Crossover (SBX) を組み合わせる。交叉確率はそれぞれ 45% に設定する。1点交叉では2つの親個体でそれぞれランダムな点を選択し、その点以降を入れ替えることで子個体を生成する交叉手法である。親個体と異なる個体長の子個体が生成されるという特徴がある。SBXは個体長の変化はないが、遺伝的アルゴリズムにおいて有力な交叉手法の1つであり、様々な多目的最適化問題において用いられている。この2つの手法を組み合わせることでより効果的な最適化アルゴリズムを実装することができる。

Proposal of nodes position optimization method for large scale WSN

[†] Nagoya Institute of Technology

[‡] Nagoya Institute of Technology

突然変異については、設定した突然変異確率でランダムな点を道路データから選択し、変更する。突然変異確率は設置数を最大設置数で割った値を用いる。

適応度関数としては、通信範囲に関する評価と受信局の設置数に関する評価を用いる。通信範囲に関する評価は、通信可能範囲を全体の範囲で割った値を用いて行い、設置数に関する評価は設置数を最大設置数で割った値を用いて行う。

2.3 道路リンク情報について

本研究で対象とする見守りプラスでは、通信範囲や受信局の設置数の他、道路リンク情報などのパラメータが存在する。道路リンク情報については、受信局の設置位置は道路上であるため配置を考えるには実際の道路の情報を取得する必要がある。そのため、既存研究で行われている手法に加え、パラメータを追加する必要がある。我々は、通信距離に加え、道路リンク情報をはじめとしたパラメータを追加することで、見守りプラス特有の受信局配置最適化を行う。

道路リンク情報は、OpenStreetMap (OSM) [4] から道路ノードを取得して使用する。道路リンク情報から初期解の生成、適応度の計算を行う。本研究では、OSMから取得した実際の地図座標を入力し、最終結果として受信局の座標を緯度、経度の値で出力する。これにより実際の空間に計算結果を適用することができる。

2.4 実行例

愛知県大府市共和駅周辺で本研究の手法を適用した実行例が以下ようになる。全体的に交差点周辺に配置される傾向がある。



図3. 共和駅周辺での実行例

3 評価実験

見守りプラスの実証実験時の配置と比較し、提案手法による配置が通信範囲や設置数に関して有効であることを示す。実データより収集した電波減衰結果を用いて地点毎の電波到達距離のばらつきについても考慮する。

通信範囲と設置数の評価で比較を行う。通信範囲について、地形や障害物による通信距離の減衰を考慮し 30m, 25m, 20m でそれぞれ評価を行う。実証実験時の配置および実データを用いて受信局数の最適化について検証する。

通信範囲について実証実験時の配置と提案手法の配置を比較した結果が以下ようになる。

	50m	40m	30m
実証実験	0.5488	0.4059	0.2817
提案手法	0.6669	0.4956	0.3185
差	0.1180	0.0896	0.0368

図4. 通信範囲に関する比較実験結果

それぞれ通信範囲の割合について表しており、通信距離が 50m の場合 1 割以上の差がある。

通信範囲については実証実験時の配置に比べ、提案手法による配置の方が良い結果が得られた。通信距離が 30m の場合でも提案手法の方が優れていることから距離減衰を考慮しても提案手法による配置の方が信頼性は高いと考えられる。

4 おわりに

本論文では広い通信範囲を少ない受信機の設置数で確保するための配置について、実際の道路データを用いて行う方針を示した。これからは通信範囲の評価について遮蔽物や地形などの影響も考慮し、より現実空間に近づけていく。

参考文献

- [1]永井明彦ら“Bluetooth Smart 発信機を用いた高齢者見守り機構「見守りプラス」の研究”年次学術大会講演要旨集, 31: 446-451, 2016
- [2] Deb, Kalyanmoy, et al. "A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II." *IEEE transactions on evolutionary computation* 6.2: 182-197, 2002
- [3] Hitomi, Nozomi, and Daniel Selva. "Constellation optimization using an evolutionary algorithm with a variable-length chromosome." *2018 IEEE Aerospace Conference*. IEEE, 2018.
- [4] “OpenStreetMap”, <https://www.openstreetmap.org/>, 2019.1.8 閲覧