

# 移動式 WSN のための設置位置推薦アルゴリズムの提案

大塚 孝信<sup>†</sup> , 鳥居 義高<sup>†</sup> , 伊藤 孝行<sup>†‡</sup>

名古屋工業大学大学院 情報工学専攻<sup>†</sup> 名古屋工業大学大学院 産業戦略工学専攻<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

近年、豪雨による河川の氾濫による土砂崩れや、家屋の浸水などの件数が増加している。

可能な限り迅速に排水作業を行うためには、浸水箇所全域の水位データによる浸水全水量の把握が必要である。

そのために我々は、国土交通省 中部地方整備局、日本工営株式会社と共同で災害現場での運用を目的とした移動式アドホック簡易水位計の試作を行っている。

特に、移動式の WSN では、固定式の WSN とは異なり、移動により変化する周辺の電波状況や建築物などの影響を定量化し、計測ノードの移動による電波品質を考慮した設置パターンを決定する必要がある。

本論文では、特に無線通信の信頼性に焦点を当て、実フィールドにて取得した、種々の環境要因を分析することで、移動式のセンサネットワークに最適な設置場所を推薦するアルゴリズムについて提案する。

## 2. 関連研究

近年、IoT(Internet of Things)の中核を為す技術として、ワイヤレスセンサネットワーク(Wireless Sensor Networks :WSN)に関する研究が多く行われている。

しかし、どの研究も“閉じた環境”での最適化を目的とした研究であり、周囲環境が動的に変化する移動式の WSN の通信品質を維持するアプローチはとられていない。

関連研究として、WSN の電波強度の指標である RSSI 値を用いた位置推定に関する研究[1]や、体系的に電波伝搬の基礎を示した文献[2]がある。

しかし、これらの研究に代表される WSN の多くの研究では、閉鎖された環境での試験結果を基にしており、

屋外に設置される WSN の問題点である外的要因また、各パラメータを正確に入れる必要があり任意の観測箇所に設置される移動式 WSN の課題

である環境要因による電波品質の低下を考慮していないことが問題である。我々は、特に無線通信の信頼性に焦点を当て、実フィールドにて取得した、種々の環境要因を分析することで、移動式のセンサネットワークに最適な設置パラメータを環境要因を簡略化したアルゴリズムにより提案する。

## 3. 移動式 WSN の開発と課題

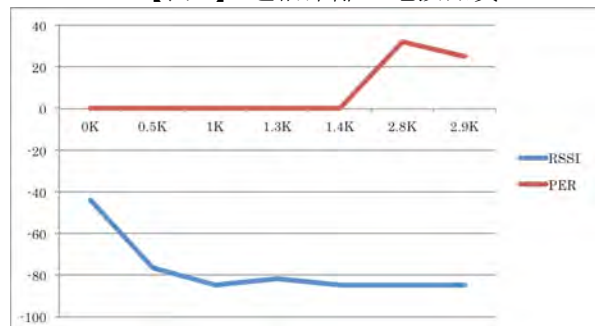
移動式 WSN は固定式の WSN と比較し、シンクノード、計測ノードが任意の場所に設置されるため、事前に配置位置を検討することが困難であり、シンクノードを搭載した排水ポンプ車が移動するため、中継ノードの位置をシンクノードの移動を前提とした配置とする必要がある。以上のように、移動式 WSN は、電波品質に影響する外的要因が動的に変化するため、固定式 WSN のように、事前に電波状況を測定し、配置を最適化することは困難である。

本研究では、実フィールドにおいて、種々の環境要因ごとに、通信モジュール同士の電波品質を測定するパケットエラー率と、通信強度の測定値である RSSI 値を測定し、移動式 WSN の、設置位置推薦アルゴリズムについて提案する。

## 3. 実フィールドにおける電波減衰

本論文では、実フィールドにて取得したノード間の通信品質を用いて、樹木や建物が与える影響について定量化することで、移動式 WSN の設置位置推薦アルゴリズムについて提案する。本研究では、岐阜県海津群海津町において取得した電波品質データを用いてアルゴリズムを構築した実験におけるノード間距離と RSSI 値及び PER 結果について表 1 に示す。

【表 1】通信距離と電波品質



“Installation position recommendation algorithm for movable WSN”

<sup>†</sup>Takanobu Otsuka, Yoshitaka Torii, Takayuki Ito  
<sup>‡</sup>Nagoya Institute of Technology, Japan

本実験結果によれば、RSSI 値は 1km 程度で減衰し、- 80dBm 付近で横ばいとなっている。しかし、PER 値は 1.4km 付近を境に上昇し、通信距離のみではなく、樹木や建物といった周辺環境に依存していることがわかる。そのため我々は、通信距離だけではなく、周辺状況をパラメータとして扱うことで、移動式 WSN の設置位置推薦アルゴリズムを提案する。

#### 4. 移動式 WSN における設置位置推薦アルゴリズムの提案

WSN の電波品質においては、ノード間の”見通し”が重要なパラメータとなる。見通しを確保するためには、アンテナ高を障害物を超える高さに配置することが望ましいが、センシングが必要な際に既存施設や仮設ポールに設置される移動式 WSN においては、最長でも 4m 程度の高さとなる。そのため我々は、ノード間の距離に加え、ノード間に存在する”建造物”，”樹木”を簡略化したパラメータによって定式化し、電波損失量を算出する。まずはじめに、以下のパラメータを設定する

$d$  = ノード間距離 (m)

$h_a, h_b$  = 各ノードのアンテナ高さ(m)

$Td$  = 樹木密度(5 段階評価)

$Sd$  = 建造物密度(5 段階評価)

$Sd, Td$  は (なし 1 - 多少ある程度 3- 密集 5) の 5 段階評価としている。

まず、アンテナ高さが同一の場合のノード間距離による db の減衰率を式(1)にて求める、

$$L[db] = 10 \log \left[ \frac{d^2}{h_a h_b} \right] \quad (1)$$

次に、建造物及び樹木密度による減衰率を式(2)にて求める。

$$L[db] = 2.08(Td^\alpha + Sd^\beta) \quad (2)$$

式(1)と式(2)の値を合算し 100 除法したものが RSSI となる。また、建造物密度のパラメータである  $Sd$  の  $\alpha$  参考文献[3]の値を用い、 $Td$  の  $\beta$  については、建築物の影響が電波品質に与える影響が大きいため二乗している。本アルゴリズムにより、簡易ではあるが、電波強度の目安を算出することができる。

#### 5. 評価実験

本章では、本論文で提案するアルゴリズムを用いて算出した RSSI と、静岡県沼津市で行った電波試験結果を比較することで、アルゴリズムの有効性を検証する。図 1 に実験フィールドとシンクノード及びルータノードの位置を示す、また、提案するアルゴリズムによって算出した結

果と実測値を表 2 に示す。

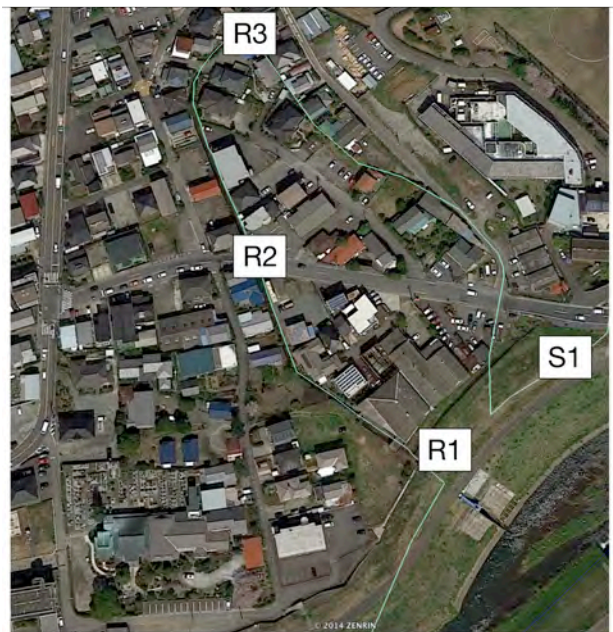


図 1：シンクノード，ルータノード位置  
表 2；実験結果

ルータ番号	直線距離	Td	Sd	計算値	実測値
R1	80m	1	1	-72.1	-70.9
R2	151	1	3	-79.5 %	-81.7
R3	234	2	3	-78.8 %	-76.8

本結果により、提案手法が有効であることを示した。

#### 6. まとめと今後の課題

本研究では、移動式 WSN の設置位置推薦アルゴリズムについて提案した。本アルゴリズムは簡易ではあるが、ノード間の樹木密度、建造物密度、及びノード間距離を用いることで RSSI の目安を算出することができた。今後は、樹木密度と建造物密度を定量的に判断することで、より精度の良い設置位置推薦アルゴリズムを提案する。

##### 【参考文献】

- [1] Parameswaran, Ambili Thottam, Mohammad Iftekhar Husain, and Shambhu Upadhyaya. "Is rssi a reliable parameter in sensor localization algorithms: An experimental study." Field Failure Data Analysis Workshop (F2DA09). 2009.
- [2] 進士昌明. "無線通信の電波伝搬." 電子情報通信学会 2 (1992).
- [3] 大塚孝信, 鳥居義高, 伊藤孝行, "移動型ワイアレスセンサネットワークの周囲環境変化に応じた信頼性確保のための設置位置推薦手法の提案". 第 177 回 情報処理学会 知能システム研究会.
- [3] 三菱電機 "SWL10-TR08-E アンテナ敷設マニュアル". 2013