

LPWAN を用いた森林環境における位置推定

Localization in forest environment using LPWAN

学籍番号 47-166724

氏名 梅沢 啓佑 (Umezawa, Keisuke)

指導教員 瀬崎 薫 教授

1. 研究背景

近年、モバイル端末の急速な発展を皮切りに、身の回りの情報をモバイル端末やIoT 機器などを用いて簡単にセンシング出来るようになった。これは単に人の動きや生活習慣などを可視化出来るようになっただけでなく、動物の生態系や自然環境をモニタリングする技術にも応用できる可能性を示唆している。人が介在することなく森林環境や動物の生態系をセンシングすることで人と動物は共存していくことができると考えられている。

また、2011年3月11日起きた東日本大震災から7年経つが、この原発事故によって人が立ち入ることが出来ない地域が、未だ存在する[1]。これらの地域では人が立ち入ることが出来ないため、自然の生態系や動物の生態系を外から知ることは難しい。

2. 関連研究

中川らは、動物間マルチホップ転送システム (Carrier Pigeon-like Sensing System) を提案した[2]。このシステムは動物同士がお互いにセンシングしたデータを互いに交換し、次の動物にそのデータを転送していくことで、人が介在することなく動物同士でデータの転送を繰り返すシステムである(図1)。これは所謂遅延耐性ネットワー

クと呼ばれる技術を応用しており、通信環境が劣悪な地帯においても多数の動物同士の中継地点でデータを交換し続けることで、データを最後まで送ることが可能であると考えている。

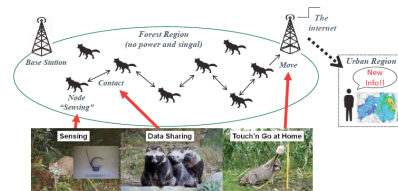


図1 動物間マルチホップ転送システムの概念図(中川ら[2]から引用)

しかしながら、問題点として2つ上げられる。1つは動物がセンシングしたデータが位置情報を保持していない点。位置情報はデータと対になって初めて意味をなすため、データ単体ではあまり意味をなさない。もう1つは、動物がすれ違わない可能性がある点で、そこで、次章で紹介するLPWANを用いてこの課題を解決する手法の提案を行う。

3. LPWAN

LPWANとは、Low Power Wide Area Networkの総称で、省電力で長距離にパケットを送信・受信することができる通信規格のことを指す。通信距離は規格にもよるが、見通しがあった場合は数キロ程度とか

なり遠くまで飛ぶ。LoRa の通信規格は 920MHz 帯で、いわゆるサブギガヘルツ帯と呼ばれる周波数帯を使用するため、ライセンス申請が不要なため、独自のネットワークを作りやすい。本稿ではこの LoRa を用いることで前稿での課題を解決する。

4. 提案手法

ワンホップ転送位置情報付与システムの提案を行う。本システムでは、森林環境に多数の LoRa モジュールを搭載した基地局(以下 LoRa Anchor)を設置することで、LoRa Anchor の電波を使って課題を解決する。具体的には図 2 のように、LoRa Anchor から発信した電波を使って動物の位置推定を行う。また、LoRa は通信範囲が広いため、動物同士でデータを共有する必要が無い場合、データを直接アップロードすることができると思っている。

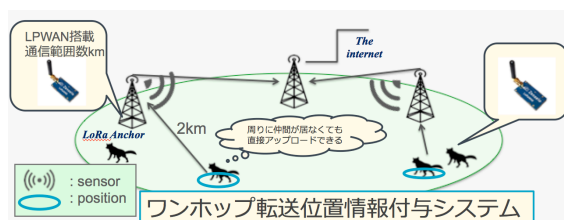


図 2 提案システムの概要図

位置推定には LoRa の RSSI を用いる。古典的手法である繰り返し最小 2 乗法を用いて逐次的に解を求める。その際 RSSI の距離毎の減衰曲線が必要になるため、実測によって求めた後、モデルのフィッティングを行う。

5. 森林環境における位置推定の実験

今回、東京大学が保有している秩父演習

林にて LoRa Anchor を 15 台用意し、実験を行った。実験したエリアを 4 つのエリアに分け(図 2)、エリアごとの誤差平均を求めた。その際 2 つの手法を用意し、それぞれの手法で推定する LoRa Anchor の数を推定に必要な最低限の 4 から徐々に増やしていくことで、誤差の平均を比較した。LoRa Anchor の真値と、受信側での真値は GPS で取ったため、平均で 10m の誤差は存在する。LoRa Anchor 側は現地の写真を使ってマップマッチングを行ったため、その誤差は最大で 5m となっているが、受信側では誤差は最大 10m となっている。実験場所の標高は 785m から 863m までであった。

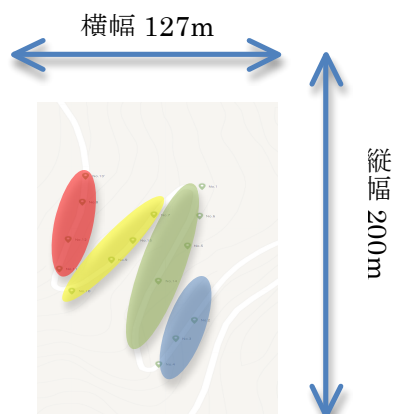


図 2 推定を行ったエリア

6.1 RSSI の減衰モデルの作成

15 台の LoRa の距離に対する減衰曲線をフリスの公式に最小 2 乗法を使って求めた。決定係数を計算し、モデルの精度を確かめた。その結果、決定係数は概ね 0.5 ~ 0.7 のため、このモデルを使って位置推定を行った。

6. 位置推定

6.1 手法 1

指定した Anchor の個数全てを受信できた

ポイントのみ推定を行う。具体的には、図4のように LoRa Anchor の数を8個に設定して電波を送信した場合、8個全ての電波を受信できていなければ推定は行わない。単純に Anchor の個数が増えることで、精度がどのように変化していくかを比較するためである。



図4 手法1の概念図

6.2 手法2

指定した数だけの LoRa Anchor の電波を受信できていなくても、その地点で受信することができた最大の LoRa Anchor の数を用いて位置推定を行う。具体的には、LoRa Anchor の数を8個に設定していた場合、8個全ての Anchor からの電波を受信できていなくても、その地点で受信できた最大の電波の数で推定を行う。これは実際の利用状況を想定した。

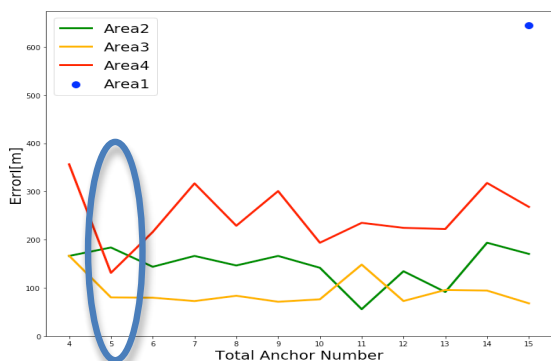


図3. 手法1の結果

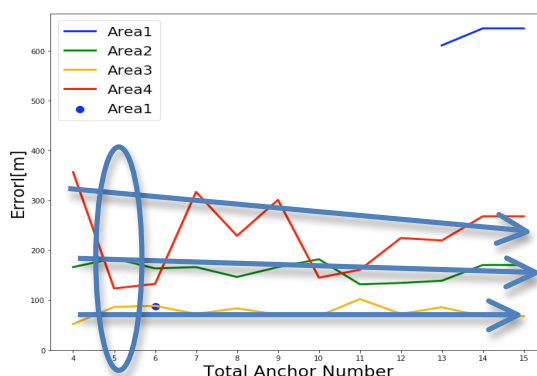


図4 手法2の結果

7. 有効範囲と限界

7.1 結果

図3, 4より、手法1, 2のどちらに対しても、Anchor の数が5を超えると、その内側の緑と黄色のエリアでは誤差が頭打ちになることがわかった。また、誤差は黄色、緑のエリアにおいて誤差が小さく、赤色、青色の外側のエリアでは誤差がより大きくなることが分かった。この要因として、より内側のエリアのほうが、よりノイズの少ない電波を受信できたことに起因していると

7.2 有効範囲

上記2つの手法から共通して、標高785mから863mまで傾斜のある127m × 200m四方の範囲に対して、LoRa の Anchor 同士を45 ~ 60m 間隔で空けて5個以上設置すれば、誤差100 ~ 150m の精度で推定を行うことが出来ることが分かった。そのため実際にLoRa を設置するときはLoRa が推定したい範囲を覆うように、最低でも4台外側に設置し、残りのLoRa を内側に設置をすることで、上記のような精度になると言える。一方で、そのLoRa が張られている範囲の外側になると、傾斜が低い方は推定がほぼ

できない。出来たとしても誤差が 300 ~ 600m とあまり良くない。また、上側の方では精度は 200m と悪くないが、Anchor を増やしていてもその誤差は個数を増やしていても必ずしも良くなるため、現段階では Anchor の内側を推定する範囲に留めることを推奨する。

7.3 限界

今回実験したエリアは、エリア 1 からエリア 4 に向かって傾斜が急になっていた。実際には山の形は全て今回のようになっている訳ではなく、山によって様々な形をしている事が容易に想像できる。そのため RSSI の信号強度の減衰も場所依存でフリスの公式のパラメータに変化があるため、一般化することは難しい。本研究では、あくまで東京大学保有の秩父演習林のある一部のエリアにおいて位置推定の誤差を保証するものであり、異なった地点異なった山での位置推定の精度は今後の課題とする。

8. 結論

本研究では森林環境において、動物がセンシングしたデータに位置情報を付与するために LPWAN の一種である LoRa を用いて貢献した。東京大学保有の秩父演習林にて実験を行い、LoRa 15 台を用いて位置推定を行った。この時真値は GPS を用いて取ったため、平均して 10m 程度真値に誤差が乗っている。2つのシナリオで位置推定を行った結果、内側のエリアはどちらのシナリオでも Anchor の数が 7 個以上で誤差が 150m 以下に収まることがわかった。一方で Anchor の外側部分のエリアでは誤差がそれぞれ概ね 300m, 600m 以下という結果にな

り精度の改善の余地があるため、今後の課題とする。

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST)、さきがけ-科学技術振興機構 (11012)・総務省 SCOPE (162103107) の助成をうけたものである

参考文献

- [1] 避難指示区域の状況 - ふくしま復興ステーション - 福島県ホームページ (オンライン), <http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/list271-840.html>, 最終閲覧日: 2017-01-05.
- [2] K. Nakagawa, H. Kobayashi, K. Sezaki, "Carrier pigeon-like sensing system: animal-computer interface design for opportunistic data exchange interaction for a wildlife monitoring application.", Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference, pp. 12. ACM, Kobe, Japan, (2014).
- [3] Bernat Carbonés Fargas, Martin Nordal Petersen, "GPS-free Geolocation using LoRa in Low-Power WANs", Global Internet of Things Summit (GloTS), 2017, 2017-09
- [4] LoRa-based Localization Systems for Noisy Outdoor Environment, "Ka-Ho Lam, Chi-Chung Cheung and Wah-Ching Lee", Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), 2017-11