

RSSIによる通信端末位置推定時の障害物を与える影響に関する一考察

A Study on the Effects of Obstacles on Communication Terminal Position Estimation Using RSSI

浦野 悠吾[†] 岡島 慎次郎[‡] 角田 巧喜[‡] 小坂 隆浩[†]
Yugo Urano Shinjiro Okajima Koki Sumida Takahiro Koita

1. はじめに

情報社会の進んだ現代社会ではスマートフォンなどの通信端末を所持している人口が増加しているといった点[1], また UAV(Unmanned Aerial Vehicle) の一種であるドローンの飛行技術が年々向上しているといった2点を背景とし, 阪神・淡路大震災以降重要視されている「72時間の壁」(図1)[2]といった課題とともに救助分野で重要視されている早期発見・早期救助が課題として挙げられる. その中でも被災者の早期発見を研究目的とし, ドローンによる被災者端末を探索することで人が入れない, もしくは目視できない場所で被災している被災者発見に向けた被災者端末位置推定の可能性に着目した.

2. 端末位置推定手法

ある一定範囲を方眼に区切り, 各地点で携帯が Wi-Fi アクセスポイントを探索(アクティブスキャン)する際に送出しているプローブパケット(図2)といった信号のRSSI(Received Signal Strength Indicator)を基に位置推定をする手法を使用する[3]. 理由としては, Wi-Fi 機器を端末側からアクティブスキャンするといった手法からも被災地で電波基地局などが機能しない場合でも定期的に信号が送出されるといった点, またRSSIが図3のように距離との関係で減衰曲線を取るといった特徴[4]が端末との位置推定に活用可能と考えたためである.

3. 既存手法

既存手法では早期発見実現のため, ある一定範囲を方眼に区切り, 被災者端末を探索する際のRSSI測定点削減を行う方角推定アルゴリズム[5], また方角推定アルゴリズム実行時の誤った経路選択を防ぐためにあらかじめ端末のおおまかな位置を推定する方角限定アルゴリズムを組み合わせ, プローブパケットのRSSIが減衰曲線を取るといった特徴を考慮したRSSIによるアルゴリズム適応距離の変更を行なっている.

方角推定アルゴリズムの手順を図4と以下に示す.

- 1) 開始地点を頂点に含み, 測定間隔を一辺の長さとした正方形(A)を設定する.

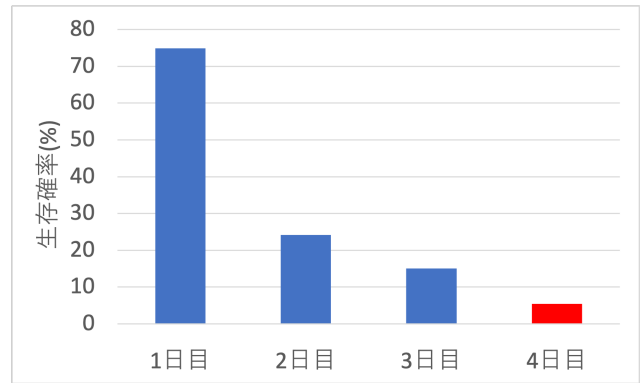


図1: 阪神・淡路大震災発災後の生存率の推移

2	2	6	6	6	2	可変長	可変長	4
フレーム 制御	デュレー ション	DA	SA	BSID	シーケンス 制御	SSID	サポート レート	フレーム チェック シーケンス

図2: プローブパケットの構成

- 2) 現在地点でパケットを収集し, 信号強度を記録する. 60秒間パケットが受信できない場合は3)へ進む.
- 3) 4つの頂点全ての計測が終了していれば4)へ進む. そうでなければ正方形の次の頂点に移動し, 2)へ戻る.
- 4) 4つの頂点での信号強度を比較し, 最も大きい地点を対称点として設定された正方形を点対称移動(B)とする.
- 5) パケットの信号強度が-50dBm以上の場合は被災者発見とする. そうでなければここまで述べた2), 3), 4)を繰り返す.

方角限定アルゴリズムの手順を図5と以下に示す.

- 1) アルゴリズム開始前ランダムな4点でRSSI測定, 平均導出
- 2) 平均値が大きい2点を含んだ半円設定
- 3) 方角推定アルゴリズム実行時, 設定した半円方向にのみ進行可能とする
- 4) 範囲外に進行→適用距離を変更しアルゴリズム実行(同じ地点で2度目は1)へ)戻る

*-70dBm以下で方角限定アルゴリズムは終了

[†] 同志社大学大学院, 1-3 Tataramiyakodani, Kyotanabe, Kyoto 610-0394, Japan

[‡] 同志社大学, 1-3 Tataramiyakodani, Kyotanabe, Kyoto 610-0394, Japan

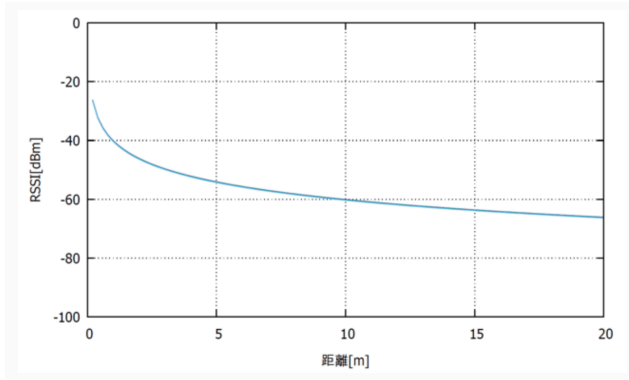


図 3: RSSI 減衰曲線

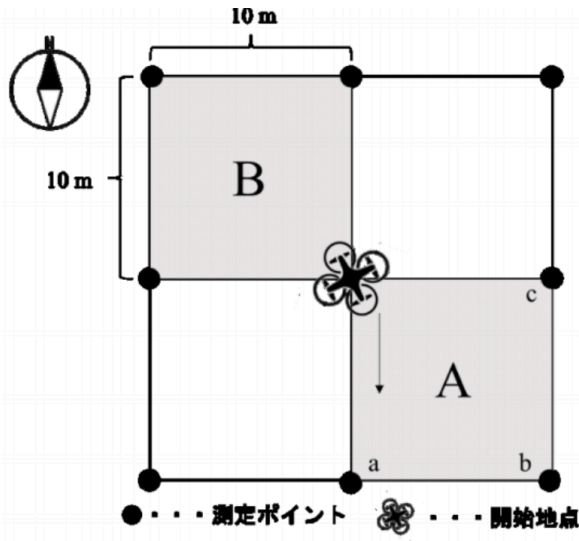


図 4: 方向推定アルゴリズム

(30m まで確実に接近と推定)

4. 予備実験

4.1 実験概要

2次元空間において既存手法の方向限定アルゴリズムおよび既存手法の方向推定アルゴリズムを実行，通信端末の位置推定を行い，どのような経路を選択を取るのかシミュレーションを行う．その際の詳細な内容を以下の表 1 に示す．

表 1: 実験概要

探索対象端末	iPad,NexusLG
受信体	MacbookAir(Wireshark)
測定環境	同志社大学京田辺キャンパス屋外 (図 6)
測定範囲	50m × 50m

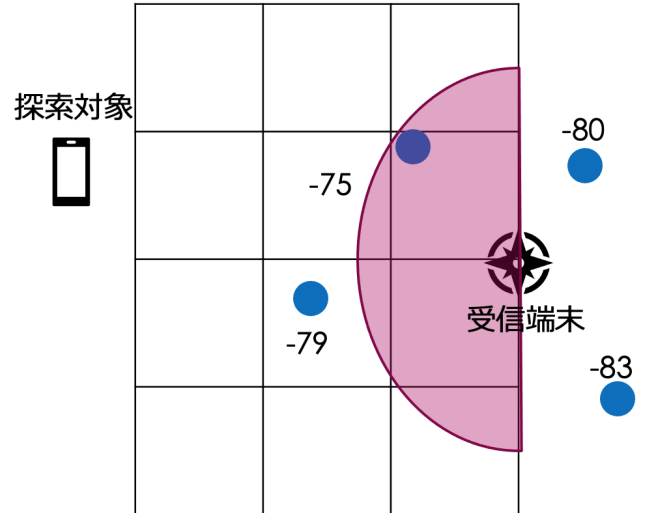


図 5: 方向限定アルゴリズム

4.2 実験目的

方向限定アルゴリズムを既存手法の方向推定アルゴリズムと組み合わせた際の二次元空間での探索時の挙動を確認し，失敗原因の明確化することを目的とする．

4.3 実験方法

方向推定アルゴリズムに測定データ数，測定距離を変更させる．測定データ数は 25 個とし，アルゴリズム適用距離の変更内容としては表 2 に示す．

表 2: 距離設定条件

RSSI(dBm)	アルゴリズム適用距離 (m)
~-60	2.5m
-60~-70	5.0m
-70~	10m

以上のような条件で各端末 10 回アルゴリズムを実行し，発見確率を結果として出す．

4.4 結果

方向限定アルゴリズムを適用した際と既存手法のみのシミュレーション結果を図 7 に示す．

4.5 考察

図 7 から方向推定アルゴリズムのみの場合，方向限定アルゴリズムを組み合わせた場合を比較した際には大幅な発見確率の向上が見られた．また，ここでの端末発見確率の向上には方向限定アルゴリズムの条件設定による再探索回数に大きく関係しているといったことが結果からわかる．このことから，早期発見を目的とした方向推定アルゴリズムの発見確率の向上には，方向限定アルゴ



図 6: 実験環境 (同志社大学京田辺大学屋外)

リズムによる探索開始時のおおまかな端末位置推定が有用性があると言える。

5. 課題

前章でも述べたように方角推定アルゴリズムと方角限定アルゴリズムの組み合わせは早期発見かつ高い発見確率において有用性が見られた。しかし、予備実験を行った環境としては障害物はなく、比較的電波環境の良い環境での実験であった。このことから、実運用を考えた際には、本研究の目的とするところが瓦礫や土砂などの障害物に埋もれてしまっている被災者に対する早期発見といったことから障害物によって想定されるプローブパケットの送信可能距離、パケットキャプチャにかかる時間、RSSI の減少といった課題が考慮されておらず、今後、実運用での環境を想定した実験を行う必要がある。

6. 実験

6.1 実験概要

前章でも述べた通り実環境での障害物を想定し、障害物によるプローブパケットの送信可能距離、パケットキャプチャにかかる時間、RSSI の減少に対する影響を確認する。詳細は表 3 に示す。

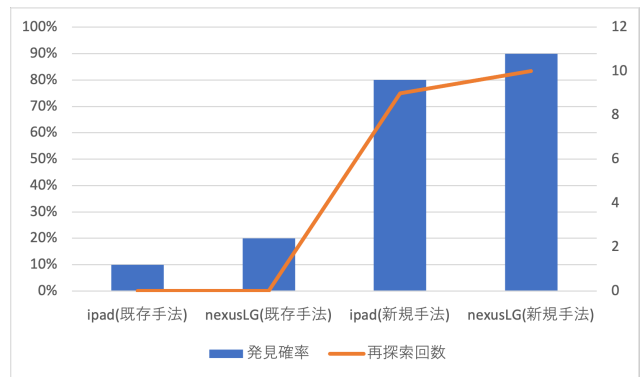


図 7: 予備実験結果

表 3: 実験概要

探索対象端末	NexusLG
受信体	MacbookAir(Wireshark)
実験場所	同志社大学京田辺キャンパス屋外 (図 6)
測定範囲	0~50m(2.5m ずつ)
想定する障害物	コンクリートブロック, 木材, 土
確認事項	プローブパケットの送信可能距離 パケットキャプチャにかかる時間 RSSI の減少に対する影響を確認する

6.2 実験目的

障害物によるプローブパケットの送信可能距離、パケットキャプチャにかかる時間、RSSI の減少に対する影響の確認を行い、方角推定アルゴリズムと方角限定アルゴリズムの実環境化での有用性について確認を行うことを目的とし、実験を行う。

6.3 結果

障害物なしの場合と各障害物を考慮した場合での結果を図 8 に各地点 25 個のパケットキャプチャにかかった時間の平均を表 4 に示す。

6.4 考察

障害物なしの場合と各々比較した際、図 8 からわかるように障害物ありの場合全てにおいて著しい RSSI の減少が見られた。ここで、各障害物ありの場合の 12.5m 以降での変化量が 10dBm 程度で収まっていることがわかる。既存手法においてこのような中長距離での RSSI 変化量の小ささは探索対象端末の発見確率に大きく影響してくる事が考えられ、また、表 4 から土砂を想定した際の実験ではパケットキャプチャにかかる時間が障害物なしの場合と比較してもおよそ 15 倍程度になっている。ここで、本実験で考慮した障害物はこと被災地での運用において必ずといっていいほど考慮すべき障害物であることから障害物ありの状態での既存手法における早期発

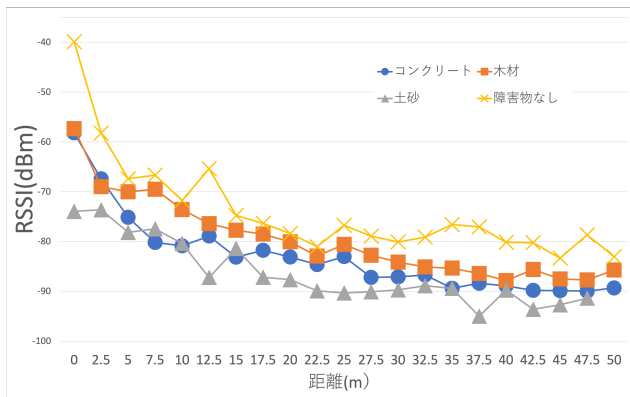


図 8: 実験結果

表 4: 実験結果 測定時間

	障害物なし	コンクリート	木材	土砂
平均測定時間 (s)	22.6	33.5	31.5	294.9
最小測定時間 (s)	8.0	10.0	11.0	100
最大測定時間 (s)	43	55	48	測定不可

見を目的とした際の有用性としてはあまり高くないことが挙げられる。また、本実験で挙げられる中長距離における RSSI 変化量が小さいことから来る接近判定が難しいといった問題点において、今回 Wi-Fi プローブパケットのみに対してのみ実験を行ったことから、近距離通信に特化している Bluetooth のプローブパケット有無をアルゴリズムに加えることで、中長距離における接近判定が可能になると考える。

6.5 まとめ

今回、障害物なしの環境においてデータ測定点の削減による早期発見に大きな有用性を示した方角推定アルゴリズムと方角限定アルゴリズムにおいて、実際に障害物を設置した場合にどのような影響を受けるのかについて評価実験を行った。今回、RSSI、パケット測定時間の両面から確認を行い、土砂の場合の大きな RSSI 減少、パケット測定時間の大幅な増加といったことから障害物がある場合の既存手法の有用性はあまり確認できなかった。その解決策として、近距離通信に特化している Bluetooth におけるプローブパケットの利用が今回上がった問題点に対して有用ではないかと考える。

参考文献

- [1] 総務省 | 令和 2 年版 情報通信白書 | 情報通信機器の保有状況,
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd252110.html>

- [2] FASTALERT-災害時に 72 時間の壁が重視される理由と乗り切るための対策,
<https://fastalert.jp/column/disaster-prevention/golden-72-hours>
- [3] 加藤美奈, 阿部 亨, 菅沼 拓夫, UAV を用いた屋外無線センサの位置推定の高精度化に関する基礎検討, 情報処理学会 81 回大会, vol.3, pp.259-260, 2019.
- [4] 無線コネク-BLE ビーコンによる位置測位,
<https://www.musen-connect.co.jp/blog/course/trial-production/ble-beginner-4/>
- [5] Masaya Tomiyama, Yuma Takeda, Takahiro Koita, Location estimation algorithm using UAV for real environments, International Journal of Networking and Computing, Volume 12, Number 1, pages 218-236, January 2022
- [6] Yao-Hua Ho, Yu-Ren Chen, Ling-Jyh Chen, Krypto: Assisting search and rescue Operations using Wi-Fi signal with UAV, DroNet'15 Proceedings of the First Workshop on Micro Aerial Vehicle Networks, Systems, and Applications for Civilian Use, pp.3-8,2015.
- [7] Y. Sun, X. Wen, Z. Lu, T. Lei, S. Jiang, Localization of WiFi Devices Using Unmanned Aerial Vehicles in Search and Rescue, 2018 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC Workshops), pp.147-152, 2017.
- [8] 木嶋 啓, 渡辺 裕, 藤井 雅弘, Bluetooth の受信強度を用いた位置推定システムにおける補正による推定精度改善に関する一検討, 情報処理学会総合大会, vol3, pp.271-272, 2011.
- [9] 檜原茂, 山本篤史, 松健太, 宮康成, 関智也, 浦川豪, 福本昌弘, 太田能, Wi-Fi センシング機能を搭載した無人航空機による携帯ゲーム端末の探知実験, 信学技法, vol.ITS-77, pp.1-6, 2019.