5S-01

被災者捜索を目的とした携帯端末の位置推定とその可視化

†丸山泰志 ‡穴澤和也 †宮崎敏明

†会津大学コンピュータ理工学部 ‡会津大学大学院コンピュータ理工学研究科

1. はじめに

我々は、災害現場において、被災者をいち早く発見することを目的とした携帯端末の位置推定手法を検討している。本稿では、近年、多くの人がスマートフォンなどの携帯端末を常時携帯していることに着目し、携帯端末の発する Wi-Fi 電波の電波強度（RSSI 値）を利用した位置推定を行う。更に、捜索を容易にする為に、複数の推定結果を可視化するためのユーザインタフェース（UI）を開発したので報告する。

2. 提案システム

我々は、救助隊による被災者捜索を容易にするための携帯端末位置推定システムを開発しているが、これまでに提案されてきた従来の位置推定システムは、我々の想定するシステムには適していない。具体的には、現場の環境を事前に測定する必要があることや、複数台の位置推定機器を現場に固定する必要があることから、災害現場への適用は難しい。そこで我々は、救助隊が持ち歩くことによって携帯端末の位置を推定し、被災者を発見するためのシステムを提案する。当該システムには、動作が軽い（以下、軽量な）パケットスニファと位置推定機能及び推定結果を可視化するための UI が含まれている。

2.1. パケットスニファ

位置推定を行う為には、複数地点から対象携帯端末の電波を取得・解析する必要がある。そこで、救助隊が我々の開発したシステムを持ち歩くことによって、複数地点から携帯端末の電波を取得することを容易にした。先に述べたように、我々は持ち運びが容易なシステムを想定している為、当該システムを構成する PC の性能やメモリ容量が限られる。そのため、軽量なパケットスニファを開発することが望ましいと考え、位置推定に必要な情報のみを取得するスニファを、C 言語及びそのパケット解析用ライブラリである libpcap を用いて自作した。本スニファは、携帯端末が Wi-Fi 接続を試みようとアクセスポイントへ定期的に発するプローブ要求を取得・解析し、携帯端末の MAC アドレス・RSSI 値及び、その取得時間を記録する。さらに、GPS レシーバをシステム(PC)に装着することにより、電波を取得したときの、システム自身の位置情報も記録する。

2.2. 位置推定機能

携帯端末の位置推定は、システムが移動しながら、パケットスニファにより電波を観測した複数地点の位置情報と、その RSSI 値を用いて行う。また、取得した MAC アドレスごとに推定を行うことで、複数の携帯端末を推定することも可能である。位置推定を行うプログラムの実装には、Python 言語及び高水準の科学技術計算を可能にする Scipy パッケージ[1]を用いた。

2.3 電波伝搬モデル

これまでに、電波とその RSSI を利用した様々な伝搬モデルを用いた位置推定手法が提案されてきた[2]。しかし、それらを用いて、我々の想定する災害現場での電波の反射やフェージングを正確にモデル化することは難しい。また、前述のとおり、我々のシステムは、可搬であり、それを構成する PC のスペックが限られることから、演算量の多い位置推定手法は採用できない。更に、予め現場の環境を実測し、それを基に位置推定を行うことは我々の想定する災害現場での用途には適さない。そこで我々は、実測した RSSI 値から、環境に依存する伝搬パラメータを導入するとともに、少ない演算量で対象携帯端末の位置を推定可能な対数正規シャドウイングモデル[3]を採用した位置推定手法を提案した[4]。当該モデルは、その簡潔性と現実性の高さから、RSSI 値を利用した位置推定手法で広く用いられているモデルである。更に、提案する位置推定手法において、電波の強弱からその信頼性を考慮することにより、既存手法に比べ、著しく携帯端末の位置推定精度が改善されることを確認した[4]。本稿では、その位置推定手法に基づいて、携帯端末の位置推定行う。

具体的には、携帯端末の位置$(\hat{x},\hat{y})$に対し、距離がd_i離れた各地点(x_i,y_i)で観測される電波の RSSI 値 P_iを、以下のようにモデル化する。

$$P_i = P_{d_0} - 10n\log_{10}\left(\frac{d_i}{d_0}\right) \quad (1)$$

$$d_i = \sqrt{(x_i-\hat{x})^2+(y_i-\hat{y})^2} \quad (2)$$

ここで、各パラメータは以下の通りである。

- d_0…単位距離。1mを表す。
- P_{d_0}…理想空間において、単位距離d_0で観測される RSSI 値を表す。
- n…伝播損失係数。周囲の環境に依存し、理想空間では 2 であるが、フェージングやマルチパス伝播などの影響を大きく受ける環境下においては 4 に近づく。

我々の提案する位置推定手法では、各観測値P_iと式(1)から求まる理論値$\hat{P}_i$の最小二乗誤差を、対象携帯端末の位置$(\hat{x},\hat{y})$と伝播パラメータ$\hat{n}$及び$\hat{P}_{d_0}$に

Localization of Smartphones and Its Visualization for Seeking Victims

†Yasuyuki Maruyama, ‡Kazuya Anazawa, †Toshiaki Miyazaki

†‡School and Graduate School of Computer Science and Engineering, the University of Aizu

Copyright ©2018 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

対して求める。また、最小二乗法の計算を行う際、各項をそのまま加算せずに、取得した RSSI 値の信頼度に応じた重み付けを行うことで、推定精度を向上させることを考える。そのために、RSSI 値の大きいものほど信憑性が高くなることを考慮し、以下の重み付き最小二乗法を解き、携帯端末の位置を推定している。

$$\min_{\theta} \sum_i \frac{P_i}{P_{max}} \left(P_i - \hat{P}_i\right)^2 \quad (3)$$

Subject to:

$$2 \le \hat{n} \le 4; \quad (4)$$

$$-50 < \hat{P}_{d_0} < -48; \quad (5)$$

$$\theta = \left\{(\hat{x}, \hat{y}), \hat{P}_{d_0}, \hat{n}\right\}; \quad (6)$$

ここで、P_{max}は観測した RSSI 値のうち最大のものである。式(3)に示したように、RSSI 値が小さい電波に対しては重みを小さくし、大きいものに対しては重みを大きくする。また、最小二乗法を解く際に、推定すべきパラメータの実行可能解の範囲が大きくなると推定誤差が大きくなるため、各パラメータに現実を考慮した制約を与え、推定誤差を抑えることを考える。制約式(4)は、伝播損失係数nが一般的に 2 から 4 の間を取ることを表しており、制約式(5)は、我々の想定する環境下において、単位距離d_0だけ離れた位置で観測される RSSI 値が約-48 から-50 の間を取ることを表している。この重み付き最小二乗法をもとに、携帯端末の位置を精度良く伝播パラメータとともに推定する。

提案位置推定手法を用いた位置推定の平均推定誤差は、7.6m±5.0m（標準偏差）であり、推定位置から半径 13m 程度を捜索すれば、携帯端末が発見できる程度の精度であることを確認した[4]。

3. ユーザインタフェース（UI）

災害現場では、複数台の携帯端末を推定する必要がある。また、周囲に何台の端末があるかといった情報は、複数の被災者を同時に捜索する上で非常に有益である。上記を考慮し、複数台の携帯端末の推定結果を可視化するための UI を新たに開発した。開発した UI を図 1 に示す。図 1(a)は、従来表示法である。複数の携帯端末の推定結果を単純に青丸印でプロットした。図 1(b)が新規開発した UI である。新規開発した UI では、地図を 10m メッシュに区切り、各メッシュ内に推定した端末数を視覚的に分かりやすく表示している。また、色が濃ければ濃いほど、より多くの携帯端末がその位置に推定されたことを示している。従来表示（図 1(a)）に比べ、表示がシンプルで複数の携帯端末の位置を容易に認識できる。なお、図 1 は、27 台の携帯端末が推定されているが、実際に 27 台設置して実験を行ったのではなく、数台の携帯端末に対して複数回実機実験したデータをまとめて、提案手法を適用した結果である。しかしながら、本提案システムでは、携帯端末ごとにその位置推定を行うので、実際に 27 台の

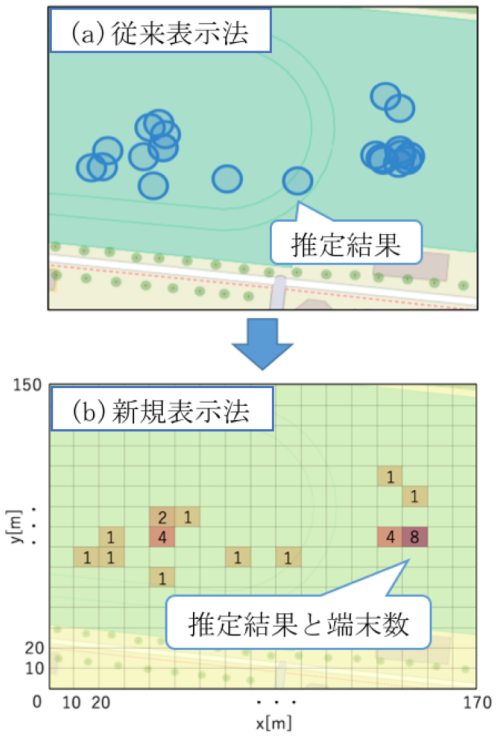

図 1. 新規開発したユーザインタフェース

携帯端末を同時に推定した場合でも同様の結果が得られる。

4. おわりに

本稿では、災害現場での被災者捜索を目的とする携帯端末の位置推定システムを提案した。我々が提案するシステムでは、災害現場において複数の地点から容易に電波の取得・解析を行うことができる。また、演算量の少ない電波伝搬モデル及び位置推定手法を用いることで、複数台の携帯端末を同時に推定することが可能である。さらに、携帯端末を複数台推定した際、それらの結果をわかりやすく表示するユーザインタフェース（UI）を提案した。

今後は、消防関係者等の助言を受けつつ、提案システムの実用化を目指す。

謝辞 本研究の一部は，総合科学技術・イノベーション会議の SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）によって実施した。

参考文献

[1] “Scipy: Open source scientific tools for python.” http://www.scipy.org/ [Online; accessed 2016-12-19].
[2] A. Zanella, “Best Practice in RSS Measurements and Ranging.” IEEE Communications Surveys and Tutorials, vol. 18, no. 4, pp. 2662-2686, 2016.
[3] B. J. Dil and P. J. M. Havinga, “RSS-based Self-Adaptive Localization in Dynamic Environments,” Int. Conf. Internet of Things, pp. 55-62, Oct. 2012.
[4] 丸山泰志，穴澤和也，宮崎敏明，“被災者捜索のための実用的な携帯端末位置推定法,” 情報処理学会第 79 回全国大会, 4V-07, 2017.

Copyright ©2018 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.