

RSSI 系列類似性比較による発信源の近接関係推定における離散フーリエ変換を用いた距離関数の適用効果

著者	丹保 柁哉, 川喜田 佑介, 市川 晴久
雑誌名	電子情報通信学会論文誌. B, 通信
巻	J100-B
号	8
ページ	569-571
発行年	2017-08-01
URL	http://id.nii.ac.jp/1438/00008868/

doi: 10.14923/transcomj.2016JBL4018

RSSI 系列類似性比較による発信源の近接関係推定における離散フーリエ変換を用いた距離関数の適用効果
 丹保 柁哉^{†a)} (学生員) 川喜田佑介[†] (正員)
 市川 晴久[†] (正員; フェロー)

Effect of Applying the Distance Function Using Discrete Fourier Transform to the Proximity Estimation of Transmission Source Based on Similarity Comparison of RSSI Series

Masaya TANBO^{†a)}, Student Member,
 Yuusuke KAWAKITA[†], Member, and
 Haruhisa ICHIKAWA[†], Fellow

[†] 電気通信大学大学院情報理工学研究所, 調布市
 Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications, Chofu-shi, 182-8585 Japan

a) E-mail: tanbo.masaya@kwkt-lab.org
 DOI:10.14923/transcomj.2016JBL4018

あらまし ユークリッド距離や DTW などの距離関数は時系列データ分析で一般的に使われているが、ノイズに弱いという欠点がある。これに対し、ノイズ耐性のある離散フーリエ変換を用いた距離関数が提案されている。本論文は伝搬環境の影響を受けやすい RSSI 時系列データから発信源の近接関係を推定する問題に対し、離散フーリエ変換を用いた距離関数の適用効果を定量的に評価した。

キーワード RSSI, 距離関数, 近接関係推定

1. ま え が き

無線回路の小型化, 低消費電力化により小型無線タグの普及が進んでいる。また Bluetooth Low Energy のようなスマートフォンなど多彩な情報端末と通信可能な省電力通信規格が登場するなど, 小型無線タグが一般家庭で利用される環境が整いつつある。そのような無線タグを利用したサービスとしてモノ探しは高い関心を集めており, 様々な製品が発売されている。それらの製品は探したいモノの位置推定に, 探しモノに付けた無線タグからの受信信号強度 (RSSI) を特徴量として利用し受信機との距離を推定している。しかし壁や障害物の多い屋内では, RSSI はマルチパスフェージングやシャドウイングなどの伝搬環境の影響で大きく変動するため, RSSI を基にした距離の推定精度も低くなるという問題がある。我々は RSSI 系列類似性比較による発信源の近接関係を利用した測距不要な位置推定手法を研究目的とし, その応用例としてモノ探しシステムを提案している [1]。近接関係とは「どこにあるか」ではなく「何の近くにあるか」という情報である。システムは受信機が各無線タグからの RSSI を

時系列データとしてシステムに蓄積し, 時系列データ間の類似度を距離関数で算出し近接関係を推定する。一般的に距離関数はユークリッド距離や動的時間伸縮法 (Dynamic Time Warping: DTW) が使われている。しかしそれらの距離関数はノイズに弱いという欠点があるため, 時系列データを離散フーリエ変換し高周波成分を除くことでノイズの影響を減らす (ノイズ耐性のある) 距離関数が提案されている [2]。この離散フーリエ変換を用いた距離関数は距離を推定する位置推定手法で使われている [3] が, 近接関係の推定にも有効であるかは検討されていなかった。本論文では離散フーリエ変換を用いた距離関数を一般的な距離関係と比較することで推定精度の改善効果を評価する。

2. 近接関係推定におけるノイズ耐性

近接関係を利用した位置推定手法をモノ探しを例に取り説明する。モノ探しシステムの概要を図 1 に示す。身の回りのあらゆるモノに定期的にビーコンを送信する無線タグが取り付けられている環境で, ユーザは移動しながら無線タグからビーコンを受信し RSSI 時系列データをシステムに送信する。ユーザが探したいモノを入力すると, システムは RSSI 時系列データ同士の類似度を距離関数で算出し, 探しモノの RSSI 変化と類似している順に探しモノの近くにあるモノとしてユーザに提示する。ユーザは提示された情報から探しモノの位置を思い出すことができる。

ユークリッド距離は最も一般的な距離関数だが, 比較する時系列データの要素数が同数の必要があり, また変化が同期していない時系列データでは精度が低下するという欠点がある。DTW は最も距離が小さくなるように時系列データの各要素をマッチングすること

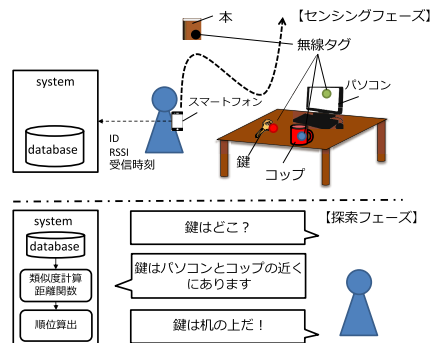


図 1 近接関係を利用したモノ探しシステムの概要
 Fig. 1 An overview of the finding lost objects system using proximity estimation.

でユークリッド距離の欠点を改善した距離関数だが、ユークリッド距離とともにノイズで精度が低下する欠点がある。伝搬環境の影響を受けやすい特微量であり、位置関係に基づく伝搬損失に対してノイズを印加したデータと解釈できる [4]。そのため、RSSI 時系列データを用いた近接関係推定で使う距離関数はノイズ耐性がある必要がある。

離散フーリエ変換を用いた距離関数は、まず時系列データを離散フーリエ変換し周波数成分に分解する。任意の無線タグ X と Y から得られる要素数 N_x , N_y の RSSI 時系列データ $\mathbf{x} = (RSSI_{X1}, RSSI_{X2}, \dots, RSSI_{XN_x})$ と $\mathbf{y} = (RSSI_{Y1}, RSSI_{Y2}, \dots, RSSI_{YN_y})$ の距離を次式に示す。

$$d_{DFT}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \left(\sum_{i=1}^{\theta} (\hat{x}_i - \hat{y}_i)^2 \right)^{1/2} \quad (1)$$

\hat{x}_i と \hat{y}_i は \mathbf{x} と \mathbf{y} を離散フーリエ変換した後の i 番目の要素を表している。計算に使用する要素数 θ は標準化定理より 1 から $N/2$ で充分である。 θ の値を小さくすることは高周波成分を除いて距離を計算することを意味する。

3. シミュレーション評価

ノイズ耐性が近接関係推定の精度に与える効果を評価するためにシミュレーションを行った。ネットワークシミュレーターの QualNet を使い、図 2(a) のように無線タグを近接関係が明確になるよう 6 個配置し、受信機を A から B へ移動させた。タグ T1 は探したいモノに付いている探索対象タグ、タグ T2 からタグ T6 はタグ T1 との近接度を推定したい無線タグを表している。伝搬環境の影響としてライスフェージングとシャドウイングを印加して RSSI を変動させている。RSSI 変動が小さいときの RSSI を図 2(b) に、大きいときの RSSI を図 2(c) に示す。伝搬環境の影響で受信機の移動に伴う RSSI の変化が不明瞭になっている。シャドウイングの影響は乱数で決定されるため、乱数を変更しながら RSSI 変動の大きさごとに 100 回 RSSI 時系列データをシミュレーションし、距離関数でデータ間の類似度を計算し近接関係を推定した。

近接関係は順位で表現する。正解順位からの誤差は Footrule 距離 [5] で計算する。Footrule 距離が小さいほど推定順位が正解順位と一致していることを表し、最小値は 0 である。シミュレーション結果を図 3 に示す。図より、離散フーリエ変換を用いた距離関数は、

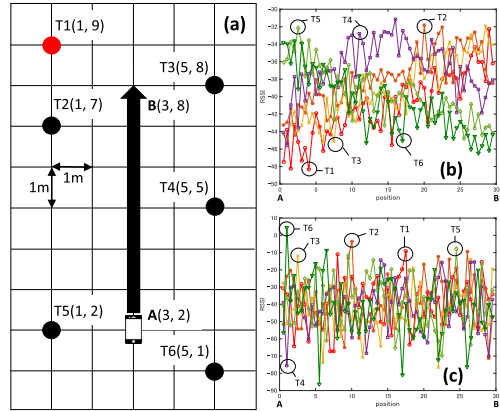


図 2 (a) 無線タグと受信機の位置, (b) RSSI 変動の標準偏差が 1.7dB のときの各無線タグからの RSSI, (c) RSSI 変動の標準偏差が 12.3dB のときの各無線タグからの RSSI

Fig. 2 (a) Position of the tag and receiver, (b) RSSI when standard deviation of RSSI fluctuation is 1.7 dB, (c) RSSI when standard deviation of RSSI fluctuation is 12.3 dB.

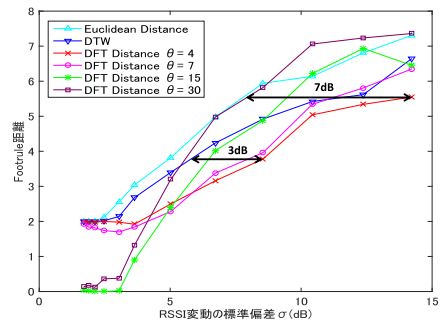


図 3 距離関数ごとの RSSI 変動と近接関係推定精度の関係

Fig. 3 Relation between proximity estimation accuracy and RSSI fluctuation each distance function.

RSSI 変動が小さいうちは θ が大きい方が精度が良いものの、RSSI 変動が大きくなるにつれて θ が小さい方が精度が良くなった。これは高周波成分が伝搬環境の影響により RSSI 変化の類似性を反映できなくなったためだと考えられる。同じ Footrule 距離で比較すると、離散フーリエ変換を用いた距離関数はユークリッド距離と比べ最大約 7dB, DTW と比べ最大 3dB のノイズへの耐性を示した。また同じ RSSI 変動の大きさを比較すると、ユークリッド距離と比べ平均約 20%, DTW と比べ平均約 12%の精度改善効果があった。

4. むすび

本論文では近接関係推定における離散フーリエ変換

を用いた距離関数の適用効果を定量的に評価した。シミュレーション実験より、伝搬環境の影響は高周波成分に強く出ており、それを除くことができる離散フーリエ変換を用いた距離関数は一般的な距離関数より高い精度で近接関係を推定できることがわかった。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP25240010, JP16K16042 の助成を受けました。

文 献

- [1] M. Tanbo, et al., "Active RFID attached object clustering method based on RSSI series for finding lost objects," 2015 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT), pp.363–368, Dec. 2015.
- [2] R. Agrawal, et al., "Efficient similarity search in sequence databases," Proc. 4th International Conference on Foundations of Data Organization and Algorithms, FODO '93, London, UK, pp.69–84, 1993.
- [3] M. Zhang, et al., "A novel indoor localization method based on received signal strength using discrete Fourier transform," 2006 First International Conference on Communications and Networking in China, pp.1–5, Oct. 2006.
- [4] V. Erceg, et al., "An empirically based path loss model for wireless channels in suburban environments," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol.17, no.7, pp.1205–1211, July 1999.
- [5] C. Spearman, "'footrule' for measuring correlation," British Journal of Psychology, vol.2, no.1, pp.89–108, 1906.
(平成 28 年 11 月 17 日受付, 29 年 2 月 20 日再受付,
4 月 12 日早期公開)