

RFID 読取時間履歴を用いた物探し支援の提案と実装

浦 恵里加† 笹川 真奈† 椎尾 一郎†
お茶の水女子大学大学院 人間文化創成科学研究科

1 はじめに

日常生活において人は物探しに多くの時間を消費している。Esure の統計調査¹では、人は生涯のうち 3680 時間を物探しに費やしていると推定されている。物探しの時間を短縮するために、物探しを支援する製品や研究が数多く存在している。例えば Apple 社の AirTag²は、電池を内蔵したアクティブタグを物に取り付けて、物探しを支援する。しかし、アクティブタグは高価であり電池交換などのメンテナンスが必要であるので、数多くの日用品を物探し対象にすることは困難である。

そこで、安価で電池不要なパッシブ RFID タグを用いた物探し手法も研究されている。筆者らによる先行研究 [1, 2] では、部屋中に貼られているパッシブ RFID タグ（以下、タグとする）の検知履歴から、タグ組の距離と向きを算出し、全タグ同士の相対位置を推定することで、物探しを支援している。この方式では検出確率で距離を推定し、タグリーダー（スマートフォン）のセンサで方向を推定している。このため、正確な距離を推定するためには多数の検出履歴が必要であり、またスマートフォンのような高性能なリーダーが必要である。

本研究は、タグが読み取れた時間差から、タグの位置関係を推定することで、ユーザーに目的物のタグが近くにあるかを提示するシステムを提案する。具体的には、タグが読み取れた時間差が大きいとタグは遠くに、小さいと近くに位置すると推定する。このため、過去の検出履歴が少ない場合や、センサ機能を持たないシンプルなリーダーでも物探しを支援可能である。

2 提案システム

本システムでは、先行研究と同様、ユーザーが事前に安価なパッシブ RFID タグ（以下、タグとする）を部屋の物や家具等に貼る。そしてユーザーは、スマートフォンと RFID 読み取り端末（以下、リーダーとする）を手に持ち、部屋中に貼られたタグを読み取りながら物探しを行う。

図 1 にシステム構成図を示す。本システムは、部屋中に貼る複数のタグ³、物探しをする際にユーザーが手に持つ Android スマートフォン⁴とリーダー⁵、物探し終了後にデータ処理を行うサーバ⁶、から構成される。ユーザーがリーダーでタグを読み取ると、それぞれのタグが読み取れた時間（以下、タイムスタンプとする）、読み取れたタグ番号、RSSI 値を取得する。

物探し開始時には、過去に読み取れた履歴を用いて算出された目的物タグまでの検出時間差（以下、時間差。詳細の時間差アルゴリズムは 3 章を参照）をサーバから

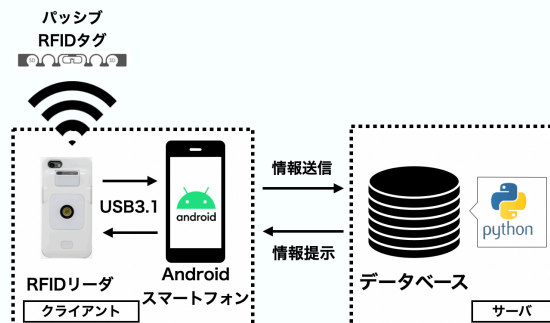


図 1 物探し支援システムの概要図

ダウンロードしておく。物探し中は読み取れたタグと目的物のタグの時間差を RSSI 値で重みづけ平均し、ユーザーにタグまでの推定時間差表示を行う。取得したデータは物探しが終了した際にサーバに送信され、後述のアルゴリズムに従って計算を行い、次の物探しの際にタグ同士の時間差データとして利用する。これらを繰り返すことで、本システムは目的物のタグの時間差を徐々に正確に示すことができるようになる。

3 時間差アルゴリズム

本システムでは、過去に読み取れた履歴を用いて、各タグが読み取れた時間差を算出することで、各タグの位置関係を把握する。以下、サーバ上において、タグ A とタグ B の時間差を求める具体的な方法について説明する。まず、過去の物探しで保存した、タイムスタンプと紐づけられたデータから、タグ A またはタグ B を検出したデータを取り出し、時間順に並べる。次に、タグ A からタグ B またはタグ B からタグ A に切り替わった場合の時間差を全て求め、それらを平均する。そうして得られた平均を、タグ A とタグ B の時間差としてサーバにて保存する。

タグ同士の距離が離れるほど、ユーザーが寄り道している可能性が高くなり、時間差の偏差は大きくなると考えられる。そのため、本アルゴリズムでは、時間差が 60 秒を超えた場合には、タグ同士の時間差のデータとして保持しないこととした。

タグが動いた場合への対応は未実装であるが、動いたタグは、同時検出されるタグのリストを作成することで発見できると考えている。探索で得られたタグ情報をこのリストと比較し、同時に検出されたタグが全て異なっていた場合には、そのタグは移動したものとみなし、そのタグに関する過去のデータを消去することで、移動したタグに対処可能であろう。

4 アルゴリズムの検証

4.1 シミュレーションを用いた実験

3 章で説明したアルゴリズムの妥当性を証明するため、Python で実装したシミュレーションを用い、検証を行った。シミュレーションは、ユーザー実験を予定している研究室を模した空間（720cm × 670cm × 170cm）

Assisting everyday item search by using timestamp information in RFID reader log

†Erika URA ‡Mana SASAGAWA †Itiro SIIO

†Graduate School of Human and Social Sciences, Ochanomizu University

¹<https://www.dailymail.co.uk/news/article-2117987>

²<https://www.apple.com/jp/airtag/>

³ShortDipole, SMARTRAC 社

⁴HUAWEI P20 lite, HUAWEI 社

⁵ASR-A30D, アスタリスク社

⁶MacBook Pro (13-inch, M1, 2020), Apple 社

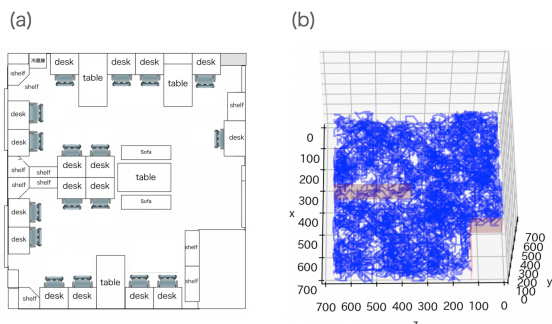


図2 シミュレーション空間 (a) 研究室を上から見た図 (b) シミュレーション空間上でランダムウォークをした図

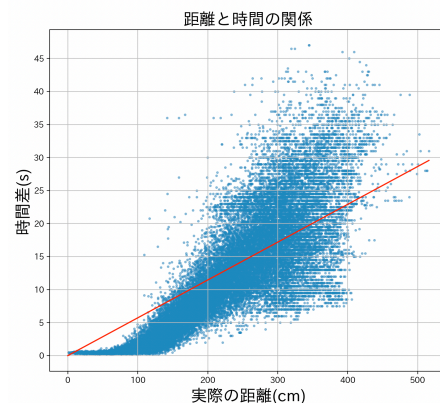


図3 シミュレーション結果

を対象とした。また、この空間内に通り抜けができない部分を設定した。このシミュレーション空間に、タグを400個配置し、その検知範囲を半径80cmのトラス状とした。

図2に示すように、シミュレーション空間で、ユーザの読み取りを30000回行い、アルゴリズムを検証するためのデータを収集した。具体的には、1歩30cmとしてランダムウォークを行い、タグの検知範囲を模したトラス内にユーザが入った場合には、そのタグを読み取れたとみなし、タイムスタンプに紐づけてタグIDを保存した。

4.2 実験の結果と考察

シミュレーションで得られたデータに、時間差アルゴリズムを適用し、全タグ組の時間差を算出した。そうして得られた時間差と実際の距離との相関を図3に示す。縦軸はアルゴリズムを用いて算出した時間差、横軸が実際の距離である。赤い線は1次関数でカーブフィッティングさせた結果であり、相関係数Rは0.85となった。

結果の考察を述べる。実際の距離が短いタグ同士に関しては、8割以上のタグ組の時間差が、実際の距離に比例しているため、本アルゴリズムは有効であると考えられる。しかし、実際の距離が遠いタグ同士に関しては、必ずしも時間差が距離に比例しているとは限らないことがわかる。これは、ユーザは部屋の隅々を探索するため、タグからタグに必ずしも直接移動していないからだと考えられる。また、リーダの検出範囲は半径80cmであるため、最大で160cmの距離にあるタグ同士は同時に検出されることがある。そのため、実際の距離が160cm以下の場合の時間差が0秒付近に多く分布していると考えられる。この結果より、時間差が0~1秒の範囲にあるタグに関してはユーザに時間差情報の提示を行わず、単純に距離の近さのみを示すこととした。

5 アプリケーション

物探し支援を実現するため、Androidアプリケーションを実装した。ユーザに提示する画面を図4に示す。画面は4種類存在し、左から、目的のタグまでの時間差が不明な場合(60秒を超えている場合)、目的のタグまで1秒以上かかる場合、目的のタグから1秒未満で見つかる場合、目的のタグが読み取れた場合である。視覚的効果をつけるため、タグまでの距離が近い場合には緑色の背景、タグまでの距離が不明な場合には赤い画面を提示することとした。また、目的のタグをリーダが読み取った場合、警告音とバイブレーションを提示するようにした。



図4 ユーザに提示される画面

本アプリケーションを使用して、実際の研究室で筆者が物探しを行った。物探し前にはあらかじめ、実際の研究室にタグを400個貼付した。そして、タグの貼付状況をシミュレーション上で再現した上で、シミュレーション上で30000回の読み取りを行い、得られたデータから全タグの時間差データを算出した。

筆者が本アプリケーションを使用し目的のタグを探索したところ、タグから2m付近までは正しく誘導できたが、途中からは目視と平行して探索を行う必要があった。これは、目的のタグにある程度近づくと、本アプリケーションでは秒数が表示されなくなり、手がかりが「近いです」「発見しました」のみの少ない情報量になるからだと考えられる。また、タグに非常に近づかないと警告音がならない場合や、タグから離れていても警告音がなくなってしまう場合があった。これは、タグを貼る物の材質によって電波の飛距離が変化したり、電子機器が多数置かれている室内ゆえマルチパスの影響が大きかったりするためだと考えられる。

6 まとめ

本稿ではRFIDの読取時間差を用いた物探しの支援手法を提案し、実装した。本手法は単純なアルゴリズムであるため、ハードウェアのスペックに依存せず、様々なタグやリーダで使用することができる。さらに、センサ値など環境に依存するデータを使用していないため、場所を選ばず使用できるというメリットがある。今後はより多数のユーザを対象にした実験を研究室で行い、本システムの有用性を検証したい。

参考文献

- [1] 笹川真奈, 池松香, 椎尾一郎. Rfidタグ検出履歴の蓄積を利用した物探し支援システム. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 22, No. 2, pp. 187-200, 2020.
- [2] 勝泉夏生, 笹川真奈, 椎尾一郎. Rfidタグ検出履歴からのタグ間距離・方向推定による物探し支援. Technical Report 56, お茶の水女子大学, お茶の水女子大学, お茶の水女子大学, feb 2020.