

RFID タグ検出履歴の蓄積を利用した物探し支援システム

理学専攻・情報科学コース 1840658 勝泉夏生 (指導教員：椎尾 一郎)

1 はじめに

私達の日常生活において物探しを行う機会は多い。Esure の調査では、人は一日平均 10 分、成人人生の 3,680 時間、つまり 153 日間を物探しに費やしていると言われる¹。

物や場所に RFID タグを貼り付け、物探しを支援する研究は多くある。RFID タグは、アクティブタグとパッシブタグに分類される。アクティブタグは通信距離が長い(数 10m 程度)が、高価で電池が必要である。パッシブタグは、アクティブタグに比べて通信距離が短い(数 10cm 程度)が、電池が不要で安価である。よって、電池の交換が不要で安価なパッシブタグの方が、タグ管理の負担が小さく、ランニングコストが低いと考えられる。

先行研究 [2] では、ランニングコストの低いパッシブ RFID タグ(以下タグ)を場所や物に貼り付け、過去の物探し行動で取得した情報から物探し支援を行うシステムを提案している。ユーザはスマートフォンと RFID リーダを手にして、タグの読み取りをしながら物探しを行う。タグの同時検出頻度から 1 対タグ間の疑似距離を計算し、全タグの無向グラフを作成する。ユーザが読み取ったタグから目的物までの概算距離を提示して、物探しの手がかりとする。しかし、疑似距離の算出には過去の物探しでのタグ検出履歴のみを利用しており、スマートフォンの方位や移動方向などの情報は使われていない。

そこで本研究では、スマートフォンから推定されたユーザの移動方向を用いて、タグ同士の疑似的な方向を計算する手法を提案し、その有用性をシミュレーションで確認した。

2 物探し支援システム

先行研究と同様、本研究でもパッシブ RFID タグ(以下タグ)が場所や物に貼られた屋内での物探しを支援をする。本システムの構成を図 1 に示す。本システムは、Android スマートフォン²、サーバ³、複数のパッシブ RFID タグ⁴、RFID リーダ⁵で構成される。RFID リーダは読み取り可能距離を半径約 60cm 程度に設定する。また、以下では RFID リーダをリーダ、リーダのボタンを押して周辺のタグを読み取る操作とスキャンと表記する。

ユーザはスマートフォンと RFID リーダを持ち、タグの読み取りをしながら物探しを行う。ユーザがスキャンを行うと、一つ前のスキャンからのユーザの移動方向を推定する。次に、読み取れたタグ ID とタイムスタンプ、ユーザの移動方向がサーバへ送信される。送信された情報から、先行研究の手法でタグ間の疑似距離を、本研究の手法でタグ間の疑似方向を算出する。

パッシブタグの通信距離は数 10cm と短いため、物

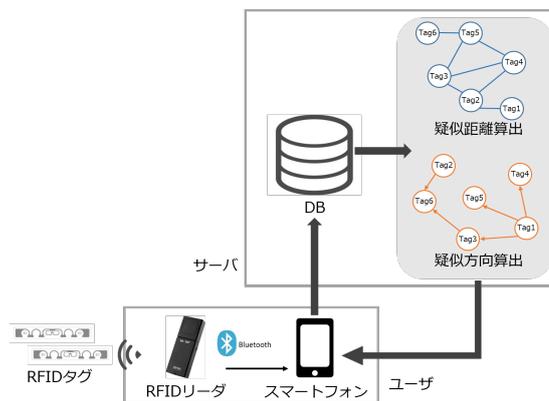


図 1: システム構成。

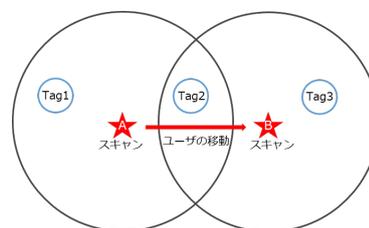


図 2: ユーザの移動とタグの更新. 地点 A, B の周囲の円は、それぞれの地点での検出範囲を示す。

探し開始時では目的物に貼られたタグを検出できない可能性が高い。そこで、本システムでは疑似距離と疑似方向を物探しの手がかりとして提示する。

3 疑似方向算出アルゴリズム

物探し中に読み取られたタグの情報とスマートフォンにより推定されたユーザの移動方向から、それぞれのタグ間の疑似方向を算出する。ユーザの移動方向は、スマートフォンの方位センサや移動方向推定などの既存技術によって取得され、既知であることとする。ユーザの移動方向とタグ間の疑似方向は、距離を示さずに方向のみを表す 3 次元単位ベクトルとする。

例えば、図 2 のように、A 地点で Tag1 と Tag2 を検出後に移動を行い、B 地点で Tag2 と Tag3 を検出してきたとする。この場合、Tag1, Tag2 間の疑似方向と Tag1, Tag3 間の疑似方向が算出される。

3.1 1 対タグ間の疑似方向

初期状態では全てのタグ同士の疑似方向は不明であるため、NULL と設定する。 $t-1$, t 回目のスキャンでタグを検出した時、 $t-1$ 回目の検出タグから t 回目の検出タグまでの 1 対タグの全組み合わせの疑似方向を調べる。

各 1 対タグはそれぞれ疑似方向としてベクトル情報を持ち、以下の計算で求める。 $t-1$ から t までのユーザの移動方向を \mathbf{u}_t , $t-1$ で算出された疑似方向を \mathbf{v}_{t-1} として、(1) 式のように t での疑似方向 \mathbf{v}_t を更新する。

$$\mathbf{v}_t = \begin{cases} \mathbf{u}_t & (\mathbf{v}_{t-1} = \text{NULL}) \\ \frac{w\mathbf{v}_{t-1} + \mathbf{u}_t}{w+1} & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (1)$$

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

²HUAWEI, HUAWEI P20 lite

³Dell 社 XPS13, Windows10

⁴スマートトラックテクノロジー, Short Dipole

⁵東北システムズ・サポート, DOTR-920J

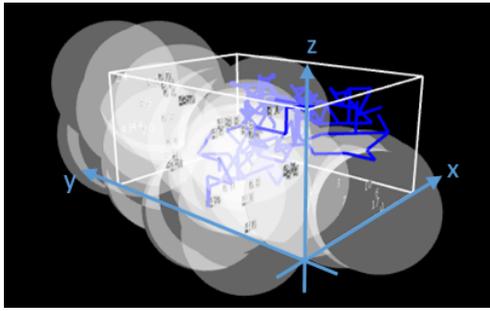


図 3: シミュレーション空間.

ただし, w は重みである. 1 対タグが共に $t-1, t$ 回目のスキャンで検出された場合と, 1 対タグの ID が同じ (同一タグ) の場合は更新を行わない.

4 シミュレーション

4.1 シミュレーション環境

本研究で提案した, 1 対タグ間の疑似方向を算出するアルゴリズムの妥当性をシミュレーションにより検証した. シミュレーション環境は Processing で実装された, 図 3 に示す 3 次元空間で行った. シミュレーション空間上での 1px を実世界での 1cm とし, $180\text{px}(x) \times 240\text{px}(y) \times 120\text{px}(z)$ とした. 図 3 の各数字は 50 個のタグの位置, 白い球体は各タグの検出範囲 (半径 60px), 青線はユーザがスキャンをしながら移動させたリーダーの軌跡を表す. $z=0\text{px}$ に位置する平面 ($80\text{px}(x) \times 240\text{px}(y)$) をシミュレーション空間内の机上とみなしてタグを 20 個ランダム配置した. $x=0\text{px}$ に位置する平面 ($240\text{px}(y) \times 120\text{px}(z)$) をシミュレーション空間内の棚とみなしてタグを 30 個ランダム配置した. これらのタグは, 移動しないものとした. ランダムに配置されたタグの座標から, 各タグ対の単位ベクトルを計算し, 実際の方向として記録する.

シミュレーション空間内でユーザはランダムに移動してスキャンをする. ユーザのスキャン間の長さを約 30cm とし, 空間の中心から 8 方向にランダムウォークをする. スキャン時の座標と一つ前のスキャン時の座標の差から単位ベクトルを求め, スマートフォンが推定するユーザの移動方向とした. ユーザがスキャンをすると, 検出したタグ ID とタイムスタンプ, ユーザの移動方向が保存される. これらの情報を元に, 本システムのアルゴリズムで 1 対タグ間の疑似方向を計算した. 疑似方向更新での重み w を 1~5 の 5 段階で設定する. 算出された疑似方向と記録された実際の方向の, ベクトル差の絶対値を求めて評価を行った.

4.2 結果と考察

シミュレーション空間内で, ユーザが 1,000 回スキャン, 重み設定を $w=4$ とした場合の評価結果を図 4 に示す. 横軸はベクトル差の絶対値 (階級範囲は 0.1 刻み), 縦軸は値数である.

実際の方向と疑似方向のどちらも単位ベクトルで表されるため, これらのベクトル差の絶対値は, 最小値 0 (実際の方向と疑似方向が等しい時) から最大値 2 (反対を向いている時) の範囲となる. また, 疑似方向をランダムに設定した場合のベクトル差の平均値は 1 となる.

今回設定したどの重みでも絶対値の平均は 0.4 前後

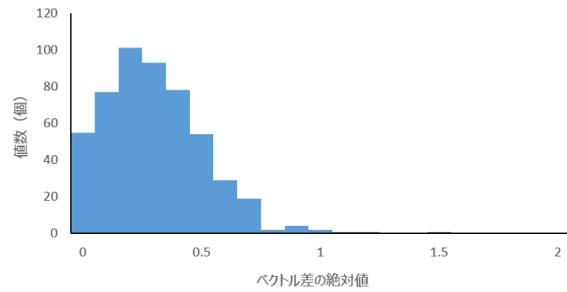


図 4: シミュレーション評価 (重み $w=4$).

になった. 図 4 のヒストグラムでは, 絶対値 1 よりも小さい範囲に値の分布が集中している. 他の重み設定でも同様の分布傾向であることが確認できたため, 本アルゴリズムはランダムに方向を示すよりも優位性があるとわかる. 各重み設定での絶対値平均やヒストグラムを比較すると, 重み 4 以上では大きな変化は見られなかった.

5 関連研究

IC タグを物や場所に貼り付け, 物探し支援を行う研究は多数提案されている. アクティブ RFID タグと超音波タグの 2 種類のタグを用いて, 物体の位置推定を行うシステム [3] がある. アクティブタグや超音波タグは通信距離が長い, 電池が必要で定期的な電池交換が必要となる.

また, 位置情報が既知のタグと物に貼られた位置が不明なタグとの相対的な位置関係を提示することで, 探し物を支援するシステム [1] がある. このシステムでは, 事前に固定されたタグの情報を登録必要がある.

先行研究 [2] では, 安価で電池の交換が不要なパッシブタグの疑似距離を算出することでタグのメンテナンスや登録の負担を省いている. 本研究では, ユーザが物探し中に手にしたスマートフォンからの情報を用いてタグ間の疑似方向を算出し, 物探しの手がかりとして活用しようと考えた.

6 まとめと今後の展望

本研究では, 屋内に貼られた多数のパッシブタグを繰り返し読み取り, スマートフォンから推定されるユーザの移動方向情報を物探しに役立てる手法を提案した. 本手法では, タグ検出の履歴とユーザの移動方向を用いて, 1 対タグ間の疑似方向を計算する. 目的物までの疑似方向を手がかりとして提示することで, 物探しの効率化を目指す. 本論文では, シミュレーションを用いて 1 対タグ間の疑似方向を算出するアルゴリズムの評価を行った. 今後は, 実際の環境でユーザの移動方向を推定し, タグの読み取りを行った場合の有効性を確認したい.

参考文献

- [1] M. Komatsuzaki, K. Tsukada, I. Siio, P. Verronen, M. Luimula, and S. Pieskä. IteMinder: Finding Items in a Room Using Passive RFID Tags and an Autonomous Robot. In *Proceedings of MobileHCI '05*, pp. 599–600. ACM, 2005.
- [2] 笹川真奈, 池松香, 椎尾一郎. 貼るだけ探索: RFID タグの検出履歴を利用した物探し支援システム. WISS2016, pp. 119–124, 2016.
- [3] 中田豊久, 金井秀明, 國藤進. スポットライトを用いた屋内での探し物発見支援システム. 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.12, pp. 3962–3976. 情報処理学会, 2007.