

RFID と画像認識技術を融合した次世代データ解析システムの研究開発

[研究代表者] 内藤克浩 (情報科学部情報科学科)

[共同研究者] 山本暢世 (Ultimatrust株)

研究成果の概要

Radio Frequency Identification (RFID)とは、リーダーとタグが短距離無線通信を行うことにより、タグを識別する技術である。特に産業界では、作業の効率化や人件費の削減を目的に、RFID を利用したシステムが導入されている。RFID の当初利用では、物の認識をメインとしていたが、近年では、行動分析や在庫管理、盗難防止ゲートなど RFID タグの移動を検知するシステムが注目されている。

これらの RFID システムでは、主にパッシブ RFID タグが使用される。パッシブ RFID タグは、リーダーからの電磁エネルギーを利用して駆動するため、電池などの電源が必要なく、半永久的に使用可能である。また、低コストであるため、使い捨てを前提に利用されており、商品や荷物に貼り付けて運用されている。行動分析や在庫管理、盗難防止ゲートでは、パッシブ RFID タグが貼り付けられた物体の移動を追跡する必要があり、RFID タグの移動方向の推定手法が注目されている。

本研究では、安価な汎用アンテナ 1 枚のみを用いたシングルアンテナ方式方向推定手法を提案する。提案手法を用いることにより、従来の方向推定手法が持つ設置環境の問題と導入コストの問題を解決可能である。提案手法では、角度を設けてアンテナを設置する。角度を設けることにより、Received Signal Strength Indicator (RSSI) や位相値に、移動方向による変化特徴が生じることに着目する。変化の特徴を検出することにより、RFID タグの移動方向が推定可能である。本研究では、移動方向に伴う変化の特徴に着目した移動方向推定アルゴリズムを提案するとともに、提案手法を用いた方向推定システムのプロトタイプを実装した。プロトタイプによる評価の結果、提案手法はタグの移動方向を正確に推定可能であることを明らかにする。

研究分野： モバイルコンピューティング

キーワード： RFID、無線通信、移動推定

1. 研究開始当初の背景

無線通信技術を利用する RFID は近年急激に利用が増えており、多数の物を管理する必要があるサプライチェーンマネジメントなどの用途ですでに活用実績が報告されている。また、RFID を商品タグに埋め込む方向性も進められており、今後は航空手荷物などをはじめとした一時的な物のトラッキングにも RFID が活用される可能性が高い①。

本来は物を識別する技術であった RFID であるが、盗難防止、対象物の探索などに対する需要も年々増加しており、RFID タグから返信される信号情報を処理することにより、RFID タグの位置や移動方向を推定する

試みが注目されている②③④。

既存の方向推定手法として、センサ・アンテナ方式やダブルアンテナ方式、ゲート型アンテナ方式が実用化されている。センサ・アンテナ方式は、アンテナの設置に加え、その左右に電光センサを設置する。設置したアンテナを用いて、タグのデータを取得することによりタグを識別し、電光センサでタグの通過を確認することにより移動方向を推定する。電光センサは物の通過を検出可能であるが、タグを識別することは不可能である。そのため、複数のタグが異なる方向から同時に通過した場合、どのタグがどの方向に通過したかを判断することは困難である。ダブルアンテナ方式

は、アンテナを2枚横に並べて設置することにより、それぞれのアンテナがタグを読み取る時間差を利用する。ダブルアンテナ方式では、アンテナを干渉しない距離で2枚並べるため、広い設置場所が必要であり、設置環境の制限が生じる。ゲート型アンテナ方式は、トンネル状の構造物に複数のアンテナを設置することにより、トンネル内を通過するタグの認識を行う。ゲート型アンテナ方式では、複数のアンテナを用いるため、高い精度で方向推定を行うことが可能である。一方で、アンテナを複数使用し、トンネル状に設置するための資材が必要であるため、導入コストが高くなる上、設置場所も必要という問題点がある。これらの問題は、方向推定技術を利用した RFID サービスの導入を妨げる要因となる。

2. 研究の目的

本研究では、安価な汎用アンテナ1枚のみを用いたシングルアンテナ方式方向推定手法を提案する。提案手法を用いることにより、従来の方向推定手法が持つ設置環境の問題と導入コストの問題を解決可能である。提案手法では、角度を設けてアンテナを設置する。角度を設けることにより、Received Signal Strength Indicator (RSSI) や位相値に、移動方向による変化特徴が生じることに着目する。変化の特徴を検出することにより、RFID タグの移動方向が推定可能である。本研究では、移動方向に伴う変化の特徴に着目した移動方向推定アルゴリズムを提案するとともに、提案手法を用いた方向推定システムのプロトタイプを実装した。プロトタイプによる評価の結果、提案手法はタグの移動方向を正確に推定可能であることを明らかにする。

3. 研究の方法

提案方式ではアンテナ1枚のみを用いるため、既存方式のように読み取り時間差を用いることにより移動方向を推定することは困難である。そこで、タグ読み取り時に得られる RSSI および位相値の変化を利用する。また、提案方式では角度を設けてアンテナを設置する。設置角度を設けることにより、読み取り時に得られる RSSI や位相値の変化に移動方向に伴う特徴が生じる。RSSI や位相値の変化を解析することにより、

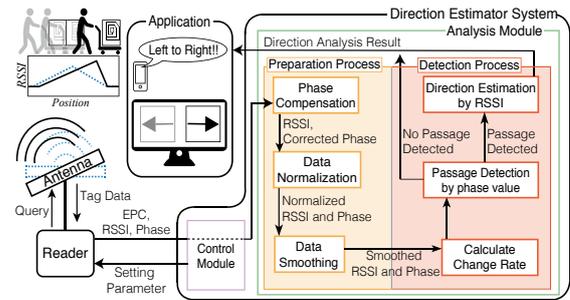


図1 提案システムモデル

移動方向の特徴を検出する方向推定を行う。

RFID タグには Electronic Product Code (EPC)が記録されており、リーダーは EPC を読み取ることにより、タグを識別する。EPC とは、タグが保持するユニークコードであり、識別子の役割を持つ。複数のタグを読み取った場合、識別したそれぞれのタグにおける RSSI や位相値の変化を解析し、方向推定を行う。そのため、複数のタグが存在する場合においても、提案方式は各タグの方向推定が可能である。

図1は提案システムモデルを示し、方向推定システムは、制御モジュールを利用してリーダーを制御する。リーダーは、タグのデータを取得するための Query コマンドを送信する。Query コマンドを受信したタグは、自身の保持するデータを送信する。リーダーは、アンテナを介して Query コマンドを受信したタグからの信号を復調し、該当タグの EPC を取得する。また、リーダーは EPC の取得と同時に RSSI や位相値の算出を行う。EPC や RSSI、位相値は制御モジュールを通じて、解析モジュールへ引き渡される。解析モジュールは、引き渡されたデータを解析することにより、方向推定を行う。また、解析後に推定結果をアプリケーションに渡す。

4. 研究成果

本論文では、アンテナの設置角度の変化、および RFID タグの移動速度の変化による移動方向の推定精度を評価する。アンテナの設置角度は $10^\circ \sim 80^\circ$ までの角度を 10° 毎に変化させる。また、それぞれの設置角度において、タグの移動速度を 1 m/s 、 2 m/s と変化させる。タグとアンテナを 50 cm 離し、アンテナの中心と同一の高さを通過するようにタグを移動させる。

それぞれの条件において、タグを 100 回通過させる。RFID リーダーは PC に接続し、PC 上で制御モジュールを用いてリーダーを制御する。解析モジュールでの解析結果をコンソールおよび CSV 出力し、正しく方向推定が行われているかを確認する。

図 2 に、タグの通過検出時に使用する位相値の変動開始点と終了点の検出結果を示す。図中の赤点の変動開始点、黒点の変動終了点として検出された点である。結果より、変動開始点および終了点がほぼ正確に検出されることが分かる。

表 1 に、設置角度およびタグの移動速度の変化による方向推定精度を示す。結果より アンテナ設置角度が 45° の時に検知精度が最も高いことが分かった。また、角度が 45° より小さくなるまたは大きくなるほど検知精度が低くなることが分かった。要因として、アンテナの設置角度が 45° から小さくなるまたは大きくなるほど、移動方向による特徴を検出しにくいことが考えられる。

5. 本研究に関する発表

- (1) Kota Mizuno, Katsuhiko Naito, Masaki Ehara : Direction estimation scheme for RFID tag with an angled single antenna, IEEE International Conference on Radio Frequency Identification (RFID 2021) , 2021 年 4 月.
- (2) 水野 虹太, 内藤 克浩, 江原 正規: アンテナ設置角による RSSI の不均衡を用いた RFID タグの移動方向推定手法の提案, IPSJ 研究報告コンシューマ・デバイス&システム(CDS) 2021-CDS-31(4), 2021 年 5 月.

6. 参考文献

- ① Li, C., Lao, K. and Tam, K.: A Flooding Warning System based on RFID Tag Array for Energy Facility, 2018 IEEE International Conference on RFID Technology Application (RFID-TA), pp. 1-4 (online) (2018)

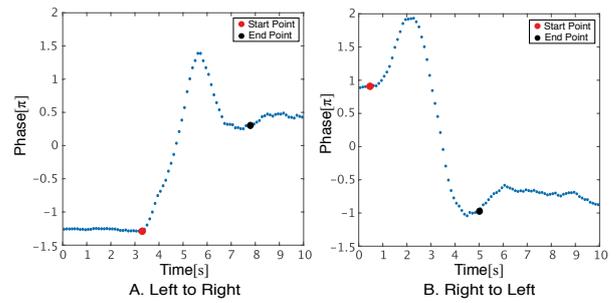


図 2 位相値の変動開始点と終了点の検出結果

表 1 方向推定精度

速度 \ 角度	10°	20°	30°	45°
	1 m/s	88%	89%	93%
2 m/s	87%	88%	90%	94%

速度 \ 角度	60°	70°	80°
	1 m/s	88%	86%
2 m/s	85%	85%	85%

- ② Jie, W., Minghua, Z., Bo, X. and Wei, H.: RFID Based Motion Direction Estimation in Gate Systems, 2018 IEEE 22nd International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), pp. 588-593, (2018).
- ③ Buffi, A., D'Andrea, E., Lazzarini, B. and Nepa, P.: UHF-RFID smart gate: Tag action classifier by artificial neural networks, 2017 IEEE International Conference on RFID Technology Application (RFID-TA), pp. 45-50, (2017).
- ④ Álvarez-Narciandi, G., Motroni, A., Pino, M. R., Buffi, A. and Nepa, P.: A UHF-RFID gate control system based on a Convolutional Neural Network, 2019 IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA), pp. 353-356, (2019).